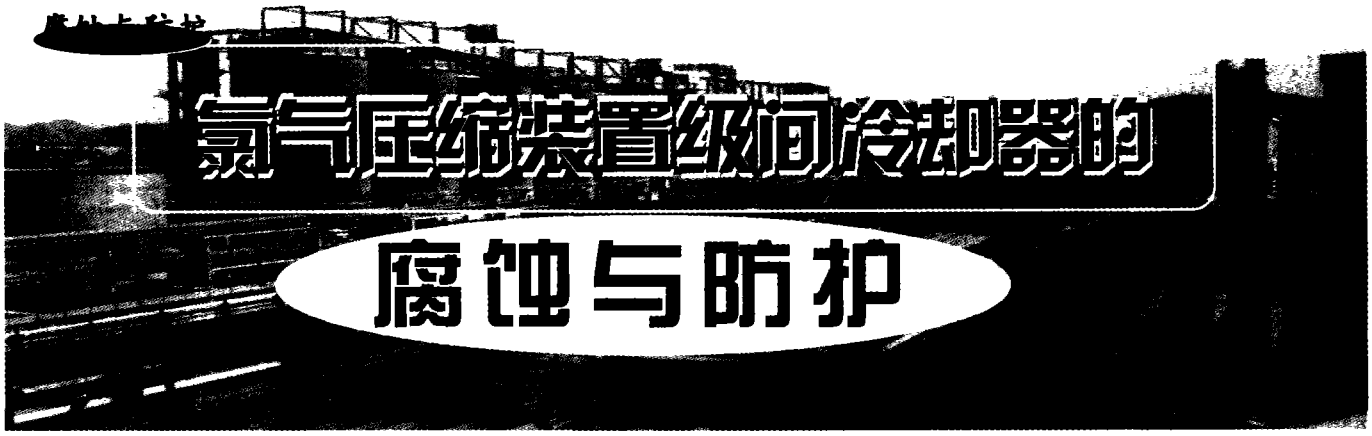
维普资讯 http://www.cqvip.com



氯气压缩装置级间冷却器的腐蚀与防护

陈力军

（四川大学化工学院，四川 成都 610065）

本文分析了氯碱生产中氯气压缩装置级间冷却器管程、壳程发生腐蚀的原因，介绍了用热固化环氧改性酚醛树脂对管程、壳程进行腐蚀防护的方法。

鸿鹤化工股份有限公司烧碱厂新建氯氢工序，采用了两套LLY—3700型氯气压缩机成套装置。主机为单吸四段四级离心式，每套装置有4台氯气级间冷却器。冷却器材质为Q235碳钢，冷却器设计为管程走冷却水，上水压力为0.194Pa，壳程走含水量小于100mg/L的干燥氯气。冷却器在投运不到1年的时间内发生了一系列的腐蚀穿孔漏水事故，严重危及氯压机的安全运行，造成多次停产。国内许多厂家也发生过类似的氯气冷却器腐蚀漏水事故，有的还造成了主机的腐蚀损坏。

1 冷却器腐蚀漏水情况

鸿化公司两套氯气压缩装置投运1个多月来，即发现A4、B2冷却器漏水，经对两台漏水冷却器检查发现，漏水均发生在管板上，出现了多处腐蚀穿孔。另外，管板与换热管的焊接质量较差，存在一些气孔、弧坑、夹渣和焊瘤等。根据上述情况，对所有8台冷却器进行了氮气试压，并用贝尔佐纳高分子合金修补材料对管板进行防腐修补。但投运半年后又发现B1、B2、B3、B4氯气冷却器气程内有水，随后A4冷却器漏水。

2 冷却器腐蚀穿孔原因分析

2.1 管程腐蚀分析

冷却器管程通冷却水，因冷却水pH值为7～8，故将发生如下腐蚀反应：

阳极反应 $Fe \longrightarrow Fe^{2+}+2e$

阴极反应 $\frac{1}{2}O_2+H_2O+2e \longrightarrow 2OH^-$

$Fe^{2+}+2OH^- \longrightarrow Fe(OH)_2$

$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$

由于反应产物比较疏松，保护性较差，加之冷却水的流动和水中Cl^-、SO_4^{2-}等盐离子的影响，故在碳钢表面不易形成有效的保护层，上述腐蚀反应将持续发生。碳钢表面的不均匀疏松腐蚀产物及水中污垢的附着，也将使碳钢发生垢层下的孔腐蚀和缝隙腐蚀，从而造成冷却器穿孔漏水。

此外，由于管板焊接质量差，存在气孔、弧坑、夹渣和焊瘤等缺陷，从而使管板在短时间内因孔蚀和缝隙腐蚀而穿孔漏水，这也是最初两台冷却器穿孔漏水的主要原因。

2.2 壳程腐蚀的分析

冷却器壳程通含水量低于100mg/L的干燥氯气。氯对金属的腐蚀作用与含水量密切相关。氯气中水分与碳钢的腐蚀率关系如表1所示。

表1 氯气中水分与碳钢的腐蚀率关系

水分含量/%	碳钢腐蚀率/(mm/a)	水分含量/%	碳钢腐蚀率/(mm/a)
0.00567	0.0107	0.08700	0.1140
0.01670	0.0457	0.14400	0.1500
0.02830	0.0610	0.33000	0.3800

由此可见，当含水量小于150mg/L时，可认为氯气对碳钢不发生腐蚀作用。

当管板处发生腐蚀穿孔，冷却水进入壳程后，会发生如下腐蚀反应：

$$Cl_2+H_2O \longrightarrow HCl+HOCl \qquad (1)$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

盐酸与铁作用：

$$Fe+2HCl \longrightarrow FeCl_2+H_2 \quad (2)$$

氯气对铁的反复作用：

$$2FeCl_2+Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3 \quad (3)$$

$$FeCl_3+Fe \longrightarrow 3FeCl_2 \quad (4)$$

除去水分，反应(2)便会停止。但只要有三氯化铁和少量的水分存在，碳钢的腐蚀将继续进行。

A4、B2冷却器漏水，也将水分带入了其他冷却器中，虽然对所有冷却器的管板都采用贝尔佐纳高分子合金修补材料进行了防腐修补，从而使管板不再受冷却水的腐蚀，不再有新的冷却水进入壳程，但是，已存在于壳程内的，特别是积存在死角的水分和三氯化铁不易清除干净，故而投入使用后，碳钢的腐蚀仍然发生了。

上述管程、壳程内腐蚀的发生，导致了冷却器一系列腐蚀、穿孔、漏水事故。

3 冷却器腐蚀防护

根据前述腐蚀情况，对氯气冷却器的管程、壳程采用了涂5层热固化环氧改性酚醛树脂涂层进行防腐的方法，防腐工艺流程如下。

壳程浸泡除锈磷化液→晾置24h→加热到100℃恒温24h→管程打砂除锈→管程、壳程涂环氧改性酚醛树脂涂料→进入烘炉升温固化→涂刷5遍后→高温固化→养护后使用。

3.1 壳程浸泡除锈磷化液

浸泡除锈磷化液是为了将冷却器基体表面的锈除去，并形成一层磷化膜作为涂层防腐的底层。

浸泡时应注意：

(1) 浸泡时间随除锈磷化液的组成、基体表面的锈蚀程度不同而有所变化；

(2) 浸泡完成后，应自然干燥24h，然后再加热至100℃左右，并恒温24～48h，以排除壳程死角处的残存液。

3.2 喷砂除锈

对管程的表面处理，采用干法喷砂除锈，除锈等级达到3级标准，喷砂后4h内应进行涂层施工。

3.3 涂环氧改性酚醛树脂涂料

对壳程采用浸涂法，对管程采用喷涂法。

环氧改性酚醛树脂涂料的配方为：

E_{44}环氧树脂：酚醛树脂 = 3：7

每涂完一层放置4～6h，自然干燥后送入烘炉升温固化。

升温按表2要求进行。每次升温完后，关掉热源，让涂料在炉内自然冷却。

表2 环氧改性酚醛树脂涂料加热固化要求

涂层数	室温～60℃	60℃	60～80℃	80℃	80～100℃	100℃	100～110℃	110℃	110～130℃	130℃
1～4层	1h	恒温1h	1h	恒温3h	1h	恒温3h	1h	恒温8h		
第5层	1h	恒温1h	1h	恒温3h	1h	恒温3h	1h	恒温3h	2h	恒温12h

4 防腐效果

经上述防腐处理后的氯气冷却器投入运行近2年来，没再发生腐蚀漏水事故。因为环氧改性酚醛树脂涂层具有优良的耐工业水腐蚀性能，常常被用做换热器的防腐涂料，而且其耐湿氯气腐蚀的性能也较好，从而阻止了金属基体与冷却水、湿氯气的接触，保护金属基体不受腐蚀。

5 结 论

(1) 冷却水对碳钢冷却器有腐蚀作用，导致了冷却器腐蚀漏水；

(2) 干燥氯气对碳钢冷却器无腐蚀作用，但残存的少量冷却水及三氯化铁对冷却器产生了致命的腐蚀；

(3) 环氧改性酚醛树脂涂层对氯气级间冷却器管程、壳程有优良的防腐蚀作用。