

NUANTONG KONGTIAO GONGCHENG YOUXIU SHEJI TUJI

# 暖通空调工程

## 优秀设计图集 ②

● 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

②

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② / 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, 2010  
ISBN 978-7-112-11802-1

I. 暖… II. 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. TU83 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 023753 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 50 项获奖作品, 作品涵盖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、公交枢纽、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。为暖通空调设计提供了良好的参考资料。

根据读者对第一本书的反映, 在本书中加了随书光盘, 将获奖作品的主要图纸放入其中。这些优秀设计的图纸, 可以为广大工程技术人员提供良好的参考。

本书不仅对广大暖通空调设计人员、暖通技术开发人员、物业管理人员有较高的参考价值, 也是广大高校教师及学生在教学和学习过程中掌握实际工程经验的参考资料。

\* \* \*

责任编辑: 姚荣华 张文胜  
责任设计: 赵明霞  
责任校对: 陈晶晶

暖通空调工程优秀设计图集

②

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  
北京华艺制版公司制版  
北京凌奇印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 880 × 1230 毫米 1/16 印张: 20 1/4 插页: 2 字数: 648 千字  
2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月第一次印刷

定价: 58.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-11802-1  
(19027)

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)

目前,我国拥有 420 亿  $\text{m}^2$  的既有建筑,并以每年约 20 亿  $\text{m}^2$  的速度递增。建筑物消耗了整个社会的大量能源,根据住房和城乡建设部的统计,2008 年建筑总能耗已经达到 5.63 亿吨标准煤,约占全国能源消耗总量的 27.5%。节能减排形势十分紧迫,设计和建造低能耗、健康舒适的建筑是暖通工作者义不容辞的责任。中国建筑学会设立的“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,是国内暖通空调设计的最高荣誉奖。该奖项突出体现设计技术创新;解决工程设计中的技术难题;节约资源、保护环境;提供健康、舒适、安全的人工环境。该奖项为设计者提供了高水平的展示平台,对推动我国暖通空调工程设计技术的创新与发展有着重大意义。

第一届中国建筑学会暖通空调工程优秀设计奖于 2006 年完成评选工作,并由中国建筑工业出版社于 2007 年出版发行了《暖通空调工程优秀设计图集①》。第一届中国建筑学会暖通空调工程优秀设计奖的评选活动达到了预期目的,取得了良好的效果,受到了业界的高度赞扬和一致好评。该奖项已成为全国暖通空调行业的品牌,对业内的发展和科技进步起到了强大的促进作用。在此基础上,2008 年 9 月开展了第二届中国建筑学会暖通空调优秀设计奖的评审工作。评选过程采取了预评、专家初评、专业组提议、全体专家无记名投票表决等一系列严格程序。全体评委在听取各组推荐意见后,最终通过无记名投票产生一等奖 8 项、二等奖 17 项、三等奖 27 项,共 52 项获奖。

通过本次评奖,许多优秀的暖通设计作品,脱颖而出,获奖作品技术先进,不但体现了经济性、安全性、适用性和环境性,更表现出设计师们的创新能力,集中反映了暖通行业对节能减排所做的巨大贡献。为进一步表彰获奖的优秀设计成果,推动设计技术进步,中国建筑工业出版社将正式出版获奖项目设计图集,面向全国发行。在获奖设计人员和暖通空调学会秘书处的共同努力下,本图集的全部文稿于 2009 年 11 月底完成并正式交付中国建筑出版社出版发行。

相信本图集会一如既往地为广大暖通空调设计人员产生较高参考价值。但需要提出的是,暖通空调工程设计受许多因素影响,特别是工程所在地的气候条件和工程需求等影响,必须具体情况具体分析。此外,本图集获奖工程项目的完成时间前后不一,相关标准规范均有修订,亦应给予注意。

徐伟

2009 年 12 月

# 目 录

北京华贸中心工程空调设计 .....	1
中青旅大厦暖通空调设计 .....	8
天津经济技术开发区金融服务区暖通空调设计 .....	18
宁波大剧院暖通空调设计 .....	22
北京市北苑家园六区地热—热泵集中供热系统设计 .....	29
北京地铁五号线工程通风空调系统设计 .....	37
复旦大学附属中山医院门急诊医疗综合楼空调设计 .....	45
解放军总医院肿瘤中心暖通空调设计 .....	51
济南市政务中心暖通空调设计 .....	54
清华大学某高精度恒温恒湿净化空调系统设计 .....	61
凯晨广场暖通空调设计 .....	68
北京大学第三医院外科楼空调设计 .....	72
青岛国际会展中心工程暖通空调设计 .....	79
上海铁路南站工程空调设计 .....	85
武汉万丽酒店暖通空调设计兼谈酒店空调设计特点 .....	92
武汉协和医院外科病房大楼空调设计 .....	101
浙江电力生产调度大楼空调设计 .....	107
湖北出版文化城蓄冷蓄热空调工程 .....	116
上海市松江区中心医院改扩建工程暖通空调设计 .....	123
上海检测中心暖通空调设计 .....	128
青岛极地馆通风空调设计 .....	141
南京朗诗·国际街区高效供能系统设计 .....	149
深圳市罗湖地铁枢纽工程通风空调设计 .....	160
中共中央党校综合教学楼暖通空调设计 .....	178
中科院大连化学物理研究所生物技术实验楼通风空调设计 .....	182
北京同仁堂股份有限公司亦庄生产基地生产厂房空调设计 .....	191
苏州工业园区现代大厦暖通设计 .....	197
复旦大学正大体育馆暖通空调设计 .....	199
济南军区第四零一医院暖通空调设计 .....	204
大连世界博览广场暖通空调设计 .....	207
北京财富中心（一期） .....	212
轻汽西厂区（主语城）项目通风空调系统设计 .....	224
长春龙嘉国际机场航站楼 .....	229
国家体育馆暖通空调设计 .....	232
南京军区南京总医院门诊楼暖通空调设计 .....	237
华侨城（洲际）大酒店暖通空调设计 .....	238
远洋天地五区暖通空调设计 .....	246
寿光商务小区暖通空调设计 .....	251
罗湖商务中心暖通空调设计 .....	257
莱阳农学院青岛科教园化学实验楼采暖通风设计 .....	262

---

同济大学教学科研综合楼暖通空调设计 .....	264
玺景园住宅小区暖通设计 .....	270
金融街 B7 大厦暖通空调设计 .....	275
中科院软件园区 5 号科研楼水源热泵系统工程设计 .....	279
北京友谊宾馆新建专家楼水源热泵系统设计 .....	285
江中集团办公楼水源热泵空调系统设计 .....	291
金茂三亚希尔顿酒店空调设计 .....	293
欧洲广场（公园大道）——高档住宅项目空调系统设计 .....	299
土壤源热泵技术在北京市老年社区工程中的应用 .....	303
吉林德大加工主车间扩建空调设计 .....	309

## 北京华贸中心工程空调设计



- 建设地点 北京市
- 设计时间 2003年2月
- 工程竣工日期 2006年12月
- 设计单位 华东建筑设计研究院有限公司  
[200002] 上海市汉口路151号
- 主要设计人 苏夺 张明 李萌 陆琼文 周凌云  
胡仰耆
- 本文执笔 苏夺
- 获奖等级 第二届暖通空调工程优秀设计一等奖

苏夺 高级工程师，1995年毕业于同济大学供热、供燃气、通风及空调专业。现在华东建筑设计研究院有限公司工作。主要代表性工程有：上海海湾大厦、三亚万豪酒店、上海铁路南站、上海由国际广场等。

### 一、工程概况

北京华贸中心坐落于北京建国东路西大望路，是一个集酒店、商业、办公、居住等综合功能的社区建设项目，占地超过30hm<sup>2</sup>，开发建设规模近百万平方米，是东长安街上具有地标性质的超大规模建筑集群。

华贸中心办公区域由三幢办公塔楼和商业裙房组成，总建筑面积为300090m<sup>2</sup>。地下4层，地上层数分别为28层、32层和36层，建筑高度分别为135m和151m和167m。

华贸中心酒店区域包括丽思卡尔顿酒店和JW万豪酒店，总建筑面积为127667m<sup>2</sup>。地下4层，丽思卡尔顿酒店地上14层，JW万豪酒店地上21层，建筑高度分别为54.5m、75m。

### 二、室内设计参数

该工程主要功能有办公、酒店、商业，结合考虑管理公司、商业顾问公司的建议及要求，确定各主要功能区域的室内设计参数，具体见表1。

主要功能区域的室内设计参数

表1

房间名称	夏季		冬季		新风 [m <sup>3</sup> /(h·p)]	噪声 dB (A)
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)		
办公	25	<60	20	>40	30	<45
宴会厅	25	<65	20	>40	20	<45
商业	26	<65	18	>40	20	<50
客房	24	<55	22	>40	60	<45

### 三、冷热源设计

考虑到该地块内酒店、商业、办公、居住等区域分期开发、分期投入使用，并且各区域具有不同的营销方式及物业管理公司，所以各区域分别设置能源中心。办公区域根据分期开发的需要设置两个能源中心，分别服务于一期、二期办公工程；酒店区域两个酒店同期开发且同属一个管理公司管理，设置一个能源中心。

地块附近有市政热力管网，空调热源采用该市政热网，通过与市政热水换热提供该工程的空调用热水。

地块临近中电国华北京热电分公司，该公司可在非采暖季不间断地向华贸中心提供过热蒸汽，蒸汽为热电厂汽轮机的低品质低压抽汽。考虑到这一实际情况，工程冷源采用吸收式冷水机组，充分利用电厂提供的过热蒸汽进行制冷，实现了能源的综合利用，同时降低了地块内的电力需求，缓解了电力需求的峰谷差。

该工程空调总热负荷 29690kW，总冷负荷 39779kW。一期办公工程采用 3 台 1650RT 的吸收式冷水机组及 2 台 400RT 压缩式冷水机组；二期办公工程采用 2 台 1100RT 的吸收式冷水机组及 2 台 300RT 压缩式冷水机组；酒店区域采用 2 台 1650RT 的吸收式冷水机组及 2 台 400RT 压缩式冷水机组。另外，结合北京的气候条件及该工程的实际使用特点，各能源中心均设置板式热交换器以充分利用冷却水实现免费冷却。

#### 四、空调水系统

该工程空调水系统采用四管制形式，以满足各区域的供冷、供热需求。水系统的平衡采取动态平衡措施，风机盘管系统在干管回水管侧设置压差控制阀，空气处理机组回水管侧设置动态平衡电动调节阀。空调冷水系统采用二次泵形式，二次泵系统根据服务区域的特点分组设置，其中一次泵定频运行，二次泵变频运行。空调热水换热器、热水泵根据服务区域的特点分组设置，热水泵变频运行，空调水泵变频运行，均采用末端压差控制的方式。

考虑到办公区域三幢办公塔楼建筑高度较高，空调水系统进行垂直分区以降低低区设备的承压。空调冷水断压用换热器设置于每幢塔楼的二十层，高区空调冷水二次水水泵变频运行。低区空调冷水一次水供回水温度为 6/12℃，高区空调冷水二次水供回水温度为 7/13℃。空调冷水系统温差较常规空调冷水系统的 5℃ 温差高 20%，相应地，冷水系统循环量降低了约 17%。

空调热水断压用换热器作为高区空调热源，设置于地下一层，与低区热源集中设置，便于管理，避免了在高区设置二次换热器会带来的设备容量及阻力损失增加，降低了初期投资及运行费用。空调热水供回水温度均为 60/50℃。

#### 五、空调方式

根据各区域的使用特点采用相应的空调方式，并结合空调系统需求及室内装修需求进行室内气流组织设计。该工程主要功能区域的空调方式及气流组织方式如下所述：

##### 1. 办公

采用变风量空调系统，外区设置四管制风机盘管，内区设置单风道变风量末端。每一标准层设置两个空气处理机组，机组送风机变频运行。外区四管制风机盘管设置于吊顶内，靠近建筑幕墙处设置条形送风口，采用顶送顶回的气流组织方式。内区设置单风道变风量末端，采用顶送顶回的气流组织方式，送风口及回风条缝结合装修形式、与其他设备按设备带的形式布置。

空调新风经设置于设备层的新风处理机组处理后通过垂直新风风管送至各标准层的空调机房，各空调机房内的新风支管设置定风量末端，新风处理机组送风机可根据各末端需求情况变频运行。各层的空调排风经垂直排风风管集中后于设备层排出，排风支管处同样设置定风量末端，该末端与新风定风量末端联锁运行。

各定风量末端可根据室内的二氧化碳浓度进行风量的再设定，便于根据室内人员密度变化情况调整新风量及排风量，节省运行能耗。

##### 2. 客房

酒店客房采用四管制风机盘管加新风的形式，风机盘管采用侧送顶回的气流组织方式。新风经设置于设备层的新风处理机组处理后通过垂直新风风管送至各客房，客房的空调排风结合卫生间排风设置，空调排风通过垂直排风风管集中、经显热回收后于设备层排出。空调排风显热回收的热量用于空调新风的预冷或预热，以降低运行能耗。

##### 3. 宴会厅

酒店区域宴会厅、餐厅等大空间区域采用变风量空调系统，外区设置并联风机驱动式带加热盘管变风量末端，内区设置单风道变风量末端，均采用顶送顶回的气流组织方式。



空气处理机组采用双风机形式，可全新风运行，过渡季节等气候条件允许条件下，可调整新风比，充分利用室外空气作为免费冷源以满足室内空调的需要，节省运行能耗。

#### 4. 商业

商业区域外区设置四管制风机盘管，内区设置定风量空调系统，均采用顶送顶回的气流组织方式。

## 六、主要节能措施

### 1. 利用电厂蒸汽

空调冷源利用电厂蒸汽，采取吸收式制冷的方式，实现了冷热电的联产，这不仅使主机运行费用降低，提高了系统的经济性，而且还回收了低品位能源，提高社会整体能源利用水平，达到了节能、环保的目的。

### 2. 设置免费冷却系统

根据北京的气候特点，设置了免费冷却系统。在冬季、过渡季利用冷却塔作为免费冷源，通过水-水板式换热器为空调系统提供空调冷冻水，大大减少了冷水机组的开机时间，节省运行费用，达到节能的效果。

### 3. 动态平衡措施

空调水系统采取动态平衡措施，避免了由水力不平衡造成的“大流量、小温差”的问题，提高了系统的控制质量，改善了空调区域的舒适度。

### 4. 空调冷水系统采用大温差形式

空调水系统大温差运行，冷水供回水温差为 $6^{\circ}\text{C}$ ，减少了循环水量，因此减少了空调水的处理、输送及分配设备容量，减少了工程设备投资，并且降低了水泵的输送能耗。

### 5. 空调水泵变频运行

空调冷水系统采用二次泵形式，除空调冷水一次泵定频运行外，其他空调冷热水泵均根据末端压差进行变频运行控制，在满足系统各末端水量需求的情况下，降低了水泵的输送能耗。

### 6. 空调水泵变频运行

办公及酒店部分区域采用变风量空调系统，根据各个空调区域的负荷需求改变空气处理机组送风机的运行频率，不但提高了服务区域的舒适性，同时减少了风机的输送能耗。

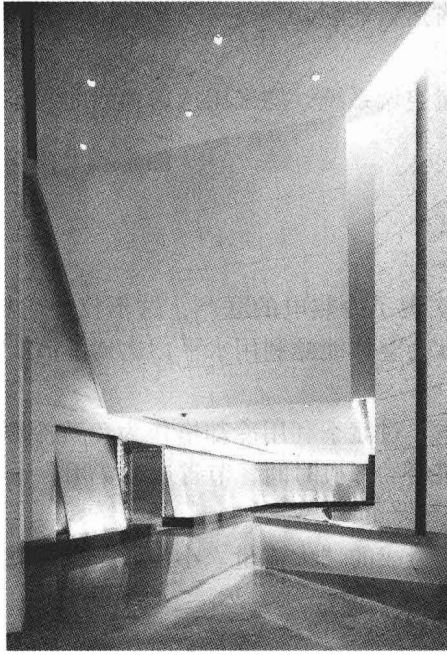
## 七、主要图片



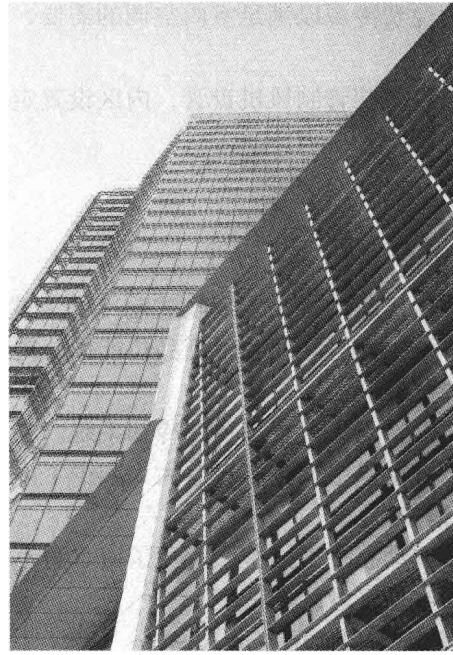
北京华贸中心（一期工程）办公楼  
沿长安街全景



北京华贸中心（一期工程）办公楼  
室内共享中庭



室内办公入口



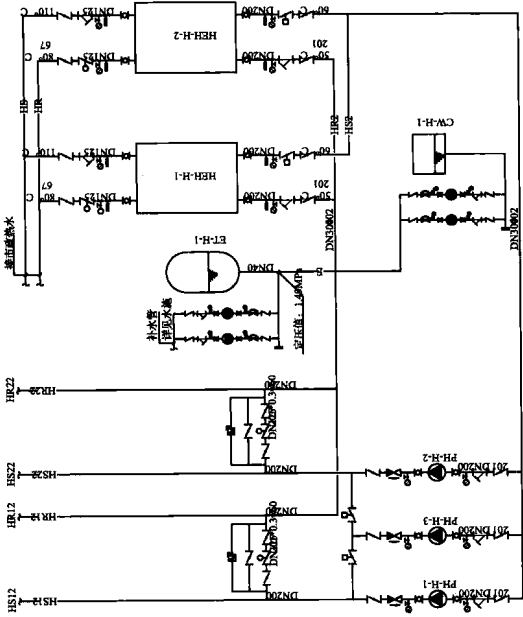
沿长安街街景(局部裙楼)



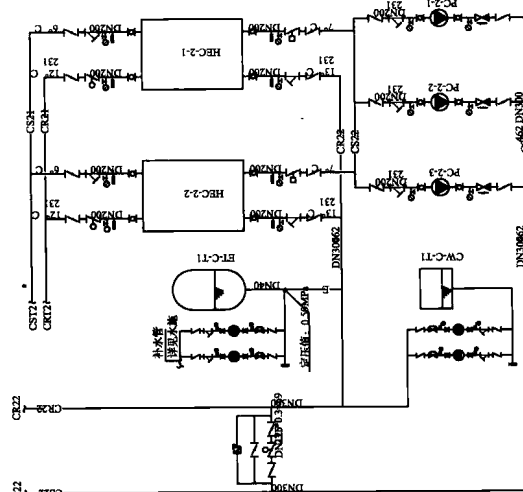
近景图

## 八、主要图纸<sup>①</sup>

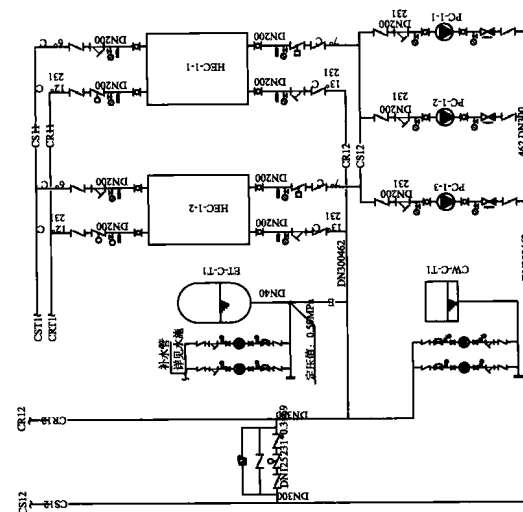
<sup>①</sup> 编者注：该工程设计主要图纸见随书光盘。



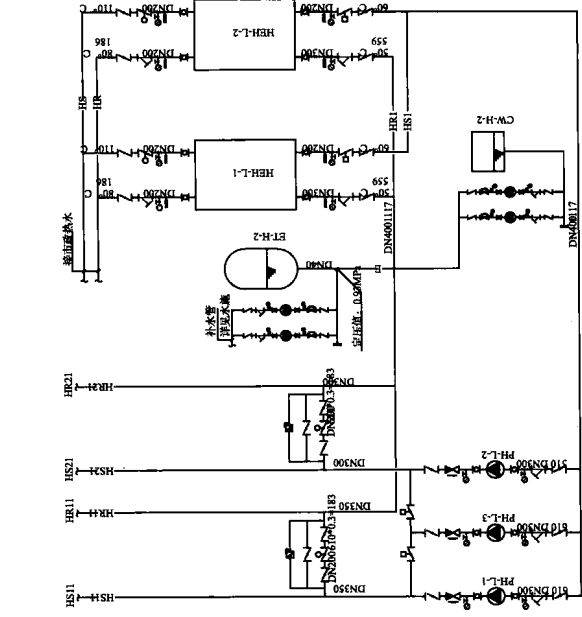
空调冷水系统原理图 (一)



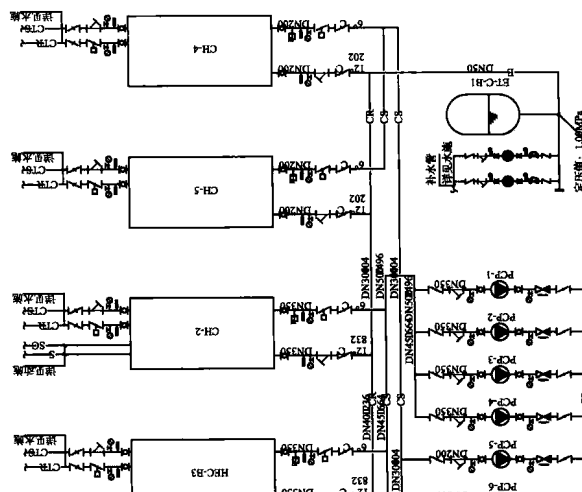
空调冷水系统原理图 (二)



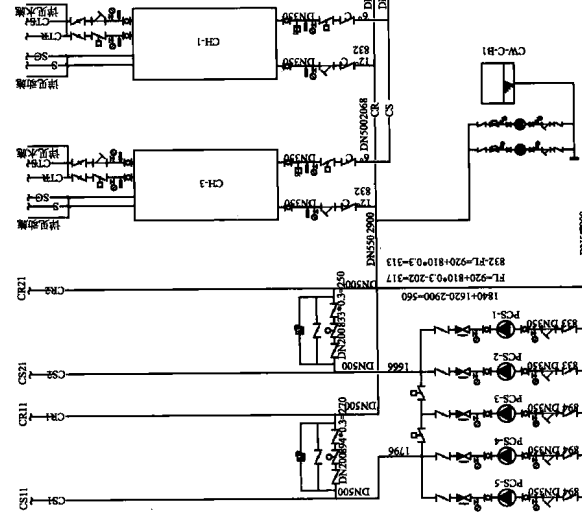
空调冷水系统原理图 (三)



空调热水系统原理图 (一)

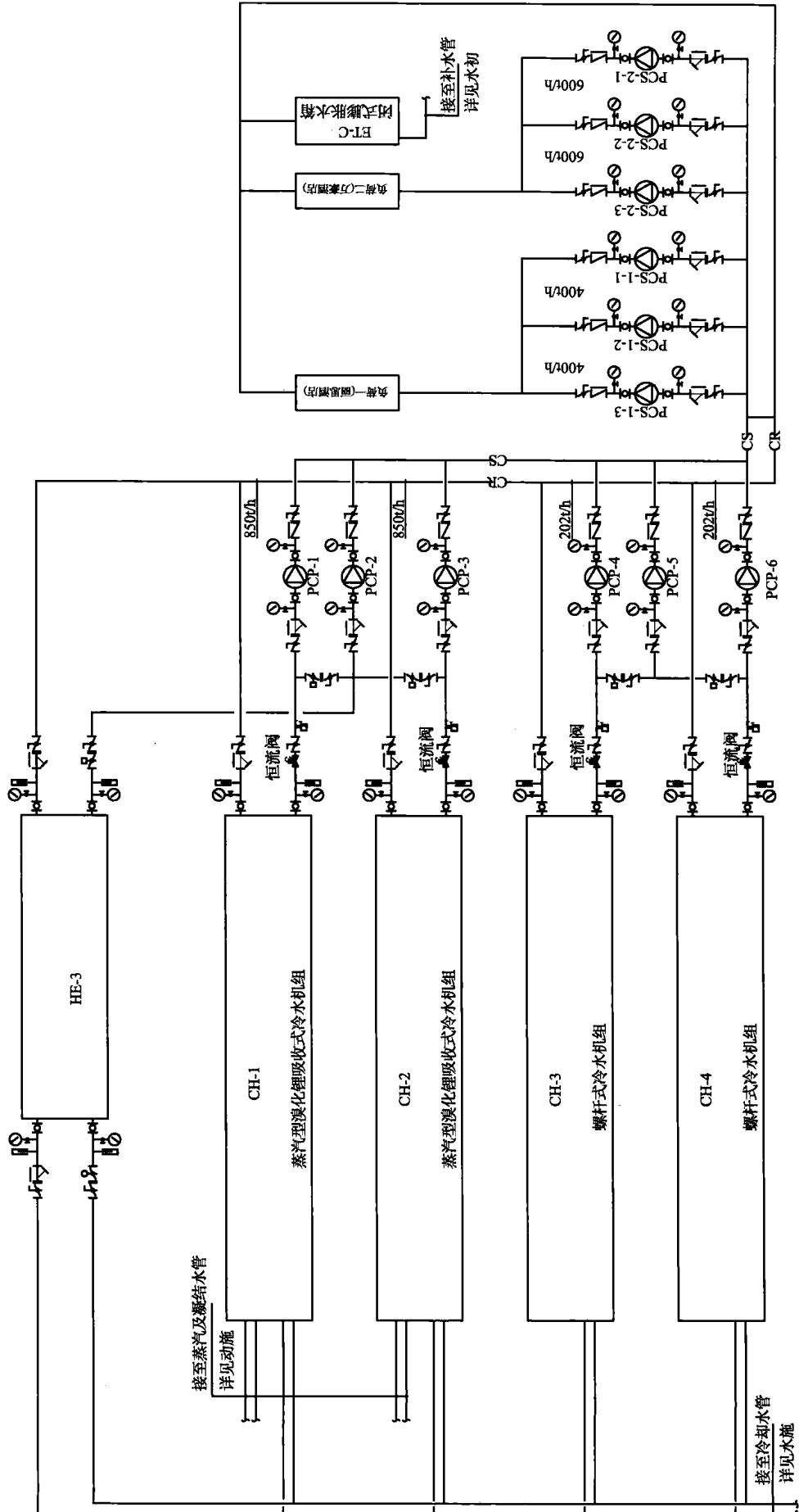


空调热水系统原理图 (二)

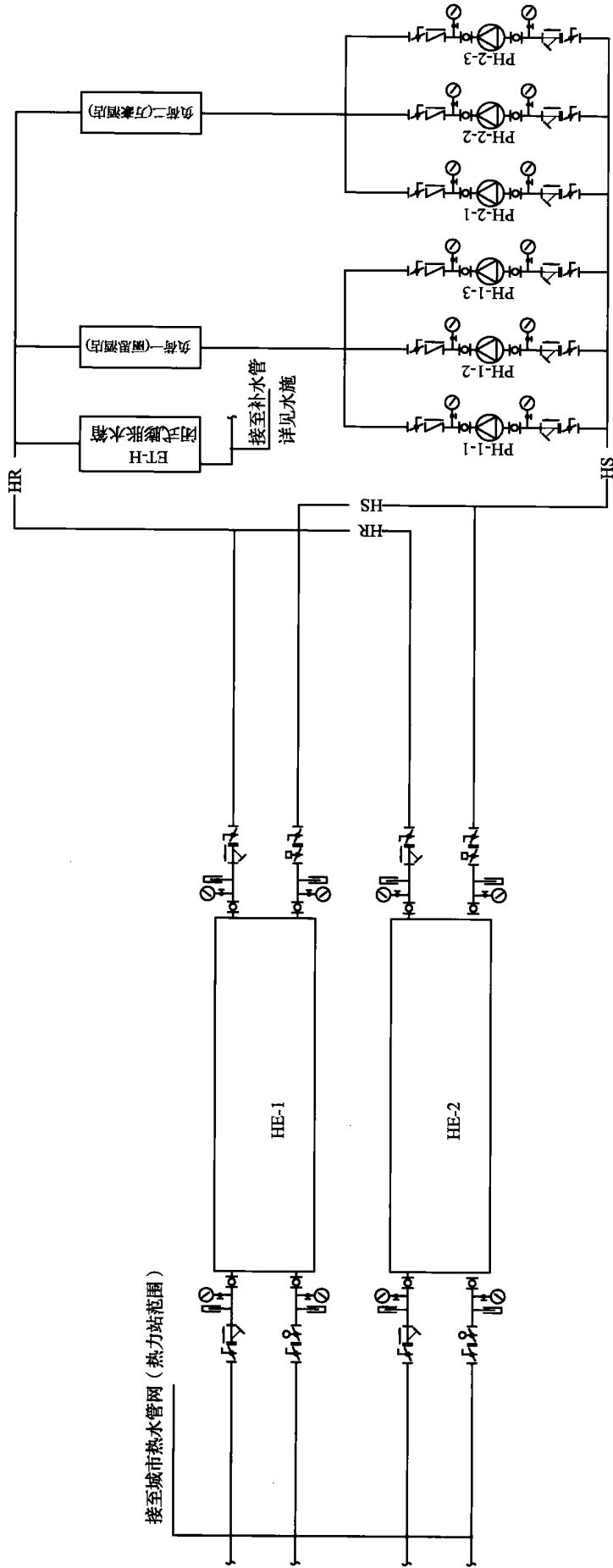


空调热水系统原理图 (三)

办公区空调水系统原理图



空调冷水系统原理图



空调热水系统原理图

酒店区空调水系统原理图

## 中青旅大厦暖通空调设计



李晷 工程师，1996年毕业于北京工业大学暖通空调专业，现在中国建筑科学研究院建筑设计院工作。主要代表性工程有：中青旅大厦、SOHO尚都、嘉美风尚中心、朝外SOHO、人民政协报大厦、北京GOLF公寓、光华路SOHO、北京康城花园、NAGA上院、华远首府等。

- 建设地点 北京市
- 设计时间 2003年9月~2004年6月
- 工程竣工日期 2005年12月
- 设计单位 中国建筑科学研究院建筑设计院  
[100013] 北京市北三环东路三十号
- 主要设计人 李晷
- 本文执笔 李晷
- 获奖等级 第二届暖通空调工程优秀设计一等奖

### 一、工程概况

中青旅大厦项目是由中青旅股份有限公司投资兴建的拥有国际品质和舒适环境的5A甲级写字楼。该项目位于北京市东城区“东二环交通商务区”的核心区域，地处东直门立交桥西南侧，紧邻东二环主路。“东二环交通商务区”是东城区政府以东直门综合交通枢纽为核心规划的现代商务办公区域，吸引了大量国内、外知名企业的总部入驻。

中青旅大厦的总建筑面积约65000m<sup>2</sup>，建筑高度75m。地上共20层，首层设有咨询台等设施，在此顾客可以预订旅行计划，此区域被称为“旅游世界”。顾客还可通过自动扶梯和电梯到达二层，这里设有餐厅、茶室、美容室。四~十九层为办公空间，二十层为中青旅公司的高级管理人员办公层，这些楼层通过两组景观和常规电梯互相联通。地下共3层，地下一层包括可灵活划分的多功能厅、员工餐厅、设备机房以及自行车库，地下二层、地下三层主要为汽车库。

中青旅大厦的设计秉承了中青旅公司“简洁、透明、创新、独特、高效”的企业文化，强调“建筑与人的需求息息相关，建筑与内外环境自然交融”的设计理念。建筑平面由镶嵌在长方形布局中的两个与建筑等高的玻璃中庭围合而成，交错延展的东西中庭，东二环特殊的地理位置，使中青旅大厦把以雍和宫为代表的西面历史文化古迹和以CBD为代表的东部现代商务风景融入同一视野，营造出古今交汇的视觉效果。

中青旅大厦是北京首座将双层主动式内呼吸幕墙与大跨度索网幕墙结合的观景写字楼。两个气势恢宏的75m通高的玻璃中庭与布置在中庭内的空中景观通廊、观景电梯一起，使所有的来访者和大厦办公人员均能通过此空间体验到独具匠心的城市景观感受。主动式双层呼吸幕墙外观均匀统一、



防噪保温,幕墙间悬挂的电控自动遮阳百叶配备了法国 SOMFY 的 AnimeoIB + 光感自控系统,可按需要转换角度并自由升降,创造了真正健康、宜人、生态的办公环境。另外,独有的四壁采光无柱办公大开间,不仅布局规整、利于灵活分割,也使办公区的每一个角落都能感受纯粹的自然光。

该项目于 2006 年初投入使用后,为员工提供了良好的办公环境,展示了中青旅的企业文化,成为旅游信息的重要集散地和发布中心。

## 二、工程主要设计特点

(1) 主动式双层内呼吸幕墙的采用,在满足建筑立面美学要求的同时,也达到了暖通空调舒适节能的目的,实现了建筑设计与暖通空调设计的完美结合。

该项目根据建筑设计理念和地理位置的特点,对于外围护结构提出了如下要求:1) 建筑立面效果要求采用高通透性的玻璃,不使用镜面反射玻璃。2) 由于紧邻二环主路,要求外围护结构有良好的隔绝室外噪声能力。3) 该项目办公区大量采用了通高的玻璃幕墙,为保证室内靠近幕墙地带的环境舒适度、节约空调能耗,必须严格控制外围护结构的热工性能。4) 要充分考虑北方地区风沙天气严重的特点,所选幕墙形式要易于日常维护及清洁。

为此,该项目最终在设计中选择了主动式双层内呼吸幕墙(即内循环主动式双层幕墙),该幕墙体系的外侧为双层中空绝热玻璃,内侧为可开启的单层钢化玻璃,两者之间为空气腔,空气腔内安装有可根据光感自动升降的电动遮阳百叶,空气腔的顶部按幕墙单元还安装有循环通风机,由楼宇自控系统控制进行机械通风。它既可以满足上述各项要求,且价格合理,施工也比较快捷。

(2) 该项目设有两个 75m 通高的、由索网幕墙及透明采光顶组合而成的超高玻璃中庭,如何在确保中庭舒适效果的前提下尽量降低空调能耗,成为了一个重点问题。

在设计中,采用了如下措施,取得了令人满意的成效。1) 在中庭首层、二层合理的位置设吊装高静压空调机组,采用条缝形风口向中庭人员活动区域侧送风。2) 对于与中庭相通的连廊、电梯厅等空间,采用设置分层空调的方式,来保障该区域的舒适性。3) 在中庭首层地面设置低温地板辐射采暖系统,以弥补冬季空调送风供暖的不足。4) 中庭二层设置了可电动开启的进风百叶,结合在中庭透明采光顶部及侧面索网幕墙处设置的电动排风窗及电动遮阳百叶,在过渡季充分利用自然通风,并减少顶部太阳辐射的进入,以达到降低空调能耗的目的。5) 在中庭与周边办公区设置连通百叶,结合设于中庭顶部的双速排风机组,在冬、夏季通过合理的气流组织,将办公区内的空气引入中庭并最终从中庭顶部排出,通过这种能量回收方式来改善中庭环境。

(3) 如何选择最适合该项目的建筑物冬季内区空调供冷系统,是另一个重点问题。

随着人们对室内环境舒适度要求的提高,现代办公建筑在冬季如何消除内区余热的问题日益受到重视。对于中青旅大厦采用的风机盘管加新风的空调系统来说,有多种方式可以解决这个问题,包括:1) 根据内区冷负荷单独设置一台冬季运行的制冷机组供冷。此方式冬季需运行制冷机组、水泵、冷却塔等设备,运行费用较高。2) 直接在冬季利用冷却塔提供的低温冷却水供冷。此方式需增加热交换器,并考虑冷却塔的冬季电加热防冻措施。3) 适当加大内区新风机组的送风量,降低送风温度,充分利用室外冷空气供冷。此方式如果内区面积过大,将会由于送风量的增大影响建筑吊顶空间。

针对该项目内区面积较小、制冷机房空间紧张等情况,在经济、技术多方面比较后,最终设计选择了 3) 方式,在内区根据人员卫生要求及消除余热要求计算所需新风量并选用变风量新风机组,在冬季通过输送 10 ~ 12℃ 的新风来解决内区供冷问题,实际应用中效果良好。

### 三、工程主要设计参数及暖通空调系统设计简述

1. 室外设计计算参数 (参见北京地区气象参数)
2. 室内设计计算参数 (见表 1)。

室内设计计算参数

表 1

房间名称	夏季温度 (°C)	夏季相对湿度 (%)	冬季温度 (°C)	冬季相对湿度 (%)	新风量 (m <sup>3</sup> /h·p)	噪声标准 (dB/A)	换气次数 (次/h)
餐厅	24~26	≤65	20~22	—	30	≤50	
办公室	24~25	≤60	21~22	≥40	50	≤45	
会议室	24~25	≤60	21~22	≥40	50	≤45	
大堂	25~26	≤65	18~20	≥30	10	≤45	
多功能厅	24~26	≤65	20~22	≥40	30	≤45	
厨房	31~32		≥16	—			40~50
汽车库			≥5	—			6

#### 3. 空调采暖冷热源

该工程空调冷源由 3 台置于地下一层制冷机房的电制冷式冷水机组提供 (2975kW × 2 台, 1050kW × 1 台), 冷冻水供回水温度为 7/12°C, 空调设计冷负荷约为 7000kW, 冷负荷指标为 105W/m<sup>2</sup>。

该工程空调采暖热源为市政集中热力, 市政热水由东南侧引入地下一层热交换站, 经热交换处理后, 提供空调热水, 供回水温度为 60/50°C。所需空调 (含汽车库通风) 设计热负荷约为 7150kW, 热负荷指标为 110W/m<sup>2</sup>。

地下制冷机房内设置冷冻、冷却水泵、软化水处理装置、定压罐、补水泵、软化水箱等相应设备。冬季空调用热水与夏季空调用冷冻水于制冷机房分集水器处通过阀门进行切换, 屋顶设置 3 台方形逆流式低噪声冷却塔, 空调冷却水供回水温度为 32/37°C, 空调冷热水系统采用两管制一次泵变流量的形式。

#### 4. 暖通空调系统形式

(1) 该工程空调系统采用两管制风机盘管加新风的空调方式, 新风机组分层设置, 风机盘管采用卧式暗装型, 空调水支路上设置动态平衡阀。

(2) 地上办公区域空调考虑内外分区。其中, 距外围护结构 4.5m 范围内划分为空调外区, 其他区域划分为空调内区。内外区分别设置新风机组, 冬季内区的变风量新风机组输送 10~12°C 新风, 以提供内区所需冷负荷。新风机组设置管式升温器加湿膜直排水加湿器, 以满足冬季室内加湿要求。

(3) 首层中庭部分设置低温地板辐射采暖系统, 在中庭首层、二层合理的位置设吊装高静压空调机组, 采用条缝及球形风口向中庭人员活动区域侧送风。

(4) 地下车库设机械通风系统, 通风量按 6 次/h 换气, 送风采用新风机组进行加热处理, 以满足 12°C 值班温度。车库内设送风导流器, 进行诱导通风, 以减少通风管道占用的空间, 保证车库的净高。

(5) 地上办公区设置内呼吸式玻璃幕墙, 按幕墙单元设置循环通风机。

(6) 设备机房、卫生间、厨房等区域均设机械通风系统。

#### 5. 系统运行情况

该工程于 2006 年初正式投入运行后, 暖通空调系统在全年运行情况良好, 室内环境参数达到设计指标要求。与同类建筑相比, 暖通空调系统运行能耗明显降低。

### 四、主动式双层内呼吸幕墙通风系统设计说明及分析总结

#### 1. 内呼吸式幕墙通风系统的组成及工作原理

内呼吸幕墙的通风系统是由进风口、双层幕墙形成的空气腔、腔内电动遮阳百叶、排风口、管道风机、



通风管道、静压箱等部件组成。进风口在室内可开启钢化玻璃的底部水平位置，排风口在双层幕墙单元体空气腔顶端部位。

该项目的管道风机按每个幕墙单元设置一台低噪声管道风机设计，每个幕墙单元包括两个框架，每个框架的尺寸为 2478mm × 7200mm，外侧为双层中空绝热玻璃，内侧为可开启的单层钢化玻璃，两者之间为空气腔，空气腔的宽度为 340mm，空腔内设 50mm 电动遮阳百叶，可根据室内外环境进行手动控制及软件自控，调节升降和翻转调光。

主动式和被动式双层呼吸幕墙的不同在于：被动式双层幕墙，内外两层玻璃之间的空腔是与室外大气相通的，而主动式双层呼吸幕墙内外两层玻璃之间的空腔仅与室内的空气相通。由于主动式双层呼吸玻璃幕墙对外是完全封闭的，不能满足自然通风和消防排烟的需求，故在该项目设计中，在呼吸幕墙两个框架之间特别加入了可向内开启的窗扇，窗扇的外面设有防水百叶。这样，大厦清晰而统一的外观不会受开启外窗的影响，同时这些外墙防水百叶也为新风机组进风以及幕墙管道风机排风提供了必要路由。

整个建筑内呼吸式玻璃幕墙共采用 324 台低噪声管道风机（机外余压为 300Pa，风量为 360m<sup>3</sup>/h，噪声值为 52dB），所有低噪声管道风机均设在吊顶内，冬季风机运行，在空腔中形成负压，抽取室内空气经过幕墙空气腔再送回室内（也可排出室外），夏季抽取室内空气经幕墙空气腔后排出室外。

## 2. 内呼吸式幕墙通风系统的设计要点

(1) 内呼吸式幕墙的综合传热系数  $U$  是评价其节能效果的重要参数指标，由于幕墙内存在的空气流动，当空气流速加快时，幕墙内壁的表面传热系数加大，通风带走的热量也加大，夏季传入室内以及冬季流出室外的热量都将减小，从而达到降低外围护结构热损失的目的，计算公式如下：

$$U = Q / (t_o - t_i) \quad Q = \alpha_i (t_{w,i} - t_i)$$

式中  $Q$ ——传入或流出室内的热流量；

$t_w$ ——壁面温度；

下标  $i$  表示室内侧；

下标  $o$  表示室外侧。

通过相关 CFD 模拟计算分析，可以得知：内呼吸式幕墙的综合传热系数随空气腔内通风量的增加而减小，并受太阳辐射的影响较大，夏季在空气腔靠近外幕墙侧设置遮阳百叶可减小约 20% 的围护结构得热量，受空气腔宽度的影响较小。参考北京地区的气候情况，综合建筑平面布局、噪声要求、经济性等条件，该项目最终确定了一个合理的幕墙单元尺寸及管道风机通风量，并重点考虑了对电动遮阳百叶的自控系统。该工程经过两年多的运行结果显示，中青旅大厦内呼吸幕墙的节能效果非常明显，超过了设计预期。在入住率为 90% 的情况下，夏季最热月份，开启内呼吸幕墙及配套的光感自动遮阳百叶后，大楼制冷系统实际仅需使用设计制冷量的 60% ~ 70% 即可满足空调日常使用要求。

## (2) 内呼吸式幕墙通风系统的噪声控制

内呼吸式幕墙具备很好的隔绝外界噪声的性能，但为了达到满意的室内环境噪声要求，还要注意如下几项：

1) 幕墙单元间可开启窗扇部位外面的防水百叶，需采用带保温棉的双层铝板，以加强隔声效果。

2) 为防止气流吹动空气腔中遮阳百叶产生附加噪声，同时也为了降低空气腔内气流通过的噪声，结合上述幕墙综合传热系数的计算分析，将幕墙单元空气腔内的最大风速应控制在不大于 1.5m/s。

3) 幕墙单元选择低噪声且带电子调速开关的管道风机，可随时调整风量，在确保呼吸幕墙效果的前提下，控制风机噪声降到最低。

4) 吊顶内的低噪声管道风机采用弹簧减振吊架安装，通风管采用铝箔金属软管，在风管与内呼吸幕墙百叶出风口之间设置静压箱。由于空间的限制，静压箱呈不规则形状。为了进一步降低噪声，将静压箱的折角处设计成弧形，使空气流经静压箱时呈层流状，从而进一步降低噪声。

施工过程中，根据上面各项要求，在办公层样板间（含一个完整内呼吸幕墙单元）的吊顶及门窗封闭状况下做了运行实验，测得如表 2 所示数据。