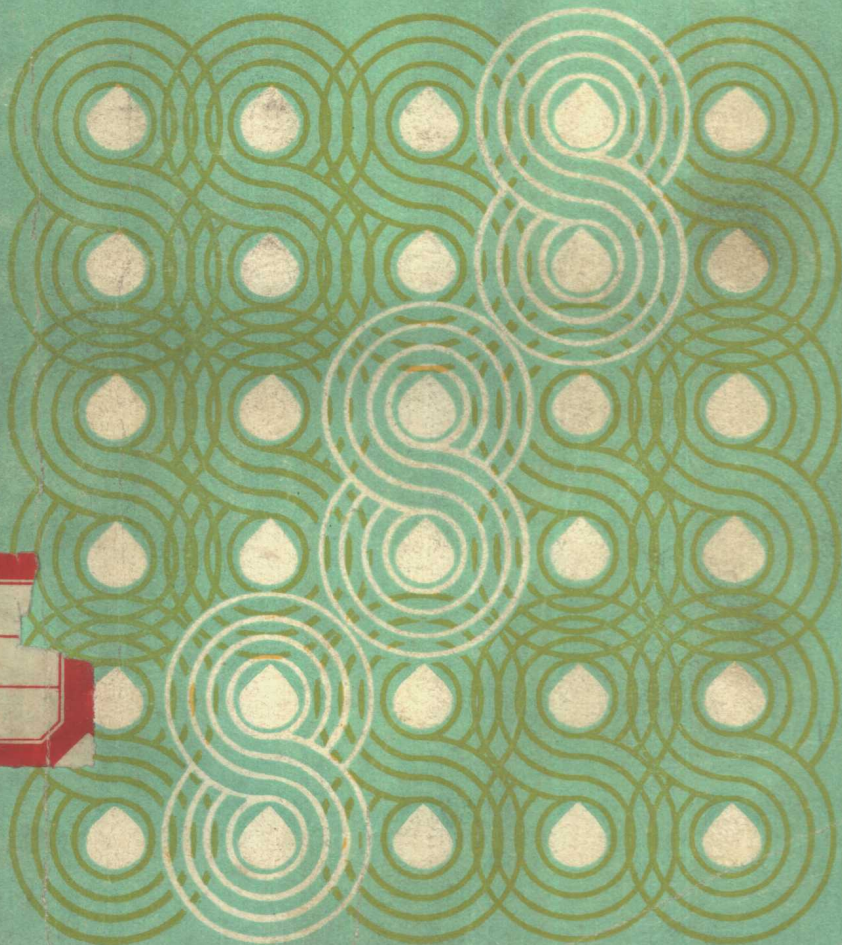
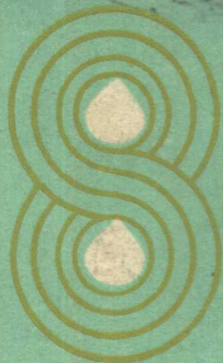


XUNHUAN LENGQUSHUI CHULI

龙荷云 编著

循环冷却水处理



36

循环冷却水处理

龙荷云 编著

江苏科学技术出版社

循环冷却水处理

龙荷云 编著

出版 江苏科学技术出版社

发行 江苏省新华书店

印刷 南通韬奋印刷厂

开本 787×1092毫米 1/32 印张 8.125 字数 170,000

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数 1—6,000册

书号 15196·137 定价 1.50元

责任编辑 黄元森

前 言

随着工业的发展和生活的需要，水的用量急剧增加。因此，节约水资源如同节约能源、保护环境一样，成了当务之急。节约用水的最大潜力是节约工业冷却用水，采用循环冷却水是节约水资源的一条重要途径，而且高浓缩倍数运转的循环冷却水还可减少环境污染。但循环冷却水结垢、腐蚀现象比较严重，容易滋生菌藻，以致影响设备的传热效率，威胁设备的使用寿命，因此对循环冷却水进行水质稳定处理是必不可少的。

当今，国外已普遍采用这种新技术来节约工业冷却水，而国内则是在70年代中期随着引进大化肥、石油化工、轧钢、大化纤等装置时开始采用的。根据国内几年来的生产实践，证实这种新技术是先进与可靠的。

近年来，我国许多大型化肥厂、炼油厂、化纤厂、橡胶厂以及原子能、轻工、纺织、食品、冶金、交通等部门都在纷纷采用这种新技术，特别是在宪法规定水资源为国家所有，政府又明确将逐步实现征收工业用水费后，更多的中小型化肥厂、化工厂也在迫切寻求降低工业用水量的办法。这样，普遍推广使用循环冷却水已势在必行了。

本书有两个特点，一是针对循环冷却水的处理全过程，结合国内外的资料作了系统的介绍。二是结合生产、科研的实践，对具体的计算、应用作了说明，并力求在理论上有所阐述。

此稿曾在南京化工学院作为教学讲义试用，在试用中不少同志对本书提出过宝贵意见，杨璋副教授审阅了书稿，在此一并致谢。

龙 荷 云

1988.12

目 录

第一章 循环冷却水处理概况	1
第一节 工业冷却用水	1
一、冷却水用量及对水质的要求	
二、冷却水系统	
第二节 敞开式循环冷却水系统	6
一、冷却塔	
二、敞开式循环冷却水系统的操作	
三、敞开式循环冷却水系统所产生的危害	
四、循环冷却水水质处理的意义	
第二章 水垢及其控制	21
第一节 水垢析出的判断	21
一、水垢	
二、碳酸钙饱和指数	
三、稳定指数	
四、临界pH结垢指数	
五、磷酸钙饱和指数	
六、硅酸盐垢	
第二节 水垢控制	52
一、从冷却水中除去成垢的 Ca^{2+} 离子	
二、加酸或通 CO_2 气,降低pH,稳定重碳酸盐	
三、投加阻垢剂	
第三节 阻垢剂	57
一、聚磷酸盐	

二、膦酸盐	
三、膦酸酯类	
四、聚合电解质	
五、天然分散剂	
六、专用分散剂	
第三章 冷却水的腐蚀及控制	77
第一节 冷却水的腐蚀机理及其影响因素	77
一、冷却水的腐蚀机理	
二、腐蚀形态	
三、腐蚀的影响因素	
第二节 腐蚀的控制	94
一、控制方法	
二、缓蚀剂	
第四章 微生物及其控制	116
第一节 冷却水系统中常见的微生物	116
一、微生物	
二、冷却水系统中常见的微生物	
第二节 冷却水系统中微生物引起的危害	130
一、形成大量粘泥沉积物	
二、加速金属设备的腐蚀	
三、破坏冷却塔的木材	
第三节 冷却水系统中微生物的控制	133
一、防止日光照射	
二、采用过滤装置	
三、加强原水前处理,改善水质	
四、投加杀生剂	
第四节 杀生剂及其应用	136
一、氧化性杀生剂	

二、非氧化性杀生剂	
三、杀生剂的应用及注意事项	
第五章 循环冷却水水质处理	149
第一节 水质处理方法选择	149
一、冷却水水质	
二、浓缩倍数与离子浓缩的关系	
三、浓缩倍数的确定	
四、水质处理实例	
第二节 冷却水系统的清洗和预膜	164
一、清洗的目的	
二、清洗方法	
三、预膜的目的和方法	
第三节 冷却水系统的正常运转和现场监测	179
一、操作指标控制	
二、药剂加入量的监测和控制	
三、现场监测	
第六章 水质稳定剂评定方法	203
第一节 阻垢评定方法	203
一、静态阻垢评定法	
二、极限碳酸盐法	
三、称垢重法	
四、动态模拟测定污垢系数法	
第二节 腐蚀评定方法	219
一、静态挂片失重法	
二、旋转挂片失重法	
三、动态模拟失重法	
四、点蚀测定法	
附录	230

1. 各价离子活度系数近似值
2. 冷却水中常见难溶盐的溶度积常数
3. 动态模拟测试装置设计
4. 动态模拟测试装置操作规程

参考文献..... 250

第一章 循环冷却水处理概况

第一节 工业冷却用水

一、冷却水用量及对水质的要求

在许多工业生产中，水是直接或间接使用的重要工业原料之一，其中大量的是用来作为冷却介质。有人曾对食品、纺织、造纸、化工、石油、钢铁和机械等工业用水的情况作过一些统计，这些部门冷却水用量平均约占总用水量的67%，而其中又以石油、化工、钢铁工业为最高，其冷却水用量可达到总用水量的85~90%。

以一个大型合成氨化肥厂为例，每小时冷却水量是23,500吨，每天需耗水564,000吨，如以每人每年用水30吨计，则可供18,800人用一年。

工业生产中，冷却的方式很多，有用空气来冷却的，叫空冷。有用水来冷却的，叫水冷。但是在大多数工业生产中是用水来作冷却介质的，这是因为水有以下一些特点：

- (1)来源丰富，价格低。
- (2)化学安定性好，不易分解。
- (3)热容量大，在常用温度范围内，不会产生明显的膨胀或压缩。
- (4)流动性好，易于输送和分配。

(5)沸点较高,在通常使用条件下,在换热器中不致汽化。

通常在选用水作为冷却介质时,需注意选用的水要能满足以下几点要求:

1.水温要尽可能低一些

在同样设备条件下,水温愈低,日产量愈高。例如化肥厂生产氨时,需要将压缩机和合成塔中出来的气体进行冷却,冷却水的温度愈低,则合成塔的氨产量愈高,其相互关系如图1-1所示。

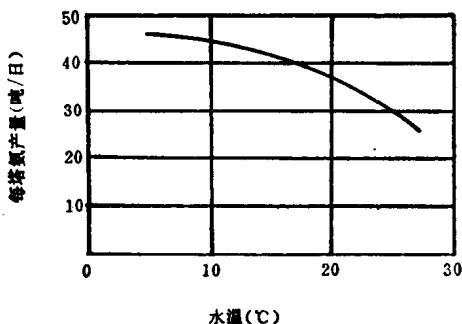


图 1-1 水温对产量的影响

同时冷却水温度愈低,用水量也相应减少。例如制药厂在生产链霉素时,需要用水去冷却链霉素的浓缩设备和溶剂回收设备,如果水的温度愈低,那么用水量也就愈少,其相互关系如图1-2所示。

2.水质不易结垢

冷却水在使用中,要求在换热设备的传热表面上不易生成水垢,以免影响传热设备的传热效率。这对工厂安全生产是一个关键。生产实践告诉我们,由于水质不好,易结水垢而影响工厂生产的例子是屡见不鲜的。

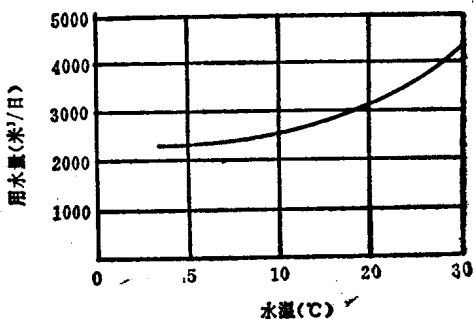


图 1-2 水温对用水量的影响

3. 水质对金属设备不易产生腐蚀

冷却水在使用中,要求对金属设备最好不产生腐蚀,如果腐蚀不可避免,则要求腐蚀性愈小愈好,以免传热设备因腐蚀太快而迅速减少有效传热面积或过早报废。

4. 水质不易滋生菌藻

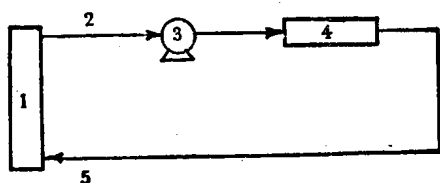
冷却水在使用过程中,要求菌藻等微生物在水中不易滋生繁殖,这样可避免或减少因菌藻繁殖而形成大量的粘泥污垢。过多的粘泥污垢会导致管道堵塞和腐蚀。

二、冷却水系统

用水来冷却工艺介质的系统称作冷却水系统。通常有两种,直流式冷却水系统和循环冷却水系统。

1. 直流式冷却水系统

直流式冷却水系统中,冷却水仅仅通过换热设备一次,用过就排放,如图1-3所示,因此用水量很大,而排出水的温升却很小,水中各种矿物质和离子含量基本上保持不变。这种冷却



1-水源；2-冷水；3-冷却水泵；4-冷却工艺介质的换热器；5-热水

图 1-3 直流式冷却水系统

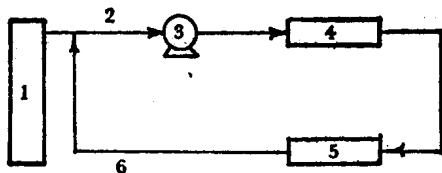
系统，不需要其它冷却水构筑物，因此投资少，操作简便，但是冷却水的操作费用大，只适用于水源丰富的地区。

2. 循环冷却水系统

循环冷却水系统又分封闭式和敞开式两种。

(1) 封闭式循环冷却水系统

在封闭式循环冷却水系统中，冷却水用过后不是马上排放掉，而是收回再用，循环不已。在循环过程中，冷却水不暴露于空气中，所以水量损失很少。水中各种矿物质和离子含量一般不发生变化，而水的再冷却是在另一台换热设备中用其它的冷却介质来进行冷却的，如图1-4所示。这种系统一般用于发电机，内燃机或有特殊要求的单台换热设备。



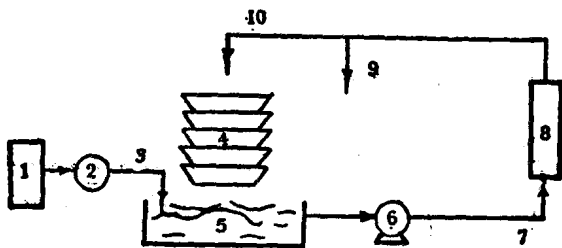
1-水源；2-冷水；3-冷却水泵；4-冷却工艺介质的换热器；

5-冷却热水的冷却器；6-冷水

图 1-4 封闭式循环冷却水系统

(2) 敞开式循环冷却水系统

在敞开式循环冷却水系统中，冷却水用过后也不是立即排放掉，而是收回循环再用。水的再冷却是通过冷却塔来进行的，因此冷却水在循环过程中要与空气接触，部分水在通过冷却塔时还会不断被蒸发损失掉，因而水中各种矿物质和离子含量也不断被浓缩增加，为了维持各种矿物质和离子含量稳定在某一个定值，必须对系统补充一定量的冷却水，通常称作补充水，并排出一定量的浓缩水，通称排污水。为保证补充水的质量，通常须将抽取的原水经过过滤、澄清等预处理后，才补充到循环系统中去，其流程如图1-5所示。



1-水源；2-预处理；3-补充水；4-冷却塔；5-冷水池；6-循环水泵；
7-冷却水；8-冷却工艺介质的换热器；9-排污；10-热水

图 1-5 敞开式循环冷却水系统

这种敞开式循环冷却水系统，要损失一部分水，但与直流冷却水系统相比，可以节约大量的冷却水，允许的浓缩程度愈高，节约的水量愈可观。

随着各种工业的发展，用水量日趋增加，某些水源不丰富的地区已出现水源紧张的情况。例如济南市有名的天下第一泉(趵突泉)，原来泉水可以自喷1米以上的水柱，近年来随着济南市大量抽用地下水后，如今趵突泉已不能自喷泉水。江南

水乡水源丰富,但因不注意排水的处理,河流污染严重,危及人们的健康,为减少污水处理费用,要求污水排放量愈少愈好。因此不论从节约水源,还是从经济观点和保护环境的生态平衡观点出发,都应设法降低化工厂的冷却水用量,减少排污水量,限制使用直流冷却水系统,尽可能推广采用敞开式循环冷却水系统,并提高浓缩程度。下面将着重介绍敞开式循环冷却水系统的操作,存在的问题以及解决的方法。

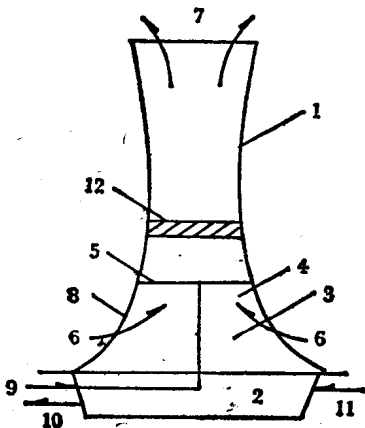
第二节 敞开式循环冷却水系统

一、冷却塔

敞开式循环冷却水系统中主要设备之一是冷却塔。冷却

塔用来冷却换热器中排出的热水。热水从塔顶向下喷淋成水滴或水膜状,空气则由下向上与水滴逆向流动,或水平方向交流流动,在气水接触过程中,进行热交换,使水温降低。

冷却塔的型式很多,根据空气进入塔内的情况分自然通风和机械通风两大类。自然通风型最常见的是风筒式冷却塔,如图1-6所示;



1-风筒; 2-冷水池; 3-空气分布; 4-填料;
5-配水装置; 6-空气; 7-热空气; 8-进气孔;
9-热水; 10-冷水; 11-补充水; 12-除水器

图 1-6 自然通风冷却塔

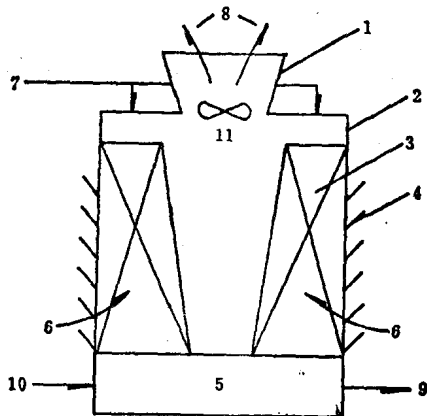
而机械通风型又分抽风式和鼓风式两种。根据空气流动方向又可分为横流式和逆流式。目前最常见的机械通风型的冷却塔是抽风逆流式冷却塔,如图1-7所示。

冷却塔内部装有溅水装置或填料,由一排排板条交错排列而成。水顺着板条逐排淋降,溅成水滴。也可采用膜式填料,使水在填料表面上以薄膜形式与空气接触。填料可由木板、纤维板、模制聚苯乙烯板、石棉板等制成。填料必须受湿良好,否则水在填料上形成水流而不是水滴。

机械通风的冷却塔,效率高并且经济。

图1-6中,空气是靠塔筒体的高度,象烟囱一样自然拔风,将空气吸入塔内与水滴逆向接触。图1-7中,空气是由塔顶的抽风机抽吸进入塔内。空气流动速度为90~210米/分。

在塔内,热水与空气之间发生两种传热作用,一是蒸发传热,二是接触传热。蒸发传热是当水在其表面温度时的饱和蒸汽压大于空气中水蒸汽分压时,水滴表面的水分子克服液态水分子之间的吸引力而汽化逸入空气中,并带走气化潜热,使液态水的温度下降。每蒸发1公斤水,要带走约580大卡的



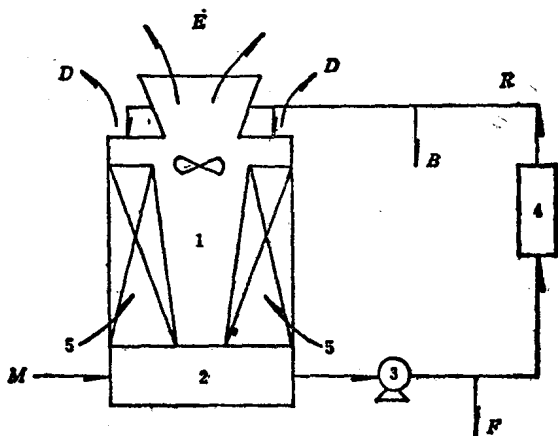
1-扩散器; 2-塔体; 3-填料; 4-进气窗;
5-冷水池; 6-空气; 7-热水; 8-热空气;
9-冷水; 10-补充水; 11-排风扇

图 1-7 机械通风冷却塔

热量。蒸发传热带走的热量约占冷却塔中传热量的75~80%。接触传热是当湿球温度低于水温时,热量从水传向空气,使空气温度提高而水温降低,带走的热量是显热,约占冷却塔中传热量的20~25%。

二、敞开式循环冷却水系统的操作

图1-8为敞开式循环冷却水系统操作图,冷水池中冷却水由循环水泵送往系统中各换热器,以冷却工艺热介质,冷却水本身温度升高,变成热水,此热水 R 送往冷却塔顶部,由布水



1-冷却塔; 2-冷水池; 3-循环水泵; 4-冷却工艺介质的换热器; 5-空气

图 1-8 敞开式循环冷却水系统操作图

管道喷淋到塔内填料上。空气则由塔底百页窗空隙中进入塔内,并被塔顶风扇抽吸上升,与落下的水滴相遇进行热交换,水滴在下落过程中逐渐变冷,当到达冷水池时,水温正好下降到符合冷却水的要求,空气在上升过程中则逐渐变热,最后由

• 8 •