

人防工程空调方案优化

总参工程兵第四设计研究院 李春安[☆] 刘 露 吴春梅 魏洁瑾
解放军理工大学 刘 军 徐万里 程立杰

摘要 人防工程通常位于地下,其热湿负荷特点不同于地面建筑,而且由于工程性质不同和地域差异,空调方案也有区别。通过分析人防工程常用空调方案的优缺点及使用场合,提出了空调方案的确定原则,为合理选择人防工程的空调方案提供依据。

关键词 人防工程 空调方案 节能 系统 优化

Optimization of air conditioning schemes in civil air defense works

By Li Chun'an[★], Liu Lu, Wu Chunmei, Wei Jiejie, Liu Jun, Xu Wanli and Cheng Lijie

Abstract Civil air defense works are built underground, with thermal-humid load characteristics differing from those of ground buildings. Various construction types and region diversity can result in different air conditioning schemes. By analysing the relative merits and the applicability of common air conditioning schemes in civil air defense works, presents the general principles for determining the air conditioning scheme to provide a reference for rationally choosing air conditioning schemes in these works.

Keywords civil air defense works, air conditioning scheme, energy conservation, system, optimization

★ No. 4 Engineering Design & Research Institute, GSHQ, Beijing, China

①

0 引言

对温湿度有要求的人防工程,要达到舒适度或工艺要求,可以采用多种空调方案,但针对某项工程或不同地区的工程,并非所有的方案都适用。在确定空调方案时,应进行比较和优化,以保证方案的合理性、经济性和节能性。以下是笔者多年来从事人防工程设计的一些经验总结,希望对同行有所帮助和启发,起到抛砖引玉的作用。

1 重要的人防工程

此类人防工程平时处于维护状态,只有平常使用的变配电室、通信房间、总控室等功能房间需要空调降温,集中空调的使用频率较低,工程主体以除湿为主,以满足内部的相对湿度要求(西北干旱地区应区别对待)。当遇到紧急情况投入使用时,必须保证空调效果,确保满足应急重要通信的需要。

1.1 空调系统的要求

此类工程的空调系统应保证在极端条件下不依靠外界换热设备而独立工作。针对这一要求,空调系统应依靠内部水源(深水井或蓄水池)来满足空调系统的正常运行,确保战时重要通信畅通。现在很多重要的人防工程,特别是附建式和单建掘开式工程,平时使用率很高,因此也要兼顾平时功能房间的空调需求。

1.2 常用的空调方案

1) 自动调温除湿空调机组+空调冷却水系统

对于规模较大、级别较高的掘开式工程,通信房间的发热量大,且主要为显热负荷;而重要区、保障区的空调负荷主要为人员、新风、灯光及设备散热等,既有显热负荷,又有潜热负荷,建议设两套空调系统。通信区设独立的小型调温型除湿空调机组,主要满足降温和除湿需求。重要区、保障区等工程主体部分采取自动调温除湿空调机组,满足夏季制冷、冬季供热(热泵型)和升温除湿等功能需要;重要区、工勤区的风量可独立控制。该空调系统平时对工程内部进行除湿,应急状态下处理工程内部的人员、新风、照明、设备等基本冷、湿负荷及严寒地区有供热需求的空调热负荷。平时可利用冷却塔换热,当冷却塔遭到破坏后可利用工程内部水源作为换热媒介,满足空调系统的正常运行。空调系统流程图如图 1 所示。

2) 多功能除湿空调机组+空调冷却水系统

当工程防护级别较低、建筑面积和体量较小时,可以采

①☆ 李春安,男,1970 年 3 月生,大学,高级工程师,注册公用设备工程师,注册咨询工程师
100036 北京市太平路 24 号总参工程兵第四设计研究院三室
(010) 51950237

E-mail:bjlca@163.com

收稿日期:2012-06-18

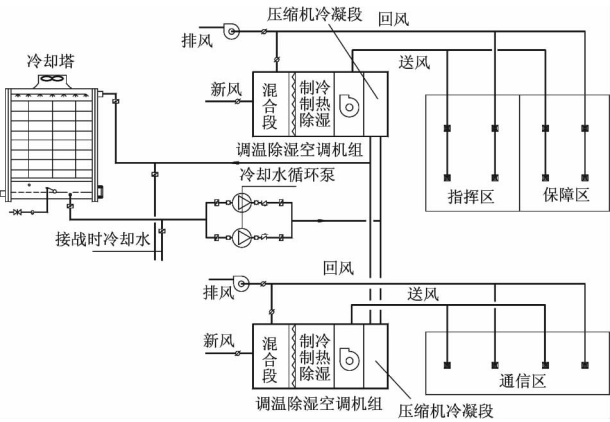


图1 自动调温除湿空调机组+空调冷却水系统流程图

用一套多功能调温除湿空调机组作为工程主体及通信房间的空气净化设备。该空调机组有两个压缩机回路,其中主回路负责主体空调送风的处理,其功能包括制冷、冬季供热(热泵型)、升温除湿、调温除湿;另外一个压缩机回路只提供冷水,用于重要区、通信房间等的空调降温,由此将余热较大的房间单独划分出来,利用冷水作为冷却介质带走房间的热量,这样可大大减小主体空调送风量,有利于实现空调系统的风量平衡,保证工程内部的温湿度环境。空调系统流程图如图2所示。

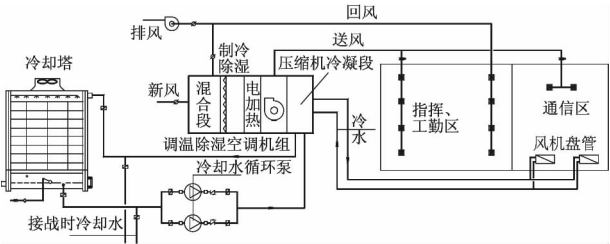


图2 多功能除湿空调机组+空调冷却水系统流程图

3) 全新风调温除湿空调机组+水环热泵系统

坑道式工程规模大、距离长,采用全空气系统将带来管路过长、风量分配不均匀、沿程阻力损失大、风机功耗大等问题,建议采用全新风调温除湿空调机组,将室外空气处理至送风状态点,然后送到各房间,新风管道上可安装电动风阀控制各房间送风量。每个房间按计算冷热负荷设置水环热泵,根据需要选择制冷和制热功能,可以实现冷热量的转移。该系统使用灵活,但热泵空调的室内机功率不宜过大,否则房间内噪声会难以控制。水环热泵对冷却水水质的要求较高,建议采用闭式冷却塔。空调系统流程图如图3所示。

2 平战结合地下商业人防工程

近年来,随着经济的发展和《人民防空法》的颁布实施,人防工程的建设进入了快速发展期,全国各地兴建了大量平战结合的人防工程,平时作为商业用房,战时作为物资库或人员掩蔽部。此类人防工程一般有三种形式,第一种是结合市政道路改造,在城市交通干道下面修建的人防工程,

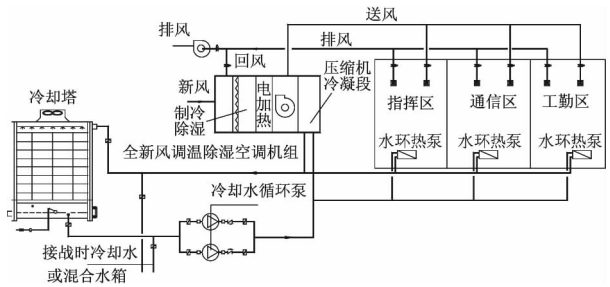


图3 全新风调温除湿空调机组+水环热泵系统流程图

一般建筑面积较大;第二种是结合城市广场和城市绿地修建的大型人防工程;第三种是附建式的人防地下室,一般规模较小。

2.1 对空调系统的要求

平时作为商业用房使用的人防工程,其室内空气温湿度参数以满足人员舒适度为前提,该类人防工程的特点是人流密度大,工程内部空气品质难以保证,必须保证有足够的新风量,因此人员负荷及新风负荷均较大;此外,当工程位于不同的地区时,室外空气的温湿度参数有很大差别,这将直接影响到空调方案及空调系统的选择。

2.2 常用的空调方案

1) 冷水机组+冷却塔+组合式空调机组

该空调方案采用组合式空调机组作为末端空气处理设备(空调机组内有表冷加热器、风机等功能设备,必要时可增加电加热段和热回收段),由离心或螺杆式冷水机组、冷却塔、冷却水循环泵、冷水循环泵等组成制冷管路系统,是目前地下商业人防工程比较常见且应用较多的方案。空调系统流程图见图4。

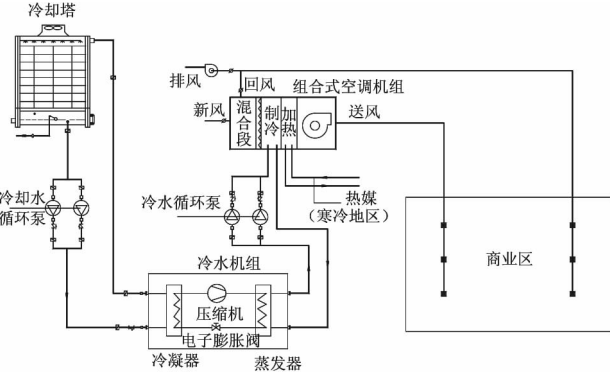


图4 冷水机组+冷却塔+组合式空调机组系统流程图

该空调方案的优点是技术成熟,由冷水机组提供冷水,夏季可实现制冷和除湿(降温除湿)功能。在严寒和寒冷地区,若接入市政或自备锅炉的热源,则可实现冬季供热功能,基本上能够满足工程内部的冷热需求。但该空调方案系统相对复杂,运行管理烦琐,对于1万m²以上的大型地下商业街,冷却塔的安置位置将是难以解决的问题。该空调方案的综合能效较低,采用高效离心机时,综合COP值仅能达到3.6左右。组合式空调机组不具备升温

除湿功能,送风温度和相对湿度不能同时保证,当工程需要单独除湿时,必须开启冷水机组对空气进行降温除湿,然后再将空气加热至需要的温度,存在不同程度的冷热抵消现象,不利于节能。因此该空调方案的使用有一定的局限性,不宜在南方和沿海潮湿地区使用。

2) 空气源热泵冷水机组+组合式空调机组

该空调方案的末端空气处理设备采用组合式空调机组,由空气源热泵冷水机组、空调水循环泵等组成制冷(热)管路系统。空调系统流程图见图5。

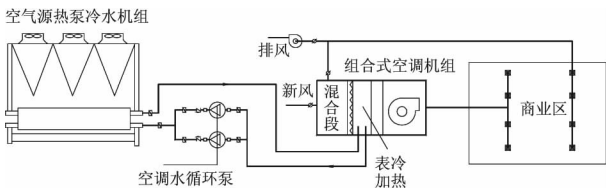


图5 空气源热泵冷水机组+组合式空调机组系统流程图

该空调方案的优点是技术成熟、系统简单、运行管理方便,由空气源热泵冷水机组提供 $7\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷水和 $40\text{ }^{\circ}\text{C}/45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热水,可实现夏季制冷、冬季制热功能。但该空调方案也不具备过渡季的独立除湿功能,而且空调系统的能效比较低,空气源热泵机组本身的 COP 值在 3.1 左右,加上循环水泵的电耗,综合能效比在 2.7 左右,运行费用较高;当冬季室外气温低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,空气源热泵机组的效率急剧降低,因此不太适合在北方严寒地区使用;当过渡季工程内部有单独除湿要求时也不建议采用该空调方案。

3) 蒸发式冷凝热泵冷水机组+组合式空调机组

该空调方案综合了冷水机组+冷却塔+组合式空调机组方案和空气源热泵冷水机组+组合式空调机组方案的优点,将冷却塔和冷水机组内的冷凝器整合到一起,制冷(热)系统由蒸发式冷凝热泵冷水机组+空调水循环泵等组成。空调系统流程图如图6所示。

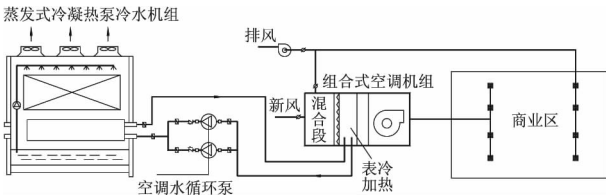


图6 蒸发式冷凝热泵冷水机组+组合式空调机组系统流程图

冷水主机采用了蒸发式冷凝技术,大大提高了制冷系统的能效比,其综合能效比可达 4.5 左右,运行节能;系统简单,运行管理方便。由于蒸发式冷凝热泵冷水机组只能根据季节需要提供冷热水,该空调方案同样无法解决工程内部单独除湿及冬季室外温度较低时($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$)效率低的问题,适用地区受到一定限制。

4) 调温除湿(热泵)空调机组+冷却水系统

该空调方案最初用在重要工程内部,随着技术的不断

成熟和单台机组制冷量的增大,近几年逐渐在地下人防商业工程中采用。调温除湿(热泵)空调机组作为末端空气处理设备,自带压缩机、冷凝器和蒸发器,具有升温除湿、降温除湿功能(若有可利用的市政中水,则能实现制热功能),冷却塔和冷却水循环泵等组成空调冷却水系统。空调系统流程图见图7。

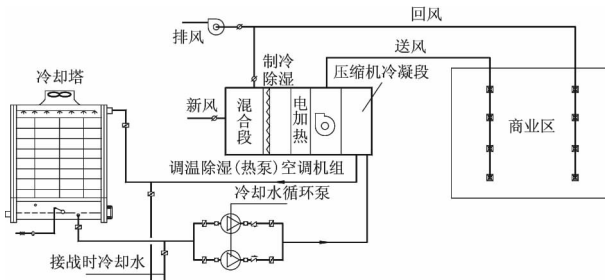


图7 调温除湿(热泵)空调机组+冷却水系统流程图

由于采用调温除湿(热泵)空调机组作为空气处理设备(空调机组内有压缩机、风冷蒸发器、风冷冷凝器和水冷冷凝器、风机等功能设备,必要时可增加电加热段和热回收段),只需提供 $10\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷却水即可实现升温除湿、制冷、降温除湿、制热等诸多功能,并可控制空调送风温度;系统集成度高,功能强,尤其适合在地下潮湿场所应用;空调系统的能效比高,调温除湿机组本身的 COP 值在 4.2 以上,加上循环水泵、冷却塔的能耗,整个空调系统的综合能效比在 3.7 左右,运行费用较低;空调水系统由冷却塔、冷却水循环泵组成,系统简单,运行管理方便。该空调方案的使用也有一定的局限性,当没有热源时,在寒冷地区一般要加电加热段,以保证送风温度。

近几年,随着国家各种节能减排及环保政策的实施,要求将城市污水处理后二次利用,如果能将城市中水作为热泵型调温除湿空调机组的冷却(蒸发)介质,则完全能满足制冷、除湿及制热等各种工况的需要。若工程所在地的地下水源和地质构造适合,还可以利用地下水源作为空调机组的冷却(蒸发)介质,以满足各种工况的使用需求,但应进行冬夏季地下热平衡计算,必要时加冷却塔辅助散热。

5) 调温除湿(热泵)空调机组+风冷冷凝器

该空调方案的空气处理末端设备与调温除湿(热泵)空调机组+冷却水系统方案相似,不同之处是风冷冷凝器改为了风冷冷凝器,取消了冷却水循环泵,系统更简化,使用和管理更方便。空调系统流程图见图8。

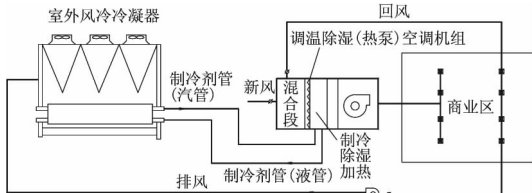


图8 调温除湿(热泵)空调机组+风冷冷凝器系统流程图

由于采用了风冷冷凝器,该空调方案无需外界水源即可实现制冷、除湿和制热功能。受风冷冷凝器的效率限制,调温除湿(热泵)空调机组同样存在制冷效率较低的问题。如能结合室内排风和室外冷凝器的布置,把工程内排风作为室外冷凝(蒸发)器的部分冷却介质,则可相应提高 COP 值,特别是在冬季,基本上能满足寒冷地区工程内的供热需求。在寒冷地区 B 区、沿海潮湿地区和夏热冬冷地区,该空调方案使用灵活,具有较强的适应性。

6) 蒸发冷却空调机组+冷却塔

该空调方案的末端空气处理设备是普通的空调机组,空调机组内根据需要设置表冷段(一次干式冷却)、蒸发段(二次蒸发冷却)和加热段(冬季)等功能段。空调系统流程图见图 9。制冷原理是利用室外空气比焓比室内空气比焓小的特点,采用冷却塔对循环水进行蒸发冷却,使供水温度略低于空气的湿球温度,然后经表冷段对室外新风进行第一次冷却,再通过蒸发段进行等焓加湿二次冷却,送风温度能达到 18~20℃,基本上可以满足工程内部的降温要求。冬季应采用最小新风量运行,调整排风量和新风量,并最大限度地利用室内回风,以减少冬季加热能耗。

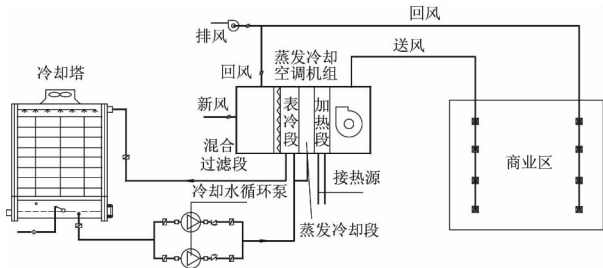


图 9 蒸发冷却空调机组+冷却塔系统流程图

该空调方案的优点是不需要冷水,取消了冷水机组、制冷站,减少了占地面积,设备投资少,耗电量可降低 50% 以上,能耗大大降低;空调系统只需要冷却水,系统运行可靠,管理简单;夏季和过渡季采用全新风,人均新风量大,无回风,不存在二次污染,室内空气品质好。该空调方案适用于夏季气温高、空气干燥、湿球温度低的地区。

7) 新风换气机+商用变频多联机系统

该空调方案的末端空气处理设备是变频多联空调室内

机,利用新风换气机回收室内排风的能量,基本上可满足夏季制冷和冬季制热的需要。空调系统流程图如图 10 所示。

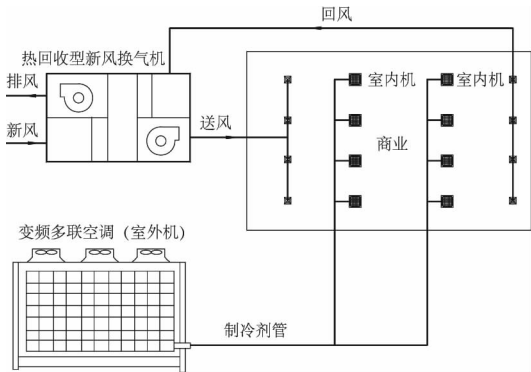


图 10 新风换气机+商用变频多联机系统流程图

该空调方案的优点是各空调区的温度可独立控制,使用灵活,特别适用于多单元小空间的地下商业场所;一般情况下采用最小新风量送风,风管截面积较小,占用吊顶空间小。不足之处是当过渡季室外空气温度低于室内时,无法有效利用自然冷源进行大流量通风,以缩短空调开机时间,降低制冷能耗。当采用该空调形式时,新风换气机宜设旁通功能,使新风量和排风量可调。该空调系统无独立除湿功能,不建议在南方及沿海潮湿地区使用。

3 结语

随着全国各地修建越来越多的大型平战结合人防工程,空调运行的能耗问题越来越受到重视,而选择正确合理的空调方案则是解决空调节能的关键。通过对人防工程常用空调方案的优缺点和使用场合的分析,确定了空调方案选择的一般原则和规律,但对于具体工程,还应综合工程所在地的气候条件、该地区的能源政策、市政条件等诸多因素,进行计算分析、技术经济论证,从而保证所选空调方案的合理性、节能性。

参考文献:

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [2] 薛志峰. 公共建筑节能[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007