

高层建筑空调设计实例

陈焰华摇主摇编



机械工业出版社

本书集中汇编了 100 项高层建筑的空调设计实例，较为全面、系统地总结了高层建筑空调设计的实践经验，分为宾馆酒店、办公综合楼、科教文卫建筑、商业建筑和住宅建筑五部分。每一设计实例均包括了以下内容：工程概况（建设单位、建设地点、建筑面积、层数、高度、设计日期、竣工日期、外观图片），设计参数，空调冷热源，空调系统及形式，通风及防排烟系统，消声及减振，空调自控系统，设计总结（设计及施工、运行的经验教训）。

本书内容丰富，图文并茂。不仅可供空调设计、施工、运行管理和教学、科研人员工作参考，而且也可作为政府部门、投资主体、制造厂家决策参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑空调设计实例 / 焱华主编. —北京：机械工业出版社，
2005.12

ISBN 7-111-17400-0

I 焱… II 焱… III 焱… IV 焱…

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 174000 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮编 100037）

策划编辑：杨少彤 版式设计：冉晓华 责任编辑：李秋荣

封面设计：鞠杨 责任印制：李瑶妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

16 开 32 印张·1 插页·源字

1 册·源册

定价：源元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68995100

封面无防伪标均为盗版

编写人员名单

摇主编：陈焰华

摇副主编：蒋修英摇谭维毅

摇主审：蔡路得

摇副主审：武笃福摇祁传斌

摇撰稿人：陈焰华摇祁传斌摇蔡路得摇马友才摇王天毅
王摇凡摇徐著义摇洪学新摇邬守春摇刘晓燕
王云如摇雷建平摇武笃福摇杨摇峰摇张银安
周珣树摇程摇旦摇胡干红摇韩继国摇蒋修英
郑万兵摇胡摇艳摇向立民摇车轮飞摇曹摇石
杨摇葵摇徐朝凤摇肖能辉摇贾鲁庄摇刘政斌
程摇杰摇张摇昕摇徐摇鸿摇李摇斌摇熊成建
朱传斌摇王春香摇杨摇帆摇雷炳成摇代伯清
印传军摇王摇疆摇查万里摇谢道鹏摇胡摇鹏
郁松涛摇王付立摇张子平摇李玉云摇张春枝
曾省稚摇（以文章出现的先后为序）

序 摇 员

20世纪以来，工程技术以其辉煌的成就迅速而深刻地改变了世界，改变了人类的生产和生活方式，人类因此全面进入了现代物质文明社会。作为工程技术大家庭的杰出一员，空调技术创造了能够满足各类社会需求的人工空气环境，极大地改善了人类的生活品质以及生产和科研条件。由于空调技术积极而广泛地参与，人类不仅有效地延长了自己的寿命，而且成功地制造了众多推动社会进步的产品：上至载人飞船，下至探海潜艇；高至摩天大厦，低至地下铁道；广至小康住宅，罕至纳米工厂；宏至国家体育场，微至病毒实验室；闹至超级购物中心，静至脑外手术病房。空调技术，已经成为当代人类多姿多彩的物质文化生活的一个重要支撑，已经成为当代发展先进生产力的一个重要支撑。

改革开放以来，中国建筑在神州大地上书写世纪神话，其投资之巨、速度之快、成就之大、影响之深，举世瞩目。当代中国空调工程师欣逢盛世，有幸参与规模空前的现代化建设，当引以为豪，并肩负重任。

作为现代建筑、特别是高层建筑的有机组成部分，空调工程的优化设计举足轻重。而优化设计的有效途径，有赖于适时总结大量工程实践，并从中寻求设计理论和方法的创新。

著名教育家蒋南翔曾经说过：“做了工作不总结，等于只做了一半，并且是不重要的一半。”

武汉为我国中部地区的经济和科教中心，也是我国高层建筑最多的特大城市之一，工程设计综合实力名列全国第三。同时，武汉又地处我国地理中心，夏季湿热，号称“火炉”，冬季湿冷，犹如“冰窖”，属典型的亚热带季风气候。因此，总结武汉地区空调设计，对发展我国空调事业具有重要意义。

由一批活跃在武汉地区空调设计前沿的老中青三代工程师集体编著的《高层建筑空调设计实例》，是一部从缘项工程实践的总结中，探索空调技术创新和工程设计创优的力作。本书视野开阔、思考全面，分析总结不停留在单纯的技术层面上，而是涉及能源政策、法制建设、环境保护等重大问题，提出可持续发展的空调设计的技术路线。因此，不仅可供设计、施工、运行管理和教学、科研人员工作参考，而且可供政府部门、投资主体、制造厂家决策参阅。

百年空调，造福人类，不断改变世界，也不断改变自己。站在21世纪的新起点，以科学发展观审视空调技术的发展方向，当更加关爱健康，关注节能，关心环保。空调技术的可持续发展只能建立在能源的可持续利用和自然环境的永续利用的基础之上。空调技术应当率先采用清洁能源、可再生能源和新能源，

并责无旁贷地参与修复臭氧层、保护大气层的崇高行动。

新世纪中国空调事业的可持续发展，需要从工程实践中培养和造就更为强大的科技队伍，需要群体性技术创新和系统集成，更需要立法保障、政策引导和全社会的通力合作。

明 锦 郎

2009年 远月 员日

序作者简介：明锦郎，1974年清华大学土木建筑系毕业，现任中国中信集团武汉建筑设计院院长，中信建设公司副董事长，教授级高级工程师，国家注册咨询工程师，中国勘察设计协会常务理事，湖北省土木建筑学会副理事长，湖北省勘察设计协会副理事长；曾获国务院津贴专家、全国优秀设计院长、武汉市优秀市管专家等荣誉称号。

序 摇 圆

在发展中的武汉，人们愈来愈认识到暖通空调不仅是一种舒适性的消费，而且是经济生活中不可缺少的一部分，已成为人居环境、工作效率、产品质量、服务水准的重要标志之一。

时值 圆年夏，这本记录武汉暖通空调工程近十几年设计业绩、科技成果的工程实例问世出版，可喜可贺。这是一本面向暖通空调专业人员以及关心暖通空调事业人士的专业书籍。通过本书各种类型的空调工程设计介绍，可起到相互交流和进一步切磋技术的目的，从而促进暖通空调行业的共同技术进步。

进入 圆世纪以来，暖通空调技术在武汉又有了新的发展和变化，也面临新的挑战。面对能源紧缺、环境恶化、气候变暖、病毒感染等一系列严峻现实，如何适应，是我们的重任。

我们必需抓住机遇，迎接挑战，为促进武汉及全行业暖通空调技术的进步和发展作出贡献。

中国制冷学会空调热泵委员会副主任委员
湖北省土木建筑学会暖通空调学术委员会副主任委员

蔡路得

圆年 缘月 圆日

目 录

序 员

序 圆

武汉地区高层建筑空调设计综述	员
第 员章 摇宾馆、酒店	员
摇 员 员 摇 武汉香格里拉大饭店空调设计	员
摇 员 员 摇 武汉华美达天禄酒店空调设计	员
摇 员 员 摇 武汉新华诺富特饭店空调设计	员
摇 员 员 摇 武汉金盾大酒店空调设计	员
第 圆章 摇办公、综合楼	员
摇 圆 员 摇 武汉瑞通广场空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉世界贸易大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉国际贸易中心空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉电信综合楼空调设计	员
摇 圆 员 摇 新江汉大学行政管理中心空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉中商广场空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉华银大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉发展大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉正信大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉泰昌城空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉市供电局口营配中心空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉房产交易大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 湖北就业大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉华氏花园综合楼空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉轻轨一号线指挥中心空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉财富大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉政和广场空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉卓刀泉大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉市总工会办公大楼空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉银台大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉广西大厦空调设计	员
摇 圆 员 摇 武汉楚民大厦空调设计	员

摇园园园摇武汉楚源大厦空调设计	员缘
摇园园园摇湖北省高法审判综合楼空调设计	员苑
摇园园缘摇湖北省盐业总公司科研办公楼空调设计	员园
第猿章摇科教文卫建筑	员缘
摇猿园员摇武汉国际会展中心空调设计	员苑
摇猿园圆摇武汉科技会展中心二期空调设计	员园
摇猿园猿摇湖北出版文化城空调设计	员愿
摇猿园源摇湖北剧院空调设计	员缘
摇猿园缘摇武汉图书馆新馆空调设计摇	员园
摇猿园远摇湖北大学图书馆空调设计	员缘
摇猿园苑摇新江汉大学图书馆空调设计	园园
摇猿园愿摇湖北日报新闻采编楼空调设计	园缘
摇猿园怨摇湖北省人民医院门诊综合楼空调设计	园园
摇猿园园摇武汉市第一医院门诊综合楼空调设计	园苑
摇猿园员摇武汉协和医院外科大楼空调设计	园园
摇猿园圆摇武汉市中心医院住院大楼空调设计	园愿
第源章摇商业建筑	园苑
摇源园员摇武汉销品茂空调设计	园愿
摇源园圆摇武汉群光广场空调设计	园苑
摇源园猿摇武汉中心百货大楼空调设计	园苑
摇源园源摇武汉新民众乐园空调设计	园园
第缘章摇住宅建筑	园缘
摇缘园员摇武汉香榭里花园空调设计	园苑
摇缘园圆摇武汉清江花园空调设计	园源
摇缘园猿摇武汉怡景花园空调设计	园愿
摇缘园源摇武汉统建大江园空调设计	园缘
摇缘园缘摇湖北省国税局高层住宅空调设计	园愿
附录摇武汉市公共建筑中央空调系统能耗分析	园装
参考文献	猿园
后记	猿员

武汉地区高层建筑空调设计综述

陈焰华

武汉高层建筑建设概要

当你航行在万里长江武汉江段，远眺长江两岸，当你伫立在江南名楼黄鹤楼上俯瞰武汉三镇，你一定会为武汉这座浮在水上的名符其实的江城而陶醉，你一定会为其高楼林立而展现出的现代风采而感叹：武汉的高层建筑真多！真高！真美啊！

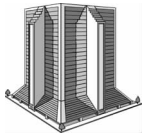
自 20 世纪 80 年代以来，武汉高层建筑的建设进入高速发展时期，取得了令人瞩目的成就。宾馆酒店、商业金融建筑、文化体育及医疗保健建筑、办公写字楼及商住公寓楼，各种高层建筑如雨后春笋般拔地而起，星罗棋布。目前，武汉已建和在建的高层建筑约在 1000 幢。

武汉的高层建筑建设经历了两个比较集中的高速发展时期，一是 20 世纪 80 年代初期，邓小平南巡讲话以后，全国进入了一个高速建设和发展时期，兴建了大量的高层写字楼、商业金融建筑。武汉最著名的一批高层建筑如武汉世界贸易大厦、武汉国际贸易中心、武汉广场、佳丽广场、瑞通广场、中商广场、泰合大厦、建银大厦都建设于那一时期，其中武汉世界贸易大厦、武汉国际贸易中心、佳丽广场分别名列全国建筑高度超过 100 米高层的第 1 位和第 2 位。经过 20 世纪 80 年代初期的高速发展以后，武汉高层建筑的建设沉稳运行了十年时间，本世纪初又迎来了一个新的高速发展时期。这个时期的特点是：商用高层建筑的类型由写字楼转移到商住楼、公寓楼和高层住宅；随着经济的发展和人民生活水平的提高，大学建筑和医疗建筑成为新的建设热点。

建筑新的使用功能对建筑设备提出了新的、更高的要求，暖通空调已成为现代化建筑必不可少的重要设施。由于建筑市场的快速发展，空调新技术、新设备、新材料不断从国外引进，使国内的空调设计行业和空调设备制造业进入了一个全新的发展时期。许多在书本上介绍的新技术、新系统、新设备都变成了工程现实，我们在消化中吸收，在学习中提高、在实践中进步，无论是机遇和挑战、合作或竞争、成功与不足，都赋予了我们认真总结大量工程实践的历史责任。暖通空调设计人员必须认清国情，认清我国能源、资源和环境形势，结合本地区的生态气候特点和工程项目的具体情况来选择采用经济合理、高效节能、有利于可持续发展的空调系统形式。

武汉高层建筑空调设计现状

改革开放和经济建设大发展，暖通空调设计人员面临着前所未有的机遇和挑战。回顾自 20 世纪 80 年代以来的设计历程，从承担任务的性质、规模和复杂程度上都有着很大的变化，暖通空调设计从工业项目、工艺性要求扩展到民用建筑、舒适性要求，从中小型项目、局部性空调到大型、超大型项目全中央空调，特别是有些大型复杂项目更涵盖了采暖、通
员



风、空调、防排烟、锅炉房、动力、消声减振、自动控制等多方面设计内容，而且这些大型复杂项目也往往要引进和采用更多的新技术、新设备和新材料。

武汉地处我国长江中游、北回归线北侧，属于亚热带季风气候，夏热冬冷，四季分明，是长江流域四大“火炉城”之一。武汉年平均气温为 16.1°C ，极端最高气温 42.3°C ，极端最低气温 -16.1°C 。根据武汉市近十年来的气象资料统计，每年最热月平均温度为 28.5°C ，日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的有 154 天，起止日期为 7 月 1 日~ 9 月 1 日，且近年来气温有升高的趋势；冬季 1 月日平均温度为 4.5°C ，年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的有 108 天，起止日期为 11 月 1 日~ 1 月 1 日，冬季寒潮可造成急剧降温。武汉市江河纵横，河港沟渠交织，湖泊库塘星罗棋布，形成以长江为干流的庞大水网，总水域面积达到 1018.4km^2 ，占土地总面积 10.5% ，地表水量 10.184 亿 m^3 。因此形成的武汉气候特点为夏热冬冷，常年处于高湿状态，最热月平均空气相对湿度为 78% ，甚至高达 85% 以上；最冷月平均空气相对湿度为 70% 。夏季高温湿闷，白天烘烤，夜间无风闷热，城市“热岛效应”突出；冬季常有低温、冰冻，日照少，湿度大，“冷湖效应”显著。武汉市恶劣的气候条件导致为维持人体的舒适性要求夏季需要供冷、冬季需要供暖的年空调使用时间达半年之久，且长年需要除湿。

武汉市的经济发展处于全国中游水平，全市国民生产总值、财政收入、固定资产投资都不能与沿海发达城市相比，反映在建筑业上普遍资金投入不足，一些大型工程施工周期较长，从设计到建成往往需要几年时间，市场变化导致的功能调整、设计修改司空见惯。占建筑设备投资较大的空调冷热源设备受到投资者的普遍关注，一般均以初投资和年运行费用来确定冷热源设备的选型，但这种选型方法并不能反映能源利用效率和设备使用年限，而投资者都急于把工程搞上去，早出效益，收回投资成本。因而普遍表现出仅看重初投资的短期经济观念，这也是为现实所迫，但其带来的直接后果是无序恶性竞争，市场规则紊乱，严重的甚至影响到空调系统的正常使用。

武汉能源结构单薄，没有城市热网，没有天然气，高层建筑大多采用冷暖中央空调，因此高层建筑空调冷热源只能自成体系，在用地紧张、初投资短缺的项目中往往矛盾较为突出，空调冷热源选型难度较大。近年新建的商住两用写字楼、公寓楼、高档住宅大多放弃中央空调的方案而选用投资、计费、使用更为灵活的户式中央空调机组。

高层建筑的空调设计一般均由大型民用建筑设计院承担，暖通空调设计人员均受过较好的专业技术教育，且有正规设计实践锻炼和严格的技术管理要求，设计的工程项目大多数都能做到经济合理、运行可靠。

空调冷热源设备选型

建筑设备中投资比例最大，运行费用最高，对空调系统稳定运行最重要的空调冷热源设备一直是投资者关注的热点和重点，也是空调设计多年来的热门话题。空调冷热源设备选型应根据建筑物空调规模、功能及用途、冷热负荷特点、所建地区气象条件、能源结构、政策、价格及环保规定等众多因素，通过综合论证确定。武汉地区能源结构单一，没有城市热网，也没有天然气供应，选择狭窄，只能采用电力作为空调能源，空调冷热源及设备的选择有以下几种方案组合。

(员) 电制冷 垣燃油(燃气)炉供热。

(圆) 电制冷 垣电热水机(炉)供热。



(猿) 空气源热泵、水源热泵机组供冷供热。

(源) 溴化锂吸收式冷热水机组供冷供热。

如何结合具体工程项目选定合理的冷热源组合方案，达到技术经济最优化，是相当困难的。因为各个地区能源结构、价格都是随着市场的变化不断发展和变化的，并且还会受到环保、消防、国际国内能源供应状况等多方面因素的制约。20世纪80年代初期电力供应紧张，供电部门采用限电、拉闸或涨电价、收取附加费等控制用电的政策，为此采用直燃溴化锂机组作冷热源的项目大幅增加；90年代后期电力供应好转，供电峰谷差加大，供电部门又出台政策减免附加费，鼓励多用电特别是利用低谷电，加之国际性油价上涨，直燃机销量下跌。而近几年国际油价居高不下，且随着国际局势的动荡，石油供应日趋紧张，经济发展速度加快又造成全国新一轮的电荒出现，能源、资源供应的紧缺和安全性问题更是给占建筑物能耗 30% 左右的空调冷热源选择带来诸多不确定因素。

从本书中搜集的工程实例来看，使用的冷水机组是目前和今后若干年内将长期并存的两大类：电动压缩式（包括离心、螺杆、往复、涡旋式等机组）、溴化锂吸收式（包括直燃机和蒸汽、热水型机组）。本书的 30 个工程实例中采用上述（员）~（源）种组合方式的工程分别有 12 项，另外有 18 项工程因为有锅炉蒸汽供应采用的是电制冷+蒸汽换热的方式。目前在武汉经济技术开发区和东湖高新技术开发区有集中热力供应，新开发的王家墩中央商务区正在进行区域供冷供热的可行性论证。

随着用电负荷的增加和空调用电量的逐年增长，用电峰谷差也逐年加大，2004年湖北电网最高电力负荷达 1.2 亿千瓦，最大日用电量为 1.2 亿千瓦·时，最大峰谷差 3000 万千瓦。为鼓励利用低谷电，湖北电力部门出台了采用电热锅炉及蓄能系统用电的优惠措施，峰谷电价差达到 1.5 元，因此促进了冰蓄冷和电锅炉蓄热工程的实施，目前武汉地区此类工程有十多项。蓄冷（热）空调系统在经过技术经济论证具有合理的初投资回收期时，作好系统设计、系统控制及合理的设备选型，对用户是经济实惠的，对国家和电力部门也会产生重要的社会效益。

川气进汉的步伐正在加快，2005年年底就能够实现供气，这对武汉能源结构的改善具有极其重要的意义，燃烧转化效率高、污染少的天然气能够平衡电力负荷，城市燃气峰谷与电力峰谷正好具有极大的互补性，推广采用燃气型直燃机和燃气锅炉可使城市燃气与电力峰谷严重不平衡的季节性矛盾迎刃而解，既有利于城市环境质量的改善，提高能源利用率，又能够促进电力和燃气企业的良性协调发展。

空气源热泵在具有典型夏热冬冷气候特点的武汉地区 20世纪 80年代后期就得到了应用，经过十几年运行的检验，证明在办公、写字楼、银行、商店等以日间使用为主的中小型建筑中采用是十分合适的，既满足了无城市热源条件下有效的供热需要，又具有不占机房面积、使用维护方便的优势。但在江河、湖边等湿度大的建筑中采用时结霜严重，必须慎重。水源热泵是一种间接利用太阳能的以低位热能作能源的热泵系统，具有节能、环保、可再生能源利用的优势和特点，武汉地区水资源丰富，开采利用方便，在确保有效回灌和不污染水资源的前提下，开发利用价值极大。

武汉地区在天然气接通后，正准备实现连片区域的燃气供暖和“冷热电”三联供，这对提高能源的有效利用率和提升居民的生活质量都具有极大意义。



空调系统形式

对于设计者来说,暖通空调系统的设计应该达到两个目的,满足两方面的要求:一是在选择空调系统时,应根据建筑物的用途、规模、使用特点、负荷变化情况和参数要求、所在地区气象条件及能源供应状况等,通过技术经济比较确定,以保证用最少的一次投资来满足特定建筑物的使用要求;二是空调系统在满足使用要求的前提下,系统应达到运行经济,以最低的能耗,达到最舒适的室内环境。与此对应,空调设计人员应加强两个方面的学习和研究:一是总结和 research 各种空调方式在实际工程应用中的可靠性、合理性、经验及教训;二是不断学习借鉴、吸收、采纳新的空调系统形式、新的技术、设备和新的设计方法。

武汉地区的经济发展还不充分,大量的工程设计和建设都是采取经济优先的原则,随着空调的普及,对室内环境的要求及控制标准不可能达到先进国家水平,办公楼、酒店、高档公寓基本上采用风机盘管加新风系统的空调方式,商场、餐厅、公共建筑等大面积公用场所采用低速风管送回风系统。由于受产品和投资条件限制,当然也受设计人员观念的制约,变风量系统(变风量)在武汉还没有一例工程采用。变风量系统的采用能够提高室内空气品质、增加人体舒适度,并能采用变频调节有效地节省能源消耗,在有条件的工程中应该积极采用。置换式通风空调方式以其独特的优点普遍适用于一切以舒适性为目的的公共场所,如影剧院、体育馆等。其下送风的方式可使清洁的送风气流首先进入室内人员有效活动区,形成人员活动区良好的空气品质,同时形成垂直方向上的温度分层和温升梯度,提高了排风和回风温度,可节省夏季运行能耗。由于是下送风,送风温度相对不高,对于全空气系统的运行,加大了过渡季利用新风自然供冷的潜力,延长了其节能经济运行的周期,从而进一步增大了节能效益。在“湖北剧院空调设计”中,应用了剧场座椅下送风的工程技术,取得了很好的空调效果,但在高温高湿的长江中下游地区应用该空调方式时,必需有系统热湿惰性较大、静压性能较好的送风静压空间,另外在垂直高度较大的大空间里必须重视气流组织,防止送风盲区的出现。

空调水系统以一次泵变水量、二管制为主要方式。二次泵系统被认为节能和较先进,但在国内已运行的少数二次泵工程没有经过测试研究,其真正的性能特点未完全掌握,且初投资和机房面积较大,管理及自动控制跟不上,因此设计单位对二次泵系统的采用极为谨慎。工程实践表明,采用二次泵系统的关键是要仔细研究用户侧各部分空调负荷的性质、大小、变化特性和各分支环路中阻力差异等情况。当用户侧负荷变化较大,应优先考虑水泵的变频调速,变频泵的配置一般采用“一变多定”的配置模式,有利于提高水泵的整体效率。但在一般的办公、商业建筑中,负荷变化和管路特点不明显,就不宜盲目地采用二次泵系统。当水泵能耗占整个空调系统能耗比例在 10% 以上且冷水机组保护设定和结构作适当调整能允许变流量运行时,可以对一次泵系统进行变频控制,限度是系统在制冷量低于最小临界负荷时不能运行、流量降低到不能使流动呈层流状态、变流量水泵应满足系统从最小到最大负荷全流量范围内的所有扬程。

从本书收录的工程实例和附录“武汉市公共建筑中央空调系统能耗分析”可以看出空调工程设计中普遍存在冷热源设备装机容量偏大、水泵选型偏大、系统配置不合理等问题,造成的后果是:①冷热源设备实际开机容量远小于装机容量,造成设备闲置浪费。②设计负荷偏大或选择的水泵流量偏大,致使系统大流量小温差运行,冷水的温降普遍小于 1℃,差的仅 0.5℃,系统能耗大幅增加。③水泵扬程选配过高或附加系数过大,空调水系统实际流量和水源



阻较小时，导致系统流量变大，严重时甚至会烧毁电动机。④多台冷水机组和多台冷冻水泵、冷却水泵并联时，部分负荷情况下运行调节性能较差，不能保证负荷变化时稳定经济运行。⑤大部分时间水泵在较低的效率下运行，且调节性能较差。⑥在湿度较大时，冷却塔冷却效率较差，不能保证冷水机组满负荷运行。⑦有些工程按定流量系统设计或在施工过程中业主取消电动二通阀等温控装置，增加了水泵运行电耗（空调平均负荷率为猿缘~猿缘）。

总结实际工程的运行经验，合理的冷水机组水系统配置应当能够实现以下几个目标：①冷水机组的冷量选择科学合理，适合建筑物冷负荷需要。②所有冷水机组均能工作在单机最佳工况区域内。③整个系统具有较好的部分负荷效率。④系统可靠，在不增加冷水机组负荷容量的前提下，机组之间具备良好的兼备性。⑤系统调节简捷方便，调节成本低。

按照上述目标，在冷水机组水系统配置和设计时，应该注意和采取下列相应的技术措施：①做好逐项逐时的负荷计算，仔细分析和研究不同使用功能建筑物的使用时间和负荷特点，科学合理地确定建筑物空调冷热负荷和冷热源设备的装机容量。②冷水机组台数应根据冷负荷特性、运行调节性能进行选择，一般为圆~源台，单机制冷量的大小应合理搭配，当单机容量调节下限的产冷量大于建筑物的最小负荷时，应选员台适合最小负荷的冷水机组，以保证系统负荷调节的可靠性，增加负荷的适应性，避免冷水机组低效运行。即使是大型空调系统，其冷水机组台数也不宜超过源台，超过源台则应该分设系统。冷水机组与水泵运行一一对应时，理论上存在着明显的并联损失，且负荷变化时机组的运行调节比较麻烦，各单机难以运行在最佳工况区域。③冷水机组循环的流量应与冷水机组蒸发器、冷凝器的额定流量相对应，扬程则应按水力计算确定。选择水泵时，应使设计工况点处于水泵最高效率点的区域，以使水泵大多数时间内均在最高效率区运行。在部分负荷时可以根据负荷特点选择一台较低扬程的水泵来满足部分负荷时的非额定流量和其管道特性需要。在选配水泵电动机时，必须考虑单台泵最大可能的工作点，并按此点来配置电动机，以保证水泵电动机超流量运行的富裕量，确保水泵正常安全运行。④两管制空调水系统，在武汉或夏热冬冷地区因冬夏季负荷的差别和运行水温差的不同及冬夏季设备阻力的差异，其额定流量和水阻力差别极大，宜分别设置冷水和热水循环泵。另设适合于冬季供热工况时低流量、小扬程的循环水泵既能够提高系统运行的稳定性，又能够获得显著的节能效果，热水泵的初投资能很快得以回收。冬季工况运行的热水循环泵有时也能适用于夏季部分负荷工况运行，可使水系统更简捷，投资也更省。⑤南方地区夏季相对湿度较大，室外空气湿球温度一般高于冷却塔设计湿球温度圆缘℃，选择冷却塔时应进行冷却水量和冷却塔实际散热量的校核计算，以确保冷却塔的冷却效率和冷却塔的实际散热量能满足冷水机组的使用要求。

在空调系统形式的选择上，围绕着满足特定建筑物的使用要求和节能经济运行的目的，目前有些工程设计中采用的新技术、新方法、新措施，只要经过实践检验证明行之有效，就应该大胆地采用，如：①在建筑规模大、新排风补充交换量大的工程中，应采用全热新风换气机来充分利用排风的冷（热）量；在建筑规模大且要求空调系统全年供冷时，应积极利用过渡季节或冬季时的室外低温空气，提供“免费供冷”。在冷冻机系统中配置板式热交换器，当室外温度抵达一定值时，可由冷却塔回路作为冷源，经转换得到的低温二次水可提供给空调器使用，以减少冷水机组的开机时间或不开冷水机组。②随着工程规模的扩大，很多电动冷水机组的单机容量超过苑园kW，电动机功率达到缘园kW，此时结合整个工程的供电情况采用高压（如源kV或员万V）电动机的冷水机组就能够减小电力损耗、提高电动机



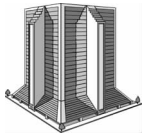
送回风口处都应该采取有效的消声措施。③做好消声计算，选择合适的消声器。噪声要求高的使用场所必须做好系统所需的消声量计算，选择消声器时应根据系统所需消声量、噪声源频率特性和消声器的声学性能及空气动力特性等因素，参阅专业生产厂的产品手册等资料，经技术经济比较，分别选择阻性、抗性或阻抗复合型消声器。在空调机房内有条件的应尽量利用消声弯头，其消声效果一般较好，当消声器布置在机房内时，消声器、检查门及消声后的风管，应具有有良好的隔声能力。同时送回风风速选取时也要考虑到气流附加噪声的影响。

空调系统运行状况

空调系统的实际运行状况是对空调设计是否科学与合理的最好、最权威的检验，调查、分析、总结空调系统实际运行中存在的问题有助于空调设计水平的提高。目前武汉地区空调系统运行管理水平普遍不高，一方面是缺乏专业的管理技术人员，大多数空调系统除主机外控制水平不高，管理人员仅能应付一般设备的操作和维护，系统的运行管理只能凭经验逐步掌握，达不到高质量的运行管理；另一方面，空调设计中存在和遗留的问题影响了空调实际运行效果和空调运行管理水平的提高。从空调设计来说，主要存在的问题有：①设计时冷负荷取值偏离实际值较大，冷热源设备装机容量偏大，水泵选型偏大，系统配置不合理，不能保证空调系统在负荷变化时运行的稳定性和调控性。②设计时未从全年节能运行的角度出发，未充分考虑利用新风供冷，在过渡季节可采用全新风供冷的情况下未设计足够的排风设施，既不能满足过渡季节用全新风供冷的要求，又不能满足室内空气品质的需要。③送风系统不合理或用户装修不注意末端设备的布置和调整，导致一些房间温度偏高或偏低；在大空间空调设计时由于设计方法不合理，导致垂直温度梯度过大，影响空调使用效果。④水环路系统设计时不经过认真的水力平衡计算或滥用水力平衡阀导致系统水力失调，影响空调系统的正常使用，很多工程水环路之间的阻力不平衡所引起的水力工况、热力工况失调，只好靠加大系统水流量来掩盖，导致空调系统运行成本和能耗的增加。⑤风系统设计时不经过阻力计算同样存在风机偏离设计工作点，大风量超载运行，振动和机械噪声均加大，严重时不但影响空调器正常使用甚至会烧毁电动机。

空调工程施工及调试、验收的不规范，同样也是造成空调系统运行水平不高的重要原因。因为市场运作的不规范和体制转轨过程中管理不到位，实际空调工程的施工企业技术水平、管理水平有待提高，应该严格按照设计图纸贯彻设计意图，达到国家相关施工验收规范的要求。由于舒适性空调系统不涉及到生命安全、产品质量问题，所以很多施工单位不重视系统调试，很多设计人员在施工调试时不到场配合和指导，因此很多影响空调系统稳定、高效运行的本应在施工调试中解决的问题都得不到有效的解决。

空调系统是一种综合的系统工程，空调系统的运行管理是一门综合性的技术，需要运行管理人员掌握空调制冷、机械及电气控制等方面的技术知识，很多空调使用单位不重视这方面人才的招聘、培训，使得空调运行管理人员不了解设计图纸，随意改变系统结构和运行方式。由于资金或管理问题，空调系统自动控制水平均不高，大多数空调系统只能凭经验进行操作，如间歇运行的空调系统启停时间，没有综合考虑舒适与节能的协调，制冷机负荷不能实时跟踪实际空调负荷。另外，没有相应的节能运行措施和运行管理规范，使得空调系统的运行管理目标不明确、要求不具体、操作不规范、运行管理水平不高、运行质量较低、空调系统运行能耗较大。



空调系统及工程招投标

我国招投标体制的实行，对规范建筑市场、保证设计施工质量起到了相当重要的作用，但在实际的操作过程中，也难免存在一些不完善和有待改进的地方。

在工程设计招投标时，有些业主片面强调工程设计周期，没有正常合理的设计周期，设计人员无法结合特有工程的实际进行全面的设计计算和确定满足工程需要的科学合理的设计方案，更没有时间切合工程实际采用新技术、新设备和新方法，既不利于设计质量的保证，更不利于设计技术水平的提高和空调新技术的应用。

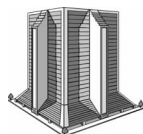
在空调设备招投标时，为保证招投标的设备达到和满足设计要求，设计人员有责任协助业主制订较详细的设备招标技术要求，既保证公平竞争又能使中标的设备达到质量可靠、技术先进、性能优良。在大型项目的空调设备招标过程中，有些商家为中标的需要，往往盲目地夸大某些方面的技术优势或不负责任地提供一些虚假数据，有些业主或开发商片面地压低设备价格或轻信某些设备厂商的不实宣传，有些招标公司不能秉持公开、公平、公正的原则，一味地牵就业主甚至附和业主进行暗箱操作，有些招标评委违背技术良心和职业道德。如此种种现象，导致招投标过程中很多不正常情况出现，不能够保证技术先进、性能优良的空调设备正常中标。其产生的严重后果是：一方面大量的性能较差或配置不合理的空调设备进入实际运营，造成能源浪费、运营维修成本增加甚至空调系统无法正常运行；另一方面，加剧了某些厂商的投机钻营心理，严重抑制了我国空调设备的性能提高和技术进步。国外百年企业的成功经验一再证明，技术积累和技术进步是优秀企业生存和发展的必由之路，产品质量和品牌声誉是在市场反复检验、淘汰中逐步确立的，更是通过一代代产品的技术积累和技术进步而卓然独立、引领风骚的。

在空调系统工程招投标时，应该以设计院的设计图纸作为招投标的依据，在吃透设计意图、满足设计技术要求的前提下，优选施工技术力量强、施工方案完备可行、管理规范和管理机制灵活的工程公司，切不可一味看重低报价单位，否则就会出现劣胜优汰的怪现象。有些业主在改造工程和某些新建工程中脱离市场监管，不经过设计院正规设计而进行所谓的施工总承包，由各施工单位按照自己设计的空调方案进行施工报价。这样的工程招投标简直形同儿戏，首先施工单位不具备设计资质和相应的技术力量、技术人员，设计质量无法保证；其次，在没有统一的正规设计前提下，各施工单位出于不同的目的和具有的不同水平不可能使同一工程达到相同的设计效果，因此其施工方案和施工报价就具有双重的不可比性，这样的招投标没有实际意义。

可持续发展的空调设计

鉴于我国的能源结构和能源使用现状和我国目前的社会经济发展水平，从可持续发展的战略来看，我国未来的较长期的能源发展战略将是节能、提高能源利用效率和优化能源结构。所谓可持续发展，就是既要考虑当前发展的需要，又要考虑未来发展的需要，不要以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的利益。

而建筑能耗，即建筑物使用过程中用于供暖、通风、空调、照明、家用电器、输送、动力、烹饪、给排水和热水供应等的能耗。在经济发达国家，建筑能耗约占总能耗的 1/3 左右。这一比例的高低，反映了一个国家的经济发展水平和人民生活水平。我国是最大的发



展中国家，建筑能耗约为全国能耗的 1/3，而建筑能耗中主要部分是采暖能耗（约占建筑能耗的 1/2）。

人类的建筑节能，经历了四个阶段：低能耗甚至无能耗的阶段，高能耗的阶段，提高能源在转换和利用中效率的阶段，同时考虑能源和环境的能源可持续利用阶段。发达国家已处于从第三阶段向第四阶段过渡的时期。我国普遍而言尚处于第一到第二阶段之间，因此我国的能源消费结构中建筑能耗的比重还不大。但从我国经济发展和人民生活水平提高的速度来看，21世纪初叶就会走到第二和第三阶段，必然会给资源和能源带来巨大的压力。我国不能避开发达国家的老路，在现有建筑能耗比例的基础上直接跨入第四阶段。

因此，我们的建筑节能观，应以提高建筑物的能量效率，用有限的资源和最小的能源消费代价来取得最大的经济和社会效益，满足日益增长的需求为目标。同时应尽力减少或消除建筑物的固有能耗。建筑节能并不意味着限制发展，降低建筑物的服务标准。这应该成为建筑节能工作的宗旨，也是能源需求侧管理（DSM）的一个重要思想。DSM中还有一个重要的思想，即将有限的资金投入能耗终端（需求端）的节能，其所产生的效益要远高于投资能源生产的效益。《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》要求居住建筑通过采用增强建筑围护结构保温隔热性能和提高采暖、空调设备能效比的节能措施来达到降低采暖、空调能耗的目的，其带来的社会效益和环境效益将是巨大的。

因此，DSM技术的实施关键是政府的宏观调控和政策引导，调动和发挥全社会的力量，以使建筑节能技术在我国得到迅速的发展和普及。

我们在前述的空调设计应该以最小投资来满足建筑物的需要，以最低的能耗来达到最舒适的室内环境要求，就是基于可持续发展而提出的空调设计要求。可持续的空调设计应该变现在的静态设计为动态设计，变现在的典型工况设计为全工况设计，变现在的多专业各自为政为跨专业的协同综合设计。

现在的空调设计一般都是根据估算的设计负荷，根据额定工况下的产品样本数据来选择一台台孤立的设备，最后组合成空调系统。各台设备的特性曲线、工作点和所遵循的标准不一定能很好地匹配，节能的设备不一定能组合出一个节能的系统。动态的设计实际上是准确把握空调系统设计特点的系统设计，通过系统各部件的最佳选型和匹配，来达到空调系统的最小资源消耗，最高能效比。

空调系统绝大部分时间都是在部分负荷状态下运行，部分负荷状态下空调系统的能效比会降低，因此，空调设计的任务就不仅是要考虑系统在设计工况下的效率，而且要将系统全工况下的运行性能调整到最佳。用国外寿命周期分析的理论来说，就是无论从投资和节能环保的角度来看，在建筑从建设到报废的使用年限里要达到最低的建筑能量消耗。空调设计者就不能仅限于掌握专业技术知识，而必须在可持续发展的理念下来扩充知识结构、更新知识观念。

目前国内设计单位专业分工过细，暖通空调工程师和建筑师、自控专业工程师应该相互融合，加强协作，建筑节能、生态建筑、建筑能源综合设计、自然能和可再生能源的利用都离不开各专业的密切配合、相互协作。

可持续的空调设计对暖通空调设计人员来说需要进行观念的重新学习和更新，专业知识的拓展深化和知识结构的改造完善，同时也需要外部市场条件的理解和支持，确保有合理的设计收费和充足的设计周期，才能够保证和激励空调设计人员聪明才智的发挥。