

区域供冷系统及其供冷半径探讨

朱纪军, 刘 谨

(广州市设计院, 广东 广州, 510620)

[摘要] 区域供冷系统的供冷半径是比较有争论、同时又是直接关系到系统的初投资和运行能耗的重要参数。本文仅从运行能耗的角度, 通过与分体空调器能耗的比较, 提出区域供冷系统适宜的规模, 供工程设计人员实际参考。

[关键词] 区域供冷系统, 供冷半径, 能效比

[中图分类号] TU831

[文献标识码] B

Discussion on the District Cooling System and Its Cooling Radius

ZHU Ji-jun, LIU Jin

(GuangZhou Design Institute, Guangzhou Guangdong 510620)

Abstract: The cooling radius of the district cooling system is an important parameter which relates to the primary investment and EER of the system. This paper proposes the suitable scale of the district cooling system by comparing with the split air conditioning system from the aspect of the EER, and gives preference to the project designer.

Keywords: District cooling system, Cooling radius, EER

1 引言

区域供冷系统(district cooling system, DCS)是指为了满足某一特定区域内多个建筑物的集中空调冷源需求, 由专门的空调制冷站集中制造冷水温水等, 通过区域管道进行供给的一个或多个大规模中央空调冷热源系统。它象自来水、电力一样是一项公用事业, 是城市的基础设施之一。传统中央空调系统中每幢建筑均设有各自的机房、冷水机组和冷水系统, 而DCS则不然, 它会因系统设计、运行和维护的综合规划, 及空调用冷水生产及销售量的集中控制而带来规模效益, 在国外尤其是欧美等发达国家已经得到了较广泛的应用。在我国, 由于诸多因素使得区域供冷的发展较为迟缓, 一直落后于其他形式的供冷方式。随着社会经济的的发展和人们生活水平的提高, 区域供冷将显示强大的生命力, 成为发达国家、发达地区的重要标志之一。

2 区域供冷系统的特点及适用范围

采用区域供冷系统可以改善不同单体建筑采用中小型空调设备效率低、质量参差不齐的缺点, 集中选用大型优质高效的设备; 综合利用各种高效制冷技术以提高系统的总能效。如采用热电冷三联供或热冷二联供技术, 能大幅度提高能源综合利用系数; 根据不同单体建筑使用时间及负荷的变化, 综合考虑同时使用系数的选取, 可以减少设备总的装机容量; 减少分散到各单体建筑的空调设备用房面积和配套的变配电设施用房的面积, 集中设置与集中管理; 减少日常维护工作及减少维护和管理人员; 减少或取消单体建筑部分空调室外设备, 美化城市环境, 降低城市噪声, 节约用水; 提高空调系统对电力和空调负荷管理效率; 由于其规模效应导致其初投资具有竞争力; 提高了空调系统的可靠性和有效性。

* 收稿日期: 2003-10-25

但是区域供冷系统并不是在任何条件下都可以实行的。如果在某一区域内建筑物集中或者规划进行集中建筑,那么满足下列条件才可以考虑实施区域供冷:

(1) 平均热、冷需求密度高。必须要求有一定的负荷密度才能达到经济合理的要求。由于区域供冷的区域管网敷设费用很高,从经济角度考虑,在热负荷密度很小的地方,不宜发展区域供冷,以很大的投资去满足不大的负荷要求是不合算的。资料显示,每米管道供冷负荷密度至少应该在 14kW 以上时,区域供冷才能体现优势。

(2) 明确、稳定的热(冷)负荷以及用户的加入计划。

(3) 可确保区域供冷机房及区域管网的布置规划能够实施。

3 区域供冷系统适宜供冷半径

合理确定区域供冷半径是该项技术成败的一个关键因素。供冷区域越大、单位面积上的空调负荷越大越有利于发挥区域供冷的规模优势,但同时区域供冷半径越大,区域管道就越长,管道铺设费用、管道冷损失和输送费用也就越高。特别是当系统低负荷运行时,管道温升可能导致系统必须以较大的流量来满足很小的负荷,大量的冷量在中途散失掉。再者,由于夜间负荷率很低,再加上系统存水量很大,在白天开始供冷时,需较长时间对系统进行预冷,浪费能源。因此,区域供冷半径存在最佳点的问题,太小不足以体现区域供冷系统的规模效应,太大则使系统初投资和运行费用大幅攀升,系统水力难以平衡。

因此区域能源站的设置应尽量优化室外管网输送距离,合理划分系统供冷范围。

3.1 计算前提

由于区域供冷系统极为复杂,要综合考虑到各种影响因素是很困难的,因此本文仅从运行能耗的角度,以某区域供冷系统为实例,通过与分体空调器能耗的比较,提出区域供冷系统适宜的规模。

目前国产分体空调器能效比达到 2.75kW/kW 为节能型产品,即输入 1kW 电量可获得 2.75kW

冷量。另一方面,市场上高效率的冷水机组能效比普遍可达 5.41kW/kW (0.65kW/RT),接近分体空调器的两倍。但是中央空调系统必须配备冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔及一些电动阀门,再考虑到管道系统冷损失及水泵温升冷损失,其系统能效比会有所下降。根据以上分析,区域供冷系统能效比计算前提确定如下:

(1) 冷水机组能效比 5.41kW/kW (0.65kW/RT)。

(2) 冷却水泵扬程 25m ; 冷冻水泵扬程分别取 30m (供冷距离 50m), 60m (供冷距离 500m), 80m (供冷距离 1000m), 100m (供冷距离 1500m); 冷水泵轴功率按全部变为冷水温升损失计。

(3) 冷却塔参考样本取每立方米流量电机轴功率 0.03kW ; 末端仅按风机盘管实际冷量选取,不计新风、排气。

(4) 冷却水供回水温差 5°C , 冷冻水供回水温差分别取 5°C 、 7°C 、 10°C 。

(5) 冷冻水管冷损失附加率 $0.58\% \sim 3\%/100\text{m}$ (规范《GBJ 19-87》第 6.1.6 条),本文按 $0.6\%/100\text{m}$ 和 $0.8\%/100\text{m}$ 分别计算。这是因为对于区域供冷系统而言,由于其管径较大,经计算表明冷冻水管冷损失附加率较小,因此取规范的下限值更能体现工程实际情况。

(6) 全年运行效率,经过大量工程实践与实测表明,冷水机组大部分时间在 50% 左右负荷率下运行,因此取冷水机组在 50% 负荷率下运转计算,冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔及末端仍然按满负荷运行计算。

以上所采用的经验数值是根据规范及大量具体工程实际运行数据分析得出,具有较高的参考价值,不会对本文的分析结论产生实质性影响。

3.2 计算结果分析

以冷冻水 7°C 供回水温差为例分析供冷半径等因素对区域供冷系统能效比的影响,具体计算结果见表 1。

(1) 表 1 中数据是以大型高效冷水机组为基础计算得出,如果选用低效率冷水机组,则区域供冷系统能效比将低于表中数据。

(2) 采用供冷距离为 50m 的小系统时(如每栋

表1 区域供冷系统能效比(管道冷损失0.6%/100m)

| 项目 | 单位 | 供 冷 距 离(m) | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|------------|--------|--------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | | 50(管长 100) | | | 500(管长 1000) | | | 1000(管长 2000) | | | 1500(管长 3000) | | |
| 冷水泵扬程 | m | 30 | | | 60 | | | 80 | | | 100 | | |
| 冷水温差 | °C | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 |
| 冷水机组功率 | kW | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 系统总功率 | kW | 1.3471 | 1.3242 | 1.3076 | 1.4516 | 1.3988 | 1.3586 | 1.5212 | 1.4416 | 1.3960 | 1.5909 | 1.4983 | 1.4308 |
| 水输送系数 | | 51.8 | 72.5 | 106.1 | 25.9 | 36.3 | 53.0 | 19.4 | 28.2 | 38.8 | 15.5 | 21.8 | 31.1 |
| 冷水温升 | °C | 0.126 | 0.138 | 0.153 | 0.494 | 0.631 | 0.789 | 0.857 | 1.088 | 1.457 | 1.222 | 1.582 | 2.122 |
| 满负荷能效比 | KW/kW | 3.91 | 4.00 | 4.07 | 3.36 | 3.53 | 3.67 | 2.95 | 3.17 | 3.32 | 2.56 | 2.79 | 2.98 |
| 全年运行能效比 | KW/kW | 3.11 | 3.21 | 3.29 | 2.56 | 2.75 | 2.90 | 2.20 | 2.42 | 2.58 | 1.87 | 2.09 | 2.29 |

表2 区域供冷系统能效比(管道冷损失0.8%/100m)

| 项目 | 单位 | 供 冷 距 离(m) | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|------------|--------|--------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| | | 50(管长 100) | | | 500(管长 1000) | | | 1000(管长 2000) | | | 1500(管长 3000) | | |
| 冷水泵扬程 | m | 30 | | | 60 | | | 80 | | | 100 | | |
| 冷水温差 | °C | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 | 5 | 7 | 10 |
| 冷水机组功率 | kW | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 总功率 | kW | 1.3471 | 1.3242 | 1.3076 | 1.4516 | 1.3988 | 1.3586 | 1.5212 | 1.4416 | 1.3960 | 1.5909 | 1.4983 | 1.4308 |
| 水输送系数 | | 51.8 | 72.5 | 106.1 | 25.9 | 36.3 | 53.0 | 19.4 | 28.2 | 38.8 | 15.5 | 21.8 | 31.1 |
| 冷水温升 | °C | 0.139 | 0.155 | 0.166 | 0.593 | 0.753 | 0.989 | 1.054 | 1.372 | 1.848 | 1.525 | 2.006 | 2.717 |
| 满负荷能效比 | KW/kW | 3.90 | 3.99 | 4.07 | 3.29 | 3.45 | 3.59 | 2.81 | 3.02 | 3.16 | 2.36 | 2.58 | 2.75 |
| 全年运行能效比 | KW/kW | 3.10 | 3.20 | 3.29 | 2.51 | 2.69 | 2.84 | 2.09 | 2.31 | 2.46 | 1.72 | 1.93 | 2.12 |

楼分设中央空调系统),系统满负荷能效比比分体空调器高45.5%,全年运行能耗节约14.3%。但由于难以利用同时使用系数来减少装机容量,使得整个区域供冷系统投资规模增大,区域供冷的规模效应无法体现。

(3)当供冷距离为500m时,区域供冷系统满负荷能效比比分体空调器高28.4%,全年运行能耗与之相当。此时区域供冷系统优势明显。

(4)当供冷距离为1000m时,区域供冷系统满负荷能效比优于分体空调器,但是全年运行效率略低于分体空调器。此时区域供冷系统可通过加大供回水温差、合理确定同时使用系数以降低总装机容量减少初投资,合理划分系统范围及有效管理提高满负荷运行率以节约运行费用。计算表明当年满

负荷运行率提高到60%时,其全年运行能耗就与分体空调持平。总体来说,区域供冷系统在这种情况下仍能体现其优越性,在此供冷距离范围内,基本上能满足一所学校或一片住宅小区等高密度建筑群的供冷需求。

(5)当供冷距离达到1500m时,水输送系数较低,违反强制性条文。区域供冷系统满负荷运行效率与分体空调器相当,但是全年运行效率偏低,年运行费用高出分体空调器31.6%。

(6)冷水供回水温差对中央空调系统能效比有一定的影响,冷水温差增加一倍,系统能效比增加5%~16%,并且供水距离越大,大温差节能效果越明显,但同时冷水温升也随之增加;冷水管道的保温效果,对中央空调系统能效比亦有影响,特别是

管道系统庞大时,对保温系统要求更加严格。

3.3 大规模区域供冷系统应注意的其他问题

上述区域供冷系统能效比的计算是在设备材料、系统设计、自动控制、施工及操作管理等各方面都达到较高水平下得出的。当区域供冷规模过大时,设计施工交叉接口较多,各环节配合难度很大,施工质量及工程进度难以保证。

另外,水系统还将出现下列问题。

(1) 如水泵扬程大,系统承压大于 10 MPa 时,管道、阀门及设备的承压要按 1.6 MPa 设计,导致系统投资增加。

(2) 管道冷损失及水泵温升导致冷水温升达 $1.5 \sim 2^\circ\text{C}$,使供回水温差不能加大,输送能耗不能减少,末端设计运行效率明显下降,投资相应增加。

(3) 由于管道冷损失及水泵温升导致大区域供冷系统比小区域供冷系统冷量损失大 10%,系统制冷量也需增加 10%。

(4) 管道系统过大,水力平衡难以保证;在管道设计时,当末端支环路阻力较小,而负荷侧干管环路较长,且其阻力占的比例较大时,应采用同程式,而采用同程式设计,管网投资比异程式增加 50%。

4 结论

由于区域供冷系统的优越性,因而在国内外都得到了广泛采用,尤其近年来更是发展迅速,但由此也产生了一种认为其越大越好的误解,对其适宜的供冷范围认识不当。经以上分析表明,当区域供冷半径不大于 1000 m 时,通过系统优化设计,其全年运行能效比能达到较高的水平,并且投资不大,规模效应明显,技术可靠。本文浅略分析了区域供冷系统的供冷半径范围,供工程设计人员参考。

5 参考文献

- [1] 赵荣义,等.简明空调设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2002
- [2] 杨金凤.发展区域供冷供热技术与环境保护[J].工业安全与防尘,2000(8):31~32
- [3] 秦红.我国区域供冷供热发展的几个问题[J].通风除尘,1997,16(4):18~22
- [4] 陈沛霖.空调与制冷技术手册[M].上海:同济大学出版社,1990
- [5] 丁云飞,冀兆良.区域供冷及其在我国的应用前景分析[J].建筑热能通风空调,1999(2):45~46

— [论坛简讯] —

上海举行“冷藏库技术与国际接轨论坛”

由上海冷藏库协会、上海市制冷学会、上海市冷冻空调机械工业协会联合召开的《冷藏库技术与国际接轨论坛》于 2003 年 10 月 30 日在上海举行。参会的有来自深圳、厦门、宁波、杭州和上海的 160 多人。

会上交流的论文有 31 篇,其中有:上海水产大学沈月新:《食品冷冻冷藏新工艺》;农业部冷库及制冷设备质检检测中心张青:《果蔬气调贮藏和气调运输的最新进展》;上海市商业设计研究院邱嘉昌:《试论加入 WTO 后上海冷藏业的发展方向》;上海水产大学徐世琼:《国外食品冷加工及冷藏库技术的最新进展》;上海理工大学路阳等:《干冰为冷源的冷藏运输集装箱实验室冷冻系统设计》;上海鲜绿真空保鲜设备公司刘琴芳:《真空冷却保鲜技术最新应用》等。

中国食品冷藏链新设备、新技术论坛在上海举行

中国食品冷藏链新设备、新技术论坛于 2003 年 11 月 25 日~27 日在上海举行,这个论坛由中国制冷空调工业协会主办。会上交流的论文共 21 篇,其中有:国内贸易工程设计研究院徐庆磊:《我国食品冷冻、冷藏行业现状与发展》;上海理工大学华泽钊:《食品冷藏链及冻干技术中若干新技术及应用》;重庆大学董明伟:《以液体 CO_2 为冷源的冷藏车保温特性的实验研究》;上海市真空学会孙企达:《真空冷却气调保鲜技术的发展》;山东商业职业技术学院刘学浩:《食品气调冷藏方式的应用》;大连冷冻机股份有限公司杨富华:《超低温冷藏系统》;烟台冰轮股份有限公司吴玉麟:《自动化冷库中的节能技术应用》等。

——(特约通讯员王良报道)