

附件三：

制浆造纸废水治理工程技术规范

（征求意见稿）

编制说明

《制浆造纸废水治理工程技术规范》编制组

目 次

1 任务来源.....	1
2 标准编制的必要性、编制原则和依据.....	1
3 主要工作过程.....	3
4 国内外相关环境工程技术标准（规范）研究.....	4
5 同类工程现状调研.....	5
6 主要内容及说明.....	10
7 标准实施的环境效益与经济技术分析.....	44
8 与现行法律法规及其它相关标准的关系.....	47
9 实施本标准的管理措施及建议.....	47

1 任务来源

根据《“十一五”国家环保标准规划》，国家环境保护总局于2006年2月6日发布了《“十一五”期间需要制修订的国家环境保护标准名录》（环发〔2006〕20号），又于2006年6月26日下发《关于下达2006年度国家环境保护标准制修订项目计划的通知》（环办函〔2006〕371号）。山东省环境保护科学研究设计院接受了国家环保总局的工程技术规范——《造纸废水治理工程技术规范》（项目统一编号103）的项目委托，该标准属于行业污染物治理工程技术规范系列标准中的一部分。

2 标准编制的必要性、编制原则和依据

2.1 制订标准的必要性

制浆造纸行业生产排放废水的主要特点是耗水量大、废水污染物浓度高。目前国内许多制浆造纸企业均建成了废水处理设施，但由于设计、工艺、运行和管理等方面均存在着一定的问题，导致许多废水治理工程的处理和净化效果并不理想，一些治理工程甚至无法进行正常稳定运转、达标排放。某些废水治理工艺运行效果虽然比较好，但存在着工程建设投资大、运转费用高等问题，在一定程度上限制了处理技术的推广和运用。其主要原因是该行业废水治理工程的设计、建设和运行没有完善的规范、标准及一个相对统一的质量控制准则。同时，由于环保要求的日益严格，这种迫切性更加突出。

为贯彻《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544），保证制浆造纸废水治理工程发挥应有的作用，必须制订相应的废水治理工程技术规范，对我国制浆造纸废水处理技术进行归纳统一，规范治理工程的建设和运行。

我国在制浆造纸行业的环境标准体系建设方面已作了大量的工作，制修订出了《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544-2008）、《清洁生产标准造纸工业漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺》（HJ/T339-2007）、《清洁生产标准造纸工业硫酸盐化学木浆生产工艺》（HJ/T340-2007）、《清洁生产标准造纸工业废纸制浆》（HJ468-2009）、《清洁生产标准造纸工业漂白碱法蔗渣浆生产工艺》（HJ/T317-2006）和《制浆造纸清洁生产评价指标体系（试行）》（国家发改委2007年7月出台），正在制订尚未制订出的有《制浆造纸工业污染防治最佳可行技术指南》等。《制浆造纸废水治理工程技术规范》是我国环境保护管理体系的重要组成部分，是对制浆造纸行业环境保护管理体系的完善和补充。

本标准的制定符合新的环境标准体系要求，有利于促进行业发展，规范行业水污染防治工作，有效控制制浆造纸水污染物的排放，保证《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544-2008）的落实。

2.2 编制原则

- （1）科学性、成熟性和实用性

从制浆造纸行业全局利益出发，以当前行业污染现状、科技发展水平和经济发展状况为基础，符合国家产业政策和行业污染防治技术政策，处理工艺要为国内外公认的主流和应用面较广的技术，并且在国内已有成功的工程应用实例。

(2) 完整性原则

体现污染控制全过程管理，在内容的安排上，涵盖工艺设计、工程建设、劳动安全、运行管理和工程验收等各个环节，尽可能全面考虑该行业废水治理所涉及的各种技术要求和环境管理要求。

(3) 技术经济合理性原则

标准数值建立在有效达标率、环境可接受性、技术可行性和相关方的经济承受能力等共同支持的基础上，力求科学、合理、先进、全面，并与国家相关规章、标准相协调、尽可能向国际同类标准靠拢。

(4) 系统性、兼容性原则

由于制浆造纸废水治理工程涉及环保、轻工、化工等相关部门，具有跨行业、跨部门的特点，因此，在标准的制定过程中尽量与其它相关行业标准 and 规范相协调，与现有制浆造纸行业相关环境法规相衔接。

2.3 编制依据

本标准编制的技术依据为：

(1) 国家对工程建设环境保护的有关法律、法规，如《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》等；

(2) 国家环保总局关于标准制修订工作的相关规定，如：《“十一五”国家环境保护标准规划》（国家环境保护总局文件环发〔2006〕20号）、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告2006年第41号）、《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》（国家环境保护总局公告2007年第17号）和《关于加强国家环境保护标准技术管理工作的通知》（环科函〔2007〕31号）等；

(3) 国家有关制浆造纸工业的产业政策和相关规划，如《造纸产业发展政策》（国家发展和改革委员会）、《中国造纸协会关于造纸工业“十一五”发展的意见》、《全国林纸一体化工程建设“十一五”及2010年专项规划》和《草浆造纸工业废水污染防治技术政策》（国家轻工业局）；

(4) 相关标准、规范和管理办法，如《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544）、《建设项目（工程）竣工验收办法》（计建设〔1990〕1215号）、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（2002年国家环境保护总局）、《室外排水设计规范》（GB50014）、《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268）和《环境工程技术规范制订技术导则》（HJ526-2010）等；

(5) 现行制浆造纸工业生产技术和装备的情况及发展趋势，不同生产原料、产品和工艺水平企业的废水排放源强及排污特点；

- (6) 现行制浆造纸废水治理技术水平和发展趋势，治理设施和装备调查材料等；
- (7) 制浆造纸废水治理工程治污效果、企业经济承载能力调查资料等。

3 主要工作过程

3.1 主要工作过程

本《规范》由国家环境保护总局科技标准司组织实施，山东省环境保护科学研究设计院承担具体起草工作。

根据国家环境保护总局 2006 年颁布的《国家环境保护标准制修订工作管理办法》，山东省环科院于 2006 年 8 月牵头成立了由山东省环科院、山东省轻工业设计院、河南省新乡市环境保护科学研究设计院组成的编制组，填报了计划任务书和经费申请表；于 2007 年 8 月编制完成了《造纸废水治理工程技术规范开题报告》，并通过会议审查。

根据《造纸废水治理工程技术规范开题报告》专家审查意见，为配合《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544) 的有效实施，保持与《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544) 涉及范围的一致性，本标准更名为《制浆造纸废水治理工程技术规范》(以下简称《规范》)，并进一步明确了本标准的编制范围和内容。

编制组成员根据开题论证会精神，于 2009 年 7 月完成了《制浆造纸废水治理工程技术规范(内部初稿)》，进行了内部交流和讨论。按照讨论意见，编制组通过对多家制浆造纸企业的现场补充调研和实验，于 2010 年 4 月完成了《制浆造纸废水治理工程技术规范(初稿)》和《制浆造纸废水治理工程技术规范编制说明(初稿)》；并征求了多家具有制浆造纸生产和废水治理工程经验的科研院所、学校和工程公司的意见，经过意见反馈和修改形成现在的征求意见稿和编制说明。

3.2 技术路线

结合本标准主要内容的具体设置情况，在制订工作中，编制人员利用各自的工作条件、工作经历、外界客户、知识积累，开展相关的调查、研究、咨询、论证、试验、测试等工作。并通过对资料的分析研究和讨论，在充分掌握与标准有关的基本情况，形成征求意见稿，主要准备工作内容包括：

- (1) 调研国内外制浆造纸行业资料；
- (2) 调研国内现有制浆造纸相关法律法规和技术标准；
- (3) 调查国内的行业生产及污染物产生、治理和排放情况；
- (4) 分析污染控制的措施和达到的效果；
- (5) 分析废水治理工程各处理单元的技术控制指标；
- (6) 必要的试验、测试验证；
- (7) 环境、经济效益分析。

技术路线示意图见图 1。

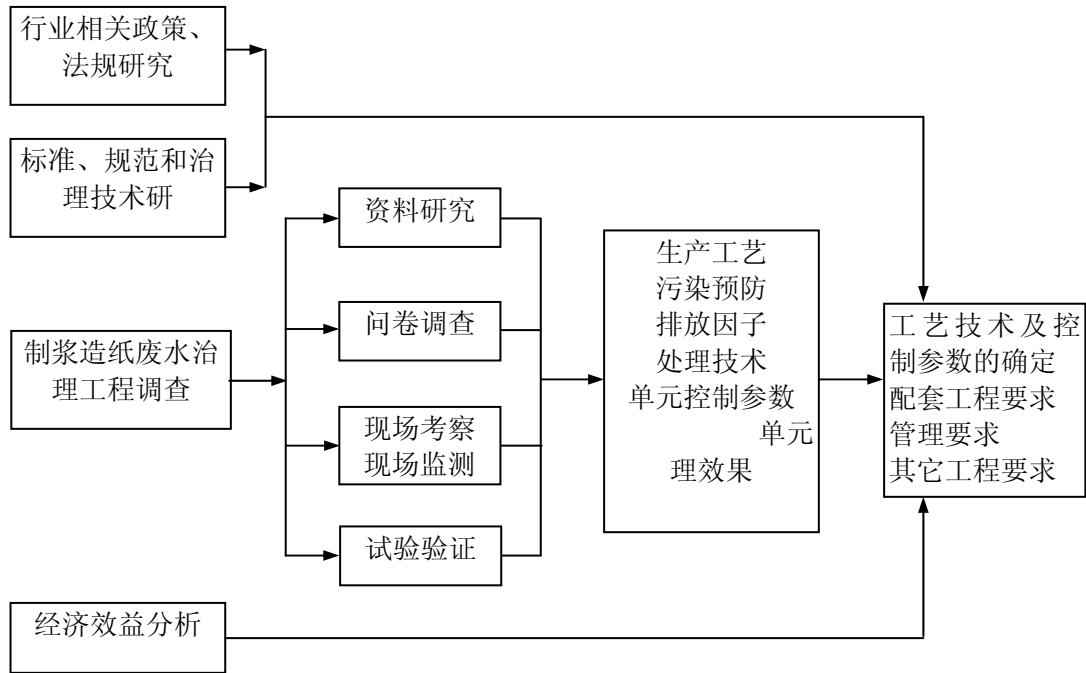


图 1 制浆造纸废水治理工程技术规范制订的技术路线

4 国内外相关环境工程技术标准（规范）研究

环境工程技术规范制定工作在国外已经开展了多年，国际标准化组织和美国、法国、德国、日本等发达国家已经发布了数百项环境工程技术规范，各国与环境工程服务相关的技术标准是面向产品或服务的自愿性标准，其技术标准类型主要包括：基础标准、环境质量和污染物监测分析方法标准、产品与设施性能分析测试标准、环境工程服务技术标准以及环保产品标准等。国际标准化组织（ISO）与环境工程服务相关的标准很少，几乎无工程建设和管理类标准。美国国家标准（ANSI）中的工程建设和运行管理标准约占环境工程服务技术标准的 22%，如《城市地下排水系统设计准则 ANSI/ASCE 12-92》，《超声波水处理系统 ANSI/NSF 55-2002》。德国国家工业标准（DIN）的系统性较强，以污水处理厂为例，分别建立了工程设计和配套设备两个系列标准，共计 20 多项，包括了污水预处理到污泥处置全过程的主要单元工艺和设备、材料的要求。其中的设备标准主要为设计结构原理和与其它通用设备不同的特殊结构要求。如《污水处理厂. 第 1 部分:总的施工原则 DIN EN12255-1-2002》、《污水处理厂. 第 3 部分:预处理(包括技术勘误 AC-2000) DIN EN12255-3-2001》。此外，日本工业标准（JIS）、法国国家标准（NF）、英国国家标准（BS）等发达国家标准体系中也都有涉及工程建设和管理类标准和规范。

从目前掌握的资料来看，国外有关环境工程的技术标准具有几个特点。首先，与环境工程服务相关的标准在 ISO 和各发达国家标准体系中所占比例较小，总的数量不大。国外的环境工程服务类标准也还处于发展过程中。其次，国外环境工程服务类标准中环境监测分析方法标准和产品

标准较多，而特定的工程建设和运行管理标准较少，涉及制浆造纸行业污染治理工程的标准更是没有。

在我国，原来的建设部、化工部、机械部等多个部委都在各自的行业内制定并发布了一些与环境工程相关的技术规范，包括国家标准和部颁行业标准，但这些标准数量并不多。从上世纪 90 年代末期至今，建设部在环保标准方面做出大量的工作，但主要是在污水、垃圾处理等领域发布了较多的工程设计标准和验收规范。目前，环境保护部已颁布环境保护标准 1129 项，其中与环境工程相关的技术规范仅有 7 项，远远不能满足环境工程服务业发展和环境管理的要求。近年来，我国环境工程服务业发展迅猛，但目前已发布的与环境工程相关的技术规范数量少，不能满足我国环境工程建设与管理。

环境工程技术规范在我国发展处于起步阶段，导致我国环保工程连续稳定达标运行率低，工程建设质量差，技术性能不可靠，造成市场秩序混乱。严谨、完善的环境工程技术规范体系是促进环境工程行业健康发展的必要基础。我国环境工程技术规范体系现在还很不完善，目前尚有大量环境工程技术还没有标准可以依据，一些应该废止的、旧的工程技术规范存在着技术分类不科学、涉及范围窄、技术落后等问题，迫切需要对这些标准进行规范修订和重新编制，而另外还有大量环境工程技术需要通过制定标准来统一技术要求。因此，从行业发展角度看，我国的环境保护工程技术规范还有待大力发展。

5 同类工程现状调研

5.1 行业背景

5.1.1 行业发展概况

造纸工业是国民经济的重要产业之一。近年来，我国造纸工业有了很大发展，基本形成了包括生产企业、设计、科研、设备制造、化学助剂、专业器材生产与人才培养在内的比较完善的造纸工业体系。

据中国造纸协会调查资料，2008 年全国纸和纸板生产企业约有 3500 家，全国纸和纸板生产量 7980 万吨，较上年 7350 万吨增长 8.57%，消费量 7935 万吨，较上年 7290 万吨增长 8.85%，人均年消费量为 60kg（13.28 亿人），比上年增长 5kg。2008 年比 2000 年生产量增长 161.64%，消费量增长 121.96%。2000-2008 年，纸及纸板生产量年均增长 12.78%，消费量年均增长 10.48%。总体趋势生产增速与消费增速趋于平衡。目前中国已进入世界纸张生产大国和消费大国行列。产品质量显著提高，花色品种增加，出口产品数量逐年增加，出口趋势明显增长。2000 年中国纸和纸板出口量仅为 71.8 万吨，2005 年出口量达 193.9 万吨，2008 年达到 403 万吨。

从 2008 年的生产和消费形势分析来看，全年生产和消费均呈低速增长态势，分别比上年回落 4.5 个百分点和 1.6 个百分点。生产量增幅较大的主要品种有特种纸及纸板、瓦楞原纸、箱纸板等。消费量增幅较大的主要品种有：瓦楞原纸、箱纸板等。

全国纸浆消费总量随着纸和纸板的生长呈增加趋势，纸浆结构中，非木浆比例继续呈明显下降趋势，废纸增幅加大，支撑着纸浆结构的调整。

表 1 2007 年造纸工业各类纸浆比例

单位：万吨

品种	2006年	比例%	2007年	比例%
纸浆消费量	5992	100	6769	100
1. 木浆	1322	22	1450	22
(1) 国产木浆	526	9	605	10
(2) 进口木浆	796	13	845	12
2. 非木浆	1290	22	1302	19
(1) 苇(芒)浆	144	2.5	144	2.0
(2) 竹浆	95	1.7	120	1.8
(3) 蔗渣浆	74	1.3	90	1.3
(4) 禾木浆	908	15.2	849	12.4
(5) 棉、麻浆	15	0.3	25	0.4
其他浆	54	1.0	74	1.1
3. 废纸浆	3380	56	4017	59
(1) 国产废纸浆	1810	30	2212	32
(2) 进口废纸浆	1570	26	1805	27

注：数据来源于中国造纸年鉴（2008）

通过多年来的努力，行业得到了较快的发展：原料结构有所改善，产品结构进一步优化；企业重组力度加大，产业集中度有所提高；工业布局多在沿海地区，并呈现出逐步集中的趋势。但仍存在着一些问题：规模不尽合理，规模效益水平低；优质原料缺口大，对外依存度高；废品的回收上（如分类整理、分类利用）还存在不少问题，废纸回收率低；资源消耗较高，污染防治任务艰巨等。

5.1.2 行业发展趋势

随着经济社会的发展，人们物质文化生活日益丰富和提高，预计未来几年，我国纸张的消费量仍将明显增加。按照《中国造纸协会关于造纸工业“十一五”发展的意见》及各省造纸工业“十一五”发展规划，我国制浆造纸工业主要朝以下方向发展：一是不断调整造纸原料结构。在合理利用非木材原料的同时，加快发展造纸林业基地、推动林纸一体化发展，走以木为主的世界造纸业共同发展道路；提高废纸利用率，逐步实现以木浆和废纸浆为主，以非木浆为辅的原料结构将是造纸工业的结构调整的方向。根据《全国林纸一体化工程建设“十一五”及2010年专项规划》，“十二五”期间，造纸林基地全部进入轮伐期后，可配套建设木浆制浆能力1365万吨，2010年木浆、废纸浆、非木浆的比例将由2005年的22：54：24调整为26：56：18；2015年，国产木浆生产量有望超过国产非木浆的产量。二是不断优化产品结构。以国内外市场需求为导向，以产品高档化、多元化为方向，生产高质量，低能耗，多品种的纸和纸板，不断更新产品，适应新的发展机遇。三是加快产业集约化、清洁化进程。加快淘汰落后产能，加大企业整合力度，同时通过关、停、并、转、重组整合等方式，将污染严重的小纸厂淘汰出局，发展强势企业集团，为在造纸行业全面实现循环经济创造条件。四是加快清洁生产和末端治理先进技术的研发。加大无污染一体化制浆工艺的科研力度，加快技术装备更新，突破制浆造纸工业发展的环境技术瓶颈，朝

着高速、高效、高质量、低消耗、连续化、自动化作业并与环境协调的现代化大工业方向持续发展。

5.2 行业水污染情况

5.2.1 行业水污染物排放情况

造纸行业是国民经济和社会发展重要的基础原材料产业，但该行业在对社会经济发展做出重要贡献的同时，也对环境产生了巨大的压力。根据国家环境保护部环境统计部门的统计，1991-2006年我国造纸行业化学需氧量（COD_{cr}）排放量经历了两个阶段：1991-1997年呈现明显的增长阶段，排放量从277万吨增加到407万吨，从占环境统计重点调查企业排放总量比例的38.7%上升到47.7%；1998-2006年是一个明显的下降过程，排放量从369万t下降到155万t，从占重点调查企业排放总量比例的45.9%下降到33.6%。这表明，我国造纸行业经历了从规模总量不断扩大、行业技术水平和污染治理措施落后导致环境污染不断加剧到行业技术和污染治理水平不断提高、产品结构不断合理从而使环境污染物的排放量不断下降的过程，初步实现了我国造纸行业“增产不增污”、“增产减污”的目标。

但目前，制浆造纸行业仍是我国主要的工业污染大户，据2008年环境年鉴统计数据表明，全国工业废水和COD排放量约241.7亿吨和457.6万吨，其中造纸及纸制品业废水和COD排放量约为45.7亿吨和150.1万吨，占全国废水和COD排放量的18.9%和32.8%，当年万元产值COD排放量为54kg，在各行业中排名第1。废水达标率92%，重复用水率55.2%。

5.2.2 行业水污染物的排放特点

我国造纸行业污染物排放有以下几个特点：一是行业排放量大，产污量大，根据2007年的产量，可以粗略估算当年造纸行业废水中COD的总产生量在157.4万吨左右，因此对造纸行业的环境监管显得尤其重要。二是不同类型的企业产排污情况差异极大，不同的原材料、不同的制浆工艺，其生产废水中COD的浓度会有几倍到几十倍的差异，治污工艺也会相差甚远，而新中国造纸工业的发展先后经历了“以木为主，草浆为辅”、“以草为主，木材为辅”、“草木并举，逐步提高木材比重”、“以木材纤维为主，扩大废纸回收利用，合理使用非木纤维”等几个阶段，导致我国现有的造纸企业工艺上多样性，这给行业的调整带来了难度。三是我国造纸企业及其污染物排放带来的环境压力从区域上较为集中，从造纸的产量上来看，超过七成的产量来自于东部，中部地区约占两成；从COD的产生量来看，山东、浙江、广东、江苏、河南和河北6省造纸企业COD的产生量就超过了全行业的70%。四是小型造纸企业的环境危害更大，2007年，全国3.4万吨以下的制浆造纸企业有3050家，企业数量占了87.3%，但其产量只占21.8%。小型造纸企业由于缺乏规模效益，单位产品治污成本高，一些企业存在治污设施不完善或有完善的治污设施也不能坚持长期稳定运行的问题。

5.2.3 行业废水治理情况

在制浆造纸生产过程中，废水污染物主要产生于蒸煮废液、中段废水和造纸白水，其中蒸煮废液的污染负荷约占全部制浆造纸废水的80%以上，其次是中段废水。由于造纸废水中的污染物

成分复杂、浓度高，因此只能通过多种组合技术进行污染治理，制浆造纸废水的污染控制方法主要有物理法、化学法、生物法和物理化学法等。

我国制浆造纸废水治理起步较晚，90年代中期才取得较大进展，随着国家环保管理力度的加大以及制浆造纸行业污染控制技术的提高，形成一系列成熟的制浆造纸清洁生产及废水治理技术。制浆造纸废水源头治理和末端治理相结合的工艺路线已经得到共识，国内废水治理工艺和治理效果取得显著提高，与国外的差距缩小，有的方面还处于领先水平。从调研情况看，国内骨干制浆造纸加工企业环保意识较强，都建有较完善的废水治理系统，处理效果较好。

随着我国制浆造纸工业多年来结构调整和清洁生产的推广，新工艺、新材料和新设备的不断开发和投入，使制浆造纸工艺的用水量及水污染物发生量明显下降，但循环用水率的提高也使废水中各类污染物质的浓度增加，现阶段最突出的问题是废水的COD浓度高且生化性差，生化处理后的废水色度高，废水中性盐含量较大，这些都大大增加了废水处理的难度和资金的投入。

《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544)的颁布加严了制浆造纸废水常规污染物指标的排放限值，补充了AOX指标。制浆造纸工业原料和产品结构调整、无氯或低氯漂白，废水深度治理等清洁生产和污染治理的要求更加迫切，制浆造纸废水污染控制（特别是废水深度处理）技术有了较快的发展。经过多年的努力，许多大型企业已经建设了深度处理设施并取得良好的运行效果，为指导行业废水治理工作提供了工程实例。

5.3 同类工程现状调研

《制浆造纸废水治理工程技术规范》的内容涉及到行业废水的产污、处理工艺、处理效果、经济成本、管理水平等多方面的情况。我国幅员辽阔，南北地区的地形、气候等因素差异较大，社会经济发展不一，不能按单一某个地区或某个工艺的情况进行编制，因此，在本规范编制工作中，编制组收集查阅了大量资料，对国内外的法律、法规、标准和相关工艺技术进行了研究，同时深入山东、河南、湖南、海南、广州、安徽等地的工程实例进行调研，与多家单位进行了广泛而深入的技术讨论和交流，较全面地掌握了制浆造纸废水治理工程的关键环节与控制点。

调研结果表明，目前制浆造纸废水治理技术已比较成熟，基本工艺流程是源头治理与末端治理相结合。如碱法化学浆企业基本都采用碱回收技术处理造纸黑液、好氧生化技术处理综合废水的工艺路线，其中的好氧生化处理大多采用完全混合活性污泥处理工艺，根据原水水质情况部分企业在好氧生化前采用水解预处理降低进入好氧单元的污染负荷；生产化机浆的企业各工序废水经源头治理（纤维回收）和充分回用后，剩余部分排入末端治理系统，末端治理采用厌氧-好氧处理工艺，其中的厌氧单元多采用IC反应器、UASB反应器等形式，好氧单元采用完全混合活性污泥技术；废纸浆企业根据综合废水水质情况多采用混凝沉淀（气浮）-好氧生化、厌氧（水解）-好氧生化处理技术；商品浆造纸企业废水经源头治理（纤维回收）和充分回用后，剩余部分多采用好氧生化处理技术。随着新修订《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544)的加严，国内制浆造纸企业大多在生化处理后新增了深度处理措施，行业内采用较多、运行稳定的技术主要有混凝沉淀和Fenton氧化技术，这两种技术均取得了较好的效果。

调研中也有部分企业对制浆废液进行综合利用的方式回收木质素，也有一些企业对综合废水

采用了一些专利技术。本标准纳入的技术均为技术理论成熟、运行稳定、且已被业内企业广泛采用的技术。表 2 为调研企业末端治理的典型处理工艺。

表 2 调研企业末端治理典型治理工艺

序号	原料及产品结构	工艺流程
1	木浆生产	格栅→提升1→初沉→调节池→水解→选择池→曝气池→二沉池→提升2→气浮→过滤
2	碱法草浆生产文化用纸	格栅→提升→初沉→调节→提升→氧化沟→二沉→混凝沉淀
3	碱法蔗渣浆生产瓦楞纸	格栅→提升→水解→接触氧化→二沉→混凝沉淀→过滤
4	化机浆生产	格栅→提升1→初沉→提升2→冷却→预酸化→IC反应器→活性污泥→二沉→混凝沉淀
5	废纸浆生产瓦楞纸或箱板纸	格栅→提升→纤维回收→预沉→混凝沉淀→水解→接触氧化→二沉→过滤
6	废纸浆生产白卡纸	格栅→提升→纤维回收→初沉→氧化沟→二沉→混凝沉
7	废纸、杨木化机浆生产新闻纸	格栅→斜筛→提升1→初沉→调节→提升2→冷却→提升3→厌氧接触池→中沉→选择池→曝气池→二沉池→pH调节池→提升4→fenton反应池→反应沉淀池
8	废纸浆生产生活用纸	格栅→提升→纤维回收→沉淀→浅层气浮→氧化沟→二沉池→过滤
9	商品浆生产文化纸等	格栅→提升→纤维回收→初沉→选择池→曝气池→二沉→混凝沉淀
10	商品浆生产特种纸	斜筛→调节池→预沉池→曝气池→二沉池→反应沉淀→过滤→活性炭吸附

调研结果标明，根据不同的制浆造纸废水水质，科学选择不同的工艺组合，可确保废水水质满足标准的要求。

综上所述，制浆造纸废水主要工艺流程包括源头治理和末端治理两部分，其中的末端治理系统包括一级、二级和深度处理单元，各级处理工艺的选择应根据实际水质情况和处理要求，经分析论证后具体确定，典型制浆造纸废水源头治理工艺流程见图 2，末端治理工艺流程简图 3。

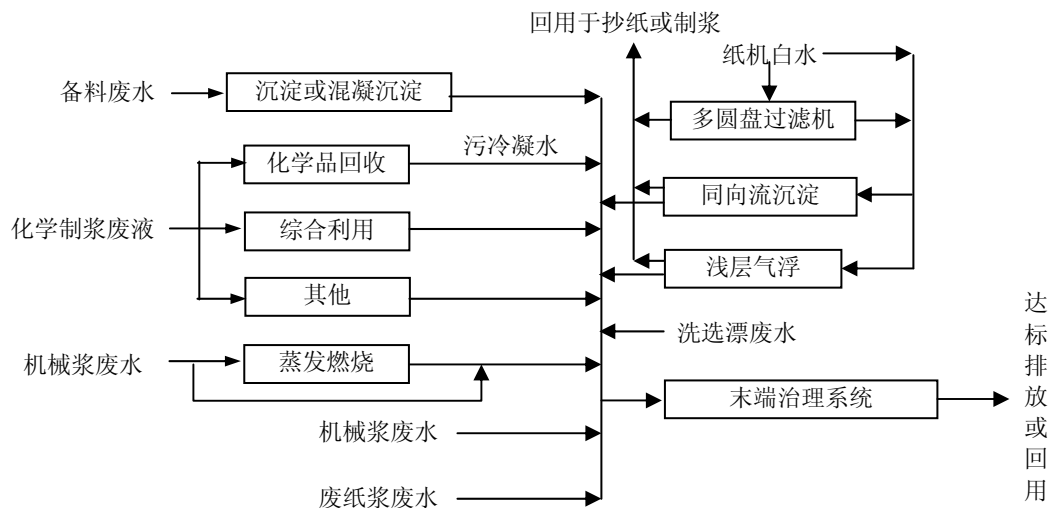


图 2 源头治理工程工艺流程

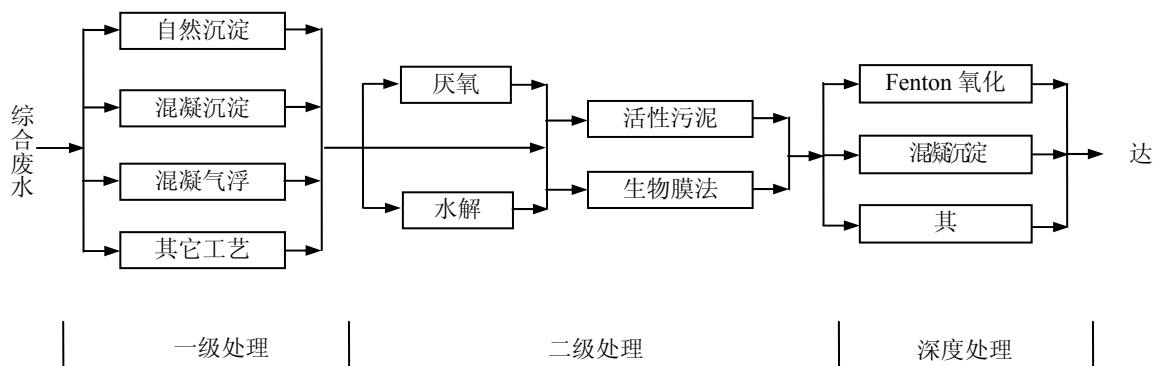


图3 末端治理工艺流程

6 主要内容及说明

6.1 适用范围

规定了本标准的主要内容、适用范围，明确了标准对制浆造纸废水治理工程全过程的技术指导作用。

6.2 规范性引用文件

引用了与本标准密切相关的法规、规范、标准。现行的废水治理及工业企业环保类标准，是制定本标准的法律依据，其中有关条文是本标准的技术基础，引用此类文件，使标准具有合法性和权威性。

制浆造纸企业末端治理系统主体工艺既与现有城镇污水处理有许多相似处，也有其行业自身的一些特点，工程中关于工艺、设备、管配件等方面的规定引用了现行的国家及部级标准和技术规范，同时，有关建设项目涉及的配套工程和工程施工、安装、调试、验收规范均成为本标准的引用文件。

6.3 废水水量和水质

为提供一种能够与实际生产相关联的废水污染负荷的确定方法，标准在规定制浆和造纸废水排放量和废水水质范围的同时，也结合企业的生产工艺情况，规定了单位产品的工序及总排水量和污染物发生量的取值范围和计算方法，为企业根据自身产品结构情况合理确定设计规模提供依据。

6.3.1 废水水量

(1) 单位产品废水量

纸实际上是一层纤维，再添加大量化学药剂，添加的化学药剂会影响这层纤维的属性和品质。造纸所用的纸浆可以通过化学或机械方式从原生纤维中制成，也可以通过再生纸重新制浆的方式

制成，造纸厂可以简单地购买别处生产的纸浆，也可以与同一地点的制浆流程整合在一起。

由于采用的原料，使用的制浆造纸方法制得的浆粗得率、纸浆的属性不同，制浆造纸企业新鲜水消耗量和废水排放量均有较大的差异，另外，企业的清洁生产水平和工艺条件等也是影响单位产品废水量的重要因素。一般来说，非木材原料高于木浆原料废水排放量，化学浆高于机械浆废水排放量，原生纤维浆高于再生纸浆废水排放量，自产浆高于外购浆废水排放量，清洁生产水平低高于清洁生产水平高的废水排放量。表 3 为二十世纪八、九十年代国外部分制浆造纸工艺污染物排放情况统计值，表 4 为部分调研企业废水排放情况统计值。

表 3 国外部分制浆造纸工艺单位产品废水污染物排方情况

工艺	废水量/m ³	COD/kg	BOD/kg	TSS/kg	TKN/kg	TP/kg
机械浆 (GWP)	10-15	15-32	8-15			
机械浆 (TMP) 本色	10-30	40-60	15-25	10-40	0.1	0.01
机械浆 (TMP) 漂白	10-30	50-120	20-30	10-40	0.5	0.06
化机浆 (CTMP) 本色	10-15	70-120	30-45	20-50	0.1	0.01
化机浆 (CTMP) 漂白	10-15	100-180	40-60	20-50	0.5	0.06
中性亚硫酸盐法半化学浆	20-80	30-120		3-10	0.15-5	0.04-1.0
硫酸盐碱法制浆本色	40-60	40-60	8-20	10-20	0.3-0.5	0.04-0.09
硫酸盐碱法制浆漂白	60-90	100-140	20-40	10-40	0.2-0.6	0.08-0.12

表 4 部分调研企业废水排方情况

企业序号	原料	产品	废水量 m ³ /t 产品	COD Kg/t 产品	SS kg/t 产品	氨氮 g/t 产品	TP g/t 产品
1	麦草	化学草浆	182	83	553	79	182
2	杨木	化学木浆	37	59.2	37	185	37
3	脱墨废纸、杨木	新闻纸	8.5	29.8	13.6	85	4.25
4	棉杆	化机浆	20	170	34	160	30
5	杨木	化机浆	19	133	28.5	114	19
6	脱墨废纸、商品浆	白卡纸	23.5	29.4	27	117.5	11.8
7	商品浆	涂布纸	20	36	18	60	10
8	商品浆	文化纸	15	21	9.8	30	7.5
9	脱墨废纸浆、商品浆	文化纸	20	29	16	80	20
10	废纸浆	箱板纸	6	17.4	7.8	72	9

近年来国内制浆造纸行业污染控制措施得到较大的发展，单位产品废水排放量明显下降，但到目前为止，与发达国家相比，现有企业废水排放量差别较大，总体水平仍然较高，如每生产 1t 化学木浆排放废水 20-80m³，非木浆 60-160m³，每生产 1t 化机浆废水排放量约为 10-40m³，每生产 1t 脱墨浆废水排放量 10-70m³，无脱墨的废纸浆废水量 8-40m³，而由纸浆每生产 1t 纸约排放 8-60m³。

为此，国家出台了多项控制行业水资源消耗及废水污染排放的标准和措施，表 5 为国内关于制浆造纸行业耗水指标及废水排放标准中的废水排放指标。

表 5 国内部分制浆造纸行业相关耗水及排水量标准

标准号	标准名称	单位产品排水量 (m ³ /t 产品)				
		制浆企业	废纸制浆和造纸企业	其他制浆和造纸企业	造纸企业	
GB3544-2008	制浆造纸工水污染物排放标准	现有企业 (表 1)	80	20	60	20
		新建企业 (表 2)	50-60	20	40	20

		特别排放（表3）	30	10-15	25	10	
HJ/T339-2007	清洁生产标准造纸工业漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺	一级	90				
		二级	120				
		三级	150				
HJ/T340-2007	清洁生产标准造纸工业硫酸盐化学木浆生产工艺	一级	30				
		二级	40				
		三级	50				
HJ468-2009	清洁生产标准造纸工业废纸制浆	一级	8				
		二级	11				
		三级	15				
HJ/T317-2006	清洁生产标准造纸工业漂白碱法蔗渣浆生产工艺	一级	100				
		二级	120				
		三级	135				
GB/T18916.5-2002	纸浆	漂白化学木（竹）浆	90				
		本色化学木（竹）浆	60				
		漂白化学非木浆	130				
		脱墨废纸浆	30				
		未脱墨废纸浆	20				
		机械木浆	30				
	纸	新闻纸					20
		印刷书写纸					35
		生活用纸					30
		包装用纸					25
	纸板	白纸板					30
		箱纸板					25
		瓦楞原纸					25

考虑到现阶段企业排水现状及国家标准中的相关要求，本标准规定了单位产品生产废水量的取值范围，其中的高值依据行业现有规模企业平均排放水平，低值参照相关标准的要求并借鉴了《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》中的数据，具体数据见标准文本中的表1。当企业吨产品废水排放量大于表中上限值时，应首先考虑采取清洁生产和源头治理等措施，降低吨产品废水量；当企业吨产品废水排放量在表中范围内时，若为了进一步满足相关标准的排水定额要求，应在优化原料和产品结构、强化清洁生产和源头治理措施的基础上，积极考虑末端处理后废水的深度处理和回用途径。

（2）单位产品各生产工序废水量

制浆造纸生产排水工序主要包括：备料、蒸煮、浸渍、提取、筛选、漂洗、浆料除渣、蒸发、过量白水、冷却和密封、装置的偶然排放等环节，各工段的废水污染物组成情况见表6。

表6 制浆造纸各工段的废水污染物组成及来源

工段	项目	内容
制浆车间	废水来源	备料、蒸煮、浸渍、提取、筛选、漂洗、蒸发、装置的偶然排放。
	主要污染物	有机废物：纤维素、半纤维素、碱木素、抽出物； 无机废物：碳酸盐、硅酸盐、硫酸盐、NaOH等，此外还含有部分泥沙等固体悬浮物； 有机化合物：有机酸、醇类、氯代酚、氯代酸、油墨等。
	污染物指标	COD、BOD、SS、色度、AOX、氨氮、总氮、总磷、pH
	污染负荷比例	污染负荷占总排放量的90%以上，是制浆造纸废水的主要来源

抄纸车间	废水来源	浆料除渣、过量白水、冷却和密封、装置的偶然排放
	主要污染物	有机废物：纤维素、半纤维素、碱木素等； 无机废物：硅酸盐、碳酸钙、膨润土、硫酸铝等； 有机化合物：流失的表面活性剂、助留剂、施胶剂、消泡剂等。
	污染物指标	COD、BOD、SS、色度、AOX、氨氮、总氮、总磷、pH
	污染负荷比例	污染负荷占总排放量的 10%以下。

a) 备料废水

原木备料废水中含有一定量的木材抽出物成份，他们以溶解胶体物质的形式存在，是废水重要的毒性来源，采用封闭循环系统是一种较彻底的方法，但会造成污染物的积累，必须对循环水处理，循环程度的大小决定了废水排放量的高低。

我国广泛应用的非木材原料有麦草、稻草、蔗渣、竹子和芦苇等。其中的草类原料的备料可采用干湿法备料，即在原有干法备料的基础上，为防止大气污染，在集尘和除尘设备中增设对排风的喷淋装置，再对喷淋后的废水进行澄清、净化后回用或排入末端治理系统；蔗渣备料的主要目的在于尽量除去其中的蔗髓，我国蔗渣除髓多采用干法，该法备料过程中一般不对水体产生显著污染，而湿法除髓的水污染较大，采用废水循环可显著降低污水排放量。表 7 为备料工序的排污统计值。

表 7 备料工序废水污染物排放情况

制浆原料	处理方法	废水量	COD/kg/m ³	SS/kg/m ³	BOD/kg/m ³	
原木	干法剥皮	0-2	0-7	0-2	0-3	
	湿法剥皮	开放系统	5-30	6-10	3-8	3-5
		封闭系统	1-5	5-8	0.5-3	2-3
非木材	干湿法备料	2-5	20-40	30-60	8-15	
	湿法备料	20-50	30-60	60-80	10-20	

考虑到现阶段企业排水现状及行业发展趋势，备料废水基本上在木浆 0-5m³，非木浆 2-20m³ 的范围内。

b) 化学制浆废水

① 蒸煮废液

据统计，每生产 1t 碱法草浆约排放废液 10-12m³，其特征是 pH 为 11-13，BOD 为 34500-42500mg/L，COD 为 106000-157000mg/L，SS 为 23500-27800mg/L，木浆排水量略低；亚硫酸盐制浆厂的蒸煮废液总量与碱法制浆相当，每生产 1t 制浆一般在排放废液 10m³ 以上，但制浆总废水量比现代化碱法制浆厂的高，原因是该工艺水循环率较低。

② 洗选漂废水

洗选漂废水主要包括洗选废水、漂白废水及制浆各个流程部门产生的溢流水等。

由于常规化学制浆工艺洗选废水流失量较高，而漂洗废水水质和制浆废液差距大，不能全部回用于蒸煮和提取工段，也不能与制浆废液一起进行化学品回收，通常情况下这些废水与处理后的制浆废液混合后排入末端治理系统，因此，应单独考虑洗选漂废水的排放情况。而对于其他几种制浆工艺，由于洗选漂废水可以通过逆流洗涤的方式最终在制浆系统前段排放，可全部作为制

浆废水统一考虑，不必单独列出。

洗选废水：根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，对于较先进的化学木浆生产线，通过最终阶段的挤压洗涤，可以将水量从每吨纸浆 6-10m³ 减少到 2-3m³，使漂前低浓度的洗选废水不外排。目前国内的化学制浆企业大多由于制浆设备和管理水平的不同产生或多或少的洗选废水，其废水排放量与生产工艺设备关系较大，如采用低浓筛洗设备的企业，其废水排放量每吨浆能多产生 20-40m³ 洗选废水。因此应加强筛选系统用水的封闭措施，这是提高洗涤效率、减少废水排放量的有效途径。据统计国内这部分废水排放量木浆一般在 0-5m³，非木浆一般在 0-40m³。

漂白废水：在化学制浆厂中，漂白设备是最重要的废水污染物排放点。如果漂白废水可以回用到粗浆洗涤系统，就能大大地减少排放到水中的有机物、营养剂和金属的量。但由于在所有氧化漂白中会形成了大量草酸，当使用碱性滤液洗涤来自酸性阶段的纸浆或与溶解了钙的酸性滤液混合时，存在固态草酸钙沉淀的风险，漂白系统滤液回收程度越高，沉淀或结垢的风险越大，另外氯化物含量的增加也会造成工艺设备腐蚀的风险。因此根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，目前尚不能将漂白设备的排放进一步降低到 5m³/t 以下，对于常规碱法化学木浆工艺，通常漂白产生的废水量为每吨纸浆 20-40m³，ECF 和 TCF 设备目前都已实现了漂白设备的部分水循环，与传统漂白工艺相比，COD 的量减少了 25-50%，流量减少得更多，每吨纸浆废水排放量达到 5-10m³。我国纸浆原料较多，不同原料废水排放量有所差别，且由于生产工艺、设备及日常管理等方面的原因，这部分废水排放量较大，木浆一般在 15-40m³，非木浆一般在 30-75m³。

制浆各个环节产生的溢流水：纤维和黑液的溢出物会出现在蒸煮设备、过滤设备及洗涤期间，蒸发设备和槽中也会产生溢出物，苛化期间，会产生白液、稀液、石灰等的溢出物。如果清洁的冷却和密封水是分开地通过管道流出，配备有足够的缓冲容积，选择正确的封口，限制机械部件（例如泵）的泄漏，且保持良好的内务操作，理论上可以将溢出物排放减少到零。溢出物收集的改进不仅可减少废水排放，而且能再利用化学品、纤维、能量等一些有价值的资源。根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，通常各个流程部门产生的溢流废水量为每吨纸浆 3-8m³，国内各流程漏失的废水量较多，据调研统计，木浆一般在 5-10m³/t，非木浆一般在 10-25m³/t。

c) 机械浆和化机浆废水

大多数机械制浆厂都是纸浆造纸联合企业，制浆流程中，水系统通常循环率很高，以便维持较高的流程温度。同时，来自造纸厂的过量净化水通常可用来补偿随纸浆（每吨纸浆 5-10 m³）和筛渣离开回路的水，淡水仅用于密封和冷却，因此废水排放量较低。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，在机械制浆流程中，通过使用严格的逆流水系统（即清洁洗涤水用于最后的压洗机，并被引到纤维流动方向，来自第一个压洗机的高度污染的滤液被运送至废水处理，密封和冷却水被收集起来，用作工艺用水），可使每吨纸浆清水消耗量控制在 10-15m³ 范围内，废水排放量约为 8-13m³/t，另一方面，通过使用混凝/浮选设备对第一洗涤阶段的白水进行内部处理，可将耗水量降至 5-10m³/t 范围内，废水排放量约为 4-8m³/t。对于单纯制浆的企业，由于没有白水进行循环利用，制浆过程中需引入清水，废水排放量会适当降低，如仅使用亚硫酸氢盐作为漂白剂的 TMP 纸浆厂，废水排放量为 3-4 m³/t（未包含造纸机）。

化机浆废水量较机械浆略高，根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，每吨纸浆需要消耗大约 15-50m³清水，废水排放量约为 12-45m³/t，较好的水平是 12-20m³/t。据调研资料，我国机械浆产量较低，不同企业生产工艺差距较大，废水排放量一般在 5-20m³/t，近年来新上的以木材为纤维原料的化机浆生产系统工艺较先进，废液排放量约为 10-30m³/t 浆，非木材原料排放量略高。

d) 废纸制浆废水

废纸制浆工艺可分为两类：一是不含机械清洗（即脱墨）的过程，其产品包括废纸挂面箱纸板、瓦楞原纸、非涂布纸板和盒用纸板，二是包含机械清洗（即脱墨）的过程，其产品包括新闻纸、薄棉纸、印刷纸、复印纸、杂志纸（超级压光纸/低定量涂布纸），涂布纸板、盒用纸板和商用 DIP 纸。由于废纸制浆工艺水主要在除渣、脱墨和纤维再生工序中被污染，因此，基于再生纤维原料的造纸厂所排出的废水包括：分离废料的筛和离心除渣器流出的水，洗浆机和浓缩机的流出液。其废水污染物排放量变化较大。

在废纸制浆生产过程水循环率很高，对于高水平的制浆造纸联合企业，清水只在造纸机中使用（助剂制备过程也使用），白水被循环回浆料制备过程，用于冲洗回收纸并用于纸浆机械除杂步骤中。由于造纸机对水质要求很高，除了在造纸机干燥部中大约 1.5 立方米/小时的水被蒸发外，造纸过程各步骤中的过量水也需及时排出，以防止造纸机中的流浆被杂质污染，并平衡生产流程中的水量。因此，水循环过程设计的质量决定了水的循环利用率，据统计，运行良好的企业水在循环中被使用了 32 次。对于单纯制浆的企业，由于没有白水进行循环利用，制浆过程中需引入清水，废水排放量也会适当降低，但目前很少有单独生产废纸浆的企业。

废纸制浆废水中悬浮物含量均很高，主要来自废纸中的细小纤维、填料、涂料和油料等。一般来说，无化学脱墨的制浆工艺产生的废水远比化学脱墨车间废水的污染负荷低，其废水排放量也相应变化。表 8 为不同国内废纸制浆的废水的统计情况，表 9 为欧盟以废纸为原料的造纸厂废水排放情况。

表 8 不同废纸纸浆工艺废水污染物排放情况

废纸处理方法	废水量	COD	BOD	SS
无脱墨的机械处理	5-20	25-40	7-15	8-15
浮选脱墨	8-40	60-80	20-40	50-75
洗涤脱墨	20-70	100-150	30-50	80-100

表 9 欧盟以废纸为原料的造纸厂废水排放情况

废纸处理方法	废水量	COD	BOD	凯式氮
无脱墨浆	2-10	5-25	2-12	0.02-0.1
脱墨浆	8-15	7-40	5-15	0.1-0.5

水循环利用率越高，废水排放量越少，考虑到现阶段企业排水现状及行业发展趋势，本标准规定了单位产品生产废水量的取值范围，其中的高值依据行业现有平均排放水平，低值参照相关标准的要求并借鉴了《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》中的相关数据，脱墨废纸浆废水量为 10-40m³/t 浆，无脱墨废纸浆废水量为 8-20m³/t 浆。

e) 纸机白水

在造纸生产中使用的清水量及废水排放量多少取决于所产纸品的等级、所用原料的性能和每

种等级纸品最终的质量水平，但废水排放环节基本相同，主要包括以下部分：

①来自浆料除渣过程的废渣：来自除渣器的废渣包含杂质（如，碎浆和砂子），还有一些悬浮在水中的有价值的纤维，这些废渣通常排放到末端治理系统中。

②过量白水：白水包含用于清洁网和毡的喷洒水，其主体部分在造纸机中再循环用作稀释水和喷洒水，过量的白水被排放到末端治理系统或者用于制浆过程。这些水在被排放之前通常经过纤维循环单元，其排放量取决于水循环的程度。

③临时排放和偶然排放：这些排放与工艺流程不直接相关，而是偶尔发生。其中包括溢出的白水、从槽中或其它水位控制较差的设备中溢出的纸浆，清洗设备的水，和冲洗地板冲洗水等。

④冷却水和密封水：真空系统和泵的冷却和密封水通常不包含悬浮物颗粒。这些水通常在一定程度上循环使用，冷却水应该和其它的排出物分离开，以使处理车间的负荷最小化并保证处理车间的效率。

抄纸车间各股排水中，剩余白水是主要的水污染源，其他造纸废水量小，排入末端治理系统时，可纳入剩余白水中统一考虑，剩余白水量调研统计情况见表 10。

表 10 典型造纸企业单位产品纸机白水量

抄纸种类	新闻纸	未涂布印刷/书写纸	涂布印刷/书写纸	纸板	生活用纸
剩余白水排放量	8-20	8-35	10-40	8-25	10-25
SS	6-30	12-25	16-28	2-8	5-20
COD	8-15	7-15	10-25	5-15	7-15
BOD	5-7	4-8	5-10	3-7	4-8

（3）生产废水量变化系数

由于制浆造纸企业为连续性生产，特别是大型制浆造纸联合企业，其产品种类多、生产规模大，各车间排水相互间起到了平衡和缓冲的作用，正常情况下，进入末端治理系统的废水水质水量波动不大，一般在某些车间的临时排放和偶然排放时会有一定程度的波动。

因此，为了反应制浆造纸生产废水的排放特点，合理确定废水治理工程各工艺环节的设计规模，本标准依据制浆造纸生产的排水特点规定了总变化系数值。因为造纸企业生产量受市场影响较大，按照产品产量考虑日变化系数不合理，因此本标准中总变化系数可理解为生产过程中偶然因素造成临时排放和偶然排放产生的波动。

6.3.2 废水水质

（1）水质确定原则

废水水质与排水量和产污量相关，而产污量受原料、制浆得率的影响，同时，产污量与生产过程中添加的助剂相关，如造纸过程中，有机化学品用作添加剂或助剂，并不全保留在纸幅中，流失到废水中的部分对排水水质有一定的影响，导致 COD 等指标升高；可吸附有机卤化物的来源主要是含氯漂白剂、消毒剂和部分添加剂（如湿强剂等）。根据相关研究资料，原生纤维为原料的蒸煮或浸渍废液污染物（以 COD 为例）发生量与纸浆得率的关系见式（1），洗选漂等废水污染物

发生量见式 (2)，造纸过程中的吨产品污染物发生量约为 10–25kg/t。

$$G_1=G(1-D)^n \beta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$G_2=KG(1-D)^n (1-\beta) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：G₁—单位产品制浆废液污染物发生量(kg/t)；
G₂—单位产品洗选漂废水污染物发生量(kg/t)；
G—生产单位产品所需原料折算的污染物发生量(kg/t)；
D—制浆得率(%)；
n—得率相关系数，n=1.75；
β—制浆废液提取率，采用生产工艺设计参数值。
K—漂白系数，木浆 K=1.05–1.10，非木浆 K=1.03–1.05。

因此，本标准规定制浆造纸废水污染物产生情况应根据原料种类、化学品投加量、生产工艺、产品类别、回用废水治理的程度和回用量，经物料衡算确定，并给出了废水水质确定的计算公式，见标准文本中的公式 (3) 和 (4)。

(2) 各生产工序废水水质确定

a) 备料废水

备料废水污染物排放情况见表 7，可以看出备料废水随原料种类、备料方法，废水污染物排放量差别较大，以原木为原料，废水中 COD、BOD 和 SS 分别为 0–10kg/t 浆、0–5kg/t 浆和 0–8kg/t 浆，以非木材为原料，废水中 COD、BOD 和 SS 分别为 20–60kg/t 浆、8–20kg/t 浆和 30–80kg/t 浆。

b) 化学制浆废水

化学制浆废水主要包括蒸煮废液、洗选漂废水和制浆各个环节产生的溢流水等。

● 蒸煮废液

在化学制浆整个生产过程中蒸煮废液污染物产生量最大，如碱法制浆黑液几乎集中了制浆造纸过程 90%以上的污染物，其中含有大量木质素和半纤维素的降解产物、色素、戊糖类、残碱及其他溶出物。蒸煮废液的污染负荷与制浆得率、制浆工艺条件等密切相关，由于化学浆得率较低，废液中 BOD、COD 和 SS 分别为 350–425kg/t 浆、1060–1570kg/t 浆和 **235–280kg/t 浆**，废液经碱回收后产生的污冷凝水中 BOD 和 COD 分别为 5–10kg/t 浆、10–30kg/t 浆，SS 含量极低，可忽略不计。

● 洗选漂废水

洗选废水：洗选废水主要来源于洗选未漂白纸浆产生的蒸煮废液残留物，此环节排出废水中的污染物被成为洗涤损失，根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，2001 年前业界的洗涤损失对于软木一般为 5–10kgCOD/t，对于硬木一般为 7–12kgCOD/t。筛选系统用水的封闭是提高洗涤效

率、减少废水排放量的有效措施。国内洗选废水污染物情况见表 11。

表 11 典型制浆造纸企业单位产品洗选废水排放情况

项目	COD/kg	BOD/kg	SS/kg
开放系统	16-25	5-8	5-10
封闭系统	0-16	0-5	0-6

漂白废水：纸浆漂白废水中的污染物主要包括 COD、BOD 和 AOX，其污染物排放情况如下：

COD：纸浆漂白废水中 COD 发生量 40-85kg/t 产品，其值取决于未漂白纸浆的卡白值，根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，如果蒸煮或氧气去木质素得到的卡伯值可以降低一个单位，那么漂白设备中释放的 COD 将减少大约 2kg/t 产品，相对于传统原素氯漂，采用二氧化氯漂白时，其漂白废水的 COD 负荷随二氧化氯取代氯的增加而降低，当二氧化氯完全原素氯漂白时，废水 COD 负荷可降低 20%-25%；采用氧脱木素同样可降低漂白废水的 COD 负荷，一般可降低 40-50%。

BOD：在漂白过程中，浆中残余木素及残余漂白工艺中二氧化氯取代率对 BOD 的影响不大，若在漂白工艺前采用氧脱木素预处理，可降低 BOD 发生量，据报道可降低 70%，漂白废水中 BOD 发生量 10-30kg/t 浆。

AOX：纸浆中的木质素是漂白废水中 AOX 的来源，采用延时脱木素技术和氧脱木素预处理技术，可大大降低待漂浆的卡伯值，从而降低漂白废水中的 AOX；漂白废水 AOX 负荷与氯化段二氧化氯取代率的增加呈线性下降关系，AOX 的行成复杂，取决于漂白工艺中漂白剂的种类、有效氯在各漂白段的分配情况、氯的加入形式等，减少有效氯用量及采取分步加入的漂白工艺可以降低漂白废水中 AOX 的负荷。据统计，次氯酸钠单段漂 AOX 的草浆厂发生量在 2.4-7.8kg/t 浆，传统 CEH 三段漂的草浆厂 AOX 的发生量 7.5kg/t 浆，CEH 苇浆厂发生量为 2.5-7kg/t 浆，木浆厂为 4-5kg/t 浆，OHH 三段漂的发生量为 1.5kg/t 浆。由于近年来欧盟等国采用了低氯或无氯漂白工艺，AOX 排放量大幅降低，大部分企业 AOX 发生量低于 1kg/t 浆，如使用 ECF 漂白很容易将 AOX 水平降至 0.3kgAOX/ADT 以下，TCF 漂白几乎不产生 AOX。

制浆各个环节产生的溢流水：如果以 COD 衡量，溢出液中排放的有机物含量通常在每吨纸浆 5-20kg 之间。表 12 为以木浆为原料的碱法制浆洗选漂废水污染物发生量统计值。

表 12 洗选漂废水的污染物发生情况

项目	COD/kg	BOD/kg	SS/kg	AOX/kg
洗选废水	0-25	0-8	0-10	0
漂白废水	40-85	10-30	15-30	0.3-7
溢流水	5-20	1.5-6	2-8	0-0.5
合计	45-140	12-44	17-48	0.3-7.5

c) 化机浆和机械浆废水

据统计化机浆废水中 BOD、COD 和 SS 分别为 15-35kg/t 浆、65-160kg/t 浆和 30-60kg/t 浆；机械浆废液中 BOD、COD 和 SS 分别为 15-35kg/t 浆、20-100kg/t 浆和 15-40kg/t 浆。

d) 废纸浆废水

无化学脱墨的纸浆工艺产生的废水比化学脱墨车间废水的污染负荷低，原料中进口废纸比例高的生产线，在其他工艺条件相同的情况下，废水中 COD_{Cr}、SS 等相对较低，与国产纸相比两者

COD_{Cr} 之差可达 300-1000mg/L。据统计资料(见表 8 和表 9), 一般情况下, 当无脱墨时, BOD=6-12kg/t 浆, COD=15-40kg/t 浆, SS=8-15kg/t, 有机械脱墨时, BOD=8-20kg/t 浆, COD=25-65kg/t 浆, SS=10-25kg/t 浆。

e) 纸机白水

纸机白水中的污染物主要来自浆中夹带的流失纤维、填料和溶解性污染物, 因此使用机械浆的造纸厂释放的有机物的量一般比使用化学浆的造纸厂释放的有机物的量高。

造纸过程中添加的部分添加剂或助剂也会流失到纸机白水中, 通常, 淀粉和它们的降解产物构成了大部分有机负荷。据德国的一份研究报告, 生化处理后, 添加剂占废水中总 COD 负荷的比例: 涂布印刷纸和书写纸中大约占 26%, 再生纤维新闻纸占 20%, 再生纤维手巾纸占 43%, 再生纤维硬纸板占 35%。

据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》, 造纸车间排放的污染物总量与使用的纸浆原料及产品种类密切相关, 对于不同的纸张产品, 如生产印刷纸和书写纸的企业 COD 排放量为 7-15kg/t 产品, BOD 为 4-8 kg/t 产品, SS 为 10-22kg/t 产品; 生产板纸的企业 COD 排放量为 5-15kg/t 产品, BOD 为 3-7 kg/t 产品, SS 为 2-8kg/t 产品; 生产薄绵纸的企业 COD 排放量为 8-15kg/t 产品, BOD 为 5-7 kg/t 产品, SS 为 2-30kg/t 产品; 生产特种纸的企业 SS 排放量为 20-100kg/t 产品。从国内总体情况来看, 造纸车间排放的废水中各种污染物产生量: COD 为 10-30kg/t 产品, BOD 为 3-10kg/t 产品, SS 为 5-25kg/t 产品, 不同产品污染物排放量有较大的差距, 详见文本中附录 B. 2。

(3) 综合废水

制浆造纸企业各工序产生的废水经车间内处理和回用后, 最终均要排入末端处理系统进行集中处理, 处理后的废水达标排放或回用。因此源头治理的效果与回用情况与综合废水污染物排放量关系很大, 标准文本中规定了综合废水水质的理论计算公式。

另外, 表 13 为部分调研企业实际排放水质。标准在调研数据的基础上, 考虑造纸行业对用水及排水定额要求及企业发展趋势, 经理论推算修正, 给出了全厂综合废水的取值范围, 详见文本中表 2

表 13 部分调研企业综合废水排放情况

序号	原料	产品	水质指标(mg/L)					
			COD	BOD	SS	氨氮	TP	AOX
1	麦草	化学草浆	2300	800	1050	7	1	26
2	杨木	化学木浆	1600	560	1000	5	1	15
3	脱墨废纸、杨木	新闻纸	3500	1100	1600	10	0.5	-
4	棉杆	化机浆	8500	1500	1700	8	1.5	-
5	杨木	化机浆	7000	1400	1500	6	1	-
6	脱墨废纸、商品浆	白卡纸	1250	420	1150	5	0.5	-
7	商品浆	涂布纸	1800	630	900	3	0.5	-
8	商品浆	文化纸	1400	490	650	2	0.5	-
9	脱墨废纸浆、商品浆	文化纸	1450	500	800	4	1	-
10	废纸浆	箱板纸	2900	1010	1300	12	1.5	-
低值			1250	490	650	2	0.5	0
高值			8500	1500	1700	02	1.5	26

(4) 废水回用对废水水质的影响

当处理后的废水回用于生产时，废水污染物（特别是全盐量指标）浓度会受到回用水中污染物的累积效应的影响，标准文本中公式（5）给出了回用后外排水质指标的修正公式，公式中假设废水经一次处理后不可去除的污染物经重新循环使用和处理后仍不可降解，该公式推导过程如下：

使用清水时的污染物浓度： $C_0 = C_0$

第一次回用后污染物浓度： $C_1 = C_0 + C_0\alpha(1-\eta)$

第二次回用后污染物浓度： $C_2 = C_0 + (C_0 + C_0\alpha) * \alpha(1-\eta)$
 $= C_0 * [1 + (\alpha + \alpha^2)(1-\eta)]$

第 n 次回用后污染物浓度： $C_n = C_0 + (C_0 + C_0\alpha) * \alpha(1-\eta) + \dots$
 $= C_0 * [1 + (\alpha + \alpha^2 + \dots + \alpha^n)(1-\eta)]$
 $= C_0 * \left[1 + \alpha * \frac{(1-\alpha^{n+1})(1-\eta)}{1-\alpha} \right]$

因此当 n 趋向于无穷大时， $C = C_0 \frac{1-\alpha + \alpha - \alpha\eta}{1-\alpha} = C_0 \frac{1-\alpha\eta}{1-\alpha}$ (3)

式中：

C——废水回用后制浆造纸废水的污染物排放浓度（mg/L）；

C₀——废水回用前制浆造纸废水的污染物浓度（mg/L）；

α——废水回用率，即回用废水量与处理废水总量的比值；

η——废水经处理后污染物的去除率。

6.4 总体设计

6.4.1 一般规定

与制浆造纸相关的环境问题主要是水的排放、废气的排放和能量消耗。通过加强过程控制能够有效节约原料消耗量、降低废水排放量和水污染负荷，提高环境和经济效益。因此，本标准从清洁生产、废水收集、技术路线、环境保护要求、废水规范化排放等方面，结合相关法律、法规和技术政策，规定了制浆造纸废水污染控制的原则性要求。

(1) 清洁生产及污染控制要求

制浆造纸生产规模和生产工艺与环境绩效密切相关，为此国家发展和改革委员会于 2007 年 10 月发布的《造纸产业发展政策》从纤维原料、技术与装备、产品结构、资源节约和环境保护等

方面提出了原则性要求，要求大力推进清洁生产工艺技术，实行清洁生产审核制度。近年来在制浆造纸行业颁布的清洁生产标准主要包括：《清洁生产标准 造纸工业漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺》(HJ/T339-2007)、《清洁生产标准 造纸工业硫酸盐化学木浆生产工艺》(HJ/T340-2007)、《清洁生产标准 造纸工业废纸制浆》(HJ468-2009)、《清洁生产标准造纸工业 漂白碱法蔗渣浆生产工艺》(HJ/T317-2006)和《清洁生产标准造纸工业漂白碱法蔗渣浆生产工艺》(HJ/T317-2006)。制浆造纸企业应结合自己的实际情况，按照上述清洁生产标准的要求，从制浆造纸废水污染物的产生、处理和排放全过程进行控制。

(2) 雨污分流要求

雨污分流是指废水和雨水分别采用不同管渠收纳。根据生产废水的水质特点，也可将污染物浓度低的废水（如冷却排污水）汇入到雨水收集系统中。采用这种排水体制有利于废水的分类处理，提高环境和经济效益，故要求企业采用分流制。由于制浆造纸企业路面化学品、纤维原料等污染物较多，制浆造纸企业初期雨水的污染程度比较严重，对水体保护要求高或环境敏感的地区，宜设置废水截流设施，以消除初期雨水对水体的污染。

(3) 二次污染控制要求

制浆造纸废水治理工程本身在实施过程中会产生各种二次污染，应贯彻执行国家现行环境保护法规和标准中的相关规定。如：废水治理过程中从各处理环节抽（排）出的含有恶臭等污染物的气体宜经处理后排放，厌氧产生的沼气宜经脱硫后综合利用，废气污染物的排放应按照《大气污染物综合排放标准》(GB16297)、《恶臭污染物排放标准》(GB 14554)和所在地地方标准执行；废水治理工程的设计、建设，应采取有效的隔声、消声、绿化等降噪措施，噪声和振动控制的设计应符合《工业企业噪声控制设计规范》(GBJ87)和《动力机器基础设计规范》(GB50040)的规定，厂界噪声应按照《工业企业厂界噪声标准》(GB12348) 执行；废水治理污泥应妥善处理 and 处置，宜优先综合利用，暂无综合利用条件，可采取贮存、堆放和填埋措施，并符合国家相关标准的规定；废水处理工程应对采用药剂可能产生的危害采取有效的防护措施；废水处理厂（站）应注意环境的绿化和美化，为职工提供良好的工作环境，绿化率应符合国家现行的有关规定等。

(4) 技术进步要求

由于随着科技进步和环保标准的加严，目前一些新的污水治理技术还在不断出现，本标准不应阻碍或抑制新技术的发展，鼓励积极采用经过验证、具有节能节地、经济高效的新技术，凡是在国内普遍推广、行之有效、具有完整的可靠科学数据的新技术，应积极纳入。对于需要引进的先进技术和关键设备，应以提高制浆造纸废水治理工程的综合效益，推进技术进步为原则。

6.4.2 建设规模

工程建设规模是影响工程投资的主要方面，是关系工程投资效益能否顺利实现，提高经济效益的基础。规模大于实际需求，而短期内又无法达到建设规模的，既造成工程投资的浪费和一定的经济损失，又给运行管理工作增加了许多麻烦。规模小于实际需要，则不能达到建设的目的，尤其是对废水处理工程出水水质的达标排放、运行成本和管理增加了困难。因此，确定符合实际又适应发展需要的建设规模是非常重要的。

(1) 规模确定的原则

由于制浆造纸原料、产品、生产工艺变化较大，不同企业废水水量、水质有较大的变化。因此，本标准强调工程规模应从实际出发，通过分析现有或同类工程废水排放情况，并结合企业清洁生产水平、生产计划和排水体制等因素综合考虑确定，现有企业的废水治理工程应以实测数据为依据，新（扩、改）建企业应进行物料平衡计算或类比确定。

(2) 源头治理系统建设规模

由于源头治理设施与制浆造纸生产密切相关，各排水环节排放波动较大，为方便管理和质量控制，其处理规模应与其相关生产单元的工艺系统统筹规划确定，根据调研资料分析，一般按企业生产设计负荷（相当于最大日流量）进行计算。其中的废水处理规模以单位时间内处理的废水量（或污染物量）核算，化学平回收（如碱回收）规模以单位时间内处理的固形物量核算。

(3) 末端治理各处理系统的建设规模

末端治理系统的设计，应考虑到分期扩建的可能性和灵活性，便于工程建设在短期内见效和日后的工程扩建和升级改造。考虑到制浆造纸生产负荷的连续性，且产量随市场情况波动较大，应按照生产设计负荷（相当于最大日流量）进行设计。

由于综合废水排放具有一定的不均匀特性，末端治理系统内的格栅渠、集水井、沉淀池等有效停留时间小于 4h 的废水治理构筑物的设计流量应考虑生产波动的影响，按最高时设计流量计算，当废水为提升进入时，还需按每期工作水泵的最大组合流量校核管渠输水能力。对于生化反应池等停留时间不小于 4h 的废水治理构筑物，由于对来水冲击负荷具有较大的缓冲作用，可按生产设计负荷计算。虽然初沉污泥和化学污泥受进水负荷的影响较大，但污泥系统处理周期较长，调节能力较强，根据同类废水处理经验，污泥处理系统按生产设计负荷（相当于最大日流量）计算比较合理。

当系统设有调节池时，由于调节池具有较强的水量和水质调节作用，根据国内设计经验，调节池及其后的废水处理设施如按最高时设计流量计算，不尽合理，可按照生产设计负荷计算。

为确保回用合理可行，回用水设计规模必须根据回用水水源的水质、水量、回用环节和回用方式，通过水量平衡计算和技术经济分析合理确定。水量平衡是将制浆造纸企业给水量、废水排放量、贮存调节量、处理量、处理设备用水量、回用水量、新鲜水补给量等进行计算和协调，使其达到平衡。水量平衡计算是回用水规模确定的重要步骤，必须对各种水量进行计算和调整，使集水、处理、供水集于一体的回用水系统协调地运行，使各种水量间保持合理的关系。通过水量平衡能明显看出设计范围内各种水量的来龙去脉，水量多少及其相互关系，水的合理分配及综合利用情况，是系统工程设计及量化管理所必须做的工作和必备的资料。

为了保证回用水处理设备安全稳定运转，并考虑处理过程中的自耗水因素，设计回用水规模应考虑回用水用量 10%–15% 的安全系数。

6.4.3 项目构成

制浆造纸废水治理工程项目组成包括源头治理系统和末端治理系统，其中的源头治理设施（特

别是蒸煮废液的化学品回收和纸机白水回收系统)与生产设施密切相关(国外还将化学制浆废液的回收利用纳入生产系统考虑),可将其单独作为生产系统的一个组成部分。

末端治理系统是相对独立和完整的系统,其处理对象为经源头治理后或直接排入末端处理系统内集中处理的各种生产废水和生活污水。项目构成除主体工程外,还应包括保证主体工程正常运行的配套工程和生产管理设施。其中的主体工程参照《城市污水处理工程项目建设标准》中建设内容分类方法,分为废水处理系统和污泥处理与处置系统(预处理产生的污泥也可根据污泥的性质纳入该系统)。其中的废水处理系统根据处理程度的不同分为一级处理、二级处理和深度处理系统。污泥处理与处置系统分为污泥均质、污泥浓缩、污泥脱水单元和污泥处置系统。另外,考虑到工业节水和回用的要求,回用系统纳入废水治理工程的项目组成中。

6.4.4 厂址选择和总体布置

本标准规定了总体布置应符合的相关标准和规范,并要求应纳入制浆造纸企业总体规划中,尤其是源头治理系统,应与其相关的工艺布置统一考虑,合理布局。

《工业企业总平面设计规范》(GB50187)是关于工业企业总平面布置的指导性标准,标准从厂址选择、总体规划、总平面布置、运输路线及码头布置、竖向设计、管线综合布置、绿化布置、主要技术经济指标等方面作了系统的规定,应作为制浆造纸废水治理工程厂址选择和总体布置的依据。同时,由于末端治理系统在处理工艺、生产管理等方面与城镇污水处理厂有相似之处,其厂址选择、平面和竖向设计等方面也宜参照《室外排水设计规范》(GB50014)中的相关规定。

根据处理工艺、处理级别、污泥处理流程(浓缩、消化、干化、焚烧以及污泥气利用等)、各种构筑物的形状大小及其组合,结合厂址地形、气候和地质条件等,可有各种总体布置形式,必须综合确定。

由于用地限制等原因,一般情况下,企业废水治理工程用地指标较城镇污水处理厂紧张,各构筑物间的间距较小,因此为节约土地和工程投资,可共用相邻生产系统的公辅设施。

6.5 工艺流程

6.5.1 工艺流程图

完整的制浆造纸废水治理工程处理流程简图见标准文本中的图1和图2,具体流程应根据拟处理的废水水质及处理要求,参照标准文本附录B中的主要工艺环节和去除效率,经技术经济比较后确定、细化。

6.5.2 处理工艺

(1) 源头治理

制浆造纸企业各生产环节废水量及废水水质有较大的差别,采用源头治理能够有效提高原料和水的利用率,降低污染排放负荷。我国近年来在制浆造纸行业污染控制方面作了大量的工作,出台了多项政策,如《造纸行业废水污染防治技术政策》、《草浆造纸工业废水污染防治技术政策》等,预防污染、强化源头治理、尽量回收化学品和能量、重复利用和再生回用废水的污染控制技

术路线已行成共识。因此标准规定“应根据原料和产品种类、废水来源和性质确定源头治理的工艺流程”。

据调研，对于以不同原料和制浆工艺的制浆造纸企业，其废水污染控制路线已经成熟，具体如下：

a) 化学制浆废水

据调研，目前化学制浆生产系统成熟的废水治理技术是：蒸煮废液采用蒸发燃烧法回收化学品，蒸发产生的清洁冷凝水回用于燃烧锅炉或制浆，污冷凝液与洗选漂等废水排入末端治理系统集中处理，并通过封闭洗涤、高效提取和循环工艺水等措施降低洗选漂废水污染物的产生量。

b) 机械浆及化机浆废水

由于机械浆和化机浆制浆过程中木材损失很低，大多数木材转化成纸浆，因此这类制浆废水的热值太低，无法全部采用与化学制浆厂相同的方式进行再生。其废水污染物的控制应首先通过加强企业内部的清洁生产措施（如采用严格的逆流水系统、改进的洗涤措施、密封和冷却水单独收集作为工艺用水等）提高废水浓度，降低废水排放量，其次是采用经济可行的废水治理工艺降低污染排放量。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，机械浆废水一般采用两段生化处理技术，某些机械制厂在第一阶段中使用纯氧，第二阶段则是“普通的”曝气；某些工厂使用高负荷的第一阶段，第二阶段则是低负荷曝气池；机械制浆废水也可以有效地进行厌氧（水解）工艺，因为废水中的COD浓度常常高于2000mg/L。而化机浆废水多采用厌氧-好氧处理工艺；也可将浓度最大的废水进行蒸发和燃烧然后将剩余部分排入末端治理系统进行活性污泥处理；还可以蒸发整个废水，并在再生锅炉中焚烧冷凝物，使废水零排放。国内一般将化机浆废水进行厌氧预处理后或与其他废水混合处理。

c) 废纸制浆废水

废纸制浆企业一般都包括造纸生产线，为节约清水，其工艺水循环的原则是从造纸车间流入制浆车间的白水需与产品流呈逆流。制浆车间，漂白车间和造纸车间都有其自己的白水循环，剩余的白水回流到对水质要求不是很高的前一个车间。造纸机中剩余的白水用于漂白车间以代替清水，漂白车间剩余的白水用于制浆车间以代替清水。在纤维再生单元，使用弓形筛、多盘过滤器或溶气气浮工艺将白水净化以代替清水。这种安排可节约大量清水，清水主要作为造纸机系统的补充用水。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，清污分流并循环工艺水，采用沉淀、浮选或过滤技术处理工艺用水，并循环至不同的生产环节以减少清水用量是降低外排污染负荷的有效途径，通过源头治理后排放的废水根据水质情况一般采用厌氧-好氧生物处理和好氧生物处理工艺。处理后的废水根据企业产品种类可部分或全部回用于生产系统。国内废纸制浆企业产生的废水一般经厌氧处理后或与其他废水混合处理。

d) 纸机白水是造纸生产过程中主要的废水来源，通过加强水的管理、强化循环工艺水措施，

可以有效降低废水产生量，最终排出的过量白水可经源头治理后回用于制浆系统或排入末端治理系统集中处理。纸机白水治理工艺一般是混凝沉淀/气浮（常用于源头治理，废水处理回用于制浆）和好氧生物处理（一般用于末端治理，使废水处理达标排放）。

(2) 末端治理

造纸废水水质复杂、不同企业水质变化大，处理工艺种类较多，不同工艺的单元处理效率差别较大，因此标准规定“应根据现行的国家和地方相关排放标准、污染物的来源及性质、排水去向及处理效率确定制浆造纸废水末端治理系统的处理程度，选择相应的处理级别和治理工艺。”

a) 处理级别和处理工艺的确定

执行《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB3544)的制浆造纸企业废水 COD 和色度的排放指标如下：

表 14 《制浆造纸工业水污染物排放标准》COD 排放限值

标准类别	制浆企业		制浆造纸企业				造纸企业	
			废纸制浆和造纸		其他制浆和造纸			
指标	COD	色度	COD	色度	COD	色度	COD	色度
表 1	200	80	120	50	150	50	100	50
表 2	100	50	90	50	90	50	80	50
表 3	80	50	60	50	60	50	50	50

现有运行的制浆造纸企业中，废水中较难处理的指标是 COD 和色度，根据调查统计结果，制浆企业或制浆造纸联合企业末端治理采用二级处理，COD 总去除率为 70-90%，由于进水污染物种类组成、浓度及系统处理效率的不同，85%左右的企业废水处理 COD 浓度达到 350mg/L，40%左右的企业可以达到 200mg/L，仅仅 20%的企业达到 100mg/L。其中，采用麦草制浆的企业，经生化处理后 COD 一般在 350-250 之间，木浆企业一般在 150-250mg/L，废纸制浆企业一般在废水经二级处理后外排废水 COD_{Cr} 的指标大都在 100-250mg/L，以商品浆为原料造纸的企业治理难度较低，二级生化处理后一般能够达到 100mg/L 以下，采用化学商品浆的部分造纸企业，一级处理既能达到 100mg/L 以下，有的甚至达到 50mg/L 以下。

制浆造纸废水经二级处理后，若进一步降低排水指标，应进行深度处理，根据调研资料，结合二级出水水质情况，采用适当的深度处理工艺，COD 去除率为 50-90%，废水 COD 排放指标可以达到 60mg/L 以下。

由于原生纤维制浆造纸废水中木素残余物较多，且生化性较差，经生化处理后废水色度一般较高、有时超过了进水的色度，其范围在 300-500 度内，进一步脱色应采用深度处理工艺，其中混凝沉淀的色度去除率为 70-90%，处理后废水的色度一般在 30-100 度范围内，化学氧化和 fenton 的色度去除率与采用的氧化剂及其投加量有关，色度去除率为大于 80%，其中 fenton 氧化的色度去除率较彻底，处理后废水的色度可达到 50 度以下。废纸浆的纸浆造纸废水，经生化处理后色度可达到 100-350 度范围内，采用深度处理可进一步降低，最低能够达到 50 度以下。以商品浆为原料造纸的企业二级生化处理后出水色度能够达到 50 度以下，一般情况下不需要通过深度处理进行

脱色。

因此，本标准规定“执行《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544）表 1 和表 2 标准的制浆和制浆造纸企业其末端治理可选择二级或深度处理；执行表 3 标准的制浆和制浆造纸企业其末端治理应选择深度处理；执行 GB3544 标准的造纸企业其末端治理可选择一级或二级处理”。

b) 单元处理效率

为指导废水治理工程处理程度及工艺流程的确定，标准组调研统计了企业废水单元处理效果，详见标准文本中的附录 B。

标准中提供的单元处理效率为典型制浆造纸废水的统计分析值，具体应根据废水实际情况合理选取，如当源头治理系统比较完善时，末端治理污染物去除率（尤其是 SS）宜取低值，相反，源头治理系统效率低时，末端治理去除率宜取高值；又如一级处理采用混凝沉淀后，水中的木素含量降低，B/C 比有所升高，二级处理系统 COD 去除率可取高值，而深度处理系统 COD 去除率宜取低值；当制浆造纸企业麦草化学浆或化机浆产量较高时，由于这类废水生化性较差，二级处理去除率宜取低值，而废纸浆、木浆和商品浆产量较高时，二级处理去除率宜取高值；另外，末端治理单元处理效率也与单元设计合理程度密切相关，当单元工艺参数设计合理、系统运行稳定时，去除率可取高值，相反宜取低值。

另外，由于造纸废水排放量大，废水中难生物降解的木素及其衍生物采用常规的生化处理工艺难以去处，一般情况下不鼓励排入城镇污水厂。特殊情况如需排入城镇污水处理厂时，其废水处理程度除应满足相关间接排放标准的要求外，还应对废水水质进行具体分析，与城镇污水处理厂一起确定接管指标，因此本标准不对其进行专门规定。

6.6 工艺设计

6.6.1 废水源头治理

(1) 备料废水治理系统

备料废水产生在以原生纤维为制浆原料的企业中，其水系统的特点是用水水质要求较低，排放废水 SS 污染浓度较高，含有较多的无机杂质，因此其用水可采用企业其他生产环节的排水（如纸机白水、处理后的综合废水等），其排放的废水应经简单的预处理后循环利用，剩余部分最终排入末端治理系统。调研中也有部分企业采用洗选漂废水作为备料环节的工艺用水，备料产生的废水直接排入末端治理系统处理，考虑到该用水和处理方式会使备料过程中的泥沙混入厂区排污渠和中和末端治理系统内，本标准不对其进行专门规定。

备料废水中含有一定量的木材或其他纤维原料的抽出物成份，他们以溶解和胶体物质的形式存在，是废水重要的毒性来源，另外备料废水中还含有大量的泥沙等杂质，预处理的目的是为防止污染物的积累，尽可能去除废水中悬浮或胶体状的污染物。据调研，国内部分制浆造纸企业备料废水主要处理工艺是自然沉淀或混凝沉淀，当采用混凝沉淀时，其中混合常采用管道混合器或搅拌混合池，混凝常采用折板式或机械搅拌式反应池，沉淀常采用竖流式或斜板沉淀池，废水沉淀前应通过格栅过滤掉大颗粒杂质，其具体工艺参数详见标准文本。

随纤维原料、备料工艺和补充来水的不同，备料废水水量和水质成分变化较大，如以草浆为原料的备料废水无机物含量较高，可采用自然沉淀或混凝沉淀处理工艺，沉淀时间可适当缩短，而以木浆为原料的备料废水有机悬浮物及胶体物较多，为提高废水中污染物的沉降性能，沉淀前应加药混凝，沉淀时间应选用高值，具体实施中应结合实际情况合理确定。

备料废水经格栅或筛网会筛出麦糠、草屑等废渣，具有较高的热值，可送至厂内锅炉或焚烧炉燃烧。根据备料废水处理过程所产生的污泥性质，结合当地的实际情况，可采用直接脱水填埋或与末端治理系统的污泥混合处理。一般情况下，当污泥中泥沙含量较高、污泥含水率较低时可直接脱水后外运填埋，若无机成分少、含水率高，宜与末端治理系统的污泥混合进行处理和处置。

(2) 蒸煮废液治理

在欧盟等国，制浆厂将化学制浆蒸煮废液的处理作为化学品和能源回收系统纳入制浆生产过程中的一个配套环节统一考虑，这是由于通过蒸发、燃烧等措施对蒸煮废液的回收利用，可以再生无机化学品（如 NaOH、蒸煮酸等），并将含有的能源回收为工艺蒸汽和电能，蒸煮废液经回收系统处理后产生的废水主要是蒸发冷凝水及设备溢流废水，这部分废水的污染负荷较低，部分较清洁的可以回用于生产系统，其他部分排入末端治理系统。

我国制浆造纸工业由于原料结构复杂、整体工艺水平落后，蒸煮废液处理工艺水平参差不齐。据调研，国内大部分化学纸浆企业采用碱回收处理工艺治理碱法蒸煮黑液，也有部分厂家采用厌氧、酸析木素等处理技术，制浆废液经处理后再排入末端治理系统内处理。根据《造纸产业发展政策》的要求，随着我国造纸业产业结构的调整和技术装备的进步，一些简易的综合利用技术将逐步被成熟的化学品和能源回收系统所替代。但考虑到本标准对现有制浆造纸企业的适用性，仍将制浆废液纳入废水治理工程范畴。其中碱法制浆废液碱回收技术的具体要求可参考相关设计规范，本标准仅从环境保护的角度提出原则性要求，对于国内目前应用较多的亚硫酸盐法蒸煮废液综合利用技术进行简要规定。

a) 碱法化学浆蒸煮废液

经过多年的努力，碱法制浆黑液碱回收成套治理工艺技术及装备在我国已基本成熟。其工艺环节包括黑液提取、黑液蒸发、黑液燃烧、绿液苛化、白泥综合利用（如石灰回收）等主要过程，行业相关技术政策和标准已有较详尽的规定，如提倡“采用高效黑液提取技术，使草浆黑液提取率>90%，木浆黑液提取率>95%；采用保持游离碱技术，保持进入蒸发工段黑液的游离碱浓度，达到降粘的目的；应采用防结垢的高效蒸发器，使蒸发效率>3.5kg 水/kg 汽，蒸浓黑液出效浓度宜>30oBe’/105℃；采用高效黑液燃烧技术，提高碱回收炉过热蒸汽压力、温度和燃烧黑液浓度；采用连续苛化工艺技术，使苛化率>85%”等，因此，本标准仅从节能减排的角度提出原则性要求。

● 封闭洗涤及高效提取

洗选阶段包括连续的稀释、稠化或置换等工艺环节，典型的设备是真空或增压辊筒过滤器、长网造纸机型洗涤器、大气和增压扩散洗涤器、洗涤压力机，其中，洗涤压力机和增压辊筒或扩散洗涤器代表了最佳性能。随着纸浆浓度的提高，纸浆带走的废水量就减少。

由于洗涤永远达不到 100% 的效率，因此一定量的化学品和污染物（带出物）就随纸浆运送

到漂白设备，在此处，它们消耗漂白剂，最终排放到废水末端处理系统中。另外，粗浆洗涤废液的流失会增加流到末端治理系统废水中的污染物质，因此，采用封闭过滤洗涤技术减少或杜绝粗浆过滤设备中洗选废水的排放，提高制浆废液的浓度，提高化学品回收效率，能够降低排入末端治理系统吨产品废水污染物的发生量。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，对于牛皮纸制浆生产线，传统辊筒洗涤系统之后的洗涤损失约为 5-8kgCOD/Adt，而对于由洗涤压力机组成的现代洗涤器系统，损失约为 2-4 kgCOD/Adt。剩余的物质都被吸收掉，或者包含在纤维中。通过一系列洗涤阶段最高可将黑液的再生效率提高到 96-98%。

●液体的存储和调节

在化学制浆过程中产生偶然排放的环节主要包括：液体维修时粗浆洗涤器、泵和阀的封口，除节机、滤网和蒸发器，以及维护、起动和停机期间内部液体改道时由于流程扰动、机械断裂、操作员错误等导致的飞溅等。化学制浆厂应尽可能减少浓缩流体或高温工艺流体作为废水排放，以尽可能高的固体浓度，收集溢流或溢出的液体，并将收集的液体和纤维在适当的位置回流到流程中。因此必须配置各种调节存储设施，存储容量应超过正常运行容量的 30%以上。这些设施主要包括制浆废液存储罐（以确保在蒸煮和洗涤出现短暂停机或部分蒸发设备进行短时间的维护时蒸发系统能正常运行）、浓液存储罐（以便在不降低蒸发吞吐量的前提下，解决再生锅炉中的问题或短期的产量下降，或者确保可以关闭蒸发设备进行短时间维护）、苛化液和回收碱液存储罐（以应付短期的峰值流量，或者所连接工艺设备的停机）等。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，如果具有设计合理的偶然流失污染控制系统、再生系统，且蒸发设备具有 5-10% 的额外容量，与没有偶然流失再生系统以及流程缺乏稳定性的情况相比，废水负荷可减少 3-8kgCOD/Adt。国内工艺设备的清洁生产水平较低，纤维原料结构不同（木浆比例较低），减污效果更显著。

●冷凝水的污染控制

冷凝水来自蒸煮器和蒸发设备的工艺蒸汽，根据来源不同冷凝水可以分类初级冷凝水（新鲜蒸汽冷凝水）和二级冷凝水（黑液蒸发产生的污染蒸汽冷凝物）。据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，对于木浆生产牛皮纸的制浆企业，总共大约形成 8-10m³/t 浆的冷凝物。通常大约 1m³/t 浆是高度污染，4m³/t 浆中度污染，4m³/t 浆低度污染。

对于浓度较高的冷凝水可在汽提塔中得到处理，对于较稀冷凝水也可在一个与蒸发设备连接的系统中汽提，根据 pH 值，大多数化合物的去除效率可超过 90%，处理后的汽提冷凝水排入末端治理系统处理。

清洁的冷凝物不含金属，可用回用于碱回收锅炉、粗浆洗涤、漂白、苛化等环节中。

目前也有部分企业对于碱法制浆废液采用厌氧生物处理、简易碱回收、木素回收等处理技术，虽然这类技术投资成本较低，但由于综合利用途径受限、工艺及配套设备的成熟度不高、不能满足现阶段排放标准要求等原因，本标准不对其进行论述。

b) 亚硫酸盐法化学浆蒸煮废液

亚硫酸盐法化学浆蒸煮工艺的基础是使用含水二氧化硫以及钙、钠、镁、铵等基。目前发达国家已不使用相对较便宜的钙基制浆方法，原因是蒸煮化学品无法再生。国内企业使用铵基制浆工艺的较多。

镁和钠基都能实现化学品再生，制浆废液蒸发成浓缩液体并燃烧，再从再生的化学品中准备新的蒸煮酸，液体再生的程度可达 97%以上。据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，亚硫酸镁制浆生产中化学品再生通常包括以下工艺环节：稀的蒸煮液的逆流洗涤和蒸发；浓缩液燃烧（其中产生的大量能量可用于制浆厂的蒸汽以及电力）；燃烧形成固态氧化镁（灰烬）和气态二氧化硫；将氧化镁从废气中分离，并溶解于水，转化成氢氧化镁；吸收二氧化硫和三氧化硫，新形成的蒸煮酸（硫酸氢镁）。

由于国内酸法制浆企业大多采用亚硫酸铵法制浆工艺，以非木纤维为原料制浆，企业数量少、规模小，为规范纸浆造纸废水的处理技术，国家轻工业局发布的《草浆造纸工业废水污染防治技术政策》提出“亚硫酸盐法制浆不宜扩大发展，现有企业制浆废水应采用综合利用技术做到达标排放”。据调研，目前制浆废液采用的综合利用采用的技术主要有酸析木素、混凝沉淀、蒸发浓缩、吸附、膜过滤等，综合利用途径包括生产粘合剂、开发多种有机复合肥、用作水煤浆的分散剂、水泥减水剂、沥青乳化剂、油田注水剂、耐火材料、翻砂、成型、冶炼造粒等，其中以亚硫酸铵蒸煮废液生产粘合剂、制备复混肥应用比较成熟，有一定量的工程实例，其工艺情况如下：

●生产粘合剂

蒸煮废液生产粘合剂是目前国内使用较多的亚硫酸铵法制浆废液的处理方式，它主要包括净化工序、蒸发工序，该技术通过采用五体六效蒸发浓缩，使废液浓度由 10-15%提高到 40-45%左右，形成工业粘合剂，通过废液处理可浆制浆造纸废水 80%的 COD 和 BOD 污染负荷转化为工业粘合剂，有效降低了末端治理的处理负荷。

●制备复合肥

该技术采用含有大量羟基的蛋白多糖类物质和聚合物做胶凝剂，通过化学反应形成网状结构，使废液中的有机物包裹在网中，形成局部的过饱和，并以固态形式析出，从而达到固化废液的目的，固化的废液可生产多种复合肥。

但以上两种技术由于废液提取率较低，末端治理有一定难度；产品销路受市场影响大；工业化装置有待进一步优化，因此大规模应用受限。

综上所述，完善的亚硫酸盐法化学浆污染控制成本较碱法化学浆高，末端治理的成本也高，因此亚硫酸盐法制浆工艺应用不如碱法制浆工艺普遍，而采用投资较低的综合利用技术存在着利用途径受限、末端治理成本较高的缺陷，本标准仅对国内应用较多的亚硫酸铵法蒸煮废液治理技术提出原则性要求，不详细规定各工艺的控制参数。

(3) 纸机白水治理系统

纸机白水是造纸生产过程中主要的废水来源，通过加强水的管理、强化循环工艺水措施，可

以有效降低废水产生量，最终排出的过量白水可经源头治理后回用于制浆系统或排入末端治理系统集中处理，纸机白水治理工艺一般是混凝沉淀/气浮（常用于源头治理，废水处理后排入末端治理系统）和好氧生物处理（一般用于末端治理，使废水处理达标排放）。

a) 纸机白水循环利用

造纸厂一般有两个生产用水回路，在第一回路中（短回路），纤维和来自纸网部的纸张形成区的填料富集水（白水 I）被回收，用于流浆系统的原浆稀释，第一回路尽可能保持封闭。在第二回路中（长回路），来自纸张形成部分，吸水，压水以及清洗水的多余水（白水 II），一般通过处理后循环利用，可以是沉降或浮选车间，或者是过滤单元（转鼓或圆盘过滤器）。

b) 纸机封闭循环

通过强化循环用水措施可以实现纸机白水封闭循环，一般情况下，造纸生产线清水主要在作为喷淋水和化学品稀释用水，其他工段均可使用净化后的纸机白水，纤维和填料的回收技术越有效，所得的净水越有可能用于要求不太严格的纸机喷淋水，以增加水循环程度。但实际应用中，溶解无机和有机物质（DisCo）使得这些水在网部的使用受到限制。如当纸浆和输送纸浆的水含有较高浓度溶解的被称为阴离子废物的胶体有机物时，这些有机物会影响纸幅的保留和形成，增加造纸机压毯的堵塞，引起纸幅在轧辊上的粘着，必须采取适当的操作控制措施，控制微生物的繁殖、预防有害的沉积和结垢的形成、保持水系统表面洁净。

造纸机湿部用水量，在不同的水回路中通常存在高度的水再循环。据调研，一般情况下每吨纸大约有 1-1.5m³的水在造纸机的干燥部蒸发损失了，另外“干”纸成品含有大约 6-10%的水。为降低溶解无机和有机物质（DisCo）的影响，纸机系统需适当排放少量的剩余白水，工程实践中真正的封闭循环只在少数基于回收纸或纸板加工生产瓦楞纸芯层的造纸厂得以实现。

纸机白水回收技术成熟，本标准根据调研统计数据，规定了常用白水回收技术（包括多圆盘过滤器、同向流斜板沉淀和浅层气浮）的主要工艺参数。

c) 处理工艺

处理和回收利用白水的措施主要有：多圆盘过滤器、同向流斜板沉淀和浅层气浮。通过圆盘过滤器可以把白水分离为 3（或 4）路：纤维，浓白水，澄清水（一般含有 20-50mg/L 的悬浮物），和超清水（一般含有 10-20mg/L 的悬浮物）。浓滤液通常作为稀释用水循环至过滤器，还可以用于稀释原浆，澄清的滤液可以用于造纸机湿部喷水以减少清水用量，这些白水也可以用于造纸机前的制浆稀释，或者造纸机损纸稀释和综合工厂制浆阶段，剩余部分最终排入末端治理系统与其他废水混合处理。

沉淀或气浮系统也可用于白水的净化处理，在最优化的条件下，对于悬浮物的除去效率通常可以达到近 96%以上，产生的悬浮物的浓度是 10-50 mg/L（对于原浆）。

6.6.2 末端治理系统

末端治理系统的处理对象为制浆造纸企业的综合废水（化机浆和废纸浆的厌氧预处理一般也设置在末端治理系统中），末端治理的主要目标是满足企业达标排放的要求，根据具体情况也能通

过回用措施降低企业的吨产品排水量。末端治理废水处理工艺按照处理程度可分为一级、二级和深度处理三个部分。本标准对其进行详细的规定。

(1) 一级处理

一级处理单元主要包括格栅渠、提升泵房、纤维回收间、调节池和初次沉淀池等处理单元。标准中的工艺条款主要是参照国家相关废水处理技术规范，并结合制浆造纸废水水量、水质特点，在调研的基础上分析确定的。

a) 格栅

制浆造纸废水中混有草屑、木片、纤维、包装物等大小不同的杂物，为了防止水泵及处理构筑物的机械设备和管道被磨损或堵塞，使后续处理流程能顺利进行，必须设置格栅。

《室外排水设计规范》(GB50014)分别规定污水处理系统前的粗、细格栅的栅条间隙宽度：粗格栅机械清除时为 16-100mm，人工清除时为 25-100mm；细格栅为 1.5-10mm，超细格栅为 0.2-1.5mm。与市政排水相比，制浆造纸废水中杂物颗粒较小，废水中的纤维及细小包装碎片易附着在栅条间隙中，栅渣清理难度大，据实地考察，制浆造纸企业末端处理系统一般情况下只设置格栅间隙 15-25m 的粗格栅（既可采用人工格栅，也可具有自清能力的机械格栅），以保证后续工序的顺利进行，而细小纤维通过具有自清能力的机械转鼓细格栅微滤机（0.2-0.25mm）或纤维回收间内的滤筛设施分离回收（源头治理措施完备的情况下可不设）。因此，本条款规定“末端治理系统前应设置粗格栅，采用机械清除时格栅间隙宜为 10-20mm，采用人工清除时宜为 15-25mm”。

过栅流速是格栅设计的主要工艺参数，流速过高，容易造成栅条间隙的堵塞，过栅损失增大，过低，则会引起栅前渠道的淤积，减少有效过水面积。前苏联城市排水规范为 0.8-1.0m/s，日本指针为 0.45m/s，美国污水厂手册为 0.6-1.2m/s，法国手册为 0.6-1.0m/s，《室外排水设计规范》(GB50014)为 0.6-1.0m/s。结合调研资料，本标准规定过栅流速取 0.6-1.0m/s。关于处理站格栅的过栅水头损失、格栅倾角等其它设计参数可根据具体情况并参照《室外排水设计规范》(GB50014)执行。

b) 沉砂池

由于纤维原料夹带的泥砂会在备料过程中进入废水，另外，在制浆造纸废水收集系统中有些渠道盖板密封不严，或有些支管连接不合理导致部分雨水进入废水收集系统，在废水中会含有相当数量的砂粒等杂质。设置沉砂池可以避免后续处理构筑物 and 机械设备的磨损，缓解管渠和处理构筑物产生沉积，减缓排泥难度，减少化学药剂的投加量，防止对生物处理系统和污泥处理系统运行的干扰。当备料废水经过厂内预处理后，废水的泥沙含量较低，末端治理可不设沉砂池。调研中的制浆造纸企业末端处理大多没设置沉砂池，因此本标准不强求设置沉砂池。

c) 提升泵站

提升泵站是确保水力衔接，满足后续处理设施正常运行的前提，泵站包括水泵间、集水池和出水设施，《室外排水设计规范》(GB50014)从建筑物设计、设备选择、防腐等级等方面均作了较详尽的规定，可参照执行，在此基础上，本标准结合行业废水排放特点，根据是否设置调节池规

定了泵站集水池的主要技术要求，详见标准文本。

d) 纤维回收间

由于制浆造纸废水中含有大量的细小纤维，设置纤维回收间，一方面可以回收纤维，另外也能降低后续废水治理和污泥处理与处置负荷。因此本标准规定“当废水中纤维含量较高时，应设置纤维回收间，安装滤筛设施”，并根据调研统计资料规定了常用纤维回收设施的主要工艺参数，详见标准文本。

e) 沉淀（气浮）

沉淀池是废水治理工程的主要工艺环节，结合制浆造纸废水末端治理系统的工艺流程，沉淀池可分为初次沉淀池、二次沉淀池和混凝沉淀池，其中的混凝沉淀池可根据进水水质和处理要求设置在生化处理单元的前后。沉淀池可采用目前使用的各种沉淀池池型，但池型选择应根据处理规模、工艺特点和地质条件等因素综合确定。

考虑到使用方便和易于比较，根据目前国内的实践经验，并参照国外的相关资料，沉淀池的设计统一以表面水力负荷为主要设计参数，同时应校核固体负荷、沉淀时间、有效水深等指标，使之相互协调。

国内部分制浆造纸企业沉淀池主要设计参数见下表 15：

表 15 沉淀池主要设计参数

沉淀池类型		沉淀时间 h	表面负荷 m ³ /m ² ·d	污泥含水率%	固体负荷 kg/m ² ·d
初沉池		2.5-4.0	0.8-1.5	96-98	—
混凝沉淀池	二沉池前	2.0-3.5	1.0-1.8	96-97	
	二沉池后	2.5-4.0	0.8-1.5	98-99	
二次沉淀池	生物膜后	3.0-4.0	0.8-1.2	97-98.5	≤150
	活性污法	4.5-6.0	0.5-0.7	99.2-98.5	≤150

根据沉淀池所处工艺流程中的位置可分为出初沉池、二沉池和三沉池：

●初沉池

由于制浆造纸废水具有悬浮物含量高、悬浮物沉降速度受企业生产工艺影响较大的特点，处理不同种类的废水，初沉池相关设计参数有所差距，如：以商品浆或废纸浆为主的制浆造纸企业沉淀池表面负荷可取高值，以化机浆和化学浆为主的制浆造纸企业表面负荷宜取低值，吨产品废水排放量低的企业，废水中悬浮物含量较高，初沉池表面负荷宜取低值，相反，吨产品废水排放量高的企业表面负荷宜取高值。

当综合废水中胶体含量较高、废水沉降性能较差时，通过加药混凝有利于提高沉淀池的分离速度和污染物的去除效果，提高废水的可生化性。也可将二沉池排除的剩余污泥与初沉池进水混合，采用生物混凝沉淀，利用活性污泥的絮凝脱稳作用，加强 SS 去除效果，降低后续处理负荷。当废水中纤维含量较高时，为有效回收纤维，可采用气浮代替初沉池。

●二沉池

活性污泥处理系统中二沉池固液分离的目标是回流混合液中的活性污泥，由于造纸废水中的活性污泥沉降性较差，宜发生污泥膨胀等现象，因此与处理市政污水的二沉池相比，表面负荷宜取低值，污泥回流比宜取高值。降低表面负荷可以降低沉淀污泥的含水率，加大回流比能够增加回流至生化反应池内的污泥流量，从而增加了反应期内的活性污泥总量，提高生化处理效率。

在满足表面负荷要求的前提下，二沉池必须校核固体负荷，并保持一定的水深，以确保活性污泥有足够的压缩沉淀时间和沉淀污泥区的容积，降低回流污泥的含水率。

生物膜系统中的二沉池由于不需要回流足够多的活性污泥，且脱落的生物膜较密实，其表面负荷取值稍高。

●三沉池

二沉池后的混凝沉淀池也称为三沉池，该池主要用于去除废水中难生物降解的 COD 和色度，由于生化后的造纸废水残余的污染物成分相似，废水投加药剂后，形成的絮凝体沉降速度差别不大，因此不同企业三沉池表面负荷取值相似，其表面负荷的取值主要与投加的混凝剂种类有关，当采用铁盐做混凝剂时表面负荷宜取高值，当采用铝盐做混凝剂时，表面负荷宜取低值。

●气浮

由于制浆造纸废水中细小纤维含量较高，悬浮物沉降速度较慢，实际运行中一些细小颗粒根本不沉降，可采用气浮池代替沉淀池对废水进行固液分离，气浮工艺多用于处理以废纸浆为主的纸浆造纸废水，其优点是设施占地小，回收的纤维易于综合利用。气浮法主要为机械法和溶气法，机械法以涡凹气浮为代表，溶气气浮以普通溶气气浮和浅层气浮为代表。

根据调研资料统计分析结果，本标准规定了相关参数的取值范围，具体指标详见标准文本。

f) 调节池

制浆造纸企业是连续性生产，正常情况下，废水的波动不大（废水的波动主要体现水质的变化），特别是清洁生产水平高、源头治理措施得当的企业废水量变化更小。另外，由于造纸废水排放量较大，调节池建设成本较高，因此，工程实施中，必须综合考虑末端治理系统处理工艺的抗冲击能力及来水的特点，根据全厂排污平衡分析，合理确定是否设置调节池及调节池的停留时间。

调节池容积应按需要调节的污染物和水量的波动进行平衡计算。若以调节水量为目的，调节池的有效容积应根据废水量逐时变化曲线及处理量逐时变化曲线所围面积之最大部分计算得出；若以均衡水质为目的，调节池的有效容积应使污染物冲击负荷稀释至后续处理设施可以接受的范围内。当缺乏相关资料时，亦可按最大日流量的调节时间简单计算。

根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，流量或污染物含量变化很大的制浆造纸废水，应设置调节池，因为冲击负荷会影响后续处理过程的效果，尤其是生物过程。对于大多数制浆造纸企业，4h 的停留时间能够基本满足调节水质水量的要求。从国内制浆造纸废水治理设施的调研结果看，大多数企业调节池的调节时间在 4-8h 的范围内，从运行效果看，当调节池调节时间达到 4h 时即能取得良好的效果，调节时间过短，易影响后续设施的稳定运行，过长（大于 10h），由于投

资和占地成本的提高使得经济指标不合理。因此课题组认为制浆造纸末端处理系统 4h 以上的调节时间是合理、安全的，设计中不宜片面地追求调节池容积的加大，而应从合理调节废水水质水量的角度考虑确定。

调节池内应设置预曝气或机械搅拌设施，这样不仅可以防止废水在储存时腐化发臭，减少池内沉淀物，同时能够有效提高调节池的均质作用，对后面的处理有利。为充分利用调节池的容积，可根据废水处理工艺情况选择兼起预生化等功能，此时曝气量还应满足工艺的相关要求。

大多数企业综合废水的 pH 接近中性，无需对 pH 进行调节，为预防事故排放，当企业生产设施和管理水平不高时，也可设置 pH 调整装置。

一般情况下，制浆造纸废水氮、磷元素缺乏，为满足生化处理过程中微生物的生长需要，需补充营养盐。由于调节池具有投加方便、混合程度高、易于控制的优势，本标准规定可在调节池内设置营养盐投加和 pH 调整措施。

g) 事故池

设计和运行合理的制浆造纸企业，通过源头治理措施，进入末端治理系统的废水一般不会有大的波动，不必专设事故池。但由于现有许多制浆造纸企业，源头治理系统缺少足够的调节存储设施，当发生事故排放时，会对末端治理系统造成严重的破坏。因此，本标准规定当制浆造纸企业事故排放废水能够影响末端治理系统正常运行时，应设置事故池，其有效容积应容纳最大一次事故排放的废水总量。

(2) 二级处理

二级处理是以生化为主体的处理工艺，包括厌氧（水解）和好氧生物处理两部分，目前制浆造纸综合废水直接采用好氧生化的二级处理工艺较多，据统计，当废水经一级处理后污染物浓度仍然较高时（ $\text{COD}_{\text{Cr}} \geq 2000\text{mg/L}$ ），企业多采用厌氧-好氧生化处理工艺，厌氧处理单元采用较多的是 IC 反应器、UASB 反应器和厌氧接触反应器；当一级处理水浓度较低时（ $1200\text{mg/L} \leq \text{COD}_{\text{Cr}} \leq 2000\text{mg/L}$ ）也可用水解替代厌氧处理单元，当一级处理水浓度更低时（ $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 1200\text{mg/L}$ ），多直接采用好氧工艺。

a) 温度控制

制浆造纸废水温度较高、尤其到了夏季，进入末端治理系统的废水温度往往超过 40°C 时，会影响生物系统的运行效果，因此宜通过冷却措施控制生化反应池内的废水温度。

根据调研资料，北方地区好氧生化处理的企业往往不设冷却塔，这是由于反应池为开放式结构，且好氧生化系统对水温的适应性较强，废水温度在处理过程中大多能够降低到微生物承受的范围内。但由于厌氧反应器为密封的结构，热量损失少，且温度波动对厌氧系统的影响更大。因此，本标准规定“当进入生化系统前的废水水温较高时，应设置冷却塔，控制生化处理系统内的夏季水温小于 38°C 。”。

b) 厌氧（水解）

厌氧处理技术是指在无氧条件下，利用厌氧微生物的生命活动，将各种有机物加以转化的过

程。20 世纪 80 年代初期，制浆造纸工业已经广泛应用厌氧法处理废水，适合于厌氧处理的废水包括：用废纸制浆的造纸厂废水、机械制浆(过氧化物漂白)废水、半化学制浆废水以及亚硫酸盐和硫酸盐制浆厂的蒸发器冷凝液。其优点是生产能量(生物气)；产生的生物固体最少；降低后续好氧处理过程的污染负荷和运行成本；控制好氧系统的污泥膨胀；设备紧凑占地面积小；通过在线应用厌氧处理造纸车间封闭循环工艺用水,可以进一步节约新鲜水用量和减少废水排放等优势。据统计资料，处理废纸制浆废水的系统，采用厌氧/好氧工艺时，去除 1 吨 COD 的能耗（主要用于泵和曝气）大约为 200-300kWh，而单独采用好氧处理工艺，去除 1 吨 COD 的能耗为 500-600kWh。但是厌氧处理后的污水很难达到国家规定的排放标准，因此，从水处理角度，还是一个预处理过程，处理后的废水需经过进一步好氧生物处理。

一些制浆造纸企业当废水浓度较低时，采用水解酸化工艺作为好氧前的预处理，能够一定程度降低污泥产量，提高废水的去除率。这类废水主要包括化学制浆造纸废水、较低浓度的废纸浆废水。

●水解

从原理上讲，水解酸化是厌氧消化过程的第一、二两个阶段。在连续厌氧过程中水解、酸化的目的是为厌氧消化过程中的甲烷化阶段提供基质，水解作为好氧处理的预处理主要目的是对于废水中的非溶解态有机物截留并逐步转变为溶解态有机物，将难生物降解物质转变为易生物降解物质，提高废水的可生化性，以利于后续的好氧生物处理。

根据调研资料现有企业水解酸化池停留时间差距较大，变化范围 3-20h，从工艺原理分析可知，一味的增大水解池的停留时间对水解酸化已无意义，运行效果也表明当水解时间超过 10h 时，水解酸化作用已经完成，因此本标准不要求过分加大水解池的停留时间，规定水解酸化时间宜选取 3-8h。部分企业采用长时间的水解工艺实质上已经到了发酵阶段，不能再作为水解工艺考虑。

应用于制浆造纸废水的水解池包括升流式和完全混合式池型，其中升流式应用较多，其优点是省去了后续的中沉池，缺点是预处理要求高，布水系统要求较高，否则会降低水解池的有效利用容积。

●厌氧

据调研，现阶段国内制浆造纸废水应用较多的厌氧工艺包括：升流式厌氧污泥床(UASB)、厌氧颗粒污泥膨胀床(EGSB)、内循环厌氧反应(IC)、厌氧折流反应(ABR)和厌氧接触工艺，由于 ABR 相当于 UASB 的简易串联形式，目前缺乏对该技术的系统总结，而 EGSB 和 IC 基本原理和目的一致，因此，本标准不专门对其进行规定，技术参数可分别参考 UASB 和 IC 反应器的相关要求进行调整。

厌氧技术的发展主要集中在保持大量生物量和良好传质以提高反应器的反应效率方面，经过几十年的科研和实践，相继开发出了第一、第二和第三代反应器，其中的厌氧接触反应器属于第一代厌氧反应器，升流式厌氧污泥床(UASB)属于第二代厌氧反应器，内循环厌氧反应器(IC)属于第三代厌氧反应器。

厌氧反应器需要解决好废水中毒性物质和负荷波动的冲击，因此应加强进水中有毒有害物质（硫酸盐浓度 $\leq 800\text{mg/L}$ ）和 SS（悬浮物浓度 $\leq 1000\text{mg/L}$ ）的控制，必要时应在厌氧（如 IC 反应

器)前设置预酸化,这有利于还原并除去进入厌氧反应器内废水中的硫酸根离子,预防厌氧反应器酸化,发挥厌氧反应器效率,确保系统稳定运行。

应合理控制预酸化的程度,当预酸化度过低,厌氧反应器内的酸化速度会大于产甲烷速度,容易引起厌氧反应器的酸败;另外,废水中的硫酸根离子去除率较低,会抑制厌氧系统的正常运行。当预酸化程度过高时,会使厌氧反应器中产酸菌的数量太少,也不利于颗粒污泥的保持。据相关报道,预酸化度控制在30-50%之间较为合适。预酸化度按以下公式计算:

$$\text{预酸化度}(\%) = \text{VFA} \times 69 \times 100\% / \text{COD} \dots \dots \dots (4)$$

式中:VFA—挥发性脂肪酸(mg/L)

COD—化学需氧量(mg/L)

容积负荷 N_v 是厌氧反应器的控制参数,具体应根据不同的反应器具体确定,一般情况下选取的大小依次为IC反应器>UASB反应器>厌氧接触反应器。相对于高负荷厌氧反应器,厌氧接触反应器由于废水停留时间长,系统抗冲击能力较强,运行较稳定,厌氧更彻底。本标准根据调研统计分析给出了厌氧系统的主要控制参数,详见标准文本。

厌氧系统需要在密闭的容器中进行反应,且由于系统产生沼气,具有一定的安全隐患,因此工程中应采取有效措施,如厌氧反应器要有防止超正、负压的安全装置及措施;采用不透气、不透水的材料建造,反应器及管路的内壁必须进行防腐;厌氧反应器设有取样口、测温点和污泥界面仪、排空设施;根据工艺需要配置适用的测定气量、气压、温度、pH值、污泥量等的计量设备、仪表以及有关的在线监控设施等。

为了形成颗粒污泥,提高系统微生物量,高负荷厌氧反应器对结构形式要求较高。如UASB宜采用圆形或矩形池体;反应器有效高度(深度)为5-7m;单体体积不宜超过 2000m^3 ;合理布水,确保单位面积的进水量均匀,避免短路等现象发生;当废水有机物浓度较高时,应采用外循环方式;设置三相分离器等。IC反应器应采用圆柱形,反应器高度一般不宜超过25m;单体体积不宜超过 1500m^3 ;设置内、外循环系统;设置必要的附属设施(如循环罐)等。

厌氧反应器应设沼气系统,沼气的净化、贮存技术应满足国家相关标准的要求。如在厌氧反应器脱气罐后应安装沼气流量计连续监测沼气流量;设置沼气稳压柜,稳压柜罐壁由经防腐处理的碳钢组成并带有一可活动的浮顶,浮顶上设置混凝土,使沼气系统中保持2.45-2.94 kPa的压力;设置凝结水收集罐,在凝结水收集罐中设有至少650 mm深的水封来防止沼气从排水管泄漏等。

c) 好氧

由于制浆造纸废水的特点(污染物种类复杂、冲击负荷较大、木素和中性盐含量较高、缺乏氮磷营养盐),目前应用效果好、工艺成熟的好氧处理工艺主要包括氧化沟、SBR、带选择反应区的完全混合活性污泥处理工艺和两段法好氧生物处理工艺。据调研,也有部分企业采用接触氧化法处理制浆造纸废水,该工艺多用于较低浓度的小型制浆造纸企业的废水治理工程中,或用在两段好氧生物处理的前段(此时多采用悬浮性生物填料)。

接触氧化法属于生物膜法范畴,该工艺具有抗冲击负荷较强、易管理、处理效果稳定等优势,

但由于填料购置成本较高、处理制浆造纸废水泡沫产生量大，填料和曝气头的维修更换难度大等原因，在大规模制浆造纸企业应用较少。采用接触氧化法工艺时，废水进入生物膜处理构筑物前，应加强预处理，尽量减少进水中的悬浮含量，有利于防止填料堵塞，保证处理构筑物的正常运行。

采用活性污泥工艺时，容积负荷 N_v 是好氧生物反应池控制参数，它与污泥负荷 N_s 和污泥浓度 X 相关，其中的 X 与二沉池设计参数、活性污泥沉降性能密切相关，应根据生物反应池实际运行规律来确定。根据《欧盟纸浆与造纸业最佳可行技术》，活性污泥显示出对制浆厂废水处理的优越性能，一般情况下污泥负荷应在 $0.15\text{kgBOD}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ （折 $0.3\text{--}0.45\text{kgCODcr}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$ ）以下，停留时间为一天左右。国内一般情况下，生化处理系统污泥负荷 N_s 一般取 $0.1\text{--}0.4\text{kgCODcr}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ ，曝气池混合液污泥浓度 $2.5\text{--}6\text{g/L}$ ，折合容积负荷 $N_v=0.6\text{--}1.5\text{kgCODcr}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 。如污泥浓度不在上述范围时，可通过改变回流比进行调整容积负荷 N_v 。

由于不同企业废水水质和一级处理措施的不同，进入二级处理系统的废水可生化性有一定的差异，工程实施中，应根据具体情况合理确定设计参数，当处理以商品浆和废纸浆为主的制浆造纸废水或一级处理采用混凝沉淀（气浮）预处理时，容积负荷可适当增大；当处理以化学浆和化机浆为主的制浆造纸废水且一级处理采用自然沉淀工艺时，容积负荷应适当减小。

SBR 工艺是按周期运行的，传统 SBR 每个周期包括进水、反应（厌氧、缺氧、好氧）、沉淀、排水和闲置五个工序，前四个工序是必须工序。

充水比的含义是每个周期进水容积与反应池容积之比。充水比的倒数减 1，可理解为回流比；充水比小，相当于回流比大。《室外排水设计规范》GB50014 中规定“高负荷运行宜为 $0.25\text{--}0.5$ ，低负荷运行宜为 $0.15\text{--}0.3$ ”。

考虑到制浆造纸废水排放特点及运行管理的方便，其运行周期一般为 $6\text{--}12\text{h}$ 。

为方便计算，本标准规定了综合废水好氧生化需氧量的估算公式，可作为可行性研究阶段废水处理方案设计的依据。由于本标准中生化处理关于含碳物质的控制参数均采用 CODcr 指标，且纸浆造纸废水 B/C 相对固定，为了方便应用，公式中的含碳物质以 CODcr 指标进行计算。制浆造纸废水好氧生物系统大多选用有机负荷低、抗冲击负荷能力强的延时曝气工艺，本标准根据调研分析，需氧量估算值取 $0.6\text{--}1.2\text{kgO}_2/\text{kgCODcr}$ 。

值得注意的是，由于制浆造纸废水中含盐量较高，曝气设备易产生结垢现象，选择曝气设施时应充分考虑这方面的不利影响，宜采用维修方便、更换简单的设计方案，国内多采用机械曝气或射流曝气设施，当处理以商品浆和废纸浆为主的制浆造纸废水时，可采用微孔曝气设施。

另外，制浆造纸废水好氧生化反应过程中易产生大量的泡沫，特别是低温条件下，产生的泡沫更多，据调研，目前常用的消除泡沫措施有水喷淋和投加消泡剂等方法，通过提高混合液的活性污泥浓度或适当提高好氧生化反应池的超高也能一定程度控制泡沫外溢。

（3）深度处理

本标准根据制浆造纸废水的水质特点，结合我院在制浆造纸废水深度处理工程的经验和现场调研实例，并参照 GB/T 50335 和 GB50014 等标准，规定了深度处理的主要技术要求，工程中应结

合实际情况通过试验优化设计参数。

a) 混凝沉淀（气浮）工艺

二级处理出水后，再经混凝沉淀（气浮）工艺是废水深度处理的基本工艺，也是国内外废水深度处理工程常用工艺。

生化后的制浆造纸废水中残余的 COD 和有色物质大部分为溶解或胶体状的木素，其混凝效果与混凝剂的选择关系很大，根据工程经验，采用铝盐作为混凝剂时，加药成本较高，且 COD 去除率较低（在药剂投加量充分的情况下一般为 50-70%），而三价铁盐混凝剂具有投药成本低、COD 去除率高的优点（在药剂投加量充分的情况下一般为 70-80%），为促进混凝沉淀效果，可在投加铁盐后再投加 PAM 作为助凝剂。

三价铁盐混凝剂处理制浆造纸废水时对 pH 要求较高，应注意控制好混凝沉淀的 pH 值。另外，混凝反应后，残余在废水中的铁离子会造成废水的反色现象，为避免反色现象的发生，可在其后投加石灰和铝盐混凝剂，进一步去除废水中残余的铁离子和 COD。

《室外排水设计规范》（GB50014）、《污水再生利用工程设计规范》（GB/T50335）和《室外给水设计规范》（GB50013）均对混凝、沉淀（气浮）工艺作了较为详尽的规定，设计取值范围见表 16。

表 16 混凝、沉淀单元在国内各规范中取值范围

标准名称		GB50014	GB/T50335	GB50013	本标准
混合段G值		300S ⁻	-	-	300S ⁻
混合时间		30-120S	-	-	30-120S
反应段G值		-	-	-	30-60S ⁻
反应时 间	隔板反应	5-20min	10-15min	20-30min	5-20min
	机械反应			15-20min	
	折板反应			12-20min	
	网格反应			12-20min	
沉淀	平流池水平流速	4-12mm/s	4-10mm/s	10-25mm/s	
	平流池停留时间	2.0-4.0h	2.0-4.0h	1.5-3.0h	2.5-4h
	斜管沉淀表面负荷	1.4-2.2m/h	-	5-12m/h	

废水经生化处理后，其水质特点与给水处理的原水水质有较大的差异，因此实际的设计参数不完全一致。由于制浆造纸废水深度处理的混凝剂投加大、形成的絮体受投加药剂影响大，所以其相关参数与上述规范有所不同。

利用气浮池代替沉淀池，在工业废水的深度处理中应用较多，标准中数据参考同类工程分析确定。

b) 过滤工艺

由于《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB3544）表 1 和表 2 中 SS 的要求相对宽松，一般情况下废水达标排放不需要进行过滤处理，当废水需要回用或执行表 3 标准时，为确保系统稳定

达标或满足回用要求，宜在混凝沉淀后设置过滤装置。

滤池作为废水水质把关的构筑物，一般情况下宜先通过混凝沉淀（气浮）去除大部分悬浮物和胶体物质后，再进行过滤，此时滤池运行稳定、反冲洗频率低，出水水质较好。

滤池设计要稳妥，留有应变余地，为减少反洗频率，充分发挥滤池效果，进水中 SS 的浓度不宜过高，《室外排水设计规范》（GB50014）及《污水再生利用工程设计规范》（GB/T 50335）均规定进入过滤系统的污水的浊度宜小于 10NTU，考虑到纸浆造纸废水经二级处理后和混凝沉淀后 SS 的出水水质能够达到 30mg/L 以下，经技术比较分析确定过滤进水 SS 宜小于 30mg/L。

《室外给水设计规范》（GB50013）推荐了多种型式的过滤池，如普通快滤池、V 型滤池、虹吸滤池和重力式无阀滤池。另外，国内外目前应用的机械过滤池种类繁多，如各种快速机械过滤器、盘式（或网式）全自动过滤器和滤布过滤器等，这些过滤器均可用于制浆造纸废水深度处理的过滤单元中。经混凝沉淀（气浮）处理后的制浆造纸废水中的一些指标与《污水再生利用工程设计规范》（GB/T 50335）水源水质的主要指标有相近之处，滤池的技术要求可以参照《污水再生利用工程设计规范》（GB/T 50335）中的相关设计参数，实际工程中部分设计参数还要通过试验或类比同类工程选取。

c) 硫酸亚铁-双氧水催化氧化（也称 Fenton 氧化）工艺

近年来高级氧化技术（特别是 Fenton 氧化法）处理经生化处理后的制浆造纸废水得到较快的发展，目前应用较多的是传统 Fenton 氧化法和流化床 Fenton 氧化法工艺，该技术在充分利用三价铁盐混凝沉淀作用的同时，还能产生 $\cdot\text{OH}$ 将废水中溶解态的 COD 进一步发生氧化分解反应直至降解为最终产物 CO_2 和 H_2O ，因此处理效果较混凝沉淀好，能够达到 90% 以上的 COD 去除率。

课题组根据工程实践经验及调研结果，规定了 Fenton 氧化处理工艺的技术要点，详见标准文本。

值得注意的是，目前采用硫酸亚铁和双氧水在近中性条件下进行反应的治理工艺在制浆造纸废水深度处理中应用较多，效果较好，也被称为 Fenton 氧化工艺。但由于中性条件下很难产生具有高级氧化作用的 $\cdot\text{OH}$ ，严格的讲该工艺不能算是 Fenton 氧化处理技术，其反应机理主要是利用三价铁盐的絮凝作用净化废水，而 $\cdot\text{OH}$ 对有机物的氧化作用较小。

d) 自然净化工艺

为了进一步降低废水污染指标，提高水资源利用率，一些地区的制浆造纸企业将深度处理后的废水排入氧化塘或人工湿地进行处理，取得了一定的效果。但考虑到土地处理存在占地面积大、处理效果稳定性差、二次污染隐患等缺点，本标准规定“有条件的地区，可利用荒地、闲地，选用适当的自然净化工艺，工艺设计应符合 CJJ/T54、RISN-TG006、和 GB50014 等标准的规定，且不得降低周围的环境质量”。

e) 其他深度处理工艺

目前，在制浆造纸废水深度处理方面，其他一些处理工艺已开始应用。如我院开发的磁化絮凝废水深度处理技术已在国内十余家大中型制浆造纸企业进行了推广和应用，取得了较好的效果；

又如许多企业已采用膜处理技术对不同工序的制浆造纸废水进行了中试和生产性试验研究，取得了初步的成果。但由于技术成熟性有待验证、技术经济指标有待完善、净化机理有待研究等原因，本标准对这些技术未作具体要求，仅规定“经试验验证和技术经济分析，也可采用其他深度处理单元技术中的一种或几种组合，其他单元技术有活性炭吸附、臭氧—活性炭生物滤池、离子交换、超滤、纳滤、反渗透等”。

6.6.3 废水回用系统

(1) 源头治理废水的循环利用

废水回用是个系统工程，由于制浆造纸企业用水环节多、用水量大、各环节用水水质标准差别显著，因此加强用水管理、合理提高水的循环利用率尤其重要。废水回用将排水和给水联系起来，能够实现水资源的良性循环，同时又能充分利用纸浆纤维和添加的化学品，有利于促进制浆造纸企业的可持续发展。

a) 回用水质要求

制浆造纸流程中，水的再循环程度很大程度上取决于废水水质适于再利用的程度，以及流程中允许累积的杂质水平，必须对废水回用的适用性进行评估，以避免对流程本身和产品产生不利影响。明确不同生产环节对工艺用水的水质要求是合理进行废水回用，确定回用程度的前提，但目前为止，制浆造纸行业尚没有统一的回用水质标准。

影响制浆造纸生产及产品质量的因素主要包括：SS（或浊度）、色度、全盐量和部分离子（如铁离子等），据调研，部分企业实际回用水要求或用水水质情况见表 17，考虑到制浆造纸企业根据用水环节及产品质量要求其用水水质差别较大，且缺乏充分的基础资料，本标准仅规定“应根据制浆造纸企业的原料、产品、生产工艺和废水回用环节确定回用水的水质要求”，而不规定具体的指标要求，希望各相关企业和研究机构积极从事这方面的研究和实践工作。

表 17 生产工艺用水水质指标

用水环节	用水指标									
	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅	SS (mg/L)	浊度	色度(稀 释倍数)	硬度 (mg/L)	pH	氨氮	铁 (mg/L)	全盐量 (mg/L)
箱板纸、瓦楞纸等	500	30	20	-	30	-	6.5-9	-	10	-
新闻纸	100	20	20	-	20	450	6.5-9	10	10	-
印刷/书写纸	60	10	-	3	15	450	6.5-8.5	1	0.3	-
特种纸	50	10	-	3	15	450	6.5-8.5	1	0.3	-
漂前制浆	-	-	50	-	30	450	6.5-9	10	5	-
漂后制浆	-	20	50	-	20	450	6.5-9	1	0.3	-

b) 回用工艺

废水循环利用是指各工序排放废水经厂内治理后直接回用于本工序或与本工序生产相关的工序中的回用方式，常采用的循环用水系统主要包括：备料废水经固液分离后循环利用；洗选漂废水分级逆流回用；纸机白水循环利用；纸机白水回用制浆；冷凝水回用碱回收锅炉及制浆；车间密封水、冷却水等的循环利用等。总的来说，生产工艺水循环利用是将流程后段的排水直接或处理后回用于前段的生产单元中。

制浆造纸废水回用应首先考虑工序内的循环利用，其理由是：特征污染物影响较小，供水水质容易满足；水质成分相对简单、处理流程短、成本低，应用效果好。

(2) 末端治理废水回用

位于水资源紧缺地区或产品对水质要求不高（如瓦楞纸、箱板纸等）的制浆造纸企业在确保水质安全可靠的前提下，可将末端治理系统处理后的废水回用于生产。综合废水回用应以本厂回用为主，其理由是：有利于水量平衡；再生水用户容易接受；管理方便，出现问题，信息反馈和调整迅速；特征污染物影响较小，供水水质容易满足；输送管道工程量少，降低供水成本。

由于综合废水水质成分较复杂，回用时应充分考虑水质对生产设施、管道和产品质量的影响，据调研，处理后的废水可用于制浆工段和废水处理站某些工序的生产用水、厂区环境保洁及其它用水，不宜用于最后一道漂洗和抄纸等工序。

值得注意的是，废水的循环利用不能无限制的进行（除采用脱盐工艺），这是因为在制浆造纸生产中过量的循环会引起物流中胶体和溶解的有机和无机成分浓度的提高，这对生产设施的运行性，最终产品的质量，甚至产品成本有负面的影响。

6.6.4 污泥处理与处置

(1) 污泥量的确定

制浆造纸废水污泥主要包括源头治理产生的绿泥、白泥，末端治理产生的物化污泥和剩余污泥，从制浆造纸企业产污环节分析，白泥来自碱回收的苛化工段，其主要成分是碳酸钙和硫酸钙等，绿泥来自燃烧工段，其主要成分为碳酸钙，同时还包括氢氧化钙、硅酸钙、残余氢氧化钠以及硫化钠、铝、铁、镁的化合物，而末端治理产生的物化污泥主要是水中的SS与混凝药剂反应生成的絮体，因此这些污泥可通过物料和化学反应平衡计算确定。GB50014 详尽规定了剩余污泥量的确定原则和计算方法，由于生物反应机理相同，具体设计可直接引用其计算公式（见下式 5），但设计参数应参考同类工程确定。

$$\Delta X = \frac{V \cdot X_a}{\theta_c} \dots\dots\dots (5)$$

式中：V——生物反应池的容积（m³）；

X_a——生物反应池内混合液悬浮固体平均浓度（gMLSS/L）；

q_c——设计污泥泥龄（d）；

ΔX——剩余污泥量（kgSS/d）。

根据调研统计结果，制浆造纸废水治理工程碱回收白泥量为 25-35kgDS/t 产品，绿泥量为 3-5 kgDS/t 产品，末端治理污泥量为 30-120kgDS/t 产品，其中的末端治理污泥构成中，一级处理污泥量最大，占到污泥总量的 30-65%，二级处理剩余污泥占到总量的 15-20%，深度处理化学污泥量随投加药剂量变化较大，占总量的 20-60%。

为较精确地确定污泥处理系统规模，本标准规定了以去除单位污染物量估算污泥量的方法，

详见标准文本。

(2) 污泥处理

源头治理产生的污泥主要包括碱法化学浆产生的白泥和绿泥，这部分固废以无机物为主，不必进行脱水处理，可直接处置。

末端治理污泥主要包括来自初沉池和混凝沉淀池的物化污泥和生化处理剩余污泥，不同原料和产品的制浆造纸企业，废水治理污泥产量和性质有较大差异，一般来说化机浆和化学浆污泥产量较大，废纸浆和商品浆污泥产生量小，不同处理单元的污泥性质差别更大，特别是深度处理产生的化学污泥含水率高、脱水性能较差，为方便污泥的调制和脱水管理，减少药剂投加量，应将各股污泥按一定配比混合，均质时间可按污泥日排放量的 1/4-1/3 估算（当不设均质池时，污泥浓缩池应有均质作用），也可根据实际情况分别处理各股污泥，如一些企业将初沉污泥、剩余污泥和深度处理化学污泥分别处理，然后再根据不同的污泥性质采用不同的处置方式。还有一些企业将初沉污泥和剩余污泥混合处理、深度处理物化污泥单独处理，也都取得了较好的效果。

目前污泥消化在制浆造纸废水处理中应用很少（调研中没有采用污泥消化处理工艺的企业），主要是由于废水治理过程中好氧生化往往采用延时曝气工艺，产生的剩余污泥稳定，污泥消化减容效果不大。因此本标准对污泥消化不作具体要求。

据调研，制浆造纸企业多采用带式脱水机，这种脱水方式具有工作连续、操作劳动量小、处理量大的优势，适用于处理初沉污泥和剩余污泥，近年来许多大型制浆造纸企业采用离心式脱水机，取得了较好的效果，特别是单独处理三级混凝沉淀污泥时，脱水效果更好。因此本标准规定“浓缩后的污泥应进行脱水，污泥脱水机械的类型应按污泥的性质、产生量和脱水要求，经技术经济比较后确定，宜选用带式脱水机和离心脱水机”。

为改善污泥脱水性，确保脱水过程的稳定运行，应加药调理。无机凝聚剂不宜单独用于脱水机脱水前的污泥调理，原因是形成的絮体细小，重力脱水难于形成泥饼，压榨脱水时污泥颗粒漏网严重，固体回收率很低。有机高分子混凝剂（如聚丙烯酰胺）形成的絮体粗大，适用于污泥机械脱水。污泥加药以后，应立即混合反应，并进入脱水机，这不仅有利于污泥的凝聚，而且会减小构筑物的容积。

(3) 污泥处置

我国幅员辽阔，地区经济条件、环境条件差异很大，因此采用的污泥处置技术也存在很大的差异，目前，制浆造纸废水末端治理污泥的最终处置主要包括综合利用、焚烧和填埋等途径。污泥处置应该首先考虑污泥的资源化利用，变废为宝（例如用作肥料、建材和燃料等），做到废水处理与污泥处置的可持续发展。

近年来，国内研究造纸污泥综合利用的技术较多，如绿泥可采用石灰窑煅烧法处理生产石灰（以木材为原料的绿泥碳酸钙含量很高，可使绿泥再生为石灰，能够循环使用，但是能耗很高，投资较大，而以非木材纤维为原料的绿泥硅含量较高，如果回收生产石灰，会干扰碱回收过程，使碱回收无法正常运行，因此，石灰窑煅烧法的应用范围和处理能力仍然有限）、利用绿泥代替石灰石用于干法水泥窑生产普通硅酸盐水泥等；白泥采用煅烧法生产石灰（该技术对于以木浆为原

料的企业已经成熟、以草浆为原料的企业由于硅含量高应用受到限制)；末端治理污泥用于生产硬质纤维板(该技术对污泥的性质要求较高，污泥中需要较高的纤维含量)、复混肥(目前该技术的经济技术指标有待提高，产品销路不能保证)等。但这些技术(除以木浆白泥生产石灰)大规模的应用实例较少，因此本标准仅提出原则性要求。

污泥填埋是目前污泥处置最简便的方式，企业应严格执行相关贮存和填埋标准。污泥焚烧是最有效的污泥处置方案，目前部分企业已开始应用，应用效果较好，但由于工程投资和运行成本高，该技术在一些地区的应用受到了一定的制约，为有效控制污泥污染，制浆造纸企业宜结合污泥综合利用的思路，积极开展污泥焚烧的处置工作。

6.7 主要工艺设备和材料

制浆造纸废水治理工程涉及的工艺设备较多，除末端治理系统采用的废水治理设备外，源头治理设备由于选用工艺不同，设备差别较大，各种设备均应满足国家相关标准的要求，同时安装中应充分考虑设备的备用，宜储备一定数量的易损部件。

制浆造纸废水中性盐含量高，废水具有一定的腐蚀性，采用混凝沉淀或催化氧化工艺时，废水对设施的腐蚀性更大，因此，工程设计和日常运行管理中，应加强防腐措施，具体分析腐蚀的性质，采取相应的防腐蚀措施。防腐蚀技术应符合国家现行标准的规定。

6.8 检测与过程控制

检测与过程控制是废水治理工程稳定运行、确保达标排放的必要控制手段。应结合制浆造纸废水的特点，按照不同的工艺系统和单元合理设置检测项目。检测项目与监测指标不同，其主要目的是了解和解决系统中存在的问题，为达到标准规定的监测项目服务，通过对检测项目的监控和调节，可以及时发现运行中存在的问题。

在及时获取检测指标的基础上，通过过程控制及时调整运行工况，解决系统存在的问题，并优化工艺运行参数，积累相关运行经验。应根据企业实际情况及废水治理工程规模的大小，合理设置控制系统的等级，规模较大时，宜采用集中管理和监视、分散控制的计算机控制系统。

6.9 配套设施

工程配套设施是制浆造纸废水治理工程的重要组成部分，是实现工艺目标的辅助手段。根据工艺要求，标准规定了配套的电气自动化控制系统、供排水和消防系统、采暖通风与空调、建筑结构和监测等方面的技术要求，规定了应该符合的相关标准和规范。

6.10 劳动安全与职业卫生

制浆造纸废水治理工程存在较多的安全隐患，产生的污染及有害物质会一定程度的影响操作人员的健康，标准要求严格贯彻执行国家现行劳动安全、职业卫生等方面相关标准。

6.11 工程施工及验收

工程施工及验收是废水治理工程建设的重要环节。本章规定了设计、施工单位的资质条件，

施工的工作程序和管理，建筑、安装工程应遵守的施工技术规范、文件，使用设备、材料、器件与国家相关标准和产品质量验证文件等的符合性要求。

标准强调与生产工程同步建设的废水治理设施应与生产工程同时验收，现有废水治理设施升级改造应单独进行验收。要求工程验收按竣工验收和环境保护验收分阶段进行。

6.12 运行维护和管理

运行达标是治理工程的目的，维护是保证系统长期正常运转的关键。

标准在工程运营单位的资质、技术力量配置、上岗人员的技能培训、营运及关停的报批、运行目标、运行维护应达到的技术管理指标等方面进行了明确的规定。要求运行部门或单位应制定一系列操作规程和巡检制度，建立系统运行记录制度，明确应记录的主要内容，规定了记录格式、填写和管理要求。运行人员应按照制度履行好自己的职责，确保系统经济稳定运行。

标准同时规定了建立突发性事故应急预案和突发事件的解决和上报要求。

为确保系统稳定可靠地运行，要求必须加强工程的管理和维护，标准规定废水治理工程的维护保养应与全厂的维护保养计划统筹安排。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

7.1 标准实施的环境效益

制浆造纸行业分类较复杂，不同原料、产品的单位产品排水量及单位产品污染负荷区别较大，随着标准的日益严格，迫切需要整理、规范一些技术成熟、经济合理的废水治理技术，本标准的发布能够指导行业的水污染控制，有利于保证企业外排废水达到相关标准的要求，有利于改善环境效益，保持社会和谐发展。具体体现在以下三个方面：

第一，由于本标准对于行业废水处理规模的确定、工艺的选择、主要设计参数的选取和关键设备的选型等均作出了指导性的规定，因此，其实施可在合理确定治污工程投资大小、最大程度发挥投资效益和控制运行成本等方面起到非常重要的作用；

第二，本标准行业废水最终达标排放提供了坚实的技术支撑，可有效地减免环境排污处罚或其它环境污染事故纠纷；

第三，在一些有条件的地方，行业废水的再用必然实施，政策、法规和标准将促进废水处理技术和再用技术发展，制浆造纸废水的治理达标排放和回用，有利于保护生态环境，节约资源，发展循环经济。

7.2 技术经济分析

7.2.1 标准可达性分析

本标准基于目前社会经济水平和科学技术水平，规定了制浆造纸废水治理工艺系统的一些关键内容，标准相关基础可靠，符合国家有关产业政策、环境保护技术政策等方面的要求。

本标准推荐的处理工艺均为成熟技术，有可靠的工程数据、实际经验和案例做基础，采用这些处理工艺，技术上风险小，完全可以达到排放标准的要求。因此，本标准具有良好的可操作性和技术可达性。

7.2.2 经济可行性分析

制浆造纸废水随处理工艺和处理程度的不同，其工程投资和运行成本也有较大的差异，工程中应根据具体情况合理分析。

(1) 工程投资分析

a) 源头治理工程投资分析

制浆造纸废水预处理主要包括化学制浆废液化学品及能源回收、化学制浆废液综合利用、化机浆高浓废液蒸发燃烧和纸机白水的纤维回收等，课题组根据工程投资测算，结合调研结果验证调整分析，得出了源头治理的工程投资指标，详见表 18。

表 18 制浆造纸废水源头治理系统投资估算指标

废水种类	处理工艺	投资估算指标 (元/t废水/a)	备注
备料废水	自然沉淀	1150-2000	
	混凝沉淀	1500-3000	
化学浆蒸煮废液	化学品回收	30000-52000	
	综合利用	8000-25000	
化机浆高浓废液	蒸发燃烧	30000-45000	
纸机白水回收处理	混凝沉淀(气浮)	3000	可采用混凝沉淀(气浮)工艺处理经多元盘浓缩机浓缩后的剩余白水
	多元盘浓缩机	8000	

b) 末端治理系统投资分析

制浆造纸末端治理工程投资与拟选用的处理级别密切相关，当处理级别较低时，由于工艺流程缩短，工程投资不大，随着处理级别的提高，工程投资相应增大，表 19 为末端治理不同治理级别的工程投资指标统计分析值。

表 19 制浆造纸废水治理工程投资估算指标

处理级别	投资指标 (元/m ³ 废水/d)	单位工程投资比例 (%)	备注
一级处理	630-1500	17-40	-
二级处理	1200-2550	40-60	采用厌氧处理工艺时取高值
深度处理	560-1650	20-35	深度处理程度高时取高值
合计	2113-4188	100	投资指标包括污泥处理

在末端治理系统的投资构成中，二级处理系统所占比例最大，一级处理和深度处理投资比例相近。

综上所述，完整的制浆造纸废水治理工程包括源头治理和末端治理两部分，其中的源头治理部分因治理工艺的不同，其工程投资相差较大，如当化学制浆废液采用化学品和能源回收工艺时，

工程投资大幅增加，但该工艺能够有效削减污染负荷，有效降低末端治理系统的投资费用，确保废水达标排放，且由于能够有效回收资源，经济和环境效益较好。而采用其他综合利用技术时，由于回收的产品再利用难度大，综合利用成本较高，且废水污染负荷削减能力相对小，给末端治理带来很大的治理难度，末端治理运行成本高。

总体来说，对于制浆造纸企业，废水治理工程投资根据制浆原料和产品种类的不同，投资约为 20-45 万元/t 产品/d，占工程总投资的 15-25%之间，在企业的可承担范围之内。

(2) 运行成本分析

a) 源头治理的运行成本分析

制浆废液采化学品及能源回收工艺时，运行成本较高，但由于处理中的副产品具有较高的经济效益，一般情况下，其效益能够弥补工程运行成本，且有一定的盈余，其他源头治理措施工程投资较低，其副产品回收效益也能弥补运行成本。同时，源头治理能降低末端治理的难度和费用，因此，作为源头治理作为制浆造纸企业的一个组成部分，无论从环保角度还是从经济角度，企业均可以承受。

根据调研结果分析，课题组给出了制浆造纸企业源头治理的运行成本，详见表 20。

表 20 源头治理系统直接运行成本估算指标

废水种类	处理工艺	动力消耗 (元/t废水)	药耗 (元/t废水)	合计 (元/t废水)	备注
备料废水	自然沉淀	0.1-0.3	0	0.1-0.3	
	混凝沉淀	0.12-0.35	0.6-1.5	0.8-1.6	
制浆废液	化学品回收	68-80	65-75	140-150	
	综合利用	1.5-50	0-8	30-80	
	蒸发燃烧	60-78	0-2	60-80	
纸机白水回收 处理	混凝沉淀(气浮)	0.08-0.2	0.5-1.0	0.6-1.2	
	多元盘浓缩机	0.25-0.4		0.25-0.4	

b) 末端治理运行成本分析

制浆造纸废水末端治理系统的运行成本可根据处理级别、具体工艺流程，按照各单元的污染物去除总量进行核算，具体指标详见表 21。

表 21 末端治理直接运行成本估算指标

处理级别	主要动力原材料消耗	费用 (元/m ³ 废水)	运行费用比 (%)	备注
一级处理	电耗、混凝剂	0.1-0.8	5-35	
二级处理	电耗、营养盐	0.4-1.0	30-60	
深度处理	混凝剂、氧化剂	0.6-3.5	30-80	
合计		1.1-5.3		

制浆造纸废水末端治理系统直接运行费用在 1.1-5.3 元/m³ 的范围内，其中一级处理采用自然

沉降工艺时，运行成本较低（约 0.1 元/ m³），采用混凝沉淀（气浮）时较高（根据投加药剂的不同为 0.3-0.8 元/ m³），二级生物处理采用好氧处理工艺时，运行成本较高（0.6-1.0 元/ m³），采用厌氧-好氧处理工艺时较低（0.4-0.6 元/ m³），深度处理成本与采用的处理工艺和选取的药剂相关，采用混凝沉淀（气浮）工艺时，运行成本较低（0.6-1.4 元/ m³），采用 Fenton 氧化工艺时较高（0.8-3.5 元/ m³）。

影响运行成本的因素较多，对于一级处理，若采用自然沉淀工艺，直接成本主要集中在水泵提升的电耗上，与水质关系不大，若采用混凝沉淀（气浮）工艺，药剂消耗是该单元主要的费用支出，药剂投加成本约为 0.2-0.5 元/kgCOD（去除）；对于二级处理，好氧曝气的电耗是主要的费用支出，约为 0.5-0.8kwh/kgCOD（去除），其次是营养盐投加费用（由于投加量少，成本较低）；对于深度处理，费用构成中主要是化学药剂投加费用，根据 COD 去除的机理不同，单位 COD 处理费用差别较大，混凝沉淀的药剂投加成本约为 2.5-4.0 元/kgCOD（去除），Fenton 氧化是集混凝和高级氧化一体的处理工艺，废水水质决定了该工艺的处理成本，当去除的溶解性 COD 所占比例较高时，处理成本高，相反，当悬浮或胶体性 COD 较多时，其处理成本逐渐接近混凝沉淀的成本，理论上完全靠羟基氧化的处理成本约为 10-20 元/kgCOD（去除）。可以看出一级处理中的自然沉降和二级处理是最为经济的污染物削减手段，因此充分发挥二级处理的效率，合理选择有效的深度处理工艺是降低企业运行成本的主要途径。

另外，在运行成本构成中，污泥处理费用所占比例约为总处理费用的 15-20%（不含污泥处置费用）。

随着标准的加严，处理程度的要求将进一步提高，运行成本也会相应增加。由此可见，综合废水处理站运行费用较高，特别是当处理要求较高时，企业在环境污染治理方面将有较大的投入，但该费用在企业的可承担范围之内。

8 与现行法律法规及其它相关标准的关系

本标准属于环境污染治理工程技术规范中的行业通用实用技术规范，是国家环境标准体系之环境工程技术规范的一个组成部分，应与《环境污染治理方法类工程技术规范》配套使用，将为制浆造纸工业环境保护设施的建设、运行以及监督管理提供技术依据。

9 实施本标准的管理措施及建议

建议各级环境保护部门及相关监督管理部门在环境影响评价、建设项目环境保护管理、排污许可证管理和日常环境监督管理等各项工作中积极采用本标准，以加强对环境保护设施的监管。

鉴于本标准为首次制定，在实施过程中可采用先试行一段时间，根据反馈的问题，进行进一步的修订完善，力争最终形成适用的、先进的行业污染治理的规范性技术管理文件，更好的满足我国环境保护管理的需要。此外，随着经济的发展和技术的进步，以及对环保技术研究的不断深入及实践经验的积累，根据环境管理的实际需要，标准的内容应不断得到完善、拓展、深入和更新，以适应环境标准制修订工作的要求。因此本标准发布后，建议建立相关信息的反馈机制，适

时解决标准应用中的问题，及时了解和总结废水治理工程中的新动向，通过标准编制组平台收集和总结废水治理工程的理论和实践经验，促进行业水污染防治技术的进步。