

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG

湖南省教育厅教学改革项目 项目编号：湘教发[2003]98号

教育部优秀青年教师教学科研奖励计划项目 项目编号：教人司[2002]383号

资助



普通高等学校

建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境与设备工程 专业导论

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG ZHUANYE DAOLUN

●编 著 张国强 李志生
●主 审 沈恒根



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

湖南省教育厅教学改革项目 项目编号：湘教发[2003]98号

教育部优秀青年教师教学科研奖励计划项目 项目编号：教人司[2002]383号

资助



普通高等学校

建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境与设备工程 专业导论

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG ZHUANYE DAOLUN

●编 著 张国强 李志生

●主 审 沈恒根



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是国内建筑环境与设备工程专业第一本系统进行专业入门教育的教材,全书共分为6章,含附录1~5。教材结合我国当前建筑环境与设备工程专业教育改革和人才培养的具体情况,系统、简要地介绍和论述了本专业学科内涵与外延、学科定位、在国民经济中的地位与作用、专业教育发展过程及趋势、专业教学与课程体系、专业教育方向与专业内容、专业活动与专业资源、专业学习与职业规划、专业职业资格考试、思想道德等内容。本书还吸收了高等教育学、管理学、人事行政学等国内外相关领域的最新科研成果,信息量丰富,知识面宽,视野较广。

本书可作为全国高等学校建筑环境与设备专业本(专)科学生的教学用书,也可以作为相关专业进行入学教育和大学学习生活指导的辅导教材,对从事建筑环境与设备工程领域工作的广大教师、工程技术人员也是一本有益的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境与设备工程专业导论/张国强,李志生编著.

重庆:重庆大学出版社,2007.7

普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材

ISBN 978-7-5624-4133-5

I. 建… II. ①张…②李… III. ①建筑工程—环境管理—高等学校—教材②房屋建筑设备—高等学校—教材
IV. TU-023 TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 100287 号

普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境与设备工程专业导论

编 著 张国强 李志生

主 审 沈恒根

责任编辑:陈红梅 伍 培 版式设计:陈红梅

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:300千 插页:16 开2页

2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4133-5 定价:19.00元

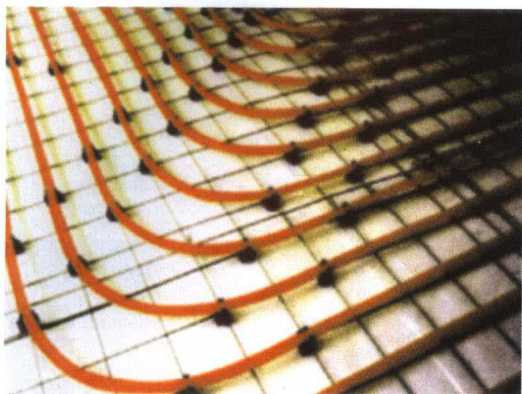
本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

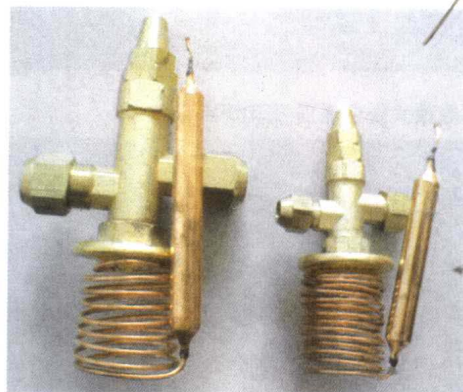
制作各类出版物及配套用书,违者必究

导论图片选

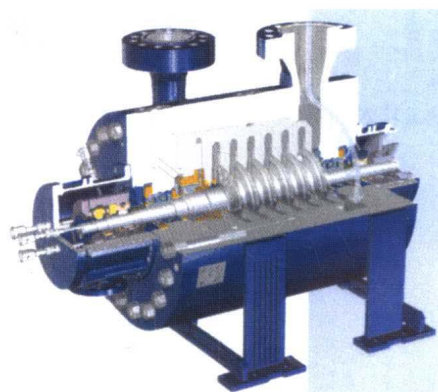
(一) 建筑设备类



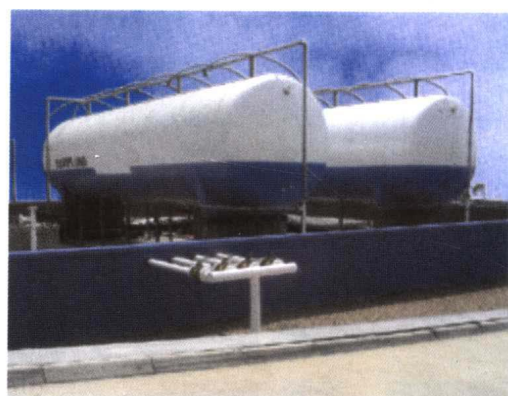
①预埋于活动地板下的辐射供暖系统管路



②蒸汽压缩制冷系统中所用的热力膨胀阀



③离心式制冷压缩机的内部构造



④LNG 气站卧式低温储罐

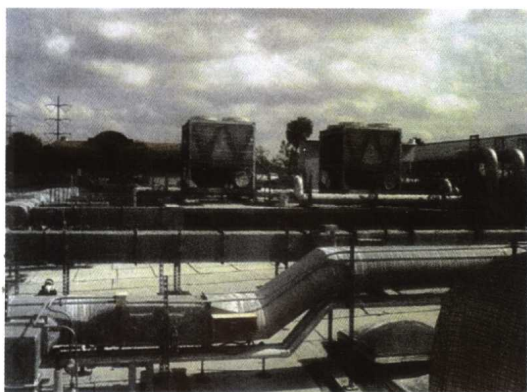


⑤安装于屋顶的太阳能装置

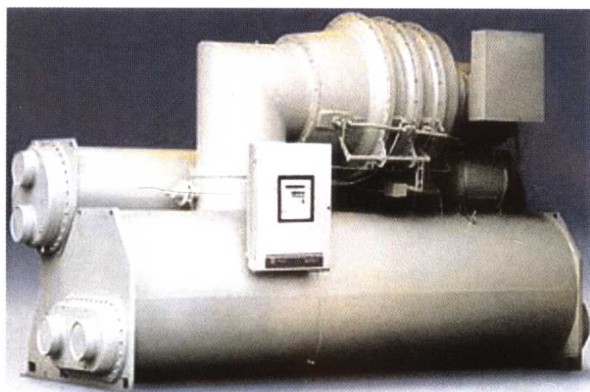


⑥中央空调现场的冷却塔





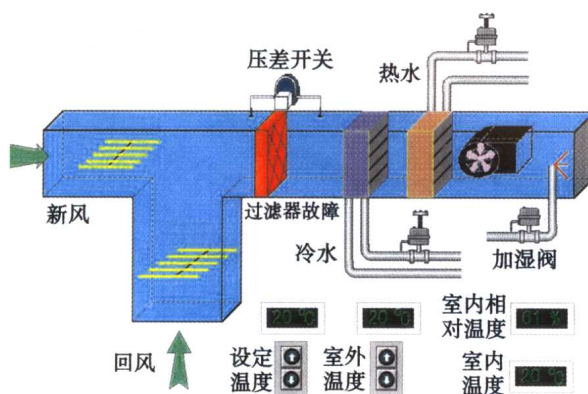
⑦屋顶式空调系统及其管路设备



⑧特灵冷水机组

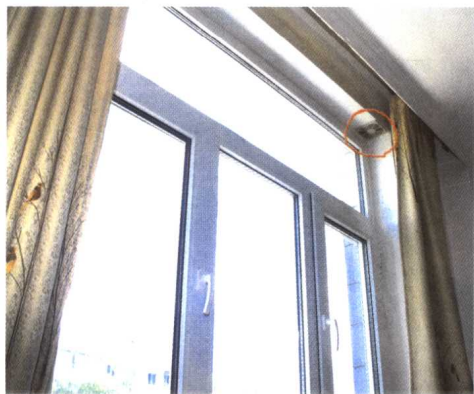


⑨安装于现场的约克牌大型冷水机组(广东中山)



⑩空调箱系统工作过程仿真

(二) 建筑环境类



①通风隔声窗(图中圆圈处为平时通风设施)



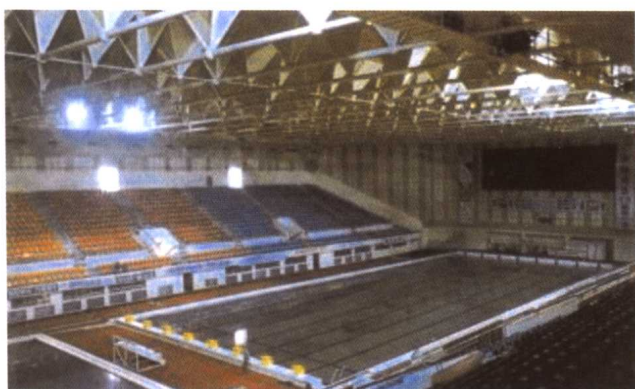
②北京市地铁公司四惠站及东折返线声屏障工程



③华南师范大学手球馆内的噪声处理措施



④北京天坛皇穹宇直径 65 m 的回音壁



⑤广州天河体育中心游泳馆的噪声处理措施



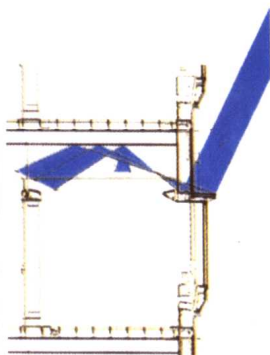
⑥办公室中的隔音板



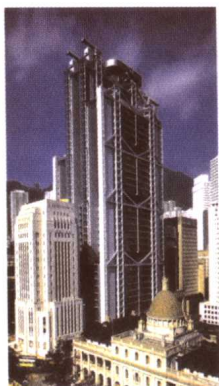
⑦日本代代木体育馆的声音处理措施



⑧用于中庭的天然采光



⑨利用反射镜和吊顶反射自然光



⑩自然光的充分利用(香港汇丰银行)



⑪德国的太阳能建筑一体化(光伏)



⑫生态建筑的典范(马来西亚米那亚大厦)



⑬SHELL 公司的太阳能光伏建筑一体化

特别鸣谢单位

(排名不分先后)

天津大学	重庆大学
广州大学	江苏大学
湖南大学	南华大学
东南大学	扬州大学
苏州大学	同济大学
西华大学	东华大学
江苏科技大学	上海理工大学
中国矿业大学	南京工业大学
南京工程学院	华中科技大学
南京林业大学	武汉科技大学
武汉理工大学	山东科技大学
天津工业大学	河北工业大学
安徽工业大学	合肥工业大学
广东工业大学	重庆交通大学
福建工程学院	重庆科技学院
江苏制冷学会	西安交通大学
解放军后勤工程学院	西安建筑科技大学
新疆伊犁师范学院	安徽建筑工业学院
江苏省建委定额管理站	

前言

“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”已经成为国人的共识。1997年,国家教育部为适应国内外新形势发展的需要,对全国本科专业目录进行了调整,在原“供热、通风与空调工程”和“燃气工程”专业的基础上,通过拓宽、深化和综合专业服务对象和学科内容,新组建了“建筑环境与设备工程”专业。此后,一系列面向21世纪的“十五”、“十一五”规划教材相继产生。目前,全国140余所高等学校中有许多院校已开设了“建筑环境与设备工程专业导论”课程,对学生进行系统的专业入门教育,但针对该课程的教材却一直没有。因此,我们组织编写了本教材供全国高校相关专业教学使用。

本书根据全国高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会新修订的专业培养方案要求,在作者长期教学、科研与工程实践经验积累的基础上,充分吸收国内外最新的教育、教学、科研成果和社会信息编著而成。全书按16~24学时的教学要求编写,可作为高等学校建筑环境与设备工程专业导论课程的教材,以及本专业有关工作人员的参考书,部分内容也可以作为其他相关工科专业了解本行业、进行入学教育和大学学习生活指导的辅导教材或参考用书。

本书按“大专业、宽口径”的要求,紧紧围绕建筑环境与设备工程专业的新变化和新趋势,针对将要进入本专业学习的学生,系统而简明地阐述专业发展历史、专业教育发展过程及趋势、专业教学与课程体系、专业教育方向与专业内容、专业活动与专业资源、专业学习与职业规划、专业职业资格考试等方面的内容,让学生了解专业全貌。另外,本书强调“教书”与“育人”相结合,针对大学学习的特点、职业道路规划和职业道德等方面进行论述和概括,试图培养学生对专业学习的兴趣,提供专业学习和职业道路规划的入门知识。

本教材由湖南大学张国强和广东工业大学李志生编著,湖南大学陈晓、杨薇和王平参编。全书由张国强负责拟订框架和思路,确定各章节内容和提供各章相关的素材,并统筹定稿;李志生负责全书的具体编写组织工作。具体编写分工为:第1.1节、第1.2节、第1.3节、第1.4节由张国强编写;第1.5节、第1.6节、第2.2节、第3章、第4.1节、第4.2节、第5.3节、第6章由李志生编写;第2.1节和2.3节由陈晓编写;杨薇和王平共同编写了第4.3节、第5.1节和第5.2

节。东华大学沈恒根教授审阅了全书。

在本书框架和思路的确定过程中,参考了东华大学沈恒根教授的课程讲授提纲;在编写过程中,得到了广东工业大学梅胜、李冬梅、南华大学刘泽华、湖南科技大学邹声华、湖南工业大学寇广孝等同仁的支持与指导;重庆科技学院伍培担任本书特约编辑;重庆大学付祥钊教授担任本书终审,特此一并致谢!本书出版得到了湖南省教育厅教学改革项目(项目编号:湘教发[2003]98号)和教育部优秀青年教师教学科研奖励计划项目(项目编号:教人司[2002]383号)的资助。

由于本教材内容较新,书中一定还存在许多不足之处,恳请广大读者批评指正,并提出宝贵建议。具体意见可以发至 gqzhang@188.com(张国强)、China-heat@163.com(李志生)。另外,中国空调制冷网(<http://www.chinahvacr.com/>)将为本书开辟专栏和论坛,供广大读者交流,提出意见与建议。通过吸收您的宝贵建议和本专业发展产生的最新成果,期待本书再版时质量能有较大的提高。

编者

2007年6月

目 录

1 绪 论	1
1.1 建筑、能源与环境	2
1.2 建筑能源利用与建筑节能	8
1.3 建筑室内环境	15
1.4 可持续建筑	20
1.5 本专业的内涵、外延与定位	24
1.6 本课程的主要内容与学习方法	29
复习与思考题	30
2 专业教育发展	31
2.1 国际专业教育发展	31
2.2 国内专业教育发展	35
复习与思考题	41
3 专业教学与课程体系	42
3.1 高等教育与培养目标	42
3.2 专业教学活动	47
3.3 培养体系与专业课程	56
复习与思考题	62
4 专业方向与专业内容	63
4.1 专业方向	63
4.2 专业内容	67
4.3 专业应用软件简介	82
复习与思考题	88
5 专业活动与专业资源	89
5.1 专业学术组织	89
5.2 专业学术刊物	96
5.3 专业学术会议	104
5.4 专业网站资源	108
复习与思考题	113

6 专业学习与职业规划	114
6.1 高等教育	114
6.2 专业学习	120
6.3 素质教育	124
6.4 职业规划	127
6.5 专业执业资格考试	140
6.6 综合讨论	145
复习与思考题	155
附 录	156
附录 1 全国高等学校建筑环境与设备工程专业(本科)评估标准(试行)	156
附录 2 全国高等学校建筑环境与设备工程专业(本科)评估程序与方法(试行)	160
附录 3 注册公用设备工程师执业资格制度暂行规定	166
附录 4 注册公用设备工程师执业资格考试实施办法	169
附录 5 注册公用设备工程师执业资格考试大纲和考试内容	171

1 绪 论

衣、食、住、行是人类最基本的生活需求,也是人类发展永恒的主题。建筑物解决人们“住”的问题,其主要功能之一是为人们提供舒适的生活环境和高效的工作环境,与室外自然环境相对应,这种工作环境称为“建筑室内环境”,有时简称为“建筑环境”,建筑围护结构以及建筑设备是实现这种环境的硬件设施。广义的“建筑环境”还包括建筑物周围的环境,以及由于建筑物建造和运行而造成的对周围环境的影响。另外一个相关的概念是“人工环境”,指采用人工手段营造的环境,包括建筑室内环境、运载工具环境、工农业生产环境、冷冻冷藏环境、极端环境等。

建筑室内环境主要解决人类文明生活中必须的舒适、健康和由此带来的工作效率问题,主要包括建筑室内热湿环境、室内空气品质、室内声环境和室内光环境等。现代城市的人群80%以上的时间生活在室内,当自然界的温度、湿度、风速、太阳辐射等超出人类舒适的范围时,如果室外空气和热量直接和室内相通,人们就会产生不舒适的感觉。这种情况下,就需要利用建筑围护结构和建筑设备对室内环境进行调节。其中,利用建筑围护结构进行气候调节的方法称为“被动式”调节方法,利用建筑设备进行气候调节的方法称为“主动式”调节方法。主动式调节方法需要消耗能量,而被动式调节方法不需要消耗能量,这是二者的差别。随着社会发展和人民生活水平的提高,现代社会越来越多地依赖主动式调节方法调节建筑室内环境,导致建筑能源消耗越来越大,目前发达国家已经达到全社会能耗的30%以上,而我国也达到20%左右。这就使得建筑室内环境与能源消耗密切相关,而常规能源的消耗是影响和破坏地球自然环境重要因素。因此,利用最小的能量消耗和对自然环境的最小影响,创造有利于人类舒适的建筑室内环境,成为本专业的基本目标。

调节建筑室内环境消耗的能量主要用于将室外空气处理到室内的状态。对于同样热湿状态的室外空气,需要处理的量越多,消耗的能量越多。因此,为了降低能耗,现代社会的建筑物密封状况越来越好。与此同时,室内装修材料、设备使用增多,导致建筑室内空气环境恶化,而生活方式和工作方式的改变,使得居民停留在室内的时间越来越长,室内环境严重影响居民身体健康。由于舒适和健康问题研究直接影响居民的工作效率,因而建筑室内环境与健康问题、工作效率问题也成为本专业新时期的重要研究目标。

总之,建筑环境与设备工程专业以工程热力学、传热学、流体力学、热质交换原理与设备和建筑环境学等课程为基础,利用建筑设备创造良好的建筑室内环境,同时做到节约能源和减少相应的对自然环境的影响。建筑环境与设备工程专业涉及建筑室内环境的营造、建筑能源消

耗和相应的环境影响,按照现代社会对可持续发展的定义,本专业教育承担了建筑领域的可持续发展过程中的重要责任。

1.1 建筑、能源与环境

建筑是人类为了生存而对自然进行的再造活动,是一种空间艺术和科学技术的结合,体现了一定的社会文化和地域特色,也反映了时代的特点、人们的生活质量和科技发展水平。能源是人类进行一切社会活动的动力和武器,人类的一切生产和生活行为都离不开对能源的利用,对能源的利用水平也反映了人类的生产力发展水平。自然环境包括气候、山川、河流、地貌、植被等要素,人类和其他生物依赖这些要素生存和发展,而建筑营造的室内环境是人类文明存在和发展的重要环境。

能源、环境是影响全球可持续发展的重要因素。所谓可持续发展,就是“既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。资源(包括能源)、环境、人口是影响可持续发展的3个重要因素。其中,按照目前全球能源利用的速度,地球上的主要化石能源(煤、石油、天然气)探明储量的使用时间都不超过200年;全球变暖、臭氧层破坏、生态破坏、水污染、大气污染及室内空气污染,无不困扰着当今人类社会。因此,能源与环境问题已成为当今社会发展中的重要问题。

建筑、能源与环境的关系密切(见图1.1),建筑物的建造和使用过程需要消耗大量的能源和材料,而能源和材料的广泛使用会影响甚至破坏环境。总之,建筑、能源和环境相互影响,相互联系,共同在可持续发展社会扮演重要的角色。本专业涉及建筑室内环境营造,能源消耗以及相应的对室外环境的影响,在建筑领域的可持续发展中起到重要作用。

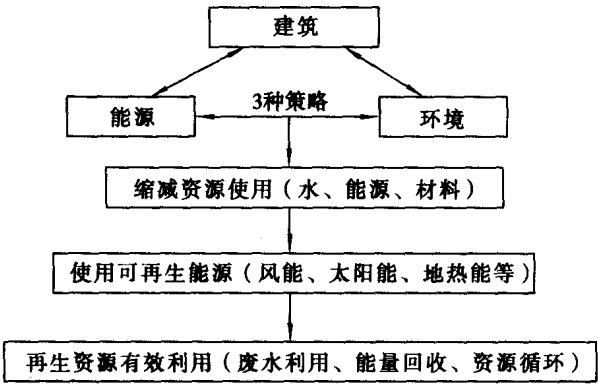


图 1.1 建筑实现可持续发展的途径

1.1.1 我国的能源与环境问题

自工业革命以来,能源问题就成为世界的主要问题之一。特别是20世纪70年代以来连续发生的2次能源危机,更使得能源问题成为牵动全球经济发展的最敏感的问题。

环境问题按照不同的尺度,分为全球环境问题(如全球变暖、臭氧层破坏)、区域环境问题(如生态破坏、水污染和空气污染)、建筑周边环境和建筑室内环境问题等。环境问题影响人类生活质量和健康。环境问题与能源问题有很大的相关性,有些环境问题直接由能源消耗产生,如全球变暖问题;有些环境的改善需要消耗能源,如室内环境的营造。因此,能源与环境经常被并列在一起提出来,成为人类社会发展的两个重要问题。

由于社会经济发展中长期采用不适当的生产与消费方式,尤其是在全球工业化过程中过度地消耗地球上的自然资源,不加治理地大量排放污染物质的生产方式和高度消费的生活方式,造成全球生态和环境的污染,严重阻碍着经济的发展和人民生活质量的提高,继而威胁着全人类未来的生存与发展。环境问题一直存在,但直到20世纪中叶,人类社会才开始认识到这个问题的严重性。其中,由于能源利用引起的环境问题是最重要的方面之一。能源利用过程中产生的环境问题十分复杂,能源的生产和利用是大气污染、酸雨增多、森林减少等区域环境问题,以及气候变暖、臭氧层损耗等全球环境问题的最主要影响因素之一。一般以 CO_2 的排放量来表示能源消耗对环境的影响,据计算,平均每消耗 10^9 J 的能源将产生 0.098 t 的 CO_2 的排放量。2007年2月2日,国际气候变化专门委员会(IPCC)报告指出:近100年地球表面平均温度上升了 0.74°C 。报告认为,人类活动造成温室气体(CO_2 等)的增加是近50年全球变暖的主要原因。

建筑领域的能源消耗包括建筑材料的生产和运输过程、建筑物的建造过程和维持良好建筑环境等的运行过程消耗的能源,无论其能耗相对值还是绝对值都在国家能源消耗中占有相当大的比重。建筑领域所引起的环境问题主要包括建筑物及其材料的生产运输、建造,以及拆除过程中对区域环境的直接污染,特别是消耗能源过程中的废热排放、温室气体排放导致的全球气候变暖、臭氧层破坏和城市热岛等问题,以及建筑室内环境对人类舒适和健康的影响。因此,建筑导致的能源环境问题对国家实施可持续发展战略具有重要影响,在新的形势下,建筑类专业需要把资源能源节约和环境保护作为重要的因素加以考虑。其中,建筑环境与设备工程专业主要需要考虑能源消耗和环境保护问题。

1) 能源问题

尽管中国拥有比较丰富而多样的能源资源,远景一次能源资源总储量估计为4万亿吨标准煤,能源总量位居世界前列;但是,中国人口众多,人均能源资源占有量和消费量远低于世界平均水平。1990年,中国人均探明煤炭储量为 147 t ,为世界平均数的41.4%;人均探明石油储量 2.9 t ,为世界平均数的11%;人均探明天然气量为世界平均数的4%;探明可开发水能资源也低于世界人均数。从人均能源消费看,1994年世界平均水平为 1433 kg 油当量,发达国家为 5066 kg 油当量,中国约为 670 kg 油当量,不到世界平均水平的 $1/2$,仅为发达国家的13.2%。

同时,中国也是世界第二大能源生产国与消费国。目前,中国的能源生产和消费基本平衡(见表1.1),但随着中国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,中国年人均能源消费量将逐年增加,但常规能源资源尤其是石油和天然气相对不足,中国能源供需的缺口将越来越

大,是中国经济、社会可持续发展的一个限制因素。

表 1.1 中国主要常规能源的生产和消耗

年份	生 产					消 耗				
	原煤 /10 ⁸ t	石油 /10 ⁸ t	天然气 /10 ⁸ m ³	电力 /(10 ⁸ kW·h)	一次能源 /10 ⁸ t 标准煤	原煤 /10 ⁸ t	石油 /10 ⁸ t	天然气 /10 ⁸ m ³	电力 /(10 ⁸ kW·h)	一次能源 /10 ⁸ t 标准煤
2000	9.98	1.5	179	13 556	10.8	12.45	2.24	245	13 471	13.52
2001	11.6	1.64	272	14 717	11.39	12.62	2.28	274	14 634	14.10
2002	13.8	1.67	327	16 405	13.06	13.66	2.48	292	16 332	15.14
2003	16.67	1.70	351	19 107	16.03	15.79	2.52	341	18 910	16.78
2004	19.56	1.75	415	21 870	18.05	19.35	2.94	415	21 762	20.27
2005	21.9	1.81	500	24 689	20.6	21.4	3.00	500	24 747	22.2
2006	23.8	1.84	585	28 344	22.1	23.7	3.2	556	—	24.6
2010*	16	1.7	800	—	17.3	23.0	3.6	1 000	—	21.6~23.2

注:①中国节能降耗研究报告(2006,企业管理出版社);中国能源环境发展报告(2006,中国环境科学出版社);中国能源市场(国家发展和改革委员会能源研究所,高世宪,2004);

②2010年的数据预测的结果差别较大,表中为发改委的低方案。

据预测,在采用先进技术、推进节能、加速可再生能源开发利用以及依靠市场力量优化资源配置的条件下,中国到2010年短缺能源约8%,到2040年将短缺24%左右。因此,中国国民经济的发展和人民生活水平的提高都只能走高效利用能源的节能之路。

自20世纪80年代以来,中国的节能工作取得了显著成效。1981—1999年,中国经济保持快速增长(年均增长9.7%),而能源消费的增长速度(年均增长4.6%)远低于经济的增长速度。在过去的20多年里,中国累计节约能源9.5亿t标准煤,单位GDP能耗下降了60%左右,节能率达4.5%,相当于减排粉尘1200万t,减排灰渣2.5亿t,减排二氧化硫1900万t,减排二氧化碳4.2亿t,因此,节能同时也成为了中国环境保护和减排温室气体的有效措施。

尽管中国的节能工作取得了显著成效,但由于经济体制的原因以及历史条件所制约,中国的经济模式一直以来都没有脱离能源、资源消耗型的粗放经济发展模式,地方政府以提高GDP为代表的政绩还是建立在资源和能源的过度消耗基础之上的。2004年,中国首次超过日本成为全球第二大石油进口国,而中国所创造的GDP只有日本的1/4左右,何况中国还自己生产大量的石油和煤炭。2004年,中国经济只占世界总量的4.4%,但消费的原油、原煤等却占到世界消费总量的7.4%及31%,铁矿石、钢材、氧化铝、水泥分别占世界消费总量的30%,27%,25%,40%,更说明中国增长方式的粗放性。目前,中国每千克标准煤能源产生的GDP为0.36美元,日本为5.58美元;法国为3.24美元;韩国为1.56美元;印度为0.72美元;世界平均值为1.86美元。因此,换算为单位能耗的所创造的GDP,日本是中国的15.5倍,法国是

中国的9倍;韩国是中国的4.3倍,世界平均值是中国的5.2倍;就连印度也是中国的2倍(虽然这里有汇率、能源结构、气候条件等不可比因素,但总的趋势还是说明我国能源消耗过大)。据世界银行估计,燃料低利用率使用和高污染排放,使中国的经济损失每年高达1200多亿美元,一部分损失是工业产值,另一部分损失来自支付与污染有关的保健开支。显然,没有任何一个国家的资源和能源能支持这样的经济发展模式。例如,这种经济发展模式的直接后果是从2003年以来,全国大面积地出现“油荒”、“电荒”和“煤荒”。仅在2003年夏季,由于空调负荷增加而拉闸限电的省份就达到17个;2004年入冬以后,由于天气变冷,供暖需求增加,全国又发生了多年非常罕见的冬季拉闸限电,严重影响了人们的生活。

2) 能源消耗引起的环境问题

中国是一个能源生产与消费大国,也是一个以煤为主要能源的国家。能源的开发利用,一方面推动了经济发展,另一方面也引起了严重的环境问题。今后较长一个时期内由于能源消费增加导致的污染物排放继续增加是难以避免的,能源消耗导致的环境污染问题甚至会越来越严重,必须采取各种措施降低能耗,减少污染,这也是中国目前高度重视的节能减排工作的原因。

中国所面临的能源与环境问题,具有发展中国家显著的、典型的特征。能源消耗与环境污染所造成的危害,主要从以下5个方面影响人体健康和经济社会可持续发展:

①大量燃煤造成的城市大气污染,这是中国所面临的最重要能源环境问题之一。由于煤炭消费量的大幅增加,污染物排放量大幅度增加。2005年中国烟尘排放量达到1182.5万t,SO₂排放量达到2549万t。

②过度消耗生物质能引起的生态破坏和水土流失。中国有8亿人口生活在农村,大部分农村人口所使用的能源主要靠燃烧生物质能。过度砍伐和过度使用草场,致使水土流失、农田退化、河流干枯、气候恶化。

③城乡居民燃煤、柴草和秸秆造成的室内空气污染。据世界卫生组织的调查,世界上室内污染最严重的建筑物是中国的西北地区窑洞,由于采用污染极大的煤炭和粪便、柴草为燃料,加之燃烧不充分、通风不科学,窑洞中烟尘、硫化物、氮氧化物、一氧化碳与其他污染物直接影响居民的健康。

④过度的能源消耗造成CO₂排放增加,从而造成温室效应和全球气候变暖问题,将对全球经济社会发展产生重大影响。目前,中国二氧化碳排放量已位居世界第二,2004年中国排放的CO₂达到45亿t,占全球15%以上。预计到2025年前后,中国的二氧化碳排放总量可能超过美国,居世界第一位。

⑤能源生产和消耗过程中所造成的水污染及固体废弃物所造成的城市环境污染问题。表1.2列出了2000—2003年中国城市环境的一些关键指标。由此可见,城市污水处理率最高42.12%,而生活垃圾无害化处理率最高58.2%,噪声达标面积,与城市建成区的总面积相比,小到几乎可以忽略的程度。

尽管我国的环境不容乐观,但是近年来随着我国公众环境保护意识不断增强,环境保护工