

溴化锂吸收式制冷机换热器除垢

溴化锂吸收式制冷机工作一定时间后,换热器(主要是冷凝器)表面产生的污垢会使换热器传热管管壁热阻增加,从而导致机组的制冷效率降低。本文简要介绍了溴化锂吸收式制冷机换热器传热表面结垢的危害和成因,并提出了常见的处理方法,供有关人员参考。

1 换热器传热表面结垢的危害性

换热器表面结垢无形中增加了管壁的厚度,由于换热器传热管壁的导热系数 λ 较大(λ 钢约为 $50\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, λ 铜约为 $110\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$),而水垢的导热系数 λ 很小(λ 水 $<1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$),仅为前者的几百到几千分之一,这样就大大增加了换热器管壁的传热热阻,降低了换热器的传热效率,减少了冷剂水的再生量,使机组的制冷量下降,造成能量的大量浪费,从而增大了企业的运营成本;换热器传热管结垢后,使冷凝压力升高,冷凝温度与冷却水出口温度的差值增大;结垢还会腐蚀设备,缩短设备的使用寿命,结垢严重时还会使冷却管堵塞,减少水流通截面积,增大水流阻力,增加循环水泵运行费用;所以在溴化锂吸收式制冷机的使用过程中应定期进行冷却水水质检查,并定期进行除垢处理。

2 换热器传热表面结垢的原因

溴化锂吸收式制冷机换热器表面结垢的原因是多方面的:过饱和溶液中盐类的结晶析出;不同分散度的一些物质的固体颗粒的粘结;有机胶状物和矿质胶状物的沉积;某些物质的电化学腐蚀以及微生物产生等。这些混合沉淀形成了污垢,其中冷却水里面的溶解盐类(如重碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、氯化物、硅酸盐等)产生固相沉淀是结垢的主要原因。形成固相沉淀的条件是:

a)随着温度的升高,某些盐类的溶解度下降。如 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_2$, CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_2$ 等。

b)随着水分的蒸发,水中溶解盐类的浓度增高,一些盐因过饱和而析出。

c)被加热的冷却水中发生化学反应,或者某些离子形成另一些难溶的盐类离子。

具备了上述条件的某些盐类,首先在机组换热器水侧的金属表面沉积出原始胚芽,然后逐渐变为具有潜晶形或无定形结构的颗粒,互相聚附,形成结晶或聚团。重碳酸钙(镁)盐类的存在是引起冷却水侧结垢的主要因素。这是因为重碳酸钙(镁)盐在加热过程中分解为碳酸钙(镁)、二氧化碳和水,溶解度较低的碳酸钙(镁)在机组换热器水侧的金属表面沉积下来。冷却水通过冷却塔时相当于一个曝气过程,溶解在水中的 CO_2 会逸出,水的pH值升高。此时,重碳酸盐在碱性条件下会发生反应生成 CaCO_3 沉淀。当水中有氯化钙时,会产生置换反应生成 CaCO_3 沉淀。如水中含有适量的磷酸盐时,磷酸根将与钙离子产生磷酸钙。

上述一系列反应产生的 CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 MgCO_3 均属微溶性盐,它们的溶解度比 CaCl_2 和 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 要小得多。此外, CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 MgCO_3 的溶解度是随着温度的升高而降低的,这些微溶性盐很容易达到过饱和状态而从水中结垢析出。当水流速度比较小或传热表面比较粗糙时,这些结晶沉积物就容易沉积在传热表面上,形成水垢。这些水垢都是由无机盐组成,结晶致密,比较坚硬,所以又称无机垢或硬垢。它们通常牢固地附着在机组换热器的传热表面上,不易被水冲洗掉。另外,不溶性盐类的泥状物、胶状

氢氧化物、腐蚀产物、杂质碎屑(颗粒细小的泥沙、尘土、铁锈、氧化皮)、油污、菌藻的尸体及菌藻的黏性分泌物等组成的污垢,本身不会形成硬垢,但它们在冷却水中成为 CaCO_3 微结晶的晶核,加速了 CaCO_3 结晶析出的过程。当含有这些物质的冷却水流经机组换热器的传热表面时,容易形成污垢沉积物,特别是在流速较慢的情况下,污垢沉积物更多。这些沉积物一般体积较大,质地疏松稀软,故又称为软垢。它们是引起垢下腐蚀的主要因素。当防腐措施不当时,机组换热器的传热表面经常会有锈瘤附着,其外壳坚硬,但内部疏松多孔,而且分布不均。它们常与水垢、微生物黏泥等一起沉积在传热管表面上。这些锈瘤状腐蚀产物形成的沉积物,除了影响传热外,更严重的是助长某些细菌的繁殖,最终导致传热管表面腐蚀而穿孔泄漏。

3 换热器传热管表面的除垢方法

对已经结垢生藻的溴化锂吸收式制冷机的换热器传热管,需要定期进行除垢处理,以保证空调系统的良好运转状态。传热管的常见除垢方法通常有手工清洗、机械清洗、电子除垢和化学清洗等 4 种方法。

3.1 手工清洗

手工清洗是指用钢丝刷在换热器的传热管内来回拉刷,同时再用略小于传热管内径的圆棒在管内反复拉捅,边拉捅边用水枪清洗。此法简单,但劳动强度大,且不易清洗干净。

3.2 机械清洗

机械清洗是指用一种专用的螺旋刷进行清洗。将螺旋刷接在软轴的一端,软轴的另一端接在电动机轴上,操作时把螺旋刷插入换热器的传热管内,启动电动机,使螺旋刷在传热管内作旋转运动,并用自来水冲洗,使冲洗下来的水垢或其它沉积物随压力水(有一定压力的自来水)冲掉。上面两种方法都属于物理清洗方法,其优点是可以省去化学清洗所需要的化学清洗液费用,同时避免了化学清洗后清洗废液的处理和排放问题,不易引起换热器的腐蚀。缺点是此方法需要把溴化锂吸收式制冷机的冷却水和冷水封盖打开后才能进行,清洗操作比较费工,操作不当还容易引起换热器表面损伤。因此,在进行清洗操作时,必须注意保护好换热器管端的胀口或焊口,以防抖动而振松。

3.3 化学清洗

化学清洗是指通过化学清洗液的作用,使换热器传热管表面的水垢和其它沉积物溶解、脱落或剥离的一类方法。此方法的特点是清洗时间短,除垢彻底干净,是一种目前使用最为广泛、有效的清洗方法之一。化学清洗循环过程见图 1。

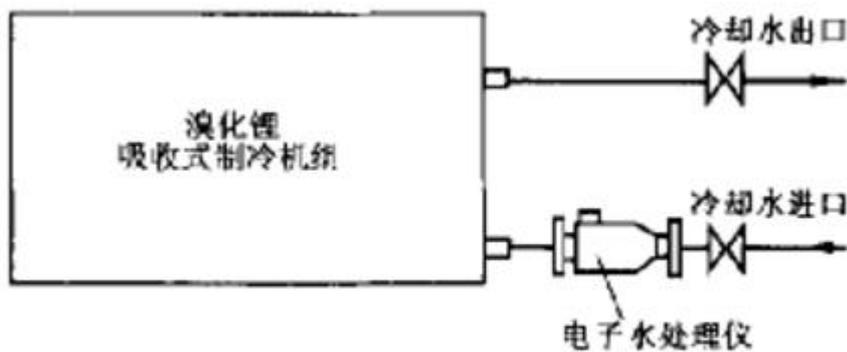


图 2 换热器传热管电子除垢示意图

进行清洗操作前,首先关闭冷却水的进、出水阀门,放尽换热器内循环水,在吸收器的冷却水进水管和冷凝器冷却水出水管处各焊接一个尺寸合适的阀门(清洗结束后此阀门留在管道上,待下次清洗时再次使用),把清洗桶、耐酸泵与换热器连接成一个临时闭合回路,然后按照一定比例(按循环水量的 10%~20%)将清洗溶液倒入清洗桶,启动耐酸泵,使清洗溶液强制循环 1~2 h 或静泡 3~6 h,水垢和其它沉积物由于受到清洗溶液的化学作用和冲刷作用而溶解和脱落。清洗溶液选用专用水垢清除剂。它内含强力清洁剂、高效缓蚀剂及高能镀膜剂,对水垢和其它沉积物具有彻底清洁功能,并对金属无腐蚀作用,还能在清洗后的金属表面形成保护膜,清洗后无需进行酸碱的中和处理,只需用自来水冲洗即可结束。

3.4 电子除垢

电子除垢是使冷却水通过电子水处理仪以清除水垢的方法。即在换热器的进水管道上安装使用电子水处理仪(见图 2)。其工作原理是利用电子仪器产生的高频电子信号,使经过水处理仪的水的物理结构发生变化,原来的缔合链状大分子断裂成单个的水分子,溶解盐的正负离子被单个水分子包围,运动速度降低,有效碰撞次数减少,静电引力下降,从而在受热管壁上无法结垢,达到了防垢目的。同时,由于水分子偶极距增大,水中溶解盐的正负离子吸合能力增大,使受热管壁上原来的水垢变得松软、脱落,因此又具有除垢的作用。另外,溶解于水中的氧经过高频电磁场处理,成为惰性氧,可以抑制铁锈生成,切断微生物的氧气来源,达到防腐阻蚀、杀菌灭藻的作用。

4 水处理的必要性

为了减少换热器内壁结垢的可能性,除了定期进行除垢处理外,对溴化锂吸收式制冷机组的冷却水(包括补给用水)作的水质处理是非常必要的。国家机械行业标准 J B/T 724794 和 J B/T 805596 对溴化锂吸收式制冷机冷却水的水质要求有明确的规定。常见的水质处理方法有静电、磁化、离子交换、高频电子和化学等 5 种方法。用户可根据单位的设备情况和技术力量选择合适的水质处理方法。这里值得一提的是:除了对机组的冷却水进行水质处理外,中央空调系统的循环水(冷水)同样要进行必要的水质处理,以防止管道腐蚀、结垢及菌藻繁殖,

使整个系统的运行工况平稳,避免发生空调系统供冷(暖)量逐年衰减的现象。

5 结束语

综上所述,溴化锂吸收式制冷机换热器一旦形成污垢,就会导致换热器的传热工况恶化,使机组的制冷效率下降,机组的能耗增加;结垢还腐蚀设备,减少设备的使用寿命。因此,必须定期进行换热器的除垢处理,并对冷却水作必要的水质处理,保证机组能够正常运行,使企业获得最大的经济利益。

分享

[二手制冷设备回收网](#)

[无锡新天马制冷有限公司](#)

[中国空调制冷设备论坛](#)