

浅谈空调系统的循环冷却水设计

冯旭东

提要 从基础资料的选用,循环冷却水系统的设计,冷却塔及部件的选型与选材等方面,介绍了空调系统的循环冷却水设计中需要注意的部分问题。

关键词 循环冷却水 基础资料 系统设计 冷却塔

0 概述

目前,我国关于空调系统的循环冷却水设计和循环水处理尚无专门的规范,正在全面修订的《建筑给水排水设计规范》专门增加了“循环冷却水及冷却塔”一节,对设计中的一些基本原则提出了要求,显示了这一工作的重要性。本文对空调系统的循环冷却水设计的特点,需注意的问题进行一些探讨,供广大建筑给排水设计人员参考。限于篇幅,本文仅涉及一些循环冷却水设计的问题,循环水处理部分将另文再叙。

1 基础资料

1.1 水质

为保证循环冷却水系统良好地运行,必须对循环水和补充水的水质制定限制性要求。这些限制性控制指标就是循环冷却水水质的控制边界条件,如果超标会给循环水处理和循环冷却水系统运行带来危害。

目前空调系统的循环冷却水的水质指标尚无统一规定,设计时应符合冷水机组所要求的水质,并可参照《工业循环冷却水处理设计规范》(GB 50050 - 95)的水质指标。

建筑空调系统的循环冷却水的补充水通常采用城市自来水,部分工程项目采用地下水作为补充水源,目前一些水资源紧缺地区也有采用中水作为补充水源的报道,当补充水源无法满足循环冷却水的水质指标时,对补充水应进行适当处理。

1.2 设计温度与水温差

空调系统的冷却塔设计计算时所选用的空气干球温度和湿球温度,应与所服务的空调等系统的设计空气干球温度和湿球温度相吻合。根据《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19 - 87)规定,冷却塔

设计计算所选用的空气干球温度和湿球温度应采用历年平均不保证 50 h 的干球温度和湿球温度。

建筑空调系统冷水机组冷却水的水温差一般为 5℃,通常循环冷却水系统设计水温差也采用 5℃。我院在部分循环冷却水量较大的工程项目中,采用了 6℃ 的设计水温差。它的优点是减少了近 20 % 的循环水量,从而相应减小了循环水泵的容量和占地面积;同时,民用建筑物的面积和空间十分宝贵,由于减小了循环管道直径可减小管道井的面积和横管所占空间的高度,深受业主欢迎。当采用 6℃ 水温差设计时,应注意冷水机组冷凝器的交换面积按 6℃ 水温差选型;同时,冷却塔应选用中温型,进出水温差按 6℃ 进行计算校核。

2 系统设计

2.1 静压的利用与校核

循环冷却水系统的设备、管道布置时,一个重要的原则是使循环系统的余压得到充分利用。

空调系统的循环冷却水设计中,为节约占地面积和减小冷却塔对周围环境的影响,通常采用高置冷却塔的方式,即将冷却塔布置在裙房或主楼的屋顶上,冷水机组与循环水泵设置在地下室机房内。为利用冷却塔与循环水泵(或冷水机组)之间的势能,设计人员常将冷却塔出水管接至循环水泵(或冷水机组)的进水管上。当主楼的屋顶离地下室的几何高差较大时,选择的循环水泵除满足循环水量和扬程的要求外,还必须校核水泵泵壳承压能力。这时水泵泵壳承压能力应大于水泵的扬程与静压(冷却塔与循环水泵之间的几何高差)之和,以往曾发生因疏忽这一点而造成泵壳破裂事故。

2.2 循环管道的布置

循环冷却水管道的布置主要有单元制和干管制^[1]两种形式,空调系统的循环冷却水通常采用干管制。数台冷水机组、循环水泵和冷却塔通过进、出水干管相连成一个系统。干管制布置的循环干管虽管径较大,但减少了干管数量(整个系统只需进水和出水干管各一根),因此大大减小了管道占用空间;同时当设置备用水泵时,可提高整个系统的可靠性。

循环冷却水管道采用干管制布置形式,设计通常根据总的循环水量确定出循环干管的管径,依此计算水头损失,确定循环水泵参数并选出水泵。这时因循环水泵并联产生流量衰减已不是主要需考虑的因素,而应防止当仅一台水泵运行时由于管道阻力减小使水泵流量超过设计能力造成电机过载的可能性(当并联水泵台数较多时更应重视此因素)。

2.3 循环管道的流速

循环冷却水管道的管径一般较大,通常不应按生活给水系统的经济流速来确定管径。循环冷却水管道的流速一般可按下列数值选用。

(1) 循环干管的管径 ≤ 250 mm, 流速为 $1.5 \sim 2$ m/s; 管径 > 250 mm 且 < 500 mm, 流速为 $2 \sim 2.5$ m/s; 管径 ≥ 500 mm, 流速为 $2.5 \sim 3$ m/s。

(2) 当循环水泵从冷却塔集水池中吸水时, 吸水管的流速宜采用 $1 \sim 1.2$ m/s; 当循环水泵直接从循环管道吸水时, 吸水管直径 ≤ 250 mm 流速宜为 $1 \sim 1.5$ m/s, 吸水管直径 > 250 mm 流速宜为 $1.5 \sim 2$ m/s。水泵出水管的流速可按循环干管的流速下限值采用。

2.4 冷却塔的布置

机械通风冷却塔多台设置时,除可能影响进风量外,还会造成塔与塔之间的相互干扰,从而影响冷却效果。

2.4.1 塔的间距

相邻塔和附近建筑物对冷却塔中气流分布及风量的影响,国外多通过试验塔模型在风洞中进行测试求得。据前苏联某研究所进行的机械通风塔的试验结果,当冷却塔与建筑物之间的净距大于塔进风口高度 2 倍时,进风口区沿高度风速分布趋向均匀,塔内风速分布基本不受周围建筑物的影响,塔的进风量基本不变。而当冷却塔与建筑物之间的净距小于 2 倍进风口高度,随着净距的减小,进风口平均风

速明显减小,进塔风量相应减少。因此,设计时应保证塔进风口侧与建筑物的净距不小于进风口高度的 2 倍,周围进风的机械通风冷却塔之间的净距不应小于塔进风口的 4 倍。

2.4.2 塔的回流和干扰^[2]

回流是指机械通风冷却塔运行时,从冷却塔排出的湿热空气,一部分又回到进风口,重新进入塔内,如图 1 所示。图中表示由于自然风的作用,在背风侧所形成的回流。无自然风时,由于进风口处的吸力,也可形成回流,但比有风时要弱。

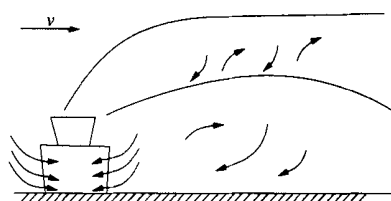


图 1 塔的回流

干扰是指进塔空气中掺入了一部分从其他冷却塔排出的湿热空气,如图 2 所示,左边的冷却塔对右边的塔形成干扰。

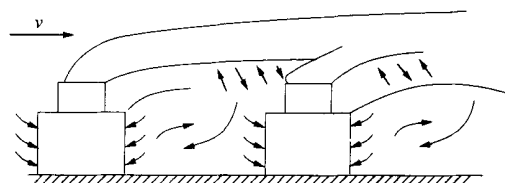


图 2 塔的干扰

回流和干扰经常是同时存在的,机械通风冷却塔的塔体较低,因地形、建筑物、塔群布置、塔的结构型式和气象等因素的影响,回流和干扰总会或多或少地发生。对回流和干扰要正确计算十分困难,通常需按具体条件通过试验来决定,一般工程很难作到。但是由于回流和干扰的影响,使进入冷却塔的空气的温度和湿度增加,降低了水向空气中散热的能力,使冷却后的水温升高,降低了冷却效果这一客观现实是存在的,系统设计时必须对冷却塔的热力性能进行修正,并采取相应的技术措施。

2.5 循环冷却水的水温调节

我们选用冷却塔的设计计算温度是按历年平均不保证 50 h 的数值选用的,当环境温度低于设计计算值时,理论上讲冷却塔出水温度应低于设计值。

部分设计人员采用控制冷却塔风机的启闭,数量或用变频方式改变冷却塔风机的转速调节风量,采用部分回流循环水量等方式调节冷却塔的出水温度,以达到节能的效果。

但是设计人员在采用上述任一种方式时应十分慎重。冷水机组的功率远远大于冷却塔风机的功率,保持较低的冷却塔出水温度(即冷水机组的进水温度)可提高冷水机组的效率,如果通过降低冷却塔风机耗能的技术手段却使冷水机组偏离了高效区运行,那是得不偿失的。设计时应对整个空调系统(包括循环水冷却)进行综合经济分析后,方能作出正确的判断。

3 冷却塔

空调系统通常采用成品冷却塔,在设计选型时除应关注有关热工性能参数外,还应注意塔芯部件的有关技术性能与要求。

3.1 淋水填料

淋水填料按照冷却塔内水冷却的表面形式,分为点滴式、薄膜式、点滴薄膜式三种类型。建筑空调系统一般采用薄膜式淋水填料。

在薄膜式淋水填料中,热水以水膜状态流动增加了水同空气的接触表面积,从而提高热交换能力。薄膜式淋水填料的散热主要依靠水膜表面水的蒸发,其表面散热约占95%。由于水在平膜板上流动快,降落迅速,容易集结成较大的水股流,减小了水膜表面,影响冷却效果。波形膜板可延缓水流下降的速度,又有利于水膜的多次破碎和重新分布,提高了填料的冷却效果,因而建筑空调系统通常均采用波形膜板式淋水填料。选用时应注意以下要求。

(1) 波形。波形膜板填料的波形有梯形波状、斜波交错状、折波状、点波状、双向波、双斜波、双梯波等多种形式。斜波填料通常压制成斜波浪形,组装时相邻两片斜波倾角交错排列,故也称斜交错波纹板填料。常用的规格有 $35 \times 15 - 60^\circ$ 、 $50 \times 20 - 60^\circ$ (波距 $\times$ 波高-斜角)两种。前者散热效率高,但孔眼小,阻力大,易堵塞;后者散热效率虽稍差,但孔眼大,阻力小,不易堵塞。梯形斜波填料是在斜交错波纹填料之后发展起来的,为克服斜波填料孔眼小,容易堵塞的缺陷,以较大孔眼的梯形断面代替波浪形断面,板面上布满螺旋形花纹以提高散热效果。

(2) 材质。波形膜板填料大都用硬聚氯乙烯片(耐水温 $\leq 50^\circ\text{C}$)或聚丙烯片(耐水温 $\leq 65^\circ\text{C}$)加热压制而成,热压成型前平片厚度为 $0.35 \sim 0.45 \text{ mm}$,成型片的最薄处厚度不应小于 0.2 mm 。淋水填料平片分普通型和耐寒型两种,最低月平均气温低于 -8°C 的地区应采用耐寒型。建筑空调系统的冷却塔应采用阻燃型塑料填料,阻燃性能氧指数不应低于28。

3.2 配水系统

冷却塔的配水系统是按80%~110%冷却水量设计的,当设计的循环冷却水量小于所选用冷却塔的名义水量的20%时,应对塔的配水系统进行校核,以保证布水的均匀;设计的循环冷却水量一般不宜大于所选用冷却塔的名义水量,当设计的循环冷却水量大于所选用冷却塔的名义水量的10%时,必须对塔的热力、风阻等性能进行校核,以保证循环冷却水系统的正常运行。冷却塔的配水方式有固定式和旋转式两种。

3.2.1 固定式配水

固定式配水可分为管式、槽式和池式,建筑空调系统中逆流塔一般采用管式配水,横流塔一般采用池式配水。

管式配水的优点是配水均匀,水滴细,冷却效果好,易保证安装质量,管内不易生长藻类,占用塔内通风面积较小;缺点是水质差时会堵塞管道。管式配水的配水干管起始断面的流速建议控制在 $1 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。

池式配水的优点是配水较均匀,供水压头低,布水简单,清理方便,缺点是池内易淤积及生长藻类。配水池的高度应保证在可能出现的超过设计水量工况时不发生溢流。池底宜水平设置,入口光滑;池顶宜设盖板,以免水池在光照下滋生微生物或藻类,也可防止灰尘、杂物进入。大型冷却塔中为了改善池式配水的喷溅效果,在配水池底部可安装配水管嘴。

喷溅装置是固定式配水方式的重要组成部分,为保证配水方式的运行,喷嘴应具有喷水角度大,水滴较细,布水面均匀无中空现象,供水压力低,流量系数大,对流量变动适应性好,不易堵塞,坚固耐用。喷嘴基本上可以分成两类:一类是靠冲击力将成股的水流扯成水滴;另一类是旋转型的,靠离心力将水

流扯开,洒向四周。前者要求的水压较低,多用于池式配水;后者要求的水压较高,多用于管式配水。目前部分厂家已开发出低水压的旋转型喷嘴,同时可用于管式和池式配水。

3.2.2 旋转式配水

旋转式配水是在配水管上开有出水孔或扁形出水槽,利用水喷出时的反作用力推动配水管旋转,使淋水填料表面得到轮流而均匀的布水。这种配水方式的布水均匀性尚好,但布水有间歇(特别是塔径较大时),供水压力要高于池式配水和部分低压管式配水,孔口较易堵塞,因此仅适合于小型玻璃钢逆流式冷却塔使用,在大中型塔中不应使用。

3.3 除水器

冷却塔应严格控制其飘水率,不允许有明显的飘水现象,不仅是为了节水,而且是防止对环境的影响。空调系统采用的机械通风冷却塔的风吹损失水量占进入冷却塔循环水量的比例(又称风吹损失水率)不应大于0.01%,上海市地方标准《冷却塔及其系统经济运行管理标准》(DB31/204-1997)已将此值提高到 $\leq 0.005\%$ (可采用吸湿法或激光全息法测定)。

除水器不仅应除水效率高,还需通风阻力小。除水器一般是由一排或两排倾斜布置的塑料或玻璃钢板条或弧形叶板组成的。在逆流式机械通风冷却塔中,采用管式配水时,除水器安装在配水管之上;在横流式冷却塔中,一般采用竖向或横向排列的百页板作成除水器,这种除水器除了除水目的之外,还具有均衡填料上、下部气流的作用。

4 结语

基础资料的收集与整理、系统设计的合理、冷却塔的正确选型,以及塔芯材料的可靠品质,是空调系统循环冷却水设计的重要组成部分,设计人员只有重视上述的问题,才能获得满意的设计效果。

参考文献

- 1 左亚洲.中小型空调制冷循环冷却水系统设计中的若干问题.给水排水,1999,25(6):45~50
- 2 赵振国.冷却塔.北京:中国水利水电出版社,1997

▽作者通讯处:200002 上海市汉口路151号
华东建筑设计研究院有限公司
电话:(021)63217420
收稿日期:2002-9-17

“世界水日”和“中国水周”

1993年1月18日,第四十七届联合国大会做出决议,确定每年的3月22日为“世界水日”。历年“世界水日”的主题如下:

1995年的主题是:“妇女和水”(women and water);

1996年的主题是:“为干渴的城市供水”(water for thirsty cities);

1997年的主题是:“水的短缺”(water scarce);

1998年的主题是:“地下水——看不见的资源”(ground water—invisible resource);

1999年的主题是:“我们(人类)永远生活在缺水状态之中”(everyone lives downstream);

2000年的主题是:“卫生用水”(water and health);

2001年的主题是:“21世纪的水”(water for the 21st century);

2002年的主题是:“水与发展”(water for development);

2003年的主题是:“水——人类的未来”(water for the future)。

1988年《中华人民共和国水法》颁布后,水利部即确

定每年的7月1日至7日为“中国水周”。考虑到与“世界水日”的主旨和内容基本相同,故从1994年开始,把“中国水周”的时间改为每年的3月22日至28日。时间的重合,使宣传活动更加突出“世界水日”的主题。历年“中国水周”主题如下:

1996年的主题是:“依法治水、科学管水、强化节水”;

1997年的主题是:“水与发展”;

1998年的主题是:“依法治水——促进水资源可持续利用”;

1999年的主题是:“江河治理是防洪之本”;

2000年的主题是:“加强节约和保护,实现水资源的可持续利用和保护”;

2001年的主题是:“建设节水型社会,实现可持续发展”;

2002年的主题是:“以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展”;

2003年的主题是:“依法治水实现水资源可持续利用”。

(杨琦)