

住宅集中空调——21 世纪的新消费热点

龙惟定 丁文婷

同济大学
(200092 上海市赤峰路 71 号)

殷 平

湖南大学
(410082 长沙岳麓山)



A0941487

摘要 本文分析了我国住宅建设的形势,从环境、能源和经济的角度讨论了实现住宅集中空调的可行性。本文并对住宅集中空调的冷热源选择、系统形式、计量收费和融资渠道等关键问题作了详尽论述。作者认为,发展住宅集中空调,无论对房产商还是对空调制造业,都是很好的商机。尤其重要的是,能改善居民的生活质量,能实现节能、环保。因此,住宅集中空调是一件利国利民的事业。

关键词 房地产 住宅 集中空调 节能

1 引言

近几年,中国政府一直把解决城乡居民住房当作头等实事来抓。1998 年我国城市(不含市辖区)新建(竣工)各类住宅 2.6747 亿 m^2 。1998 年底住宅的总使用面积达到 28.9805 亿 m^2 ,住宅总居住面积 19.7762 亿 m^2 ,按年末城市居住人口 2.1280 亿

计算,人均使用面积达 $13.6m^2$,人均居住面积达 $9.3m^2$,分别比 1997 年增加 $0.7m^2$ 和 $0.5m^2$,均超过 2000 年人均分别达到 $12m^2$ 和 $9m^2$ 的全国城镇住宅建设“九五”计划。

以我国最大城市上海为例,上海的人口密度在世界上也属首屈一指(见图 1)。

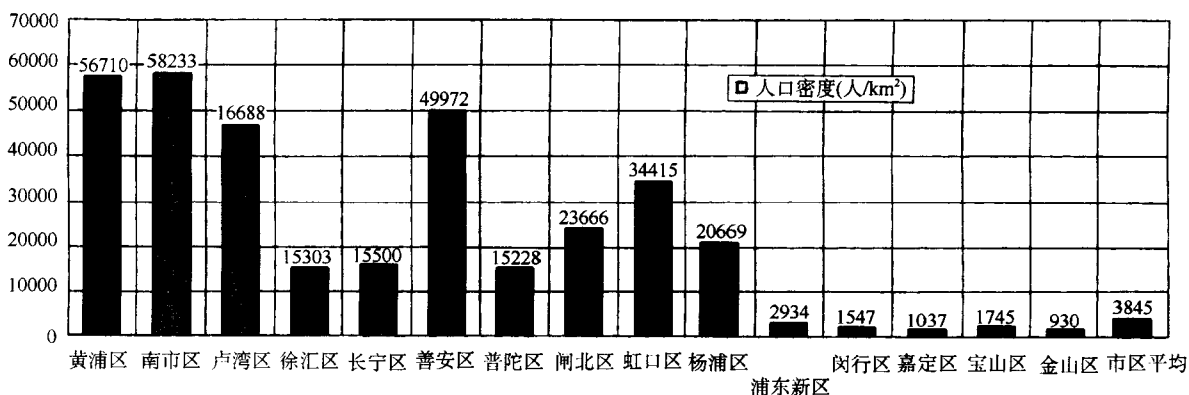


图 1 上海市各区的人口密度

要为如此庞大的人口提供和改善住房条件,是很不容易的事情。上海的人均居住面积由 1978 年的 $4.5m^2$ 增长到 1997 年的 $9.3m^2$,而且还要为 300 万外来人口提供住房。上海不可能像西方发达国家那样大量建造低层独立住宅,只能以高层和多

层的公寓式住宅为主。过去上海人的住房紧张是全国有名的,如今这种状况已经有了根本的改变。政府决心不让人均居住面积 $4m^2$ 以下的住房困难户跨过世纪,并在 1999 年提前实现了全市人均住房面积 $10m^2$ 的目标。

上海的住宅建设发展速度是惊人的。每年竣工面积几乎成几何级数增长。

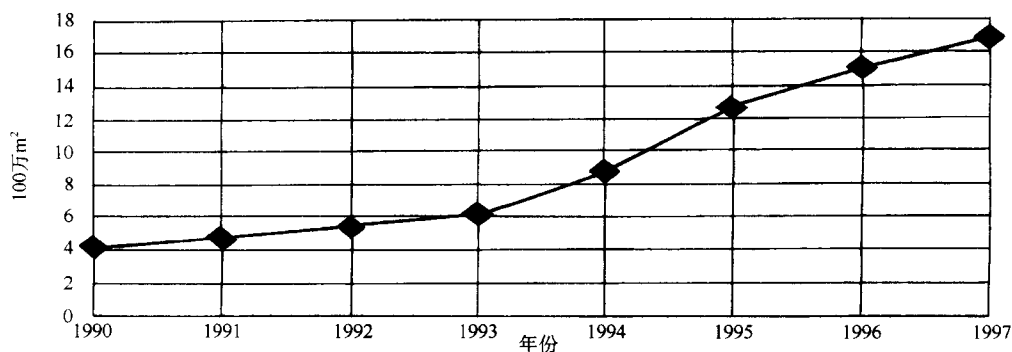


图2 上海每年竣工的住宅建筑面积

在人均住宅面积持续增长的同时，上海居民的居住质量也有了长足的进步。无论是小区环境、房型设计、功能设计、智能化，还是室内装修水准都已达到“小康”水平。煤气普及率达到90%以上。如今，新居安装空调已成为室内装修的正常工序之

一。短短几年中，上海每百户居民拥有的空调器台数急剧增加（见图3）。到1999年6月已经达到每百户拥有家用空调80台，许多人家已经向一户多机或一室一机发展。仅从拥有量这一项指标来看，上海已经超过了一些发达国家。

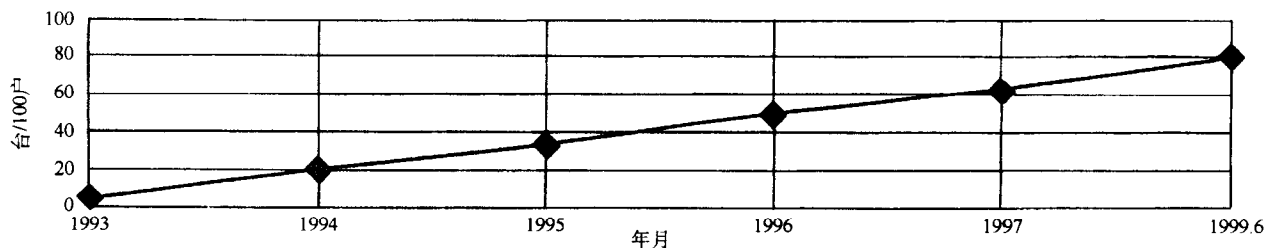


图3 上海每百户居民空调器拥有量的增长

尽管目前国内房地产市场总体上尚处于低迷状态，但政府仍把住宅消费作为扩大内需、刺激消费的重要举措。随着福利分房制度的彻底取消，个人购房补贴款的到位，银行按揭贷款利率的下调、机关事业单位较大幅度增加工资等措施的实施，住宅市场将会启动。

2 住宅空调需求分析

居民生活水平、生活质量的提高和住宅建设的

迅速发展无疑大大促进了我国家电和家用空调产业的高速发展（见图4）。据1995年统计，全国共有家用空调生产厂126家。1996年以后，家用空调市场渐趋饱和，产量基本维持在600~700万台的水平。激烈的市场竞争使得一批没有规模效益的制造厂被淘汰，全国65%的家用电空调产量（市场）集中在10家左右的厂商手中。

无庸讳言，我国家用空调虽然总体产品生产质量很高，但技术含量却不高。多年来整机能效比基

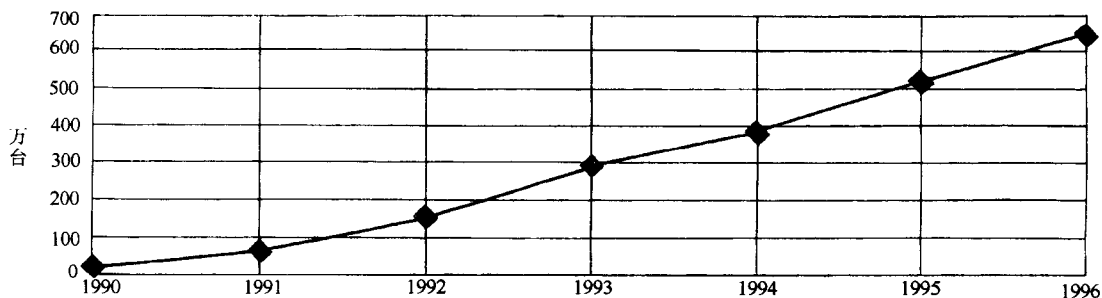


图4 我国家用空调历年产量

本上踏步不前。近年许多厂家力推变频空调和“一拖多”空调，但由于消费者接受有一定过程以及变频空调的性能价格比与常规空调形成较大反差，因此这类空调器尚未形成市场主流。在市场竞争中，多数厂家陷入“价格战”的泥潭，使家用空调利润率很低，加之家用空调与时装一样，已经成为一种季节性商品，厂家资金周转困难，很难有钱投入科技创新。

家用空调作为一种家电产品有一定的优势：

- (1) 安装、使用十分简便；
- (2) 由于系统简单因此维修工作量很小，一般 5~10 年使用期内故障率很低；
- (3) 由于是家电产品，耗电的计量很方便；
- (4) 可以满足家庭一般降温和非严寒地区冬季采暖（热泵型）的需求。

但家用空调也存在一些难以克服的弊病：

(1) 目前市售家用空调整机能效比只能在 2.7~3.1 之间徘徊，由于家用空调是风冷型的，其能效比很难有较大提高。或者说为提高其压缩机性能系数所花的代价难以从节省的电费中回收。我国发电效率与发达国家有很大差距，因此家用空调的一次能效比只有 0.8~1.0。家用空调是一般家庭中最大的耗电器具，也就成为家庭中最大的温室气体排放源。按照国内一般家庭使用空调的习惯，家用空调普及率越高，所形成的供电峰谷差就越大。而发电机在低负荷下运行时，其煤耗量以及相应的温室气体排放量将大大提高，例如，30 万 kW 发电机组在夜间部分负荷（12 万 kW）时增加煤耗 51gsc/kW，增加 CO₂ 排量 14%。美国能源部（DOE）预测，21 世纪住宅将成为美国最大耗电部门。我国尽管尚处于工业化初期，人均耗电量只有美国的 1/8，但在经济发达的大城市里，住宅能耗尤其是电耗增长势头很猛，对温室气体排放的作用不容忽视。以上海为例，上海有约 400 万个家庭，空调器拥有量当在 320 万台左右，总耗电量约在 300 万 kW。如果 COP 值降低 0.1，就会增加电耗 10 万 kW。

(2) 由于自身的局限性，家用空调难于保证良好的室内环境品质和舒适性。室内温度场、速度场都难以均匀。住宅的居室和起居室一般都会有很多家具和杂物，估计其空气分布特性指标（ADPI）只有 50%~60%。非变频的家用空调均采用启停

控制，而且温度传感器又设在靠近蒸发器盘管的位置，使室内温度波动大。窗式空调和某些质量较差的分体空调室内机的噪声也超过住宅环境标准。

(3) 分体式空调没有新风，致使住宅室内空气品质难以保证。按最粗略的计算，一间面积 15m²、层高 2.8m 住两个人的卧室紧闭门窗，假定室内初始 CO₂ 浓度为 600×10⁻⁶，只需一个小时便可使 CO₂ 浓度上升至 1200×10⁻⁶ 以上。而分体空调为减少风机动力和降低噪声，其空气过滤器的效率很低，尤其对 5μm 以下的小粒径可吸入粉尘几乎不起作用。因此，在使用分体空调的居室里产生建筑病综合症和某些疾病的交叉感染是不足为奇的。

(4) 分体式空调的室外机和窗式空调的安装预留墙洞成为破坏建筑立面和破坏城市景观的重要因素。凝结水的随处排放、室外机的废热和噪声成为破坏城市环境甚至引发纠纷的诱因。而大量悬挂的室外机也成为安全隐患。尽管建筑师们动了不少脑筋，例如预设安装位置、采用局部装饰伪装、设置公共凝结水管路等，但并不能解决根本问题。局部装饰往往会使空调冷凝器换热不良，凝结水管路设置不当又会造成室内水患。国内一些城市的政府已经意识到这一问题的严重性，颁布有关空调安装的地方性法规。

(5) 家用空调由于其家电的属性，其安装和维护难以作到专业化、科学化。我国大城市的大气环境质量普遍不如人意。室外空气的含尘浓度高、酸雨（雾）的出现频率高等因素会加速空调器效率的衰减，从而进一步增加城市的高峰供电负荷。

(6) 以美国为例，根据美国能源部的调查统计，美国的住宅空调是以集中空调为主（见表 1）。

1997 年美国住宅空调调查 表 1

美国家庭空调普及率	72%
有集中空调的美国家庭比例	47%
有窗式/分体式空调的美国家庭比例	25%
二者兼而有之	1%
空调耗电量占住宅总耗电量	12%
采暖耗电量占住宅总耗电量	11%
集中空调耗电占住宅空调耗电	83%

当然，美国的情况同中国并没有完全的可比性。首先，美国的空调普及率是指每百户家庭中有

空调的“户数”，而上海的空调普及率是指每百户家庭中拥有空调器的“台数”。照此统计方式，用不了几年，上海每百户家庭的空调器拥有量会超过100（例如，1997年上海每百户城市居民家庭的彩电拥有量为119，洗衣机拥有量为102，电风扇拥有量更高达228）。其次，美国的住宅以独立式住宅（中国称为“别墅”）为主，因此其集中空调主要是“按户集中”方式。但从这些统计数字也不难看出，住宅集中空调是富裕起来的城镇居民消费的必然趋势。

根据上述种种理由，住宅集中空调将是下世纪房地产业发展的重点。一项调查表明，上海的一些外企白领，已经把集中空调作为自己购房的首选条件之一。因此，现在来议论住宅集中空调并非超前。再者，住宅集中空调也并不象许多人担心的那样，“造价高，运行费用高，工薪阶层承受不起”。问题是要在方案、设计、施工、物业设施管理等各个环节作周密、仔细的研究，扬家用空调之所长，避家用空调之所短。

3 住宅集中空调的形式

我国城市由于人口集中、土地紧张、私家汽车普及尚受到各种因素制约，因此建造的绝大多数住宅是集合式住宅（即公寓式住宅）。只是在城郊，或是面向极少数高收入阶层，建造少量的独立式住宅。由于是国情使然，因此在可以预见的21世纪前半叶（即我国达到中等发达国家经济水平之前），这种格局不会有大的改变。我们在考虑集中空调的主流形式时，必须从国情出发。

目前一些有远见的国内外厂商已经开始在国内推出住宅空调设备，大体上有如下一些形式：

（1）多联变频变冷媒流量热泵空调系统（即VRV系统）。这类系统适合于独立式住宅，也可用于集合式住宅（需要有一个放置室外机的挑台）。VRV系统的室内机有多种形式，可以适应各种室内装修。管径小，便于埋墙敷设或进行伪装。如果配上自控，其运行调节十分方便，也可以实现节能经济运行。但由于VRV系统的技术附加值高，因此其价格昂贵，估计是一般家用空调的一倍多。由于其室内机还没有摆脱家用空调的模式，因此对室内环境的改善程度有限。而如果要配上带热回收的新风系统，则造价还要提高。

（2）热泵型的小型全空气系统。一般其直接蒸发的AHU为吊顶型的或立柜型的，安装在起居室吊顶上或专门小室（例如，楼梯下的空间）里，风管送至各房间。有的机型采用变风量末端和变频风机，能很好地进行负荷追踪和节能。全空气系统的优点是室内温度场、速度场均匀，可以引入新风，能保证较好的室内空气品质。但这种系统需要比较大的层高（3m以上）、有吊顶或局部吊顶、和VRV系统相同也有室外机的处理问题。因此，这种系统尽管本身的造价低于VRV，但它所带来的附加一次投资和二次装修的投资都很可观。

（3）小型风冷热泵冷热水机组。这种机组要与风机盘管机组或AHU结合使用。由于小型风冷热泵冷热水机组带有自控和管道泵，安装使用都十分简便。但问题同样是其价格不菲。机组噪声要高于家用空调的室外机。如果一个小区家家户户都使用这种机组而且同时开启，那么进入这个小区简直就象进了飞机场。

以上三种系统，基本上属于“按户集中”的空调系统。其优点是安装方便，不一定在住宅建造时一步到位。使用比较灵活，计量简单容易。但由于其制冷系统采用小型压缩机且都属风冷型机组，所以其系统能效比可能还要低于家用空调，尽管使用空调的品质提高了，但经济性差了。从本质上看，这类系统更适合于独立式住宅。

除此以外，还有按楼集中和按小区集中的系统：

（4）地热热泵系统。采用水源热泵系统（WSHP）。水通过埋设在土壤中甚至混凝土基础中的PVC管路与大地换热。由于充分利用可再生能源，因此在欧美国家得到普遍推广，作为一种节能和减少温室气体排放的重要措施。地热热泵应用中的关键技术在于对当地地质水文资料的充分掌握，用计算机模拟方法确定埋管长度以及冬、夏季热泵吸、排热的平衡。上海在80年代曾用过地热热泵系统。由于没有作地温平衡，致使地温越来越高，系统冷量迅速衰减，加之机组噪声较高，最后只得废弃该系统。

（5）小区集中供冷供热（DHC）。形式上与常规的集中空调基本相同，因此在国内部分城市已有应用。有的城市还加上热水供应，成为冷/热/热水三联供。但是，为住宅提供集中空调，远比其他类

型的工业与民用建筑的集中空调复杂,无论在技术上还是在政策上都有许多需要仔细研究的问题。

在各种系统形式中,比较适合我国国情和人民生活水平的是按楼集中或按小区集中的方式。本文将对此作进一步分析。

4 住宅集中空调可行性分析

4.1 冷热源选择

应根据当地能源供应情况作因地制宜的选择。在京沪等有天然气供应的城市里,应考虑电和天然气的复合能源。

a) 水冷电制冷冷水机组 + 燃气采暖、生活热水无压锅炉;

b) 直燃型吸收式冷热水机组;

c) 余热溴化锂吸收式冷水机组 + 余热采暖、生活热水无压锅炉;

d) 水冷电制冷冷水机组 + 冰蓄冷 + 燃气采暖、生活热水无压锅炉。

在采用电制冷时,尽量用水冷型机组。因为风冷型机组在需求越大的时候效率越低,运行经济性差。加之我国发电效率较发达国家有很大差距,从一次能利用率的角度来看,风冷热泵可能比直燃机还要差。如果今后在能源费中附加征收环境税(即进一步提高峰值电价)的话,那么风冷热泵的运行成本会更高。而水冷机组和直燃型机组应尽量利用其排热制造生活热水,能进一步提高运行效率。

冷热源的能源供应应以电和燃气为主。根据我国的能源结构,不可能大量使用燃油。

选择冷热源时要注意到住宅空调负荷的参差性。住宅空调的同时系数很低,一般仅在 50% 左右。因此,冷热源冷量的选择只需通常设计的 50%~60%,但采暖热量则需满足所有建筑面积。在昼夜电价差拉得比较开的城市,电制冷系统还可考虑用冰蓄冷,从而进一步降低初投资和运行费。

住宅空调面对的是普通居民,因此负荷变化很大。尤其在过渡季节更是众口难调。因此选用的冷水机组要有很好的部分负荷特性和多档负荷调节能力。比如多机头机组、螺杆式机组和直燃机都是不错的选择。

4.2 空调系统选择

目前国内集合住宅的集中空调还是以风机盘管

系统为主。这是因为风机盘管系统敷设安装比较简单,使用调节比较方便,相对而言造价也较低。但应根据住宅的特点,开发新的风机盘管机组产品(比如挂壁式、穿墙式、柜式等)。

风机盘管系统用于住宅空调有几个重要问题需要注意:

(1) 管路布置要隐蔽。可以考虑采用管笼、管井或埋墙等措施,与建筑、结构紧密配合,实现装配式和工厂化安装,而且不能以牺牲建筑面积或使用面积为代价,尽量“借天”不“借地”,并考虑到二次装修和检修的便利。

(2) 水管路的分支管路应以户为单位设计,便于计量,也便于居民自主调节。北方地区采暖水系统传统的上分式或下分式系统,由于不适应市场经济条件下计量收费制度的需要,造成许多问题。

(3) 住宅空调一般没有条件设独立新风系统,可以考虑安装带全热或显热交换器的通风机,并与厨房、卫生间的排风系统联动,以保证室内正压和良好的室内空气品质。如果小区有较好的室外绿化环境,那么新风量只要保证室内每小时一次换气即可。通风机应有两档或三档变速。滤网应易于更换和清洗。

4.3 计量收费

计量收费的合理与否是住宅集中空调成败的关键。按现在一般办公楼空调以面积平摊的方式,或用流量代热量的方式是住户难以接受的。住户在使用时间、使用台数和设定室温等方面有很大差别,因此住宅集中空调(三联供系统)应采用冷(热)量计计费,应实现既可独立计量,又能远程读表。采用 IC 卡收费、网上电子货币收费或最普通的现金收费等方式。

收取的费用可由三部分组成:基本费 + 冷热量费 + 室内末端装置电费。基本费(或管理费)是按月收取,可按住户的建筑面积计算。冷热量费按用户实际使用收取,按表计价。末端装置(风机盘管)电费按每户电表计量由电力部门收取。

为了降低运行成本,住宅集中空调(三联供)系统应有自动控制,特别是主机房部分,最好能作到无人值守。专业化的物业设施管理公司通过网络实现多个小区的遥控、巡检和故障诊断,这样能大大提高运行的效益。

根据多项可行性研究的结论,住户可能只要花

费相当于家用空调三分之二的运行费用,便可享受到比家用空调好得多的室内环境品质以及卫生热水的供应。

4.4 融资渠道

(1) 初期投资分摊在售房价中,由购房者承担。根据多项可行性研究的结论,初投资折合每平方米约为150~300元不等。根据国内各大城市房价,大约为商品房售价的5%左右,为安居房房价的10%左右,没有超出一般购房者的心理价位。而且住宅集中空调是房地产销售中一个很好的“卖点”,反过来可以促进房地产市场。但有一个产权界定问题,即业主委员会要介入集中空调系统的日常经营与管理。设备的处置、更新甚至大修都必须征得业主的同意。

(2) 室内部分设备投资由购房者承担,公用部分(主机房及户外管路)投资由房产商投入,并在运行基本费和冷热量费用中回收。

(3) 由专业化的物业设施管理公司、能源管理公司或设备制造厂商投资。用户购房款中增加的一部分只是作为购买冷热的使用权。房产商将这一部分款项转给专业公司。建成后的日常运行和维护管理也由专业公司承担。专业公司通过日常管理费 and 冷热量费以及采取节能措施来回收投资。各方的责、权、利通过合同条款固定下来。这种方式目前在国际上非常流行。这种方式能保证工程的质量,因为没有那一家公司愿意选购劣质产品或采用不合理的设计开自己投资的玩笑。这种方式又能够使建筑节能技术得以发展,因为这些投资公司本来就是专业化的公司,它当然懂得如何合理用能、降低运行成本。这种方式还可以充分满足用户需求,因为有合同条款的约束,服务质量直接与公司的经济利益挂钩。而对房产商来说,可以不必担心自己的投资回报,也可不必去介入暖通空调的许多技术细节。

5 21世纪住宅空调的发展趋势

可持续的人居环境是当今国际上研究的热点。我国一些学者也发表了许多很有见地的观点。但一提起“可持续住宅”或“绿色住宅”,多数人还把视点局限在小区规划、建材选择和室外环境(包括物理环境和人文环境)的保障等领域。其实绿色建筑的精髓在于健康、舒适、节能、环保和回归自

然。因此,住宅的合理用能以及室内环境品质应当是“绿色住宅”首先要研究的课题。

从1994年开始,日本由通产省发起,展开“创造生活价值的住宅开发项目”研究。该项目联合日本国内各主要的住宅及住宅设备企业共38家,组成四个技术研究组,对70多个课题进行了研究。项目将于2000年结束。该项目旨在创造21世纪的新型日本住宅。其中第四研究组是专门研究住宅节能的。

1997年2月,由该研究组开发的60kW燃气发动机热电联产系统在一个有132个住户、平均面积78m²/户的住宅小区建设完毕并开始运行。

燃气发动机的排热主要用于空调(冷气和暖气设备)及热水供应。燃气发动机的运行方式采用以热为主、以电为辅。避免剩余电力逆流,收集的各种实测数据表明,一年的综合效率可达77%(高位热值),一次能耗可削减12.4%。燃气发动机一年的发电占小区用电比率的61%,供冷能耗的60%来自发动机排热,供热的能耗78%来自排热,热水的能耗67%来自排热。

为了减少总能耗,还采取了减少输送能耗和热损失的措施。如采用变频器以减少输送能耗,使用高绝热性材料以减少热损失。

该研究组建议开发住宅热电联产系统的成套设备,即使用城市中压燃气,在高峰期功率为100kW/台的燃气发动机带动的热电联产系统(夏季最大电力负荷为180kW,冬季最大电力负荷为140kW)。电力及空调热水供应的对象是整个小区的公建部和住户部,尽量使系统产生的能量在系统内部消耗掉,避免逆流。

该研究组还建议开发住宅中央空调及热水供应系统的成套设备。用燃气发动机的排热驱动吸收式冷热水机组,提供给中央空调系统80℃的热水及7℃的冷水。系统采用可同时供冷水及热水的四管制方式,但冬季不供冷水。供热时,风机盘管的进水温度为80℃,并将回水供给埋在地板中的采暖管路,形成级联放热,加大供回水温差。

此外,该研究组还探讨了蓄热系统的利用、住宅内各种排热的回收以及自然能(如太阳能)的利用等课题。研究组开发的目标很明确:住宅用于出售。要让住户意识到自己拥有优良的住宅资本,并自觉地考虑与地球环境的共生。

很明显, 21 世纪集合住宅空调的发展趋势是能源的综合利用, 即发展总能系统和热电联产 (CHP) 系统。这对于节约资源、保护地球环境、提高人民生活水平和生活质量都有很重大的意义。

6 结论

集合住宅集中空调的实施, 不仅有节能、环保方面的影响, 同时也能拉动消费、推动产业进步、形成新的经济增长点。如果全国每年竣工的住宅中有 10% 采用集中空调, 便可带来 60 个亿以上的产值。同时会推动物业设施管理和能源管理等新兴产业的发展。

也许有人会产生疑问, 这些产值不是从家电行业转移而来的吗? 集中空调的发展会不会引起家电产业的萧条?

笔者认为, 集中空调的发展可以促进家用空调业的技术进步和资产重组。其实家用空调技术和家电技术也在不断发展, 比如采用多级压缩的高 COP 热泵、比如带热回收的家用空调、比如热泵型的家用热水器、带热回收的换气机、空气清净器和无动力吸收式冷藏箱等。与其以现在的状况, 家

电行业千军万马挤上家用空调一条独木桥、形成恶性竞争、企业没有发展后劲, 还不如下决心以技术创新来开辟新的市场。

发展住宅集中空调, 无论对房产商还是对空调制造业, 都是很好的商机。尤其重要的是, 能改善居民的生活质量, 能实现节能、环保。因此, 住宅集中空调是一件利国利民的事业。

参考文献

- 1 广东国得空调冷冻工业有限公司, 居住建筑中央空调生活热水供应系统
- 2 徐米甘, 居住建筑供暖、空调、卫生热水三联供系统应用探讨, 暖通空调, 第 20 卷, 第 4 期, 1998
- 3 战秦文, 别墅建筑的几种空调设计方案, 同上
- 4 龙惟定, 试论我国暖通空调业的可持续发展, 暖通空调, 第 21 卷, 第 3 期, 1999
- 5 【日】鹿又信一等, 近未来集合住宅における省エネルギーと快適性ワークショップ概要報告, 空气调和・卫生工学, VOL.73, No.4, Apr.1999

Residential Central Air Conditioning System: A New Expenditure Hot Point in the 21st Century

Abstract: The paper briefly introduces the situation of domestic housing. The feasibility of residential centralized air conditioning system was discussed from the aspects of environment, energy and economy. The paper describes some key issues in the projects of residential centralized air conditioning system in detail, such as selection of cooling/heating source, system type, measure and tariff, and funding ways. According to the authors' consideration, the development of residential centralized air conditioning system is a good opportunity for either real estate developers or air conditioning industry. Especially it could improve life quality of residents, achieve energy efficient and environment protection. It will benefit for both government and resident.

Keywords: Real Estate, Dwelling House, Centralized Air Conditioning, Energy Efficiency

中央空调——现代住宅的最佳选择

殷 平

湖南大学 建筑环境与设备工程系

(410012 长沙岳麓山)

摘要 本世纪末,在中国推出的“健康建筑”、“绿色建筑”、“智能化建筑”和“集成建筑”,为中央空调和集中热水供应全面进入住宅提供了极好的机遇,本文介绍了住宅空调的特点、住宅空调冷热源的选择原则、最佳的空调方式、分析了阻碍中央空调和集中热水供应系统大规模进入住宅的疑虑,提出了具体的解决办法,对采用不同的空调方式的住宅进行了经济比较,结果表明无论是空调效果、室内空气品质、一次投资还是运转费用,在住宅中安装中央空调系统和集中热水供应系统都优于采用家用空调器和热水器。

关键词 住宅 中央空调 热水供应

1 前言

在 20 世纪的最后 10 年,在我国建筑学中出现了四个新名词,即“健康建筑”、“绿色建筑”、“智能化建筑”和“集成建筑”,并赋予了实质性内容,这些新型建筑的出现不但对建筑业提出了挑战,而且也对空调业提出了挑战。

1.1 健康建筑

世界卫生组织(WHO)对“健康”所下的定义是:一个人在身体上、精神上、社会上完全处于良好的状态。据此定义,“健康住宅”就是能使居住者“在身体上、精神上、社会上完全处于良好的状态的住宅”,根据此定义,国内有关部门提出了健康住宅的最低要求^[1,2]:

1. 不使用能挥发出化学物质的胶合板、墙体装修材料等;

2. 会引起过敏症的化学物质的浓度很低;

3. 设有性能良好的换气设备,能将室内污染物排至室外,特别是对高气密性、高隔热性住宅来说,必须采用具有风管的中央换气系统,进行定期换气;

4. 在厨房灶具或吸烟处、要设局部排气设备;

5. 起居室、卧室、厕所、走廊、浴室要全年保持在 17~27℃ 之间,室内的湿度全年保持在 40%~70% 之间;

6. 二氧化碳浓度要低于 1000×10^{-6} ;

7. 悬浮粉尘浓度要低于 $0.15 \text{mg}/\text{m}^3$;

8. 噪声要小于 50dB (A);

9. 一天的日照要确保 3h 以上;

10. 要设置有足够亮度的照明设备;

11. 住宅具有足够的抗自然灾害能力;

12. 具有足够的人均建筑面积,并确保私密性;

13. 住宅要便于护理老龄者和残疾人;

14. 因建筑材料中含有有害的挥发性有机物,所以住宅竣工后,要隔一段时间(至少两周)才能入住,在此期间要进行通风换气。

以上对健康住宅的要求虽然是“最低”的,但是可以明显的看到,目前国内绝大多数的住宅距这些要求相距甚远,有人戏言这些要求是“22 世纪中国住宅的最低要求”。不管这些要求目前距离中国的实际是多么遥远,但是“健康”和“健康住宅”是不分国籍和人种的,是人类共同追求的,因此达到这些要求只是一个时间先后的问题,而不是有无必要和有无可能的问题。

“健康住宅”概念的出现是人类对自己生活的环境提出的更高要求,也是人类对 21 世纪住宅提出的基本要求,而在“健康住宅”的 14 条最低要求中至少有一半与中央空调有关,而要实现“健康住宅”的这些最低要求家用空调已难以胜任,因此

中央空调势必成为 21 世纪住宅的必不可少的组成部分之一。

1.2 绿色建筑

美国材料试验协会 (ASTM) 对“绿色建筑”所下定义为^[3]:

所谓“绿色建筑”,包括各种类型的居住建筑、工业建筑、商业建筑,在其设计、建造、改建和拆毁的过程中,都是与环境密切相关。绿色建筑显示了环境学科、经济学和工程技术所取得的卓越成就。其重要内容包括:节能、能量的有效利用、室内空气品质、资源和材料的有效利用。绿色建筑的概念贯穿于建筑设计、现场施工、建造、使用和拆毁的全过程。

文献 [4] 对“绿色建筑”定义为:所谓“绿色建筑”就是资源有效利用的建筑,亦称“4R”建筑,即减少建筑材料、各种资源和不可再生的能源的使用;利用可再生能源和材料;利用回收材料和排水,设置废弃物回收系统;在结构允许的条件下重新使用旧材料。

由以上对“绿色建筑”所下的定义可以看出,“绿色建筑”强调的主要是:环境、节能、资源和材料的有效利用。

“绿色建筑”强调的环境包括建筑外的生态环境和室内环境两大部分,其中建筑物外的生态环境强调的是环境的保护和传统文化的保护,室内环境强调的则是居住者的舒适感、身心健康和室内空气品质。正如“健康建筑”要求的那样,要真正达到室内环境的要求,只能通过中央空调系统来实现,而使用中央空调系统又必须考虑到空调系统可能造成的环境问题,如 CFC 对地球臭氧层的破坏,以及温室效应等问题。

“绿色建筑”强调的节能包括提高能效和能源的综合利用两大部分,其中能效的提高包括使用高效冷水机组、高效锅炉、高效设备电机、减少水系统的能耗、采用新风冷却系统 5 个方面^[3]。能源的综合利用则包括住宅内各种排热的回收、和蓄热系统的利用等。

“绿色建筑”强调资源和材料的有效利用,其中资源,即可利用的自然物资的有效利用包括自然能(如太阳能)的利用、日光的引入、地热的应用等。而材料的有效利用则包括无公害的“绿色”环保材料的综合利用等。

“绿色住宅”带给住户的将是舒适、良好的空气品质、高工作效率和低运转费用。

1.3 智能化建筑

最近 10 年,中国的房地产进入了白热化竞争阶段,房地产开发商在环境、绿化、装修等各方面使尽招数后,将国外智能化建筑的概念引进了我国,并且在工程中进行了尝试,智能化住宅成了房地产中近两年的新卖点。所谓智能化住宅就是利用现代 4C 技术——即计算机、通讯与网络、自动控制和 IC 卡技术,通过有效的传输网络,提供智能化多元信息服务与物业管理,以期实现快捷、高效的超值服务与管理,提供安全舒适的家居环境,即实现“e 生活”——e-business 电子商务、e-communication 电子沟通、e-media 电子传媒、e-mail 电子邮件和 e-direct sell 电子直销。

智能化住宅主要包括:服务器系统、综合布线网络、系统集成软件。通过住宅(小区)内综合布线,形成住宅(小区)内自己的区域网络。该网络上端与城市多媒体公众信息网、国际互联网、有线电视网连接,下端与住宅(小区)内每一户的家用电脑、家用电器、中央空调末端设备、房屋保护设备、水、电、气、空调、采暖表连接。采用这种电脑网络,可以很方便地实现楼宇自控、物业管理、信息服务、家庭办公、娱乐教育、电子商务等功能,为住宅(小区)内居民创造高效、舒适、现代化的社区文化。

智能化住宅的主要目的之一就是为住宅(小区)内居民提供安全舒适的家居环境,中央空调和生活热水供应势必成为下一世纪智能化住宅的不可缺少的一部分。

1.4 集成建筑

1999 年 7 月下旬,国内几家大报相继在显著的位置刊登了记者对远大空调有限公司张剑总经理的采访^[5,6],在这些采访中都将一个并非新概念的集成房屋——“集成房屋”当成了一个新闻热点。《南方周末》的大标题是:“空调大王造房子,远大觊觎一千万”;“北京青年报”的文章中的小标题是“住宅是最能获取资金来源的产业”,“在住宅建设中引入工业化”,“集成房屋把远大的产品连成一体”。

所谓集成房屋,就是将房屋建筑的所有部件,先在工厂中生产,然后像搭积木一样,拼装成一座

建筑。“集成房屋”在西方工业发达国家已经是一种常见的建筑形式,对这种形式建筑的研究一直方兴未艾,当前研究的重点是:能源的综合利用和环境保护。中国的集成建筑还处于起步阶段,在国内可以见到的集成建筑大多数都是从国外进口的,但是令人感到高兴的是,这一建筑形式已引起了国内各行业的关注,据悉,建设部已将集成建筑列为中国建筑行业的发展方向,一些大型企业,像远大空调有限公司,已进军这一领域。必须指出的是由于集成建筑牵涉的行业很多,因此集成建筑不能是一个企业的行为,即使是在日本、美国这些西方工业发达国家,集成建筑也是由多家企业组成的联合体来承担,韩国企业多元化神话的破产对中国准备进军集成建筑的企业敲响了警钟,中国集成化建筑的路如何走,是值得深入研究的。

集成建筑为中央空调和集中热水供应系统提供了极好的机遇,住宅的工业化生产极大地简化了中央空调和集中热水供应系统的设计和安装,优化设计技术、标准化空调产品、工厂化安装使得住宅中央空调和集中热水供应系统的一次投资和运转费用大幅度降低,同时也使得实现住宅的能源的综合利用和环境保护大为简化,集成建筑将健康建筑、绿色建筑和智能化建筑有机地揉合在一起,彻底地改变了传统的住宅建筑的内容,为21世纪的新型住宅创造了一种崭新的家居环境。

建筑产业在各国的国民经济中占有举足轻重的地位,其产值历来名列榜首,而住宅产业又是建筑业中的重中之重,在今后一个很长的时间内依然会如此。例如日本,从1994年开始,由通产省发起,有38家日本国内主要的住宅及住宅设备企业参加的“创造生活价值的住宅开发项目”,对本世纪末到2010年的日本住宅建筑进行了深入的研究,该项目由四个技术研究组组成,涉及的研究课题多达70多个,可见对住宅产业的重视。

我国经济界在分析下一世纪中国的消费热点时,无一不把住宅产业列在首位,住宅业已成为拉动中国今后消费的最主要产业,近几年来,国内主要大报都腾出大量篇幅刊登房地产专栏就是一个很好的例证。住宅产业的发展又将带动一大批产业,如上所述,中央空调和集中热水供应将成为21世纪住宅的重要组成部分之一,因此势必也将成为下一世纪的消费热点。

2 住宅空调的特点

住宅空调与其他建筑的空调不同,有其鲜明的特点。

2.1 空调负荷参差系数大

住宅空调的一个很大特点就是负荷参差性大,除了室外气象参数的影响外,住宅空调一般有几个使用高峰,平时早上6:00~8:00,中午11:30~14:30,晚上18:00~23:00,以及节假日7:00~23:00。除了部分夏季十分炎热的地区,人们通常在夜间入睡后,会关闭或调节室内温度,这样就使得空调负荷的参差系数明显大于其它空调建筑。高参差系数为蓄能系统在住宅空调系统中应用提供了可能,这在即将实行峰谷电价的我国具有一定的经济意义。

2.2 空调同时使用系数低

住宅空调与其它空调建筑一个最大的区别就是,空调的同时使用系数很低,而且一套住宅的房间愈多,同时使用系数愈低。现代住宅的一个趋势就是每户人数在减少,而建筑面积在增加,随着经济的发展,安装空调的房间将更多,根据中国人的习惯,通常是使用哪间房间,就开哪间房间的空调,因此住宅空调的同时使用系数较低。根据国内统计,对于平均装机率为房间数一半,如三室一厅安装两台空调的住宅,空调同时使用系数为60%左右,对于每户房间数较多的住宅,如别墅,同时使用系数小于此数。

2.3 单一住宅格式被打破

现代住宅一个明显的趋势就是逐步走向社会化,单一的住宅格式正在被打破。为住宅小区服务的各种功能的服务设施,如商店、餐饮、健身、娱乐、洗衣、美容、邮电等,已成为小区必不可少的组成部分。由于这些服务部门的设计负荷往往远大于实际需要,加上安全系数,使得服务于这些服务部门的冷、热源余量很大,如果能够合理的设计,住宅空调所需要的部分冷、热量可由服务部门的冷、热源提供,明显降低住宅中央空调的一次投资和运转费用。

2.4 中央空调投资受到限制

住宅中央空调的一次投资的高低往往是决定中央空调能否在住宅中推广的关键,国内住宅中央空调系统之所以推广起来步履艰辛,其中一个重要原

因就是空调系统的一次投资过高。根据调查,导致住宅中央空调系统一次投资过高的主要原因是,设计者在设计时采用了公共建筑空调系统传统的设计方法:①估算的空调负荷大于实际所需,又没有考虑住宅建筑的同时使用系数,使得空调系统设备余量过大,导致一次投资偏大;②空调水系统设计过于保守,缺少正确的计算,导致管道及其附件投资过高;③空调计费系统采用进口产品,价格和关税居高不下。住宅中央空调比较合理的一次投资比例应控制在房价的 5% 左右,如果超过这一比例用户将难以接受。

2.5 空调系统必须十分可靠

住宅中央空调按照其销售策略,空调末端设备通常是卖给住户,成为住户的私人财产,成了一种家用电器,因此空调末端设备和整个空调系统的质量必须十分可靠。住宅中央空调的投诉比其它建筑中央空调投诉造成的社会影响要大得多,处理起来也麻烦得多。

2.6 空调设备必须具备较大的容量调节能力

住宅中央空调由于同时使用系数低,加上国内房地产业诸多不稳定因素,如卖房率不高、炒房不住等,因此住宅空调系统必须具备较大的容量调节能力,以便在较低的居住率的条件下,空调系统也能正常运行。

2.7 空调系统的收费必须合理、方便

目前国内商用中央空调,如办公楼,一般都是采用空调总费用单位面积平摊法,但是住宅空调则不能采用这种收费方法,而应采用谁空调,谁交费,用多少,交多少的原则,采取每户空调独立计费的办法。同时,收费方法也应简便,以尽可能不影响用户为原则,西方工业发达国家目前普遍采用的住宅空调收费方式,常用室外遥测法与远程计费法结合的方法。在中国还需要考虑在用户不交费时,能自动中断空调供冷(热),并对计费装置设置保护措施。

2.8 住宅空调系统的运行管理复杂

安装中央空调系统的住宅通常为一个区,或一栋,或几栋楼,根据目前房地产业的标准做法,中央空调系统应该属于物业管理内容之一。根据建设部的规定,以后住宅小区的物业管理将实现社会化,物业管理公司将采用竞争方法上岗,而在管理过程中实行淘汰制,如果管理不善,住户可以更换

物业管理公司。这种管理模式势必给中央空调的运行管理造成很多麻烦,比较合理的方法是实行中央空调的专业管理,由中央空调公司进行管理,物业公司协助(如负责收费等),根据国内已运行的工程来看,效果不错。

3 住宅中央空调的能源和冷、热源

采用家用空调的住宅,空调的能源无疑为电,而冬季无法使用热泵的寒冷地区,冬季采暖的能源则种类繁多。住宅中央空调使用什么样的能源,是值得深入研究的。

选择空调能源的种类的首要原则,应该是国家的能源政策,尤其是中期和远期的能源政策,在下一世纪空调冷、热源可选能源中,有三种能源是应该首先考虑的,即,天然气、热电联产和电,下面分别讨论。

3.1 天然气

根据国家权威机构提出的中国下一世纪能源计划,天然气将成为住宅的主要能源之一^[7]。

国家已提出把天然气作为能源开发的重点,考虑到目前国际石油价格下跌,国内外原油生产普遍限产的情况下,国家确定把加快天然气开发与利用作为能源发展的一项重要战略决策。力争到 2005 年,使全国天然气生产能力在现有基础上翻一番,达到 300 亿 m^3 。

我国天然气生产潜力巨大,目前全国天然气工业已经基本形成三个大规模气区:①陕甘宁中部地区,现已勘明天然气储量 2300 亿 m^3 ;②四川东部地区,现已勘明天然气储量 2000 亿 m^3 ;③新疆地区,过去五年探明天然气储量 1600 亿 m^3 。

我国目前正在进行两大工程建设,一是与中亚地区天然气合作项目,计划建设横穿中国到日本、韩国的长输管线,引进利用 250 亿 m^3 天然气;二是与俄罗斯的天然气合作项目,从东西伯利亚建一条长输管线进入中国,引进利用 250 亿 m^3 天然气。到本世纪末、下世纪初,将形成连接中国南北东西管网,将有效解决全国一大批大中城市居民用气和工业用气问题。

天然气是一种洁净,污染少,有广阔的民用和工业应用市场,它不受国际油价波动的影响。目前由于天然气产量有限,尚未成为主要能源,因此价格较高,如上海地区现为 2 元/ m^3 ,且需要缴纳相

应的增容费,但这种局面,将很快会得到改变,其价格将逐步下降,当天然气成为城市主要能源时,其价格将会调整到一个合理的标准。

将天然气作为能源的最佳空调冷、热源为直燃式溴化锂吸收式机组、燃气发动机热电联产系统和无压热水锅炉。燃气发动机热电联产系统目前国内尚无产品,有待开发。

3.2 热电联产

通常所说的热电联产是指热电厂在向一个地区供电的同时,利用热电厂所产生的蒸汽同时向该地区的生产、供暖和空调提供能源。

日本“创造生活价值的住宅开发项目”开发了一种燃气发动机热电联产系统,该热电联产系统以热为主、以电为辅,利用燃气发动机的排热作为空调(冷气和暖气设备)及热水的能源。收集的各种实测数据表明,一年的综合效率可达77%(高位热值),一次能耗可削减12.4%。燃气发动机一年的发电占小区用电比率的61%,供冷能耗的60%来自发动机排热,供热的能耗78%来自排热,热水的能耗67%来自排热。

将热电联产提供的蒸汽作为能源的最佳空调冷源为蒸汽式溴化锂吸收式机组

3.3 电

不管其它能源如何发展,在今后一个很长的时间内,电仍然是住宅中央空调的主要能源。但是今后以电作为空调主要能源时,必须注意国家的电力政策,中国电力公司最近表示,今后将充分利用价格杠杆,制定鼓励用电的价格,并采用多项政策努力扩大电力消费市场,国家电力公司将根据不同电压等级、不同负荷率、丰水枯水不同期间、高峰低谷不同时段的特点实行不同的电价,鼓励用户增加用电。因此以电作为住宅中央空调的能源时,必须根据本地的电力政策选择合理的空调冷、热源。

3.4 冷热源

住宅中央空调冷热源的形式与其他建筑没有本质上的不同,其中冷热源可以有以下不同的组合:

①水(风)冷电制冷冷水机组+燃油采暖、生活热水两用无压锅炉;

②水(风)冷电制冷冷水机组+燃气(天然气、城市煤气、液化气)采暖、生活热水两用无压锅炉;

③直燃式溴化锂吸收式机组;

④余(地)热源溴化锂吸收式冷水机组+余(地)热源采暖和生活热水;

⑤风冷冷热水机组+燃油(气)生活热水无压锅炉;

⑥水(风)冷电制冷冷水机组+冰蓄冷+燃油采暖、生活热水两用无压锅炉。

由于住宅中央空调的特点,使得在冷热源选择方面,具有自己的特点:

①在确定冷热源的形式和容量时,首先必须进行不同冷热源形式的经济比较,住宅的形式、住宅的面积、住宅的价格、能源的结构和价格、与其他功能建筑的组合、住宅空调的使用率和使用时间都将影响到住宅中央空调和热水供应的经济性。

②必须根据当地民用能源的结构,选择最佳的冷热源形式,例如,在已引进天然气,并已成为民用能源的主要类型的地区,直燃式溴化锂机组和燃气发动机热电联产系统应成为首选的冷热源形式;而在电价低廉的地区,将电作为冷热源也是情理之中的事。

③冷源必须具备较大的容量调节范围,由于中国房地产的特点,在一段相当长的时间内,住宅中央空调都不可能满负荷运行,负荷的波动范围可能达到10%~100%,因此即使是在低负荷时,中央空调系统都应该能正常运行,且不会出现运转费用不合理的现象。

④在实行峰谷电价的地区,应进行冰蓄冷空调系统和常规空调系统的经济比较,探讨使用冰蓄冷的可能性。

⑤当住宅和其他功能建筑(如办公楼、会所及其他服务设施)居于同一栋建筑或同一小区时,在确定冷热源形式和容量时,巧妙地应用各种建筑负荷参差系数之间的时间差,可以获得意想不到的经济效益。

⑥冬季采暖和生活热水供应的热源采用哪种形式往往影响到住宅中央空调能否为房地产开发商和住户接受,因此必须认真对待。

⑦由于住宅的空调系统同时使用系数很低,必须考虑冷热源的容量调节能力。风冷冷热水机组(风冷热泵)之所以在部分别墅区运行失败,其中一个重要原因就是这种机组的容量调节能力差,由于别墅房间多,一般冷热源容量选择都比较大,但是当别墅内人数很少时,需要少数房间空调时,主

机仍然需要运行,使得运行费用呈现极不合理的状况,以至于部分用户不得不改用家用空调。

4 住宅空调的方式

除了家用空调(窗式、分体式、单元式)外,住宅可采用的空调系统有:①风机盘管系统;②辐射板采暖和冷却系统;③小型热泵全空气系统;④多联变频变冷媒流量热泵空调系统(即VRV系统);⑤水源热泵系统。

4.1 家用空调

目前国内常用的家用空调主要有:窗式空调器、分体空调器(含一拖二、一拖三分体空调器)、单元式空调器等。家用空调的优点是:①国产家用空调性能好、质量可靠、维修率低;②安装、使用方便;③售后服务好;④冷(热)量调节方便;⑤空调用电计量方便;⑥热泵型可满足长江流域及其以南地区夏季制冷、冬季采暖的需要。因此无论在哪个国家,经济是否发达,家用空调都不可能被其他空调形式所替代,仍然会是住宅的主要空调形式之一。

家用空调优点突出,缺点也不少,主要缺点是:①能效比低,家用空调属于小型风冷压缩式制冷系统,因此能效比较低,按国家标准,家用空调合格品的能效比仅为 2.4kW/kW ,国内名牌产品大致为 $2.6\sim 2.9\text{kW/kW}$,较水冷冷水机组的 $5.2\sim 5.8\text{kW/kW}$ 能效比要低得多,低能效比导致的耗电量增加和发电厂温室气体的排放量增加是与“绿色建筑”的基本要求背道而驰;②家用空调的容量调节采用的为开关压缩机的方法,不但导致室内温度波动大,而且无法与水冷冷水机组部分负荷下的更高的能效比相比;③家用空调一般都无法采集室外新风,即使有也远远低于卫生标准的规定,室内空气品质研究结果表明,无论采用哪种空气过滤器都无法替代新风对人的健康所起的作用,因此使用家用空调的住宅是无法满足“健康住宅”的最低要求;④分体空调的室外机组和窗式空调机组破坏了城市建筑的外观;⑤家用空调的热风、噪声、冷凝水成了城市的新公害;⑥城市污染的环境使家用空调的室外机组效率逐年下降,能耗逐年增加;⑦家用空调的一次投资和运转费用明显高于中央空调系统。

4.2 风机盘管系统

风机盘管机组是目前国内住宅中央空调的首选末端设备,其主要优点是:①可以任意开、停,使用方便;②产品种类繁多,用户有较大的选择余地;③容量调节方便,可以采用无级调速进行风量调节,也可以通过水路,进行供水和停水控制;④噪声低,如在低速下运行,噪声更低;⑤可以设置独立新风系统,彻底解决空调房间的室内空气质量问题;⑥一次投资和运转费用低;⑦适合各种冷热源;⑧产品质量可靠、维护管理方便。

风机盘管机组的缺点是:①作为空气-水系统,潜在漏水的可能性;②机组可能产生凝露;③冷凝水盘可能滋生影响人体健康的微生物;④需要单独设立新风系统解决室内新风问题;⑤风机盘管机组过滤效率差,影响到室内空气品质。

风机盘管机组和新风机组的冷热源可以是各类大、中、小冷(热)水机组。

4.3 辐射地板系统

最近几年,国内在辐射地板采暖系统方面取得了长足的进步,北京、延边、广东、西安、成都推出了自己的产品。

这种辐射地板系统是将交联聚乙烯(PEX)管等管道预先埋在地板中,或通热水,或通冷水形成辐射地板采暖或供冷系统。其优点是:①人体舒适感优于其它空调系统,无吹风感;②室内无空调或采暖设备,不占使用面积;③室内无风机和压缩机运行,故室内噪声低;④室内无冷凝水,不用担心冷凝水盘中滋生有害微生物;⑤维护管理方便、运转费用低;⑥地板蓄热性能好,室内高峰负荷减小;⑦安全可靠、使用寿命长;⑧房间间隔改变时,不受影响;⑨可以通过水温调节控制室内温度。

地板辐射系统主要的问题是:①夏季地板表面结露问题,由于中国有相当多的地区,梅雨季节和夏季室外相对湿度较大,因此采用地板辐射冷却系统如何防止结露,恐怕是首先要考虑的问题,我国辐射地板采暖系统生产厂家之所以迟迟未涉及冷地板这一领域,这是一个主要问题,不过只要采取一定的有效的措施,结露是完全可以避免的。②室内湿负荷需要由新风机组承担,新风量可能很大,以至影响到空调系统的经济性,因此室内湿负荷的大小应详细计算,并采用8排以上的表冷器,以便提

高新风机组的去湿能力。③在我国,辐射地板系统尚是一项新技术,需进一步深入研究。

辐射地板系统的冷热源可以是各类大、中、小冷(热)水机组。

辐射地板系统特别适合工厂标准化生产的集合住宅建筑,因为工厂可以根据具体设计条件,经过严格的设计计算,预先采取防止结露的措施,并通过实验和实践加以不断的改进。

4.4 小型热泵全空气系统

使用风冷热泵作为冷热源,冷(热)风通过风机送到各个房间,构成小型全空气系统。热泵的容量调节采用的是压缩机开停式控制。这种系统与其他大中型全空气空调系统相似,最大优点是可以获得高质量的室内空气品质,同时可以利用室外新风实现过渡季节的全新风调节。这种系统的缺点是各房间的温度不能实现独立控制,国内有工程通过在各房间内设置变风量末端装置,调节风机风量的方法进行房间的温度控制,获得了很好的效果;该系统另一个缺点是由于是全空气系统,因此风管需要连接到各房间,因此风管系统需要占据一定的空间,对房间的层高有要求。

小型热泵全空气系统适合高档次的独立住宅。其一次投资和运转费用高于大型中央空调系统。

4.5 多联变频变冷媒流量系统(VRV系统)

VRV系统目前国内尚无产品,均由日本大金公司和三洋公司供货,这种系统与国内家用空调厂开发的一拖多分体式空调器属于同一类产品,但是价格昂贵,因此在中国的住宅中央空调系统中很难推广,如果要用,一般住户宁愿使用价格便宜得多的一拖多分体式空调器。

4.6 水源热泵系统

以各种形式的水源热泵(WSHP)为末端装置可以构成:①开环水环热泵(WLHP)系统,由水源热泵、循环水泵、冷却塔和辅助热源组成;②闭环水环热泵(CLWS)系统,由水源热泵、循环水泵、闭式冷却塔和辅助热源组成;③闭环与地耦合热泵(CLGC)系统,由水源热泵、循环水泵、地下吸(放)热管组成;④开环地下水热泵(OLGW)系统,由水源热泵、循环水泵、取水井和回灌井组成。水源热泵系统在国外住宅空调系统中呈上升趋势。

由于水源热泵系统目前国内尚无产品,而进

口的水源热泵由于种种原因使用效果都不尽如人意,因此在短时间内这种空调方式还难以在国内住宅中央空调系统中推广。

但是水源热泵系统,尤其是闭环与地耦合热泵(CLGC)系统(地源热泵系统,GSHP)和开环地下水热泵(OLGW)系统,由于其高效率,较低的一次投资和运转费用,因此是一种很有发展前途的空调方式,值得深入研究。美国能源部已决定与中国有关部门,在中国几个地区进行地源热泵的试点工作,因此可以预计,这项技术的推广和普及速度将大大加快。

5 经济分析

住宅中央空调和集中热水供应系统能否普及,首要的一条就是其经济性必须优于家用空调器和家用热水器,以往在这方面所做的经济分析很少,且方法也值得探讨。以下是两个工程实例的经济分析结果,实例一是由两栋24层高层组成的一个小区,见表1,实例二是由25栋别墅组成的小区,见表2。通过实例可以充分的说明,住宅中央空调和集中热水供应系统在节能、节电、环境保护和提供高质量的生活环境方面所能起到的作用,因而具有强大的生命力。

实例一经济比较

表 1

项 目	中央空调系统	家用空调系统
建筑总面积 (m ²)	40320 (两栋 24 层高层建筑)	
空调总面积 (m ²)	27418	
住 户 数	384	
每户建筑面积 (m ²)	105	
每户空调面积 (m ²)	68	
空调总冷负荷 (kW)	1919 (546RT)	
空调总热负荷 (kW)	1100	
冷水机组费 (万元)	6 × 25 = 150 6 台中外合资生产的 100RT 螺杆式冷水机 组	
锅 炉 费 (万元)	28 2 台燃气采暖热水两 用无压锅炉	
附属设备费 (万元)	20 冷却塔、水泵	
室外管道 (万元)	3 机房离公寓均为 20m, 2tDN150 焊接钢管	

续表

项 目	中央空调系统	家用空调系统
室内管道 (万元)	24.2	
安装费 (万元)	25	
机房土建投资 (万元)	10.5 机房面积 105m ²	
远程读表监控系统 (万元)	2	
公用部分一次投资 (万元)	262.7	
每户室内部分一次投资 (万元) (含设备费、材料费和安装费)	1.5 1000×5=5000 元 300×5=1500 元 2500 元 5 台风机盘管机组和 5 套温控器, 一套冷 (热) 量表, 1 间卫生间, 一间厨房 24h 供热水	4000×4=16000 元 7000 元 750×2=1500 元 如采用 4 台 KFR25 分体空调机组, 1 台 KFR70LW 分体空调机组, 2 台燃气热水器
单位建筑面积空调一次投资 (元/m ²)	208 公用部分: 65.15 住户部分: 142.85	233
电机总功率 (kW)	797.6 公用部分: 667 住户部分: (0.040×4+0.18) × 384=130.56	2603.5 如采用 4 台 KFR25 分体空调机组, 1 台 KFR70LW 分体空调机组, 每户电机总功率为 6.78kW
每户夏季运行费用 (元) 注: 未计热水运行费	1453.9	4746
运行时间	夏季 3 个半月 (100d), 每天运行 14h, 合计 1400h, 同时使用系数 0.5, 电费 1.0 元/kWh	

实例二经济比较

表 2

项 目	中央空调系统	家用热泵空调 + 煤气热水器
建筑总面积 (m ²)	10740	
空调总面积 (m ²)	9129	
住户数	25	
每户建筑面积 (m ²)	400m ² 共 8 栋、379m ² 共 28 栋、487m ² 共 4 栋、546m ² 共 3 栋、461m ² 共 2 栋	
每户空调面积 (m ²)		
空调总冷负荷 (kW)	966.6 (261RT)	
空调总热负荷 (kW)	859.2	
冷水机组费 (万元)	75 3 台中外合资生产的 100RT 螺杆式冷水机组	424.09 25 台风冷冷热水机组

续表

项 目	中央空调系统	家用热泵空调 + 煤气热水器
锅炉费 (万元)	19 1 台燃气采暖无压锅炉 2 1 台热水无压锅炉	
附属设备费 (万元)	14	
室外管道 (万元)	20	
安装费 (万元)	20.9	
机房土建投资 (万元)	6.5	
远程读表监控系统 (万元)	1	
公用部分一次投资 (万元)	158.4	
室内部分一次投资 (万元) 明装挂壁式风机盘管机组 新风机组 无级调速温控器 冷 (热) 量表	204.4464	204.4464
单位建筑面积空调投资 (元/m ²)	365.22 公用部分: 217.7 住户部分: 147.5	585.23
电机总功率 (kW) 公用部分 住户部分	376.02 354.88 21.52	401.02

6 疑虑与措施

在推广住宅中央空调和集中热水供应系统的过程中, 房地产商和住户往往存在诸多的疑虑, 这些疑虑严重影响到住宅中央空调和集中热水供应系统的推广, 需要认真研究, 提出解决措施。

6.1 投资问题

由于中央空调和集中热水供应系统是将原来分散到每家每户的空调、采暖和生活热水的设备费用、运行费用高度集中起来, 这势必会产生一个谁投资的问题, 一个经济比较问题。由于我国在这方面所进行的研究工作甚少, 且深度不够, 加上设计水平不高和认识上的不足, 因此在中央空调和集中热水供应系统的投资方面造成了不少的误区。“高投资、低回报”的错误认识, 使得政府、房地产商在中央空调和集中热水供应系统的投资方面犹豫不决, 同时在价格上也难以获得购房者的支持, 极大

地影响到这项技术的推广。

中央空调和集中热水供应能否普及首要的一条就是与家用空调器和家用热水器进行比较,在经济上有无明显的优越性,以往在这方面所做的经济分析很少,且方法也值得探讨。住宅中央空调系统和集中热水供应的投资可有三种方案:

方案一:投资费用全部分摊在房价中。该方案适合大城市房价较高的地区,当每平方米房价超过6000元,如果每平方米房价增加200~300元,每个月缴纳普通家用空调2/3的空调费和热水费,就能享受中央空调和24h热水供应,购房者肯定是可以接受的。

方案二:空调系统的室内部分(包括:室内管网、风机盘管机组、无级调速温控器、独立计费表等)平摊在房价中,中央空调和集中热水供应系统公用部分(机房设备、室外管网、机房建筑物等)由房地产公司投资,或空调公司投资。

方案三:中央空调和集中热水供应系统全部投资由提供中央空调和集中热水供应系统一条龙服务的空调公司承担。其中住户室内空调设备费用(包括:风机盘管机组、无级调速温控器、独立计费表等)平摊在房价中,由房地产商划拨给空调公司,中央空调和集中热水供应系统公用部分(机房设备、室内管网、室外管网、机房建筑物等)的投资,空调公司将从今后的空调费中回收。

6.2 维护、管理问题。

中央空调和集中热水供应的设备可以分成两大部分,一部分集中在机房中,一部分分散在各住户家中。对于这些设备存在一个维护管理问题,由于这些设备都属专业设备,因此投资商都对系统运行以后,如何进行维护管理忧心忡忡。

中央空调和集中热水供应系统的机房操作、管理,以及室内空调设备和系统的日常管理和维修有两种办法:一种办法是由小区或公寓的物业管理部门进行管理,一种办法是由承担中央空调和集中热水供应系统施工的冷冻空调公司进行管理,后一种方法由于管理是由专门承担中央空调和集中热水供应设计、设备制造、施工安装的专业公司承担,因此更易于获得高水平,随着中央空调和集中热水供应的普及,专业化空调公司的建立和完善,中央空调和集中热水供应的管理水平将更上一层楼。

6.3 计量(费)问题。

由于中央空调和集中热水供应系统的用户都是以户为单位的居民,因此空调、采暖和热水收费问题,成了中央空调和集中热水供应中一个十分敏感的问题,如果处理不好,不能长期准确的计费,将后患无穷。

1999年我国攻克了冷热能量表的研制难关,并成功的应用于住宅中央空调系统,其中IC卡冷热能量表功能引人注目^[8]。

IC卡冷热能量表由4部分组成:温度传感器、脉冲式水表、液晶显示屏和单片机,其原理简单:安装在每户中央空调总进水管上的脉冲式水表实时测量通过该水表的冷(热)水量,安装在每户中央空调总进、出水管上的温度传感器同时测量进、出水温,单片机对通过脉冲式水表的水量进行实时计数,而A/D转换器将温度传感器测量的温差量变成数字量,根据水流量和温差计算出用户使用的冷(热)量,并计算出用户消费的金额并进行扣款,并在液晶显示屏上显示出余款。

IC卡冷热能量表还具备以下功能:

①报警功能:当用户的空调费余额达到规定的报警点(由物业管理公司设定)时,单片机将关闭电磁阀,切断空调供水,向用户提出警告,提醒用户交费,用户插入用户卡后,空调供水接通。

②停止供冷(热)功能:如果警告后,用户仍未追加空调费,当用户的空调费余额用尽或达到允许的投资额度,单片机将关闭电磁阀,切断空调供水,停止空调。

③可进行非法复制的IC卡识别。

④显示功能:当前温差、总流量、总冷(热)量、余额款数、新购款数等。

⑤提供计算机后台管理系统,进行IC卡工作参数和运行数据的写入和读出;中央空调系统数据采集和处理;编制扩大系统管理功能的系统软件。

IC卡冷热能量表的研制成功,彻底解决了推广住宅中央空调的主要障碍。

6.4 冷热量调节问题。

由于生活水平的提高,采用中央空调和集中热水供应后,一户住户至少会在两间以上的房间中安装空调机组,如果价格合理,很可能多达5间以上房间会安装空调机组,这时各个房间的空调的冷热

量如何独立调节的问题就必须考虑。另一方面,由于住宅建筑内的在室人员往往变动较大,主机的能量调节直接关系到运行费用的高低,关系到用户的切身利益,也必须解决。目前国内已建设好的采用风冷冷水机组作为空调冷热源的别墅小区,由于主机容量调节问题没有很好的解决,开一间房间的空调,主机就得全开,造成很大的能源浪费。

由于居住建筑的在室人员变动频繁,且需要独立调节,并要求低噪声,因此风机盘管机组是首选空调设备。当室内有吊顶时可安装卧式暗装风机盘管机组,当室内无吊顶时可安装明装挂壁式风机盘管机组,当房间面积较大时,可安装立式明装柜式空调机组,所有风机盘管机组都可以配无级调速温控器,用户根据自己的需要,设定室内温度,当室内温度低于设定温度,温控器自动控制风机盘管机组的风机转速,使室内温度基本不变化,同时实现节能和降低噪声双重功能。除了少数高档建筑外,一般不设新风机组,可以定时开窗换气,或靠卫生间和厨房排气扇形成的负压,通过渗透进行换气。温控器加两位电动阀的控制方法不宜在居住建筑中央空调系统中采用,因为这种调节方法不但不节能,而且调节性能差,应采用无级调速温控器对风机盘管机组的风机进行无级调速。

6.5 配套设备、配套技术问题。

虽然住宅的中央空调和集中热水供应与其他建筑的集中空调、采暖和生活热水系统没有什么原则上的区别,但是由于中央空调和集中热水供应的对象是住宅建筑的居民,因此在配套设备和技术上还是要有自己的特点,只有做到价格便宜、性能可靠、配套完善、操作简单、使用方便才能使中央空调和集中热水供应获得强大的生命力。组建可以提供中央空调和集中热水供应的专业配套设备和配套技术的专业公司,是能否全面推广住宅中央空调和集中热水供应系统的关键。令人感到高兴的是在广州和杭州已有空调公司具备承接住宅中央空调和集中热水系统全面服务的能力,经过一段时间的实践,这种能力正逐步加强和完善,可以预计,这类空调公司将逐步增加,而集合住宅的推出将使住宅中央空调和集中热水供应的设备配套和技术配套问题彻底解决。

6.6 政策、法规问题。

中央空调和集中热水供应在节能、节电和环境

保护方面具有明显的优势,因此这项技术的推广应该得到国家政策和法规上的倾斜。但是国内目前尚无任何政策和法规牵涉到住宅中央空调和集中热水供应系统,因此这也阻碍了中央空调和集中热水供应系统在住宅产业中的发展。

如何解决上述问题?建议有关部委和省市立项对住宅中央空调和集中热水供应、热电联供进行可行性研究。

7 设计要点

如上所述,由于住宅中央空调系统与其他空调建筑有着诸多不同,因此在设计上需要特别注意。

①现代住宅建筑一个突出特点就是,房间面积大,居室内人数少,往往是使用哪间房间,就开哪间房间的空调,同时使用系数很低,因此,如果按全部房间同时空调,或主要房间同时空调来计算房间的空调负荷,会出现两种误差,误差一是:冷热源容量过大;误差二是房间设备容量偏小。导致误差一的原因是住宅空调系统的同时使用系数远小于1,根据调查,国内住宅的同时使用系数大约是0.5~0.7,在选择冷热源时,必须考虑这一因素;导致误差二是,由于大部分空调房间运行时,周围房间可能都未开空调,因此在选择空调末端设备时,应考虑这种最不利条件,而不能按照一面墙或两面墙有负荷进行计算,避免出现冷(热)量不足的现象,也就是说与其他全空调的建筑相比,住宅中央空调的冷热源的容量要小,而房间空调末端设备容量相对要大。

②为达到“健康住宅”的最低要求,住宅中央空调系统应该设置独立新风系统,但是实际上除了少数高级住宅外,一般均难以做到。由于现代住宅的卫生间和厨房均设有排气扇,因此住宅的室内基本上都是处于负压状态,室外空气可以通过渗透进入室内,也可以采用定期换气的方法改善室内空气质量,当然理想的还是安装独立新风系统。

③水系统设计是住宅中央空调的关键,由于住宅房间分隔复杂,因此水系统管路布置相对也复杂,如果不进行详细的计算,做到尽可能的平衡,系统运行后,很可能出现水力失调,同时估算法也会造成一次投资不应有的增加。

④水泵的扬程应根据准确的计算确定,不能靠估算,并采用过大的安全系数,“大马拉小车”,将