

燃料电池技术在地下工程中的应用探讨

蔡浩¹ 龙惟定¹ 潘毅群¹ 严立² 忻尚杰² 缪小平²

(¹ 同济大学机械工程学院 ² 解放军理工大学工程兵工程学院)

摘要:分析了地下工程对能源系统的特殊需求和现存问题,指出燃料电池技术在地下工程中的应用优势和发展前景。简要介绍了燃料电池的原理、种类和特点以及燃料电池建筑冷热电联产系统的原理和组成,对燃料电池冷热电联产系统在地下工程中的应用配置方案进行了探讨。

关键词:燃料电池 建筑冷热电联产 地下工程

Discussions on the Application of Fuel Cell's Technology in Underground Engineering

Cai Hao¹, Long Weiding¹, Pan Yiqun¹, Yan Li², Xin Shangjie² and Miao Xiaoping²

(¹ Institute of Mechanical Engineering, Tongji University;

² Engineering Institute of Engineering Corps, PLA University of Science & Technology)

Abstract: The application advantages and future prospect of fuel cell technology in underground engineering is described, by analyzing the special needs and present problems of the energy system in it. The working principles, classification and characteristics of the fuel cells, as well as the principles and configuration of fuel cell based Building Cooling Heating and Power (BCHP) system is introduced briefly. Fuel cell application based on BCHP technology in underground engineering for energy system reconstruction and conformity is discussed.

Keywords: fuel cell, BCHP (Building Cooling Heating & Power), underground engineering

0 引言

对于我国各类有防护要求的地下工程(下文简称地下工程),如指挥所、通讯工程、地下医院、城市地铁和人防重点工程等等,往往采用内部柴油电站的方式来解决工程在战时的能源需求。但目前柴油电站在安全适用性上仍然有许多问题尚未解决,如:高温烟气排放很容易暴露目标;发电废热回收困难,同时需要特殊的冷却通风技术来保障发电系统正常运行;在冲

击波作用下可能会使发电机电压瞬时下降,甚至造成柴油机熄火等^[1]。

燃料电池技术因为其清洁、高效的显著特点被称之为 21 世纪最有吸引力的发电方法之一。将燃料电池技术应用于建筑工程领域,不仅可以为建筑提供所需电力,而且还可以结合建筑冷热电联产,通过余热锅炉、制冷机、除湿机等装置对燃料电池的发电废热进行回收利用,为建筑供冷、供热,并控制湿度^[2]。燃料电池冷热电联产系统通过能源的梯级利用将综合效率

收稿日期 2003-10-15

作者简介:蔡浩(1976-),男,在读博士研究生;上海市四平路 1239 号同济大学机械工程学院热能系(200092),021-65980901;

E-mail: caihaohvac@163.com

提高到 80%~90% ,同时大大降低了污染物和温室气体的排放 ,技术优势十分明显。但目前因为燃料电池价格昂贵、技术尚未成熟等原因 ,使其在我国普通民用建筑中暂时还难以应用推广。本文将从地下工程对能源系统的特殊需求和技术发展的角度 ,来探讨燃料电池技术在地下工程中的应用问题。

1 地下工程内部能源系统

在高技术战争条件下对能源系统的打击已成为战争的最重要手段之一。科索沃战争就是一个典型的例子。北约 78 天的空袭严重地破坏了南联盟能源电力系统 ,使得南联盟人民生活陷入了极大的困境 ,这对战争结束起到非常巨大的作用。在未来战争条件下 ,地下工程作为防御敌人侵略 ,保卫祖国安全的重要战略设施 ,其内部能源系统在战时的安全性显得尤其重要。

1.1 地下工程对内部能源系统的需求

在战争情况下 ,地下工程对能源系统的需求主要包括 :

①安全稳定性 ,包括燃料的获得、储运和能源转换系统的安全稳定性等方面。

②低噪声、低排放、伪装性能优良。为了防止暴露工程目标和反空中侦察 ,需要能源系统降低噪声和减少废热、污染物的排放。

③能够满足工程对电力、供热、制冷、除湿等多种需求。不仅需要为工程内的各种设备提供稳定的电力 ,而且也需要考虑内部环境控制对供热、制冷和除湿的综合需求。

④很强的运行调节能力。工程内部设备的功能及运行状况随战场条件不断变化 ,能源系统应当具备很强的运行调节能力 ,以协调热、电、冷、湿负荷的动态变化。

另外 ,作为战备也应当适当考虑平时运行维护的经济性等问题。

1.2 能源系统现存的主要问题

目前 ,在地下工程中通常采用柴油电站作为备用电力。柴油机的优点在于其技术成熟 ,工艺稳定 ,而且可选择的机组容量范围大等。但是 ,考虑到高技术战争条件下地下工程对能源系统的需求 ,其缺点也是十分明显 :

①高温烟气的排放(排气温度通常在 450℃~650℃

左右) ,容易暴露工程目标。

②发电所产生的废热回收过程复杂(我国现有地下工程中几乎都没有考虑柴油机的废热回收利用) ,即使采用专门的废热回收方法 ,烟气的排气温度也要高于其冷凝温度 ,在 160℃左右 ,伪装性能差。

③需要特殊的冷却和通风方式 ,以确保机组的运行效率。

④一次能源仅用于发电 ,综合利用效率低 ,同时难以协调工程对冷、热、电、湿四种动态负荷的不同需求。

⑤以柴油为燃料 ,形式单一 ,战时燃料的获得和储运安全值得考虑。

此外 ,作为平时维护管理 ,柴油电站还存在运行维护成本高 ,大修费用高等缺点。

2 燃料电池与建筑冷热电联产

2.1 燃料电池的原理和特点

燃料电池是一个电化学系统 ,它可将化学能直接转换为电能和热能。与传统的发电方式相比 ,因为省去了将燃料中的化学能先转变成热能再转变为电能的中间环节 ,小容量电气出力的燃料电池的发电效率就可达到 40%~55%。其工作原理与一般的电池相似 ,基本上由电子导电的阴极和阳极及离子导电的电解质构成。在电极与电解质的界面上电荷载体由电子变为离子 ,在阳极(燃料电池的负极又称燃料极)进行氧化反应 ,在阴极(燃料电池的正极又称空气极)进行还原反应 ,燃料扩散通过阳极时失去电子而产生电流。当外部不断地输送燃料和氧化剂时 ,燃料氧化所释放的能量也就源源不断地转化为电能和热能^[3]。与传统的热电发生装置相比 ,燃料电池系统具有以下特点 :

①发电效率高 ,发展潜力大。装置无论大小实际发电效率可达 45%~55% ,结合冷热电联产综合能源效率可达 80%。

②污染物和温室气体排放量少。与传统的发电方式相比 ,CO₂ 排放量可减少 40%~60% ,NO_x(<2 ppm)和 SO_x(<1 ppm)排放量很少 ,环境相容性优。

③低噪音。在距发电设备 3 英尺(1.044 米)处噪音小于 60dB(A)。

④电力质量高。电流谐波和电压谐波均满足 IEEE519 标准。

⑤变负荷率高。变负荷率可达(8%~10%)/min ,负荷变化的范围大(20%~120%)。

⑥燃料电池可使用的燃料有氢气、甲醇、煤气、沼气、天然气等。

- ⑦模块化结构,扩容和增容容易,建设周期短。
- ⑧占地面积小,大约为 1m²/kW。
- ⑨自动化程度高,可实现无人操作。

总之,燃料电池是一种高效、洁净的发电方式,是 21 世纪重要的发电方式。制约燃料电池走向大规模商业化的主要因素是高价格和寿命问题。

2.2 燃料电池的种类

燃料电池可以按照不同方法进行分类。以工作温度来划分,有低温和高温燃料电池。按电解质划分,可分为碱性燃料电池(AFC)、质子交换膜燃料电池(PEMFC)、磷酸型燃料电池(PAFC)、熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)和固体氧化物燃料电池(SOFC)。其中除 AFC 的适用面很窄,基本上只应用于航天工业以外,另外四种类型的燃料电池的应用范围较广,并且都可以用于热电联产。各种燃料电池的主要特性及适用范围如表 1 所示^[4-6]。

表 1 燃料电池主要特性及适用范围

类 型	低温燃料电池		高温燃料电池		
	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC	
电解质	质子可渗透膜	磷酸	锂和碳酸钾	固体陶瓷	
适用燃料氢	氢	天然气	天然气	天然气	
	天然气	氢	煤气	煤气	
氧化剂	空气	空气	空气	空气	
工作温度	85℃	190℃	650℃	1000℃	
燃气轮机	×	×	○	○	
汽轮机	×	×	○	○	
排热利用	供冷	×	○	○	
	蒸汽	×	○	○	
	热水	○	○	○	○
发电效率	35%~45%	35%~45%	40%~50%	40%~50%	
适用范围	燃气轮机、汽轮机等大规模热电联产	×	×	○	○
	中等规模热电联产	○	○	○	○
	小规模建筑热电联产,汽车	○	×	×	○
总价格(美元/千瓦)	\$1400	\$2100	\$2600	\$3000	

2.3 燃料电池建筑冷热电联产

燃料电池建筑冷热电联产是实现能源梯级利用和能源系统整合的重要技术手段,有着极其广阔的应用前景。如图 1 所示,燃料通过燃料电池装置发电后,低品位的热能用于采暖、生活供热等,这一热量也可驱动吸收式制冷机,用于空调制冷,从而实现建筑冷热电联产。为了协调冷、热、电三种动态负荷,实现最佳的整体系统经济性,系统往往需要配置压缩式制冷机和备用锅炉,以及蓄能装置等。

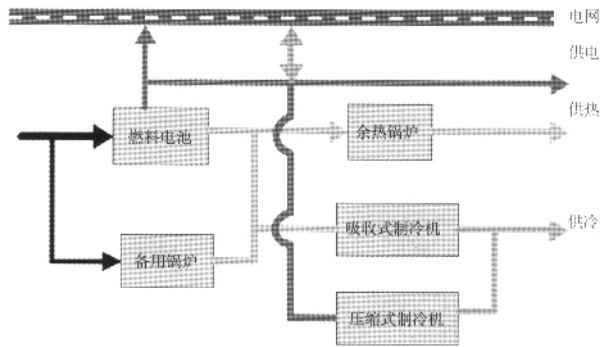


图 1 燃料电池建筑冷热电联产系统简图

2.4 燃料电池与柴油电机的技术比较

从上述地下工程能源系统的实际需求、现有能源系统存在的问题以及燃料电池建筑冷热电联产系统的特点这三个方面,可以看出,燃料电池技术在地下工程中的应用与柴油电站比较,在技术上有着明显的优势,具体如表 2 所示。因此,很有必要探讨在重点地下工程中如何率先应用燃料电池技术作为示范,并以此来带动该技术在我国建筑工程领域的应用和发展。

表 2 燃料电池与柴油电机的技术比较

系统类型	燃料电池	柴油电站
发电效率	45%~55%,与燃气轮机联合发电效率可达 65%;发展潜力大,受容量、环境温度影响小	32%~40%;发展潜力小,受容量、环境温度影响大
综合效率	低温燃料电池可结合热电联产,高温燃料电池可结合冷热电联产,综合利用效率可达到 80%	废热回收困难,可回收余热品质低,机组笨大,热电联产难以布置
伪装性能	低温燃料电池工作温度低,无烟气排放;高温燃料电池结合冷热电联产,经过多级热回收,排气温度可降低到 40℃左右,运行噪声低	高温烟气排放(排气温度通常在 450~650℃左右)、高污染、高噪声
运行调节能力	变负荷率高,智能化程度高,通过冷热电联产系统的合理配置可很好地适应工程内各种负荷的迅速变化	变负荷能力相对较弱,智能化程度普遍不高,难以适应工程内各种负荷的迅速变化
燃料系统	可采用氢气、天然气、轻油、柴油等多种燃料,采用特殊的储运技术如金属氢化物储氢可抗子弹贵、炸药捆绑爆炸和高速冲击震动 ^[7]	以柴油为燃料,很少采用特殊的储运方法。
运行维护	运行经济,但需要专门的维护,存在使用寿命的问题	运行维护成本高,大修费用高

3 燃料电池在地下工程中的应用

燃料电池技术在发达国家已经被广泛应用于军

事工程领域,早在1994年,美国就先后投入3,675万美元用于美国国防部的PAFC燃料电池示范性工程项目,并以此来确定该技术在美国国防部长远能源战略中所起的作用。到1997年,PAFC燃料电池技术已在美军的30个实际工程得到了应用,并积累了大量的实际运行数据。燃料电池技术的飞速发展日趋成熟,为其在地下工程中的应用和推广创造了有利的条件。

3.1 地下工程内部负荷特点

①围护结构冷热负荷均比地面建筑小

“冬暖夏凉”是对地下工程热工性能的高度概括。由于地温变化随着深度的增加而衰减和延迟,到达一定深度后,地温则为一个常数。浅埋地下工程在地下3~5m范围内,夏季的初始温度较低,而且地下工程均不计太阳辐射热,因此,地下工程的围护结构冷热负荷均比地面建筑少。根据对地下工程内部负荷的调查显示,地下工程冬季采暖空调耗热量约为地面同类工程的5%~12%^[8],只有严寒地区和部分寒冷地区的地下工程才需要考虑冬季采暖问题。

②地下工程湿负荷大

由于地下工程围护结构表面散湿,又不受太阳辐射,因此比地面建筑更加潮湿。特别是夏季,潮湿的问题更加突出。通过测试估算:地下工程被复层渗透水约占总散湿量的40%;工程内部散湿约占总散湿量的10%;潮湿空气带进的湿量约占总散湿量的50%^[8]。为了消除地下工程的余湿,保持工程内适宜的相对湿度,根据使用场合和湿度要求,可采用冷风机、冷冻除湿机、调温除湿机、转轮除湿机、固体或液体除湿系统以及组合除湿系统等。

③工程内部负荷在平时和战时由于使用要求不同而且有很大区别

对于战时使用,平时维护的工程。平时主要设备不工作,只有少量人员进入工程,热、湿负荷较小,而战时工程的热、湿负荷较大。对于某些平战结合的地下工程,如地下商场,地下影剧院,也存在同样问题,当人员大量进入时,工程的热、湿负荷较大;当人员离开以后,工程的热、湿负荷较小。此外,地下工程电力负荷在平时和战时也有较大区别。对于平时维护,战时使用的工程,战时的电力负荷远大于平时。而对于平战结合的工程,由于平时人员多,新风量大,照明要求高,通风空调系统满负荷运行,通常情况下工程的平时电力负荷要大于战时。

3.2 地下工程能源系统优化整合的几个问题

我国现有地下工程的内部能源系统是由相对独立的主供电系统、制冷系统、辅助供电系统、供热系统和热水系统所构成。将燃料电池冷热电联产技术应用于地下工程意味着对传统用能方式的优化整合,建立可以满足工程冷、热、电、除湿等综合需求的分布式能源体系。这将导致地下工程中电力系统、冷热源系统和空调除湿系统的一系列重大变革。针对地下工程的特点和实际需求,在能源系统的优化整合过程中应注意以下几方面问题。

3.2.1 发电容量的确定

从满足地下工程综合能源需求的角度来看,燃料电池和柴油机在机组发电容量的确定上有很大的不同。在地下工程传统的能源系统中,柴油机通常只用作备用电源,工程的供电主要依靠城市电网,即便对于一些远离城市电网的地下工程,因为考虑其军事用途,也不得不建设专门的供电线路来保障工程供电。柴油机发电由于运行成本高、废热难以回收利用、污染物排放量大等原因,在设计应用中一般不考虑平时连续运行和废热回收利用,因此可根据工程战时的电力负荷来确定机组容量,而不需要考虑与热力系统的相互匹配问题。

对于燃料电池冷热电联产系统来说,在确定机组的发电容量时则需要综合考虑工程的用途,平时和战时电力负荷的区别,以及冷、热、电和除湿负荷的相互匹配等问题。结合地下工程的实际需求特点和民用建筑冷热电联产系统的设计经验,对地下工程中燃料电池机组容量的确定提出以下几点建议:

①对于远离城市电网的地下工程,能源系统设置宜采用“能源岛”的方式,反之宜采用“能源网”的方式。采用“能源岛”的方式,燃料电池冷热电联产系统完全独立,自给自足,完全不依靠电网的供电,可因此节省建设专门供电线路的巨额投资;采用“能源网”的方式,内部供电系统与城市电网相互依存,不足电力由电网补充,这样不仅可以削减城市电网的峰时电力需求,而且也增强了系统调节工程内部负荷的灵活性。

②发电容量应综合考虑工程战时和平时的电力需求和不同负荷的相互匹配。采用“以热定电”还是“以电定热”方式应当根据工程的实际负荷特点来决定,重要工程还可考虑增设备用机组,对于工程负荷峰谷相差较大的情况可考虑采用蓄电池、冰蓄冷、热水罐、盐水蓄热等技术削峰填谷,实现自身平衡。

③对于战时使用,平时维护的工程,战时电力负荷远大于平时。由于燃料电池采用模块化设计,容易扩容,可根据工程在平时的电力负荷来确定机组的发

电容量,并考虑到战时的系统扩容,分期建设。

④对于平战结合的地下工程来说,大多数工程的平时电力负荷要远大于战时,因此可根据平时电力需求来确定机组发电容量,最好接近或小于平时实际电力需求,不足电力从电网补充。按这种方法确定的机组发电容量如不能满足战时的需求,可考虑系统的战时扩容,分期建设。

3.2.2 地下工程的冷热源的选择

地下工程空调冷热源目前基本上采用电力驱动,以电动冷水机组、风冷热泵、普通除湿机和调温除湿机系统最为常见,只有在极个别工程中采用蒸汽吸收式制冷机或直燃机。对于冬季需要采暖的地下工程,因为采暖负荷远小于同类地面工程,通常也采用直接电加热、燃煤锅炉、燃油锅炉和电锅炉的形式作为补充热源。在人们的传统观念中,吸收式制冷机存在能效低、长期运行效率衰减大、安全性差等方面问题,不适合应用于地下工程。目前,随着技术的不断发展,吸收式制冷机在运行效率衰减和安全性问题上已经有了较大的改善,已经不再是其在地下工程中应用的主要制约因素。如果结合燃料电池冷热电联产,利用发电废热,从能源综合利用效率的角度看,在地下工程中选用吸收式制冷机完全可行。

3.2.3 独立除湿系统的应用

对于华东、华南、西南及华中地区的地下工程,绝大部分采用冷却除湿为主的空气处理设备系统(云南、贵州的部分高寒地区除外),常见的形式有:冷水机组配组合式空调机的中央空调;冷水机组配组合式空调机,再与全自动调温除湿机配合使用的型式;冷风机组与全自动调温除湿机搭配使用等。对东北、西北及华北北部的大部份地下工程,则采用以升温降湿(此处的“降湿”是指降低空气中的相对湿度,不是将空气中的水蒸汽除掉)为主的空气处理系统;或是升温降湿加局部除湿相结合的空气处理系统。人员密度大的地下工程,根据当地夏季室外气象参数,也可采用升温除湿空气处理设备系统。

冷却除湿系统的缺点在于:为了除湿需降低蒸发温度,从而降低了制冷机的 COP;除湿后的空气温度过低需要再热处理到合适的送风温度;表冷器产生的冷凝水产生霉菌,会影响工程内空气品质等。对于升温降湿系统,其缺点是在使用上受工程外气象条件的限制,只有当工程外的空气含湿量低于工程内的空气含湿量时才能使用。比较理想的除湿方法应该是独立除湿,即对空气的降温与除湿分开独立处理,除湿不依赖于降温方式实现。独立除湿通过吸收或吸附的方

法来实现除湿,主要采用转轮除湿系统、固体或液体除湿系统。但是由于地下工程缺乏廉价的用于吸湿剂再生的热源,使得独立除湿方式在地下工程中的应用受到了限制。燃料电池发电产生的废热为独立除湿方式在地下工程的应用创造了条件,使得地下工程的除湿方式更为合理。特别值得一提的是,如果采用液体除湿的方式,不仅可以实现独立除湿,而且还可利用液体吸湿剂蓄热来实现系统的自身平衡。

3.3 燃料电池技术在地下工程中的应用形式

燃料电池冷热电联产在地下工程中应用,只有结合不同工程的实际负荷特点并对其内部能源系统和空调除湿系统进行合理的配置和有效的运行管理才能实现最佳的整体效能。对于低温燃料电池(PAFC 和 PEMFC),因为工作温度低,不存在高温烟气排放的问题,通过增设余热锅炉可以为工程内的制冷、供热和除湿再生提供所需的高温蒸汽。对于高温燃料电池(MCFC 和 SOFC),工作温度在 600℃以上(见表 1),废热的品质很高,可以用来驱吸收式制冷机,或者用于除湿装置的再生,此外,对于用电需求较大的场合还可以采用与蒸汽轮机或燃气轮机相结合的联合循环方式将系统的发电效率提高到 60%左右,如果经过多级热回收,可以使排气温度降低到 40℃左右,伪装性能优良。表 3 列举了几种较为典型的燃料电池冷热电联产系统在地下工程中的应用方案作为参考。

因为地下工程冬季采暖空调耗热量约为地面同

表 3 燃料电池在地下工程中的应用形式

序号	系统形式	适用范围
1	低温燃料电池+余热锅炉+废热再生除湿装置+余热采暖+生活热水	以“升温除湿”为主的工程,工程热负荷较小
2	高温燃料电池+余热锅炉+废热再生除湿装置+余热采暖+生活热水	以“升温除湿”为主的工程,工程热负荷较大
3	高温燃料电池+废气直热吸收式冷水机组+废热再生除湿装置+生活热水	以“降温除湿”为主的工程,工程电力负荷和冷负荷较大
4	高温燃料电池+余热锅炉+电动冷水机组+废热再生除湿装置+生活热水	以“降温除湿”为主的工程,工程电力负荷较小,冷负荷较大
5	高温燃料电池+余热锅炉+蒸汽吸收式冷水机组+废热再生除湿装置+余热采暖+生活热水	需综合考虑“降温除湿”和“升温除湿”的工程
6	低温燃料电池+电动冷水机组+调温除湿机+生活热水	需综合考虑“降温除湿”和“升温除湿”的工程

类工程的 5%~12%^[8]，只有严寒地区和部分寒冷地区的地下工程才需要考虑冬季采暖问题，所以大多数地下工程是以“降温除湿”为主要特征。由于篇幅所限，在此只举例介绍表 3 中第四种形式的燃料电池冷热电联产的系统构成，如图 2 所示。考虑到工程伪装，SOFC 的排气经过多级热回收。初始排气温度是 755℃，通过一级回热器将其变为 315℃的排气，再经过余热锅炉产生蒸汽或热水，然后经过二级回热器，可以使排气温度进一步降低到 40℃左右；采用液体除湿和电制冷的方式，将降温与除湿分开独立处理，实现工程的独立除湿；燃料电池的发电容量以工程平时基荷电力来确定，不足电力由电网补充；此外，通过采用蓄电装置和液体吸湿剂蓄热来平衡系统负荷。

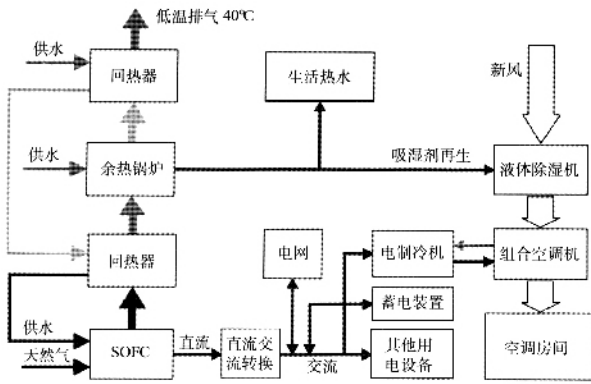


图 2 燃料电池冷热电联产系统构成示意图

4 结束语

目前，世界各国都在加大对燃料电池技术的投入以加速该技术的商业化和应用进程。国际上 PAFC 燃料电池已进入商业化，其他几种燃料电池预计在 2005 年到 2010 年将全面进入商业化。随着燃料电池技术的飞速发展和日趋成熟，以燃料电池为核心的建筑冷热电联产系统，将因为其极高的能源综合利用效率和环境相容性，逐渐成为 21 世纪分布式能源系统的重要组成部分。我国地下工程内部能源系统的建设与发展也正在受到这些新技术的挑战，为了适应未来战争的需求，应当未雨绸缪，积极推动燃料电池技术在我国地下工程中的应用。

参考文献

- [1] 刘悦耕,朱志吉,陈志龙.防护工程建筑学[M].南京:军事科学出版社,1993
- [2] V.哈特科普夫,潘毅群,吴刚等.固体氧化物燃料电池在建筑冷热电联产中的应用[J].暖通空调,2003,Vol.33(1):47-52
- [3] J.Larmine, A.Dicks. Fuel cell systems explained [R]. John Wiley & Sons, Ltd., 2000
- [4] Fuel cell handbook (Fifth Edition)[R]. EG&G Services Parsons, Inc. Science Application International Corporation, 2000
- [5] Michael W. Ellis. Fuel cells for building applications[M]. ASHRAE. Inc., 2001
- [6] H.Lee Willis, Walter G.Scott, Distributed power generation, planning and evaluation[M]. Marcel Dekker, Inc., 2000
- [7] 王金全,王春明,张永等.氢能发电及其应用前景[J].解放军理工大学学报(自然科学版),2002,Vol.3(6):50-56
- [8] 朱培根.空气调节[Z].南京:工程兵工程学院(内部教材),1999

· 会讯 ·

“户式空调发展趋势”研讨会在京召开

2004年1月15日，由中国建筑学会暖通空调专业委员会组织的“户式空调发展趋势”研讨会在北京举行，50多位家电专家及科研人员与会研讨。

专家们指出，目前，户式空调产品不仅要具备调节空气温度的基本功能，以及满足静音、节能、健康等要求，还要顺应居室装修潮流。在这种潮流下，传统空调已经无法融入千变万化、风格迥异的装饰氛围，特

别在房地产高速发展的最近两年，这个问题日益突出。

通过对户式空调发展趋势的研讨，专家们一致认为，中国空调业正在通过产品创新、技术升级来逐步摆脱低技术附加值的单纯价格竞争，走上价值竞争的道路。