

浅谈涂装车间反渗透装置的设计

张黎霖, 王 明, 甘正升, 申 标, 黄海山, 完颜成功
(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 本文主要介绍了涂装车间反渗透装置设计说明及技术要求。该装置专为涂装车间前处理及后续工艺提供稳定纯水而设计。其核心目标是去除原水中绝大部分溶解盐类、胶体、有机物及微生物, 确保产水水质满足严格的涂装工艺要求。反渗透装置设计需确保运行安全可靠、自动化程度高、维护简便, 并满足涂装工艺对高品质纯水的长期稳定需求。系统组成包括预处理单元(多介质过滤器、活性炭过滤器、软化器/阻垢剂投加、保安过滤器)、高压泵及反渗透标准配置(透膜组、清洗装置、纯水箱)。

关键词: 涂装车间; 反渗透装置; 设计说明

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)10-0055-05

Design of Reverse Osmosis Device in Painting Workshop

ZHANG Li-lin, WANG Ming, GAN Zheng-sheng, SHEN Biao, HUANG Hai-shan, WANYAN Cheng-gong
(Chery Automobile Co., Ltd., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: This article introduces the design specifications and technical requirements of the reverse osmosis device in the painting workshop. This device is designed to provide stable and pure water for pre-treatment and subsequent processes in the painting workshop. The core goal is to remove the vast majority of dissolved salts, colloids, organic matter, and microorganisms from the raw water, ensuring that the quality of the produced water meets strict coating process requirements. The design of reverse osmosis equipment should ensure safe and reliable operation, high degree of automation, easy maintenance, and meet the long-term stable demand for high-quality pure water in the coating process. System composition including pre-processing unit (multi-media filter, activated carbon filter, softener/scale inhibitor dosing, security filter), high-pressure pump, reverse osmosis standard configuration (membrane group, cleaning device, pure water tank).

Key words: painting workshop; reverse osmosis device; design description

0 引言

涂装车间前处理、电泳线由于工艺参数及中水回用的要求, 通常会使用反渗透装置。纯水系统、超滤系统、EDRO 系统都会使用反渗透相关的技术。

1 反渗透装置相关定义

1.1 反渗透

在进水水流(浓溶液)侧施加一定的压力以克服自

然的渗透压, 当高于自然渗透压的操作压力施加在进水水流侧时, 水分子自然渗透的流动方向就会逆转, 进水(浓溶液)中的水分子部分通过膜成为稀溶液侧的净化产水, 形成与渗透相反的现象, 称为反渗透。

1.2 反渗透膜

在外加压力作用下, 允许溶剂分子透过而不允许溶质分子透过的一种功能性的半透膜称为反渗透膜。

1.3 反渗透膜壳

指反渗透水处理设备中用来装载反渗透膜元件的承压容器。

1.4 脱盐率

指设备去除进水中杂离子浓度百分比。

收稿日期: 2024-05-23

作者简介: 张黎霖(1987—), 男, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装现场施工工艺、工艺设计及设备开发、涂装新工厂规划建设等与涂装相关工作。E-mail: zhanglilin@mychery.com。

1.5 原水回收率

指设备对原水利用效率的数值，即膜系统中给水转化成产水或透过液的百分率。

1.6 浓缩水

经设备处理后的含盐量被浓缩的水称为浓缩水，简称浓水。

1.7 级

指反渗透水处理设备中，对进水利用反渗透膜进行重复脱盐的次数。

1.8 段

指反渗透水处理设备中，对浓水进行重复回收的

次数。

1.9 产水量

指反渗透水处理设备在进水温度为标准设计温度(20℃)及反渗透膜规定的压力下，每小时产出经过脱盐的水量。

1.10 纯水

指经过反渗透膜脱盐处理后的低浓度水。

2 设备基本组成

2.1 反渗透装置流程

反渗透装置流程见图1，实线框内为标配设备，虚线框内为选配设备。

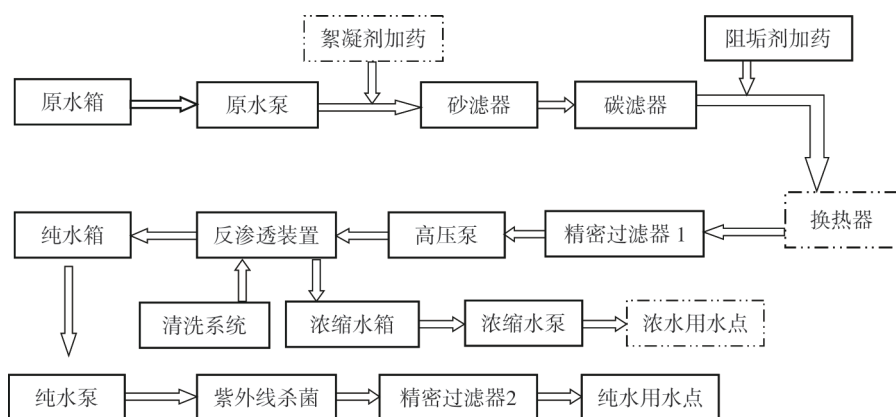


图1 反渗透装置流程

2.2 基本组成

反渗透设备由原水箱、原水泵、砂滤器、精密过滤器、反渗透装置、纯水箱、清洗系统、浓缩水箱、浓缩水泵、紫外线杀菌系统及加药装置组成。

2.3 设备技术参数

以下参数基于进水水质为城市自来水，如使用地下水、三级废水等，参数需另行调整。

1)反渗透水处理设备(简称RO设备)设计应严格按照进水的水质报告中的参数进行计算。

2)RO设备的初始脱盐率大于或等于98%，且每年的脱盐率衰减不高于10%。

3)RO膜的正常使用寿命不应低于3年。

4)RO设备系统平均水通量(8in卷式膜)标准状态下应大于1.0 m³/h，设计时选取1.0 m³/h，RO膜水通量衰减每年不高于10%。

5)RO设备的设计水回收率，见表1，当原水溶解性总固体含量≥150 mg/L时，回收率最高按75%计算；二级纯水回收率统一按80%计算。

表1 RO设备的设计水回收率(25℃,膜标准渗透压)

项目	膜元件串联数量/支									
	3	4	5	6	8	9	10	12	15	18
最大系统回收率/%	≥50	≥58	≥65	≥70	≥70	≥75	≥75	≥75	≥84	≥84

6)RO设备初期(正常运行6个月内)纯水电导率不高于5 μS/cm，稳态出水电导率不高于10 μS/cm。

7)预处理后的系统进水的游离氯浓度不高于0.05 mg/kg。

8)预处理后的进水水质的COD、BOD、浊度等应

满足膜组件对水质要求，一级pH为6.0~7.5，二级pH为8.3~8.6，COD不高于3 mg/L。

9)预处理后的膜组进水淤塞指数SDI15不高于5。

10)预处理后的膜组进水浊度不高于1.0 NTU。

11)RO设备低压管路采用UPVC材质，高压管路

采用 SUS304 不锈钢材质。

12)RO 设备设计时, 每级原水利用不少于两段, 纯水回收级数根据水质报告确定, 确保最终纯水水质符合设计要求。

3 设备技术要求

3.1 原水箱

1)原水箱容积不小于系统正常运行 0.5 h 的原水量。

2)原水箱可采用 SUS304 不锈钢或者 PE 材质, 容积不大于 20 m³ 的宜采用 PE 水箱, 容积大于 20 m³ 的采用 SUS304 不锈钢水箱。

3)原水箱进水采用自动和手动补水管路阀组, 阀组高度不高于 1.5 m, 便于人员操作和维修, 自动阀应具备慢开慢关功能。

4)原水箱外部应安装有爬梯, 用于水箱保洁维修, 不锈钢水箱内部应安装不锈钢检修爬梯。

5)原水箱应设置槽底为斜底, 有低位排放阀和管路, 以及高位溢流管路。

6)原水箱内应安装液位计, 至少应具备 4 个独立的控制: 极低位、低位、高位、超高位。

3.2 原水泵

1)原水泵过流部件采用 SUS304 不锈钢材质。

2)原水泵采用在线备用方式, 正常运行时一备一用, 但在清洗时应可同时开启。

3)单台原水泵额定工况流量应不小于系统所需原水量, 扬程应能克服管路阀门、砂滤器、碳滤器以及精密过滤器等的阻力, 且余压不小于 0.1 MPa。

4)原水泵进出口安装手动阀, 出口阀门前安装单向阀, 且出口应配置不锈钢压力表, 表量程应符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

5)原水泵电机绝缘等级 F 级, 防护等级 IP55。

3.3 砂滤器

1)砂滤器材质可选用 SUS304 不锈钢涂覆玻璃钢或碳钢衬胶。

2)砂滤器设计断面平均流速应在 8~12 m/h 之间。

3)砂滤器具备自动切换阀组反冲洗功能, 阀门具备慢开慢关功能, 自动电磁气动阀具有自动和手动切换功能。

4)砂滤器顶部应设置排气阀, 底部设置排水阀。

5)砂滤器采用板式布水器。

6)在砂子装填高度附近设置观察镜, 观察镜采用法兰固定方式。

7)砂滤器设计的有效装填高度不低于 1 m, 且顶部缓冲清洗空间不小于 0.8 m。

8)砂滤器应设置有装料口和卸料口, 均应采用法

兰连接方式。

9)砂滤器进出口应安装不锈钢压力表, 符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

10)砂滤器耐压大于或等于 0.6 MPa。

3.4 碳滤器

1)碳滤器材质可选用 SUS304 不锈钢涂覆玻璃钢或碳钢衬胶。

2)碳滤器设计断面平均流速应在 8~12 m/h 之间。

3)碳滤器具备自动切换阀组反冲洗功能, 阀门具备慢开慢关功能, 自动电磁气动阀具有自动和手动切换功能。

4)碳滤器顶部应设置排气阀, 底部设置排水阀。

5)碳滤器采用板式布水器。

6)在活性炭装填高度附近设置观察镜, 观察镜采用法兰固定方式。

7)碳滤器设计的有效装填高度不低于 1 m, 且顶部缓冲清洗空间不小于 0.8 m。

8)碳滤器应设置有装料口和卸料口, 均应采用法兰连接方式。

9)碳滤器进出口应安装不锈钢压力表, 符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

10)碳滤器耐压大于或等于 0.6 MPa。

3.5 精密过滤器 1

1)精密过滤器采用 SUS304 不锈钢材质, 并经过内外抛光处理。

2)过滤器滤芯过滤精度为 5 μm。

3)精密过滤器的开盖方式宜采用快开式, 如流量大无法采用, 则应采用法兰盘式, 确保密封效果。

4)过滤器顶部设置有排气阀, 底部设置有排放阀。

5)精密过滤器进出口应安装不锈钢压力表。

6)过滤器公称压力大于或等于 0.6 MPa。

3.6 高压泵

1)高压泵出口设置不锈钢压力表。

2) 高压泵进出口应设置压力开关用于系统保护, 如果进口低压或出口高压均应进行报警, 停止系统。

3)高压泵过流部件材质应为 SUS304 不锈钢。

4)高压泵出口应设置电动缓开阀, 缓开时间 30~60 s, 防止对膜组产生冲击。

5)高压泵的流量和扬程应基于系统性能衰减后的计算结果, 并提供 10% 的富余量。

6)高压泵电机绝缘等级 F 级, 防护等级 IP55。

7)高压泵排气口应配置自动排气阀, 防止内部积气。

3.7 反渗透装置

1)反渗透装置包括反渗透膜壳、反渗透膜及配套

管路系统等。

2) 设备设计时, 在装膜和卸膜端需留出至少 1.5 m 距离, 便于拆装和维护。

3) 单只 8 in 压力容器进水不高于 17 m³/h, 浓水流量大于或等于 2.7 m³/h。

4) 单支压力容积压力损失不高于 0.27 MPa。

5) 进水的 pH 应能够调节至 6~8 之间, 根据进水的 pH 确定是否需要配置 pH 调整加药装置。

6) 单只膜元件的水回收率不低于 15%。

7) 膜元件的最高进水温度不高于 45 ℃。

8) 单只膜元件的脱盐率大于或等于 99%。

9) 设计时单只膜元件的压力差不高于 0.03 MPa。

10) 系统设计时应避免纯水侧背压的产生, 无法避免时纯水侧背压应不高于 0.04 MPa。

11) 单支膜壳内膜串联数量不超过 6 支。

3.8 纯水箱

1) 纯水箱容积不小于系统正常运行 1 h 的产水量。

2) 纯水箱可采用 SUS304 不锈钢或者 PE 材质, 容积不大于 20 m³ 宜采用 PE 水箱, 容积大于 20 m³ 的采用 SUS304 不锈钢水箱。

3) 纯水箱外部应安装有爬梯, 用于水箱保洁维修, 不锈钢水箱内部应安装不锈钢检修爬梯。

4) 纯水箱应设置有低位排放阀和管路, 以及高位溢流管路。

5) 纯水箱内应安装液位计, 至少应具备 4 个独立的控制: 极低位、低位、高位、超高位。

6) 纯水箱应考虑防止二次污染。

3.9 纯水泵

1) 纯水泵过流部件采用 SUS304 不锈钢材质。

2) 纯水泵采用在线备用方式, 正常运行一备一用。

3) 单台纯水泵流量应大于等于纯水的瞬时需求量, 扬程满足压力需求最大使用点的压力需求。

4) 纯水泵进出口安装手动阀及回流背压阀, 出口阀门前安装单向阀。

5) 纯水泵出口应配置不锈钢压力表, 符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

6) 纯水泵电机绝缘等级 F 级, 防护等级 IP55。

3.10 紫外线杀菌器

1) 紫外线杀菌器流量应大于等于单台纯水泵的流量。

2) 紫外线杀菌器应具备紫外线强度检测、报警功能。

3) 紫外线杀菌器应具备旁路功能, 进出口及旁路安装手动蝶阀。

4) 紫外线杀菌器采用短波紫外线杀菌。

5) 紫外灯管的正常使用寿命大于或等于 9 000 h。

6) 紫外线杀菌器外壳采用 SUS304 不锈钢材质, 并进行内外抛光处理。

7) 紫外线杀菌器公称压力大于或等于 0.6 MPa。

3.11 精密过滤器 2

1) 纯水过滤器采用 SUS304 不锈钢材质, 并经过内外抛光处理。

2) 过滤器滤芯过滤精度为 0.5 μm。

3) 过滤器的开盖方式宜采用快开式, 如流量大无法采用, 则应采用法兰盘式, 确保密封效果。

4) 过滤器顶部设置有排气阀, 底部设置有排放阀; 进出口应安装不锈钢压力表, 符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

5) 过滤器公称压力大于或等于 0.6 MPa。

3.12 清洗系统

1) 清洗系统包括清洗泵、清洗水箱及清洗管路。

2) 清洗水箱采用 PE 材质, 容积满足系统的清洗要求。

3) 清洗水箱应配置低位排放管路阀门及高位溢流管路。

4) 清洗水箱应配置液位计, 低位保护清洗水泵。

5) 清洗泵过流部件采用 SUS304 不锈钢。

6) 清洗泵电机绝缘等级 F 级, 防护等级 IP。

7) 清洗泵流量应满足系统同时清洗, 且单支膜壳进水量介于 8~9 m³/h 之间。

8) 清洗泵扬程应满足膜壳入口压力介于 0.3~0.4 MPa 之间。

3.13 浓水箱

1) 浓水箱容积不小于系统正常运行 1 h 的浓水产水量。

2) 浓水箱可采用 SUS304 不锈钢或者 PE 材质, 容积不大于 20 m³ 宜采用 PE 水箱, 容积大于 20 m³ 的采用 SUS304 不锈钢水箱。

3) 浓水箱外部应安装有爬梯, 用于水箱保洁维修, 不锈钢水箱内部应安装检修爬梯。

4) 浓水箱应设置有低位排放阀和管路, 以及高位溢流管路。

5) 浓水箱内应安装液位计, 应具备至少 3 个独立的控制, 极低位、低位、高位。

3.14 浓水泵

1) 浓水泵过流部件采用 SUS304 不锈钢材质。

2) 浓水泵采用在线备用方式, 正常运行一备一用。

3) 单台浓水泵流量应大于瞬时需求量, 扬程满足压力需求最大使用点的压力需求。

4) 浓水泵进出口安装手动阀, 出口阀门前安装单

向阀。

5)浓水泵出口应配置不锈钢压力表,符合正常运行时压力指示在压力表量程的 1/3~2/3 之间。

6)浓水泵电机绝缘等级 F 级,防护等级 IP54。

3.15 加药设备

1)加药装置应配置计量泵和 PE 加药箱。

2)加药箱应有排放口,注水口、盖子等。

3)加药设备应配置液位计,低位保护加药泵。

4)加药箱有清晰的刻度显示,便于加药浓度调整。

5)RO 设备应配置阻垢剂加药装置。

6)RO 设备应根据原水水质报告情况,确定是否需要絮凝剂加药装置。

7)如添加药剂为固体,则加药装置应配置搅拌机。

3.16 仪表、电控

1)设备配备的仪器、仪表的量程和精度应满足设备性能的需要,符合有关规定,接口不得有任何泄漏。

2)运行参数检测点:各级给水、产品水和浓水流量,各段给水、浓水、产品水、过滤器进出口、水泵出口压力,各级给水、产品水温度、pH、电导率。

3)自动化控制灵敏,遇故障应立即止动,具有自动安全保护功能。

4)电气控制柜应符合国家及相关行业规定,安装应便于操作,符合设计要求。

5)各类电器接插件的安装应接触良好,操作盘、柜、机、泵及相关设备均应有安全保护措施,保证电气安全。

6)电控柜配置 10 in 触摸屏,用于显示系统运行流程、参数及状态(包括流量、电导率、pH),并可进行操作。

7)PLC 输入输出点需预留 10%的升级空间。

4 结语

为了满足涂装车间清洁生产、产品质量,需要对车间前处理线、电泳线反渗透装置技术要求等提前规划及设计,从而减少施工时间与标准缺失不足的问题,为整车正常下线,保质保量做出贡献。

参考文献:

- [1] 仓里.涂装工艺[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [2] 杨立君,江志文.托克托电厂反渗透装置的运行与维护[J].电力设备,2008(5):81-83.
- [3] 李政雄,赵金龙,何福海.反渗透膜在电泳涂装中的应用[J].现代涂料与涂装,2012(4):55-57.
- [4] 乔一行,高磊,王明,等.浅谈涂装车间纯水系统设计说明及技术要求[J].现代涂料与涂装,2024(2):44-46.
- [5] 陈广垠,章军.膜分离技术在汽车涂装工业中的应用[J].现

代涂料与涂装,2014(9):42-45.

- [6] 蔡永财,惠辉,杨国都,等.浅析涂装车间中水处理及应用[J].现代涂料与涂装,2015(7):5-7.
- [7] 赵成林.关于涂装车间二级纯水管路冲洗的研究[J].现代涂料与涂装,2019(3):30-32.
- [8] 何思东,潘佐.水处理膜技术在集装箱水性涂料废水处理中的应用与发展趋势[J].中国涂料,2024(4):36-41.
- [9] 许能才,汪金东,王兵,等.浅谈汽车涂装用水分析及节水减排[J].现代涂料与涂装,2023(9):47-49.
- [10] 谢珉.喷淋塔在汽车行业涂装臭气治理中的应用[J].汽车与新动力,2024(6):79-81.

=====

(上接第 23 页)结构会发生电化学腐蚀,腐蚀一旦发生便会迅速向钢结构四周及内部扩张。腐蚀的发生会改变钢结构原有的性能,进一步影响海洋工程设备设施的安全正常运行。涂层作为高效便捷的防腐蚀措施被广泛应用于海洋工程钢结构涂装防腐蚀领域。质量优异的涂层能够帮助海洋钢结构减缓海洋腐蚀介质的渗入速度,抑制电化学腐蚀的发生,从而延长钢结构的使用寿命。涂层的防腐蚀性能与现场涂装施工的质量呈正相关,为避免相应涂层质量缺陷的产生除了加强现场施工管理和质量控制外,还应加强环境容忍性高、耐候性强的涂料的研发,涂层配套、喷涂设备的升级换代,以此来避免涂层质量缺陷的发生,最终促进海洋工程领域涂装专业的高质量发展。

参考文献:

- [1] 刘书法,李同跃,付春雷,等.海洋钢结构腐蚀原因及防腐蚀方法分析[J].石油和化工设备,2021,24(5):91-94.
- [2] 晏学兵.海洋工程钢结构涂装涂装阶段涂层缺陷分析[J].现代涂料与涂装,2023,26(11):45-47.
- [3] 韩行勇.港口机械重防腐涂层体系的研究[D].大连:大连海事大学,2009.
- [4] 付东兴.Zn-Al-Mg-RE 涂层与舰船涂层的协同性及其构建的复合涂层的耐蚀机理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.
- [5] 张健,王旭东,樊志勇.漆膜缺陷分析及修复工艺[J].全面腐蚀控制,2009,23(4):45-46.
- [6] 宋振,刘书法,宁一凡,等.海洋工程涂装生产管理控制研究[J].现代涂料与涂装,2023,26(10):51-53.
- [7] 吴栋,刘书法,曲春钊,等.海洋平台涂装施工要求与质量分析[J].现代涂料与涂装,2023,26(12):41-43.