

NUANTONG KONGTIAO GONGCHENG YOUXIU SHEJI TUJI

暖通空调工程

优秀设计图集 ④

● 中国建筑学会暖通空调分会 主编

中国建筑工业出版社

暖通空调工程优秀设计图集

④

中国建筑学会暖通空调分会 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

暖通空调工程优秀设计图集④/中国建筑学会暖通空调分会主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-112-15956-7

I. ①暖… II. ①中… III. ①房屋建筑设备-采暖设备-建筑设计-中国-图集②房屋建筑设备-通风设备-建筑设计-中国-图集③房屋建筑设备-空气调节设备-建筑设计-中国-图集 IV. ①TU83-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 237344 号

本书是中国建筑学会暖通空调分会组织的“中国建筑学会暖通空调工程优秀设计奖”获奖作品集锦。书中包括了 94 项获奖作品, 作品包括到全国各个地区的暖通空调设计精品工程, 项目涉及办公楼、医院、体育馆、交通枢纽、实验楼、机场航站楼、集成电路生产厂房等公共建筑、工业建筑及住宅建筑, 具有极大的代表性。本书随书光盘中附有大量优秀工程的设计图纸, 为暖通空调设计提供了良好的参考资料。

责任编辑: 姚荣华 张文胜

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 王雪竹

暖通空调工程优秀设计图集

④

中国建筑学会暖通空调分会 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{3}{4}$ 字数: 673 千字

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月第一次印刷

定价: 69.00 元(含光盘)

ISBN 978-7-112-15956-7

(24746)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

随着我国工业化和城市化进程的加快，资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化等问题日趋明显。2013年初，国家发展改革委、住房城乡建设部联合公布的《绿色建筑行动方案》提出了新建绿色建筑和既有建筑节能改造两大目标，着力推动绿色建筑、节能建筑、可再生能源建筑的发展。建造绿色建筑的暖通空调系统，创建健康舒适人居环境，推动暖通空调行业向绿色节能方向发展，加快推进建设资源节约型和环境友好型社会，是建设生态文明，实现“绿色中国”的战略任务。

“中国建筑学会建筑设计奖（暖通空调）”（原中国建筑学会暖通空调工程优秀设计奖）是中国建筑学会继“梁思成建筑奖”、“优秀建筑结构奖”之后批准设立的又一项工程设计奖，是我国暖通空调设计领域的最高荣誉奖，每两年一届。自2006年该奖项设立以来，暖通空调分会已承办了四届暖通空调优秀设计奖的评选工作，相继出版发行了《暖通空调工程优秀设计图集①~③》共3册，内容包括工程的概况、设计参数、设计特点、空调冷热源设计及主要设备选型、区间通风系统设计、防排烟系统设计、系统智能控制等，对于暖通空调从业人员具有重要的指导作用和参考价值。

2012年7月，在全国各科研设计单位、省地方学会和两委会理事委员的积极支持下，第四届中国建筑学会建筑设计奖（暖通空调）收到参赛项目122项，其中华北区36项、华东区41项、东北区6项、华南区16项、华中区9项、西北区4项、西南区10项。8月召开评审会，代表了地区性、专业性和权威性的来自全国暖通空调学会的17位分别从事设计、研究、教学的资深专家担当评委，经过预评、初评、专业组提议、无记名投票表决和中国建筑学会审查等一系列严格程序后，评选出民用建筑类一等奖18项、二等奖25项、三等奖44项；工业建筑类一等奖2项、二等奖5项、三等奖9项。同年10月在烟台召开的第十八届全国暖通空调制冷学术年会上举行了颁奖仪式。

在获奖设计人员和学会秘书处的共同努力下，《暖通空调工程优秀设计图集④》的文稿于2013年8月完成并正式提交中国建筑工业出版社出版，面向全国发行。希望本图集对广大暖通空调设计人员有所参考和帮助。但需注意的是，暖通空调工程设计是一项涉及面广、影响因素多的复杂技术工作，因此在参阅本图集时须具体情况具体分析。此外，因本图集获奖工程项目的完成时间前后不一，其参考的相关标准规范均有不同程度修订，亦应给予注意。



2013年8月

目 录

上海世博演艺中心	1
北京首都国际机场 3 号航站楼	6
世博中心	12
上海东方体育中心综合体育馆、游泳跳水馆和冷热源暖通空调设计	16
中国疾病预防控制中心一期工程暖通设计	21
北京朝阳医院改扩建一期工程门急诊及病房楼暖通空调设计	26
新建铁路福厦线引入福州枢纽福州南站通风空调系统设计	33
虹桥国际机场扩建工程西航站楼及附属业务管理用房	38
世博轴及地下综合体工程	43
大连国际金融中心 A 座（大连期货大厦）	47
中国平安金融大厦	50
新武汉火车站通风空调系统设计	58
国家电网公司上海世博会企业馆	63
苏州工业园区物流保税区综合服务大厦	67
世博沪上生态家暖通设计	71
中国（泰州）科学发展观展示馆（原泰州民俗文化展示中心）	75
漕河泾现代服务集聚区二期（一）工程	80
天津塘沽区农村城市化西部新城社区服务中心	85
中国农业科学院哈尔滨兽医研究所 SPF 鸡胚生产厂房空调设计	92
成都生物制品研究所乙脑减毒活疫苗生产线技术改造项目乙脑疫苗生产车间	96
润华环球大厦	100
河南三门峡市中心医院新住院大楼	102
太仓市图博中心博物馆	108
中国银行信息中心	112
首都医科大学科研楼	118
中国电力科学研究院仿真实验综合楼	122
解放军总医院海南分院医疗区暖通设计	128
中国 2010 年上海世博会主题馆暖通空调工程	132
南京紫峰大厦	135
浦东图书馆（新馆）	139
南方报业传媒产业基地建设工程 1 号厂房 2 号厂房	143
申能能源中心暖通及动力设计	147
安高广场暖通空调设计	150
长春龙嘉国际机场航站楼改、扩建工程中央空气预处理（预冷）系统	154
建科大楼	156
广州塔（原名：广州新电视塔）暖通空调工程	160

广州亚运城综合体育馆通风空调设计	167
中国建筑西南设计研究院有限公司第二办公区办公楼暖通设计	171
天津市海河医院改扩建工程门诊住院楼能源站	173
重庆市荣昌县人民医院住院大楼地源热泵项目	178
旅顺文体中心地源热泵空调系统设计	184
成都电力生产调度基地 A 楼暖通设计	188
成都极地海洋世界暖通空调设计	191
湖北出入境检验检疫局综合实验楼	196
全国组织干部学院	201
上海虹桥国际机场扩建工程能源中心工程 冷冻机房供冷设计及锅炉房供热设计	206
天威薄膜太阳能电池工程暖通空调洁净设计	209
龙岩卷烟厂技术改造联合工房	212
上海地面交通工具风洞实验中心	216
长春卷烟厂“十一五”易地技术改造项目暖通设计	221
中科院天津生物技术研发基地暖通空调设计	228
北京石景山疾病预防控制中心和卫生监督所业务用房暖通空调设计	233
海军总医院医疗大楼	239
北丰 B1 楼（丰融国际中心）	243
北京市西三旗国际体育会议中心暖通空调设计	246
苏北人民医院改造工程门急诊、医技楼	249
华侨城体育中心扩建工程	253
沈阳地铁 1 号线一期工程通风空调系统设计	256
重庆地铁一号线（朝天门—沙坪坝段）工程通风空调系统设计	259
苏宁电器总部暖通设计	261
香港新世界花园 1 号房	263
上海市轨道交通七号线一期工程静安寺站	266
同济科技园 A 楼	269
陆家嘴金融贸易区 B3-5 地块发展大厦（现名：时代金融中心）	271
武汉中鄂联房地产股份有限公司塔子湖全民健身综合楼	274
江阴市苏龙苑地块	279
合肥大剧院	281
上海虹桥综合交通枢纽交通中心能源中心工程	283
复旦大学附属华山医院传染科门急诊病房楼改扩建工程	286
湖北省宜昌市第一人民医院门诊病房大楼	288
公共服务中心大楼	290
山东省立医院东院区一期修建性详细规划和单体建筑设计	293
特立尼达和多巴哥国西班牙港国家艺术中心	296
卓越·皇岗世纪中心暖通空调设计	299
星河发展中心	303
长春国际会展中心大综合馆暖通空调设计	306
连云港职业技术学院河水水源热泵空调系统设计	309

武广客专长沙南站暖通空调设计	313
甘肃会展中心建筑群项目大剧院兼会议中心暖通空调	315
甘肃嘉峪关机场航站区扩建项目新建航站楼工程暖通专业设计	317
中国现代五项赛事中心暖通设计	320
中海大山地花园北区 B 区	322
天津金融城津湾广场一期工程——能源站	324
国电大渡河流域梯级电站调度中心暖通设计	327
新疆昌吉州人民医院门诊内科综合病房楼暖通空调系统设计	331
崇州市人民医院及崇州市妇幼保健院综合医院建筑群暖通工程设计	334
昆明金鹰天地暖通设计	337
那林格（甘森）330kV 变电站生活附房主动式太阳能供热采暖设计	339
南京市市级机关游泳池暖通空调改造项目	342
西门子机械传动（天津）有限公司 SMDT 项目 VI 期建设工程加工车间暖通空调设计	344
万国数据昆山数据中心项目	347
南市发电厂主厂房和烟囱改建工程——新能源中心	351
摩托罗拉（中国）电子有限公司北京新园区项目暖通空调	354
北京精雕科技有限公司数控基地主轴车间	357

上海世博演艺中心^①

- 建设地点 上海市
- 设计时间 2007年12月~2009年12月
- 竣工日期 2010年3月
- 设计单位 华东建筑设计研究院
[200002] 上海市汉口路151号
- 主要设计人 吴玲红 赵磊 虞霞 马伟骏
赵永凯 严军 苏夺 李传胜
- 本文执笔人 吴玲红
- 获奖等级 民用建筑类一等奖



作者简介:

吴玲红,女,1971年2月生,高级工程师,1993年毕业于同济大学,大学本科,现在华东建筑设计研究院有限公司工作。主要设计代表作品:上海平高世贸中心、杭州市钱江新城核心区波浪文化城、世博轴及地下综合体工程、青岛大剧院等。

一、工程概况

上海世博演艺中心位于上海世博会浦东园区,造型呈极具未来感的飞碟状,与西侧的世博轴和世博中心、南侧的中国馆相呼应、协调,是世博会最重要的永久性场馆之一。

工程建设用地面积 67242.6m²,总建筑面积 140277m²,地上为单层的 18000 座多功能主场馆及环绕主场馆的周边 6 层建筑,地下建筑为 2 层,建筑高度 41m。

除核心功能多功能剧场外,围绕主场馆,设置了电影俱乐部、音乐俱乐部、真冰溜冰场、餐饮服务、特色商业及地下车库等配套功能,集综合文化、艺术展示、时尚娱乐等功能于一体。



建筑外观图

二、工程设计特点

演艺中心作为文化项目,其功能定位、社会效

益和经济效益的长期有效的发挥,场馆的可持续利用,是设计和管理各个环节所必须关注的焦点。

工程地处黄浦江畔,结合项目的特点和地理优势,空调冷热源采用了江水源热泵系统,利用黄浦江水作为空调热泵机组的热源或热汇,实现了空调系统的节能减排和绿色环保。

演艺中心的核心功能是 18000 座的主场馆,可以进行篮球、冰球等比赛,还可以举行多种规模的演唱会等文艺演出。主场馆空间高大,功能多变,其空调消防等系统的设计均需结合其特点,满足使用舒适性及安全性要求。本文将在后文中着重介绍主场馆空调系统和消防排烟系统的设计。

三、设计参数及空调冷热负荷

该工程相关设计参数见表 1 和表 2。

空调室外计算参数 表 1

	干球温度	湿球温度/相对湿度
夏季	34℃	28.2℃
冬季	-4℃	75%

空调室内设计参数 表 2

房间名称	夏季		冬季		新风量 [m ³ /(h·人)]
	温度 (℃)	相对 湿度 (%)	温度 (℃)	相对 湿度 (%)	
观众厅	25	55	18	40	20
排练厅	25	55	20	40	20

^① 编者注:该工程主要设计图纸参见随书光盘。

续表

房间名称	夏季		冬季		新风量 [m ³ /(h·人)]
	温度 (°C)	相对 湿度 (%)	温度 (°C)	相对 湿度 (%)	
化妆间	25	55	22	40	30
电影院	26	50	18	40	20
商业用房	26	55	18	40	20

根据计算,该工程空调系统的冷负荷约为14950kW,热负荷约为9200kW。冷负荷指标为119W/m²;热负荷指标为74W/m²。

四、空调冷热源及设备选择

利用临江而建、取水便利的优势,经分析论证,世博演艺中心利用了黄浦江水作为空调热泵机组的热源或热汇。夏季用江水作冷却水,由于水温比冷却塔出水温度低,制冷效率提高,并省去了冷却塔补水;冬季用江水源热泵供热,能源效率较燃油燃气锅炉有很大提高,节约运营费用。

1. 夏季冷源及设备

根据空调负荷特点,该工程夏季冷源由江水源热泵机组和双工况冷水机组(冰蓄冷系统)组成。冰蓄冷系统采用分量蓄冰方式,主机与蓄冰装置串联,主机上游。共设置了3台双工况冷水机组,利用江水作为冷却水,空调工况制冷量为650RT/台,制冰工况制冷量为440RT/台。蓄冰系统提供冷量比例约为30%。江水源热泵机组共2台,单台制冷量约625RT,可作为系统基载设备。冷冻机房设在地下二层。

2. 冬季热源及设备

冬季供热由江水源热泵机组和燃气锅炉组成,其中江水源热泵机组单台制热量为2200kW,供热量约占总热量的55%。

3. 水源侧水系统

根据江水进入热泵机组的方式分类,水源侧水系统可分为直接式系统和间接式系统。

直接式系统是指江水经过简单处理后直接进入热泵机组的冷凝器或蒸发器;而间接式系统是指江水不直接进入热泵机组的冷凝器或蒸发器,而是利用板式等形式的换热器,将江水与热泵侧的冷热源水进行分隔的系统。由于设置了换热器,间接式系统使进入热泵机组的冷热源水夏季升高1~2°C,冬季降低1~2°C,运行效率有所降低,

且多了一级循环水泵,增加了能耗。而直接式系统对水质有一定要求,需解决机组换热器耐腐蚀和清洗的问题。

根据相关的江水源综合试验成果分析,经过简单的过滤,黄浦江水水质基本上能满足热泵(冷水)机组的运行要求,采用合理的换热管清洗系统,可保证机组高效地运行。

综合节能、清洗方式等因素,该工程的江水源热泵系统采用直接式系统。在系统设计上,江水经过除污格网初步过滤后进入冷冻机房,通过自动反冲洗过滤器处理后由江水泵直接输送进入机组换热器。同时,在江水侧换热器上设置清洁刷系统,对换热管进行定期清洗,防止江水污垢淤积在换热管内,提高机组运行效率。

4. 空调冷热水系统

空调水系统基本为二管制,局部区域(一层的主客更衣区、贵宾区、地下一层的化妆区、各池座空调箱及地下二层冰场等)另设空调冷水系统,以满足常年供冷要求。

空调冷水供/回水温度设计为6°C/13°C,大温差有利于节省水泵输送能耗。空调热水供/回水温度为50°C/45°C。

另设置免费冷却系统,过渡季节及冬季内区可以使用该系统供冷。

五、空调系统形式

如前所述,演艺中心的核心功能是多功能主场馆,其内场演出区域和观众席面积约15000m²,最大高度约41m。一层、二层为观众厅池座和内场,约7600人;三层、四层为VIP包厢和VIP餐厅,约2500人;五层为观众厅楼座,约7900人。

为满足不同比赛和演出的需求,主场馆运用灵活分隔系统、场地缩减系统、活动看台系统等高科技手段完善多功能使用需求,实现提高空间使用效率和提高观演质量两大目的,达到场馆的后续高效利用和长期高效运营的使用目标,建设成为永不落幕的城市舞台。

当电脑控制的升降隔墙隐藏于吊顶内时,主场馆是一个360°的大型活动场馆,可容纳18000多个座位;而活动隔墙降下后,按分割方案不同,可分别转换为12000座、8000座或5000座剧场等多种模式。舞台则可以根据演出内容在大小、

形态、甚至在 360° 空间中进行三维组合，为演出带来了无限的舞台设计空间、艺术创意和想象空间，这样的设计为国内首创。

主场馆空调室内设计参数，夏季为 25℃、55%，冬季为 18℃、40%。池座和楼座采用全空气系统，其中池座为二次回风置换式空调系统，座位台阶侧面下送风，回风口设置在一层和二层的侧墙上，排风经与新风热交换后排放，充分回收排风热能，降低使用能耗；楼座为一次回风系

统，顶送风口，集中回风；排风口设在屋顶桁架内，可将灯光负荷直接排出。VIP 包厢和 VIP 餐厅采用风机盘管加新风系统，室温可独立控制，并配置相应的排风系统（见图 1）。

池座设置 8 套空调系统，空调机组设在地下一层；楼座设置 14 套空调系统，空调机组设在六夹层。配合主场馆不同分隔形式，可开启不同的空调系统以满足室内温湿度要求。冷冻机房水系统原理如图 2 所示。

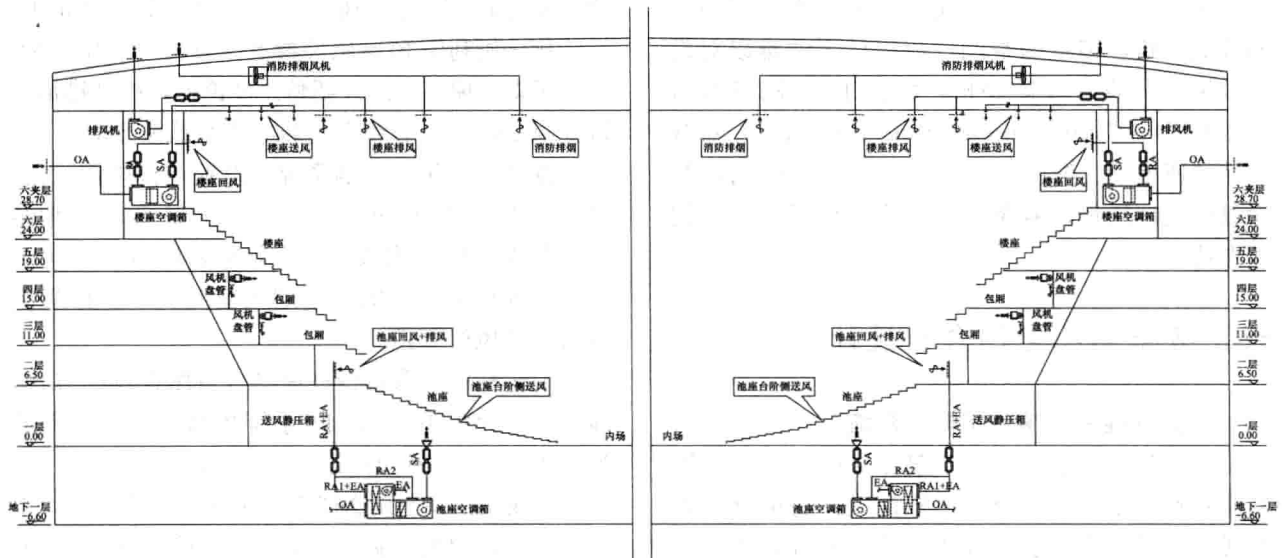


图 1 主场馆空调风系统示意图

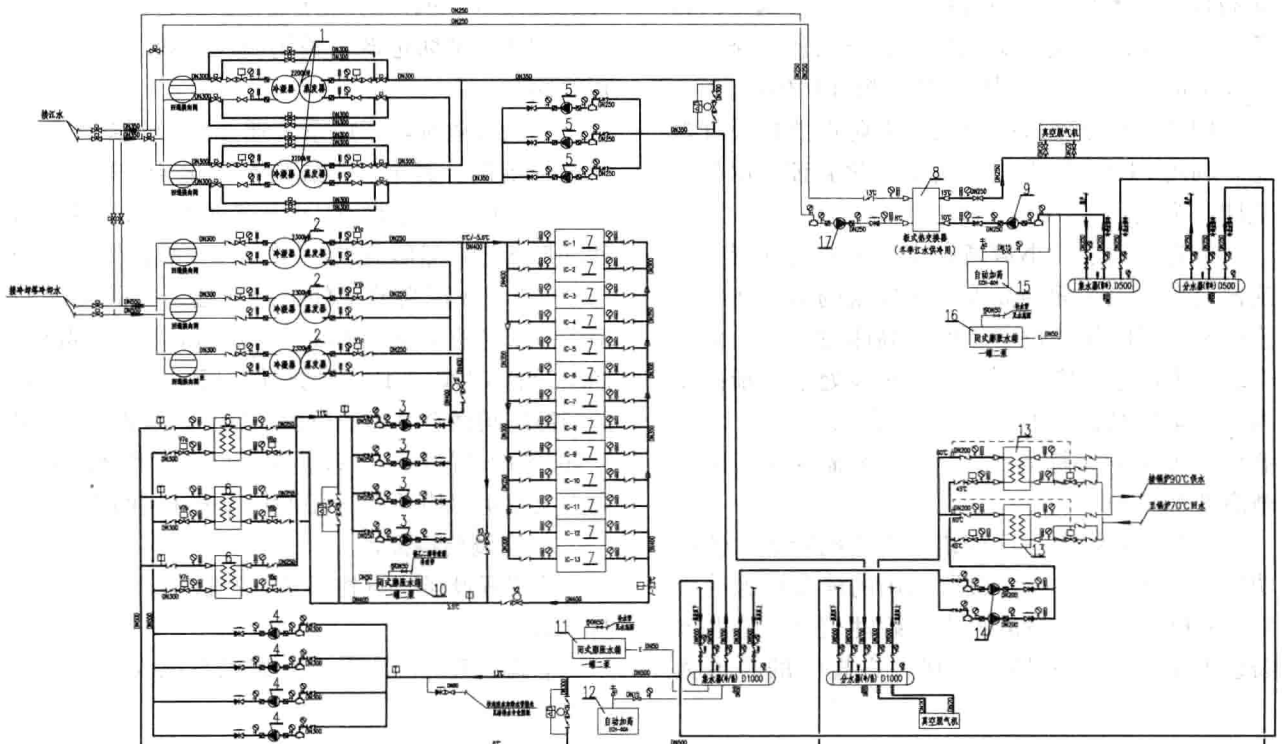


图 2 空调冷冻机房水系统原理图

池座采用下送风方式，在阶梯侧面设置侧送风口，将空调风直接送入观众席及人员活动区。

为避免观众吹冷风感，夏季送风温度取 20℃。对于高大空间，这种送风方式可确保人员活动区域的空调舒适性；而对于空调区域上部空间的温湿度等不作要求，相应地节省了系统运行能耗。

池座空调系统采用二次回风方式，利用回风作为再热来达到设计送风温度的要求，解决冷热抵消问题，有效地节省了再热量。

演艺中心主场馆的空间和高度均大于普通的剧院类建筑，传统的空调气流设计手法难以对设计效果进行直观预测评价，故在工程设计阶段，利用 CFD (Computational Fluid Dynamics) 对观众厅的速度场、温度场、CO₂ 浓度场等进行模拟，为保证设计质量、避免设计风险提供了有力的技术支持。

六、防排烟及空调自控设计

1. 多功能主场馆消防排烟系统

多功能主场馆内为一个整体空间，无法设置物理隔断，导致防火分区面积扩大，防烟分区很难划分。现行的国家消防技术标准未对如此大体量演艺场馆的排烟量提出明确要求。上海市《建筑防排烟技术规程》中虽提出了消防排烟量的计算方法，但对于演艺文化中心这类功能复杂、空间超大的建筑，并未明确火灾规模如何确定。

因此，在该项目中引入了消防性能化设计概念，利用 FDS^① 软件进行模拟优化验证，以保证消防安全性。

首先需确定最小清晰高度。清晰高度指烟层底部至室内地平面的高度，主场馆的烟气清晰高度的确定应以保证位于楼座最高座位区人员的安全疏散为依据，确保楼座观众头顶处于清晰高度内。楼座最高区座位地面高度为 ±0.00 + 26m，假设火灾发生于标高 ±0.00m，则需要保证的清晰高度为 28m。

根据对文化中心主场馆建筑空间特点、使用功能、人员分布状态以及所采用的消防设施等因素的分析，舞台区域的火灾危险性较高，选取该场景为最不利火灾场景，其火灾规模的峰值为

20MW。主场馆内楼座区域较高，离储烟仓位置最近，同时主场馆座椅为软座，在明火点火源下，有可能使得座椅丧失试验条件下的阻燃性能，从而成为火灾载荷，导致火灾在座椅之间的蔓延。因此，楼座区域着火时火灾危险性也比较高，此场景也作为火灾不利场景进行模拟分析，火灾规模的峰值为 15MW。

根据上海市《建筑防排烟技术规程》规定的计算方法计算，舞台区域火灾场景时所需排烟风量约为 154 万 m³/h，排烟量巨大，具体实施难度很大。性能化分析利用 FDS 软件参考计算得出的排烟量，进行了多次模拟验证并调整。经论证，机械排烟量取 500000m³/h，能满足各场景安全疏散要求。

据此，主场馆排烟系统共设置 6 台排烟风机，每台风机风量为 98000m³/h。风机置于屋顶钢结构平台内，场馆内设置 12 个排烟风口，均匀分布。屋顶相应设置机械排烟天窗共 6 个，排烟天窗与排烟风机联锁。

消防补风采取机械补风结合自然补风的方式，即一部分为利用空调送风系统机械补风，一部分为利用主场馆开启的门进行自然补风。

主场馆池座空调送风系统中的 2 台空调箱，平时作为场馆内的空调送风，风量均为 74000m³/h，总机械补风量为 148000m³/h；补风利用空调系统原有送风口，风口均匀分布于池座台阶侧面，火灾时切换至消防电源，关闭回风管阀门，全开新风管阀门。

人员疏散时，广播系统通知整个观众厅内人员整体疏散。其中，首层设有 4 扇 4m 宽的门直通入口大厅；二层设有 18 扇宽度为 2.2m 的门直通环形通道，然后通过 19 个 2.5m 宽的安全出口与至 +6.5m 标高的室外平台连通；三层设有 13 扇 1.4m 宽的疏散门和 34 扇 0.9m 宽的疏散门；四层设有 13 扇 1.4m 宽的疏散门和 35 扇 0.9m 宽的疏散门疏散至环形通道内；五、六层设有 28 扇 2.2m 宽的疏散门。这些通往入口大厅和环廊的门在火灾发生时均开启，可作为自然补风的途径。

2. 空调自控设计

该工程设楼宇自控系统，冷冻机房设现场控制子站。

空调水系统：冰蓄冷空调水系统为二次泵变

① FDS (Fire Dynamics Simulator) 是美国国家标准与技术研究院 (NIST) 开发的一种火灾动力学场模拟软件。

流量系统,可根据用户侧压差控制流量,实现水泵变频节能运行;空调水系统设计为大温差系统(6~13℃),减小管道尺寸,降低输送能耗;空调热水系统根据热负荷变化来控制换热器及其对应水泵的变流量运行;设置江水换热供冷系统,供过渡季及冬季有需求处使用(免费供冷);冬季江水经免费供冷系统换热升温后供江水源热泵机组制热,提高制热效率。

空调风系统:主场馆观众厅使用前,采取预冷(热)模式——无新风或最小新风运行;部分空调机组采用热回收功能,排风经与新风热交换后排放,充分回收排风能量,降低空调使用能耗;设计新风比可调,观众厅等重要场所设CO₂浓度监控,保证室内空气品质并节能运行;过渡季及冬季(内区)适当加大新风量,充分利用室外新风处理室内热负荷。

七、设计体会

世博演艺中心是世博会浦东园区重要的永久

性建筑,包括江水源热泵系统在内的多项节能技术在该项目中得到了应用,体现了绿色、节能、环保的理念。

在经历了世博会期间大客流运行及会后两年多的商业经营,江水源热泵系统基本能正常高效地运行;夏季供冷采用冰蓄冷空调技术,减少主机总装机容量,夜间制冰蓄冷,移峰填谷,也取得了一定的经济效益。

主场馆的空调系统设计过程中,工程经验和CFD技术的有机结合,很好地提供了优化空调系统及气流组织设计的依据及方法,在实际使用中,不同规模演出及比赛时馆内基本均能达到舒适性要求。

因黄浦江水含有大量的泥沙,水源侧系统管道清洗工作量较之常规系统大大增加。如何减少工作人员此项工作量,是今后此类系统设计时应该多加考虑的一个问题,如立管增加储污段、水平管段增加清扫排污口等措施,从而便于管道及管件的清洗、减轻工作人员的劳动强度,同时也能更好地保证系统正常可靠地运行。

北京首都国际机场 3 号航站楼^①

- 建设地点 北京市
- 设计时间 2003 年 12 月~2005 年 2 月
- 竣工日期 2007 年 12 月
- 设计单位 北京市建筑设计研究院有限公司
[100045] 北京市南礼士路 62 号
- 主要设计人 夏令操 韩维平 潘旗 张建
须陶 黄季宜 谷现良 金威
穆阳 冯燕林 张娴 赵迪
安欣 李大玮 王威 方勇
孙敏生 郑小梅
- 本文执笔人 韩维平
- 获奖等级 民用建筑类一等奖



作者简介:

韩维平, 男, 1964 年 9 月生, 大学, 教授级高级工程师, 注册设备工程师, 北京建筑设计研究院有限公司第四设计所 4M2 工作室主任, 1986 年毕业于北京建筑工程学院供热通风与空调专业, 代表作品有: 中宣科技发展有限公司、深圳福田体育公园、新疆体育中心体育馆、首都国际机场 1 号航站楼改造工程、首都国际机场 3 号航站楼、昆明新机场航站楼等。

一、工程概况

北京首都机场 3 号航站楼是经国务院批准的国家重点工程, 也是北京 2008 年奥运会重要配套建设项目之一。航站楼由 T3A、T3B 和 T3C 三个航站楼组成, 其中 T3A 建筑面积 51.5 万 m², T3B 建筑面积 38.7 万 m², T3C 建筑面积 9.9 万 m²。T3 航站楼的设计容量为 4500 万人次/年。

新航站楼是中国第一个建成的真正意义上的枢纽机场航站楼。T3 航站楼中涵盖了当今航空领域最先进的技术和理念, 引领了未来枢纽航站楼的发展方向, 也是理性与诗意并存的建筑经典之作, 提升首都机场的枢纽功能、满足奥运需求、创造国门新形象这三大任务构成了 T3 航站楼设计及建设的主要目标。

T3A 航站楼地下二层, 地上局部五层, 东西长约 940m, 南北宽约 765m, 屋面最高约 45m。主要平面布局: 地下二层为空调设备机房、热交换站、给排水机房、电气机房、行李处理机房; 地下一层为热交换站、电气机房、零售仓储、装卸区、行李处理机房上空、管廊和空

调机房; 机坪层为 VIP、CIP、行李大厅、指廊空调机房; 二层为国内到达、行李领取大厅、远机位候机厅、捷运站台、零售、办公; 三层为国内出发、行李处理、办公; 四层为办票大厅; 五层为餐饮。

T3B 航站楼地下二层, 地上三层, 东西长约 940m, 南北宽约 765m, 屋面最高约 42.5m, 主要平面布局: 地下二层为热交换站、空调机房、给排水机房、捷运用房、电气机房; 地下一层为管廊、电气机房、行李处理; 机坪层空调机房、行李厅; 二层为国际出发大厅、零售; 三层为国际到达、办公、计时休息区。

T3C 航站楼地上三层, 地下一层, 南北长 385m, 东西宽 108m, 楼高 26m, 由东西两侧的指廊和两指廊间的中央连接体组成。主要平面布局: 地下一层为 APM 站台及设备机房等; 首层为出入境大厅及机坪服务用房等, 二层为国际出发大厅, 商店, 咖啡座等; 三层为到达走廊, 高舱位休息厅, 餐厅等。

新航站楼的建设开创了航空建设历史上一系列的第一, 逾百万平方米的建筑面积使它成为世界上一次建成的最大的单体航站楼。

^① 编者注: 该工程主要设计图纸参见随书光盘。

二、工程设计特点

T3航站楼作为国内规模最大的航站楼建筑,具有大面积的玻璃幕墙、流线型屋面和巨大挑檐、室内开放联通的高大空间等建筑特征,以及航站楼内多种功能区并存的建筑特点,给暖通专业设计带来一定难度。针对T3航站楼的特点,暖通专业采取了下列措施,在保证系统合理、可实施的基础上,达到节能的目的。

(1) 采用建筑模拟软件,计算8760h空调负荷。通过分析外遮阳、建筑遮挡、围护结构传热系数与遮阳系数对负荷的影响,尤其是对复杂、不规则外围护结构及高大空间分层空调进行合理的冷热负荷计算,使计算结果和设备选型更加准确,有效降低初投资,提高运行效率。

(2) 采用CFD模拟软件,对大空间采用罗盘箱分层空调进行了气流组织的计算和模拟分析,在保证人员活动区达到健康、舒适的条件下,减少空调能源消耗。

(3) 公共区域采用变风量空调系统,通过风机变频等控制手段,使送风量适应负荷变化,降低风机能耗。

(4) 全空气系统均满足全新风运行条件,室外气象参数适宜季节可充分利用天然冷源调节室内温度。

(5) 空调和采暖水系统设置分项、分区计量,了解能耗水平和能耗结构是否合理,提高能源利用和管理水平。

(6) 公共区域空调排风对行李处理机房通风后再排至室外,实现能量的再利用。

(7) 内区办公房间的新风进行热回收。

(8) 航站楼冷源由机场冷热源中心集中供给,能源中心设置冷水机组、一级和二级循环水泵。一级泵与冷水机组对应,各楼分设二级泵组。各航站楼内分别设置三级泵。二级、三级泵变频变流量运行,供回水温差为7℃大温差,减少水系统输送能耗。

(9) 由于建筑设计难以增加疏散楼梯来缩短疏散距离,设计中运用安全走廊的概念来解决该难题。安全走廊内设置正压送风系统,是防烟楼梯间前室的扩大和延续。

(10) 空气处理机组中配置活性炭过滤装置,

去除空气中航空燃料的气味,为旅客提供健康、舒适、安全环境。空气过滤采用粗效过滤器+电子空气净化过滤器+活性炭过滤装置,提高室内空气质量。

三、设计参数及空调冷热负荷

1. 设计参数

室外设计参数见北京市气象参数。

室内设计参数如表1和表2所示。

温湿度参数 表1

房间名称	夏季		冬季	
	温度(℃)	相对湿度(%)	温度(℃)	相对湿度(%)
各大厅	26	≤60	20	≥30
高档办公	26	≤60	20	≥30
VIP、CIP	24	≤60	24	≥30
商业	26	≤60	20	≥30
餐厅	26	≤60	20	≥30
钟点客房	24	≤60	24	≥30
商业仓库	≤36	—	≥10	—
行李处理	≤36	—	≥10	—
厨房	≤30	—	≥16	—
通讯机房	23±2 最大变化 5℃/h	45~65	20±2 最大变化 5℃/h	45~65
电梯机房	≤40	—	≥10	—
设备机房	≤36	—	≥10	—

新风、噪声参数 表2

房间名称	新风量 [m ³ /(h·p)]	允许噪声
各大厅	28	NR45
高档办公	50	NR35
VIP、CIP	50	NR35
商业	28	NR40
餐厅	28	NR45
休息室	50	NR30
通讯机房 PRC, SCR, DCR	28	NR50

2. 空调冷热负荷

该工程冷热负荷如表3~表5所示。

采暖负荷 表3

	采暖建筑面积 (m ²)	采暖热负荷 (kW)
T3A 航站楼	290304	8334
T3B 航站楼	194738	8120
T3C 航站楼	40317	2800

空调冷负荷 表 4

	空调建筑面积 (m ²)	空调冷负荷 (kW)
T3A 航站楼	279730	47297
T3B 航站楼	188596	33864
T3C 航站楼	59480	13700

空调热负荷 表 5

	空调建筑面积 (m ²)	空调热负荷 (kW)
T3A 航站楼	279730	23942
T3B 航站楼	188596	17475
T3C 航站楼	59480	6650

四、空调冷热源及设备选择

航站楼冷热源由机场能源中心集中供给, 一次热水供/回水温度为 120℃/70℃, 在航站楼内设置板式换热器, 制取二次空调热水与采暖热水。空调热水供/回水温度 60℃/50℃, 采暖热水供/回水温度 90℃/65℃。

能源中心供应的冷水系统为复式三级泵系统, 一、二级泵在能源中心, 三级变频水泵在航站楼内, 采用变速调节; 由末端供回水压差控制循环水泵转速, 由实际运行流量控制水泵运行台数, 系统变流量运行。冷冻水供/回水温度为 7℃/14℃。

航站楼内另设螺杆式冷水机组, 能源中心停止供冷期间作为内区空调冷源以保证全年供应冷冻水, 满足计算机房、通信机房、商业零售及内区办公等全年冷负荷需求。T3A 航站楼内设置螺杆式冷水机组 3 台, 每台制冷量 1180kW; T3B 航站楼内设置螺杆式冷水机组 2 台, 每台制冷量 1180kW; T3C 航站楼内设置螺杆式冷水机组 2 台, 每台制冷量 400kW。楼内冷水系统为一级泵系统, 机组侧定流量运行, 负荷侧变流量运行, 供/回水温度为 7℃/14℃。因冬季需要供冷, 冷却水系统采用乙二醇水溶液, 冷却塔采用低噪声闭式冷却塔。空调热水系统和采暖系统补水为软化水, 采用闭式气压罐定压方式。

五、空调系统形式

航站楼的特点和功能决定了不同区域或同一区域随航班时间段不同, 人员密度会有较大变化。针对这些特点, 部分公共区域采用全空气变风量空调系统, 当各区域空调负荷发生变化时, 通过

风机变频等控制手段, 使送风量适应负荷变化, 确保区域温度在设计范围内, 避免过冷或者过热现象的出现, 降低风机能耗。航站楼主要的空调形式有以下几种:

(1) 到达出发大厅等大空间、商业零售区及餐厅等区域采用一次回风双风机空气调节系统。

当空气处理机组负担不同区域时, 采用一次回风变风量空气处理机组, 以保证航站楼内不同区域室内空气设计参数; 当空气处理机组负担同一区域时, 采用一次回风定风量空气处理机组, 如捷运站台及餐厅等区域。变风量末端装置采用单风道节流型, 以室内温度信号为主控制的压力无关型设备, 末端装置最小送风量取最大送风量的 50%。

全空气空调系统具备全新风运行条件, 可充分利用室外空气这一天然冷源进行新风供冷, 具有节能意义。

(2) 办公用房采用风机盘管加新风系统。

内区办公用房采用全年供冷风机盘管系统, 新风机组采用带全热回收的新风处理机组; 首(机坪)层办公用房采用二管制风机盘管系统。

(3) 恒温恒湿空调 (CCU)。

计算机房、通信机房和不间断电源间需要对环境条件进行精密控制区域设置恒温恒湿空调。在有架空地板的区域, 通过架空地板向上供应冷风, 在没有架空地板的区域, 对房间的下部进行送风, 冷风送向台架中间。恒温恒湿机组采用冷冻水型。

(4) 零售单元设置风机盘管。

内区商业零售区域除采用全空气空调系统外, 另设置全年供冷风机盘管系统, 负担部分设备负荷 (显热), 及冬季和过渡季能源中心不供冷、室外温度高于送风温度时, 对该区域进行辅助冷却。

(5) 登机桥固定端采用风机盘管系统。

登机桥固定端空调采用二管制风机盘管, 夏季供冷, 冬季供热, 不设独立新风系统。

(6) 气流组织。

航站楼内包括不同类型的空间, 主要气流组织形式如下:

1) 大空间开放区域, 采用分层空调方式。布置机电单元“罗盘箱”进行送风, 服务面积约 36m×36m。在罗盘箱侧壁约 3.0m 高的位置四周布置射流喷口侧送风, 顶部和下部回风。

2) 利用内幕墙布置侧送风口, 侧送侧回。

3) 行李提取大厅结合行李提取转盘布置送风口上送风,回风口设于侧幕墙。

4) 值机大厅利用值机岛布置侧送喷口侧送。

5) 有吊顶的封闭区域,采用散流器或条缝风口顶送风。

6) 办公用房等房间采用顶部散流器或上部侧送风、上部回风方式。

六、通风、防排烟及空调自控设计

1. 通风系统

(1) 卫生间通风。所有卫生间设置独立的排风系统,排风机位于站坪层的高处。公共卫生间采用每个卫生间设有排气扇和总排风机的集中排风系统。

(2) 厨房通风。厨房通风系统分为局部排风和全面排风两部分,采用直流系统,并根据排风系统对应设置补风系统,补风量为总排风量的85%,补风按局部和全面排风不同时使用考虑,根据排风系统开启补风系统,保持厨房负压。

(3) 热交换站通风系统。热交换站采用一次回风定风量空调通风系统,夏季送风经冷却处理送入室内,冬季采用新回风混合,维持5℃以上的送风温度,回风机兼作事故排风。

(4) 变配电室通风系统。变配电室采用一次回风定风量双风机空调系统。夏季及过渡季全新风运行,夏季将室外新风冷却处理至20℃,排除室内余热。冬季通过新回风混合维持5℃以上送风温度,该系统不设置加湿。

(5) 商业库房通风系统。地下一层零售储藏区设置空调送风和机械排风系统。新风和排风通过能量回收装置回收排风能量,对新风进行预冷和预热处理。商业库房区采用2次换气进行通风,以排除异味,并保持室内设计温度。

(6) 行李处理区的通风。采用国际机场通用的处理方法,利用空气处理机组的排风对行李处理区进行通风,较低温度的空气能起到降温的作用,满足行李处理区的要求。

(7) 行李隧道通风。由独立的机械排风、排烟合用系统对行李处理系统隧道进行通风和排烟,通风量按1~2次/h换气进行计算确定。

(8) 装卸区和进出通道的通风。该区域排风系统与排烟系统合用。排风机双速运行,排风机

根据通道内的CO浓度进行自动运行控制,CO浓度大于150ppm时,风机低速运行,满足3次/h换气;CO浓度大于600ppm时,风机高速运行,满足6次/h换气。CO浓度低于100ppm时,风机停止运行。火灾发生时,排风(烟)机高速运行。通过装卸区入口自然补风。

(9) 气灭房间通风。变压器室、高低压配电室、不间断电源室、通信机房、监控机房等使用气体灭火系统的房间设置机械通风系统,接入房间的送风、回风和排风管都配有电动风阀。风阀控制器与气体灭火控制系统连锁,确保火灾防护区内的通风管道在气体释放前自动关闭。灭火后打开火灾区域排风系统风阀,对防护区通风换气。

2. 防烟系统

(1) 每部防烟楼梯间和合用前室设置专用加压送风系统。

(2) 地下一层和地下二层设置安全走廊,为安全走廊提供加压送风,维持与疏散楼梯间的合用前室相同压力,加压送风量按火灾时从火灾区域向安全走廊疏散,同时开启4扇防火门,维持门洞风速0.7m/s计算风量,同时比较按 $30\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计算的加压送风量,按两者中的较大数值确定加压送风量。

3. 排烟系统

排烟系统包括消防性能化设计和按现行规范设计两部分。性能化设计包括封闭舱、开放舱排烟系统、大空间烟气清除系统、火灾控制区、地下安全走廊的加压送风系统、行李输送隧道和处理机房排烟系统、装卸运输区域排烟系统等。

火灾控制区也按性能化设计和规范中的防火分区进行划分,其中二层及二层以上部分公共区、零售、办公区域分成东西两翼、南北直指廊和中央五个火灾控制区;地下层部分和机坪层按防火分区确定火灾控制区。如果确认发生火灾,将启用火灾控制区的防烟楼梯间和前室的加压送风系统,地下安全疏散走廊的加压送风系统,以及着火区域的排烟系统。

按规范进行设计的排烟系统执行现行规范的规定及要求,按消防性能化进行排烟设计的区域采用以下消防策略:

(1) 开放舱。开放舱为顶棚设有一定蓄烟高度,四周不需防火围墙的空间。主要包括零售,远机位候机厅,首层远机位出发等区域。

(2) 封闭舱。封闭舱为四周完全封闭的空间或仅设有一个开敞面,该开敞面火灾时能自动关闭的空间。主要为与开放舱邻近的零售区域。

(3) 大空间烟气清除系统。值机大厅、国内国际出发大厅、出发与到达走廊、迎送大厅等大空间区域,设置火灾后冷烟清除系统。

(4) 行李通道排烟系统:

- 1) 按消防性能化报告确定此区域的排烟量;
- 2) 排烟口间距不大于 60m,火灾时,同时开启相邻的三组排烟口排烟,其余防火排烟阀关闭;
- 3) 通过行李处理机房和汽车坡道补风。

(5) 装卸平台排烟系统:

- 1) 按消防性能化报告确定此区域的排烟量;
- 2) 火灾时开启排烟区域的电动排烟阀,其他区域的电动排烟阀关闭,启动排烟风机排烟;
- 3) 通过汽车坡道自然补风。

(6) 行李处理机房排烟系统:

- 1) 按消防性能化报告确定此区域的排烟量;
- 2) 火灾时开启防火排烟阀或排烟阀,启动排烟风机;
- 3) 自然补风。

4. 自控设计

楼宇自动化系统依据机场运行数据库的各区域人流情况和室外气候条件,控制采暖通风及空调系统的运行,达到降低能源消耗,减少设备运行时间的目的。

(1) 控制原则

1) 热交换器、水泵、冷水机组、闭式定压装置、闭式冷却塔、水处理装置、空气处理机组、风机等在机房控制室集中监控,设备的监测纳入楼宇自动化管理系统。

2) 风机盘管采用风机就地手动控制,盘管水路二通阀就地自动控制。

3) 通信机房、控制机房等恒温恒湿机组的温湿度控制由设备集成,楼宇自动化管理系统进行监测。

4) 变风量末端全开、全闭状态集中监控,末端开启度与风量集中监测;室温就地区域控制;大空间温度设定采用集中监控,VIP 用房采用就地室温设定。

5) VAV 末端节流阀、空气处理机组、新风、回风和排风电动风阀平时为楼宇控制系统控制,火灾时转为消防控制系统控制。

(2) 热交换器和空调冷冻水、空调热水、采

暖热水循环泵

1) 热交换器二次热水出口水温控制能源中心一次热水水量,维持二次水所要求的供水温度。

2) 根据空调热水系统的总负荷量控制板式热交换器和空调热水循环水泵运行台数。

3) 根据空调水系统末端区域供回水压差调节空调热水系统循环水泵转速。

4) 采暖热水系统根据室外空气温度变水温质调节运行。

(3) 空调冷冻水循环水泵

1) 根据空调水系统末端管网供回水压差调节空调冷冻水三级泵转速。

2) 根据实际运行流量控制水泵运行台数。

(4) 变风量空气处理机组

1) 新风量调节:设计工况新风比为 40%。夏季室外空气焓值大于室内空气焓值时采用最小新风比;室外空气焓值小于或等于夏季室内空气焓值时采用全新风;过渡季室外温度大于或等于 14℃时采用全新风;室外空气温度小于 14℃且大于或等于 5℃时采用调新风比,小于 5℃时采用最小新风比。随着负荷变小送风量变小,由回风的 CO₂ 探测器控制新风风阀,控制回风 CO₂ 浓度低于 600ppm,保证实际需要的最小新风绝对量值。

2) 室内温度湿度调节:夏季根据送风温度设定值 14℃控制盘管水路电动二通阀开度;冬季新风与回风混风状态点低于 14℃时使用加热盘管,通过加热盘管后焓值(或湿球温度)控制加热盘管水路电动二通阀开度,并通过加湿器后干球温度控制高压水喷雾水泵的启停,维持送风温度 14~16℃。通过 VAV 末端装置调节送风量,控制室内温度,VAV 末端风量调节范围为 50%~100%,风量低于 50%时关断部分 VAV 末端装置来提高其余 VAV 末端装置的送风量,并减小机组新风量,必要时再提高送风温度。

3) 空气处理机组送回风机的调速运行:由室内温度调节 VAV 末端,由送风系统最不利环路的 2/3 位置的压力测点控制送风机转速,回风机同比例调节转速,保证回风量为送风量的 85%,维持室内正压。

4) 空气处理机组的启动:冬季室外空气温度低,空气处理机组启动时回风阀全开、新风阀全闭,加热盘管调节阀全开,加湿器关闭,末端 VAV 装置设定在最大流量,采用闭式循环加热模