

DB43

湖 南 省 地 方 标 准

DB43/T 970—2014

重金属废水电化学深度处理工程技术规范

Technical Specification for Electrocoagulation Engineering

for Heavy Metal-contaminated Wastewater Treatment

2014-11-27 发布

2015-01-01实施

湖 南 省 环 境 保 护 厅
湖 南 省 质 量 技 术 监 督 局

发 布

目 次

前言 II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总体设计..... 2

5 水质水量..... 3

6 工程设计..... 3

7 主要设备..... 6

8 检测与过程控制工程..... 7

9 主要辅助工程..... 8

10 环境保护和职业安全..... 8

11 工程施工及验收..... 9

12 工艺调试与运行管理..... 9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1、HJ 565—2010 给出的规则起草。

本标准由湖南省环境保护厅提出并归口。

本标准起草单位：长沙华时捷环保科技发展有限公司。

本标准主要起草人：蒋晓云、钟亚、尹璨琦、徐先锋、田梦莹

本标准由湖南省环境保护厅、湖南省质量技术监督局 2014 年 11 月 27 日批准

本标准自 2015 年 1 月 1 日起实施。

重金属废水电化学深度处理工程技术规范

1 范围

本标准规定了重金属废水电化学（限于电絮凝、电凝聚及伴随的电解气浮过程）深度处理工程中总体设计、水质水量、工程设计、主要设备、检测与过程控制工程、主要辅助工程、环境保护和职业安全、工程施工及验收、工艺调试与运行管理的技术要求。

本标准适用于重金属废水电化学（限于电絮凝、电凝聚及伴随的电解气浮过程）深度处理工程的设计、设备采购、施工及安装、调试、验收和运行管理，可作为环境影响评价、设计、施工、环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3838 《地表水环境质量标准》

GB 25466 《铅、锌工业污染物排放标准》

GB 25467 《铜、镍、钴工业污染物排放标准》

CECS92: 97 《重金属污水化学法处理设计规范》

CJJ 150 《生活垃圾渗滤液处理技术规范》

HJ/T 212 《污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准》

HJ 2002 《电镀废水治理工程技术规范》

HJ 2003 《制革及毛皮加工废水治理工程技术规范》

HJ 2019 《钢铁工业废水治理及回用工程技术规范》

《建设项目（工程）竣工验收办法》（计建设[1990]1215号）

《建设项目环境保护竣工验收管理办法》（国家环境保护总局令第13号）

《污染源自动监控管理办法》（国家环境保护总局令第28号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电化学技术（限于电絮凝、电凝聚及伴随的电解气浮过程） Electrocoagulation

一种在直流电场作用下，反应槽内可溶性金属阳极产生金属阳离子和氧气等活性成分，阴极产生氢氧根离子和氢气等活性成分，通过电解氧化还原、电解气浮、电解絮凝和共沉淀等作用去除废水中包括重金属成分等多种污染物的技术。

3.2

深度处理 Deep Treatment

不增加盐分或使盐分降低的前提下，可以将废水中重金属含量降低到每升微克级水平的处理技术。

3.3

重金属废水 Contaminated Wastewater

含有砷、铬、镉、汞、铅、镍、铜、锌等重金属成分的废水。

3.4

电导率 Electrical Conductivity

物质传送电流的能力，是电阻率的倒数。

3.5

污酸废水 Waste Acid Wastewater

二氧化硫烟气制取硫酸的过程中产生的烟气洗涤废水。

3.6

危险废物 Dangerous Waste

具有腐蚀性、急性毒性、浸出毒性、反应性、传染性、放射性等一种或一种以上危害特性的废物。

3.7

重金属污泥 Heavy Metal Sludge

重金属废水处理含有重金属的污泥。

3.8

极板利用率 Plate utilization

极板实际被溶解质量与极板总质量的比值。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 电化学深度处理工程在建设和运行中，应采取消防、防噪、抗震等措施。处理设施、构（建）筑物等应根据其接触介质的性质，采取防腐、防漏、防渗等措施。

4.1.2 电化学深度处理工程建设项目，除应遵循本规范和环境影响评价审批文件要求外，还应符合国家基本建设程序以及国家有关标准、规范和规划的规定。

4.1.3 废水治理设施应按照《污染源自动监控管理办法》安装污染物自动监控设备及其配套设施，并按照 HJ/T 353 和 HJ/T 355 的要求进行选型、安装、调试和运行维护。

4.1.4 含重金属废水电化学深度处理技术的使用，应根据废水特性、中水回用要求、环评报告、施工条件、维护管理的技术要求、经济性以及对周边环境影响等因素，综合考虑重金属废水的预处理、固液分离设施、过滤系统和污泥处理方式。

4.2 工程选址与总体布局

4.2.1 重金属废水电化学深度处理工程选址应符合规划要求，并具有良好的工程地质条件。

4.2.2 重金属废水电化学深度处理工程总体布置应综合考虑地形、地貌、周围环境、工艺流程、建构物及设施相互间的平面和空间关系，符合 GB 50187 的有关要求。

4.2.3 工艺设备宜按处理流程和废水性质分类布置，设备、装置排列整齐合理，便于操作和维修。寒冷地区，其室外管道和装置应保温。

4.2.4 重金属污泥临时堆放场地，应采取防腐、防渗、防雨淋等措施，并符合 GB 18597 的规定。

4.2.5 主体设施四周宜采取有效的绿化隔离措施。

4.2.6 应有必要的通道，应有明显的车辆行驶方向标志，并应符合消防通道要求。

4.3 工程构成

4.3.1 含重金属废水电化学深度处理工程一般包括预处理系统、电化学深度处理系统、固液分离系统、过滤系统、污泥处理系统、事故应急系统和监控系统。

4.3.2 废水处理构（建）筑物与设备宜具备：废水收集、调节、提升、预处理、电化学深度处理、回用与排放、污泥浓缩与脱水和药剂配制、自动监测控制等功能。

4.3.3 辅助工程包括：厂（站）区道路、围墙、绿地工程；独立的供电工程和供排水工程、供压缩空气工程；专用的化验室、控制室、仓库、维修车间、污泥临时堆放场所等。

4.3.4 废水处理站出水若不通过总排口而是直接外排，应按照国家 and 地方的有关规定设置规范排放口。

5 水质水量

5.1 根据行业的不同，含重金属废水可以分为有色冶炼、钢铁、电镀、印刷电路板、采选矿、制革和各类填埋场渗滤废水等类别。

5.2 以硫化矿为原料的火法有色冶炼企业，在用二氧化硫烟气制取硫酸的过程中产生的烟气洗涤污酸废水，该废水中一般含有 As、Hg、Cd、Cu、Pb、Zn 和 Ni 等重金属及质量百分比通常为（2~10）%的酸，应以有资质的第三方检测单位及企业提供的实际水质水量排放数据作为设计依据。

5.3 铜、镍、钴冶炼行业的废水水质水量应符合 GB 25467 的要求。

5.4 铅、锌冶炼行业的废水水质水量应符合 GB 25466 的要求。

5.5 钢铁行业的废水水质水量应符合 HJ 2019 的要求。

5.6 电镀行业的废水水质水量应符合 HJ 2002 的要求。

5.7 制革行业的废水水质水量应符合 HJ 2003 的要求。

5.8 生活垃圾渗滤液水质水量应符合 CJJ 150 的要求。

5.9 暂无技术规范可参照执行的重金属废水的水质水量，可由有资质的第三方检测单位及企业提供实际数据作为设计时的依据。

6 工程设计

6.1 设计要求

6.1.1 工艺设计之前，应对企业的生产工艺和生产流程进行全面了解。应对废水的来源、排放规律、排放强度和水量进行调查。应检测分析废水的成分。

6.1.2 电化学深度处理工艺可与物化法、生物法处理工艺有机组合。应根据废水的水质特征、回用要求和排放标准，并进行技术经济方案比较后，选择和确定以电化学深度处理技术为核心的组合工艺路线。

6.1.3 气候干旱或缺水的地区采用电化学深度处理技术处理重金属废水后，其中部分不能满足回用要求的高盐水可采用露天晒盐或利用企业自有的余热锅炉多效蒸发进行处理。在国土开发密度已经较高、环境承载能力开始减弱，或环境容量较小、生态环境脆弱等容易发生严重污染等问题的地区，外排水重金属含量应按 GB 3838 水质要求进行设计。

6.1.4 重金属废水处理过程中产生的重金属污泥应优先考虑工业回收，避免二次污染的产生。危险废物应交有资质的单位处理。污泥的临时处置场应符合 GB18597 的规定。

6.1.5 进入电化学装置的总重金属含量不宜超过 100 mg/L，其中 Cd 含量不宜超过 2 mg/L，As 含量不

宜超过 20 mg/L, Hg 含量不宜超过 0.1 mg/L, pH 值宜为 7-10 之间, SS 宜小于 100 mg/L。

6.1.6 当重金属废水的 pH 值小于 7 或大于 10 时, 应对重金属废水进行酸碱中和预处理, 以保证含重金属废水进电化学处理装置的 pH 值在 7-10 之间。

6.1.7 当重金属废水的电导率值小于 1000 S/cm 时, 应采用提高水温或投加工业用盐等方法, 保证重金属废水电导率不小于 1000 S/cm。

6.1.8 采用化学中和法对含重金属废水进行预处理时的 pH 值应通过实验进行确定。在不具备实验条件时, 可根据重金属氢氧化物的溶度积和电化学深度处理系统对进水水质的要求, 进行计算来确定。

6.1.9 当重金属废水中含有有机物、氨氮、氰化物等对重金属物质有很强络合作用的物质时, 宜采用生物法或物化法对重金属废水进行预处理。

6.1.10 应急处理应贯彻预防和和应急相结合的方针, 并应配备相应的设备或设施。

6.2 工艺路线选择

6.2.1 二氧化硫制酸烟气洗涤污酸废水中, As 含量超过 500mg/L 及硫酸含量大于 10g/L 时, 宜采用硫化法除砷、石灰法除酸根制取石膏、铁盐-石灰氧化中和、电化学深度处理的工艺路线。工艺流程见图 1。

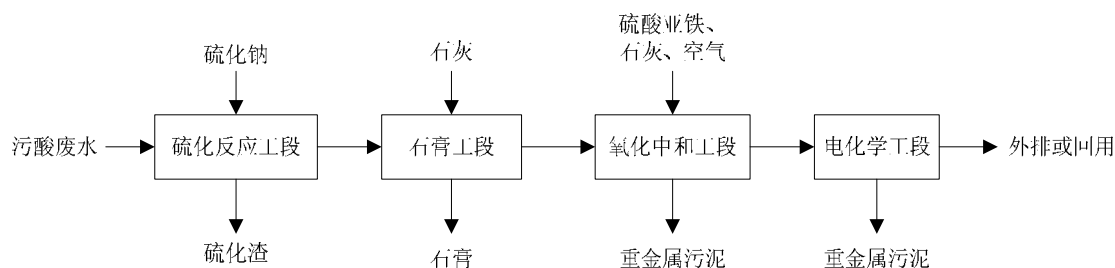


图 1 污酸废水处理工艺流程

6.2.2 采选矿废水宜采用先加碱调节到 pH 值 7-9 之间并进行固液分离后, 再收集上清液进电化学深度处理系统的工艺路线。

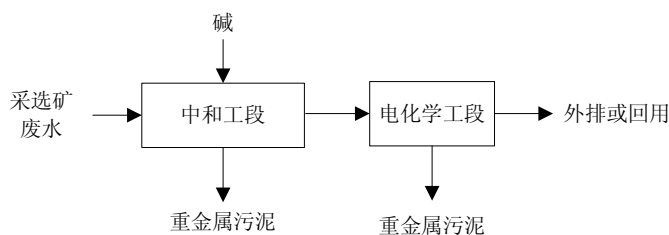


图 2 采矿废水处理工艺流程

6.2.3 工业废水中六价铬含量大于 10 mg/L 时, 应在酸性条件下投加硫酸亚铁处理, 再加碱调节到 pH 值 7-8 之间, 固液分离后的上清液进电化学深度处理系统。

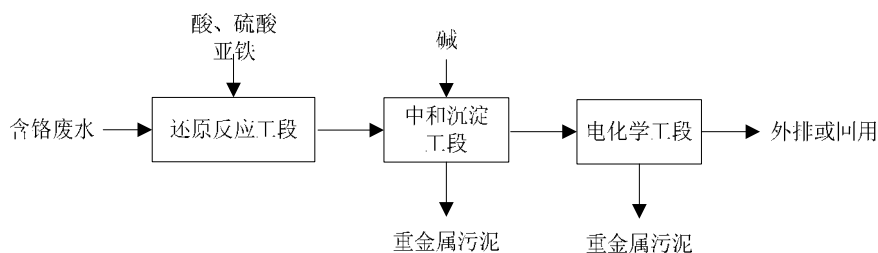


图 3 含铬废水处理工艺流程

6.2.4 含铈废水应先用铁盐进行预处理，加碱调节到 pH 值 5-6 之间，固液分离后的上清液进电化学深度处理系统。

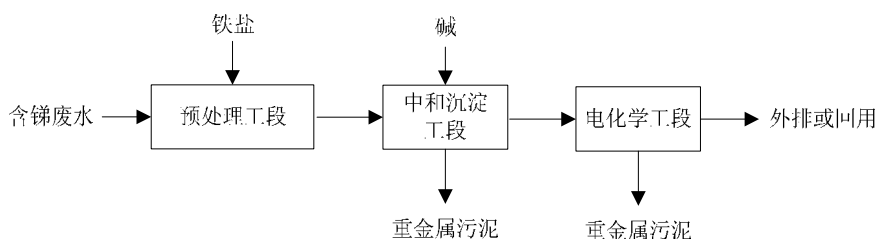


图 4 含铈废水处理工艺流程

6.2.5 对含 COD、氨氮、氰化物的重金属废水，应先采用物化法或生物法对其进行预处理，然后进入电化学深度处理系统。

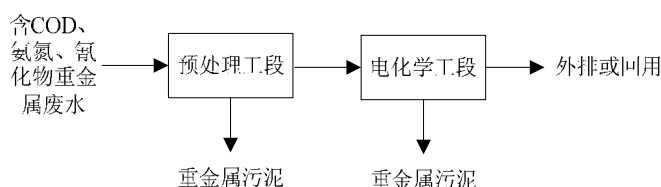


图 5 含 COD、氨氮、氰化物废水处理工艺流程

6.2.6 对高盐度、高硬度的重金属废水，采用电化学深度处理技术与除盐、除硬度技术有机组合的处理工艺，出水可以满足企业不同用水水质要求。典型工艺流程见图 2。

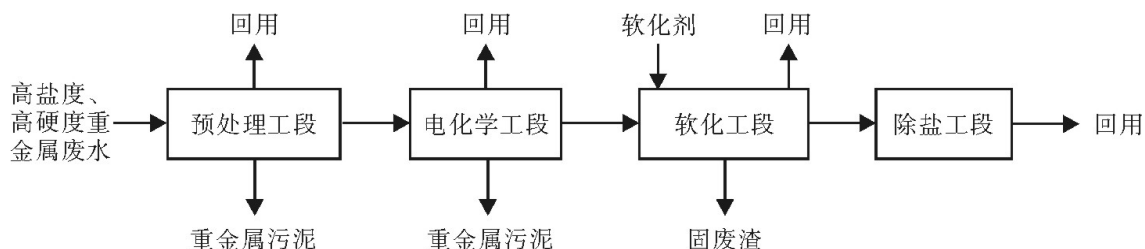


图 6 典型重金属废水处理工艺流程

6.3 工艺设计要求

6.3.1 废水一级提升应设置计量装置。

6.3.2 格栅、调节池、事故池、中和反应池、沉淀池、过滤器、投药装置和污泥浓缩脱水装置的设计要求参照 CECS92: 97 执行。

6.3.3 电化学设备间应集中考虑通风设施、场面水收集设施、重物吊装设施、防火设施、防雷接地设施以及照明设施；电化学设备宜与配电设施就近布置；室内电化学操作平台要考虑临边防护。

6.3.4 电化学设备间应按照使用功能分区：操作区和极板更换区。

a) 操作区：巡检或调试参数时供人员进出，操作通道宽度不宜小于 1.0 m；

b) 极板更换区：用于更换极板箱，操作区域宽度不宜小于 (3.0×3.0) m。

6.3.5 根据不同型号不同数量的电化学处理装置配备单轨电动葫芦或双轨行车，额定起重量不小于 2 t，吊钩与操作面的净空高度不小于 4.0 m。

6.3.6 加药间布置了助凝剂制备投加装置时,应考虑地面防滑;布置了 pH 调节药剂制备投加装置或者铁盐投加装置时,应考虑地面防腐。加药间高度应考虑搅拌装置检修时的整体吊装空间。加药间操作通道不小于 1.5m。

6.3.7 压滤间应布置在常年主导风向的下风向且靠近污泥储池;压滤间应考虑设备冲洗排水渠和集水坑。

6.3.8 电化学装置后产生的重金属污泥应返回前端中和处理固液分离装置或单独回收处理。

6.3.9 电化学装置出水自流进入曝气池,如高程条件不允许,应采用低转速的提升泵。

6.3.10 根据废水中二价铁含量与饱和溶解氧的利用关系,曝气池内气水体积比宜大于 5;曝气池停留时间大于 15 min;曝气池出水应自流进入絮凝池。

6.3.11 絮凝池分 2 格串联;第一格上部进水,底部出水;第二格下部进水,上部出水;絮凝池设计停留时间(10~15) min;絮凝池底部应安装排空管。

6.3.12 絮凝池出水自流进入澄清池。澄清池可以采用矩形斜板澄清池或者是辐流式澄清池。表面水力负荷(1.5~1.0) m³/(m²·hr)。

7 主要设备

7.1 电化学设备

7.1.1 设备性能指标:

- a) 重金属污染物去除率大于 95%;
- b) 极板利用率大于 90%;
- c) 吨水耗电小于 2 千瓦时;

7.1.2 设备的各组件、各种管道、仪表等设备构件,均应符合相应的标准和规范要求。

7.1.3 凡与水接触的部件的材质不能与水产生任何有害物理化学反应。

7.1.4 设备整体应具备良好的结构形态,抗冲击性能好,过水部位耐酸碱腐蚀。

7.1.5 设备应设计合理,外观结构紧凑、美观,占地面积及占用空间小。

7.1.6 设备主机架安装牢固,焊缝平整,水平及垂直方向公差应符合国家相关标准的要求,涂层均匀、美观、牢固、无擦伤、无划痕,符合国家有关规定。

7.1.7 设备各部件连接处均应结构光滑平整、严密、不渗漏。

7.1.8 管道安装平直,走向合理,符合工艺要求,接缝紧密不渗漏,塑料管道、阀门的连接应符合规范 HG 20520 的规定。

7.1.9 输电铜排需做防腐处理,安装时导电面必须打磨干净并涂抹导电膏。

7.2 提升泵

7.2.1 提升泵的选择,从防腐方面考虑,建议采用干式泵,并根据池体水深和泵的吸程确定是否配备真空罐。提升泵的具体选择参照 JB/T 6534 和 JB/T 6535 规定执行。

7.2.2 污酸废水提升泵过流部分宜采用衬氟或复合陶瓷材料。

7.2.3 石灰中和后浆料输送泵和污泥输送泵过流部分宜采用耐磨耐腐蚀材料。

7.2.4 安装在污酸车间附近的提升泵,要求采取防大气腐蚀的措施。

7.2.5 对在室外环境温度低于-20℃时依然需要使用以下的泵的安装,要求考虑泵的冷脆现象,采用耐低温材料。

7.2.6 泵的安装和验收按 SL 317 标准执行。

7.2.7 每级提升泵至少配备 1 台备用提升泵。

7.3 风机

7.3.1 风机的供风量和风压应考虑如下因素确定：

- a) 风量的选择考虑气水比在 1:3~1:8 之间；
- b) 当废水水温较高时应进行温度系数修正；
- c) 空气密度和含氧量应根据当地大气压进行修正；
- d) 当废水中还原性物质较多且曝气时间较长时，应考虑附加需氧量；
- e) 采用罗茨风机时，应根据气态方程式计算风量影响系数，一般可按罗茨风机进口风量的 80%考虑；
- f) 采用微孔曝气设备时，应考虑产品性能中氧利用系数，一般取低值；
- g) 风压应根据风机特性、风管损失、空气扩散装置的阻力、曝气水深（指扩散装置至液面距离）等计算确定；
- h) 当采用离心风机时，应考虑室外气温与标准温度（20℃）的温差所引起的离心风机风压损失（一般每升高 1℃，风压损失 200 Pa），离心风机工作点不得接近风机的喘振区，应设风量调节装置；由于风机风量分级的限制，选用风机额定风量不得小于经修正后供氧量的 95%。

7.3.2 选用风机时，应选用符合国家或行业标准规定的产品，具体要求如下：

- a) 单级高速曝气离心鼓风机应符合 HJ/T 278 的规定；
- b) 罗茨鼓风机应符合 HJ/T 251 的规定。

7.4 压滤机

7.4.1 压滤机的选型参考 JB/T 4333.1、JB/T 4333.2 和 JB/T 4333.3。

7.4.2 压滤机的液压组件的选型参考 GB/T 3766 和 GB/T 7935。

7.4.3 压滤机的进水管应增加回流管道。

7.4.4 压滤机滤布应考虑备用，在清洗滤布时替换使用。

7.5 搅拌机

7.5.1 根据搅拌介质或物料的物力特性，确定搅拌器型式；其中投加絮凝剂的部位使用框式搅拌机，其他如投加铁盐、聚铁或调 pH 值药剂时选择桨式搅拌机。

7.5.2 根据搅拌罐结构尺寸的比例（主要是根据高径比），确定搅拌桨叶的层数；当高径比接近 1:1 时，选择 1 层桨叶；当高径比大于或等于 1.5:1，选择 2 层桨叶；当高径比大于 2.5:1 时选择 3 层桨叶。

7.5.3 用于混合石灰乳、铁盐、聚铁等药剂的搅拌机的转速建议在（60~100）rad/min 之间；用于混合絮凝剂的搅拌机的转速建议在（3~25）rad/min 之间。

8 检测与过程控制工程

8.1 自动化仪表检测和控制内容应根据废水处理规模、工艺特点和运行管理要求等因素，综合考虑后确定。

8.2 应设水质检测化验室，并按照检测项目配置相应的分析检测仪器和玻璃器皿。

8.3 自控设计应符合现行国家标准 HG/T 20508、HG/T 20511、HG/T 20573、GB 50093、HG/T 20509 有关规定。

9 主要辅助工程

9.1 建筑工程

9.1.1 建筑工程应符合国家现行标准 GB 50037、GB 50016、GB 50352、GBZ 1、JGJ 67、GB 50033、JGJ 100 有关规定。

9.1.2 构筑物的防腐设计应按照现行国家标准 GB 50046 有关规定执行。

9.2 结构工程

结构工程应符合现行国家标准 GB 50007、GB 50009、GB 50010、GB 50011、GB 50069、GB 50191 有关规定。

9.3 电气工程

9.3.1 用电负荷等级应与企业用电负荷等级保持一致。

9.3.2 电气设计应符合现行国家标准 GB50052、GB50053、GB50054、GB50034、GB50057 的有关规定。

9.4 消防工程

消防工程设计应符合现行国家标准 GB50015、GB50016、GB50067、GB50140 的有关规定。

9.5 采暖通风与空调

采暖通风与空调工程应符合现行国家标准 GB50019、GB16297、GB14554、GB50189 的有关规定。

10 环境保护和职业安全

10.1 环境保护

10.1.1 调节池、污泥脱水设施等主要恶臭产生源应采取密闭、局部隔离及负压抽吸等措施，臭气应经集中处置后有组织排放；处理后排放气体应符合现行国家标准 GB 14554、GB 20426 的有关规定。

10.1.2 对于各个环节产生的噪声，应按其产生的状况，分别采取有效的控制措施。厂界噪声应符合现行国家标准 GB 12348 的规定。

10.1.3 曝气过程中产生的泡沫，宜采取喷淋水或消泡剂等方式抑制。

10.1.4 应优化构造绿化空间格局，提高绿化抗御自然环境和环境污染能力，并应增加通风能力，发挥绿化系统生态调控作用。

10.2 职业安全

10.2.1 职业安全卫生应符合国家现行标准 GB/T 12801 的有关规定。

10.2.2 工作人员应强化安全意识，工作人员应进行职业卫生、劳动安全培训。

10.2.3 对工作人员应定期进行健康检查并建立健康档案。

10.2.4 在制定的、有标志的明显位置应配备必要的防护救生用品及药品，并有专人管理维护。

10.2.5 在所有存在安全事故隐患的场所，应设置明显的安全标志及环境卫生设施设置标志，其标志设置应按现行国家标准 GB 2893、GB 2894 的相关规定。

11 工程施工及验收

11.1 工程施工

11.1.1 设计和施工单位应具有国家规定的相应资质。

11.1.2 应按工程设计文件、设备技术文件等组织施工，对工程的变更应在取得设计单位的设计变更文件后实施。

11.1.3 施工前应做好技术准备和临建设施准备。施工准备过程中应进行质量控制。

11.1.4 施工单位在工程施工前应制定切实可行的施工组织设计。

11.1.5 构（建）筑物中使用的材料应有技术质量鉴定文件或合格证书。

11.1.6 钢制设备加工、制作应符合现行国家标准 GB 50128 的有关规定。钢制设备防腐做法应考虑环境条件并符合现行行业标准 HGJ 229 的相关规定。

11.1.7 工程项目应获得主管部门批复并通过环境影响评估。

11.2 工程竣工验收

11.2.1 废水治理工程验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》的规定进行。

11.2.2 应提供主管部门的批准文件；经批准的设计文件和设计变更文件；工程合同；设备供货合同和合同附件；设备技术文件和技术说明书；专项设备施工验收文件和工程监理报告。

11.3 工程环境保护验收

11.3.1 废水治理工程投入使用之前，建设单位应向环境保护行政主管部门提出环境保护设施竣工验收申请。

11.3.2 环境保护验收应按《建设项目环境保护竣工验收管理办法》的规定进行。

11.3.3 环境保护验收应提供项目审批文件、批准的设计文件和设计变更文件、性能试验报告、验收监测报告、试运行期连续运行报告（一般不少于 30 个工作日）及完整的试运行记录；

11.3.4 具备完整的管理制度与岗位操作规程。

12 工艺调试与运行管理

12.1 工艺调试

12.1.1 工艺调试应由水处理专业人员进行，调试前应编制调试方案。

12.1.2 调试应按下列顺序进行：

机电设备调试与测试→预处理系统的清水调试→电化学系统的污水调试→全系统的串联调试→调试与测试验收报告。

12.1.3 工艺调试完成后，应在处理出水水质达到设计标准后方可进入试运行，在环境保护验收合格后进入正式运行。

12.2 运行管理

12.2.1 处理厂（站）应有工艺概述及工艺说明、设计图纸、竣工图纸、调试报告等工程技术资料。

12.2.2 处理厂（站）应有环保部门的验收合格文件；工艺操作说明书及操作规程；以及工艺、设备使用与维护说明书。

12.2.3 应建立运行维护安全操作规程。

- 12.2.4 运行人员作业时应遵守安全作业和劳动保护规定。
 - 12.2.5 运行操作人员应经过专业培训、持证上岗。
 - 12.2.6 处理厂（站）应按本规范和操作技术要求编制人员组织关系图、人员岗位职责说明、各工艺设备操作规程以及安全运行管理规定。
 - 12.2.7 系统操作人员必须熟知处理工艺流程、各处理单元的处理要求；工艺技术人员应根据水质条件变化适时调整运行参数使之满足排放标准要求。
 - 12.2.8 处理厂（站）建成运行的同时，应保证安全和卫生设施同时投入使用，并应制定相应的操作规程。
 - 12.2.9 处理厂（站）日常运行应建立水质、水量监测制度；
 - 12.2.10 膜深度处理阶段，应采用可靠的预处理措施，并按膜系统运行操作要求进行。
 - 12.2.11 废水处理厂（站）应制定大、中检修计划和主要设备维修和保养规程，并应及时更换损坏设备及部件，提高设备的运行可靠性。
-