

《天然气开采采出水综合治理技术规范》
(征求意见稿) 编制说明

《天然气开采采出水综合治理技术规范》

起草工作组

二〇二四年五月

《天然气开采采出水综合治理技术规范》

（征求意见稿）编制说明

一、工作简况

1.1 项目背景

天然气的开发对我国能源供应具有重要意义。在天然气开采过程中，伴有大量的采出水产出。此类采出水具有水质复杂、高盐份、高有机物、高氨氮的特点。中国西南地区已建成德阳、元坝、普光、涪陵等大型天然气开采采出水综合治理站。根据调研，综合治理站不少存在执行标准不统一、处理工艺流程冗长、药剂使用种类繁多且量大、水处理运行成本高等问题。迄今为止，该领域仍缺乏指导性强、有针对性、可大范围推广应用的天然气开采采出水综合治理技术规范。

针对天然气开采采出水，相关研究人员从预处理、二级处理，脱盐处理、深度处理四个方面开展了大量的实验研究，主要的技术情况如下：

1. 预处理

目前天然气开采采出水预处理主要采取隔油、气浮、混凝沉淀等工艺，对水中的油、悬浮物、胶体物质等进行初步去除。

溶气气浮处理效率高，均匀细密的气泡能够迅速粘附采出水中的悬浮颗粒物和油类物质，实现污染物的清除和分离。相对于其他隔油池、沉淀池等处理设备，气浮装置的体积相对较小，能够适用在空间有限的现场环境中；泥渣含水率低，有助于泥渣的进一步处理。缺点是耗电量大，运行费用高；废水悬浮物浓度高时，减压释放器容易堵塞，影响出水水质。溶气气浮工艺一般作为采出水处理项目中的预处理工艺，悬浮物去除率可达到 60% 以上，油类去除率可达到 80% 以上。

核桃壳过滤器具有亲油疏水、填料多微孔、吸附和截污能力强，可形成深层过滤，对油和悬浮物的去除率高，可进行反冲洗和化学清洗，再生能力强，不易腐蚀，利用率高。缺点是悬浮物浓度高时，会加速核桃壳的损耗，需要定期补充填料；反洗强度不足时会造成设备超负荷运转，导致运行效果不佳，除油效率下降。核桃壳过滤器适合在溶气气浮工艺后端深度除油除悬浮物。

化学沉降工艺通过自动加药装置按一定比例向原水中加入硫酸钠、氢氧化钠、碳酸钠等药剂与原水中的钙、镁、锶、钡等离子反应形成沉淀，加入絮凝剂可加快沉降速率。运行费

用低，操作简单。缺点是设备占地空间较大，需要加入的药剂量大，产生的污泥需要脱水处理。一般作为采出水处理项目中的预处理工艺，对硬度、悬浮物、胶体等杂质的去除率可达到 80% 以上。

电絮凝集吸附、絮凝、氧化还原、气浮分离等多种过程协同作用于一体，无需添加其他化学试剂，实现电化学原位反应，出水水质好，污泥含水率低、污泥产量少。电絮凝过程产生的氢氧化物和多羟基络合物比传统的絮凝剂活性高，具有较强的絮凝能力，且絮体颗粒稳定，沉降性能好，处理效率高且稳定。其装置设计紧凑，占地面积小，操作维护方便，易实现自动化操作，处理效率高且稳定。缺点是水中含有油脂时需要进行除油预处理，否则电絮凝就会失去效果；电絮凝过程中溶解性阳极材料的消耗量大，导致运行成本较高。电絮凝结合其他预处理工艺，悬浮物去除率可达到 80% 以上。

2. 二级处理

目前天然气开采采出水二级处理主要采取生化、高级氧化等工艺对水中有机物、氨氮进行处理。

厌氧-缺氧-好氧工艺（简称 AAO 工艺）对水中有机污染物、氮、磷等污染物去除效率高，技术成熟，应用广泛，投资成本低、运行费用低。较 A/O 工艺而言，对水中的磷有较好的去除效果。目前已在普光气田、袁家气田、川西雷口坡气田等天然气开采采出水处理项目应用。缺点是不适合高含盐采出水处理，占地面积大、运行管理较复杂。

臭氧催化氧化工艺无需加入化学药剂，产生强氧化作用的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）能力强，氧化效率高，对破坏有机物的分子结构、提高生化性、脱色并降解部分有机物具有较好的效果，无污泥产生。缺点是不适合高含盐采出水处理，需要配套的臭氧发生器及其车间，尾气需要单独收集，投资成本和运行费用都相对较高。

电解催化氧化工艺无需加入化学药剂，仅通过消耗电能即可将水转化为强氧化作用的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）和 $\text{ClO}\cdot$ 等，能同时去除水中的有机物和氨氮，去除效果好。相对臭氧催化氧化技术而言，氧化能力更强，可适用于高含盐采出水的处理。目前已在川西雷口坡气田、元坝气田天然气开采采出水处理项目应用。缺点是投资成本高、能耗高、会产生副产物氯气与氢气，氯气需要单独处理。

芬顿氧化工艺主要是通过加入芬顿药剂产生羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ），进而氧化水中的有机物，COD 去除率一般可达到 40-50% 左右。相对其他高级氧化而言，投资成本最低，目前已在川西雷口坡气田天然气开采采出水处理项目应用。缺点是对预处理要求不高，加药量大，产生的污泥量大，有机物去除效率不高，出水水质相对较差，经常容易出现“红褐色”水。

3. 脱盐处理

目前天然气开采采出水脱盐处理主要通过技术经济比较选择膜浓缩、蒸发结晶等工艺或多种工艺联用进行盐水分离。

纳滤能截留去除分子量 200 以上的中等分子量的有机物，同时对单价离子的截留率低，对二价和多价离子的截留率明显高于单价离子，随共价离子的离子半径增大而增大，非常适合用于含盐采出水中一价盐与二价盐的分盐处理。与反渗透相比，纳滤具有抗污染能力强、通量大、操作压力低、回收率高的优势。缺点是对小分子物质的截留率低，对一价盐的脱盐率较反渗透低。

DTRO 反渗透对水中的盐、绝大部分有机物、氨氮等物质均有较好的截留效果，出水水质好，对进水水质要求宽松，耐高压、抗污染能力强、易于清洗，设备集成度高，调试周期短，占地面积小，自动化程度高，操作维护简单。目前已经在涪陵页岩气田、川西雷口坡气田、元坝气田、威远气田天然气（页岩气）开采采出水处理项目应用。缺点是相对卷式反渗透膜而言，投资成本和运行成本较高。

RO 反渗透对水中的盐、绝大部分有机物、氨氮等物质均有较好的截留效果，出水水质好，技术成熟，投资成本和运行费用低。其设备集成度高，调试周期短，占地面积小，自动化程度高，操作维护简单。目前已经在涪陵页岩气田、川西雷口坡气田、元坝气田、威远气田天然气（页岩气）开采采出水处理项目应用。缺点是对进水水质要求高，不适合 COD 在 300mg/L 以上的采出水处理。

MVR 蒸发技术工艺流程简单，设备少。使用电能，节能效果好，较多效蒸发平均节能 30%。目前已在威远页岩气田、涪陵页岩气田、普光气田天然气（页岩气）开采采出水处理项目应用。缺点在于进水处理要求高，不适用于料液蒸发易起泡工况，操作弹性小。

多效蒸发技术对含有发泡剂的天然气开采采出水适应性强，操作弹性大，分盐结晶效果好。副产物工业盐基本达到工业盐质量标准（GB/T5461-2015）的精制工业盐二级标准及以上。缺点在于主要消耗蒸汽，不适用于蒸汽价格高的工况。目前已在川西气田、元坝气田天然气开采采出水处理项目应用。

4. 深度处理

目前天然气开采采出水深度处理采取工艺主要根据采出水水质、排放标准或回用要求，必要时宜通过工艺试验，经技术经济比较后确定。包括但不限于以下工艺：高级氧化、电子束辐照、RO、脱氨膜、生化等。

电子束氧化工艺主要利用高能电子束在水中的直接作用和以及电子束激发水分子产生羟基自由基及高能电子，对水中难降解的有机物组分快速进行去除，属于有机物脱除的深度处理技术。缺点是在高盐环境下，有机物的去除能力会急剧下降。

膜法脱氨工艺主要是通过膜在碱性条件下分离水中的氨氮，对进水氨氮浓度适应范围广，出水氨氮可降低至 5mg/L 以下，氨氮去除率可达到 99% 以上。其设备集成度高，占地面积小，自动化程度高，对运行管理人员操作水平要求低，属于氨氮脱除的深度处理技术。目前已经在缺点是会产生副产物硫酸铵，处理前后需要投加酸碱药剂，会增加水中的盐分。

综上所述，尽管国内在天然气开采采出水综合治理方面做了许多技术开发，但尚没有一套比较系统、完整、全面的关于天然气开采采出水综合治理技术标准。因此根据天然气开采采出水的水质特点，对已建采出水综合治理站的运行状况展开研究，结合多年综合利用技术的应用和研发成果，编制适用于天然气开采废水综合治理领域的技术规范，不仅能填补该技术领域的空白，更可以实现在高盐份、高有机物、高氨氮等不利条件下的水资源和伴生矿产资源综合利用的目标，有力保证天然气开采行业的平稳生产。

1.2 主要工作过程

- 1、2024 年 2 月-4 月，调研阶段。开展预研查新，指导建议书编制，标准编制实施方案制定。
- 2、2024 年 5 月初，立项阶段。标准内容和进度方案制定，开展标准立项评审，标准立项文件批复。
- 3、2024 年 5 月上，起草阶段。组建标准制定团队，全过程指导制修订标准制修订工作开展，指导开展标准与国标行标的比对研究工作，给出标准缺漏项补充建议，完成标准编制说明文件，完成团体标准草案稿。
- 4、2024 年 5 月下，研讨阶段。研讨会通知文件，邀请专家，协助研讨会务安排，开展主流媒体宣传工作，形成征求意见稿并通过研讨征求各方意见，形成征求意见汇总处理表并整理意见，修订标准征求意见稿。
- 5、拟定 2024 年 6 月，审查阶段。根据意见处理情况，形成标准送审稿，邀请领域专家组织召开标准送审稿审查会，完成标准审查，并形成审查会纪要，针对审查意见对标准送审稿进行修改并形成报批稿。
- 6、拟定 2024 年 7 月，标准梳理。提升标准质量，对提出单位主持编制的标准版式样式和内容校对，再次进行全面梳理。确保标准技术指标一致性，针对国标、行标中相近指标进行分析，确保指标一致性。
- 7、拟定 2024 年 7 月，审批和发布、出版阶段。标准发布批准文件公示，中国标准出版社印刷出版及发行，完成项目验收通过审查批准的团体标准，发放标准编号，并发布公告中国标准出版社、中国质检出版社统一印刷出版，出版社最后标准审查、文字校对。

二、标准编制原则

2.1 科学性与适用性原则

本标准在编制过程中，以科学理论为依据，以天然气开采采出水综合治理技术和治理站多年运行经验为参考，按照天然气开采采出水综合治理实际处理工序为主线进行系统性的规范。

2.2 实用性与易操作性原则

本标准在编制过程中，对相关术语、定义和技术指标等内容的叙述尽可能清楚、确切、规范，并通过标准的应用对所拟标准进行印证，同时考虑实际天然气开采采出水综合治理可能产生的问题以及其他具有类似物料特性污水（页岩气、煤层气开采采出水）的实际情况，使本标准执行起来尽可能易实现和可操作，充分满足使用要求。

2.3 与相关标准的协调性原则

本标准编制过程中，针对有关技术内容方面，注意加强与其他标准的兼容和协调，并尽量保持一致。根据天然气开采采出水综合治理技术相关规范的需求确定本标准。

2.4 规范性原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

三、标准主要内容和相关依据

本项目适用范围：本文件提出了天然气开采采出水综合治理技术的总体要求，规定了工艺设计、污泥处理单元、主要设备和材料、再生回用及外排、二次污染物控制、检测控制、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行和维护的要求。

本文件适用于天然气开采行业采出水的综合治理。

主要技术内容：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义、缩略语；4 总体要求；5 工艺设计；6 污泥处理单元；7 主要设备和材料；8 再生回用及外排；9 二次污染物控制；10 检测控制；11 劳动安全与职业卫生；12 施工与验收；13 运行和维护。

本规范编制过程中，局部参考了以下标准和文献：

GB 150 压力容器

GB 151 热交换器
GB/T 1576 工业锅炉水质
GB 3096 声环境质量标准
GB/T 5462 工业盐
GB 8978 污水综合排放标准
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
GB/T 25306 辐射加工用电子加速器工程通用规范
GB/T 26520 工业氯化钙
GB/T 39308 难降解有机废水深度处理技术规范
GB 50040 动力机器基础设计标准
GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
HJ/T 242 环境保护产品技术要求 污泥脱水用带式压榨过滤机
HJ/T 252 环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
HJ/T 264 环境保护产品技术要求 臭氧发生器
HJ/T 278 环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风机
HJ/T 283 环境保护产品技术要求 厢式压滤机和板框压滤机
HJ/T 336 环境保护产品技术要求 潜水排污泵
HJ/T 369 环境保护产品技术要求 水处理用加药装置
HJ 576 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 577 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 1095 芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 2010 膜生物法污水处理工程技术规范
HJ 2015 水污染治理工程技术导则
HJ 2524 环境保护产品技术要求 单螺杆泵
HJ 2527 环境保护产品技术要求 膜生物反应器
SY/T 6276 石油天然气工业健康、安全与环境管理体系

四、本标准预期的经济效益和社会效益

本标准对天然气开采采出水综合治理技术进行相关规定，涉及预处理、二级处理，脱盐处理、深度处理等四个方面。较传统天然气开采采出水治理技术相比，本标准相关的技术能节约电解能耗达 15%，降低直接蒸发能耗达 30%以上，提高工业盐回收率 30%以上，增加回用水量达 40%。减少了企业的运营成本，具有良好的经济效益。此外，处理后的水质

均达到达标排放及工业再生利用水质标准，分离产出的盐质达到国家工业盐的标准，且可用于工业生产。既满足国家和地方政府关于污染物全面、稳定达标排放，又实现了天然气开采采出水和伴生矿的资源化利用，并为天然气开采行业提前达到国家政策目标奠定了基础，保障了行业的可持续、健康发展。

天然气开采采出水综合治理技术具有广泛市场空间和应用前景，可用于油气田开采采出水处理领域，并向食品、医药、化工等行业废水处理领域推广。在产业链上游可带动环保原材料及装备制造配套产业的发展，在产业链下游可促进采出水处理、环保装备制造企业的发展，对促进环保产业做大、做强，带动地区社会经济发展具有强劲的推动作用。

五、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

本标准制定过程中，未检索到国际标准或国外先进标准，标准水平达到国内先进水平。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准符合现有的法律、法规。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

目前，没有分歧意见。

八、贯标的措施和建议

本标准为国家标准，建议按照国家有关国家标准管理规定和中国科技产业促进会国家标准管理要求，在协会会员中推广采用本标准，鼓励社会各有关方面企业自愿采用该标准。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。