

北京地区地铁车站风道内置式冷却塔技术探究

穆育红

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//高级工程师)

摘要 与地面设置冷却塔相比,风道内置式冷却塔具有体积小、占地少、对景观影响小、噪声小、对卫生安全影响小的优点。以北京某站风道内置式冷却塔为例,详细阐述了地铁车站风道内置式冷却塔的技术要求、管网特点、机房设计要点,分析了由风道内置式冷却塔组成的新型冷却系统中存在的问题,并提出了针对性的技术措施,以保证冷却塔的高效制冷效果及冷却系统的平稳运行,还可为风道内置式冷却塔的创新应用提供技术空间。

关键词 地铁车站;风道;内置式冷却塔

中图分类号 U231.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.08.009

Research of Air Duct Built-in Cooling Tower Technology in Metro Station in Beijing

MU Yuhong

Abstract Compared with the conventional cooling tower on the ground, the air duct built-in cooling tower has advantages of small volume, less occupancy, lower impact on landscape, lower noise, less impact on hygiene safety. Taking the air duct built-in cooling tower in a station in Beijing as an example, the technical requirements, pipe network characteristics and key points of machine room design of the air duct built-in cooling tower in metro station are expounded, and the problems existing in the new cooling system composed of the air duct built-in cooling tower are analyzed. Specific technical measures to ensure the high-efficiency refrigeration effect of the cooling tower and the stable operation of the cooling system are put forward, providing technical space for the innovative application of air duct built-in cooling tower.

Key words metro station; air duct; built-in cooling tower

Author's address Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100037, Beijing, China

地铁车站冷却塔是地铁空调系统的重要组成部分,一般采用在地面设置或下沉式设置。风道内置式冷却塔采用新型设置形式,节省占地、无需额外征地,对周边景观环境无影响,能有效解决冷却

塔景观影响、噪声扰民及卫生等问题,尤其适用于景观要求高、环境影响评价标准高及场地受限的情况。但采用风道内置式冷却塔时,工程造价会有所增加。

风道内置式冷却塔技术是一种新型冷却技术。本文以北京某新建线路的地铁车站(以下称为“A站”)为例,对风道内置式冷却塔的技术特点、布局要求、设计思路等进行论述,探讨内置式风道冷却塔的技术发展。

1 冷却塔的设置

A站位于主城区繁华地段,其出入口与风道分别设置于北京长话大楼和某写字楼旁,并与开发地块结合设置。由于场地有限,且项目对景观要求较高,故A站选择风道内置式冷却塔方案。

1.1 设计思路

风道内置式冷却塔设置在车站内的新风井与排风井中间,主要采用新风道补风、排风道排出冷却塔湿热气流的方式,对冷却塔进行通风降温。

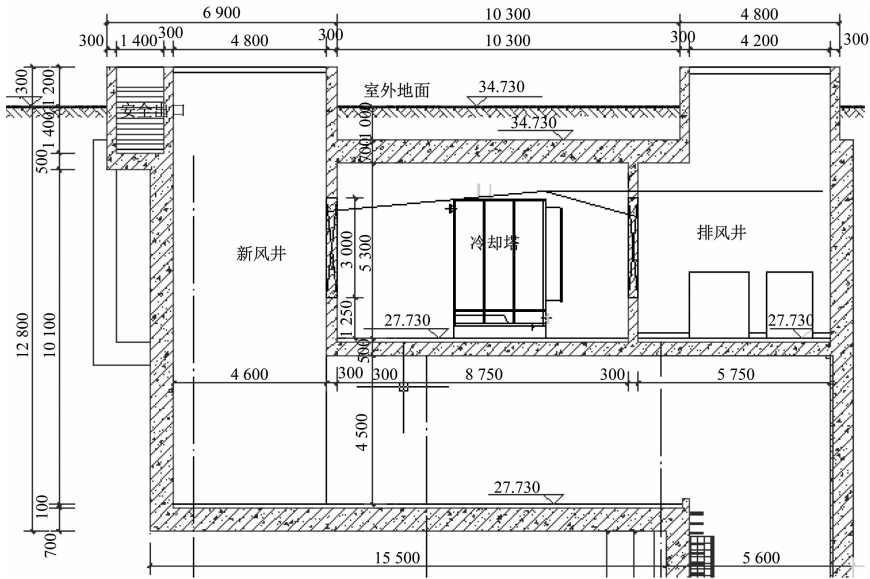
具体设计思路为:首先,分别在车站排风道及新风道相接处设置电动风阀,并在新风道及排风道设置湿球温度传感器;当排风道排风湿球温度<新风道湿球温度时,开启排风道侧的电动风阀,关闭新风道侧的电动风阀,利用车站排风对冷却塔进行冷却;当排风道排风湿球温度 \geq 新风道湿球温度时,关闭排风道侧电动风阀,开启新风道侧电动风阀,利用室外新风冷却,从而实现风道内置式冷却塔的高效通风换热。

1.2 冷却塔的选型

如果冷却塔距地面很近,气流组织顺畅,且没有特殊余压要求,则风道内置式冷却塔可选用侧进侧出横流变频冷却塔(见图1)。由于A站的冷却塔设在车站地下四层,距地面排风口约20 m,排风阻力较大,需冷却塔提供至少300 Pa以上的余压,因此,对于A站而言,采用抗热回流能力稳定、受环

境气候影响小、热力性能稳定的鼓风式逆流变频冷却塔更合适。冷却塔通过风水联动系统的智能温控功能,实现冷却塔变频控制,降低运行噪声;其风

机启停平缓,可延长电机寿命。冷却塔配置的变流量喷头可在 30% ~ 110% 流量范围内均匀布水,以保证变频运行的淋水与换热效果。



注:尺寸单位为 mm;标高单位为 m。

图 1 风道内置式冷却塔(横流塔)立面示意图

Fig. 1 Elevation diagram of air duct built-in cooling tower (cross-flow tower)

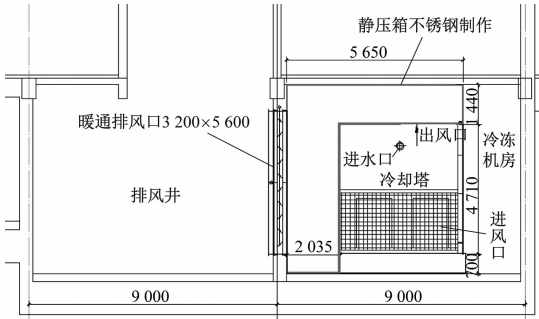
1.3 气流组织

横流冷却塔方案采用厂家定制的侧进侧出横流冷却塔,其进出风与新排风井方向一致,气流组织更顺畅,换热效果更佳。

在逆流冷却塔方案中,由于北京地区气候干燥易起尘土,地铁排风道内积尘较多,故 A 站不考虑利用排风道对冷却塔进行通风换热,直接利用新风道送风、排风井出风换热。为满足出风侧的气流顺畅需求,冷却塔的气流组织采用有组织排风、自然进风方式。A 站在车站两端设备区靠近新风井与排风井处,利用地下风道内空间分别设置冷冻机房。其中 1 处为大端冷冻机房,1 处为小端冷冻机房。冷却塔靠近排风井设置,并与冷冻机房相邻,其顶部出风口设置与排风井相连的静压箱,以保证气流顺畅(见图 2)。在冷却塔与新风井相邻的墙上设置新风阀,可保证冷却塔从新风井自然进风(见图 3)。

1.4 冷却塔与冷冻机房的布置

根据 A 站的实际冷负荷需求,在小端冷冻机房中:冷却泵水量 $Q_{小,1} = 175 \text{ m}^3/\text{h}$;冷却塔循环水量 $Q_{小,2} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$,所需排风量为 $162\,500 \text{ m}^3/\text{h}$;新风阀开洞尺寸为 $4\,500 \text{ mm} \times 3\,200 \text{ mm}$;受土建条件限制,排风阀开洞尺寸与新风阀尺寸一致;冷却塔



尺寸单位:mm

图 2 风道内置式冷却塔(逆流塔)气流组织示意图

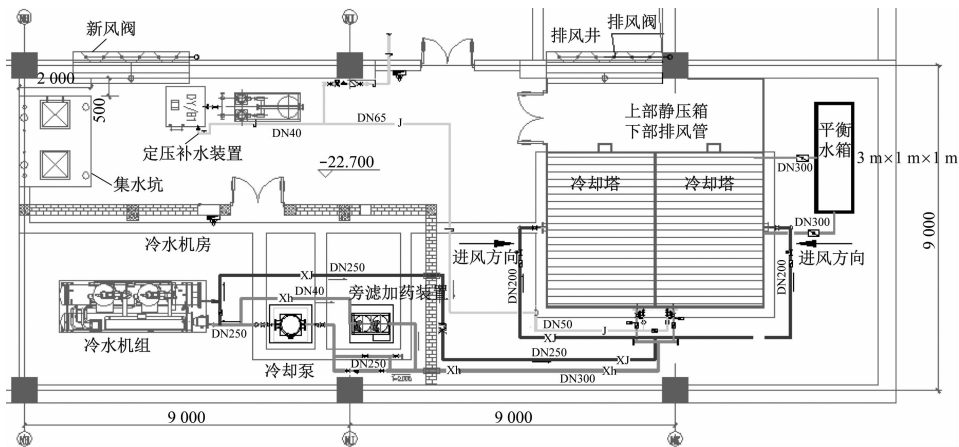
Fig. 2 Air distribution diagram of air duct built-in cooling tower (counter current tower)

处风速达到 3 m/s,满足冷却塔的排风量需求。在大端冷冻机房(见图 3)中:冷却泵水量 $Q_{大,1} = 260 \text{ m}^3/\text{h}$,冷却塔循环水量 $Q_{大,2} = 200 \times 2(\text{台}) \text{ m}^3/\text{h}$,所需总排风量为 $260\,000 \text{ m}^3/\text{h}$;新风阀与排风阀开洞尺寸均为 $5\,200 \text{ mm} \times 3\,200 \text{ mm}$;冷却塔处风速约为 4 m/s,满足风道内置式冷却塔的排风量与换热要求。

2 冷却系统设计要点

2.1 A 站冷却系统的特点及隐患

由设置在地面或屋面的冷却塔组成的冷却系



注:管径单位为 mm;尺寸单位为 mm;标高单位为 m。

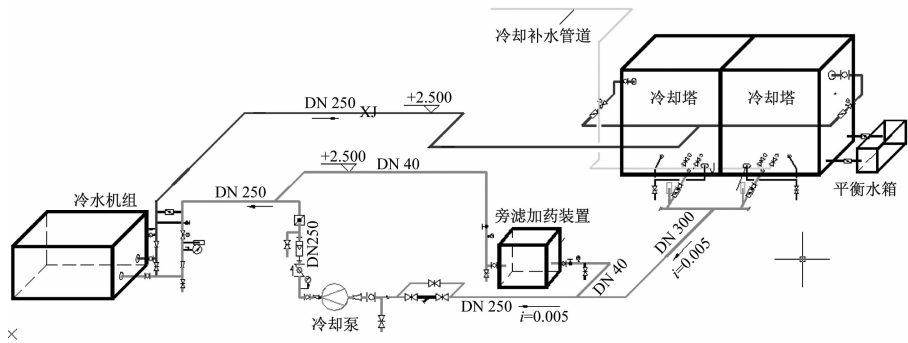
图 3 车站大端冷冻机房平面布置图

Fig. 3 Layout plan of station large end refrigerator room

统中,冷却塔设置在冷却系统最高点,高于冷水机组冷凝器;管路长,水容量大;冷却塔至冷却泵的吸水管路有足够高差。

而在 A 站的冷却系统中,冷却塔与冷冻机房同层布置,几乎没有高差,不能形成自灌;冷却塔水盘几乎与冷水机组冷凝器等高,且二者水平距离太远,极易使冷却泵吸水管路空气混入水中、进入水

泵并压入管道中,产生水锤;冷却塔紧邻排风井、冷却泵及冷冻机房布置,冷却水供回水管路总长度仅 60 m 左右,水容量相对较小(见图 4),不能接纳停泵时涌入的水,易产生水盘溢流,且再次启泵时因吸水量不足,易吸入空气造成水锤。因此,应针对 A 站冷却系统存在的隐患,预测运行时可能发生的各种问题,进而采取针对性措施,完善设计细节。



注: i 为坡度;管径单位为 mm;标高单位为 m。

图 4 风道内置冷却塔冷却系统示意图

Fig. 4 Cooling system diagram of air duct built-in cooling tower

2.2 细节设计要点

为保证冷却塔充足的进风量与换热效果,冷却塔进风面距墙净距应不小于冷却塔进风高度。由于冷却塔出水要依靠重力流入冷却泵,且冷却泵要与冷却塔相近设置,故冷却塔出水管须沿坡度 $\geq 5\%$ 的纵坡一路坡向冷却泵,不能出现局部高点或低点;距冷却泵吸水口处要设置管长 $L \geq 5D$ (D 为冷却管道直径)的直管段;冷却塔位置应满足冷却水泵净吸入扬程及必需气蚀余量的要求(见图 5)。

根据《建筑给水排水设计统一技术措施》,有:

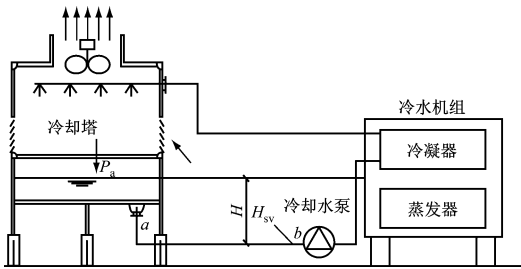


图 5 冷却水泵入口的净吸入扬程、汽蚀余量计算简图
Fig. 5 Calculation diagram of net suction lift and NPSH at suction port of cooling water pump

$$H = h_{SV} - [h_a - h_{av} - \Sigma h_{ab} - \Delta h] \quad (1)$$

式中:

H ——冷却塔水盘水面至冷却水泵吸入口的高差;

h_{SV} ——大于水泵样本提供的必需气蚀余量(A站的小端冷冻机房冷却泵 $h_{SV} = 5.827$ m, 大端冷冻机房冷却泵 $h_{SV} = 7.753$ m);

h_a ——大气压力,取 10 m;

h_{av} ——冷却水温度下的汽化压力,取 0.65 mm;

Σh_{ab} ——冷却塔出口至冷却水泵吸入口的总水头损失(A站的小端冷冻机房 $\Sigma h_{ab} = 1.597$ m, 大端冷冻机房 $\Sigma h_{ab} = 1.459$ m);

Δh ——气蚀余量富余值,取 0.4 ~ 0.6 m。

将各变量取值代入式(1)可知,技术措施的要求为 $H \geq h_{SV} - (8.95 \text{ m} - \Sigma h_{ab})$ 。根据 A 站实际情况计算可得,小端冷冻机房 $H = 0.40$ m, 大端冷冻机房 $H = 0.35$ m, 满足《建筑给水排水设计统一技术措施》要求。

当冷却循环供水管接入并联工作的 2 座冷却塔时,进水管应采用同程布置来保证两塔间的管道阻力平衡,防止水量分配不均匀,造成冷却塔水盘溢流。为避免由于压力与水量不均带来冷却塔溢流问题,2 座冷却塔水盘间需设置连通管,且出水干管应采用比进水干管大两号的集管路。

由于冷却系统管网水容量小,冷却泵吸水管路压差低,冷却塔水盘的容积不足以容纳冷却泵停止时流入的水量,故极易引起溢流。当再次启泵时,由于冷却塔水盘水量不足,会吸入空气造成水锤,严重时会引起设备移位、阀门损坏。因此,须加深冷却塔水盘深度(即加大水盘容积),降低冷却泵吸水口高度,加大吸水干管管径,以降低流速,保证冷却泵启泵时不吸入空气。

采用风道内置式冷却塔时,由于冷却供回水管线路短,水容量小,若采取上述措施仍无法满足冷却泵吸水量要求,则宜在冷却塔旁设置 1 座与冷却塔水盘连通的平衡水箱,用于补充冷却塔水盘容积,为冷却泵启泵时提供补充水量,或在停机时为水盘溢流预留储存空间(见图 4)。

风道内置式冷却塔与冷水机组的冷凝器无高差,故停泵后管道内冷却水极易落入塔中造成管网中真空,进而产生虹吸,将冷却管网中的水吸上而

流入冷却塔,引起冷却塔水盘溢水。因此,应在冷却水干管顶端设置真空破坏器。这样,即使冷却泵停止工作,也不会产生虹吸现象。此外,还应在平衡水箱内的连通管上设置底阀。2 座冷却塔进出口均应设电动蝶阀,由风水联动系统控制,可在停机时同时关断。

3 结语

风道内置式冷却塔无需占用地铁车站的室外场地空间,突破了常规冷却塔只能在室外设置的限制条件,保留了传统高效的冷却系统,完美解决了城市繁华地带地铁车站室外冷却塔占地大、景观差、噪声大等问题,是空调冷却系统的一次技术突破。

本文根据风道内置式冷却塔的特点,梳理了设计要点。随着风道内置式冷却塔技术在运营实践中的不断调整优化,该技术将会更加成熟与完善。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑给水排水设计标准: GB 50015—2019[S]. 北京:中国计划出版社,2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standards for design of building water supply and drainage: GB 50015—2019[S]. Beijing: China Planning Press, 2019.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工业循环水冷却设计规范: GB/T 50102—2014[S]. 北京:中国计划出版社,2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of cooling for industrial circulating water: GB/T 50102—2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工业循环冷却水处理设计规范: GB/T 50050—2017[S]. 北京:中国计划出版社,2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of industrial recirculating cooling water treatment: GB/T 50050—2017[S]. Beijing: China Planning Press, 2017.
- [4] 中国建筑设计研究院有限公司. 建筑给水排水设计统一技术措施 2021[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2021.
China Architectural Design and Research Institute Co., Ltd. Unified technical measures for water supply and drainage design of buildings 2021[M]. Beijing: China Building & Architecture Press, 2021.

(收稿日期:2022-01-28)