

北京理工大学体育馆暖通空调设计

五洲工程设计研究院 张 阳[☆]

摘要 该项目为 2008 年北京奥运会排球比赛场馆之一。介绍了暖通空调的主要设计方案,以及比赛场地风速控制的设计思路,总结了设计中的经验和体会。

关键词 奥运排球比赛馆 风速控制 气流组织

HVAC design of Beijing Institute of Technology Gymnasium

By Zhang Yang[★]

Abstract This project is one of the volleyball gymnasiums for the Beijing 2008 Olympic Games. Presents the main HVAC design scheme and design ideas of air velocity control in the arena level, and summaries some experiences and lessons for the design.

Keywords volleyball gymnasium for Olympic Games, air velocity control, air distribution

★ Wuzhou Engineering Design and Research Institute, Beijing, China

①

1 工程概况

北京理工大学体育文化综合馆于 2003 年 5 月 1 日动工兴建,2005 年 12 月正式交付学校使用,该馆建成后作为该校的体育教学及学生文化活动设施,外观图见图 1。北京理工大学体育文化综合馆总建筑面积为 2.19 万 m²,东西宽 92 m,南北长 133 m,建筑高度 22.9 m,屋顶跨度 76.4 m。建筑布局按功能分层布置,地下 1 层,地上局部 2 层,观众座席数 4 600 席,主席台 136 席,1 层为运动员、裁判员、工作人员和贵宾用房,此外还设置有学生文化活动用房。



图 1 北京理工大学体育馆外观

由于该馆被选定为 2008 年北京奥运会排球比赛场馆之一及 2008 年北京残奥会盲人门球比赛场地,根据北京奥组委及国际排联的具体要求,于 2007 年 3 月开始进行工程改造。改造内容主要包括:1) 对原场馆的房间布局及隔间的调整。2) 在

原场馆西北侧新建热身馆 1 个,该热身馆为临时建筑,赛后拆除。原场馆的暖通改造内容为调整、新增房间内空调设备,新建热身馆的暖通改造内容为新增一套通风空调系统。改造于 2007 年 8 月完工,并通过竣工验收。2007 年 9 月在该馆进行了“好运北京”盲人门球测试赛。

2 主要设计参数

室内主要空调设计参数见表 1。该场馆依据奥运会时的运行需求,将原有场馆划分为 9 类功能分区,即:1) 比赛及热身场地;2) 出入口及停车场;3) 场馆运行区;4) 观众区;5) 赛事管理区;6)

表 1 室内主要空调设计参数

房间名称	夏季		冬季	新风量/ (m ³ /(人·h))
	室内温度/℃	相对湿度/%	室内温度/℃	
比赛大厅	26~28	55~65	16~18	20
场馆运行区	25~27	55~65	18~20	25~30
室内及新建热身场地	26~28	55~60	18~20	20
赛事管理区	25~27	55~65	18~20	25~30
观众区(观众接待服务)	25~27	55~65	18~20	15
运动员及随队官员区	24~26	55~60	20~24	30
奥林匹克大家庭区	24~26	55~60	20~24	50
新闻媒体区	25~27	55~60	18~20	25~30
安保区	25~27	55~65	18~20	25~30

①☆ 张阳,男,1975 年 7 月生,大学,高级工程师
100053 五洲工程设计研究院二所公用设备室
(010) 83196488
E-mail: jerryzy@sina.com
收稿日期:2009-03-03
修回日期:2009-03-11

运动员及随队官员区;7) 奥林匹克大家庭区;8) 新闻媒体区;9) 安保区。

除需新建的热身场地外,其余均是对分散在原有场馆内的各房间进行分隔或改造以满足奥运赛时的需求。由于原场馆均设有空调系统,因此改造内容是根据奥运分区功能,对原有空调系统进行局部调整。

3 系统形式

3.1 供暖系统

本工程热源为来自校区内锅炉房的 $110\text{ }^{\circ}\text{C}/90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温热水,经设置在地下设备机房内的 2 套板式换热机组,分别换成 $90\text{ }^{\circ}\text{C}/70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 供暖热水和 $60\text{ }^{\circ}\text{C}/50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 空调热水。供暖水系统采用闭式膨胀水罐定压,补水泵补充软化水。

根据建筑平面布置,整个建筑共设 18 个散热器供暖环路,每个环路为上供上回单管系统(异程和同程均有),各环路均接自地下室供热主干管。散热器供暖总负荷为 660 kW 。散热器采用内防腐的铝合金散热器(后甲方修改为铜铝复合散热器)。

散热器供暖系统设置原则为:1) 为防止空调系统不运行时发生冻结危险,靠外墙的一些空调房间和比赛大厅设置值班供暖,室内设计温度为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。2) 卫生间、淋浴间和比赛大厅的主席台设置散热器供暖,以保证冬季室内温度为 $18\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。3) 水泵房供暖室内设计温度为 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。4) 其余冬季无冻结危险或处于内区的房间均不设散热器供暖系统。

3.2 空调系统

本工程冷源为设置在地下设备机房的水冷螺杆式冷水机组,供回水温度为 $7\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。整个建筑物夏季最大冷负荷为 $4\,188\text{ kW}$ 。冬季空调热源采用经换热机组换得的 $60\text{ }^{\circ}\text{C}/50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 空调热水。冬季空调热负荷为 $3\,510\text{ kW}$ 。

比赛大厅呈圆形(见图 2),直径为 76.4 m ,采用 4 套低速全空气空调系统。在地下室空调机房共设置 8 台组合式空调机(K-1~8),2 台空调机组成 1 套空调系统。各空调系统送风管通过竖井从 4 个角延伸至比赛大厅周边,采用近、远程喷口相结合的方式侧送风,总送风量为 $246\,000\text{ m}^3/\text{h}$ (见图 3,4)。采用看台回风,回风口共 480 个,设置在看台台阶的侧面(见图 5),回风支管设置在看台内,汇合后分 4 支分别通过竖井接至地下室空调机房。

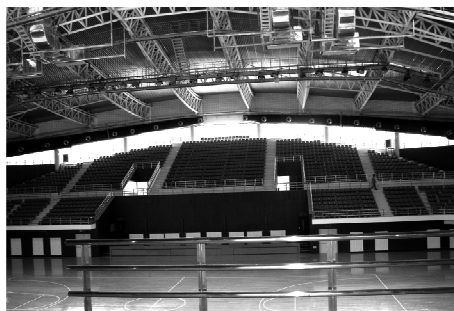


图 2 比赛大厅

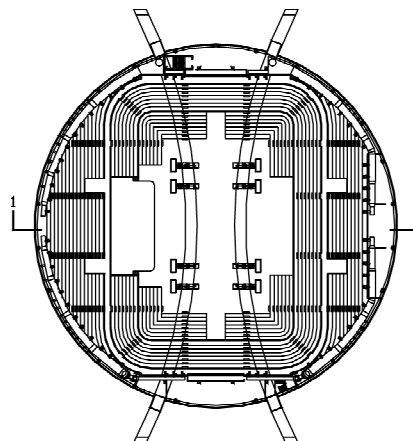


图 3 比赛大厅空调送风管道及排风机布置

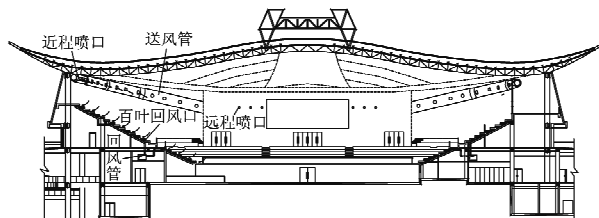


图 4 比赛大厅空调送、回风 1-1 剖面

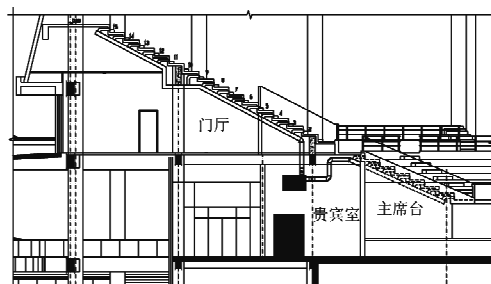


图 5 比赛大厅看台下回风管道剖面

远程射流喷口设置在比赛场地的长轴两端,射程可达场地中央。近程射流喷口主要设置在大厅四周,射程可到场地边沿。根据比赛的不同可对系统进行调节。如在进行小球类(乒乓球、羽毛球)比赛时,可电动关闭远程射流喷口,使场地内达到风速小于 0.2 m/s 的要求,此时近程射

流喷口仍保证观众看台的空气调节。为保证场地内风速的要求,还可以减少相应区域空调系统的空调机开启台数,减小送风量和喷口射程,从而减小气流对比赛场地的影响。

位于半地下室的热身场地为高大空间。采用 1 套低速全空气空调系统,设置 1 台组合式空调机(K-9),空调冷水为 7℃/12℃。气流组织为射流喷口两侧送风、百叶风口两侧回风。

新建的热身场地位于主馆的西北角,通过连廊与主馆相通,设计标准同室内热身场地。采用 1 套低速全空气空调系统,设置 1 台风冷直接蒸发式空调机组,制冷剂为 R407C。气流组织为射流喷口两侧送风、百叶风口两侧回风。

单个房间面积较大,净高要求在 4 m 以上的房间如媒体工作区、场馆运行人员用房、检录大厅、门厅等采用吊顶式空气处理机,通过风管及散流器上送风,百叶风口集中回风。部分空调机从外墙上新风百叶风口取新风。送风管内设置消声器,集中回风口内设置消声静压箱,以减小噪声的影响。

其余房间均采用风机盘管加吊顶式新风机组的空调方式。

空调水系统为冷热共用两管制一次泵定流量系统。水系统采用闭式膨胀水罐定压,补水泵补充软化水。根据末端空调设备及所处部位的不同,将空调水路划分成 5 个支路,分别供比赛大厅的组合式空调机(K-1~8)、±0.00 m 以上风机盘管、±0.00 m 以上新风机组和吊顶式空调机、±0.00 m 以下风机盘管、±0.00 m 以下新风机组和室内热身场地的组合式空调机(K-9)。各支路水平方向异程式布置。

场馆内通信机房设置机房空调,此部分设计由相应供应商负责。

场馆内的部分安保用房位于原设备机房及室外平台下的房间,由于无冷水管路接入,故设置分体式空调器,使用环保制冷剂。

3.3 通风及防排烟系统

该建筑物制冷换热机房设置机械送排风系统。配电室、水泵房设置机械排风系统。大屏幕机房设置机械排风系统,将设备余热排至室外。卫生间、浴室均设置换气扇。

比赛大厅顶部设置机械排风兼火灾排烟系统,采用 8 台双速消防排烟风机,吊装在屋面钢结构

下,排风管穿屋面接至室外排风口。平时根据空调系统新风量情况,确定低速开启台数,既将顶部灯光散发的余热排除,同时又作为空调新风的出路。过渡季节空调系统全新风运行时,8 台同时低速开启,最大排风量为 218 000 m³/h。发生火灾时,全部排烟风机高速开启进行排烟,排烟量为 296 000 m³/h。人员经常停留的地下房间,采光外窗一侧有开敞式光庭,进行自然排烟。

地下室有平战两用人防,奥运时为机动用房,战时为 5 级二等人员掩蔽所,设一个防护单元,掩蔽人数为 678 人。设计 1 套人防滤毒通风系统,清洁通风量为 4 068 m³/h,滤毒通风量为 1 356 m³/h。

3.4 空调自控

该建筑制冷、换热系统及组合式空调机、新风机组均设有 DDC 自动控制系统,可实现参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、设备联锁与自动保护、能量计量等功能。风机盘管均设温控三速开关。新建热身场地的空调机自带控制箱。

4 主要设备

4.1 冷热源设备

1) 冷源设备

螺杆式冷水机组 3 台,单机制冷量 1 427 kW,功率 261 kW。空调冷水循环泵 4 台(三用一备),流量 265 m³/h,扬程 380 kPa,功率 45 kW。

2) 热源设备

供暖板式换热机组 1 套,换热量 660 kW,配 2 台板式换热器,3 台供暖热水循环泵(二用一备),单台水泵流量 14 m³/h,扬程 260 kPa。空调板式换热机组 1 套,换热量 2 844 kW,配 2 台板式换热器,3 台空调热水循环泵(二用一备),单台水泵流量 150 m³/h,扬程 280 kPa。

4.2 空调设备

组合式空调机:30 750 m³/h,8 台;16 000 m³/h,1 台。吊顶式空调机:19 台。吊顶式新风机组:13 台。风机盘管:190 台。空调设备(含制冷机)安装功率:1 188 kW。

4.3 通风及防排烟设备

双速消防排烟风机 8 台;风量 27 309(41 248) m³/h,转速 960(1 450) r/min。低噪声风机箱 6 台。轴流风机:2 台;换气扇:38 台。通风排烟系统安装功率:171 kW。

(下转第 44 页)

压,定压点压力均为 0.25 MPa,系统定压点位于循环水泵吸入口处。

散热器均采用装饰型内防腐钢制散热器,承压 1.0 MPa。在连接散热器的供水支管上设温控调节阀。管道系统采用镀锌钢管,管径小于等于 32 mm 的,采用螺纹连接;管径大于 32 mm 的,采用焊接或法兰连接。低温地板辐射供暖管道采用 PB 聚丁烯管材,埋地管道不允许有接头。

穿过非采暖房间的供暖管道及其他需保温的供暖管道,其保温材料采用外包铝箔保护层的离心玻璃棉。供暖系统设备及附件未特别注明的,要求承压不小于 1.0 MPa。

4.3 供暖系统运行调节

为提高环境的舒适性和节能,在冬季比赛时采用空调系统和散热器供暖系统联合供暖的运行模式;在冬季非比赛时段,仅利用散热器供暖系统进行供暖,满足值班供暖温度,换热机组的一次水进口处设有电动调节阀,根据二次水出水温度调节一次水的水量,以达到环保、节能的目的。

5 通风排烟系统

5.1 通风系统

对于卫生间、电梯机房、各种设备用房、库房、活动室以及快餐厅等各类功能用房,根据规范及相关标准的要求,均设计了机械排风或机械送、排风系统。在比赛厅半球形穹顶处还设计了电动窗,平时可自动开启进行自然通风,达到节能目的。

(上接第 11 页)

5 经验教训

5.1 风管安装

该项目的屋顶为不规则的空间曲面,这就造成在比赛大厅四周屋顶下安装的风管随屋面形状变化,成为不规则的空间曲线,风管标高难于确定。虽然在设计时已经确定了风管的数个控制点标高,但在实际安装过程中还是出现了局部风管距最高的看台地面不足 2 m 的情况。后经现场测量调整达到 2 m 以上,问题得以解决,但从视觉上还是有所不足。

5.2 “好运北京”测试赛后出现的问题

2007 年 9 月在该场馆举办了“好运北京”国际盲人门球测试赛。赛后,运行团队反馈了几点问题:1) 地下的变配电室在满负荷工作时,室内温度

5.2 排烟系统

对于体育馆比赛厅和训练厅等大空间功能用房,由于房间面积大、空间高,根据规范要求可不设计防烟分区,比赛大厅设计采用 4 台排烟风机进行排烟;训练厅设计采用 2 台排烟风机进行排烟,排烟口的设置位置满足距房间最不利点小于 30 m 的要求,系统排烟量按 $60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算。在消防排烟时,同一区域内的消防排烟风机必须同时启动。

对于建筑中面积大于 300 m^2 的有外窗房间,可开窗进行自然排烟;对于建筑中长度大于 20 m 的内走道及内区面积大于 50 m^2 的房间均设计机械排烟系统,并合理划分了防烟分区。

6 自动控制

本工程所有的供暖、空调、通风系统均集中设计楼宇自动控制系统,相关设计条件参数和控制参数的检测、运行控制、计量以及季节工况转换等均实现了自动控制,有效地避免了浪费,减少了运行能耗。

7 结语

在实际工程设计中,设计人员应考虑工程所在地的环境情况,结合设计条件和工程的特点,采取各种方法进行方案优化比选,努力使自己的设计经济合理、技术先进、安全可靠。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005

超过 40°C 。2) 灯光控制室内 UPS 发热量大,室内温度偏高。

分析以上问题后发现,在进行奥运改造后,其变配电室内电气设备较原设计有所增加,并且进行比赛时接近满负荷运行,加之原暖通设计中未考虑制冷降温,仅考虑了排风,这势必造成室内温度偏高。类似的问题也出现在灯光控制室内。原设计灯光控制室内仅有少量灯光控制设备,奥运改造后增加了灯光用 UPS 电源,大量的 UPS 放置在室内,待机时散热量也很大。

结合工程实际,在地下变配电室增加 1 套空调系统,采用数码涡旋多联机对室内进行降温。在灯光控制室增加 2 台立式明装风机盘管,加上原有的 2 台风机盘管,确保室内温度不致过高。