

ICS 75.060

CCS E 20



T

团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—202X

天然气开采采出水综合治理技术规范

Technical specifications for comprehensive treatment of natural gas extraction water

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	2
3.1 术语和定义	2
3.2 缩略语	2
4 总体要求	3
5 工艺设计	3
5.1 设计水量和水质	3
5.2 工艺流程	3
5.3 预处理单元	4
5.4 二级处理单元	5
5.5 脱盐处理单元	7
5.6 深度处理	8
6 污泥处理单元	9
7 主要设备和材料	10
7.1 臭氧发生器	10
7.2 电子束辐照设备	10
7.3 曝气设备	10
7.4 污泥脱水设备	10
7.5 加药设备	10
7.6 泵	10
7.7 蒸发器装置	10
7.8 膜生物反应器组件	10
7.9 其他设备和材料	10
8 再生回用及外排	10
9 二次污染物控制	11
10 检测控制	11
11 劳动安全与职业卫生	11
12 施工与验收	11
12.1 工程施工	11
12.2 工程验收	11
13 运行和维护	12
13.1 一般规定	12
13.2 人员与运行管理	12
13.3 水质管理	12
13.4 应急措施	12
参考文献	13

前 言

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。

本文件由中国石油化工股份有限公司西南油气分公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件主要起草单位：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、四川轻化工大学、中国标准化研究院。

本文件主要起草人：XXX。

本文件为首次发布。

引 言

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、深度处理等四个方面开展了大量的实验研究。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，更可以实现高盐份、高有机物、高氨氮等不利条件下的水资源和伴生矿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。

天然气开采采出水综合治理技术规范

1 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。

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 150.1~150.4 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

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

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

天然气开采过程中，残留在地下的压裂液和地层水随天然气带到地面的产出水。

注：包括钻井、完井、测试、生产、脱水、集输、净化处理等环节产生的废水。

3.1.2

综合治理技术 comprehensive governance technology

运用多种水处理技术进行设计组合，最终实现产品水达标的水处理技术。

3.1.3

产品水 product water

经工艺处理后，达到循环利用要求或外排标准的水。

3.1.4

高盐采出水 brine produced water

溶解性总固体(TDS)大于或等于35000 mg/L的，或氯离子含量大于或等于20000 mg/L的天然气开采采出水。

3.1.5

耐盐菌 salt tolerant bacteria

对盐浓度有特殊适应能力的微生物。

3.1.6

发泡剂 foaming agent

天然气井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表面活性剂。

3.1.7

消泡剂 defoaming agent

采出水在蒸发处理过程中，为阻止料液升温起泡而加入的表面活性剂。

3.1.8

母液 mother liquor

在蒸发结晶过程中分离出结晶盐后残余的饱和溶液。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

A/A/O: 厌氧-缺氧-好氧 (Anaerobic-Anoxic-Oxic)。

BOD₅: 五日生化需氧量 (Five-day Biochemical Oxygen Demand)。

COD_{Cr}: 化学需氧量 (Chemical Oxygen Demand)。

DTRO: 碟管式反渗透(Disc Tube Reverse Osmosis)。
MBR: 膜生物反应器(Membrane Bio-Reactor)。
MLSS: 混合液污泥浓度(Mixed Liquor Suspended Solids)。
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)。
STRO: 管网式反渗透(Space Tube Reverse Osmosis)。
SS: 悬浮物(Suspended Solids)。
TDS: 总溶解性固体(Total Dissolved Solids)。

4 总体要求

- 4.1 综合治理技术选择应遵循成熟可靠、节能高效、资源化利用率高、运行成本合理等原则。
- 4.2 综合治理技术应结合天然气开采选取工艺和开采层位水质特点选择合适的技术组合。
- 4.3 综合治理技术的配套设施，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。
- 4.4 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。
- 4.5 天然气开采采出水综合治理工程应采用实测法确定设计水质，应根据气井位置、气井产量、气井开采阶段等综合因素确定处理规模。
- 4.6 产品水外排应满足国家及地方排放标准、用户合同指标要求。

5 工艺设计

5.1 设计水量和水质

设计水量和设计水质应根据气田开发规划和实际生产情况，结合实际测量数据确定。水量的设计取值应在污染负荷原数值上增加10%~25%的设计余量；水质的设计取值应根据长期监测的实际水质数据进行综合设计。

5.2 工艺流程

5.2.1 天然气开采采出水处理工艺

天然气开采采出水宜采用“预处理+二级处理+脱盐处理+深度处理”组合单元中的工艺进行处理，每个单元由一个或多个不同的水处理工艺组成，处理工艺流程如图 1 所示。

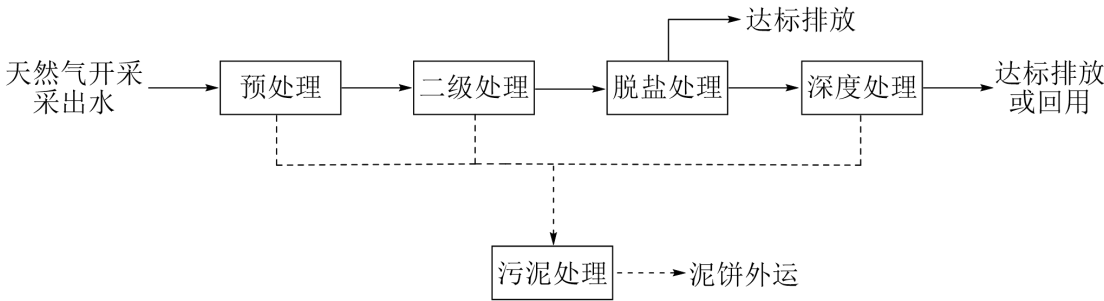


图 1 天然气开采采出水处理工艺流程图

- 5.2.2 预处理单元包括隔油、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。处理单元中的工艺取舍与组合应根据采出水的水质特征和设施建设要求确定。
- 5.2.3 二级处理单元可采用生化、高级氧化等工艺对水中有机物、氨氮进行处理。高盐采出水因可生

化性差，宜采用高级氧化对水中有机物、氨氮进行处理。

5.2.4 脱盐处理单元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。蒸发结晶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。

5.2.5 深度处理单元宜根据采出水水质、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。应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。

5.3 预处理单元

5.3.1 隔油

隔油应符合下列规定。

- a) 采出水油水分离设施可采用隔油池；
- b) 隔油池的有效停留时间宜取 2 h~8 h；
- c) 隔油池应设置原油回收装置及排泥设置。

5.3.2 气浮工艺

5.3.2.1 气浮工艺要求应符合以下规定。

- a) 一般要求：
 - 1) 气浮工艺宜设置破乳（混凝）反应区，反应时间宜为 15 min~30 min，搅拌装置宜为机械搅拌方式，速度梯度为 $G=20s^{-1}$ 、 $GT=10^4\sim10^5$ ；
 - 2) 气浮池应设置难燃材料制成的盖板，并应设置管道将废气引入废气处理设施；
 - 3) 气浮过程产生的浮渣宜采用机械方法刮除。
- b) 进水要求。
 - 1) pH 宜为 6~9。若 pH 超出相应范围，宜加入酸（或碱）调节。
 - 2) 温度宜控制在 15℃~35℃。当进水温度小于 15℃时，应采取升温措施进行升温处理。
 - 3) $SS\leq 10000\text{ mg/L}$ 。
- c) 出水要求：
 - 1) pH 为 6~9；
 - 2) $SS\leq 30\text{ mg/L}$ ；
 - 3) 油 $\leq 30\text{ mg/L}$ 。

若出水油类物质不能达到要求时，可采取两级气浮处理或其他处理设备进一步除油处理，直至达到出水要求。

5.3.2.2 压力溶气气浮应符合以下规定。

- a) 溶气气浮宜采用部分回流加压的方式，回流比宜控制在 10%~30%；
- b) 溶气罐的设计应符合以下要求：
 - 1) 溶气罐的工作压力宜为 0.2 MPa~0.8 MPa；
 - 2) 溶气罐的溶释气效率应不小于 80%；
 - 3) 溶气释放器在工作压力 0.25 MPa~0.4 MPa 范围内释放的气泡应细密、均匀，气泡在 1000 mL 量筒中的消失时间宜大于 4 min；
 - 4) 进入溶气罐的水温不宜大于 40℃时，否则应采取降温措施进行降温处理。
- c) 气浮池宜采用矩形或圆形；
- d) 其他设计可参考 HJ/T 2007、HJ/T 261 等相关标准。

5.3.2.3 涡凹气浮应符合以下规定。

- a) 叶轮直径 $D=200\text{ mm}\sim 400\text{ mm}$ ，最大不应超过 600 mm；
- b) 叶轮转速 $\omega=900\text{ r/min}\sim 1500\text{ r/min}$ ，圆周线速度 $v=10\text{ m/s}\sim 15\text{ m/s}$ ；
- c) 叶轮与导向叶片的间距应为 7 mm~8 mm；
- d) 池体水深一般为 2 m~2.5 m，不宜超过 3 m；
- e) 池体应为矩形，单边尺寸应不大于叶轮直径 D 的 6 倍。

5.3.3 混凝沉淀工艺

混凝沉淀工艺应符合以下规定。

a) 进水要求：

- 1) pH 宜为 7~12；
- 2) $SS \leq 500 \text{ mg/L}$ ；
- 3) 油 $\leq 50 \text{ mg/L}$ ；
- 4) 温度宜为 $5^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

b) 出水要求：

- 1) 总硬度(以 CaCO_3 计) $\leq 300 \text{ mg/L}$ ；
- 2) $SS \leq 30 \text{ mg/L}$ 。

c) 过程控制条件：

- 1) 混合 G 值一般为 $600 \sim 1000 \text{ s}^{-1}$ ，混合时间一般为 10 min，反应时间为 120 min，沉淀时间大于 2 h；
- 2) 混合方式可采用水力混合或机械混合。

d) 其他设计可参考 HJ 2006。

5.4 二级处理单元

5.4.1 生化工艺

5.4.1.1 一般规定。

a) 一般要求：

- 1) 生化池宜根据采出水性质设置水力或化学消泡设施；
- 2) 生化池宜采用驯化耐盐菌进行处理；
- 3) 若碳源不足，则应补充碳源，碳源以甲醇、乙醇、葡萄糖或乙酸钠为优，补充量按照 HJ 576 执行；
- 4) 若碱度不足，需要补充碱度，补充碱度以 Na_2CO_3 或 NaHCO_3 为优，补充量按照 HJ 576 执行。

b) 进水要求：

- 1) 油 $\leq 100 \text{ mg/L}$ ；
- 2) pH 宜为 6~9；
- 3) 温度宜为 $12^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

c) 出水要求。

- 1) $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 500 \text{ mg/L}$ 。
- 2) $\text{BOD}_5 \leq 300 \text{ mg/L}$ 。
- 3) 氨氮 $\leq 25 \text{ mg/L}$ 。
- 4) 总氮 $\leq 45 \text{ mg/L}$ 。
- 5) 二沉池出水 SS 宜在 30 mg/L 以下，最大值不应超过 50 mg/L ；MBR 系统出水 SS 应 $\leq 5 \text{ mg/L}$ 。

5.4.1.2 A/A/O 应符合以下规定。

a) A/A/O 生化池的设计参数应通过试验或类似采出水的运行数据确定，当无类似数据时，可按以下数据选取：

- 1) 污泥负荷宜为 $0.05 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d}) \sim 0.15 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ ；
- 2) 污泥质量浓度宜为 $2000 \text{ mg/L} \sim 12000 \text{ mg/L}$ ；
- 3) 污泥泥龄宜为 3 d~30 d；
- 4) 容积负荷宜为 $0.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 2 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；
- 5) 反应区设污泥回流及混合液回流，回流比主要根据总氮浓度计算确定；
- 6) 缺氧区（池）设搅拌或推流设施。

b) 其他工艺设计满足 HJ 576。

5.4.1.3 序批式活性污泥法应符合以下规定。

a) 设计时应根据实际测定数据确定,当无类似数据时,可按以下数据选取:

- 1) 污泥负荷为 $0.08 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d}) \sim 0.11 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;
- 2) 污泥质量浓度为 $3000 \text{ mg/L} \sim 5000 \text{ mg/L}$;
- 3) 反应池的数量不宜少于 2 个,并且均为并联设计。

b) 其他工艺设计满足 HJ 577。

5.4.1.4 MBR 应符合以下规定。

a) MBR 宜选用脱氮除磷的浸没式缺氧-膜生物污水处理系统,工艺参数应符合下列要求:

- 1) 缺氧池污泥浓度宜为 $6000 \text{ mg/L} \sim 12000 \text{ mg/L}$;溶解氧浓度应 $\leq 0.2 \text{ mg/L}$;
- 2) 膜宜选择平板膜,污泥负荷宜为 $0.05 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d}) \sim 0.15 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;
- 3) 膜生物反应池污泥浓度宜为 $6000 \text{ mg/L} \sim 12000 \text{ mg/L}$;膜池内溶解氧浓度宜 $\geq 2.0 \text{ mg/L}$;
- 4) 污泥回流比宜为 $100\% \sim 500\%$ 。

b) 污水进入膜生物反应池之前,需去除尖锐颗粒等硬物;

c) 其他工艺设计满足 HJ 2010。

5.4.2 高级氧化

5.4.2.1 芬顿氧化工艺

芬顿氧化工艺应符合以下规定。

a) 进水要求:

- 1) $\text{SS} \leq 100 \text{ mg/L}$;
- 2) 应控制进水中 Cl^- 、 H_2PO_4^- 、 HCO_3^- 、油类和其他影响芬顿氧化反应的无机离子或污染物浓度,其限制浓度应根据试验结果确定。

b) 出水要求:

- 1) pH 为 6~9;
- 2) COD_{Cr} 去除率为 $30\% \sim 50\%$ 。

c) 过程控制条件。

- 1) pH 宜控制在 3~5。可通过加酸或碱来调整 pH 值,调酸池宜采用水力搅拌、机械搅拌或空气搅拌,混合时间不宜小于 2 min。
- 2) 双氧水与 COD_{Cr} 的质量比值宜维持在 $(1 \sim 3):1$ 。
- 3) 双氧水与二价铁离子的摩尔浓度比值应维持在 $(3 \sim 10):1$ 。
- 4) 操作温度 $\leq 40^\circ\text{C}$ 。当超过 40°C 时应增加冷却装置。

d) 其他设计满足 HJ 1095。

5.4.2.2 臭氧催化氧化工艺

臭氧催化氧化工艺应符合以下规定。

a) 进水要求:

- 1) 水温为 $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$;
- 2) pH 为 7~9;
- 3) $\text{SS} \leq 30 \text{ mg/L}$;
- 4) $\text{TDS} \leq 50000 \text{ mg/L}$ 。

b) 出水要求:

- 1) pH 为 6~9;
- 2) $\text{SS} \leq 100 \text{ mg/L}$;
- 3) COD_{Cr} 去除率为 $30\% \sim 90\%$ 。

c) 过程控制条件:

- 1) 接触时间为 $5 \text{ min} \sim 240 \text{ min}$;

- 2) 臭氧投加量：每去除 1g COD_{Cr} 臭氧投加量宜控制在 0.5 g~5 g 之间。
- d) 其他设计满足 GB/T 39308-2020。

5.4.2.3 电解氧化工艺

电解氧化工艺应符合以下规定。

- a) 进水要求：
 - 1) pH 为 3~11；
 - 2) SS ≤ 5 mg/L；
 - 3) 电导率 ≥ 3000 μS/cm；
 - 4) 总硬度 (以 CaCO₃ 计) ≤ 500 mg/L；
 - 5) 油 ≤ 30 mg/L；
 - 6) COD_{Cr} ≤ 5000 mg/L。
- b) 出水要求：
 - 1) pH 为 6~9；
 - 2) COD_{Cr} 去除率为 30%~90%；
 - 3) 氨氮 ≤ 5 mg/L。
- c) 控制过程条件。

操作温度应 ≤ 45℃。当超过 45℃ 时应增加冷却装置。

5.5 脱盐处理单元

5.5.1 概述

脱盐处理单元主要是对采出水进行脱盐处理和进一步去除水中的污染物等，主要工艺有：膜浓缩工艺和蒸发结晶工艺。工艺的选用及单元工艺参数，应根据水质、水量情况，选择一种或多种结合。

5.5.2 膜浓缩工艺

膜浓缩工艺应符合以下规定。

- a) 进水要求：
 - 1) pH 宜为 6~9；
 - 2) 温度宜为 10℃~35℃；
 - 3) ORP ≤ 180 mV；
 - 4) 油 ≤ 5 mg/L；
 - 5) SS ≤ 5 mg/L；
 - 6) TDS 宜 ≤ 50000 mg/L。
- b) 出水要求：
 - 1) 氯化物 (以 Cl⁻ 计) ≤ 250 mg/L；
 - 2) TDS ≤ 1000 mg/L。
- c) 过程控制条件：
 - 1) 运行压力宜 ≤ 12 MPa；
 - 2) 回收率 ≥ 50%；
 - 3) 产水通量 ≥ 9 L/(m²·h)；
 - 4) DTR0、STR0、R0 的脱盐率 ≥ 90%。纳滤对硫酸盐的截留率 ≥ 95%；
 - 5) 膜系统进水可加入阻垢剂、还原剂等药剂保证系统稳定运行；
 - 6) 化学清洗周期 10 d~30 d；
 - 7) 其他相关的设计可参考 HJ 579 等相关要求进行设计。

5.5.3 蒸发结晶

5.5.3.1 MVR

MVR 应符合以下规定。

a) 进水要求:

- 1) 总硬度(以 CaCO_3 计) $\leq 300 \text{ mg/L}$;
- 2) $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 2000 \text{ mg/L}$;
- 3) $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$;
- 4) 传热温差宜选取 $5^\circ\text{C} \sim 7^\circ\text{C}$ 。

b) 出水要求:

- 1) 氯化物(以 Cl^- 计) $\leq 250 \text{ mg/L}$;
- 2) $\text{TDS} \leq 1000 \text{ mg/L}$ 。

c) 过程控制条件:

- 1) 蒸发温度为 $60^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$;
- 2) 蒸发压力 $80 \text{ kPaG} \sim 100 \text{ kPaG}$;
- 3) 推荐加热室换热系数 $800 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \sim 2200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- 4) 污垢系数 $\leq 0.000344 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{c}/\text{kcal}$ 。

5.5.3.2 多效蒸发

多效蒸发宜不少于三效, 且应符合以下规定。

a) 进水要求:

- 1) 总硬度(以 CaCO_3 计) $\leq 300 \text{ mg/L}$;
- 2) $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 2000 \text{ mg/L}$;
- 3) $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$ 。

b) 出水要求:

- 1) 氯化物(以 Cl^- 计) $\leq 250 \text{ mg/L}$;
- 2) $\text{TDS} \leq 1000 \text{ mg/L}$ 。

c) 过程控制条件:

- 1) 加热蒸汽温度为 $100^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$;
- 2) 加热蒸汽压力为 $0 \text{ MPaG} \sim 0.92 \text{ MPaG}$;
- 3) 推荐加热室换热系数 $800 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \sim 2200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- 4) 推荐冷凝器换热系数 $1000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \sim 3500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- 5) 污垢系数 $\leq 0.000344 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{c}/\text{kcal}$;
- 6) 换热温差宜选取 6°C 左右, 最大不宜超高 20°C ;
- 7) 蒸发室断面流速不宜高于 2 m/s , 直段高度不宜低于 5 m ;
- 8) 药品投加方式: 阻垢剂、消泡剂管输至生产现场投加。

5.5.3.3 淘洗系统

为提高副产无机盐质量, 盐浆应进行洗涤, 宜采用盐脚淘洗工艺, 使细颗粒物、可溶性杂质等回到蒸发系统, 继续长大, 杂质浓缩后通过母液口排出系统。

5.5.3.4 雾沫控制系统

为提高产水质量, 宜采用罐内折板式除沫器或管道折板式除沫器, 减少二次蒸汽雾沫夹带。除沫器应采用冲洗水定时冲洗。

5.6 深度处理

5.6.1 概述

深度处理主要是针对脱盐处理出水的有机物和氨氮进行进一步处理，保证出水达标排放或回用。

5.6.2 RO

RO设计可参考5.5。

5.6.3 MBR

MBR设计可参考5.4.1.4。

5.6.4 脱氨膜

脱氨膜应符合以下规定。

- a) 进水要求：
 - 1) pH 应 ≥ 11 ；
 - 2) SS ≤ 5 mg/L；
 - 3) 不含有醇类物质、表面活性剂、甘油类等物质；
 - 4) 表面张力应 ≥ 65 mN/m。
- b) 过程控制：
 - 1) 压力 ≤ 0.6 bar；
 - 2) 跨膜压差 ≤ 0.2 bar；
 - 3) 温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 出水要求：
 - 1) 氨氮去除率： $\geq 90\%$ ；
 - 2) 悬浮物： ≤ 5 mg/L。

5.6.5 电子束辐照工艺

电子束辐照工艺应符合以下规定。

- a) 进水要求：
 - 1) pH 为 3~11；
 - 2) COD_{Cr}宜 ≤ 120 mg/L。
 - 3) 氯化物(以 Cl⁻计) ≤ 1000 mg/L；
 - 4) 油 ≤ 30 mg/L。
 - b) 出水要求：
 - 1) pH 为 6~9；
 - 2) COD_{Cr} ≤ 50 mg/L。
 - c) 过程控制条件：
 - 1) 电子加速器能量选择 0.5 MeV~2.0 MeV；
 - 2) 单套设备运行功率为 50 kW~250 kW；
 - 3) 单套设备处理水量为 50 m³/d~5000 m³/d。
- 以上工艺可以根据具体情况选择一种或者多种结合。

6 污泥处理单元

6.1 脱水污泥按照国家相关规定进行处理。

6.2 污泥脱水前应对污泥进行加药调理。投加药剂的种类可参照同类型污泥脱水的数据确定，药剂投加量适量。

6.3 污泥脱水机类型应根据污泥性质、产量、脱水要求进行选择，脱水污泥含水率宜小于80%。

7 主要设备和材料

7.1 臭氧发生器

应符合 HJ/T 264 的要求。

7.2 电子束辐照设备

应符合 GB/T 25306 的要求。

7.3 曝气设备

曝气设备宜考虑充氧效率、运行稳定性，以及采出水引起的腐蚀问题，具体要求：

- a) 中、微孔曝气应符合 HJ/T 252 的要求；
- b) 采用单级高速曝气离心鼓风机应符合 HJ/T 278 的要求。

7.4 污泥脱水设备

污泥脱水设备应符合以下要求：

- a) 污泥脱水采用厢式压滤机和板框压滤机应符合 HJ/T 283 的要求；
- b) 出水要求污泥脱水采用带式压榨过滤机应符合 HJ/T 242 的要求。

7.5 加药设备

应符合 HJ/T 369 的要求。

7.6 泵

潜水排污泵应符合 HJ/T 336 的要求，污泥单螺杆泵应符合 HJ 2524 的要求。

7.7 蒸发器装置

应符合 GB 151、GB 150.1~150.4 的要求。

7.8 膜生物反应器组件

应符合 HJ 2527 的要求。

7.9 其他设备和材料

其他设备、机械和材料应符合国家相关标准或行业标准的要求。

8 再生回用及外排

8.1 产品水应优先考虑回用，补充所在工厂或园区内企业用水水源。

8.2 产品水回用要求：

- a) 作冷却用水时，水质应满足 Q/SH 0628.2 或 GB/T 50050 的要求；
- b) 作低压锅炉补给水时，水质应满足 GB/T 1576 的要求；
- c) 作其他用途时，应达到相关供水水质指标要求。

8.3 产品水外排时，应同时满足 GB 8978 的一级标准和地方排放标准的要求。

8.4 盐回收要求：

- a) 副产品工业盐应达到 GB/T 5462 二级及以上标准的要求；

b) 副产品工业氯化钙应达到 GB/T 26520 中无水氯化钙 II 型以上标准。

8.5 副产品无机盐的指标测定应符合以下规定：

- a) 工业盐的各理化指标测定采用 GB/T 5462 中的方法；
- b) 工业氯化钙的各理化指标测定采用 GB/T 26520 中的方法。

9 二次污染物控制

9.1 治理过程产生的污泥、浮渣（油）和母液交由有相关资质的第三方单位处置。

9.2 膜脱氨工艺产生的硫酸铵（氯化铵）溶液通过蒸发干燥设备对硫酸铵（氯化铵）溶液进行干燥处理，处理后的硫酸铵（氯化铵）结晶体作资源化利用。

9.3 站区周边的声环境应符合 GB 3096 和 GB 12348 的要求，对建筑物内部设施噪声声源控制应符合 GB/T 50087 的要求。

9.4 治理站的设计、建设应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合 GB/T 50087 和 GB 50040 的要求，机房内、外的噪声应分别符合 GBZ 2.1 和 GB 3096 的要求，厂界噪声应符合 GB 12348 的要求。

9.5 大气污染物应符合 GB 13271 的要求，且氮氧化物排放浓度应满足当地的相关标准要求。

10 检测控制

10.1 综合治理站应单独设化验室，负责全站的分析化验工作。

- a) 化验室应对原水、过程中的水、产品水的相关指标进行检测；
- b) 水质检测的项目及分析方法应按有关标准执行；
- c) 化验人员的数量应与分析化验的工作量相匹配；
- d) 化验室应按照检测项目配备相应的检测仪器和设备。

10.2 必要时可配置在线检测设备，工艺参数如下：

- a) 在线检测应包括流量、温度、压力和液位等；
- b) 部分涉及到水质酸碱度变化的系统应设 pH 计；
- c) 应对进出水氨氮、COD_{Cr}、总氮、电导率、pH 等进行检测；
- d) 现场检测仪表宜具备防腐、防爆、抗渗漏、防结垢、自清洗等功能。

11 劳动安全与职业卫生

劳动安全与职业卫生管理应符合 GB/T 12801 及 SY/T 6276 的要求。

12 施工与验收

12.1 工程施工

工程施工应符合以下规定。

- a) 工程施工单位应具有国家相应的工程施工资质；
- b) 工程施工、设备安装应符合施工设计文件、设备技术文件的要求，工程变更应取得设计单位的设计变更文件后再进行施工；
- c) 工程施工应符合 HJ 2015 的要求。

12.2 工程验收

12.2.1 采出水处理工程验收应按照《建设项目（工程）竣工验收办法》。

12.2.2 采出水处理工程环境保护验收应执行《建设项目竣工环境保护验收管理办法》。

12.2.3 验收前性能实验包括：

- a) 单项工程中的设备安装工程应在验收前进行调试和试运行；
- b) 各构筑物满负荷运行时，高程布置是否满足；
- c) 各构筑物的工艺参数。

12.2.4 采出水治理工程相关专业验收程序和内容还应符合GB 50303、GB 50275、GB 50231、GB 50236、GB 50268、GB 50093、GB 50204的要求。

13 运行和维护

13.1 一般规定

13.1.1 采出水处理厂（站）应按规定配备运行维护专业人员和设备。

13.1.2 采出水处理厂（站）由第三方运营时，运营方应具有相应等级的环境污染治理设施运营能力。

13.1.3 采出水处理厂（站）应建立健全规章制度、岗位操作规程和质量管理文件等。

13.2 人员与运行管理

13.2.1 运行人员应严格按照制度履行职责，确保系统稳定运行。

13.2.2 操作人员应定期进行岗位培训，持证上岗。

13.2.3 岗位人员应严格按照操作规程作业，如实填写运行记录，并妥善保管。

13.2.4 电气设备的运行与操作应执行供电管理部门的安全操作技能的培训。

13.2.5 采出水处理厂（站）设备的维护与保养应纳入日常的设备维护管理工作，根据工艺要求，定期对构筑物、设备和自控仪表等进行检查维护，确保处理设施稳定运行。

13.2.6 管理人员不违章指挥。

13.3 水质管理

13.3.1 采出水应按照相关规定进行定期采样分析，常规水质指标包括COD_{Cr}、BOD₅、溶解氧，悬浮物、pH、石油类、氨氮、总氮、总磷，全盐量、硬度等。

13.3.2 已安装在线监测系统的，也应定期监测，比对数据。

13.4 应急措施

13.4.1 采出水处理厂（站）内应设置事故池。

13.4.1 其他应急措施符合HJ 2015和国家、地方突发环境应急管理规定的要求。

参 考 文 献

- [1] GB/T 50109 工业用水软化除盐设计规范
 - [2] HJ 579 膜分离法污水处理工程技术规范
 - [3] HJ/T 261 环境保护产品技术要求 压力溶气气浮装置
 - [4] HJ/T 270 环境保护产品技术要求 反渗透水处理装置
 - [5] HJ/T 279 环境保护产品技术要求 推流式潜水搅拌机
 - [6] HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
 - [7] HJ/T 2007 污水气浮处理工程技术规范
-