

铜陵地下商业街通风空调设计探讨

解放军理工大学 马吉民[☆] 朱培根 王瑞海

总参工程兵第四设计研究院 毛 维 李国繁 金晓公

摘要 根据铜陵地下商业街人流量变化大,围护结构具有热稳定性、封闭性等特点,探讨了地下商业街通风空调系统负荷计算,空调方式、冷热源选择,通风排烟设计等有关问题。该工程最终采用了全空气集中式空调系统。

关键词 地下工程 商业街 通风空调 人流量 负荷计算

Ventilation and air conditioning design of the underground shopping mall in Tongling

By Ma Jimin[★], Zhu Peigen, Wang Ruihai, Mao Wei, Li Guofan and Jin Xiaogong

Abstract Based on the characteristics of the large pedestrian flow volume, thermal stability and tightness of the building envelope of the underground shopping mall, discusses the load calculation, the selection of air conditioning modes and cold/heat sources, and the design of ventilation and smoke exhaust, etc. The shopping mall adopts central all-air air conditioning systems.

Keywords underground engineering, shopping mall, ventilation and air conditioning, pedestrian flow volume, load calculation

★ PLA University of Science and Technology, Nanjing, China

①

0 引言

近年来,随着城市土地资源的紧缺和地价的升高,人们越来越重视地下空间的开发和利用。地下商业街通常修建在城市主干道的下面,既不需要征地,又处于城市繁华地带,因此各大城市结合人防工程修建了许多地下商业街。地下商业街的通风空调系统与地面商业建筑相比有自己的特点,在空调负荷计算、空调系统选择、冷热源选择及排风排烟设计等方面都有一些特殊要求。本文结合铜陵地下商业街的通风空调设计,对相关问题进行探讨。

铜陵地下商业街位于安徽省铜陵市,工程建筑面积 9 483 m²,空调面积 6 853 m²。平时用作商业,划分为 4 个防火分区;战时作为 6 级人防物资库,划分为 2 个防护单元。工程顶板埋深 1.8 m,底板埋深 6.7 m,店铺吊顶下高度 3 m,通道吊顶下高度 3.5 m。

1 平战结合地下商业街的特点

地下商业街既具有一般商业建筑人流量变化大的特点,又有与地面商业建筑不同的特点,受工程围护结构周围岩石和土壤以及封闭空间等因素

的影响,地下商业街在空气环境保障方面的主要特点有:

1) 围护结构具有热稳定性。地下商业街位于地下,工程围护结构周围土壤的温度常年变化不大,受外界气温和太阳辐射变化的影响较小,工程围护结构壁面温度常年接近地温,使得工程内有冬暖夏凉的特点。同样因工程围护结构周围的土壤热阻大,地下商业街内的余热也不容易通过围护结构传到室外,必须采取通风空调技术措施才能保证工程内的空气环境。

2) 具有封闭性。由于地下商业街战时大都作为人防工程,出于战时的防护要求,地下商业街的出入口只有几个,因而地下商业街自然通风困难,如果不采用机械通风和空气处理措施,会出现污染物浓度超标、氧气浓度下降、空气品质恶化的现象,这将直接影响工程使用。地下商业街内一旦发生

①[☆] 马吉民,男,1963年1月生,工学硕士,副教授
210007 南京市海福巷一号内设室
(0) 13951994171
E-mail: majimin@126.com
收稿日期:2012-06-18

火灾,人员逃生和火灾扑救都相当困难,因而对防排烟设计要求更高。

3) 需要考虑战时防护功能的要求。对平战结合的地下商业街,在设计时还应考虑平战结合和平战转换问题。

2 地下商业街的空调负荷计算

2.1 室内空气设计参数的确定

地下商业街室内空气设计参数应根据设计规范和节能要求确定。因平战结合的地下商业街地面一般是市政道路,应按照 GB 50225—2005《人民防空工程设计规范》(以下简称《人防规范》)进行设计,而不应采用 GB 50038—2005《防空地下室设计规范》,二者的适用范围不同,前者适用于单建式人防工程,后者适用于附建式人防地下室工程。

根据《人防规范》,地下商业街的室内空气参数为:夏季温度 $t \leq 28$ °C,相对湿度 $\varphi \leq 75\%$;冬季 $t \geq 18$ °C, $\varphi \geq 30\%$ 。

同时地下商业街平时作为公共建筑,还应符合 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》(以下简称《节能规范》)的要求:夏季 $t = 25$ °C, $\varphi = 40\% \sim 65\%$;冬季 $t = 20$ °C, $\varphi = 30\% \sim 60\%$ 。

因此,铜陵地下商业街的室内空气设计参数确定为:夏季 $t = 26$ °C, $\varphi = 60\%$;冬季 $t = 18$ °C, $\varphi \geq 30\%$ 。

2.2 新风量和人数的确定

《人防规范》要求地下商业街新风量标准为 ≥ 20 m³/(人·h),《节能规范》要求为 20 m³/(人·h),二者基本一致,因而铜陵地下商业街的新风量标准取 20 m³/(人·h)。

因商业建筑不同时段人流量变化很大,所以采用了按需求控制新风量的技术措施,设置了根据商业街内 CO₂ 浓度控制新风量的自动控制系統。

另一个对新风量影响较大的参数是商业街的设计人数。因为商业街内的人流量变化很大,要想精确确定工程内人数是很困难的。参照《节能规范》的要求,铜陵地下商业街内的人员密度按 0.33 人/m²(空调区面积)取值。

2.3 空调负荷计算

地下商业街的负荷应按《人防规范》的要求计算。空调冷负荷主要包括人员负荷、照明负荷、散热设备负荷和围护结构传热负荷等。按《节能规

范》要求,该工程照明功率密度取 12 W/m²,电气设备功率密度取 13 W/m²。

该工程第一防火分区建筑面积 1 998 m²,其中空调区面积 1 638 m²,其夏季空调冷负荷计算结果见表 1。

表 1 第一空调区夏季空调冷负荷计算结果 kW

人员负荷	照明、设备负荷	围护结构负荷	总冷负荷
87.075	28.665	-12.320	103.42

由表 1 可以看出,围护结构传热负荷占的比例不大,由于工程围护结构周围的土壤温度低于室内设计温度,所以地下商业街围护结构传热量是负值,即由室内向周围土壤散热,这与地面建筑显著不同。

地下商业街内湿负荷主要包括人员散湿、围护结构壁面散湿和人为散湿。根据《人防规范》,围护结构壁面散湿量取 0.5 g/(m²·h)。人为散湿主要指地下商业街营业员在生活、工作中产生的散湿量,根据《人防规范》取 30 g/(人·h),营业员人数取 50 人。第一空调区夏季湿负荷计算结果见表 2。

表 2 第一空调区夏季湿负荷计算结果 kg/h

人员湿负荷	围护结构壁面湿负荷	人为湿负荷	总湿负荷
99.36	2.2	1.5	103.06

由表 2 可以看出,工程内的主要湿源为人员散湿。

地下商业街围护结构周围土壤的温度全年基本恒定,围护结构散热量又不大,因而冬季室内各种负荷变化不大,铜陵地下商业街冬季的室内负荷为冷负荷,需要降温冷却。这种情况与地面建筑的内区类似。

3 地下商业街空调方式的选择

地面商业建筑的空调方式主要有 3 种:全空气集中空调系统、风机盘管加新风空调系统和多联机空调系统。根据铜陵地区平战结合地下商业街的特点,分析这 3 种空调系统的适用性。

3.1 多联机空调系统

这种系统的优点是系统简单,占用建筑空间少,施工方便、快捷。但对于地下商业街这种系统存在以下问题:

- 1) 为保证室内空气品质,要另设新风系统,吊顶内既有冷水管又有风管,占用空间大。
- 2) 不能充分利用自然冷源,可能出现冬季需要人工制冷的不合理状况。

3) 室外机太多,影响城市交通和美观。

4) 室内机和室外机之间的冷水管一般为铜管,其强度不能满足战时防护要求,平战转换工作量较大。

因此,平战结合的地下商业街一般不建议采用多联机空调系统。

3.2 风机盘管加新风空调系统

这种系统结合了集中式空调系统和分散式空调系统的优点,便于各商铺自由控制末端设备,节能效果好,且没有回风管道,占用建筑空间较少,节省空气输送能耗。

但经过调查发现,这种空调系统用于平战结合地下商业街存在以下问题:

1) 不能充分利用自然冷源。因为其新风系统一般按最小新风量设计,在过渡季和冬季无法增加新风量,不能充分利用室外低温空气,可能出现冬季需要人工制冷的不合理情况,不符合节能要求。

2) 由于地下商业街内空气含尘较多,风机盘管回风口过滤网容易堵塞,且不易清洗,后期维护工作量很大。

3) 吊顶内水管多,易发生漏水情况和冷凝水管堵塞情况,从而影响商户的营业。

因此风机盘管加新风空调系统也不太适合平战结合地下商业街工程。

3.3 全空气集中空调系统

全空气集中空调系统尽管存在管网占用空间大、空气输送动力消耗大的缺点,但从全年运行管理和节能角度考虑,其优点也是相当明显的^[1]:

1) 能充分利用自然冷源。新风系统按全新风设计,在过渡季和冬季适当增加新风量,利用室外低温空气对室内进行冷却降温,缩短制冷机的运行时间,符合节能要求。

2) 后期维护工作量小、操作管理方便。

3) 不存在吊顶漏水情况,维修时不会影响商户营业。

因此本工程采用全空气集中式空调系统。

4 空调系统设计

根据以上分析,铜陵市地下商业街空调系统采用全空气集中式空调系统。空气处理采用一次回风。每个防火分区划分为1个空调区,整个工程分为4个空调区。第一空调区的空气处理过程焓湿图见图1。

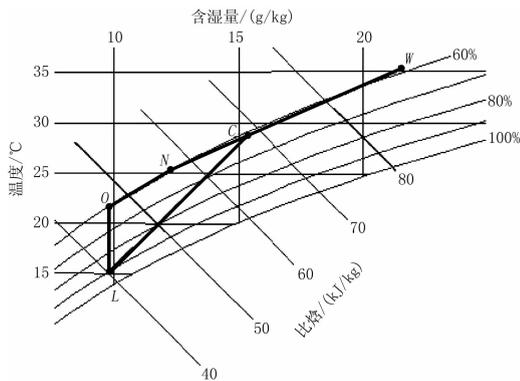


图1 第一空调区空气处理过程焓湿图

经计算第一空调区所需制冷量为265 kW,送风量为31 500 m³/h。从图1可以看出,从机器露点L到送风状态点O需较大的空气再热量。

如果选择冷水机组加组合式空调器,则很难解决空气处理过程中的再热热源问题。因此该工程选择的空调主机为地下工程用除湿空调机,它是一种水冷组合式自带冷源的直接蒸发式调温除湿机,由4个功能段即混合过滤段、冷却再热段、送风机段和主机段组成。其中,制冷系统包含1个风冷冷凝器和1个水冷冷凝器,设备内的制冷剂流量调节阀可以自动调节控制2个冷凝器的热量分配。风冷冷凝器位于冷却再热段,设在蒸发器后面,利用冷凝热对经蒸发器冷却的空气进行再热。主机段包括压缩机、水冷冷凝器和控制柜等设备。

地下工程除湿空调机的主要特点有:1) 有多种运行模式,包括升温除湿、空调降温除湿和调温除湿等,符合地下商业街的空调负荷特点;2) 充分利用冷凝热,解决了地下商业街空气处理过程中的再热热源问题;3) 直接蒸发冷却空气,高效节能。

铜陵地下商业街第一空调区的空调主机选用CK40-DX地下工程空调除湿机,送风量为40 000 m³/h,制冷量为288 kW,除湿量为140 kg/h,冷却水量为50 m³/h。在室外设1台方形、超低噪声冷却塔。

气流组织采用上送上回方式,在各商铺内设送风口,采用散流器送风,回风口集中设在走廊。

地下商业街冬季需要降温冷却,而采用人工制冷显然不节能、不合理,故考虑在过渡季、冬季利用室外低温空气进行降温,带走室内多余的热量,根据室外气候条件和工程内CO₂浓度调节新风量的

(上接第 21 页)

大小,尽量减少制冷机的运行时间。其他空调区的设计与第一空调区类似。

5 排风排烟设计

工程平时分为 4 个防火分区,每个防火分区设 1 个排风排烟机室,排风系统兼作火灾时的排烟系统。每个防火分区划分为多个防烟分区,最大防烟分区的面积为 340 m^2 ,排烟量为 $40\ 800 \text{ m}^3/\text{h}$ 。每个防烟分区设 1 个多叶式排烟口,在排风排烟管道上设电动防火风口,排风机室内设双速离心风机箱。平时电动防火风口打开,排风机低速运转排风。火灾时关闭电动防火风口,只打开发生火灾的防烟分区的排烟口,排风机高速运转进行排烟。采用口部自然补风和机械补风相结合的补风方式,空调送风机作为火灾时的补风机,同时电动关闭回风防火阀。

6 战时通风设计

地下商业街战时分为 2 个防护单元,均为 6 级人防物资库,设清洁式、隔绝式 2 种通风方式,进风

量按换气次数 $1\sim 2 \text{ h}^{-1}$ 计算。清洁通风时,打开进排风竖井内防护密闭门和密闭门,启动战时进风机和战时排风机,利用平时空调送风管道送风、平时排烟管道排风,尽量减少平战转换工作量。隔绝式通风时,关闭竖井内防护密闭门和密闭门,使工程与外部隔绝,开启送风机进行内部空气循环^[2]。

7 结语

地下商业街与地上商业建筑相比在热湿负荷方面有自己的特点。本文根据铜陵地下商业街的特点,采用了全空气集中式空调系统,空调主机采用地下工程空调除湿机。这种空调系统既能适应地下商业街人流量变化大的特点,又能充分利用室外新风作为自然冷源,减少了制冷机的运行时间,同时很好地保障了地下商业街内空气品质。

参考文献:

- [1] 马吉民,耿世彬,朱培根,等.人防工程通风空调设计[M].北京:中国计划出版社,2006
- [2] 耿世彬,马吉民,张华.人防工程通风系统与设备[M].北京:军事科学出版社,2010