



# 中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z XXXXX—XXXX

## 天然气开采采出水综合治理技术规范

Technical specifications for comprehensive treatment of produced water from natural gas production

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

# 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 总体要求 .....	3
5 工艺设计 .....	3
6 设备和材料 .....	7
7 检测控制 .....	9
8 职业健康与安全环保管理 .....	9
9 运行与维护 .....	10
参考文献 .....	11

## 前 言

本文件为规范类指导性技术文件。

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国节水标准化技术委员会（TC442）提出并归口。

本文件起草单位：中国石油化工股份有限公司西南油气分公司、自贡市轻工业设计研究院有限责任公司、成都硕特科技股份有限公司、中国科技产业化促进会、中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司技术检测中心、西南石油大学、鲁信天地人环境科技（安徽）集团有限公司、四川轻化工大学、中国标准化研究院、重庆地质矿产研究院、中国石油化工股份有限公司华北油气分公司、中核环境产业投资股份有限公司、武汉谦豫科技有限公司、河南国洋环境科技有限公司。

本文件主要起草人：郭彤楼、袁原、刘伟、倪金元、卢成绪、杨功田、熊亮、王跃刚、刘宇程、李玉龙、林永茂、白雪、王东、邓绍林、王黎明、陈剑、张岚、彭俊、刘鑫、王锦昌、张焯、系艳红、黄兴俊、李宇、崔宏华、刘真凯、胡君杰、靳凯、阎恩松、马丽丽、邱小庆、杨德敏、张家伟、雷文杰、桂明生、彭丽梅、杨丽、王磊、胡明良、吴洪、陈明燕、苏佳亮、姜彤、杜锴、王文琦。

## 引 言

天然气开发对保障国家能源安全具有重大战略意义。在陆上天然气开采过程中，伴随产生大量采出水。该类采出水具有水质复杂、含盐量高、有机物浓度高等特点。为规范陆上天然气开采采出水治理工程的总体要求和工艺设计，防治水污染，保护生态环境，并推动陆上天然气开采行业实现技术提升与绿色、低碳、可持续发展，特制定本文件。

在本文件编制过程中，编制组对国内陆上天然气开采采出水治理技术开展了系统调研，全面总结了我国陆上天然气开采采出水的治理经验，并在此基础上，充分吸纳了国内污水处理行业相关工程技术规范及技术应用成果，组织了必要的专题研究和技术研讨，广泛征求了来自科研、设计、生产、教学等各领域相关部门和单位的意见，最后经审查定稿。

# 天然气开采采出水综合治理技术规范

## 1 范围

本文件规定了陆上天然气开采采出水综合治理的总体要求、工艺设计、设备和材料、检测控制、职业健康与安全环保管理以及运行与维护。

本文件适用于陆上天然气开采采出水的综合治理。陆上页岩气、煤层气、致密气开采采出水综合治理可参照执行本文件。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则
- 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 13271 锅炉大气污染物排放标准
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 15562.1 环境保护图形标志 排放口（源）
- GB 15562.2 环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB 39728 陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准
- GB 50040 动力机器基础设计标准
- GB 50752 电子辐射工程技术规范
- GB/T 150（所有部分） 压力容器
- GB/T 1576 工业锅炉水质
- GB/T 5462 工业盐
- GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 12917 油污水分离装置
- GB/T 25306 辐射加工用电子加速器工程通用规范
- GB/T 39308 难降解有机废水深度处理技术规范
- 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
- 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
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
- HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求
- HJ 298 危险废物鉴别技术规范
- HJ 355 水污染源在线监测系统（COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等）运行技术规范
- HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定

- HJ 495 水质 采样方案设计技术规范
- 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 579 膜分离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 1248 排污单位自行监测技术指南 陆上石油天然气开采工业
- HJ 1276 危险废物识别标志设置技术规范
- HJ 1405 排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范
- HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
- HJ 2007 污水气浮处理工程技术规范
- 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
- HJ/T 243 环境保护产品技术要求 油水分离装置
- HJ/T 252 环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
- HJ/T 261 环境保护产品技术要求 压力溶气气浮装置
- HJ/T 264 环境保护产品技术要求 臭氧发生器
- HJ/T 270 环境保护产品技术要求 反渗透水处理装置
- 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
- JB 8939 水污染防治设备 安全技术规范
- JB/T 8938 污水处理设备 通用技术条件
- SH 3173 石油化工污水再生利用设计规范
- SY/T 0083 除油罐设计规范
- SY/T 6276 石油天然气工业健康、安全与环境管理体系
- SY/T 6881 高含硫气田采出水处理及回注工程设计规范
- SY/T 7377 钻井液设计规范
- NB/T 14002.3 页岩气 储层改造 第3部分：压裂返排液回收和处理方法

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**天然气开采采出水** produced water from natural gas production

天然气开采过程中伴随天然气一起从地层中采出并经分离出的水。

注：以下简称采出水。

#### 3.2

**高盐采出水** high salinity produced water

溶解性固体总量（TDS）高于35 000 mg/L或氯化物浓度高于20 000 mg/L的采出水。

## 3.3

**工艺出水** process effluent

采出水经工艺单元处理后，达到回用或排放要求的出水。

## 3.4

**直接排放** direct emission

采出水经处理场站处理达标后直接向环境水体排放。

## 3.5

**间接排放** indirect emission

采出水经处理场站预处理，后续通过工业废水集中处理设施等公共处理设施进行处理后向环境水体排放。

## 3.6

**深度处理** deep processing for treated out water

对前端工艺单元处理后未达到回用或排放要求的出水作进一步处理的过程。

## 4 总体要求

4.1 采出水处理应基于水量和水质特性，以工艺出水用途或去向为导向，优先选用满足工艺出水水质要求、符合职业健康和安全环保标准、技术成熟可靠、处理效率高、物耗能耗低、废物产生少、环境影响小、投资费用省的水处理工艺技术、材料和设备。

4.2 采出水处理宜采用密闭的集输和处理流程，并设置突发安全事故、环境事件、事故泄漏、开停工及检维修等非正常工况废水收集系统。

4.3 采出水处理场站边界内污染雨水，非正常工况废水，采出水处理过程中产生的废水、废气、固体废物和噪声等应一并处理，防止二次污染。

4.4 采出水处理场站应参照 GB/T 50934 等相关标准的规定进行污染防治分区，并采取防渗措施，防止因物料泄漏或逸散污染场站及周边大气、土壤和地下水。

## 5 工艺设计

## 5.1 设计水量和水质

5.1.1 采出水设计处理水量和水质应根据工程服务范围内的实测或同类采出水产水量和水质，结合天然气开采现状、采气工艺、滚动开发和产能建设总体规划等因素综合确定。

5.1.2 采出水设计处理水量取值宜在实测或同类采出水产水量的日平均值基础上增加 10%~25% 的安全系数；设计处理水质取值宜在实测或同类采出水水质的统计数据中取 90% 覆盖率的数值。

5.1.3 工艺出水用途或去向应相对稳定。设计工艺出水水质应符合（但不限于）下列规定或要求：

a) 回用应符合下列规定或要求：

- 配制钻井液应符合 SY/T 7377 的规定；
- 配制压裂液应符合 NB/T 14002.3 的规定；
- 作循环冷却水补水应符合 GB/T 50050 或 SH 3173 的规定；
- 作低压锅炉补给水应符合 GB/T 1576 的规定；
- 冲厕、冲车、道路洒水、绿化用水应符合 SH 3173 的规定；
- 其他用途应满足相应要求。

b) 排放应符合下列规定或要求：

- 直接排放应符合地方（流域或行业）水污染物排放标准或 GB 8978 的规定，并应满足排放口所在地生态环境主管部门的要求；
- 采出水经处理场站预处理，后续通过工业废水集中处理设施等公共处理设施进行处理后间接排放，应符合地方（流域或行业）水污染物排放标准或 GB 8978 的规定，并应满足排放口所在地生态环境主管部门的要求。

## 5.2 处理工艺

### 5.2.1 选择原则

5.2.1.1 采出水处理宜采用物理法、化学法、物化法、生化法等相结合的组合处理工艺，协同去除采出水中的目标组分，确保工艺出水稳定达到回用或排放要求。

5.2.1.2 采出水处理宜优先选用《国家污染防治技术指导目录（鼓励类）》中的相关技术，不应选用《国家污染防治技术指导目录（低效类）》中的相关技术，以及国家明令禁止、限制和淘汰的其他落后工艺和设备。采用新技术、新工艺、新材料、新设备时，应有实际采出水处理试验结果和技术经济论证可行结论做支撑。

### 5.2.2 工艺流程

5.2.2.1 采出水集输至处理场站，经预处理、氧化处理、脱盐处理、深度处理（必要时）等单元处理，每个单元可由一个或多个不同的水处理工艺组成。采出水处理过程中产生的污泥应最大程度减量化处理，泥饼外运处置。

5.2.2.2 采出水处理工艺流程见图 1。

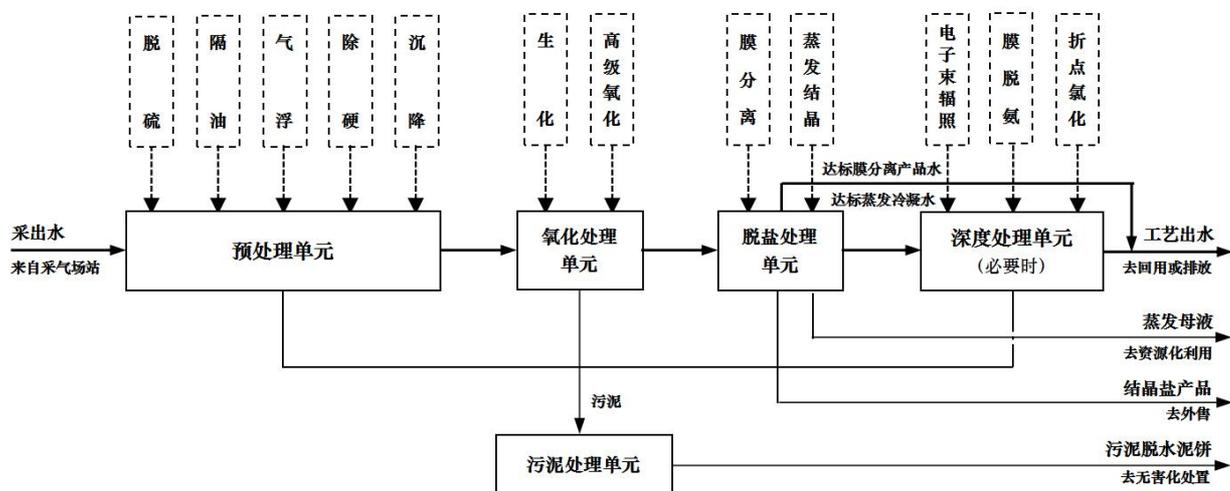


图 1 采出水处理工艺流程

## 5.3 预处理单元

### 5.3.1 概述

5.3.1.1 预处理单元包括脱硫（含硫天然气开采产出水）、隔油、气浮、除硬、沉降等工艺，主要对采出水中的硫化物、石油类、悬浮物、胶体物质、钙镁离子等进行初步去除。预处理单元中的工艺选取与组合应根据采出水的水质特征和设施建设要求确定。

5.3.1.2 预处理单元出水水质应符合后续处理单元进水水质要求。

### 5.3.2 脱硫

宜采用固相催化氧化、气提、化学氧化工艺去除含硫采出水中的硫化物。工艺设计应符合SY/T 6881的规定。

### 5.3.3 隔油

宜采用密闭罐作储存及隔油处理设施去除采出水中的石油类。罐顶应设置呼吸阀、安全阀。罐内隔油装置应具有隔氧除油收油功能。工艺设计应符合GB/T 12917和SY/T 0083的规定。

### 5.3.4 气浮

宜采用加压溶气气浮、叶轮气浮工艺去除采出水中的悬浮物、石油类等。工艺设计应符合HJ 2007的规定。

### 5.3.5 除硬

宜采用双碱法、离子交换工艺去除采出水中的钙、镁离子。

### 5.3.6 沉降

宜采用混凝沉降工艺去除采出水中的悬浮物、胶体物质等。工艺设计应符合HJ 2006的规定。

## 5.4 氧化处理单元

### 5.4.1 概述

5.4.1.1 氧化处理单元包括生化、高级氧化等工艺，主要对采出水中有机物、氨氮等进行去除。可根据水质特征和技术经济比较，选择适宜的单一或组合处理工艺。

5.4.1.2 高盐采出水不宜直接采用生化工艺。

5.4.1.3 氧化处理单元出水水质应符合脱盐处理单元进水水质要求。

### 5.4.2 生化

5.4.2.1 宜采用 AAO、SBR、MBR 或其他高效节能的工艺去除采出水中的可生化降解组分。

5.4.2.2 采出水处理采用生化工艺时，宜先厌氧处理，再好氧处理。若采出水中含有生物毒性组分浓度超过好氧/厌氧微生物生长繁殖允许值时，应先去除生物毒性组分，再进行生化处理。

5.4.2.3 生化处理所需菌种宜从类似采出水处理场站的活性污泥中进行筛选和驯化培养。

5.4.2.4 当  $BOD_5/COD_{Cr}$  的值  $< 0.3$ ，宜采用水解酸化提升有机物的可生化降解性。

5.4.2.5 AAO、SBR、MBR 的工艺设计应分别符合 HJ 576、HJ 577 和 HJ 2010 的规定。

### 5.4.3 高级氧化

5.4.3.1 宜采用臭氧催化氧化、电解氧化、芬顿氧化等工艺去除采出水中的难生化降解组分。

5.4.3.2 臭氧催化氧化工艺应符合下列规定：

- a) 进水  $TDS \leq 50\,000\text{ mg/L}$ ，反应时间为  $1\text{ h} \sim 4\text{ h}$ ；
- b) 臭氧投加量和  $COD_{Cr}$  去除量的合适比例应通过试验确定；
- c) 应设置尾气收集装置；
- d) 其他工艺参数应符合 GB/T 39308 的规定。

5.4.3.3 电解氧化工艺应符合下列规定：

- e) 进水  $SS \leq 30\text{ mg/L}$ ，运行温度  $\leq 45\text{ }^\circ\text{C}$ ；

- f) 供给电流、停留时间与循环流量的合适比例应通过试验确定；
  - g) 应设置尾气收集装置；
  - h) 化学清洗周期为 7 d~15 d；
  - i) 其他工艺参数应符合 GB/T 39308 的规定。
- 5.4.3.4 芬顿氧化工艺应符合下列规定：
- a) 进水 pH 为 3~4；
  - b)  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  投加量和投加比、反应时间应通过试验确定；
  - c) 其他工艺参数应符合 HJ 1095 的规定。

## 5.5 脱盐处理单元

### 5.5.1 概述

- 5.5.1.1 脱盐处理单元包括膜分离和蒸发结晶工艺，主要对采出水中盐分进行脱除。可根据水质特征和技术经济比较，选择适宜的单一或组合处理工艺。
- 5.5.1.2 膜分离工艺产生的浓水宜进入蒸发结晶工艺进行蒸发处理。
- 5.5.1.3 结晶盐产品宜达到 GB/T 5462 中精制工业盐二级及以上标准要求。工业盐各项理化指标的测定应采用 GB/T 5462 中规定的方法。
- 5.5.1.4 蒸发结晶工艺分离出结晶盐产品后的母液宜资源化利用。母液减量处理宜采用真空低温干燥、喷雾干燥等工艺，杂盐应委托具备相应资质的单位进行处理。
- 5.5.1.5 脱盐处理单元出水（膜分离产品水或蒸发冷凝水）水质应符合深度处理单元进水水质要求。若已达到回用或排放水质的要求，则可直接回用或排放。

### 5.5.2 膜分离

- 5.5.2.1 宜根据 DTRO、STRO、RO 的适用条件选用适宜的膜分离工艺。
- 5.5.2.2 膜前应设置过滤装置，过滤精度 $\leq 5\ \mu\text{m}$ 。
- 5.5.2.3 进水 ORP $\leq 180\ \text{mV}$ ，TDS $\leq 50\ 000\ \text{mg/L}$ ，运行温度  $10\ ^\circ\text{C}\sim 35\ ^\circ\text{C}$ 。
- 5.5.2.4 DTRO 与 STRO 膜运行压力 $\leq 12\ \text{MPa}$ ，RO 膜运行压力 $\leq 4\ \text{MPa}$ 。
- 5.5.2.5 化学清洗周期为 15 d~30 d。
- 5.5.2.6 其他工艺参数应符合 HJ 579 的规定。

### 5.5.3 蒸发结晶

- 5.5.3.1 宜根据 MVR、多效蒸发的适用条件选用适宜的蒸发结晶工艺。
- 5.5.3.2 采用 MVR 工艺，压缩机应采用变频器控制；采用多效蒸发工艺，蒸发器宜不少于三效。
- 5.5.3.3 进水 pH 为 6~9， $\text{COD}_{\text{Cr}}\leq 1\ 000\ \text{mg/L}$ 。
- 5.5.3.4 盐浆洗涤宜采用盐脚淘洗工艺，氯化钠回收率 $\geq 90\%$ 。
- 5.5.3.5 蒸发器宜采用折板式除沫器，设备应定时冲洗。

## 5.6 深度处理单元

### 5.6.1 概述

- 5.6.1.1 深度处理单元包括电子束辐照、膜脱氨、折点氯化等工艺，主要针对脱盐处理单元出水中的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  和氨氮等目标组分仍然不达标情形，进一步降低目标组分浓度。
- 5.6.1.2 深度处理单元出水水质应符合工艺出水（回用或排放）水质要求。

## 5.6.2 电子束辐照

5.6.2.1 利用高能电子束在水中的直接作用和电子束激发水分子产生羟基自由基等活性基团的间接作用，对出水中仍未达标的难降解有机物组分进行深度去除。

5.6.2.2 工艺应符合下列规定：

- a) 进水 TDS $\leq$ 3 000 mg/L；
- b) 吸收剂量 $\geq$ 10kGy，最小吸收剂量应通过试验确定；
- c) 其他工艺参数应符合 GB/T 39308 的规定。

## 5.6.3 膜脱氨

5.6.3.1 利用碱性条件下水中氨氮易转为游离氨的特性，通过气态膜分离作用，游离氨被膜另一侧酸性吸收液吸收，形成铵盐，对脱盐处理单元出水中仍未达标的氨氮进行深度去除。

5.6.3.2 工艺应符合下列规定：

- a) 进水 pH  $\geq$ 10.5，表面张力 $\geq$ 65 mN/m；
- b) 运行温度 $\leq$ 40 °C，膜运行压力 $\leq$ 90 kPa；
- c) 膜系统设计串联不少于两级。

## 5.6.4 折点氯化

5.6.4.1 利用通入水中的过量次氯酸盐，将水中的氨氮转化为氮气，氮气从系统中溢出，对脱盐处理单元出水中仍未达标的氨氮进行深度去除。

5.6.4.2 工艺应符合下列规定：

- a) 反应中投加的次氯酸盐，氯氮质量比（7~10）：1，反应时间 0.5 h~2 h；
- b) 宜设置曝气装置，曝气强度 $\geq$ 0.01 Nm<sup>3</sup>/（m<sup>2</sup>·min）。

注：Nm<sup>3</sup>表示在标准状态下气体的体积。

## 5.7 污泥处理单元

5.7.1 采出水处理过程中产生的污泥宜采用压滤、压榨、离心等工艺进行脱水。脱水产生的废水应送采出水处理系统处理。脱水后的泥渣宜按以下分类处置贮存，并交由有处置能力或相关资质的单位处置。

- a) 隔油、气浮工艺产生的含油泥渣（危险废物）贮存应符合 GB 18597 的规定；
- b) 沉降、生化、高级氧化等工艺产生的泥渣应根据 GB 5085.7、HJ 298 等规定鉴别或采出水处理工程建设项目环境影响报告书（报告表）及其批复判定是否属于危险废物，如果属于一般工业固废的贮存应符合 GB 18599 的规定，如果属于危险废物的贮存应符合 GB 18597 的规定。

5.7.2 污泥脱水前应对污泥投加脱水剂调理。不同污泥投加脱水剂的种类和投加量应通过试验确定。

5.7.3 污泥脱水机类型应根据污泥性质、产量、脱水要求等选择。宜采用厢式压滤机、板框式压滤机、叠螺式污泥脱水机、污泥脱水压榨机或离心式污泥脱水机等。

## 6 设备和材料

### 6.1 概述

6.1.1 采出水处理采用的设备与材料，其品种、规格、质量和性能应符合国家及行业有关职业健康、安全、环保、节能、节水、低碳、防爆和防腐等相关标准的规定。

6.1.2 不应选用国家明令禁止、限制和淘汰，或不符合强制性能源效率标准的高污染、高耗能设备和材料。

6.1.3 采出水处理设备的设计、制造、使用、贮存等应符合 JB/T 8938 和 JB 8939 的规定。

## 6.2 固相催化氧化设备

固相催化氧化反应装置壳体材料宜采用不锈钢或爆炸焊接复合板。

## 6.3 隔油设备

油水分离装置应符合 GB/T 12917 和 HJ/T 243 的规定。

## 6.4 气浮设备

压力溶气气浮装置应符合 HJ/T 261 的规定。

## 6.5 膜生物反应器

膜生物反应器应符合 HJ 2527 的规定。

## 6.6 曝气设备

6.6.1 宜优先选择氧转移效率高、可不停车检修的曝气设备。

6.6.2 中、微孔曝气器应符合 HJ/T 252 的规定。

6.6.3 单级高速曝气离心鼓风机应符合 HJ/T 278 的规定。

## 6.7 水处理加药设备

水处理加药装置应符合 HJ/T 369 的规定。

## 6.8 臭氧发生设备

臭氧发生器应符合 HJ/T 264 的规定。

## 6.9 电解氧化设备

电解氧化反应槽阳极材料宜采用导电陶瓷，阴极材料宜采用钛或钛合金。

## 6.10 电子束辐照设备

电子加速器应符合 GB/T 25306 和 GB 50752 的规定。

## 6.11 反渗透水处理设备

反渗透水处理装置应符合 HJ/T 270 的规定。

## 6.12 蒸发结晶设备

6.12.1 蒸发室壳体材料宜采用不锈钢、钛或爆炸焊接复合板；加热室换热管材料宜采用钛或钛合金。

6.12.2 蒸汽压缩机宜采用单级或两级高速离心式蒸汽压缩机，压缩机叶轮材料宜采用钛合金，蜗壳材料宜采用不锈钢或钛。

6.12.3 压力容器应符合 GB/T 150（所有部分）的规定。

## 6.13 气态膜脱氨设备

气态膜脱氨膜材料宜采用聚丙烯或聚四氟乙烯。

## 6.14 污泥脱水设备

厢式压滤机、板框式压滤机应符合HJ/T 283的规定。

## 6.15 泵

6.15.1 在生化池内回流、剩余污泥排放等所需流量大、扬程低的场合，宜优先选择低能耗的泵型。

6.15.2 潜水排污泵应符合 HJ/T 336 的规定。

6.15.3 污泥单螺杆输送泵应符合 HJ 2524 的规定。

## 6.16 其他设备和材料

其他设备和材料应符合相关国家或行业标准的规定。

## 7 检测控制

7.1 采出水处理场站应设化验室，负责采出水处理过程的水质分析化验工作。具体要求如下：

- a) 对原水、过程出水、工艺出水的相关水质指标进行检测。常规水质指标宜包括 pH 值、色度、SS、COD<sub>Cr</sub>、TOC、BOD<sub>5</sub>、氨氮、总氮、总磷、石油类、硫化物、氟化物、氯化物、TDS、挥发酚、阴离子表面活性剂、可溶性钡等。
- b) 水样采集、保存应符合 HJ 495 和 HJ 493 的规定。
- c) 水质指标的测定应采用国家标准、环保行业标准、石油天然气行业标准等规定的方法。

7.2 采出水处理场站工艺出水排放或其他必要情况可配置具备防腐、防爆、抗渗漏、防结垢、自清洗等功能的在线监测设备，包括（但不限于）：

- a) pH 值、水温、流量、电导率检测控制仪；
- b) COD<sub>Cr</sub>、TOC、氨氮、总氮、总磷、氯化物检测控制仪。

7.3 在线检测控制设备的运行和考核应符合 HJ 355 的规定。

7.4 应定期委托有资质的第三方检验检测机构对结晶盐产品进行检测并出具检测报告。

7.5 采出水处理过程中排放的大气污染物、水污染物、厂界环境噪声以及对周边环境质量影响的监测应符合 HJ 1248 的规定。

7.6 采出水处理场站设置集中监控管理系统时，满足以下要求：

- a) 具备操作功能，操作员可在正常或异常情况下对站设备进行控制，并可监视全线各站的操作数据和状态。
- b) 具备安全防护功能，防止各类计算机病毒的侵害和由于病毒而造成各存储器数据的丢失。设置防火墙，进行实时在线监控，有效防范外部系统的非法入侵和信息窃取。
- c) 具备报警功能，系统应能自动诊断出操作站、现场控制站或通信系统的故障，向操作员发出报警并显示出故障的物理位置和故障的性质。
- d) 具备信息管理功能，根据工艺操作和管理的需要，选用外部存储器将比较重要的信息保存供运行人员查询。
- e) 将依法设置的废水和废气排放污染物自动监测监控系统纳入集中监控管理系统。监测数据传输应符合 HJ 212 的规定。

7.7 采出水处理场内监控内容应符合 HJ 2015 的规定。

## 8 职业健康与安全环保管理

- 8.1 采出水处理过程的职业健康与安全环保管理应符合 GB/T 12801 和 SY/T 6276 的规定。
- 8.2 采出水处理工作场所有害因素职业接触限值应符合 GBZ 2.1 和 GBZ 2.2 的规定。
- 8.3 采出水处理过程使用的各类化学药剂应严格管理。其中，危险化学品的贮存、运输、使用应符合《危险化学品安全管理条例》的规定。
- 8.4 采出水处理场站废水和废气排放口的设置应符合 HJ 1405 的规定。
- 8.5 采出水处理场站的废水和废气排放口、噪声排放源、固体废物贮存（处置）场所，危险废物的容器和包装物，以及收集、贮存、利用危险废物的设施场所应设置符合 GB 15562.1、GB 15562.2 和 HJ 1276 规定的环保图形标志和危险废物识别标志。
- 8.6 采出水处理场站的设计、建设应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制设计应分别符合 GB/T 50087 和 GB 50040 的规定，厂界环境噪声排放应符合 GB 12348 的规定。
- 8.7 锅炉大气污染物排放应符合地方标准或 GB 13271 的规定。
- 8.8 VOCs 和恶臭污染物排放应分别符合 GB 39728 和 GB 14554 的规定。

## 9 运行与维护

- 9.1 采出水处理场站应建立健全运行与维护管理规章制度，落实岗位职责。编制和执行质量管理手册、工艺手册、设备手册和操作规程，建立完备的流程、设备及设施的工艺卡片及运行与维护记录台账和环保管理台账。
- 9.2 采出水处理场站管理人员、技术人员和操作人员应定期接受岗位业务技能培训并考核，为考核合格人员颁发上岗证。操作人员应持证上岗。
- 9.3 采出水处理场站仪器、仪表、设备应定期校检和维修保养。列入《实施强制管理的计量器具目录》的计量器具，应按规定和周期接受强制检定。
- 9.4 采出水处理场站宜设置智能化监控辅助系统，实现设备远程辅助控制、故障自动报警。
- 9.5 采出水处理场站应建立采出水处理环境风险评估和环保隐患排查制度与突发环境事件应急机制，编制突发环境事件现场应急处置方案，定期组织演练，并根据演练结果补充、修订和完善应急处置方案。
- 9.6 采出水处理场站运行管理和设备维护的其他事项应符合 HJ 2015 的规定。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 50934 石油化工工程防渗技术规范
  - [2] 《国家污染防治技术指导目录（鼓励类）》（环办便函〔2024〕283号）
  - [3] 《危险化学品安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第591号）
  - [4] 《实施强制管理的计量器具目录》（国家市场监督管理总局公告 2020年第42号）
-

国家标准《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

二〇二六年一月

# 国家标准《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、工作简况包括任务来源、制定背景、起草过程等

### (一) 任务来源

本文件制定任务来源于国家标准化管理委员会 2025 年国家标准化指导性文件制订计划(计划编号:20253144-Z-469),由全国节水标准化技术委员会(TC442)归口,计划于 2025 年 7 月 7 日下达。中国石油化工股份有限公司西南油气分公司作为主要负责起草单位,联合相关科研院所、设计单位及企业共同组建起草工作组,承担标准的起草工作。

### (二) 制定背景

天然气作为清洁能源,其开发对我国能源安全保障和能源结构优化具有重要意义。在陆上天然气开采过程中,伴随产生大量成分复杂的采出水,具有高盐分、高有机物、高氨氮及可能含有硫化物、重金属等特征。若处理不当,将对水体、土壤及生态环境造成严重污染。目前,国内已在川西、元坝、普光、涪陵、威荣等典型气田建成多座大型采出水处理站,但在工程实践中普遍面临以下问题:1、技术标准不统一:缺乏国家层面系统性的技术规范,各处理站设计、运行参照标准不一,技术水平差距较大。2、工艺流程冗长低效:部分处理工艺组合不尽合理,单元功能重叠或缺失,导致投资与运行成本偏高。3、资源化利用水平低:对处理后水资源及副产盐等的回收利用缺乏规范化指导,资源浪费与处置压力并存。4、环保风险管控不足:对特征污染物(如高氯离子、溶解性有机物、氨氮等)的深度处理与稳定达标缺乏关键技术参数指引。为此,亟需制定一项科学、适用、可操作性强的《天然气开采采出水综合治理技术规范》,以统一行业技术要求,推动技术进步,实现采出水处理的高效、低碳、资源化与标准化,助力天然气开采行业绿色可持续发展。

### (三) 起草过程

1. 组织起草：2025年7月份，组建起草组，完成技术调研、实验验证及标准草案起草。在技术调研方面，编制组对川西、元坝、普光、涪陵、威远等典型气田采出水处理站开展了系统调研。调研涵盖工艺流程、设备选型、运行成本、出水水质及资源化利用情况，共收集有效案例数据12项，涵盖日处理规模1000 m<sup>3</sup>~2000 m<sup>3</sup>不等。调研发现，现有处理站普遍存在工艺流程冗长、药剂投加种类繁多、缺乏统一技术规范等问题。在实验验证方面，编制组联合西南石油大学、四川轻化工大学等科研单位，开展了高盐采出水生化处理边界、蒸发结晶进水COD<sub>Cr</sub>限值、臭氧催化氧化TDS影响等关键实验，为技术参数的设定提供了科学数据支撑。

2. 标准研讨：2025年8月份，组织召开标准研讨会，组织专家进行了深入讨论。通过讨论梳理整理标准全文框架内容，为后续标准内容完整性奠定基础。本次研讨会邀请来自设计院所、生产企业、高校及环保部门的23名专家参与。会议重点讨论了工艺流程的单元划分合理性、关键工艺参数（如TDS、COD<sub>Cr</sub>、氨氮等）的设定依据，以及与现有国标、行标的协调性。专家意见经整理后，共采纳技术类建议11条，管理类建议5条，进一步优化了标准结构与内容。

3. 公开征求意见：拟定2026年3月，标准起草组完成征求意见稿和编制说明，在全国标准信息公共服务平台进行了公示，面向各相关单位公开征求意见，进一步提高标准制定的科学性、适用性和广泛参与性。

4. 技术审查：拟定2026年6月，全国节水标准化技术委员会对指导性技术文件送审稿开展技术审查，并形成审查结论。待专家评审组通过审查后，编制组根据审查意见梳理后形成指导性技术文件报批稿。

## （四）起草单位、主要起草人及其工作

### 1. 本标准起草单位及其工作

#### （1）中国石油化工股份有限公司西南油气分公司

负责标准编制的总体组织与协调，提供川西、元坝等气田的现场调研数据、工艺流程运行记录及工程案例支撑，组织多轮技术研讨与专家调研。

#### （2）自贡市轻工业设计研究院有限责任公司

重点负责蒸发结晶、盐资源化等工艺环节的技术论证与参数设定，提供盐化工领域的技术支持，编写“脱盐处理单元”与“设备和材料”章节中与制盐、盐质检测相关的内容，并完成标准文本的主体撰写与整合。

#### （3）成都硕特科技股份有限公司

基于膜分离技术与高盐废水处理领域的工程经验，负责膜工艺（DTRO、

STRO、RO) 部分的技术内容编写, 提供膜材料选型、运行参数设定及案例验证数据。

(4) 中国标准化研究院

负责标准结构与规范性, 确保标准符合 GB/T 1.1—2020 的编写规则, 协助开展标准协调性分析, 并提供标准化理论与方法指导。

(5) 中国科技产业化促进会

组织开展标准与产业政策衔接研究, 推动技术成果转化与应用推广, 在会员企业广泛征求意见, 组织会议研讨等活动。

(6) 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司技术检测中心

提供采出水水质检测方法与分析支持, 负责“检测控制”章节中化验室建设、检测项目与频次等技术论证。

(7) 西南石油大学

承担实验验证工作, 包括高盐采出水生化处理边界、臭氧催化氧化工艺 TDS 影响等研究, 为工艺参数设定提供科学依据, 并参与“氧化处理单元”技术内容的编写。

(8) 鲁信天地人环境科技(安徽)集团有限公司

基于其在蒸发结晶、MVR 等装备领域的工程经验, 负责蒸发工艺部分的技术内容与设备选型建议, 并提供相关运行数据支撑。

(9) 四川轻化工大学

参与高盐废水处理工艺的实验研究与数据分析, 重点在预处理、高级氧化等环节提供技术支持, 协助完成工艺参数验证。

(10) 中国石油化工股份有限公司华北油气分公司

提供北方地区气田采出水水质特征与处理案例, 参与“设计水量水质”、“工艺流程”等章节的编写, 确保标准在不同区域的适用性。

(11) 重庆地质矿产研究院

从地质与环境角度参与采出水回注与环境影响分析, 协助完成“职业健康与安全环保管理”章节中与地下水保护相关的内容。

(12) 中核环境产业投资股份有限公司

编写“深度处理单元”与“设备和材料”章节中与电子束辐照相关的内容。

(13) 武汉谦豫科技有限公司

提供含硫采出水脱硫工艺技术参数与案例支持, 参与“预处理单元”中脱硫相关工艺内容的编写与验证。

(14) 河南国洋环境科技有限公司

负责污泥处理与药剂投加等环节的技术内容编写，提供污泥脱水、加药系统等方面的工程案例与运行数据。

## 2. 主要起草人及其所做的工作

(1) 总体统筹组：郭彤楼、袁原、刘伟、倪金元、卢成绪

牵头负责标准编制的总体思路、框架设计、重点内容确定，组织协调各参与单位，统筹标准起草全过程。

(2) 工艺技术与工程论证组：杨功田、熊亮、王跃刚、刘宇程、李玉龙、林永茂、白雪、王东、邓绍林、王黎明、陈剑、张岚、彭俊

基于各单位在工艺流程、设备选型、实验验证等方面的专业背景，负责各工艺单元（预处理、氧化处理、脱盐处理、深度处理）的技术内容编写，开展实用性、指导性与可操作性论证，并参与关键技术参数的设定与案例支撑。

(3) 调研与资料编写组：刘鑫、王锦昌、张烨、系艳红、黄兴俊、李宇、崔宏华、刘真凯、胡君杰、马丽丽、靳凯、阎恩松、陈明燕

负责开展气田现场调研、数据收集、文献与标准资料整理，参与各章节内容的撰写与修改，支撑标准编制的实证基础。

(4) 技术指导与评审建议组：邱小庆、杨德敏、张家伟、雷文杰、桂明生、彭丽梅、杨丽、王磊、吴洪、苏佳亮、姜彤、胡明良、杜锴、王文琦

结合各单位在环保、化工、标准化等领域的专业经验，为标准文本提供技术指导、内容审阅与修改建议，确保标准的科学性、协调性与前瞻性。

## 二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

本标准依据 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》编制。

### (一) 编制原则

#### 1. 科学性原则

充分调研国内典型气田采出水处理工程的工艺运行数据，联合高校开展关键参数实验验证，确保技术内容具备充分的科学依据与数据支撑。

#### 2. 实用性原则

紧密结合天然气开采采出水水质复杂、高盐、高有机物等特点，推荐技术成熟、运行稳定、经济合理的处理工艺，突出标准的可操作性与工程指导性。

### 3. 协调性原则

注重与现行环境保护、石油天然气、化工等行业相关标准的衔接，避免冲突，确保本标准在现有标准体系中的兼容性与一致性。

### 4. 先进性原则

立足行业绿色低碳与资源化发展趋势，纳入蒸发结晶、膜分离、高级氧化等先进工艺参数，推动采出水处理技术向节水减排、资源回收、近零排放方向提升。

## （二）国内外标准引用情况

### 1. 国内依据

本标准在编制过程中，系统调研并引用了与采出水处理相关的国家标准、行业标准及技术规范，涵盖水质、设备、安全、环保等多个方面（详见标准文本“规范性引用文件”章节），确保技术内容与现行标准体系协调一致。

### 2. 国外依据

经检索 ISO 等国际标准组织及相关国外文献，目前尚未发布专门针对天然气开采采出水综合治理技术的国际标准。本标准基于国内工程实践与实验数据自主编制，符合我国天然气开采行业的技术特点与发展需求。

## （三）主要内容

### 1. 范围

本文件规定了陆上天然气开采采出水综合治理的总体要求、工艺设计、设备和材料、检测控制、职业健康与安全环保管理以及运行与维护。

本文件适用于陆上天然气开采采出水的综合治理。陆上页岩气、煤层气、致密气开采采出水综合治理可参照执行本文件。

### 2. 规范性引用文件

本章给出了本标准所引用的标准或规范。本标准编制过程中，主要参考或引用了以下标准：

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

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 13271 锅炉大气污染物排放标准

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB 15562.1 环境保护图形标志 排放口（源）

GB 15562.2 环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场  
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准  
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准  
GB 39728 陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准  
GB 50040 动力机器基础设计标准  
GB 50752 电子辐射工程技术规范  
GB/T 150（所有部分） 压力容器  
GB/T 1576 工业锅炉水质  
GB/T 5462 工业盐  
GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则  
GB/T 12917 油污水分离装置  
GB/T 25306 辐射加工用电子加速器工程通用规范  
GB/T 39308 难降解有机废水深度处理技术规范  
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  
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  
GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素  
HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求  
HJ 298 危险废物鉴别技术规范  
HJ 355 水污染源在线监测系统（COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等）运行技术规范  
HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定  
HJ 495 水质 采样方案设计技术规定  
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 579 膜分离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 1248 排污单位自行监测技术指南 陆上石油天然气开采工业  
HJ 1276 危险废物识别标志设置技术规范  
HJ 1405 排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范  
HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范  
HJ 2007 污水气浮处理工程技术规范  
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
HJ/T 243	环境保护产品技术要求	油水分离装置
HJ/T 252	环境保护产品技术要求	中、微孔曝气器
HJ/T 261	环境保护产品技术要求	压力溶气气浮装置
HJ/T 264	环境保护产品技术要求	臭氧发生器
HJ/T 270	环境保护产品技术要求	反渗透水处理装置
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
JB 8939	水污染防治设备	安全技术规范
JB/T 8938	污水处理设备	通用技术条件
SH 3173	石油化工污水再生利用	设计规范
SY/T 0083	除油罐	设计规范
SY/T 6276	石油天然气工业健康、安全与环境管理体系	
SY/T 6881	高含硫气田采出水处理及回注工程	设计规范
SY/T 7377	钻井液	设计规范
NB/T 14002.3	页岩气 储层改造	第3部分：压裂返排液回收和处理方法

### 3. 术语和定义

本标准给出了天然气开采采出水、高盐采出水、工艺出水、深度处理等术语和定义。

### 4. 符号和缩略语

本标准中涉及的符号和缩略语主要来源于水处理与天然气开采行业的通用技术术语和工程实践常用表述。为便于标准使用和理解，具体说明如下：

- AAO：厌氧-缺氧-好氧法(Anaerobic Anoxic Oxic)
- BOD<sub>5</sub>：五日生化需氧量 (Five-day Biochemical Oxygen Demand)
- COD<sub>Cr</sub>：化学需氧量 (Chemical Oxygen Demand)
- DTRO：碟管式反渗透 (Disc Tube Reverse Osmosis)
- MBR：膜生物法 (Membrane Biological Reactor)
- MVR：蒸汽机械再压缩 (Mechanical Vapor Recompression)
- ORP：氧化还原电位 (Oxidation Reduction Potential)
- RO：反渗透 (Reverse Osmosis)

SBR: 序批式活性污泥法 (Sequencing Batch Reactor)

SS: 悬浮物 (Suspended Solids)

STRO: 管网式反渗透 (Space Tube Reverse Osmosis)

TDS: 溶解性固体总量 (Total Dissolved Solids)

TOC: 总有机碳 (Total Organic Carbon)

VOCs: 挥发性有机物 (Volatile Organic Compounds)

## 5. 总体要求

采出水处理应基于其水量水质特性,以工艺出水去向或目的为导向,优先选用满足工艺出水水质标准、技术成熟可靠、处理效率高、物耗能耗低、废物产生少、环境影响小、投资费用省的工艺。采出水处理系统划分宜遵循“污污分流”和“污污分治”的原则。配套设施应同时满足国家和地方环境保护标准的相关规定,防止二次污染。在线连续监测设备应按照国家相关工业废水污染物排放标准和地方生态环境主管部门的要求设置。产品水回用或外排应满足国家和行业回用或排放标准、用户合同指标要求。

## 6. 工艺设计

### (1) 设计水量和水质

采出水设计处理水量和水质应根据实测或同类采出水产水量和水质,结合天然气开采现状、采气工艺、滚动开发和产能建设总体规划等因素综合确定。采出水设计处理水量取值宜在实测或同类产水量的日平均值基础上增加 10%~25% 的安全系数;设计处理水质取值宜在实测或同类水质平均值基础上增加 10%~25% 的安全系数。

### (2) 处理工艺

本标准基于工艺产水回用或排放的情形给出采出水处理工艺。采出水回注时可参考执行《气田水注入技术要求》(SY/T 6596—2016)、《高含硫气田水處理及回注工程設計规范》(SY/T 6881—2012)和《非常规气田采出水回注环境保护规范》(SY/T 7640—2021)等标准。

通过调研国内大型天然气采出水治理站(川西、元坝、普光、涪陵、威远等)采出水的处理情况,将工艺流程划分为预处理、氧化处理、脱盐处理、深度处理四个单元。每个单元由一段或多段不同的水处理工艺组成。各处理单元工艺的选择应综合考虑进水水质、水量、处理效率、资源化利用途径、技术可靠性、经济合理性等因素确定。

### (3) 预处理单元

本单元主要采取脱硫(含硫天然气开采采出水)、隔油、气浮、除硬、沉降

等工艺对采出水中的硫化物、石油类、悬浮物、胶体物质、钙镁离子等进行初步去除。

#### (4) 氧化处理单元

本单元主要采取生化、高级氧化工艺对水中有机物、氨氮进行处理。生化工艺推荐 A/A/O、SBR、MBR。高级氧化工艺推荐芬顿氧化、臭氧催化氧化、电解氧化。若本单元进水总溶解性固体浓度  $> 35\ 000\ \text{mg/L}$  或氯化物浓度  $> 20\ 000\ \text{mg/L}$ ，此时采出水可生化性较差，不宜直接采用生化处理工艺。

生化处理工艺所需耐盐耐温菌宜从同类采出水处理站场中的活性污泥中进行筛选和驯化培养。

电解氧化工艺进水  $\text{SS} > 30\ \text{mg/L}$ ，前端应设置高精度过滤器。当操作温度  $> 45\ ^\circ\text{C}$  时，应增加冷却装置。

#### (5) 脱盐处理单元

本单元主要采取膜分离、蒸发结晶工艺对氧化处理单元出水进行脱盐处理。膜分离推荐 DTRO、STRO、RO。蒸发结晶推荐 MVR、多效蒸发。

若本单元进水总溶解性固体浓度  $\leq 50\ 000\ \text{mg/L}$ ，宜先采用膜工艺进行初步分离，减少进入蒸发结晶的水量，降低能耗。膜分离工艺产生的浓水宜进入蒸发结晶进行蒸发处理。

天然气开采过程中为帮助气井提产增量而注入井筒内产生泡沫的发泡剂。含有发泡剂的采出水具有升温容易起泡的特性。蒸发结晶工艺处理含有发泡剂的采出水时，可加入一定量的消泡剂，控制料液起泡。同时考虑到控制蒸发过程的稳定性，规定蒸发结晶工艺进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 1\ 000\ \text{mg/L}$ 。盐浆洗涤采用盐脚淘洗工艺，可使细颗粒物、可溶性杂质等回到蒸发罐内继续长大，杂质浓缩后通过母液口排出，从而保证结晶盐的品质。采出水蒸发料液主要以低沸点物料为主（氯化钠），考虑到能源的梯级利用效率，采用多效蒸发工艺时，蒸发器宜不少于三效。

#### (6) 深度处理单元

本单元主要采取电子束辐照、膜脱氨、折点氯化等工艺对脱盐处理单元出水中的 COD 和氨氮不达标情况，进一步去除污染物。

采用膜法脱氨工艺脱除氨氮，为了防止脱氨膜的亲水化，进水表面张力应  $\geq 65\ \text{mN/m}$ 。

根据实验数据，电子束辐照工艺在处理采出水中 COD 时，处理效果受 TDS 影响较大，因此要求进水  $\text{TDS} \leq 3000\ \text{mg/L}$ 。

#### (7) 污泥处理单元

本单元提出了污泥脱水和加药调理的要求规定。

### 7. 设备和材料

对采出水处理中涉及到的固相催化氧化设备、隔油设备、气浮设备、臭氧发生器、电子束辐照设备、曝气设备、污泥脱水设备、加药设备、泵、蒸发结晶设备及材质、反渗透设备、膜生物反应器组件和其他设备和材料提出了要求。

#### 8. 检测控制

采出水处理场站应设化验室，负责采出水处理过程的水质分析化验工作。水质指标的测定应采用国家标准和环保、石油天然气行业标准规定的方法。应定期委托有资质的第三方检验检测机构对产品水和副产品无机盐进行检测并出具报告。采出水处理场站设置集中监控管理系统应符合规定要求。

#### 9. 职业健康与安全环保管理

采出水处理过程的职业健康与安全环保管理应符合国家标准和石油天然气行业标准规定。采出水处理过程使用的药剂应严格管理，危险化学品的贮存、运输、使用应符合《危险化学品安全管理条例》的规定。

#### 10. 运行和维护

对采出水处理场站提出了管理制度、人员培训、仪器设备维护保养、突发环境事件应急处置、第三方运营的要求。

### 三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

#### （一）试验验证

为确保本标准技术内容的科学性、可行性与适用性，编制组在起草过程中系统开展了实验研究、工程验证与实地调研。联合西南石油大学、四川轻化工大学等科研单位，针对高盐采出水生化边界、蒸发结晶进水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  限值、臭氧催化氧化 TDS 影响等关键技术参数开展了专项实验，为工艺参数的设定提供了直接数据支撑。同时，编制组深入川西、元坝、普光、涪陵、威远等典型气田处理站，收集了涵盖日处理规模  $1000 \text{ m}^3 \sim 2000 \text{ m}^3$  不等的 12 项有效工程案例数据，对预处理、氧化处理、脱盐处理及深度处理等组合工艺的实际运行效能、稳定性与经济性进行了长期跟踪与验证。结果表明，本标准所推荐的技术路线与关键控制参数（如“ $\text{TDS} > 35000 \text{ mg/L}$  不宜直接生化”“蒸发结晶进水  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 1000 \text{ mg/L}$ ”“DTRO 运行压力  $\leq 12 \text{ MPa}$ ”等）均具备充分的科学依据和工程实践基础，能够有效指导天然气开采采出水的稳定达标治理与资源化利用。多个工程案例已验证其有效性：

1. 中石化川西气田高氯废水低温蒸馏处理站二期工程：采用“蒸发制盐+雾沫控制+易挥发组分脱除”工艺，出水  $\text{COD}_{\text{Cr}} < 50 \text{ mg/L}$ ，氨氮  $< 5 \text{ mg/L}$ ，氯化物  $< 300 \text{ mg/L}$ ，达到 GB 8978 一级标准；项目年回收工业盐约 2.1 万吨，资源化利用率  $> 85\%$ ，年节约排污费约 800 万元。

2. 中石化威荣区块页岩气地层水处理站一期工程：采用“气浮+混凝沉降+生化+DTRO+MVR+RO”组合工艺，出水部分指标达 GB 3838III类水质；系统水回收率  $> 92\%$ ，盐回收率  $> 90\%$ ，年节约新水取用量约 50 万  $\text{m}^3$ 。

3. 中石化元坝气田采出水零排放综合处理工程：采用“澄清+汽提脱氨+低温多效蒸发+芬顿氧化+双膜”工艺，实现废水零排放；年回用循环冷却水约 20 万  $\text{m}^3$ ，减少外排有机物 1048 t、氨氮 62 t。

## （二）综述报告

天然气开采采出水的有效治理是油气行业绿色低碳发展的关键环节，也是践行国家“水污染防治行动计划”和“节水优先”方针的具体体现。随着我国天然气（特别是页岩气、致密气）产量的持续增长，采出水产量大、处理难度高、环境风险突出的问题日益凸显。当前，行业内已积累了丰富的工程实践经验，但普遍存在技术路线不统一、设计参数保守、运行成本偏高、资源化水平低等问题，亟需通过标准化手段进行梳理、优化和提升。

本标准的制定，正是在系统总结国内先进工程实践、充分吸纳最新科研成果的基础上进行的。编制过程紧密结合我国主要气田采出水的水质特征（如川渝地区的高氯、高 COD，北方地区的高硬度等），以及不同的处理目标（回注、回用、达标排放、近零排放），提出了模块化、组合式的工艺设计思路。标准内容覆盖了从源头水质分析、工艺单元选择与参数设计、设备材料选型、检测控制到运行维护的全链条技术要求，旨在引导行业从“粗放处理”向“精细化管理与资源化”转型。

本标准的技术内容体现了以下特点：一是针对性，重点解决了高盐、高有机物采出水生化抑制、蒸发结垢、膜污染等共性难题；二是集成性，强调根据水质和处理目标优化组合物理、化学、生化及膜处理等技术；三是前瞻性，纳入了高级氧化、高效膜分离、节能蒸发结晶等先进适用技术，鼓励水资源和盐资源的回收利用；四是协调性，与现行环保、安全、职业健康等数十项国家标准和行业标准进行了充分衔接。

通过本标准的实施，有望将行业内先进、成熟、经济的技术与实践进行固化与推广，全面提升我国天然气开采采出水治理的整体技术水平、管理效率和经济

效益，为保障国家能源安全、保护生态环境提供坚实的技术支撑。

### （三）技术经济论证

本标准的制定充分考虑了技术的先进性与经济的合理性，旨在通过标准化引导，实现采出水处理行业的降本增效和绿色发展。

1. 技术经济先进性：标准推荐的组合工艺，通过优化单元衔接、减少冗余处理、提高设备效率（如推荐多效蒸发不少于三效以实现能源梯级利用），可直接降低系统能耗和物耗。工程案例表明，采用本标准优化后的工艺路线，相比传统冗长工艺，全流程吨水运行成本可降低 20%~30%。

2. 投资与收益平衡：标准鼓励在工艺设计阶段充分考虑资源化途径。水资源回用（如循环冷却水、压裂液配制）可节约新鲜水取用费和排污费；工业盐的回收与销售可直接产生经济效益。如前文案例所示，资源化收益可显著冲抵甚至超越部分运行成本，改善项目整体经济性，缩短投资回收期。对于万吨级处理规模的项目，预计投资回收期可缩短 1 年~2 年。

3. 全生命周期成本优化：标准对设备材料选型、防腐防垢、智能检测与控制等方面提出要求，有助于延长关键设备（如蒸发器、膜组件）的使用寿命，减少非计划停机和大修频率，从而降低整个生命周期的维护和更换成本。

4. 风险成本规避：通过规范处理工艺确保出水稳定达标，可最大程度避免因超标排放面临的环保处罚、声誉损失及生态修复等巨额风险成本，保障气田生产的连续性和可持续性。

### （四）预期效益

本标准的实施预计将产生显著的经济、社会与生态综合效益，有力支撑天然气开采行业的绿色、低碳与可持续发展。

1. 经济效益方面，本标准通过提供统一、优化的技术方案，将直接助力企业实现降本增效与资源增值。其一，标准推荐的模块化组合工艺和关键参数，有助于减少工艺流程冗余，降低药剂投加量与能耗，工程实践表明，采用本标准优化后的技术路线，全流程运行成本可比传统冗长工艺降低约 20%~30%。其二，标准系统性地推动水资源与盐资源的回收利用，将传统意义上的处理负担转化为经济收益。例如，川西气田项目年回收工业盐约 2.1 万吨，威荣页岩气项目年节约新水约 50 万 m<sup>3</sup>，显著提升了项目的整体经济性。此外，稳定达标排放有助于企业规避环保罚款与税费，同时资源化产品收益可有效改善项目现金流，缩短投资回报周期。大规模推广后，预计每年可为行业节省处理费用并创造资源化收益

达数亿元。

2. 社会效益方面，本标准作为该领域首部国家级技术规范，其发布与实施具有重要的行业引领和规范作用。首先，它填补了长期存在的标准空白，为采出水处理工程的设计、建设、运营和监管提供了权威、统一的技术依据，有利于提升行业整体技术与管理水平，减少因标准不一导致的技术混乱和投资浪费。其次，标准推动了采出水的高效治理与资源化，有效化解能源开发与环境保护之间的潜在矛盾，有助于增强公众对天然气开采行业绿色转型的认同感，促进企地关系和谐与行业社会形象提升。最后，标准的应用与推广将带动环保技术研发、高端装备制造、专业化运营服务等相关产业链的发展，创造更多高质量就业岗位，并为贯彻落实国家《水污染防治法》等法律法规提供坚实的技术支撑。

3. 生态效益方面，本标准通过推动采出水的全过程规范化治理，将对生态环境产生积极而深远的正面影响。最直接的效果是从源头大幅削减了有机物、氨氮、盐分、重金属及石油类等污染物向自然水体的排放，有效保护地表水与地下水生态安全，降低对土壤环境的潜在风险。其次，标准强调并量化了水资源回收利用的途径与要求，显著提高采出水回用率，可直接缓解气田所在地区，特别是干旱缺水区域的水资源紧张状况，实现“以水治水、节水减污”。此外，标准中对处理过程中产生的污泥、杂盐等副产物的分类管理、安全处置与资源化指引，有助于构建“无害化、减量化、资源化”的固体废物管理路径，防止二次污染。长远来看，通过推广节能降耗的工艺技术与资源循环模式，本标准还将间接促进能源节约与温室气体减排，为天然气开采行业落实国家“双碳”战略、建设生态文明做出实质性贡献。

#### **四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

国外尚未开展相关标准研究，处于国内先进水平。

#### **五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因**

本文件制定过程中不存在采标的问题。

#### **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

在本标准制定过程的研讨会及征求意见阶段，未出现重大分歧意见。对于专家提出的关于部分工艺参数取值、单元划分细节等方面的建议，起草组经过技术论证和实验数据比对后，已采纳合理部分并在标准文本中予以完善。

## 八、涉及专利的有关声明

本标准未接到任何涉及相关专利或知识产权争议的信息、文件。

## 九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和 实施日期的建议等措施建议

为保障本标准能够顺利实施、有效应用，切实发挥对行业的指导作用，建议如下：

1. 实施安排：本标准建议作为国家标准化指导性技术文件发布，鼓励各相关企业结合实际自愿采用。为保证各方有充分时间进行技术准备和管理衔接，建议设置3个月的实施过渡期，自正式发布之日起计算。

2. 宣贯培训：在标准实施后，建议由主要起草单位牵头，联合全国节水标准化技术委员会及相关行业协会，组织开展面向设计院所、气田运营企业、环保工程公司及地方监管机构的专题宣贯与技术培训，重点解读工艺设计原则、关键参数设置依据、设备选型推荐、检测控制与运行维护等核心内容。

3. 应用反馈：建议在标准实施后1至2年内，组织开展实施效果跟踪评估工作，通过调研、座谈等方式，系统收集各应用单位在工程实践中遇到的问题与建议，为标准的后续修订和完善提供重要依据，确保标准能够持续贴合行业发展需求，保持其先进性和适用性。

## 十、公平竞争审查结论

经对照《公平竞争审查条例》逐一审查，该标准不含影响公平竞争的有关内容。不含有限制或者变相限制市场准入和退出、限制或者变相限制商品要素自由流动、影响经营者生产经营成本、影响经营者生产经营行为的内容，不适用《条例》第十二条规定。

## 十一、其他应予说明的事项

无。