

**《新疆印染废水排放和综合利用标准》
编制说明**

新疆维吾尔自治区环境工程评估中心
东华大学 环境科学与工程学院
上海清宁环境规划设计有限公司

二〇一八年十二月

目 录

1.项目背景	5
1.1 项目背景、意义.....	5
1.2 任务来源.....	6
1.2.1 任务来源.....	6
1.2.2 标准制定项目的承担单位.....	7
1.3 工作过程.....	10
1.3.1 标准编制组所开展的相关调查、研究工作.....	10
1.3.2 标准开题论证会情况.....	12
1.3.3 标准中期研讨会情况.....	13
1.3.4 标准技术审查情况.....	13
1.3.5 标准论证会情况.....	15
2.印染行业发展概况	16
2.1 我国印染行业总体状况及发展趋势.....	16
2.1.1 总体状况.....	16
2.1.2 发展趋势.....	20
2.1.3 纺织印染行业发展存在问题.....	24
2.2 新疆纺织工业发展概况.....	26
2.2.1 新疆纺织工业整体发展状况.....	26
2.2.2 新疆纺织工业产业结构及分布.....	28
3.标准制订必要性分析	30
3.1 国家及环保主管部门的相关要求.....	30
3.2 国家相关产业政策及行业发展中的环保要求.....	33
3.3 新疆纺织印染行业发展带来的主要环境问题.....	40
3.3.1 新疆纺织工业废水排放现状.....	40
3.3.2 新疆印染废水排放及治理现状.....	42
3.3.3 新疆发展印染产业带来的潜在环境问题.....	100
3.4 印染行业清洁生产和污染防治技术的最新进展.....	101
3.4.1 印染行业清洁生产技术.....	101

3.4.2 印染废水处理及回用技术.....	106
3.5 现行环保标准及存在的主要问题.....	111
4.新疆纺织工业园废水排放及综合利用途径及可行性.....	115
4.1 前期调研.....	115
4.2 新疆纺织工业园废水综合利用途径分析.....	138
4.3 沙漠水库或稳定塘进水指标对生态系统及净化功能的影响.....	150
4.3.1 沙漠水库或稳定塘进水指标对生态系统完整性的影响.....	150
4.3.2 沙漠水库或稳定塘进水盐度对超净、深度处理效果的影响.....	153
4.4 印染废水处理综合利用对土壤盐碱化的影响.....	171
5.新疆印染企业废水处理和循环利用模式及可行性.....	192
5.1 调研情况.....	192
5.2 印染企业废水全盐量排放限值的确定.....	207
5.3 单位产品基准排水量论证.....	209
5.4 印染企业废水处理和循环利用模式及技术经济分析.....	212
5.4.1 现场工程实证目的及条件.....	212
5.4.2 染整工艺盐水平衡实测及工况筛选.....	213
5.4.3 染整工艺盐水平衡及“清污分流”效果.....	216
5.4.4 技术经济分析.....	219
6.标准主要技术内容.....	225
6.1 标准适用范围.....	225
6.1.1 本标准适用范围.....	225
6.1.2 本标准与其它标准的衔接关系.....	226
6.2 标准结构框架.....	226
6.3 术语和定义.....	230
6.4 水污染物项目的选择.....	231
6.5 水污染物排放及废水综合利用限值的确定及制定依据.....	231
6.6 监测要求.....	244
7.主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	245
7.1 主要国家、地区及国际组织相关标准.....	245

7.2 本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比.....	250
8.实施本标准的环境、经济及社会效益.....	253
8.1 环境效益.....	253
8.2 经济、社会效益.....	253
9.参考文献.....	253

《新疆印染废水排放和综合利用标准》编制说明

1.项目背景

1.1 项目背景、意义

纺织工业是新疆优势资源转换的传统支柱产业和重要的民生产业，更是新疆提高就业容量和就业水平的基础产业，在全国纺织工业体系中也具有独特的重要地位。大力发展纺织工业，是建设新疆丝绸之路经济带核心区的重要内容，对于优化新疆经济结构、增加就业岗位、扩大就业规模、推动新疆特别是南疆各族群众稳定就业、加快推进新型城镇化进程，促进新疆社会稳定和长治久安具有重要意义。

随着国务院《关于支持新疆纺织服装产业发展促进就业的指导意见》（国办发【2015】2号）、自治区《关于发展纺织服装产业带动就业的意见（新政发【2014】50号）》、《发展纺织服装产业带动就业规划纲要（2014-2023年）》等重要政策文件和规划的发布，“十三五”时期新疆纺织印染行业势必得到快速发展。2018年1月自治区人民政府发布工作报告，要求“推进纺织服装业向印染、服装等终端产业倾斜，提升发展质量和效益，更好发挥带动就业、促进增收、助力脱贫攻坚的作用”。同时，新疆生态环境极其脆弱，以内陆水系为主，自净能力差，水环境容量低。中央和自治区一直高度重视和支持新疆纺织工业的健康发展，近年来发布的多项政策、规划文件对新疆纺织工业环境保护工作提出明确要求。2015年，国务院办公厅下发《关于支持新疆纺织服装产业发展促进就业的指导意见》（国办发【2015】2号），要求“严格行业准入条件，防止低水平重复建设。严格执行环保标准和清洁生产要求，审慎发展印染业，适度控制粘胶纤维产能扩张，完善园区集中供热和污水处理等基础设施，高标准处理生产废水、废气”。2016年，自治区经信委发布《新疆维吾尔自治区纺织工业“十三五”发展规划》，要求“采取最高的资源和环境标准”，“加强水资源综合利用和重复利用，最大限度的减少资源消耗和污染物排放，棉印染项目废水回用率要求达到30%以上，其余印染项目废水回用率达到50%以上”。2018年4月自治区人民政府发布《自治区发展纺织服装产业带动就业2018年行动方案》，将“严守环保红线，尽快出台新疆

印染废水排放和综合利用标准,明确废水处理脱盐程度。加快研究工业集聚区(工业园区)污水集中处理设施处理达标的印染废水综合利用途径,提高废水循环利用率”列为 2018 年重点工作之一。

纺织印染行业是典型废水及污染物排放量大的工业行业,废水排放具有水量大、染料助剂等有机污染物含量高、盐度高、水质变化大等显著特点。废水排放对新疆这一特殊地域存在潜在的生态环境风险。同时,由于新疆地区地理环境特殊,天然受纳水体少、沙漠面积广阔,难以效仿内地省份印染废水处理达标排放至环境水体的常规模式。而出水是否在纺织印染企业内循环利用及企业外综合利用,以及对沙漠生态环境是否产生影响目前尚无定论,相应的排放及综合利用标准亦无规范可循。这一问题在很大程度上制约了新疆纺织工业可持续发展。

本标准的制定,可为科学引导新疆纺织印染废水综合利用,提高印染行业水资源利用率,消除纺织工业发展过程对新疆生态环境的影响,促进新疆地区纺织印染产业绿色、可持续发展提供技术支撑。

1.2 任务来源

1.2.1 任务来源

2018 年 4 月自治区人民政府发布《自治区发展纺织服装产业带动就业 2018 年行动方案》(新政办发【2018】33 号),将“严守环保红线,尽快出台新疆印染废水排放和综合利用标准,明确废水处理脱盐程度。加快研究工业集聚区(工业园区)污水集中处理设施处理达标的印染废水综合利用途径,提高废水循环利用率”列为 2018 年重点工作之一。

2018 年 5 月新疆维吾尔自治区环保厅发布《自治区环保厅贯彻落实<自治区发展纺织服装产业带动百万人就业 2018 年行动方案>工作方案》(新环办发【2018】138 号),指出:“抓紧研究制定《新疆印染废水排放和综合利用标准制定工作方案》和《工业集聚区(工业园区)污水集中处理达标印染废水综合利用途径提高废水循环利用率研究工作方案》”,“组织制定《新疆印染废水排放和综合利用标准》,研究论证工业集聚区(工业园区)污水集中处理达标印染废水综合利用途径”。

2018年9月,《关于加快推进生态环保地方标准制(修)订工作的通知》(新环办发【2018】317号)指出:“制定生态环保地方标准是对国家生态环保标准的补充,是地方环境监管重要措施之一,对推进我区生态文明建设、环境保护工作和打好污染防治攻坚战具有十分重要的意义”。《新疆印染废水排放和综合利用标准》是重要任务之一。

1.2.2 标准制定项目的承担单位

(1) 自治区环保厅科技标准(宣传教育)处、水环境管理处

自治区环保厅科技标准(宣传教育)处负责环保科技标准、宣传教育综合管理工作;组织拟定环境保护科技政策、规划、计划工作;综合协调组织拟订自治区环境保护标准和技术规范工作;指导协调环境保护科学研究;组织环境保护技术攻关和技术工程示范工作;负责管理环境保护科技成果和科技信息工作;负责制定环境保护标准规划、计划、管理办法和标准制订技术规则,负责标准立项、协调和审核报批工作,制订基础类标准和环境基准,参与标准拟订工作过程,组织环境标准的实施评估工作;承担全区环境保护标准备案;承担自治区标准委员会通报联系工作,归口指导标准技术支持单位业务工作;承担环境保护社团管理工作。

自治区环保厅水环境管理处负责全区水环境保护的监督管理;拟订和组织实施水体污染防治政策、规划、法律法规、规章、标准及规范;拟订水环境功能区划。组织测算并确定水环境容量,开展水环境承载力评估;拟订和监督实施全区重点流域、地下水污染防治规划计划;建立和组织实施跨地(州、市)、县(市、区)界水体断面水质考核制度;监督管理饮用水源地环境保护工作;负责水固定源管理相关工作;参与有关专项资金项目立项、申报、审查等工作,负责项目实施过程中的业务指导和监督,开展项目涉及的环境保护政策成效评估;组织审核区域、流域、饮用水源地等水污染物治理项目实施方案,参与项目的实施、管理、竣工验收和绩效考评具体工作。

(2) 新疆环境工程评估中心

新疆环境工程评估中心是原自治区环保局申请成立,并于2003年10月得到中共新疆维吾尔自治区委员会编制委员会批准,自治区机构编制委员会办公室、

自治区财政厅、自治区人力资源和社会保障厅文件《关于调整自治区环境工程评估中心机构编制事宜的批复》（新党编办〔2016〕79号），新疆环境工程评估中心属公益二类差额预算管理事业单位，县处级，12个正式编制，4个非实名编制，3个领导职数，收入来源主要为评估费用和财政拨款。

新疆环境工程评估中心内设办公室、评估一室、评估二室、综合业务室四个科室。中心现有人数24人，其中在编12人，长期聘用人员（属无固定期限劳动合同）12人；博士研究生2名、硕士研究生8名、大学本科生14名，高级职称5人、中级职称6人、国家注册环评工程师8人，中心还拥有近200名环保专家与各类行业专家组成的专家库资源。

近年来，新疆环境工程评估中心通过工业园区规划环评技术审查、建设项目环评文件技术评估、清洁生产审核评估与验收等工作，对自治区纺织印染集中区域环境状况、企业及园区废水治理方式等资料进行了收集。同时，新疆环境工程评估中心顺利完成了大量基础性研究和重大课题，如兰炭和棉浆粕行业清洁生产标准编制、新疆环境影响后评价技术导则编制、新疆重点行业环境准入条件编制、“新疆发展纺织服装产业带就业规划纲要”水污染防治对策研究等工作，在地方标准制定和研究方面积累了一定的工作经验，并在纺织工业废水污染防治方面取得一定研究成果。

（3）技术支持单位

本项目确定合作的技术支持单位为东华大学环境科学与工程学院和上海清宁环境规划设计有限公司。

①东华大学 环境科学与工程学院

东华大学（原中国纺织大学）是纺织类院校的最高学府，纺织学科排名全国第一，汇聚了国内数量最多、水平最高、实力最强的纺织行业学术及科技研发基地，包括：国家环境保护纺织工业污染防治工程技术中心、国家染整工程技术研究中心、纤维材料改性国家重点实验室、纺织面料技术教育部重点实验室、教育部数字化纺织服装技术工程研究中心、生态纺织科学与技术教育部重点实验室、产业用纺织品教育部工程研究中心、纺织产业关键技术协同创新中心。

东华大学环境工程专业创建于 1976 年，是国内最早建立的环境类学科之一，具有鲜明的纺织印染行业特色。拥有环境科学与工程一级学科博士学位点，环境工程学科是上海市重点学科，环境科学与工程学科是上海市一流学科。本学科点具有环境影响评价甲级资质，是中国印染行业协会副会长单位、中国印染行业协会环境保护技术专业委员会副主任委员单位。2011 年经环保部批准筹建国内第一个纺织污染控制工程技术中心—国家环境保护纺织工业污染与防治工程技术中心。学科设立以来，围绕我国纺织工业污染减排及节能降耗等环境问题，开展科学研究及产业化应用，形成了独具特色的研究方向，在纺织印染废水治理领域处于国内领先地位。应用自主知识产权的新技术，完成 200 余项难降解印染、化工废水治理工程，获得显著的经济及社会效益，工程应用及产业化成果先后获得国家技术发明三等奖 1 项、国家科技进步二等奖 2 项、中国纺织工业协会科技进步一等奖 1 项，此外还获得 20 余项省部级科技进步奖。牵头和参与制定了《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-92）、《纺织染整工业废水治理工程技术规范》（HJ471-2009）、《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2002）等国家标准和规范。

②上海清宁环境规划设计有限公司

上海清宁环境规划设计有限公司位于上海市长宁区延安西路 1818 号，是隶属于东华大学全资国有企业。1986 年，东华大学成为全国首批获得环境影响评价甲级资质的单位之一。2016 年 11 月，为响应国家环境保护部 36 号令对事业单位的环评改制要求，东华大学将环境影响评价甲级资质以业务剥离的方式改制至上海清宁环境规划设计有限公司，环评证书编号国环评证甲字 1804 号。

上海清宁环境规划设计有限公司依托东华大学人才高地与学科特色，具有鲜明智力资源优势，目前拥有由东华大学 7 名教授、博导组成的专家技术委员会，负责解决公司遇到的技术难题，并协助东华清宁环境规划未来发展的专业方向和整体布局。

上海清宁环境规划设计有限公司是上海市拥有专职环境技术人员的大型环境技术服务单位之一，目前拥有专职技术人员 58 人，其中环保部及上海市专家 7 名，高级职称 15 人，注册环评工程师 16 名，注册环保工程师 4 名，环境监理

工程师 6 名，工程师 18 名，司法鉴定人员 12 名，其中高级司法鉴定 2 名，员工中 60%以上具有硕士学位或博士学位。

上海清宁环境规划设计有限公司致力为社会和企业提供环境领域全产业链、一站式的优质服务，目前业务范围包括：规划环评、项目环评、环境技术方案、环境现场评估、环境工程、环保验收、环境监测、环境技术培训、环境监理、应急预案、清洁生产审核、玻璃幕墙评估、场地调查、土壤修复、环境损害司法鉴定、环保尽职调查和环境管理、环保领域的技术咨询。

1.3 工作过程

1.3.1 标准编制组所开展的相关调查、研究工作

任务下达后，任务承担单位新疆环境工程评估中心近于 2018 年 5 月底至 6 月初组成调研组，对上海市、江苏省、浙江省和山东省的先进纺织印染企业和科研机构进行了为期 6 天的专题调研。调研期间，调研组与东华大学环境科学与工程学院等科研机构进行了座谈，全面了解了国内纺织印染废水治理与综合利用领域最新研究成果，听取了关于“新疆印染废水排放和综合利用标准制定研究”工作的意见与建议。调研组还对四省市的先进纺织印染企业进行了现场调研，实地考察了企业印染生产工艺与装备、废水治理与综合利用等情况，深入了解了“筒子纱数字化自动染色成套技术与装备”、“活性染料染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术及其产业化”等企业最新研究成果与应用情况。通过本次调研，新疆环境工程评估中心与东华大学环境科学与工程学院初步达成合作意向，联合开展印染废水综合利用标准研究，充实了研究技术力量。同时，调研组对国内先进纺织印染企业生产工艺、废水综合利用状况以及最新研究进展也有了进一步认识，为做好下一步标准制定研究工作打下良好的基础。

2018 年 7 月 23 日~28 日，标准制定技术支持单位东华大学到我国纺织印染产业聚集地山东省开展调研，分别走访、调研了华纺股份有限公司、愉悦家纺股份有限公司、鲁泰纺织股份有限公司、青岛凤凰东翔印染股份有限公司等四家全国排名前 20 位的纺织印染企业，在调研过程中深入考察了山东省以再生水作为印染工业用水解决缺水地区发展印染产业的途径及案例，这一经验可为新疆缺水地区发展印染产业所借鉴。同时，调研了印染企业在染整工艺清洁生产节能、减

排、节水方面采用低温氧漂、冷轧堆染色、无盐染色、生物酶退浆、双重水洗、尿素替代、无盐染色等先进的染整工艺，并考察了山东缺水地区废水处理工艺、成本及脱盐回用的实施情况。

2018年8月16日上午10:00，新疆环保厅科技标准处、水环境管理处、新疆环境工程评估中心、自治区纺就办、东华大学等承担标准编制任务及相关单位的领导、研究人员就《新疆印染废水排放和综合利用标准制定》召开了标准编制工作预备会议。标准编制第三方科研机构东华大学就研究方案初步设想进行了汇报，内容主要包括：标准制定背景、意义，研究目标、内容，研究方案与工作计划等，并就前期调研工作及进一步的调研要求做了汇报。新疆环保厅科技标准处赵晨曦处长、纺就办顾青处长、新疆环保厅评估中心室主任杨跃辉、蔡炜及相关人员就研究方案及调研工作进行了深入讨论，并提出宝贵意见。经讨论形成如下主要意见：

（1）标准制定工作应紧紧围绕自治区政府及环保厅的要求，应全面涵盖废水“排放”及“综合利用”两方面的内容。

（2）标准制定工作需紧密结合新疆的地域特征及纺织印染产业发展规划，重点调研及分析阿克苏、库尔勒、石河子及阿拉尔等纺织印染工业聚集区废水治理及综合利用特点；使未来提出的综合利用途径及标准限值更为切合现实情况。

（3）标准制定工作应基于国家及行业标准，在综合考虑新疆地区经济发展及生态环境保护要求的前提下，体现高标准、严要求，实现废水的合理化排放及综合利用。

（4）新疆沙漠地区印染废水排放及综合利用国际上无先例，标准制定工作量大、复杂程度高，需各部门协同配合、共同推进，保障项目经费来源，以确保高质量完成任务。

2018年8月16日下午至8月25日，新疆环境工程评估中心室主任杨跃辉、谢辉，会同东华大学薛罡教授、刘振鸿教授及陈红博士，组成标准制定调研工作组，前往玛纳斯、石河子、库尔勒、阿拉尔及阿克苏进行调研工作。调研企业包括玛纳斯地区的舜达化纤、澳洋科技、祥云化纤，石河子地区的新疆如意、标信纤维，库尔勒地区的新疆富丽达、泰昌浆粕、康平纳、汇同泰，阿拉尔地区的洁

丽雅、富丽达，阿克苏地区的标信纤维。调研涉及印染、浆粕及粘胶短纤行业，重点关注企业的清洁生产工艺，尤其是盐的使用、回收及重复利用情况，废水处理效果及处理模式，废水排水去向，废水综合利用途径及对生态环境的影响等；通过与企业、工业区管理部门、环保部门多次座谈及实地考察，详尽掌握了企业发展情况及废水处理相关问题等。本次调研共计 12 家企业（其中印染企业 6 家），8 处氧化塘/蓄水库，3 座集中式污水处理厂，5 座企业自建污水处理厂。通过实地调研，工作组深入了解了新疆地区印染行业特征，进一步明确了印染废水排放及综合利用的重点关注目标，明晰了印染废水综合利用途径。

1.3.2 标准开题论证会情况

2018 年 8 月 28 日，基于前期调研工作，新疆环保厅组织召开了项目开题专家论证会，专家组由与标准制定相关的环境监测、水生生态、生态修复、工程设计等不同领域的专家组成；同时，邀请了自治区纺就办、科技标准处、水环境管理处、环评处、纺织行办相关管理部门负责人出席开题会议。环境工程评估中心主任董亚明介绍了本次标准制定的背景及意义，杨跃辉介绍了前期疆内外调研的总体情况，东华大学薛罡教授对项目研究思路及研究内容做了汇报，东华大学陈红博士汇报了项目调研的具体情况。与会专家、领导就新疆印染废水排放及综合利用标准的研究内容及思路进行了深入讨论，并提出建设性意见。经质询和讨论形成如下意见：

（1）新疆印染废水排放及综合利用标准制定，对于新疆纺织服装产业的可持续发展、生态环境保护有重要意义；

（2）标准制定研究方案正确，技术路线清晰，研究内容全面，课题组前期在山东、新疆等地已开展大量调研工作，奠定了良好的研究基础；

（3）新疆干旱地区印染废水排放及综合利用国内外无先例可寻，标准制定工作量大，复杂程度高，其中盐的排放限值是关键问题和突破点。

建议：

（1）研究方案涉及的指标需明确与国家、行业标准之间的关系与衔接；

（2）研究方案需参考国内外相关标准的制定情况；

（3）标准制定应结合新疆的地域特征，综合考虑经济发展与生态环境保护

的关系，确保标准的可操作性。

1.3.3 标准中期研讨会情况

2018年11月17日上午9:30，新疆环境工程评估中心副主任阿依古丽库尔班，评估中心环评室主任杨跃辉，评估中心工程师胡小龙、全韦娜、阿依努尔一行，与东华大学承担标准编制任务的人员，就《新疆印染废水排放及综合利用标准制定》在东华大学召开了标准编制中期研讨会。

东华大学薛罡教授就标准的研究进展进行了汇报，内容主要包括：标准制定背景、行业概况、必要性分析、新疆纺织印染废水排放及综合利用途径及可行性研究、新疆沙漠地区构建生态超净处理设施可行性研究、新疆纺织印染工业园废水排放及综合利用限值研究等。新疆环境工程评估中心副主任阿依古丽库尔班、评估中心室主任杨跃辉及相关人员就汇报内容进行了深入讨论，并提出宝贵意见：

（1）标准编制的重要目的在于提高水资源的利用效率，在标准课题研究中需对印染企业内部印染废水的回用水效率以及回用模式做重点研究；

（2）近期国家生态环保部相继颁布较多的新标准，本次标准的制定需参考最新的相关标准，以使新制定的标准和其他相关标准具有较好的协调性；

（3）在提出新疆印染废水排放及综合利用模式的新理念中，同时加入碳循环理念；

（4）本次标准的制定包括“排放”及“综合利用”两方面，在排放标准中，建议对企业的吨产品用水量、排水量，或者百米布用水量、排水量做较严格的限定，综合利用标准中对回用环节及回用率做相关研究；

（5）新疆印染废水排放及综合利用标准制定，工作复杂程度高、工作量大、时间紧，前期各部门协同配合推进，已完成大量的研究工作，各部门需在后期工作中进一步紧密配合，以确保高质量高效完成标准制定工作。

1.3.4 标准技术审查情况

2018年12月14日上午9:30，新疆环境工程评估中心董亚明主任等一行7人，与东华大学承担标准编制任务的人员，就《新疆印染废水排放及综合利用标准制定》在东华大学召开了标准编制中期研究技术审查会。

东华大学薛罡教授就标准编制说明、标准讨论稿进行了汇报，内容主要包括：标准制定背景，行业概况，必要性分析，标准制定必要性分析，新疆纺织工业园废水排放及综合利用途径及可行性，新疆印染企业废水处理和循环利用途径及可行性，标准主要技术内容，主要国家和地区及国际组织相关标准研究，实施本标准的环境、经济及社会效益，以及标准的讨论稿。新疆环境工程评估中心董亚明主任相关人员就汇报内容进行了深入讨论，并提出宝贵意见：

(1) 标准制定编制说明及讨论稿技术路线合理、依据充分、论证正确，符合标准编制的规范要求；

(2) 标准内容应包括近期及远期要求，尤其在远期要求中体现高标准治理及综合利用要求；

(3) 因新疆水资源缺乏，标准应体现单位产品印染新鲜水取水量及排水量的先进性；

(4) 对于同时有纺纱、织造及印染的混合企业，应在印染车间及总排口同时设定全盐量限值监控点。

2018年12月25日，新疆生态环境厅将标准编制说明及标准征求意见稿发至自治区纺织服装就业工作领导小组办公室、自治区发改委、自治区工信厅、自治区科技厅、自治区市场监督管理局、兵团工信委、兵团环保局、第一师环保局、第二师环保局、第八师环保局、和田地区环保局、巴州环保局、阿克苏地区环保局、阿克苏纺织工业城管委会、石河子纺织工业城管委会、库尔勒经济技术开发区管委会、阿拉尔经济技术开发区管委会等相关部门广泛征求意见，并邀请上述相关部门人员参加了2018年12月29日的标准论证会。

2019年1月29日，标准编制课题组前往中国环境科学研究院标准所召开关于新疆印染废水排放与综合利用标准咨询会议。由董亚明主任和东华大学薛罡教授全面汇报了标准编制过程和成果。武雪芳所长非常重视该项工作，召集标准所王宗爽主任、谭玉菲高工、雷晶高工总共四人参与了讨论。经过认真的讨论，吴所长明确提出地方标准必须按要求征求生态环境部的意见；同时，吴所长认为此项标准的工作量很大，难度也很大，目前取得的成果来之不易且很有意义。同时，标准所专家提出如下建议：

(1) 排放标准和综合利用标准合并出台的方式不合适，应当分开，以排放标准为主，综合利用标准以引用现行标准为主；

(2) 标准的适用范围还需要做调整，应主要可能围绕印染企业提出要求，不宜规定园区污水处理和综合利用的具体指标；

(3) 最终排水用于荒漠水库和生态林灌溉需要有相关规范和政策的支撑；

(4) 全盐量应根据不同成分、性质的盐类区别对待，不应简单归为一类；

(5) 相关企业运行和排污等基础数据应采用近两年的最新数据。

1.3.5 标准论证会情况

2018年12月29日，新疆生态环境厅科技标准处、水环境管理处组织自治区及兵团相关部门和专家，对新疆环境工程评估中心、东华大学和上海清宁环境规划设计有限公司承担的《新疆印染废水排放及综合利用标准》项目召开了专家论证会。专家组听取了课题组关于标准制定工作成果汇报，经质询和讨论形成如下意见：

(1) 标准编制课题组基于疆内外调研及多次论证，完成了《新疆印染废水排放及综合利用标准》（初稿）及编制说明，符合国家与地方标准编制的要求。

(2) 在对新疆发展印染产业的废水治理问题进行准确研判的基础上，确定了新疆印染废水排放及综合利用途径，以提升生态环境功能及水环境质量为切入点，结合印染企业废水处理及循环利用技术经济分析，在国内率先提出了全盐量控制限值。

(3) 基于新疆印染废水排放及综合利用的区域特点及难点，构建了印染企业及纺织工业园废水处理厂两个层次的排放及综合利用标准框架，提出了“高标准治理、梯次推进、分期实施”的标准执行思路，明确了印染废水处理后排放及综合利用范围和限值及协议限值的执行条件。

(4) “企业适度脱盐回用、工业园全部综合利用”废水治理模式，基本符合新疆干旱缺水地区印染产业可持续发展要求，可为环境保护及水资源管理提供技术依据。

建议：

(1) 进一步分析废水指标项目全盐量及COD等指标设定的依据。

(2) 强化经济可达性分析的内容；考虑沙漠塘的纳污能力和环境敏感程度，选取进塘水质指标限值；进一步明确废水综合利用的路径。

(3) 进一步论证化纤、棉浆粕、粘胶纤维参照本标准执行的可行性。

(4) 建议标准标题改为“纺织印染废水”。明确界定“沙漠水库”、“经济植物”、“废水回用”术语和定义。增加 HJ/T70 标准引用文件。

2. 印染行业发展概况

2.1 我国印染行业总体状况及发展趋势

2.1.1 总体状况

纺织工业作为我国传统优势支柱产业和重要民生产业，占工业总产值 3.60%，直接与间接从业人员 1.22 亿，现已发展成为全球第一大纺织品服装生产国和出口国，纺织产量超过占世界总量 50%，国际市场占有率超过世界的三分之一，未来仍将在国民经济中占重要地位。印染作为纺织工业产业链的关键中间环节，对纤维原料、纺织和服装、服饰、装饰用布、产业用布起着重要纽带作用，是纺织品深加工、精加工和提高附加值的关键行业。我国印染行业整体运营平稳，要素成本下行叠加技术升级，整体上表现出供给收缩、价升量减、区域集中度高的局面，同时，印染行业利润率处于较低水平，仅维持在 5.1% 左右，一定程度上处于产业布局不合理、同质化竞争激烈、技术创新能力不足、国际竞争加剧及环保形势严峻等“内忧外患”的困境。

(1) 从纺织工艺流程来看，印染布约占全球着色面料的 80%；而印染布又以棉印染和化纤印染为主，占比超过 80%

面料着色目前主要有印染布、色织布和色纺纱三种方式，其中色织布和色纺纱因适用范围小、销售单价高尚未形成较大规模。该领域仍以印染布为主要的染色形式，约占全球着色面料的 80%。色织布占全球棉纺行业份额仅为 7%，未来伴随消费者对于服装色彩等需求愈加时尚与多变，色织布仍有较好的发展前景。目前全球色织布产能主要分布在中国，90% 色织布为中低端产品，领先企业包括鲁泰纺织、联发股份、广东溢达、雅戈尔日中纺织。色纺纱发展迅速，形成寡头

垄断，市场份额仍较小。色纺纱产业两大寡头华孚色纺、百隆东方 2016 年产能合计约为 34 万吨，占中高端色纺纱 80%左右的份额。

根据印染的原料不同，可以分为天然纤维和化学纤维，前者主要是棉、麻、蚕丝织物和毛织物；后者则主要是化纤为主的工业纤维。从比重上来看，棉印染和化纤印染是主流，占比超过 80%。图 2.1 为印染原料分类。

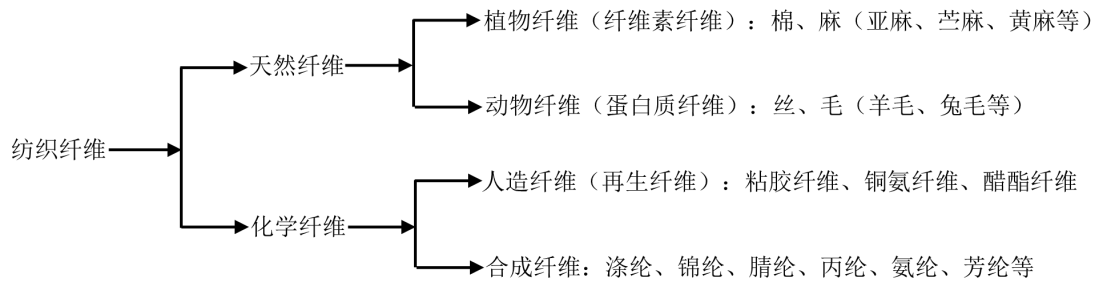


图 2.1 印染原料分类

（2）从行业经营情况来看，随着环保政策的出台以及行业转型升级的逐步推进，印染企业数量逐年下降，企业的盈利能力稳步提升，印染布产量自 2013 年起基本保持平稳

近年来，落后产能淘汰效应显著，行业集中度持续提高。印染行业的中小企业盈利能力差，随着环保治理力度的持续加大，印染行业加快了“淘汰落后产能、限制新增产能、调整优化结构”的步伐，而一些难以承受环保政策带来的高昂的“三废”治理成本的中小型企业，只能出局。据统计，规模以上印染企业数量从 2012 年的 2391 个下降为 2016 年的 1773 个。环保政策的出台，一方面倒逼落后产能退出竞争格局，另一方面，也倒逼印染企业进行转型升级，转向毛利率较高的中高端印染产品。2012~2016 年，规模以上印染企业主营业务收入和利润总额保持逐年增长态势，主营业务收入年均增长 3.09%，利润总额年均增长 5.5 %。

同时，印染产量方面受到淘汰落后产能、环保政策趋严的影响，“十二五”期间连续五年呈负增长，但整体下游国内印染需求平稳，同时规模上印染企业转型升级后产量增加，整体来看，2013 年起各年印染布产量基本保持在 500 亿米左右的平稳水平，稍有波动。

(3) 从区域分布来看，浙江、江苏、山东、广东和福建五省产量占比 95% 以上，区域集中度较高

我国纺织印染企业主要集中在东部沿海水源丰富和经济发达地区、长江、黄河、珠江、闽江和淮河流域下游；东北、海河流域也有一定分布。从省份看，浙江、江苏、山东、广东和福建是我国印染五大主产区。这五大省份印染布产量和比例从 2006 年到 2015 年都呈逐渐上升的趋势，产量方面从近 390 亿米增长到 491 亿米，比例从占全国产量的 90% 到 96.4%，其中浙江地区占比超过 60%，地域集中度极高。

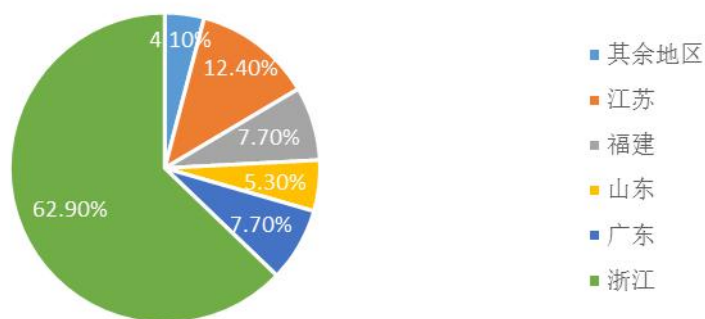


图 2.2 2015 年全国各省份印染产能分布

纺织行业以棉花和各类化学纤维为原材料经过生产加工后制造出可供下游服装行业使用的纺织面料，产业链包括棉花种植、化学纤维制造、纺纱、织布、染整、制衣等。纺织行业产业链条示意图 2.3。

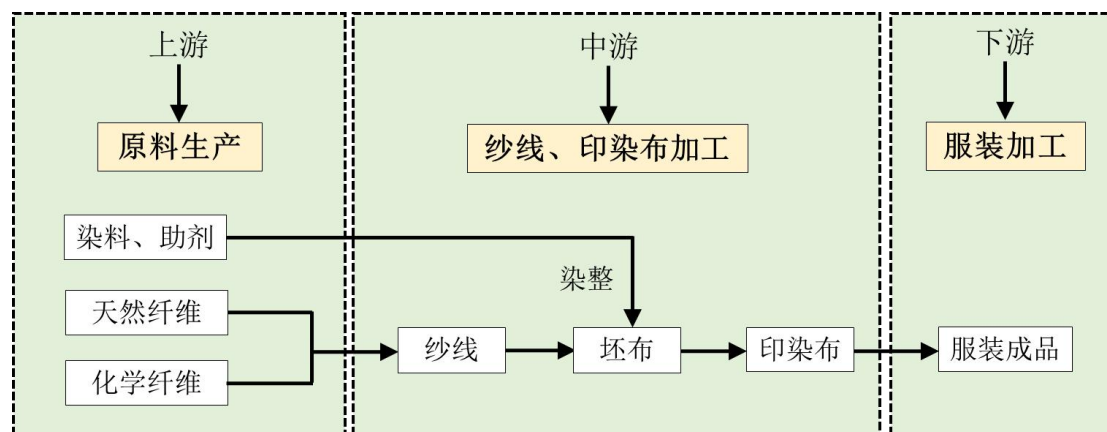


图 2.3 纺织行业产业

印染行业作为纺织服装产业链中间环节，与上下游存在密切联系。上游涉及染料制造业，蒸汽、电力和工业用水供应，以及坯布供应（如用自营模式需自制坯布，如委托加工模式坯布由布行提供），受石油化工和能源行业间接影响；下游则为服装制造，且与物流运输和污水处理等环节相关。与印染相关产业链示意见图 2.4。相关产业发展状况总结如下：

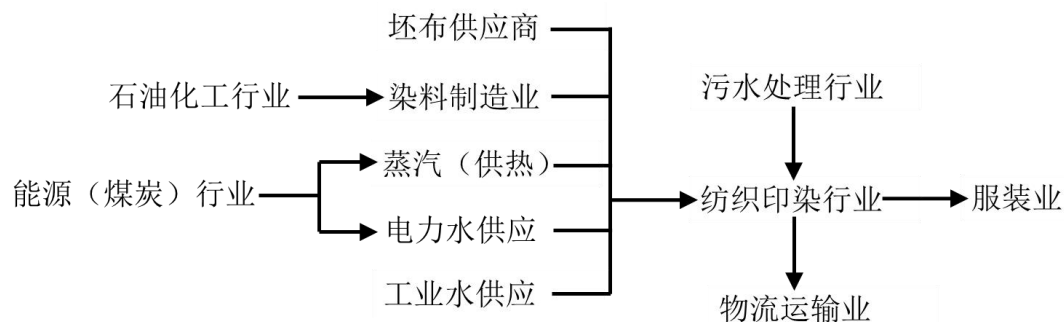


图 2.4 印染相关产业链

（1）印染行业上游市场发展情况及重点企业

我国染料产业受下游纺织印染行业需求增大和出口量增大推动在近十年来取得了重大进展。目前我国是世界染料产量第一大国，约占世界染料总产量的 70%。据中国染料工业协会统计，在“十二五”期间，我国染料工业总产值年均增长率为 8%，产量年均增长 4.5%，2015 年染料总产量达 92.2 万吨。其中，分散染料在我国所有品种染料中产量最高、出口量最多，占我国染料总量的 48.49% 左右。我国生产的分散染料品种类型比较齐全，偶氮类占比 75%，蒽醌类占比约 20%、杂环类约 5%。目前，我国共有染料生产企业约 500 家，上市公司中的企业浙江龙盛、闰土股份、亚邦股份和吉华集团四家上市企业占据了我国整个染料市场将近一半的市场份额，其他中小规模企业则在争夺剩余一半的市场份额。

当前，疯狂上涨的染料价格让印染企业的生存和发展陷入了新的困境。2017 年下半年以来，染料价格一路飙升，在数月之内价格翻了好几番，这对原本就肩负着节能减排重担的印染企业造成了巨大的影响，使印染企业的生产成本进一步增加。

（2）印染行业下游市场发展情况及重点企业

我国服装产量增速已经基本保持平稳。自 2014 年以来，纺服业主营业务收

入一直保持个位数增速，较为稳定。中国服装上市公司市值排行榜前 14 见表 2.1。

表 2.1 中国服装上市公司市值排行榜前 14（截至 2018 年 1 月 24 日）

公司名称	总市值（亿元）	公司名称	总市值（亿元）
申洲国际	1202.58	跨境通	269.37
安踏	1048.32	森马服饰	241
裕元集团	478.9	搜于特	171
海澜之家	467	美盛文化	1578
雅戈尔	359	李宁	138.3
利丰	346	红豆股份	130
际华集团	284	贵人鸟	129

2.1.2 发展趋势

（1）去产能基本完成，下游市场平稳增长，行业发展可持续

“十二五”期间，印染行业主要为去产能阶段，印染布年产量由 600 亿米降为 500 亿米，淘汰落后产能 20%。2016-2017 年，产能已基本稳定在 500 亿米/年。从下游市场来看，纺织服装行业也已进入平稳发展阶段，对印染行业需求稳定。

（2）印染行业有向新疆和“一带一路”国家转移的趋势，但不会大规模向上述地区迁移

当前内地纺织服装产业有转移需求。严峻的环保形势下，各地纷纷提出对印染新建和扩建项目实行限批和禁批，倒逼印染行业转型升级。与此同时，国家对产业转移的要求也愈发严格，重点流域及不适于发展地区严禁新建印染企业。此外，纺织印染行业还经受着劳动力成本快速增长、能源成本居高不下、税负成本、融资成本等各方面的压力。

新疆具有原料、土地供应、区位、通道等方面的特殊优势，新疆纺织服装产业链中下游相对高附加值的印染、织造及服装配套能力极低，82.4%的产值集中在棉纺和化纤组成的产业链前端。非洲国家生产要素价格较低，尤其是当地生产出口到国际市场享受关税优惠，输入到欧洲的物流成本和效率也很有优势。

印染行业作为纺织服装产业链中间环节，其发展与上下游存在密切联系。除了棉花等原材料，上游染料及纺织助剂、能源及水等的供应情况以及下游服装加工等产业的配套情况，直接决定一个地区适宜发展印染行业与否以及适宜发展的

规模。首先从产业配套方面，我国染料企业主要集中在浙江、江苏和上海三个省市（生产量、出口量占全国总量 90%以上）；纺织助剂生产企业主要集中在浙江、江苏、广东、山东等地，其中 50%左右的企业集中在浙江省；而下游服装加工也主要集中在浙江、广东、福建等沿海省份。仅从这个角度来讲，新疆就不适合大规模发展印染行业。此外，水资源短缺和水质硬度大对中高端印染质量的影响是致命的。加之新疆特殊的环境条件，环境承受能力有限，只能适度发展印染产业。

在“一带一路”政策下，印染企业向相关国家转移也面临着安全、政治、投资和法律三大风险。而且像越南等一些国家本身环保标准设置也比较高，产业转移有一定限制性因素。

（3）企业整合升级和集中化入园治理成为印染行业转型升级的必然趋势

在环保政策持续趋严下，未来印染行业将会通过产能的集中以及产业的升级完成供给侧改革。梳理国家层面到各省市的政策规划和重污染行业整治方案，可以看出各地对印染行业的管控普遍按照“关停淘汰一批、整合入园一批、规范提升一批”的原则，采用三种情况对待：一是符合条件的企业可原地保留，二是经过整改后通过验收可原地保留，三是不符合前述两类原地保留条件的一律入园或淘汰。企业整合和产业园化的集群式管理已经成为各地推进印染行业转型升级的有力措施。

工信部发布的印染行业规范条件（2017 版）提出“缺水或水质较差地区原则上不得新建印染项目。水源相对充足地区新建印染项目，必须在工业园区内集中建设。工业园区外企业要逐步搬迁入园，原地改扩建项目，不得增加污染物排放量”。与此同时，各地纷纷出台相关实施方案，规划和建设了一大批印染园区/专业基地/集控区，并对企业入园的时限提出了明确要求。目前各省份的印染集聚区及入园计划与要求见表 2.2。

表 2.2 重点省份印染集聚区名录（部分）

省份	市/县/乡镇	基地/园区名称	备注
浙江省	绍兴市柯桥区	绍兴滨海工业园区	—
	绍兴市袍江经济技术开发区	绍兴袍江经济技术开发区	—
	绍兴市柯桥区	绍兴柯桥经济技术开发区	—

省份	市/县/乡镇	基地/园区名称	备注
	绍兴市诸暨市	诸暨城西工业新城（浙江省诸暨经济开发区张四里园区）	整合现有的省级经济开发区—浙江省诸暨经济开发区和诸暨最大的两个特色产业区—大唐袜业园和三都家纺园区
	诸暨市安华镇蔡家畈村	诸暨华东袜业园	—
	诸暨市枫桥镇	枫桥衬衫工业园区	—
		义乌经济技术开发区（国家级）	—
	义乌市佛堂镇	义乌市义南工业园区	—
	杭州市萧山区第一、第二农垦场辖区	萧山印染工业园区	2021 年左右印染企业数量将由目前的 42 家（其中航民下属企业占 5 家）减少至 19 家。
	温州市苍南县	龙港新城印染园区	
	嘉兴市秀洲区（洪合镇）	洪合镇工业园区染色集聚区	毛衫重镇，当地印染企业由 33 家降为 14 家，全部入园
江苏省	盐城市射阳县临海镇境	盐城市纺织染整产业园	—
	苏州市吴江高新区(盛泽镇庄平村)	吴江纺织循环经济产业园	—
	苏州市（常熟市）		160 余家印染企业
	常州高新区	常州高新区纺织印染工业园	—
	常州市武进区湖塘镇	常州市武进区湖塘印染工业园区	—
	南通市崇川区观音山镇	南通市观音山纺织印染工业园区	到 2020 年，全市将关停印染企业 30 家，印染企业集聚入区率达 50%左右
	南通市通州区先锋镇	先锋印染工业园区	大于 46 家印染企业
广东省	增城市新塘镇西洲村及南浦村	新塘环保工业园	—
	佛山市（三水区大塘镇）	三水大塘工业园	国家高新技术开发区
	南海区西樵镇	广东西樵纺织产业基地	—
	东莞市（沙田镇）	沙田镇环保专业基地印染部分	—
	东莞市（虎门镇）	虎门镇环保专业基地（电镀、印染类）	—
	东莞市（大朗镇）	大朗镇环保专业基地（洗水、印花类）	—
	东莞市（常平镇）	常平镇环保专业基地	—

省份	市/县/乡镇	基地/园区名称	备注
		(洗水、印染类)	
	东莞市(麻涌镇)	麻涌镇环保专业基地 (电镀、印染类)	—
	揭阳市(普宁市)	普宁市印染环保综合处理中心 (刚启动建设)	确保练江流域内所有 印染企业必须在 2018 年底入园,集中生产, 集中治污
	汕头市(潮阳区)	潮阳区印染环保综合处理中心	50 余家企业
	汕头市(潮南区)	纺织印染环保综合处理中心 (建设中)	2018 年底前全部入园
	江门市(开平市)	—	江门市共有印染企业 93 家(2017 年数据: 蓬江区 9 江海区 5 新会 28 台山市 7 开平市 21 鹤山市 8 恩平市 15)
福建省	泉州市(石狮市祥芝镇)	大堡工业集控区	石狮市 66 家印染企业 整合到 40 家以内,实 现印染企业 100%入区 发展。晋江市 56 家印 染和 37 家水洗企业通 过自愿退出、兼并重组 和搬迁,入区率达到 50%以上;引导区外重 点印染企业迁入晋江 经济开发区安东园土 地置换腾出的三类地 发展
	泉州市(石狮市鸿山镇)	伍堡工业集控区	
	泉州市(石狮市锦尚镇)	锦尚工业集控区	
	泉州市(晋江市深沪镇)	晋江深沪东海垵开发区	
	泉州市(晋江市)	晋江经济开发区安东园	
	福州市(长乐市)	滨海工业集中区	—
	福州市(长乐市金峰镇)	长乐市金峰工业区	—
山东省	滨州市滨城区	滨州工业园区	省级开发区
	淄博市周村区	周村经济开发区	—
	潍坊市(昌邑市) 柳瞳(柳瞳工业园、华 达工业园等)、龙池镇等	昌邑纺织印染基地(昌邑市纺 织工业园、柳瞳镇、饮马镇、 阚山镇、北孟镇)	—
	威海市(乳山市)	威海纺织染整工业园	—
	青岛市(胶州市胶东镇)	青岛市纺织染整工业园	—
	青岛市(平度市)	青岛平度经济开发区(纺织印 染产业园)	省级开发区下设的园 区

根据调研掌握的信息显示:浙江省印染企业基本于 2018 年底完成入园,到 2020 年,全省印染行业入园率达到 90%;江苏省印染行业聚集区苏州盛泽有望

于 2025 年完成入园，南通于 2020 年入园率达到 50%；福建省目前已经基本全面实现园区化；广东省要求 2018 年底前全部入园。

2.1.3 纺织印染行业发展存在问题

(1) 行业集中度偏低，产业布局不合理

相对于地域上的高集中度，印染行业存在行业集中低的问题。目前我国印染行业是以中小企业为主、竞争格局分散的充分竞争性行业，规模以上企业占 0.4%，中小企业比例占 99.6%，特别是中低端印染市场，“低、小、散”企业充斥，产业附加值低，市场同质化竞争十分激烈。如印染重镇绍兴有 200 多家印染企业，但当地龙头企业仅有 3 家进入中国印染行业协会发布的 2018 年度中国印染企业 20 强名单（详见表 2.3），2017 年印染行业龙头航民股份印染布设计产能为 10.8 亿米，占全国印染布产量的 2.06%，位居行业前十。江苏盛虹印染共有 18 家分厂，产能为 20 亿米，市场份额为 3.81%，位居行业首位。印染企业 TOP20 产能约占规模以上印染企业印染布产量的 11%左右。

表 2.3 2018 年度中国印染企业 TOP20

序号	公司名称	产能（亿米）	产品类别
1	盛虹集团有限公司	20	化纤
2	青岛凤凰印染有限公司	2	蜡染
3	三元控股集团有限公司	—	棉、麻、化纤、混纺等
4	愉悦家纺有限公司	3.1	蜡染、棉纱
5	鲁泰纺织股份有限公司	0.85	棉纺
6	浙江航民股份有限公司	10.8	麻纺、棉纺等各种化学纤维、天然纤维为原料的纯纺、混纺和交织面料
7	华纺股份有限公司	3.5	棉纺、毛纺
8	宜兴乐祺纺织集团有限公司	4	纯棉产品（牛仔布，纯棉的休闲裤装面料）
9	绵阳佳联印染有限责任公司	1.5	棉纺和混纺织物
10	浙江富润印染有限公司	0.8	针织、棉纺
11	福建凤竹纺织科技股份有限公司	—	以纯棉、涤棉、涤纶、人棉、锦纶、莫代尔、氨纶等为主导的针织面料
12	山东如意数码科技印染有限公司	3	真蜡、仿蜡印花布及服装面料产品

序号	公司名称	产能（亿米）	产品类别
13	辽宁华福实业股份有限公司	—	化纤、棉纺
14	浙江宝纺印染有限公司	1.8	全棉真蜡印花
15	辽宁宏丰印染有限公司	0.6	混纺、化纤、全棉
16	浙江同辉纺织股份有限公司	1.8	涤纶、经编布、丝绸
17	绍兴飞亚印染有限公司	1	纯棉、涤棉、纯麻、亚麻、麻棉、混纺、人造棉、富春仿
18	四川意龙科纺集团有限公司	1	纯棉、涤棉工装面料、功能性面料和特种面料
19	河北宁纺集团责任有限公司	0.4	棉纺、化纤
20	福建省宏港纺织科技有限公司	—	化纤

（2）国际竞争加剧

当前，面临全球经济弱复苏、市场需求动力不足、国际竞争日趋激烈。国际市场加强了对化学品安全的控制，对出口产品的生态安全性能提出了更严格的要求；以东南亚、南亚为主的国家和地区，凭借成本、资源和国际贸易优惠等条件，纺织业得到快速发展，国际市场份额不断提高，我国印染行业在国际贸易新格局中面临的竞争压力不断增大。同时，全面与进步跨太平洋伙伴关系协定（CPTPP）的达成将使 11 个成员国之间的贸易与投资壁垒大大减少，从而更加密切成员国之间的经贸往来，而来自中国这样的非成员国企业要想进入 CPTPP 的市场，将面临更多的市场壁垒，出口竞争力势必会被削弱，我国印染行业在国际贸易新格局中面临的竞争压力不断增大。

（3）技术创新能力不足，品牌附加值低

我国的印染行业已经具有加工世界先进水平印染布的硬件，有生产高水平的产品的能力，产品质量稳定，但利润空间仍然较低。同时，产量增长和利润增长不同步，主要是由于印染企业在创新、品牌意识、管理、信息化等方面的核心竞争力存在差距，缺乏自主知识产权和原创品牌，在国际产业利益分配中处于低端环节，盈利能力欠缺。

（4）废水及污染物排放量大，水污染治理难度大

纺织工业是我国的废水及污染物排放大户。近年来纺织业废水排放量约为 21 亿吨/年，占全国工业行业废水排放的 14%，位居全国第 3 位；化学需氧量

(COD) 排放量每年约 20.6 万吨/年，全工业行业占比 11%，位居全国第 4 位，如图 2.5 所示。其中印染是废水及污染物排放量最大的环节，废水及污染物排放量占纺织业的 80%左右，是废水及污染物的主要来源。印染行业的低利润率特征与废水治理的高标准要求一直是制约印染行业可持续发展的矛盾。

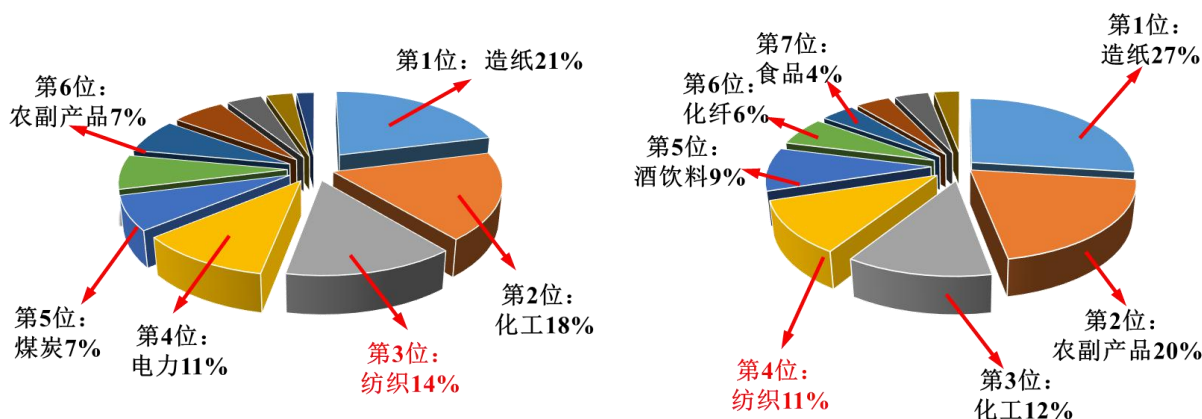


图 2.5 纺织工业在全国工业废水排放量占比

2.2 新疆纺织工业发展概况

2.2.1 新疆纺织工业整体发展状况

经过近 60 年的不懈努力，新疆纺织工业目前已经基本形成了集棉纺织、毛纺织、麻纺、针织、服装、化纤产业及纺织教育、科研、设计、产品质量检测等服务业为一体的工业体系。

纺织主要包括棉纺、毛纺、棉毛混纺及化纤纺织等，纺织工业的发展离不开棉花、毛绒和化纤的生产。棉花位于纺织产业链的源头，在我国纺织用总纤维量中占 1/3，在棉纺织原料中占近 2/3。化纤行业的主要原材料是棉浆粕，而棉浆粕的原料是棉短绒。

新疆是我国最大的优质商品棉和国内唯一的长绒棉生产基地，棉花总产量已连续 20 年位居全国第一。新疆棉花种植总面积约 2577.39 万亩，棉花总产量已达约 352 万吨，约占全国棉花总产量的 60%，棉花收入约占新疆农民收入的 35%，在南疆棉花主产区甚至占到 50%~70%。如今，棉花产业已经成为新疆地方经济发展的主导产业之一，植棉收入已经占到全疆农民人均纯收入的 40%。毛纺是指将毛纤维加工成纱线的纺纱工艺过程，新疆的毛纺工业所用的毛纤维以羊毛为主。新疆为我国五大牧区之一。

依托区域内丰富的棉花资源，新疆纺织工业中的棉纺、化纤产业得以快速发展。随着新疆资源优势禀赋的凸显，投资环境的不断改善，促进了国内外尤其是东部沿海经济发达省市纺织产业向新疆的快速转移。陆续落户新疆的国内外知名企业有浙江雅戈尔公司、浙江富丽达公司、浙江雄峰公司、华孚控股有限公司、江苏华芳公司、江苏澳洋公司、山东鲁泰公司、山东如意公司，香港溢达公司、香港互益公司、沙特阿吉兰公司等近 30 家（其中：全国纺织 500 强企业有 20 家左右），这些优强企业已成为推动行业发展及当地经济增长的生力军。同时，技术装备水平和产品质量档次也逐年提高。企业产品质量和附加值逐步提升，尤其是开发生产的具有高附加值的高支紧密纺纱线、高支紧密赛络纺纱线等产品达到国内领先水平，荣获“中国名牌”3 个、“新疆名牌”11 个。在乌鲁木齐—昌吉、石河子—奎屯、库尔勒—尉犁、阿克苏—阿拉尔、喀什地区五大产业集聚区域的基础上，初步形成了“三城七园一中心”的产业集群发展格局（“三城”即：阿克苏纺织工业城、石河子纺织工业城、库尔勒纺织工业城；“七园”即：哈密、巴楚、阿拉尔、沙雅、玛纳斯、奎屯、霍尔果斯；“一中心”即：乌鲁木齐纺织品国际商贸中心），见图 2.6。近年来，新建的纺织服装项目几乎全部进入纺织城或园区发展，其棉纺织产能规模环锭纺和转杯纺分别占全疆总能力的 88%和 79%；棉浆粕和粘胶纤维产能均占全行业的 95%以上，产业布局逐步优化，集聚发展效应得以释放。全疆地毯企业 30 余家，以家庭式、作坊式生产加工的织毯户约 3000 家，主要集中在和田、喀什等南疆地区的县镇和乡村。

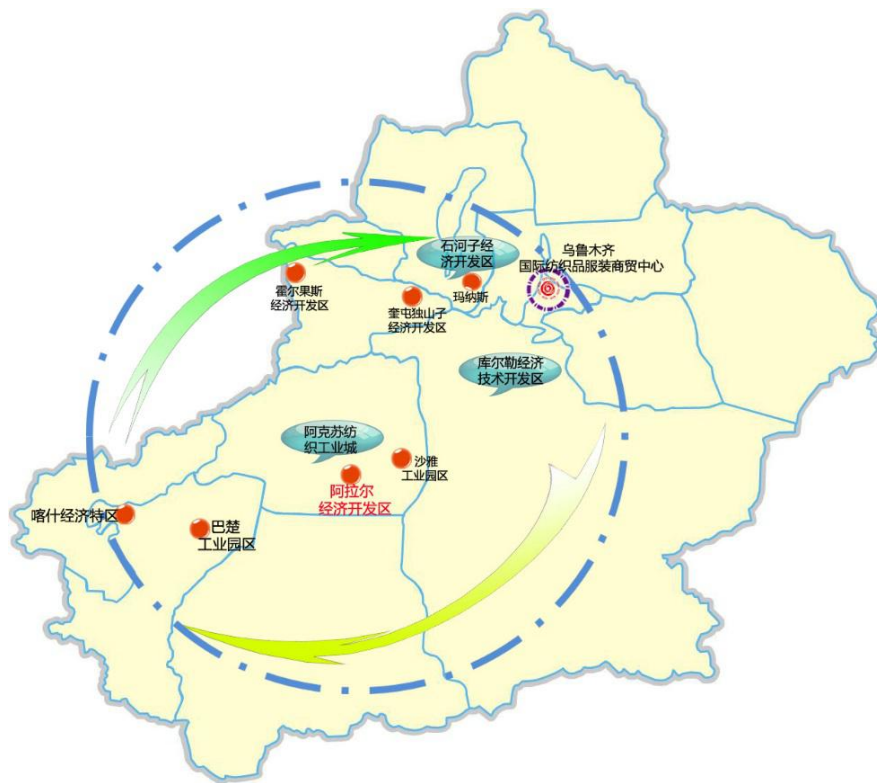


图 2.6 新疆纺织工业“三城七园一中心”分布示意图

2.2.2 新疆纺织工业产业结构及分布

近年来新疆纺织工业受国内棉价高企、国棉与外棉价差等因素，经济运行局面较为困难，主导产业的棉纺行业虽然产能不断增长，但生产增长大幅降低、产量不断下滑。棉纺行业产能的达产率始终在 60%左右徘徊，毛精纺、亚麻生产始终在下降通道运行，生产经营举步维艰。从全行业经济效益状况观察，企业效益普遍下降、部分企业亏损加剧。纺织产业工业增加值与自治区重点监测的十大产业中其他产业相比，工业增加值比重仅为 1.4%，除高于汽车工业的 0.1%之外，远远低于石油、化工、电力、有色、煤炭、钢铁、装备制造、农副食品加工等其他行业。从产业结构调整的角度看，新疆纺织工业尚有很大的发展空间。自治区重点监测的十大产业工业增加值比重分配情况见图 2.7。

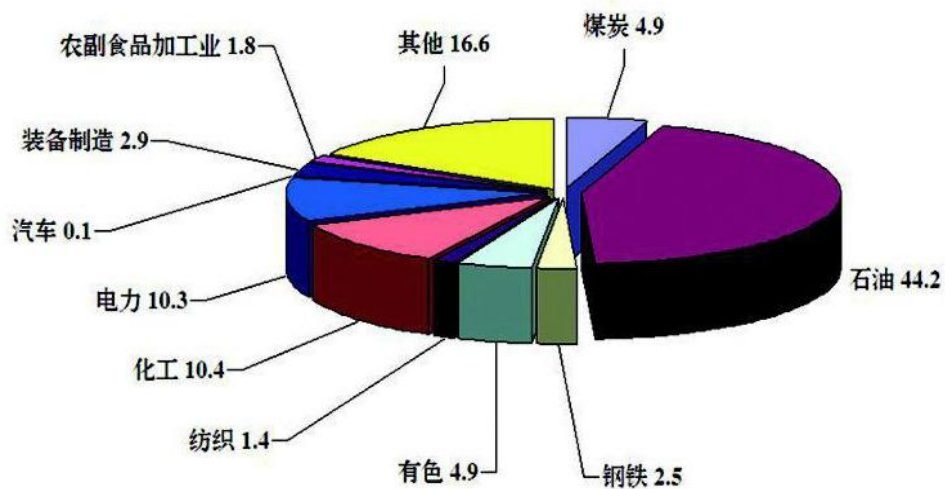


图 2.7 新疆重点监测的十大产业工业增加值比重

据新疆纺织行办统计数据，新疆正常运行的规模以上纺织工业企业集中分布在阿克苏地区、石河子市、昌吉州、巴州、农五师和乌鲁木齐市等区域或城市。其中浆粕化纤企业主要分布于乌鲁木齐市的新市区、水磨沟区、米东新区，昌吉州的昌吉市、玛纳斯县，博州的精河县，巴州的库尔勒市，阿克苏地区的阿克苏市，喀什地区的疏勒县，伊犁州的奎屯市，以及塔城地区的沙湾县。新疆规模以上纺织工业分布情况见图 2.8。

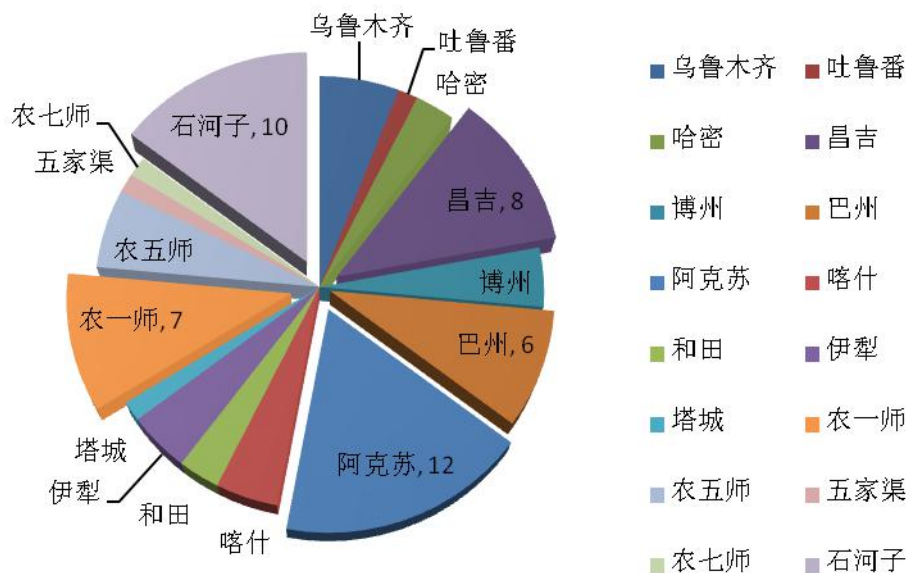


图 2.8 新疆规模以上纺织工业分布情况

从产业结构上看，新疆纺织工业中棉纺占据绝对的主导地位，且主要以纺纱、浆粕和粘胶纤维生产为主，缺乏织布、染整、成衣等深加工制造，加工环节较短，棉纱、浆粕、粘胶纤维和服装布匹生产结构严重不平衡，且在自治区工业产值中所占的比重较小，具有巨大的潜力和发展空间，在今后的发展过程中应重点发展下游配套产业，完善纺织工业体系，平衡产业链结构。从分布现状来看，纺织工业企业集中分布在阿克苏地区、石河子市、昌吉州、巴州、农五师和乌鲁木齐市等区域或城市，虽已初步形成了“三城七园一中心”，但呈散点分布，既不经济也不利于监管，更不利于污水的集中治理和回用，尤其是不利于浆粕、化纤及染整企业污水治理和回用。下一步发展过程中应以南疆的阿克苏和库尔勒、北疆的石河子为核心，打造综合性纺织服装产业基地；依托南疆的喀什、和田、库尔勒等地园区发展服装及深加工产品、地毯等产业；依托中泰甘泉堡芳烃下游产业园，推进聚酯化纤产业链发展；在阿克苏、库尔勒、石河子纺织城集中布局印染企业，建设高标准的污水处理等配套设施；以乌鲁木齐、喀什为核心，建设纺织服装国际商贸物流中心；依托霍尔果斯口岸建设纺织服装出口加工区。

3.标准制订必要性分析

3.1 国家及环保主管部门的相关要求

纺织印染工业是我国典型能源、资源密集型产业，同时又是废水及污染物最大排放的行业之一，近年来国家及环保主管部门对纺织印染行业的发展提出了更高的要求。

《水污染防治行动计划》（国发【2015】17号）指出：

（1）2016 年底前，按照水污染防治法律法规要求，全部取缔不符合国家产业政策的小型造纸、制革、印染、染料、炼焦、炼硫、炼砷、炼油、电镀、农药等严重污染水环境的生产项目；

（2）制定造纸、焦化、氮肥、有色金属、印染、农副食品加工、原料药制造、制革、农药、电镀等行业专项治理方案，实施清洁化改造；

（3）印染行业实施低排水染整工艺改造；

（4）七大重点流域干流沿岸，要严格控制石油加工、化学原料和化学制品

制造、医药制造、化学纤维制造、有色金属冶炼、纺织印染等项目环境风险；

(5) 鼓励钢铁、纺织印染、造纸、石油石化、化工、制革等高耗水企业废水深度处理回用；

(6) 将再生水、雨水和微咸水等非常规水源纳入水资源统一配置。到 2020 年，全国万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量比 2013 年分别下降 35%、30%以上；

(7) 到 2020 年，电力、钢铁、纺织、造纸、石油石化、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进定额标准。

《关于加快推进生态文明建设的意见》（中共中央国务院，2015 年 5 月）指出：

(1) 单位国内生产总值二氧化碳排放强度比 2005 年下降 40%~45%，能源消耗强度持续下降，资源产出率大幅提高，用水总量力争控制在 6700 亿立方米以内，万元工业增加值用水量降低到 65 立方米以下；

《关于实行最严格水资源管理制度的意见》（国发【2012】3 号）指出：

(1) 确立水资源开发利用控制红线，到 2030 年全国用水总量控制在 7000 亿立方米以内；确立用水效率控制红线，到 2030 年用水效率达到或接近世界先进水平，万元工业增加值用水量（以 2000 年不变价计，下同）降低到 40 立方米以下；

(2) 到 2020 年，全国用水总量力争控制在 6700 亿立方米以内；万元工业增加值用水量降低到 65 立方米以下；

《节水型社会建设“十三五”规划》（国家发展和改革委员会、水利部、住建部，2017）指出：

(1) 工业节水万元工业增加值用水量降低 20%；规模以上工业企业（年用水量 1 万 m³ 及以上）用水定额和计划管理全覆盖；缺水地区的工业园区达到节水型工业园区标准要求；

(2) 推动高耗水企业向工业园区集中，推广串联式循环用水布局。促进可利用再生水的企业与城市污水处理厂、再生水厂就近布局；

(3) 加大高耗水行业节水改造力度。鼓励企业依靠科技进步，积极研发先

进适用节水技术。大力推广高效用水工艺、高效冷却工艺、高效洗涤工艺、高效循环用水、污（废）水再生利用、高盐水资源化利用等节水工艺和技术。

《新疆维吾尔自治区新型工业化“十三五”发展规划》（新疆维吾尔自治区经济和信息化委员会，2017年12月）指出：

（1）适度扩大棉纺产能，逐步完善织造、印染等产业链中间环节，配套发展研发设计、营销策划、现代物流等生产性服务业，加快建设专业市场；

（2）严格执行国家行业准入条件，审慎发展印染业，适度发展粘胶产业，延伸发展精对苯二甲酸（PTA）、乙二醇、己内酰胺等合成石化原料及纤维产业；

（3）加快园区配套基础设施建设，全面提升产业承载能力，实施最严格的资源环境保护措施，印染污水集中处理，推进纺织服装产业绿色环保可持续发展。

《新疆维吾尔自治区水污染防治工作方案》（新政发【2016】21号）指出：

（1）2016年底前，制定农副食品加工、焦化、氮肥、有色金属、制革、造纸等重点行业专项治理方案，实施清洁化改造；

（2）新建污染企业应进入相应的工业集聚区。工业集聚区内工业废水必须经预处理达到集中处理要求，方可进入污水集中处理设施。工业集聚区已经建成的集中污染处理处置设施要正常稳定运行；

（3）继续推进工业园区生态化、循环化改造，重点推进化工、建材、装备制造、纺织等产业延伸产业链，发展具有园区特色的工业循环经济。力争到2020年，实现50%以上的国家级园区和30%以上的自治区级园区实施循环化改造；

（3）鼓励钢铁、纺织印染、造纸、石油石化、化工、制革等高耗水企业废水深度处理回用；

（4）促进再生水利用。制定促进再生水利用的政策，以城市及产业集聚区为重点，实施再生水利用工程，完善再生水利用设施，工业生产、城市绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，要优先使用再生水。具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准其新增取水许可；

（5）到2020年，全区万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量比2015年分别下降33%、22%；

(6) 到 2020 年，电力、钢铁、纺织、化纤、造纸、石油石化、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进定额标准。

《新疆维吾尔自治区环境保护“十三五”规划》（新疆维吾尔自治区，2017 年 07 月 26 日）指出：

(1) 以造纸、浆粕、印染、化纤、煤化、石化等工业污染源为重点，制定和实施专项治理方案，采取清洁生产、提标改造、深度治理等综合措施，实现全面达标，大幅度降低污染排放；

(2) 积极推进污水资源化利用。以城市、园区、工业聚集区为重点，大力推进节水和再生水利用，节约新鲜水消耗和减少污水排放，科学推进污水生态修复综合利用，避免次生环境污染和破坏；

(3) 以水定产、以水定城，大力推进农业、工业和生活节水，加大节水新技术使用力度，建设节水型社会，到 2020 年，全区用水总量控制到 550 亿立方米以下；

(4) 重点行业水污染防治工程：印染行业。实施低排水染整工艺改造及废水综合利用，强化清污分流、分质处理、分质回用，增加强氧化、膜处理等深度治理工艺；

(5) 推动治污减排工程建设。制定并实施造纸、印染等十大重点涉水行业专项治理方案，大幅度降低污染物排放强度。电力、钢铁、纺织、造纸、石油化工、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进定额标准。

3.2 国家相关产业政策及行业发展中的环保要求

《纺织工业发展规划（2016~2020 年）》（工信部规【2016】305 号）指出：

(1) 形成纺织行业绿色制造体系，清洁生产技术普遍应用，到 2020 年，纺织单位工业增加值能耗累计下降 18%，单位工业增加值取水下降 23%，主要污染物排放总量下降 10%；

(2) 研究无水少水印染、高速低成本数码印花技术，功能性面料整理技术，大幅提高纺织绿色制造技术及应用水平；

(3) 纺织科技创新重点工程：绿色染整加工技术。研发低给液染色、针织物平幅连续加工、非水介质染色及微胶囊染色等技术、数码印花低成本墨水及可

拆卸喷头等关键技术，绿色助剂及功能性整理技术等；

(4) 纺织科技创新重点工程：自动化、数字化、智能化纺织装备工程。开发生产新型印染生产线数字化监控系统，数控化印染主机装备，包括经轴染色与物流系统、数控超大花回圆网印花机、全幅宽固定式喷头高速数码喷墨印花装备等；

(5) 推广先进无水少水加工技术和装备，在印染行业实施水效领跑者引领行动，推动水效对标达标，大幅降低单位产品取水量；

(6) 推广清洁绿色生产工艺，推广废水、废气中的热能、水资源、染料、化学品、原材料的回收循环利用技术，研发推广印染、粘胶等废水深度治理、少污泥、低成本关键处理技术等，减少化学需氧量、氨氮等污染物排放；

(7) 纺织科技创新重点工程：节水技术。推广小浴比间歇式染色、全自动筒子纱染色、数码喷墨印花及数码喷墨印花与平网圆网结合技术、泡沫整理、针织物平幅印染等少水染整技术，重点产品用水量下降 20%以上；

(8) 纺织科技创新重点工程：清洁生产技术。扩大原液着色化纤应用，再生纤维素纤维绿色制浆及新溶剂法纺丝技术应用。推广无 PVA（聚乙烯醇）上浆、无涂层防钻绒织造技术等；

(9) 纺织科技创新重点工程：污染物治理及资源综合利用技术。扩大双膜法废水治理及再生水回用、定形机废气治理回收技术、喷水织机中水回用、丝光淡碱回收、洗毛废水羊毛脂回收利用等技术应用；

(10) 纺织科技创新重点工程：纺织化学品开发及应用技术。加强高效环保型浆料、染料和印染助剂、高效环保化纤催化剂、油剂和助剂的研发及应用。开发推广绿色环保型阻燃、防水等功能性后整理助剂。推广生物酶技术在羊毛无氯丝光和防缩处理中的应用；

(11) 支持中西部地区纺织产业发展。依托特色资源优势 and 边境区位优势，有序承接产业转移，促进中西部地区纺织产业发展。西北地区利用羊毛、羊绒等动物纤维资源优势，进一步提升毛纺产业链制造水平。

《印染行业规范条件》（2017 版）（中华人民共和国工业和信息化部，2017 年 9 月）指出：

(1) 印染企业单位产品能耗和新鲜水取水量要达到规定要求。见表 3.1。

表 3.1 印染加工综合能耗及新鲜水取水量

分类	综合能耗	新鲜水取水量
棉、麻、化纤及混纺机织物	≤30公斤标煤/百米	≤1.6吨水/百米
纱线、针织物	≤1.1吨标煤/吨	≤90吨水/吨
真丝绸机织物（含练白）	≤36公斤标煤/百米	≤2.2吨水/百米
精梳毛织物	≤150公斤标煤/百米	≤15吨水/百米

(2) 印染企业要按照环境友好和资源综合利用的原则，选择采用可生物降解（或易回收）浆料的坯布。使用生态环保型、高上染率染料和高性能助剂。完善冷却水、冷凝水及余热回收装置。丝光工艺配备淡碱回收装置。企业水重复利用率达到 40% 以上；

(3) 印染企业要采用清洁生产技术，提高资源利用效率，从生产的源头控制污染物产生量。印染企业要依法定期实施清洁生产审核，按照有关规定开展能源审计，不断提高企业清洁生产水平。

《关于支持新疆纺织服装产业发展促进就业的指导意见》（国办发【2015】2号）指出：

(1) 注重行业准入，严格保护生态环境。严格行业准入条件，防止低水平重复建设。严格执行环保标准和清洁生产要求，审慎发展印染业，适度控制粘胶纤维产能扩张，完善园区集中供热和污水处理等基础设施，高标准处理生产废水、废气；

(2) 合理布局产业发展。重点支持阿克苏纺织工业城、石河子经济技术开发区、库尔勒经济技术开发区、阿拉尔经济技术开发区等园区打造综合性纺织服装产业基地；

(3) 根据产业链发展配套需求，逐步完善织造、印染等产业链中间环节，提高本地产服装服饰面料供应比重。

《关于发展纺织服装产业带动就业的意见》（新政发【2014】50号）指出：

(1) 坚持全产业链高起点高水平发展。大力培育和生產優質棉花等紡織原

料，打造新疆棉花品牌，为生产高品质的纺织品服装提供保障；大力提升纺织服装行业整体技术水平，做到高端发展、技术领先，严禁淘汰落后设备转入新疆；

(2) 坚持严格的环境保护标准。坚持“环保优先、生态立区”方针，牢固树立“生态红线”意识，高度重视自然生态和环境保护，大力发展纺织绿色经济、循环经济和低碳经济，注重水资源的保护，采用先进的工艺技术装备，达到国家环保要求；

(3) 积极推进清洁生产，严格控制单位产品能源消耗和主要污染物排放，提高能效水平，减少污染物排放，确保印染污水 100%处理和达标排放。把环保标准作为产业发展的约束性指标，企业只有在环保达标的前提下才能享受优惠政策和资金支持；

(4) 支持高标准印染污水处理设施建设。支持在阿克苏、库尔勒、石河子三个综合性纺织服装基地集中建设高标准、新技术的印染污水处理设施，并在一定时期内对运营费用给予补贴，确保印染污水 100%处理和达标排放。

《发展纺织服装产业带动就业规划纲要（2014-2023 年）》（新疆维吾尔自治区人民政府办公厅，2014 年 7 月）指出：

(1) 坚持严格的环境保护标准。坚持“环保优先、生态立区”方针，牢固树立“生态红线”意识，高度重视自然生态和环境保护，大力发展纺织绿色经济、循环经济和低碳经济，注重水资源的保护，采用国际先进的工艺技术装备和最严格的资源环境标准，切实提升产业可持续发展能力；

(2) 到 2023 年，通过不断加大研发经费投入，规模以上企业研发投入比重达到 1%以上；在棉纺织、服装服饰等重点领域形成若干产业创新联盟，规范建设 30 个自治区级及以上企业技术中心（工程中心）；

(3) 纺织绿色经济、循环经济和低碳经济在全国处于领先水平，各类污染物达标处理率实现 100%，单位增加值能耗及 COD、SO₂ 等污染物排放强度持续下降，中水回用率达到行业要求，没有回用的废水全部排入园区污水处理设施进行集中处置；

(4) 印染产业发展规模适度满足纺织服装产业发展的实际需求，着力解决“瓶颈”问题；印染项目建设必须采取最高的资源和环境标准，统一规划，集中发

展，采用一流设备、一流技术、一流工艺，并参照国内外先进印染示范区做法，对印染污水进行 100%处理，确保达标排放。充分利用后发优势，应用先进成熟的数码印花和用水量较少的气流染色等新技术，建设国家新型数码印花技术应用示范基地；

（5）在南疆的阿克苏和库尔勒、北疆的石河子建设三个综合性纺织服装产业基地；

（6）在阿克苏、库尔勒、石河子综合性纺织服装产业基地布局印染企业，集中建设污水处理等配套基础设施；

（7）在阿克苏、库尔勒、石河子三个综合性纺织服装产业基地集中建设印染污水处理设施，一期建设规模各按 5 万吨/日处理能力安排，根据需要逐步发展，并按照市场化运作方式对企业污水处理进行收费，新疆纺织服装产业发展专项资金予以支持，并在一定时期内对运营费用给予补贴，确保印染污水 100%处理和达标排放。

《新疆维吾尔自治区纺织工业“十三五”发展规划》（自治区经信委，2016 年）指出：

（1）优先发展两端，带动产业链中间环节。按照“抓两头、带中间”的产业链发展思路，着力发展纺织服装产业链的上游和下游前后两端，进而带动产业链中间印染环节适度集中发展，逐步合理优化产业链的发展；

（2）注重行业准入，严格保护生态环境。严格行业准入条件，防止低水平建设，严禁二手落后淘汰设备产能转移入疆。严格执行环保标准和清洁生产要求，审慎发展印染业，适度控制粘胶纤维产能扩张，完善园区集中供热和污水处理等基础设施，高标准处理生产废水、废气、废渣；

（3）到 2020 年，新疆棉纺业规模保持适度发展、避免过快过热投资，同时棉纺业技术水平居国内前列，服装服饰、家纺、针织行业取得明显发展，出口产品疆内生产比重大幅提高，民族服装服饰、新疆地毯等特色产业培育成效显著，粘胶、印染清洁生产和污染治理水平全面达到行业准入要求；

（4）纺织绿色经济、循环经济和低碳经济在全国处于领先水平，各类污染物达标处理率实现 100%，单位工业增加值能耗、单位工业增加值用水量、主要

污染物排放量等节能减排目标满足国家的约束性指标要求，印染行业水重复利用率明显高于全国平均水平；

(5) 印染行业（包括含印染环节的全产业链项目及单独印染项目）布局在石河子、阿克苏、库尔勒三个综合性纺织产业基地和阿拉尔国家级经济技术开发区、草湖纺织工业园。在和田地区和田市吉雅乡艾德莱斯绸产业示范园建设印染污水治理设施，以满足产业发展需要。污水处理设施分期建设，建设时间和分期规模充分统筹考虑印染企业入驻时间和实际排污规模，不宜过早过大建设污水处理设施；

(6) 牢牢把握就业优先和优化产业发展的原则，按照“抓两头、带中间”的产业发展思路，重点发展就业容量大的服装、家纺、地毯和刺绣等终端产业，巩固和提升新疆优质棉花及棉纺织品生产基地水平，通过纵向发展行业上下游两端进而带动产业链中间印染环节及横向相关配套产业适度集中发展；

(7) 按照审慎、适度的原则，严格执行环境保护法律法规、产业政策及行业准入条件，配合服装家纺产业发展需要，以提高产品附加值，解决小批量、多品种、中高档重点产品的面料配套为主，立足精品，适度发展印染行业，有效地带动相关区域的纺织服装产业链的完善。除自治区规划布局的石河子、阿克苏、库尔勒三个综合性纺织产业基地和阿拉尔国家级经济技术开发区、草湖纺织工业园外，其他地区和园区禁止新上印染项目；

(8) 在三个综合性纺织产业基地探索建设数字化筒子纱染色、高端印染面料区域性印染公共服务平台和示范项目。配套污水处理能力分别按照石河子、阿克苏、库尔勒三个综合性纺织产业基地各 5 万吨/日，阿拉尔国家级经济技术开发区、草湖纺织工业园各 5000 吨/日的总量进行控制。新建印染企业必须在工业园区集中建设。限制或禁止产生高污染、难处理废水的项目入园；

(9) 支持和鼓励企业采用数字化、智能化和节能减排型先进印染技术和生产线，采用酶处理、高效短流程前处理、冷轧堆前处理、小浴比（<1:8）染色及高效水洗、涂料印染、微悬浮体印染、数码印花、数字化筒子纱染色、气流染色、转移印花、衣片印花等先进成熟染整技术和装备；鼓励发展纱线染色、纤维染色等技术，加快生态纺织品和功能性纺织品的研发和生产。采用生产过程全流

程的网络监控系统、染料助剂中央配送系统、电子测配色、在线监测、高效数字化印花集成技术等生产技术；

(10) 采取最高的资源和环境标准，采用三级计量、冷凝水、冷却水回收利用、余热回收利用、废水分质分流及中水回用等节能减排技术，集中污水处理，确保达标排放；加强水资源综合利用和重复利用，最大限度的减少资源消耗和污染物排放，棉印染项目废水回用率要求达到 30%以上，其余印染项目废水回用率达到 50%以上。

《自治区发展纺织服装产业带动就业 2018 年行动方案》（自治区人民政府，2018 年 4 月）指出：

(1) 按照集中、适度、节水、环保的原则发展高水平、清洁化的印染产业，推进新建的印染项目和全产业链纺织服装企业的印染环节向阿克苏、库尔勒、石河子、阿拉尔聚集。积极推动华孚标信、康平纳、汇同泰等企业的印染项目按期保质竣工投产。对和田市发展地毯毛纱染色、艾德莱染色进行印染污水集中整治和管理；

(2) 坚持“绿色、循环、创新”的发展理念，研究出台针对新疆印染产业生产用水水质软化及印染废水深度除盐的扶持政策，出台扶持和鼓励发展涂料印花、转移印花和数码喷墨印花等少水、无水、节能的染色及印花工艺技术的政策；

(3) 严守环保红线，尽快出台新疆印染废水排放和综合利用标准，明确废水的脱盐程度。加快研究工业聚集区（工业园区）污水集中处理设施处理达标的印染废水综合利用途径，提高废水循环利用率；

(4) 推动印染高端化发展，对印染废水实行统一集中处理，推广废水处理新工艺，鼓励采用“零排放”处理技术，推广应用“染色残液连续脱色与再生盐水回用染色循环利用”等新技术，增加印染产能扩容空间。

《自治区环保厅贯彻落实<自治区法占纺织服装产业带动就业 2018 年行动方案>工作方案》（新疆环保厅，2018 年 5 月）指出：

(1) 关于“严守环保红线，尽快出台新疆印染废水排放和综合利用标准，明确废水的脱盐程度。加快研究工业聚集区（工业园区）污水集中处理设施处理达标的印染废水综合利用途径 提高废水循环利用率”方面：

①抓紧研究制定《新疆印染废水排放和综合利用标准制定工作方案》和《工业聚集区（工业园区）污水集中处理达标印染废水综合利用途径提高废水循环利用率研究工作方案》，细化工作措施，明确目标任务，完成时限和责任人；

②按照审定的工作方案，抓紧组织调查研究，收集资料，组织制定《新疆印染废水排放和综合利用标准》，研究论证工业聚集区（工业园区）污水集中处理达标印染废水综合利用途径；

（2）严格落实《新疆纺织服装产业发展规划（2018-2023）》规划环评结论、规划环评审查意见以及相应园区规划、规划环评结论和规划环评审查意见等要求，强化环境准入，严把环评审批关口，积极推动新建的印染项目和全生产链纺织服装企业印染环节向阿克苏、库尔勒、石河子、阿拉尔聚集，对不符合要求的坚决不予审批环评文件；

（3）积极配合相关部门制定出台针对新疆印染生产用水水质软化及印染废水深度除盐的扶持政策；出台扶持和鼓励发展涂料印花、转移印花和数码喷墨印花等少水、无水、节能的染色及印花工艺技术的政策；

（4）按照国家和自治区“水十条”要求，配合自治区相关部门督促各地州市纺织工业园区加快建设园区基础设施。落实印染废水集中处理设施，提高废水综合利用率，确保达标排放。

3.3 新疆纺织印染行业发展带来的主要环境问题

3.3.1 新疆纺织工业废水排放现状

据 2016-2018 年新疆统计年鉴，新疆纺织服装产业废水及污染物排放情况见表 3.2、图 3.1。纺织服装产业企业中废水排放量呈递减趋势，其中化学纤维制造业废水排放量也呈递减趋势，2015-2017 年纺织业废水排放量呈递减趋势，2017 年新疆纺织服装产业废水排放量约占全疆工业废水排放总量的 20.7%。

表 3.2 2015~2017 年新疆纺织服装产业废水排放

日期	行业	废水排放量 (万 m ³ /年)	COD 排放量 (吨/年)	氨氮排放量 (吨/年)	全疆工业废水 排放总量 (万 m ³ /年)
2015 年	纺织业	1104.64	4753.62	138.68	28410.04
	化学纤维制造业	5747.03	107640.50	2857.83	
2016 年	纺织业	130.20	113.48	16.29	15134.10

	化学纤维制造业	3410.74	4157.94	117.50	
2017年	纺织业	207.80	135.91	20.62	15978.83
	化学纤维制造业	3115.27	3745.22	156.51	

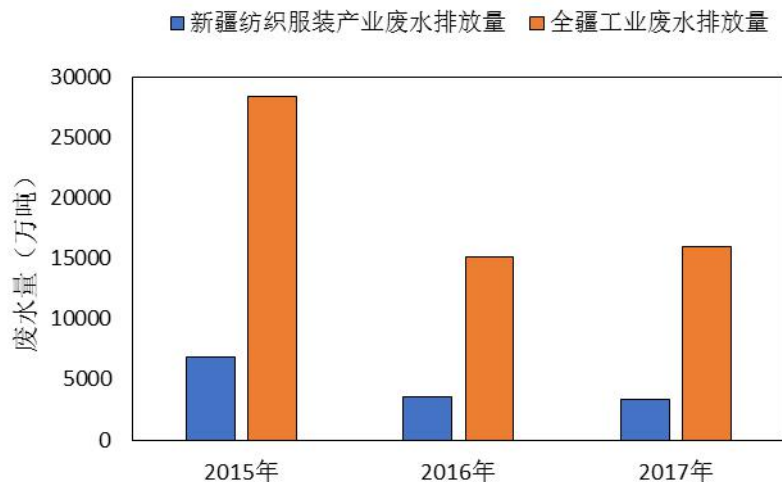


图 3.1 新疆纺织服装产业废水排放情况

2017年，新疆纺织服装产业（含化学纤维制造业）排放的废水 COD 排放量为 15978.83 吨，约占新疆工业废水 COD 排放量的 23.7%。新疆纺织服装产业在工业废水 COD 排放量所占份额见图 3.2。

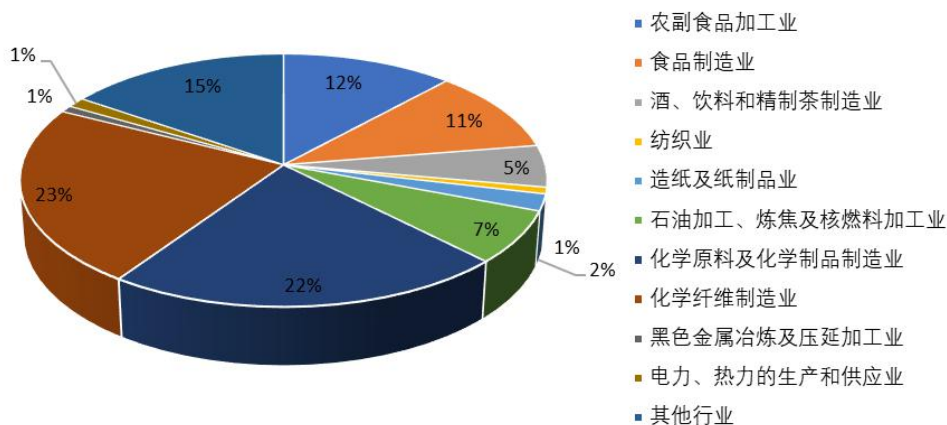


图 3.2 新疆纺织服装产业废水 COD 排放量所占份额

2017年新疆纺织服装产业排放的废水氨氮排放量为 177.13 吨，约占新疆工业废水氨氮排放量的 11.5%，是除化学原料及化学制品制造业（占工业废水氨氮

排放量的 38%) 之外, 对新疆工业废水氨氮排放贡献最大的行业。新疆纺织服装产业在工业废水氨氮排放量所占份额情况见图 3.3。

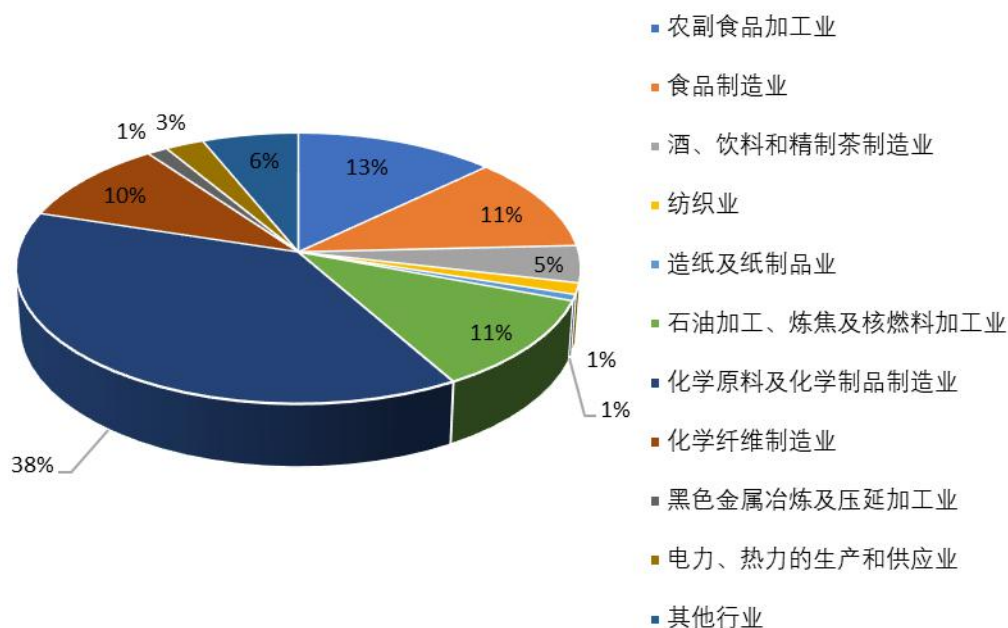


图 3.3 新疆纺织服装产业废水氨氮排放量所占份额

单就纺织服装产业而言, 2017 年新疆纺织服装产业中纺织业废水 COD 排放量为 135.91 吨, 化纤纤维制造业废水 COD 排放量为 3745.22 吨, 分别占纺织服装产业废水 COD 排放总量的 3.5%和 96.5%。2017 年新疆纺织服装产业中纺织业废水氨氮排放量为 20.62 吨, 化纤纤维制造业废水氨氮排放量为 156.51 吨, 分别占纺织服装产业废水氨氮排放总量的 11.6%和 88.4%。可见化学纤维制造业是新疆纺织服装产业废水 COD 和氨氮排放的主要来源。

纺织服装产业中的棉纺、毛纺、针织、家纺和服装企业等对水资源的依赖性较弱, 水污染源主要为清洗水、锅炉排水和生活污水等, 废水排放量也较小, 做到废水不外排的可能性较大; 而对于纺织服装产业中的化学纤维(含棉浆粕)和印染企业, 其用水量和废水排放量相对较大, 如不采取合理的处理措施, 难以达到较高的回用率。

3.3.2 新疆印染废水排放及治理现状

2018 年 8 月课题组赴新疆阿克苏、库尔勒、石河子、阿拉尔 4 个纺织工业

园进行了调研，对 4 个拟集中引入印染产业的工业园进行了实地调研，目前 4 个纺织工业园引入的印染企业及其废水排放情况见表 3.3。

表 3.3 新疆 4 个纺织工业园已投入运行或在建的印染企业（截止 2018 年 9 月）

序号	企业名称	所在工业园	企业类型	生产状态	废水排放量 (m ³ /d)	排放去向
1	新疆如意纺织科技有限公司	石河子纺织工业园	色织布、毛巾	投 产	1800	石河子纺织工业园废水处理厂
2	石河子标配纤维有限公司	石河子纺织工业园	染色棉	投 产	4500	
3	新疆康平纳智能染色有限公司	库尔勒纺织工业园	筒纱染色	建设中	13719.1 (环评数据)	库尔勒纺织工业园废水处理厂
4	库尔勒汇同泰印染科技有限公司	库尔勒纺织工业园	筒纱染色、针织布、毛巾、干发巾漂染	建设中	7360 (环评数据)	
5	阿克苏标配纤维有限公司	阿克苏纺织工业园	染色棉	投 产	3300	阿克苏纺织工业园废水处理厂
6	阿拉尔洁丽雅印染有限公司	阿拉尔工业园	印染	投 产	5000	艾德克污水处理厂

各工业园企业基本信息及废水治理情况如下：

(1) 石河子纺织工业园

按规划石河子纺织工业城未来配套 50000m³/d 的印染废水处理规模。目前有新疆如意纺织科技有限公司、石河子标配纤维有限公司两家印染企业入驻，两家企业的印染废水混合后统一排至专门收集印染废水的石河子印染废水集中处理厂处理。石河子印染废水集中处理厂设计能力 20000m³/d，目前实际接纳两家企业的印染废水处理量为 6000m³/d 左右。处理运行模式见图 3.4。

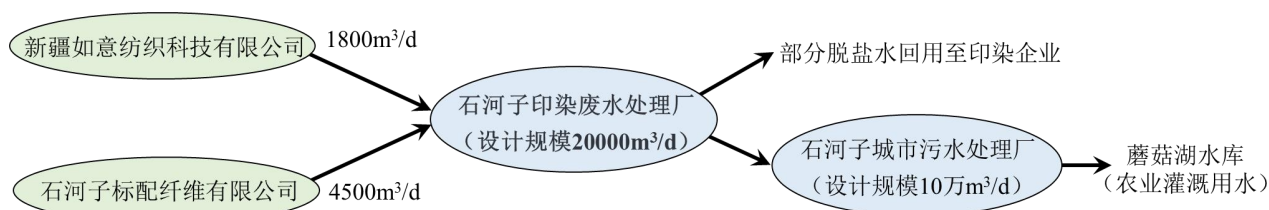


图 3.4 石河子纺织工业园印染废水处理模式

如图 3.5 所示，新疆如意纺织科技有限公司、石河子标配纤维有限公司排出的印染废水先经石河子印染废水集中处理厂处理后达到《纺织染整工业废水排放标准》（GB 4287-2012）间接排放标准，与城市污水一并经石河子城市污水处理厂处理后排入蘑菇湖水库并用于灌溉用水。

①新疆如意纺织科技有限公司

新疆如意纺织科技有限公司调研现场见图 3.5，调研信息见表 3.4，企业提供的废水排放及盐用量见表 3.5。



图 3.5 新疆如意纺织科技有限公司染整设备

表 3.4 新疆如意纺织科技有限公司

企业名称	新疆如意纺织科技有限公司	
企业地点	新疆石河子开发区东七北十路 36 号	
序号	调研项目	企业情况
1	产品名称（产量）	年产 2500 万米色织布、毛巾 3000 吨。
2	染整工艺及先进性	拥有香港立信产拉幅定型机、预缩机，意大利拉发碳素磨毛机，德国奥斯托夫烧毛机，韩国产轧光机，退煮漂联合机、丝光机、水洗机、京都液氨整理机等先进生产设备。有普通柔软整理、树脂抗皱整理、抗菌防臭、消臭、吸水速干、机械弹力、纳秘三防、纳米吸水、防污、防潮交联、液氨免烫等十多种面料整理方式，实现产品从纯棉 40S、60S/2 到 140S/2、160S/2、300S/2 的加工，另外还有绵羊绒、棉毛混纺、竹涤混纺纤维、蚕丝等特殊纤维的加工。
3	布匹原料及用量	色织布使用原料为棉纱，月使用棉纱量约 400 吨，常用纱线有 40S、50S、60S、70S、80S/2、100S/2、120 S/2 品种。
4	进水盐度背景值	进水背景盐度与饮用水一致，井水软化除硬度后含盐量 48mg/L。

5	各工艺染化料助剂种类	染色：匀染剂、元明粉、纯碱、染料；后整理：烧碱、表面活性剂、柔软剂。	
6	染色残液、丝光废碱回用	<p>(1) 盐水回用投资 5000 万元，散棉、筒子纱染色采用快速脱色技术后，可以把染色残液中的水解染料从水和盐中分离，水和盐再循环应用到下一轮的染色中。从而达到盐不排放，节约了用盐，减少了对环境的污染，实现了盐和水的循环利用。</p> <p>(2) 传统的丝光工艺设备，虽然可提高产品质量，但存在耗碱高、能耗大和污染严重等缺点采用创新的“扩容、沸腾组合式”废碱回用技术，在很大程度上克服了上述问题。目前，该项目已通过企业立项，正在实施中。</p>	
7	工艺环节水回用	染色：冷却水、冷凝水回用；后整理：烧毛冷却水；预缩机冷却水回用；退浆机后洗槽废水回用至前洗槽。	
8	各工艺环节盐用量	染色：60 吨/月	
9	各印染环节废水产生水量	衬衣面料：24221m ³ /月；毛巾：13042m ³ /月。	
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	pH、悬浮物、色度
		COD	COD=1000~1200mg/L，主要来自染色。
		盐度	全盐量：5500mg/L
11	水资源使用量 (m ³ /d)	2000	
12	废水处理量 (m ³ /d)	1800	
13	废水处理及回用工艺	污水处理厂及染色残液快速脱色技术回用。	
14	废水回用率 (%)	1500 吨/月	
15	废水处理及回用成本 (元/m ³)	废水处理：5 元/m ³ ；中水回用 1.5 元/m ³ 。	
16	回用水用途 (水质)	筒染、染整 (冷凝水、冷却水)。	
17	废水进出水指标 (尤其含盐量变化)	出水 (进入印染废水集中处理厂)：COD=1000~1200mg/L，TN=50.0 mg/L，TP=5.0 mg/L，全盐量：5500mg/L。	
18	废水排放及回用标准	废水排放执行与污水处理厂协议限值。	
19	废水处理工艺投药量 (外加盐)	—	
20	污泥产量 (m ³ /d)	—	
21	污泥含水率 (%)	—	
22	污泥处理处置工艺	—	
23	污泥处置费用	—	

24	电能消耗 (度/年)	2760000
25	电价 (元/度)	0.38
26	燃气消耗 (m ³ /年)	360000
27	燃气价格 (元/m ³)	1.62
28	蒸汽压力 (MPa)、温度 (°C)、用量 (吨/年)	0.7MPa, 180~200°C, 140000
29	蒸汽价 (元/吨)	90
30	水价 (元/吨)	制备软水: 2.12; 自来水: 2.58
31	环评报告及可研报告	—
32	染整工艺盐平衡	—
33	染整工艺水平衡	—

表 3.5 新疆如意纺织服装有限公司废水排放及盐用量

新疆如意衬衣面料盐水平衡概况							
序号	用水工序	用水量 (m ³ /月)	排水量 (m ³ /月)	用盐量 (吨/月)	盐名称	盐浓度 (g/L)	总排口盐浓度
1	筒子染色	20954	20954	70	元明粉	10~60	≤4500mg/L
2	退浆	4640	4540	—	—	—	
3	退煮漂	4640	4540	—	—	—	
4	丝光	4500	4438	—	—	—	
5	预缩冷却	80	5	—	—	—	
6	冷却水回用	1000	20	—	—	—	
合计		35814	34092	—	—	—	—
新疆如意毛巾盐水平衡概况							
序号	用水工序	用水量 (m ³ /月)	排水量 (m ³ /月)	用盐量 (吨/月)	盐名称	盐浓度 (g/L)	总排口盐浓度
1	平漂	6338	5900	—	—	—	≤4500 mg/L
2	染色	19015	17700	54	元明粉	10~40	
3	脱水机	—	—	—	—	—	
4	平洗烘干	6338	5900	—	—	—	
5	冷却水回用	80	5	—	—	—	
合计		31771	29505	—	—	—	—

为减少废水排放量、水资源使用量、染整工艺中盐的使用量及废水排放的盐浓度，新疆如意纺织服装有限公司开始实践“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”。技术原理为：采络合萃取-膜分离耦合技术，将高盐高色度染色残液分离为：回用盐液和染料残余，分离率达 95%以上；预期目标：废水中盐（元明粉）回收率 80%~90%，中水回用率 50%；其它废水进入污水处理厂经常规生化处理，可达到灌溉标准；综合处理成本在 6 元/m³ 左右，分离出的残余染料可碳化成高品质活性炭材料。工艺流程见图 3.6，设备及运行效果见图 3.7。该技术当前适用范围为产品种类稳定且筒纱染色加入的盐为元明粉，成分单一，因此可以实现回用，该技术的实践为源头节水控盐提供了新思路，但该技术目前适用的染料和染整工艺有限，尚需经实际应用进一步验证其全面推广应用的可行性。

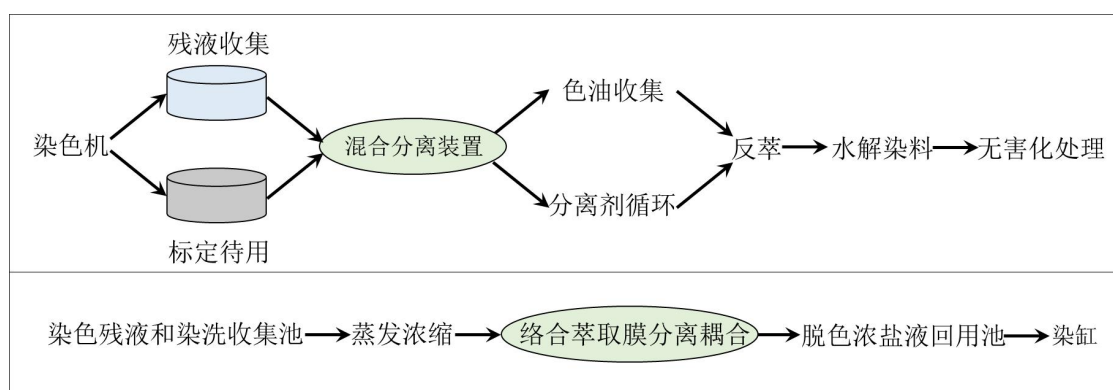


图 3.6 染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用工艺流程



图 3.7 染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用设备及效果

②石河子标配纤维有限公司

石河子标配纤维有限公司调研信息见表 3.6，企业提供的废水排放及盐用量见表 3.7，各阶段染色废水排放盐浓度见表 3.8。

表 3.6 石河子标配纤维有限公司

企业名称		石河子标配纤维有限公司	
企业地点		新疆石河子北工业园区北九路 7 号	
序号	调研项目		企业情况
1	产品名称（产量）		染色棉，产量：产 2 万吨左右/年
2	染整工艺及先进性		引进国内先进的散纤维染色机，工艺采用先进的节能环保及短流程染色。
3	布匹原料及用量		原棉：2 万吨左右
4	进水盐度背景值		300mg/L
5	各工艺染化料助剂种类		染料：环保活性染料、助剂；盐、碱、酸、中性等液、固、态各种化学助剂
6	染色残液、丝光废碱回用		—
7	工艺环节水回用		30%左右
8	各工艺环节盐用量		平均 200kg/吨产品，按此数据测算，废水中盐度大约平均为 2.5g/L。
9	各印染环节废水产生水量		70 吨/吨产品。
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	色度、盐分、COD、氨氮等。
		COD	800~1200mg/L
		盐度	5000mg/L 左右
11	水资源使用量（m ³ /d）		4500m ³ /d 左右
12	废水处理量（m ³ /d）		污水出路：印染废水集中处理厂统一处理：4500m ³ /d
13	废水处理及回用工艺		废水处理：经工艺技术调配机热能交换降温后排入印染废水处理厂；回用水：印染废水处理厂处理合格后输送至工厂。
14	废水回用率（%）		30%左右
15	废水处理及回用成本（元/吨）		废水处理：7 元/m ³ ；中水回用 2.0 元/m ³
16	回用水用途（水质）		回用于染色

17	废水进出水指标（尤其含盐量变化）	出水水质：COD≤1200mg/L，pH=6.5~12.0，色度≤800，BOD ₅ ≤300.0 mg/L，氨氮≤40 mg/L，二氧化氯≤0.5 mg/L，总磷≤5 mg/L，六价铬≤0.5 mg/L，苯胺类≤5.0 mg/L，硫化物≤1.0 mg/L，温度≤42°C，全盐量≤5000.0mg/L，SS≤400.0 mg/L，总氮≤50.0 mg/L。
18	废水排放及回用标准	废水排放执行与污水处理厂协议标准；回用水执行本公司染色用水水质标准：COD≤50.0mg/L，pH=6.5~8.0，色度（倍）≤10，铁≤0.1mg/L，锰≤0.1mg/L，总硬度≤50mg/L，电导率 1000μs/cm，悬浮物≤10.0mg/L，气味：无色无味，不得含有重金属。
19	废水处理工艺投药量（外加盐）	—
20	污泥产量（m ³ /d）	—
21	污泥含水率（%）	—
22	污泥处理处置工艺	—
23	污泥处置费用	—
24	电能消耗（度/年）	12869796
25	电价（元/度）	0.39
26	燃气消耗（m ³ /年）	计价以蒸气计，不用天然气
27	燃气价格（元/m ³ ）	计价以蒸气计，不用天然气
28	蒸汽压力（MPa）、温度（0C）、用量（吨/年）	蒸汽用量：40000 吨/年左右；压力：0.8+0.2MPa
29	蒸汽价（元/吨）	90
30	水价（元/吨）	自来水：2.58
31	环评报告及可研报告	2010 年 3 月通过
32	染整工艺盐平衡	现阶段染色用盐量偏高，后续向低盐低碱工艺发展
33	染整工艺水平衡	进出比 1:0.9（含中水回用）

表 3.7 石河子标配纤维有限公司各工艺环节废水排放及盐用量

序号	用水工序	新鲜水用量		排水量		用盐量	盐种类	浓度	混合废水盐浓度
		日均（m ³ /d）	年均（m ³ /d）	日均（m ³ /d）	年均（m ³ /d）	日均（m ³ /d）			
1	煮练	480	16.3	475	16.2	—	—	—	≤5500mg/L
2	染色	480	16.3	475	16.2	26	硫酸钠	40~100g/L	

3	漂洗	3000	102	2970	101	—	—	—	
4	固色	960	32.6	950	32.2	—	—	—	
5	柔软	480	16.3	475	16.2	—	—	—	
6	烘干	—	—	—	—	—	—	—	
7	蒸气来水	98	3.3	68	2.2	—	—	—	
8	软水再生	132	4.5	—	—	—	—	—	
合计		5630	191.4	5545	188.5	—	—	—	—

表 3.8 各阶段染色废水排放盐浓度

代表产品	第一道水洗后含盐量 (g/L)	第二道水洗后含盐量 (g/L)	第三道水洗后含盐量 (g/L)
K203	85	22	6.7

石河子标配纤维有限公司建设规模及产品方案：建设 2 座染色车间，每个车间 4 条染色流水线，年生产各类色棉 20400 吨。各产品生产规模及全厂总规模见表 3.9。

表 3.9 项目规模一览表

序号	色棉种类	比重	月产量 (t)	年产量 (吨)
1	BD 系列	30%	500	6000
2	BK 系列	70%	1200	14400
总计		100%	1700	20400

石河子标配纤维有限公司染整工艺流程见图 3.8，基于环评报告的盐、水及 COD 平衡见图 3.9。

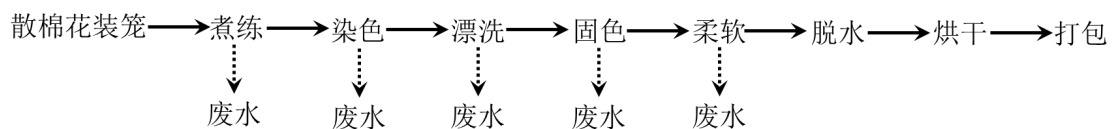
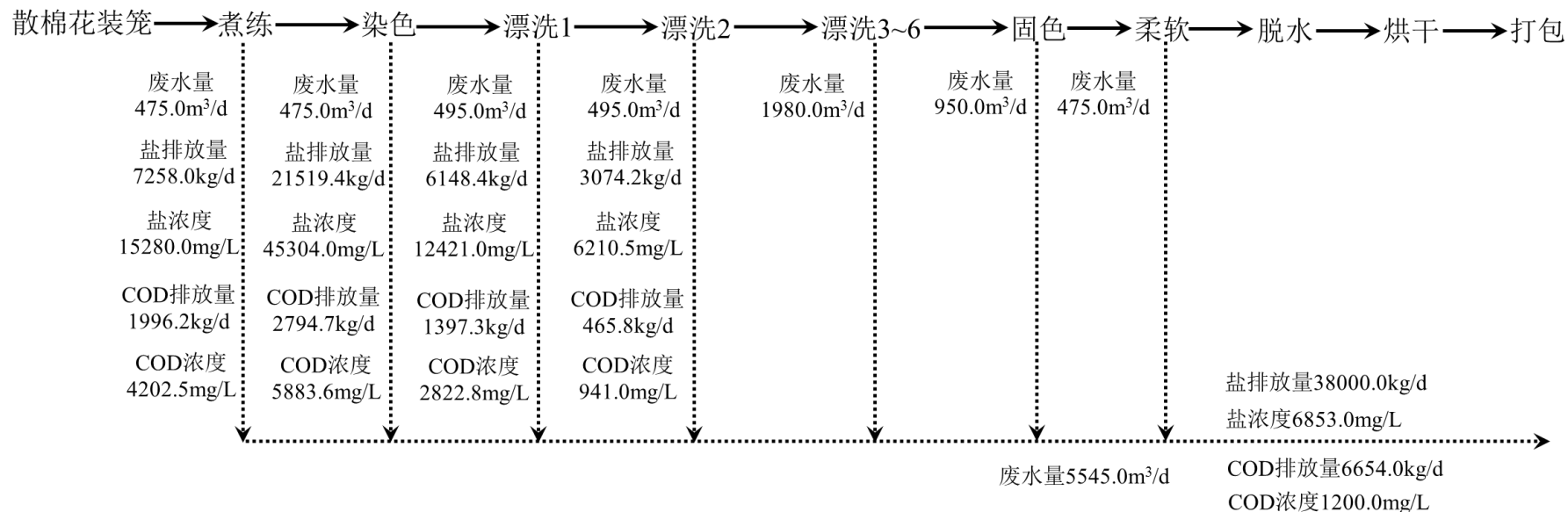


图 3.8 石河子标配纤维有限公司色棉染整工艺



测算条件:

(1) 依据环评报告盐用量 38000.0kg/d。按染色用盐量占 80.9%，其他环节用盐量占 19.1%计算，则染色环节用盐量 30742.0kg/d，其它环节用盐量 7258.0kg/d；设染色第 1 道排水中盐含量占 70%，第 1 道清洗水占 20%，第二道清洗水占 10%；

(2) 混合废水 COD=1200mg/L，废水排放产生的 COD 总量为 1200*5545.0/1000=6654.0kg/d。设染色 COD 排放量占总量的 70%，其中第 1 道排水占 60%，第 1 道清洗水占 30%，第 2 道清洗水占 10%；煮练环节 COD 排放量占总量的 30%。

图 3.9 石河子标配纤维有限公司盐、水及 COD 平衡图

③石河子印染废水处理厂

接纳两家印染企业废水的石河子印染污水处理厂设计规模 20000m³/d，目前实际运行 6000 m³/d，印染废水处理工艺按“零排放”设计，处理工艺流程见图 3.10，废水处理厂设备见图 3.11。

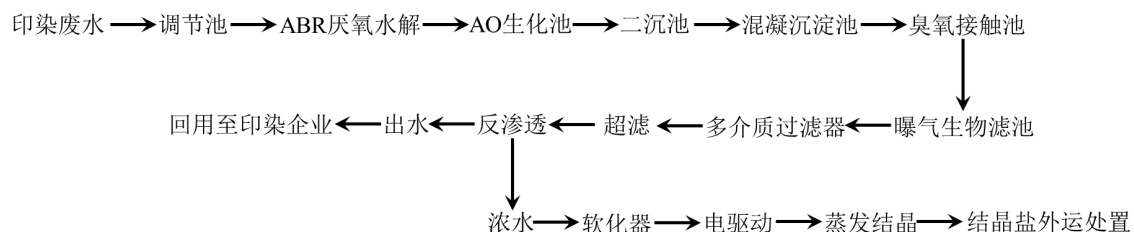


图 3.10 石河子印染废水处理厂



图 3.11 石河子印染废水处理厂设备

按调研数据，新疆如意纺织科技有限公司排放废水水量 1800m³/d、含盐量 ≤4500mg/L，石河子标配纤维有限公司排放废水水量 4500m³/d、含盐量 ≤5500mg/L，石河子印染废水集中处理厂进水盐度大约为≤4857mg/L。按目前运行状况，因中水回用管理制度尚未健全，每天回用至企业的中水共计不足 1000 m³/d，企业实际并未完全使用印染废水集中处理厂膜出水，印染废水集中处理厂将剩余脱盐水与未脱盐的废水混合后达到《纺织染整工业废水排放标准》（GB 4287-2012）间接排放标准后排入石河子城市污水处理厂；每日进入废水处理系统的盐总量为 $4857 \times 6300 / 10^6 = 30.6$ 吨/日，按实际调研每天外运处置蒸发废盐 1~2

吨，排出废水水量 5300m³/d 计算（回用至印染企业约 1000m³/d），则最终排出废水的盐浓度约为≤5396~4697 mg/L。

废水处理成本约为 16 元/ m³，若包含折旧等，约 20 元/ m³，其中从企业收取 5 元/ m³，其他 15 元/ m³ 政府补贴。其中生化处理成本 3~4 元/ m³。

废水处理环节加药量：混凝沉淀铁盐 400kg/d、PAC800kg/d，双膜杀菌剂 100kg/d、阻垢剂 50kg/d、还原剂 50kg/d、氧化剂次氯酸钠 150~200kg/d。

④ 蘑菇湖水库

石河子印染废水处理厂出水与城市污水一并经石河子城市污水处理厂（处理规模 10 万 m³/d）后排入蘑菇湖水库。蘑菇湖水库位于石河子市西北 21km 处，是玛纳斯河流域的一座大型平原灌注式水库，设计库容 1.8 亿 m³。水库泄水建筑物为三孔混凝土矩形无压涵闸，涵洞场 50m，水库泄水渠场 920m，最大泄流量 60m³/s。在西大渠 15km 处汇入西岸大渠，主要引蓄泉水、部分玛纳斯河来水、石河子市部分生活污水和工业废水，同时引蓄宁家河和金沟河的部分河水及泉水。与夹河子、大泉沟共同组成玛河左岸灌区的骨干水利工程系统，承担下游地灌区八个农牧团场、沙湾县四个乡镇及克拉玛依市小拐乡近 150 万亩农田灌溉任务，为灌区经济社会快速发展发挥了重要作用。

该水库接纳工业废水和城市生活污水已长达数十年，水质为劣 V 类重度污染，主要污染物总磷、总氮、化学需氧量、生化需氧量超标，丰水期水质劣于枯水期，为重度富营养水平。蘑菇湖水库及水库尾水排放现状见图 3.12。



图 3.12 蘑菇湖水库及水库尾水排放现状

自 2017 年以来该水库按照源头控制-中间阻断-末端治理的系统思路，启动了综合整治工作。由新疆石河子市环境监测站提供的 2018 年近期水质检测结果见表 3.10。由表中结果可知，在蘑菇湖浅水区上层监测点（2018-CSZ-015-9）、蘑菇湖进水区监测点（2018-CSZ-015-10）高锰酸盐指数超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类地表水水质标准，全部 10 个监测点的 BOD₅、总氮、总磷、砷、硫酸盐均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类地表水水质标准；粪大肠杆菌在蘑菇湖出水区上层监测点（2018-CSZ-015-6）、蘑菇湖浅水区上层监测点（2018-CSZ-015-9）超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类地表水标准；COD 在蘑菇湖岸边区下层监测点（2018-CSZ-015-2）、蘑菇湖湖心区上层监测点（2018-CSZ-015-3）、蘑菇湖湖心区上层监测点（2018-CS-015-4）、蘑菇湖湖心区下层监测点（2018-CSZ-015-5）超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类地表水标准，在蘑菇湖进水区监测点（2018-CSZ-015-10）超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类地表水水质标准。全部 10 个监测点全盐量均达到《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）中的 2000mg/L 的标准值，项目组于 2018 年 8 月 18 日在现场调研时也采集了蘑菇湖水样，经检测全盐量为 356mg/L。

近期水质检测结果表明，蘑菇湖总体水质处于地表水劣 V 类的水平，COD、BOD₅ 等有机物可能来源于工业废水和生活污水排放，总氮、总磷主要来源于生活污水的排放；硫酸盐主要来源于工业废水排放，因硫酸钠是印染企业普遍采用的固色剂，故印染废水排放有可能对蘑菇湖水库中硫酸盐产生一定贡献；值得注意的是，蘑菇湖水库主要用来农田灌溉，而砷浓度不仅超过了《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类地表水水质标准，而且超过了《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）中的 0.1mg/L（旱作）、0.05 mg/L（蔬菜）标准值，砷的主要来源是工业废水排放，且砷通过农田灌溉进入食物链对人体健康的影响需进一步研究。

通过上述分析可知，蘑菇湖接纳工业废水及生活污水污染数十年，其治理绝非一日之功，未来需采用“控源截污、内源治理、疏浚活水、生态修复”的综合措施：

- (1) 将城市污水处理厂提标，以削减入库 COD、总氮、总磷；
- (2) 工业废水分流至石河子北工业区实现工业回用，印染废水实现循环利用，以进一步削减入库 COD、总氮、总磷、硫酸盐及砷等工业水污染物；
- (3) 在库内构建完善集动物、植物、微生物为一体的生态综合修复措施，强化库内水的原位生态修复；
- (4) 结合赋存底泥分析结果，有针对性地开展底泥处置及修复。

通过上述措施，使库中水质满足目前执行的《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅵ类标准、《农田灌溉水质标准》（GB5084-92），以改善水环境质量，确保阻断工业水污染物通过农田灌溉进入食物链。

表 3.10 蘑菇湖水库水质检测报告（2018 年 4 月 10、11 日）

指标	单位	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002)		《农田灌溉水质标准》 (GB5084-2005)		采样点									
		IV类	V类	旱作	蔬菜	2018-CSZ-015-1	2018-CSZ-015-2	2018-CSZ-015-3	2018-CSZ-015-4	2018-CSZ-015-5	2018-CSZ-015-6	2018-CSZ-015-7	2018-CSZ-015-8	2018-CSZ-015-9	2018-CSZ-015-10
						蘑菇湖岸边区上层, 采样时间: 11:42	蘑菇湖岸边区下层, 采样时间: 11:56	蘑菇湖湖区上层, 采样时间: 12:19	蘑菇湖湖区上层, 采样时间: 12:19	蘑菇湖湖区下层, 采样时间: 12:30	蘑菇湖出水区上层, 采样时间: 12:43	蘑菇湖出水区上层, 采样时间: 12:43	蘑菇湖出水区下层, 采样时间: 12:54	蘑菇湖浅水区上层, 采样时间: 13:13	蘑菇湖进水区, 采样时间: 13:30
pH	—	6~9	6~9	5.5~8.5	5.5~8.5	8.4	8.38	8.61	—	8.53	8.88	—	8.79	8.96	9.35
挥发酚	mg/L	0.01	0.1	1.0	1.0	0.0014	0.0015	0.0014	0.0014	0.0016	0.0014	0.0017	0.0016	0.0014	0.0016
高锰酸盐指数	mg/L	10.0	15.0	—	—	8.4	8.6	9.5	9.3	8.9	5.8	5.7	6.4	10.2	10.7
BOD ₅	mg/L	6.0	10.0	150	80	11.2	11.6	14.5	12.0	12.6	10.8	11.4	11.0	13.0	18.4
总磷	mg/L	湖、库 0.1	湖、库 0.2	10	10	0.89	0.98	0.90	0.90	0.96	0.95	0.94	1.35	0.88	1.00
阴离子表面活性剂	mg/L	0.3	0.3	8.0	5.0	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06
总氮	mg/L	1.5	2.0	—	—	3.98	3.78	3.45	3.50	3.54	4.20	4.24	4.29	3.96	4.54
悬浮物	mg/L	—	—	200	100	16	15	14	16	15	16	17	12	21	31
电导率	μS/cm	—	—	—	—	116.1	116.3	115.6	114.0	114.2	114.9	115.6	114.5	117.0	114.9
氨氮	mg/L	1.5	2.0	—	—	0.67	1.06	0.81	0.83	1.07	1.13	1.10	1.00	0.95	0.94
矿化度/全盐量	mg/L	—	—	全盐量 2000		962	970	978	964	976	944	960	956	1040	1060
六价铬	mg/L	0.05	0.10	0.1	0.1	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004
锌	mg/L	2.0	2.0	2.0	2.0	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.02
汞	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04
砷	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.05	2.5	2.9	3.4	3.5	3.4	3.2	3.5	3.0	4.5	4.0
硒	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.4
硫酸盐	mg/L	250	250	—	—	261	262	255	260	260	262	261	260	269	281

指标	单位	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002)		《农田灌溉水质标准》 (GB5084-2005)		采样点									
		IV类	V类	旱作	蔬菜	2018-CSZ-015-1	2018-CSZ-015-2	2018-CSZ-015-3	2018-CSZ-015-4	2018-CSZ-015-5	2018-CSZ-015-6	2018-CSZ-015-7	2018-CSZ-015-8	2018-CSZ-015-9	2018-CSZ-015-10
						蘑菇湖岸边区上层, 采样时间: 11:42	蘑菇湖岸边区下层, 采样时间: 11:56	蘑菇湖湖区上层, 采样时间: 12:19	蘑菇湖湖区上层, 采样时间: 12:19	蘑菇湖湖区下层, 采样时间: 12:30	蘑菇湖出水区上层, 采样时间: 12:43	蘑菇湖出水区上层, 采样时间: 12:43	蘑菇湖出水区下层, 采样时间: 12:54	蘑菇湖浅水区上层, 采样时间: 13:13	蘑菇湖进水区, 采样时间: 13:30
粪大肠杆菌	个/L	20000	40000	4000	2000 ^a 1000 ^b	≥24000	—	2400	—	—	≥24000	—	—	≥24000	9200
石油类	mg/L	0.5	1.0	10.0	1.0	0.09	—	0.08	—	—	0.09	—	—	0.07	0.06
叶绿素 a	mg/L	—	—	—	—	0.106	0.078	0.098	0.097	0.083	0.102	0.104	0.072	0.120	0.127
水温	°C	—	—	—	—	9.0	9.4	10.0	—	9.5	10.0	—	9.0	11.0	12.0
浊度	NTU	—	—	—	—	0.60	—	0.55	—	—	0.75	—	—	0.50	0.38
溶解氧	mg/L	3.0	2.0	—	—	7.3	6.0	13.6	13.6	10.0	10.4	10.3	6.6	8.5	12.0
氟化物	mg/L	1.5	1.5	高氟区 3.0	高氟区 3.0	0.623	0.624	0.637	0.644	0.638	0.641	0.632	0.641	0.649	0.656
氯化物	mg/L	250	250	250	250	121	125	120	122	123	123	123	123	125	123
硝酸盐氮	mg/L	10	10	—	—	0.87	0.85	0.91	0.93	0.87	0.86	0.91	0.90	1.10	0.98
硫化物	mg/L	0.5	1.0	1.0	1.0	0.009	0.012	0.014	0.014	0.011	0.014	0.015	0.011	0.017	0.015
铜	mg/L	1.0	1.0	1.0	1.0	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001
氰化物	mg/L	0.2	0.2	—	—	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004	≤0.004
铅	mg/L	0.05	0.1	0.1	0.1	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05
镉	mg/L	0.005	0.01	0.005	0.005	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001	≤0.0001
COD	mg/L	30.0	40.0	300	150	30	31	37	36	34	27	27	29	39	42

(2) 库尔勒纺织工业园

按规划库尔勒纺织工业城未来配套 50000m³/d 的印染废水处理规模。目前有新疆康平纳智能染色有限公司、库尔勒汇同泰印染科技有限公司拟于近期投产。两家企业的印染废水拟统一排至库尔勒纺织服装城印染废水处理厂，库尔勒纺织服装城印染废水处理厂设计能力 50000m³/d，其中 38000 m³/d 用于印染废水处理，12000m³/d 用于生活污水及其它废水处理。目前，因印染企业正在建中，废水处理厂主要接纳 15000m³/d 到 18000m³/d 的生活污水，处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准，排入西尼尔氧化塘用于生态林灌溉，未来部分出水拟作为城市杂用水回用。处理运行模式见图 3.13。

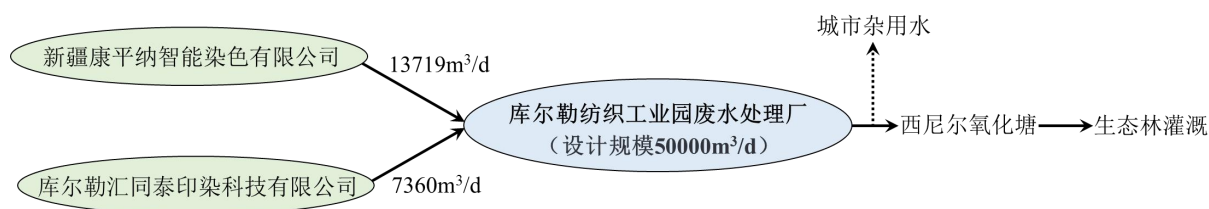


图 3.13 库尔勒纺织工业园印染废水处理模式

① 库尔勒汇同泰印染科技有限公司

依据环评资料获得库尔勒汇同泰印染科技有限公司的有关信息。产品种类、产量：库尔勒汇同泰印染科技有限公司年产 10000 吨筒子纱染色、20000 吨针织布、毛巾、干发巾漂染项目，建设规模为 30000 吨染色产品，开发生产色纱、针织布、毛巾和干发巾。产品方案及设备见表 3.11、表 3.12。

表 3.11 产品方案

序号	产品名称、规格	数量	单位
1	纯棉筒子纱普梳 21s	3000	吨/年
2	纯棉筒子纱精梳 32s	5000	吨/年
3	纯棉筒子纱精梳 40s	2000	吨/年
4	针织布	10000	吨/年
5	毛巾、干发巾	10000	吨/年

表 3.12 主要工艺设备

工程名称		工程内容	
染色车间	筒子纱染色	规模	年产 10000 吨筒子纱染色
		主要设备	筒子纱小样染色机、高温筒子纱染色机、射频烘干机、脱水机、松式络筒机、紧式络筒机等。
	针织布染色	规模	年产 10000 吨针织布染色
		主要设备	高温染色机、拉幅定型机、脱水机等。
	毛巾染色	规模	年产 10000 吨毛巾、干发巾染色
		主要设备	常温常压溢流染色机、高温高压双环松式环保染色机、全松式热风烘干机、脱水机、全自动松捻理布机等。

本项目生产内容为纱线染整、针织布和毛巾的生产。项目实施后，全部采用三班制生产，纱线染整一天最多可做 3 批，针织布 3 批，毛巾 3 批。针织布和毛巾的染色生产工艺相同，针织布一条生产线，毛巾一条生产线。

筒子纱染色生产线生产工艺流程见图 3.14，已购置的筒子纱印染设备见图 3.15。原棉纱线经松式络筒后在高温高压筒子染色机中进行煮练、漂洗、染色、柔软、脱水、烘干等处理，在加工时加入染料及各种助剂，采用生物酶处理配合精练剂、皂洗剂等表面活性剂等进行加工，最后经紧式络筒后成色纱。筒纱染色每批生产时间为 6-8 小时，每天生产 3 批。针织布或毛巾的各工序及染色都在染色机中进行，完成整个生产过程的生产周期一般为 8 小时，每天生产 3 批。

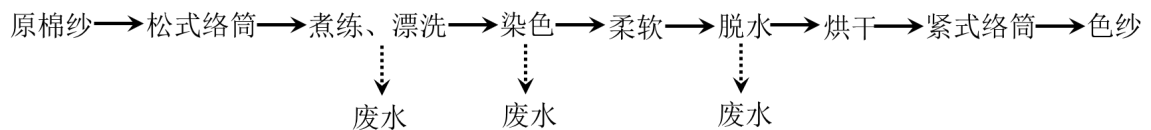


图 3.14 筒子纱染色生产工艺流程

采用的高温高压筒子染色机设计浴比最低可达 1: 6~1: 5，高温高压超液流染色机设计浴比最低可达 1: 6~1: 5，筒纱染色各工序用水情况见表 3.13。

表 3.13 筒纱染色各工序生产用水情况表

序号	工序名称	作用	进水次数	水/纱（质量比）
1	煮练	用片碱、双氧水、精练剂等去除原棉中棉籽壳、蜡质、油渍、色素等杂质，并达到染色及漂白所需白度	1	7
2	热洗	清除煮练残液及杂质	1	7
3	过酸、清洗	中和纱线上的碱液，洗清杂质	1	7

序号	工序名称	作用	进水次数	水/纱（质量比）
4	除氧	去除纱线上的残氧，进一步清洗	1	7
5	染色	加入活性染料、助剂、固色剂等	1	7
6	清洗	洗除高浓染料残液	1	7
7	过酸	中和纱线上的碱液	1	7
8	清洗、皂洗	洗除残留的染料助剂	6	42
9	漂洗、柔软	去除未上染染料，助剂及不纯物	3	21
合计			16	112

（注：水/纱质量比=进水次数×浴比）



图 3.15 库尔勒汇同泰印染科技有限公司已购置的筒子纱印染设备

针织布或毛巾染色生产线工艺见图 3.16。

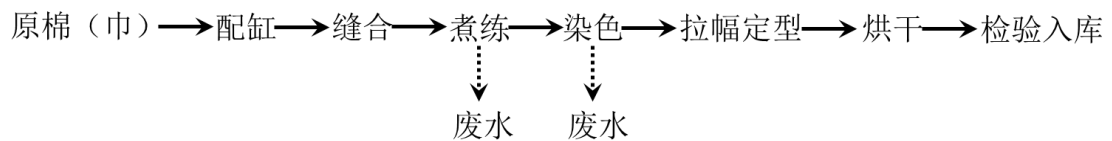


图 3.16 针织布或毛巾染色生产工艺流程

前处理：针织布或毛巾染色前一般先经过煮炼漂白处理，在此过程中投加的物料主要为纯碱、双氧水、稳定剂、洗涤剂，以去除原棉中的蜡质、脂质、油渍、色素及影响染色上染性能的其他杂质，煮练在染色机内完成，漂白后需进行 4 次水洗，第一次加入冰醋酸以中和多余的碱，第二次加入除氧酶去除多余的双氧水，第三、四两道用清水。

染色：针织布或毛巾经前处理后，在染色时需加入染料、助剂，在染色进行到一定阶段投加固色剂固色。染色、固色完成后洗涤，在水洗过程中需加入洗涤剂清洗 2-3 次，再用清水清洗 2-3 次。因此在此过程中主要产生染色脚水及染色清洗水，其产污情况除与染料、助剂的品种、用量有关外，也与浴比有关（针织布染色使用的常温溢流染色机浴比为 1:7）。

后整理：针织布或毛巾经染色水洗后，进入后整理阶段，主要包括拉幅定型、烘干及检验、入库。针织布或毛巾生产各工序用水情况见表 3.14，用水量考虑到工艺及管理因素，按工作浴比为 1：7 计。

表 3.14 针织布或毛巾各工序生产用水情况表

序号	工序名称	作用	进水次数	水/布（质量比）
1	练漂	加纯碱，去除原棉巾棉籽壳、蜡质、油渍、色素等杂质，加双氧水浅度漂白	1	7 倍
2	清洗	去除不纯物及纯碱、双氧水等	4	28 倍
3	染色	加入活性染料、助剂、固色剂等	1	7 倍
4	清洗	去除未上染染料，助剂及不纯物	6	42 倍
合计			12	84 倍

染整工艺先进性及清洁生产：

a.生产设备先进性

筒纱染色机具有自动化程度高、适染性高、功能多、耗水量少、浴比小（最低可达 1：6~1：5）、三省一少（即省染料助剂、省电、省蒸汽、少排放废水）等主要优点。同时此设备密封性好，温控精度高，可采用环境友好型助剂和生物精炼技术，能降低污水排放，减小能源消耗，降低漂染损失，提供产品质量档次，增加附加值，有利于提高企业经济效益，是目前筒子纱染色的最佳选择。

采用的高温高压溢流染色机，设备适合涤棉、纯棉、棉氨纶、等织物的染整，是目前市场上最节能高效的环保染色设备，独特喷嘴设计等功能，彻底解决高密度、湿强度低的人棉/氨纶针织物的折痕及断布问题；设备环保省水、省电、省汽，最低行机浴比低至 1:3.8，浴比的降低，水、电、汽、染化料、助剂相应减少，也就降低的生产成本；设备配置了多项控制及水洗技术，节能省时。

采用的常温常压溢流染色机，是市场上最具经济效益的毛巾处染设备，适合处染高毛圈和毛巾类等重质的织物。循环系统提供溢流处染效果，保证了染液和织物有充分的交换。大通道喷咀和大流量为顺畅的织物运行提供了保证。厚重的毛巾类织物能松散的在大容积的储布槽内堆叠，因自重而承受的压痕相对减少，

使织物获得优异的手感效果。自动灭毛器可以防止因毛碎堵塞而出现喷咀掉压情况，整个过程不用清理毛碎，保证了整个工艺流程的完成。冲洗效率高，使耗水量减少，比传统染机耗水少 50%。由于用水少，使进水，排水、升温、降温等工序的时间亦减少，缩短了整个染色工艺的时间。

采用的高温高压双环松式环保染色机，该机型的长 L 型储布槽处理织物十分柔和，机器采用新型的喷咀系统及织物扩散整理系统有效提高了织物的品质及产量，环保节能。浴比低至 1: 6~1: 7；污水排放量减少，染液循环次数增多、处染物色泽更均匀，节约染料、助剂、水蒸汽和电能。优良的织物扩散效果，织物呈现松弛状，无折痕，成品处染效果好，更环保。低耗水量、低耗能，低排放量、低耗电量。

b.产品先进性

项目染色加工后的筒纱半纤维素、木质素、胰蜡灰份、色素等物质完全水解，又不伤及纤维素，用其生产的毛巾纯洁无瑕并富有弹性；项目生产的针织布和毛巾染色产品色牢度高，比国家标准提高了半级；项目通过采用去氧酶、高效皂洗剂等助剂，增加热洗、冷洗次数，确保毛巾染色和漂洗产品无化学剂残留、pH 值达标，不含游离甲醛，使用安全。

依据各工序生产用水、废水排放及原辅料使用情况得出废水及盐排放情况，见表 3.15。

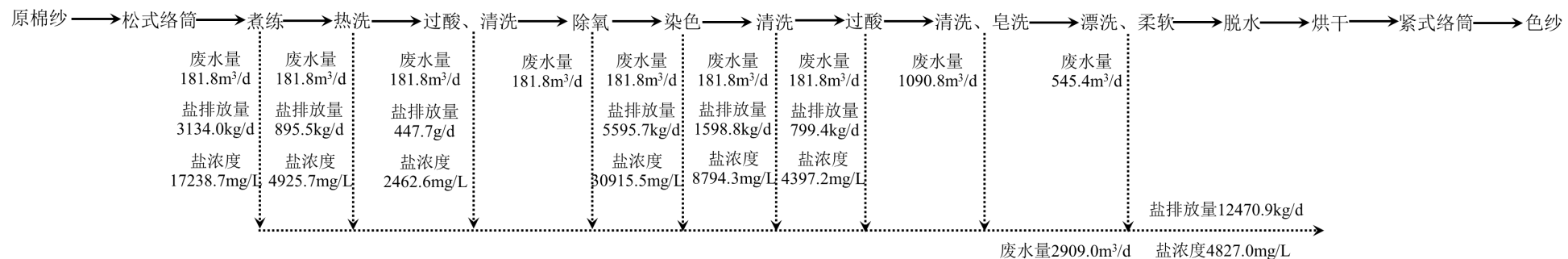
表 3.15 印染废水及盐排放情况

生产线	设备名称	数量	生产能力			排污系数 (吨/吨)	排水量(吨/日)		盐用量		混合废水排放盐浓度 (mg/L)
			单台 (kg/缸)	批次 (批/天)	合计 (吨/d)		单台	合计	单位重量产品元盐用量 (kg/吨)	用量 (kg/天)	
筒纱染色	筒纱染色机	3	200	3	1.8	96.0	58.18	174.54	468	842.4	4827
	筒纱染色机	3	300	3	2.7		87.27	261.80	468	1263.6	4827
	筒纱染色机	3	500	3	4.5		145.45	436.35	468	2106	4827
	筒纱染色机	3	1000	3	9.0		290.91	872.73	468	4212	4827
	筒纱染色机	2	2000	3	12		387.86	1163.58	468	5616	4827
	小计	14	—	—	30		—	2909	—	—	—
针织布染色	高温高压溢流染色机	2	250	3	1.5	75.1	36.13	108.38	468	702	6477
	高温高压溢流染色机	2	500	3	3.0		72.25	216.76	468	1404	6477
	高温高压溢流染色机	4	750	3	9.0		216.76	650.29	468	4212	6477
	高温高压溢流染色机	6	1000	3	18		433.52	1300.57	468	8424	6477
	小计	14	—	—	31.5		—	2276	—	—	—

生产线	设备名称	数量	生产能力			排污系数 (吨/吨)	排水量 (吨/日)		盐用量		混合废水排 放盐浓度 (mg/L)
			单台 (kg/缸)	批次 (批/天)	合计 (吨/d)		单台	合计	单位重量产 品元盐用量 (kg/吨)	用量 (kg/ 天)	
毛巾 染色	常温常压溢 流染色机	2	250	3	1.5	75.1	36.25	108.75	468	702	6455
	常温常压溢 流染色机	2	500	3	3.0		72.50	217.50	468	1404	6455
	常温常压溢 流染色机	3	1000	3	9.0		217.50	652.50	468	4212	6455
	高温高压双 环松式环保 染色机	3	500	3	4.5		108.75	326.25	468	2106	6455
	高温高压双 环松式环保 染色机	4	1000	3	12		290.00	870.00	468	5616	6455
	小计	14	—	—	30		—	2175	—	—	6455
合计	42	—	—	—	—	—	7360	—	—	—	

(注：排污系数=浴比×进水次数×0.85)

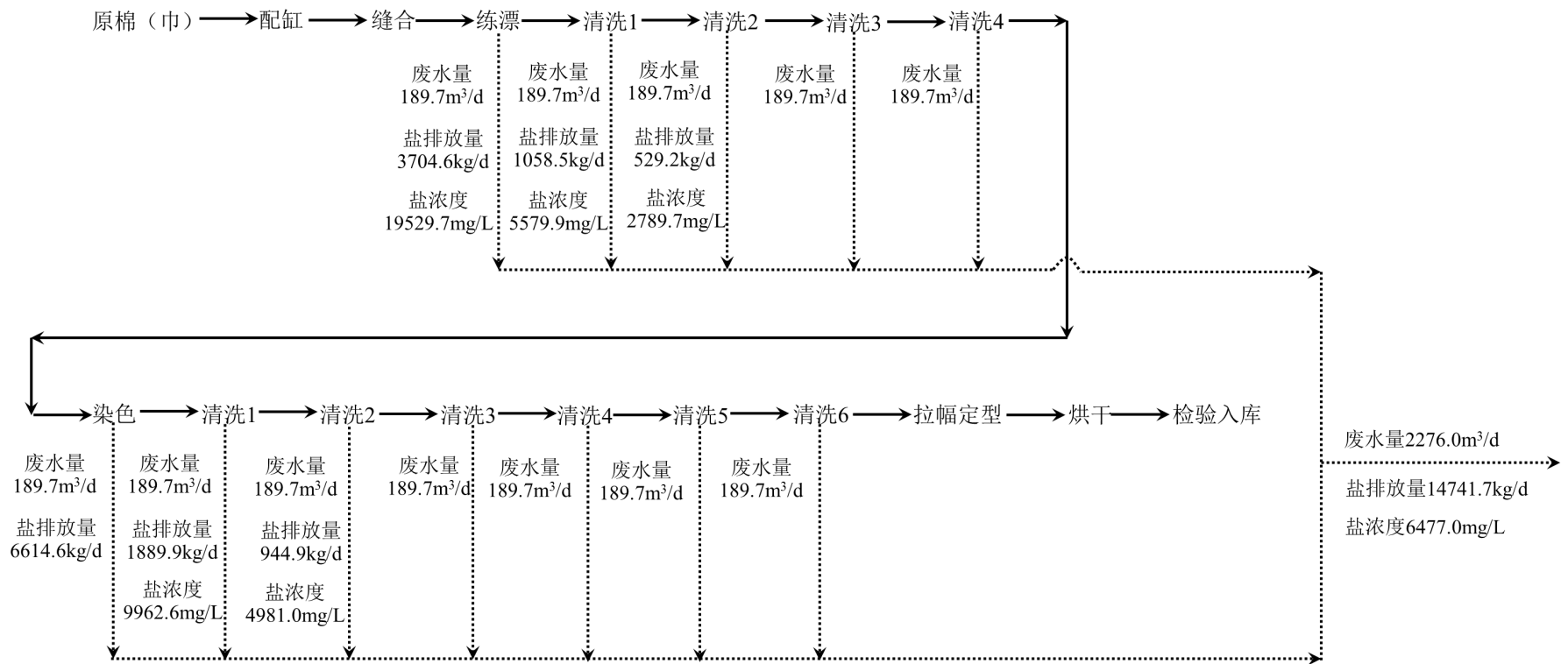
依据上述数据，得出库尔勒汇同泰印染科技有限公司筒子纱染色、针织布染色及毛巾染色盐、水平衡，见图 3.17、图 3.18 及图 3.19。



测算条件:

盐用量 $2909 \times 4827 / 1000 = 12470.9 \text{kg/d}$ 。按染色用盐量占 64.1%，煮练环节用盐量占 35.9% 计算，则染色环节用盐量 7993.8kg/d，煮练环节用盐量 4477.1kg/d，设煮练和染色第 1 道排水中盐含量占 70%，第 1 道清洗水占 20%，第二道清洗水占 10%。

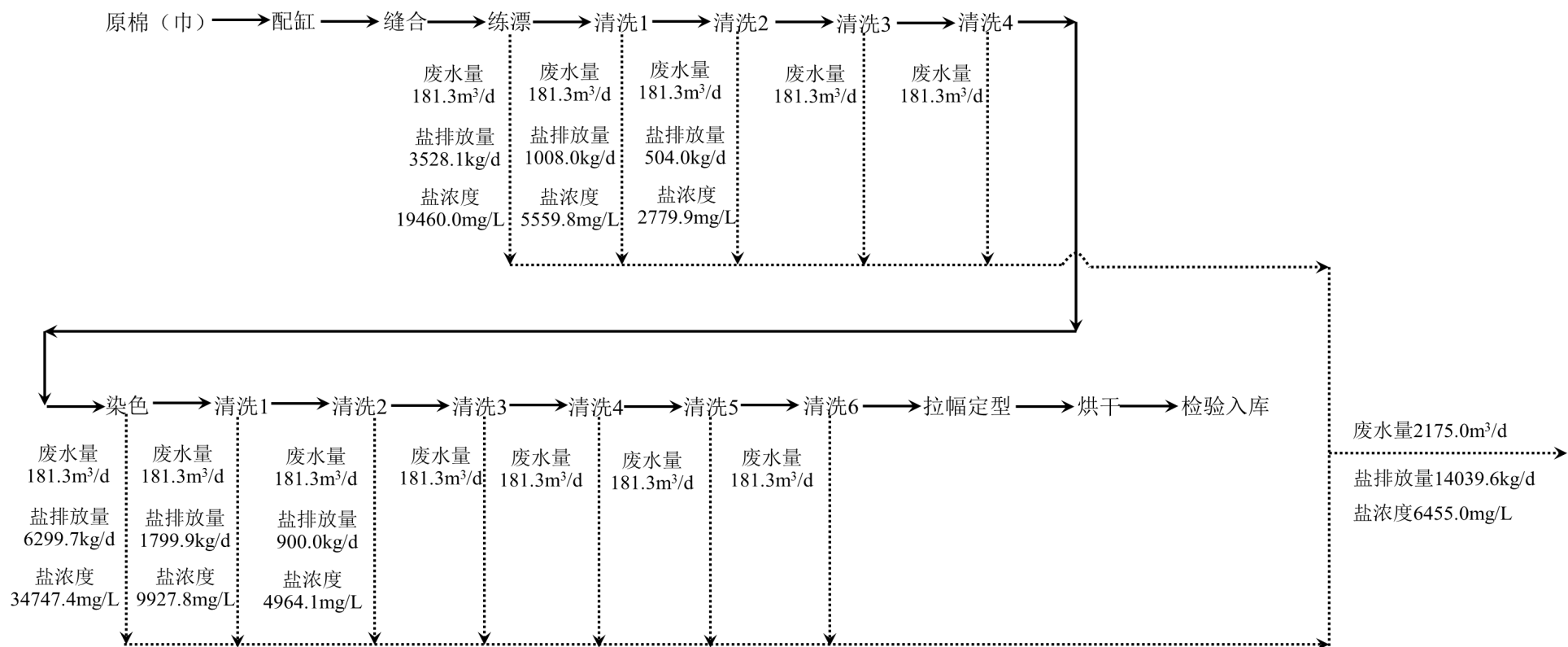
图 3.17 库尔勒汇同泰印染科技有限公司筒子纱染色生产线盐水平衡图



测算条件:

盐用量 $2276 \times 6477 / 1000 = 14741.7 \text{kg/d}$, 按染色用盐量占 64.1%, 其他环节用盐量占 35.9% 计算, 则染色环节用盐量 9449.4kg/d , 其它环节用盐量 5292.3kg/d , 设染色、练漂第 1 道排水中盐含量占 70%, 第 1 道清洗水占 20%, 第 2 道清洗水占 10%。

图 3.18 库尔勒汇同泰印染科技有限公司针织布染色生产线盐水平衡图



测算条件:

盐用量 $2175 \times 6455 / 1000 = 14039.6 \text{kg/d}$, 按染色用盐量占 64.1%, 其他环节用盐量占 35.9% 计算, 则染色环节用盐量 8999.6kg/d, 其它环节用盐量 5040.0kg/d, 设染色、练漂第 1 道排水中盐含量占 70%, 第 1 道清洗水占 20%, 第二道清洗水占 10%。

图 3.19 库尔勒汇同泰印染科技有限公司毛巾染色生产线盐水平衡图

②新疆康平纳智能染色有限公司

依据环评资料获得新疆康平纳智能染色有限公司的有关信息。

产品方案：本项目主要将智能化、物联网等新技术应用到筒子纱数字化自动染色生产线，形成年产 16 万吨纱线染色生产规模。

主要工艺设备选型见表 3.16。

表 3.16 设备选型一览表

序号	设备名称	数量（台/套）	生产厂家
1	染色机（1 吨）	176	康平纳
2	染色机（3 公斤）	8	外购配套
3	转托盘机器人	24	康平纳
4	双手抓上纱机械手	24	康平纳
5	全伺服脱水机	80	外购配套
6	双手抓脱水机械手	40	康平纳
7	射频烘干机（170kw）	80	康平纳
8	烘干机械手	40	康平纳
9	烘干后机械手	40	康平纳
10	物流系统	8	康平纳
11	桁车	8	康平纳
12	自动天车	8	康平纳
13	生产管理系统	8	康平纳
14	染色中央控制系统	8	康平纳
15	染色物流中央控制系统	8	康平纳
16	络筒物流中央控制系统	8	康平纳
17	拼接墙及监控系统	8	外购
18	元明粉自动计量溶解输送系统	8	康平纳
19	纯碱自动计量溶解输送系统	8	康平纳
20	全自动化学液体助剂计量输送机	8	康平纳
21	自动粉体染料配料、溶解输送机	8	康平纳
22	络筒机	432	外购配套
23	打包机	16	康平纳
24	辅助生产设备	120	外购配套

序号	设备名称	数量 (台/套)	生产厂家
25	软化水供水系统	15	外购配套
26	冷凝水、冷却水回用及热能回收	8	外购配套
27	空压机、缓冲罐、冷干机	56	外购配套
28	叉车	48	外购配套
29	实验设备	100	外购配套
30	高温染色小样机	12	外购配套
31	常温旋转式染样机	12	外购配套
32	SW 耐水洗色牢度测试仪试验机	16	外购配套
33	风机	20	外购配套
34	自动滴液机	4	外购配套
35	配液机	4	外购配套
36	纱线测长仪	8	外购配套
37	高温干燥箱	12	外购配套
38	测配色	4	外购配套

新疆康平纳智能染色有限公司染整生产工艺及设备见图 3.20、图 3.21。

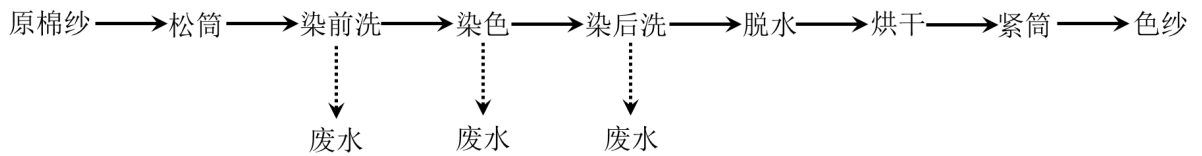


图 3.20 新疆康平纳智能染色有限公司染整生产工艺



图 3.21 新疆康平纳智能染色有限公司染整设备

染整工艺先进性及清洁生产：

a.原辅材料清洁性：使用清洁的原料和产品是清洁生产重要的部分之一。拟建项目主要生产原料为成品纱线，辅助原料为活性染料及相应助剂。拟建项目所使用活性染料选用环保型染料。我国《国家纺织产品基本安全技术规范》（GB18401-2010）、国际纺织品生态学研究检测协会《生态纺织品标准 100》（Okotex standard100）以及欧盟《关于限制使用部分偶氮类染料指令》中规定了可在还原剂作用下产生 24 类对人体有害芳香胺的偶氮染料为禁用染料，经证实，本项目使用的偶氮染料结构中不含有 24 类有害芳香胺，不属于 GB18401-2010、Okotexstandard100 以及欧盟禁令中的禁用染料。本项目所用的染料上色率较高，染料的平均的上色率在 90%以上。因此，废水中的残留染料较少，废水污染负荷较低，助剂等均选用环保型助剂。助剂中不存在重铬酸钾等有毒物质，避免了染色工序废水中产生六价铬等特征污染物。

b.生产工艺及装备要求：项目采用先进的生产设备及生产工艺，选用国内先进设备、节能型设备，禁用国家有关部门已公布淘汰的机电产品。全部采用先进的交流变频控制马达。所用设备实现生产装置密闭化，生产线或生产单元安装物料剂量、水量统计装置，生产车间较为整洁，杜绝跑、冒、滴、漏现象。对于加热设备，均采取保温措施，以降低能耗物耗。主要生产环节采用自动化工艺，可大幅度提高生产效率。采用小浴比染色机，其染色浴比达到 1:4，节水、节能效果显著，属于国内先进水平的染色设备和工艺。烘干设备保温效果好，热风循环系统设计合理，热效率高。

c.资源回用与综合利用：项目实施后道清洗、脱水水和蒸汽冷凝水均收集回用，减少了新鲜水用量及废水排放量，本项目重复用水及回用水量约重复用水量为 2558466.3m³/a，新鲜水取水量为 5680430.73m³/a，蒸汽冷凝水 355320m³/a，水重复利用率为 42.4%，符合《印染行业规范条件》（2017）要求的>40%指标的要求。单位产品综合能耗为 0.4 吨标煤/吨产品，单位产品新鲜水耗量为 35.5 吨水/吨产品，单位产品排水量为 36.8m³/吨，能耗、水耗与传统纱线染色工艺相比均较低。

企业内水平衡及主要印染设备废水排放情况见表 3.17。表中数据表明，印染

废水排放量为 13719m³/d。

表 3.17 水平衡一览表

新鲜水							
项目	单位	数量	上一工段 来水及重 复用水	损耗	排放	软水	—
车间调 湿用水	m ³ /a	1440	—	1440	—	—	—
	m ³ /h	0.18	—	0.18	—	—	—
地面清 洗水	m ³ /a	2073.6	—	103.68	1969.92	—	—
	m ³ /h	0.26	—	0.013	0.247	—	—
食堂用 水	m ³ /a	12870	—	1287	11586	—	—
	m ³ /h	1.63	—	0.163	1.467	—	—
办公用 水	m ³ /a	10725	—	—	10725	—	—
	m ³ /h	1.36	—	—	1.36	—	—
软水制 备用水	m ³ /a	5653322.13	—	—	1130664.43	4522657.7	—
	m ³ /h	713.80	—	—	142.76	571.04	—
软水							
项目	单位	软水系统来水	上一工段 来水及重 复用水	损耗	排放	回收或重复 用水	至下一工段
染前洗 漂洗	m ³ /a	635716	0	10616.46	410539.54	0	214560
	m ³ /h	80.27	0	1.34	51.84	0	27.09
染前洗 水洗	m ³ /a	1245760	214560	24387.34	1221372.66	0	214560
	m ³ /h	157.29	27.09	2.63	127.58	—	27.09
染色	m ³ /a	840268	214560	7383.80	774442.8	52741.4	220260
	m ³ /h	106.09	27.09	0.93	97.78	6.66	27.81
染后洗 前四道	m ³ /a	38833.7	2558466.3	41816.53	2331923.47	0	223560
	m ³ /h	4.90	323.04	5.28	294.43	0	28.23
染后洗 后三道	m ³ /a	1762080	223560	31968.8	0	1730111.2	223560
	m ³ /h	222.48	28.23	4.04	0	218.45	28.23
脱水	m ³ /a	0	22356	4471.2	0	138836.49	80252.31
	m ³ /h	0	28.23	0.56	0	17.53	10.13
烘干	m ³ /a	0	80252.31	3210.09	0	63197.22	13845
	m ³ /h	0	10.13	0.41	0	7.98	1.75

(注：染前洗漂洗、染色、染后洗前四道软水包括助剂调配用水；重复用水量为 2558466.3m³/a，水重复利用率为 42.4%。)

③ 库尔勒纺织工业园污水处理厂

库尔勒纺织工业园污水处理厂位于库尔勒经济开发区二期用地内，为开发区规划的污水处理厂，目前正在进行污水处理工程调试，主要用于接收服装城内企业废水。按规划库尔勒纺织工业城未来配套 50000m³/d 的印染废水处理规模。目前新疆康平纳智能染色有限公司、库尔勒汇同泰印染科技有限公司拟于近期投产，两家企业的印染废水拟统一排至库尔勒纺织工业园污水处理厂。库尔勒纺织服装城印染废水处理厂设计能力 50000m³/d，其中 38000 m³/d 用于印染废水处理，12000m³/d 用于生活污水及其它废水处理。目前，因印染企业在建中，污水处理厂主要接纳 15000m³/d 到 18000m³/d 的生活污水，处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准。库尔勒纺织工业园污水处理厂处理工艺及设施见图 3.22、图 3.23。处理后的污水部分作为中水用于城市绿化，部分排至西尼尔氧化塘用于生态林灌溉，污泥浓缩脱水后外运填埋。

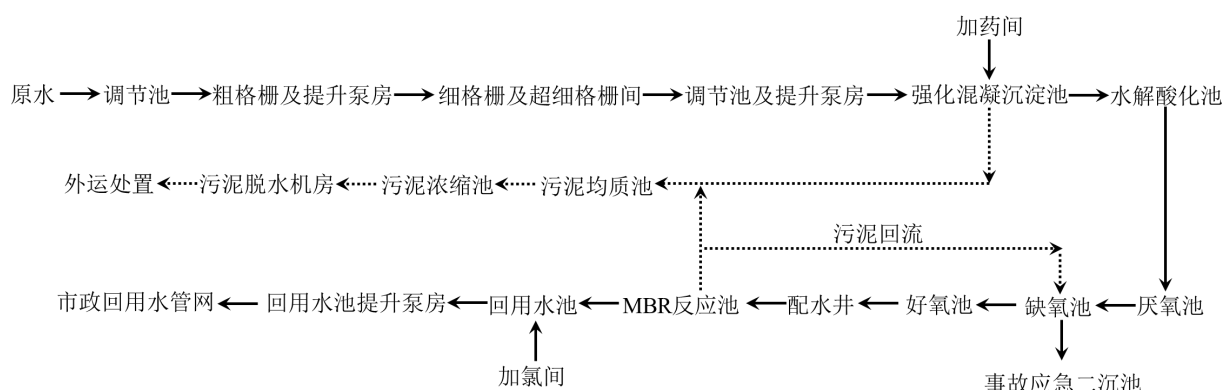


图 3.22 库尔勒纺织工业园污水处理厂处理工艺

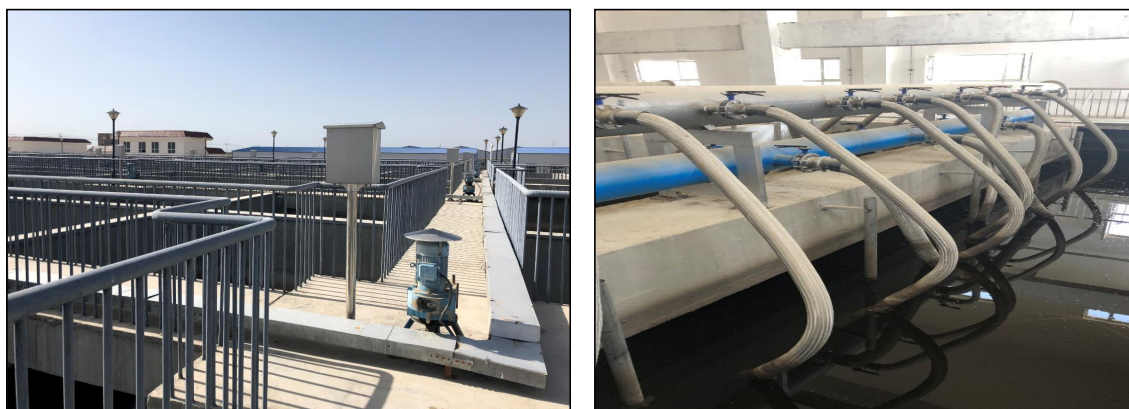


图 3.23 库尔勒纺织工业园污水处理厂设施

设计进出水水质见表 3.18。

表 3.18 库尔勒纺织服装城污水处理厂设计进出水指标

水质指标	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	pH	色度 (倍)
进水水质	1200	350	200	40	3	6~9	200
出水水质	50	10	5 (8)	15	0.5	6~9	30

未来库尔勒纺织服装城污水处理厂接纳印染废水后，可能存在如下潜在问题：库尔勒纺织工业园污水处理厂原排放标准按《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 B 标准设计，目前提高至《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准，未来接纳处理印染废水需进一步对工艺及参数进行优化以适应一级 A 标准；膜生物反应器（MBR）单元的水通量设计值偏大，进水污染负荷增加后膜污染可能增强，清洗频率高，导致膜寿命降低；

④西尼尔氧化塘

库尔勒纺织工业园污水处理厂处理后出水进入西尼尔氧化塘，由于库尔勒纺织工业园污水处理厂目前尚未接纳印染废水，因此目前西尼尔氧化塘无含盐量较高的处理后印染废水进入。

西尼尔氧化塘始建于 1994 年，位于库尔勒市东南 40km 处的尉犁县哈拉洪地区，库容为 1030×10⁴m³，设计规模为 15m³万/d，主要接纳新城区、南市区的生活污水，由于氧化塘原设计处理工艺不具备工业废水处理能力，致使氧化塘处理能力和处理效果无法达到要求，水质发生恶化，对周边环境质量产生极大不良影响，特别是西尼尔氧化塘产生的恶臭严重影响到尉犁县人民的生活。氧化塘污水排放量最大达到 20 万 m³万/d，从而使大量未达标或未经处理的污水排放至戈壁滩贮存、晾晒。以往未治理之前，进塘 COD 指标为 1750mg/L，出塘指标 1570 mg/L。西尼尔氧化塘及出水现状见图 3.24。



图 3.24 西尼尔氧化塘及出水现状

针对西尼尔氧化塘突出的环境问题，自 2008 年制定了“控源截污、内源治理、生态修复”治理方案，并逐步实施。见表 3.19。

表 3.19 西尼尔氧化塘整治措施

序号	控源截污	内源治理	生态修复
1	新疆博湖苇业股份有限公司：碱回收工程及中段废水一期、二期治理工程，2008 年	新疆富丽达纤维有限公司经提标改造后外排水达到国家《污水综合排放标准》一级标准，建成一条自厂区至群克水库的 70000m ³ /d 的疏水管线，日输水量 45000m ³ /d，2014 年 6 月 27 日	氧化塘清污清淤和生态湿地工程：对西尼尔氧化塘实施清污清淤，建设 1 座生态湿地，用于接纳污水处理厂达标排放尾水，并形成“杭州西湖”景观格局
2	新疆泰昌实业有限公司：新建年产 16 万吨棉浆粕黑夜治理碱回收工程，2009 年	巴州泰昌浆粕厂完成工业废水而及提标改造工程，2014 年 6 月 27 日	滤田污染土壤修复和生态林场工程，待实施：对西尼尔氧化塘滤田实施污染土壤修复后建设 1 座生态林场，利用污泥堆肥厂产品，种植绿化苗木或经济林木。
3	新疆博湖苇业股份有限公司搬迁并关闭老厂，“以新代老”促进企业升级，2010 年	巴州泰昌浆粕厂、巴州锦润纤维有限公司按期完成工业废水一级提标改造工程，外排废水达到国家《污水综合排放标准》一级标准，新疆博湖苇业股份有限公司搬迁后依然未达到环保要求而关停，2015 年 7 月	新建处理规模为 10.0 万 m ³ /d 污水处理厂，第一年用于处理西尼尔氧化塘现存污水和滤田污染土壤修复洗脱污水；一年后用于接纳处理库尔勒市市政污水
4	建成一条自富丽达厂区南侧接出，沿东干渠东侧的 DN2000 排水	处理能力 50000m ³ /d 的中水厂建成，处理后水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准，其中达标污水夏季用于景观、绿化灌	新建 1 座污泥填埋场，工程规模 400t/d，前三年用于处理西尼尔氧化塘现存遭工业污染的不可资源化利用污泥，三年后用于接纳处理库尔勒市新建市政污水处理厂不

序号	控源截污	内源治理	生态修复
	管道, 2011年5月31日之前	溉, 冬季排入西尼尔氧化塘, 2015年11月	可资源化利用的脱水污泥。污泥填埋场采用“浓缩脱水+卫生填埋”工艺艺术设计、建设。
5	—	新疆美克化工有限公司、中石油塔里木石化分公司达标工业废水进入中水厂进行深度处理, 同时停产整顿新疆泰昌实业有限责任公司浆粕厂、巴州锦润纤维科技有限公司环保问题, 2016年5月	新建1座污泥堆肥厂, 工程规模400吨/日, 前三年用于处理西尼尔氧化塘现存没有遭工业污染的可资源化利用污泥, 三年后用于接纳处理库尔勒市新建市政污水处理厂可资源化利用的脱水污泥。污泥堆肥厂采用浓缩脱水+生物堆肥工艺艺术设计、建设。
6	—	处理能力50000m ³ /d的印染废水处理厂开工建设, 将接纳开发区纺织印染企业厂内处理后达标生产废水及上游工业废水, 拟全部回用于工业生产和城市绿化, 2015年3月开工建设, 2017年8月进入调试	生态环保公众教育中心: 新建1座生态环保公众教育中心, 包括生态环保教育展厅、科研实验基地等, 结合西尼尔氧化塘生态环境污染及综合治理开展生态环保公众教育, 以及西尼尔氧化塘污染综合治理工程设施、西尼尔生态环保园运行管理。
7	—	库尔勒市南市区建设50000m ³ /d生活污水处理厂, 处理后水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准, 达标污水夏季用于景观、绿化灌溉, 冬季排入西尼尔氧化塘, 2017年8月开工建设	—
8	—	自2016年起, 多方邀请国内水污染及土壤修复专家对西尼尔氧化塘进行现场调查, 对西尼尔氧化塘及下游滤田、现有水体、地下水及土壤进行现状监测, 完成现状评估报告	—
9	—	拟建设1座100000m ³ /d的污水处理厂将现有氧化塘的黑臭水体处理达标后用于下游林场绿化; 建设一座日处理量400吨的污泥填埋场, 将污染中、利用价值不高的污泥进行卫生填埋, 将污染轻、利用价值高的污泥进行堆肥	—

西尼尔氧化塘目前整治成效: 通过整治, 西尼尔氧化塘日进水量由22.0万m³/d降低到6.0万m³/d; 水质条件得到极大改善, 目前出水水质COD 188mg/L,

水库水质含盐量 2000 mg/L 左右。如未来继续接纳部分印染、化工处理后废水，一方面需做好工业废水排放提标改造工作，另外一方面需注意废水中的盐度对西尼尔氧化塘的影响。如废水盐度高，可能会影响氧化塘水环境功能提升及用于景观补水、绿化、生态林绿化灌溉。

根据《新疆尉犁县地下水资源开发利用规划报告》，西尼尔区域属于水量中等富水区，含水层呈多元结构，其岩性自北向南，自西向东颗粒由粗变细。西尼尔地带为砾质中细砂，往南渐变为粗中砂、中细砂等，潜水埋深于西尼尔一带为 10m 左右，向南变至 5~10m。单井涌水量 (Q) 一般为 1000m³/d 左右，最高达 2462.4m³/d 左右，渗透系数 4.78m/d 左右。水质尚好，北中部为矿化度 <1g/L 的 HCO₃-Na·Ca·Mg 型淡水，南部水质较差。

(3) 阿克苏纺织工业园

阿克苏纺织工业城（开发区）位于阿克苏市主城区东南方向，距市中心 10 公里，与火车站紧密相邻，距阿克苏机场 15 公里，距乌鲁木齐 1000 公里，500 公里范围内与伊宁、喀什、和田、克州、库尔勒相邻，距吉尔吉斯斯坦首都比什凯克约 500 公里，处于南疆的中心区域。阿克苏纺织工业城应新疆发展纺织服装产业的需求而建，为解决工业城纺织印染废水处理，目前已配套建设处理能力为 50000m³/d 的纺织印染废水集中处理厂。目前仅有阿克苏标信纤维有限公司 1 家印染企业投产，产生的废水经企业预处理后排入阿克苏纺织工业城印染废水处理厂。处理运行模式见图 3.25。



图 3.25 阿克苏纺织工业园印染废水处理模式

①阿克苏标信纤维有限公司

阿克苏标信纤维有限公司调研信息见表 3.20。染整设备及污水处理设施见图 3.26。



图 3.26 阿克苏标信纤维有限公司染整设备及污水处理设施

表 3.20 阿克苏标配纤维有限公司

企业名称		阿克苏标配纤维有限公司	
企业地点		阿克苏纺织工业园	
序号	调研项目		企业情况
1	产品名称（产量）		染色棉，产量：年产 2 万吨左右
2	染整工艺及先进性		引进国内先进的散纤维染色机，工艺采用先进的节能环保及短流程染色。
3	布匹原料及用量		原棉：2 万吨左右
4	进水盐度背景值		水源来自多浪河，含盐量 300-500 mg/L
5	各工艺染化料助剂种类		活性染料、精炼剂、固色剂、酸、碱
6	染色残液、丝光废碱回用		水洗用水回用
7	工艺环节水回用		冷凝水、打饼水、清污水
8	各工艺环节盐用量		染色工序每吨色棉需要使用元明粉 0.7 吨左右
9	各印染环节废水产生水量		60 吨/吨产品，按此数据测算废水中盐度大约为 2.9g/L
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	色度
		COD	500 左右
		盐度	5000mg/L 左右
11	水资源使用量（m ³ /d）		3500
12	废水处理量（m ³ /d）		3300
13	废水处理及回用工艺		OAO 工艺
14	废水回用率（%）		30%左右
15	废水处理及回用成本（元/吨）		废水处理：2.0 元/m ³

16	回用水用途（水质）	工艺用水
17	废水进出水指标（尤其含盐量变化）	进水水质：COD≤700mg/L；出水水质：100 mg/L
18	废水排放及回用标准	废水排放执行与污水处理厂协议标准； 回用水执行本公司染色用水水质标准：COD≤50.0mg/L，pH=6.5~8.0，色度（倍）≤10，铁≤0.1mg/L，锰≤0.1mg/L，总硬度≤50mg/L，电导率 1000μs/cm，悬浮物≤10.0mg/L， 气味：无色无味，不得含有重金属。
19	废水处理工艺投药量（外加盐）	1.0 吨/日
20	污泥产量（m ³ /d）	1.0 吨/日
21	污泥含水率（%）	45%
22	污泥处理处置工艺	制砖
23	污泥处置费用	100 元/吨
24	电能消耗（度/年）	9000000 度
25	电价（元/度）	0.38
26	燃气消耗（m ³ /年）	计价以蒸气计，不用天然气
27	燃气价格（元/m ³ ）	计价以蒸气计，不用天然气
28	蒸汽压力（MPa）、温度（0C）、用量（吨/年）	1.0MPa，200 ⁰ C 蒸汽用量：100000 吨/年
29	蒸汽价（元/吨）	110
30	水价（元/吨）	自来水：3.63
31	环评报告及可研报告	—
32	染整工艺盐平衡	—
33	染整工艺水平衡	—

阿克苏标配纤维有限公司染整工艺见图 3.27，染色设备见表 3.21。

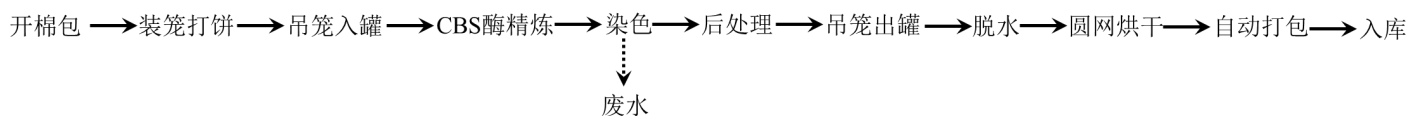


图 3.27 阿克苏标配纤维有限公司染整生产工艺

表 3.21 阿克苏标配纤维有限公司染色设备

序号	设备名称	型号	规格	单位	单体数量	总数量
1	干开机	国产	—	台	4	8
2	液压打饼机	国产	—	台	4	8
3	常温常压散纤维染色机	国产	500kg	台	32	64
4	顶饼机	国产	—	台	4	8

5	脱水机	国产	—	台	8	16
6	园网干燥机	国产	8网干燥	台	4	8
7	自动打包机	国产	—	套	4	8
8	电动吊葫芦	国产	5t-9m	台	8	16
9	凝棉器	国产	—	台	4	8
10	夹包机	国产	3t	台	2	4
11	叉车	国产	3t	台	1	1
12	其他配套设备	国产	—	套	1	2

染整工艺先进性及清洁生产:

前处理过程: 采用精练酶 CBS 对棉散纤维进行前处理, 与传统的碱煮练相比, CBS 酶精练的处理条件温和, 对棉纤维损伤小, 毛效高, 手感柔软, 染色织物得色量较高。处理过程约需 50~60 分钟。

染色过程: 活性染料在棉散纤维浸渍染色中应用广泛, 其色谱齐全, 色泽鲜艳, 价格低廉, 匀染性好, 且操作应用较方便。散纤维染色过程中, 棉纤维在染缸内静止不动, 染液凭借主泵的输送, 不断从染缸内层向外层在纤维间穿透循环, 使染料均匀上染。循环一段时间后, 在近中性的染液中分次添加元明粉使染料尽可能均匀地附着在棉纤维上; 当染料附着纤维接近平衡时, 分次加入碱剂逐渐提高染液 pH 值, 加快染料和纤维的固色反应, 从而使染料键合固着在纤维上, 达到着色的目的。

后处理过程: 染色后大量浮色沾附于棉纤维表面, 需经皂煮、水洗以去除浮色, 还需固色过软处理以改善纤维色牢度、手感和可纺性。

脱水: 采用高速运转的离心脱水机械, 将染色或湿整理后的棉纤维中的非结合水甩离纤维表面或纤维之间, 提高干燥效果, 节省能源。散纤维脱水以饼状形式吊入离心机, 降低劳动强度, 防止散纤维流失。脱水后的纤维含水率 30%~35% 之间。

烘干: 脱水后的色棉纤维需经热能将其结合水烘干至自然回潮率。脱水机吊出的棉饼, 采用抓棉装置将棉饼放到湿开棉机上, 充分撕碎落入喂给机, 慢慢铺平喂入圆网烘干机中, 高效的热风圆网烘棉, 控制色棉纤维烘干回潮率 6%~10%。

打包: 采用吸风装置将烘干的彩色棉纤维吸入管道, 再落入自动液压打包机,

将散的纤维压缩并捆扎成一定密度和规格的包装物。

染化料助剂：

染料：本项目采用活性染料染色。活性染料可溶于水，能与纤维素纤维发生共价键结。染色成品色泽鲜艳，匀染性能好。能掩盖部分织疵，皂洗牢度良好。染后应加强皂洗，去除未固着和水解的染料。活性染料可染棉、麻、丝、毛和粘胶纤维纺织品。一般用量 0.3-2%（对承染物），本项目染料用量 60 吨-400 吨。

生物酶：棉纤维前处理通常采用烧碱煮练和双氧水漂白的办法，以去除纤维上的杂质和共生物。这种方法除杂效果较好，白度高，但存在强力损伤大，纤维易板结，可纺性下降的问题，造成后序梳理、牵伸等纺纱工续困难，且废液碱浓度大，耗能及用水量大，给环境造成严重污染。生物酶精练技术能有效去除多种杂质，且不损伤纤维，从而最大限度地保持了棉纤维的长度、强度和手感，保证后道纺纱的质量。棉纤维用 CBS 酶处理后再经过漂白能达到很好的白度，完全能达到染鲜艳的浅色要求，解决了酶精练只能深色的问题，扩大了精练酶的使用范围。

节能减排：浴比为 1：4.5。浴比降低，染色用水排污减少，节能、环保明显。WSC 型吨棉用水是 NC464B 型的 62.5%。蒸汽用量：WSC 型吨棉消耗蒸汽比旧机型节省 3 吨。耗电：WSC 型吨棉耗电比旧机型节省 130kWh。

②阿克苏纺织工业园污水处理厂

阿克苏市位于新疆维吾尔自治区西部，塔克拉玛干大沙漠西北边缘、塔里木河上游。阿克苏市东与沙雅县相邻，西与柯坪、乌什县毗连，南与阿瓦提、洛浦、策勒县接壤，北与温宿、新和县为界。距乌鲁木齐市 989km，距喀什市 466km。地理坐标为北纬 39°30'~41°27'，东经 79°39'~82°01'。纺织城位于阿克苏市区东南方 10 公里处，具体范围为西北至南疆铁路，西南至阿塔公路，东至温宿县境内，覆盖阿克苏市与温宿县部分地区。勘界总面积 5456.19 公顷，地理坐标为东经 80°17'07"-80°24'32"，北纬 41°05'08"-41°11'11"。

阿克苏纺织工业园应新疆发展纺织服装产业的需求而建，为解决工业城纺织纺织印染废水处理，目前已配套建设处理能力为 50000m³/d 的废水集中处理厂（一期工程），工艺流程及处理设施见图 3.28、图 3.29。

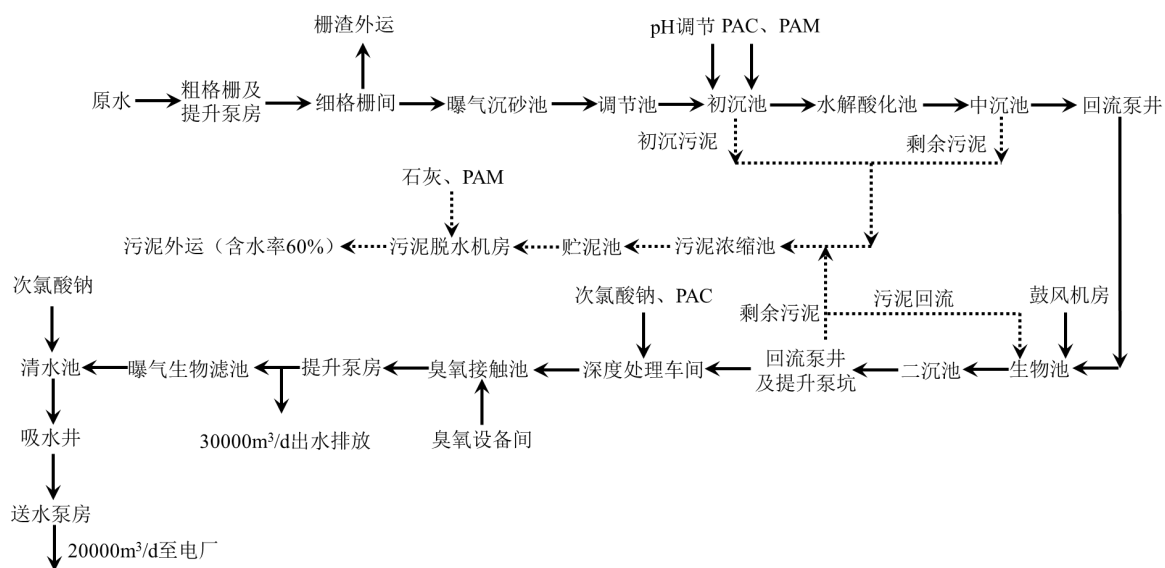


图 3.28 阿克苏纺织工业城 50000m³/d 废水处理一期工程



图 3.29 阿克苏纺织工业园污水处理厂处理设施

目前，纺织印染废水集中处理厂进水水量约为 8000m³/d，约为设计容量的 16%；由于纺织印染企业尚未全部入驻工业园，废水处理厂目前主要接纳市政生活污水，进水 COD 仅为 400~500mg/L。在未接纳纺织印染废水、未达负荷运行的情况下，出水能够稳定达到 COD≤60.0mg/L 的一级 B 的标准。因新疆属棉产地，未来工业园内入驻纺织印染企业将以棉纺织及印染为主，如染整工艺中有高浓度退浆废水产生，预计未来混合废水的 COD 浓度将达到 1000~2000mg/L。因此，未来大范围接纳纺织印染废水必须对原有工艺及参数进行进一步优化。

阿克苏纺织工业园污水处理厂 2017 年 3 月、4 月、6 月的在线监测数据见表 3.22。由污水处理厂近 3 个月的在线监测数据得出，园区生产废水经污水处理厂

处理后，COD 出水浓度仅在 4 月未达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准；氨氮出水浓度在近 3 个月均能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准；悬浮物的出水浓度在 3 月、4 月未达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准，未达标的原因是污水处理厂尚处于试运行期，工艺流程及设备运行需进一步调试及优化。

表 3.22 阿克苏纺织工业园废水处理厂处理效果

日期	进水 (mg/L)			出水 (mg/L)		
	COD	氨氮	SS	COD	氨氮	SS
2017 年 3 月	978.26	17.73	369.96	52.32	0.48	31.81
2017 年 4 月	980.87	19.86	352.97	69.91	0.65	36.72
2017 年 6 月	897.45	18.81	416.75	33.99	3.08	6.66

③空台力克荒漠稳定塘

目前，阿克苏纺织工业城印染废水集中处理厂 2016 年 10 月正式投运，目前处于试生产期，处理规模为 5 万 m³/d，实际处理规模为 0.8 万 m³/d，主要处理工业城生活污水。已建成长 56.17km 管线，达标废水由园区污水处理厂排至阿克苏纺织工业城（开发区）东南直线距离约 48.7km 的空台力克荒漠处建设的稳定塘，目前稳定塘已建成四级串联兼性塘，总库容约为 224 万 m³，但四级串联兼性塘中仅 1 号塘实施防渗工程，其余各塘均未进行防渗处理。

在 2014 年园区污水处理厂建成前，园区排水由企业自行处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中二级标准后经管道排至稳定塘贮存。2014 年之前园区的主要排水企业为阿克苏金疆化纤有限公司及新疆银达纤维有限公司，两家公司均为棉浆粕生产企业，棉浆粕生产属于废水污染较严重的行业，生产废水污染物排放浓度高，排放量大，由于上述两家公司污水处理系统不能实现稳定达标，2014 年 12 月停产前有大量超标棉浆粕废水通过管线排入氧化塘，使得氧化塘库区水质较差，鉴于氧化塘未全部按要求落实防渗设计，塘中贮存的污水对土壤、地下水等环境质量也形成了威胁。

2013 年 8 月，自治区环保厅以新环监发〔2013〕371 号《关于棉浆粕粘胶纤

维企业水污染物排放适用标准的通知》要求：自 2014 年 6 月 30 日起，棉浆粕企业水污染物排放统一执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）（1998 年 1 月 1 日后建设的单位最高允许排放浓度中化纤浆粕工业）二级标准；自 2015 年 12 月 31 日起，棉浆粕企业水污染物排放统一执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）（1998 年 1 月 1 日后建设的单位最高允许排放浓度中化纤浆粕工业）一级标准。阿克苏金疆化纤有限公司及新疆银达纤维有限公司由于无法满足上述文件要求于 2014 年 12 月停产。尽管两家企业停产已不再向氧化塘区排放污水，且 2015 年园区污水处理厂建成后园区企业基本实现纳管排放，目前经园区污水处理厂处理后排放至氧化塘区的废水基本满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准；但以往排放的大量超标浆粕废水威胁氧化塘库区水质、土壤及地下水环境质量的环境问题并未得到消弭。阿克苏纺织工业园终端稳定塘现状见图 3.30。



图 3.30 阿克苏纺织工业园终端稳定塘现状

阿克苏纺织工业城（开发区）管理部门对氧化塘库区现存的环境问题极为重视，为彻底解决氧化塘库区污水污染问题，管委会特委托新疆环境保护科学研究院对氧化塘库区开展全面的环境调查及评估。现场工作于 2017 年 5 月 22 日~5 月 24 日进行现场踏勘，6 月 8 日~6 月 14 日进行现场采样工作。利用 GPS 仪对上述取样点的地理位置进行测量，对库区阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地表水、底质、地下水土壤进行了环境质量调查评估。

环境调查范围：根据《阿克苏纺织工业城（开发区）污水处理厂终端排放控制区土地管理权协调会议》文件，阿克苏纺织工业城（开发区）污水处理厂终端

排放氧化塘控制区面积共计 55km²。本次环境调查范围为氧化塘库区周边区域及下游溃坝区，面积约为 463km²，范围如图 3.31 所示。

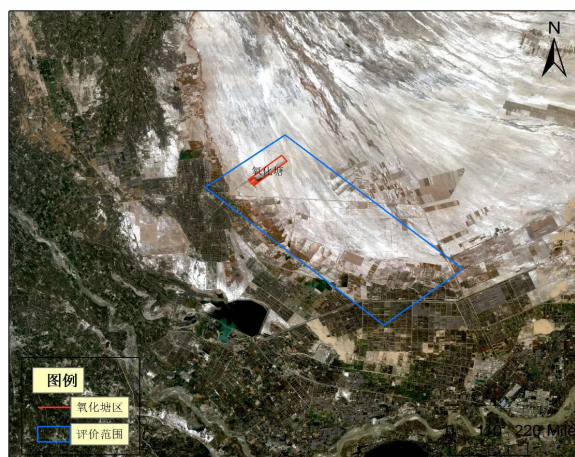


图 3.31 环境调查范围

阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地表水环境质量调查布点：

布点原则：地表水采样点共布设 17 个点位。其中，在氧化塘池内共布设 14 个采样点；在排污管线的暗管出口处（排污管线的明渠入口处）布设 1 个采样点；在 4 号氧化塘库尾处的洪沟内布设 1 个采样点；在氧化塘区下游（西南方向），玉阿公路约 65km 处的人工渠内布设 1 个采样点。

布点方案：在 1 号氧化塘库区纳污口、库尾出口处共布设 2 个取样断面，每个取样断面布设 2 个取样点，一共布设 4 个取样点（1~4 号）；2 号氧化塘布设 1 个取样点（11#）；4 号氧化塘水质采样点自纳污口起布设，分别在距 4 号氧化塘纳污口 100m、500m、1km、2km、3.5km、5.5km 布设取样断面，一共布设 9 个取样点 100m、1km、2km 处取样断面各布设 2 个取样点（5#、6#、8#、9#、10#、14#），500m（7#）、3.5km(13#)、5.5km（12#）处取样断面各布设 1 个取样点；在 4 号氧化塘库尾下游 150m 处的洪沟内布设 1 个采样点（17#）。在暗管出口处（明渠入口处（16#））布设一个采样点。玉阿公路约 65km 处，布设一个采样点（18#）。地表水采样点布设详见表 3.23、图 3.32 所示。

表 3.23 监测布点位置坐标

所在位置	点位编号	E	N
1 号氧化塘	1	80°47'25.849"	40°51'54.022"
	2	80°47'42.073"	40°52'06.077"
	3	80°47'20.066"	40°51'59.804"
	4	80°47'37.159"	40°52'09.874"
4 号氧化塘	5	80°47'58.293"	40°52'03.476"
	6	80°48'08.868"	40°51'54.007"
	7	80°48'27"	40°51'56"
	8	80°48'33"	40°51'59"
	9	80°48'50"	40°52'57"
	10	80°48'06"	40°52'31"
2 号氧化塘	11	80°47'42.365"	40°51'52.023"
4 号氧化塘	12	80°51'11.93"	40°53'35.44"
	13	80°50'00.56"	40°52'51.15"
	14	80°49'16.97"	40°52'25.71"
明渠入口处	16	80°45'54.01"	40°51'11.08"
4 号氧化塘库尾处的洪沟内	17	80°51'19.84"	40°53'35.66"
玉阿公路约 65km 处的人工渠内	18	81°08'24.94"	40°44'18.35"

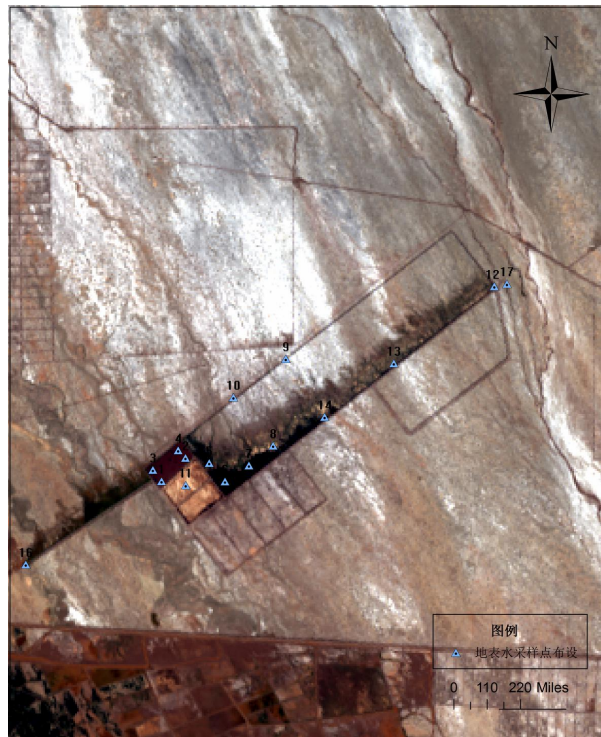


图 3.32 地表水现状调查监测布点示意图

阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘底质环境质量调查布点：

布点原则：根据氧化塘面积、水量及防渗情况，一共布设 50 个底泥采样点，包括水平方向和垂直方向上的布点位置。1 号、2 号、3 号氧化塘采用分区布点法进行监测点位的布设，1 号氧化塘布设 4 个采样点，2 号氧化塘布设 7 个采样点，3 号布设 7 个采样点。4 号氧化塘采用近密远疏的布点方法，共布设 10 个采样点，采样点自纳污口起布设，分别在距 4 号塘纳污口 100m、500m、1km、2km、3.5km、5.5km 布设采样点，100m 处布设 3 个采样点，500m、2km 处布设 2 个采样点，1km、3.5km、5.5km 处各布设 1 个采样点。在氧化塘西南侧沟内，共布设 5 个底泥采样点；在距 4 号氧化塘坝尾约 150m 处的洪沟内、玉阿公路约 65km 处人工渠内分别布设一个底质采样点。

布点方案：1~4 号氧化塘底质监测点位布设详见表 3.24、图 3.33。其中，2 号塘、3 号塘由于库区内水量大部分已蒸干，因此在 2、3 号塘分别布设 2 个垂直方向上的分层采样点，一共布设 4 个分层采样点，采样点垂直方向上的土壤采样深度分别为：表层土壤、0.5m 的浅层土壤、1m 的中层土壤、1.5m 的中层土壤、2m 的深层土壤。在 4 号氧化塘纳污口 100m 处布设 1 个垂直方向上的分层采样点，由于该剖面挖至 60cm 处已见水，因此剖面深度为 60cm，共采集了 2 个底质样。

表 3.24 监测布点位置坐标

所在位置	点位编号	E	N	采样深度
1 号氧化塘	1	80°47'25.849"	40°51'54.022"	0~20cm 表层土壤
	2	80°47'42.073"	40°52'06.077"	
	3	80°47'20.066"	40°51'59.804"	
	4	80°47'37.159"	40°52'09.874"	
4 号氧化塘	5	80°47'58.293"	40°52'03.476"	0~20cm 表层土壤
	6	80°48'08.868"	40°51'54.007"	
	7	80°48'27"	40°51'56"	
	8	80°48'33.00"	40°51'59.00"	
	9	80°48'50.00"	40°52'57.00"	
	10	80°48'06.00"	40°52'31.00"	
	11	80°31'59.30"	40°53'35.44"	
	12	80°50'00.56"	40°52'51.15"	
	13	80°49'16.97"	40°52'25.71"	
	14	80°47'48.49"	40°52'9.15"	0~20cm 表层土壤
2 号氧化塘	15	80°47'48.49"	40°52'9.15"	50~60cm 的浅层土壤
	16	80°47'31.682"	40°51'49.586"	0~20cm 表层土壤
	17	80°47'31.682"	40°51'49.586"	50~60cm 的浅层土壤

所在位置	点位编号	E	N	采样深度
	18	80°47'31.682"	40°51'49.586"	100cm 的中层土壤
	19	80°47'36.364"	40°51'45.330"	0~20cm 表层土壤
	20	80°47'46.097"	40°51'48.607"	
	21	80°47'41.656"	40°51'52.168"	
	22	80°47'37.665"	40°51'56.005"	
	23	80°47'45.823"	40°52'00.039"	
	24	80°47'52.958"	40°51'56.233"	0~20cm 表层土壤
	25	80°47'52.958"	40°51'56.233"	50~60cm 的浅层土壤
	26	80°47'52.958"	40°51'56.233"	100cm 的中层土壤
	27	80°47'52.958"	40°51'56.233"	150cm 的中层土壤
	28	80°47'52.958"	40°51'56.233"	200cm 的深层土壤
3 号氧化塘	29	80°47'41.529"	40°51'40.081"	0~20cm 表层土壤
	30	80°47'41.529"	40°51'40.081"	50~60cm 的浅层土壤
	31	80°47'41.529"	40°51'40.081"	100cm 的中层土壤
	32	80°47'41.529"	40°51'40.081"	150cm 的中层土壤
	33	80°47'41.529"	40°51'40.081"	200cm 的深层土壤
	34	80°47'45.046"	40°51'37.161"	0~20cm 表层土壤
	35	80°47'54.255"	40°51'41.825"	
	36	80°47'51.446"	40°51'43.948"	0~20cm 表层土壤
	37	80°47'51.446"	40°51'43.948"	50~60cm 的浅层土壤
	38	80°47'51.446"	40°51'43.948"	100cm 的中层土壤
	39	80°47'51.446"	40°51'43.948"	150cm 的中层土壤
	40	80°47'51.446"	40°51'43.948"	150cm 已见水, 未采
	41	80°47'48.816"	40°51'46.483"	0~20cm 表层土壤
	42	80°47'58.032"	40°51'51.052"	
43	80°48'02.604"	40°51'47.985"		
氧化塘东南侧沟内	44	80°50'0"	40°52'51"	氧化塘东南侧沟内 0~20cm 表层底泥
	45	80°50'34"	40°53'11"	
	46	80°51'10"	40°53'31"	
	47	80°49'20.75"	40°52'27.23"	
	48	80°49'46.77"	40°52'42.51"	
4 号氧化塘尾部洪沟内	49	80°51'19.84"	40°53'35.66"	4 号氧化塘尾部洪沟内 0~20cm 表层底泥
塘区下游(西南方向), 玉阿公路约 65km 处人工渠	50	81°08'24.94"	40°44'18.35"	塘区下游人工渠内 0~20cm 表层底泥

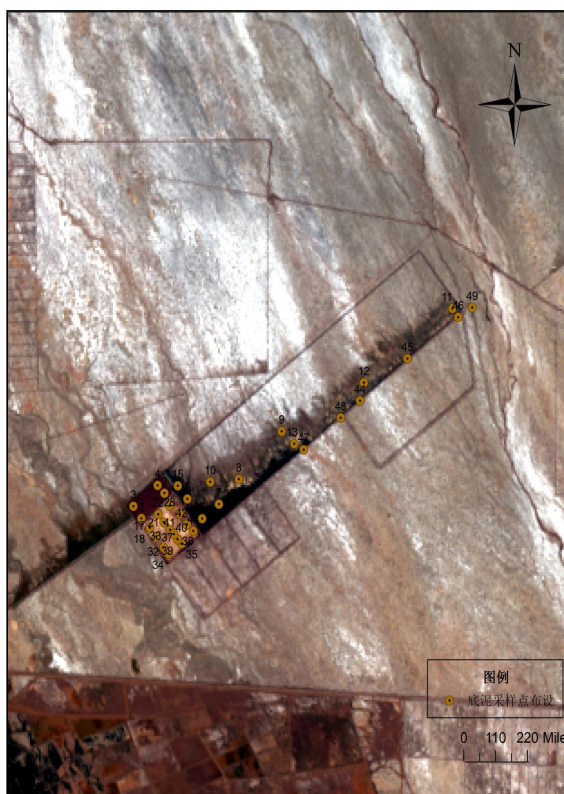


图 3.33 氧化塘底泥现状调查监测布点示意图

阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘土壤环境质量调查布点：

布点原则：根据 4 个氧化塘所在位置，土壤监测点位在平面上共布设 22 个调查点和 5 个背景对照点，水平方向和垂直方向上共计布设监测点位 42 个。其中，对照监测点位选取在场外外部区域的三个垂直轴向上，西北、东南方向上距离氧化塘 500m~1km 左右各布设 1 个背景点，在西南方向上等间距布设 3 个背景点（500m、1.8km、2.8km 各布设 1 个采样点）；1~3 号氧化塘土壤调查点位于氧化塘周边 100m 左右，共布设 5 个调查点位；4 号氧化塘土壤调查点分别位于氧化塘周边 100m~500m 左右，共布设 15 个采样点（详见图 3.34、表 3.23）。在 4 号氧化塘溃坝处东南方向布设一条采样线，在该采样线上的 100m、500m 分别布设采样点。

布点方案：1~4 号氧化塘底泥监测点位布设详见表 3.25、图 3.34 所示。分别在 3 号氧化塘周边（8#~12#监测点）、背景点（1#~5#监测点）、以及溃坝处的 2 个采样点（13#~17#监测点、39#~42#监测点）布设垂直方向上的分层采样点，共

布设 4 个分层采样剖面。采样深度为 2m，采样点垂直方向上的土壤采样深度分别为：表层土壤、0.5m 的浅层土壤、1m 的中层土壤、1.5m 的中层土壤、2m 的深层土壤。

表 3.25 监测布点位置坐标

所在位置	点位编号	E	N	采样深度	
西南方向背景点	1	80°47'16"	40°51'24"	0-20cm 表层土壤	
	2	80°47'16"	40°51'24"	50-60cm 的浅层土壤	
	3	80°47'16"	40°51'24"	100cm 的中层土壤	
	4	80°47'16"	40°51'24"	150cm 的中层土壤	
	5	80°47'16"	40°51'24"	200cm 的深层土壤	
	6	80°46'08"	40°51'10"	0-20cm 表层土壤	
	7	80°46'45"	40°51'00"		
3 号氧化塘周边 100m	8	80°47'39"	40°51'31"	0-20cm 表层土壤	
	9	80°47'39"	40°51'31"	50-60cm 的浅层土壤	
	10	80°47'39"	40°51'31"	100cm 的中层土壤	
	11	80°47'39"	40°51'31"	150cm 的中层土壤	
	12	80°47'39"	40°51'31"	200cm 的深层土壤	
溃坝处东南方向 100m	13	80°51'15"	40°53'34"	0-20cm 表层土壤	
	14	80°51'15"	40°53'34"	50-60cm 的浅层土壤	
	15	80°51'15"	40°53'34"	100cm 的中层土壤	
	16	80°51'15"	40°53'34"	150cm 的中层土壤	
	17	80°51'15"	40°53'34"	200cm 的深层土壤	
1 号氧化塘周边 100m	18	80°47'15.36"	40°52'4.14"	0-20cm 表层土壤	
1 号氧化塘周边 100m	19	80°47'18.11"	40°52'5.330"		
4 号氧化塘周边 100m	20	80°45'0.52"	40°52'30.56"		
4 号氧化塘周边 100m	21	80°48'57.32"	40°53'2.76"		
西北方向背景点	22	80°48'56.19"	40°53'71.29"		
4 号氧化塘周边 100m	23	80°50'41.44"	40°54'4"		
4 号氧化塘内土壤	24	80°50'40.9"	40°54'0.08"		
4 号氧化塘周边 100m	25	80°50'35.07"	40°53'58.08"		
4 号氧化塘周边 100m	26	80°50'45.67"	40°53'59.30"		
4 号氧化塘周边 100m	27	80°50'54.25"	40°53'54.44"		
4 号氧化塘周边 100m	28	80°51'13.53"	40°53'35.12"		
4 号氧化塘周边 100m	29	80°51'10.37"	40°53'29.56"		
4 号氧化塘周边 100m	30	80°49'54.43"	40°52'44.68"		
4 号氧化塘周边 100m	31	80°50'2.4"	40°52'49.06"		
4 号氧化塘周边 400m	32	80°50'10.4"	40°52'40.87"		
东南方向背景点	33	80°50'13.13"	40°52'30.6"		
4 号氧化塘周边 400m	34	80°49'8.8"	40°52'6.99"		
4 号氧化塘周边 100m	35	80°49'2.69"	40°52'11.58"		
4 号氧化塘周边 100m	36	80°48'41.23"	40°52'4.97"		
3 号氧化塘周边 100m	37	80°47'57.02"	40°51'37.73"		
2 号氧化塘周边 100m	38	80°47'29.12"	40°51'43.06"		
溃坝处东南方向 500m	39	80°51'18"	40°53'32"		0-20cm 表层土壤

所在位置	点位编号	E	N	采样深度
	40	80°51'18"	40°53'32"	50-60cm 的浅层土壤
	41	80°51'18"	40°53'32"	100cm 的中层土壤
	42	80°51'18"	40°53'32"	150cm 的中层土壤

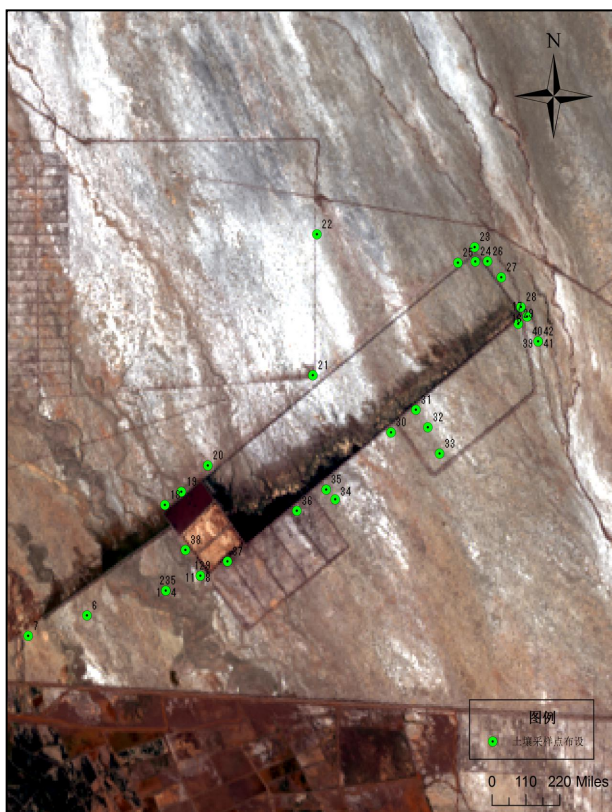


图 3.34 氧化塘周边土壤现状调查监测布点示意图

阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地下水环境质量调查布点：

地下水水质检测点布设：本次调查区内共布设水质检测点 34 个，其中：调查区内浅层地下水检测点 25 个，中层地下水检测点 5 个，深层地下水检测点 3 个；调查区下游农灌井水质检测点 1 个。水质检测点布设见图 3.35。调查区内浅层地下水检测点分布在 4#氧化塘上、下游及两侧区域，上游检测点编号 JC09、JC09-1，下游及两侧检测点编号 JC10~JC34。中层地下水水质检测点 5 个，分布在 4#氧化塘下游区域，检测点编号 JC04~JC08。深层地下水水质检测点 3 个，分布在 4#氧化塘上、下游区域，沿地下水流向布设，检测点编号 JC01~JC03。调查区下游下游农灌井水质检测点 1 个，位于调查区南部约 3.5km 处，检测点编号 DC01。

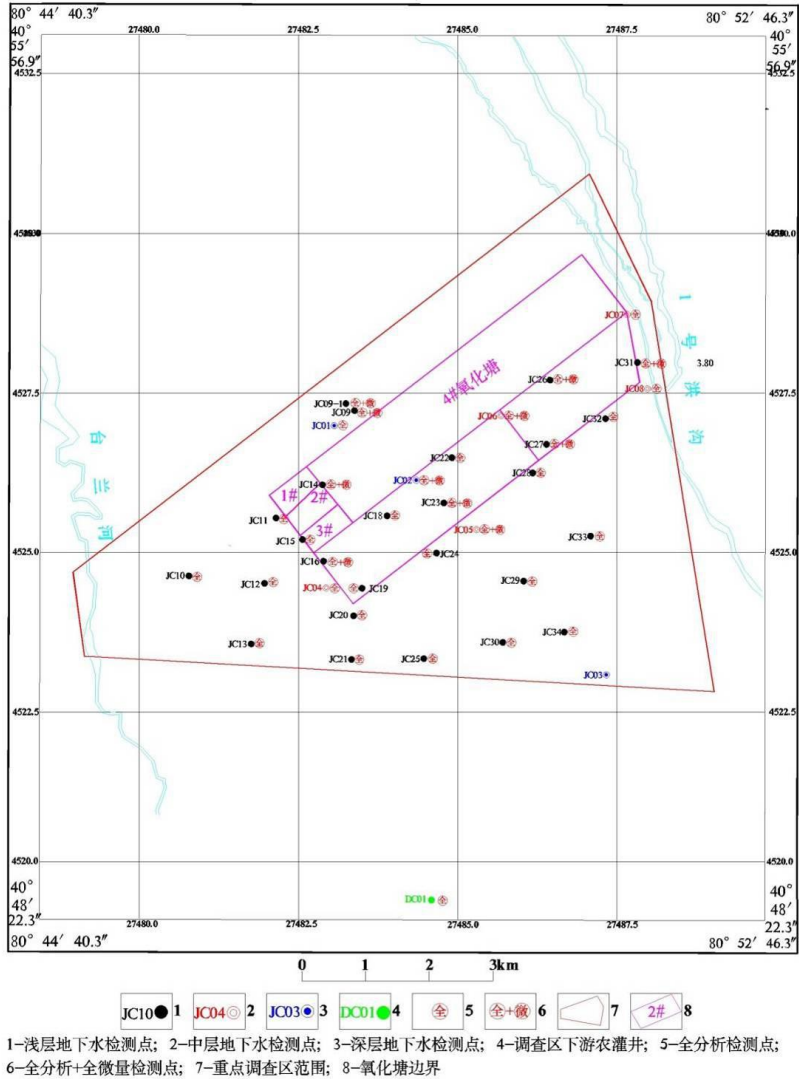


图 3.35 地下水采样点分布图

氧化塘库区环境调查总体结论:

对比《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准, 园区出水水质存在悬浮物、化学需氧量超标的现象, 1 号氧化塘的水质存在悬浮物、化学需氧量超标的现象; 4 号氧化塘的水质存在所有采样点位均出现化学需氧量、悬浮物、色度、BOD₅ 超标的现象, 总磷除 10 号点位以外、均出现超标, 部分采样点的重金属汞出现超标现象; 2 号氧化塘的水质存在化学需氧量、悬浮物、总磷、总氮、色度、BOD₅、重金属六价铬、铅超标的现象。氧化塘内地表水中化学需氧量、悬浮物、色度、BOD₅ 超标应该和园区废水来源有关; 重金属元素超

标可能是由于库区内水流缓慢，库区水体呈现封闭状态，在区域强烈的蒸发作用下，水体中重金属有一定的富集作用；总磷出现超标的原因可能是由于当地农牧业活动以及塘内生物污染双重作用所致。

园区出水水质指标与《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）、《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》（GB20922-2007）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）对比，得出：园区污水处理厂现状排出的污水若直接利用作为农田、绿地等生态灌溉水，影响较为明显的指标是氯化物。氧化塘内现存水体若直接利用作为农田灌溉水，影响较为明显的指标是氟化物、氯化物、化学需氧量、BOD₅以及重金属元素汞、六价铬、铅；氧化塘内现存水体若直接利用作为绿地生态用水，影响较为明显的指标是氟化物、氯化物、BOD₅、色度以及重金属元素汞、六价铬、铅。因此，氧化塘库区内废水需经过处理达标后再作为生态用水。

依据《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类标准，对调查区地下水质量进行单项指数和综合指数评价，评价结果为：调查区浅层、中层及深层地下水水质整体“极差”，水质单项因子总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、锰、钴、高锰酸盐指数、亚硝酸盐、氨氮、氟化物、镉、镍存在不同程度超标现象；根据水质检测结果与含水层特征分析，浅层地下水未入渗补给中层地下水，二者之间水力联系表现为中层地下水越流顶托补给浅层地下水，而中层地下水与深层地下水之间无明显水力联系，浅层地下水遭到污染不会影响中层及深层地下水水质；根据污染指数评价结果，反映地下水污染特征的主要因子为高锰酸盐指数，其在浅层地下水中极重污染，在中层及深层地下水中污染中等，现状污染特征表明浅层地下水遭到氧化塘废水污染，中层及深层地下水未遭到浅层地下水及氧化塘废水污染。

阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地表水、底泥、土壤及地下水含盐量监测结果见表 3.26、表 3.28、表 3.29 及表 3.30，土壤盐分采用《全国第二次土壤普查暂行技术规程》中的盐渍化分级标准，见表 3.27。

表 3.26 阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地表水含盐量监测结果及其与各类标准对比

采样点		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	
含盐量 (mg/L)		1720	1700	1720	1690	2290	3020	3530	3420	6260	2280	15200	5330	5180	4810	1660	14500	8880	
《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) V类	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	—																	
《城镇污水处理厂污染物排放标准》 (GB18918-2002) 一级 B 标准	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	—																	
《纺织染整工业水污染排放标准》 (GB4287-2012)	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	—																	
《纺织染整工业回用水水质标准》 (FZT01107-2011 (回用于漂洗))	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	—																	
	电导率 (μs/cm)	2500 (折算成含盐量约为 1375~1875mg/L) 重新按公式计算																	
《纺织染整工业 废水治理工程技术 规范》(HJ 471-2009)	漂洗用回用水	全盐量 (mg/L)	—																
		TDS (mg/L)	—																
		电导率 (μs/cm)	1500 折算成含盐量为 825~1125mg/L 重新按公式计算																
	染色用回用水	全盐量 (mg/L)	—																
		TDS (mg/L)	—																
		电导率 (μs/cm)	—																
《城市污水再生利用 城市杂用水 水质标准》(GB T18920-2002)	冲厕、道路清扫 和消防	全盐量 (mg/L)	—																
		TDS (mg/L)	1500																
	城市绿化、车辆 冲洗	全盐量 (mg/L)	—																
		TDS (mg/L)	1000																
《农田灌溉水质标准》 (GB5084-2005)	全盐量 (mg/L)	非盐碱土地区 1000, 盐碱土地区 2000																	
	TDS (mg/L)	—																	
《城市污水再生利用 农田灌溉用水 水质》(GB20922-2007)	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	非盐碱土地区 1000, 盐碱土地区 2000, 露地蔬菜 1000																	
《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》 (GB/T25499-2010)	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	1000																	
《城市污水再生利用 景观环境用水》 (GB/T18921-2002)	全盐量 (mg/L)	—																	
	TDS (mg/L)	—																	

(注: 1.一般对于同一种水源, 以温度 25°C 为基准, 其电导率与含盐量大致成正比关系, 其比例为: 1μS/cm=0.55~0.75mg/l 含盐量;
2.依据上述数据, 电导率 2500μS/cm 折算成含盐量约为 1375~1875mg/L, 电导率 1500μS/cm 折算成含盐量为 825~1125mg/L。)

表 3.27 土壤盐渍化分级标准

土壤盐渍化程度	土壤含盐总量 (干土重%)	氯化物含量 (以 Cl ⁻ %计)	氯化物含量 (以 SO ₄ ²⁻ %计)	作物生长情况
非盐渍化	<0.3	<0.02	<0.1	正常
弱盐渍化	0.3~0.5	0.02~0.04	0.1~0.3	不良
中盐渍化	0.5~1.0	0.04~0.1	0.3~0.4	困难
强盐渍化	1.0~2.2	0.1~0.2	0.4~0.6	死亡
盐土	>2.0	>2.0	>0.6	死亡

表 3.28 阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘底质含盐量监测结果

采样点	水溶性总盐 (g/kg)	含盐总量 (干土重%)	土壤盐渍化程度分级
1	8.4	0.84	中盐渍化
2	6.8	0.68	中盐渍化
3	8.1	0.81	中盐渍化
4	7.5	0.75	中盐渍化
5	11.8	1.18	强盐渍化
6	9.5	0.95	中盐渍化
7	12.7	1.27	强盐渍化
8	10	1.0	中盐渍化
9	6	0.6	中盐渍化
10	2.7	0.27	非盐渍化
11	12.6	1.26	强盐渍化
12	13.2	1.32	强盐渍化
13	5.8	0.58	中盐渍化
14	29.3	2.93	盐土
15	14.9	1.49	强盐渍化
16	17.9	1.79	强盐渍化
17	14.9	1.49	强盐渍化
18	10.4	1.04	强盐渍化
19	4.4	0.44	弱盐渍化
20	13.4	1.34	强盐渍化
21	6.6	0.66	中盐渍化
22	15.2	1.52	强盐渍化
23	20.8	2.08	盐土
24	7.2	0.72	中盐渍化
25	2.4	0.24	非盐渍化
26	6.4	0.64	中盐渍化
27	24.3	2.43	盐土
28	29.7	2.97	盐土

采样点	水溶性总盐 (g/kg)	含盐总量 (干土重%)	土壤盐渍化程度分级
29	8.4	0.84	中盐渍化
30	7.1	0.71	中盐渍化
31	9.1	0.91	中盐渍化
32	20.9	2.09	盐土
33	19.5	1.95	强盐渍化
34	15.6	1.56	强盐渍化
35	36.4	3.64	盐土
36	8.5	0.85	中盐渍化
37	14.4	1.44	强盐渍化
38	14	1.4	强盐渍化
39	20.8	2.08	盐土
41	12.1	1.21	强盐渍化
42	19.5	1.95	盐土
43	8.9	0.89	中盐渍化
44	113.3	11.33	盐土
45	181.4	18.14	盐土
46	93.8	9.38	盐土
47	101.5	10.15	盐土
48	90.9	9.09	盐土
49	55.9	5.59	盐土
50	12	1.2	强盐渍化

表 3.29 阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘周边土壤监测结果表

采样点	水溶性总盐 (g/kg)	土壤含盐总量 (干土重%)	土壤盐渍化程度分级
1	95.9	9.59	盐土
2	65.5	6.55	盐土
3	23.5	2.35	盐土
4	8	0.8	中盐渍化
5	3.2	0.32	弱盐渍化
6	47.6	4.76	盐土
7	55.6	5.56	盐土
8	68.4	6.84	盐土
9	22	2.2	盐土
10	8.7	0.87	中盐渍化
11	14.8	1.48	强盐渍化
12	28.4	2.84	盐土
13	45.5	4.55	盐土
14	14.9	1.49	强盐渍化
15	13.6	1.36	强盐渍化
16	17.1	1.71	强盐渍化

采样点	水溶性总盐 (g/kg)	土壤含盐总量 (干土重%)	土壤盐渍化程度分级
17	12.3	1.23	强盐渍化
18	121.4	12.14	盐土
19	343.9	34.39	盐土
20	91.6	9.16	盐土
21	106.3	10.63	盐土
22	357.9	35.79	盐土
23	90.6	9.06	盐土
24	81.5	8.15	盐土
25	85.1	8.51	盐土
26	75.4	7.54	盐土
27	74.5	7.45	盐土
28	72.3	7.23	盐土
29	80.1	8.01	盐土
30	73.2	7.32	盐土
31	83.5	8.35	盐土
32	76.8	7.68	盐土
33	68	6.8	盐土
34	111.4	11.14	盐土
35	315.5	31.55	盐土
36	105.3	10.53	盐土
37	60.4	6.04	盐土
38	49.4	4.94	盐土
39	47.6	4.76	盐土
40	43.3	4.33	盐土
41	17.5	1.75	强盐渍化
42	45.3	4.53	盐土

表 3.30 阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘地下水水质 TDS 检测结果

采样点	地下水分层	溶解性总固体 (TDS) (mg/L)	《地下水质量标准》 (GB/T14848-93)	
			Ⅲ类	Ⅵ类
JC09	浅层地下水 (4号稳定塘上游)	22762.5	1000	2000
JC09-1	浅层地下水 (4号稳定塘上游)	24999.6		
JC14	浅层地下水	35570.4		
JC16	浅层地下水	42078.6		
JC23	浅层地下水	12697.8		
JC26	浅层地下水	22506.2		
JC27	浅层地下水	17965.4		
JC31	浅层地下水	50087.7		
JC10	浅层地下水	46785.2		

采样点	地下水分层	溶解性总固体 (TDS) (mg/L)	《地下水质量标准》 (GB/T14848-93)	
			Ⅲ类	Ⅵ类
JC11	浅层地下水	32947.0		
JC12	浅层地下水	46460.1		
JC13	浅层地下水	31922.2		
JC15	浅层地下水	41888.8		
JC18	浅层地下水	30055.3		
JC19	浅层地下水	62071.6		
JC20	浅层地下水	43150.6		
JC21	浅层地下水	80666.6		
JC22	浅层地下水	19989.9		
JC24	浅层地下水	22637.7		
JC25	浅层地下水	34913.8		
JC29	浅层地下水	16754.9		
JC30	浅层地下水	29488.9		
JC32	浅层地下水	69105.2		
JC33	浅层地下水	19800.6		
JC34	浅层地下水	56005.2		
JC01	中层地下水	6827.6		
JC04	中层地下水	6149.9		
JC07	中层地下水	7682.5		
JC08	中层地下水	9426.3		
JC05	中层地下水	6470.4		
JC06	中层地下水	11097.6		
JC02	深层地下水	3476.4		
JC03	深层地下水	3427.8		
DC01	下游农灌井	2883.6		

由上述表检测结果可知，稳定塘地表水含盐量在 1660~15200mg/L。稳定塘底质中水溶性总盐在 2.4~181.4g/kg 范围内，总体上处于中、强盐渍化的水平；稳定塘库区周边土壤水溶性总盐 3.2~359.7g/kg，变化范围较大，但总体处于盐土范畴，盐渍化程度较大；稳定塘库区周边浅层地下水溶解性总固体（TDS）在 17965.4~80666.6mg/L，中层地下水溶解性总固体（TDS）在 6149.9~11097.6mg/L，深层地下水溶解性总固体（TDS）2883.6~3476.4mg/L，TDS 超过《地下水质量标准》（GB/T14848-93）Ⅵ类标准。从上述分析结果可知，稳定塘底泥、周边土壤及地下水均处于盐碱化状态，其中盐类与稳定塘中存水的盐类物质交换可能是导致稳定塘中存水水质中盐类的主要来源。另外，以往阿克苏纺织工业城污水终端稳定塘接纳工业废水和生活污水，由于没有实施“冬贮夏用”，稳定塘水在新疆强烈的自然蒸发条件下发生浓缩，也可能是库中存水含盐量增高的原因之一。

未来降低稳定塘中存水的盐度，需在实施生态修复、稳定塘防渗的基础上，对工业废水进行脱盐深度处理，以消除库盐度对库中水用于生态林灌溉的潜在影响。

(3) 阿拉尔工业园

阿拉尔市工业区为“一区两园”结构模式，由1号工业园、2号工业园组成，分别位于阿拉尔市区西部、西北部。

1号工业园位于阿拉尔市主城区西部，是在主城区总体规划时规划建设工业仓储区，西至环城西路，北至井岗山大道，东至青松路，南至城市总规确定的南界，已经发展有多家纺织、食品加工等企业，目前入驻企业24家。规划面积5.63km²。1号工业园以农副产品精深加工、轻纺、仓储物流为主。

2号工业园在距阿拉尔市城区西北方向8km处，西界为原九团新灌区，北界为塔北二干排渠，东界为市区西北约8km处西一干渠，南界为阿塔公路，规划面积13.52km²。2号工业园北距阿克苏市122km，南临省道阿塔公路，省道玉阿公路从2号工业园内穿过，距多浪水库33km。自治区人民政府已于2008年5月正式批准其为省级工业园区，目前入驻企业15家。2号工业园以棉化纤、能源电力、新型建材、氯碱化工、油气化工、印染、光伏太阳能及冶炼为主。阿拉尔纺织工业城目前仅有阿拉尔洁丽雅印染有限公司1家印染企业，废水排放量7000m³/d（其中约5000m³/d为印染废水，其余为生活污水），经企业内预处理后与生活污水一并排至艾德克污水处理厂处理，达到一级A标准后排入沙漠水库。处理运行模式见图3.36。

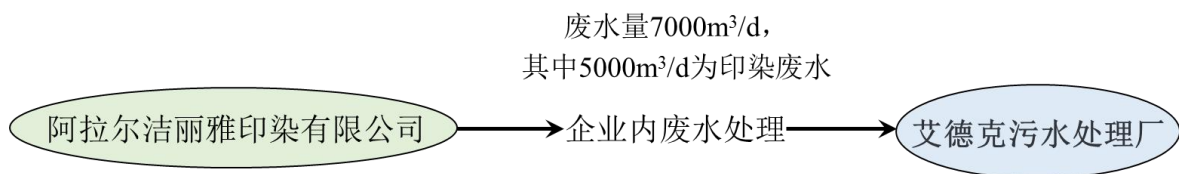


图 3.36 阿拉尔工业园印染废水处理模式

阿拉尔洁丽雅印染有限公司调研信息见表 3.31。

表 3.31 阿拉尔洁丽雅印染有限公司

企业名称		阿拉尔洁丽雅印染有限公司	
企业地址		阿拉尔工业园	
序号	调研项目	企业情况	
1	产品名称（产量）	产品：目前毛巾产能 2 万吨/年，印染产能 4 万吨/年	
2	染整工艺及先进性	筒纱染色、坯巾染色	
3	布匹原料及用量	—	
4	进水盐度背景值	水源来自多浪河，软化后使用，含盐量 900mg/L	
5	各工艺染化料助剂种类	—	
6	染色残液、丝光废碱回用	—	
7	工艺环节水回用	—	
8	各工艺环节盐用量	染色加元明粉，深染色 60g/L，浅染色 10~15 g/L，水洗总次数：浅色 12 道，深色 20 多道	
9	各印染环节废水产生水量	筒纱 90m ³ /d，坯巾 120 m ³ /d，退煮漂废水约占 20%	
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	—
		COD	600~900mg/L，TN7.0mg/L
		盐度	—
11	水资源使用量（m ³ /d）	工业用水量 5000m ³ /d	
12	废水处理量（m ³ /d）	6000~7000m ³ /d（含生活污水）	
13	废水处理及回用工艺	AO，水解酸化 HRT20h，好氧 HRT20h，按 20000m ³ /d 设计，实际运行 7000m ³ /d	
14	废水回用率（%）	—	
15	废水处理及回用成本（元/吨）	废水处理：0.5 元~0.7/m ³	
16	回用水用途（水质）	—	
17	废水进出水指标（尤其含盐量变化）	出水水质：COD=50~120mg/L	
18	废水排放及回用标准	间接排放标准	
19	废水处理工艺投药量（外加盐）	—	
20	污泥产量（m ³ /d）	—	
21	污泥含水率（%）	—	

22	污泥处理处置工艺	—
23	污泥处置费用	—
24	电能消耗（度/年）	—
25	电价（元/度）	—
26	燃气消耗（m ³ /年）	—
27	燃气价格（元/m ³ ）	—
28	蒸汽压力（MPa）、温度（0C）、用量（吨/年）	—
29	蒸汽价（元/吨）	—
30	水价（元/吨）	—
31	环评报告及可研报告	—
32	染整工艺盐平衡	—
33	染整工艺水平衡	—

此外，依据新疆环境工程评估中心完成的《新疆发展纺织服装产业带动就业规划纲要—水污染防治对策研究》研究报告，新疆还存在艾德莱斯绸等手工业印染废水尚未治理的问题。

现代维吾尔族在长期的历史发展过程中广泛吸收了其他各民族的先进文化，最终形成了独具特色的维吾尔族文化及民间工艺。在这过程中形成的以和田地区为中心、基于悠久的蚕丝历史文化孕育的艾德莱斯绸，是中国传统扎经染色的代表之一。艾德莱斯绸融合了维吾尔族的人文气息、自然景观、宗教信仰、艺术风格，在很多方面反映了维吾尔族的文化艺术、生活情趣、审美价值等特征，是维吾尔族经济与文化的重要组成部分。随着新疆发展纺织服装产业带动就业规划纲要的实施，艾德莱斯绸肩负着带动南疆少数民族实现就业、提高收入、改善生活水平的重任，艾德莱斯绸的发展势在必行。“艾德莱斯炫昆仑”、“艾德莱斯出天山”、少数民族系列电视剧《丝绸之路传奇》应运而生。

传统艾德莱斯绸编制染织工艺极其复杂，做工精细，编织劳动强度大，所有工序全部由匠人手工操作完成。艾德莱斯绸利用当地丰富的蚕桑资源，未添加任何辅助纺织原料，采用天然植物染料染色。其生产工艺流程：首先将蚕茧煮沸抽

丝、并丝、卷线，然后经过扎染、图案设计、捆扎，最后分线、上机、织绸，形成成品。

但目前，艾德莱斯绸原料多为化纤，染色已普遍使用弱酸性化学染料——芳香族磺酸钠盐，助剂包括媒染剂硫酸铝铵、匀染剂平平加 O、缓染剂食盐、固色剂和元明粉等盐类，印染废水排放浓度大，可生化性差。和田地区艾德莱斯绸年产量 880 余万米，其中主产地吉亚乡 7120 人生产艾德莱斯绸，年产量 250 万米，产值 3901.5 万元，占全乡的 31%，每米丝绸排放废水约 12kg。目前，和田地区家庭工厂（大户）产量占 7 成，合作社下属一般加工户（散户）占 3 成。一个染色周期（约 2 个月），大户染色 50 锅排放 4000kg 废水，散户染色 4 锅，排放 320kg 废水。废水处理现状为大户暂时贮存到自制储水井（池），蓄满后运至戈壁滩倾倒，散户直接倾倒院子外、路边和树沟。艾德莱斯绸印染废水污染土壤分析检测结果见表 3.32。由表中数据可以看出：重金属含量无明显变化；酸性废水有中和碱性土壤的作用，pH 值下降；含盐量为原来的近 3 倍，属于中盐滞土，作物生长困难。

表 3.32 艾德莱斯绸印染废水污染土壤监测统计表

项目	单位	原土样（平均）	污染土样（平均）
pH	—	8.6	8.1
全盐量	g/kg	0.27	0.76
铅	mg/kg	21.0	21.2
汞	mg/kg	0.011	0.017
铬	mg/kg	49.9	52.9

3.3.3 新疆发展印染产业带来的潜在环境问题

如前所述，新疆目前纺织工业中的发展定位是“完善产业链，适度发展印染，向高端化、生态化发展”。由目前新疆印染行业发展状况及废水治理的调研情况可知，新疆印染产能提升尚有一定空间，但未来进一步发展印染会带来的潜在环境问题：

（1）未来印染产能扩大后，将带来大量的水污染物排放及治理问题

按新疆未来发展印染产业规划，石河子、阿克苏、库尔勒三个综合性纺织产

业基地各 50000m³/d,阿拉尔国家级经济技术开发区、草湖纺织工业园各 5000m³/d 的总量进行控制。按印染废水 COD 为 1000mg/L、总氮 50mg/L 测算,如新疆印染产能满负荷运转,则 COD 年排放量约为 57600 吨/年,总氮排放量约为 2880 吨/年。因此,未来需探索适合新疆地区的印染废水治理对策及方案。

(2) 需深入探讨基于水资源循环利用的可持续废水综合利用模式

目前,新疆自治区已形成“三城七园一中心”的纺织服装产业发展格局,在充分发展前端纺纱、织造的基础上,适度发展印染,以构建纺织服装产业向高端化、生态化发展的产业链;基于集约化、高标准管理及污染治理的理念,历经多年努力,新疆纺织工业废水得到有效治理,纺纱、织造、印染等各环节产生的废水全部实现工业园统一收集处理,使废水污染物排放显著降低,初步构建了“源头减排、工业园集中处理、水库冬贮夏用”的处理模式。然而新疆以内陆水系为主,水资源匮乏,生态环境极其脆弱,自净能力差,水环境容量低,基本无天然接纳水体。在高效削减废水中污染物的同时,如何科学、合理地实现废水资源化综合利用,将成为未来进一步提升纺织服装产业的关键所在。

3.4 印染行业清洁生产和污染防治技术的最新进展

3.4.1 印染行业清洁生产技术

目前基于染整工艺节能、减排、节水行业清洁生产技术总结见表 3.33。

表 3.33 基于染整工艺节能、减排、节水印染清洁生产技术

序号	技术名称	技术介绍	技术适用条件	节能减排效果	成本效益分析		技术水平
					运行费用	投资回收期	
1	生物酶精炼技术在纺织印染前处理中的应用	利用生物酶独有的高催化效率和高度的专一性,可准确分解和去除纤维素纤维(棉、麻及其混纺纤维)中的非纤维素物质。	适用于棉、麻及其混纺织物印染前处理工艺。	采用生物精炼的方式,以 900 万吨/年计算,可节约用水 3.6 亿吨,节约用电 11.16 亿度,节约蒸汽 3780 万 m ³ ,练漂损耗下降 1%,节约棉花 9 万吨。	基本不用化学品,运行费下降 25%左右	无设备投资	国内领先
2	棉针织物的短流程染整新技术	在保证产品质量前提下,缩短工艺流程步骤	针织物染整	流程缩短,减少蒸汽消耗 15%,水的消耗减少 20%,减少废水排放量 15%。	下降 20%左右	基本无设备投资	国内先进
3	高效短流程前处理助剂及工艺	利用生物技术与化工技术相结合的新型前处理助剂,可以有效代替传统精练漂白工艺中的原有助剂,与直接染料或活性染料进行退、煮、漂、染一浴法处理,缩短工艺流程。	替代传统助剂。	应用此助剂后废水量减少,水质改善,pH 值由 12~13 降至 7~9,色度由 64~512 降至 16~32,总残渣量由 2.56×10 ³ ~4.69×10 ⁴ 降至 1.24×10 ³ ~7.81×10 ³ mg/L。	可节约能源成本 10~20%。	无设备投资。	国内领先
4	QR 低温练漂剂及其工艺	实现了在温度为 40~80℃ 下对全棉与棉混纺品的退煮漂三合一的前处理工艺。前处理效果明显。	适用于棉及棉混纺织物的染色	与传统工艺相比,蒸汽耗用量降低 40~80%;用水量、排水量减少 20~50%。	与传统工艺相比,运行成本降低 20%	无设备投资。	国内先进
5	棉织物冷轧堆前处理助剂及其工艺	棉针织物冷轧堆前处理助剂及配套处理设备流水线,使得组织结构松弛,弹性大而松软的筒状针织物,实现了冷轧堆前处理,代替了间歇式热碱浴处理工艺。	冷堆前处理棉针织物前处理节能工艺技术	通过这种方法的实施可减少废水排放 60%,节约电耗 65%,节约蒸气消耗 90%,织物强力提高 20%,纤维损耗降低 2%。	运行费降低 20%~30%	3 个月	国内先进

序号	技术名称	技术介绍	技术适用条件	节能减排效果	成本效益分析		技术水平
					运行费用	投资回收期	
6	印染调浆在线自动控制系统	采用条码机识读编号自动称料，微电脑控制称料，与电子称连接，误差范围精确到 0.001%，自动记录每一次称料结果，随时追查称料异常并自动统计用量状况。	染料、助剂自动调浆系统	由于提高一次染色成功率，节约染化料用量约 5%~8%。	降低 5% 左右	3 年	国内领先
7	浓碱液 pH 值在线检测及控制系统	采用高精度非接触式测量传感器，保证测量的准确性和系统的耐用性；系统存储有针对不同品种和杂质条件的校准数据库和温度补偿曲线，能够很好地解决杂质和温度变化对测量的影响。	自动连续监测	碱液用量下降 5%，污染物排放量降低 3%~5%。	主要为电费，通常为 1kwh/h	1.5 年	国内领先
8	活性染料无盐轧蒸连续染色工艺	采用无盐轧蒸染色，流程短，改善废水水质。	纯棉厚重织物轧蒸染色工艺	与传统工艺相比，节能 30%。减少了盐类对废水处理的影响，提高水处理效果。	比传统低 8%~10%	1 年	国内领先
9	活性染料湿蒸法轧染技术	可以精确控制预烘室内 130℃ 的温度和 25% 的相对湿度，使活性染料在两分钟内完成固色，不用汽蒸，不再焙烘，可直接水洗皂煮。	棉织物染色	与传统工艺相比，该技术取消还原蒸箱可节约蒸汽 1200 吨/年。	与传统工艺相比，降低运行费用 5% 左右	0.5 年	国内先进
10	活性染料新型染色碱	橙色液体，成本低，方便可靠；对染色的产品质量、尤其是染色牢度有明显提	采用活性染料的染色工艺。	取代纯碱，用量为纯碱的 1/9，染色废水的 COD 总量比纯碱工艺可下降近 60%。	与传统工艺相比，可降低成	无设备投资	国内先进

序号	技术名称	技术介绍	技术适用条件	节能减排效果	成本效益分析		技术水平
					运行费用	投资回收期	
		高，色花疵病更易控制。			本 20~30%。		
11	高温高压气流染色技术	采用空气动力学原理，由高压循环风机产生的气流将染液雾化，牵引织物运行并完成染色过程。	染色	与传统工艺相比，可节电27~29%，节省助剂(盐、碱)60%。耗水量节省50%以上，节省蒸汽46~52%，且染色时间缩短了14~16%。	与传统工艺相比，降低40%	3年	国内领先
12	匀流染色技术	保留了溢流染色的基本原理，将浴比降低为1:4.0~1:4.5。	染色	与溢流染色机相比，可节电30~35%，节省助剂50%。耗水量节省40%以上，节省蒸汽40~45%。	低于溢流染色机40%	1~2年	国内领先
13	小浴比卷染技术	与传统卷染机相比，采用液压传动，PLC控制，实现生产过程自动控制，低浴比、低能耗运行，可降低生产成本。	适合于多品种小批量生产的卷染机	与传统卷染机相比，实现节能和节水各5%~8%。	比传统卷染机相比，降低10%。	1年	国内先进
14	高效、节能节水的酸性净洗剂	酸性还原洗净剂为有机还原剂，涤纶织物染色降温后不排液，同浴做还原洗；于酸性浴下发挥还原洗净力，相比较传统的烧碱和保险粉还原洗净工艺，可以得到良好染色坚牢度。	涤纶及混纺织物染色后的还原洗净以去除浮色。	当该助剂用量为0.5~1.0g/l，用水量可节省50%。	低于传统工艺5~10%	无设备投资	国内先进
15	高速纺织品数码喷印系统	具有多喷嘴的高频率工业级喷头及集成数控系统，印花速度可达到400m ² /h。独创的供墨系统及喷头温控保湿系统，保证喷头喷	各类纺织面料的印花	墨水按需喷印，得色率高达90%以上，综合能耗仅为传统印花的1/5，节约用水量35%，节电40%，节约染化料5%。	墨水及人工费为5元/m ² 。	1年	国内领先

序号	技术名称	技术介绍	技术适用条件	节能减排效果	成本效益分析		技术水平
					运行费用	投资回收期	
		墨通畅。					
16	冷转移印花技术及冷转移数码喷墨技术	简化传统印花工序。先对印刷纸进行冷转印数码喷墨，再将纸上墨水冷转移到织物，最后冷堆固色。	棉及混纺织物的印花	可以节省用水 2/3，节省能源 65%。	与传统喷墨印花相比，运行费用持平，但产品质量高。	2~3 年	国际先进
17	高效节能针织平幅水洗技术	针织物平幅连续化湿处理加工生产线，工艺过程由计算机全程自动控制，工艺参数可通过远程诊断系统在线实时监测。	针织物平幅水洗	比传统技术节能 10%。	与传统工艺相比，低 5%~8%	2 年	国内先进
18	泡沫整理技术	整理药剂存于泡沫中，泡沫破裂后产生少量工作液作用于织物，多余药剂可回收。	整理技术	比传统技术节能 40%，可以实现基本无废水排放。	低于传统 30%以上	0.5 年	国内领先
19	半缸染色节能工艺技术	通过设备及工艺改进，降低筒子纱染缸水位至半缸，调节染液的流量及对纤维的吸附速率，同时解决匀染及深染问题。	棉筒子纱染色	与满缸染色相比，节水 30%；节电 15%；节约染料和助剂 20%。	降低 10%~15%	3 个月	国内领先

3.4.2 印染废水处理及回用技术

依据课题组对印染废水处理工程进行前期调研结果。在废水处理及回用末端治理方面，主要采用物化、生化、深度处理组合工艺，目前有大量的应用案例，课题组的调研情况如下：

(1) 江苏省江阴圆通印染废水处理厂

江苏省江阴圆通印染废水处理厂进水 COD 为 2000 mg/L，废水处理量为 20 万 m³/d，设计工艺流程见图 3.37。

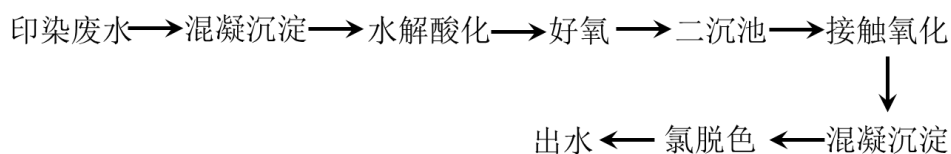


图 3.37 江苏省圆通印染废水处理厂工艺

污水处理厂经多级生物、物化反应处理后，结合混凝沉淀深度处理，COD 可降低至 60 mg/L 左右。

(2) 江西新余华腾地毯产业园印染废水处理站

江西新余华腾地毯产业园印染废水处理站原有建设处理能力为 200 m³/d，进水 COD 为 900~1 400 mg/L，进水 NH₄⁺-N 为 200~400 mg/L，为提高废水处理站的废水处理效能，对其进行改建，改建后的污水处理工艺流程如图 3.38。废水经生物处理后，结合多级生态处理，处理后出水 COD 为 80 mg/L。

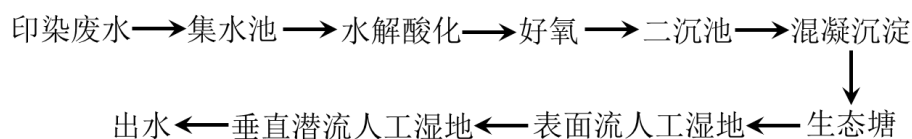


图 3.38 江西新余华腾地毯产业园印染处理站工艺

(3) 无锡北国印染废水处理厂

无锡北国印染废水处理厂由 70% 印染废水及 30% 生活污水组成，采用厌氧、缺氧、好氧及深度处理组合工艺，处理规模为 5 万 m³/d，进水 COD 为 500 mg/L，

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 20 mg/L, TN 为 25 mg/L。其工艺及主要构筑物见图 3.39、图 3.40。
该污水处理厂出水 COD 为 60 mg/L, 出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 5 mg/L, 出水 TN 为 15 mg/L。

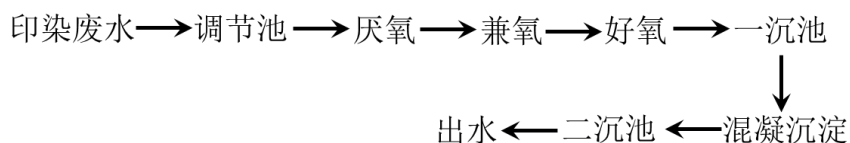


图 3.39 无锡北国印染废水处理厂工艺



图 3.40 无锡北国印染废水处理厂生化设施

(4) 绍兴滨江印染废水处理厂

浙江省绍兴滨江印染废水处理厂废水处理量 20 万 m^3/d , 进水 COD 为 1000~2000 mg/L。设计工艺流程及处理设施见图 3.41、图 3.42。经臭氧活性炭滤池处理后该集中污水处理厂出水 COD 值降低为 75 mg/L。

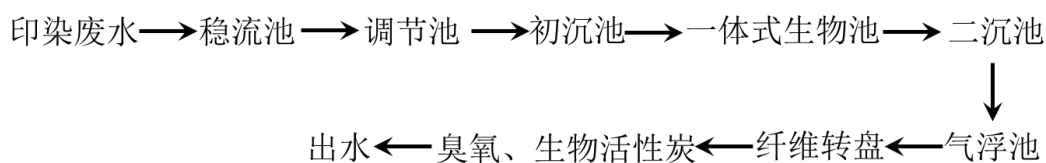


图 3.41 绍兴滨江印染废水处理厂处理工艺



图 3.42 绍兴滨江印染废水处理厂处理设施

(6) 江苏联发印染有限公司污水处理厂

江苏联发印染有限公司污水处理厂处理规模为 1 万 m³/d，进水 COD 为 1 000~2 000 mg/L，设计工艺及处理设施见图 3.43、图 3.44：该印染废水处理厂出水 COD 低于 40 mg/L，生物处理、物化处理技术和深度处理技术共同结合获得良好效果。

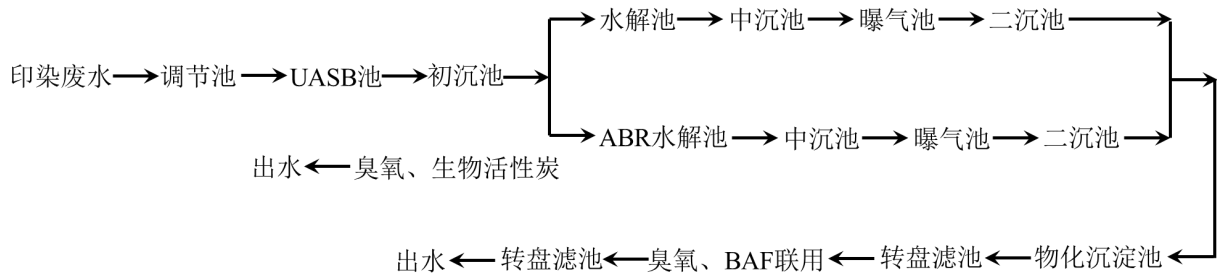


图 3.43 江苏联发印染有限公司污水处理厂工艺



图 3.44 江苏联发印染有限公司废水处理厂处理设施

目前，大部分印染企业废水处理工艺采用物化、生化及深度处理组合工艺处理工艺，较常用的工艺有 AO、A²O（及改良 A²O）、UASB、BAF 等，我国主要规模以上纺织印染企业废水处理工艺见表 3.34。如有中水回用，则增加双膜法等膜处理工艺。

表 3.34 我国主要规模以上纺织印染企业相关水处理基本情况

序号	公司名称	处理量 (万 m ³ /d)	水处理工艺	产品类别
1	盛虹集团有限公司	>2	物化、水解酸化、好氧、沉淀、絮凝沉淀、Flow-split™ 浸没式超滤（威士邦）及 RO 系统	化纤
2	青岛凤凰印染有限公司	1	调节池、初沉池、HAR 高效厌氧反应器、水解酸化、AO、二沉池	蜡染
3	三元控股集团有限公司	6	物化、厌氧、好氧、物化	棉、麻、化纤、混纺等
4	愉悦家纺有限公司	1	水解酸化、UASB（上流式厌氧污泥床）低速厌氧、CASS（循环式活性污泥）曝气好氧、混凝沉淀法	蜡染、棉纱
5	鲁泰纺织股份有限公司	8	AO 工艺、水解、奥贝尔氧化沟工艺	棉纺
6	浙江航民股份有限公司	5	水解酸化、高负荷活性污泥好氧、物化保障处理	麻纺、棉纺等各种化学纤维、天然纤维为原料的纯纺、混纺和交织面料
7	华纺股份有限公司	0.8	双循环厌氧反应器、活性污泥法、活性生物碳池	棉纺、毛纺
8	宜兴乐祺纺织集团有限公司	0.6	H-A-LO-O 高效多级耦合生物脱氮工艺技术	纯棉产品（牛仔布，纯棉的休闲裤装面料）

序号	公司名称	处理量 (万 m ³ /d)	水处理工艺	产品类别
9	绵阳佳联印染有限责任公司	0.43	退浆废水采用水解酸化、UASB 工艺处理,出水与其它废水混合后采用水解酸化+接触氧化工艺	棉纺和混纺织物
10	浙江富润印染有限公司	0.6	格栅、调节池、跌水槽、兼氧池、好氧池、二沉池、深度处理(后整理废水)	针织、棉纺
11	福建凤竹纺织科技股份有限公司	2.5	A/O 生物膜法、混凝气浮、过滤、反渗透膜处理工艺	以纯棉、涤棉、涤纶、人棉、锦纶、莫代尔、氨纶等为主导的针织面料
12	山东如意数码科技印染有限公司	1	混凝、A/O 工艺,部分再经 MBR、RO 处理回用	真蜡、仿蜡印花布及服装面料产品
13	辽宁华福实业股份有限公司	0.6	中和、兼氧、好氧生化处理、物化处理	化纤、棉纺
14	浙江宝纺印染有限公司	2.2+0.5	格栅、调节池、水解池、接触氧化池、沉淀池,回用工艺:格栅、调节池、气浮池、初沉池、厌氧反应塔、曝气氧化池、二沉池、砂滤过滤器	全棉真蜡印花
15	辽宁宏丰印染有限公司	0.5	物化+生化	混纺、化纤、全棉
16	浙江同辉纺织股份有限公司	0.6	调节池、气浮池、水解酸化、活性污泥、沉淀池、接触氧化池、气浮池	涤纶、经编布、丝绸
17	绍兴飞亚印染有限公司	0.5	调节池、反应沉淀池、气浮池、水解酸化池、好氧生化池、二沉池、气浮池、中间水池、UF、反渗透双膜分离装置	纯棉、涤棉、纯麻、亚麻、麻棉、混纺、人造棉、富春仿
18	四川意龙科纺集团有限公司	0.6	混凝沉淀、厌氧、好氧生化、MBBR+芬顿+过滤消毒	纯棉、涤棉工装面料、功能性面料和特种面料
19	河北宁纺集团有限责任公司	0.75	格栅、初沉池、一级水解酸化池、SBR 池、气浮池、二级水解酸化池、好氧池、二沉池、气浮池	棉纺、化纤
20	福建省宏港纺织科技有限公司	1.32	生化、双膜法	化纤
21	浙江红绿蓝纺织印染有限公司	0.5	调节池、沉淀池、生化池;中水回用工艺: MBR 膜、砂滤、RO 膜	化纤
22	江苏新凯盛企业发展有限公司	—	—	针织绒类、针织休闲面料
23	常州旭荣针织印染有限公司	0.3	调节池、初沉池、生化池、二沉池、气浮、过滤器、超滤、反渗透	针织布
24	达利国际集团有限公司	0.4	A/O 生化处理、气浮、膜处理系统	丝绸、人造丝、人造棉各占 30%左右。
25	绍兴明业印染有限公司	1	A/O 生化处理	化纤为主,棉染色占 30%左右
26	圣山集团	1	A/O 生化处理、气浮、膜处理系统	化纤产品(全国最大伞面、箱包生产基地)

序号	公司名称	处理量 (万 m ³ /d)	水处理工艺	产品类别
27	溢达集团	2.2	物化、水解酸化、接触氧化、高效沉淀、臭氧接触氧化、BAF、膜处理系统	棉纺织品
28	上海针织九厂(上海三枪(集团)有限公司)	1.35(新厂0.3)	活性污泥法(新厂采用AO工艺法)	针织品
29	孚日集团股份有限公司	1.75	格栅、调节池、反应池、沉淀池、集水池、一级酸化池、接触氧化池、二级酸化池、接触氧化池、二沉池、清水池、碳滤池	棉纺
30	浙江华孚色纺有限公司	0.5	调节池、初沉池、水解池、曝气池1、曝气池2、曝气池3、二沉池	色纺纱(棉纺)
31	绍兴百隆特宽科技有限公司	2.5	酸碱调节(7~8)、厌氧、好氧、二次沉淀	棉麻
32	宁波海德针织漂染有限公司	1.5	调节池、水解酸化池、初沉池、好氧池、二沉池	色棉(棉化纤)
33	江苏联发纺织股份有限公司(中国最大的色织布生产工厂之一)	2	格栅、集水井、冷却塔、调节池、初沉池、水解池、中沉池、复式曝气氧气池、二沉池、气浮池、脱色池	棉纺
34	吴江加力加染色砂洗有限责任公司污水处理站	0.8	气浮、沉淀、生物接触氧化、二沉池	化纤布
35	吴江云圣染织有限公司	—	气浮、厌氧、生活、物化	化纤和混纺织物
36	杭州万事利漂染有限公司	0.5	厌氧水解-好氧接触-脱色气浮	针织面料(棉、化纤、混纺)
37	杭州萧越染织有限公司	0.7	物化	化纤、丝绸
38	富丽达集团控股有限公司	4	格栅、调节池、预处理、生化系统、反应池、二沉池、终沉池、中水回用	棉纺、化纤、丝绸
39	宁波申洲针织有限公司	6	格栅、集水井、调节池、水解酸化池、A/O池、二沉池、混合反应池、沉淀池、pH调节;中水回用工艺:初沉池、调节池、接触氧化池、混合反应池、沉淀池、pH调节池、滤布滤池、活性炭吸附、钠离子交换	针织布
40	浙江兰宝毛纺集团有限公司	0.3	格栅、集水井、厌氧、好氧、沉淀、气浮、集水井	羊绒针织品、羊毛纱、面料织物
41	福建众和股份有限公司	0.6	格栅、调节池、A/O生物系统、二沉池、混凝反应池、气浮池	棉纺
42	江苏三房巷实业股份有限公司	1.5	混合池-厌氧水解池-厌氧沉淀池-缺氧池-好氧池-二沉池-物化沉淀池-曝气生物滤池-吸附池	棉纺、混纺

(注:序号1~20为中国印染协会发布的2018年度中国印染企业TOP20强。)

另外,调研结果表明,印染废水处理吨水投资额约为900~2600元(m³/d),运行成本约为1~7元/m³,污泥处理处置费约为200~500元/吨。

3.5 现行环保标准及存在的主要问题

因新疆印染废水排放及综合利用涉及到达标排放、中水回用、沙漠水库“冬

贮夏用”、生态林灌溉等多个环节，与这些环节相关的现行执行或参照排放及综合利用标准主要包括：

(1) 《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)；

(2) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A、一级 B 标准；

(3) 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) V 类；

(4) 《纺织染整工业回用水水质标准》(FZT01107-2011)；

(5) 《纺织染整工业废水治理工程技术规范》(HJ 471-2009) 漂洗用回用水、染色用回用水要求；

(6) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB T18920-2002)

(7) 《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)

(8) 《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》(GB20922-2007)

(9) 《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)

(10) 《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)

上述各标准主要指标对比见表 3.35。

表 3.35 新疆印染废水排放及综合利用涉及到的各类水质标准主要指标对比

废水去向	水质标准		水质指标		序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	22		
			指标	pH	COD	BOD ₅	SS	色度	NH ₄ ⁺ -N	TN	TP	ClO ₂	AOX	硫化物	苯胺类	六价铬	总磷	铁	锰	总硬度	电导率	TDS	全盐量				
			单位	—	mg/L	mg/L	mg/L	倍	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	mg/L			
达标排放	《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)	新建企业	直接排放	6~9	80	20	50	50	10 15(蜡染)	15 25(蜡染)	0.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—		
			间接排放	排入城镇污水处理厂或城镇污水管线	6~9	200	50	100	80	20 30(蜡染)	30 50(蜡染)	1.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	
				排入专门收集印染废水的园区污水处理厂	6~9	500	150	100	80	20 30(蜡染)	30 50(蜡染)	1.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	
		水污染特别排放限值	直接排放	6~9	60	15	20	30	8	12	0.5	0.5	8	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			间接排放	6~9	80	20	50	50	10	15	0.5	0.5	8	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)	一级 A	6~9	50	10	10	30	5(8)	15	0.5	—	1.0	1.0	0.5	0.05	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—	
	一级 B		6~9	60	20	20	30	8(15)	20	1.0	—	1.0	1.0	0.5	0.05	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	—		
资源化综合利用	染整生产回用	《纺织染整工业回用水水质标准》(FZT01107-2011)	漂洗回用或杂用	6.5~8.5	50	—	30	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3	0.2	450	2500	—	—	—	—		
			《纺织染整工业废水治理工程技术规范》(HJ 471-2009)	漂洗回用水	6~9	50	—	30	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2~0.3	0.2	450	1500	—	—	—	
				染色回用水	6.5~8.5	—	—	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1	不同用途 限值不同	—	—	—	—	
	中水回用(参照标准)	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB T18920-2002)	冲厕	6~9	—	10	—	30	10	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3	0.1	—	—	—	1500	—	—		
			道路清扫、消防	6~9	—	15	—	30	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1500	—		
			城市绿化	6~9	—	20	—	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000	—		
			车辆冲洗	6~9	—	10	—	30	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3	0.1	—	—	—	1000	—		
			建筑施工	6~9	—	15	—	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)	6~9	—	20	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.5	0.3	—	—	—	1000	—	—	
			《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)	观赏性景观环境用水	河道类	6~9	—	10	20	30	5	15	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					湖泊类	6~9	—	6	10	30	5	15	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				水景类	6~9	—	6	10	30	5	15	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			娱乐性景观环境用水	河道类	6~9	—	6	—	30	5	15	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	湖泊类	6~9		—	6	—	30	5	15	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	生态林灌溉(参照标准)	《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)	水作	5.5~8.5	150	60	80	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	1000(非盐碱土), 2000(盐碱土)		
			旱作	5.5~8.5	200	100	100	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—		
			蔬菜	5.5~8.5	100/60	40/15	60/15	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—		
		《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》(GB20922-2007)	纤维作物	5.5~8.5	200	100	100	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	1.5	0.3	—	—	—	1000(非盐碱土), 2000(盐碱土)	—		
			旱地谷物、油料作物	5.5~8.5	180	80	90	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	1.5	0.3	—	—	—	—	—		
			水田谷物	5.5~8.5	150	60	80	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	1.5	0.3	—	—	—	—	—		
露地蔬菜			5.5~8.5	100	40	60	—	—	—	—	—	—	—	1.0	—	0.1	—	1.5	0.3	—	—	—	1000	—			
沙漠水库冬贮夏用	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)	IV类	6~9	30	6	—	—	1.5	1.5	0.3 (湖库0.1)	—	—	0.5	—	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		V类	6~9	40	10	—	—	2.0	2.0	0.4 (湖库0.2)	—	—	1.0	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

从课题组疆内调研情况分析，基于新疆干旱地区水资源匮乏、生态环境极其脆弱、自净能力差、水环境容量低且基本无天然受纳水体的具体情况，多年新疆也积极探索适合新疆干旱地区的废水排放及综合利用模式。目前，新疆印染、浆粕、黏胶纤维行业废水治理主要采用企业自行处理或工业园集中处理，然后用于染整生产用水、城市杂用水及排入沙漠水库“冬贮夏用”生态林灌溉模式。

结合新疆阿克苏、库尔勒、石河子、阿拉尔纺织工业城印染废水治理及综合利用实际情况，并从上述目前执行和可参照主要标准对比可知，基于新疆印染废水排放及综合利用可行性途径的水质要求尚不明确：

(1) 印染废水处理后作为城市杂用水回用目前仅有参照标准，尚无结合新疆实际情况的标准及限值

经调研，未来库尔勒纺织工业城印染废水处理厂处理后出水拟部分作为景观用水、城市绿化用水。城市污水处理后作为中水回用主要执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）等相关标准，而国内尚无工业废水处理后作为城市杂用水的标准，目前工业废水处理后作为城市杂用水回用只能参照城市污水再生利用系列标准。

理论上工业废水经处理后达到上述城市污水再生利用系列标准后可以用于城市杂用水，但《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）标准中间接反映全盐量的TDS指标分别为1500mg/L、1000mg/L。设定TDS指标限值的原因是：①考虑到城市污水含盐量较低，该指标可达性好；②城市污水处理后作为杂用水回用渗入地下不超过地下水本底值，不会对土壤及浅层地下水造成盐碱化的不利影响，上述限值仅针对含盐量本底值较低的土壤及浅层地下水而制定。但对于含盐量较高的印染废水，一方面经处理后TDS达到1500mg/L、1000mg/L势必运行成本较高，难以为利润率较低的印染行业所承受；另一方面，上述TDS限值用于新疆地区抑或较为严格，因新疆土壤及浅层地下水含盐量本底值普遍偏高，植物生长能够承受的不造成土壤及浅层地下水盐碱化的全盐量或TDS限值较高。故在标

准制定过程中，除综合考虑各类污染物限值之外，需结合新疆实际情况考虑印染废水排放及综合利用的对全盐量或 TDS 限值，这一限值的合理制定有利于使新疆印染废水处理后再作为城市杂用水综合利用途径规范化、标准化。

(2) 印染废水经处理后作为生态林灌溉仅有参照标准，尚无结合新疆实际情况的标准及限值

经调研，目前新疆浆粕、粘胶纤维、印染行业的废水综合利用的重要模式之一是废水处理后排入沙漠水库，然后用于生态林灌溉，林木灌溉国内亦无标准可循。当前可参照的标准有《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)、《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》(GB20922-2007)。两个标准中全盐量或 TDS 的标准限值为 1000mg/L (非盐碱土) 及 2000 mg/L (盐碱土)，这一限值主要针对进入食物链的农作物灌溉，其主要目的是灌溉用水中的全盐量在不影响农作物生长的同时，不会促使农田土壤及地下水盐碱化。

然而，对于新疆这一特殊地区需具体情况具体分析，首先新疆土壤及浅层地下水含量普遍偏高，同时沙漠生态林主要种植耐干旱及盐碱的经济林木，因而土壤及浅层地下水的盐量或 TDS 的耐受限度较高，印染废水处理后再用于生态林灌溉全盐量限值亦需结合新疆具体情况分析。

(3) 需综合分析及科学论证上述相关标准，提出适用于新疆地区的印染废水排放及综合利用标准体系及限值

依据调研结果，新疆印染废水的排放及综合利用途径主要涉及到染整生产回用、城市杂用水、生态林灌溉等三个方面，三个方面涉及到多个执行及参照标准。因标准的适用范围不同，这些标准中许多常规污染物及特征污染物指标限值不一，导致无法直接参照或执行这些标准，实施难度较大。因此需结合新疆地区印染废水治理特征及发展趋势，协同调整、制定统一的排放及综合利用标准体系及限值，方能对新疆印染废水排放及综合利用起到科学引领及指导作用。

4.新疆纺织工业园废水排放及综合利用途径及可行性

4.1 前期调研

课题组在对新疆石河子、库尔勒、阿克苏及阿拉尔 4 个纺织工业园印染行业

发展现状及废水治理模式进行详细调研的基础上，同时对新疆典型棉浆粕、粘胶纤维等化纤行业废水治理现状及模式进行了充分调研。新疆棉浆粕、粘胶纤维行业产量位居全国第一，在新疆纺织行业中较早实践废水处理、沙漠水库冬贮夏用、生态林灌溉模式。调研情况如下：

(1) 舜达化纤（玛纳斯）

舜达化纤（玛纳斯）废水治理模式见图 4.1。

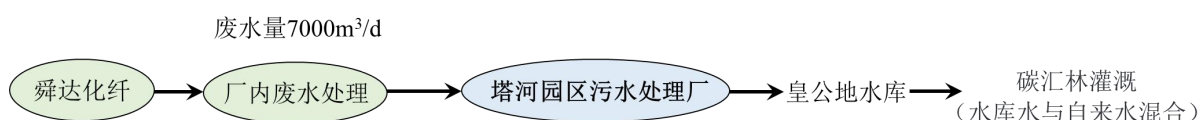


图 4.1 舜达化纤废水治理模式

①舜达化纤生产及废水治理情况

用水情况：采用地下水做水源，盐度 400~500 mg/L，工业用水价格 2.5 元/m³，源水软化后使用。

生产过程：浆粕加碱和 C₂S 溶解，在加酸喷丝固化，1 吨产品加 500 吨硫酸，500 吨碱，加量和浆的质量有关。工艺环节回收硫酸钠，卖给石河子。C₂S 废气回收利用。

废水产生：水量 7000m³/d。浆粕溶解加碱蒸煮，产生含木质素的碱性水，通过燃烧苛化，产生碱水；喷丝固化加硫酸，产生酸性水；碱性水氢氧化钠，酸性水硫酸，两种水中和产生的硫酸钠含盐废水。

废水处理工艺：废水水质酸碱中和后 pH 到 2.0，COD 700~900mg/L，加石灰调节 pH 至 9.5 沉淀除锌，COD 降至 600~800 mg/L，然后进入生化反应，生化出水效果好的时候出水 COD 低于 100 mg/L，但色度不达标，后加芬顿、双氧水脱色，但不调节 pH 值。生化处理加尿素和磷酸二氢钾，还需投加少量葡萄糖提高生化性能。芬顿药剂投加量（每天）：石灰用量 133~167 吨；1 吨半硫酸亚铁配成 22m³，100m³ 水加 0.65 升硫酸亚铁溶液；双氧水（27.5%含量）加 0.5~0.6 吨，芬顿处理效果可将生化出水 COD 从 120mg/L 降至 70mg/L，最低至 30~40mg/L，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，出水硫酸盐浓度 4000~5000mg/L；厂内污水处理后的出水由于盐度高没有回用，出水排入

集中污水处理厂，处理后的出水排至皇公地水库用于碳汇林灌溉。污泥产量 20~30 吨/日（含水率 90%），压滤后约 70%，然后填埋，填埋费用 17 元/吨。

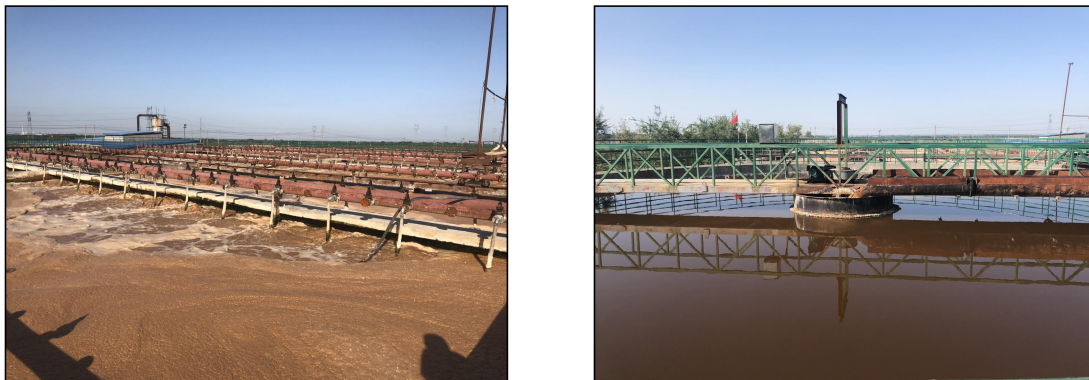


图 4.2 舜达化纤废水处理设施

②皇公地蓄水库

皇公地水库位于玛纳斯县北五岔镇，2015 年建成使用，水库主要任务是承接塔西河产业园区污水处理厂处理后的污废水，调蓄下游 1.85 万亩碳汇林。水库总库容 $450 \times 10^4 \text{m}^3$ 。皇公地水库现状及植被见图 4.3、图 4.4。



图 4.3 皇公地水库现状



图 4.4 皇公地水库岸边植被（左：芦苇；右：藜）

水库来水水质要求为《城镇污水处理厂污染物排放标准》（18918-2002）一级 A 标准，进库水量为 20000m³/d，其中舜达化纤排入 6000~7000m³/d，城市污水处理厂 13000~14000m³/d。出水依据碳汇林的需水量灌溉，碳汇林的浇灌采用水库水混合自来水的方式。水库边生长的植物是主要是耐盐植物芦苇和藜。

（2）澳洋科技（玛纳斯）

澳洋科技（玛纳斯）废水治理模式见图 4.5。

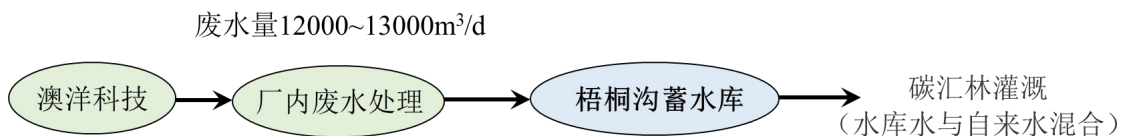


图 4.5 澳洋科技废水治理模式

①澳洋科技生产及废水治理情况

生产工艺：棉浆粕已经未生产，主要生产浆粕，工艺和污水处理厂和舜达化纤基本相同工艺回收了木质素，工艺环节冷却水回用。工艺用水：地下水，总硬度 500mg/L~600mg/L，总盐度 1000mg/L。

废水处理：废水量 12000~13000m³/d，处理工艺为酸碱中和、加碱沉淀（除 Zn）、生化处理、沉池、芬顿（不调酸）、沉淀组合工艺。

进水 COD=800~900mg/L，硫酸盐 7000~8000mg/L，生化出水 COD 为 200 mg/L

左右，芬顿处理后出水 COD 低于 100mg/L，出水排到梧桐沟水库，水库含盐量 21000mg/L 左右，与自来水混合后用于浇灌碳汇林。芬顿过程硫酸亚铁 4.0~5.0 吨/日，双氧水 1.0 吨/日，加碱沉淀石灰用量 60 吨/日。加石灰后物化污泥产量 70~80 吨/日，含水率 60~70%；生化污泥 10~20 吨/日，含水率 80~90%。污泥填埋处置费用 20~30 元/吨。



图 4.6 澳洋科技废水处理设施

②梧桐沟蓄水库

澳洋科技的废水通过沿途管线 70 多公里输送至梧桐沟蓄水库，水库建在沙漠中，库容 950 万方，水库仅接纳澳洋科技排水。水库底层红土防渗，水库坝边做了人工防渗。出水混合自来水后浇灌碳汇林。

依据澳洋科技现场人员介绍，排水中硫酸盐浓度 8000 mg/L 左右，但水库中检测的含盐量为 21000mg/L 左右，可能与取样位置和蒸发浓缩等因素有关。课题组在调研时也在水库进水口进行了采样，全盐量分析结果为 19300mg/L，库中水盐度较高。水库岸边有明显的盐晶，有耐盐植物芦苇生长，但芦苇的量不算多，水的透明度较好。

水库水浇灌的主要碳汇林植物为芦苇、白杨、梭梭草、沙拐枣等，生长状况良好。梧桐沟蓄水库现状、植被及周边碳汇林见图 4.7、图 4.8。

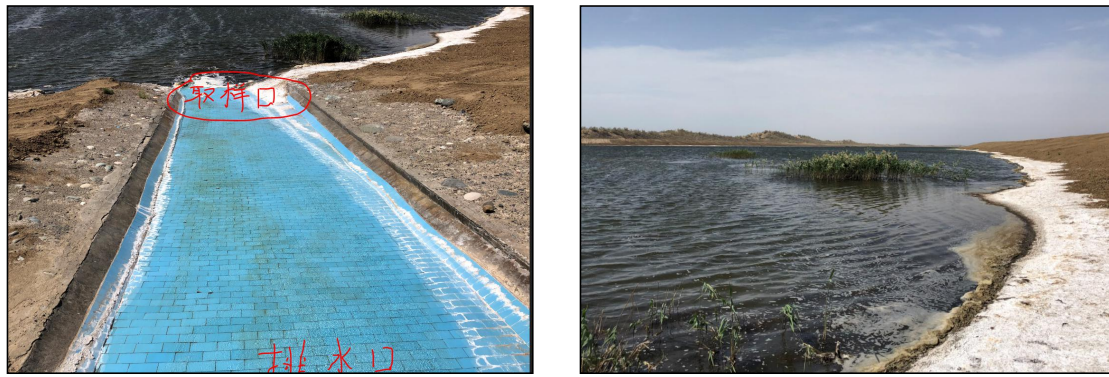


图 4.7 梧桐沟蓄水库现状

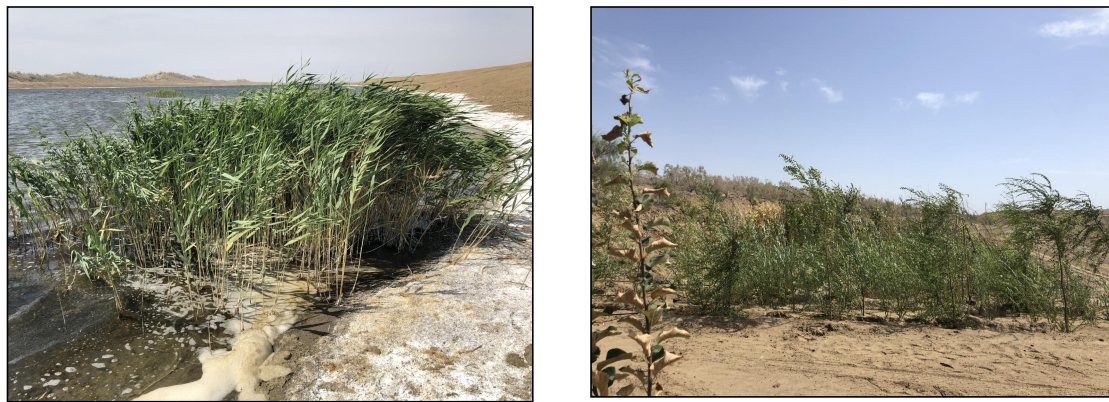


图 4.8 梧桐沟蓄水库植被及周边碳汇林

依据乌鲁木齐恒泰德源地质勘查有限公司 2015 年完成的《玛纳斯县梧桐沟水库环境影响评价》结果，得到库区地下水 TDS 数据：

评价范围：评价范围水库下游的西北部边界以水库边界外扩约 5km 为界、东北边界以水库边界外扩约 2.5km 为界、东南、西南边界以水库边界外扩 1-2km 为界，最终评价面积约为 56.3km²；如图 4.9 所示红线区域。



图 4.9 梧桐沟水库地下水评价范围

监测布点：设计了 5 个潜水水位、水质监测点，11 个承压水水质、水位监测点。图 4.10 为地下水监测点布置图。每个监测点同时检测水质、水位。其中设计的 5 个潜水水位、水质监测点，在水库内布设一个监测点，水库下游（北部 1.8km 处）布设一个水质监测点，水库东西侧八百米范围内布设三个水质监测点；其中 11 个承压水水质、水位监测点，在水库内布设三个监测点，水库东西两侧 800 米范围以内布设四个监测点，水库上游 1.7km 处布设一个监测点，下游 1.5km、6km 处分别分别布设一个监测点。对枯、丰水期的地下水水位、水质各监测一次。

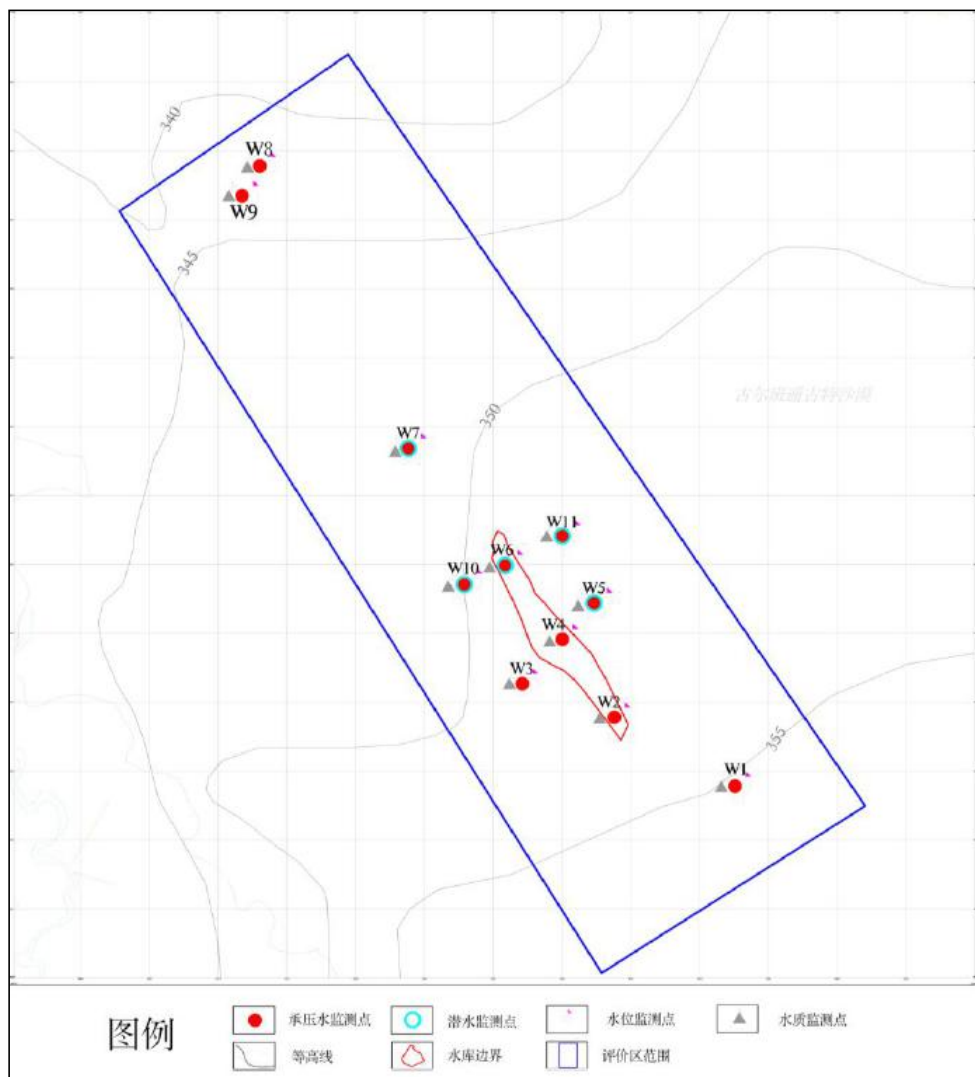


图 4.10 监测布点图

地下水化学特征：评价区内地层岩性为粘土、砂质粘土、细砂、粉砂，渗透性差，补给、径流条件不佳，为区域地下水的排泄区。地下水运移缓慢，矿化程度较高，水质较差。根据钻孔水化学资料可得，评价区内地下水的水化学特征见表 4.1。

表 4.1 评价区地下水化学特征

采样点编号	总溶解固体 TDS (mg/L)	水化学类型	备注
QW5	23200	Cl-Na	潜层水
QW6	36700	Cl-Na	潜层水
QW7	28800	Cl-Na	潜层水
QW10	32900	Cl-Na	潜层水

采样点编号	总溶解固体 TDS (mg/L)	水化学类型	备注
QW11	24200	Cl-Na	潜层水
CW1	11700	SO ₄ -Cl-Na	微承压水
CW2	1740	Cl-Na	微承压水
CW3	710	SO ₄ -Cl-Na	微承压水
CW4	2160	Cl-Na	微承压水
CW5	482	SO ₄ -Cl-Na	微承压水
CW6	4550	Cl-Na	微承压水
CW7	2940	Cl-Na	微承压水
CW9	745	SO ₄ -Cl-Na	微承压水
CW9	1400	Cl-Na	微承压水
CW10	2480	SO ₄ -Cl-Na	微承压水

评价区浅层水共取水样 5 组。评价区潜水水化学类型为 Cl-Na 型；TDS 在 23200~36700mg/L 之间，矿化度极大；Cl⁻含量最高，在 6900-17100mg/L 之间；阳离子中 Na⁺含量最高，在 3800~9380mg/L 之间。本区潜水位于整个地下水流域的排泄区，地下水中化学成分经过长时间的溶滤作用及蒸发浓缩作用，导致地下水矿化度大，可溶盐含量高。潜水中有毒有害重金属元素离子浓度较低，未超过《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类标准的要求。

评价区承压水共取水样 11 组。评价区承压水水化学类型为 SO₄-Cl-Na 型或 Cl-Na 型；TDS 在 710-11700mg/L 之间，矿化度大；阴离子中 SO₄²⁻含量较大，在 113-3560mg/L 之间，Cl⁻含量较高，在 118~2100mg/L 之间；阳离子中 Na⁺含量最高，在 176~3050mg/L 之间。表明本区承压水经过长期溶滤作用，加上高矿化度的潜水入渗后的混合作用，导致地下水矿化度大，可溶盐含量高。承压水中有毒有害重金属元素离子浓度也较低，未超过《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类标准的要求。氨氮指标含量也相对较高，表明承压水接受了潜水的越流补给后，潜水中污染物扩散至承压水中，导致承压水被污染。

（3）祥云化纤（玛纳斯）

祥云化纤（玛纳斯）废水治理模式见图 4.11。

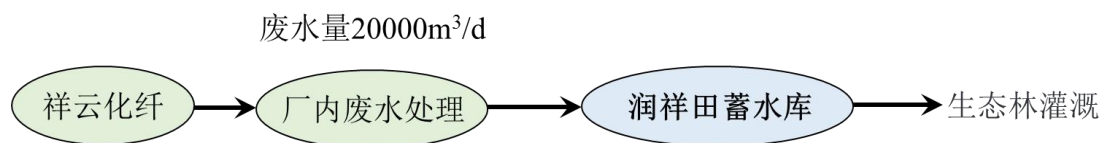


图 4.11 祥云化纤废水治理模式

①祥云化纤生产及废水治理情况

生产工艺：浆粕生产，棉短绒加碱蒸煮，产生含木质素的碱性水，黑液 COD 为 50000mg/L，通过燃烧苛化，回收碱；1 吨产品加 100 公斤烧碱用于蒸煮，65 公斤可回收利用。提取的纤维进行水洗。采用地下水做水源，硬度低于 50 mg/L。废水处理：1 吨产品排水量 40m³，废水处理量 20000m³/d；采用酸析、气浮、FCDT 反应塔（铁碳微电解）组、生物组合工艺，好氧池采用潜水曝气机。纤维清洗废水的 COD 为 1000mg/L 左右，处理难度为 COD 和色度。生化出水 COD 为 300mg/L，混凝沉淀池加了芬顿，芬顿 pH 调节至 3.8，出水 COD 为 50~60 mg/L；二沉池出水色度 128 倍，芬顿出水色度 18 倍；废水处理后排水盐度 1000 多，主要是氯化钠；废水处理成本 4 元/m³，排至润祥田水库。生化污泥板框压滤，含水率 40%~50%，每周产生的绝干泥约 20 吨；芬顿污泥经离心脱水，含水率 80~85%，污泥产量 50 吨/日，送至自建 30 万吨的污泥填埋场。



图 4.12 祥云化纤废水处理设施

②润祥田蓄水库

玛纳斯县润祥田水库位于玛纳斯河下游，行政区划隶属玛纳斯县六户地镇，

水库主要功能是作为玛纳斯祥云化纤有限责任公司再生水综合利用储水库，用于水库下游 1.1 万亩生态林灌溉，恢复沙漠生态环境。水库总库容 $450 \times 10^4 \text{m}^3$ ，实际水面面积 700 多亩，建成使用 3 年多。

据现场调研情况，水库中水的全盐量在 $2000 \sim 3000 \text{mg/L}$ ， $\text{COD} = 60 \sim 70 \text{mg/L}$ ；另外，课题组在调研时采样测定水库水的全盐量为 3640mg/L 。由于祥云化纤生产工艺中的原材料是天然的浆粕，排入水库中的废水水质含盐量低且无有毒有害物质，水库中植被茂盛，水面下有很多水草，水库利用自然洼地，洼地中间原来的沙丘已被植被覆盖，已形成较明显的绿色生态系统。水库中有大量水鸟，野鸭，鱼等，水库中的鱼甚至可以食用。由于水质较好，水库已形成了完整的动物、植物组成的生态链。水库与周边环境对比明显，周边没有水库的地方均为戈壁沙漠地带，水库明显改善了所在沙漠地区的生态环境。润祥田水库现状及植被见图 4.13、图 4.14。



图 4.13 润祥田水库现状



图 4.14 润祥田水库及周边干旱地区植被对比

(4) 新疆富丽达纤维有限公司（库尔勒）

新疆富丽达纤维有限公司废水治理模式见图 4.15。

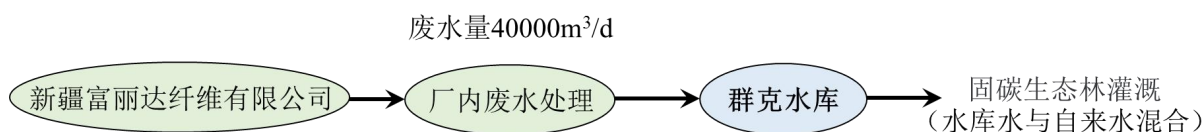


图 4.15 新疆富丽达纤维有限公司废水治理模式

①新疆富丽达纤维有限公司企业生产及废水治理情况

新疆富丽达纤维有限公司于 2007 年 8 月 6 日由浙江富丽达集团投资注册成立。企业位于库尔勒经济技术开发区 218 国道东侧、库塔干渠北侧。公司主要从事纤维素短纤维及差别化、功能化纤维素短纤维的生产、销售及技术开发。

公司 2016 年 12 月建成处理能力 40000m³/d 污水深度处理装置，实现外排污水 COD 低于 80.0mg/L，深度处理后 COD 低于 30.0mg/L 后进中水系统回用于生产实现水资源高效循环利用。公司 2016 年 11 月建成废水综合治理反渗透脱盐项目，以回收利用电厂及纤维厂原有反渗透装置产生的浓盐水，产水规模为 800m³/h。2017 年 1 月建成污泥深度脱水装置，实现每天脱泥绝干污泥 300 吨，送到动力中心锅炉焚烧。新疆富丽达纤维有限公司出厂、尾水消纳地总排口水质监测结果见表 4.2、表 4.3。

表 4.2 新疆富丽达纤维有限公司出厂总排口水质

序号	指标	单位	监测结果		
			2016 年 2 月	2016 年 4 月	2016 年 10 月
1	pH	—	7.35~7.68	7.32~7.46	6.54~6.98
2	悬浮物	mg/L	69	33	80
3	氨氮	mg/L	2.71	8.25	0.982
4	COD	mg/L	66	71	19
5	BOD ₅	mg/L	19.7	20.4	6.23
6	色度	mg/L	2	4	2
7	石油类	mg/L	0.42	0.04	0.04

(注：数据来自巴音郭楞蒙古自治州检测报告。)

表 4.3 新疆富丽达纤维有限公司尾水出厂总排至尾水消纳地总排水质

序号	指标	单位	出厂总排口	尾水消纳地总排口
1	全盐量	mg/L	21170	18895
2	硬度	mg/L	790.73	769.42
3	Cl ⁻	mg/L	398.44	406.51
4	Al ³⁺	mg/L	0.43	无
5	Zn ²⁺	mg/L	1.04	1.04
6	电导率	mS/cm	12.9	11.7

公司 2016 年 12 月建成五效蒸发装置，将粘胶纤维生产中产生的副产品 Na₂SO₄·10H₂O 全部加工程商品 Na₂SO₄，最终实现酸站富含硫酸钠的生产废水全部回收利用目标，并显著降低了排入群克水库废水的含盐量。

企业粘胶纤维生产过程中废水经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准进入群克水库进行充分利用，在周边地区开展绿化种植等生态恢复建设工作，以实现水资源综合利用，符合可持续发展理念。工程面积 5.0 平方公里，包括人工育苇 2500 亩。群克水库中水用于浇灌生态林，工程面积 4500 亩，绿化率达到 33%，未来发展至 18000~20000 亩，绿化率达到 33%。



图 4.16 新疆富丽达纤维有限公司蒸发脱盐设施

②群克水库

库尔勒经济技术开发区于 2000 年 7 月 21 日经新疆维吾尔自治区人民政府批准成立，后升级为国家级经济技术开发区。由于开发区经济的快速发展，生产和生活污水排放量不断增加，原接受园区达标尾水具有后续稳定和蒸发效能的西尼尔氧化塘处于满负荷状态。特别是在霜冻期间，企业中水利用率低生态用水减少，造成西尼尔氧化塘超负荷运行，尾水无处退出排放。据此库尔勒经济技术开发区

经过认真论证，规划在南部 73.3km 尉犁县群克沙漠建设尾水综合利用与生态林建设工程，近期作为污水应急排放，中远期只作为冬季部分尾水存储消纳地、事故排水存放地、以及夏季生态林地灌溉区。

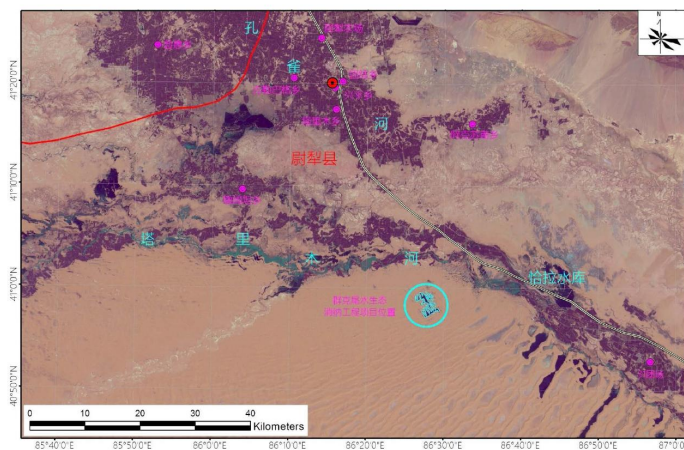


图 4.17 群克水库地理位置

新疆富丽达纤维有限公司是库尔勒经济技术开发区排水大户之一，原生产尾水经处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准后排入西尼尔氧化塘进行贮存和消耗。2011 年经多方协调，尾水综合利用与生态林建设工程改由新疆富丽达纤维有限公司负责建设，当年《新疆富丽达纤维有限公司尾水外排工程环境影响报告书》经新疆维吾尔自治区环保厅以“新环评价函[2011]881 号”文批复，同意将园区尾水以 73.3km 专用管道输送至群克消纳地。现项目定名为：尾水综合利用与固碳与生态林示范园工程，是利用沙漠原始地形地貌并进行必要的塘坝地基防渗处理后，在塔克拉玛干沙漠东北缘建设的规模宏大的尾水消纳利用与生态林工程。

依据课题组现场调研，目前群克水库接纳新疆富丽达纤维有限公司排水 20000~45000m³/d，水库设计流量 7 万立方，预留进水管（工业园区的其他废水处理后进行园区中水利用，绿化浇灌，多余废水预留管道到该库）。新疆富丽达纤维有限公司废水中盐类主要是硫酸钠，生产工艺环节蒸发脱盐量 20 万吨/年，排至水库的废水含盐量约 20000mg/L，硫酸盐占 90%，脱盐设施 14 年底建成使用，采用五效蒸发脱盐设施，1 吨蒸汽 50 元，蒸发后获得的元明粉回收；目前，富丽达公司正在进行投资 2.7 亿的脱盐项目，可增加脱盐量 17 万吨/年，使脱盐

总量增加至共 37 万吨/年，脱盐后废水中含盐量预计可降至 8000 mg/L。

固碳生态林及水库目前种植红柳、梭梭草、芦苇，种植的红柳、梭梭草、芦苇幼苗采用库中水混合自来水，使总盐量下降至 10000mg/L 以下后用于浇灌，等幼苗种活成功，直接采用库里面的高盐水浇灌。水库周围为防止移动沙丘对水库的影响，建设了 40 米的草方格防护带，防护带和水库之间种植芦苇、红柳等。其中芦苇种植拟作为博湖苇业造纸的原材料。在人工植被恢复过程中栽种当地高抗逆性和既有经济价值的植物，构成高质量、多梯次的生态林网，改善生态环境、提升项目区防风固沙的综合能力，同时兼顾生态效益与经济效益。群克水库现状见图 4.18。



图 4.18 群克水库（左：水库库区；右：植物滴灌区）

依据中勘冶金勘察设计研究院有限公司新疆分公司 2017 年 12 月完成的《新疆富丽达纤维有限公司尾水综合利用与固碳生态林示范园项目环境水文地质—地下水影响研究报告》，地下水含盐量（TDS）情况如下：

a. 建设前地下水环境质量现状调查评价

监测布点：在工程建设前期阶段，为了解建设地区地下水环境背景，在场址及附近共设置地下水监测点 3 个，分别为：1#群克尾水消纳地内部、2#群克尾水消纳地北侧边界，3#群克尾水消纳地北侧 3.5km 处。监测布点见表 4.4。监测点位分布位置见图 4.19。各监测点监测时间为 2014 年 3 月 31 日。

表 4.4 地下水监测点一览表

监测点编号	监测点位置	相对位置	布点功能	取水层位
1	尾水消纳地内部	厂内	对照点	潜水含水层
2	尾水消纳地北侧	N, 边界	控制点	潜水含水层
3	尾水消纳地北侧	N, 3500m	控制点	潜水含水层

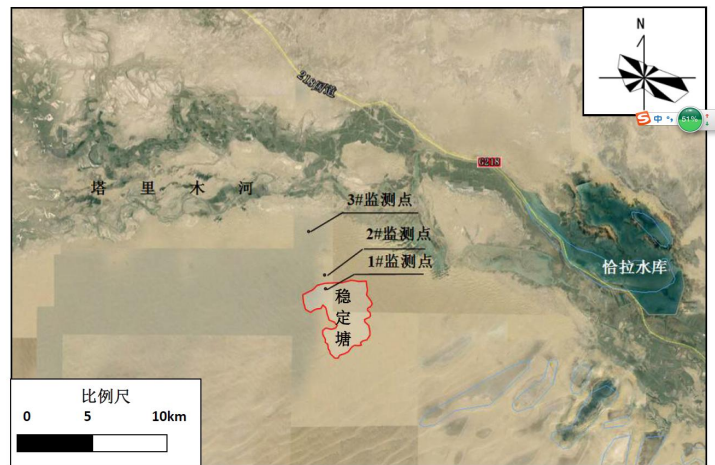


图 4.19 建设前地下水监测点位分布图

地下水水质现状监测及评价结果见表 4.5。由此可以看出，按《地下水质量标准》（GB/T14848-93）V类水质要求，本项目区地下水总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、氟化物超标严重，不能作为工农业用水及生活饮用水。尤其是浅层地下水盐度较高，溶解性固体（TDS）达到 3940~29600mg/L。根据水质分析报告，第四系潜水为 $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{K}^+ + \text{Na}^+ \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水，矿化度 13.37~37.41g/L，总硬度 1.73g/L，水质较差，地下水属于《地下水质量标准》（GB/T14848-93）V类水，不能作为工农业用水及生活饮用水。

表 4.5 建设前地下水调查评价统计表

序号	水质指标	单位	《地下水质量标准》 (GB/T14848-93) V类	1#监测点	2#监测点	3#监测点
1	pH	—	<5.5, >9.0	7.25	7.46	8.25
2	总硬度	mg/L	>550	4460	3050	592
3	溶解性固体	mg/L	>2000	29600	20100	3940
4	硫酸盐	mg/L	>350	3740	2190	706
5	氯化物	mg/L	>350	14700	9310	1700
6	锌	mg/L	>5.0	0.05	0.05	0.05
7	高锰酸盐指数	mg/L	>10.0	6.1	6.2	2.6
8	硝酸盐	mg/L	>30.0	5.33	10.8	1.24
9	亚硝酸盐	mg/L	>0.1	0.003	0.003	0.003
10	氨氮	mg/L	>0.5	0.1	0.086	0.025

序号	水质指标	单位	《地下水质量标准》 (GB/T14848-93) V类	1#监测点	2#监测点	3#监测点
11	氟化物	mg/L	>2.0	2.42	2.63	2.13
12	COD	mg/L	—	1800	855	15
13	硫化物	mg/L	—	0.005	0.005	706
14	磷	mg/L	—	0.36	0.24	0.03

b.运行期地下水环境质量现状调查评价

监测布点：围绕工程目的，共布设水文勘察井 5 个，调查观测井 6 个，调查渗水井（坑）3 个，各个点位置及功能如图 4.20、表 4.6。水质取样与监测时间为 2017 年 8 月。

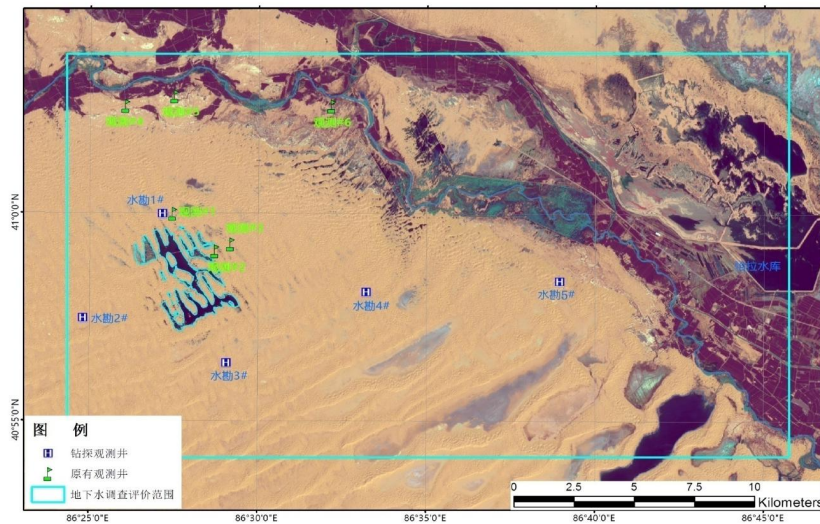


图 4.20 地下水观测井与勘探井分布图

表 4.6 群克尾水消纳区环境水文调查观测井测量与勘探井设置

序号	监测点	水位 (m)	相对位置	备注
1	水勘 1#	1.59	尾水消纳地西北	水文地质调查
2	水勘 2#	1.78	尾水消纳地西侧	水文地质调查
3	水勘 3#	2.2	尾水消纳地南侧偏东	水文地质调查
4	水勘 4#	0.7	尾水消纳地东侧	水文地质调查
5	水勘 5#	2.0	尾水消纳地东北方向	水文地质调查
6	观测井 1	7.4	尾水消纳地北侧	甲方已有观测井
7	观测井 2	2.81	尾水消纳地东北向	甲方已有观测井
8	观测井 3	2.92	尾水消纳地东偏北	甲方已有观测井

序号	监测点	水位 (m)	相对位置	备注
9	观测井 4	3.33	尾水消纳地北侧塔河	甲方已有观测井
10	观测井 5	2.25	尾水消纳地北偏东近塔河	甲方已有观测井 甲方已有观测井
11	观测井 6	3.64	尾水消纳地北东东向塔河边	

地下水水质现状评价结果：现状年地下水金属与有机污染因子未出现污染超标；常量元素含量略高于塔里木河和恰拉水库的含量水平；受沙漠特殊自然条件的影响，调查评价区地下水总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、氟化物、钠元素超标严重。现状年的监测结果和建设前相比，二者处于同一浓度范围，并无显著差异，潜水类型为 $Cl^- \cdot SO_4^{2-} - K^+ + Na^+ \cdot Ca \cdot Mg$ 型水，其浓度水平处于自然状态中，水质较差。群克水库地下水溶解性固体（TDS）监测结果见表 4.7。

表 4.7 群克尾水消纳区地下水溶解性总固体含量

序号	监测点	井水层位	相对位置	溶解性总固体 (TDS) (mg/L)
1	水勘 1#	浅层潜水	尾水消纳地西北	29000
		深层潜水		31200
2	水勘 2#	浅层潜水	尾水消纳地西侧	18100
		深层潜水		16200
3	水勘 3#	深层潜水	尾水消纳地南侧偏东	17800
4	水勘 4#	深层潜水	尾水消纳地东侧	30000
5	水勘 5#	深层潜水	尾水消纳地东北方向	9150
6	观测井 1	地下潜水	尾水消纳地北侧	31000
7	观测井 2	地下潜水	尾水消纳地东北向	30100
8	观测井 3	地下潜水	尾水消纳地东偏北	26500
9	观测井 4	地下潜水	尾水消纳地北侧塔河	1700
10	观测井 5	地下潜水	尾水消纳地北偏东近塔河	2080
11	观测井 6	地下潜水	尾水消纳地北东东向塔河边	1650

(5) 巴州泰昌浆粕有限公司（库尔勒）

巴州泰昌浆粕有限公司废水治理模式见图 4.21。

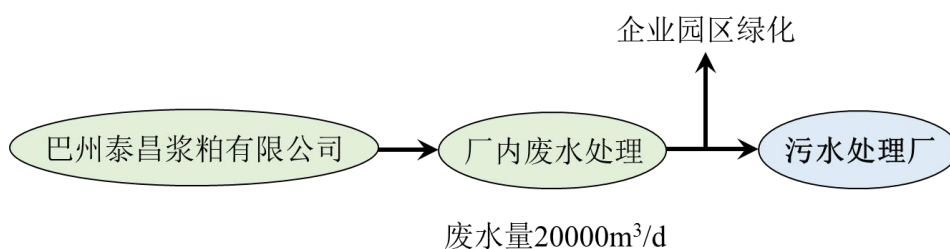


图 4.21 巴州泰昌浆粕有限公司废水治理模式

企业现场调研信息见表 4.8。

表 4.8 企业调研工作表

企业名称		巴州泰昌浆粕有限公司	
企业地点		库尔勒开发区西尼尔镇	
序号	调研项目	企业情况	
1	产品名称（产量）	棉浆粕(产量 240 吨/天)	
2	染整工艺及先进性	碱法制浆（开棉、制浆、打漂、抄粕）；工艺先进性：开棉增加干法除杂。	
3	布匹原料及用量	原料棉短绒用量：336 吨/天	
4	进水盐度背景值	400~1000	
5	各工艺染化料助剂种类	—	
6	染色残液、丝光废碱回用	—	
7	工艺环节水回用	—	
8	各工艺环节盐用量	—	
9	各印染环节废水产生水量	—	
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	—
		COD	—
		盐度	—
11	水资源使用量（m ³ /d）	16000	
12	废水处理量（m ³ /d）	13000	
13	废水处理及回用工艺	中段废水处理系统：生化、物化、高级氧化。 黑液处理工艺：提取黑液、斜筛过滤、黑液蒸发、干燥、碱木素由图们市华威友邦化工有限公司负责包销。	
14	废水回用率（%）	50	
15	废水处理及回用成本（元/吨）	废水处理成本：8.5 元/吨	
16	回用水用途（水质）	—	
17	废水进出水指标（尤其含盐量变化）	—	
18	废水排放及回用标准	废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准	
19	废水处理工艺投药量（外加）	—	

	盐)	
20	污泥产量 (m ³ /d)	30 (绝干)
21	污泥含水率 (%)	75~85
22	污泥处理处置工艺	污泥浓缩、污泥脱水、晾晒、绿化
23	污泥处置费用	294 元/吨 (绝干)
24	电能消耗 (度/年)	43920000
25	电价 (元/度)	0.4
26	燃气消耗 (m ³ /年)	—
27	燃气价格 (元/m ³)	—
28	蒸汽压力 (MPa)、温度 (°C)、用量 (吨/年)	5MPa、10MPa
29	蒸汽价 (元/吨)	10MPa :95 元/吨, 5MPa, 80 元/吨
30	水价 (元/吨)	1.0
31	环评报告及可研报告	—
32	染整工艺盐平衡	—
33	染整工艺水平衡	—

生产工艺：浆粕生产，工艺和舜达化工相似，8.1 万吨生产线。每吨浆粕用水 60m³，原水目前采用地下水，含盐量约 400~2000 mg/L，即将使用开源公司提供的自来水（来自博斯腾湖），自来水水价 2.99 元/m³，含盐量约 1000 mg/L。工艺环节，产生的稀黑液进行重复利用，产生的碱液做减水剂回用。

废水处理：废水 COD 2200~3000 mg/L，含盐量约为 3000 mg/L，废水处理设计规模 20000m³/d，实际运行规模 13000m³/d，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，处理成本 5.0~6.0 元/m³（包括 2.0 元/m³的药剂费，以及下游污水处理厂收费 1.4 元/m³）。污水处理的厌氧过程采用双极四层反应器，借鉴 IC 反应器，生化后二沉池出水 COD 约 400mg/L 左右，芬顿出水小于 100mg/L，芬顿处理效果取决于厌氧和好氧生物处理效果，处理后的排水 COD 约为 60 mg/L。芬顿 pH 条件为中性，FeSO₄ 投量为 1.4%，H₂O₂ 投量 4.0g/L，双氧水浓度 30%。污水处理后用于园区绿化。污泥处置：产生的污泥与戈壁滩的沙 4:6 混合后改良土壤，种植高粱，污泥计划卖给东北做肥料。



图 4.22 泰昌浆粕废水处理过程中产生的污泥用于改良沙漠土壤

(6) 新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）

新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）废水治理模式见图 4.23。

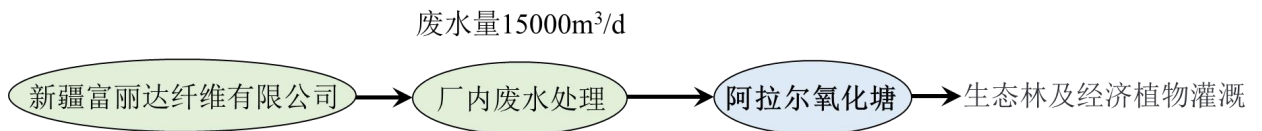


图 4.23 新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）废水治理模式

企业现场调研信息见表 4.9。

表 4.9 企业调研工作表

企业名称	新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）	
企业地点	阿拉尔	
序号	调研项目	企业情况
1	产品名称（产量）	棉浆粕、短丝纤维
2	染整工艺及先进性	耗水量 35.0m ³ /吨产品（以往 120~150 m ³ ）
3	布匹原料及用量	1.4 吨短棉用 1 吨浆粕
4	进水盐度背景值	地表水（水厂供应）1.39 元/ m ³
5	各工艺染化料助剂种类	—
6	染色残液、丝光废碱回用	—
7	工艺环节水回用	工艺环节 60%

8	各工艺环节盐用量		浓黑液木质素回收
9	各印染环节废水产生水量		目前 10 万吨短丝+4 万吨浆粕产生废水 1.5 万吨；全部产能 30 万吨短丝+8 万吨浆粕产生废水 4.0 万吨
10	各环节产生废水主要特点	特征污染物	浆粕废水 COD≤2500mg/L，属碱性废水
		COD	短丝废水 COD=900~1000mg/L，属酸性废水
		盐度	混合废水含盐量约 15000mg/L
11	水资源使用量 (m ³ /d)		15000m ³ /d
12	废水处理量 (m ³ /d)		15000m ³ /d
13	废水处理及回用工艺		混凝沉淀、水解酸化、好氧、芬顿 (pH 中性)
14	废水回用率 (%)		—
15	废水处理及回用成本 (元/吨)		废水处理成本: 10.0 元/m ³ (包括折旧, 下游污水处理厂收费 2.95 元/m ³ +管道维修费 0.15 元/m ³)
16	回用水用途 (水质)		—
17	废水进出水指标 (尤其含盐量变化)		出水 COD≤100mg/L
18	废水排放及回用标准		废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中一级标准
19	废水处理工艺投药量 (外加盐)		双氧水(27%): 8.0 吨/2.0 万吨水, FeSO ₄ : 8~10 吨, PAC: 4~5 吨, 芬顿 (pH 中性), PAM: 0.5 吨, 石灰: 30~40 吨
20	污泥产量 (m ³ /d)		120 吨/日
21	污泥含水率 (%)		80%
22	污泥处理处置工艺		污泥离心脱水、板框脱水
23	污泥处置费用		自有锅炉掺烧
24	电能消耗 (度/年)		—
25	电价 (元/度)		—
26	燃气消耗 (m ³ /年)		—
27	燃气价格 (元/m ³)		自产 50 元/m ³ , 工业区提供 120 元/m ³ , 内地蒸气价格 200 元/m ³
28	蒸汽压力 (MPa)、温度 (°C)、用量 (吨/年)		5MPa、10MPa
29	蒸汽价 (元/吨)		10MPa :95 元/吨 5MPa: 80 元/吨

30	水价（元/吨）	1.39 元/ m ³
31	环评报告及可研报告	—
32	染整工艺盐平衡	—
33	染整工艺水平衡	—

新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）产生的废水经企业污水处理厂处理后，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准后排入阿拉尔氧化塘。阿拉尔氧化塘接纳废水排放量为 35000m³/d，其中富丽达排水量为 15000m³/d。阿拉尔氧化塘面积 14.5 平方公里，平均水深 3 米，周围围坝，坝总长 14.29 公里。从 2008 年开始投入使用，除富丽达的排水之外，另外还有饲料厂、肥料厂的污水排入，氧化塘进水 COD 约为 20mg/L 多，色度 30 倍左右，含盐量 10000mg/L，主要是硫酸盐。

阿拉尔氧化塘中芦苇长势良好，岸边无明显盐结晶，芦苇秆上有结晶。由于氧化塘进水水质较好（COD≤20mg/L），塘里芦苇植被茂盛，鱼数量及种类较多，包括鲫鱼、鲢鱼、黑鱼，草鱼，已形成湿地生态系统，芦苇的蒸发量是同面积的树的 8 倍。由于氧化塘的存在，周边地下水位抬升，地势低洼的地方出现水坑，氧化塘周边的植被生长较好，周边地下水盐度达到 30000mg/L。正在建设 300 万 m³ 的水库，以后将全部接纳富丽达的排水，用于种植 4 万 5 千方的芦苇和树，其中 3/5 种植芦苇，剩下的种树，全部采用水库的水。阿拉尔氧化塘现状及动物生长情况见图 4.24、图 4.25。



图 4.24 阿拉尔氧化塘植被生长情况（左：塘内植被；右：塘边植被）



图 4.25 阿拉尔氧化塘内动物生长情况（左：塘内野鸭；右：塘内鱼群）

4.2 新疆纺织工业园废水综合利用途径分析

依据对新疆 12 家印染、棉浆粕及黏胶纤维企业，3 座集中污水处理厂，8 座氧化塘及蓄水库的综合调研，得出目前新疆纺织印染工业废水排放及综合利用模式，见图 4.26~图 4.36。

依据对新疆印染、棉浆粕及黏胶纤维企业的废水治理模式及经验，总结得出目前及未来新疆印染废水排放及综合利用途径及模式，见图 4.26。



图 4.26 新疆印染废水排放及综合利用可行性途径及模式

上述“源头减排、工业园集中处理、水库冬贮夏用”的处理模式尽管经实践证明有一定可行性，但未来应用于新疆纺织印染废水治理尚需解决如下问题：

(1) 基于“无影响排放、水土涵养、构建沙漠绿洲”的高标准理念，以提升水环境质量及功能为目标，尚需进一步提升并优化进入沙漠水库入库水质，确定废水处理入库的水质要求

近年来，通过提高排放标准改善入库水质，使贮存处理后废水的沙漠水库水质及生态化功能得到显著提升，沙漠水库的生态链得到显著强化，水库存水可部

分实现生态林灌溉。基于未来提升沙漠水环境质量及功能的需求，需进一步研究入库水质(常规污染物指标和盐度)对库中“动物-植物-微生物”生态链的影响，强化沙漠水库的水污染物深度、超净处理作用，赋予沙漠水库水土涵养功能的可行性，提出构建沙漠生态塘或湿地以提升水环境质量及功能的水质要求。经调研，目前蘑菇湖水库、西尼尔氧化塘、阿克苏终端稳定塘由于多年纳污原因，不同程度受到污染，而入库水质直接关系到沙漠水库或稳定塘的生态功能及生态链的完整性，而提升优化入库水质是改善沙漠水库或稳定塘水环境质量和功能的重要措施。

(2) 基于废水“生态化”利用的目标，需研究沙漠水库或稳定塘中存水用于生态林灌溉、城市杂用水时对土壤盐碱化的盐度限值影响，进一步确定印染企业和纺织工业园污水处理厂排水的盐度限值

新疆水环境容量低，基本无受纳水体，处理后废水的生态化利用是重要发展方向，如作为企业或工业园区的杂用水，水库或稳定塘存水用作芦苇、竹柳等经济作物种植或生态林灌溉用水等，已在新疆得到部分实践。在上述实践的基础上，需充分研究库中存水用于生态林灌溉、城市杂用水对沙漠土壤盐碱化的盐度水质要求，确定合理的印染企业或纺织工业园污水处理厂出水进入沙漠水库或稳定塘的盐度限值；并依据纺织工业园污水处理厂处理工艺中由于投加药剂而增加的盐度，进而推演印染企业排放废水的盐度限值。

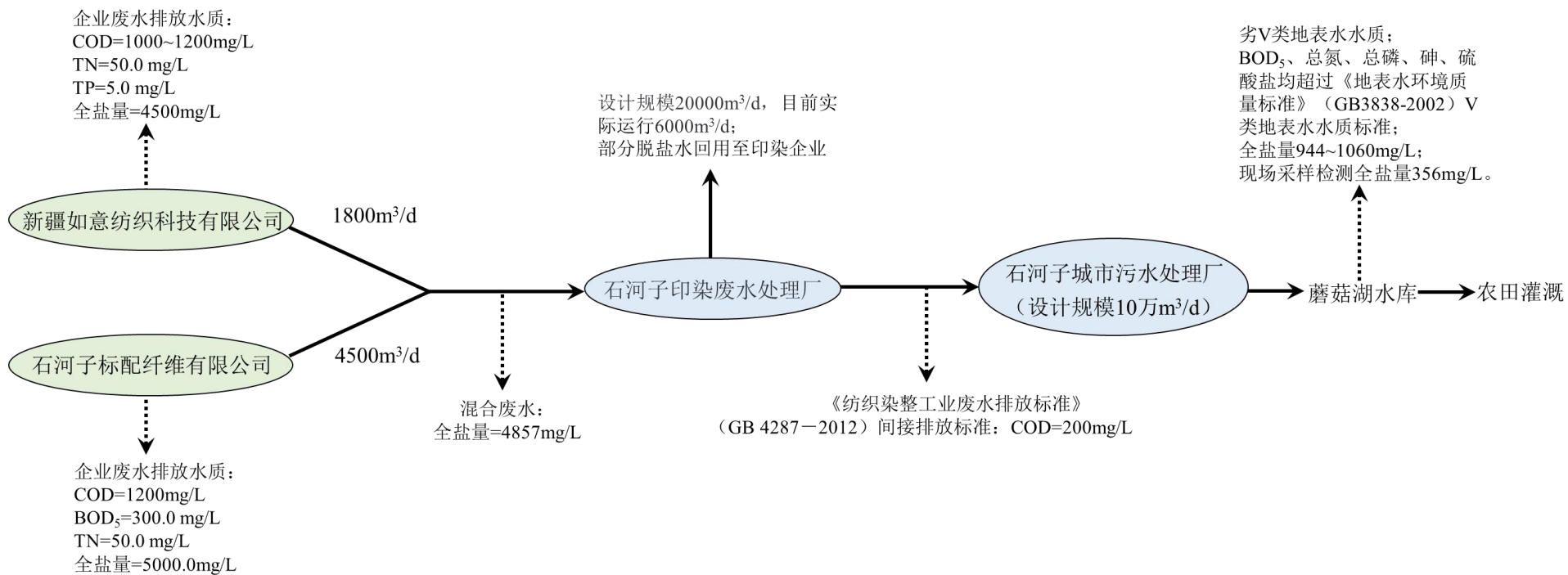


图 4.27 石河子纺织工业园印染废水排放及综合利用模式

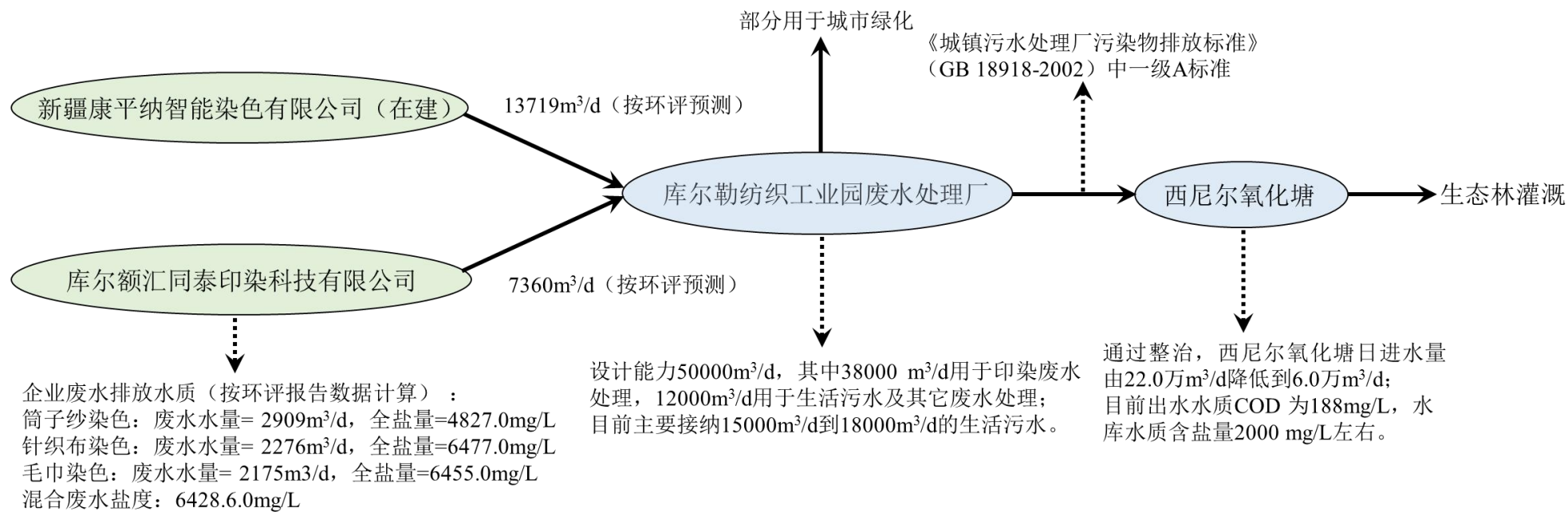


图 4.28 库尔额纺织工业园印染废水排放及综合利用模式

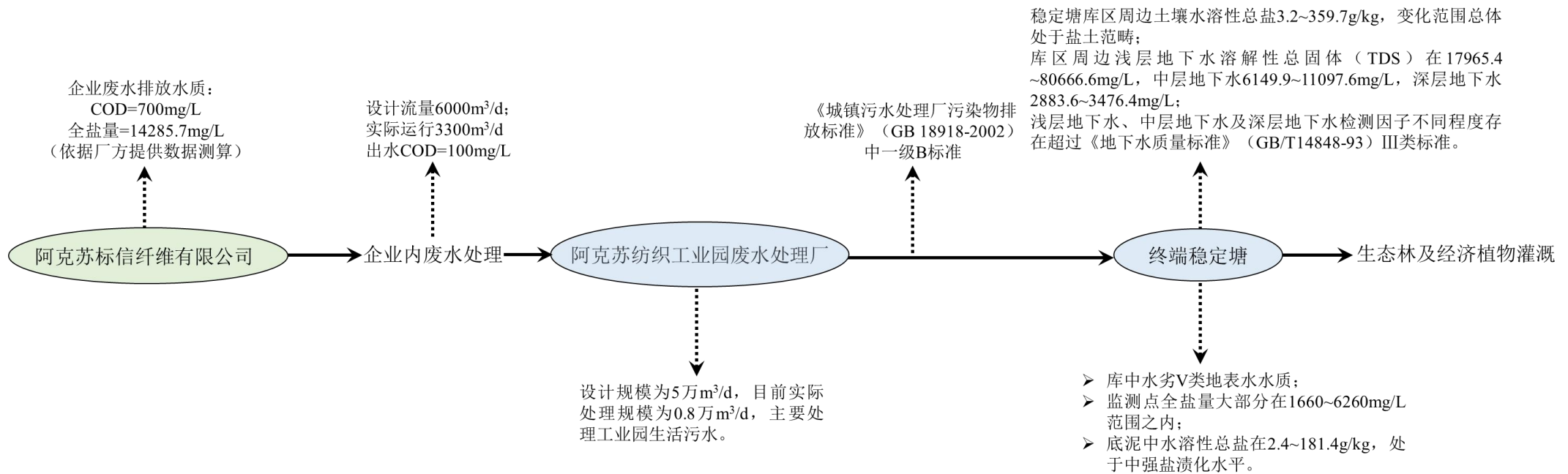


图 4.29 阿克苏纺织工业城印染废水排放及综合利用模式

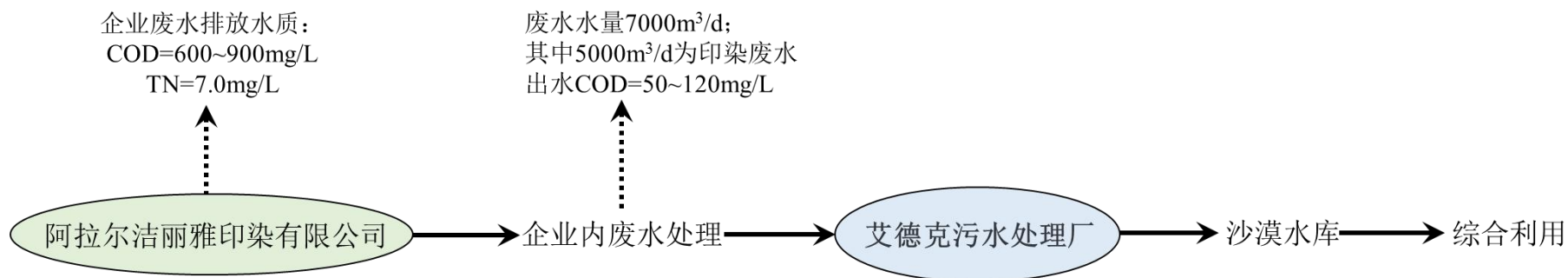


图 4.30 阿拉尔工业园印染废水排放及综合利用模式

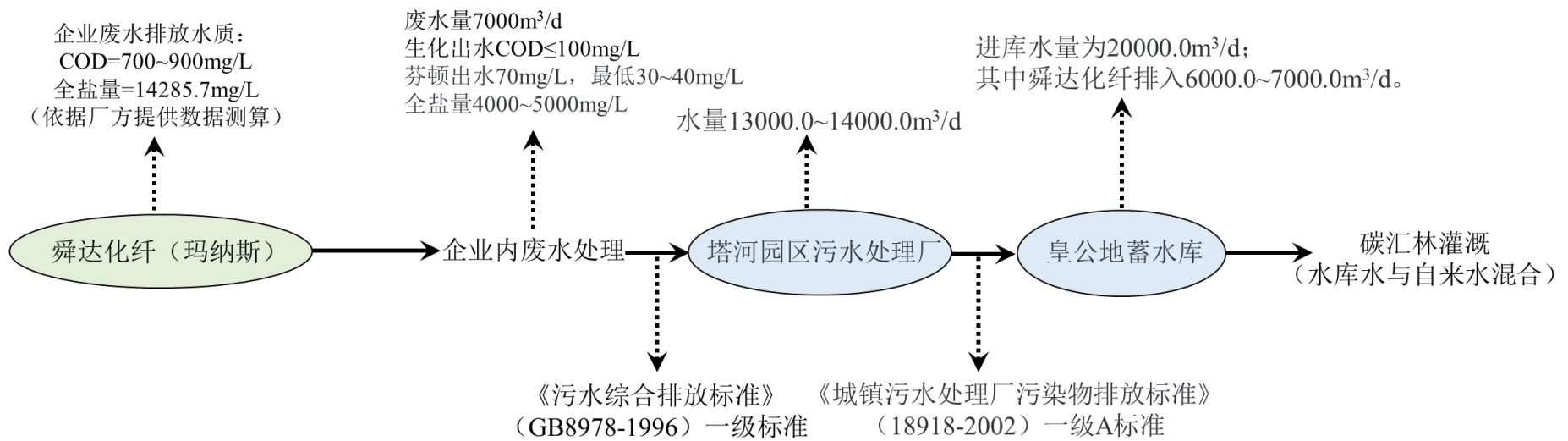


图 4.31 舜达化纤（玛纳斯）棉浆粕废水排放及综合利用模式

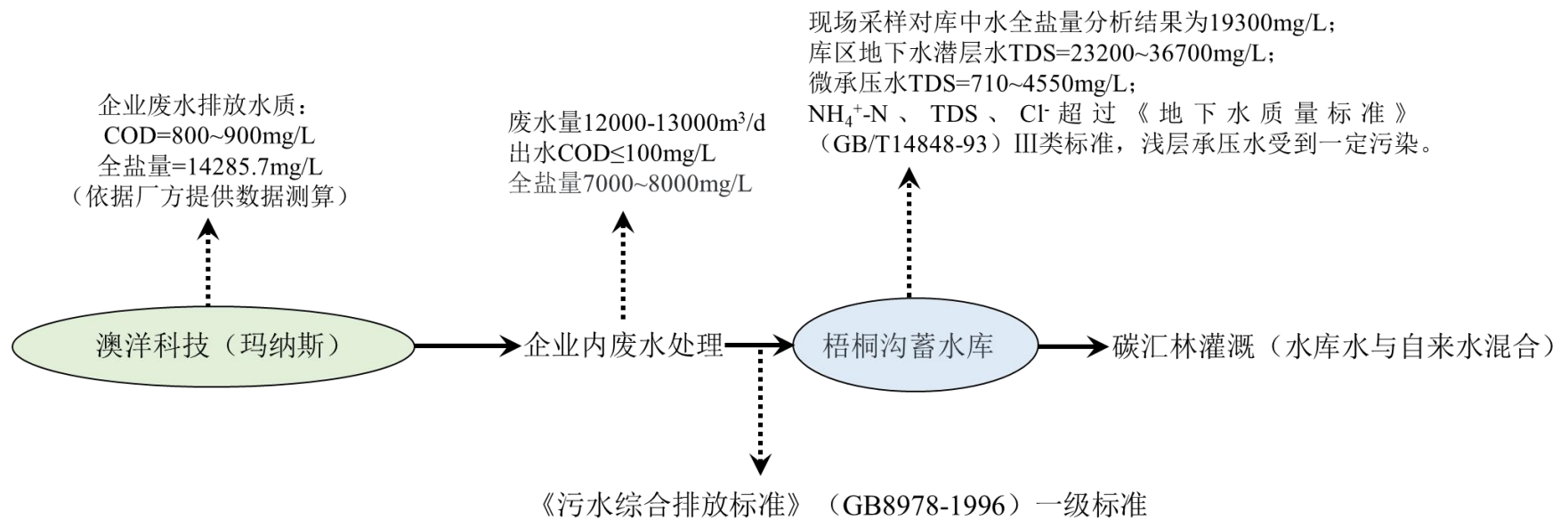


图 4.32 澳洋科技（玛纳斯）棉浆粕废水排放及综合利用模式

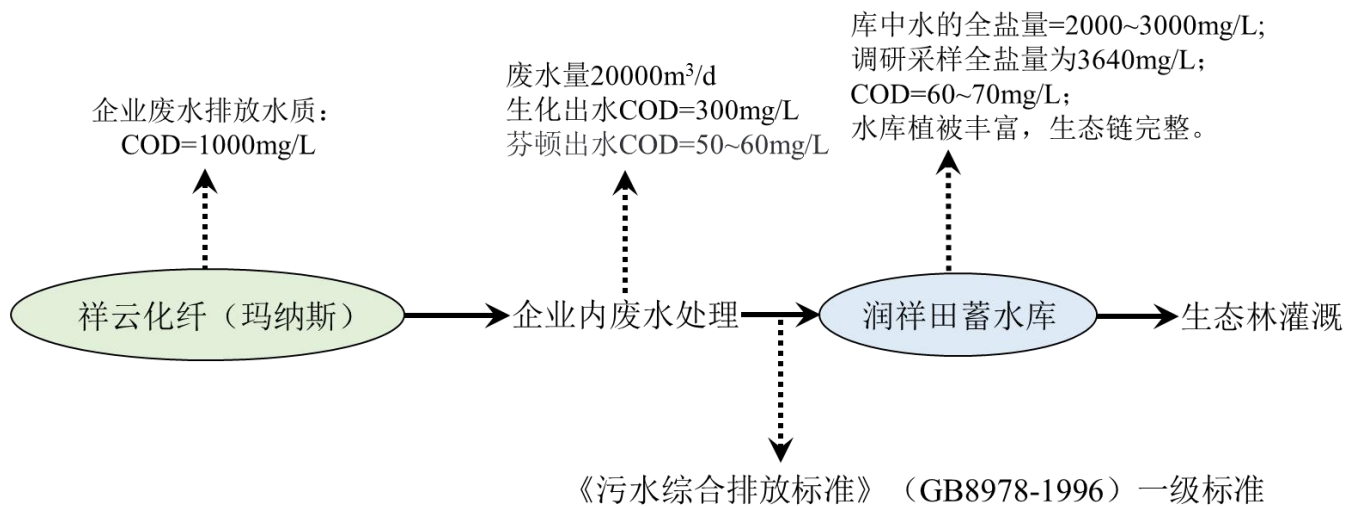


图 4.33 祥云化纤（玛纳斯）棉浆粕废水排放及综合利用模式

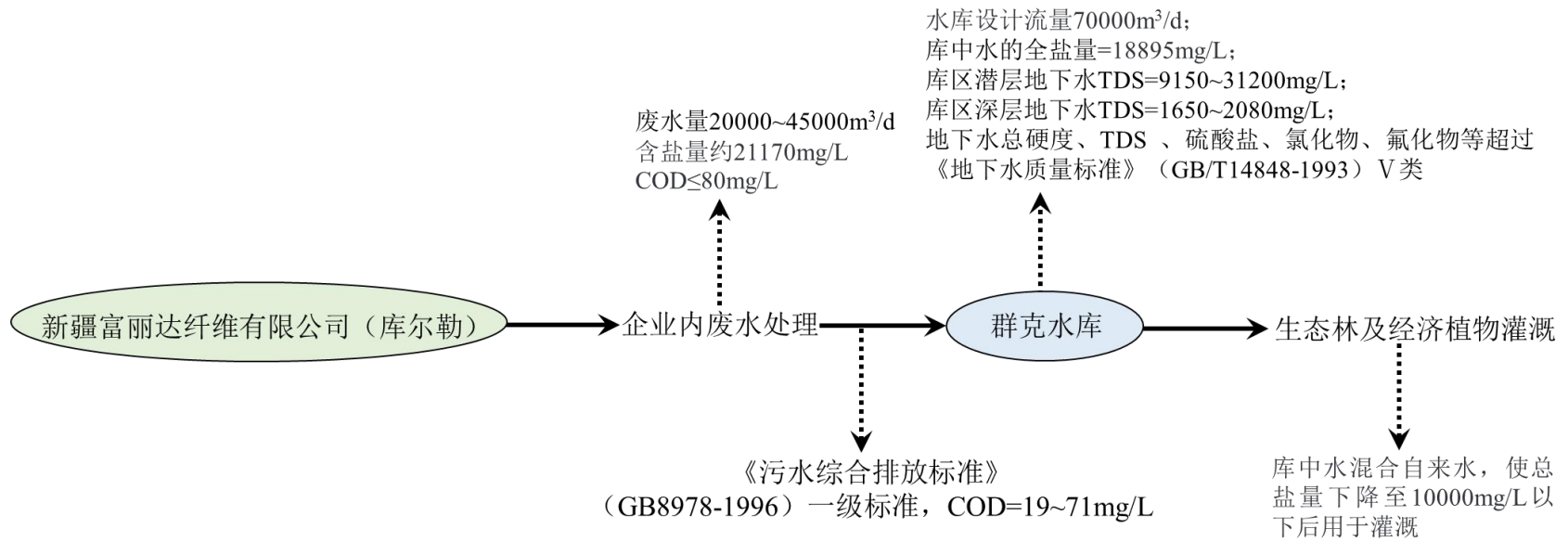


图 4.34 新疆富丽达纤维有限（库尔勒）棉浆粕废水排放及综合利用模式

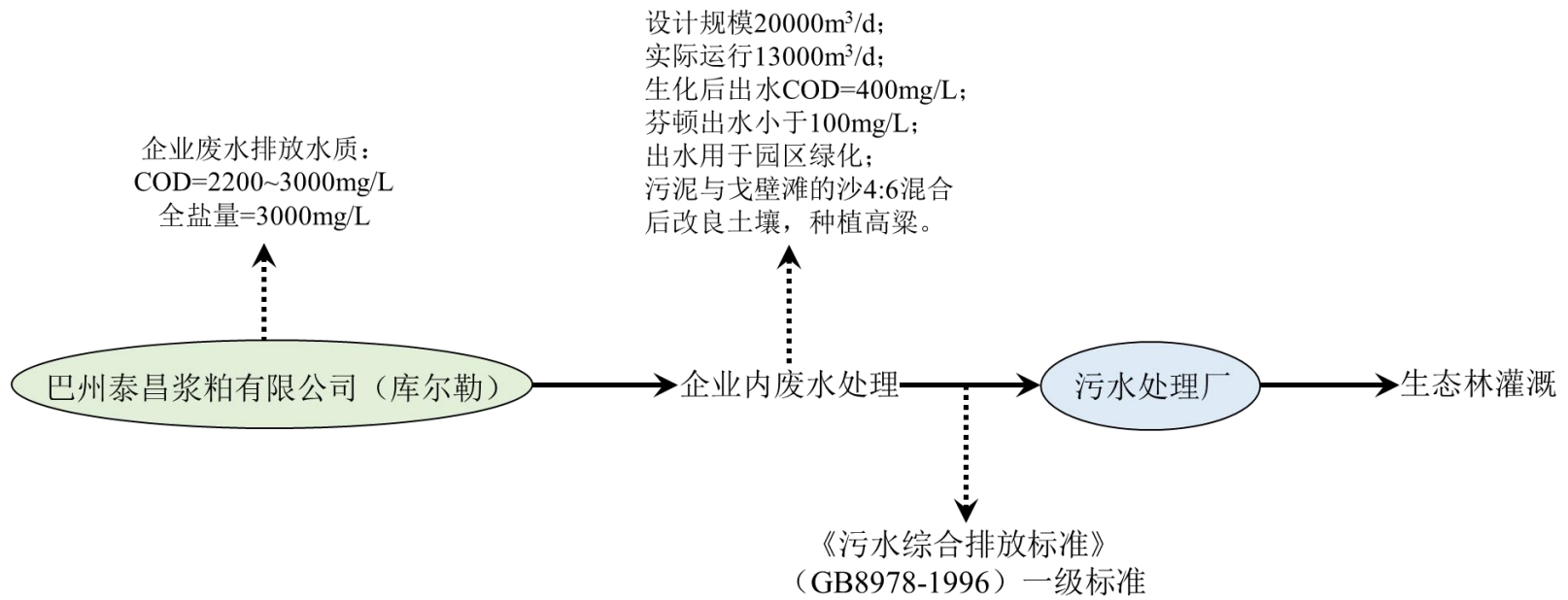


图 4.35 巴州泰昌浆粕有限公司（库尔勒）棉浆粕废水排放及综合利用模式

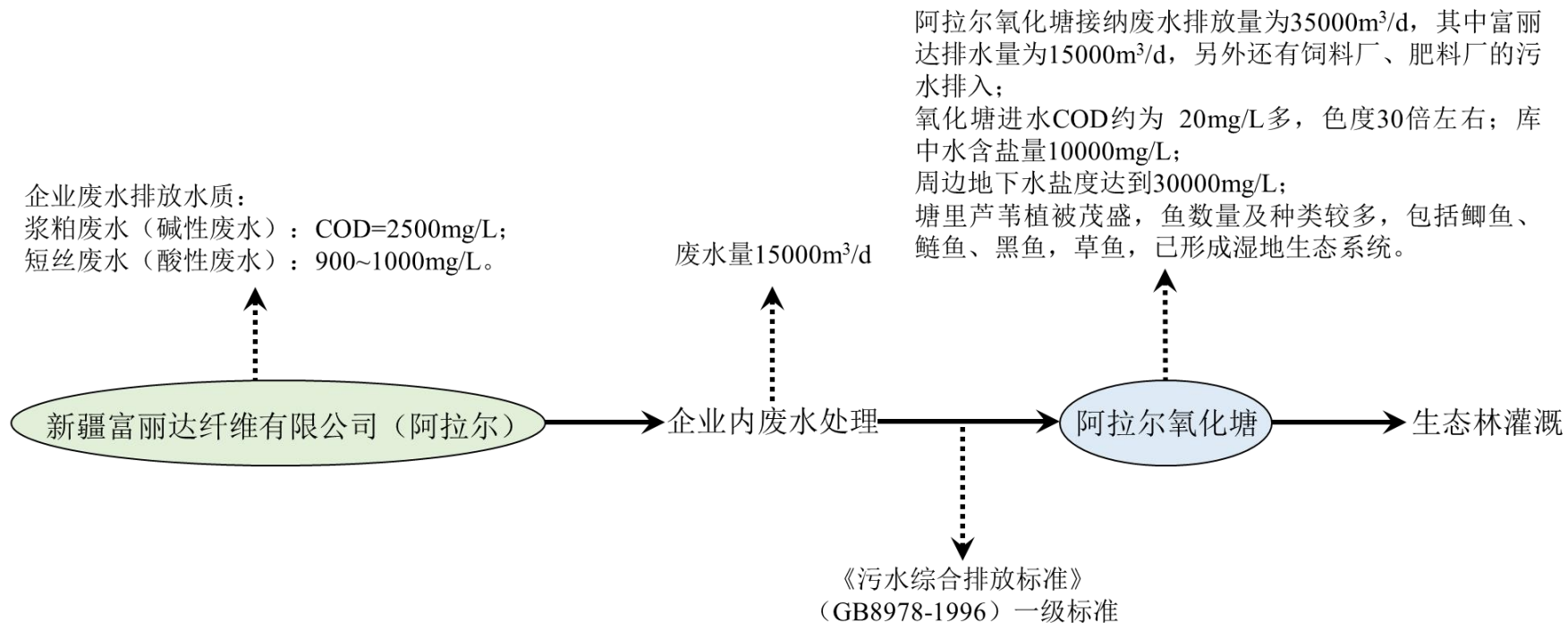


图 4.36 新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔）棉浆粕和黏胶纤维废水排放及综合利用模式

4.3 沙漠水库或稳定塘进水指标对生态系统及净化功能的影响

4.3.1 沙漠水库或稳定塘进水指标对生态系统完整性的影响

总结上述调研情况，发现沙漠水库或氧化塘进水污染物浓度及含盐量指标对沙漠水库的生态有一定规律性的影响。对蘑菇湖水库、西尼尔氧化塘、阿克苏纺织工业园终端稳定塘、润祥田蓄水库、皇公地蓄水库、梧桐沟蓄水库、群克水库、阿拉尔氧化塘 8 座调研的沙漠水库或稳定塘的水质与生态系统完整性对比分析见图 4.37。

	
<p>蘑菇湖水库：来水为石河子城市污水处理厂出水，全盐量 356mg/L； BOD₅、总氮、总磷、砷、硫酸盐均超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V 类标准，劣 V 类地表水水质；库中无植被，库中有野鸭。</p>	<p>西尼尔氧化塘：来水为库尔勒纺织服装城印染废水处理厂出水和其它污废水，水库水质含盐量 2000 mg/L 左右，目前出水水质 COD 为 188mg/L，水库植被生长情况良好。</p>
	
<p>阿克苏纺织工业城终端稳定塘：水库来水为阿克苏纺织工业城废水处理厂出水，库中水劣 V 类地表水水质，COD 较高；监测点全盐量大部分在 1660~6260mg/L 范围之内，岸边有盐渍并有一定量植被；稳定塘库区周边土壤水溶性总盐 3.2~359.7g/kg，变化范围总体处于盐土范畴。</p>	<p>润祥田蓄水库：进库水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，COD=50~60mg/L；库中水的全盐量 2000~3000mg/L，调研采样全盐量为 3640mg/L；水库植被丰富，鱼类较多，生态链完整。</p>

	
<p>皇公地蓄水库：水库来水为塔河园区污水处理厂出水，进库水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（18918-2002）一级 A 标准；无含盐量数据，但库中水用于碳汇林灌溉时需与自来水混合，预计含盐量较高；岸边有少量植被，有较多水鸟。</p>	<p>梧桐沟蓄水库：来水全部为澳洋科技（玛纳斯）排水，进库水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，现场采样对库中水全盐量分析结果为 19300mg/L；库中有少量植被。</p>
	
<p>群克水库：来水全部为新疆富丽达纤维有限公司（库尔勒）排水，COD=19~71mg/L，达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准；库中水的全盐量为 18895mg/L；库中及库边植被较少，并有明显盐渍；库中水混合自来水，使总盐量下降至 10000mg/L 以下后用于生态林灌溉。</p>	<p>阿拉尔氧化塘：来水部分为新疆富丽达纤维有限公司（阿拉尔），部分为饲料厂、肥料厂的污水排入；氧化塘进水 COD 约为 20mg/L 多，库中水含盐量 10000mg/L；塘里芦苇植被茂盛，鱼数量及种类较多，包括鲫鱼、鲢鱼、黑鱼，草鱼，已形成完整的湿地生态系统。</p>

图 4.37 调研的 8 座沙漠水库或稳定塘的水质与生态系统完整性对比

从上述调研情况分析，蘑菇湖水库、西尼尔氧化塘、阿克苏纺织工业城终端稳定塘、润祥田蓄水库 4 个蓄水库水质全盐量较低（蘑菇湖水库：356mg/L；西尼尔氧化塘：2000mg/L 左右；润祥田蓄水库：2000~3000mg/L，现场采样实测值 3640mg/L）。同时，蘑菇湖水库、西尼尔氧化塘、阿克苏纺织工业城终端稳定塘 3 个水库的 COD、氮、磷等常规污染物指标较高，而润祥田蓄水库库中

COD=60~70mg/L，水质较好。对比水库植被生长情况，虽然4个水库中含盐量水平均较低，但水质较好的润祥田蓄水库植被生长情况明显较好，且有较多鱼类，形成了生态链完整的湿地系统。调研结果表明，在水库水质盐度较低的情况下，较低的COD、氮、磷等指标有利于水库形成完整的生态湿地系统，控制进库废水COD、氮、磷等污染物指标是构建沙漠湿地、改善沙漠生态环境、提升水环境质量及功能的必要措施。

同时，皇公地蓄水库、梧桐沟蓄水库、群克水库、阿拉尔氧化塘4个蓄水库水质全盐量较高（梧桐沟蓄水库：现场采样实测值19300mg/L；群克水库：18895mg/L；阿拉尔氧化塘：10000mg/L；皇公地蓄水库：无参考数据，但用于碳汇林灌溉时需与自来水混合，预计含盐量较高）。对比4个水质全盐量较高的水库，皇公地蓄水库、梧桐沟蓄水库、群克水库3个水库植被的生长较少，且库边有明显析出的盐渍，另外进库水质执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，在进库高盐及常规污染物指标较高的情况下，水库中植被生长明显受到抑制；但阿拉尔氧化塘虽然全盐量达到10000mg/L，但氧化塘进水COD仅为20mg/L左右，塘里芦苇植被茂盛，鱼数量及种类较多，包括鲫鱼、鲢鱼、黑鱼，草鱼，已形成完整的湿地生态系统。

综上分析，沙漠蓄水库中生态系统的完善程度是水中盐类和有机物、氮、磷等污染物综合作用的结果，盐类和有机物、氮、磷等指标对蓄水库中的生态链和生态系统具备协同作用。目前，新疆沙漠地区构建蓄水库，其主要功能是“冬贮夏用”，即在冬天蒸发量、灌溉用水量小的气候条件下用于贮存处理后的废水，夏天蒸发量、灌溉用水量大的气候条件下用于生态林灌溉。未来需从提升沙漠库区生态环境质量及功能的高标准要求出发，基于“无影响排放、水土涵养、构建沙漠绿洲”的理念，通过严控入库废水水质以提升沙漠蓄水库的生态景观、对水质的超净及深度处理功能，将沙漠水库建成具备防风固沙、水土涵养作用的沙漠绿洲。目前在西尼尔氧化塘及阿克苏纺织工业园污水排放终端稳定塘的污染治理及修复规划中体现了这一高标准理念及思路。在西尼尔氧化塘污染综合治理工程可行性研究报告中，未来将对西尼尔氧化塘实施清污清淤后建设1座生态湿地，用于接纳污水处理厂达标排放尾水，并形成“杭州西湖”景观格局，工程规模856

万m²（12836 亩，杭州西湖总面积为630 万m²），利用污水处理厂、污泥堆肥厂建设弃土堆置山坡、湖岸、隔堤等，湖内种植水生植物，放养鱼虾，形成生态湿地，氧化塘清污清淤工程采用“清污再建”方式，生态湿地采用“杭州西湖”总体景观格局设计、建设；同时，西尼尔氧化塘污染综合治理工程中，为进一步弘扬“生态环保”理念，拟建设环保生态公众教育中心项目，充分发挥在传播生态文化方面的作用，使其成为培育、传播生态文化的重要平台。

基于生态环境保护需求，要实现沙漠水库或稳定塘生态景观及超净、深度处理功能，必须严控进库水质指标：（1）控制进库水中COD、氮、磷等常规污染物指标，在水库或氧化塘中构建良好的生态环境，促进水库或氧化塘形成动物-植物-微生物的完整的生态链及其对水质的超净、深度处理功能，具体指标需结合涉及到进库水质的多个排放及综合利用标准及调研情况综合分析，例如目前执行的《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）、《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012），以及可参照的《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）等；（2）控制进库全盐量指标，使沙漠水库或氧化塘构建完整的生态链的环境条件，课题组前期调研结果沙漠水库中高盐环境确实对水库植被的完整性有较大影响，例如全盐量在10000~20000mg/L之间的梧桐沟蓄水库、群克水库及预估含盐量较高的皇公地蓄水库3个水库植被明显较少，只能生长少量芦苇等耐盐植物，高盐环境下对水库生态系统的抑制是重要原因之一。

4.3.2 沙漠水库或稳定塘进水盐度对超净、深度处理效果的影响

新疆印染废水排放及综合利用标准中涉及到的 COD、氮、磷等常规指标的选定将在后续涉及到标准限值制定的章节中进一步细化论证。因水库中全盐量的控制关系到废水处理建设脱盐设施而增加投资和运行成本的问题，并直接关系到企业和行业的可持续发展问题。针对棉浆粕、粘胶纤维及印染行业废水含盐量高及调研中高盐环境下抑制沙漠水库或稳定塘生态系统完整性的现状，基于进一步提升沙漠水库或氧化塘生态景观及超净、深度处理功能及以沙漠水环境质量改善的需求，需论证进库水质中含盐量对生态处理的影响及相互关系。

为阐明盐度对生态系统及生态处理功能的影响,课题组广泛查阅了国内外资料 and 文献,筛选出有参考价值多篇相关文献。研究表明^[1]: (1) 以种植耐盐挺水植物千屈菜(耐盐阈值为 1.0%)人工湿地为研究对象,与不加盐阶段相比,在 0.5%盐浓度下,有植物组与无植物组 TN 的平均去除率加盐后分别下降 9%与 24%,1.0%盐度水平下,植物萎蔫,TN 去除率降低至 28.1%;在 0.5%盐度下,有植物组与无植物组氨氮的平均去除率加盐后分别下降 9%与 33%,1.0%盐度水平下,氨氮去除率降低至 59.8%;(2) 在各盐浓度水平下(0.05%,0.5%,1.0%),*amoA* 基因丰度变化根际效应明显,植物根际大于非根际。并且随着盐浓度增加,*amoA* 基因丰度逐渐减小,*amoA* 基因所占百分比也减小近 50%,说明盐浓度通过抑制氨氧化菌生长而间接影响硝化效果;(3) 对人工湿地系统在不同浓度盐胁迫下植物根际与非根际土壤 DNA 样品的 OTU 聚类情况分析可知,在 0.5%盐胁迫下植物在维持土壤中微生物群落多样性方面发挥了一定作用。在 0.05%和 0.5%盐浓度水平下植物可以丰富菌群多样性,并且随着盐度升高,样品特有的 OTU 数目逐渐降低。由上述研究结论可知,高盐胁迫下人工湿地系统脱氮效果受到抑制,最适宜保持人工湿地高效脱氮、植物活性、微生物种群丰度及活性的盐度为 0.05%~0.5% (500~5000mg/L) 以下。研究表明^[2],针对控制排水限制了排水沟盐分输出,可能会对农田湿地产生危害的问题,建立了农田湿地水盐平衡模型;分析结果显示,现状排水条件下,湿地系统水量排出比为 0.42,达到稳定状态时间约为 4 年,稳定时的湿地盐分浓度约为 5.74 g/L,湿地系统能够健康运行。利用复合人工湿地工程处理滨海盐碱地区初期雨水和微污染河水,总氮去除率低也归因于盐度的影响,如在正常情况下该系统能对总氮达到 85%以上的净化效果,但若将进水中含盐量提高至 6750~6860mg/L,总氮的去除率明显下降至 20.9%^[3]。研究表明^[4],在湿地生活污水模拟进水盐度为 0.15%、0.3%和 0.6%条件下,炉渣填料组合潜流人工湿地和沸石填料湿地对 COD 的去除率随着进水盐度的提高而降低,在 3 个不同盐度条件下炉渣填料组合潜流人工湿地的 COD 去除率分别为 82.1%、81.5%和 80%,沸石填料水平流湿地 COD 的去除率分别为 77.7%、74.1%和 68%;两种填料对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 的去除率随盐度的提高都呈现先升高后降低的现象,炉渣填料湿地的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率分别为 91.2%、99%和 90%,TN 去除率

分别为 97%、99.6%和 93.9%；沸石填料湿地 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率分别为 42.4%、46.4%和 21%，TN 去除率分别为 66%、81.7%和 61.4%；研究表明，湿地用于生活污水处理 COD 去除及脱氮 6000 mg/L 以下。以配制的人工海水为研究对象（COD=60mg/L），盐地碱蓬系统的 COD 去除率随盐度增加而减少，在盐度 0.7% 时 COD 相对去除率最高，为 83.44%；芦苇系统的 COD 相对去除率随着盐度增加先增加后减少，在 0.7%达到最大 88.54%^[5]。对盐碱湿地芦苇根茎和幼苗生长的影响研究表明^[6-7]，随盐度的增加，株高、相对增长速率、叶面积和比叶面积显著降低；当盐度为 0~5‰、 NH_4NO_3 含量为 11.25~90 g/m² 时，芦苇幼苗生长相对较好。研究表明^[8]，矿化度分别为 2、4、6、8、10 和 12 g/L 的条件下，芦苇在 6g/L 以下矿化度咸水胁迫下，超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化物酶（POD）、过氧化氢酶（CAT）3 种酶的活性增加较平缓，保护酶活性提高，可有效消除自由基和活性氧，从而减轻其受伤害程度；由此说明，矿化度为 6g/L 以下的咸水灌溉对芦苇的正常生长影响不显著。不同填料人工湿地对含盐污水中的氨氮、总磷吸附效果表明，盐度在 0.6%以下时，炉渣、陶粒和沸石对吸附去除效果不会产生显著影响^[9]。芦苇虽然可在海水浓度为 2.40%下能正常生长，有较强的耐盐性，但随着盐水浓度的增加，芦苇的株高、鲜重、干重、产量、纤维素含量都呈现降低的趋势，而用浓度为 0.30%以下的盐水灌溉，不会降低芦苇的生物量、产量和品质^[10]。以芦苇表流湿地农业面源污水，在较高盐度（0.5%和 1.0%）胁迫下，其出水 TN 浓度较淡水组和 0.2%盐度组有显著升高，表明随着盐度升高，0.5%和 1.0%盐度组芦苇湿地的脱氮效率受到明显抑制，去除率分别下降了 9.0%和 31.8%^[11]。在盐度的胁迫下，不同功能的微生物群落有不同的响应机制和耐受范围，0.5%的盐度即可导致氨氧化菌（AOB）活性降低 17%，而 2.0%的盐度则可抑制 62%的 AOB 活性^[12]。对中国西北部相思湖湿地微生物多样性随盐度的变化研究表明^[13]， β -变形菌通过内部基因变化在盐度 0.34~6.86g/L 范围内可维持平衡生长，但在盐度升高至 26.18g/L 时，相对丰度从 62.2%急剧下降至 16.0%。在研究盐度对非盐生湿地大型植物生长的影响时，发现盐度在 5000mg/L 以上时草属和荸荠属大型植物的生长速率显著降低^[14]。盐度对河口湿地生化过程影响的研究表明，与 0.3%的低盐环境相比，0.5%与 1.0%的高盐处理组使土壤的呼吸速率

降低 47~57%，DOC 浓度降低 47~55%^[15]。在盐度梯度分别为 0、0.5、1.0、2.0、2.5 和 3%的条件下，除含盐量 0.5%的条件之外，芦苇发芽率和发芽速度呈现随盐度增加而降低的趋势，芦苇种子发芽在盐度为 3%时彻底被抑制^[16]。以黄菖蒲表面流人工湿地处理含盐废水，在正常盐度范围内（0.13~0.15%），NH₄⁺-N 和 TN 去除率分别为 80%和 52%，在高盐度范围内（0.63~6.5%），NH₄⁺-N 和 TN 去除率分别降低了 27.0%和 37.0%；在高盐度条件下植物生物量和氮摄取分别降低了 32.1%和 50.1%，微生物种群丰度也受到高盐环境的影响^[17]。对 6500 公顷的香蒲湿地进水盐度分布及影响研究表明，为阻止香蒲的生长速率的降低，进水 TDS 不应超过 3.0g/L，尤其主要进水区域 TDS 不应超过 2.4~2.8 g/L，以保护香蒲健康生长^[18]。基于上述研究，总结生态处理效果与水中盐度的关系，见表 4.10。

表 4.10 生态处理效果与水中盐度关系

序号	研究内容	保证良好处理效果的盐度上限值 (mg/L)	参考文献
1	种植耐盐挺水植物千屈菜人工湿地脱氮	5000	[1]刘亚飞. 垂直流人工湿地处理含盐富营养化水效果与脱氮菌群分析[D].天津大学, 2016: 51
2	农田湿地排水排盐	5740	[2]李山.灌区控制排水条件下水盐调控及农田湿地盐分动态研究[D].西安理工大学, 2017: 100
3	复合人工湿地处理滨海盐碱地区初期雨水和微污染河水脱氮	6860	[3]徐志强, 秦忠强, 杜浩为.人工湿地处理滨海盐碱地区初期雨水和微污染河水[J].中国给水排水, 2016 (13): 6~9
4	生活污水炉渣填料、沸石填料人工湿地脱氮	6000	[4]郭好江.组合潜流人工湿地处理含盐生活污水的研究[D].中国海洋大学, 2014: 36~37
5	人工配制海水盐地碱蓬湿地系统脱氮除碳	7000	[5]刘佳宁.盐生植物人工湿地系统处理含盐废水的机制研究[D].山东大学, 2016: 35
6	盐度对盐碱湿地芦苇根茎和幼苗生长的影响研究	7000	[6]潘艳文.盐碱湿地芦苇根茎和幼苗生长的影响因子研究[D].中国科学院大学, 2018: 53 [7]潘艳文, 古勇波, 唐占辉, 姜明, 吕宪国, 姜彦景. 盐度和氮添加对盐碱湿地芦苇幼苗生长及生物量分配的影响. 土壤与作物, 2018, 7 (2) :259~263
7	咸水灌溉对芦苇幼苗生长和生理生化特性的影响	7000	[8]李强, 王秀萍, 刘雅辉, 等. 咸水灌溉对芦苇幼苗生长和生理生化特性的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23

序号	研究内容	保证良好处理效果的盐度上限值 (mg/L)	参考文献
			(7) :179~183
8	不同填料人工湿地对含盐污水中的氨氮、总磷吸附效果	6000	[9]秦娟娟.人工湿地填料对含盐污水中污染物吸附性能研究.中国海洋大学, 2014: 23~33
9	芦苇灌溉时水中盐度对芦苇生长的影响	3000	[10]张爽, 郭成久, 苏芳莉等.不同盐度水灌溉对芦苇生长的影响[J].沈阳农业大学学报, 2008, 39 (1) :65~68.
10	农业面源污水芦苇表流湿地脱氮	5000	[11]蔡舰, 白承荣, 巴图那生, 娜仁格日乐, 高光. 盐度对芦苇(<i>Phragmites australis</i>)表流湿地除氮效果的影响.湖泊科学, 2017, 29 (6) :1350-1358
11	盐度对生活污水脱氮AOB活性及硝化作用的影响	5000	[12]张宇坤, 王淑莹, 董怡君. NaCl 盐度对氨氧化细菌活性的影响及动力学特性. 中国环境科学, 2015, 35 (2) :465~470
12	对中国西北部相思湖湿地微生物多样性随盐度的变化研究	6860	[13]Lei Zhang , Guang Gao , Xiangming Tang, Keqiang Shao, Sai Bayartu , and Jiangyu Dai. Bacterial community changes along a salinity gradient in a Chinese wetland. Can. J. Microbiol., 2013, 59: 611~619
13	盐度对非盐生湿地大型植物生长的影响	5000	[14]Caitlin Johns , Mike Ramsey , Dorothy Bell, Glenda Vaughton. Does increased salinity reduce functional depth tolerance of four non-halophytic wetland macrophyte species? Aquatic Botany , 2014, 116:13~8
14	盐度对河口湿地生化过程影响	3000	[15]Jisong Yang, Chao Zhan, Yunzhao Li, Di Zhou, Yang Yu, Junbao Yu. Effect of salinity on soil respiration in relation to dissolved organic carbon and microbial characteristics of a wetland in the Liaohe River estuary , Northeast China. Science of the Total Environment, 2018, 642: 946~953
15	黄河三角洲滨海湿地盐度和水深对芦苇发芽的影响	3000	[16]Junbao Yu , Xuehong Wang , Kai Ning, Yunzhao Li, Huifeng Wu, Yuqin Fu, Di Zhou, Bo Guan, Qianxin Lin. Effects of Salinity and Water Depth on Germination of <i>Phragmites australis</i> in Coastal Wetland of the Yellow River Delta. Clean-Soil, Air, Water, 2012, 40 (10): 1154~1158

序号	研究内容	保证良好处理效果的盐度上限值 (mg/L)	参考文献
16	含盐废水黄菖蒲表面流人工湿地脱氮	6300	[17]Yajun Qiao , Penghe Wang , Wenjuan Zhang, Guangfang Sun, Dehua Zhao, Nasreen Jeelani, Xin Leng and Shuqing An. Elevated salinity inhibits nitrogen removal by changing the microbial community composition in constructed wetlands during the cold season. Marine and Freshwater Research, 2018, 69: 802~810
17	6500 公顷的香蒲湿地进水盐度分布及对香蒲生长的影响	3000	[18]Jaqueline García-Hernández , Karl Flessa , Edith Santiago-Serrano , Socorro Romero-Hernández , Francisco Zamora-Arroyo , Jorge Ramírez-Hernández.Salinity responses to inflow alterations in a 6500 ha Typha wetland.Ecological Engineering, 2013, 52:191~202
盐度上限平均值	—	5339	—

从目前国内外研究及应用并结合课题组对沙漠水库及氧化塘的调研情况分析,要使湿地保持良好的净化功能,同时构建湿地植物-微生物良性生态增殖及净化系统,湿地进水含盐量宜控制在 5300mg/L 范围内。

上述研究表明,通过控制沙漠水库或氧化塘进水水质中常规污染物和全盐量指标,可改善沙漠水库或氧化塘中水环境因子,获得良好的生态系统及正常的处理功能。基于实现高标准提升沙漠水库或稳定塘水环境质量及功能的目标,需使沙漠水库或氧化塘对进水具有深度、超净处理作用,不仅能在库区形成水质感官良好的生态景观,而且经沙漠水库或氧化塘深度、超净处理后的水可用于灌溉作为土壤、地下水的优质补水,通过水土涵养达到防风固沙、改善沙漠库区地下水水质、缓解沙尘暴、扬沙和浮尘气候目的。

近年来,由于生态法具有天然、绿色、易于维护、运行成本等原因,国内外聚焦生态法深度处理污废水二级生化出水开展了大量研究,总结见表 4.11。采用新型四级串联垂直流人工湿地对污水处理厂的二级出水进行深度处理^[9],平均水

力负荷为 $0.0225 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，系统采用潮汐流方式（运行周期为 6 h）；通过交替运行，创造好氧/缺氧环境以实现脱氮，并选用具有良好吸附性能的建筑固体废弃物为人工湿地填料以强化除磷；当进水总磷、氨氮、总氮、COD 分别为 $1.39\sim 3.63\text{mg/L}$ 、 $20\sim 28.78\text{mg/L}$ 、 $30.68\sim 43.7\text{mg/L}$ 、 $22.1\sim 36.72\text{mg/L}$ 时，相应出水浓度分别为 $0.26\sim 0.64\text{mg/L}$ 、 $1.08\sim 2.36 \text{ mg/L}$ 、 $6.6\sim 35.54 \text{ mg/L}$ 、 $16.08\sim 27.88\text{mg/L}$ ，去除率分别为 74.67%、95.48%、43.71%、23.20%。人工湿地应用于城市污水厂出水的深度处理^[20]，进水水质：COD= $10.2\sim 22.9\text{mg/L}$ ，TN= $9.11\sim 14.37 \text{ mg/L}$ ，TP= $0.06\sim 0.9 \text{ mg/L}$ ，对 SS 和浊度平均去除率分别为 85%和 70%，COD 平均去除率为 30%左右，TN 的平均去除率为 20~25%；一般填料和粉煤灰碎砖块填料人工湿地 TP 平均去除率分别可达 70~75%和 87%。温室型人工湿地深度处理城市污水，在最佳水力停留时间（HRT）为 5d 的运行条件下，系统对进水 COD、氨氮及 TP 浓度分别为 $20\sim 36\text{mg/L}$ 、 $1.25\sim 3.25 \text{ mg/L}$ 和 $0.2\sim 0.35 \text{ mg/L}$ 的条件下，温室型人工湿地全年对其去除率分别可达到 50~71%、54~76%和 45~67%，出水浓度基本能够满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准要求^[21]。针对化工园区污水厂尾水水质和水量波动性较大、难降解物质多、B/C 低等特点，难以达到回用水要求，开展垂直流湿地-水平潜流湿地组合工艺深度处理化工园区污水厂尾水^[22]，整个湿地系统运行稳定，在进水 COD 为 $32.38\sim 40.98\text{mg/L}$ 、BOD₅ 为 $6.12\sim 8.56\text{mg/L}$ ，NH₄⁺-N、TN、TP 分别为 $1.46\sim 2.06\text{mg/L}$ 、 $2.77\sim 4.01\text{mg/L}$ 、 $0.034\sim 0.07\text{mg/L}$ 的条件下，出水 COD 为 $19.13\sim 24.31\text{mg/L}$ 、BOD₅ 为 $0.84\sim 1.62\text{mg/L}$ ，NH₄⁺-N、TN、TP 分别为 $0.04\sim 0.3 \text{ mg/L}$ 、 $0.48\sim 0.9$ 、 $0.01\sim 0.03\text{mg/L}$ ，其去除率分别为 43.2%、83.2%、90.3%、81.2%、64%，系统出水指标均达到地表水环境质量标准（GB 3838-2002）IV类。将生态湿地技术用于处理城市污水处理厂的尾水，运行结果表明，在进水 COD= $45.4\sim 48.9\text{mg/L}$ 、BOD₅= $8.5\sim 9.3\text{mg/L}$ 、NH₄⁺-N= $4.2\sim 4.6 \text{ mg/L}$ 、TP= $0.42\sim 0.45 \text{ mg/L}$ 的条件下，对 COD、BOD₅、NH₄⁺-N 和 TP 的平均去除率分别达到 60.1%、55.3%、76.6%和 57.8%以上，出水水质达到了《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中III类水的要求，有效削减了污染物的入河排放量^[23]。在昆明、长葛、合肥三个微曝气垂直流湿地实际工程运行中，对 COD 的平均去除率分别为 41.9%，30.8%，14.2%；对 NH₄⁺-N 的平均去

除率分别为 55.3%，52.2%，25.2%；对 TN 的平均去除率分别为 25.8%，18.7%，25.0%，对 TP 的平均去除率分别为 36.2%，30.2%，33.9%^[24]。在人工湿地深度处理生活污水的中试研究中，湿地进水为生活污水二级生化出水，COD=88.5~103.5mg/L，NH₄⁺-N=14.8~20.2mg/L，TP=1.71~3.06mg/L，建设后的人工湿地从 2010 年初开始运行至 2012 年底的 3 年连续运行，出水 COD 低于 50 mg/L，NH₄⁺-N 低于 5 mg/L，TP 低于 0.5mg/L，均优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准^[25]。以人工湿地深度处理常州市某度假区污水处理厂尾水的工程，工程设计处理规模为 5000 m³/d，进水 COD 为 60 mg/L、氨氮为 20 mg/L，出水可满足国家景观环境用水标准，通过构建人工景观湖实现了尾水的资源化利用^[26]。在位于山东省淄博市利用人工湿地和稳定塘组合系统对污水处理厂出水进行深度处理和综合利用的工程中^[27]，对城市污水进行截流处理的同时，对旧河道进行了整治，分三段依次建成潜流型湿地、表面流型湿地和稳定塘（人工湖），将污水处理厂出水引入湿地和稳定塘进行生态深度处理；在进水水质 COD≤50mg/L、BOD₅≤10mg/L、SS≤10mg/L、NH₄⁺-N≤10mg/L、TP≤0.5mg/L 的条件下，潜流型湿地在 NH₄⁺-N 和 TP 的去除中占主要作用，去除率分别为 90%和 62.6%；表面流型湿地为水生生物和鸟类提供了良好的生长和栖息环境；不仅改善了局部生态环境，同时为农业灌溉、水产养殖、水景休闲和城市杂用水提供了新的水源，实现了水资源的综合利用。山东某职业技术学院中水站主要处理生活污水，采用 A²O 工艺出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，经人工湿地-稳定塘系统处理后出水 COD=7.0~13.0mg/L，NH₄⁺-N=0.8~2.7 mg/L，TP=0.1~0.4 mg/L，达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB18920-2002）和《城市污水再生利用 景观环境用水水质标准》（GB/T18921-2002），出水可作为校园绿化和生态用水^[28]。以污水处理厂尾水为试验原水，进水水质条件为 COD = 16.2~36.9mg/L，BOD₅ = 5.1~8.2mg/L，NH₄⁺-N = 4.02~5.06mg/L，TN = 10.2~16.4mg/L，TP = 0.34~0.68mg/L；垂直流人工湿地+生态塘中试处理研究表明，湿地水力负荷 545.5mm/d，生态塘水力负荷 112.5mm/d 为最优工况；在最优工况条件下运行 1 年，组合工艺对 COD、NH₄⁺-N、TN 和 TP 的去除效果可高达 59.22%、81.06%、

93.11%、55.81%，出水达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类标准^[29]。基于不同填料和级配构建了 6 组中试规模的人工潜流湿地深度处理污水处理厂二级生化出水，当进水 COD 平均浓度在 59.46mg/L 时，6 组湿地的出水 COD 平均浓度为 18.13 mg/L，平均去除率为 69.50 %；当进水 NH₄⁺-N、TN 平均浓度分别在 4.01 mg/L 和 17.23 mg/L 时，各组湿地的出水 NH₄⁺-N 和 TN 平均浓度分别为 0.61 mg/L 和 5.61 mg/L，平均去除率分别达到 84.76%和 67.51%；当进水 TP 平均浓度在 1.29 mg/L 时，各组湿地出水 TP 平均浓度为 0.14mg/L，平均去除率可达到 89.03 %^[30]。以生态氧化池作为垂直流人工湿地的强化前处理工艺，将组合工艺应用于污水处理厂尾水深度处理，工程处理规模为 10000m³/d，进水为南畚朗污水处理厂出水，水质指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准；连续 12 个月的水质监测数据表明，深度处理系统运行稳定，对 COD、BOD₅、NH₄⁺-N 和 TP 的平均去除率分别为 61.8%、64.4%、82.6%、75.2%，出水水质优于《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 的 IV 类标准^[31]。某城市污水处理厂一期工程 (50000m³/d)，采用厂内倒置 AAO+厂外人工湿地处理工艺；厂内出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 B 类标准，湿地出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 类标准及《城市污水再生利用 景观环境用水》(GB/T18921-2002) 标准，该厂已稳定运行 5 年多，对 COD、BOD₅、TP、NH₄⁺-N、TN 和 SS 的年平均去除率分别可以达到 88.91%、96.13%、92.6%、97.04%、65.6%和 97.35%^[32]。利用垂直复合流模拟人工湿地系统对城市污水厂尾水进行深度处理研究，植物床选用美人蕉、菖蒲、茭草、芋头和象草混合栽种，采用石英砂为主体填料。人工湿地系统最佳运行条件为停留时间为 24 h、水力负荷 0.4 m³/ (m²·d)；连续稳定运行 10 个月，进水中 COD 为 11.10~32.16mg/L，出水 COD 为 6.24~18.82 mg/L，平均去除率为 42.07%；进水氨氮为 1.37~18.99mg/L，出水氨氮为 0.08~4.68mg/L，平均去除率为 76.65%；进水中总磷为 0.30~3.85mg/L，出水中总磷为 0.01~0.45mg/L，平均去除率为 88.92%；COD、氨氮和总磷均达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002) 标准^[33]。采用高效垂直流人工湿地+多级生态塘组合工艺对污水厂尾水进行深度

处理, 在进水 COD = 16.2~36.9mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ = 4.02~5.06 mg/L, TN = 10.2~16.4 mg/L, TP = 0.34~0.68mg/L 的条件下, 对 COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN 和 TP 的去除效果可高达 59.22%、81.06%、93.11%和 55.81%, 出水达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) IV类标准^[34]。用垂直潜流香蒲人工湿地去除冶炼厂二级出水中石油类污染物, 总石油烃去除率为 45~99%, 苯酚去除率高达 99~100%, 油脂类物质去除率为 70~80%, COD 去除率为 45~91%, 悬浮固体去除率为 46~88%^[35]。以种植莎草和狗牙根的表面流湿地深度处理尼日利亚卡杜纳市冶炼废水二级生化出水, 进水水质 COD=110.8~353.2mg/L, BOD=47.1~164.9mg/L, TDS =278.8 ± 112.7 mg/L, 浊度 56.8~116NTU, 获得良好的去除效果, 相应出水 TDS、浊度、BOD₅、COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、TP 去除率为 54%, 85%, 68%, 65%, 68%, 58% and 43%^[36]。包含反硝化和硝化两级间歇式运行的人工湿地, 在 45 日的长期运行中, 两级湿地中试系统对 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的平均去除率分别达到 92.9%、83.7%和 95.6%, 在反硝化部分具有较高的微生物丰度和反硝化菌比例, 在硝化部分则以具有氨氮氧化作用的 AOB 为主^[37]。中国北方大规模多级表面流人工湿地深度净化二级生化出水效果表明, 进水 COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 平均浓度分别为 45.3mg/L、4.5 mg/L, 出水 COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III类标准^[38]。香蒲人工湿地处理二级生化出水, 在水力停留时间 5d 的条件下, 对除三氯甲烷、1, 1-二氯丙酮之外的 11 种消毒副产物的去除率达到 90%以上^[39]。由塘和沼泽湿地组成的人工湿地应用于韩国的污水处理厂二级生化出水的深度处理, 对进出水指标 1 年之内现场监测了 50 次, 在进水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ =4.6mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ =6.8 mg/L, TN=14.6mg/L, TP=1.6mg/L 的条件下, 出水分别降至 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ =1.7mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ =5.3mg/L, TN=10.1mg/L 及 TP=1.1mg/L, 平均去除率大于 70%^[40]。日本曾建成 500m² 的浅层表面流人工湿地用以净化生活污水二级生化出水, 对氮、磷及锌的去除效果监测了 5 年, 湿地进水 TN、TP 平均平均浓度分别为 20.0mg/L、1.95mg/L, 相应的出水 TN、TP 平均值为 10.3mg/L、0.95mg/L, 可溶性 Zn 的浓度通过湿地处理后由 0.048mg/L 降至 0.023mg/L^[41]。由垂直流人工湿地、浮床和砂滤组成的复合人工湿地深度处理二级生化出水处理效果表明, 在整个运行过程中, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和

TN 的平均去除率分别为 98.83%、95.6%、98.05% 和 92.41%^[42]。通过评价 12 个水平流人工湿地（共计 18000 m²）深度处理二级生化出水对 16 中新兴污染物的去除效能，对 16 中新兴污染物的去除效能平均可达 43%^[43]。由垂直潜流、表面流及水平潜流组成的复合湿地对生活污水和工业废水混合废水的 6 年长期处理效果表明，对 COD、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、TN、TP、TSS、F⁻、Ni 和大肠杆菌的平均去除率分别为 70%、70%、34%、52%、45%、74%、21%、43%和 98%^[44]。面积为 4 公顷的人工湿地处理芬兰拉米污水处理厂出水，基于 1 年的监测数据，在非冰冻期温度较低的情况下 NH₄⁺-N 去除率可达 79%，NO₃⁻-N 去除率可达 71%，PO₄³⁻-P 的去除率可达 88%^[45]。采用 HPLC-MS/MS 监测污水处理厂二级生化出水中抗生素，采用水平潜流人工湿地深度处理二级生化出水，对二级生化出水中检测到的 2 种大环内酯类、2 种喹诺酮类、5 种磺胺类抗生素去除率达到 53.4~100%^[46]。

大量的研究及应用案例表明，生态处理对生活污水和工业废水低浓度生化出水有良好净化效果。未来纺织工业园污水处理厂出水除用于城市杂用水之外，另一个最终出路是排入沙漠水库及稳定塘。综合国内外文献及案例，优化调控沙漠水库及稳定塘进水水质的条件下构建生态超净、深度处理功能，具有较强的可行性。

表 4.11 生态处理低浓度二级生化出水的深度、超净处理效果

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
1	采用新型四级串联垂直流人工湿地对污水处理厂的二级出水进行深度处理	进水总磷、氨氮、总氮、COD 分别为 1.39~3.63mg/L 、 20~28.78mg/L 、 30.68~43.7mg/L、 22.1~36.72mg/L。	出水总磷、氨氮、总氮、COD 分别为 0.26~0.64mg/L、 1.08~2.36 mg/L、 6.6~35.54 mg/L、 16.08~27.88mg/L，去除率分别为 74.67%、95.48%、43.71%、23.20%。	[19]刘昌伟, 薛晨, 杨永哲, 程杰. 新型潮汐流人工湿地深度处理生活污水的研究. 中国给水排水, 2012, 28 (11): 10~13
2	人工湿地应用于城市污水处理厂出水的深度处理	进 水 水 质 : COD=10.2~22.9mg/L , TN=9.11~14.37 mg/L, TP=0.06~0.9 mg/L。	对 SS 和浊度平均去除率分别为 85%和 70%, COD 平均去除率为 30%左右, TN 的平均去除率为 20~25%; 一般填料和粉煤灰碎砖块填料人工湿地 TP 平均去除率分别可达 70~75% 和 87%。	[20]温小鹏.污水厂升级改造人工湿地深度处理技术研究[D].武汉理工大学, 2010: 22~24, 51
3	温室型人工湿地深度处理城市污水	系统进水 COD、氨氮及 TP 浓度分别为 20~36mg/L、 1.25~3.25 mg/L 和 0.2~0.35 mg/L。	在最佳 HRT 为 5d 的运行条件下, 温室型人工湿地全年对其去除率分别可达到 50~71%、 54~76%和 45~67%, 出水浓度基本能够满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准要求。	[21]马近伟.温室型人工湿地深度处理城市污水的研究[D].山东大学, 2018: 22~24, 49
4	针对化工园区污水厂尾水水质和水量波动性较大、难降解物质多、B/C 低等特点, 难以达到回用水要求, 开展垂直流湿地-水平潜流湿地组合工艺深度处理化工园区污水厂尾水的研究	进水 COD 为 32.38~40.98mg/L、BOD ₅ 为 6.12~8.56mg/L, NH ₄ ⁺ -N、TN、TP 分别为 1.46~2.06mg/L 、 2.77~4.01mg/L 、 0.034~0.07mg/L。	整个湿地系统运行稳定, 出水 COD 为 19.13~24.31mg/L、BOD ₅ 为 0.84~1.62mg/L, NH ₄ ⁺ -N、TN、TP 分别为 0.04~0.3 mg/L、 0.48~0.9、0.01~0.03mg/L, 其去除率分别为 43.2%、83.2%、90.3%、81.2%、64%, 系统出水指标均达到地表水环境质量标准 (GB 3838-2002) IV类。	[22]许明, 储时雨, 蒋永伟, 涂勇, 刘伟京, 肖椿. 太湖流域化工园区污水处理厂尾水人工湿地深度处理实验研究.水处理技术, 2014, 40 (5): 87~90
5	将生态湿地技术用于处理城市污水处理厂尾水	进 水 COD=45.4~48.9mg/L 、 BOD ₅ =8.5~9.3mg/L 、 NH ₄ ⁺ -N=4.2~4.6 mg/L、TP=0.42~0.45 mg/L。	对 COD、BOD ₅ 、NH ₄ ⁺ -N 和 TP 的平均去除率分别达到 60.1%、55.3%、76.6%和 57.8% 以上, 出水水质达到了《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中III类水的要求, 有效削减了污染物的入河排放量。	[23]张云. 生态湿地技术用于城市污水处理厂尾水深度处理.中国给水排水, 2017, 33 (4): 87~89

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
6	昆明、长葛、合肥三个微曝气垂直流湿地实际工程运行	—	对 COD 的平均去除率分别为 41.9%，30.8%，14.2%；对 NH ₄ ⁺ -N 的平均去除率分别为 55.3%，52.2%，25.2%；对 TN 的平均去除率分别为 25.8%，18.7%，25.0%，对 TP 的平均去除率分别为 36.2%，30.2%，33.9%。	[24]季宏康.人工增氧型湿地污染物降解动力学模型构建与工程实践[D].兰州科技大学, 2017:57
7	在人工湿地深度处理生活污水的中试研究中, 湿地进水为生活污水二级生化出水	进 水 COD=88.5~103.5mg/L , NH ₄ ⁺ -N=14.8~20.2mg/L , TP=1.71~3.06mg/L。	建设后的人工湿地从 2010 年初开始运行至 2012 年底的 3 年连续运行, 出水 COD 低于 50 mg/L, NH ₄ ⁺ -N 低于 5 mg/L, TP 低于 0.5mg/L, 均优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 标准。	[25]许兵.人工湿地深度处理污水处理厂试验研究[D].山东大学, 2013:88~89
8	以人工湿地深度处理常州市某度假区污水处理厂尾水的工程	工程设计处理规模为 5000 m ³ /d, 进水 COD 为 60 mg/L、氨氮为 20 mg/L。	出水可满足国家景观环境用水标准, 通过构建人工景观湖实现了尾水的资源化利用。	[26]张丽, 朱晓东, 邹家庆. 人工湿地深度处理城市污水处理厂尾水. 工业水处理, 2008, 28 (1): 85~87
9	山东省淄博市利用人工湿地和稳定塘组合系统对污水处理厂出水进行深度处理和综合利用的工程中, 包括潜流型湿地、表面流型湿地和稳定塘(人工湖), 将污水处理厂出水引入湿地和稳定塘进行生态深度处理	进水水质 COD≤50mg/L、BOD ₅ ≤10mg/L、SS≤10mg/L、NH ₄ ⁺ -N≤10mg/L、TP≤0.5mg/L。	潜流型湿地在 NH ₄ ⁺ -N 和 TP 的去除中占主要作用, 去除率分别为 90%和 62.6%; 表面流型湿地为水生生物和鸟类提供了良好的生长和栖息环境; 不仅改善了局部生态环境, 同时为农业灌溉、水产养殖、水景休闲和城市杂用水提供了新的水源, 实现了水资源的综合利用。	[27]丁永伟, 王宝贞, 王琳. 人工湿地和稳定塘在污水深度处理和综合利用中的应用. 水工业市场. 2009, 6: 48~58
10	山东某职业技术学院人工湿地—稳定塘中水回用工程	采用 A ² O 工艺出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准	经人工湿地—稳定塘系统处理后出水 COD=7.0~13.0mg/L, NH ₄ ⁺ -N=0.8~2.7 mg/L, TP=0.1~0.4 mg/L, 达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB18920-2002) 和《城市污水再生利用 景观环境用水水质标准》(GB/T18921-2002), 出水可作为校园绿化和生态用水。	[28]黄连光.人工湿地-稳定塘系统处理生活污水尾水研究[D].山东农业大学, 2016: 50~52

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
11	垂直流人工湿地+生态塘中试处理研究污水处理厂尾水	进水水质 COD=16.2~36.9mg/L , BOD ₅ =5.1~8.2mg/L , NH ₄ ⁺ -N=4.02~5.06mg/L , TN=10.2~16.4mg/L, TP=0.34~0.68mg/L;	湿地水力负荷 545.5mm/d, 生态塘水力负荷 112.5mm/d 为最优工况; 在最优工况条件下运行 1 年, 组合工艺对 COD、NH ₄ ⁺ -N、TN 和 TP 的去除效果可高达 59.22%、81.06%、93.11%、55.81%, 出水达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)IV类标准。	[29]段田莉.人工湿地+生态塘耦合深度处理污水厂尾水[D].青岛理工大学, 2016: 53~54
12	基于不同填料和级配构建了 6 组中试规模的人工潜流湿地深度处理污水处理厂二级生化出水,	进水 COD 平均浓度在 59.46mg/L。	6组湿地的出水COD平均浓度为18.13 mg/L, 平均去除率为69.50 %; 当进水NH ₄ ⁺ -N、TN 平均浓度分别在4.01 mg/L和17.23 mg/L时, 各组湿地的出水NH ₄ ⁺ -N和TN平均浓度分别为0.61 mg/L和5.61 mg/L, 平均去除率分别达到84.76%和67.51%; 当进水TP平均浓度在 1.29 mg/L时, 各组湿地出水TP平均浓度为 0.14mg/L, 平均去除率可达到89.03 %。	[30]欧阳凯.人工潜流湿地深度处理污水厂二级出水试验研究[D]. 河北工程大学, 2017: 55~56
13	以生态氧化池作为垂直流人工湿地的强化前处理工艺, 将组合工艺应用于污水处理厂尾水深度处理, 工程处理规模为 10000m ³ /d,	进水为南畲朗污水处理厂出水, 水质指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。	连续 12 个月的水质监测数据表明, 深度处理系统运行稳定, 对 COD、BOD ₅ 、NH ₄ ⁺ -N 和 TP 的平均去除率分别为 61.8%、64.4%、82.6%、75.2%, 出水水质优于《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)的IV类标准。	[31]廖波, 林武.强化型垂直流人工湿地用于污水处理厂尾水深度处理.中国给水 排水, 2013, 29 (16): 74~77
14	某城市污水处理厂一期工程 (50000m ³ /d), 采用厂内倒置 AAO+ 厂外人工湿地处理工艺;	厂内出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 B 类标准。	湿地出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级A类标准及《城市污水再生利用 景观环境用水》(GB/T18921-2002) 标准该厂已稳定运行5 年多, 对COD、BOD ₅ 、TP、NH ₄ ⁺ -N、TN和 SS的年平均去除率分别可以达到88.91%、96.13%、92.6%、97.04%、65.6%和97.35%。	[32]戴杨叶. 某城市污水处理厂二级出水的人工湿地深度处理运行效果分析. 净水技术, 2018, 37 (4): 96~100

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
15	利用垂直复合流模拟人工湿地系统对城市污水厂尾水进行深度处理研究, 植物床选用美人蕉、菖蒲、茭草、芋头和象草混合栽种。	进水 COD 为 11.10~32.16mg/L, 氨氮为 1.37~18.99mg/L, 总磷为 0.30~3.85mg/L。	采用石英砂为主体填料。人工湿地系统最佳运行条件为停留时间为24 h、水力负荷0.4 m ³ /(m ² ·d)。连续稳定运行10个月, 出水COD为 6.24~18.82 mg/L, 平均去除率为42.07%; 出水氨氮为 0.08~4.68 mg/L, 平均去除率为 76.65%; 出水中总磷为0.01~0.45mg/L, 平均去除率为88.92%; COD、氨氮和总磷均达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB T18921-2002) 标准。	[33]李艳红, 解庆林, 白少元, 游少鸿.利用人工湿地系统深度处理城市污水尾水. 环境工程, 2006, 24 (3): 86-89
16	采用高效垂直流人工湿地+多级生态塘组合工艺对污水厂尾水进行深度处理	进水 COD=16.2~36.9mg/L, NH ₄ ⁺ -N=4.02~5.06 mg/L, TN=10.2~16.4 mg/L, TP=0.34~0.68mg/L。	对COD、NH ₄ ⁺ -N、TN和TP的去除效果高达 59.22%、81.06%、93.11%和55.81%, 出水达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) IV类标准。	[34]段田莉, 成功, 郑媛媛, 罗思义. 高效垂直流人工湿地+多级生态塘深度处理污水厂尾水. 环境工程学报.2017, 11 (11): 5828~5835
17	用垂直潜流香蒲人工湿地去除冶炼厂二级出水中石油类污染物	—	总石油烃去除率为45~99%, 苯酚去除率高达 99~100%, 油脂类物质去除率为70~80%, COD去除率为45~91%, 悬浮固体去除率为 46~88%。	[35] Hassana Ibrahim Mustapha, Hans Johan Jacobus Albert van Bruggen1, Piet N. L. Lens. Vertical subsurface flow constructed wetlands for the removal of petroleum contaminants from secondary refinery effluent at the Kaduna refining plant (Kaduna, Nigeria). Environmental Science and Pollution Research. 2018, 25:30451-30462
18	以种植莎草和狗牙根的表面流湿地深度处理尼日利亚卡杜纳市冶炼废水二级生化出水	进水水质 COD=110.8~353.2mg/L, BOD=47.1~164.9mg/L, TDS=166.1~391.5 mg/L, 浊度 56.8~116NTU。	相应出水TDS、浊度、BOD ₅ 、COD、NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N、TP去除率为54%, 85%, 68%, 65%, 68%, 58% and 43%。	[36] Hassana Ibrahim Mustapha, J.J.A. van Bruggen, P.N.L. Lens. Vertical subsurface flow constructed wetlands for polishing secondaryKaduna refinery wastewater in Nigeria. Ecological Engineering. 2015, (84): 588-595

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
19	包含反硝化和硝化两级间歇式运行的人工湿地	—	在45日的长期运行中，两级湿地中试系统对TN、NH ₄ ⁺ -N 和NO ₃ -N的平均去除率分别达到92.9%、83.7%和95.6%，在反硝化部分具有较高的微生物丰度和反硝化菌比例，在硝化部分则以具有氨氮氧化作用的AOB为主。	[37]Shuang He , Yingmu Wang , Chuansong Li , Yancheng Li , Jian Zhou. The nitrogen removal performance and microbial communities in a two-stage deep sequencing constructed wetland for advanced treatment of secondary effluent. Bioresource Technology. 2018, 248: 82-88
20	中国北方大规模多级表面流人工湿地深度净化二级生化出水	进水 COD、NH ₄ ⁺ -N 平均浓度分别为45.3mg/L、4.5 mg/L。	出水COD、NH ₄ ⁺ -N达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III类标准。	[38] Haiming Wu , Jian Zhang , Wenshan Guo, Shuang Liang, Jinlin Fand. Secondary effluent purification by a large-scale multi-stage surface-flow constructed wetland: A case study in northern China. Bioresource Technology. 2018, 249: 1092-1096
21	香蒲人工湿地处理二级生化出水	—	在水力停留时间5d的条件下，对除三氯甲烷、1, 1-二氯丙酮之外的11种消毒副产物的去除率达到90%以上。	[39]Yi Chen, Yue Wen, Zhiru Tang, Ling Li , Yanlong Cai , Qi Zhou. Removal processes of disinfection byproducts in subsurface-flow constructed wetlands treating secondary effluent. Water Research.2014, 51: 163~171

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
22	由塘和沼泽湿地组成的人工湿地应用于韩国的污水处理厂二级生化出水的深度处理	对进出水指标1年之内现场监测了50次, 进水 $\text{NH}_4^+\text{-N}=4.6\text{mg/L}$, $\text{NO}_3\text{-N}=6.8\text{ mg/L}$, $\text{TN}=14.6\text{mg/L}$, $\text{TP}=1.6\text{mg/L}$ 。	出水分别降至 $\text{NH}_4^+\text{-N}=1.7\text{mg/L}$, $\text{NO}_3\text{-N}=5.3\text{mg/L}$, $\text{TN}=10.1\text{mg/L}$ 及 $\text{TP}=1.1\text{mg/L}$, 平均去除率大于70%。	[40] Dong-Gill Kim, Joohyun Park, Dowon Lee, Hojeong Kang. Removal of Nitrogen and Phosphorus from Effluent of a Secondary Wastewater Treatment Plant Using a Pond-Marsh Wetland System. Water Air Soil Pollut. 2011, 214: 37-47
23	日本曾建成 500m ² 的浅层表面流人工湿地用以净化生活污水二级生化出水	对氮、磷及锌的去除效果监测了5年, 湿地进水 TN、TP 平均浓度分别为 20.0mg/L、1.95mg/L, 可溶性 Zn 的浓度为 0.048mg/L。	相应的出水 TN、TP 平均值为 10.3mg/L、0.95mg/L, 可溶性降至 0.023mg/L。	[41] Kaoru Abe, Michio Komada, Akihito Ookuma, Sunao Itahashi, Kennji Banzai. Purification performance of a shallow free-water-surface constructed wetland receiving secondary effluent for about 5 years. Ecological Engineering. 2014, 69: 126-133
24	由垂直流人工湿地、浮床和砂滤组成的复合人工湿地深度处理二级生化出水	—	在整个运行过程中, $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 TN 的平均去除率分别为 98.83%、95.6%、98.05% 和 92.41%。	[42] Jibing Xiong, Guangli Guo, Qaisar Mahmood, Min Yue. Nitrogen removal from secondary effluent by using integrated constructed wetland system. Ecological Engineering. 2011, 37: 659-662
25	12 个水平流人工湿地 (共计 18000 m ²) 深度处理二级生化出水对 16 种新兴污染物的去除效能	—	对 16 种新兴污染物的去除效能平均可达 43%。	[43] Victor Matamoros, Yolanda Rodríguez, Josep M. Bayona. Mitigation of emerging contaminants by full-scale horizontal flow constructed wetlands fed with secondary treated wastewater. Ecological Engineering. 2017, 99: 222-227

序号	研究内容	进水水质	处理效果	参考文献
26	由垂直潜流、表面流及水平潜流组成的复合湿地对生活污水和工业废水混合废水进行长达6年的处理	—	对 COD、NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N、TN、TP、TSS、F ⁻ 、Ni 和大肠杆菌的平均去除率分别为 70%、70%、34%、52%、45%、74%、21%、43%和 98%。	[44]Yinghai Wu, Rui Han, Xunan Yang, Yukui Zhang, Renduo Zhang. Long-term performance of an integrated constructed wetland for advanced treatment of mixed wastewater. <i>Ecological Engineering</i> . 2017, 99: 91-98
27	面积为 4 公顷的人工湿地处理芬兰拉米污水处理厂出水	—	基于1年的监测数据,在非冰冻期温度较低的情况下NH ₄ ⁺ -N去除率可达79%, NO ₃ ⁻ -N去除率可达71%, PO ₄ ³⁻ -P的去除率可达88%。	[45] Sari Uusheimo, Jussi Huotari, Tiina Tulonen, Sanni L. Aalto, Antti J. Rissanen and Lauri Arvola. High nitrogen removal in a constructed wetland receiving treated wastewater in a cold climate. <i>Environmental Science & Technology</i> . DOI: 10.1021/acs.est.8b03032
28	采用 HPLC-MS/MS 监测污水处理厂二级生化出水中抗生素,采用水平潜流人工湿地深度处理二级生化出水	—	对二级生化出水中检测到的2种大环内酯类、2种喹诺酮类、5种磺胺类抗生素去除率达到53.4~100%。	[46]Chunhui Zhang, Ke Ning, Wenwen Zhang, Yuanjie Guo, Jun Chen and Chen Liang. Determination and removal of antibiotics in secondary effluent using a horizontal subsurface flow constructed wetland. <i>Environ. Sci.: Processes Impacts</i> . 2013, 15, 709-714

4.4 印染废水处理综合利用对土壤盐碱化的影响

因印染企业、收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂出水用于城市杂用水、生态林灌溉后最终的去向是土壤和地下水，盐度限值的确定直接关系到对土壤、地下水盐碱化的影响。就新疆的废水排放及综合利用具体情况而言，印染废水处理综合利用可参照标准的盐度限值包括：（1）《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB/T18920-2002）冲厕、道路清扫和消防，TDS：1500mg/L；（2）《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》（GB/T18920-2002）城市绿化、车辆冲洗，TDS：1000mg/L；（3）《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》（GB20922-2007）TDS：非盐碱土地区 1000mg/L，盐碱土地区 2000mg/L，露地蔬菜 1000mg/L；（4）《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005），全盐量：非盐碱土地区 1000 mg/L，盐碱土地区 2000 mg/L；（5）《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010），TDS：1000 mg/L。

上述标准中盐限值的可达性依据是：（1）从污废水的来源分析，生活饮用水卫生标准中 TDS 为 1000mg/L，城市生活污水 TDS 一般不超过 1500mg/L，因此，上述标准涉及到的 TDS 或全盐量为 1000 mg/L、1500 mg/L、2000 mg/L 的限值具有较好可达性，城市污水不需经脱盐设施处理一般就可满足要求；（2）从综合利用后去向分析，上述标准一般适用于土壤和地下水盐度背景值处于中等或较低的区域，这一区域植物及微生物对盐的耐受程度较低，同时综合考虑用于农田和绿地灌溉盐度对农作物及绿地植物生长的影响，因此全盐量或 TDS 限值为 1000~2000mg/L 的较低水平。而新疆沙漠地域广大，土壤、地下水含盐量普遍偏高。据课题组调研资料，阿克苏纺织工业城终端稳定塘库区周边土壤水溶性总盐含量为 3.2~359.7g/kg，库中底泥水溶性总盐在 2.4~181.4g/kg，潜层地下水溶解性总固体高达 17965.4~80666.6mg/L；梧桐沟蓄水库潜层地下水溶解性总固体高达 23200~36700mg/L；群克水库库区潜层地下水含盐量 9150~31200 mg/L。在沙漠高盐地区，植物及微生物普遍耐盐性能较强，同时本标准涉及到的印染废水处理综合利用仅限于生态林和经济植物及城市杂用水范围，不涉及进入食物链的农田灌溉，因而需结合沙漠高盐地区的具体情况制定印染废水盐排放限值。另外，印染行业普遍利润率较低，如果执行上述较为严格的盐排放限值，势必会

造成企业废水治理运行成本高而无法实现可持续发展的问題，如课题组在山东地区调研发现，尽管前期环境管理部门提出了印染企业 1600mg/L 的全盐量排放限值的指导意见，但由于脱盐成本高而无法真正实施。

就新疆的印染废水盐排放限值的制定而言，关键问题是处理后的印染废水用于城市杂用水、生态林灌溉时确保不会进一步促使土壤、地下水盐碱化。从调研情况分析，印染废水全盐量普遍在 4000~6000 mg/L 之内，接近 2~5g/L 微咸水的范畴。从理论上分析，沙漠水库所在地区均为盐碱土地区，采用的微咸水灌溉水不超过本底值，从盐、水总量平衡上不会增加负担；但关键是微咸水灌溉是否会引起表层土壤的盐碱化加剧，如超过沙漠生态林盐度耐受上限，则会影响生态林植物正常生长。

为节约灌溉水资源用量，国内外缺水地区干旱开展了大量微咸水灌溉的研究。我国利用微咸水灌溉已有 50 多年的历史^[47]，这些经验为微咸水灌溉的发展提供了可靠的基础。宁夏、甘肃、内蒙古、陕西、河南、河北、山东、新疆、辽宁等省区已开展微咸水灌溉的试验和生产实践。在以色列、美国、突尼斯、埃及等国家利用微咸水已经有较长的时间。以色列是一个干旱缺水的国家，采用先进的计算机控制系统，使咸水稀释，通过多为滴灌、喷灌方式，控制最佳灌水量给作物提供水、肥，实现了沙漠地区种植农作物的目标。美国西南部利用矿化度在 2.4~4.8g/L 微咸水灌溉棉花、甜菜、小麦等作物，棉花产量竟高于淡水灌溉。突尼斯大多数土壤为重质黏土，在作物生长阶段，土壤干燥容易板结和开裂，利用井水灌溉作物，大麦、高粱、苜蓿等能够正常生长。埃及利用改良土壤的排水直接、混合尼罗河淡水、交替灌溉作物（大麦、甜菜、野豌豆等）。阿尔及利亚、摩洛哥、巴基斯坦、德国以及瑞典等对咸水灌溉也获得了成功经验。

新疆印染废水处理后可否用生态林灌溉或城市杂用水用途，关键问题在于印染废水处理后可用于其盐度值是否会影响表层种植土壤含盐量，从而进一步促使土壤盐碱化及影响生态林及绿化植物生长。针对这一问题，近年来国内外开展了大量微咸水灌溉对土壤水盐分布及迁移转化影响的研究及应用，微咸水灌溉对土壤水盐迁移的影响及盐度限值相关研究及案例总结见表 4.12。

中国农业科学院山东陵县试验区于 1996 年开始进行微咸水灌溉利用研究，

分别采用 0、1、3、5、7、10、15g/L 等不同矿化度的水进行灌溉的小麦、玉米盆栽试验等，结果表明：在灌溉水含盐为 5g/L 时，比灌淡水略有减产，但幅度不大，从 1997~1999 年 3 年的数据分析，未见土壤积盐现象^[48]。在塔里木大学开展了阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究，阿拉尔灌区位于塔里木河上游冲积平原，为典型的极端干旱气候；经测定，试验区土样平均初始含盐量为 0.2%，属于轻度盐化盐碱土；采取矿化度分别为 0.7、2.5、3.7 g/L 三个水平微咸水进行灌溉，微咸水灌溉土壤含水率的变化规律表明土壤在竖直深度方向上灌水前后 0~40cm 范围含水率变化接近于 5%，40~100 cm 变化不显著，在纵向土层 0~40 cm 处盐分变化剧烈。2.5、3.7 g/L 微咸水处理的洗盐效果较为明显，将电导值大于 0.5 ms/cm 的土层淋洗至电导值 0.5 ms/cm 左右，实现了微咸水灌溉的淋洗效果，3.7 g/L 的矿化度较高的微咸水处理的洗盐效果最佳^[49]。2013 年和中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站开展的咸水灌规对土壤水盐分布和物理性质及作物生长的影响的研究表明^[50]，设计 9g/L、6g/L、3g/L、0.71g/L 四个不同的灌溉水矿化度，两年的数据表明，在充分灌溉条件下，不同灌溉水矿化度处理的含水率差异不大，9g/L 处理的含水率略低于 6g/L、3g/L 矿化度和淡水处理组；3g/L、6g/L 矿化度处理组土壤含盐量基本接近。在天津市静海县朱家村开展长期灌溉微咸水模拟试验^[51]，以当地浅层地下水为灌溉用水，其矿化度为 4.725 g/L，灌溉 8 年以后 0~5 cm 土层土壤全盐稳定在 0.5%左右，按土壤盐渍化分级标准处于弱盐渍化的水平，远低于沙漠耐盐植物对盐的耐受量。在石河子大学节水灌溉试验站开展 2 年生梭梭的不同矿化度咸水灌溉试验的表明^[52]，低矿化度（1g/L）微咸水灌溉条件下，梭梭的生长率明显比高矿化度（3g/L、6g/L）高，但 3g/L 与 6g/L 微咸水灌溉对梭梭株高影响相差很小。极其缺水的以色列沙漠地区较早开始利用微咸水进行农业灌溉的开发应用研究^[53]，上个世纪 60 年代开发成功滴灌系统，解决了水中所含盐分在作物根围附近停留积聚等问题，使得微咸水灌溉成为可能，使棉花、西红柿和瓜可以轻易接受最高浓度达 0.41%~0.47%的微咸水浇灌，虽然微咸水灌溉的作物在产量上会有所下降，但产品质量却得到提高。采用天津滨海新区中新生态城开展的咸水淋洗土壤的研究表明^[54]，在设置的 0.0、5.35、10.36、15.61、21.73、30.97g/L 等 5 个淋洗水盐度梯

度下，淋洗后淋洗液矿化度除 0.0g/L 的空白之外，5.35g/L 咸水淋洗液矿化度最高且土壤含盐率最低，土壤脱盐效率也最高（达到 80%），说明采用 5.35g/L 微咸水淋洗可有效脱除土壤表层盐度。美国西南部一些地区采用矿化度为 2.59~4.89g/L 的微咸水灌溉小麦、棉花、苜蓿和甜菜等作物，灌溉方式主要为微灌和传统地面灌，结果表明，与淡水灌溉相比微咸水灌溉时棉花没有减产或产量增加^[55]。突尼斯为了有效利用微咸水，在 1962 年成立了咸水灌溉研究中心，从咸水灌溉适宜的方法、作物以及气候条件几方面展开了研究，应用实践表明在微咸水灌溉条件下只要采用适宜的灌溉方法和管理措施，可用矿化度为 1.2~6.2g/L 的咸水灌溉小麦、棉花、玉米等作物，作物不会减产甚至增产，取得了良好的效果，且灌后四年土壤化学性质不会发生改变^[56]。在我国华北、西北以及沿海地带进行了麦秸覆盖条件下微咸水灌溉试验表明，在少水季节可以采用 2~5g/L 的微咸水进行棉花灌溉，在秸秆覆盖条件下灌水不会对土壤盐分及棉花生长产量造成太大的影响^[57]。在新疆生产建设兵团农八师石河子市西郊石河子大学农试场二连开展了咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的研究，结果表明经过整个棉花生育期的灌溉后淡水灌溉对土体范围内土壤总体有脱盐作用，灌溉水矿化度大于等于 3g/L 时灌水会产生积盐，但相比 1.2g/L 淡水灌溉时，灌溉水矿化度为 3g/L 时仅减产 10.74%^[58]。在新疆石河子大学节水灌溉实验站进行膜下微咸水滴灌棉花试验^[59]，灌溉水矿化度为 3.32g/L，分析了土壤盐分分布及其积累特征，滴头部位水分携带盐分向深层迁移，在滴灌中起着深层淋溶作用，这对于减缓上层土壤盐分积累具有积极意义。在山东省惠民县李栋村进行了棉花滴灌研究^[60]，碳酸氢钠型和氯化钠型咸水处理对土壤含水量的影响没有显著差异；利用 EC 值低于 8dS/m（含盐量约 5600mg/L）的咸水进行补灌，棉田 0~40 cm 土壤盐分积累不明显，灌溉水 EC 值为 10 dS/m（含盐量约 7000mg/L）的氯化钠型咸水灌溉在 0~100 cm 土壤盐分有明显的积累。在田间试验条件下，采用正常灌溉定额和淋洗灌溉定额 2 种灌溉水平，对小麦、葵花、玉米 3 种作物土壤水盐运移规律进行了研究^[61]，微咸水灌溉后，灌溉水盐度 2.0、4.0g/L 条件下在 100cm 土层内没有形成明显的盐分集中聚集，而灌溉水盐度 5.0、7.0、8.21 g/L 条件下盐分在 20~70 cm 土层内聚集，40 cm 处达到峰值。分别利用 2.5g/L、4.0 g/L 微咸水

灌溉夏玉米, 试验结果表明, 整个生育期 0~20cm 土层土壤盐分积盐不明显, 30cm 以下土层土壤盐分与土壤深度呈递增关系^[62]。海冰水灌溉对土壤水盐特性及棉花产量品质的影响研究表明, 当海冰水矿化度低于 0.5% 时, 可以显著增加 20~60cm 的土壤土层盐分的淋洗, 降低土层土壤的积盐率^[63]。用 7 g/L 咸水灌溉种植棉花, 采用咸水灌溉能提高土壤含盐量, 但并未超过棉花的耐盐度, 而且经过雨季的降水淋洗, 不会造成土壤明显积盐; 同时, 在秸秆覆盖条件下采用 7 g/L 咸水与淡水交替灌溉, 棉花的产量仅比对照减产 4.2%^[64]。在河北省馆陶县开展的两年一茬冬小麦微咸水灌溉利用研究表明, 用矿化度在 2~3g/L 之间、灌水定额大的微咸水灌溉不会产生明显的积盐现象^[65]。对矮化密植红枣微咸水含盐土壤不同矿化度水滴灌下土壤水盐的运移规律进行了研究, 1.16mS/cm 的高含盐土壤用矿化度为 3.7g/L 水灌溉, 洗盐率高于土壤含盐量为 0.12mS/cm 用矿化度 0.7g/L 水灌溉的洗盐效果^[66]。为分析地理秸秆体的排水抑盐效果, 在室内试验的基础上, 利用 HYDRUS-2D 模型模拟地理秸秆体条件下盐渍土水盐运移动态, 在控制土壤含盐量小于 2.55g/kg 条件下, 分别采淡水、矿化度为 3 和 5 g/L 的微咸水灌溉时, 地下水埋深应分别控制在 80、120 和 200 cm 以下^[67]。通过微区定位试验, 对苏北沿海滩涂区典型滩涂盐渍化土壤进行微咸水灌溉结合农艺处理的试验研究, 探讨了利用水盐调控措施防控该地区土壤盐渍化程度的可能性。当灌溉水矿化度达到 6 g/L 时, 石膏处理仍具有一定控盐效果, 但覆盖处理已不能控制土壤表层盐分含量的升高, 作物的生长开始受到影响; 当灌溉水矿化度达到 10 g/L 时, 各处理耕层均显著积盐, 作物生长受到显著影响^[68]。利用新疆库尔勒水管处重点灌溉实验站的水质, 研究了微咸水水质及灌水量对当地土壤水盐运移的影响, 进行了棉田不同灌水矿化度 (0.74、2.65、3.5、4.41 g/L) 及灌水量 (6、8、10 L) 下滴灌入渗试验, 微咸水可以增加土壤水平方向含水量, 但脱盐效果低于淡水滴灌条件, 3.5 g/L 微咸水滴灌在 0~40 cm 垂直土层盐分均值比平均初始值稍有增加, 而 10~40 cm 土层内没有盐分积累, 可满足耕作层内棉花的生长^[69]。在新疆玛纳斯河河滩荒地曾开展用咸水灌溉碱茅草的研究, 用 2.2~3.4g/L 咸水灌溉灌溉碱茅草地, 0~60cm 土层产生明显脱盐; 用 5.9~8.9 咸水灌溉碱茅草地, 头一年积盐, 但第二年脱盐明显, 为河流下游尾水和排渠矿化咸水利用途径及沙漠盐碱地改良

提供了理论依据^[70]。在位于沾化区下洼镇张王庄村周边的冬枣种植园开展微咸水灌溉对冬枣根区土壤水盐动态及效益的影响研究，冬枣滴灌与微喷灌采用的是含盐量不超过 3.0 g/L 的微咸水来进行灌溉，经过两次微咸水灌溉，滴灌与微喷灌土壤盐分含量整体均有向下运移的趋势，含量略有下降；土层深度 0~20 cm 处，滴灌土壤含盐量下降至 4.0 g/kg，微喷灌土壤含盐量下降至 3.6 g/kg；在土层深度 20~100cm 下的全盐含量下降程度比较，滴灌均高于微喷灌^[71]。利用识别后的 SWAP 模型，模拟预测了微咸水灌溉条件下土壤水盐及其均衡要素的转化关系和土壤的积盐趋势，采用盐浓度在 0.608~8.21g/L 范围内的咸水、淡水混灌，微咸水灌溉后在灌溉定额和灌溉水浓度不变的前提下，土壤盐分的积累随着时间的推移而呈递减趋势，大约在 10 年后盐分达到进出平衡状态，此时土壤的含盐量达到 0.1852 mg/cm³，比微咸水灌溉前增加 0.0822mg/cm³，但仍属于轻度盐渍土（土壤含盐量 0.126%），不会对土壤水土环境产生较大的影响^[72]。在准噶尔盆地南缘北疆石河子莫索湾垦区开展了微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究，在灌溉水矿化度为 3.086g/L 的条件下，在更高的灌水定额下，水分下渗到土壤深处，土壤开始以淋洗脱盐为主，上部土壤电导率反而比低灌水定额下更小，灌水定额和电导率之间有一定的平衡关系^[73]。在天津市静海县进行了微咸水灌溉试验，研究了微咸水灌溉对土壤盐分动态与作物产量的影响；结果表明，采用 3.7g/L 微咸水灌溉配合施用改良剂是该地区适宜的微咸水灌溉模式，微咸水灌溉下施用改良剂能提高土壤渗透性、降低土壤 pH 值和电导率及含盐量，在试验周期 0~60cm 的土层内未出现积盐现象；此外，微咸水灌溉时，施用改良剂可显著增加小麦穗数和玉米穗粒数，提高作物产量^[74]。通过微区定位试验研究了鲁西北低平原地区小麦玉米两熟制下微咸水灌溉对土壤盐分与作物产量的影响以及麦秸覆盖对微咸水灌溉土壤盐分的调控作用，结果表明麦季利用 3~5g/L 矿化度的微咸水补充灌溉，两年后没有发生积盐现象，微咸水灌溉带入土体的盐分通过咸淡水轮灌和雨季自然淋洗，1m 土体总盐量达到周年平衡，麦秸覆盖能够改善盐分在土体中的垂直分布，使土壤根系分布密集层保持较低盐分水平，缓解盐分对作物的危害，并有显著的增产效果^[75]。2013~2015 年在中国科学院南皮生态试验站进行了微咸水灌溉对土壤盐分平衡与作物产量的影响的大田试验，利用

小于 5g/L 的微咸水灌溉，与淡水灌溉相比，不会造成冬小麦产量降低，灌溉 1 次微咸水比雨养旱作处理增产 10%~30%，可用微咸水替代 1 次淡水；微咸水灌溉条件下冬小麦收获时土壤盐分有所积累，表层土壤含盐量大于 1g/L，影响下茬玉米的出苗和生长，但夏玉米播种后用 675~750m³·hm² 淡水灌溉可满足耕层淋盐需求，达到玉米生长的安全阈值，与淡水灌溉处理的玉米产量相比不减产^[76]。在山东陵县进行了 0、L、3、5、7、10、15g/L 等不同矿化度的水灌溉小麦、玉米的盆栽试验，在灌溉水含盐量为 5g/L 时，比灌淡水稍有减产，而矿化度大于 7g/L 时，小麦、玉米的株高和产量均有明显的下降趋势；利用微咸水灌溉（1~2）次，在一般降水年份的条件下不会导致土体积盐^[77]。在田间试验条件下采用正常灌溉定额和淋洗灌溉定额两种灌溉水平，对小麦进行了不同灌溉水浓度处理的灌溉试验，应用产量与灌水浓度的相关关系预测出小麦的耐盐度阈值在正常灌溉定额下为 4.0 g/L，淋洗定额下为 4.5 g/L，预测值与研究发现的灌水浓度临界值基本吻合^[78]。以山东省东营市垦利县棉花耕地为供试土壤开展微咸水灌溉模式对盐碱耕地土壤水盐运移规律的影响研究表明，对于矿化度为 2~5g/L 的微咸水，无论采用何种灌溉模式，入渗结束后土壤耕层盐分含量均小于冬小麦和棉花生育旺期的耐盐度；对于夏玉米和花生，只要选择合适的微咸水矿化度、咸淡水组合比例和次序，土壤耕层盐分亦不会对作物生育旺期生长产生危害^[79]。在国土资源部地下水科学与工程试验基地进行了小麦微咸水灌溉试验，对试验区作物种植整个生长过程中土壤含盐量和水分状况随时间的变化研究，探讨了微咸水灌溉对小麦产量的影响，4 个处理灌溉水的矿化度为 2.6g/L、5.1g/L、淡水、3.2g/L，尽管土壤初始条件存在差异，但灌不同矿化度的微咸水后，在 80~100cm 处，土壤含水量、含盐量在灌水前后变化较小^[80]。为了揭示微咸水间歇入渗特性，针对天津静海县试验站土样，在室内进行了微咸水垂直一维积水间歇入渗试验，研究了微咸水矿化度、钠吸附比和交替次序对土壤水盐运移的影响，当灌水矿化度等于或大于 5g/L 时，土壤出现轻度盐化，通过苜蓿返青期灌溉 5g/L 的微咸水，其表现出返青期苜蓿的耐盐能力足可以使 5g/L 的微咸水灌溉不会造成死苗或减产，相反微咸水灌溉之后反而优化了土壤和作物体内的养分平衡，使苜蓿的各项生理状况向有利于提高产量的方向发展，同时发现分枝期灌溉咸水将抑制苜蓿的生长，使

得株高降低，产量随之降低；综合考虑，针对天津静海当地的土壤结构，在淡水资源不足的情况下，采用咸淡咸轮流灌溉的方式有利于提高作物产量^[81]。根据中科院南皮生态农业试验站 2002~2005 年的冬小麦微咸水混灌田间试验资料，以淡水为对照研究了矿化度分别为 3、4、5 g/L 的微咸水混灌对土壤积盐率、土壤饱和浸提液钠吸附比（SAR）、冬小麦产量和产量构成因素以及水分利用效率的影响，从而确定适宜的灌溉水矿化度上限；通过对冬小麦产量和产量构成因素的分析可得，在非偏早年利用微咸水灌溉的矿化度不宜超过 3 g/L，偏早年不宜采用微咸水进行灌溉，或灌溉后应采取措施缓解盐分胁迫，水分利用效率与灌溉水矿化度呈负相关，综合各种因素可以认为 3g/L 是当地微咸水灌溉的矿化度的上限^[82]。为指导新疆绿洲微咸水膜下滴灌棉田管理，在新疆农一师灌溉试验站开展进行微咸水膜滴灌方式下土壤水盐状况的研究，以排渠水（矿化度 10.82g/L）和淡水（矿化度 0.36 g/L）的不同比例混合，设置灌溉水矿化度 0.36 g/L、3.00g/L、3.32 g/L、3.85g/L、4.52 g/L、5.59 g/L、10.82 g/L 等 7 个处理组，10.82 g/L 灌溉组滴灌的棉花植株根部长期处于干燥状态，根系的生长发育受到严重盐分与水分胁迫的影响无法深扎变粗，根系对土壤体积质量影响最弱^[83]。在天津市静海县朱家村村东三斗路南侧条田开展微咸水农田灌溉技术研究，利用 2.5~6.0 g/L 不同矿化度微咸水对冬小麦进行灌溉，冬小麦产量与微咸水矿化度呈负相关关系，与微咸水灌溉量呈正相关关系；4.0g/L 微咸水灌溉对土壤具有一定的脱盐作用；微咸水矿化度为 4.0 g/L 时土壤中的盐分积累达到 0.107%；利用微咸水灌溉，应选择耕层含盐量在 0.1%左右的土壤，矿化度小于 5.0g/L 的微咸水进行灌溉为宜^[84]。以取自山东省东营市垦利县的棉花耕地试验用土为研究对象，进行了咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究，当矿化度超过 4g/L 时，在 5~15 cm 土层深度范围内，直接灌溉使得土壤质量出现恶化，但先咸后淡组合灌溉有利于改善这一问题，且淡水比例越大，改善效果越明显^[85]。在石河子大学农学院试验站进行了为期 2 年的咸水滴灌棉田土壤盐分的积累与分布研究，试验设置 3 个灌溉水盐度水平，电导率为 0.35、4.61 和 8.04 dS/m，综合两年的试验结果，咸水和微咸水灌溉会导致滴灌棉田土壤盐分显著增加，积累效应明显；但在北疆地区，冬季降雪和春季降雨对土壤盐分具有较强的淋洗作用；因此，北疆地

区如能选择适宜盐度的灌溉水进行灌溉，强化灌溉管理，并充分利用冬季降雪融水和春季降雨对盐分的淋洗作用，将不会导致土壤盐分的持续积累^[86]。在河北省农林科学院旱作节水农业试验站进行咸水灌溉覆膜棉田水盐运移规律及耦合模拟研究，与第1年棉花播种时相比，第3年试验结束时盐度为1、3、5、7 g/L 灌水处理都出现脱盐，3g/L 和 5 g/L 灌水处理的成苗率与 1g/L 处理间的差异不显著，7 g/L 与 1 g/L 处理间的差异达显著水平，连续多年咸水灌溉下土壤水盐动态模拟预测表明 5g/L 和 7g/L 咸水已导致土壤发生了次生盐渍化，但 5g/L 处理仅导致了较低水平的轻盐渍化^[87]。

总结国内外研究及应用案例，将土壤表层积盐控制在较低风险的全盐量上限值取平均值，得出印染废水处理用于生态林灌溉、城市杂用水用途的全盐量上限值为 4860mg/L（取值 4800 mg/L），结果见表 4.12。结合调研情况，新疆沙漠生态林灌溉地区浅层地下水的盐度本底值普遍在 10000mg/L 以上，从理论上分析，采用 4800 mg/L 的微咸水灌溉不会增加灌区、土壤地下水的盐浓度负荷；另外，冬季积雪、春季降雨对土壤表层的盐淋洗作用及其对地下水的稀释作用，种植的耐盐植物对沙漠土壤的盐的吸收利用，并通过在沙漠生态林灌溉、城市杂用水时采用咸淡混灌、咸淡组合等使用方式，采用 4800mg/L 的全盐量限值可将土壤及地下水盐碱化的风险至于可控范围。对比上述关于保证生态处理的效果 5300mg/L 的盐度上限值，4800mg/L 可以作为近期（本标准实施之日起至 2025 年的“十三五”后期及“十四五”期间）印染企业或纺织工业园污水处理厂向沙漠水库或稳定塘排水的全盐量限值。

考虑到新疆印染产业的高标准发展需求，为进一步降低印染废水处理用于城市杂用水及沙漠生态林灌溉致使土壤表层积盐的风险，对表 4.12 中低于 4860 mg/L 盐度平均值的全盐量上限值数据进一步汇总分析，结果见表 4.13。从表 4.13 可以看出，在低于 4860 mg/L 盐度的平均值为 3760 mg/L，结合后续印染企业脱盐技术经济可达性分析，取值 3500 mg/L。以 3500 mg/L 作为新疆印染产业发展远期（2025 年之后）的印染企业或纺织工业园污水处理厂向沙漠水库或稳定塘排水的全盐量限值。

此外，课题组调研情况表明，阿克苏纺织工业城终端稳定塘未来拟用水库水

灌溉经济植物竹柳，用于中泰化学棉浆粕生产；阿拉尔氧化塘周边正在建设 300 万 m³ 的水库，以后将全部接纳富丽达的排水，水库水用于灌溉种植芦苇和生态林；皇公地水库存水采用水库水混合自来水的咸淡组合用于碳汇林的浇灌；梧桐沟蓄水库水采用咸淡组合的方式用于灌溉碳汇林。新疆前期的实践已初步证明沙漠水库中含盐水用于生态林灌溉的可行性。但使用沙漠水库或稳定塘中存水用于生态林灌溉，需采用“冬贮夏用”的模式，确保沙漠水库中不会因蒸发导致盐浓缩。

表 4.12 微咸水灌溉对土壤水盐迁移的影响及盐度限值

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
1	中国农业科学院山东陵县试验区于 1996 年开始进行微咸水灌溉利用研究, 分别采用 0、1、3、5、7、10、15g/L 等不同矿化度的水进行灌溉的小麦、玉米盆栽试验等	5000	在灌溉水含盐为 5g/L 时, 比灌淡水略有减产, 但幅度不大, 从 1997~1999 年 3 年的数据分析, 未见土壤积盐现象 ^[48] 。	[48]李志杰, 马卫萍, 刑文刚, 安文钰, 李守正.微咸水灌溉利用的综合调控技术研究. 土壤通报.2001, 32: 106~108
2	在塔里木大学开展了阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究	3700	3700 mg/L 的微咸水滴灌对土壤处理的洗盐效果最佳。	[49] 马洁, 朱珠, 姚宝林, 张豫, 叶含春.阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究. 节水灌溉.2010, 5: 40~45
3	在中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站开展的咸水灌溉对土壤水盐分布和物理性质及作物生长的影响的研究	6000	设计 9g/L、6g/L、3g/L、0.71g/L 4 个不同的灌溉水矿化度, 两年的数据表明, 充分灌溉条件下, 不同灌溉水矿化度处理的含水率差异不大, 9g/L 处理的含水率略低于 6g/L、3g/L 矿化度和淡水处理组; 3g/L、6g/L 矿化度处理组土壤含盐量基本接近。	[50]季泉毅.咸水灌溉对土壤水盐分布和物理性质及作物生长的影响[D]. 扬州大学, 2015: 14~19
4	在天津市静海县朱家村开展长期灌溉微咸水模拟试验, 以当地浅层地下水为灌溉用水, 其矿化度为 4.725 g/L	4725	灌溉 8 年以后 0~5 cm 土层土壤全盐稳定在 0.5% 左右, 按土壤盐渍化分级标准处于弱盐渍化的水平。远低于沙漠耐盐植物对盐的耐受量。	[51]张余良, 陆文龙, 张伟, 李悦.长期微咸水灌溉对耕地土壤理化性状的影响. 农业环境科学学报.2006, 25(4): 969~973
5	在石河子大学节水灌溉试验站开展 2 年生梭梭的不同矿化度咸水灌溉试验	6000	低矿化度 (1g/L) 微咸水灌溉条件下, 梭梭的生长率明显比高矿化度 (3g/L、6g/L), 但 3g/L 与 6g/L 微咸水灌溉对梭梭株高影响相差很小。	[52]汪宗飞, 何新林, 陈书飞, 雷成霞.幼年期梭梭对不同矿化度微咸水灌溉的响应. 石河子大学学报 (自然科学版). 2010, 28 (3): 366~369
6	极其缺水的以色列沙漠地区较早开始利用微咸水进行农业灌溉的开发应用研究	4700	上个世纪 60 年代开发成功滴灌系统, 解决了水中所含盐分在作物根围附近停留积聚等问题, 使得微咸水灌溉成为可能, 使棉花、西红柿和瓜可以轻易接受最高浓度达 0.41%~0.47% 的微咸水浇灌, 虽然微咸水灌溉的作物在产量上会有所下降, 但产品质量却得到提高。	[53]江河.以色列沙漠农业独领风骚. 新经济视窗.2007, 5:65~66
7	采用天津滨海新区中新生态城开展咸水淋洗土壤的研究	5350	在设置的 0.0、5.35、10.36、15.61、21.73、30.97g/L 等 5 个淋洗水盐度梯度下, 淋洗后淋洗液矿化度	[54]戴继航.咸水在滨海盐渍土盐分淋洗中的应用基础研究. 北京林业大学

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
			除 0.0g/L 的空白之外, 5.35g/L 咸水淋洗液矿化度最高且土壤含盐率最低, 土壤脱盐效率也最高(达到 80%), 说明采用 5.35g/L 微咸水淋洗可有效脱除土壤表层盐度。	[D].2012: 21~23
8	美国西南部一些地区采用矿化度为 2.59~4.89g/L 的微咸水灌溉小麦、棉花、苜蓿和甜菜等作物	4890	灌溉方式主要为微灌和传统地面灌, 结果表明, 与淡水灌溉相比微咸水灌溉时棉花没有减产或产量增加。	[55]Dutt G R, Pennington D A, Turner F Jr. Irrigation as a solution to salinity problems of river basins in salinity in water resources and reservoir. French: Ann Arbor Science Michigan. 1984:465~472
9	突尼斯为了有效利用微咸水, 在 1962 年成立了咸水灌溉研究中心, 从咸水灌溉适宜的方法、作物以及气候条件几方面展开了研究	6200	应用实践表明在微咸水灌溉条件下只要采用适宜的灌溉方法和管理措施, 可用矿化度为 1.2~6.2g/L 的咸水灌溉小麦、棉花、玉米等作物, 作物不会减产甚至增产, 取得了良好的效果且灌后四年土壤化学性质不会发生改变。	[56]Van Hoorn JW. Quality of irrigation water, limits of water and prediction of long-term effects in salinity seminar, Baghdad, irrigation and drainage. Rome FAO. 1971: 117~135
10	在我国华北、西北以及沿海地带进行了麦秸覆盖条件下微咸水灌溉试验	5000	在少水季节可以采用 2~5g/L 的微咸水进行棉花灌溉, 在秸秆覆盖条件下灌水不会对土壤盐分及棉花生长产量造成太大的影响。	[57]郑九华, 冯永军, 于开芹, 王兆峰, 袁秀杰. 秸秆覆盖条件下微咸水灌溉棉花试验研究. 农业工程学报.2002, 18(4):26~31
11	在新疆生产建设兵团农八师石河子市西郊石河子大学农试场二连开展了咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的研究	3000	经过整个棉花生育期的灌溉后淡水灌溉对土体范围内土壤总体有脱盐作用, 灌溉水矿化度大于等于 3g/L 时灌水会产生积盐, 但相比 1.2g/L 淡水灌溉时, 灌溉水矿化度为 3g/L 时仅减产 10.74%。	[58]李莎. 咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的试验研究. 石河子大学.2011:54
12	在新疆石河子大学节水灌溉实验站进行膜下微咸水滴灌棉花试验	3320	灌溉水矿化度为 3.32g/L, 分析了土壤盐分分布及其积累特征, 滴头部位水分携带盐分向深层迁移, 在滴灌中起着深层淋溶作用, 这对于减缓上层土壤盐分积累具有积极意义。	[59]孙林, 罗毅, 杨传杰, 张艳, 吉力力·阿不都外力.不同灌溉量膜下微咸水滴灌土壤盐分分布与积累特征. 土壤学报.2012, 49 (3): 428~435
13	在山东省惠民县李栋村进行了棉花滴灌研究	5600	碳酸氢钠型和氯化钠型咸水处理对土壤含水量的影响没有显著差异; 利用 EC 值低于 8dS/m(含	[60]孙泽强, 董亮, 王学君, 郑东峰, 董晓霞, 郭洪海, 田慎重, 刘盛林, 刘兆辉.

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
			盐量约 5600mg/L) 的咸水进行补灌, 棉田 0~40 cm 土壤盐分积累不明显, 灌溉水 EC 值为 10 dS/m (含盐量约 5600mg/L) 的氯化钠型咸水灌溉在 0~100 cm 土壤盐分有明显的积累。	不同类型咸水滴灌对土壤盐分的影响及棉花产量响应.中国土壤与肥料.2016(5): 130~137
14	在田间试验条件下, 采用正常灌溉定额和淋洗灌溉定额 2 种灌溉水平, 对小麦、葵花、玉米 3 种作物土壤水盐运移规律进行了研究	4000	微咸水灌溉后, 灌溉水盐度 2.0、4.0g/L 条件下在 100cm 土层内没有形成明显的盐分集中聚集, 而灌溉水盐度 5.0、7.0、8.21 g/L 条件下盐分在 20~ 70 cm 土层内聚集, 40 cm 处达到峰值。	[61] 杨树青, 杨金忠, 史海滨.不同作物种植条件下微咸水灌溉的土壤环境效应试验研究. 灌溉排水学报.2007, 26 (6): 55~58
15	分别利用 2.5g/L、4.0 g/L 微咸水灌溉夏玉米	4000	试验结果表明, 整个生育期 0~20cm 土层土壤盐分积盐不明显, 30cm 以下土层土壤盐分与土壤深度呈递增关系。	[62]乔冬梅, 齐学斌, 庞鸿滨, 吴海卿, 樊向阳, 朱东海, 胡超. 地下水作用下微咸水灌溉对土壤及作物的影响. 农业工程学报.2009, 25 (11): 55~61
16	海冰水灌溉对土壤水盐特性及棉花产量品质的影响研究表明, 当海冰水矿化度低于 0.5%时, 可以显著增加 20~60cm 的土壤土层盐分的淋洗, 降低土层土壤的积盐率 ^[63] 。	5000	当海冰水矿化度低于 0.5%时, 可以显著增加 20~60cm 的土壤土层盐分的淋洗, 降低土层土壤的积盐率。	[63]白洋. 海冰水灌溉对土壤水盐特性及棉花产量品质的影响[D]. 首都师范大学, 2011: 70
17	用 7 g /L 咸水灌溉种植棉花	7000	采用咸水灌溉能提高土壤含盐量, 但并未超过棉花的耐盐度, 而且经过雨季的降水淋洗, 不会造成土壤明显积盐; 同时, 在秸秆覆盖条件下采用 7 g /L 咸水与淡水交替灌溉, 棉花的产量仅比对照减产 4.2%。	[64]郑九华, 冯永军, 于开芹, 王兆峰, 袁秀杰.7 g /L 咸水灌溉棉花试验研究. 灌溉排水. 2002, 21 (3): 64~67
18	在河北省馆陶县开展的两年一茬冬小麦微咸水灌溉利用研究	3000	用矿化度在 2~3g/L 之间、灌水定额大的微咸水灌溉不会产生明显的积盐现象。	[65]王晶.河北省馆陶县微咸水利用研究. [D]. 河北工程大学, 2010: 47
19	对矮化密植红枣微咸水含盐土壤不同矿化度水滴灌下土壤水盐的运移规律进行了研究	3700	1.16mS/cm 的高含盐土壤用矿化度为 3.7g/L 水灌溉, 洗盐率高于土壤含盐量为 0.12mS/cm 用矿化度 0.7g/L 水灌溉的洗盐效果 ^[66] 。	[66] 姚宝林, 叶含春, 孙三民, 安巧霞. 红枣滴灌条件下灌水水质对土壤盐分分布的影响研究.水土保持研究.2011, 18 (2): 218~221
20	为分析地理秸秆体的排水抑盐效果, 在室	5000	在控制土壤含盐量小于 2.55g/kg 条件下, 分别采	[67]史栩帆, 张展羽, 陆培榕, 冯根祥,

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
	内试验的基础上,利用 HYDRUS-2D 模型模拟地理秸秆体条件下盐渍土水盐运移动态		淡水、矿化度为 3 和 5 g/L 的微咸水灌溉时,地下水埋深应分别控制在 80、120 和 200 cm 以下。	张泽民.秸秆排水体条件下微咸水灌溉土壤水盐运移模拟.中国农村水利水电.2018, 3: 72~76
21	通过微区定位试验,对苏北沿海滩涂区典型滩涂盐渍化土壤进行微咸水灌溉结合农艺处理的试验研究,探讨了利用水盐调控措施防控该地区土壤盐渍化程度的可能性。	6000	当灌溉水矿化度达到 6 g/L 时,石膏处理仍具有一定控盐效果,但覆盖处理已不能控制土壤表层盐分含量的升高,作物的生长开始受到影响;当灌溉水矿化度达到 10 g/L 时,各处理耕层均显著积盐,作物生长受到显著影响 ^[68] 。	[68]韩建均,杨劲松,姚荣江,陈效民.苏北滩涂区水盐调控措施对土壤盐渍化的影响研究.土壤.2012, 44 (3): 658~664
22	利用新疆库尔勒水管处重点灌溉实验站的水质,研究了微咸水水质及灌水量对当地土壤水盐运移的影响,进行了棉田不同灌水矿化度 (0.74、2.65、3.5、4.41 g/L) 及灌水量 (6、8、10 L) 下滴灌入渗试验	3500	微咸水可以增加土壤水平方向含水量,但脱盐效果低于淡水滴灌条件,3.5 g/L 微咸水滴灌在 0~40 cm 垂直土层盐分均值比平均初始值稍有增加,而 10~40 cm 土层内没有盐分积累,可满足耕作层内棉花的生长。	[69]王春霞,王全九,刘建军,张明,庄亮,潘洪彬.微咸水滴灌条件下土壤水盐分布特征试验研究.干旱地区农业研究.2010, 28 (6): 30~35
23	在新疆玛纳斯河河滩荒地曾开展用咸水灌溉碱茅草的研究	8900	用 2.2~3.4g/L 咸水灌溉灌溉碱茅草地, 0~60cm 土层产生明显脱盐;用 5.9~8.9 咸水灌溉碱茅草地,头一年积盐,但第二年脱盐明显,为河流下游尾水和排渠矿化咸水寻找利用途径提供了理论依据。	[70]张建新,王爱云.利用咸水灌溉碱茅草的初步研究.干旱区研究.1996, 13 (4): 30~33
24	在位于沾化区下洼镇张王庄村周边的冬枣种植园开展微咸水灌溉对冬枣根区土壤水盐动态及效益的影响研究	3000	冬枣滴灌与微喷灌采用的是含盐量不超过 3.0 g/L 的微咸水来进行灌溉,经过两次微咸水灌溉,滴灌与微喷灌土壤盐分含量整体均有向下运移的趋势,含量略有下降;土层深度 0~20 cm 处,滴灌土壤含盐量下降至 4.0 g/kg,微喷灌土壤含盐量下降至 3.6 g/kg。在土层深度 20~100 cm 下的全盐含量下降程度比较,滴灌均高于微喷灌。	[71]王天宇,王金童,徐征和,庞桂斌,刘精凯.节水灌溉.2017, 6: 46~54
25	利用识别后的 SWAP 模型,模拟预测了微咸水灌溉条件下土壤水盐及其均衡要素的转化关系和土壤的积盐趋势	8210	采用盐浓度在 0.608~8.21g/L 范围内的咸水、淡水混灌,微咸水灌溉后在灌溉定额和灌溉水浓度不变的前提下,土壤盐分的积累随着时间的推移而呈递减趋势,大约在 10 年后盐分达到进出平	[72]杨树青,史海滨,杨金忠.微咸水灌溉对土壤环境效应的预测研究.农业环境科学学报.2009, 28 (5): 961~966

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
			衡状态, 此时土壤的含盐量达到 0.1852 mg/cm ³ , 比微咸水灌溉前增加 0.0822mg/cm ³ , 但仍属于轻度盐渍土 (土壤含盐量 0.126%), 不会对土壤水土环境产生较大的影响。	
26	在准噶尔盆地南缘北疆石河子莫索湾垦区开展了微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究	3086	在灌溉水矿化度为 3.086g/L 的条件下, 在更高的灌水定额下, 水分下渗到土壤深处, 土壤开始以淋洗脱盐为主, 上部土壤电导率反而比低灌水定额下更小, 灌水定额和电导率之间有一定的平衡关系。	[73]李贞贞. 微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究[D]. 石河子大学.2011: 26
27	在天津市静海县进行了微咸水灌溉试验, 研究了微咸水灌溉对土壤盐分动态与作物产量的影响	3700	采用 3.7g/L 微咸水灌溉配合施用改良剂是该地区适宜的微咸水灌溉模式, 微咸水灌溉下施用改良剂能提高土壤渗透性、降低土壤 pH 值和电导率及含盐量, 在试验周期 0~60cm 的土层内未出现积盐现象; 此外, 微咸水灌溉时, 施用改良剂可显著增加小麦穗数和玉米穗粒数, 提高作物产量。	[74]杨军, 邵玉翠, 高伟, 任顺荣.微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量的影响研究. 水土保持通报.2013, 33 (2): 17~25
28	通过微区定位试验研究了鲁西北低平原地区小麦玉米两熟制下微咸水灌溉对土壤盐分与作物产量的影响以及麦秸覆盖对微咸水灌溉土壤盐分的调控作用	5000	结果表明麦季利用 3~5g/ L 矿化度的微咸水补充灌溉, 两年后没有发生积盐现象, 微咸水灌溉带入土体的盐分通过咸淡水轮灌和雨季自然淋洗, 1m 土体总盐量达到周年平衡, 麦秸覆盖能够改善盐分在土体中的垂直分布, 使土壤根系分布密集层保持较低盐分水平, 缓解盐分对作物的危害, 并有显著的增产效果。	[75]逢焕成, 杨劲松, 严惠峻. 微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量影响研究.植物营养与肥料学报.2004, 10 (6): 599-603
29	2013~2015 年在中国科学院南皮生态试验站进行了微咸水灌溉对土壤盐分平衡与作物产量的影响的大田试验	5000	利用小于 5 g/L 的微咸水灌溉, 与淡水灌溉相比, 不会造成冬小麦产量降低, 灌溉 1 次微咸水比雨养旱作处理增产 10%~30%, 可用微咸水替代 1 次淡水。微咸水灌溉条件下冬小麦收获时土壤盐分有所积累, 表层土壤含盐量大于 1g/L, 影响下茬玉米的出苗和生长, 但夏玉米播种后用	[76]陈素英, 邵立威, 孙宏勇, 张喜英, 李彦芬.微咸水灌溉对土壤盐分平衡与作物产量的影响. 2016, 24 (8): 1049~105

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
			675~750m ³ ·hm ² 淡水灌溉可满足耕层淋盐需求，达到玉米生长的安全阈值，与淡水灌溉处理的玉米产量相比不减产。	
30	在山东陵县进行了 0、3、5、7、10、15g/L 等不同矿化度的水灌溉小麦、玉米的盆栽试验	5000	在灌溉水含盐量为 5g/L 时，比灌溉淡水稍有减产，而矿化度大于 7g/L 时，小麦、玉米的株高和产量均有明显的下降趋势；利用微咸水灌溉（1~2）次，在一般降水年份的条件下不会导致土体积盐。	[77]李红, 李庆朝.微咸水灌溉对小麦、玉米及土壤盐分的影响. 山东农业大学学报(自然科学版).2007, 38(1): 72~74
31	在田间试验条件下采用正常灌溉定额和淋洗灌溉定额两种灌溉水平，对小麦进行了不同灌溉水浓度处理的灌溉试验	4500	应用产量与灌水浓度的相关关系预测出小麦的耐盐度阈值在正常灌溉定额下为 4.0 g/L，淋洗定额下为 4.5 g/L，预测值与研究发现的灌水浓度临界值基本吻合 ^[78] 。	[78]杨树青, 杨金忠, 史海滨. 微咸水灌溉对作物生长及土壤盐分影响的试验研究中国农村水利水电.2008, (7): 32~42
32	以山东省东营市垦利县棉花耕地为供试土壤开展微咸水灌溉模式对盐碱耕地土壤水盐运移规律的影响研究	5000	对于矿化度为 2~5g/L 的微咸水，无论采用何种灌溉模式，入渗结束后土壤耕层盐分含量均小于冬小麦和棉花生育旺期的耐盐度；对于夏玉米和花生，只要选择合适的微咸水矿化度、咸淡水组合比例和次序，土壤耕层盐分亦不会对作物生育旺期生长产生危害 ^l 。	[79]王乃江.微咸水灌溉模式对盐碱耕地土壤水盐运移规律的影响[D]. 山东理工大学.2016: 44
33	在国土资源部地下水科学与工程试验基地进行了小麦微咸水灌溉试验	5100	对试验区作物种植整个生长过程中土壤含盐量和水分状况随时间的变化研究，探讨了微咸水灌溉对小麦产量的影响，4 个处理灌溉水的矿化度为 2.6g/L、5.1g/L、淡水、3.2 g/L，尽管土壤初始条件存在差异，但灌不同矿化度的微咸水后，在 80~100cm 处，土壤含水量、含盐量在灌水前后变化较小。	[80]张亚哲, 高业新, 王建中, 张冰, 冯欣.微咸水灌溉条件下的土壤水盐动态变化研究.中国农村水利水电.2013, 1: 49~53
34	为了揭示微咸水间歇入渗特性，针对天津静海县试验站土样，在室内进行了微咸水垂直一维积水间歇入渗试验	5000	研究了微咸水矿化度、钠吸附比和交替次序对土壤水盐运移的影响，当灌水矿化度等于或大于 5g/L 时，土壤出现轻度盐化，通过苜蓿返青期灌溉 5g/L 的微咸水，其表现出返青期苜蓿的耐盐	[81]雪静.微咸水灌溉土壤水盐分布及苜蓿生长特征研究[D].西安理工大学.2009: 94

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
			能力足可以使 5g/L 的微咸水灌溉不会造成死苗或减产，相反微咸水灌溉之后反而优化了土壤和作物体内的养分平衡，使苜蓿的各项生理状况向有利于提高产量的方向发展吗，同时发现分枝期灌溉咸水将抑制苜蓿的生长，使得株高降低，产量随之降低；综合考虑，针对天津静海当地的土壤结构，在淡水资源不足的情况下，采用咸淡咸轮流灌溉的方式有利于提高作物产量。	
35	中科院南皮生态农业试验站 2002~2005 年的冬小麦微咸水混灌田间试验	3000	以淡水为对照研究了矿化度分别为 3、4、5 g/L 的微咸水混灌对土壤积盐率、土壤饱和浸提液钠吸附比 (SAR)、冬小麦产量和产量构成因素以及水分利用效率的影响，从而确定适宜的灌溉水矿化度上限；通过对冬小麦产量和产量构成因素的分析可得，在非偏早年利用微咸水灌溉的矿化度不宜超过 3 g/L，偏早年不宜采用微咸水进行灌溉，或灌溉后应采取措缓解盐分胁迫，水分利用效率与灌溉水矿化度呈负相关，综合各种因素可以认为 3g/L 是当地微咸水灌溉的矿化度的上限。	[82]吴忠东, 王全九.微咸水混灌对土壤理化性质及冬小麦产量的影响. 农业工程学报. 2008, 24 (6): 32~42
36	为指导新疆绿洲微咸水膜下滴灌棉田管理, 在新疆农一师灌溉试验站开展进行微咸水膜滴灌方式下土壤水盐状况的研究	5590	以排渠水(矿化度 10.82g/L)和淡水(矿化度 0.36 g/L) 的不同比例混合, 设置灌溉水矿化度 0.36 g/L、3.00g/L、3.32 g/L、3.85g/L、4.52 g/L、5.59 g/L、10.82 g/L 等 7 个处理组, 10.82 g/L 灌溉组滴灌的棉花植株根部长期处于干燥状态, 根系的生长发育受到严重盐分与水分胁迫的影响无法深扎变粗, 根系对土壤体积质量影响最弱。	[83]王毅, 王久生, 李爱卓.微咸水膜下滴灌对绿洲棉田土壤水盐特征的影响.西北农业学报.2011, 20 (12): 158~162
37	在天津市静海县朱家村村东三斗路南侧条田开展微咸水农田灌溉技术研究, 利用 2.5~6.0 g/L 不同矿化度微咸水对冬小麦进	5000	冬小麦产量与微咸水矿化度呈负相关关系, 与微咸水灌溉量呈正相关关系; 4.0g/L 微咸水灌溉对土壤具有一定的脱盐作用; 微咸水矿化度为 4.0	[84]邵玉翠, 张余良, 李悦, 严晔端, 安玉钗.微咸水农田灌溉技术研究.天津农业科学.2003, 9 (4): 25~35

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
	行灌溉		g/L 时土壤中的盐分积累达到 0.107%；利用微咸水灌溉，应选择耕层含盐量在 0.1%左右的土壤，矿化度小于 5.0g/L 的微咸水进行灌溉为宜。	
38	以取自山东省东营市垦利县的棉花耕地试验用土为研究对象，进行了咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究	4000	当矿化度超过 4g/L 时，在 5~15 cm 土层深度范围内，直接灌溉使得土壤质量出现恶化，但先咸后淡组合灌溉有利于改善这一问题，且淡水比例越大，改善效果越明显 ^[85] 。	[85]赵连东.咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究[D].山东理工大学.2017: 54
39	在石河子大学农学院试验站进行了为期 2 年的咸水滴灌棉田土壤盐分的积累与分布研究	5628	试验设置 3 个灌溉水盐度水平，电导率为 0.35、4.61 和 8.04 dS/m，综合两年的试验结果，咸水和微咸水灌溉会导致滴灌棉田土壤盐分显著增加，积累效应明显；但在北疆地区，冬季降雪和春季降雨对土壤盐分具有较强的淋洗作用；因此，北疆地区如能选择适宜盐度的灌溉水进行灌溉，强化灌溉管理，并充分利用冬季降雪融水和春季降雨对盐分的淋洗作用，将不会导致土壤盐分的持续积累 ^[86] 。	[86]曹永清，闵伟，许有飞，侯振安.咸水滴灌棉田土壤盐分的积累与分布.新疆农垦科技.2013，8：39~41
40	在河北省农林科学院旱作节水农业试验站进行咸水灌溉覆膜棉田水盐运移规律及耦合模拟研究	5000	与第 1 年棉花播种时相比，第 3 年试验结束时盐度为 1、3、5、7 g/L 灌水处理都出现脱盐，3g/L 和 5 g/L 灌水处理成苗率与 1 g/L 处理间的差异不显著，7 g/L 与 1 g/L 处理间的差异达显著水平，连续多年咸水灌溉下土壤水盐动态模拟预测表明 5g/L 和 7g/L 咸水已导致土壤发生了次生盐渍化，但 5 g/L 处理仅导致了较低水平的轻盐渍化。	[87]张俊鹏.咸水灌溉覆膜棉田水盐运移规律及耦合模拟 [D].中国农业科学院.2015: 129
全盐量平均值		4860	—	—

表 4.13 微咸水灌溉对土壤水盐迁移的影响及盐度限值（低于 4860mg/L）

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
1	在塔里木大学开展了阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究	3700	3700 mg/L 的微咸水微咸水对土壤处理的洗盐效果最佳。	[49] 马洁, 朱珠, 姚宝林, 张豫, 叶含春. 阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究. 节水灌溉. 2010, 5: 40~45
2	在天津市静海县朱家村开展长期灌溉微咸水模拟试验, 以当地浅层地下水为灌溉用水, 其矿化度为 4.725 g/L	4725	灌溉 8 年以后 0~5 cm 土层土壤全盐稳定在 0.5% 左右, 按土壤盐渍化分级标准处于弱盐渍化的水平。远低于沙漠耐盐植物对盐的耐受量。	[51] 张余良, 陆文龙, 张伟, 李悦. 长期微咸水灌溉对耕地土壤理化性状的影响. 农业环境科学学报. 2006, 25(4): 969~973
3	极其缺水的以色列沙漠地区较早开始利用微咸水进行农业灌溉的开发应用研究	4700	上个世纪 60 年代开发成功滴灌系统, 解决了水中所含盐分在作物根围附近停留积聚等问题, 使得微咸水灌溉成为可能, 使棉花、西红柿和瓜可以轻易接受最高浓度达 0.41%~0.47% 的微咸水浇灌, 虽然微咸水灌溉的作物在产量上会有所下降, 但产品质量却得到提高。	[53] 江河. 以色列沙漠农业独领风骚. 新经济视窗. 2007, 5: 65~66
4	在新疆生产建设兵团农八师石河子市西郊石河子大学农试场二连开展了咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的研究	3000	经过整个棉花生育期的灌溉后淡水灌溉对土体范围内土壤总体有脱盐作用, 灌溉水矿化度大于等于 3g/L 时灌溉会产生积盐, 但相比 1.2g/L 淡水灌溉时, 灌溉水矿化度为 3g/L 时仅减产 10.74%。	[58] 李莎. 咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的试验研究. 石河子大学. 2011: 54
5	在新疆石河子大学节水灌溉实验站进行膜下微咸水滴灌棉花试验	3320	灌溉水矿化度为 3.32g/L, 分析了土壤盐分分布及其积累特征, 滴头部位水分携带盐分向深层迁移, 在滴灌中起着深层淋溶作用, 这对于减缓上层土壤盐分积累具有积极意义。	[59] 孙林, 罗毅, 杨传杰, 张艳, 吉力力·阿不都外力. 不同灌溉量膜下微咸水滴灌土壤盐分分布与积累特征. 土壤学报. 2012, 49(3): 428~435
6	在田间试验条件下, 采用正常灌溉定额和淋洗灌溉定额 2 种灌溉水平, 对小麦、葵花、玉米 3 种作物土壤水盐运移规律进行了研究	4000	微咸水灌溉后, 灌溉水盐度 2.0、4.0g/L 条件下在 100cm 土层内没有形成明显的盐分集中聚集, 而灌溉水盐度 5.0、7.0、8.21 g/L 条件下盐分在 20~70 cm 土层内聚集, 40 cm 处达到峰值。	[61] 杨树青, 杨金忠, 史海滨. 不同作物种植条件下微咸水灌溉的土壤环境效应试验研究. 灌溉排水学报. 2007, 26(6): 55~58
7	分别利用 2.5g/L、4.0 g/L 微咸水灌溉夏玉米	4000	试验结果表明, 整个生育期 0~20cm 土层土壤盐分积盐不明显, 30cm 以下土层土壤盐分与土壤深度呈递增关系。	[62] 乔冬梅, 齐学斌, 庞鸿滨, 吴海卿, 樊向阳, 朱东海, 胡超. 地下水作用下微咸水灌溉对土壤及作物的影响. 农业工程学报. 2009, 25(11): 55~61
8	在河北省馆陶县开展的两年一茬冬小	3000	用矿化度在 2~3g/L 之间、灌水定额大的微咸水	[65] 王晶. 河北省馆陶县微咸水利用研究.

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
	麦微咸水灌溉利用研究		灌溉不会产生明显的积盐现象。	[D]. 河北工程大学, 2010: 47
9	对矮化密植红枣微咸水含盐土壤不同矿化度水滴灌下土壤水盐的运移规律进行了研究	3700	1.16mS/cm 的高含盐土壤用矿化度为 3.7g/L 水灌溉, 洗盐率高于土壤含盐量为 0.12mS/cm 用矿化度 0.7g/L 水灌溉的洗盐效果 ^[66] 。	[66] 姚宝林, 叶含春, 孙三民, 安巧霞. 红枣滴灌条件下灌水水质对土壤盐分分布的影响研究. 水土保持研究. 2011, 18 (2): 218~221
10	利用新疆库尔勒水管处重点灌溉实验站的水质, 研究了微咸水水质及灌水量对当地土壤水盐运移的影响, 进行了棉田不同灌水矿化度 (0.74、2.65、3.5、4.41 g/L) 及灌水量 (6、8、10 L) 下滴灌入渗试验	3500	微咸水可以增加土壤水平方向含水量, 但脱盐效果低于淡水滴灌条件, 3.5 g/L 微咸水滴灌在 0~40 cm 垂直土层盐分均值比平均初始值稍有增加, 而 10~40 cm 土层内没有盐分积累, 可满足耕作层内棉花的生长。	[69] 王春霞, 王全九, 刘建军, 张明, 庄亮, 潘洪彬. 微咸水滴灌条件下土壤水盐分布特征试验研究. 干旱地区农业研究. 2010, 28 (6): 30~35
11	在位于沾化区下洼镇张王庄村周边的冬枣种植园开展微咸水灌溉对冬枣根区土壤水盐动态及效益的影响研究	3000	冬枣滴灌与微喷灌采用的是含盐量不超过 3.0 g/L 的微咸水来进行灌溉, 经过两次微咸水灌溉, 滴灌与微喷灌土壤盐分含量整体均有向下运移的趋势, 含量略有下降; 土层深度 0~20 cm 处, 滴灌土壤含盐量下降至 4.0 g/kg, 微喷灌土壤含盐量下降至 3.6 g/kg。在土层深度 20~100 cm 下的全盐含量下降程度比较, 滴灌均高于微喷灌。	[71] 王天宇, 王金童, 徐征和, 庞桂斌, 刘精凯. 节水灌溉. 2017, 6: 46~54
12	在准噶尔盆地南缘北疆石河子莫索湾垦区开展了微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究	3086	在灌溉水矿化度为 3.086g/L 的条件下, 在更高的灌水定额下, 水分下渗到土壤深处, 土壤开始以淋洗脱盐为主, 上部土壤电导率反而比低灌水定额下更小, 灌水定额和电导率之间有一定的平衡关系。	[73] 李贞贞. 微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究[D]. 石河子大学. 2011: 26
13	在天津市静海县进行了微咸水灌溉试验, 研究了微咸水灌溉对土壤盐分动态与作物产量的影响	3700	采用 3.7g/L 微咸水灌溉配合施用改良剂是该地区适宜的微咸水灌溉模式, 微咸水灌溉下施用改良剂能提高土壤渗透性、降低土壤 pH 值和电导率及含盐量, 在试验周期 0~60cm 的土层内未出现积盐现象; 此外, 微咸水灌溉时, 施用改良剂可显著增加小麦穗数和玉米穗粒数, 提高作物产量。	[74] 杨军, 邵玉翠, 高伟, 任顺荣. 微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量的影响研究. 水土保持通报. 2013, 33 (2): 17~25
14	在田间试验条件下采用正常灌溉定额	4500	应用产量与灌水浓度的相关关系预测出小麦的	[78] 杨树青, 杨金忠, 史海滨. 微咸水灌

序号	研究内容	灌溉水盐度上限值 (mg/L)	灌溉效果	参考文献
	和淋洗灌溉定额两种灌溉水平, 对小麦进行了不同灌溉水浓度处理的灌溉试验		耐盐度阈值在正常灌溉定额下为 4.0 g/L, 淋洗定额下为 4.5 g/L, 预测值与研究发现的灌水浓度临界值基本吻合 ^[78] 。	溉对作物生长及土壤盐分影响的试验研究中国农村水利水电.2008, (7): 32~42
15	中科院南皮生态农业试验站 2002~2005 年的冬小麦微咸水混灌田间试验	3000	以淡水为对照研究了矿化度分别为 3、4、5 g/L 的微咸水混灌对土壤积盐率、土壤饱和浸提液钠吸附比 (SAR)、冬小麦产量和产量构成因素以及水分利用效率的影响, 从而确定适宜的灌溉水矿化度上限; 通过对冬小麦产量和产量构成因素的分析可得, 在非偏早年利用微咸水灌溉的矿化度不宜超过 3 g/L, 偏早年不宜采用微咸水进行灌溉, 或灌溉后应采取缓解盐分胁迫, 水分利用效率与灌溉水矿化度呈负相关, 综合各种因素可以认为 3g/L 是当地微咸水灌溉的矿化度的上限。	[82]吴忠东, 王全九.微咸水混灌对土壤理化性质及冬小麦产量的影响. 农业工程学报. 2008, 24 (6): 32~42
16	在天津市静海县朱家村村东三斗路南侧条田开展微咸水农田灌溉技术研究, 利用 2.5~6.0 g/L 不同矿化度微咸水对冬小麦进行灌溉	5000	冬小麦产量与微咸水矿化度呈负相关关系, 与微咸水灌溉量呈正相关关系; 4.0g/L 微咸水灌溉对土壤具有一定的脱盐作用; 微咸水矿化度为 4.0 g/L 时土壤中的盐分积累达到 0.107%; 利用微咸水灌溉, 应选择耕层含盐量在 0.1% 左右的土壤, 矿化度小于 5.0g/L 的微咸水进行灌溉为宜。	[84]邵玉翠, 张余良, 李悦, 严晔端, 安玉钊.微咸水农田灌溉技术研究.天津农业科学.2003, 9 (4): 25~35
17	以取自山东省东营市垦利县的棉花耕地试验用土为研究对象, 进行了咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究	4000	当矿化度超过 4g/L 时, 在 5~15 cm 土层深度范围内, 直接灌溉使得土壤质量出现恶化, 但先咸后淡组合灌溉有利于改善这一问题, 且淡水比例越大, 改善效果越明显 ^[85] 。	[85]赵连东.咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究[D].山东理工大学.2017: 54
全盐量平均值		3761	—	—

5.新疆印染企业废水处理和循环利用模式及可行性

5.1 调研情况

山东省是我国印染产业聚集地之一，在全国率先提出了印染行业限盐排放的要求，建议排放限值为全盐量 $\leq 1600\text{mg/L}$ 。为此课题组于2018年7月23日~27日赴全国排名前20位的华纺股份有限公司、愉悦家纺股份有限公司、鲁泰纺织股份有限公司、青岛凤凰东翔印染股份有限公司进行了调研：

(1) 华纺股份有限公司调研情况

华纺股份有限公司基本情况见表5.1。

表 5.1 企业生产及废水治理基本情况

企业名称		华纺股份有限公司	
企业地址		滨州市滨城区黄河二路819号	
序号	调研项目		企业情况
1	产品名称（产量）		纯棉为主，涤棉（100 万米/日）
2	年销售额及利润率		2017 年营业收入 28.5 亿元，归属于上市公司股东的净利润 686 万元。
3	染整工艺及先进性		低温氧漂、冷轧堆染色
4	进水盐度背景值		1000-1500mg/L（一般 1200mg/L） 硬度：300~450mg/L 盐度标准：1600mg/L（海河流域）
5	各工艺染化料助剂种类		助剂：表面活性剂 染料：活性染料、还原染料 漂洗：双氧水稳定剂
6	染色残液、丝光废碱回用		丝光废碱全部回用 （浓碱稀释至淡碱后全部回用至丝光工艺段）
7	工艺环节水回用		逐格倒流 经漂洗后的水回用至退浆煮练 丝光中浓碱经蒸发后的水回用至漂洗
8	各工艺环节盐用量		退浆：40g/L 碱 丝光：加碱但是全部回用 染色：5t/d（3300m ³ 水）加 NaCl，Na ₂ SO ₄
9	各印染环节废水产生水量		退浆煮练：1050~1125 m ³ （15%） 漂洗：1050~1125 m ³ （15%） 染色印花水洗：4200~4500 m ³ （60%），其中印花： 3000-4000 m ³ 生活污水：700~750 m ³ （10%）
10	各环节产生废水主要	特征污染物	—
		COD	退浆：10000~15000 mg/L 漂洗：< 800 mg/L

	特点		染色印花：800~1000 mg/L
		盐度	退浆煮练：4000~6000mg/L 染色印花：1515mg/L
11	水资源使用量 (m ³ /d)		—
12	废水处理量 (m ³ /d)		7000~7500
13	废水处理及回用工艺		出水一部分回用至印花机洗涤（只此一条回用）
14	废水回用率 (%)		生产内部重复利用率 38%，废水回用率 20%
15	废水处理及回用成本 (元/吨)		6.0
16	回用水用途 (水质)		印花机洗涤
17	废水进出水指标 (尤其含盐量变化)		COD: 2000 mg/L; 300~400 mg/L NH ₄ ⁺ -N: 300 mg/L; 5~6 mg/L TN: 300 mg/L; 20 mg/L 盐: 进水 (核算) 5000~7000 mg/L
18	废水排放及回用标准		间排标准, 回用无标准
19	废水处理工艺投药量 (外加盐)		HCl: 20 吨/日 (30% HCl) NaClO: 6~7 吨/日 (5%-8%) FeCl ₂ : 28 吨/日 (气浮); 20 吨/日 (混凝)
20	污泥产量 (m ³ /d)		80 吨/日 (含水率 50%) 20 t/d (含水率 80%)
21	污泥含水率 (%)		—
22	污泥处理处置工艺		Ca(OH) ₂ 调理、板框压滤
23	污泥处置费用		80 元/吨 (一天 10000 元以上), 不外运, 掺烧
24	电能消耗 (度/年)		27000-28000 度/日
25	电价 (元/度)		0.62 元/度
26	燃气消耗 (m ³ /年)		—
27	燃气价格 (元/m ³)		—
28	蒸汽压力(MPa)、温度(°C)、用量 (吨/年)		1300 吨/日
29	蒸汽价 (元/吨)		自己产
30	水价 (元/吨)		3.7 元/m ³ (不含污水处理费)
31	环评报告及可研报告		—
32	染整工艺盐平衡		—
33	染整工艺水平衡		—

(注：①前期进行的印染行业全盐量调研，普遍在 5000-6000mg/L，较低的企业在 3000~4000mg/L；②O₃ 氧化染料，不能全部氧化，导致脱色后含盐废水的回用有颜色；③ H₂O₂ 漂洗阶段原来采用 Na₂SiO₃ 作为稳定剂，现在采用高分子稳定剂；④丝光废碱可以实现全部回用，经三效蒸发器后浓碱回用，冷凝水回用于漂洗，热水洗等。)



生化处理



铁炭-芬顿组合处理

图 5.1 华纺股份有限公司废水处理设施

清洁生产源头减排与废水处理：

华纺股份有限公司主要产品以纯棉为主，涤棉为辅，在染整工艺节能减排方面分别采用了低温氧漂、冷轧堆染色、连续式染色等节能减排工艺，在节水方面采用逆流水洗、漂洗水回用至退浆煮练、丝光中浓碱经蒸发后的水回用至漂洗、废水处理出水回用等措施，使百米布用水量控制在 0.875~0.94 吨水/百米，远低于《印染行业规范条件》（2017 年版）中规定的棉、麻、化纤及混纺机织物新鲜水取水量 ≤ 1.6 吨水/百米的数值，水资源节约及废水排放量削减效果显著。

在节水的同时，由于染化料助剂使用量未减少，导致废水污染物排放浓度较高，最终混合废水 COD 高达 2000mg/L，氨氮及总氮高达 300 mg/L，经物化生化处理后 $\text{COD} \leq 200\text{mg/L}$ ， $\text{TN} \leq 30\text{mg/L}$ ，达到《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB 4287-2012）。废水能够稳定达标排放，COD、总氮去除效果显著，但由于总氮浓度较高，反硝化碳源投加大，运行成本较高。由于在退浆、煮练环节加入 40g/LNaOH，在染色环节加入 5 吨/日的 NaCl 和 Na_2SO_4 ，导致混合废水全盐量为 5000mg/L~7000mg/L，考虑到废水处理工艺中絮凝剂、消毒剂、酸投加导致的盐增加量，出水盐度预计约为 9000~11000mg/L。

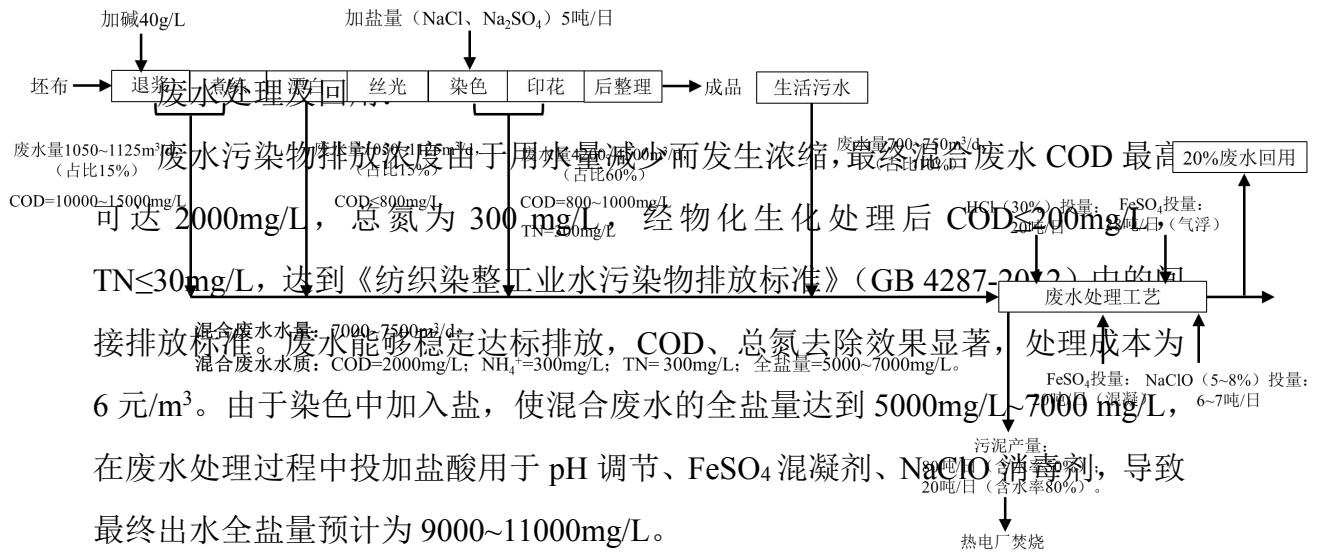


图5.2 华纺股份有限公司废水量及污染物物料平衡

(2) 愉悦家纺华纺股份有限公司调研情况

愉悦家纺华纺股份有限公司基本情况见表5.2

表5.2 企业生产及废水治理基本情况

企业名称	愉悦家纺股份有限公司	
企业地点	滨州市滨城区新二路1号	
序号	调研项目	企业情况
1	产品名称(产量)	棉为主，含亚麻 印花为主(80万米/d)，58万米印花+22万米染色 冷轧堆(13产量)
2	染整工艺及先进性	冷染，轧染，卷染 无盐染(7~8万米/月)
3	布匹原料及用量	—
4	进水盐度背景值	1000~1500mg/L(一般1200mg/L)
5	各工艺染化料助剂种类	活性印花 软涂料印花 色纺、色织
6	染色残液、丝光废碱回用	丝光废碱全部回用 (浓碱稀释至淡碱后全部回用至丝光工艺段)
7	工艺环节水重复利用	工艺环节水重复利用点很多
8	各工艺环节盐用量	—
9	各印染环节废水产生水量	退煮漂：1600~1700 m ³ /d(17~18%) 染色印花水洗：(70~80%)
10	各环节特征污染物	—

图5.3 华纺股份有限公司废水处理工艺

	产生废水主要特点	COD	—
		盐度	—
11	水资源使用量 (m ³ /d)		—
12	废水处理量 (m ³ /d)		10000~11000
13	废水处理及回用工艺		—
14	废水回用率 (%)		废水回用率 25% (2500 m ³), 回用设计值 72%
15	废水处理及回用成本 (元/吨)		6 元/m ³ (物化、生化) 10 元/m ³ (脱盐)
16	回用水用途 (水质)		化料调浆等
17	废水进出水指标 (尤其含盐量变化)		COD: 3500 mg/L; 200 mg/L TN: 300 mg/L; 20 mg/L 盐: 3500 mg/L; 7000 mg/L
18	废水排放及回用标准		间排标准, 回用无标准
19	废水处理工艺投药量 (外加盐)		调 pH: HCl (盐度: 4500 mg/L) 前物化: PAC (盐度: 5000 mg/L) 脱色及后物化: Ca (ClO) ₂ +PAC: (盐度: 7000 mg/L)
20	污泥产量 (m ³ /d)		70~80 吨/日 (含水率 60%)
21	污泥含水率 (%)		60%
22	污泥处理处置工艺		调理 (PAM)、板框压滤、流化床焚烧
23	污泥处置费用		不外运, 掺烧
24	电能消耗 (度/年)		40000 度/日
25	电价 (元/度)		0.76 元/度
26	燃气消耗 (m ³ /年)		7000 m ³ /a
27	燃气价格 (元/m ³)		—
28	蒸汽压力 (MPa)、温度 (°C)、用量 (吨/年)		1300 t/d
29	蒸汽价 (元/吨)		自己产, 中低压
30	水价 (元/吨)		3.25 元/m ³
31	环评报告及可研报告		—
32	染整工艺盐平衡		—
33	染整工艺水平衡		—

(注: ①退浆废水换热后回用; ②废气处理工艺 (除尘、降温、等离子、光解))。



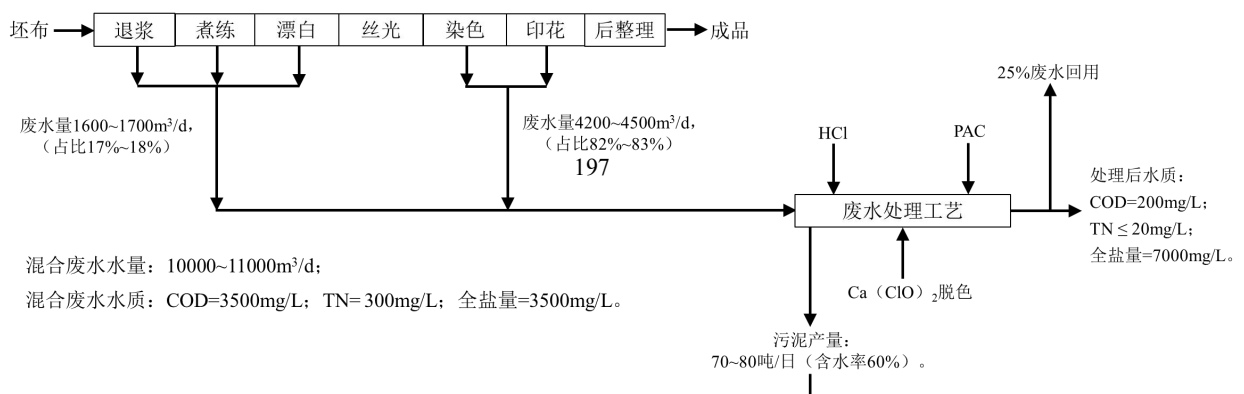
196



清洁生产源头减排与废水处理：

愉悦家纺股份有限公司主要产品以棉为主，亚麻为辅，且以印花为主，在染整工艺节能减排方面分别采用了冷轧堆染色，部分产品采用无盐染色等节能减排工艺，在节水方面提升染整工艺水的重复利用率、废水处理出水回用等措施，使百米布用水量控制在 1.25~1.375 吨水/百米，低于《印染行业规范条件》（2017 年版）中规定的棉、麻、化纤及混纺织物新鲜水取水量 ≤ 1.6 吨水/百米的数值，水资源节约及废水排放量削减效果显著。

在节水的同时，废水污染物排放浓度由于用水量减少而发生浓缩，最终混合废水 COD 高达 3500mg/L，总氮高达 300 mg/L，经物化生化处理后 COD ≤ 200 mg/L，TN ≤ 200 mg/L，达到《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB 4287-2012）中的间接排放标准。废水能够稳定达标排放，COD、总氮去除效果显著。由于染色中加入盐，使混合废水的全盐量达到 3500mg/L，主要因为愉悦家纺股份有限公司主要产品为印花，因此废水含盐量低于华纺股份有限公司，在废水处理过程中投加盐酸用于 pH 调节、聚合氯化铝（PAC）混凝剂、次氯酸钙脱色剂，导致最终出水全盐量约为 7000mg/L。



废水处理及回用:

愉悦家纺股份有限公司废水处理工艺采用物化、生化组合工艺，目前在进水 COD=3500mg/L, TN=300mg/L 的条件下，出水 COD=200mg/L, TN=20mg/L, 运行成本 6.0 元/m³, 处理效果良好。为应对未来回用率提升及产能扩增的要求，在上述二级处理的基础上建设了 15000m³/d 的深度处理脱盐装置，脱盐率为 77.1%。深度处理脱盐装置运行成本约为 10.0 元/m³。

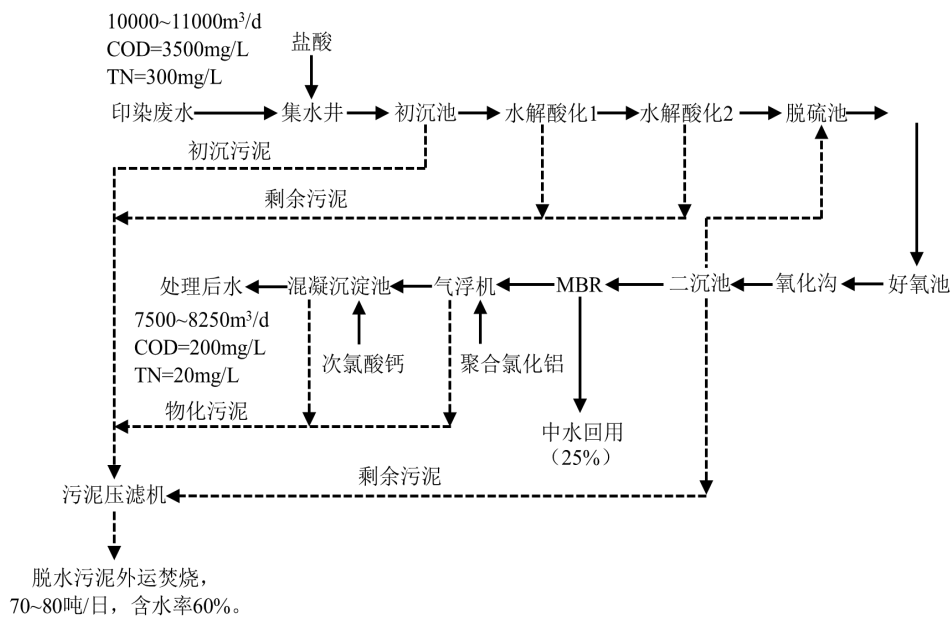
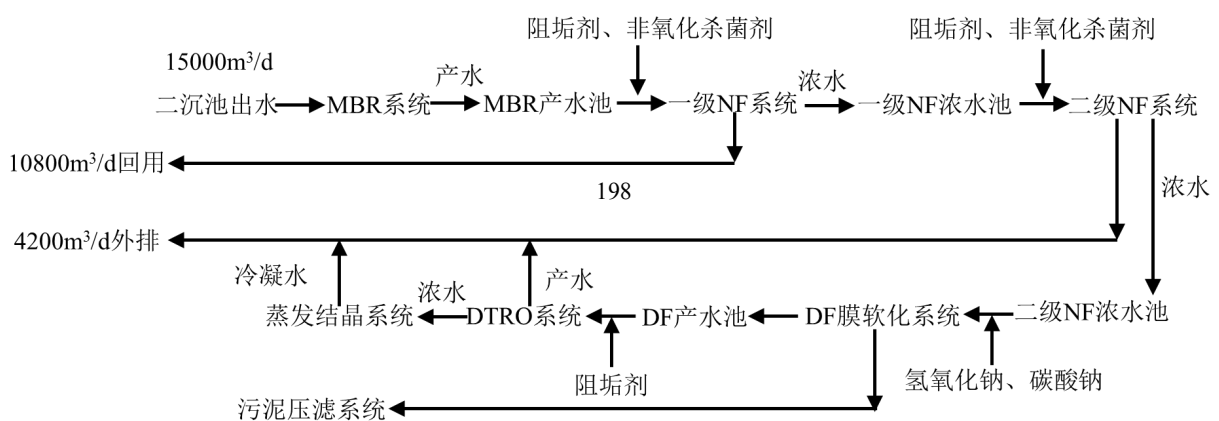


图 5.6 愉悦家纺股份有限公司废水二级处理工艺



(3) 鲁泰纺织股份有限公司调研情况分析

鲁泰纺织股份有限公司基本情况见表 5.3。

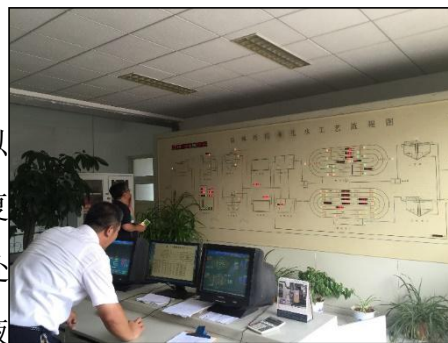
表 5.3 企业调研工作表

企业名称		鲁泰纺织股份有限公司	
企业地点		淄博市淄川区松岭东路 81 号	
序号	调研项目	企业情况	
1	产品名称（产量）	棉纱染色+织布，色织面料（1.8 亿米/年）	
2	营业额（利润）	60 亿元（10%，6 亿元）	
3	染整工艺及先进性	常规工艺为主，生物酶退浆	
4	布匹原料及用量	—	
5	进水盐度背景值	电导率：500~600（盐度：300~450 mg/L）	
6	各工艺染化料助剂种类	活性染料，表面活性剂	
7	染色残液、丝光废碱回用	后整理：液氨回收，丝光：碱回收	
8	工艺环节水重复利用	常规回用，如漂洗水重复利用	
9	各工艺环节盐用量	染色：Na ₂ CO ₃ ， Na ₂ SO ₄ （随产品不同而不同）	
10	各印染环节废水产生水量	第一缸排水：80g/L 盐度（深色布料）； 20 g/L 盐度（浅色布料）	
11	各环节产生 废水主要特 点	特征污染物	—
		COD	染色：COD 1300~1400 mg/L，TN 不高
		盐度	退浆环节不加碱，丝光环节加碱随产品而变
12	水资源使用量（m ³ /d）	—	
13	废水处理量（m ³ /d）	20000 m ³ /d（4 个污水站）	
14	废水处理及回用工艺	前物化、水解酸化、AO、二沉池、终沉池（备用），回用：城市污水处理厂，水解池、厌氧池、氧化沟、二沉池、深度处理（UF/RO）	
15	废水回用率（%）	每天制回用水 12000~17000 m ³ /d	
16	废水处理及回用成本 （元/吨）	6~7 元/m ³	
		5 元/m ³ （脱盐）	

17	回用水用途（水质）	染色、漂洗、电厂
18	废水进出水指标 （尤其含盐量变化）	COD: 4000~5000 mg/L; >100 mg/L（其中有一个站： 7000~8000 mg/L; 200~300 mg/L） TN: 70~100 mg/L; <30 mg/L NH ₄ ⁺ -N: 40~50 mg/L; <2 mg/L 盐: 3500~5500 mg/L; 5500~7500 mg/L
19	废水排放及回用标准	间排标准，回用无标准
20	废水处理工艺投药量 （外加盐）	调 pH: H ₂ SO ₄ （盐度: 1000 mg/L） 前物化: FeSO ₄ （盐度: 800 mg/L） 无脱色
21	污泥产量（m ³ /d）	80.0（含水率 60~65%）
22	污泥含水率（%）	60~65%
23	污泥处理处置工艺	调理（PAC）、板框压滤、焚烧
24	污泥处置费用	不外运，掺烧
25	电能消耗（度/年）	1.5 度/m ³ 水
26	电价（元/度）	—
27	燃气消耗（m ³ /年）	—
28	燃气价格（元/m ³ ）	—
29	蒸汽压力（MPa）、温度 （°C）、用量（吨/年）	—
30	蒸汽价（元/吨）	—
31	水价（元/吨）	3.8~3.9 元/m ³
32	环评报告及可研报告	—
33	染整工艺盐平衡	—
34	染整工艺水平衡	—

清洁生产源头减排与废水处理：

鲁泰纺织股份有限公司主要产品以中主要采用了生物酶退浆、漂洗水重复提升染整工艺水的重复利用率、废水处基于染色高盐废水回用的高盐染色残液



中控室

整工艺面采用建立了正式投



RO 装

投入使用。百米布用水量控制在 0.61~1.63 吨水/百米，低于《印染行业规范条件》（2017 年版）中规定的棉、麻、化纤及混纺机织物新鲜水取水量≤1.6 吨水/百米的数值，水资源节约及废水排放量削减效果显著。

图 5.8 鲁泰纺织股份有限公司废水处理

企业共计有 4 个废水处理站，在节水的同时，废水污染物排放浓度由于用水量减少而发生浓缩，最终混合废水 COD 平均为 4000~5000mg/L，最高可达

7000~8000mg/L，总氮为 70~100 mg/L，经物化生化处理后 $COD \leq 200mg/L$ ， $TN \leq 30mg/L$ ，达到《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB 4287-2012）中的间接排放标准。废水能够稳定达标排放，COD、总氮去除效果显著，但由于有机物浓度较高，运行成本较高。由于染色中加入盐，使混合废水的全盐量达到 3500mg/L~5000 mg/L，但由于鲁泰股份有限公司在退浆过程中采用生物酶退浆，因此废水含盐量低于华纺股份有限公司，全盐量为 3500~5500mg/L，在废水处理过程中投加硫酸用于 pH 调节、 $FeSO_4$ 混凝剂，导致最终出水全盐量约为 5500~7500mg/L。

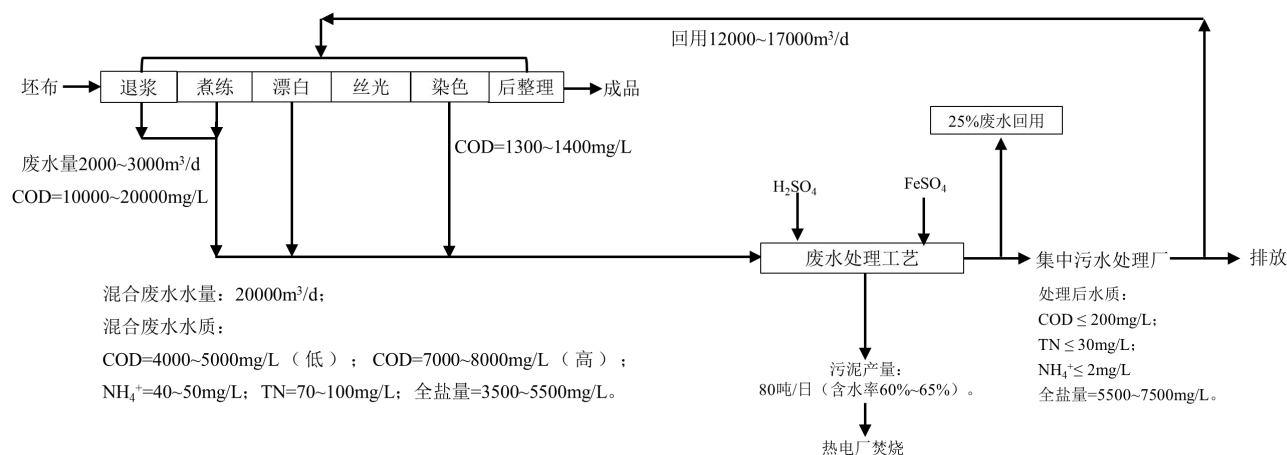


图 5.9 鲁泰纺织股份有限公司废水量及污染物物料平衡

废水处理及回用：

山东鲁泰纺织股份有限公司共计有 4 个废水处理站，废水处理工艺采用物化、生化组合工艺，目前在进水 $COD=4000\sim 5000mg/L$ ， $TN=70\sim 100mg/L$ 的条件下，出水 $COD=200mg/L$ ， $TN=30mg/L$ ，运行成本 6.0~7.0 元/m³，处理效果良好。处理后的水排入集中污水处理厂，在集中污水处理厂中设置处理回用量为 12000~17000m³/d 的双膜装置，脱盐后的水回用至染色、漂洗及热电厂循环冷却水，脱盐成本为 5 元/m³。

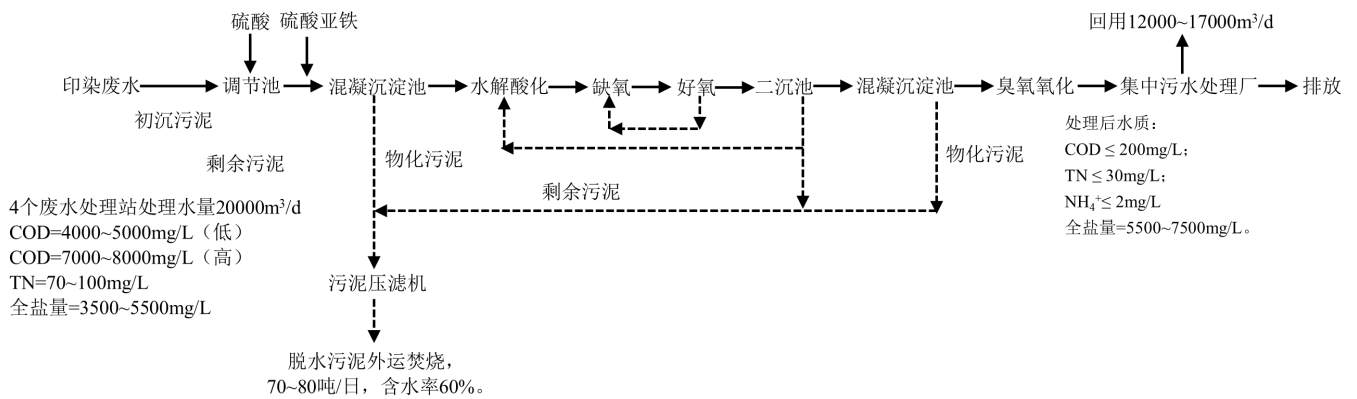


图 5.10 鲁泰纺织股份有限公司废水处理工艺

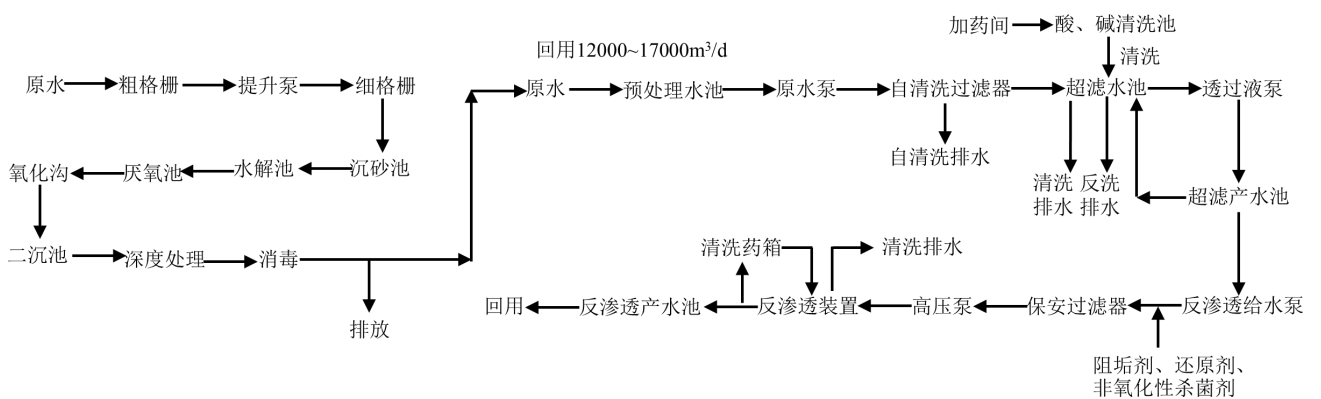


图 5.11 鲁泰纺织股份有限公司废水深度处理及回用工艺

(4) 凤凰东翔印染股份有限公司调研情况分析

青岛凤凰东翔印染股份有限公司企业基本情况见表 5.4。

表 5.4 企业调研工作表

企业名称	凤凰东翔印染股份有限公司	
企业地点	青岛市莱西市水集街道龙口西路 108 号	
序号	调研项目	企业情况
1	产品名称（产量）	棉印染，蜡染（65 万米/日，3 亿米/年）
2	营业额（利润）	10 亿元（10%，1~1.5 亿元）
3	染整工艺及先进性	低尿素工艺，双重水洗，低温氧漂

4	布匹原料及用量		—
5	进水盐度背景值		电导率：2000（盐度：1500~1600 mg/L） 来水为全部城市污水或一半城市污水+一半河水
6	各工艺染化料助剂种类		活性染料
7	染色残液、丝光废碱回用		丝光废碱全部回用，蜡染废水中回收蜡并回用水
8	工艺环节水重复利用		双重水洗，退煮漂最后一道洗水用清水，其余全部用倒流水，蜡染水回用至水洗，丝光碱液蒸发后冷凝水回用，严格管理用水
9	各工艺环节盐用量		无染色工艺，只有印花工艺
10	各印染环节废水产生水量		—
11	各环节产生废水主要特点	特征污染物	苯胺（进水 5mg/L 进生化段，实际出水 1.3mg/L 左右）
		COD	退煮漂：10000mg/L，印花：2000mg/L
		盐度	—
12	水资源使用量（m ³ /d）		用水总量 3500m ³ /d，以 1 台机器为例：①退煮漂 12m ³ /d，②丝光 6m ³ /d，③印花 20m ³ /d
13	废水处理量（m ³ /d）		4500m ³ /d
14	废水处理及回用工艺		混合水：前物化（气浮，FeSO ₄ ）、水解酸化（停留 40h，出水 COD 3000mg/L）、AAO、后物化（PAC，PAM）、二沉池、园区工业污水处理厂； 印花废水（单独处理）：液膜萃取→混合处理
15	废水回用率（%）		每天利用城市污水制备回用水
16	废水处理及回用成本（元/吨）		9 元/m ³ （来水处理成本 1 元/m ³ ，加 RO 2 元/m ³ ） 排污费 1 元/m ³
17	回用水用途（水质）		—
18	废水进出水指标（尤其含盐量变化）		①退煮漂（水量 2000-2500m ³ ）：COD>10000 mg/L； 500 mg/L（进园区） TN：混合后 200 mg/L；出水低于 50 mg/L，NH ₄ ⁺ -N 3~4mg/L ②印花（水量 1500~2000 m ³ ）：COD 2000 mg/L；萃取后 COD 1000 mg/L TN：300-400；出水直接混入污水处理 色度：20000；萃取后 4000 盐（出水）：3500~4000 mg/L
19	废水排放及回用标准		排入园区
20	废水处理工艺投药量（外加盐）		调 pH：不调，萃取后印花废水 pH 2~3 直接中和 前物化：FeSO ₄ 后物化：PAC，PAM（千分之零点几投加量）
21	污泥产量（m ³ /d）		10 吨/日（含水率 60-70%）
22	污泥含水率（%）		60~70%
23	污泥处理处置工艺		高压板框压滤、外运处置
24	污泥处置费用		400~500 元/吨
25	电能消耗（度/年）		—
26	电价（元/度）		—

27	燃气消耗 (m ³ /年)	—
28	燃气价格 (元/m ³)	—
29	蒸汽压力 (MPa)、温度 (°C)、用量 (吨/年)	—
30	蒸汽价 (元/吨)	—
31	水价 (元/吨)	2 元/吨 (自己制水)
32	环评报告及可研报告	—
33	染整工艺盐平衡	—
34	染整工艺水平衡	—

(注：①采用低尿素工艺，使尿素用量由原来 6 吨/日降至 1 吨/日；②由于青岛靠海，盐度不作为控制指标。莱西地区缺水严重，2016，2017 两年全年采用回用水生产；③采用城市污水经处理后用于生产，处理工艺为：砂滤、树脂软化、UF、RO，不加 RO 处理 1.0 元/吨，加 RO 处理 2.0 元/吨；④城市污水进印染厂指标：COD =40~50mg/L，TP=0.4 mg/L，TN=8~10 mg/L，色度 20~30 倍，硬度 600 mg/L，电导率 2000 μ s/cm；⑤印花废水萃取后染料（即浓水）进行发酵处理，沼气回用于车间生产；⑥公司水处理难点在于苯胺的处理和氮的控制。)



印染工业用水深度处理



气浮池

图 5.12 青岛凤凰东翔印染股份有限公司废水处理设施

清洁生产源头减排与废水处理：凤凰东翔印染股份有限公司棉印花、蜡染印花，在染整工艺中主要采用了双重水洗、低温氧漂、尿素替代等节能减排措施，在节水方面使用污水厂再生水（约 50%使用再生水）经企业内脱盐设施深度处理后作为工业用水的途径。百米布用水量控制在 0.5 吨水/百米，远低于《印染行业规范条件》（2017 年版）中规定的棉、麻、化纤及混纺机织物新鲜水取水量 \leq 1.6 吨水/百米的数值，水资源节约及废水排放量削减效果显著。

企业废水采用含腊废水、高色度废水、低色度废水、前处理废水分质处理的方法，经预处理削减大量污染物后再行物化生化统一处理，由于废水进行了分质预处理，最终混合后废水 COD=3000mg/L，TN=200mg/L。虽然用水量大

大降低，但并未引起污染物浓度显著增高，经物化生化处理后 $COD \leq 200mg/L$ ， $TN \leq 30mg/L$ ，达到《纺织染整工业水污染物排放标准》（GB 4287-2012）中的间接排放标准。该企业废水存在特征污染物问题，通过高色度废水的萃取预处理，混合废水的苯胺降至 $5.0mg/L$ ，最终生化出水为 $1.3mg/L$ 左右，略微超过排放标准。总体上，废水能够稳定达标排放，COD、总氮去除效果显著，由于退浆、印花中加入盐，使混合废水最终出水的全盐量达到 $3500mg/L \sim 4000 mg/L$ ，盐度低于上述三个企业，主要原因在于染整工艺中无高盐染色、废水分质预处理完善从而使后续混合废水加药量低等多种因素。

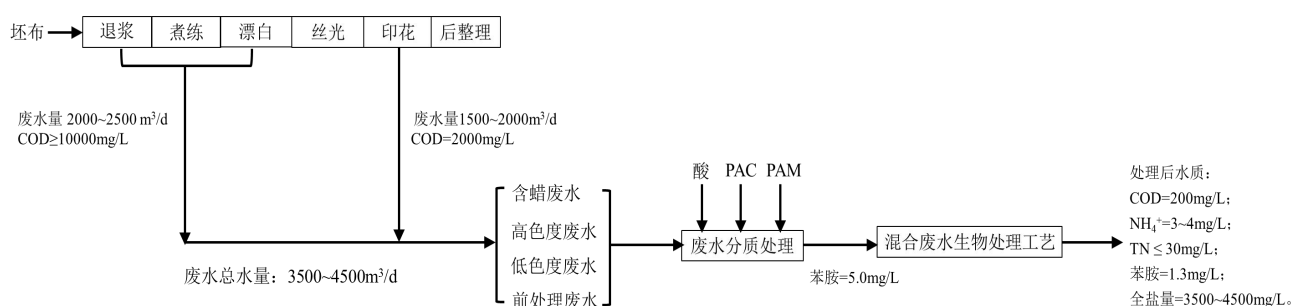


图 5.13 青岛凤凰东翔印染股份有限公司废水量及污染物物料平衡

废水处理及回用：凤凰东翔印染股份有限公司废水处理量为 $3500 \sim 4500 m^3/d$ ，废水采用典型的“清污分流、分质处理”的模式，显著降低了后续处理难度；最终混合废水处理工艺采用物化、生化组合工艺，且物化环节投药量大大降低。目前在混合废水 $COD=3000mg/L$ ， $TN=200mg/L$ 的条件下，出水 $COD=200mg/L$ ， $TN=30mg/L$ ，处理效果良好。废水处理运行成本 6.0 元/ m^3 ，企业内部再生水深度处理成本 $1.0 \sim 3.0$ 元/ m^3 。因企业工业用水大部分为污水处理厂再生水，除少部分蜡染废水经预处理后回用，企业内部不设置回用。

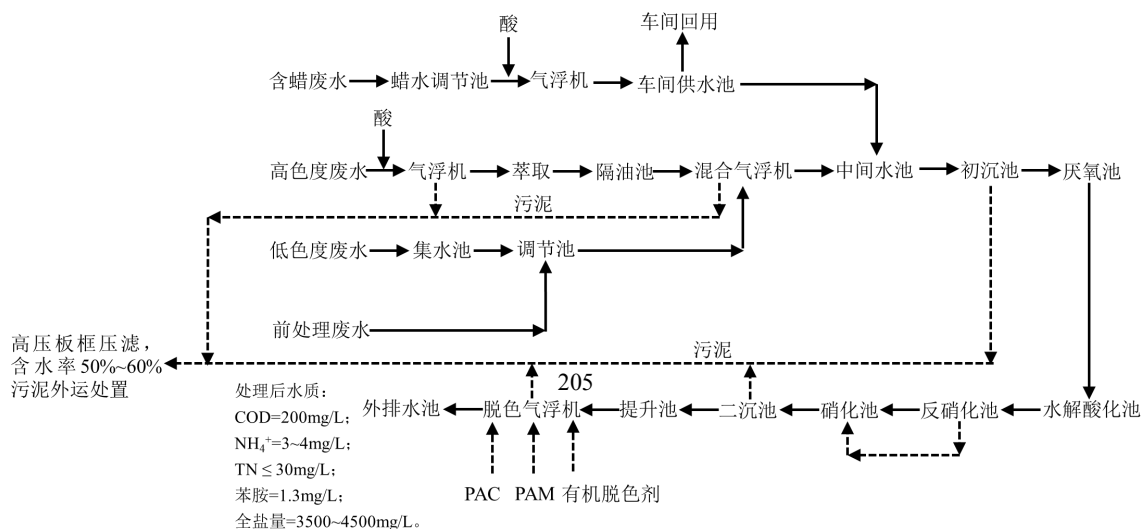


图 5.14 青岛凤凰东翔印染股份有限公司废水处理工艺

调研结论与建议：

(1) 印染工业水源的选择

以再生水作为印染工业用水，是解决缺水地区发展印染产业的途径。山东鲁泰纺织股份有限公司、青岛凤凰东翔印染股份有限公司均使用污水处理厂再生水作为染整工艺用水，在保证产品质量的基础上实现了水资源的循环利用。这一经验可为新疆缺水地区发展印染产业所借鉴。

(2) 先进染整工艺的选用

调研的 4 家企业在染整工艺清洁生产节能、减排、节水方面分别采用了低温氧漂、冷轧堆染色、无盐染色、生物酶退浆、双重水洗、尿素替代、无盐染色等部分较为先进的染整工艺，在节能及水资源节约方面获得显著效果。在污染物减排（尤其是盐的排放及回用方面）开始实践染色残液液膜萃取回用等新技术，尚需克服效果普适性及稳定性的问题，目前正处于推广应用阶段。总氮偏高是各企业普遍的问题，脱氮所需外加有机碳源较高，未来在染整工艺源头需研发及应用尿素替代、数码印花等先进技术。现有染整企业主要集中在节水、节能，污染物的减排水平需要进一步替升。

(3) 印染废水二级生化处理

所调研的山东地区属北方缺水地区，较为重视染整工艺节水，但在污染物总量尚未降低的情况下，废水污染物浓度普遍较高，COD 浓度普遍高达 3000mg/L 以上，TN 浓度普遍在 300mg/L 以上，从而导致后续物化、生化废水处理工艺达到间接排放标准的处理成本高达 6~8 元/m³。在青岛凤凰东翔印染股份有限公司还出现原水中苯胺浓度较高的问题，经处理后仅能接近 1.0mg/L 的排放标准。需在“清污分流、分质处理”的原则下，进一步研发及应用低成本脱氮除碳处理工艺，是缺水地区纺织印染产业之需求；尤其是研发及应用有机碳源需求量较小的印染废水自养反硝化等高效低耗处理工艺是未来的发展方

向；由于废水污染物浓度较高，污泥产量较大，虽然企业自行建有热电厂可对污泥掺烧处置，但不同程度存在能耗高、二次污染大及处置能力不足的问题。

(4) 印染废水深度处理回用及脱盐

关于废水排放限盐的问题，一方面提升印染废水回用率需解决盐的积累，另一方面需考虑盐的排放对生态环境的影响。据了解，所调研的山东地区曾出台印染废水的全盐量的排放标准建议值为 1600mg/L。

但具体情况是，所调研的华纺股份有限公司、山东鲁泰纺织股份有限公司、青岛凤凰东翔印染股份有限公司、愉悦家纺股份有限公司 4 家企业的废水出水的盐度普遍在 5000~7000mg/L 及其以上。华纺股份有限公司、山东鲁泰纺织股份有限公司、青岛凤凰东翔印染股份有限公司限于脱盐成本较高之原因目前尚无法达到 1600mg/L 全盐量排放建议值；愉悦家纺股份有限公司出于废水回用率及盐排放指标提升的前瞻性考虑，建设了以纳滤、浓缩、蒸发结晶的脱盐设施，运行成本预计 10 元/m³ 以上，成本较高而尚未进入常态化运行。

因此，在新疆印染废水综合利用标准制定过程中应综合考虑企业的可持续发展、盐的排放对生态环境的影响，以确定合适的脱盐率和回用率，需进一步论证盐度限值合理的合理确定，进而选定合理的脱盐技术及运行模式。

5.2 印染企业废水全盐量排放限值的确定

全盐量限值直接关系到印染企业内废水处理循环利用模式，因此首先要确定企业全盐量排放限值，才能决定企业废水处理及循环利用模式并进行技术经济分析。

因印染废水排入纺织工业园污水处理厂后，在纺织工业园污水处理厂处理工艺过程中要投加混凝剂，混凝剂的投加会造成出水盐度的升高，因此需对纺织工业园污水处理厂处理过程中增加的盐度进行估算，进而依据前文确定的纺织工业园污水处理厂排入沙漠水库或稳定塘的 4800mg/L（近期）及 3500mg/L（远期）的限值减去纺织工业园污水处理厂增加的全盐量，最终确定印染企业废水全盐量排放限值。依据课题组疆内外调研结果，对调研单位的废水处理工艺混凝剂、消毒剂用量及折算增加盐量进行统计，结果见表 5.5。

表 5.5 调研企业废水处理过程中增加的盐度测算

序号	单位名称	实际处理水量 (m ³ /d)	处理工艺	增加全盐量的药剂投量	折算成 NaCl 或 Na ₂ SO ₄ 后废水 增加盐度
1	舜达化纤 (玛纳斯)	7000	混凝沉淀、水解酸化、好氧、芬顿 (pH 中性)	1 吨半硫酸亚铁配成 22m ³ , 100m ³ 水加 0.65 m ³ 硫酸亚铁溶液	FeSO ₄ ·7H ₂ O 折算成 Na ₂ SO ₄ : 226.3 mg/L
2	澳洋科技 (玛纳斯)	12000~13000 (按 12000 计算)	酸碱中和、加碱沉淀 (除 Zn)、生化处理、二沉池、简易芬顿 (不调酸)、沉淀	芬顿过程硫酸亚铁 4.0~5.0 吨/日	FeSO ₄ ·7H ₂ O 折算成 Na ₂ SO ₄ : 170.3~212.9 mg/L
3	石河子印染 废水处理厂	6000	ABR 厌氧水解、AO 生化、混凝沉淀、臭氧-BAF 联用、双膜、浓缩蒸发结晶脱盐	铁盐 400 kg/d, PAC800 kg/d 氧化剂次氯酸钠 150-200 kg/d (浓度按 10% 计算)	FeSO ₄ ·7H ₂ O 折算成 Na ₂ SO ₄ : 226.3 mg/L; PAC 折算成 NaCl : 98.1 mg/L; 次氯酸钠折算成 NaCl : 1.96 mg/L; 合计 : 326.4 mg/L
4	阿克苏纺织 工业园废水 处理厂	8000	曝气沉砂、初沉池、水解酸化、中沉池、生物池、二沉池、混凝沉淀、臭氧-BAF	PAC 投量 0.875 吨/日, 三氯化铁投量 1.2 吨/日, 次氯酸钠 (浓度按 10% 计算) 2.5 吨/日	PAC 折算成 NaCl : 81.0 mg/L; 三氯化铁折算成 NaCl : 54.0 mg/L; 次氯酸钠折算成 NaCl : 24.6 mg/L; 合计 : 159.6 mg/L
5	库尔勒纺织 工业园废水 处理厂	15000~18000 (按 15000 计算)	混凝沉淀、水解酸化、厌氧、缺氧、好氧、MBR	聚合硫酸铁投量 200g/m ³ (硫酸铁含量按 20% 计算), 次氯酸钠投量 50g/m ³ (浓度按 10% 计算)	聚合硫酸铁折算成 Na ₂ SO ₄ : 42.6 mg/L; 次氯酸钠折算成 NaCl : 3.9 mg/L; 合计 : 46.5 mg/L

依据表5.5调研数据测算结果表明，废水处理过程中投加混凝、消毒等药剂可使最终出水增加46.5~326.4mg/L的盐度。另外，据课题组多年在印染废水治理的经验，对于印染废水处理，前物化和后物化最大投药量总计在400~600mg/L (以

FeSO₄·7H₂O计), 折算成Na₂SO₄为204.4 mg/L~306.5 mg/L, 在此基础上再加上废水pH调节、消毒增加的盐量, 预计废水处理过程中增加的全盐量最高为500mg/L。依据上述得出的印染企业或纺织工业园污水处理厂向沙漠水库或稳定塘排水的全盐量限值为4800mg/L (近期: 本标准实施之日起至2025年) 及3500 mg/L (远期: 2025年之后) 的结论, 如在纺织工业园污水处理厂排水在直接排放至沙漠水库或稳定塘或用于城市杂用水的综合利用情形下, 印染企业向纺织工业园污水处理厂排水的全盐量限值为4800-500 = 4300mg/L (近期: 本标准实施之日起至2025年) 及3500-500=3000mg/L (远期: 2025年之后); 印染企业或收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂向城镇污水处理厂或其他类工业污水处理厂排水的间接排放情形下, 也执行该限值; 需要注意的是, 如在纺织工业园污水处理厂向城镇污水处理厂或其他类工业污水处理厂排水的间接排放情形下, 考虑到城镇污水处理厂或其他类工业污水处理厂投加混凝剂、消毒剂使含盐量增加的因素, 印染企业向纺织工业园污水处理厂排水执行的全盐量限值应为4300-500=3800mg/L (近期: 本标准实施之日起至2025年) 及3000-500=2500 mg/L (远期: 2025年之后)。

5.3 单位产品基准排水量论证

新疆属典型干旱缺水地区, 而印染行业是典型用水量较高的工业行业, 本标准中单位产品基准排水量是衡量印染水资源用量的关键指标。

2017年颁布的《印染行业规范条件》(2017版) 印染企业单位产品能耗和新鲜水取水量要达到规定要求见表5.6。如表5.6所示, 《印染行业规范条件》(2017版) 中新鲜水取水量标准高于《清洁生产标准 纺织业(棉印染)》(HJ/T185-2006) 机织印染产品2.0吨水/百米和针织印染产品100.0吨水/吨的清洁生产一级标准, 是史上最为严格的新鲜水取水量标准。

表 5.6 印染加工综合能耗及新鲜水取水量

分类	综合能耗	新鲜水取水量
棉、麻、化纤及混纺机织物	≤30公斤标煤/百米	≤1.6吨水/百米
纱线、针织物	≤1.1吨标煤/吨	≤90吨水/吨

真丝绸机织物（含练白）		≤36公斤标煤/百米	≤2.2吨水/百米
毛织物	精梳毛织物	≤150公斤标煤/百米	≤15吨水/百米
	粗梳毛织物	≤195公斤标煤/百米	≤17.25吨水/百米
	毛针织绒线、手编绒线	≤1.43吨标煤/吨	≤117吨水/吨

课题组调研的疆内外企业单位产品排水量及其与《印染行业规范条件》（2017版）中的新鲜水取水量及其折算的单位产品排水量对比见表5.7。从表5.7中数据可以看出，山东地区水资源缺乏，由于严控印染企业的工业用水总量及废水排放量，单位产品基准排水量低于依据《印染行业规范条件》（2017版）新鲜水取水量按排污系数0.80折算所得的单位产品排水量，但新疆地区目前尚未明确规定针对干旱地区的印染工业用水及排水量特定要求，单位产品排水量普遍偏高。

表 5.7 调研的疆内外企业单位产品排水量

序号	单位名称	产品种类	产量	废水排放量 (m ³ /d)	单位产品排水量	《印染行业规范条件》(2017 版) 单位产品新鲜水取水量	依据《印染行业规范条件》(2017 版) 按排污系数 0.80 计算所得单位产品排水量	备注
1	新疆如意纺织科技有限公司	色织布、毛巾	2500 万米色织布(3500 吨)/年、毛巾 3000 吨/年	1800	99.4 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	
2	石河子标配纤维有限公司	染色棉	2 万吨/年	4500	80.9 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	
3	库尔勒汇同泰印染科技有限公司	筒子纱染色、针织布染色、毛巾染色	1 万吨筒子纱染色/年、1 万吨针织布染色/年、1 万吨毛巾和干发巾染色/年	7360	88.4 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	基础数据来自环评报告
4	新疆康平纳智能染色有限公司	筒子纱染色	16 万吨纱线染色/年	13719	30.9 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	基础数据来自环评报告
5	阿克苏标配纤维有限公司	染色棉	2 万吨/年	3300	59.4 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	
6	阿拉尔洁丽雅印染有限公司	毛巾, 印染	2 万吨毛巾/年, 4 万吨印染/年	6000~7000	36.0~42.0 吨水/吨	90 吨水/吨	72.0 吨水/吨	
7	华纺股份有限公司	纯棉为主, 涤棉	100 万米/日	7000~7500	0.7~0.75 吨水/百米	1.6 吨水/百米	1.28 吨水/百米	
8	愉悦家纺股份有限公司	棉印染(含亚麻)、印花	58 万米印花/日、22 万米染色/日	10000~11000	0.63~0.69 吨水/百米	1.6 吨水/百米	1.28 吨水/百米	
9	凤凰东翔印染股份有限公司	棉印染, 蜡染	65 万米/日	4500	0.69 吨水/百米	1.6 吨水/百米	1.28 吨水/百米	

依据上述分析，应对新疆水资源匮乏的现实情况及工业节水的需求，确定本标准中的近期（本标准实施之日起至2025年）印染单位产品基准排水量要求，主要按《印染行业规范条件》（2017版）中单位产品新鲜水取水量按排污系数折算所得的单位产品排水量取值，考虑到新疆干旱地区蒸发量大，排污系数取值0.8。见表5.8。

表5.8 本标准近期（本标准实施之日起至2025年）单位产品基准排水量

分类		单位产品基准排水量
棉、麻、化纤及混纺机织物		1.3吨水/百米
纱线、针织物		72吨水/吨
真丝绸机织物（含练白）		1.8吨水/百米
毛织物	精梳毛织物	12吨水/百米
	粗梳毛织物	13.8吨水/百米
	毛针织绒线、手编绒线	93.6吨水/吨

另外，考虑到新疆地区工业节水的高标准要求，按前述国家及环保主管部门的相关要求、国家相关产业政策及行业发展中的环保要求，“十三五”5年期间万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量需降低20%~30%。本标准远期（2025年之后）按印染单位产品基准排水量降低30%计算，确定本标准的远期（2025年之后）印染单位产品基准排水量要求，见表5.9。目前所调研山东地区印染企业通过节水已达到表5.9的单位产品基准排水量先进要求。

表5.9 本标准远期（2025年之后）单位产品基准排水量

分类		单位产品基准排水量
棉、麻、化纤及混纺机织物		0.9吨水/百米
纱线、针织物		50.4吨水/吨
真丝绸机织物（含练白）		1.3吨水/百米
毛织物	精梳毛织物	8.4吨水/百米
	粗梳毛织物	9.7吨水/百米
	毛针织绒线、手编绒线	65.5吨水/吨

5.4 印染企业废水处理和循环利用模式及技术经济分析

5.4.1 现场工程实证目的及条件

应对新疆纺织印染工业发展的高标准要求，以即将出台的《新疆印染废水排放及综合利用标准》限值为基准，结合新疆如意纺织科技有限公司筒子纱染整生产工艺，开展现场染整工艺盐、水及污染物平衡测试，对传统“浓缩、蒸发、结

晶”技术及在新疆如意纺织有限公司已开始应用的“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用”技术对比，分析印染企业盐减排的技术经济可行性，以确定全盐量限值的可达性。工程实证单位产品排水量不得高于表 5.10 规定的单位产品基准排水量。

表5.10 单位产品基准排水量

分类		单位产品基准排水量
棉、麻、化纤及混纺机织物		1.3吨水/百米
纱线、针织物及纤维染色		72吨水/吨
真丝绸机织物（含练白）		1.8吨水/百米
毛织物	精梳毛织物	12吨水/百米
	粗梳毛织物	13.8吨水/百米
	毛针织绒线、手编绒线	93.6吨水/吨

5.4.2 染整工艺盐水平衡实测及工况筛选

在新疆如意纺织科技有限公司筒子纱染色生产装置生产 12 批次合格产品的工艺过程中采集 12 批水样，每批涵盖生产工艺的全过程，测定全盐量、COD 指标。

采集样品的 12 批次染色产品与灰卡比对色差达到 4 级以内，牢度 3.5 级以上，强力 10%以内，内外层差 4 级以上，均为合格产品。产品样品见图 5.15。所采集的 12 批次样品的采样参数、全盐量指标与理论值对比见表 2。由表 5.11 可以看出，BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种产品生产过程中排出的染整废水全盐量实测值与理论值的相对误差在±6%以内，并分别代表了典型不同颜色、盐用量的染整工艺。因此，选择这 4 种典型染整工况进行技术经济分析。



图 5.15 筒子纱染色生产装置生产 12 批次合格产品

表 5.11 筒子纱染色生产装置 12 批次样品的采样参数、全盐量指标与理论值对比

序号	色号	纱量 (kg)	染料 (%)	单道用水量 (L)	浴 比	练漂	染色		总盐量 (kg)	过水 道数	每道排水量 (L)	总排水量 (L)	盐排放浓度 (mg/L)		相对误差	备注
						加碱量 (g/L)	加盐量 (g/L)	加碱量 (g/L)					理论值	实测量		
1	BL10204	20	7	160	8.0	7	60	20	13.92	12	120	1440	9667	10032	4%	
2	BL10109	80	0.2	630	7.9	7	15	10	20.16	11	470	5170	3899	4097	5%	浅
3	BR5607	160	3.5	1000	6.3	7	50	15	72	12	680	8160	8824	8993	2%	中
4	BL4420	112	3.5	1000	8.9	7	60	20	87	12	776	9312	9343	10362	11%	
5	BK5527	115	6	1000	8.7	7	70	20	97	12	770	9240	10498	9933	-5%	深
6	9-0150	31	0.003	350	11.3	7	10	5	7.7	11	288	3168	2431	2400	-1%	
7	1-0224	31	0.03	350	11.3	7	10	5	7.7	11	288	3168	2431	3058	26%	
8	黑 01	1560	9	10000	6.4		100	25	1250	10	6880	68800	18169	17014	-6%	黑
9	BR5607	70	2.6	500	7.1	7	50	15	36	12	360	4320	8333	9427	13%	
10	BK5714	13	9	160	12.3	7	90	25	19.52	12	134	1608	12139	14455	19%	
11	5-0360	31	0.16	350	11.3	7	15	10	11.2	11	288	3168	3535	5907	67%	
12	BL10103	92	4.7	1000	10.9	7	60	20	87	12	816	9792	8885	10013	13%	

5.4.3 染整工艺盐水平衡及“清污分流”效果

基于现场染整工艺采样实测结果，具有代表性的 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种产品染整工艺废水“清污分流”前后的盐、水、COD 平衡分析见表 5.12~5.19。

表 5.12 BL10109 产品生产 1 批次“清污分流”前盐、水及 COD 平衡（浅色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.47	6230	5122
2	漂洗 2	0.47	333	3084
3	染色	0.47	732	19715
4	染洗 1	0.47	206	11088
5	皂洗	0.47	743	2992
6	水洗 1	0.47	401	1496
7	水洗 2	0.47	524	826
8	水洗 3	0.47	410	481
9	水洗 4	0.47	272	176
10	固色	0.47	48	65
11	加软	0.47	95	23
12	混合废水	5.17	909	4097

表 5.13 BL10109 产品生产 1 批次“清污分流”后盐、水及 COD 平衡（浅色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.47	6230	5122
2	漂洗 2	0.47	333	3084
4	染洗 1	0.47	206	11088
5	皂洗	0.47	743	2992
6	水洗 1	0.47	401	1496
7	水洗 2	0.47	524	826
8	水洗 3	0.47	410	481
9	水洗 4	0.47	272	176
10	固色	0.47	48	65
11	加软	0.47	95	23
12	混合废水	4.7	926.2	2535

（注：该表数据是将表 5.12 中染色环节废水分流后的盐、水、COD 平衡。）

由表 5.12、表 5.13 结果对比可知，对于盐总用量较低的 BL10109（浅色）染整工艺，将用盐量最大的、占全部水量 9.1%的染色环节废水分流后，混合废水全盐量由 4097mg/L 降低至 2535mg/L，能够达到 4300/3800mg/L 的企业废水全

盐量排放限值。由于在漂洗 1 环节，需将棉纤维上天然生长的棉蜡、果胶等共生生物洗除，这一过程原棉的重量要下降 5%，故其 COD 浓度最高。因而，染色环节废水分流后 COD 无明显降低。

表 5.14 BR5607 产品生产 1 批次“清污分流”前盐、水及 COD 平衡（中色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.68	6230	5122
2	漂洗 2	0.68	333	3084
3	染色	0.68	1700	66000
4	染洗 1	0.68	32	20640
5	染洗 2	0.68	1000	7776
6	皂洗	0.68	390	3655
7	水洗 1	0.68	186	1260
8	水洗 2	0.68	637	367
9	水洗 3	0.68	/	/
10	水洗 4	0.68	177	8
11	固色	0.68	/	/
12	加软	0.68	/	/
13	混合废水	8.16	890	8993

表 5.15 BR5607 产品生产 1 批次“清污分流”后盐、水及 COD 平衡（中色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.68	6230	5122
2	漂洗 2	0.68	333	3084
4	染洗 1	0.68	32	20640
5	染洗 2	0.68	1000	7776
6	皂洗	0.68	390	3655
7	水洗 1	0.68	186	1260
8	水洗 2	0.68	637	367
9	水洗 3	0.68	/	/
10	水洗 4	0.68	177	8
11	固色	0.68	/	/
12	加软	0.68	/	/
13	混合废水	7.48	817	3810

（注：该表数据是将表 5 中染色环节废水分流后的盐、水、COD 平衡。）

由表 5.14、表 5.15 结果对比可知，对于盐总用量中等水平的 BR5607（中色）染整工艺，将用盐量最大的、占全部水量 8.3% 的染色环节废水分流后，混合废水全盐量由 8993mg/L 降低至 3810mg/L，能够达到 4300/3800mg/L 的企业废水全盐量排放限值。

表 5.16 BK5527 产品生产 1 批次“清污分流”前盐、水及 COD 平衡（深色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.77	6230	5122
2	漂洗 2	0.77	333	3084
3	染色	0.77	983	68700
4	染洗 1	0.77	478	24000
5	染洗 2	0.77	740	11640
6	皂洗	0.77	207	4070
7	水洗 1	0.77	76	1680
8	水洗 2	0.77	499	661
9	水洗 3	0.77		
10	水洗 4	0.77		
11	固色	0.77		
12	加软	0.77	1920	243
13	混合废水	9.24	956	9933

表 5.17 BK5527 产品 1 批次生产“清污分流”后盐、水及 COD 平衡（深色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	漂洗 1	0.77	6230	5122
2	漂洗 2	0.77	333	3084
5	染洗 2	0.77	740	11640
6	皂洗	0.77	207	4070
7	水洗 1	0.77	76	1680
8	水洗 2	0.77	499	661
9	水洗 3	0.77		
10	水洗 4	0.77		
11	固色	0.77		
12	加软	0.77	1920	243
13	混合废水	7.7	1001	2650

（注：该表数据是将表 4 中染色、染洗 1 环节废水分流后的盐、水、COD 平衡。）

由表 5.16、表 5.17 结果对比可知，对于盐总用量较大的 BK5527（深色）染整工艺，将用盐量最大的、占全部水量 16.7%的染色废水、染洗第 1 道废水分流后，混合废水全盐量由 9933mg/L 降低至 2650mg/L，能够达到 4300/3800mg/L 的企业废水全盐量排放限值。

表 5.18 黑 01 产品 1 批次生产“清污分流”前盐、水及 COD 平衡（黑色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
1	染色	6.88	3070	101650
2	染洗 1	6.88	2110	35975

3	染洗 2	6.88	1640	19932
4	皂洗	6.88	2680	6700
5	水洗 1	6.88	817	3570
6	水洗 2	6.88	467	1488
7	水洗 3	6.88	657	336
8	水洗 4	6.88	131	121
9	固色	6.88	128	47
10	加软	6.88	13	325
11	混合废水	68.8	1171	17014

表 5.19 黑 01 产品 1 批次生产“清污分流”后盐、水及 COD 平衡（黑色）

序号	工艺环节	排水量 (m ³)	COD (mg/L)	全盐量 (mg/L)
4	皂洗	6.88	2680	6700
5	水洗 1	6.88	817	3570
6	水洗 2	6.88	467	1488
7	水洗 3	6.88	657	336
8	水洗 4	6.88	131	121
9	固色	6.88	128	47
10	加软	6.88	13	325
11	混合废水	48.16	699	1798

由表 5.18、表 5.19 结果对比可知，对于盐用量最大的黑 01（黑色）染整工艺，将用盐量最大的、占全部水量 30%的染色废水、染洗第 1 道和第 2 道废水分流后，混合废水全盐量由 17014mg/L 降低至 1798mg/L，能够达到 4300/3800mg/L 的企业废水全盐量排放限值。

5.4.4 技术经济分析

5.4.4.1 传统蒸发、结晶技术

“浓缩、蒸发、结晶”是当前应用成熟的脱盐技术。结合 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种典型产品每批次生产工况，采用“高级氧化、浓缩、蒸发、结晶”组合工艺对染整工艺中的高盐废水分流并脱盐处理，运行成本分析结果见表 5.20~表 5.23。

表 5.20 BL10109 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（浅色）

序号	费用种类	处理单元	水量及污泥、废盐量测算		成本测算		总费用 (元)	折算到全部水量的综合成本 (元/m ³)	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液	高级氧化	m ³	0.4700	元/m ³	5.00	2.35	0.45	以芬顿氧化

	处理及脱盐								测算
		DTRO 浓缩、蒸发结晶脱盐	m ³	0.4700	元/m ³	23.27	10.94	2.12	按最低回收率 75%计算
2	污泥及废盐处置	污泥	吨	0.0003	元/吨	100.00	0.03	0.01	含水率 80%，99.3%的污泥产量按水量的 2%计算
		废盐	吨	0.0093	元/吨	100.00	0.93	0.18	结晶盐含水率按 0.8%计算
3	排污费节支	/	m ³ /d	0.4700	元/m ³	-5.00	-2.35	-0.45	脱盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³ /d	0.4700	元/m ³	-3.00	-1.41	-0.27	脱盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	10.49	2.03	/

表 5.21 BR5607 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（中色）

序号	费用种类	处理单元	水量及污泥、废盐量测算		成本测算		总费用（元）	折算到全部水量的综合成本（元/m ³ ）	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液处理及脱盐	高级氧化	m ³	0.6800	元/m ³	5.00	3.40	0.42	以芬顿氧化测算
		DTRO 浓缩、蒸发结晶脱盐	m ³	0.6800	元/m ³	23.27	15.82	1.94	按最低回收率 75%计算
2	污泥及废盐处置	污泥	吨	0.0005	元/吨	100.00	0.05	0.01	含水率 80%，99.3%的污泥产量按水量的 2%计算
		废盐	吨	0.0452	元/吨	100.00	4.52	0.55	结晶盐含水率按 0.8%计算
3	排污费节支	/	m ³ /d	0.6800	元/m ³	-5.00	-3.40	-0.42	脱盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³ /d	0.6800	元/m ³	-3.00	-2.04	-0.25	脱盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	18.36	2.25	/

表 5.22 BK5527 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（深色）

序号	费用种类	处理单元	水量及污泥、废盐量测算		成本测算		总费用（元）	折算到全部水量的综合成本（元/m ³ ）	备注
			单位	总量	单位	成本			

1	染色残液、第1道染洗水处理及脱盐	高级氧化	m ³	1.5400	元/m ³	5.00	7.70	0.83	以芬顿氧化测算
		DTRO 浓缩、蒸发结晶脱盐	m ³	1.5400	元/m ³	23.27	35.84	3.88	按最低回收率 75%计算
2	污泥及废盐处置	污泥	吨	0.0011	元/吨	100.00	0.11	0.01	含水率 80%，99.3%的污泥产量按水量的 2%计算
		废盐	吨	0.0720	元/吨	100.00	7.20	0.78	结晶盐含水率按 0.8%计算
3	排污费节支	/	m ³ /d	1.5400	元/m ³	-5.00	-7.70	-0.83	脱盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³ /d	1.5400	元/m ³	-3.00	-4.62	-0.50	脱盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	38.52	4.17	/

表 5.23 黑 01 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（黑色）

序号	费用种类	处理单元	水量及污泥、废盐量测算		成本测算		总费用（元）	折算到全部水量的综合成本（元/m ³ ）	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液、第1道和第2道染洗水处理及脱盐	高级氧化	m ³	20.6400	元/m ³	5.00	103.20	1.50	以芬顿氧化测算
		DTRO 浓缩、蒸发结晶脱盐	m ³	20.6400	元/m ³	23.27	480.29	6.98	按最低回收率 75%计算
2	污泥及废盐处置	污泥	吨	0.0144	元/吨	100.00	1.44	0.02	含水率 80%，99.3%的污泥产量按水量的 2%计算
		废盐	吨	1.0927	元/吨	100.00	109.27	1.59	结晶盐含水率按 0.8%计算
3	排污费节支	/	m ³	20.6400	元/m ³	-5.00	-103.20	-1.50	脱盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³	20.6400	元/m ³	-3.00	-61.92	-0.90	脱盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	529.09	7.69	/

由表 5.20~5.23 可以看出，分别将 4 种典型用盐量不同的 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）产品生产过程 9.1%、8.3%、16.7%、30%的高盐废水“清污分流”，并采用“高级氧化、DTRO 浓缩、蒸发结晶”脱盐，使混合废水盐排放浓度低于 4800/4300mg/L，折算至全部废水水量的运行成本分别为 2.03 元/m³，2.25 元/m³、4.17 元/m³、7.69 元/m³。总体而言，高盐废水盐浓度越高、分流比例越大，运行成本则越高；依据不同的产品其运行

成本在 2.03~7.69 元/m³ 范围内变化，平均为 4.0 元/m³。依据市场询价，折算到按全部废水量的“高级氧化、DTRO 浓缩、蒸发、结晶”组合工艺吨水投资在 4000~5000 元/（m³/d）范围内。

5.4.4.2 染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术

“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”是目前在新疆如意纺织科技有限公司应用的新技术，其原理是：采络合萃取-膜分离耦合技术，将高盐高色度染色残液分离为回用盐液和染料。相比传统浓缩、蒸发、结晶脱盐工艺，该技术不仅可将废水循环利用，还可将废水中的盐循环利用，因而运行成本可进一步降低。

结合 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种典型产品每批次生产工况，采用“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”对染整工艺中的高盐废水分流并盐水回用，运行成本分析结果见表 5.24~表 5.27。

表 5.24 BL10109 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（浅色）

序号	费用种类	处理单元	水量及盐量测算		成本测算		总费用 (元)	折算到全 部水量的 综合成本 (元/m ³)	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液盐水回用	染色残液回用装置	m ³	0.4700	元/m ³	31.30	14.71	2.85	/
2	盐用量节支	/	吨	0.0093	元/吨	-400.00	-3.71	-0.72	/
3	排污费节支	/	m ³	0.4700	元/m ³	-5.00	-2.35	-0.45	盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³	0.4700	元/m ³	-3.00	-1.41	-0.27	盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	7.24	1.40	/

表 5.25 BR5607 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（中色）

序号	费用种类	处理单元	水量及盐量测算		成本测算		总费用 (元)	折算到全 部水量的 综合成本 (元/m ³)	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液盐水回用	染色残液回用装置	m ³	0.6800	元/m ³	31.30	21.28	2.61	/

2	盐用量节支	/	吨	0.0449	元/吨	-400.00	-17.95	-2.20	/
3	排污费节支	/	m ³	0.6800	元/m ³	-5.00	-3.40	-0.42	盐水回用
4	工业用水节支	/	m ³	0.6800	元/m ³	-3.00	-2.04	-0.25	盐水回用
5	合计	/	/	/	/	/	-2.11	-0.26	/

表 5.26 BK5527 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（深色）

序号	费用种类	处理单元	水量及盐量测算		成本测算		总费用 (元)	折算到全部水量的 综合成本 (元/m ³)	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液盐水回用	染色残液回用装置	m ³	0.7700	元/m ³	31.30	24.10	2.61	/
2	染色残液、第 1 道染洗水蒸化	染色残液、第 1 道染洗水蒸化装置	m ³	0.77	元/m ³	30	23.1	2.50	/
3	盐用量节支	/	吨	0.0714	元/吨	-400.00	-28.55	-3.09	/
4	排污费节支	/	m ³	1.5400	元/m ³	-5.00	-7.70	-0.83	盐水回用
5	工业用水节支	/	m ³	1.5400	元/m ³	-3.00	-4.62	-0.50	盐水回用
6	合计	/	/	/	/	/	6.33	0.69	/

表 5.27 黑 01 产品 1 批次“清污分流、分质处理”成本分析（黑色）

序号	费用种类	处理单元	水量及盐量测算		成本测算		总费用 (元)	折算到全部水量的 综合成本 (元/m ³)	备注
			单位	总量	单位	成本			
1	染色残液盐水回用	染色残液回用装置	m ³	6.8800	元/m ³	31.30	215.34	3.13	/
2	染色残液、第 1 道和第 2 道染洗水蒸化	染色残液、第 1 道和第 2 道染洗水蒸化装置	m ³	13.76	元/m ³	30	412.8	6.00	/
3	盐用量节支	/	吨	1.0840	元/吨	-400.00	-433.60	-6.30	/

4	排污费节支	/	m ³	20.6400	元/m ³	-5.00	-103.20	-1.50	盐水回用
5	工业用水节支	/	m ³	20.6400	元/m ³	-3.00	-61.92	-0.90	盐水回用
6	合计	/	/	/	/	/	29.43	0.43	/

由表 5.24~5.27 可以看出，分别将 4 种典型用盐量不同的 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）产品生产过程 9.1%、8.3%、16.7%、30%的高盐废水“清污分流”，并采用“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”使分流废水实现盐水资源化回用，使混合废水盐排放浓度低于 4800/4300mg/L，折算至全部废水水量的运行成本分别为 1.4 元/m³，-0.26 元/m³、0.69 元/m³、0.43 元/m³。总体而言，由于该技术能够回收利用废水中大量的盐，使运行成本大幅度降低，依据不同的产品其运行成本范围在-0.26 元/m³~1.4 元/m³ 范围内变化，平均为 0.6 元/m³。按企业提供信息，折算到全部废水水量的染色残液盐水回用装备吨水投资在 4000~5200 元/（m³/d）。

5.4.4.3 技术经济分析结论

（1）清污分流、分质处理效果

基于新疆如意纺织有限公司筒子纱染色现场工艺实测结果，对于有代表性的、用盐量不同的 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种产品的染整工艺，采用“清污分流、分质处理”的方式，分别将占总水量 8.3%~30%的染色废水、染洗第 1 道和第 2 道废水分流处理后，混合废水全盐量大幅度降低，可达到 4300/3800mg/L 的全盐量排放限值。

（2）技术经济分析

对于有代表性的、用盐量不同的 BL10109（浅色）、BR5607（中色）、BK5527（深色）、黑 01（黑色）4 种产品的染整工艺，分别将生产过程 9.1%、8.3%、16.7%、30%的高盐废水“清污分流”，采用成熟的“高级氧化、DTRO 浓缩、蒸发、结晶”脱盐，折算至全部废水水量的运行成本分别为 2.03 元/m³，2.25 元/m³、4.17 元/m³、7.69 元/m³，平均为 4.0 元/m³。吨水投资在 4000~5000 元/（m³/d）。

同时对 4 种产品的染整工艺，分别将生产过程 9.1%、8.3%、16.7%、30%的高盐废水“清污分流”，采用已在新疆如意纺织有限公司应用的“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”进行盐水资源化回用，折算至全部废水水量的运行成本分别为 1.4 元/m³，-0.26 元/m³、0.69 元/m³、0.43 元/m³，平均为

0.6 元/m³。吨水投资 4000~5200 元/（m³/d）。

传统“高级氧化、DTRO 浓缩、蒸发结晶”与“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”对比结果表明，由于“高级氧化、DTRO 浓缩、蒸发、结晶”只能回收利用水资源，蒸发结晶出的盐纯度不足无法回用，故运行成本高；而“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”可以同时将盐、水资源化利用，因而大幅度降低了运行成本。虽然“染色残液三相旋流连续脱色与再生盐水循环利用技术”已在新疆如意纺织有限公司示范应用，但对于其它不同生产工艺、不同产品的适用性尚待进一步验证。

（3）“清污分流、分质处理”是符合新疆印染企业废水治理的模式，为进一步降低运行成本，研发及推广染整工艺盐水同时资源化、低盐染色等先进节能减排技术是未来的发展方向。

6.标准主要技术内容

6.1 标准适用范围

6.1.1 本标准适用范围

本标准规定了新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施水污染物排放限值、监测和监控要求，以及标准实施与监督等相关规定。

本标准适用于新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施的水污染物排放管理。

本标准规定的水污染物排放控制要求适用于新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施直接或间接向其法定边界外排放水污染物的行为。

本标准适用于对新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可管理及其投产后的水污染物排放管理。

本标准规定了新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施排水用于工业用水原水、城市杂用水综合利用水污染物浓度限值；印染企业或生产设施排水进入沙漠稳定塘并用于生态林灌溉，以及收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂排水综合利用水污染物浓度建议限值。

本标准适用于法律允许的污染物排放行为。新设立污染源的选址和特殊保护

区域内现有污染源的管理，按照《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规、规章的相关规定执行。

6.1.2 本标准与其它标准的衔接关系

本标准不仅限于水污染物的达标排放，而且依据新疆的情况还涉及到处理后废水的综合利用，本标准制定的基本原则是基于实现水污染物的达标排放前提下的综合利用。水污染物项目的选择以印染废水的特征污染物为基准，并考虑综合利用的要求；即以目前正在执行的《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012）中的水污染物项目为基准，适当考虑综合利用的水质要求，并结合印染废水处理进入沙漠水库或稳定塘的盐度要求，增补全盐量、嗅2项水污染物项目。

水污染物排放及综合利用限值的应综合考虑《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012），以及目前新疆纺织工业园出水执行的水污染物项目限值；同时，还应综合分析与本标准综合利用密切相关的《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）标准中相关水污染物项目限值；全盐量水污染物项目限值则依据前文论证论证结果而设置。通过上述标准的比对分析，确定本标准的水污染物排放及综合利用限值。

6.2 标准结构框架

依据调研结果，新疆地区目前及未来潜在的印染废水排放及综合利用途径见图 6.1。

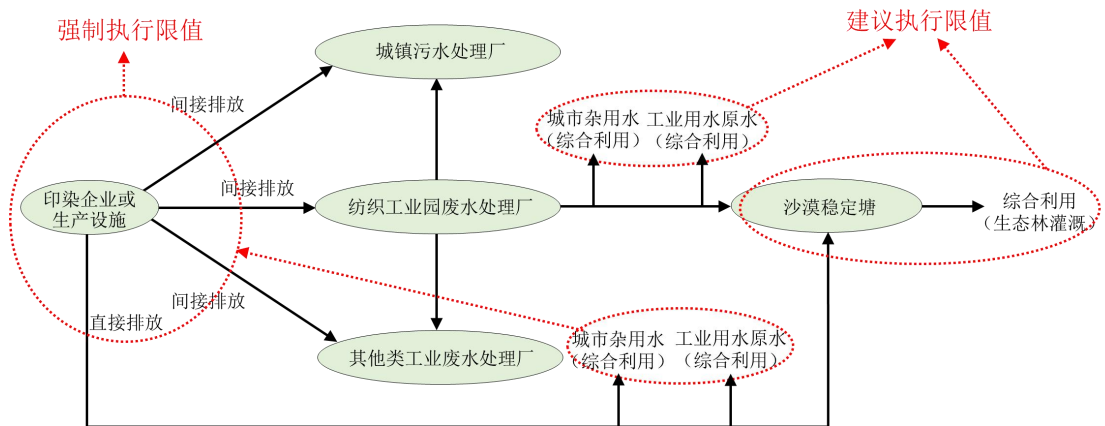


图 6.1 新疆地区目前及未来潜在印染废水排放及综合利用途径

在标准框架结构设置问题上，不仅涉及到印染企业达标排放的问题，而且考虑到沙漠稳定塘水环境质量提升的需求，还涉及到废水处理向沙漠稳定塘的排放问题；新疆实际上还存在收集处理印染废水的纺织工业园向城镇污水处理厂排水（例如：石河子印染废水处理厂），或潜在存在向以其他类工业废水为主的工业废水集中处理厂的情形；最终还涉及到印染废水处理用于城市杂用水、工业用水原水，以及排入沙漠稳定塘用于生态林灌溉的综合利用途径。因生态环境主管部门的管理权限为企业排放，所以本标准中部分综合利用项目及限值为非强制执行的建议执行限值。

本标准规定了新疆维吾尔自治区（含兵团）印染企业或生产设施排水用于工业用水原水、城市杂用水综合利用水污染物浓度限值；印染企业或生产设施排水进入沙漠稳定塘并用于生态林灌溉，以及收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂排水综合利用水污染物浓度建议限值。

综合考虑新疆的具体情况，在标准的定位上分为印染企业或生产设施间接排放及直接排放（强制执行），以及印染企业或生产设施排水用于工业用水原水、城市杂用水综合利用（强制执行）；印染企业或生产设施排水进入沙漠稳定塘并用于生态林灌溉，以及收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂排水综合利用（非强制执行）：

（1）间接排放

指印染企业或生产设施向城镇污水处理厂、纺织工业园废水处理厂及其他类工业废水处理厂排放水污染物的行为。

在调研中发现，石河子印染废水集中处理厂出水进入石河子城市污水处理厂进一步处理后，最终排入蘑菇湖水库用于农田灌溉；为确保工业水污染物不进入食物链，需明确的是，如城镇污水处理厂处理后水用于农田灌溉，则印染废水不得进入城镇污水处理厂或经由城镇污水管线排放。另外，考虑到多年现实经验及工业园废水集中处理的现实情况，在如下情况可以执行间接排放协议限值：①在纺织工业园废水处理厂出水排入沙漠稳定塘或用于本标准限定的综合利用范围的情形下，对于除全盐量、六价铬之外的污染物项目，印染企业或生产设施向纺织工业园废水处理厂排水可执行双方协议限值；②在纺织工业园废水处理厂出水排入城镇污水处理厂、其他类工业废水处理厂的情形下，印染企业或生产设施向

纺织工业园污水处理厂排水仅执行间接排放中全盐量、六价铬污染物项目及相应限值，其余污染物项目执行双方协议限值。

(2) 直接排放

指印染企业或生产设施向沙漠稳定塘排放水污染物的行为。

直接排放行为的设定依据是基于进一步提升沙漠水库或稳定塘库区水环境质量的需求，将沙漠水库或稳定塘作为受纳水体以严控进库水质。目前库尔勒纺织工业园污水处理厂向阿拉尔氧化塘排水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准，其目标是提升沙漠水库或稳定塘进水水质，为进一步提升库区水环境质量奠定基础。另外，根据城镇污水处理厂排入地表水域环境功能和保护目标，《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准的适用范围是：“城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求，当污水处理厂出水引入稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时，执行一级标准的A标准”，符合沙漠水库和稳定塘的基本特征及本标准的综合利用途径。

尽管在目前基本不存在印染企业或生产设施直接向沙漠水库或稳定塘排放水污染物的情形，但该情形的设定主要考虑到未来在和田地区的家庭工厂式艾德莱斯绸印染废水排放整治的问题；目前情况是将印染废水暂存自制储水井(池)，蓄满后运至戈壁滩倾倒，散户则直接倾倒院子内外、路边和树沟，艾德莱斯绸印染废水排放分散度高，且不经处理无组织排放进入沙漠地区，存在较大环境风险，未来需集中治理达标排放或综合利用。

(3) 综合利用

指印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂的排水用于工业用水原水，城市杂用水中的城市绿化、建筑施工、道路清扫、消防及水景类观赏性景观用水，或进入沙漠稳定塘并用于生态林灌溉的行为。

将收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂纳入综合利用范畴的主要原因是，目前新疆印染企业废水均是排入纺织工业园污水处理厂集中处理，将处理程度高的纺织工业园污水处理厂出水进行综合利用是较为现实的途径。而对于印染企业，尽管理论上存在将废水高标准处理后直接综合利用的可能性，但目前基本不存在该种情况。

印染废水处理后再不建议用于城市杂用水中的冲厕、车辆冲洗用途。课题组在曾完成的《浦东机场回用水系统评估项目研究报告》报告中曾对高端用水洁具对水质的要求做了调研，结果见表6.1。

表 6.1 洁具用水水质要求

水质项目	水质范围
氯离子浓度 (mg/L)	≤600
pH	≤5.8~8.6
朗格利亚指数 (朗格利尔饱和指数)	≥-3.00
游离碳酸 (mg/L)	≤50
电导率 (mS/m)	≤250
硝酸离子浓度 (mg/L)	≤60
硫酸离子浓度 (mg/L)	≤100
残留氯浓度 (mg/L)	≤2
硫化氢气体	不应存在
SS (悬浮物质) (mg/L)	≤5
硬度 (mg/L)	≤50
蒸发残留物 (mg/L)	≤300
高锰酸钾消耗量 (mg/L)	≤10

由表 6.1 数据可知，水中会对卫生洁具产生影响的指标主要是盐类，氯化物和 TDS。水中的 TDS 和盐度在管道中受到物理或化学变化的影响，易在物体的表面沉积形成水垢。长期使用含有较高浓度 TDS 和盐度的水冲厕，可能造成管道径缩，压力损失增大，管道堵塞；水垢或杂质很有可能会堵塞卫生洁具电磁阀前的过滤网或者电磁阀的膜片，致使感应器失灵无法正常开关。印染废水的盐度远高于表 6.1 中数据，印染废水处理后再用于冲厕风险性较高，因此不建议将印染废水处理后再用于城市杂用水中的冲厕用途；同样用于车辆冲洗也存在腐蚀、损坏车辆的潜在可能性。

印染废水处理后再不建议用于城市杂用水中的娱乐性景观环境用水，娱乐性景观环境用水指人体非全身性接触的景观环境用水，以确保人体健康安全。同时，不建议用于城市杂用水中的观赏性景观环境用水的河道类、湖泊类，因河道、湖泊自然水体原则上不宜作为印染废水排放的接纳水体。

印染废水经处理后回用于企业染整生产工艺或其他工业行业，需达到染整生产工艺或其他工业行业生产工艺的用水标准，不属于本标准的综合利用范畴。

新疆地区印染废水治理的特征与疆外地区的重要区别是无江河等接纳水体，

疆外印染废水的资源化利用主要集中在企业内深度处理回用，而在新疆需从企业、工业园、沙漠水库或稳定塘灌溉全部环节考虑。新疆印染废水资源化利用的原则是“企业适度回用、纺织工业园及沙漠水库或稳定塘全部综合利用”，新疆印染废水资源化利用效率应以“综合利用率”界定，而不应仅限于“企业回用率”。

6.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

下列术语和定义适用于本标准。

(1) 印染

对纺织材料（纤维、纱、线和织物）进行以染色、印花、整理为主的处理工艺过程，包括预处理（不含洗毛、麻脱胶、煮茧和化纤等纺织用原料的生产工艺）、染色、印花和整理。

(2) 标准品

机织物标准品为布幅宽度152cm、布重10-14kg/100m 的棉染色合格产品；真丝绸机织物标准品为布幅宽度114cm、布重6-8kg/100m 的染色合格产品；针织、纱线标准品为棉浅色染色产品；毛织物标准品布幅按1500cm、布重30kg/100m折算。

(3) 现有企业

指在本标准实施之日前，已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的印染企业或生产设施。

(4) 新建企业

指在本标准实施之日起，环境影响评价文件通过审批的新建、改建和扩建的印染企业或生产设施建设项目。

(5) 排水量

指印染企业或生产设施向其法定边界以外排放的废水的量，包括与生产有直接或间接关系的各种外排废水（含厂区生活污水、冷却废水、厂区锅炉和电站排水等）。

(6) 单位产品基准排水量

指用于核定水污染物排放浓度而规定的生产单位印染产品的废水排放量上限值。

(7) 直接排放

指印染企业或生产设施向沙漠稳定塘排放水污染物的行为。

(8) 间接排放

指印染企业或生产设施向城镇污水处理厂、纺织工业园污水处理厂及其他类工业污水处理厂排放水污染物的行为。

(9) 综合利用

指印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂的排水用于工业用水原水，城市杂用水中的城市绿化、建筑施工、道路清扫、消防及水景类观赏性景观用水，或进入沙漠稳定塘并用于生态林灌溉的行为。

6.4 水污染物项目的选择

依据上述分析，本标准污染物项目首先需涵盖《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012）中 pH 值、化学需氧量（COD_{Cr}）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物、色度、氨氮、总氮、总磷、二氧化氯、可吸附性有机卤素（AOX）、硫化物、苯胺类、六价铬、总锑等 14 项指标，同时依据与本标准综合利用密切相关的《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）标准的水质要求，增补嗅、总余氯量两项指标，以保证印染废水处理用于城市杂用水中的城市绿化、建筑施工与道路清扫、消防、水景类观赏性景观用水的水质感官及消毒要求。此外，依据前述盐度对沙漠水库或稳定塘生态处理效果以及用于生态林灌溉的影响论证，增补全盐量水污染物项目。

6.5 水污染物排放及废水综合利用限值的确定及制定依据

因新疆纺织工业园已开始执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准的高排放要求（例如库尔勒纺织工业园废水排入西尼尔氧化塘目前执行一级 A 标准）。前文已述及，根据城镇污水处理厂排入地表水域环境功能和保护目标，一级 A 标准是城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求，印染废水处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准从理论上能够满足城市杂用水要求。考虑到新疆地区废水排放沙漠稳定塘和综合利用一体化的要求，因此本标准确定直接排放限值时将直接排放或

综合利用合并。

本标准水污染物排放及综合利用限值的制定涉及到如下标准：《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB T18920-2002）（城市绿化、建筑施工及道路清扫、消防）、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》（GB/T25499-2010）、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）标准（观赏性景观用水中的水景类）中相关水污染物项目限值；全盐量水污染物项目限值则依据前文论证论证结果而设置。

涉及到的相关标准水污染物排放及综合利用浓度限值对比见表6.2。根据上述分析并比对相应的标准，确定本标准的水污染物排放浓度限值及单位产品基准排水量，见表6.3（近期：本标准实施之日起至2025年）、表6.4（远期：2025年之后）。表6.3、表6.4的区别在于全盐量和单位产品基准排水量，基于新疆印染废水治理及水资源节约的需求，需体现“高标准治理、梯次推进、分期实施”的客观规律，以期通过“十三五”后期与“十四五”的努力，将新疆纺织工业废水治理水平提升至国际先进甚至领先水平。

表6.2 相关标准水污染物排放及综合利用浓度限值对比

水质标准		水质指标		序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
		指标		pH	COD _{Cr}	BOD ₅	悬浮物	色度	氨氮	总氮	总磷	ClO ₂	AOX	硫化物	苯胺类	六价铬	总铊	总余氯	嗅		
		单位		—	mg/L	mg/L	mg/L	倍	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	—	—	
《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)	新建企业	直接排放		6~9	80	20	50	50	10 15(蜡染)	15 25(蜡染)	0.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—		
		间接排放	排入公共污水处理系统	6~9	200	50	100	80	20 30(蜡染)	30 50(蜡染)	1.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—		
			排入专门收集印染废水的园区污水处理厂	6~9	500	150	100	80	20 30(蜡染)	30 50(蜡染)	1.5	0.5	12	0.5	1.0	0.5	0.1	—	—		
《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)	一级 A			6~9	50	10	10	30	5(8)	15	0.5	—	1.0	1.0	0.5	0.05	—	—	—		
《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB T18920-2002)	道路清扫、消防			6~9	—	15	—	30	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	接触 30min 后≥1.0, 管网末端≥0.2	无 不 快感	
	城市绿化			6~9	—	20	—	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	建筑施工			6~9	—	15	—	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)				6~9	—	20	—	30	20	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—	-	无 不 快感
《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)	观赏性景观环境用水	水景类		6~9	—	6	10	30	5	15	0.5	—	1.0	1.0	—	0.5	—	—	0.05(接触时间不低于30min的余氯,对于非加氯消毒无此要求)	无 漂 浮物, 无 令 人 不 愉 快 的 嗅 和 味	

表6.3 水污染物排放浓度限值及单位产品基准排水量（近期）

单位：mg/L（pH、色度除外）

序号	污染物项目	限值		污染物排放监控位置	
		直接排放	间接排放 ⁽⁵⁾		
1	pH值	6~9	6~9	企业废水总排放口	
2	化学需氧量（COD _{Cr} ）	50	200		
3	五日生化需氧量（BOD ₅ ）	10	50		
4	悬浮物	10	100		
5	色度（稀释倍数）	30	80		
6	氨氮	5	20		
		8 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾		
7	总氮	15	30		
			50 ⁽²⁾		
8	总磷	0.5	1.5		
9	二氧化氯	0.5	0.5		
10	可吸附性有机卤素（AOX）	1.0	12		
11	硫化物	0.5	0.5		
12	苯胺类	1.0	1.0		
13	总锑	0.1	0.1		
14	全盐量	4800	4300 ⁽³⁾	车间或生产设施 废水排放口和总 排口	
			3800 ⁽⁴⁾		
15	六价铬	0.05	0.5		
单位产品 基准排水 量 ⁽⁶⁾	棉、麻、化纤及混纺织物	1.3m ³ /100m		排水量计量位置 与污染物排放监 控位置相同	
	真丝绸织物（含练白）	1.8m ³ /100m			
	纱线、针织物及纤维染色	72m ³ /t			
	毛 织 物	精梳毛织物	12m ³ /100m		
		粗梳毛织物	13.8m ³ /100m		
	毛针织绒线、手编绒线	93.6m ³ /t			

注：

(1) 水温≤12°C 时执行该限值。

(2) 蜡染行业执行该限值。

(3) 在如下两种情形下，执行该限值：

a. 在印染企业或生产设施向城镇污水处理厂、其他类工业污水处理厂排水的情形下，执行该限值；

b. 在纺织工业园污水处理厂出水排入沙漠稳定塘或用于本标准限定的综合利用范围的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水执行该限值。

(4) 在纺织工业园污水处理厂出水排入城镇污水处理厂、其他类工业污水处理厂的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水执行该限值。

(5) 间接排放协议限值的执行条件：

a. 在纺织工业园污水处理厂出水排入沙漠稳定塘或用于本标准限定的综合利用范围的

情形下，对于除全盐量、六价铬之外的污染物项目，印染企业或生产设施向纺织工业园废水处理厂排水可执行双方协议限值；

b. 在纺织工业园废水处理厂出水排入城镇污水处理厂、其他类工业废水处理厂的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园废水处理厂排水仅执行间接排放中全盐量、六价铬污染物项目及相应限值，其余污染物项目执行双方协议限值；

c. 印染企业或生产设施与纺织工业园废水处理厂协议限值应报当地生态环境主管部门备案并纳入排污许可管理。

(6) 单位产品基准排水量按标准品计量，当产品不同时可按FZ/T 01002-2010进行换算。

表6.4 水污染物排放浓度限值及单位产品基准排水量（远期）

单位：mg/L（pH、色度除外）

序号	污染物项目	限值		污染物排放监控位置	
		直接排放	间接排放 ⁽⁵⁾		
1	pH值	6~9	6~9	企业废水总排放口	
2	化学需氧量（COD _{Cr} ）	50	200		
3	五日生化需氧量（BOD ₅ ）	10	50		
4	悬浮物	10	100		
5	色度（稀释倍数）	30	80		
6	氨氮	5	20		
		8 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾		
7	总氮	15	30		
			50 ⁽²⁾		
8	总磷	0.5	1.5		
9	二氧化氯	0.5	0.5		
10	可吸附性有机卤素（AOX）	1.0	12		
11	硫化物	0.5	0.5		
12	苯胺类	1.0	1.0		
13	总锑	0.1	0.1		
14	全盐量	3500	3000 ⁽³⁾	车间或生产设施 废水排放口和总 排口	
			2500 ⁽⁴⁾		
15	六价铬	0.05	0.5		
单位产品 基准排水 量 ⁽⁶⁾	棉、麻、化纤及混纺机织物	0.9m ³ /100m		排水量计量位置 与污染物排放监 控位置相同	
	真丝绸机织物（含练白）	1.3m ³ /100m			
	纱线、针织物及纤维染色	50.4m ³ /t			
	毛 织 物	8.4m ³ /100m	8.4m ³ /100m		
		9.7m ³ /100m	9.7m ³ /100m		
	65.5m ³ /t	65.5m ³ /t			

注：

(1) 水温 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ 时执行该限值。

(2) 蜡染行业执行该限值。

(3) 在如下两种情形下，执行该限值：

a. 在印染企业或生产设施向城镇污水处理厂、其他类工业污水处理厂排水的情形下，执行该限值；

b. 在纺织工业园污水处理厂出水排入沙漠稳定塘或用于本标准限定的综合利用范围的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水执行该限值。

(4) 在纺织工业园污水处理厂出水排入城镇污水处理厂、其他类工业污水处理厂的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水执行该限值。

(5) 间接排放协议限值的执行条件：

a. 在纺织工业园污水处理厂出水排入沙漠稳定塘或用于本标准限定的综合利用范围的情形下，对于除全盐量、六价铬之外的污染物项目，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水可执行双方协议限值；

b. 在纺织工业园污水处理厂出水排入城镇污水处理厂、其他类工业污水处理厂的情形下，印染企业或生产设施向纺织工业园污水处理厂排水仅执行间接排放中全盐量、六价铬污染物项目及相应限值，其余污染物项目执行双方协议限值；

c. 印染企业或生产设施与纺织工业园污水处理厂协议限值应报当地生态环境主管部门备案并纳入排污许可管理。

(6) 单位产品基准排水量按标准品计量，当产品不同时可按FZ/T 01002-2010进行换算。

表 6.3、表 6.4 中水污染物排放浓度限值中直接排放限值的确定及制定依据为：

(1) pH

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)中均为6~9，则本标准pH选用6~9。

(2) 化学需氧量(COD_{Cr})

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中COD_{Cr}为80mg/L，《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中COD_{Cr}为50mg/L；《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)均不设置COD_{Cr}限值。本标准COD_{Cr}污染

物排放限值执行较为严格的50mg/L。可达性分析见后文。

(3) 五日生化需氧量 (BOD₅)

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中BOD₅为20mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准中BOD₅为10mg/L。因此,本标准中印染企业或收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂向沙漠水库或稳定塘排放水污染物的直接排放限值执行较为严格的10mg/L,严于《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)、《城市污水再生利用绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)的BOD₅限值。但《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)为6mg/L,因此如印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂排水用于城市杂用水中观赏性景观用水(水景类)时,BOD₅综合利用限值参照执行《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)的6mg/L的限值。可达性分析见后文。

(4) 悬浮物

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中悬浮物为50mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中悬浮物为10mg/L;本标准悬浮物污染物排放限值执行较为严格的10mg/L限值;与《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)中的观赏性景观环境用水(水景类)10mg/L的限值一致。

(5) 色度

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中色度为50,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中色度为30;本标准色度污染物排放限值执行较为严格的30限值。与《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)、《城市污水再生利用绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)、《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)中的观赏性景观环境用水(水景类)的色度30的限值一致。

(6) 氨氮

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中氨氮为10

(15) mg/L (蜡染为 15 mg/L), 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级 A 标准中氨氮为 5 (8) mg/L (水温>12°C 时为 5mg/L, 水温≤12°C 时为 8mg/L); 本标准氨氮污染物排放限值执行较为严格的 5 (8) mg/L (水温>12°C 时为 5mg/L, 水温≤12°C 时为 8mg/L) 限值; 严于《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)、《城市污水再生利用 绿地灌溉水质》(GB/T25499-2010)。但《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002) 标准(观赏性景观用水中的水景类)中氨氮为 5 mg/L, 因此如印染企业或收集处理印染废水的纺织工业园污水处理厂向沙漠水库或稳定塘排水的直接排放情形下, 执行氨氮为 5 (8) mg/L (水温>12°C 时为 5mg/L, 水温≤12°C 时为 8mg/L) 的限值; 印染废水处理用于城市杂用水的综合利用情形下, 氨氮综合利用限值执行 5mg/L 的限值。可达性分析见后文。

(7) 总氮

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中总氮为 15 (25) mg/L (蜡染为 25 mg/L), 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级 A 标准中总氮为 15mg/L。本标准总氮污染物排放限值执行较为严格的 15mg/L。与《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002) 标准(观赏性景观用水中的水景类)总氮污染物排放限值相同。

可达性分析: 据中国轻工业清洁生产中心 2015 年 12 月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告, 对监测总氮 83 家印染企业的调研结果表明, 总氮排放浓度大于 20mg/L1 家, 占 1.20%; 总氮排放浓度 15~20mg/L2 家, 占 2.41%; 总氮排放浓度 12~15mg/L9 家, 占 10.84%; 总氮排放浓度小于 12mg/L71 家, 占 85.54%。调研结果表明, 如执行 15mg/L 的限值, 达标率为 96.38%, 具有较好可达性。

(8) 总磷

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中总磷为 0.5mg/L, 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级 A 标准中总磷为 0.5mg/L, 本标准总磷污染物排放限值执行 0.5mg/L 限值。与《城市污水再

生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)总磷污染物排放限值相同。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心 2015 年 12 月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对监测总磷的 74 家印染企业调研结果表明,总磷排放浓度大于 1mg/L1 家,占 1.35%;总磷排放浓度 0.5~1mg/L6 家,占 8.11%;总磷排放浓度小于 0.5mg/L67 家,占 90.54%。调研结果表明,如执行 0.5mg/L 的限值,达标率为 90.54%,具有较好可达性。

(9) 二氧化氯

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中二氧化氯为 0.5mg/L,其他标准无此限值规定,本标准二氧化氯污染物执行 0.5mg/L 限值。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心 2015 年 12 月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对监测二氧化氯的 356 家印染企业调研结果表明,二氧化氯排放浓度小于 0.5mg/L6 家,占 1.69%;二氧化氯未检出 350 家,占 98.31%。调研结果表明,如执行 0.5mg/L 的限值,达标率为 100%,具有较好可达性。

(10) 可吸附性有机卤素(AOX)

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中可吸附性有机卤素(AOX)为 12mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级 A 标准中可吸附性有机卤素(AOX)为 1mg/L,本标准可吸附性有机卤素(AOX)污染物排放限值执行较为严格的 1mg/L。与《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)可吸附性有机卤素(AOX)污染物排放限值相同。

可达性分析:该指标相比《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)提高较大。据中国轻工业清洁生产中心 2015 年 12 月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对监测可吸附有机卤素(AOX)189 家印染企业调研结果表明,可吸附有机卤素(AOX)排放浓度大于 1mg/L 有 8 家,占 4.04%;小于 1mg/L181 家,占 91.41%;其中可吸附有机卤素(AOX)未检出 9 家,占 4.55%。调研结果表明,如执行 1mg/L 的限值,达

标率为 91.41%，具有较好可达性。

(11) 硫化物

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中硫化物为 0.5mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中硫化物为1mg/L,本标准硫化物污染物排放限值执行较为严格的0.5mg/L。严于《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)硫化物污染物排放限值1mg/L。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心2015年12月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对硫化物监测的616家印染企业调研结果表明:硫化物排放浓度大于1mg/L10家,占1.62%;硫化物排放浓度0.5~1mg/L7家,占1.14%;硫化物排放浓度0.1~0.5mg/L59家,占9.58%;硫化物排放浓度小于0.1mg/L307家,占49.84%;硫化物未检出233家,占37.82%。调研结果充分表明硫化物污染物排放限值执行0.5mg/L限值的达标率为97.2%,具有较好可达性。

(12) 苯胺类

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中苯胺类为 1mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中苯胺类为0.5mg/L。本标准苯胺类污染物排放限值执行1mg/L。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心2015年12月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对苯胺类监测的551家印染企业调研结果表明:苯胺类排放浓度大于5mg/L6家,占1.09%;苯胺类排放浓度3-5mg/L6家,占1.09%;苯胺类排放浓度1~3mg/L96家,占17.42%;苯胺类排放浓度0.5~1mg/L100家,占18.15%;苯胺类排放浓度小于0.5mg/L137家,占24.86%;苯胺类未检出206家,占37.39%。如执行较为严格的0.5mg/L的限值,达标率仅为62.25%;如执行《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中的1mg/L的限值,达标率为80.4%,具有较好可达性。

(13) 六价铬

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中六价铬为

0.5mg/L,《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准中六价铬为0.05mg/L,本标准六价铬污染物排放限值执行较为严格的0.05mg/L。严于《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)六价铬污染物排放限值0.5 mg/L。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心2015年12月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,对六价铬监测的616家印染企业调研结果表明:616家企业六价铬排放浓度均小于0.5mg/L;六价铬排放浓度大于0.1mg/L1家,占0.16%;六价铬排放浓度小于0.1mg/L57家,占9.25%;六价铬未检出558家,占90.58%。如执行0.05mg/L的限值,达标率为90.58%,具有较好可达性。

(14) 总锑

《纺织染整工业水污染排放标准》(GB4287-2012)(直接排放)中总锑为0.1mg/L,本标准总锑污染物排放限值执行0.1mg/L。

可达性分析:据中国轻工业清洁生产中心2015年12月编制完成的《纺织染整工业水污染物排放标准(系列标准)实施评估》报告,江阴环保局对相关印染企业废水进行总锑监测,37家印染企业或废水集中处理厂的总锑在0.01~0.09 mg/L,均满足本标准的0.1mg/L限值,可达性较好。

(15) 全盐量

依据前文论证,印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂在直接排放或综合利用情形下,全盐量污染物项目限值为4800mg/L(近期:本标准实施之日起至2025年)、3500 mg/L(远期:2025年之后)。

(16) 总余氯

总余氯主要涉及印染废水处理用于城市绿化、建筑施工及道路清扫、消防及水景类观赏性景观用水等城市杂用水途径。《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB T18920-2002)(城市绿化、建筑施工及道路清扫、消防)中总余氯限值为:接触30min后 ≥ 1.0 ,管网末端 ≥ 0.2 ,《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)总余氯限值为:0.05,接触时间不低于30min的余氯,对于非加氯消毒无此要求。本标准中如

印染废水处理用于城市杂用水中的城市绿化、建筑施工及道路清扫、消防、观赏性景观用水中的水景类用水，总余氯限值可执行：接触 30min 后 ≥ 1.0 ，管网末端 ≥ 0.2 。

(17) 嗅

嗅是感官性指标，《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB T18920-2002) (城市绿化、建筑施工及道路清扫、消防)、《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准(观赏性景观用水中的水景类)中对嗅要求是“无不快感”，因此本标准执行嗅“无不快感”的要求。

同时，分析了本标准中直接排放和综合利用情形下COD、氨氮、BOD₅的可达性。本标准直接排放和综合利用COD、氨氮、BOD₅限值为：COD=50mg/L，BOD₅=10(6) mg/L，氨氮=5(8) mg/L。要达到该标准，必须采用物化、生化、深度处理三级处理工艺。为此课题组调研了江苏联发纺织有限公司印染废水集中处理厂(35000m³/d)、广东溢达纺织有限公司水质净化中心(25000 m³/d)两个典型的印染废水深度处理设施。江苏联发纺织有限公司印染废水集中处理厂采用水解酸化、好氧、臭氧、曝气生物滤池(BAF)组合工艺，进水水质中污染物浓度偏高(COD=1800~2000 mg/L)，出水COD稳定低于40mg/L，氨氮、BOD₅也满足上述要求。广东溢达纺织有限公司水质净化中心采用臭氧、BAF、反硝化深床滤池对印染废水进行深度处理，出水COD稳定低于50mg/L，氨氮、BOD₅也满足上述要求。

上述案例效果均是进水水质较高的典型的棉印染废水，如前所述在新疆印染企业内如进行“清污分流、分质处理”，纺织工业园废水处理厂进水浓度可大幅度降低。按前文测算将总水量不足20%的染色、煮练第1~2道高浓度排水“清污分流、分质处理”后，进入纺织工业园废水处理厂的COD可降低至800mg/L，更有利于达到本标准中直接排放和综合利用限值并降低运行成本。目前阿克苏、石河子、库尔勒3个纺织工业园废水集中处理厂均按照物化、生化、深度处理三级处理工艺路线设计，在印染企业“清污分流、分质处理”并适当优化、强化纺织工业园废水处理厂三级处理工艺的基础上，对用COD、氨氮、BOD₅有较好可达性。

表6.3、表6.4中间接排放限值除全盐量外，其余限值全部执行《纺织染整工业水污染排放标准》（GB4287-2012）中的新建企业间接排放限值，不需进一步论证可达性。全盐量间接排放限值执行4300（3800）mg/L、3000（2500）mg/L，具体论证见前文。本标准单位产品基准排水量论证见前文，不再赘述。

如前所述，考虑到废水排放和综合利用的一体化要求和实际情况，将废水直接排放和综合利用水污染浓度限值合并考虑，综合利用水污染浓度限值除增补嗅、总余氯之外，其余限值与直接排放限值保持一致，见表6.5。

表6.5 综合利用水污染物浓度限值

单位：mg/L（pH、色度、嗅除外）

序号	污染物项目	限值
1	嗅	无不快感
2	pH值	6~9
3	化学需氧量（COD _{Cr} ）	50
4	五日生化需氧量（BOD ₅ ）	10 6 ⁽¹⁾
5	悬浮物	10
6	色度（稀释倍数）	30
7	氨氮	5
8	总氮	15
9	总磷	0.5
10	二氧化氯	0.5
11	可吸附性有机卤素（AOX）	1.0
12	硫化物	0.5
13	苯胺类	1.0
14	总锑	0.1
15	全盐量 ⁽⁴⁾	4800 ⁽²⁾ 3500 ⁽³⁾
16	六价铬 ⁽⁴⁾	0.05
17	总余氯 ⁽⁵⁾	接触30min 后≥1.0，管网末端≥0.2

注：

（1）在印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂排水用于城市杂用水中水景类观赏性景观用水的情形下，执行该限值。

（2）2025年12月31日之前，执行4800mg/L的全盐量限值。

（3）2026年1月1日之后，执行3500mg/L的全盐量限值。

(4) 印染企业或生产设施排水用于本标准限定的综合利用范围时,全盐量、六价铬污染物监控位置为车间或生产设施废水排放口和总排口,其余污染物项目监控位置为企业废水总排放口。

(5) 在印染企业或生产设施、收集处理印染废水的纺织工业园废水处理厂排水用于本标准限定的城市杂用水范围的情形下,执行总余氯项目及相应限值。

6.6 监测要求

(1) 对企业排放废水的采样,应根据监测污染物的种类,在规定的污染物排放监控位置进行,有废水处理设施的,应在处理设施后监控。企业应按照国家 and 地方有关污染源监测技术规范的要求设置采样口,在污染物排放监控位置应设置排污口标志。

(2) 新建企业和现有企业安装污染物排放自动监控设备的要求,按《排污单位自行监测技术指南 纺织印染工业》(HJ 879-2017)及国家和地方有关污染源自动监控管理办法相关规定,并结合生态环境主管部门的相关要求执行。

(3) 对企业污染物排放情况进行监测的频次、采样时间等要求,按国家和地方有关污染源监测技术规范的规定执行。

(4) 企业产品产量的核定,以法定报表为依据。

(5) 企业应按照有关法律和国家与地方有关污染源监测技术规范的相关规定及生态环境主管部门的相关要求,建立企业监测制度,制定监测方案,对水污染物排放状况开展自行监测,保存原始监测记录,并公布监测结果。

(6) 对企业排放水污染物浓度的测定采用表6.6所列的方法标准。

表 6.6 水污染物浓度测定方法标准

序号	污染物项目	监测方法标准名称	标准编号
1	pH	水质 pH 值的测定 玻璃电极法	GB/T 6920
2	化学需氧量 (COD _{Cr})	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法	HJ 828
		水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法	HJ/T 399
		高氯废水 化学需氧量的测定 氯气校正法	HJ/T 70
3	生化需氧量 (BOD ₅)	水质 五日生化需氧量(BOD ₅)的测定 稀释与接种法	HJ 505
4	悬浮物	水质 悬浮物的测定 重量法	GB/T 11901
5	色度	水质 色度的测定	GB/T 11903

6	氨氮 (以 N 计)	水质 氨氮的测定 气相分子吸收光谱法	HJ/T 195
		水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 535
		水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法	HJ 536
		水质 氨氮的测定 蒸馏-中和滴定法	HJ 537
		水质 氨氮的测定 连续流动-水杨酸分光光度法	HJ 665
		水质 氨氮的测定 流动注射-水杨酸分光光度法	HJ 666
7	总氮 (以 N 计)	水质 总氮的测定 气相分子吸收光谱法	HJ/T 199
		水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	HJ 636
		水质 总氮的测定 连续流动-盐酸萘乙二胺分光光度法	HJ 667
8	总磷 (以 P 计)	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法	GB/T 11893
		水质 磷酸盐和总磷的测定 连续流动-钼酸铵分光光度法	HJ 670
9	二氧化氯	水质 二氧化氯和亚氯酸盐的测定 连续滴定碘量法	HJ 551
10	可吸附有机卤素 (AOX)	水质 可吸附有机卤素 (AOX) 的测定 离子色谱法	HJ/T 83
11	硫化物	水质 硫化物的测定 碘量法	HJ/T 60
12	苯胺类	水质 苯胺类的测定 N-(1-萘基) 乙二胺偶氮分光光度法	GB/T 11889
13	六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法	GB/T 7467
14	总锑	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法	HJ 694
		水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子质谱法	HJ 700
15	全盐量	水质 全盐量的测定 重量法	HJ/T 51
16	总余氯	水质 总余氯 游离氯和总氯的测定 N, N-二乙基-1, 4-苯二胺分光光度法	GB/T 11898

7.主要国家、地区及国际组织相关标准研究

7.1 主要国家、地区及国际组织相关标准

从美国、德国、欧盟看，以最佳实用技术分析，COD 大多控制在 130mg/ ~160mg/ L 之间。在染整废水定义界定和名称上与我国不完全相同，选用指标也不一样，大多采用最高值和平均值来表示；美国织物整理废水包括染色，而我国一般整理不包括染色等；也有排放 COD 以 kg/t 织物，与我国相比需要折算；选择的控制项目也有所不同。

(1) 德国

纺织制造和织物整理：根据《德国水污染物排放标准》（Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany）中的附录 38-纺织制造和织物整理，其几种常见情况下的废水排放要求如下：

排放点处的废水要求见表 7.1。

表 7.1 排放点处的废水要求

项 目	随机样或 2h 混合样	
COD	160	mg/ L
BOD ₅	25	mg/ L
总磷	2	mg/ L
NH ₄ ⁺ -N	10	mg/ L
总氮	20	mg/ L
亚硫酸盐	1	mg/ L
上染率：光谱吸收率（不同波长下）		
436nm（黄色系列）	7	m ⁻¹
525nm（红色系列）	5	m ⁻¹
620nm（蓝色系列）	3	m ⁻¹

混合前的废水排放要求见表 7.2。

表 7.2 混合前的废水排放要求

项 目	随机样或 2h 混合样	
可吸收有机卤素（AOX）	0.5	mg/ L
硫化物	1	mg/ L
总铬	0.5	mg/ L
铜	0.5	mg/ L
镍	0.5	mg/ L
锌	2	mg/ L
锡	2	mg/ L

产污点的废水排放要求：

废水中不可含有：①有机氯载体（染色加速）；②氯分离漂白物，除漂白合成纤维的亚氯酸钠之外；③使用亚氯酸钠后的游离氯；④砷、水银以及它们的混合物；⑤作为漂洗剂的烷基苯酚（APEO）⑥硫化染料和还原染料的氧化剂使用中的 Cr⁶⁺ 的化合物；⑦水处理中的软化剂使用中的 EDTA、DTPA 和磷酸脂；⑧累积的化学物、染料和纺织助剂。

(2) 美国

毛整理废水：这部分标准适用于纺织厂以下各种工序中产生的废水：毛整理，包括复写墨印刷，漂洗，染色，漂白，清水，耐火以及其他相近工艺。美国环保

局公布的使用最佳实用技术 BPT (best practical control tech.) 治理毛整理废水可以达到的排放要求见表 7.3。

表 7.3 美国采用 BPT 技术治理后排放要求

项目	BPT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
BOD ₅	22.4	11.2
COD	163.0	81.5
TSS	35.2	17.6
硫化物	0.28	0.14
苯酚	0.14	0.07
总铬	0.14	0.07
pH	6.0-9.0	6.0-9.0

美国环保局公布的使用最佳可行技术 BAT (best available control tech.) 治理毛整理废水可以达到的排放要求见表 7.4。

表 7.4 美国采用 BAT 技术治理后排放要求

项目	BAT 限值	
	最大值	30 天的评价值
	kg/t 织物	
COD	163.0	81.5
硫化物	0.28	0.14
苯酚	0.14	0.07
总铬	0.14	0.07

织物整理废水：这部分标准适用于纺织厂以下各种工序中产生的废水：织物整理，包括以下所有单元操作：漂白，丝光处理，染色，树脂加工，防水，防火等。美国环保局公布的使用最佳实用技术 BPT 治理织物整理废水可以达到的排放要求见表 7.5。

表 7.5 美国织物整理废水排放要求

项目	BPT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
BOD ₅	5.0	2.5
COD	60.0	30.0
TSS	21.8	10.9
硫化物	0.20	0.10
苯酚	0.10	0.05
总铬	0.10	0.05
pH	6.0~9.0	6.0~9.0

美国环保局公布的使用最佳可行技术 BAT 治理织物整理废水可以达到的排

放要求见表 7.6。

表 7.6 美国治理后织物整理废水排放要求

项目	BAT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
COD	60.0	30.0
硫化物	0.20	0.10
苯酚	0.10	0.05
总铬	0.10	0.05

纱线整理废水：这部分标准适用于纺织厂以下各种工序中产生的废水：纱线染色和整理，包括以下所有单元操作：冲洗，丝光处理，树脂加工，染色和特殊整理。美国环保局公布的使用最佳实用技术 BPT 治理纱线整理废水可以达到的排放要求见表 7.7。

表 7.7 美国纱线整理废水排放要求

项目	BPT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
BOD ₅	6.8	3.4
COD	84.6	42.3
TSS	17.4	8.7
硫化物	0.24	0.12
苯酚	0.12	0.06
总铬	0.12	0.06
pH	6.0-9.0	6.0-9.0

美国环保局公布的使用最佳可行技术 BAT 治理纱线整理废水可以达到的排放要求见表 7.8。

表 7.8 美国治理后纱线整理废水排放要求

项目	BAT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
COD	84.6	42.3
硫化物	0.24	0.12
苯酚	0.12	0.06
总铬	0.12	0.06

非纺织制造业：这部分标准适用于非纺织制造羊毛、棉线、人工合成材料产品的生产设备产生的废水：由缩密法和制毯法制造的非纺织制造产品包括在内。美国环保局公布的使用最佳实用技术 BPT 治理非纺织制造废水可以达到的排放要求见表 7.9。

表 7.9 美国非纺织制造业废水排放要求

项目	BPT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
BOD ₅	4.4	2.2
COD	40.0	20.0
TSS	6.2	3.1
硫化物	0.046	0.023
苯酚	0.023	0.011
总铬	0.023	0.011
pH	6.0-9.0	6.0-9.0

美国环保局公布的使用最佳可行技术 BAT 治理非纺织制造废水可以达到的排放要求见表 7.10。

表 7.10 美国治理后非纺织制造业废水排放要求

项目	BAT 限值	
	最大值	30 天的平均值
	kg/t 织物	
COD	40.0	20.0
硫化物	0.046	0.023
苯酚	0.023	0.011
总铬	0.023	0.011

(3) 欧盟

欧盟并未提出排放标准，而是建议纺织染整废水处理的技术。

根据2003年6月欧盟委员会发布的BAT在纺织工业中参考文件《综合污染防治与控制》（Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry），纺织工艺及其产生的废水来自前处理、染色、染整、后整理、水洗等工艺，欧盟委员会建议废水处理使用：生化处理后采用深度处理（三级处理），例如：回收活性炭等；结

合生物化学法和化学法，用粉末性活性炭、铁盐等；在活性污泥系统前优先考虑使用臭氧技术。

COD是美国纺织染整行业水污染物排放标准的主要控制指标之一，采用了吨产品排放标准，如采用平均排水量1000 m³/t进行折算，洗毛废水（其实包括染色，染色的水量远大于洗毛，应以染色考虑）的COD相当于140 mg/L；织物整理和整理废水的COD_{cr}控制限值为60~160mg/L。德国的纺织制造和织物整理的COD_{cr}排放限值为160 mg/L,洗毛厂（与上同例）的COD_{cr}排放限值为150 mg/L。欧盟没有统一的纺织染整行业水污染物排放标准，其BAT导则列出了欧盟国家有机精细化工行业（包括纺织染整行业）的排放状况，COD_{cr}排放情况一般为120~250 mg/L。日本的国家排放标准为综合性排放标准，各工业行业COD排放均执行120mg/L的限值。日本为控制琵琶湖的富营养化，制定了严格的地方标准，现有企业和新建企业分别执行30mg/L和20mg/L的限值，但这相当于需要采取特别保护措施的地区特别控制区。欧盟为了控制水体的富营养化颁布了《城市污水处理指令（Council Directive of 21 May 1991, concerning urban waste water treatment）》（91/271/EEC），规定COD_{cr}排放限值为125 mg/L，但不包括纺织行业。

7.2 本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比

本标准与主要国家、地区及国际组织同类标准的对比见表 7.11。

由表 7.11 可以看出，本标准与国内外纺织染整工业水污染物排放标准对比可知，我国标准限值总体严于美国、日本、欧盟、德国的相关限值。美国、日本、欧盟、德国等发达国家历经多年的治理，有较高的水环境容量，并通过污染转嫁的方式仅保留清洁生产水平及附加值高的印染，以及采用环境相容性、生物相容性及可生化降解性好的染化料助剂，尽管采用较高的排放标准限值，但可将废水排放的环境及健康风险置于可控范围之内。而我国纺织印染工业总量位于世界第一，而水环境容量低，因此排放标准较为严格；尤其在新疆这一典型缺水干旱地区，以内陆水系为主，水资源匮乏，生态环境极其脆弱，基本无天然接纳水体，执行高标准、可行的排放要求并实现综合利用是势在必行之举。通过上述本标准水污染物项目限值的制定分析，本标准在兼顾印染行业可持续发展的同时，符合新疆生态环境保护、水资源循环利用的高标准要求。

表 7.11 本标准与国内外纺织染整工业水污染物排放标准对比

单位 (mg/L)

国家	国内外相关标准	COD _{cr}	BOD ₅	SS	TN	TP	NH ₄ ⁺ -N	亚硫酸盐	色度	硫化物	苯酚	总铬
日本 ⁽¹⁾	国家标准	120	120	150	60	8	—	—	—	—	5	2
	琵琶湖标准	现有企业	30	20	70	8	0.8	—	—	—	—	—
		新建企业	20	15	70	8	0.5	—	—	—	—	1
德国 ⁽²⁾	纺织制造和织物整理	160	25	—	20	2	10	1	—	1	—	0.5
	洗毛厂	150	10	—	30	2	—	—	—	—	—	—
欧盟 ⁽³⁾	一般地区	125	25	35	—	—	—	—	—	—	—	—
	敏感地区	125	25	35	10	1	—	—	—	—	—	—
	BAT 排放现状	12~250	1~18	10~20	—	0.2~1.5	—	—	—	—	—	0.004~0.05
美国 ⁽⁴⁾ (BPT 标准)	洗毛废水	140	10	30	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1
	整理废水	160	20	35	—	—	—	—	—	—	0.14	0.14
	织物整理废水	60	5	20	—	—	—	—	—	—	0.1	0.1
中国	纺织染整工业水污染排放标准 (GB4287-2012)	新建企业 (直接排放)	80	20	50	15/25	0.5	10/15	—	50	0.5	—
新疆	新疆印染废水排放和综合利用标准	直接排放或综合利用	50	10/6	10	15	0.5	5/8	—	30	0.5	—
注:	<p>(1) National Effluent Standards, 见 http://www.env.go.jp/en/water/wq/nes.html. 适用于排水量 1000m³/日以上的企业, 见《滋贺县琵琶湖环境保全施策》, 中山直编著. 北京: 日本国际协力机构(JICA), 2004, 33-35.</p> <p>(2) 见 Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany, 附录 38—纺织制造和织物整理的废水排放标准和附录 57—洗毛厂的废水排放标准。</p> <p>(3) 见欧盟指令《Council Directive of 21 May 1991, concerning urban waste water treatment》(91/271/EEC); 见 Reference document on Best Available Techniques for the manufacture of Organic Fine Chemicals, European commission, Integrated Pollution Prevention and Control.</p> <p>(4) 美国为 kg/kg 产品排放标准, 采用平均排水量 1000m³/t。见 Part 410—Textile Mills Point Source Category, Code of Federal Regulations. 美国环保局公布的最佳实用技术 (BPT), 应用 NSPS 治理洗毛废水、毛整理废水和织物整理废水排放状况。 其中, 洗毛废水: COD_{cr}: 138kg/kg 羊毛; BOD₅: 10.6 kg/kg 羊毛; TSS: 32.2 kg/kg 羊毛; 苯酚: 0.10 kg/kg 羊毛; 总铬: 0.10 kg/kg 羊毛; 整理废水: COD_{cr}: 163kg/kg 纤维; BOD₅: 22.4kg/kg 纤维; TSS: 35.2 kg/kg 纤维; 苯酚: 0.14 kg/kg 纤维; 总铬: 0.14 kg/kg 纤维; 织物整理废水: COD_{cr}: 60kg/kg 产品; BOD₅: 5 kg/kg 产品; TSS: 21.8 kg/kg 产品; 苯酚: 0.10 kg/kg 产品; 总铬: 0.10 kg/kg 产品。</p> <p>(5) 见纺织染整工业水污染物排放标准 (GB4287-92)。</p>											

8.实施本标准的环境、经济及社会效益

8.1 环境效益

按新疆未来发展印染产业规划,石河子、阿克苏、库尔勒三个综合性纺织产业基地各 50000m³/d,阿拉尔国家级经济技术开发区、草湖纺织工业园各 5000m³/d 的总量进行控制。按印染废水 COD 为 1000mg/L、总氮 50mg/L 测算,如新疆印染产能满负荷运转,则 COD 年排放量约为 57600 吨/年,总氮排放量约为 2880 吨/年。按废水处理 COD 为 50mg/L、总氮为 15mg/L 计算,预计 COD 减排量为 54720 吨/年,总氮减排量为 2016 吨/年,环境效益显著。

本标准实施后,通过“印染企业适度回用、纺织工业园及沙漠水库全部综合利用”的模式,理论上废水资源化综合利用率可达 100%,以处理后印染废水替代印染企业用水、城市杂用水及生态林灌溉所用常规水资源,预计每年可节水 5760 万 m³/年,能够极大缓解新疆发展工业与农业、民用争水的矛盾。

8.2 经济、社会效益

按印染行业万元产值废水排放量为 87.0m³/万元计算,在新疆印染产能满负荷运转的条件下,预计每年新增印染总产值 66.2 亿元/年,按 2016 年全国印染企业平均销售利润率 5.33%计算,预计印染企业新增利润 3.5 亿元/年,上缴利税 11.3 亿元/年。同时,印染行业的发展可促进新疆纺织工业全产业链及高端纺织产业的发展,可对促进就业、维护稳定方面做出较大贡献。

9.参考文献

[1]刘亚飞.垂直流人工湿地处理含盐富营养化水效果与脱氮菌群分析[D].天津大学,2016: 51

[2]李山.灌区控制排水条件下水盐调控及农田湿地盐分动态研究[D].西安理工大学,2017: 100

[3]徐志强,秦忠强,杜浩为.人工湿地处理滨海盐碱地区初期雨水和微污染河水[J].中国给水排水,2016(13): 6~9

[4]郭好江.组合潜流人工湿地处理含盐生活污水的研究[D].中国海洋大学,2014: 36~37

- [5]刘佳宁.盐生植物人工湿地系统处理含盐废水的机制研究[D].山东大学, 2016: 35
- [6]潘艳文.盐碱湿地芦苇根茎和幼苗生长的影响因子研究[D].中国科学院大学, 2018: 53
- [7]潘艳文, 古勇波, 唐占辉, 姜明, 吕宪国, 娄彦景.盐度和氮添加对盐碱湿地芦苇幼苗生长及生物量分配的影响. 土壤与作物, 2018, 7 (2): 259~263
- [8]李强, 王秀萍, 刘雅辉.咸水灌溉对芦苇幼苗生长和生理生化特性的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23 (7) : 179~183
- [9]秦娟娟.人工湿地填料对含盐污水中污染物吸附性能研究.中国海洋大学, 2014: 23~33
- [10]张爽, 郭成久, 苏芳莉等.不同盐度水灌溉对芦苇生长的影响[J].沈阳农业大学学报, 2008, 39 (1): 65~68.
- [11]蔡舰, 白承荣, 巴图那生, 娜仁格日乐, 高光. 盐度对芦苇 (*Phragmites australis*) 表流湿地除氮效果的影响.湖泊科学, 2017, 29 (6) : 1350~1358
- [12]张宇坤, 王淑莹, 董怡君. NaCl 盐度对氨氧化细菌活性的影响及动力学特性.中国环境科学, 2015, 35 (2) : 465~470
- [13]Lei Zhang, Guang Gao, Xiangming Tang, Keqiang Shao, Sai Bayartu, and Jianguo Dai. Bacterial community changes along a salinity gradient in a Chinese wetland. *Can. J. Microbiol.*, 2013, 59: 611~619
- [14]Caitlin Johns, Mike Ramsey, Dorothy Bell, Glenda Vaughton. Does increased salinity reduce functional depth tolerance of four non halophytic wetland macrophyte species? *Aquatic Botany*, 2014, 116: 13~18
- [15]Jisong Yang, Chao Zhan, Yunzhao Li, Di Zhou, Yang Yu, Junbao Yu. Effect of salinity on soil respiration in relation to dissolved organic carbon and microbial characteristics of a wetland in the Liaohe River estuary, Northeast China. *Science of the Total Environment*, 2018, 642: 946~953
- [16]Junbao Yu, Xuehong Wang, Kai Ning, Yunzhao Li, Huifeng Wu, Yuqin Fu, Di Zhou, Bo Guan, Qianxin Lin. Effects of Salinity and Water Depth on Germination of *Phragmites australis* in Coastal Wetland of the Yellow River Delta. *Clean Soil, Air, Water*, 2012, 40(10), 1154~1158

[17]Yajun Qiao, Penghe Wang, Wenjuan Zhang, Guangfang Sun, Dehua Zhao, Nasreen Jeelani, Xin Leng and Shuqing An. Elevated salinity inhibits nitrogen removal by changing the microbial community composition in constructed wetlands during the cold season. *Marine and Freshwater Research*, 2018, 69: 802~810

[18]Jaqueline García Hernández, Karl Flessa, Edith Santiago Serrano, Socorro Romero Hernández, Francisco Zamora Arroyo, Jorge Ramírez Hernández. Salinity responses to inflow alterations in a 6500 ha *Typha* wetland. *Ecological Engineering*, 2013, 52: 191~202

[19]刘昌伟, 薛晨, 杨永哲, 程杰. 新型潮汐流人工湿地深度处理生活污水的研究. *中国给水排水*, 2012, 28 (11): 10~13

[20]温小鹏. 污水厂升级改造人工湿地深度处理技术研究[D]. 武汉理工大学, 2010: 22~24, 51

[21]马近伟. 温室型人工湿地深度处理城市污水的研究[D]. 山东大学, 2018: 22~24, 49

[22]许明, 储时雨, 蒋永伟, 涂勇, 刘伟京, 肖椿. 太湖流域化工园区污水处理厂尾水人工湿地深度处理实验研究. *水处理技术*, 2014, 40 (5): 87~90

[23]张云. 生态湿地技术用于城市污水处理厂尾水深度处理. *中国给水排水*, 2017, 33 (4): 87~89

[24]季宏康. 人工增氧型湿地污染物降解动力学模型构建与工程实践[D]. 兰州科技大学, 2017: 57

[25]许兵. 人工湿地深度处理污水处理厂试验研究[D]. 山东大学, 2013: 88~89

[26]张丽, 朱晓东, 邹家庆. 人工湿地深度处理城市污水处理厂尾水. *工业水处理*, 2008, 28 (1): 85~87

[27]丁永伟, 王宝贞, 王琳. 人工湿地和稳定塘在污水深度处理和综合利用中的应用. *水工业市场*. 2009, 6: 48~58

[28]黄连光. 人工湿地~稳定塘系统处理生活污水尾水研究[D]. 山东农业大学, 2016: 50~52

[29]段田莉. 人工湿地+生态塘耦合深度处理污水厂尾水[D]. 青岛理工大学, 2016: 53~54

- [30]欧阳凯.人工潜流湿地深度处理污水厂二级出水试验研究[D]. 河北工程大学, 2017: 55~56
- [31]廖波, 林武.强化型垂直流人工湿地用于污水处理厂尾水深度处理.中国给水排水, 2013, 29 (16): 74~77
- [32]戴杨叶. 某城市污水处理厂二级出水的人工湿地深度处理运行效果分析. 净水技术, 2018, 37 (4): 96~100
- [33]李艳红, 解庆林, 白少元, 游少鸿.利用人工湿地系统深度处理城市污水尾水.环境工程, 2006, 24 (3): 86~89
- [34]段田莉, 成功, 郑媛媛, 罗思义.高效垂直流人工湿地+多级生态塘深度处理污水厂尾水.环境工程学报.2017, 11 (11): 5828~5835
- [35] Hassana Ibrahim Mustapha, Hans Johan Jacobus Albert van Bruggen¹, Piet N. L. Lens. Vertical subsurface flow constructed wetlands for the removal of petroleum contaminants from secondary refinery effluent at the Kaduna refining plant (Kaduna, Nigeria). *Environmental Science and Pollution Research*. 2018, 25: 30451~30462
- [36]Hassana Ibrahim Mustapha, J.J.A. van Bruggen, P.N.L.Lens. Vertical subsurface flow constructed wetlands for polishing secondaryKaduna refinery wastewater in Nigeria. *Ecological Engineering*. 2015, (84): 588~595
- [37]Shuang He, Yingmu Wang, Chuansong Li, Yancheng Li, Jian Zhou. The nitrogen removal performance and microbial communities in a two stage deep sequencing constructed wetland for advanced treatment of secondary effluent. *Bioresource Technology*. 2018, 248: 82~88
- [38] Haiming Wu, Jian Zhang, Wenshan Guo, Shuang Liang, Jinlin Fand. Secondary effluent purification by a largescale multistage surface flow constructed wetland: A case study in northern China. *Bioresource Technology*. 2018, 249: 1092~1096
- [39]Yi Chen, Yue Wen, Zhiru Tang, Ling Li, Yanlong Cai, Qi Zhou. Removal processes of disinfection byproducts in subsurface flow constructed wetlands treating secondary effluent. *Water Research*.2014, 51: 163~171
- [40] Dong Gill Kim, Joohyun Park, Dowon Lee, Hojeong Kang. Removal of

Nitrogen and Phosphorus from Effluent of a Secondary Wastewater Treatment Plant Using a Pond–Marsh Wetland System. *Water Air Soil Pollut.* 2011, 214: 37~47

[41]Kaoru Abe, Michio Komada, Akihito Ookuma, Sunao Itahashi, Kennji Banzai. Purification performance of a shallow free water surface constructed wetland receiving secondary effluent for about 5 years. *Ecological Engineering.* 2014, 69: 126~133

[42] Jibing Xiong, Guangli Guo, Qaisar Mahmood, Min Yue. Nitrogen removal from secondary effluent by using integrated constructed wetland system. *Ecological Engineering.* 2011, 37: 659~662

[43]Victor Matamoros, Yolanda Rodríguez, Josep M. Bayona. Mitigation of emerging contaminants by fullscale horizontal flow constructed wetlands fed with secondary treated wastewater. *Ecological Engineering.* 2017, 99: 222~227

[44]Yinghai Wu, Rui Han, Xunan Yang, Yukui Zhang, Renduo Zhang. Longterm performance of an integrated constructed wetland for advanced treatment of mixed wastewater. *Ecological Engineering.* 2017, 99: 91~98

[45] Sari Uusheimo, Jussi Huotari, Tiina Tulonen, Sanni L. Aalto, Antti J. Rissanen and Lauri Arvola. High nitrogen removal in a constructed wetland receiving treated wastewater in a cold climate. *Environmental Science & Technology.* DOI: 10.1021/acs.est.8b03032

[46]Chunhui Zhang, Ke Ning, Wenwen Zhang, Yuanjie Guo, Jun Chen and Chen Liang. Determination and removal of antibiotics in secondary effluent using a horizontal subsurface flow constructed wetland. *Environ.Sci.: Processes Impacts.* 2013, 15, 709~714

[47]王喜, 谭军利.中国微咸水灌溉的实践与启示. *节水灌溉.*2016, 7: 56~59

[48]李志杰, 马卫萍, 刑文刚, 安文柱, 李守正.微咸水灌溉利用的综合调控技术研究. *土壤通报.*2001, 32: 106~108

[49]马洁, 朱珠, 姚宝林, 张豫, 叶含春.阿拉尔灌区微咸水滴灌对土壤水盐分布影响的试验研究. *节水灌溉.*2010, 5: 40~45

[50]季泉毅.咸水灌规对土壤水盐分布和物理性质及作物生长的影响[D].扬州大学, 2015: 14~19

- [51]张余良, 陆文龙, 张伟, 李悦.长期微咸水灌溉对耕地土壤理化性状的影响. 农业环境科学学报.2006, 25 (4): 969~973
- [52]汪宗飞, 何新林, 陈书飞, 雷成霞.幼年期梭梭对不同矿化度微咸水灌溉的响应.石河子大学学报(自然科学版). 2010, 28 (3): 366~369
- [53]江河.以色列沙漠农业独领风骚.新经济视窗.2007, 5: 65~66
- [54]戴继航.咸水在滨海盐渍土盐分淋洗中的应用基础研究.北京林业大学[D].2012: 21~23
- [55]Dutt G R, Pennington D A, Turner F Jr. Irrigation as a solution to salinity problems of river basins in salinity in water resources and reservoir. French: Ann Abrbor Science Michigan. 1984: 465~472
- [56]Van Hoorn JW. Quality of irrigation water, limits of water and prediction of longterm effects in salinity seminar, Baghdad, irrigation and drainage. Rome FAO. 1971: 117~135
- [57]郑九华, 冯永军, 于开芹, 王兆峰, 袁秀杰.秸秆覆盖条件下微咸水灌溉棉花试验研究.农业工程学报.2002, 18 (4): 26~31
- [58]李莎.咸水膜下滴灌对土壤水盐运移及棉花生长产量影响的试验研究.石河子大学.2011: 54
- [59]孙林, 罗毅, 杨传杰, 张艳, 吉力力·阿不都外力.不同灌溉量膜下微咸水滴灌土壤盐分分布与积累特征. 土壤学报.2012, 49 (3): 428~435
- [60]孙泽强, 董亮, 王学君, 郑东峰, 董晓霞, 郭洪海, 田慎重, 刘盛林, 刘兆辉.不同类型咸水滴灌对土壤盐分的影响及棉花产量响应.中国土壤与肥料.2016 (5): 130~137
- [61]杨树青, 杨金忠, 史海滨.不同作物种植条件下微咸水灌溉的土壤环境效应试验研究. 灌溉排水学报.2007, 26 (6): 55~58
- [62]乔冬梅, 齐学斌, 庞鸿滨, 吴海卿, 樊向阳, 朱东海, 胡超.地下水作用下微咸水灌溉对土壤及作物的影响.农业工程学报.2009, 25 (11): 55~61
- [63]白洋.海冰水灌溉对土壤水盐特性及棉花产量品质的影响[D].首都师范大学, 2011: 70
- [64]郑九华, 冯永军, 于开芹, 王兆峰, 袁秀杰.7 g/L 咸水灌溉棉花试验研

究.灌溉排水.2002, 21 (3): 64~67

[65]王晶.河北省馆陶县微咸水利用研究[D].河北工程大学, 2010: 47

[66]姚宝林, 叶含春, 孙三民, 安巧霞.红枣滴灌条件下灌水水质对土壤盐分分布的影响研究.水土保持研究.2011, 18 (2): 218~221

[67]史栩帆, 张展羽, 陆培榕, 冯根祥, 张泽民.秸秆排水体条件下微咸水灌溉土壤水盐运移模拟.中国农村水利水电.2018, 3: 72~76

[68]韩建均, 杨劲松, 姚荣江, 陈效民.苏北滩涂区水盐调控措施对土壤盐渍化的影响研究.土壤.2012, 44 (3): 658~664

[69]王春霞, 王全九, 刘建军, 张明, 庄亮, 潘洪彬.微咸水滴灌条件下土壤水盐分布特征试验研究.干旱地区农业研究.2010, 28 (6): 30~35

[70]张建新, 王爱云.利用咸水灌溉碱茅草的初步研究.干旱区研究.1996, 13 (4): 30~33

[71]王天宇, 王金童, 徐征和, 庞桂斌, 刘精凯.节水灌溉.2017, 6: 46~54

[72]杨树青, 史海滨, 杨金忠.微咸水灌溉对土壤环境效应的预测研究.农业环境科学学报.2009, 28 (5): 961~966

[73]李贞贞.微咸水灌溉对胡杨林土壤水盐及林木生长影响的研究[D].石河子大学.2011: 26

[74]杨军, 邵玉翠, 高伟, 任顺荣.微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量的影响研究.水土保持通报.2013, 33 (2): 17~25

[75]逢焕成, 杨劲松, 严惠峻.微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量影响研究.植物营养与肥料学报.2004, 10 (6): 599~603

[76]陈素英, 邵立威, 孙宏勇, 张喜英, 李彦芬.微咸水灌溉对土壤盐分平衡与作物产量的影响.2016, 24 (8): 1049~1058

[77]李红, 李庆朝.微咸水灌溉对小麦、玉米及土壤盐分的影响.山东农业大学学报(自然科学版).2007, 38 (1): 72~74

[78]杨树青, 杨金忠, 史海滨.微咸水灌溉对作物生长及土壤盐分影响的试验研究中国农村水利水电.2008, 7: 32~42

[79]王乃江.微咸水灌溉模式对盐碱耕地土壤水盐运移规律的影响[D].山东理

工大学.2016: 44

[80]张亚哲, 高业新, 王建中, 张冰, 冯欣.微咸水灌溉条件下的土壤水盐动态变化研究.中国农村水利水电.2013, 1: 49~53

[81]雪静.微咸水灌溉土壤水盐分布及首稽生长特征研究[D].西安理工大学.2009: 94

[82]吴忠东, 王全九.微咸水混灌对土壤理化性质及冬小麦产量的影响.农业工程学报. 2008, 24 (6): 32~42

[83]王毅, 王久生, 李爱卓.微咸水膜下滴灌对绿洲棉田土壤水盐特征的影响.西北农业学报.2011, 20 (12): 158~162

[84]邵玉翠, 张余良, 李悦, 严晔端, 安玉钗.微咸水农田灌溉技术研究.天津农业科学.2003, 9 (4): 25~35

[85]赵连东.咸淡水组合灌溉模式下盐碱土水盐分布及改良效果的试验研究[D].山东理工大学.2017: 54

[86]曹永清, 闵伟, 许有飞, 侯振安.咸水滴灌棉田土壤盐分的积累与分布.新疆农垦科技.2013, 8: 39~41

[87]张俊鹏.咸水灌溉覆膜棉田水盐运移规律及耦合模拟[D].中国农业科学院.2015: 129