

反渗透水处理浓水调节系统的优化设计

张兴惠

(太原理工大学环境科学与工程学院, 山西 太原 030024)

摘要:结合工程实例,对反渗透水处理系统进行了介绍;并对反渗透水处理中浓水调节系统进行了优化设计。通过对浓水排放系统中浓水调节管道和冲洗排放管道的优化设计,使反渗透水处理大型膜系统能在较短的时间内达到正常运行和产水要求,同时节水、节能,缩短调节时间,具有工程实践参考作用。

关键词:水处理;反渗透;浓水;调节系统;优化设计

中图分类号:X773;TQ342.8

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2009)07-0065-03

Optimization design of the concentrate stream regulation system in reverse osmosis water treatment

ZHANG Xing-hui

(College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Linking with some practical example, a reverse osmotic water treatment system is introduced. Concentration water regulation system in reverse osmotic water treatment is optimized. By optimization of design of concentration water regulation pipeline and wash discharge pipeline in the concentration water discharge system, large membrane system in reverse osmotic water treatment could attain normal function and water treatment demand in a shorter time, and could economize water, energy, and shorten regulation time. This work may provide reference for engineering practice.

Key words: water treatment; reverse osmosis; concentration water; regulation system; optimization design

我国是世界上严重缺乏淡水的国家之一,如何利用有限的资源满足社会的可持续发展,一直是人们不断探索和研究的课题。在热工装置和化工、电力、冶金、机械、制药、电子、食品等行业中对水的需求量大,且水质要求高,面对水资源紧张和环境保护的压力,节约用水、开源节流和提高水的重复利用势在必行,故先进的水处理技术和合理的系统设置是水处理面临的重要课题。随着反渗透技术^[1-4]在国内的快速发展,它已经成为水处理工程普遍采用的主要技术手段。

由于反渗透系统的大量使用,系统的优化设计和合理的工艺配置占据着十分重要的位置。经对一些在用反渗透系统的调查发现,大部分反渗透水处理系统在管道的设计配套上,普遍采用了满足系统基本使用要求的简单设计,如:浓水系统的浓水调节部分保持简单传统设计配置,没有对其进行进一步的优化设计。反渗透装置的系统设计是根据使用的水质、产水量、回收率等,按膜生产厂家提供的设计软件,对膜及容器的排列进行指导性设计,而整个反渗透系统中的管道并无提供参考设计,系统管道的设计是由施工单位或制造单位进行设计。为了克服

简单传统设计配置中出现的耗水量大、能耗高和调节费时等问题,对反渗透管道系统的优化设计显得尤为重要。通过与某工程制造单位合作,对其 $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$ 反渗透浓水调节系统进行了优化设计,在山西某有机硅厂的水处理系统中得到应用并取得了较好的效果。

1 反渗透系统基本概况

1.1 反渗透系统构成

一个完整的反渗透系统包括“预处理系统”、“膜系统”、“后处理系统”3个部分,由高压泵、管道、膜元件与膜容器为主要设备构成了膜系统^[1]。在国家相关的技术标准中对膜系统的结构没有明确的要求,膜系统的形式多种多样,膜系统中随工艺的简繁和大小不同,存在着不同的系统结构和系统径流形式。

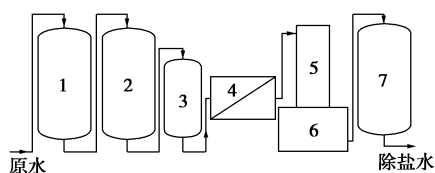
1.2 工程要求

山西某有机硅的水处理系统要求:系统给水为地下井水水质,最大产水量 $\geq 130 \text{ m}^3/\text{h}$,系统正常处理能力按 $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$ 设计,进水温度 $5 \sim 25^\circ\text{C}$,回收率 $\geq 75\%$,膜运行 3 年的脱盐率 $\geq 97\%$,透水率的

年衰率 $\leq 10\%$,浓水无回流需收集入水箱,用于预处理设备反洗再生使用,全封闭运行。

2 水处理系统工艺

有机硅的水处理系统包括:预处理系统采用“多介质+活性炭”的过滤处理工艺;膜系统为一级两段系统构成,膜元件采用美国海德能公司的 CPA3-8040 型号,8"六芯装玻璃钢容器,按 7:4 排列组成;后处理系统为“除碳器+混床”处理工艺,水处理工艺简图如图 1 所示(图中未给出再生系统设备)。



1—多介质过滤器;2—活性炭过滤器;3—精密过滤器;
4—反渗透装置;5—除 CO₂ 器;6—中间水箱;7—混床

图 1 水处理系统工艺

3 系统工艺参数设计

该系统预处理系统工艺有 4 台多介质设备和 4 台活性炭设备,设备采用了串联和并联连接形式,以

(上接第 64 页)

③加入除油清洗剂和黏泥剥离剂清洗;④清洗至终点,再“大排大补”方式换水,直至换水合格;⑤正常运行后,开始正常投加缓蚀阻垢剂和杀菌剂。

此方法换水量过大,受经济承受力的限制,一般停止加缓蚀阻垢剂和杀菌剂,这样循环水的缓蚀、阻垢和杀菌灭藻效果受到巨大影响,循环水可出现一种所谓水质稳定空白期。这一时期对设备的损伤是极其严重的。因为此时水中防腐蚀能力很小,加之菌藻黏泥的影响及泄漏的油料黏附后与生物黏泥混染,腐蚀性更强,使得这个时期腐蚀性是水稳剂投放的 50~100 倍,导致水冷器发生更严重的腐蚀,物料泄漏更频繁,从而形成一种恶性循环,对全厂水冷器的正常运行和寿命构成严重威胁。

经过技术攻关,该厂改进了物料泄漏的处理方法,采用以下方法和步骤处理:①查清和切除漏油源;②加入除油清洗剂和黏泥剥离剂清洗;③清洗至终点,再慢慢置换水,置换水期间正常加缓蚀阻垢剂和杀菌剂。

1.6 加强系统科学管理

在搞好科研和监测工作的同时,注意建立和完善循环冷却水管理制度,基本形成了一套行之有效

确保连续稳定运行。管路为支母管结构形式,设备过滤流速 8~20 m/h,反洗流速 28~33 m/h,预处理系统流量为 160~175 m³/h;膜系统产水量为 120~130 m³/h,回收率 75%,系统流量为 120~130 m³/h。后处理为 2 台混床设备,单台设备的生产能力为 140 m³/h。按系统设备配置和工艺参数的要求,水处理系统在 5~25℃ 运行。

4 膜系统的优化设计

4.1 膜系统设计

膜系统的设计是按产水量、产水水质和进水水质 3 项基本内容为依据^[1]。在遵循和满足膜元件极限参数的条件下,如:膜元件给水流量极限、膜元件浓水流量极限、浓差极化极限回收率、通量均衡极限回收率、难溶盐极限回收率、膜系统的极限回收率等,按照美国海德能公司提供的系统设计软件进行了设计计算和工程运行验证,即在进水温度 5~25℃,回收率 $\geq 75\%$,膜运行 3 年的脱盐率 $\geq 97\%$,透水率的年衰率 $\leq 10\%$,系统处理能力按正常 2×60 m³/h 设计,在冬季极限状况下(进水温度 5℃)需保证产水量 ≥ 130 m³/h,选取的高压泵型号及参数为:CR90-6, N=45 kW, Q=80 m³/h, H=145 mm,

的科学的管理制度,诸如水质异常优先制、定期现场巡检制、每周例会制、水处理药剂入厂质检制和严格把好系统清洗预膜检验质量关等管理制度。

2 改进前后的效果对比

循环水水质改进后,水冷器物料泄漏频次减少,浓缩倍数迅速提高,减少了新鲜水的消耗。2008 年,生产装置发生了 21 次物料泄漏,在处理水质泄漏过程中,消耗新鲜水 30 万 t。2007 年循环水场所带装置发生泄漏共 26 次,泄漏水质浊度最严重达到了 607 NTU,而 2008 年泄漏水质浊度最大达到了 153 NTU,从每次泄漏持续时间看,2008 年比 2007 年大大缩减,基本在 8~24 h 内切除漏点,处理效率大大提高,减轻了污染程度,为后续的水质处理节约了费用,从水场补水量消耗看,2008 年比 2007 年减少了 21 万 t,药剂总消耗量 2008 年比 2007 年减少了 16 t。

通过对炼油厂循环水水质进行不断改进,该厂获得了处理炼油厂循环水质恶化的新的经验和方法,掌握了其独特规律,使炼油厂循环冷却水处理工作登上了一个新的台阶。这些经验和方法为其他炼油厂循环水水质改进提供了借鉴。■

单套反渗透膜系统的组成如图2所示。

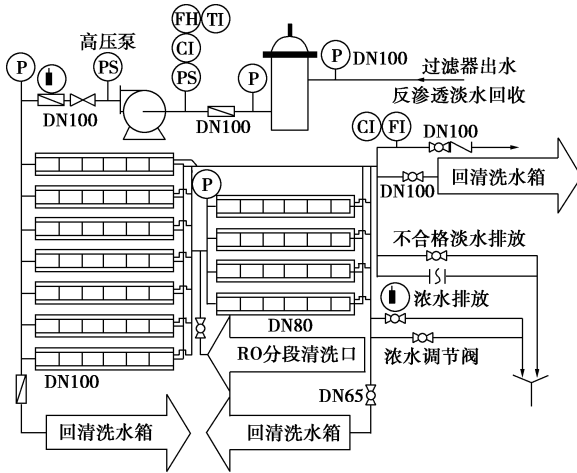


图2 反渗透装置系统

4.2 浓水调节系统的优化设计

为了保证水处理系统在最短的时间内达到正常运行和产水要求,同时节水、节能、缩短调节时间,需对浓水调节系统进行优化设计。按照反渗透系统运行和操作的要求,系统既要满足反渗透启动和日常运行的要求,同时也要满足系统冲洗和清洗时的要求,整个系统的设计和配置必须满足合理性和优化性。

4.2.1 反渗透膜系统管路基本要求

膜系统的设计是按膜生产厂家提供的系统设计软件,对膜和膜壳进行最优化的排列组合。对于膜系统的制造和施工单位而言,通常要解决的问题是对膜系统中管路系统的合理配置进行选择和设计。管路系统设计主要指管道和各种阀门的配置,包括:

(1)高压泵后的管道系统是按高压泵的出口直径来确定,即膜容器进、出口两端的管道直径与高压泵的出口直径一致,以满足反渗透系统初始运行和调试的要求。

(2)高压泵后手动调节阀和电动慢开门。

(3)浓水调节阀和自动冲洗装置。

(4)淡水不合格排放等控制阀门。

(5)清洗系统的控制阀等。

4.2.2 反渗透浓水调节系统的优化设计

反渗透浓水调节系统的优化设计,就是对反渗透膜系统中浓水调节阀和冲洗排放阀之间的直径配比进行优化设计。在浓水排放管道上,浓水调节阀和冲洗排放阀采用并联形式。启动时浓水调节阀和冲洗排放阀均处于开启状态;运行中冲洗排放阀为关闭状态;停车时系统需进行低压冲洗,浓水调节阀和冲洗排放阀均处于开启状态。在传统设计配置中,一般取浓水调节阀的管径和冲洗排放阀的管径

与浓水排放总管道直径是相同的,这样的配置虽然简单,但是经济性和调整操作方便性不理想,在大型膜系统中尤为明显,因此需进行优化设计。

在稳定流动系统中,体积流量一定时,流速与管径的平方成反比。考虑到反渗透系统运行时,浓水调节尽可能的小,即阀门调节量在尽量小的调节范围内可达到系统运行时所需指标。优化设计时,以系统启动状态时的流速为基准,设定浓水管内的流速恒定,按系统回收率决定浓水调节系统的直径配比。以山西某有机硅厂 $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$ 水处理反渗透系统为例,优化结果为:

(1)高压泵的出口直径为100 mm,即系统进水管径为100 mm,浓水排放管道也选为100 mm。按系统最大产水量 $65 \text{ m}^3/\text{h}$,回收率为75%时,浓水管道浓水流量为 $21.7 \text{ m}^3/\text{h}$,计算求得浓水调节管道内径为50 mm。

(2)按正常产水 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,回收率为75%时的浓水管道流量为 $20 \text{ m}^3/\text{h}$,管内流速以启动状态时的数值计算,求得浓水调节管道内径为47.96 mm。

(3)考虑反渗透系统运行时要进行调节,选取浓水调节管道直径为50 mm,即可满足反渗透系统在启动、最大产水和正常产水状态时的需要,也有一定的调节余量和调节范围。

将以上优化结果应用于山西某有机硅厂 $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$ 水处理反渗透系统,运行结果表明,水处理系统能在较短的时间内达到正常运行和产水要求,同时节水、节能、缩短调节时间,取得了良好的效果。

5 结论

通过对浓水排放系统中的浓水调节管道和冲洗排放管道的优化设计,既能满足反渗透启动和日常运行的要求,同时也要满足系统冲洗和清洗时的要求,从而达到节约用水、节省调节时间、降低能源消耗和调整操作方便等目的,具有工程实践的参考作用。对山西某有机硅厂 $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{h}$ 水处理系统的反渗透系统浓水调节系统进行优化设计,取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 靖大为. 反渗透系统优化设计[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [2] 张葆宗. 反渗透水处理应用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [3] 蔡巧燕. 反渗透系统的运行与维护[J]. 新疆有色金属,2008(6): 67-68.
- [4] 国家质量监督检验检疫局. 反渗透水处理设备,GB/T 19249—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003. ■