

附件三：

《采油废水治理工程技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

《采油废水治理工程技术规范》编制组

项目名称：采油废水治理工程技术规范

项目统一编号：1414

承担单位：中国环境保护产业协会、胜利油田采油工艺研究院、中国石油大学（华东）

编制组主要成员：燕中凯、井鹏、张煜、李希明、杜春安、汪卫东、刘媛、徐闯、张怀香、张秀霞

标准所技术管理负责人：姚芝茂

技术处项目管理人：姜宏

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.....	2
4	国内外相关标准研究.....	5
5	同类工程现状调研.....	6
6	主要技术内容及说明.....	9
7	标准实施的环境效益与经济技术分析.....	19
8	标准实施建议.....	20

1 任务来源

2009 年环境保护部下达了“关于开展 2009 年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知”（环办函〔2009〕221 号），提出了制定《采油废水治理工程技术规范》（项目编号 1414）标准的任务，由中国环境保护产业协会、胜利油田采油工艺研究院和中国石油大学（华东）共同承担该标准的编制工作。

2 标准编制的必要性、编制原则和依据

2.1 必要性

我国大部分油田进入开发中后期，生产开发过程中产生大量的采出污水，其中大部分污水经处理后作为生产用水，回注地层，用于采油。但随着油田采出水量的增加，有的油田已超过了注水需求，有一部分富余污水作为废水外排。采油废水由于含有石油烃类会环境污染，依照相关规定，需要进行达标处理。目前国内各大油田均建设了采油废水处理设施，但由于设计、运行及管理等方面存在着一定的问题，导致许多废水治理工程的处理效果并不稳定。此外，有些废水治理工艺虽然处理效果较好，但存在着工程建设投资大、运行费用高等问题，在一定程度上限制了处理技术的推广和应用。导致现阶段采油行业废水处理问题始终未能根本解决的一个主要原因是采油行业废水治理领域标准规范的缺失，废水治理工程的设计、建设、运行没有完善的标准规范、指导，情况亟待改善。

鉴于上述诸多因素，将各种采油废水治理技术总结分析，形成该行业的国家技术规范体系，对废水治理工程的建设进行全过程管理是非常必要的。

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，有效控制采油废水的排放，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《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）的落实。

2.2 编制依据

以国家相关法律法规、规章、政策为依据，从保护环境，防治污染，促进采油废水治理技术进步出发，开展编制工作。本标准编制的依据包括：

（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化生产促进法》；

（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) 相关标准、规范和管理办法,如《污水综合排放标准》(GB8978-1996)、《石油开发工业水污染物标准》、《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定技术导则(HJ526-2010)》等;

(5) 现行国内外采油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;

(6) 采油废水治理工程治污效果、企业经济承载能力调查资料等。

2.3 编制原则

本标准编制遵循以下主要原则。

(1) 实践性原则

通过参考大量国内外相关的污染治理技术资料 and 工程实例,分析总结采油废水处理工程实践经验和存在问题,按照工程技术规范编制原则的要求,确定规范的结构和内容。

(2) 完整性原则

根据环境工程技术规范应服务于环境管理、运行管理以及工程设计与验收的要求,在内容的安排上,本规范针对采油废水治理,以工艺路线为基础,内容力求完整、无缺漏,体现污染控制全过程管理。内容涉及设计、施工、验收、运行管理等各个环节,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) 科学性原则

规范的工艺方法分类科学、层次清晰、结构合理,并具有一定的可分解性和可扩展空间。

(4) 先进实用与可操作性原则

规范的技术内容能够代表采油行业先进的污染控制技术和治理水平的发展方向,具备标准化条件,并且已有成功的工程应用实例,突出了技术内容的针对性和合理性,以便落实在工艺设计、施工、验收和运行管理的各个环节。

3 主要工作过程

3.1 工作程序与方法

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》,中国环境保

护产业协会牵头，于 2009 年 2 月成立了由中国石化胜利油田分公司采油工艺研究院和中国石油大学（华东）组成的编制组，填报了计划任务书。

编制工作从国内外相关标准及文献资料调研开始，结合国内已经颁布实施的有关采油废水处理的规范标准，对采油废水治理工程的工艺流程、实际运行状况和处理效果等进行了调研，编制完成了《采油废水治理工程技术规范》开题报告，于 2010 年 1 月在北京通过环境保护部科技标准司组织的开题论证会。

根据开题论证会精神，编制组成员经过多家现场调研、文献调研、专家咨询和必要的实验，在对调研资料进行汇总、分析的基础上，于 2010 年 12 月完成了《采油废水治理工程技术规范（初稿）》和《采油废水治理工程技术规范编制说明（初稿）》；并征求了多家具有采油废水治理工程经验的科研院所、学校和工程公司的意见；2012 年 3 月 30 日，中国环境保护产业协会组织相关专家对规范初稿进行了预审，编制组对各方意见和建议进行汇集与整理，对规范初稿进行多次修改与完善，形成最终的征求意见稿和编制说明。

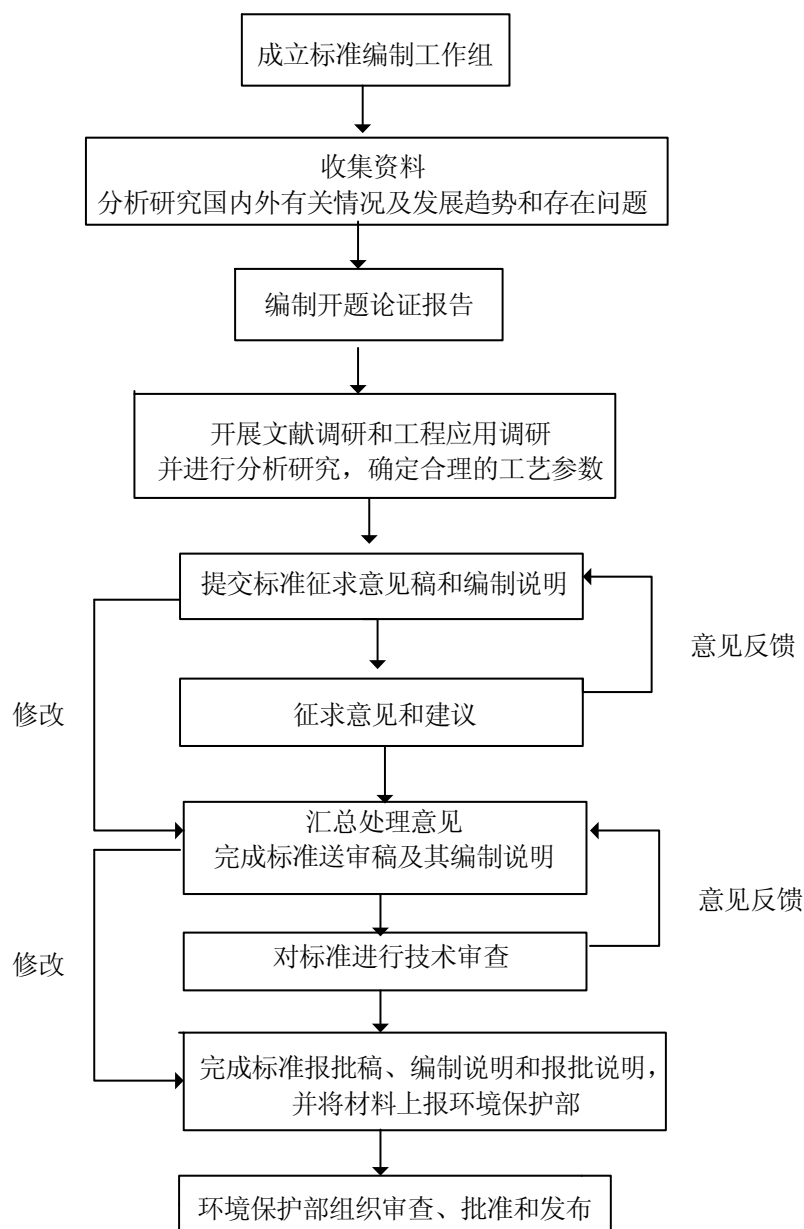


图 1 《采油废水治理工程技术规范》编制工作程序框架图

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后，形成征求意见稿，主要准备工作内容包括：

- (1) 调研国内外采油行业相关资料；
- (2) 调研国内现有采油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。

4 国内外相关标准研究

国外已经开展了大量的环境工程技术规范制定工作。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方面。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的标准和规范。

就采油废水治理工程技术规范而言,国外的工程建设和运行管理标准较少,但大部分国家都有专门的石油污染控制标准体系,具有显著的行业特点,其中包含防治污染的指导性技术文件,有些还有明确的工艺技术要求。如美国 EPA《油气开采业点源废物排放限制标准》对石油天然气开采的污染物排放标准进行了明确规定,美国石油协会《勘探开发作业中的废物管理》,美国德克萨斯州《油田废物最小化》,加拿大阿尔伯达省《钻井废物管理》、《上游油田废物管理要求》等。国外一般由有石油天然气开采的各省根据实际情况制定污染防治管理办法。国内制定了严格的采油废水的排放标准,如《污水综合排放标准》(GB8978-1996)、《石油开发工业水污染物标准》等,此外部分地区还制定了更为严格的排放标准,如辽宁省地方标准《污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)、《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》(DB37/676-2007)、《山东省海河流域水污染物综合排放标准》(DB37/675-2007)等。此外,还制定了《油田采出水处理设计规范》(SY/T 0006-1999)、《油田注水设计规范》(SY/T 0005-1999)等规范,主要针对油田采出水处理后作为生产用水回注用于驱油,对于

采油废水治理技术指导性文件则基本缺失。

5 同类工程现状调研

5.1 行业背景

我国大部分油田已进入石油开发的中后期，即高含水期，地层的压力逐渐降低，因此，需要向油层中注入大量的水，以维持地层压力。随着采出程度的增加，油田注水量越来越大，同时，在采油过程中，采出原油的含水率逐年上升，含油污水量越来越大。虽然大部分油田都对采出的地层水进行处理后作为生产用水回注，但有些油田仍有一部分水需要外排。随着油田的深入开发，需要外排的水量可能会逐年增加。另一方面，油田为了保持原油产量，实现可持续发展，又大力推广新驱油技术，如化学驱油技术，这会给油田污水处理带来了新的问题。

油田开发过程中，油井产出液被输送至联合站后，首先进行油气水分离，油、气被分别收集，脱出的水中含有少量原油，为油田采油污水，污水进入联合站污水处理系统进行处理，处理后主要是用于回注驱油，去除的主要目标污染物是石油类、悬浮物以及对管线、设备有腐蚀作用和结垢倾向的微生物和金属离子等。所采用的处理方法以物理法和物化法为主，主要有自然除油、聚结除油、混凝沉降和过滤等。近年来，为提高油田污水的处理效果，开始尝试水力旋流、浮选等方法，并对单元设备进行了多方面的改进，出现了横向流除油器、双层滤料过滤罐、核桃壳过滤罐、精细过滤器等多种新型处理设备，提高了工艺的处理效率。在处理工艺流程上，逐步将重力过滤改为压力过滤，有时为了提高污水的处理深度，采用两级，甚至三级过滤。油田污水处理常见的工艺流程有如下四类：①污水→聚结除油→重力沉降→过滤→出水；②污水→重力沉降→混凝沉降→过滤→出水；③污水→重力沉降→浮选→过滤→出水；④污水→水力旋流→混凝沉降→过滤→出水。

上述处理工艺对控制出水中的石油类和悬浮物很有效，污水经不同类型处理单元组合而成的处理工艺处理后，能够满足不同区块油藏的注水水质要求。由于油田污水中除了悬浮油、乳化油、胶体和悬浮物外，还有大量溶解态的有机污染物。以回注为目的的处理工艺，对溶解态有机物的去除率有限。因此，采用上述处理工艺不能满足采油污水达标排放的要求。

随着油田采出水量的增加，加之注采不平衡及边底水活跃等原因，导致采油污水总量超过注水需求，有些油田部分富余污水需经处理达标后外排。

针对外排采油废水，各油田建成了相应的处理工程。由于这部分废水已经过联合站污水处理系统的初步处理，污染负荷减轻，调研发现，采油废水处理工程主要采用生化处理为主，物化处理为辅的工艺流程。

5.2 采油废水治理情况

随着我国环境保护管理要求以及采油废水处理技术的提高，已形成了多种采油废水处理技术，目前普遍采用的是厌氧+好氧生化处理的工艺路线。但是，随着聚合物驱油、复合驱、稠油开采等新的油田开发方式的应用，采油废水的水质、水量均不断地发生变化。聚合物驱油废水含有高分子聚丙烯酰胺，使得含油废水黏度增大，乳化油更加稳定，油水分离困难；稠油开采废水含油量高，水温高，且稠油比重与水接近，处理困难。因此，需要大力开展技术革新，优化处理工艺，提高污水处理效率。

近年来，国家对环境保护和节能减排越来越重视，政策标准越来越严格，各地针对油田废水也制定了新的排放标准。辽河油田新标准 DB 21/1627-2008 要求：COD_{Cr} 低于 50 mg/L、氨氮低于 8mg/L、石油类低于 3mg/L。胜利油田所在的东营市“十二五”期间要全面实施新一轮的污水处理提标改造工程，污水排放标准要求：COD_{Cr} 低于 60 mg/L、氨氮低于 10mg/L。从现场调研和测试情况看，大部分采油废水治理工程设计能力不足、功能不完善、不能连续稳定运行，难以达到排放标准的要求。

5.3 同类工程现状调研

《采油废水治理工程技术规范》的编制涵盖采油废水治理工程的全过程。我国各油田采油废水的水质水量差别较大，因此，不能参照单一油田或特定工艺的情况进行编制。编制组在本规范的编制过程中，对大庆油田、辽河油田、胜利油田、冀东油田、中原油田、新疆油田等全国各主要油田采油废水的水质特征及处理现状进行了广泛的调研，获得了目前国内采油废水治理技术水平及发展情况的最新资料。与多个油田进行了深入的技术讨论和交流，较全面地掌握了采油废水治理工程的关键环节与关键点。

调研结果表明，目前采油废水治理技术比较成熟，采油废水治理工程多采用厌氧处理+好氧处理的组合工艺，如水解酸化-生物接触氧化等。其中，水解酸化工艺可有效增强废水的可生化性，在可生化性较差的采油废水处理中有着广泛的应用。采油废水的好氧生物处理以生物接触氧化法和活性污泥法为主。生物接触氧化法具有流程简单、操作运行稳定、方便、运转费用低等特点，是一种普遍适用的采油废水处理工艺。。

此外，随着排放标准的不断提高，为了达到新的标准要求，在生化处理单元后增加了生化后处理工艺，主要采用的工艺有微絮凝-过滤、生物炭吸附、膜过滤工艺等，在条件允许的前提下也可采用氧化塘工艺，以进一步提高处理效果。

表 1 中列出了国内各主要油田采油废水治理工程的处理工艺。

表 1 国内各主要油田采油废水治理工程处理工艺

编号	治理工程	处理工艺	处理规模
1	大庆油田 长垣含油污水达标排放站	采油废水-沉降罐-气浮-厌氧水解池-接触氧化池-混凝反应二沉池-排放	30000m ³ /d
2	辽河油田 曙光污水处理站	采油废水-隔油、除油-一级综合处理-厌氧池-兼性池-二级湿地-微絮凝-过滤-排放	10000m ³ /d
3	辽河油田 锦采污水处理	采油废水-沉降罐-压力浮选机-厌氧罐-好氧罐-兼性塘-微絮凝-过滤-外排	10000m ³ /d
4	冀东油田 高一联、柳一联污水处理站	采油废水-冷却塔-厌氧池-厌氧沉淀池-好氧池-沉淀池-排放	32500m ³ /d 5000m ³ /d
5	大港油田 港东联合站废水外排处理站	采油废水-曝气塘-沉淀池-兼性塘-好氧塘 1-好氧塘 2-排放	10000m ³ /d
6	河南油田 稠油联合站、双河联合站	采油废水-冷却塔-隔油池-水解酸化池-沉淀池-接触氧化池-二沉池-排放	3600m ³ /d
7	胜利油田 桩西长堤外排废水处理站	采油废水-联合站来水-调节池-降温曝气沟-厌氧塘-兼性塘-好氧塘-排放	30000m ³ /d
8	吉林油田新大采油厂	采油废水-调节池-气浮除油-生物接触氧化-沉淀池-人工湿地-排放	500m ³ /d

在具体的工艺选择上，根据采油废水的水量水质特点、当地的排放要求等，原则上要求通过现场中试，进行经济技术比较，选择适宜的废水处理工艺。采油废水治理工程在设计与运行时应注意以下几点：

(1) 应保证采油废水的预处理效果，为后续生化处理单元创造良好的水质条件。采油废水水质和水量变化大，且可生化性差，通过适当的预处理措施，可提高其可生化性，保证后续工艺的处理效果。

(2) 做好污油泥处理。前端预处理应尽可能回收可利用的原油，处理过程中产生的油泥要采取无害化处理，如焚烧等，防止二次污染。

(3) 采油废水治理工程是多种处理技术的优化组合，技术参数的选择是施工设计的关键。

(4) 废水处理最终效果还和施工质量、设备选型、运行管理等多种因素有关。

综上所述，采油废水宜采用图 2 所示的基本工艺流程：

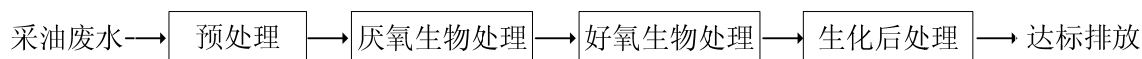


图 2 采油废水处理工艺流程图

6 主要技术内容及说明

6.1 规范的适用范围

规定了标准的主要内容、适用范围，明确了标准对采油废水治理工程全过程的指导作用。

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。主要分为三类：一是采油废水需要符合的排放要求；二是工程设计和工程建设中需要符合的一些重要的技术要求；三是工程验收和运行管理中需要符合的一些重要的技术要求。

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。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，有关建设工程涉及的配套专业和工程施工、安装、调试、验收规范均成为本标准的引用文件。

6.3 术语和定义

本标准在重点参考引用了《油田采出水处理设计规范》（GB 50428）中相关术语的基础上，规定了

采油废水治理工程技术规范所涉及到的有关术语及定义。根据本标准的技术内容，给出了油田采出水、联合站、联合站污水处理、采油废水、生化后处理和回用处理等共 6 个术语，并进行了定义或解释。

6.4 采油废水的水量和水质

6.4.1 废水水量

目前我国大部分油田采用注水开发，采油污水经联合站污水处理系统处理达到不同渗透率地层对注水水质的要求后，大部分污水作为生产用水回注地层用于采油。但有些油田仍有部分污水富余，需要外排。不同的油田因为产量、开发程度、开发工艺不同，加上边底水活跃程度、地层渗透率、注采比、当地环保法规等诸多因素的影响，采油废水排放量存在很大的差异。实际应用中，采油废水处理工程的设计水量应根据批准的环境影响评价文件确定，同时新建、扩建、改建企业的排放废水量不超过总油田采出水量的 10%，现有企业的排放废水量不超过总油田采出水量的 20%。

随着油田注水开发，污水量可能会发生变化。因此，在工程设计时，废水量应根据各油田开发实际情况确定，且应留有一定余量。

6.4.1 废水水质

调研发现，由于我国各油田的地质条件、开发方式、油层改造措施、注水水质、集输工艺等的存在差异，因此，各油田采油废水的性质有所不同，采油污水的成分也十分复杂。废水中的污染成分来源于采油生产的各个工序。其中既含有原油，也有从地层中携带出来的各种盐类、气体和悬浮物。另外，在油气集输过程中，又掺入了一些化学药剂，同时，废水中还含有一些微生物。

废水的水质应以实测数据为准；没有实测数据的，典型采油废水的水质指标可参照表 2。

表 2 典型采油废水水质

污染物指标	pH	石油类 mg/L	COD _{Cr} mg/L	BOD ₅ mg/L	聚合物 mg/L	悬浮物 mg/L
浓度范围	6.5~8.5	20~1000	150~3000	50~200	0~150	10~400

6.5 总体要求

6.5.1 一般规定

本标准从废水处理程度、工艺技术路线、废水规范化排放等方面，结合相关法律、法规和技术政策，规定了采油废水污染控制的原则性要求。

- (1) 鼓励选用处理效率高、节约能源、节省建设投资的先进处理工艺，工艺流程不可任意简化。

(2) 废水处理的同时必须兼顾污泥、废气及噪声的污染控制。

(3) 工程设计必须考虑生产事故的应急措施。

(4) 提倡废水的生产回用，工程的设计和建设必须符合国家基本建设程序以及有关规范和规划的规定。

6.5.2 建设规模

工程建设规模包括设计水量和设计水质两部分内容，规模的确定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。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。

由于各油田地质条件、开发方式、油层改造措施、注水水质、集输工艺等的不同，不同油田采油废水的水量、水质有较大的区别，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，并结合油田开发方案、生产计划和排水体制等诸多因素综合考虑后确定。现有企业的废水治理工程应以实测数据为依据，新（扩、改）建企业应通过进行物料平衡计算或类比确定。

6.5.3 工程项目构成

采油废水治理工程是相对独立和完整的系统，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、生产管理和生活服务设施。

废水处理工程包括预处理、厌氧处理、好氧处理、生化后处理和污泥处理处置系统。考虑到节水减排和回用的要求，采油废水的回用处理系统纳入废水处理工程的项目组成中。另外，还应充分考虑污泥、噪声等二次污染的处理。

6.5.4 厂址选择和总体布置

采油污水处理厂（站）的厂址选择应根据各油田的实际开发情况、污水产量、排放要求等因素综合确定。厂址选择、总体规划、总平面布置、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可参考《工业企业总平面设计规范》（GB50187）和《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、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。

6.6 采油废水处理工艺设计

6.6.1 基本原则

在工艺选择上，本标准遵循了以下原则：

(1) 采油废水处理工艺的选择以节能减排、连续稳定达标为目标，根据不同类型采油废水污染物的特征及浓度、处理技术成熟度、可靠性等列出了宜采用的基本工艺流程。

(2) 采油废水处理宜采用生化处理为主、物化处理为辅的综合处理工艺，并按照国家相关政策要求，进行生化后处理和废水回用。

(3) 本标准确定的工艺参数是通过调研国内采油废水典型工程案例，并进行综合分析评价后确定的。但由于采油废水地域差别较大，且水质和水量波动较大，因此，工程实际运行过程中，应首先对采油废水水质、水量及其变化规律进行全面调查和分析测试后，通过现场中试确定相关的工艺参数。

(4) 工程设计时，应考虑采油废水含盐量对工程运行稳定性和各单元处理效率的影响。

6.6.2 采油废水处理工艺

本标准根据查阅的文献及调研结果归纳了采油废水治理工程处理工艺流程。

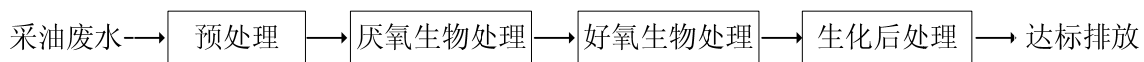


图 3 采油废水处理工艺流程图

为指导确定废水治理工程处理程度及工艺流程，标准组调研统计了不同的采油废水处理单元的处理效果，详见表 3。

表 3 废水处理厂（站）单元处理效率

处理程度	处理方法	主要工艺环节	处理效率 (%)		
			COD	SS	石油类
预处理	自然沉淀	隔油、沉淀	10~20	20~40	10~35
	混凝沉淀	隔油、调节、混凝沉淀	25~60	40~70	30~60
	混凝气浮	隔油、调节、混凝气浮	25~60	40~80	30~60
厌氧生物处理	厌氧滤池	厌氧生物滤池	25~65	20~60	30~60
	水解酸化	水解酸化	25~50	20~50	30~60
好氧生物处理	活性污泥	活性污泥生物反应池、沉淀池	65~90	60~90	80~96
	生物膜	生物接触氧化	65~90	60~90	80~96
生化后处理	过滤	过滤	10~20	50~60	>80
	混凝	混凝、沉淀、过滤	15~30	50~70	>80
	吸附	过滤、活性炭吸附	>40	>80	>80

处理流程图的说明：

采油废水应根据进水水质和排放要求，采用“预处理+厌氧生物处理+好氧生物处理”的单元组合工艺流程。

(1) 采油废水预处理包括冷却、隔油处理、调节、混凝/（气浮）沉淀处理等单元，处理单元的取舍与组合应用应根据采油废水的水质特性和设施建设要求确定。含聚合物采油废水因为含有高分子聚合物，导致油水分离困难，通常首先需要采用混凝/气浮—沉淀、气浮等处理工艺进行预处理，再采用生化处理工艺继续处理。稠油采油废水因为水温高、油水密度差小，通常首先需要采用冷却降温、混凝/气浮—沉淀、混凝沉降等处理工艺进行预处理，再采用生化处理工艺继续处理。

(2) 采油废水厌氧生物处理宜选用普通厌氧生化池或厌氧生物滤池，也可选用水解酸化法；好氧生物处理宜选用生物接触氧化法、传统活性污泥法或序批式活性污泥法（SBR）等工艺。

(3) 采油废水生化后处理宜选用微絮凝-过滤、化学处理等处理工艺，以进一步提高处理效果。场地开阔（特别是有大片盐碱地）、周围环境适宜，且 COD 小于 100 mg/L 的采油废水也可采用氧化塘生化后处理工艺。

为了保证采用本标准中列出的处理工艺能够稳定达标运行，应根据现行的国家和地方有关排放标准、污染物的来源及性质、排水去向确定采油废水的处理程度，根据现场中试结果，选择相应的处理工艺。

6.6.3 主体处理单元技术要求

6.6.3.1 预处理

采油废水一般具有水温高、含油高、含聚合物及水质水量波动大等特点，因此，预处理过程应包括隔油、调节缓冲、冷却、混凝—气浮/沉淀等单元，以有效降低后续生化处理单元的负荷。

(1) 隔油处理

采油废水中含有少量原油，首先必须进行隔油处理，这样既能够回收原油，又可降低后续处理负荷，同时还具有部分沉降作用。隔油池（罐）需设置有效的回收原油及底部排泥设施，内部可设置斜板以强化除油效果。隔油池（罐）的污水停留时间应根据来水水质、原油物性等确定，一般取 3h~8h，内部有斜板时可取 1.5h~4h。

(2) 调节缓冲

由于采油废水水质和水量变化较大，对废水处理设施的正常运行和处理效果产生影响，加之生化处理单元对冲击负荷的变化较为敏感，相对稳定的水质、水量是生化处理单元稳定运行的保证。因此，废水进入处理设施前，应设置调节池，容积应根据联合站出水变化规律和均质所需时间确定，一般取 4h，同时，应设水下搅拌混合装置和污泥、浮渣去除装置。

大多数采油废水的 pH 接近中性，因此，无需对 pH 进行调节。

一般情况下，采油废水中缺乏氮、磷等营养元素，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、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措施。

(3) 冷却

生化处理单元对水温有较高的要求，而部分采油废水（如稠油油田采出水）水温较高，需要进行降温，因此本标准规定废水处理厂（站）应设置温度调节装置并设置实时监控措施。降温方式可采用换热降温 and 冷却塔降温等方式。

(4) 气浮处理

当采油废水中含有较多的石油类和悬浮物，可采用气浮工艺进行预处理。气浮工艺对于含有石油类和悬浮物颗粒小、乳化程度高的废水具有较好的处理效果。可选用的气浮工艺有溶气气浮、涡凹气浮或射流气浮，工艺的选择可根据采油废水的性质，通过试验确定。气浮池的气源有空气、天然气和氮气等，选用何种气源应根据废水性质、原油物性等因素确定，考虑安全及环保问题，经济技术比较后确定。

对于含乳化油和聚合物较多的采油废水，应根据废水性质向废水中加入一定比例的絮凝剂。絮凝剂在水中水解后形成带正电荷的胶团与带负电荷的乳化油产生电中和，油粒聚集，粒径变大，同时生成絮状物吸附细小油滴，然后通过沉降或气浮的方法实现油水分离。絮凝剂一般分为无机絮凝剂、复合絮凝剂以及有机絮凝剂。常见的无机絮凝剂有（PAC）、三氯化铁、硫酸铝和硫酸亚铁等，有机高分子絮凝剂有丙烯酰胺、聚丙烯酰胺（PAM）等，不同絮凝剂的投加量和 pH 适用范围不同。根据采油废水特点及工程运行经验，本标准推荐采用聚合氯化铝，同时，为促进混凝效果，可再投加 PAM 作为助凝剂。

气浮池一般宜设混凝反应区，反应时间与废水性质、混凝剂种类、投加量、反应形式等因素有关，一般为 15min~30 min，气浮产生的浮渣一般采用机械方法刮除，刮渣机的行车速度宜控制在 1m/min~5m/min。对于乳化程度较低的废水，可不加絮凝剂。气浮的其他细节设计可参见污水气浮处理工程技术规范（HJ 2007-2010）进行。

6.6.3.2 厌氧处理单元

对于可生化性较差或含难降解有机物的采油废水，一般会采用厌氧或水解酸化工艺作为好氧处理单元的预处理工艺。

由于采油废水进入废水处理厂（站）前经过了联合站污水处理系统的初步处理，因此，废水中污染物浓度相对较低，目前，一般采用普通厌氧生化池、厌氧生物滤池或水解酸化等工艺作为好氧处理单元的预处理工艺，这些工艺能够在一定程度上降低污泥产量。调研发现，近年来广泛采用的新型厌氧反应器，如升流式厌氧污泥床（UASB）、内循环厌氧反应器（IC）和膨胀颗粒污泥床（EGSB）等，在采油废水治理工程中未见应用。

鉴于目前厌氧处理技术在采油废水治理领域应用尚不成熟，本标准参照其它行业废水处理工程厌氧处理单元的设计规定，对系统参数作出如下规定：

① 厌氧反应器的设计应符合相关的工程技术规范。厌氧反应器可采用钢筋混凝土结构或钢结构，钢结构需要采取保温措施；

② 厌氧反应器中可根据实际需要悬挂填料，以促进微生物的生长，保证处理效果；

③ 为了保证厌氧处理效果，要求反应器内设置相应的搅拌设施，防止污泥沉降，影响处理效率；

④ 采用厌氧滤池时，相关试验参数应根据实际试验确定。滤料应具有较好的强度、比表面积大、亲水性能良好；

⑤ 水解酸化池设计水力停留时间为 6h~12 h，一般在 10h 左右；

⑥ 采用水解酸化池应从池底进水，布水系统应保证布水均匀。水解酸化池的有效池深宜大于 4.0 m，否则需采取密闭措施，减少空气的复氧效果；

⑦ 厌氧生物处理宜控制在水解酸化段，如果产生沼气应妥善收集、贮存，沼气的净化、贮存应满足国家相关标准的要求。

6.6.3.3 好氧处理单元

采油废水治理工程中，目前应用效果好、技术成熟的好氧处理工艺主要是活性污泥法和生物接触氧化法。本标准规定宜优先选用抗冲击负荷能力强、处理效果好的活性污泥或生物接触氧化工艺。

目前，我国有关活性污泥法的研究比较深入，相关的标准、规范及设计手册等技术也比较齐全。厌氧/缺氧/好氧活性污泥法（A/A/O）、序批式活性污泥法（SBR）、氧化沟活性污泥法等好氧工艺技术规范已颁布实施，因此，本标准将有关设计参数参考了 GB 50014 及其相关技术规范的有关规定。

生物接触氧化工艺具有抗冲击负荷能力强、易管理、处理效果稳定等优势，废水进入处理单元前，应加强预处理，尽量减少进水中的悬浮物，防止填料堵塞，保证处理单元的正常运行。同时，应根据废水特点选择填料和曝气方式，考虑到油田废水腐蚀性较大，固定生物膜填料的支架应选用不锈钢材质。接触氧化池应按容积负荷率设计计算，应根据试验或相似废水的实际运行参数确定，当无相关参考数据时，可采用 $0.3 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 2.5 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，并以水力停留时间校核，一般取 8h~16h。接触氧化池的曝气强度应根据需氧量、均质混合和设备养护的要求确定，溶解氧（DO）宜取 2.0mg/L~4.0mg/L。其它相关工艺设计内容可参照 HJ/T 337。

值得注意的是，由于采油废水中含盐量较高，曝气设备易产生结垢现象，因此，选择曝气设备时应充分考虑这方面的因素，推荐采用机械曝气、微孔曝气或射流曝气设施。

另外，部分采油废水好氧处理过程会产生大量的泡沫，特别是低温条件下，产生的泡沫更多，宜通过加大曝气池超高、提高混合液的活性污泥浓度或采用添加消泡剂、喷淋消泡和机械消泡等措施消除泡

沫。

6.6.3.4 生化后处理

鉴于国家对采油废水排放要求的不断提高，为了保证废水处理工程能够稳定达标运行，本标准在“6.3.4”中推荐了可靠的生化后处理工艺。本标准结合采油废水的水质特点，参照《污水再生利用工程设计规范》（GB 50335）和《室外排水设计规范》（GB 50014）等标准规定了生化后处理单元的主要技术要求，工程中应结合实际情况通过试验优化确定设计参数。

（1）微絮凝—过滤工艺适用于含有少量悬浮物或胶体物质的废水处理，尤其是携带一定的污泥絮体、菌胶团或者有机胶体的废水。废水经生化处理后，其水质特点较原水水质有了较大的变化，因此应根据实际情况确定设计参数。

过滤工艺可参照《室外排水设计规范》（GB50014）及《污水再生利用工程设计规范》（GB 50335）中的相关规定，进水 SS 宜小于 30mg/L，实际工程中部分设计参数还应通过试验或类比同类工程确定。

（2）具备可供利用的荒地（特别是盐碱地）及气候条件适宜的，可选用氧化塘工艺处理污染负荷不大的采油废水。氧化塘以常规处理塘为宜，如兼性塘、好氧塘等。稳定塘系统的设计可参考《污水稳定塘设计规范》（CJJ/T 54）和 GB50014 的有关规定。

（3）在采油废水生化后处理方面，其他一些处理工艺已开展研究，如曝气生物滤池（BAF）或“BAF+过滤”、活性炭吸附、离子交换、超滤、纳滤、反渗透等，故本标准也推荐采用上述工艺作为生化后处理单元，但未明确设计参数。

6.6.4 采油废水回用处理

油田开发过程中，低渗透油田注水、三次采油配制聚合物及稠油热采锅炉给水等需要消耗大量清水，因此，应鼓励采油废水的回用。

由于回用途径不同，回用水水质标准及回用处理工艺也就不同，可采用单纯的物理、化学工艺，如“混凝气浮+膜过滤分离”工艺，也可采用“生化+物化”的单元组合工艺，如“生物接触氧化或 MBR+反渗透或纳滤”等。具体的工艺选择和参数确定，需要根据实际情况，经过小试、中试，并结合技术经济比选后确定。

（1）采油废水回用于低渗透油田回注水的处理

碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法（SY / T 5329-1994）规定低渗透油田注水水质为 A1 级水质标准，即含油 ≤ 5.0 mg/L，悬浮固体含量 ≤ 1.0 mg/L，悬浮物颗粒直径中值 $\leq 1.0 \mu\text{m}$ ，平均腐蚀速率 < 0.076 mm/a。为达到 A1 级水质，可采用“混凝气浮+粗过滤+精细过滤”工艺，也可采用“生化+粗过滤+精细过滤”工艺，精细过滤工艺进水悬浮物宜小于 20mg/L，石油类宜小于 5mg/L，过滤孔径宜小于 50nm。

（2）采油废水回用于稠油热采锅炉给水的处理

稠油集输及注蒸汽系统设计规范（SY 0027-2007）中规定，稠油注蒸汽热采锅炉给水水质标准为：油和脂小于 2.0 mg/L，悬浮物小于 2.0 mg/L，硬度小于 0.1 mg/L，可溶性固体小于 7000mg/L，碱度小于 2000mg/L。可溶性固体小于 7000mg/L 的采油废水回用稠油注蒸汽热采锅炉可采用离子交换软化处理工艺；可溶性固体大于 7000 mg/L 的采油废水回用稠油注蒸汽热采锅炉宜采用“物化+超滤+反渗透”或“物化+生化+超滤+反渗透”的处理工艺。具体的工艺选择和参数确定，需要根据实际情况，经过小试、中试，并结合技术经济比选后确定。

（3）采油废水回用于三次采油配制聚合物用水的处理

采油废水回用于三次采油配制聚合物用水，必须降低废水中的盐类，以保持配制聚合物溶液的粘度，宜采用“物化+超滤+反渗透”或“物化+超滤+电渗析”的处理工艺。

6.6.5 污泥处理

采油废水处理工艺产生的污泥包括物化污泥和生化剩余污泥。生化污泥量应根据处理工艺、有机物浓度、污泥产率系数等进行计算，当缺乏资料时，好氧产泥系数可按 0.3 kgDS/kgBOD₅~0.7kgDS/kgBOD₅ 计算。物化污泥量应根据处理工艺、污水量、悬浮物浓度、药剂投加量等进行计算。

污泥浓缩宜采用重力浓缩罐（池），浓缩罐（池）面积一般按照通过单位面积上的固体通量确定，停留时间应通过浓缩试验确定，一般不小于 24h。浓缩后污泥的含固率应满足后续脱水设备进机浓度的要求。污泥脱水前应进行加药调质。药剂种类及添加量应通过试验或参照同类型污泥脱水的参数确定。污泥脱水工艺应根据浓缩后泥水的性质及最终处置方式，结合经济技术比选后确定，一般可采用板框压滤、离心脱水或自然干化等方式。

采油废水处理工艺产生污泥的最终处置方式可采用填埋、焚烧和综合利用等方式。污泥与其它燃料掺烧的处置方式，成本较高，还需要进一步的研究和实践；污泥综合利用的途径主要有加入其它添加剂（水泥、石膏粉、膨润土等）后固化制建材、调剂剂（加入分散剂、悬浮剂等）等，具体实施方法应根据试验确定。

6.7 主要工艺设备和材料

本标准对采油废水处理过程中的主要工艺设备和材料的选型提出了一系列的技术要求，对处理工艺中的风机、曝气设备、加药设备、脱水设备、泵、填料及其他设备和材料在选型中应遵循的标准规范提出了具体要求。对关键设备提出了主要技术性能指标要求；为保证污水处理设施正常稳定运行，提出了可靠性要求；主要设备材料的性能在满足废水处理系统要求的同时，还应符合国家现行的产品标准；本标准还规定了应按工艺单元提出设备的备用形式和要求。

采油废水含盐量高，具有一定的腐蚀性，因此，工程设计和日常运行管理中，应加强防腐措施，如采用耐腐蚀水泵和管配件，并在管配件内、外涂防腐材料。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

检测与过程控制是确保废水处理工程稳定运行、达标排放的必要手段。为保证采油废水处理设施正常运行，本标准对检测部位和检测项目作了规定。

为实现对各处理工艺单元运行状况的及时掌握，根据单元技术的特性设置了相应的检测项目和检测位置；对污染治理设施运行的自动化控制提出了基本要求，规定了自动控制系统的配置，采油废水处理厂（站）应安装在线自动监测系统，本标准对废水在线自动监测系统的技术性能要求做出了相应的规定。

6.9 配套设施

工程配套设施是采油废水治理工程的重要组成部分，是实现处理工艺目标的辅助手段。根据工艺要求，本标准对采油废水治理工程中涵盖的电气、给水、排水、消防、空调与暖通、建筑与结构、道路与绿化等辅助工程应遵循的相关设计规定做出了明确的要求。

6.10 劳动安全与职业卫生

本标准针对采油废水治理工程的劳动安全与职业卫生提出了原则性的基本要求。

为保证施工、操作人员的人身安全，本标准明确了工程施工、运行及维修中必须要贯彻的原则和要求。

6.11 施工与验收

为保证采油废水治理工程的建设质量和污染治理效果，本标准对工程施工与验收的有关工作进行了规定。

规定了设计、施工单位的资质条件，施工程序及管理要求，建筑、安装工程应遵守的施工技术文件，使用设备、材料、器件的产品质量符合性要求。工程施工单位还应遵守国家有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等国家强制性标准。

工程验收通常分为工程质量验收和环境保护验收两个部分。本标准对工程竣工验收和环境保护验收的依据、程序、方法和标准及验收文件、资料准备都做出了详细的规定。在竣工验收中，本标准规定了验收的方法、程序和资料准备内容。并规定各设备、构筑物、建筑物单体按国家或行业的有关标准、规范验收后，应进行清水联通启动验收、整体调试和试运行。试运行应在系统通过整体调试、各环节运转正常、技术指标达到设计和合同要求后启动。

本标准规定了采油废水治理工程环境保护验收除应满足《建设项目环境保护竣工验收管理办法》规定的条件外，在生产试运行期还应对废水处理工程进行性能试验，性能试验报告应作为环境保护验收的重要内容，并对性能试验内容和验收资料内容做了具体的规定。对工程环境保护竣工验收的主要技术文件也做了详细规定。

6.12 运行和维护

为保证采油废水治理工程的长期稳定运转，本标准对各处理单元运行管理中应注意的控制要素、控制方法和要求做了规定。

本标准对工程运营单位的资质、技术力量配置、上岗人员培训、实验室条件、运行目标、运行维护等方面进行了明确的规定。要求运营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，明确记录内容。

本标准对水质检测的质量控制、取样频次、取样点设置等也做出了明确规定，对主要处理单元的运行管理也做出了要求，并规定了运行参数。

本标准同时规定了应建立突发性事故应急预案及相关处置措施。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

7.1 社会和环境效益分析

采油废水因各油田地质条件、开发方式、油层改造措施、注水水质、集输工艺等的不同，水质差异很大，治理难度和保证处理出水稳定达标有较大的难度，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排放标准要求，有利于改善环境效益，保持社会和谐发展。

7.2 工程投资分析

采油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分析。编制组根据工程投资测算，结合调研结果，得出了采油废水治理工程投资指标，见表4。

表4 采油废水治理工程项目投资估算指标

处理级别	投资指标（元/t/d）	单位工程投资比例（%）	备注
预处理	450-1200	18-22	
厌氧处理	500-1000	20-25	
好氧处理	1000-2500	40-55	
生化后处理	500-1200	20-27	生化后处理程度高时取高值
合计	2450-5900	100	

综上所述，采油废水治理工程吨废水的投资成本可控制在 2400-5900 元/m³之间，当系统进水污染物浓度较低或对出水指标要求不高，处理站可以不设置生化后处理单元时，工程投资可控制在 1950-4700 元/m³之间，总体来说，废水处理投资在企业的可承担范围之内。

7.3 运行成本分析

采油废水处理厂（站）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，运行成本具体指标详见表5。

表 5 采油废水处理厂（站）运行成本分析

项目	消耗指标	单价	费用（元/m ³ ）	备注	
电耗	0.9-3.0	0.6 元/Kwh	0.54-1.8		
药剂	絮凝剂	0-1500mg/L	450-1700 元/t	0-1.15	
	助凝剂	5-50mg/L	25000 元/t	0.13-0.75	按阳离子酞氨计
	营养盐	0-20mg/L	6000 元/t	0-0.12	
	氧化剂	-	-	0-2.5	生化后处理程度高时取高值
其他	-	-	0.22-0.57	包括人工、维修等	
合计	-	-	0.89-6.89	不含污泥处置费等	

上表表明，采油废水处理工程直接运行费用为 0.89-6.89 元/m³，其中主要费用是电耗和药剂消耗，在运行成本构成中，污水处理和污泥处理费用所占比例约为 70%和 30%。

随着排放标准的加严，处理程将进一步提高，运行成本也会相应增加。当处理要求较高时，企业在环境污染治理方面投入将有较大增加，但该费用在企业的可承担范围之内。

8 标准实施建议

8.1 与现行法律法规及其它相关标准的关系

在国家现行建设项目环境保护条例和相关环境监督管理法律法规中，对环境保护设施的建设与运营均提出了要求。本标准属于行业类环境污染治理工程技术规范，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，与环境污染治理方法类工程技术规范并用，将为环境保护设施的建设、运行以及环境监督管理的标准化提供技术支撑。

8.2 实施本标准的管理措施及建议

为了推动本标准的实施，需要国家和地方政府实施一系列相关清洁生产及污染治理设施运行管理的政策，强化污染治理设施运行监管力度。

鉴于本标准为首次制定，在颁布实施初期可先试行一段时间，根据反馈情况，进一步修订完善，力争最终形成科学的行业污染治理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，本标准中的相关技术内容会发生相应的变化，技术要求也应随之进行调整，标准的内容应不断得到完善和更新。因此，建议在本标准实施过程中，广泛听取和收集各方面的意见与建议，根据实际应用情况，对本标准进行不断地修订与完善，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理和环境工程建设的需要。