

团 体 标 准

T/CSES 10—2020

水回用指南 污水再生处理反渗透系统 运行管理

Guidelines for water reuse—Operation and management of the reverse
osmosis system for used water reclamation

2020-10-10 发布

2020-10-15 实施

中国环境科学学会 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	1
4 系统运行准备	2
5 系统运行管理	5
6 故障诊断与排除	10
7 环境、健康和安全（EHS）管理要求	12
8 应急预案	13
附录 A（资料性） 污水再生处理反渗透系统的故障原因分析	14

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。

本文件由清华大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：清华大学、清华大学深圳国际研究生院、浙江工业大学、蓝星工程有限公司、时代沃顿科技有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、金科环境股份有限公司、启迪水务集团有限公司、北京亦庄水务有限公司、天津市市政工程设计研究总院、北京赛诺水务科技有限公司、华电电力科学研究院有限公司、天津中水有限公司、义乌市水处理有限责任公司。

本文件主要起草人：胡洪营、巫寅虎、吴乾元、陈卓、吴光学、张国亮、吉春红、胡利杰、梁思懿、张慧春、陆松柳、崔勇、赵乐军、张岩岗、时孝磊、刘振凯、杨春荣、郭嘉、郑燚、范伟、黎泽华、徐昊旻、蒋玉明、唐凯峰、梁丹、衡世权、刘祥举、王晶。

引言

污水再生利用是解决水资源短缺和水环境污染问题的重要途径。随着再生水用途的不断扩大和水质要求的持续提升，反渗透工艺在污水再生处理中的应用越来越多。污水水质与海水、饮用水截然不同，其有机物含量、有机组分的复杂程度远高于海水和饮用水。通过本文件的制定，可规范污水再生处理反渗透系统的运行管理，保障系统稳定、高效运行。

水回用指南 污水再生处理反渗透系统运行管理

1 范围

本文件规定了污水再生处理反渗透系统的运行准备、运行管理、故障诊断与排除、环境、健康、安全（EHS）管理要求、应急预案等。

本文件适用于以生产再生水为目的的污水再生处理反渗透系统的运行管理。

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 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 19249—2017 反渗透水处理设备

GB/T 20103—2006 膜分离技术 术语

GB/T 31328 海水淡化反渗透系统运行管理规范

DL/T 572 电力变压器运行规程

3 术语和定义

GB/T 20103—2006 和 GB/T 31328 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再生水 reclaimed water

污水经处理后，达到一定水质要求，满足某种使用功能要求，可以进行有益使用的水。

3.2

污水再生处理 used water reclamation

以生产再生水为目的，对污水进行净化处理的过程。

3.3

反渗透 reverse osmosis

在高于渗透压差的压力作用下，溶剂（如水）通过半透膜进入膜的低压侧，而溶液中的其他组分（如盐）被阻挡在膜的高压侧并随浓溶液排出，从而达到有效分离的过程。

[来源：GB/T 20103—2006，4.2.2]

3.4

膜元件 membrane element

由膜、膜支撑体、流道间隔体、带孔的中心管等构成的膜分离单元。

[来源: GB/T 20103—2006, 2.2.1]

3.5

膜组件 membrane module

由膜元件、壳体、内联接件、端板和密封圈等组成的实用器件。

注: 膜组件的壳体里可含有一个或数个膜元件。

[来源: GB/T 20103—2006, 2.2.3]

3.6

污水再生处理反渗透系统 reverse osmosis system for wastewater reclamation

以再生水生产为目的,由污水水源、预处理单元、反渗透单元、后处理单元等设备和设施组成的系统。

3.7

化学清洗 chemical cleaning

利用化学药品去除膜的污染物的过程。

[来源: GB/T 20103—2006, 7.2.8]

3.8

产水 permeate

经过反渗透装置处理后所得的产品水。

[来源: GB/T 19249—2017, 3.6]

4 系统运行准备

4.1 技术资料

4.1.1 一般规定

包括以下内容:

- a) 运行单位应明确反渗透处理单元的岗位职责和运行管理要点;
- b) 运行单位应做好污水再生处理反渗透系统竣工资料的接收和归档;
- c) 运行单位应保持资料的完整、准确、可追溯;
- d) 技术资料宜按照前期资料、建设资料和运行资料进行分类管理。

4.1.2 前期资料

包括以下内容:

- a) 前期资料应包括项目立项申请书、项目可行性研究报告、项目初步设计、施工图及其他技术图纸、系统设备一览表等;
- b) 主要技术图纸应包括工艺流程图、水平衡图、平面布置图、系统管道布置图、单体设备配管图、电气原理图、电气接线图等。

4.1.3 建设资料

包括规划建设文件、土地审批文件、施工许可证、施工开工令、分部分项工程验收文件、单位工程竣工验收文件、工程监理单位手续及文件等。

4.1.4 运行资料

包括以下内容:

- a) 运行资料应包括设备使用说明书、设备操作规程、系统运行说明书、原材料和器材出厂质量的合格证明或检验记录及各类运行记录表格和报告;
- b) 运行记录表格和报告应包括运行数据记录表、故障报警数据记录表、维修记录表、初期运行数据分析报告、工程试验报告或记录、工程检测验收记录、定期的运行专题分析总结等。

4.2 制度和规程

4.2.1 一般规定

包括以下内容:

- a) 对每类设备应制定安全操作规程;
- b) 应建立设备管理体系并健全设备使用、维护保养、维修、评估及档案等管理制度;
- c) 应做好设备运行、维护保养及维修记录并及时存档。

4.2.2 值班制度

包括以下内容:

- a) 应建立值班制度, 规定值班方式与时间、值班人员职责等;
- b) 值班人员应履行以下职责:
 - 1) 坚守工作岗位, 不准擅自离岗, 因故需要离开时, 除经运行管理人员批准外, 应有代班人员值班;
 - 2) 经常巡视分析仪表的工作状况, 准时抄表, 定期进行检查和校准;
 - 3) 做好各种记录, 做到字迹清晰、正确详细, 以备检查;
 - 4) 按规定时间巡查设备运行状况, 发现问题及时报告管理人员;
 - 5) 保持工作场所整洁, 不应放置与工作无关的物品;
 - 6) 严禁酒后上岗和疲劳上岗。

4.2.3 运行记录规程

包括以下内容:

- a) 应制定运行记录规程, 定期检查规程执行情况;
- b) 应规定系统操作顺序、需记录的运行参数以及参数资料的记录格式, 并建立运行日志;
- c) 应规定系统的定时巡视和检查要求, 按时记录现场运行数据, 并与自动化数据进行核对, 发现异常情况应按规定逐级报告, 分析原因, 及时处理;
- d) 应规定值班人员运行数据分析的职责, 值班人员交班前应对当班运行数据进行电子档统计和分析, 判断系统的运行状况, 做好交班记录。

4.2.4 巡视检查制度

包括以下内容:

- a) 应建立巡视检查制度, 规定巡视检查对象、内容等;
- b) 宜根据巡视检查内容, 将巡视分为定期巡视、故障巡视和特殊巡视;

- c) 每 8 小时内的定期巡视不宜少于 3 次，并做好巡视记录；
- d) 巡视时，应选择一条可巡视全部设备的最短路线；
- e) 规定巡视检查内容如下：
 - 1) 运行和检修维护中的设备；
 - 2) 处在备用状态的设备；
 - 3) 供配电柜等供电设备；
 - 4) 管道检查，尤其是加药和易腐蚀管道；
 - 5) 化学药剂存放设施；
 - 6) 照明及通风设施；
 - 7) 消防设施；
 - 8) 电缆沟、构架、保护、接地及报警装置。

4.2.5 交接班制度

包括以下内容：

- a) 应建立交接班制度，规定交接程序、交接内容和交接的职责等；
- b) 交接班应逐项进行，交班内容确认无误后，双方应有相应的记录及签名。正在处理故障时，不宜交接班；
- c) 交接班内容应包括：
 - 1) 系统运行状态；
 - 2) 设备运行、负荷情况；
 - 3) 操作情况及尚未执行的操作；
 - 4) 检修维护情况及尚未结束的工作；
 - 5) 本班发生的故障、异常及处理情况；
 - 6) 信号装置、报警器动作情况；
 - 7) 各种记录、图纸、工具和钥匙等；
 - 8) 清洁工作；
 - 9) 应传达的上级要求、注意事项。

4.2.6 运行故障报警管理规程

包括以下内容：

- a) 应建立运行故障报警管理规程，规范报警内容；
- b) 应根据不同的报警信息，及时识别故障种类，并采取相应的应急处理方法，排除故障。报警信息应通过指示灯、蜂鸣器、仪表和人机界面等渠道获得；
- c) 应及时记录故障发生的原因、排除措施及处置结果；
- d) 应适时对故障情况进行数据分析，形成分析报告；
- e) 宜建立报警信息远程集成终端记录系统，实现信息备查。

4.2.7 岗位培训制度

包括以下内容：

- a) 应建立岗位培训制度，规定培训对象和内容等；
- b) 岗位培训可采用授课、技术问答、操作演练及技术交流等形式；
- c) 培训内容应包括：运行部门制定的制度和规程、各工序的理论和操作培训、应急处置培训、环境、健康、安全（EHS）培训、计算机应用培训和技术专题讲座等。

4.2.8 化学品测试及检验制度

包括以下内容:

- a) 应建立各类化学品产品质量的检验标准和操作方法;
- b) 宜对供应的每批次化学品进行抽样检验, 确保产品质量符合国家相关标准的要求。

4.3 值班人员

4.3.1 值班人员基本行为规范

值班人员应遵守以下基本行为规范:

- a) 具备良好的职业道德和责任心;
- b) 严格遵守各项规章制度;
- c) 掌握与本职业工作相关的业务知识;
- d) 掌握业务规程和岗位操作规范。

4.3.2 值班人员培训

包括以下内容:

- a) 值班人员应进行岗前培训;
- b) 培训内容应包括规定的运行管理相关的制度和规程(见4.2)以及考核制度。

4.3.3 值班人员考核

包括以下内容:

- a) 值班人员进行岗前培训后, 应进行考核评定, 考核合格后才能上岗;
- b) 应定期进行员工职业技能培训及考核评定。

5 系统运行管理

5.1 一般规定

5.1.1 应建立设备台账, 按单元划分管理责任人, 并宜挂牌标示。

5.1.2 设备的启动、停机、清洗、维护应按照操作规程进行。

5.1.3 启动前应检查设备、仪表、阀门等是否处于正常状态。

5.1.4 应定期检查、维护和检修设备, 根据设备运行情况制定大修计划。

5.1.5 清洗液和配药用水宜采用反渗透产水。

5.1.6 4.2中规定的各项制度、操作规程、定期巡视路线图、配电系统模拟图、消防疏散通道示意图等宜制成图版张贴上墙。

5.2 预处理单元

5.2.1 预处理单元的构成

预处理单元的构成如下:

- a) 预处理单元一般包括：混凝澄清（沉淀）设备、介质过滤设备、超（微）滤设备、保安过滤器、水箱（池）等；
- b) 预处理单元的出水水质应符合反渗透单元的进水要求。

5.2.2 混凝澄清（沉淀）设备

混凝澄清（沉淀）设备的运行管理内容如下：

- a) 定期巡检混凝澄清（沉淀）设备，观察处理效果，采取相应措施；
- b) 应定时排泥，根据进水浊度变化调整排泥量和周期；
- c) 定期检测进水、出水浊度，异常时调整运行参数和加药量。

5.2.3 介质过滤设备

介质过滤设备的运行管理内容如下：

- a) 介质过滤设备应定期检测出水浊度，出水浊度应按照后续超（微）滤膜说明书要求进行控制，出水水质不符合后续设备的进水标准或运行压差大于限定值时，应反洗；
- b) 按照运行压差或进出水水质变化调整反洗频率和时间；
- c) 反洗时，观察滤料层膨胀和反洗水水质情况，调整反洗参数；
- d) 反洗结束后，应检测出水水质，合格后投运；
- e) 定期观察滤料污堵情况，污堵严重或出现板结，反洗无法恢复性能或反洗过于频繁时应更换滤料。

5.2.4 超（微）滤设备

超（微）滤设备的运行管理内容如下：

- a) 设备投运时，检查进、出口压力、流量、出水水质、设备完整性、清洗设备及管路等；
- b) 超（微）滤设备应监测出水浊度、污染密度指数（SDI）值、氧化还原电位（ORP）和余氯，出水浊度、SDI值、ORP和余氯应按照后续反渗透膜说明书要求进行控制；
- c) 定时使用符合要求的超滤产水进行反洗、化学清洗或化学加强反洗；
- d) 反洗时，应将流量、压降等数据与设计值对比，观察膜性能恢复情况，必要时，调整反洗频率和时间；
- e) 当反洗频率过高、出水水质和流量不能满足反渗透装置进水要求时，检查原因，并进行化学加强清洗；
- f) 必要时应进行膜完整性检测；
- g) 当采取以上所有措施，出水水质或流量仍不能满足反渗透装置进水要求时，应更换超（微）滤膜组件。

5.2.5 保安过滤器

保安过滤器的运行管理内容如下：

- a) 运行时应检查进、出口压差；
- b) 根据滤芯使用说明及时更换滤芯；
- c) 更换后的废旧滤芯应统一存放并妥善处置；
- d) 当滤芯更换周期小于设计时间时，应检查滤芯的污堵情况，必要时分析污染物成分，检查前处理装置是否故障；
- e) 根据进水特征总结滤芯压差上升规律，当发生明显变化时，应查找原因并及时解决；
- f) 定期开盖检查滤芯，发现异常及时处理。

5.3 反渗透单元

5.3.1 启动与运行

启动与运行要求如下：

- a) 进水水质应符合反渗透膜元件的进水要求；
- b) 进水箱（池）液位在正常范围内；
- c) 配套仪器设备应确保满足反渗透系统的运行要求；
- d) 运行前应排尽膜组件中的空气，检查加压设备、加药设备、仪表和管路系统等；
- e) 启动时，应按照操作规程要求，缓慢开启进水阀门，缓慢升高反渗透膜组件的进水压力；
- f) 稳定运行后，应及时记录运行参数，保证流量、回收率、脱盐率、产水水质达到设计要求，污水再生处理反渗透系统的回收率一般为 60%~75%；
- g) 当运行压力、产水流量、电导率和段间压差等发生异常时，应按照操作规程及时处理。

5.3.2 停止运行

停止运行要求如下：

- a) 应按照操作规程的要求，缓慢关闭进水阀门，缓慢降低反渗透膜组件的进水压力；
- b) 停止运行后，用符合要求的预处理水或产水冲洗整个反渗透膜组件，当进水含盐量较高时，宜采用反渗透产水冲洗；
- c) 停止运行期间，反渗透膜组件和管道内的水不能流失，应确认膜组件完全注满；
- d) 若停机时间在 30 天内，宜每 1 天~2 天进行低压冲洗或启动运行不少于 0.5 小时；
- e) 若停机时间超过 30 天，宜向反渗透膜组件内注满保护液，保护液的选用及配制方法可参见膜厂商相应技术文件，并根据保护液种类定期更换；
- f) 如果反渗透装置厂房的室温低于 27 °C，应每隔 30 天用新的保护液冲洗并注满膜组件；
- g) 如果反渗透装置厂房的室温高于 27 °C，应每隔 15 天用新的保护液冲洗并注满膜组件；
- h) 若停机时间超过 30 天，在重新投入使用前，用低压给水冲洗反渗透膜组件 1 小时，然后再用高压给水冲洗反渗透膜组件 10 分钟，冲洗过程中产水排放阀应全部打开，保证膜组件中的保护液被完全冲洗干净；
- i) 反渗透装置厂房的室温宜为 5°C~40 °C。

5.3.3 反渗透膜元件更换

当反渗透膜元件使用一定时间后，经化学清洗，产水量、脱盐率、产水水质等仍然达不到要求，需要对导致故障的原因进行排查，必要时对反渗透膜元件进行更换。

5.4 辅助设备

5.4.1 水泵

水泵的运行管理内容如下：

- a) 按照水泵使用说明制定水泵维护检修管理规程，定期检查维护；
- b) 运行时应观察水泵的流量、压力、电流、噪音和温度等，发现异常应及时处理。

5.4.2 加药设备

加药设备的运行管理内容如下：

- a) 运行前药剂溶液箱应处于充足液位，加药计量泵处于热备用状态；

- b) 加药设备投运时, 检查和记录出口压力、流量等, 发现异常应及时处理;
- c) 应根据水质、流量的变化调整加药量;
- d) 应定时检查、校正加药设备, 包括计量泵、过滤器和仪表等;
- e) 应定时检查药箱液位, 及时补充药剂;
- f) 应定时清洗、检查加药箱, 避免加药箱污染或泄漏;
- g) 应对药剂进行妥善管理。

5.4.3 冲洗系统

冲洗系统的运行管理内容如下:

- a) 停止运行前, 应确保留有足够的冲洗所需反渗透产水;
- b) 应测试排放口出水的电导率, 确保膜组件内的污水被充分置换。

5.4.4 化学清洗系统

化学清洗系统的运行管理内容如下:

- a) 应根据膜污堵情况, 按照膜说明书要求配制相应的清洗液, 并严格控制清洗液温度;
- b) 清洗时注意观察清洗液颜色和 pH 值的变化, 污堵严重时, 应补加药剂或更换清洗液, 重新清洗;
- c) 清洗效果不明显时, 应分析污染物成分, 调整清洗液配方;
- d) 每次清洗完毕后, 应排净清洗水箱、管道和清洗滤器内的清洗液, 并用反渗透产水将残液冲洗干净, 化学清洗残液应妥善处理处置;
- e) 对使用后的清洗液进行化学分析, 确认膜污堵的类型, 以调整预处理运行参数;
- f) 应对清洗药剂进行妥善管理。

5.4.5 产水储水罐

宜设置产水储水罐, 储存部分产水用于配制药剂、冲洗系统等。

5.5 后处理单元

5.5.1 产水后处理

系统产水作为再生水利用时, 应满足用水水质要求。当作为工业用水时, 应按照不同行业要求进行后处理设备的运行管理。

5.5.2 浓水后处理

反渗透浓水应妥善处理处置。

5.6 管道系统

反渗透高压泵出口管路宜设置安全保护设施和标识。定期检查维护管道、紧固件、连接件、管道抱箍、管支架等, 必要时进行更换。

5.7 电气系统

5.7.1 一般规定

运行管理内容如下:

- a) 应设立完善的组织机构, 实行专人负责制, 持证上岗;

- b) 应按照电气操作规程操作配电设备，保证设备正常运行；
- c) 应定期进行设备维护、检修；
- d) 配电室应保持良好的通风及照明，门窗开启灵活；
- e) 非电气工作人员进入配电室，应经专业工程师或部门经理批准并在机电值班工作人员陪同下方可入内；
- f) 不得擅自更改配电室机电设备的线路及器材，若需更改，应经审查同意后方可进行；
- g) 宜建立应对事故停电的应急预案。

5.7.2 高压配电

高压配电的运行管理内容如下：

- a) 正常运行时，应每小时巡视检查高压配电柜一次，合闸送电后应立即巡视检查，并作详细数据记录；
- b) 遇到特殊状况（如灾害天气、地震等）应及时启动应急措施，切断高压电源，并告知当地供电中心。

5.7.3 低压配电

低压配电的运行管理内容如下：

- a) 每班巡视不宜少于两次，记录设备运行的环境温度、电压、电流、功率因素等数据；
- b) 带变频器及软启动器的低压配电柜宜检测湿度、温度，并应控制在产品允许的范围内；
- c) 自动空气开关跳开或熔断时，应查明原因再进行恢复，必要时，允许试送电一次。

5.7.4 变压器

变压器运行管理按照 DL/T 572 的规定执行。

5.8 仪表控制

5.8.1 自控系统

自控系统的运行管理内容如下：

- a) 熟悉自控系统的硬件结构，各通信模块的功能及控制流程；
- b) 保证自控系统运行环境良好，避免高温、潮湿、灰尘及频繁振动；
- c) 定期检查自控系统的电压及频率是否正常，指示灯是否正常闪亮；
- d) 定期吹扫内部灰尘，保证风道的畅通和元件的绝缘；
- e) 定期对自控程序进行备份；
- f) 每季度或半年检查基本单元和扩展单元是否安装牢固，接线螺钉是否松动，若发现松动应及时紧固。

5.8.2 仪表

仪表的运行管理内容如下：

- a) 仪表电源电压和气源气压应在规定范围内，禁止在仪表电源上搭接临时负载；
- b) 定期查看仪表指示、记录是否正常，现场一次仪表（变送器）指示值和控制室显示值是否一致；
- c) 定期检查和试验所有在线传感器，设定时间延时保护和报警等；
- d) 定期检查仪表及其连接件的损坏和腐蚀情况，以及仪表和工艺接口泄漏情况；
- e) 定期按仪表说明书要求，清洗和校准在线检测仪表。

5.8.3 阀门

阀门的运行管理内容如下：

- a) 阀门的开关指示应与实际显示（或上位机显示）一致，调节器输出指示和调节阀阀位应一致；
- b) 气动阀门的供气气压、电动阀门的供电电压应满足要求；
- c) 定期对阀门转动部件进行润滑。室外阀门安装使用的螺栓、螺母的外露部分应采取相应的防腐措施，防止螺纹锈蚀。

5.9 公共设施

公共设施提供的数量和质量应充分满足生产运行的需求，保证污水再生处理反渗透系统正常安全运行；应保证厂房内供暖系统满足温度需求。

6 故障诊断与排除

6.1 一般规定

6.1.1 系统产水量小或脱盐率低，达不到系统原设计要求时，应排查问题发生的原因。

6.1.2 在系统发生问题时，首先应通过数据的标准化来消除进水水质、温度、产水量和回收率的影响，从而判断问题的性质。

6.1.3 污水再生处理反渗透系统常见的故障原因及故障发生时运行参数的变化见附录 A。

6.2 发生故障的常见原因排查

6.2.1 产水量下降时的排查事项

包括以下内容：

- a) 关闭系统之前未用符合要求的预处理水或反渗透产水冲洗系统浓水，造成浓水中的污染物在膜面沉积；
- b) 停机时未采用适当的保护措施，导致严重的微生物生长（特别是在温暖环境中）；
- c) 加酸或阻垢剂的剂量有误，未达到系统要求的 pH 值或饱和指数；
- d) 进水流道受到污堵，膜面水流被限制，这种情况下进水和浓水间的压力降过大，需检查各段压力降情况，确定发生问题的位置；
- e) 介质过滤器不正常（污堵或穿透）；
- f) 保安过滤器污堵；
- g) 反渗透膜污堵。

6.2.2 脱盐率下降时的排查事项

包括以下内容：

- a) 膜元件与氯或其他强氧化剂接触，导致反渗透膜氧化损伤；
- b) 产水背压（产水压力高于进水或浓水压力），膜叶膨胀破裂；
- c) O 型密封圈因老化而失去弹性或破裂，导致泄漏；
- d) 反渗透膜发生无机结垢，或被固体小颗粒机械划伤。

6.2.3 反渗透膜污堵原因排查

包括以下内容：

- a) 一旦排除了所有机械故障，就需要确定造成膜污堵的主要污染物，并实施清洗；
- b) 分析清洗出的污染物及清洗液的颜色和 pH；
- c) 清洗完毕后，重新投运可以根据运行状况确认清洗效果；
- d) 各种清洗方法都无法恢复系统性能，就需要对膜元件进行解剖，进行膜面分析和污染物分析，以确定发生问题的原因和相应的解决方案；
- e) 不同类型的污染物可能会污堵系统的不同位置。附录 A 给出了不同污染物可能造成污堵的不同位置，以及发生污堵时系统运行情况的变化。

6.3 故障处理的一般步骤

6.3.1 数据分析、现场调研

包括以下内容：

- a) 确定问题发生的时间点及相关事件；
- b) 分析进水或水源的水质变化，分析指标包括 COD 或 DOC、总溶解性固体（TDS）、浊度、色度、硬度、温度、SDI、余氯、ORP、pH 等；
- c) 分析系统运行参数的调整及结果记录；
- d) 确定系统性能的变化方式，如缓慢的平稳变化、较快但均匀的变化、加速变化、突变等；
- e) 整理系统性能变化时相关的特殊事件，如开关机、关机保护措施（关机系统快冲、停机保护、高压泵前中间水箱停留时间等）、更换保安过滤器滤芯、产水用水量变化、操作人员变化等；
- f) 分析系统加药（包括药剂供应商）的变化，如阻垢剂、还原剂、酸、预处理系统加药等。

6.3.2 数据标准化

对运行数据进行标准化，排除进水水质波动及运行参数变化对系统性能的影响，确认系统性能参数下降的实际情况。

6.3.3 软件分析

运行反渗透系统设计软件，检查系统设计的合理性，检查系统预设参数可能存在的问题，如膜元件选型、膜元件排列方式、泵配置、系统运行参数、结垢倾向、浓差极化比、预测产水水质等。

6.3.4 压力容器探测

在脱盐率有较大变化时，应首先通过单支压力容器测试，绘制脱盐率分布情况，检查出故障膜元件所在的压力容器，然后通过探针试验，绘制该压力容器中单支膜元件的脱盐率分布图，为膜故障或污堵性质判断提供依据。

6.3.5 O型密封圈检查

更换损坏的 O 型圈。

6.3.6 膜元件污堵分析

各段首末端膜元件端头目测观察，膜元件称重，污染物仪器分析，确定污染物的物理化学特性。

6.3.7 污堵原因分析

查明系统污堵的原因，尽量从源头控制膜污堵。

6.3.8 制定清洗方案

根据污染物及污堵状况分析，制定化学清洗方案。

6.3.9 清洗试验

对于规模较大的系统或污堵严重的膜系统，应在实施系统清洗前进行试验清洗，清洗试验的结果作为系统清洗方案的直接依据。

6.3.10 系统清洗注意事项

包括以下内容：

- a) 清洗液进入膜系统前应确保其不超过正常使用温度和余氯等限值；
- b) 严重结垢的膜元件，清洗初期严格控制清洗流量，避免初期流量过大、反应太快，造成崩解的垢块堵塞进水/浓水流道，损坏膜元件（划伤膜面、无法进行继续清洗，严重时膜元件会爆裂）；
- c) 适当提高清洗液的温度会加快反应速度，保证清洗效率；
- d) 一般情况下，首先使用低 pH 清洗液，如柠檬酸等；
- e) 在局部污堵明显时，可以采用离线清洗；
- f) 为了提高清洗效果，可以适当延长浸泡时间，必要时可浸泡过夜。

6.4 其他常见问题与排除

6.4.1 膜元件安装

包括以下内容：

- a) 膜元件与压力容器的安装尺寸有一定的误差，膜元件之间或膜元件与适配器之间留有间隙，会造成膜元件蹿动，宜采用防间隙垫片等方式，消除膜壳与膜元件之间的误差；
- b) 应按照膜元件厂商的说明，使用相应的润滑剂，防止润滑剂使用不当，导致严重的负面影响。

6.4.2 系统调试初期冲洗不够

包括以下内容：

- a) 一般反渗透膜元件使用前会浸泡在保护液中，初期冲洗不够，残留保护液成分会导致产水电导率高于设计指标；
- b) 如果采用湿膜安装，一般宜冲洗 30 分钟以上；
- c) 如果采用干膜安装，需进行预润湿，一般冲洗 6 小时或冲洗 2 小时并浸泡 12 小时。

6.4.3 预处理单元故障

漏砂、漏碳、铁锰超标、絮凝剂残留、出水 SDI 超标。

6.4.4 产水染菌

包括以下内容：

- a) 由于 RO 产水中没有抑菌成分，产水染菌会在产水管道、膜元件中心管内及产水流道中形成污染，在产水中会发现不明丝状悬浮物；
- b) 产水染菌现象一般发生在不规则间歇运行的小型系统中。

7 环境、健康和安全（EHS）管理要求

7.1 一般规定

污水再生处理反渗透系统投运前，应确定环境、健康和安全管理体系的组织构架，落实管理责任，建立适宜的环境、健康和安全管理体系。

7.2 管理规定

7.2.1 识别员工和参观人员进入作业区的不安全因素。

7.2.2 明确划分和标识生产区、加药区、防火区、吊装区和普通作业区。

7.2.3 应对生产区域实施安全标识，安全标识的使用应按 GB 2894 的规定。

7.2.4 应设立专职安全生产管理人员，应规定公司、部门和班组三级安全检查的要求和检查频率。

7.2.5 应制定消防器材、劳动防护用品的管理和使用规章制度。

7.2.6 建立事故管理台账，登记各类事故和未遂事件。

7.2.7 在岗位附近醒目位置悬挂或张贴环境、健康和安全管理规定。

7.3 培训规定

7.3.1 对员工进行环境、健康和安全培训教育，提高员工的环境、健康和安全意识，保障员工在生产过程中的安全与健康。

7.3.2 主要负责人和安全生产管理人员应参加安全资格培训，并取得执业资格证书。

7.3.3 环境、健康和安全教育培训包括安全生产文件、安全管理制度、安全操作规程、防护知识、典型事故案例等。

7.3.4 在设备大修、重点项目检修或重大危险性作业时，安全管理部门应督促指导作业前的安全教育，制定安全防护预案和对策。

8 应急预案

除系统运行过程中可能遇到的故障外，还应准备应对极端天气、自然灾害等紧急情况以及爆管、泄漏等事故的应急方案。主要包括以下内容：

- a) 准备应急预案文件，对紧急情况下可能发生的风险以及应对措施的有效性进行评估；
- b) 对应急预案文件进行定期评估及更新；
- c) 设立应急避难场所；
- d) 设立紧急情况下的通知程序和机制。

附录 A
(资料性)
污水再生处理反渗透系统的故障原因分析

表A. 1给出了污水再生处理反渗透系统故障原因及故障时的运行参数变化。

表A. 1 污水再生处理反渗透系统故障原因及故障时的运行参数变化

故障原因	故障发生的典型位置	系统压降	进水压力	脱盐率
金属氧化物污堵	第一段, 前端的膜元件	迅速升高	迅速升高	迅速降低
胶体污堵	第一段, 前端的膜元件	逐渐升高	逐渐升高	略微降低
无机结垢	后端的膜元件	迅速升高	升高	降低
SiO ₂ 沉积	后端的膜元件	升高	升高	降低
生物污堵	通常是前端的膜元件	迅速升高	迅速升高	降低
有机污堵	所有膜元件	逐渐升高	升高	降低
阻垢剂污堵	后端的膜元件	升高	升高	降低
膜氧化损伤	第一段	降低	降低	降低
膜水解	所有膜元件	降低	降低	降低
膜磨损	第一段	降低	降低	降低
0型圈泄漏	无固定位置	降低	不变	降低
膜组件泄漏	最末端膜元件	降低	降低	迅速降低