

① 燕化公司, 利用... 7E 685.3
7E 683

燕化公司节水技术 ——提高循环水利用率

北京燕山石油化工公司动力处 李学福

1 前言

北京燕山石油化工公司(以下简称燕化公司)是中国目前最大的石油化工联合企业,地处严重缺水的北京市西南 50km。

燕化公司始建于 1967 年,于 1969 年后各生产装置相继建成投产。目前已形成 7 个主要生产厂,炼油、化工、动力等主要生产装置近 50 个。公司内共有循环冷却水系统 21 个,供生产装置物料冷却之用,设计总循环水量为 13.7 万 t/h,目前实际运行 19 个系统,总用水量近 10 万 t/h。据统计,燕化公司循环水补水量约占公司生产总耗水量的 40%,有的厂达 80%以上。因此,提高循环水利用率是石化企业进一步节约工业用水的有效途径。

2 提高循环水利用率

多年来,燕化公司提高循环水利用率的办法和取得的效果是:(1)改直流水为循环水冷却,节约工业用水 900t/h;(2)回收直流冷却用水做循环水补水,节约工业用水 300 t/h;(3)开发应用水质处理新技术,尽量提高循环水浓缩倍数,节约工业用水 1300t/h。

燕化公司在加强循环水专业化管理和开发应用水质处理新技术方面也做了大量工作。这些工作为那些原设计直流水冷却的设备现改做循环水冷却取得了可能,也为不断提高循环水浓缩倍数节约系统补水量创造了条件。

燕化公司的水质处理技术工业应用始于 70 年代末,至 1984 年达到普及。之后,配方逐步优化提高,药剂不断更新换代。到目前为止,该公司应用的水质处理配方已发展到第四代。其中第一代为聚磷/有机磷/聚丙烯酸(钠)组成的加酸调 pH 配方,第二代为有机磷/聚丙烯酸钠/聚马来酸酐组成的碱性配方,第三代为有机磷酸(脂)/丙烯酸类多元共聚物组成的碱性配方,第四代为有机磷/丙烯酸类磷酸共聚物组成的碱性配方。据资料介绍和试验证明,丙烯酸类磷酸共聚物有非常高的“钙容忍度”,对碳酸钙和磷酸钙垢有很好的抑制作用,能有效地稳定有机磷于水中;对粘泥、氧化铁和镁盐类有良好的分散作用。因而第四代配方更适应高硬度、高碱度水质和在更高的浓缩倍数下运行。

燕化公司在 1981 年至 1984 年期间,由于各循环水系统相继采用不同配方的水质处理技术,节水显著,循环水利用率逐年提高,见表 1。自 1984 年普及水质处理技术之后,

表 1 燕化公司 1981~1984 年工业用水统计表

项 目		1981年	1982年	1983年	1984年
新 鲜 水	生产用水(万 t)	5321	4378	4331	3891
	其中循环水补水(万 t)	2324	1765	1677	1490
	其他用水(万 t)	927	901	1018	1090
循 环 水	设计能力(万 t)	82800	82800	82800	82800
	实际用水量(万 t)	62206	62007	62228	62970
工业用水量(万 t)		68454	67286	67477	67951
循环水利用率(%)		90.9	92.1	92.2	92.7

随着配方的逐步优化和水质处理药剂的不断更新换代,以及循环水管理办法的不断完善,除个别有渗漏的系统外,浓缩倍数的逐渐提高即标志着循环水系统节水工作的深入进

行。

$$\text{循环水利用率(\%)} = \frac{\text{循环水量}}{\text{工业总用水量}} \times 100\%$$

3 循环水浓缩倍数的测定

循环水浓缩倍数的高低标志着该系统节水成绩的大小,如何准确地测定循环水的浓缩倍数呢?这是一个很值得研究的问题。

标志浓缩倍数的离子应具备以下条件:

- (1)不随水汽而蒸发;
- (2)不随垢物而析出;
- (3)不随药剂而加入;
- (4)不为水中化学反应消耗或产出;
- (5)测定方法简单而易行。

实际上,具备以上条件的离子是不容易找到的。以前,我公司曾采用 Cl^- 做标准物。后来发现,由于杀菌灭藻目的而投加的氯气、次氯酸钠、优氯净、季铵盐等含氯药剂,往往使测定值产生偏差。后来又采用 Ca^{2+} 、 SiO_2 和电导率 3 项测定值之平均。但是,结垢往往使 Ca^{2+} 变化较大;物料泄漏及粘泥剥离引起的浊度升高,又会给 SiO_2 的测定带来干扰;各类药剂的加入也会引起电导率的变化,在浓缩倍数较高时,电导率会带来更大的偏差。因此,以上 3 项测定值之平均难以取得令人满意的结果。

据资料介绍, K^+ 在循环水中比较稳定,特别是在浓缩倍数大于 3 时,只能用 K^+ 法测定。

水中 K^+ 的分析方法目前有 3 种:(1)离子选择电极法;(2)火焰光度法;(3)原子吸收分光光度法。经实践证明,以上方法均可靠。鉴于国产离子选择电极的质量问题及原子吸收分光光度计的昂贵,我公司普遍采用火焰光度法。该方法简单、迅速。所用仪器是上海分析仪器厂生产的 6400 型及北京环境保护

仪器厂生产的 HG-3 型火焰光度计。

4 循环水浓缩倍数测定值的验证

面对各循环水场报送来的大量操作和分析数据,有经验的技术人员在浏览过程中往往可以定性地判断出其中明显的错误,但却不能定量地去解决它。对循环水的浓缩倍数这样一个重要的控制指标,也是一样。如某水场因产品硝酸钾渗入循环水,使浓缩倍数测定结果达到 9.0 以上(一般应是 9.0 左右);某水场因取样失误,浓缩倍数测定值小于 1.0。以上结果的错误是显而易见的,但此时的浓缩倍数究竟应是多少?如果掌握一种定量判断的方法,不但有助于解决上述特殊情况的问题,也可以对平时的测定数据做一验证,增加其可靠性。

4.1 公式推导

为了控制一定的浓缩倍数 N ,保持集水池内液位不变,应有以下平衡关系。

含盐量平衡,即随补充水进入循环水系统的总盐量等于随排污和飞溅由该系统排出的盐量之和:

$$C_M M = C_R (B + W) \dots\dots\dots (1)$$

水量平衡,即补充水量等于该系统蒸发、排污、飞溅量之和:

$$M = E + B + W \dots\dots\dots (2)$$

热量平衡,即循环水系统经生产装置换热设备得到的热量等于该系统在凉水塔蒸发潜热量、对大气传热量、补充水得到热量及排污、飞溅带走热量之和:

$$R(T_2 - T_1)C = 580 \times 1000E + M(T_1 - t) + C + \text{对大气传热量} + \text{排污、飞溅带走热量} \dots\dots\dots (3)$$

- 式中 R :循环水量(m^3/h);
 T_1 :循环水供水温度($^{\circ}\text{C}$);
 T_2 :循环水回水温度($^{\circ}\text{C}$);
 t :补充水温度($^{\circ}\text{C}$);
 B :排污水量(m^3/h);
 W :飞溅损失水量(m^3/h);

- E: 蒸发水量(m³/h);
- M: 补充水量(m³/h);
- C_M: 补充水含盐量(mg/L 或 g/m³);
- C_B: 排水含盐量(mg/L 或 g/m³);
- C: 水的比热 kcal/(g · °C)

水的蒸发潜热取 580kcal/kg, 设其量占总散热量的比例为 α, (3)式可写为:

$$\alpha R(T_2 - T_1) = 580E \quad \dots\dots\dots (4)$$

(α < 1, 且随地区、季节和塔型有变化)

根据浓缩倍数的概念, 其值为 $N = \frac{C_B}{C_M}$

$$\dots\dots\dots (5)$$

将(1)、(2)式变化后代入(5)式

$$N = \frac{C_B}{C_M} = \frac{M}{B+W} = \frac{M}{M-E}$$

$$E = M - \frac{M}{N} = M(1 - \frac{1}{N}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

将(6)式代入(4)式, 得 αR(T₂-T₁)

$$= 580M(1 - \frac{1}{N}) \quad \text{由此}$$

$$\alpha = \frac{580M(1 - \frac{1}{N})}{R(T_2 - T_1)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$N = \frac{1}{1 - \frac{\alpha R}{580M}(T_2 - T_1)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

以上(7)、(8)式中 R、M、T₂、T₁ 皆为易得数据, 一般比较准确。当选定合适的 α 值后, 可以验证 N 值的准确性。

另外, (7)、(8)式中 R、M、T₂、T₁ 和 N 5 个数据中, 当只有一个数据待求得时, 也可以解决。如补充水量 M 可用下式求得:

$$M = \frac{\alpha R(T_2 - T_1)}{580(1 - \frac{1}{N})} \quad \dots\dots\dots (9)$$

4.2 α 值的选定

为了寻求 α 值的变化规律, 将全公司 16 个循环水系统全年有关数据(各月采用平均值)逐月代入(7)式, 求取 α 值。结果发现并不是所有循环水系统都呈现规律性变化, 有的还出现大于 1, 甚至大于 2、大于 3 的数值, 这是绝对不合情理的。分析原因, 是由于补水无计量表, 其值采用工厂分配数所致。由此可知, 在统一分析循环水浓缩倍数的情况下, α 值可成为循环水系统计量是否准确的标志。

现取规律性较好、且有代表性的两个循环水系统的 α 数据, 作为我公司的选定值, 见表 2。

表 2 α 值一览表

项 目		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
塔型	横流式	0.60	0.61	0.74	0.80	0.84	0.86	0.90	0.90	0.85	0.79	0.67	0.62
	逆流式	0.71	0.72	0.76	0.77	0.78	0.80	0.85	0.85	0.84	0.83	0.78	0.72

4.3 验证实例

某循环水系统, 凉水塔为横流式, 1986 年 7 月份月报反映的各种平均值: 浓缩倍数 2.09, 补充水量 132.12m³/h, 循环水量 8064m³/h, 供水温度 27.54°C, 回水温度 33.01°C。水量和温度为表计, 较准确。请验证浓缩倍数是否正确。

查 α = 0.90, 将以上各值数代入(8)式, 得

$$N = \frac{1}{1 - \frac{0.90 \times 8064}{580 \times 132.12} \times (33.01 - 27.54)}$$

$$= 2.07$$

其相对误差小于 1%。

6 结束语

燕化公司节水工作的重点在工业用水, 工业用水节水中最有成效的途径是提高循环水利用率。搞好水质处理 (下转第 49 页)

的堆焊层与母材的 HAZ 粗晶区剥离断口, 以及堆焊—自动焊 HAZ 界面的小块粗晶区均呈有沿晶裂纹及准解理开裂形貌。此符合室温焊缝 COD 试验样品尖端的脆性失稳扩展, 也是沿晶和准解理形貌。此区域亦属我们关注可能萌生裂纹的重点区域。

3.7 DC-102 试板制成的 $\Phi 70\text{mm}/\Phi 50\text{mm}$, 外表面中部带纵向 35mm (长) $\times 0.5\text{mm}$ (宽) $\times 5\text{mm}$ (深) 人工缺陷小容器进行爆破试验, 爆破压力达 220MPa , 很接近理论计算值。爆破口显著变形属韧性破口, 无碎片。证明了在役后 4.8 万小时母材仍有足够高的韧性贮备。

3.8 以北钢院试板 1/4T 部位测得的母材与焊缝 J 系数、上平台吸收能 CVN-us 及屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 值按日本制钢所推荐的 Barsom、Rolfe、Novak 经验公式计算的安全升压温度见表 3。

表 3 安全升压温度表

部位	DC-101		DC-102	
	母材	焊缝	母材	焊缝
升压温度 ($^{\circ}\text{C}$)	-45	-15	-65	+5

由于实测脆性转变温度高, DC-101 焊缝和 DC-102 焊缝按实测值设定的升压温度就要上升到 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 与 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$, 而实际现场规定的升压温度最低为 135°C , 故仍是

安全的。

经华理大按假设裂纹深为 25mm 时按实测 135°C 的 J_I 算得的 K_{Ic} 值作为 K_{Ic-us} , 计算了 DC-101 与 DC-102 焊缝的升压温度为 -20°C 与 $+10^{\circ}\text{C}$, 亦认为加氢反应器经 4.8 万小时役后仍有较低的升压温度, 不致影响正常使用。

3.9 北钢院与华理大根据本次开罐定期检验所发现的最严重超探缺陷, 采用国内的 CVDA-1984《压力容器缺陷评定规范》经偏保守的简化处理, 评定结果均认为在常温下有足够的安全裕度 (n_s 在 3 以上), 两台反应器处于良好的安全状态。

3.10 试验研究表明, 从在用反应器外壁基材侧采用超声单晶直探头为主检查堆焊层剥离的技术方法是有效可行的, 如以内壁堆焊层侧超声双晶探头检测作为复查和缺陷定位手段, 更是比较经济合理。检测堆焊层下裂纹时, 应以多种超声探头、多个扫查方向从反应器外壁检测为主, 内壁则用双晶斜探头检测作为复查和缺陷定位的一种手段。

实验中并对试板超声声速、衰减系数进行测定和记录。通过试板试验亦证实了利用材料氢蚀引起超声声波、衰减系数、脉冲波反射变化的情况进行氢腐蚀无损测定亦是可行的。

(上接第 31 页)

技术的开发和应用是提高循环水利用率得以实现的前提。循环水的浓缩倍数是该系统的重要控制指标, 也是节水成绩大小的标志, 可

靠的测定方法加之计算公式的验证, 可使我们的管理水平推进到一个新的水平。这些, 就是燕化节水经验。