

暖通空调新技术

3

NEW TECHNOLOGY OF HV&AC

中国建筑学会暖通空调委员会 ■ 中国建筑工业出版社 主编

中国建筑工业出版社

暖通空调新技术

2001 年 10 月出版

《暖通空调新技术》编委会

编委会主任:吴元炜

编委会成员(按姓氏笔画为序):

马最良 王盛卫 计育根 龙惟定 田胜元 那景成
李志浩 李娥飞 杨纯华 吴元炜 吴德绳 张永铨
张家平 陆耀庆 陈在康 陈沛霖 陈贻谅 何 苗
范存养 郎四维 赵文德 赵先智 胡仰耆 彦启森
姚荣华 蔡路得

主 编:吴元炜

栏目负责人

编者寄语:吴元炜

行业综述与展望:郎四维 彦启森

行业名厂专访:张永铨 龙惟定

新技术天地:李志浩 张家平 陈在康 赵先智

工程实录:那景成 李娥飞 计育根 陆耀庆 蔡路得

行业大事记:范存养 赵文德

企业园地:胡明安 赵文德

责任编辑:姚荣华 胡明安 齐庆梅

创刊年份:1999 年

地 址:中国北京西郊百万庄

电 话:(010)68393813

E-mail:yrh@china-abp.com.cn, qingmei3@sina.com

广告代理:北京旋风广告有限责任公司

广告经营许可证号:京工商广临字 99034 号

出版单位:中国建筑工业出版社

邮 编:100037

传 真:(010)68393813

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新 华 书 店 经 销

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本:880×1230 毫米 1/16 印张:8½

字数:265 千字

2001 年 11 月第一版 2001 年 11 月第一次印刷

定价:18.00 元

ISBN 7-112-04766-8

TU·4255(10247)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

图书在版编目(CIP)数据

暖通空调新技术. 吴元炜主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2001

ISBN 7-112-04766-8

I. 暖… II. 吴… III. ①采暖—新技术②通风工程—新技术③空气调节系统—新技术 IV. TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 076559 号

编者寄语

在作者、编委、编辑的共同努力下,《暖通空调新技术》3 又呈送在大家面前了。

这期《行业综述与展望》栏目,发表了住宅采暖空调和空气洁净技术方面的文章,还有“楼宇热电冷植联产”文章,均为人们所关注的题目。

《行业名厂专访》栏目,发表了对双良集团公司及清华同方人工环境有限公司两家公司的采访录。从中我们看到中国优秀企业家创办中国知名品牌的坚定信念和付出的辛劳。我们衷心祝愿 21 世纪在世界名牌之林中有我们中国牌的辉煌。

《新技术天地》,采暖部分有电热膜及热计量,通风部分有对新出现的问题的回应,空调部分有二次水系统,住宅空调,冷量计量等。此外,还列出了风管施工技术进步方面的文章。尽管如此,还不能反映新技术的进展,需要今后再努力。我们希望今后列出博士论文提要。

《工程实录》栏目,发表了十个项目,依然保持内容丰富。其中有大型民用项目,也有工业项目,还将第二期的某些项目缺的冷热源部分或空调部分的文章列入,使读者对该项目了解更完整。蓄冷空调由于电力管理情况方面的变化,推行中遇到新的困难。但空调负荷为非均衡性负荷,发展电力空调,会给电力供应带来突出的峰谷差拉大问题,蓄冷空调是均衡峰谷的有效途径之一,未来发展是必然的。为此,我们将蓄冷空调文章列为本栏目文章之首,以期读者关注。

《行业大事记》栏目,列出了全国性暖通空调方面的活动,包括政府政策方面的。内容有待充实。今后要研究选列原则。

《企业园地》是开放的,供与专业有关的企业来有偿利用,来登载他们认为需要载入的事项。但应该说,由于我们宣传不够,这个栏目(园地)尚未引起业内企业领导的重视,还未能加以利用。

总之,本期内容,部分反映了我们专业进展。开卷有益,相信对读者会有参考价值。我们深切感到,要使《暖通空调新技术》办出特色,除需要编委们继续付出更多辛劳外,更需要业内人士的大力支持和帮助。我们期望在步入 21 世纪新时代时,我们这本书年年有新的面貌。

再次感谢作者、编委、编辑,中国建筑工业出版社领导及给予我们支持的企业。

吴元炜

2001.9

目 录

编者寄语

行业综述与展望

- 居住建筑采暖空调技术发展与应用 郎四维 (1)
- 从我国空气洁净技术四十余年的发展 展望今后面对的挑战 许钟麟 (10)
- 发展楼宇热电冷植联产 韩晓平 王振铭 (13)

行业名厂专访

- 打造中国空调的民族品牌——访双良集团 张永铨 龙惟定 (20)
- 面向新世纪的清华同方——访清华同方人工环境有限公司 龙惟定 (24)

新技术天地

- 低温辐射电热膜供暖系统的设计 董重成 赵立华 张 斌 (27)
- 替代寒冷地区传统供暖的新型热泵供暖方式的探讨 马最良 (31)
- 供暖用热计量的试验研究 方修睦 王海峰 李晓鹏 (35)
- 商用建筑中空调系统依据冷热量表进行定价收费方法的探讨与实践 马 达 黄 维 (45)
- 试论住宅空调负荷计算的特点和过程 程 坚 (49)
- 浅议冷冻机房二次泵变流量系统的应用 费 赟 周志刚 (58)
- 聚四氟乙烯(PTFE)微孔薄膜复合滤料的性能特性及其
在工程应用中的效果 邝子强 (63)
- 轻型屋面联合厂房的通风问题 赵 侠 (66)
- 制冷工程在燃机发电系统中的应用 孔祥伟 (70)
- 插接式无法兰连接在通风空调工程中的应用 王 锋 (73)

工程实录

- 武汉华美达天禄酒店冰蓄冷空调工程 蔡路得 马友才 王天毅 (75)
- 上海马戏城空调设计 薛 磊 (80)
- 北京大学 100 周年纪念讲堂空调设计 丁 高 (87)
- 北大光华管理学院采暖空调设计 徐宏庆 (91)
- 安华发展大厦空调设计 李雯筠 (94)
- 华润大厦工程介绍 孙淑萍 胡建丽 (96)
- 上海夏普冰箱洗衣机厂空调设计的体会 张秋立 周志刚 (104)
- 大面积机电工业厂房的暖通空调设计 任晓玲 (109)
- 电表厂洁净厂房空调设计 韩书生 (112)
- 上海浦东国际机场供冷供热主站设计 魏 俭 章 捷 项弼中 (115)
- 首都国际机场制冷站设计剖析 李 薇 (121)
- 某汽车制造厂的空调设计 李锡冲 邱爱娜 (125)

行业大事记

- 2000 年行业大事记 (129)

企业园地

- 广告索引 (130)
- 书讯(30)(48)(61)(65)(74)(79)(86)(95)(111)(114).....

居住建筑采暖空调技术发展与应用

郎四维

中国建筑科学研究院 空气调节研究所

摘 要 本文简要介绍了我国居住建筑的发展概况、气候特征，居民对于空调和采暖的需求；并阐述了与居住建筑节能设计有关的标准，以及从节能的角度讨论了应用于居住建筑中的不同采暖空调方式及系统。

1 居住建筑发展概况

我国房屋建筑分为两大类，即民用建筑与工业建筑。顾名思义，工业建筑是指用于工业生产的建筑，而民用建筑则分为居住建筑（绝大部分为住宅）及公共建筑。公共建筑包括商业建筑，办公建筑，写字楼，旅馆饭店，用于文化教育、科学研究、医疗卫生、体育运动等的建筑，以及银行、邮电、通讯用房，机场、车站建筑等等。

从上世纪 80 年代以来，我国房屋建筑的建设速度极快，80 年代初，每年建成建筑面积 7~8 亿 m²，90 年代初每年建成建筑面积 10 亿 m²，当前，我国每年要建成 16~17 亿 m²。比如，1998 年全国建成的建筑面积有 17.09 亿 m²，其中城镇住宅为 4.77 亿 m²，乡村建筑为 7.99 亿 m²，其余 4.33 亿 m² 为公共建筑和工业建筑。图 1 显示改革开放 20 年以来每年建成的住宅建筑面积数，可以看出城镇住宅建筑呈上升趋势。图 2 是全国城镇建筑的累计量，到 1999 年末城镇房屋建筑 73.5 亿 m²，其中住宅建筑为 41.7 亿 m²，住宅建筑占全部建筑的 57%。

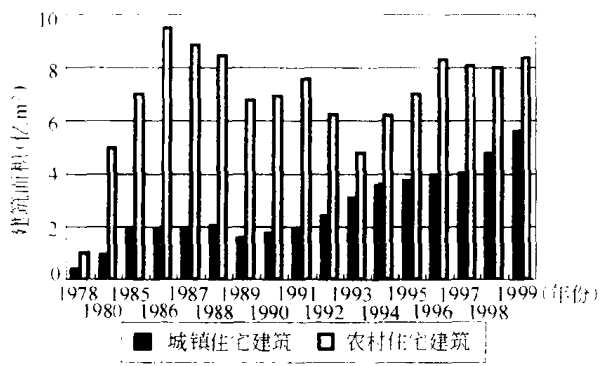


图 1 每年建成的住宅建筑（亿 m²）

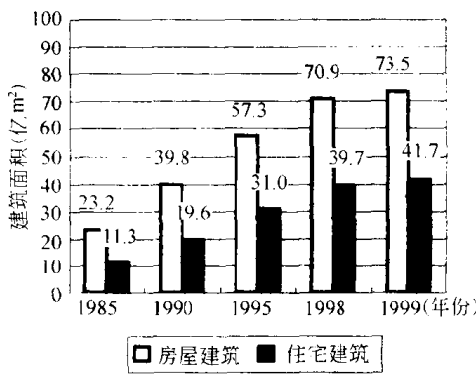


图 2 全国城镇建筑累计量（亿 m²）

城镇住宅建筑一般为多层建筑，但也有一定数量的高层建筑。我国高层住宅是从 1973 年后开始有规模的建造，80 年代后高层住宅有快速的发展。1983 年前，定义 8 层以上的建筑为高层建筑，但从 1984 年后，以 10 层为高层建筑统计的起点。

根据统计资料，建设部系统国有企业 1980 年竣工 8 层以上的建筑 83.8 万 m²，占当年竣工建筑总面积的 1.9%。以后逐年增长，1983 年竣工 8 层以上的建筑 300.2 万 m²，占当年竣工建筑总面积的 6.3%。1984 年后逐年竣工 10 层以上建筑，从 1984 年的 263 万 m²，猛增至 1995 年的 1841 万 m²，占当年竣工建筑总面积比例从 5.1% 至 20.1%，累计建成 8235 栋、10226 万 m²。详见表 1、图 3、图 4。

从表 1 可见，1993 年以后增长迅猛，1995 年竣工建筑总面积为 1993 年的 2.12 倍。1997 年建筑行业统计年报中，国内竣工高层建筑合计为 2389 万 m²。到 1997 年末，全国（不包括香港、澳门及台湾）累计建成的 10 层以上建筑估计已达到 2 亿 m²。高层建筑首先在东部和特大城市发展，并逐步普及到各省市自治区的大城市。

建设部系统国有建筑企业 1984~1995 年十层以上建筑竣工简表

表 1

竣工年份	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	累 计
竣工面积 (万 m ²)	263	386	536	646	775	888	878	841	928	867	1376	1841	10226
竣工栋数	303	381	514	618	711	702	655	590	653	828	1021	1259	8235
占全部竣工 面 积 (%)	5.1	6.5	9.1	10.5	13.2	15.5	14.7	14.1	13.1	10.9	15.7	20.1	12.8

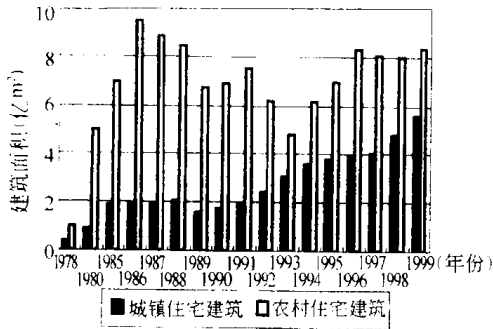


图 3 每年建成的住宅建筑（亿 m²）

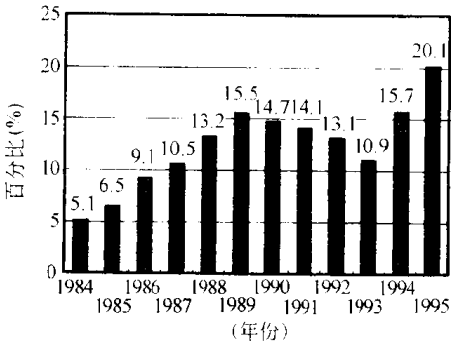


图 4 建设部系统 1984~1995 年高层建筑面积占总建筑面积百分比

估计目前全国高层建筑面积已达到 2.5 亿 m²，其中北京、上海各占 20% 左右。高层建筑较多用于住宅、旅馆、办公楼、综合楼及广播、电视、电信、医院病房楼、高校教学楼、科研楼等各类专业楼。高层住宅约占高层建筑总量的一半，一些大城

市，尤其特大城市高层住宅占的比例更大。

以北京为例，到 1998 年末，已建成 10 层以上建筑约 5363 万 m²，其中高层住宅为 3735 万 m²，约占 70%（详见表 2、图 5、图 6）。

北京 10 层以上建筑发展简表

表 2

年 份	起始年份	至 1978 年 小 计	1979~ 1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	至 1998 累 计
10 层以上建筑竣工 总面积 (万 m ²)	1958	111	2738	166	184	263	543	636	722	5363
其中 10 层以上住宅 竣工总面积 (万 m ²)	1973	61	2141	131	146	199	285	380	392	3735
住宅面积占竣工 总面积的百分比 (%)			78.2	78.9	79.3	75.7	52.5	59.7	54.3	69.6

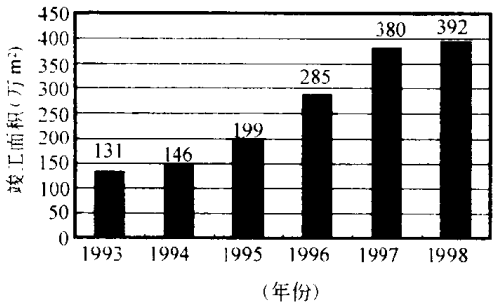


图 5 北京 10 层以上住宅竣工面积

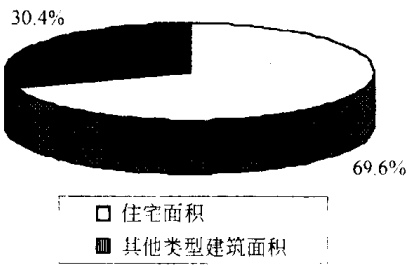


图 6 累积至 1998 年北京高层住宅面积占高层建筑总面积的百分比

2 各气候区对采暖空调的需求

2.1 气候

我国幅员辽阔，南北跨越热、温、寒几个气候带，气候类型多种多样。其特点为：

(1) 冬季气温低，南北温差大，冬季是世界上同纬度地区最冷的地方。我国一月份平均气温与世界上同纬度地区相比，东北偏低 14~18℃，黄河中下游偏低 10~14℃，长江以南偏低 8~10℃，华东沿海偏低 5℃左右。

(2) 夏季热。和世界上同纬度地区相比，除了沙漠干旱地带以外，只有华南沿海一带和同纬度圈

的平均温度接近，其他地区都要高 1.3~2.5℃。

(3) 极端最高温度高（特别是长江流域）、最热月平均温度高、炎热时间长。

(4) 一些地区暑热和冬寒时期长，并且空气相对湿度过高。东部经济发达地区最热月湿度可达 75%~81%；长江流域冬季最冷月湿度可达 73%~83%。

按照中国国家标准《建筑气候区划》（GB 50178—94），中国建筑气候的区划系统分为 7 个区，分别为严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区。各气候区热工设计要求列于表 3。

建筑热工设计分区及设计要求 表 3

分区名称	分 区 指 标		设 计 要 求
	主 要 指 标	辅 助 指 标	
严寒地区	最冷月平均温度<-10℃	日平均温度≤5℃的天数≥145天	必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热
寒冷地区	最冷月平均温度0~-10℃	日平均温度≤5℃的天数90~145天	应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷地区	最冷月平均温度0~10℃，最热月平均温度25~30℃	日平均温度≤5℃的天数0~90天，日平均温度≥25℃的天数40~110天	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区	最冷月平均温度>10℃，最热月平均温度25~29℃	日平均温度≥25℃的天数100~200天	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温
温和地区	最冷月平均温度0~13℃，最热月平均温度8~25℃	日平均温度≤5℃的天数0~90天	部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热

2.2 采暖空调的需求

随着我国经济的高速发展，生活水平的大幅度提高，居民对于采暖空调的需求不断提高，特别是进入 90 年代中期之后，住宅建筑的采暖空调的需求急剧增长。根据气候情况，不同地区对空调/采暖的需求如下：

- (1) 严寒地区，以采暖为主，要求较高时应考虑空调；
- (2) 寒冷地区，采暖及空调；
- (3) 夏热冬冷地区，空调及采暖；
- (4) 夏热冬暖地区，以空调为主，要求较高时应考虑采暖；
- (5) 温和地区，部分地区需要采暖或采暖/空调。

当然，采暖空调的应用要消耗大量的能源，它的发展必然与经济发展、能源供应、环境保护等因

素有密切的关系。

3 住宅建筑节能设计标准

建筑中的能耗系指建筑使用能耗，其中包括采暖、空调、热水供应、照明、炊事、家用电器等方面的能耗，其中采暖、空调的能耗占建筑能耗最大比例。发达国家的建筑能耗约占其全国总能耗的 30%~40%。我国近年来随着人民生活水平的提高，建筑能耗有较快的增长。根据估算的数据，中国建筑用商品能源消耗（包括城乡建筑采暖、空调、照明、家电、炊事、热水供应等）1998 年已占全国商品能源消费总量的 27.6%。尽管我国建筑能耗在向发达国家靠拢，但是，在同样的气候条件下、在保持同样的室内热环境条件下，我们单位建筑面积采暖空调的耗能指标却比发达国家高得多。原因是我们建筑围护结构热工性能差、采暖空

调效率低。所以,要改善我们居住的热环境条件,同时又要保持可持续发展,建筑节能是当前一个十分迫切及紧要的任务。本文涉及的建筑节能目的是在确保室内热环境的前提下,降低采暖与空调的能耗。

我国能源形势相当严峻,中国人口占世界总人口 20%,已探明的煤炭储量占世界储量的 11%、原油占 2.4%、天然气仅占 1.2%。人均能源资料占有量不到世界平均水平的一半。当前,中国已成为世界上第三大能源生产国和第二大能源消费国。中国 2000 年一次能源生产量为 10.9 亿吨标准煤,能源消费量为 11.7 亿吨标煤(不包括农村非商品生活能源消费 2 亿吨标煤),不到世界能源消费量的 10%;人均能源消费量不到 1 吨标煤,不足世界人均能源消费水平 2.4 吨标煤的一半,仅为发达国家的 1/5~1/10。因此,建筑节能,提高能源效率是实现可持续发展战略的优先选择。

我国建筑节能工作始于 80 年代初期,建设部首先从抓北方地区集中采暖居住建筑节能设计标准开始的。下面介绍已颁布施行的以及正在编制的居住建筑节能设计标准。

3.1 已颁布的标准

(1) 北方严寒及寒冷地区采暖居住建筑节能设计标准

1986 年建设部颁发了由中国建筑科学研究院主编的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—86),目标是在 1980/1981 年当地通用设计的基础上节能 30%。1995 年 12 月建设部批准了(JGJ 26—86)标准的修订稿,即《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95),其目标节能率为 50%,自 1996 年 7 月 1 日起施行。

2000 年 2 月 18 日建设部颁布了第 76 号部长令“民用建筑节能管理规定”,其中第五条规定新建居住建筑的集中采暖系统应当使用双管系统,推行温度调节和户用热量计量装置,实行供热计量收费。第八条规定在严寒及寒冷地区设置集中采暖的新建、扩建的居住建筑设计,应当执行《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95)。

(2) 节能检验标准

为了检验严寒及寒冷地区设置集中采暖的居住

建筑及节能技术措施,建设部颁布了由中国建筑科学研究院主编的《采暖居住建筑节能检验标准》(JGJ 132—2001),自 2001 年 6 月 1 日施行。

(3) 中部《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)

夏热冬冷地区地处中国中部长江流域,包括 17 个省、自治区及直辖市,是一个人口密集、经济发达的地区。其气候特征表现为夏季闷热,冬季湿冷。由于住宅建筑围护结构的热工性能普遍很差,冬夏季室内热环境极差。随着该地区经济的高速增长,夏季空调冬季采暖成了一种很普遍的现象。目前空调采暖的能耗高、浪费很大。建设部于 1999 年 12 月 12 日批准编制建设部行标《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》,中国建筑科学研究院、重庆建筑大学为主编单位,中国建筑业协会建筑节能专业委员会协调、组织上海、南京、武汉、重庆及成都等单位为编制组成员。美国能源基金会中国可持续能源计划项目也资助了标准的编制工作,美国劳伦斯·伯克利国家研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory),以及美国自然资源保护委员会(NRDC)对编制标准给予了技术支持。该标准已于 2001 年 4 月通过审查,建设部于 2001 年 7 月 5 日发文建标[2001]139 号,批准为行业标准,自 2001 年 10 月 1 日起施行。

3.2 正在编制南方《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》

建设部建标标函[2001]25 号文下达了编制《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》的计划,由中国建筑科学研究院、广东省建筑科学研究院为主编单位,中国建筑业协会建筑节能专业委员会协调、组织广东、福建、广西及海南的有关科研、设计及院校为参编单位。该标准的编制同样得到了上述美方各单位的支持。计划于 2002 年 10 月完成标准的报批稿。

4 居住建筑采暖空调技术

由于居住建筑建设速度快,以及经济发展要求改善室内热环境的愿望强烈,用于建筑采暖空调的能耗必然会迅速增长。这就要求我们必须严格按照节能设计标准和相关的现行标准的规定进行设计和设备、系统选择;另外,居住建筑的采暖空调设备往往由用户自行选购,我们应该引导用户正确选

择、合理应用。

然而,采暖空调的能耗与建筑围护结构的保温隔热性能有着极为密切的关系,首先,在执行节能设计标准的北方及中部地区,必须严格按标准的要求进行围护结构热工设计。这是达到节能要求和用户有可能承担得起采暖空调运行费用的先决条件。

4.1 北方严寒及寒冷地区集中采暖技术

集中供热具有较好的能源利用效率和良好的环境效益,适应我国能源条件和城镇居民居住状况,是我国城镇供热的主要方式。城镇公共建筑和住宅小区的供热采暖系统,凡有条件实施集中供热的,应积极采用集中供热方式。

按《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—95)以及建设部第76号部长令“民用建筑节能管理规定”,当前,集中供热采暖系统应解决如下技术问题。

(1) 改传统单管系统为双管系统

我国室内采暖系统传统设计成单管顺流串联系统,因而不能调节室温,还存在垂直失调,同时也无法进行按户热量计量。要实现室温可控及调节,对今后新设计的室内采暖系统应该设计成双管系统,并在每组散热器入口管上安装恒温阀来调节及恒定室温。

(2) 安装温控、计量有关的设备

1) 散热器恒温阀

要解决计量收费问题,首先必须让用户能自主调节及控制室温,这是计量收费的前提。散热器恒温阀(又称温控阀、恒温器等)确保了各房间的室温,避免了立管水量不平衡,以及单管系统上层及下层室温不匀问题。同时,更重要的是当室内获得“自由热”(如阳光照射,室内热源即炊事、照明、电器及居民等散发的热量)而使室温有升高趋势时,恒温阀会及时减少流经散热器的水量,不仅保持室温合适,同时达到节能目的。

2) 热表

按用途可分为户用热表及大量程的总热表。我国已颁发了建设部行业标准《热量表》(CJ 128—2000),自2001年6月1日起实施。

3) 热量分配表

对于每户室内采暖系统为一个水平系统的住户,应用户用热表即可实现按户以耗热量来收取采暖费。对于常规的垂直双管采暖系统(即每户会有

几根采暖立管通过房间),可以应用热量分配表来进行热量计量。只要在每户的全部散热器上安装热量分配表,每年在采暖期后进行一次年检,获得该户热量分配表读数总和,即可根据供热入口处的大量程的总热表读值与各户分配表读值推算出各户耗热量。

(3) 室内采暖管路系统

目前较为推荐的方式为,采用共用立管的分户独立系统形式,这是用以连接各层户内系统的垂直供回水管道。各户为一个水平系统,可以采用双管、单管、单管加跨越管形式。

(4) 计量收费的一些技术问题

虽然户用热表或者热量分配表配合总热表可以客观的表示户内散热器在一个采暖季的散热量,似乎按它来收取采暖费是合理的。但是每户居民在整幢建筑中所处位置不同,即便同样保持室温 18°C ,其热表或热量分配表上显示的数字却是不相同的。比如顶层住户会比中间层住户多了一个屋顶散热面,为了保持同样室温,散热器必然要多散发出热量来;同样,对于有北向外墙的住户会比有南向外墙的住户在保持同样室温时多耗热量。如何比较合理的解决这个问题呢?国外(北欧国家)有应用软件来计算不同位置住户、在同样室温条件下的采暖耗热量的差值,由此确定出不同位置住户热表或热量分配表读值的修正数(将多耗热量摊派到全楼)。另外一个措施将热费分为两部分组成,一部分按住户面积收取(比如40%),另一部分按热表来收取(比如60%)(或另外的比例)。

(5) 水力输送系统的控制

对于双管系统来说,由于安设了散热器恒温阀,采暖系统呈现出变水量的特点。如果水泵运行工况不变,当系统中某些环路中的恒温阀关小时,会引起一些环路上恒温阀承受的压差增高,恶化控制性能。所以水力输送系统除了设计平衡阀达到水系统静态平衡外,还应考虑在小区用户入口安装差压调节阀(差压控制器),以保证恒温阀正常使用和系统的稳定。对于这种变流量的采暖系统,其循环水泵宜采用变频调速水泵,以利于节能。当然,对于小规模的系统,可能这种水量变化引起的压差变化较小,可以不必配置压差控制设备。但大规模的系统,在多大调节幅度时必须配置压差控制设备,以及如何配置呢?国内已有工程应用及讨

论, 不过还须理论分析与实践来确定符合我国国情的设计方案及参数。

(6) 旧单管系统改造

大量的既有住宅中的采暖系统基本上是垂直单管串联系统, 可以加装跨越管进行改造。即在每一台散热器进出口管处安装跨越管, 然后安装恒温阀, 热量分配表, 并安装该楼(或几栋楼)的热量总表。这样在较少的影响住户情况下, 住户便可以调节控制室温, 及计量采暖所耗费的热量了。当然, 最好同时进行外墙保温改造。

根据计算, 在我国目前情况下, 跨越管的尺寸应比供水管小一号。在安装跨越管后, 由于总有一部分供水未流经散热器而直接流入到回水管, 在同样供水温度下, 原散热器的散热量要下降 10% 左右。同时, 这种水输送系统仍为定流量系统, 只要处理好水系统的静态平衡(如安装了平衡阀)就能达到室温可控及计量目的。

为了配合执行 76 号部长令, 北京市天津市等先后颁布了相关的地方标准, 北京市标准为《新建集中供热住宅分户热计量设计技术规程》(DBJ 01—605—2000), 自 2000 年 12 月 1 日起实施, 天津市标准为《集中供热住宅计量供热设计规程》(DB 29—26—2001), 自 2001 年 5 月 1 日实施。这些规程可供设计时的参考。

在我国中部夏热冬冷地区的标准中, 以往一般居住建筑很少采用集中采暖系统。但随着经济发展及生活水平的提高, 已有一些地区在现有热电厂的基础上建立了集中(区域)供热、供冷系统。该《标准》提出, 对于居住建筑选择设计集中采暖、空调系统方式, 还是分户采暖、空调方式, 应根据当地能源、环保等因素, 通过仔细的技术经济分析

来确定。同时, 该地区居民采暖空调所需设备及运行费用全部由居民自行支付, 因此, 还要考虑用户对设备及运行费用的承担能力。对于一些特殊的居住建筑, 如幼儿园、养老院等, 可根据具体情况设置集中采暖、空调设施。如果选用集中方式, 那就必须符合该《标准》第 6.0.2 条的规定进行设计。

4.2 房间空调器仍然是居住建筑广泛采用的采暖空调设备

风冷式分体房间空调器(或柜机等)是住宅中应用得最为普遍的一种形式, 随着经济的发展, 需求量将会保持上升的势头, 2000 年的销售量已经达到 1300 万台。

热泵型房间空调器冬季供热工况运行时, 采暖的能效比远高于直接电热式采暖, 应进行宣传, 并引导替代直接电热式采暖方式。

房间空调器易于安装, 使用方便灵活; 分体式噪声低; 对建筑没有特殊要求, 这是它的优点, 也是得到广泛应用的原因。但是, 房间空调器也有其缺点, 比如户内气流组织不好, 只能改善安装有机组的房间室温; 室外机安装位置会影响建筑外形美观; 有时凝结水会处理不好等。

(1) 要提倡、鼓励采用节能型采暖、空调产品

能效比是空调器最重要的经济性能指标, 能效比高, 说明该空调器具有节能、省电的先决条件。目前, 国家质量技术监督局发布了国家标准《房间空气调节器能源效率限值及节能评价》(GB 12021.3—2000), 其中表 1 “能源效率限定值” 相当于国际《房间空气调节器》(GB/T 7725—1996) 中表 3 的规定值, 而表 2 “节能评价” 内所列房间空气调节器的能效比要高于现行标准《房间空气调节器》GB/T 7725 中有关规定值。

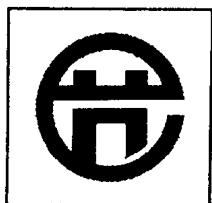
(GB 12021.3) 中表 1 能源效率限值
(相当于 GB/T 7725)

类型	额定制冷量 (CC) (W)	能效比 (EER) (W/W)	
		冷风型	热泵型
整体式	$CC \leq 4500$	2.20	2.15
	$CC > 4500$	—	—
分体式	$CC \leq 2500$	2.50	2.40
	$2500 < CC \leq 4500$	2.45	2.35
	$4500 < CC \leq 7100$	2.40	2.30
	$CC > 7100$	2.30	2.25

(GB 12021.3) 中表 2 节能评价

类型	额定制冷量 (CC) (W)	能效比 (EER) (W/W)	
		冷风型	热泵型
整体式	$CC \leq 4500$	2.35	2.30
	$CC > 4500$	—	—
分体式	$CC \leq 2500$	2.85	2.75
	$2500 < CC \leq 4500$	2.70	2.60
	$CC > 4500$	2.55	2.45

能效比符合 (GB 12021.3—2000) 表 2 规定值的房间空调器产品, 经中国节能产品认证中心认证, 可获得节能型产品证书及标志 (右图)。



(2) 空调器应用中的节能技术

生产出来的空调器具有优良的节能特性, 只能说该空调器具有了节能的“先天条件”, 空调器在使用过程中, 到底能不能节省电耗, 还得依赖于用户是否能“节能地”使用。这主要包括以下几个方面:

- 1) 正确选用空调器的容量大小;
- 2) 正确安装;
- 3) 合理使用空调器。

4.3 户式空调 (采暖) 装置

在我国北方地区, 集中供热是提倡的主要城镇供热方式, 但同时也鼓励各地因地制宜, 在产业技术政策的前提下, 积极研究开发利用新能源、新技术的多种供热采暖方式。又由于近年来, 能源供应的多样化, 以及用户有调控室温、和计量收费的需要, 因而出现了各种户式空调 (采暖) 装置, 即每套住宅设置单独的采暖空调装置 (设备、系统), 一户一套自成系统。

(1) 电驱动热泵类

应用电驱动的热泵 (尤其水源热泵) 进行采暖是用电采暖中效率最高的方式, 它的一次能源效率高于直接燃煤或燃气锅炉的效率。当然, 它在夏季还可以制冷进行空调, 一机两用。按空气或水作为热、冷源 (热源、热汇) 可以分为风冷热泵及水冷 (源) 热泵。

1) 风冷热泵

它的优点是以到处存在的环境空气为冷、热源, 应用十分方便。它的缺点是出力正好与需求量、能效比 (性能系数) 呈反比, 即随负荷增加而减少; 另一个缺点是在环境空气温度下降到 4°C 左右时, 要进行除霜。冬季环境空气温度较低时, 需要辅助热源。我国夏热冬冷地区基本上适合于风冷热泵的应用, 需要说明的是, 在某些地区冬季的相对湿度大, 在那些地区使用风冷热泵机组时, 应具有良好的除霜措施, 否则将影响冬季的供热效果。

由于风冷热泵有室外机, 对于多层或高层住宅, 它不得不放置在阳台或专门的隔板上, 给应用带来一定的困难。

2) 水源热泵

水源热泵应用水作为机组的冷 (热) 源, 可以应用河、湖及海水, 地下水, 废水等。至于地热泵, 其实也是水源热泵的一种, 只是将水通过埋设在土壤中的、一种传热效果较好的塑料管来吸取土壤热量 (制热时) 及排出热量 (制冷时) 到土壤中。与风冷热泵相比, 它的优点是出力稳定, 效率高 (能效比可达 $3.5 \sim 4.5$ 以上), 当有地下水、河湖水及其他水资源或土壤热可利用时, 可大大降低运行费用, 当然也没有除霜问题。但水源热泵必须有一个水系统, 如果采取打井取用地下水, 必须要回灌, 同时不能污染水源。如果不能利用自然界水资源或土壤热时, 可以用一个封闭水系统, 但需要设置冷却塔及辅助加热器。

按热泵供热 (冷) 风, 或供热 (冷) 水进行采暖与空调, 可以分为风道系统及水系统。他们的优缺点为, 风道系统: 室内只有风管, 没有水管, 物业管理方便。这种系统容易引入新风, 可以获得高质量的室内空气品质, 同时还可以利用室外新风实现过渡季的全新风运行; 但要处理好送回风设计, 另外, 由于是全空气系统, 各空调房间难以实现独立温度控制, 如果采用变风量末端装置, 会使系统复杂化和初投资大大上升。水系统: 室内末端装置多为风机盘管, 一般有风机调速和水量旁通等调节措施, 因此该种型式可以对每个房间进行单独调节; 风机盘管系统易于分室温控, 用户比较习惯; 但室内有供回水及凝结水管, 要处理好三条管道的保温, 以免凝结水损坏装修。

(2) 多联系统 (热泵型) 空调器

多联系统分体式空调器仍然是一种风冷机组, 它只用一台室外机组, 带动多台室内机组的系统, 以减少室外机组安装位置。

1) 一台室外机连接 $2 \sim 3$ 台室内机 (即一拖二、一拖三空调器)

这种一拖多空调器的工作原理与一拖一的分体式空调器类似。由于各厂家的设计方法不同, 其具体型式有单台压缩机拖动两台室内机组、两台压缩机分别拖动两台室内机组以及两台压缩机中的一台拖动一台室内机组、另一台拖动两台室内机组等形

式。

*2) 变制冷剂流量 (VRV) 多联分体 (热泵) 空调器

一台室外机可以连接 1~20 个各种款式的室内机, 该系统采用变频技术, 可根据室内负荷变化 (即开启不同室内机台数), 瞬间进行变制冷剂流量的容量调整, 调节室外机组的出力, 使供需之间达到平衡, 运行效率高。它有单冷型和热泵 (冷、暖) 型, 可用于空调或空调/采暖。

在高层住宅中应用时, 室外机和室内机间冷媒管道长度可达 100 多 m, 其高差可达 30~50m。这种系统可以分层、分段安装, 在安装时可以边施工、边安装, 大大缩短施工工期。另外, 没有大型风水系统, 只有较细的冷媒铜管, 减少施工难度, 减少对大楼结构的破坏。

(3) 电制冷、燃气采暖机组

实际上, 它是风冷空调机和燃气采暖炉的结合。对于北方地区来说, 风冷热泵在冬天应用会大幅度降低出力, 存在除霜问题, 甚至不能正常工作。冬季应用一个燃气炉产生热风 (热水), 并应用空调时同一个系统 (风道系统, 或水管+末端装置) 进行采暖。同样, 这种机组可以分为风道系统及水系统。

(4) 燃气采暖机组

根据热媒可将燃气采暖方式分为水系统及风系统。水系统由独户的燃气壁挂炉热水炉与房间的散热器 (散热器或地板辐射采暖) 组成; 风系统则由燃气采暖炉和送风道组成。一家一户自成系统, 解决采暖 (和热水供应) 问题, 用户根据需要调控室温并自行交纳燃气费用。这种方式的缺点是每户直接向室外排燃烧废气, 会影响小区环境问题 (特别是 NO_x); 由于采暖期燃气热水炉要连续、长期的运行, 要注意安全及其寿命问题。当然, 如果建筑围护结构保温与气密性不够好, 居民有对采暖燃气费用的承受能力问题。

(5) 直接电热

这是指在室内采用各种电暖气、电热膜、电热管等方式进行采暖。尽管末端装置热利用率近似为 100%, 并且调节灵活, 但使用高品位电能直接转换为热, 是很大的能源浪费。目前我国大型火力发电厂的平均热电转换效率为 33%, 在加上输送损失, 电热采暖的效率仅为 30%, 远低于热电联产

及燃煤或燃气锅炉的运行效率。有些国家采用电热采暖, 往往它们有丰富的水力资源, 发电以水电和核电为主。我国还是以火电为主, 采用电热方式, 实际上要比锅炉房直接供热增加两倍的污染物排放量。

我国电力资源并不丰富, 到 2000 年底, 全国发电装机容量达到 3.19 亿 kW, 发电量 13685 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 均居世界第二位, 但人均拥有发电装机 0.25kW, 人均年用电量 1064 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 是世界平均水平的 1/2, 仅为发达国家的 1/6~1/10。全国至今还有 2300 万人没有用上电。

在特定的条件下, 比如, 环境要求特别高, 没有其他能源时, 采暖期较短, 采暖面积不大的场合, 电热膜、电热管、电暖气可以是一种选择。但应特别做好围护结构保温及气密性, 以便降低能耗, 使用户承担得起运行费用。总之, 应作仔细、全面的技术经济分析比较后来决定。电热膜工作时的表面温度应符合产品安全要求。其上应设不燃材料的隔热层, 且其散热表面不应有阻挡物, 应与家具等保持一定间距。固定电热膜的龙骨采用木龙骨时, 必须刷防火涂料。电热膜采暖不得用于厨房、卫生间等潮湿房间。电热膜应装有温控器。

(6) 电锅炉集中供热

由电锅炉生产热水为热源提供住宅采暖。与电热膜、电热管、电暖气相比, 热水在生产与输送时多增加了一份热量损失, 效率更低。同样, 要做技术经济比较后来决定。如果能配合蓄热方式, 利用夜间低谷电力生产热水储存起来供白天用, 以解决电力负荷的峰谷差, 减缓大型火电厂调峰的困难及提高了运行效率, 同时, 低谷电的价格低于高峰电, 可以降低运行费用。但是, 必须建造一个蓄水箱储存热水, 需要占一定的面积及空间。

4.4 低温地板辐射采暖系统

近年来, 低温地板辐射采暖有了一定的发展, 埋管式地板辐射采暖有如下优点, 即温度梯度小、室内温度均匀、易于敷设和易于施工, 以及在同样的舒适的情况下, 辐射供暖房间的设计温度可以比对流供暖房间低 2~3℃, 因此房间的热负荷随之减少; 另外, 也便于分户温控及计量。

北京市已颁发标准《低温热水地板辐射采暖应用技术规程》, 提出了四种塑料管材可以适合低温热水地板辐射采暖工程, 即: 交联铝塑复合

(XPAP)管;聚丁烯(PB)管;交联聚乙烯(PE-X)管;无规共聚聚丙烯(PP-R)管。要指出的这类管材的使用年限(寿命)与热媒温度和工作压力有极大的关系,应根据耐用年限要求、使用条件等级、热媒温度和工作压力、系统水质要求、材料供应条件、施工技术条件和投资费用等多方面因素,合理选择采用。塑料类管材与金属管材不同,使用温度的影响极大,其使用寿命主要取决于不同使用温度对管材累积破坏作用,热作用使许多环应力逐步下降,即发生管材的“蠕变”,以致不能满足使用压力而破坏。有关管材的国家标准正在编制,在国家相关标准未批准发布之前,应符合现行国外有关标准的规定。

由于要在地面下敷设加热管道,一般会增加房间高度十几厘米。另外,当应用塑料类管材时,要特别控制供水温度不能过高。上述北京市标准中规定,“供水温度不宜超过 60°C ,供回水温差不宜大于 10°C ;考虑到舒适度,规定敷设加热管道地板的表面平均温度不应超过下列限值:人员长期停留区域, 28°C (宜为 $24\sim 26^{\circ}\text{C}$)”。如果建筑的围护结构保温及气密性不够好,由于供水温度及供回水温差的限制,只得排密加热管道来满足热负荷的需要,这可能会使地板的表面温度超过规定值而使居民感到不舒适。另外,室内的家具可能会遮挡部分地板的散热。

目前,也有提出夏季应用辐射地板供冷,要特别注意的是地板结露问题。由于受到地板结露条件的限制,进水温度不能过低,会限制辐射地板供冷所能承担的冷负荷。当夏季湿度较高的地区要谨慎应用。

4.5 冷热电联产(BCHP)

冷热电联产(Building Cooling Heating and

Power)是指能给区域和楼宇提供制冷、供热和电力的能源供给系统,它应用燃气为能源,将燃气涡轮发电机与直燃机相组合,实现建筑(或小区)冷热电联供。西气东输以及解决城市燃气与电力峰谷严重的季节性不平衡矛盾,和系统设备的低能耗、能源效率高、高可靠性和低排放,给这种形式的冷热电联产带来了机遇。传统的热电联产只能提供热和电两种终端能源,且系统庞大,多设于远离城市的地方。而在楼宇内或附近装设中小型冷热电联产的系统,可减少了冷、热、电长途输送过程的损耗;如果同时配套了直燃机,能同时提供制冷、采暖和卫生热水,一机多用,BCHP系统比传统的热电联产系统增加了制冷的功能,提高了系统全年设备的负荷率和利用率,有利于全年能源均衡有效利用。

参考文献

- [1] 胡世德. 国内近年高层建筑的发展和高层建筑施工技术. 高层建筑设计及施工技术研讨会论文集, 北京: 1999
- [2] 中国建筑业协会建筑节能专业委员会编著. 建筑节能技术. 北京: 中国计划出版社, 1996
- [3] 陈和平. 中国能源可持续发展战略. 北京: 第四次中国-东盟能源合作大会, 2001
- [4] 郎四维, 徐伟, 冯铁栓. 应用散热器恒温阀实现采暖系统节能及室内热环境改善. 暖通空调, 1996, No5
- [5] 杨善勤, 郎四维, 涂逢祥编著. 建筑节能. 全国一级注册建筑师继续教育指定用书(之二). 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- [6] 中国建筑业协会建筑节能专业委员会, 北京市建筑节能与墙体材料革新办公室编著. 建筑节能: 怎么办? 北京: 中国计划出版社, 1997

从我国空气洁净技术四十余年的发展 展望今后面对的挑战

许钟麟

中国建筑科学研究院空调所

1 发展

我国从上世纪 50 年代末开始发展空气洁净技

术,最早启动的是对用于检测的钠焰法的研究,1963 年建成第一台钠焰测试台。40 余年来走过三个阶段,这就是:

发展阶段

- 50 年代末~60 年代末——为应付前苏联撕约的三线建设服务——初创
- 70 年代~80 年代中——为大规模集成电路会战服务——第一次大普及
- 80 年代中~现在——为医药行业环境现代化服务(GMP、洁净手术室建设等)——第二次大普及

第一阶段由于时间紧迫,只能先抓住最主要的东西——基本检测方法和高效过滤器,完成了三种基本测试方法和设备的研制,高效过滤器在 1965 年的试制并生产成功。这比日本上市高效过滤器还早,1966 年研制成功第一台洁净工作台,并建成第一个用国产高效过滤器设计的 109 厂 760m² 精密车间。然后主要参照国外技术,研制成空气净化技术成套设备,使高精尖企业对净化设备的需求完全可以立足国内解决。

第二阶段,由第一阶段完全抓硬件,到硬件、软件并举。1973 年研制成功第一台 15 档粒子计数器,1975 年研制成功第一台垂直与水平层流 100 级装配式洁净室,并成功地把成套设备在半导体集成电路等工厂全面推开,其中典型例子就是 1975 年某厂集成电路生产线中关键的 10 道工序全部为 53 台局部净化设备所改造取代。此时净化设备厂已由第一阶段的两家,发展到几十家(1989 年为一百余家)。洁净工程也得到大发展,1976 年建成 0.5 μ m10 级洁净室。为了保证工程质量,规范技术措施,出台了准规范性质的《空气洁净技术措施》,起到了承上启下的作用。稍后,国际《洁净厂房设计规范》出版,《高效过滤器性能试验方法》问世。

在这两阶段中高效过滤器和粒子计数器的研制成功,奠定了我国空气洁净技术发展的基础,而两阶段较丰富的实践又给理论研究带来了许多质疑和挑战性问题。例如在各地大上洁净厂房的时候自然

会想到大气尘浓度对室内洁净度影响如何?是否是厂房选址的决定条件?我国大气尘又有什么样规律?当进行洁净室设计时怎样用 0.3 μ m~99.97 的效率去计算 $\geq 0.5\mu$ m 的级别浓度?当我们会设计建造 100 级洁净室时,又被格栅地板之类造价太高限制住了,在什么条件下可以取代格栅地板成为在中小型洁净室中推广 100 级的关键。100 级洁净室的 0.45m/s 大风速这个美国标准是限制其推广的又一障碍,降低风速势在必行,但是理论根据在哪里?我们一方面仅据实测已经采用了 0.25m/s 这一数字,一方面提出了质疑。根据均匀分布理论,室内含尘浓度与换气次数是反比直线关系,但是我们实践证明是折线关系,按照均匀分布计算方法,层流永远不能计算,这是为什么?“层流”虽好,它的实质并不是层流,没有完整的理论去描述它,等等。

针对实践中的问题,在普测的基础上,我们找到了中国大气尘的分布规律和 W 型日变化模型,证明相对湿度是影响大气尘变化的重要因素,证明在 10⁶ 粒/L 以下的大气尘变动,对 100 级以内的室内洁净度几乎没有影响,大气尘不是洁净厂房选址的决定条件。证明只要对 0.3 μ m 计数效率达到 0.9991,对 $\geq 0.5\mu$ m 大气尘过滤效率就达到 0.999975,或简称 5 个 9。从而大大方便计算,并使结果符合实际。

找到了用两侧下回风方式代替格栅地板回风的条件和这种洁净室的特征,当室宽不超过 6m 时,

这种方式对 0.8m 工作区以上的气流符合单向流条件, 超过 6m 时可用多条地面回风, 不超过 3m 时可用单侧下回风。由于这一结论, 使采用两侧下回风的中小型 100 级洁净室的建设得到极大地发展, 大大节省了投资。

根据全方位、同向、逆向污染的控制和必要自净时间这四个方面分析提出了单向流洁净室的下限风速的概念, 即日常运行需要保持的最小风速, 在没有热源、人极少进出的情况, 甚至可小到 0.12m/s, 但最大不宜超过 0.5m/s, 必要时应控制热源大小和表面温度。提出普通情况下垂直单向流下限风速为 0.3m/s, 水平的为 0.4m/s, 而过去用的 0.25m/s, 至少可以控制三方面污染。这一关系到投资和节能大事的单向流风速问题, 我国比国外早 20 年就已有了完整的理论预测, 今天国外文献上的一些提法早已在我们的预测之中。我们早就提出了层流实质是流体力学上平行流即单向流的界定, 给出了定量的特性参数, 提出了不均匀分布计算法, 把两个不同的物理概念即单向流与非单向流, 用一个数学表达式统一起来, 可较准确的定量计算。此外, 关于过滤器气道内气流状态的解析, 关于核孔膜过滤机理, 关于滤管结构阻力小于折叠形阻力的原理, 关于最小检测容量、关于扩大主流区, 关于过滤器除尘效率与滤菌效率的关系, 关于新风处理的三级过滤, 关于几种密封原理, 关于用 CFD 手段作气流数值模拟来解决如高大洁净厂房的分层送风方式, 乱流洁净室内气流和污染的分布特性等, 都有力地推动着净化实践的发展。

第三阶段, 是从军工或准军工行业彻底转向民用, 最主要的是在有七八千家人药兽药厂、7500 家 100 张病床以上医院的医药行业中, 为适应 GMP 改造和建设洁净手术室的需要, 全面推开了空气洁净技术, 在 90 年代初全部空气洁净产业的产值已占到国民经济总产值的万分之 1.5, 生产高效过滤器 10 万台, 而现在已生产十几万台, 仅一家厂全年就生产了 5 万多台。

以手术室改造来看, 沿海地区进度较快的, 如北京 301 医院集中手术台上方送风的 100 级手术室和 307 医院亚洲第一的 10 间血液病房的建成, 成为全国的表率。上海市主要市级和区级医院已经 90% 完成了手术室改造任务, 据上海 10 家医院统计, 洁净手术室已占到全部手术室的 1/4。但更多

的地区这一改造任务还只占少数, 加上 2003 年和 2005 年将是人药和兽药 GMP 改造的一大期限, 可以估计今后几年这一领域的发展是很大的。

与生物洁净室相比, 以电子工业为代表包括小型压缩机装配、超级冶炼、特种玻璃制造、彩管生产等工业洁净室发展虽然较缓, 但一批如卫星发射中心高大洁净厂房, 深圳香港彩管工程 1080m² 属当时最大的垂直单向流洁净室, 909 厂等集成电路的 10 级、1 级洁净车间等工程的建成, 仍使空气洁净技术在我国取得进一步发展。目前我国以六大微电子主干生产企业为主, 仅有 13 条 IC 芯片生产线, 其中上海华虹 NEC 的一条 8 英寸线, 总投资在 12 亿美元。近几年内, 我国将有 4~5 条 8 英寸大线陆续建设起来, 将对我国洁净技术向高水平的发展起到推动作用。

该阶段还有一个突出之点是标准、立法工作取得进展, 多种产品标准, 《洁净室施工及验收规范》(获国家科技进步三等奖), 关于洁净手术室和护理单元的两个军标, 国标《医院洁净手术部建设标准》先后出台, 关于手术部的规范也已上报。专门检测净化产品和工程的机构, 分别在国家空调设备质量监督检验中心和国家建筑工程质量监督检验中心成立。

在产品提高方面从 1989 年 0.1μm 超高效过滤器研制成功到目前已正式生产, 以及 0.1μm10 级装配式洁净室研制成功, 0.1μm 激光大流量粒子计数器的开发成功, 将硅片在与操作者隔离的条件下运送和在集成电路工艺设备之间转移的新技术即 SMIF 隔离技术(包括机械手、密封容器和围护装置)的开发和投入 IC 工厂实用成功, 标志着我国空气洁净技术正沿着普及提高再普及再提高的良性发展轨道前进。

2 展望

(1) 从上述发展过程看, 我国的空气洁净技术过去更多是着眼于普及应用, 特别是近期适应了生物洁净室应用的需要。但随着高科技的发展, 电子行业净化的应用必将突出, 因此, 对 0.1μm 的过滤器特别是其低阻过滤器和 0.1μm 检测仪器应大力发展, 而对 0.1μm10 级、1 级洁净室建设的技术方案, 工程措施要及早规划。

(2) 在系统方式上, 应记住任何事物都是螺旋

形发展上升的。最早是净化工作台的出现, 简易但用途受限, 于是出现了单向流洁净室, 都这样搞又贵了, 于是出现了洁净室与局部净化设备混合的方式特别是局部 100 级方式。再发展一步出现了更便于把生产和人分开的洁净隧道, 当时几乎成为芯片生产的主流。但用了一段以后, 又感到它不方便了, 又回到了全室方案, 只不过不是那种集中式循环风系统, 也不是一台风机就是一个局部净化设备的系统即层流罩或过滤器送风单元 (即 FFU) 系统, 而是新的组合式风机送风单元或称模块式机组 (即 FMU) 系统, 一台风机配多台过滤器, 风机室与过滤器室各自分开, 所以比较容易变动, 由于给过滤器室送风的有多台风机, 一台停机也不致有太大影响, 因而在振动、灵活性、维修性方面占有优势。

(3) 在系统措施上, 由于空气净化系统比空调系统更怕二次污染, 所以如何控制系统内二次污染即由系统内新繁殖的细菌及其尸体、碎片和大量有毒代谢物带来的污染, 提到日程上来, 诸如新风三级过滤处理, 系统湿度优先控制, 抑制细菌, 中效、表冷设在正压段等问题突出了。

(4) 在系统运行上由于净化系统比空调系统能耗大得多, 达 10~30 倍, 一家半导体芯片厂年耗电要 1 亿 kW·h, 而其中空调设备运转动力即达 43%, 因此节能特别是运转输送节能显著受到重视。这里特别注意到变频变速, 若在阻力大的净化系统上应用, 在系统平衡上有什么理论上的问题, 实际措施如何实用, 都是吸引人的方面。而磁耦合变速有些地方也许优于变频, 如何去实施, 更是新问题。

(5) 在系统结构上, 过去空调系统是没有过滤器设在末端的, 到了净化系统, 高效设在末端, 这是净化系统区别于空调系统的主要特征, 也是一个重大创造, 促进了净化系统几十年的发展。

目前国内外在环境如何提高洁净度的研究方面, 由于受到 30 多年前作为创举出现的、集过滤作用、密封作用与分布气流作用于一体的、把高效过滤器布置在末端原则的制约, 气流分布方式在量上和质上的变化都要伴随高效过滤器的数量呈正比变化, 即当扩大送风口面积时须增加高效送风口的

数量, 所以实践意义不大, 同时也无法排除末端渗漏对洁净空间特性的影响。空气净化系统的末端气流分布装置是洁净室一个重要部件, 直接影响到洁净室的性能。乱流洁净室要求末端气流分布装置将洁净气流均匀扩散开来。单向流洁净室, 则要求室内充满洁净、均匀、单向和平行的气流, 所以要求末端气流分布装置 (即与房间截面相仿的面积上布满高效过滤器之顶棚或侧墙) 上那么多的高效过滤器和那么大的安装面积上能产生洁净 (完全过滤而不泄漏)、均匀 (完善的气流分布)、单向和平行 (垂直于过滤器面) 的气流, 这就要求整个送风面上每个高效过滤器不仅仅本身起过滤作用, 而且还起类似孔板的均流作用和分布作用, 以及像盲板一样的不泄漏作用。这三个作用的“耦合”, 使得满布高效过滤器的顶棚或侧墙的要求异常地高。如此高的要求不但造成其造价昂贵, 而且技术要求高, 施工复杂, 检漏麻烦。因此能经济、方便、有效地阻漏, 又十分灵活地分布或变更气流, 一直是洁净室技术的一个重要研究课题。

因此, 如何分离末端高效过滤器的过滤作用、堵漏作用与分布气流作用, 使此三要素解耦, 于是在 1999 年产生了阻漏层理论。这是一个很简单通俗的来自于实践的概念, 但却是一个全新的认识。

同时, 100 级以上洁净度的提高, 也取决于单向流特性如何进一步加强。这就是进一步提高送风洁净气流的满布比, 提高气流平行性和速度均匀性, 即满布比大于 90%, 气流倾角小于 15° , 乱流度不大于 0.2。由阻漏概念开发的阻漏层末端将具有这些优势, 而且会使设计、安装变得十分简易, 这些都已是正在开发中的专利, 其产品也即将问世。这样高效就可离开末端, 但不是单纯回到空调系统做法上去, 而是又提高了一步。把阻漏层理论和扩大主流区理论积极推广到实际中去, 已在我国医院洁净手术部建设标准和建筑技术规范中体现, 它对盛行于制药行业的局部 100 级 (国外为 A、B 级) 的做法以及扩大乱流风口的有效洁净工作区都确是一个新的工程学方法, 值得今后进一步研究。

迎接这些问题的挑战将开创我国空气洁净技术的新局面。

发展楼宇热电冷植联产

韩晓平

中国能源网 www.China5e.com

王振铭

中国电机工程学会热电专业委员会秘书长

北京承办奥运会最大的障碍是环境污染，这也是我国持续发展面临的巨大挑战。治理北京的污染，仅仅减少 SO_2 、 NO_x 和粉尘是不够的，还需要有效降低北京用能造成的 CO_2 等温室气体的排放，这是奥林匹克精神的要求。这一前提致使我们无法通过传统手段来实现新的治理目标，必须开拓思路，使用先进、有效的技术，用全新的理念来解决问题。在北京推广 BC^2HPGH 楼宇热电冷植联产，实现全能量——资源的综合利用，使各种污染物零排放，将可成为北京实现低成本、快速治理环境污染，合理配置能源的一个有效方案。

1 什么是 BC^2HPGH

BC^2HPGH 是楼宇热电冷植联产的英文缩写，是一种全能量的资源综合利用方式，可实现污染物零排放，是 21 世纪理想的生态能源系统，也是人类最新的能源、环境和技术创新的优化整合方案。它不仅可以控制 SO_2 、 NO_x 和粉尘等常规污染物的排放，还可实现 CO_2 、氟里昂这些温室气体和破坏臭氧层物质的零排放，以及达到有效减少城市热岛效应和节约水资源等综合治理效果。

BC^2HPGH 是指：B—Building 楼宇建筑（群）、 C^2 中第一个 C—Combined 指热电联合循环、第二个 C—Chiller 制冷设施、H—Heat 供热系统、P—Power 代表能源动力设施，GH—Green House 指的是绿色植物大棚。即 Building Combined Chiller & Heat Power with Green House——楼宇中的冷热电与绿色大棚联合循环系统。

这一生态能源系统是将天然气、石油气、煤层气、城市煤气、垃圾填埋场或污水处理厂等设施的沼气，以及其他各种可燃气体作为燃料。通过微燃机、小燃机、燃气内燃机、燃气外燃机，以及未来

的燃料电池等设施实现热电冷联产，将燃气资源先用于发电，向建筑物内供电。并将燃烧后的烟气余热驱动溴化锂空调，为建筑物内供暖、制冷和提供生活用热水。最后将余热溴化锂空调排出的 100°C 左右低品位烟气中的废热、 CO_2 、 NO_x 、水蒸气注入大棚，供给大棚保温和植物吸收，最终实现能量、资源的完全利用和所有污染物的零排放。整个系统的运行、调节和维修管理将利用计算机自动控制，并与因特网连接，来提高其安全可靠性和实现无人值守远程监控。

BC^2HPGH 所构筑的是当今世界上最为热门的话题——第二代能源系统。这是一个由因特网和智能化计算机指挥调度的，利用一切可以利用的燃料资源，由成千上万台小型、微型热电冷系统以及风力发电、太阳能等洁净能源组成的自下而上的能源体系，通过低压电网与临近的系统互相连接，形成一个能源互联网。这一系统将在 21 世纪根本改变传统的由大型火电厂，高压输电线路和多层电压网络系统构成的，以及各种供热采暖锅炉和城市集中供热设施共同组成的城市能源体系。人类将从工业时代的“规模效益”，转向信息时代以效益定规模的生产方式。

2 发展 BC^2HPGH 楼宇热电冷植联产的优点

发展 BC^2HPGH 楼宇热电冷植联产对于北京具有的优势不仅局限与环境效益，它通过合理配置资源，从根本上解决以下问题。

2.1 将北京环境污染治理提高数个等级

所有可用于第二代能源系统设备的排放标准是传统设备不可比拟的，除各项排放指标都低于传统设备外，特别突出的是 NO_x 的排放极低。见表 1。