

## 能源、环境与空调制冷

张国强 龚光彩 Fairborz Haghghat\* 范运湘\*\* 陈在康

(湖南大学土木工程学院)

(\* 加拿大 Concordia 大学土木建筑与环境工程系)

(\*\* 美国二十一世纪国际交流公司)

**摘要** 1997 年,世界上 160 多个国家在日本京都签订了有关减少温室气体排放的协议(京都协议)。该协议对缔约国的能源政策甚至经济的发展都有巨大的影响。作为能源消耗量很大的空调制冷行业,有必要对此予以充分的关注和深入研究。本文研究了国内外能源环境现状和空调制冷系统与能源环境的关系,给出了对空调制冷系统适应新的能源结构和环境政策进行适当调整的建议。

**关键词** 能源结构 环境 空调制冷

### Energy, Environment and Chinese HVAC&R Industry

**Abstract** In December 1997, more than 160 countries negotiated the Tokyo Protocol, which aims to reduce net emissions of certain greenhouse gases (primarily carbon dioxide). This protocol would influence the participating countries greatly on the aspects of energy policy even the national economic development. Working in an important energy and environment related industry, professionals in the HVAC&R should pay attention to this large issue on energy and environment. This paper analyses the current situation and developing trends on energy and environment of both abroad and China, studies the relationship between HVAC&R system and energy and environment, presents some suggestions about the adjustment of the HVAC&R industry to suit for this situation.

**Keywords** Energy Policy, Environment, HVAC&R Industry

#### 一、京都协议、能源环境与空调制冷行业的发展

1997 年 12 月,全球 160 多个国家在日本京都达成协议:减少温室气体(主要是二氧化碳)的排放量。协议要求与会的发达国家在协议实施的第一个五年,即 2008—2012 年,必须决定如何减少协议规定的各自的份额。中国也于 1998 年 5 月签署了该协议。

在国民经济的各方面中,能源工业和能

源消耗是影响温室气体排放的主要因素。能源消耗主要的三个方面:工业、交通和民用。其中工业耗能包括工业生产过程和发电,而发电是最重要的,因为许多工业过程都要消耗电力;交通耗能重要的方面是汽车燃料;民用耗能主要是建筑耗能,包括建筑设备系统的耗能和家用设备如炊具等的燃料消耗。

不同类型的能源,散发的温室气体是不同的。从宏观角度看,煤、石油、天然气、电

力(包括水电、核电、风力发电等)、可再生能源(地热、太阳能、生物质能等)是主要的能源种类。在不影响工业生产和人民生活的前提下,要减少温室气体排放,提高能源利用效率而减少能源消耗总量,以及改变能源种类在总能源消耗中所占的比例,或者说调整能源结构,是两个重要途径。美国能源部在就京都协议对美国能源市场和国民经济的影响向美国国会所作的研究报告中指出,为达到美国应该减少的温室气体排放份额,美国将在 2010 年:1)减少原计划燃煤使用量的 18—77%(主要影响发电工业);减少汽油使用量的 2—13%(主要影响交通);2)增加 2—12%的天然气和 2—16%可再生能源使用量,延长现有核电站的使用寿命;3)要想通过市场调节手段来达到以上目的,能源价格将上涨 17—83%。

虽然作为发展中国家,不必要在近期对温室气体排放量的减少做出承诺,但我国已经感受到了能源和环境方面的巨大压力。因此,也将在近期对能源结构和政策做较大的调整。其中总体趋势是降低煤炭的使用量,增加天然气的份额。

作为建筑能耗的最大用户,建筑的空调制冷系统消耗的能量在全国能源消耗中占有相当大的比例。同时,广泛使用的压缩式制冷系统也是泄漏氟里昂,导致破坏臭氧层

的重要污染源。在能源环境问题成为新世纪的人们最为关心的全球性问题和危机的今天,空调制冷行业的工作人员有义务把自己作为能源工业的重要一员,对全球能源和环境问题进行深入研究。一方面,提供本行业对能源环境问题的数据和分析意见,供国家有关决策部门参考;另一方面,对于能源环境方面的发展趋势和已有政策进行研究,为行业的持续发展提供技术储备和支持。

本文研究了国内外能源结构与环境的现状,分析了空调制冷系统对能源结构和环境的影响,给出了作者对空调制冷系统适应新的能源结构和环境政策进行适当调整的建议。希望本文能够抛砖引玉,引起行业内专业技术人员对能源环境与行业关系的重视和研究。

## 二、国内外能源结构与环境现状

### 1. 全球及部分国家的能源结构

从 1988 年到 1997 年的十年间,全球能源产量以每年 1.4%的比率增长,从 1988 年的 353929PJ 增加到 1997 年的 401330PJ。其中,原油产量增长 14.2%,天然气产量增长 17.0%,原煤产量减少 0.3%,水电增长 20.4%,核电增长 26.4%,其它能源包括地热、太阳能和风能增长 276%。

表 1 全球 1997 年能源产量及部分国家能源消耗结构(%)

	石油	天然气	煤	核电	水电	可再生能源	其它	总能耗量(PJ)
全球(产量)	39.5	22.1	24.2	6.3	6.9		0.5	401330
美国	37.9	21.5	24.1	8.2	4.3	3.4	0.6	99216
荷兰	35.4	48.9	13.4	1.5	0.01	0.04	0.75	4087
英国	34.9	32.0	22.9	9.8	0.2	0.08	0.12	10618
日本	56.0	12.0	14.0	14.0	3.8		0.2	22416
中国	15.8	1.7	61.9	0.3	1.5	18.8		38595
加拿大	38.5	22.9	16.3		16.1		6.2	12840

## 2. 能源与环境的关系

能源消耗是影响全球环境的最重要的方面之一。在众多的环境方面中,最重要的有生态环境、水环境和大气环境等,而在大气环境中,重要指标有 CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, TSP 以及对臭氧层的破坏等。其中 CO<sub>2</sub> 排放造成的温室效应、氟里昂排放造成的臭氧层破坏已经成为最重要的全球性的环境问题。

CO<sub>2</sub> 排放主要由能源消耗产生。1997年,全球 CO<sub>2</sub> 排放量为 228 亿吨(CO<sub>2</sub> 排放量 62.3 亿吨),比 1988 年增长 7.3%。

氟里昂排放与重要的建筑能源消耗系统——制冷空调系统紧密相连,制冷方式的选择不仅与能源结构密切相关,而且与氟里昂排放密切相关。

由于工业发展程度和能源结构的不同,世界各国由于使用能源对环境的贡献有较大的差别。主要国家和地区的 CO<sub>2</sub> 排放量见表 2 所示。

表 2 主要国家和地区排放比例 CO<sub>2</sub>

国家或地区	CO <sub>2</sub> 排放量所占比例(%)
美国	23
西欧国家	16
东欧和独联体国家	14
中国	13
其它远东国家	18
世界其它国家	16

## 3. 中国能源、环境现状与发展趋势

### 1) 能源现状

中国能源的主要品种是煤。中国是世界上煤产量和耗量最大的国家。1998年,中国原煤年产量为 12 亿吨,约为全球产量的 1/3,其中 3200 万吨用于出口,主要出口到日本和韩国。从短期看,中国原煤产量过剩,所以 1999 年,原煤年产量将降到 11 亿

吨。从长期看,到 2020 年,中国煤的需求量将增加一倍。但对煤的使用将大量采用新技术,如煤矿附近发电、煤的液化、煤的气化以及管道运输等。

石油是中国重要的能源品种。目前,中国日产原油约 320 万桶,其中 90% 产量在沿海地区,其中,大庆油田约占 100 万桶。柴达木盆地油田、渤海和珠江出海口海上油田是正在发展中的油产地。中国是一个石油进口国,但同时还出口到日本等国相当量的原油(12—16 万桶/天)。中国已经开始与其它国家,如哈萨克斯坦,开始在国外联合开采石油,并通过输油管道将石油输送到中国。

天然气在中国一直未得到重视。但考虑到国内天然气储量和天然气优秀的环境效应,政府已经制定了规划,将大大提高天然气在全国能耗中的比例。在增加国内产量的同时,还将增加液态天然气进口。目前,天然气主要用于化肥和化学工业,但计划大量增加民用(包括建筑能源)和发电用气,预计到 2000 年、2001 年、2020 年的天然气产量如表 4 所示。目前,用于建筑和民用的天然气约为 20 亿立方米,用于发电的约为 60 亿立方米,约 80 亿立方米用于化肥和化学工业。

表 4 中国天然气产量预测(亿立方米)

	陆地	海洋	总量	高峰产量
1998			212	
2000	151—203	85—100	236—303	300
2010	406—475	220—260	626—735	700
2020	719—935	285—335	1000—1270	1230

## 三、空调制冷对能源、环境的影响

在国家能源消耗中,建筑能源占有相当

大的比例。据统计,我国历年建筑能耗在总能耗中的比例是 19%—20%左右,平均值为 19.8%。其中,用于暖通空调的能耗约占建筑能耗的 85%。

美国能源部在就京都协议对美国能源市场和国民经济的影响向美国国会所作的研究报告中指出,建筑中最大的能耗系统是暖通空调系统、照明系统和建筑围护结构系统。而且与工业、交通能耗不同,建筑能耗比较难以提高能源价格的方法来降低,据作者分析,原因在于家用空调等建筑能耗不是作为生产成本,而作为商品生产过程目标和利润与成本紧密相关,提高能源价格难以控制不是生产成本的家用空调等建筑能耗,而对于工业空调等系统,能源价格应该是一个有效的控制方法。控制建筑能耗的最有效方法是技术进步,包括选择适当的系统和高效设备等。

据统计,美国建筑空调耗电占全国总耗电量的 12%,其中中央空调系统占 83%。72%的美国建筑装有空调系统,其中的 47%为中央空调系统,25%为单元式空调系统,1%同时设有中央空调系统和单元式空调系统。

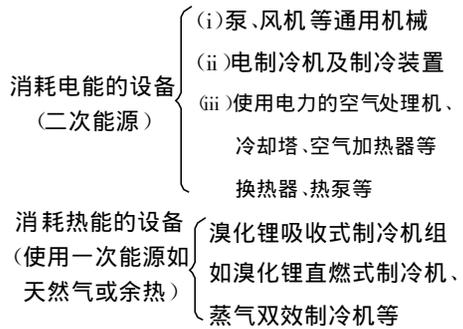
如果再加上冷藏运输、汽车空调等系统消耗的能量,空调制冷系统可以说是国民经济中最重要的能耗系统之一。

除使用能源导致温室气体排放外,空调制冷系统中的氟里昂制冷系统还是可能因氟里昂泄漏而对大气臭氧层造成破坏的最主要来源。

#### 四、我国空凋制冷能源结构现状与发展建议

建筑能源消耗主要体现于采暖、通风及空调系统所消耗的能量,其消费的能量是季节性的。在采暖、通风及空调系统中的耗能设备中,包含有泵、风机、空气处理机、冷水机组及制冷装置(如各类窗、柜分体式空调等)、冷却塔、换热设备及热泵等。它们有的

季节性消耗电能,有的季节性消耗热能。对各种冷水机组及制冷装置,根据其制冷原理的不同,主要又可分为氟里昂类制冷装置(使用二次能源——电能,工质一般为氟里昂类,以下简称电制冷机)和吸收式制冷装置(使用一次能源生产的热能或余热,如直燃式溴化锂吸收式制冷机组)两大类。研究表明,氟里昂类制冷装置还对臭氧层有破坏作用。对建筑能源消费形式的分类,可表示为如下:



据有关专家的调查,我国建筑能源消耗在全国总能源消耗中所占的比例从 1980 年至 1997 年平均约为 10%~20%,建筑能源消耗是我国能源消费中的重要组成部分。在建筑能源消费构成(即建筑能源结构)中,空调系统约占 60%左右。以一般商住楼为例,空调系统所消耗的能量构成中,冷水机组耗能所占比例在 60%以上;如果再考虑配套的冷却塔和水泵,制冷系统是建筑中消耗能源的最主要设备。

在制冷设备中,根据国外的经验,考虑全球及我国目前能源、环境的发展趋势,作者认为以下几种设备值得我们深入研究。

#### 1. 在空凋制冷设备中,加大使用天然气的设备比例

以电力为能源的制冷机存在以下几个问题:

- 1) 由于使用氟里昂工质,其泄漏对大气臭氧层有较大影响。
- 2) 由于用电量较大,而且使用为间歇性,

加大了电网尖峰负荷,对电网冲击较大。

3)对于供冷、采暖及热水供应同时进行的建筑,面临着供热设备选择中的其它问题。

近年来,我国直燃式溴化锂吸收式制冷机在设计、制造、运行管理等方面已经积累了较多的经验,在市场上也已经为大众所接受。但迄今为止,该类设备的燃料主要为油。纵观直燃机的发展过程,前期的目标主要是满足城市市区不能设立燃煤蒸汽锅炉限制,以及电力增容的困难。目前,全球能源结构调整的浪潮给这种设备,也给空调制冷行业带来一种契机,我们有必要在技术和政策两方面做出努力,发展燃气直燃机。技术方面,在研究、设计、制造方面加大力度,特别应该致力于燃气机组较之燃油机组的特殊性研究方面的积累,这方面,日本已经有成功的经验,目前日本的直燃机大部分为燃气型,我们的努力应该使我们在国家天然气运输管线基础工程完成时,能够立即有效地用于空调系统;政策方面,我们应该通过行业人员的努力,使国家有关决策部门认识到在建筑能源领域,天然气使用的推广大有前途,从而制定价格及税收等方面相应的优惠政策,在国家即将增加的天然气份额中,考虑一定比例用于建筑能源及空调制冷方面的使用。

## 2. 小型冷热电联产系统

小型冷热电联产系统(CCHP)是以燃气轮机为动力,并与吸收式制冷机/余热锅炉配套,同时提供制冷、采暖、卫生热水和电力的系统。该系统具有能源利用率高、环境污染小、运行灵活、能量(冷、热、电)输送损失小等特点。

与常规电力空调相比,该系统能实现能源的梯次利用,不会对电网造成冲击,有效削减电力尖峰负荷;与大型热电联产系统相比,该系统能适应于很宽的热电比,没有输

送线路和管网损失,还可以为用户提供可靠的后备电源。

由于近十年来小型涡轮发电机、吸收式制冷机、燃料电池、干燥及能源回收系统等技术的发展,小型冷热电联产系统正在成为一种提高能源利用效率和降低环境污染的重要手段。我国已有一些项目试用冷热电联产系统,取得一定的运行和施工经验。可以认为,冷热电联产系统将具有很好的发展前景,值得我们深入研究和推广。

## 3. 推广可再生能源的使用

在空调制冷行业,比较具有前途的可再生能源使用设备是地源热泵。

地源热泵使用埋地热交换器代替单元式空调器的室外交换器或中央冷水机组的冷却水系统,提供供冷、供热及生活热水。由于室外换热系统仅需要一台循环水泵,所以,地源热泵系统能够较大幅度地节省能耗。

为实现能源政策调整计划,美国近年来在地源热泵方面进行了大量的推广工作。美国政府也充分肯定了地源热泵的潜力,鼓励使用这种寿命周期费用低、温室气体排放量减少的空调技术。美国国家环保局认为地源热泵的效率在加热和冷却设备中居于前列。美国能源部和环保局已经开始联合成立了地源热泵中心,筹集了1亿多美元奖金资助科研项目和进行市场开发。目前,美国生产地源热泵的公司数量也达到了数十家。

在中国,也有多家研究机构对地源热泵的一些技术性能进行了研究,也有部分由国外公司完成的实际工程。目前,我们应该在对地源热泵的进行技术方面研究和积累有关数据的同时,对该地源热泵在中国各地区应用的技术经济可行性进行系统的研究。

## 4. 蓄冷技术的应用

空调能源有一个重要特性,就是使用的间隙性,空调系统不仅随季节变换而改变运

行方式,而且由于室外气温和室内人员的变化,昼夜也改变运行方式,因此,如国内专业人员和决策部门已经认识到的,这种间隙运行对电网的负荷冲击很大,严重影响电网的安全高效运行。国内目前已经开展了冰蓄冷系统的实际应用和研究。但我们还应该在冰蓄冷技术的技术经济方面做出更全面的研究,供有关部门制定政策时参考。

## 五、结束语

京都协议的签订表明国际社会对全球性环境问题的极大关注。能源是国民经济中与环境密切相关的重大问题。我国已经感受到能源短缺与环境恶化的巨大压力。建筑能源与空调制冷系统是能源消耗的重要方面,也与温室效应和臭氧层破坏两大全球性环境问题密切相关。工作在该领域的科学技术人员应该对此予以高度重视,在新技术研究和推广的过程中,不仅要看到其技术经济的可行性,而且要重视其环境效益和考虑其对社会可持续发展的贡献。

### 参考文献

1. 龚光彩、张国强等,建筑能源结构与可持续发展,二十一世纪中国与可持续发展国际会议论文集,1999年9月,华盛顿

2. 张国强,龚光彩等,制冷空调工业与可持续发展 中国可持续发展研究会论文集 1999年11月,北京
3. 龙惟定,试论我国暖通空调业的可持续发展,暖通空调,1999.3
4. A pipeline & Gas Journal staff report, Long—Range Strategies for China's Energy Security, Pipeline and Gas Journal, 1998 August
5. IEA, International Energy Annual 1997
6. Department of Energy of the USA What does the Kyoto protocol mean to US energy markets and the US economy? A briefing paper on the energy information administration's analysis and report prepared for the committee on science, US house of representatives
7. 宋春玲、张国强等,土壤源热泵一种节能的中央空调系统冷热源,节能,1998.5
8. Douglas T. Reindl, Characterizing the marginal basis source energy emissions associated with comfort cooling systems Research report, University of Wisconsin at Madison, 1994
9. William S. Fleming, Ground—Source heat pump design and operation—experience within an Asian country, ASHRAE Transactions Vol. 104 Pt. 1
10. 朱成章,发展燃气式空调机对电力工业的作用,北京节能,1999.5
11. 张跃,燃气空调是未来发展方向,能源工程,1999.6

## 学会动态 中国制冷学会第十一次各地技术咨询服务部 工作会议在丹东召开

中国制冷学会第十一次各地技术咨询服务部工作会议于2000年8月4日—7日在辽宁省丹东市召开,来自沈阳、天津、西安、成都、佛山、深圳等服务部代表出席了会议。中国制冷学会副秘书长邱忠岳同志到会并主持会议。邱副秘书长向与会代表通报了学会今年上半年工作情况及下半年工作安排,希望各地服务部积极配合工作,参加学会的各项活动。各地服务部也相继热烈发言。佛山服务部重点介绍了改机制,转体制,搞合资,开发新产品的经验;天津服务部主要通报了改善经营方向,以销售为辅,安装为主,提高科技含量,集中搞工程的经验;西安服务部侧重汇报了企业如何搞好多种经营,牵线搭桥,跨地区,跨部门联系业务做好中介的经验;沈阳服务部主要体会到要发挥国营大企业人才和技术优势,在开发新产品上领先一步,抢先占领市场的经验;深圳服务部结合自身特点和地区优势,谈了维修保养为主,代理名优产品为辅的经营经验;成都服务部介绍了以工程促销售,以销售带工程的经验。

与会代表一致认为,在中国制冷学会“自愿、服务、合作”方针的指导下,各地服务部自身都得到了不同程度的发展和提高。希望今后多加强合作和交流,相互学习,相互促进,共同发展。会议决定第十二次技术咨询服务部工作会议在四川省成都市举行,由成都服务部承办此会。

(学会秘书处)