

谈谈燕化公司节水技术

——提高循环水利用率

季 学 福

(北京燕山石油化工公司动力处,102500)

石化企业是用水大户,循环冷却水系统的补水又是工业用水的主要部分,提高循环水利用率是进一步节约工业用水的有效途径。

燕化公司四代水质处理技术的相继开发应用,为实现上述目的得以可能,最新一代水质处理配方更适应高硬变、高碱度、高浓缩倍数下运行。水质处理技术水平高低和节水成绩大小的重要标志——循环水浓缩倍数的准确、简单、快速测定,加之计算公式进一步验证,把管理水平推向一个新高度。

关键词: 工业生产 节水技术 开发 应用 循环水、利用率、水处理、石油化工

1 前言

燕化公司目前有炼油、化工、动力等主要生产装置近 50 个。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。

冷却水的循环使用,一般比直流水冷却可节水 90% 以上。循环冷却水系统的补水是石化企业耗水的主要部分。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 提高循环水利用率的办法和效果

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 300t/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。

3 提高循环水利用率得以实现的前提

十余年来,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做了大量工作,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。因此,这一工作是提高循环水利用率得以实现的前提。同时,因解决了循环水系统的腐蚀、结垢和菌藻孳生问题,延长了设备使用寿命和生产运行周期,取得了显著的经济效益。

以化工一厂为例,1980 年以前,30 万 t 乙

烯裂解装置循环冷却水系统没有严格的水质处理技术,浓缩倍数很低(一般小于 1.5)。换热器结垢或腐蚀严重。由于换热器的堵塞或泄漏,经常造成被迫性临时停车。不但浪费大量工业用水,而且直接影响设备的使用寿命和生产的正常运行。1978 年,因换热器结垢严重,采取系统化学清洗,耗药费 10 万余元;由于停产,造成直接经济损失达 4000 余万元。1976~1980 年间该装置共更换换热器 23 台,价值为 690 万元。1980 年采用了该厂研究所开发的 QJ 型水质处理剂,换热器的腐蚀和结垢问题基本得到控制,每年节水 160 万 t,综合经济效益数千万元。

燕化公司水质处理技术研究始于 70 年代中。自此,四个大厂和研究院相继成立了水质试验组(室),其他厂也建立了水质分析机构。这些水质试验组(室)坚持开展严格的科学试验和技术服务,目前已具备国内最先进的试验设施和分析手段。他们成功地完成了两种高效阻垢剂的合成和全国各类水处理药剂的质量评定;为公司内提供了近 20 个水质处理配方,

为 10 多个兄弟单位提供了技术服务。

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高、高碱度水质和在更高的浓缩倍数下运行。

燕化公司在 1981~1984 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,节水效果见表 1。

表 1 燕化公司 1981~1984 年工业用水统计表

万 t

年 度		1981	1982	1983	1984
新 鲜 水	生产用水	5321	4378	4231	3891
	其中循环水补水	2324	1765	1677	1490
	其他用水	927	901	1018	1090
循 环 水	设计能力	82800	82800	82800	82800
	实际用水量	62206	63007	62228	62970
工业用水量		68454	67286	67477	67951
循环水利用率/%		90.9	92.1	92.2	92.7

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

自 1984 年普及水质处理技术之后,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,循环水浓缩倍数统计见表 2。

表2 燕化公司1984年以来循环水浓缩倍数统计表

时 间	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
炼油厂一循	1.51	1.74	2.21	2.02	3.32	2.55	2.42	2.15	2.35
二循	1.98	2.15	1.99	1.90	2.20	1.96	2.83	3.01	3.19
三循	2.45	3.12	2.80	3.28	3.23	2.93	3.27	5.44	4.05
四循		1.91	2.07	2.37	1.93	2.43	2.35	2.85	3.57
化工一厂一循	2.40	2.62	2.99	3.08	2.82	3.13	3.21	3.35	3.15
二循	1.90	1.95	1.94	2.10	2.17	2.86	2.47	2.42	2.55
三循	2.21	2.39	2.52	2.66	2.33	2.58	2.96	3.17	2.51
化工二厂一循	1.40	2.51	2.08	2.73	1.46	1.51	1.16	1.12	1.10
二循	1.25	1.36	1.26	1.37	停				
三循	1.83	2.63	2.75	2.86	2.66	2.99	2.68	2.68	2.89
四循				3.13	3.06	3.84	4.00	4.16	6.99
化工三厂一循	1.26	1.42	1.49	2.12	2.06	2.48	2.00	1.76	2.24
二循				1.76	2.32	2.09	2.96	2.83	3.28
橡胶厂一循	1.95	2.37	1.37	2.31	1.97	2.19	2.81	2.93	3.03
二循	2.41	2.10	2.75	2.85	2.33	2.85	2.98	2.81	2.47
聚酯厂循环水	1.70	2.24	3.31	3.07	2.38	2.76	2.81	3.35	4.09
地毯厂循环水	1.40	3.91	3.63	2.08	1.53	2.17	1.82	1.96	1.98
树脂所循环水						1.59	1.33	1.83	1.70
研究院循环水	2.02	2.06	2.95	2.93	2.04	3.00	1.86	3.62	3.28
公司平均值	1.85	2.28	2.41	2.42	2.28	2.55	2.57	2.83	3.02

4 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,是一个值得研究的问题。

循环水系统在运行中,由于蒸汽在凉水塔顶飞散,水中盐份不断被浓缩。循环水和补充水中含盐量之比,即循环水的浓缩倍数。如果循环水中无盐类析出或加入,任一种溶解盐或离子的浓度比都应是一样的,都可以代表循环水的浓缩倍数。事实上,由于循环水的结垢、腐蚀、菌藻孳生等故障发生,还由于为解决这些故障而投加的各类药剂,使水中多数离子无法成为测定浓缩倍数的标准物。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)测定方法简单而且易行。

实际上,具备以上条件的离子不容易找

到。以前,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[Ca²⁺],[SiO₂]和电导率三项测定值之平均。但是,结垢往往使[Ca²⁺]变化较大;物料泄漏及粘泥剥离引起的浊度升高,又会给[SiO₂]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,以上三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⁺]的分析方法目前有三种:(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,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。

5 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阅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 3.0 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。

5.1 公式推导

首先让我们分析循环水在运行中的传质、传热过程。循环水系统示意图如下。

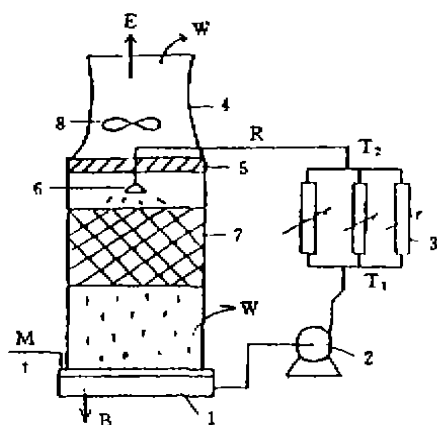


图 循环水系统示意图

注:1.集水池;2.循环水泵;3.热交换设备;4.凉水塔导风筒;5.收水器;6.喷水装置;7.淋水装置(填料);8.风机。

如图,温度为 T_1 循环冷却水经泵进入生产装置的换热设备,将物料冷却,而自身温度升高到 T_2 ,然后进入冷却塔顶喷淋而下,一部

分被蒸发散入大气中,另一部分被冷却,落入集水池内,温度又降回到 T_1 。由于风机的作用,空气不停的自塔底向塔顶流动。设循环水量为 R ,蒸发水量为 E ;为了控制一定的浓缩倍数 N ,除飞溅损失 W ,人为排污量为 B ;补充水量 M ,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:

$$C_M M = C_B (B + W) \quad (1)$$

水量平衡,即补充水量等于该系统蒸发、排污、飞溅量之和:

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

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:

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

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(m^3/h)

M :补充水量(m^3/h)

C_M :补充水含盐量(mg/L 或 g/m^3)

C_B :排水含盐量(mg/L 或 g/m^3)

C :水的比热(4.1868J/g)

水的蒸发潜热取 2.428kJ/kg ,设其量占总散热量的比例为 α , (3)式可写为:

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

$\alpha < 1$,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

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

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

将(6)式代入(4)式, 得 $\alpha R(T_2 - T_1) = 580M(1 - \frac{1}{N})$ 由此

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

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

以上(7)、(8)式中 R 、 M 、 T_2 、 T_1 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 、 T_2 、 T_1 和 N 五

个数据中, 当只有一个数据待求得时, 也可以解决。如补水量 M 可用下式求得:

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

5.2 α 值的选定

为了寻求 α 值的变化规律, 笔者将全公司 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, 做为我公司的选定值。

表 3 α 值一览表

塔 型 \ 月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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

5.3 验证实例

某循环水系统, 凉水塔为横流式, 1986 年 7 月份月报反映的各量平均值为: 浓缩倍数 2.09, 补充水量 $132.12\text{m}^3/\text{h}$, 循环水量 $8064\text{m}^3/\text{h}$, 供水温度 27.54°C , 回水温度 33.01°C 。又知水量和温度为表计, 较准确。请验证浓缩倍数是否正确。

查 $\alpha = 0.90$, 将以上各数值代入(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生产, 工业生产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。