

大礼堂暖通空调通风设计

陈 瑾, 张建忠, 顾诚新, 陈 铁

(南京市建筑设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210005)

[摘要] 介绍大礼堂空调通风工程设计概况, 包括设计标准、空调冷热负荷、空调系统、防排烟系统、节能与自控及消声与隔振处理等内容, 着重介绍了观众厅座椅下送风空调系统及二次回风系统在实际工程中的应用。

[关键词] 空调通风, 防排烟, 气流组织, 二次回风, 座椅下送风

[中图分类号] TU 831. 7 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2008) 02-0027-05

Design of Air Conditioning and Ventilation System for Auditorium

Chen Jin, Zhang Jianzhong, Gu Chengxin, Chen Tie

(Nanjing Architectural Design and Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract The paper introduces a design of air conditioning and ventilation system for auditorium, which includes the design standards, air conditioning heating/cooling load, air conditioning system, smoke control system, energy saving and automatic control system, vibration isolation and noise elimination and so on, and the application of the secondary air supply system and seat air supply in practical projects is highlighted.

Key words air conditioning and ventilation, smoke control, air distribution, secondary air supply, seat air supply

工程建筑由大礼堂、小礼堂及军史馆组成。其中大礼堂是整个礼堂建筑群中体量最大的建筑, 其主要功能是可以满足全军区的重大集会、重要会议、立体声电影放映的要求, 而且考虑了大型歌舞、音乐会、戏剧、综艺演出的需要, 有升降乐池, 因此定位为多功能剧场。观众厅两层, 设有 1 056 个座位, 底层设有 738 个座位, 二层设有 318 个座位, 规模为中型。按照乙等剧场的标准设计^[1]。

大礼堂属高大空间建筑物, 人员密集, 负荷强度大。由于空调负荷有效区所占的空间与整个空间相比比值低, 其空气调节具有分层调节的特点, 垂直方向上温度梯度较大。鉴于此特殊性, 采用合理的气流组织方式以达到高效节能的目的显得尤为重要。自从 20 世纪 70 年代瑞典开发出置换通风系统以来, 在大空间空调应用方面逐渐增多^[2]。置换通风一般应用于高大空间, 并且要求室内冷负荷以人员、设备和灯具为主, 人员多为坐姿, 活动量较小^[3]。大礼堂观众厅正符合此特点, 因此, 观众厅采用了多孔柱脚座椅送风方式以及小温差送风, 空调末端采用二次回风系统, 这样既满足了人体舒适性要求, 又达到了节能的目的。

观众厅被其它附属房间包围, 温差传热量及太阳辐射得热量小, 加上室内大量使用吸声材料, 使得其围护结构传热的冷热负荷减小^[4], 主要的热源是观众人体负荷, 因此采用座椅下送风方式可将新鲜空气直接送向观众, 带走人体散热量, 能够提高下部活动区的空气品质; 在顶棚设置排风口可以直接将热污染空气排出^[5], 排风温度远远高于活动区的温度, 从而有效地减小系统的冷负荷, 产生良好的通风效果和节能效益。

为了送风气流分布均匀, 观众无吹风感, 满足人体舒适性要求, 送风温度通常比室内设计温度低 2~4℃^[2]。如果采用一次回风和再热来实现会产生冷热抵消现象^[6], 浪费能源, 因此本工程空调末端采用了二次回风系统。

收稿日期: 2007-04-18

基金项目: 南京市人才发展计划项目(98711)资助项目。

作者简介: 陈 瑾, 高级工程师, 研究方向: 暖通空调设计。E-mail: cjb483128@163.com

1 空调设计

1.1 室外气象参数^[7]

南京地区地理位置: 北纬 32°00′, 东经 118°48′, 夏季空调室外计算干球温度 35.0℃, 夏季空调室外计算湿球温度 28.3℃. 冬季空调室外计算干球温度 - 6℃, 冬季空调室外计算相对湿度 73.0%, 夏季室外风速 2.6m/s 冬季室外风速 2.6m/s

1.2 室内设计参数

根据《采暖通风与空气调节设计规范》^[7]、《剧场建筑设计规范》^[1]的具体要求, 确定建筑物各部位的设计标准如表 1 所示.

表 1 室内设计参数
Table 1 Interior design parameters

房间类型	室内温度 /℃		相对湿度 %		新风量 / (m ³ /h• p)	噪声指标 / (dB(A))	空气含浓度 / (Mg/m ³)
	夏季	冬季	夏季	冬季			
观众厅	25	20	50~ 65	40~ 50	20	35	≤ 0.15
舞台	26	20	40~ 65	> 30	10	40	≤ 0.15
前厅、休息廊	27	18	40~ 65	> 30	10	45	≤ 0.15
化妆间	26	20	40~ 65	> 30	30	45	≤ 0.15

1.3 空调负荷及冷热源

本工程采用 HDY- SMAD 空调负荷计算软件对空调区域进行了逐项逐时的冷热负荷计算, 大礼堂空调设计计算冷负荷为 1 120 kW, 冬季空调设计计算热负荷为 870 kW.

考虑到本建筑裙间隙使用特点 (每年举行大型活动时才使用), 空调冷热源采用无须专人管理的风冷热泵机组, 设置在军史馆屋面上. 主机提供的设计工况为: 夏季, 空调供回水温度分别为 7℃ /12℃; 冬季, 空调供回水温度分别为 45℃ /40℃.

1.4 空调系统

(1) 大礼堂观众厅空间高大, 气流组织为座椅下送风、中部回风、上部排风方式, 采用组合式空调机组 (含湿膜加湿)、二次回风方式, 并采用板式及袋式初、中效两级过滤如图 1 所示.

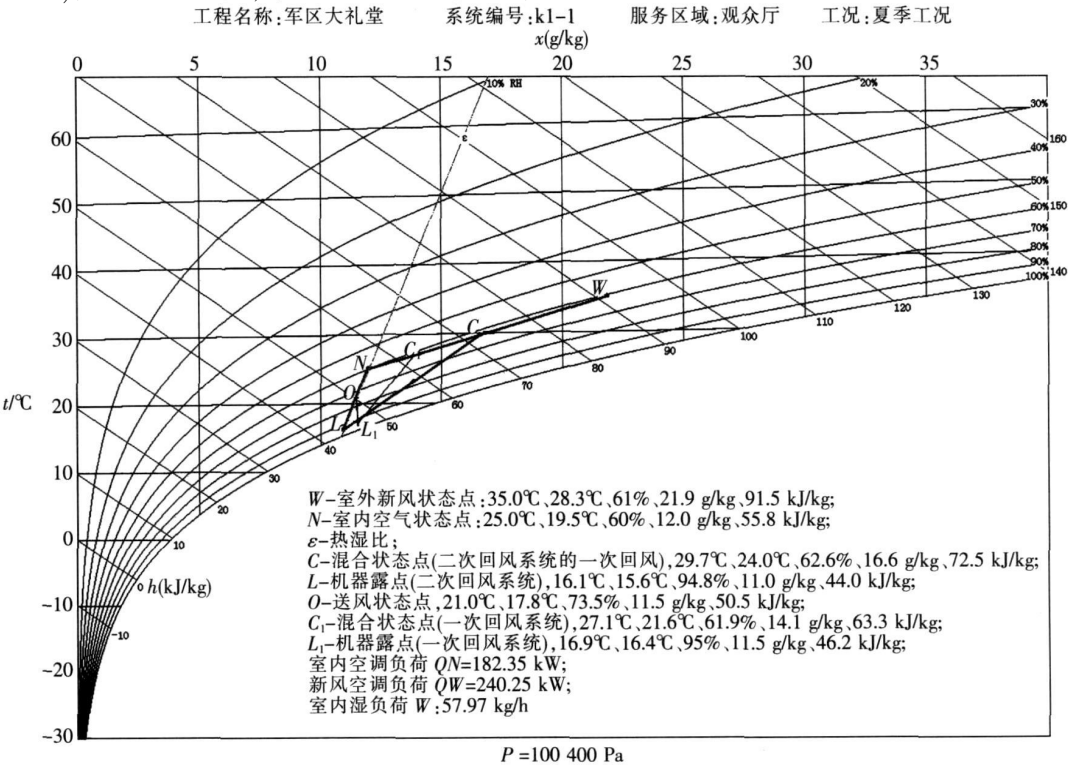
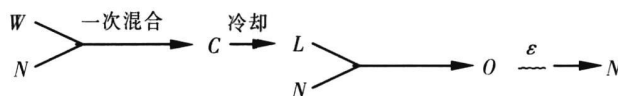


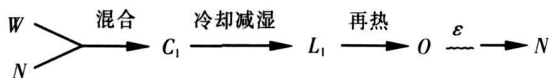
图 1 夏季工况下空调 h-d 图
Fig.1 Humidity-enthalpy chart of secondary air supply system in summer condition

二次回风夏季处理过程为^[6]:



依据座椅下送风特点,送风温差 t_s 取 3.5°C ,由焓湿图计算可得:观众厅二次回风系统总送风量为 $103\,220\text{ m}^3/\text{h}$,一次回风量为 $25\,233\text{ m}^3/\text{h}$,二次回风量为 $77\,967\text{ m}^3/\text{h}$,新风量为 $21\,120\text{ m}^3/\text{h}$ 组合式空调器制冷量为 440.6 kW .

一次回风系统虽然也能解决小温差送风问题,但必须采用再热器实现,一次回风夏季处理过程为^[6]:



由焓湿计算可得:观众厅一次回风系统总送风量为 $103\,220\text{ m}^3/\text{h}$, 组合式空调器制冷量为 588.5 kW , 空调再热量为 147.9 kW .

根据以上分析,采用二次回风系统比一次回风系统节能 147.9 kW.

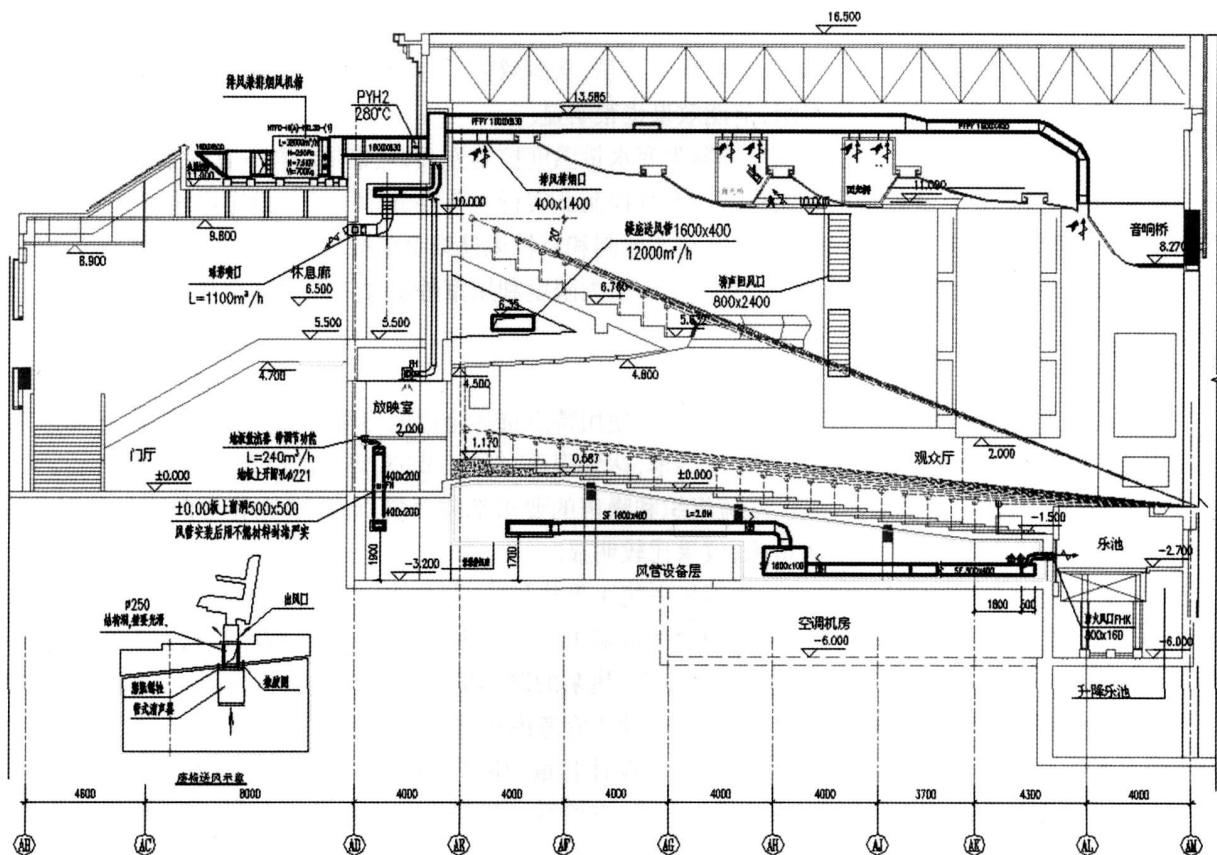


图2 观众厅风管示意图

Fig.2 Profile of auditorium

(2) 舞台采用独立空调系统, 总送风量为 $80\,000\text{ m}^3/\text{h}$, 采用顶送、顶侧送和下侧回的送回风方式, 送风管布置在舞台两个侧台下面. 由于舞台高度很高, 送风口均采用喷口和垂直条形风口. 连接喷口的支风管在与主管连接处设有电动风阀. 当舞台演出有幕布时, 关闭电动风阀, 由条形风口下送; 当舞台用于会议无幕布时, 打开电动风阀, 喷口侧送.

(3) 休息廊采用低速风道送风空调方式,气流组织采用上送下回方式。

(4) 舞台附属用房采用风机盘管加新风系统, 新风经新风机处理后送至室内。

(5) 为了尽量减少空调噪音对观众厅及舞台的影响,本工程末端空调机房均设置在观众厅座位下方的地下夹层内,回风口采用了消声回风口,座椅送风管与座椅连接处设 $\phi 250$ 的管式消声器一个,另外采用多孔柱脚座椅送风,速度小,空气湍流度低,进一步控制了噪音^[8],产生了很好的效果。

2 通风及防排烟系统

观众厅屋顶设有 5 台排风排烟风机,总排风排烟量为 $160\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 根据《剧场建筑设计规范》^[1],观众厅的排烟量以 13 次 /h 换气标准计算,或 $90\text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 换气标准计算,两者取其大者,本工程采用了 13 次 /h 换气标准计算结果。5 台风机其中一台变频,平时可根据季节变化,选择开启台数。发生火灾需要排烟时,5 台风机全部切换到最大排烟状态。

舞台上空设置机械排风与排烟合用系统,侧顶设有 4 台排风排烟风机,总排风排烟量为 $144\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 按 4 次 /h 换气标准计算^[9]。4 台风机其中一台变频,平时可根据季节变化,选择开启台数。发生火灾需要排烟时,4 台风机全部切换到最大排烟状态。

根据《剧场建筑设计规范》的要求,机械化舞台台仓设置了机械排烟^[1],其排烟量按 $60\text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 计算。地下台仓同时设排烟补风,补风风量不小于排烟量的 50%。

公共卫生间、地下设备用房及耳光室、灯控室等设置了独立的机械通风系统。

3 自控与节能

大礼堂观众厅通过使用二次回风系统取代了再热,从而减少了冷热抵消所增加的能耗,同时采用座椅下送风方式,不仅改善了空调气流组织,节能效果也很明显。

空调水系统采用一次泵系统,末端空调器为变水量温度控制方式,热泵机组与一次泵通过群控根据负荷变化实行台数调节。空气处理机组风机采用变频控制器实行季节性分阶段调节设定风量,结合变水量温控系统,实现最大限度节能。风机盘管采用电动二通阀和三档风速结合的控制方式。

各场所排风系统风机采用变频控制,过渡季节最大限度利用室外新风消除房间余热。

4 结论

本工程设计经过了多方案讨论比较,结合用户使用特点选择合适的冷源方式,采用了下送上回的气流组织方式。目前已施工调试完毕,使用了一个冬季,达到简单、舒适、节能、环保的空调设计效果。

(1) 观众厅与舞台空调对温湿度、气流组织和噪声的要求都较严格,设计中充分考虑到这些影响,进行了一系列计算分析,采取了相应的措施,效果比较明显。

(2) 观众厅采用二次回风系统与一次回风系统 + 再热相比,其节能效果更加明显。

(3) 考虑到用户间歇使用又无专人管理的特点采用了风冷热泵主机,但在 2008 年初大雪寒冷气候条件下,空调供水温度不到 40°C ,末端出力明显下降。热泵的制热能力与样本参数有偏差。一方面希望热泵生产企业提供更正确的样本技术参数,另一方面,设计应考虑实际工程因素,我们的规范与审图机构不要把主机容量的选择规定的过于刻板。强调“主机的设计容量(生产企业的技术参数)不得大于理论计算负荷”的规定,不太适合实际工程要求。系统是否节能,主要看主机等设备组合是否合理,能否使系统全年能效比最高。

(4) 观众厅底层及二层台座有条件宜各自设置独立的空调系统。本工程尽管分开设置了送风管及控制阀门,由于底层和二层存在较大的温度梯度,有时即使关闭台座送风,台座温度依然偏高。如果空调系统分开设置,此时台座采用加大新风运行,就能很好地满足台座的舒适性。

(5) 舞台附属用房(化妆间等)由于门开启频繁,演员着装少,宜适当提高该空调区域设计标准。

(6) 地下风管夹层有条件宜设独立的机械通风系统。

[参考文献] (References)

[1] 中华人民共和国建设部. JG J57—2000 剧场建筑设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

- Ministry of Construction. JGJ57—2000 Design code of theatre[S]. Beijing: China Building Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [2] 范存养. 大空间建筑空调设计及工程实录[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
Fan Cunyang. Design of Air Conditioning in Large Space and Project Record[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [3] 孙敏生, 王威, 万水娥. 国家大剧院观众厅空调系统和气流组织方式的设计和分析[J]. 暖通空调, 2003, 33(3): 1-8
Sun Minsheng, Wang Wei, Wan Shuei. Design and analysis of the air conditioning system and air distribution of the auditorium of the China National Grand Theatre[J]. Journal of HV&AC, 2003, 33(3): 1-8 (in Chinese)
- [4] 李惠风, 王鸿章. 影剧院空调设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991
Li Huifeng, Wang Hongzhang. Design of Air Conditioning for Theatre[M]. Beijing: China Building Industry Press, 1991. (in Chinese)
- [5] 范存养. 办公室下送风空调方式的应用[J]. 暖通空调, 1997, 27(4): 30-39.
Fan Cunyang. Under floor air supply in office buildings[J]. Journal of HV&AC, 1997, 27(4): 30-39. (in Chinese)
- [6] 赵荣义, 范存养. 空气调节[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994
Zhao Rongyi, Fan Cunyang. Air Conditioning[M]. 3th ed. Beijing: China Building Industry Press, 1994. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国建设部. GB50019—2003采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003
Ministry of Construction. GB50019—2003 Code for design of heating ventilation and air conditioning[S]. Beijing: China Planning Press, 2003. (in Chinese)
- [8] 刘芳. 座椅下圆柱型多孔送风器的噪声测试和分析[J]. 暖通空调, 2006, 36(2): 79-82
Liu Fang. Noise measurements and analyses of under seat cylindrical perforated outlets[J]. Journal of HV&AC, 2006, 36(2): 79-82. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国建设部. GB50016—2006建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006
Ministry of Construction. GB50016—2006 Code of design on building fire protection and prevention[S]. Beijing: China Planning Press, 2006. (in Chinese)
- [10] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
Lu Yaoqing. Practical Heating and Air Conditioning Design Manual[M]. Beijing: China Building Industry Press, 1995. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

(上接第 26页)

- [5] 石磊. 数码涡旋与变频技术的对比分析[J]. 制冷技术, 2006(2): 25-31.
Shi Lei. Analysis and comparison between digital scroll and inverter technology[J]. Refrigeration Technology, 2006(2): 25-31. (in Chinese)
- [6] 朱乐琪, 张旭, 杨洁. 数码涡旋多联式空调系统冬季运行特性实测[J]. 暖通空调, 2006, 36(12): 100-103
Zhu Leqi, Zhang Xu, Yang Jie. Field test of operating characteristics of DVM systems in winter[J]. Journal of HV&AC, 2006, 36(12): 100-103. (in Chinese)
- [7] 杨刚, 张旭, 杨洁. 数码涡旋与变频多联式空调系统夏季运行特性的比较[J]. 制冷空调与电力机械, 2005, 26(6): 19-22
Yang Gang, Zhang Xu, Yang Jie. Comparison between the operating characteristics of digital scroll and inverter multiunit air conditioning in summer[J]. Refrigeration Air Conditioning and Electric Power Machinery, 2005, 26(6): 19-22. (in Chinese)
- [8] 阚安康, 韩厚德, 陈威. 数码涡旋技术在冷藏集装箱上的应用[J]. 压缩机技术, 2005(6): 30-33
Kan Ankang, Han Houde, Chen Wei. Application of the digital scroll technology in refrigeration container[J]. Compressor Technology, 2005(6): 30-33. (in Chinese)
- [9] 邱育群, 邱肇光. 高精度恒温恒湿空调的研发及试验验证[J]. 制冷与空调, 2006, 6(3): 82-83
Qiu Yuqun, Qiu Zhao Guang. Research and development and the experiment confirmation of high accuracy constant temperature and humidity air conditioning[J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2006, 6(3): 82-83. (in Chinese)
- [10] 黄虎, 张建忠, 李奇贺. 数码涡旋管道机制冷变风量运行的实验研究[J]. 低温与特气, 2007, 25(3): 13-15.
Huang Hu, Zhang Jianzhong, Li Qihe. Experimental research on ducted air conditioning with digital scroll compressor at refrigeration operation[J]. Low Temperature and Specialty Gases, 2007, 25(3): 13-15. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]