

# 循环水系统运行存在问题及解决措施

路理想

(山西兰花科技创业股份有限公司田悦化肥分公司)

**摘 要:** 本文主要介绍田悦化肥分公司循环水系统运行状况及存在问题,继而有针对性进行优化提升,使水质达到指标,保证循环水冷却系统长周期高效稳定运行。

**关键词:** 循环水系统、结垢、腐蚀、微生物粘泥。

## 0 前言

山西兰花科技创业股份有限公司田悦化肥分公司循环水系统采用敞开式循环水冷却系统,回水通过冷却塔喷淋和空气逆流接触及蒸发散热降温,同时通过加药、置换、过滤等措施控制水质,以降低各设备管道结垢及腐蚀,各项指标均达到国家标准,碳钢腐蚀率( $\leq 0.075\text{mm/a}$ )、结垢粘附速率 $\leq 15\text{mg/cm}^2$ 月、粘泥量 $\leq 4\text{ml/m}^3$ 。

## 1 循环水运行状况

我公司循环水冷却系统分为合成循环水系统和尿素循环水系统,主要是供合成、尿素工段等生产设备使用,两个循环水系统主要采用地下水作为循环水系统的补水,系统排水主要根据循环水系统的运行控制指标进行间断性排污。

合成循环水循环水量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ ,保有水量为 $3500\text{m}^3$ ,6台旁滤器投用,夏季循环水的上水温度为 $32^\circ\text{C}$ ,回水温度为 $40^\circ\text{C}$ ,冬季循环水的上水温度为 $18^\circ\text{C}$ ,回水温度为 $26^\circ\text{C}$ ,夏季补水量为 $130\text{m}^3/\text{h}$ (含污水站回用水),冬季补水量为 $100\text{m}^3/\text{h}$ (含污水站回用水),每月的年腐蚀率为 $0.015\text{mm/a}$ 。

尿素循环水循环水量为 $5200\text{m}^3/\text{h}$ ,保有水量为 $1500\text{m}^3$ ,3台旁滤器投用,夏季循环水的上水温度为

31℃,回水温度为38℃,冬季循环水的上水温度为17℃,回水温度为24℃,夏季补水量为50m<sup>3</sup>/h(含污水站回用水),冬季补水量为35m<sup>3</sup>/h(含污水站回用水),由于使用尿素解析废液15m<sup>3</sup>/h,每月的年腐蚀率为0.03mm/a,较合成循环水偏高。

循环冷却水系统中冷却水在循环系统中不断循环使用,由于水温升高、流速变化、蒸发、各种无机离子和有机物质的浓缩,冷却塔和冷却水池在室外受到阳光照射、风吹雨淋、灰尘杂物的进入,以及设备的结构和材料等多种因素的综合作用,主要会产生污垢附着、腐蚀、微生物滋生三大问题,目前最常用的冷却水处理办法就是通过投加化学药剂来控制上述问题的发生,减少对生产过程造成的危害。

表1 循环水系统工艺指标

种类	项目	合成循环水	尿素循环水
运行指标	PH	7.6-8.6	7.6-8.6
	总硬度 mg/L	≤1600	≤1600
	总碱度 mg/L	≤250	≤250
	浊度 NTU	≤20	≤20
	电导率 μS/cm	≤3800	≤3800
	钙离子 mg/L	≤900	≤900
	氯离子 mg/L	≤300	≤300
	总铁 mg/L	≤2.0	≤2.0
	总磷 mg/L	≤0.5	≤0.5
	余氯 mg/L	0.3-1.0	0.3-1.0
	氨氮 mg/L	≤10	≤10
	COD mg/L	≤50	≤50
	浓缩倍数	3-4	3-4

## 2 循环水系统存在问题

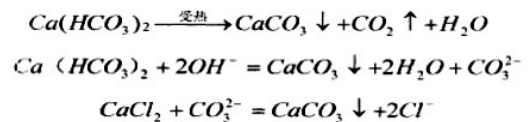
循环冷却水在循环使用过程中,由于水温升高、水的蒸发、各种无机离子和有机物质的浓缩、冷却塔和冷水池在室外受到阳光照射、风吹雨淋、灰尘杂物的进入,会产生比直流水系统更为严重的沉积物附

着、设备腐蚀和微生物滋生以及由此引起的粘泥污垢堵塞管路等问题,威胁生产系统长周期、安全、稳定运行,甚至造成严重的安全生产隐患及经济损失。因此循环冷却水系统必须进行水质稳定处理,就是要降低金属腐蚀,控制结垢生成,抑制微生物繁衍滋生,改善运行条件,使设备能够长期运行于高效、节能状态,延长机组和设备寿命。

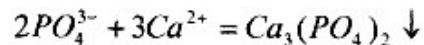
所以结垢、腐蚀、微生物粘泥已成为循环冷却水系统必须解决的三大主要问题,这三个问题通常情况下不会单独发生,它们之间有着相互关联的关系。

### 2.1 结垢产生的原因

水中溶解有各种盐类,如重碳酸盐、硫酸盐、氯化物、硅酸盐等。其中溶解的重碳酸盐如Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>最不稳定,受热容易分解生成碳酸钙;循环水系统一般在偏碱性的条件下运行,Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>也易生成CaCO<sub>3</sub>,其反应机理如下:



如果水中存在磷酸盐时,磷酸根也将与钙离子反应生成磷酸钙。



生成的碳酸钙和磷酸钙均属微溶盐,它们的溶解度很小,这些微溶盐在水中很容易达到过饱和状态而结晶析出,形成水垢沉积于换热器的传热面上。由于这些水垢晶型致密、质地坚硬,导热差,影响换热器的传热效率。

### 2.2 阻垢措施

在循环冷却水系统中投加阻垢分散剂,利用阻垢分散剂的晶格畸变作用、增加成垢化合物的溶解度和静电斥力作用,使成垢离子稳定在水中,少量微生物粘泥等杂质可分散成微粒悬浮于水中,随着水

流流动而不沉积在换热器表面上,从而减少污垢对传热的影响,同时部分悬浮物还可随排污水排出循环水系统或通过旁滤器过滤掉。

### 2.3 腐蚀产生的原因

循环水系统在运行过程中,由于溶解氧、促进腐蚀性粒子的存在,以及微生物的繁殖,均会对系统金属产生腐蚀。水中溶解氧,是引起金属发生电化学腐蚀一个主要因素。氧气是一种去极化剂,在一般情况下,水中氧含愈多,金属腐蚀越严重。氯离子和硫根离子均属于强腐蚀性离子,特别是氯离子容易穿透钝化膜表面产生点蚀现象。在有污垢存在的时候,氯离子可以穿透污垢于 $Fe^{2+}$ 生成 $Fe-Cl_2$ , $FeCl_2$ 进一步水解生成 $Fe(OH)_2$ 和 $HCl$ ,导致腐蚀区呈酸性,使金属腐蚀速度加快。 $SO_4^{2-}$ 的存在有利于硫酸盐还原菌的滋生和繁殖,并还原生成硫化氢,水中溶解硫化氢会促进碳钢腐蚀。循环水中的微生物,特别是产生粘泥的微生物会在金属表面沉积,引起垢下腐蚀。同时一些微生物的新陈代谢过程也参与了电化学过程,促使腐蚀加速。

### 2.4 防腐蚀措施

循环冷却水处理采用有机磷(麟)酸盐和锌盐复配作为缓蚀剂,在碳钢表面形成一层沉积膜,减缓碳钢在水中的腐蚀。唑类是一种有效的铜和铜合金的缓蚀剂,它吸附在金属表面,抑制金属的腐蚀;并能螯合水中的铜离子,防止铜离子在碳钢材质上析出,造成点蚀,唑类缓蚀剂对其他金属也有缓蚀作用。

### 2.5 微生物粘泥产生的原因

在敞开式循环冷却水系统中,冷却水的水温通常被设计在 $32 \sim 42^\circ C$ 之间,这一温度范围特别有利于某些微生物的生长:冷却水在冷却塔内的喷淋曝气过程中溶入了大量的氧气,为好氧性微生物生长提供了必要条件:冷却塔则暴露在阳光下,藻类进

行光合作用需要阳光,因此藻类会大量繁殖。冷却水中微生物的大量存在,会引起金属的腐蚀、微生物粘泥的增多,影响换热效率,严重时使系统被迫非计划性停车检修。

### 2.6 控制微生物粘泥的措施

在循环冷却水系统中一般将氧化性杀菌剂和非氧化性杀菌剂交替使用,防止微生物产生抗药性。氧化性杀菌剂用量低,杀菌快,日常以氧化性杀菌剂为主,非氧化性杀菌剂定期使用;非氧化性杀菌剂一般都是表面活性剂,除具有杀菌作用,还可剥离在设备表面已形成的少量微生物粘泥。

## 3 循环水系统补水水质特点

地下水为高硬度、高碱度水质,水质倾向为结垢型水质。循环水浓缩3倍以上时,水质倾向为严重结垢型水质,正常运行时需要通过加酸来控制碱度和PH值,进而来减缓结垢倾向。需要特别注意加酸的控制,确保碱度和pH的指标在控制范围内。

## 4 具体实施方案

根据环保要求,对合成氨企业排污水总磷要求小于 $0.5mg/L$ ,目前循环水的总磷含量高,需要将缓蚀阻垢剂更换为低磷含量药剂,总磷降低后,为确保装置的腐蚀率不上涨,需要改变原有缓蚀阻垢剂组分。我公司选择主要组分为PASP、PESA、PBT-CA、磺酸多元共聚物AA/AMPS、改性醚类聚合物AA/APES缓蚀剂。其中PASP、PESA、PBTCA兼具阻垢缓蚀双重功效,生物降解性能好并适用于高碱、高金属离子含量水系,均为环保型高效阻垢剂,对碳酸钙、磷酸钙二者有良好的阻垢效果,PBTCA在

低磷条件下与缓蚀剂作用起到优良的缓蚀效果。

#### 4.1 阻垢缓蚀剂日常运行加药方案:

合成循环水系统在日常运行时,通过加药计量泵向循环水中投加阻垢缓蚀剂,每天暂定 100-125 公斤,再根据系统运行情况进行适当调整;

尿素循环水系统在日常运行时,通过加药计量泵向循环水中投加阻垢缓蚀剂 HL501,每天暂定 62.5-75 公斤,再根据系统运行情况进行适当调整。

#### 4.2 杀菌灭藻剂日常运行加药方案:

根据不同季节及水质情况的变化及循环水系统的实际情况,在日常运行中杀菌剂以氧化型杀菌剂与非氧化性杀菌灭藻剂交替投加的方法使用。其中氧化型杀菌剂主要以次氯酸钠杀菌为主,合成循环水系统采用 HL200 非氧化性杀菌灭藻剂与 HL201 粘泥剥离剂每月交替冲击式投加 (夏季每半月交替投加),每次投加量为 350 公斤;尿素循环水系统采用 HL200 非氧化性杀菌灭藻剂与 HL201 粘泥剥离剂每月交替冲击式投加 (夏季每半月交替投加),每次投加量为 150 公斤;非氧化性杀菌剂和粘

泥剥离剂投加时尽量控制在一小时内投加完毕,不可急速大流量投加,缓蚀阻垢剂与氧化性杀菌剂及杀菌灭藻剂均相互兼容,在每次投加粘泥剥离剂时,可适度降低循环水蓄水池的液位,并暂停系统补、排水,以保证循环水系统中的杀菌剂药液的浓度。

#### 4.3 浓硫酸日常运行投加方案:

每天根据在线 PH 监测,及时开硫酸泵投加,控制 PH 7.6-8.6。

## 5 结语

循环水系统运行多年来,公司制定详细药剂操作规范,质检科每天对水质进行全分析,通过分析数据指导操作。同时厂家设立专人负责水质跟踪,使循环水工艺指标控制在范围内。目前浊度、总铁、腐蚀率、总磷、污垢热阻、异氧菌等指标控制较好,降低了管道腐蚀率,且排污量和药剂成本基本实现最优化,达到节能减排的目的。

(上接第 16 页) 运输中的应用,实现了我矿的自动化和智能化。使用皮带运输机集中控制系统,提高了煤炭的生产效率,同时降低了设备的故障率,从而减少了维护设备的成本,提高了煤炭生产的经济效益。同时集中控制系统还增强了系统运行的安全性和可靠性,降低了煤炭运输过程中的事故率,此外实时的监视系统也有助于矿井的有序化生产,实现了矿井的科学化管理和生产。

(2)减少工人数量,该系统采用的是集中自动化控制,所以不需要专门配备人员对每个传输机进行

手工操纵,只需要对每台皮带配备巡视人员。因而大大减少了岗位工种的投入,相应就节约了这一部分工资开销。

(3)提高效率,节约系统开启、关闭时间,机电设备的运转、停止时间。所有设备的启动停止只需要联系集中控制室就可以实现。又因其较高的可靠性,降低了可能故障的发生率,节省了用于频繁检测维护的时间。

(4)社会效益,系统运行稳定可靠,避免了一些安全隐患,对员工的人生安全起到了重要保障的作用。