



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑环境与设备工程系列教材

建筑节能原理与技术

JIANZHU JIENENG YUANLI YU JISHU

- 总策划 付祥钊
- 编 著 付祥钊 肖益民
- 主 审 刘安田 徐 明



重庆大学出版社

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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑环境与设备工程系列教材

建筑节能原理与技术

JIANZHU JIENENG YUANLI YU JISHU

- 总策划 付祥钊
- 编 著 付祥钊 肖益民
- 主 审 刘安田 徐 明

重庆大学出版社

内 容 提 要

实施建筑节能不仅需要理论与技术的支撑,更需要建筑节能科研与技术人才的支撑。本书是在融会建筑节能所涉及的建筑学、建筑环境与设备工程、建筑材料、气象、环境工程以及社会科学等多门学科的相关理论基础上进一步创新,所形成的一部完整讲述建筑节能原理与技术体系的教材,对于建筑节能人才培养和推动建筑节能理论与技术创新具有重要的意义。

本书2006年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材,可供建筑环境与设备工程、建筑学、环境工程及相关专业本科教学使用,也可供相关工程人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能原理与技术/付祥钊,肖益明编著. —重庆:
重庆大学出版社,2008.9
(建筑环境与设备工程系列教材)
ISBN 978-7-5624-4516-6

I. 建… II. ①付…②肖… III. 建筑—节能—高等学校—
教材 IV. TU111.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第075177号

建筑环境与设备工程系列教材

建筑节能原理与技术

总策划 付祥钊

编 著 付祥钊 肖益民

主 审 刘安田 徐 明

责任编辑:陈红梅 刘丽莹 版式设计:陈红梅

责任校对:贾 梅 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

自贡新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:537千

2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-4516-6 定价:35.00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

编审委员会

- 顾 问 田胜元(重庆大学)
彦启森(清华大学)
刘安田(中国人民解放军后勤工程学院)
- 主任委员 付祥钊(重庆大学)
- 委 员 (排名按姓氏笔画)
- 卢 军(重庆大学)
付祥钊(重庆大学)
安大伟(天津大学)
李长惠(重庆大学出版社)
李永安(山东建筑大学)
刘光远(扬州大学)
李 帆(华中科技大学)
李安桂(西安建筑科技大学)
连之伟(上海交通大学)
张 旭(同济大学)
张国强(湖南大学)
吴祥生(中国人民解放军后勤工程学院)
段常贵(哈尔滨工业大学)
徐 明(中国建筑西南设计研究院)
龚延风(南京工业大学)
黄 晨(上海理工大学)
裴清清(广州大学)
- 秘 书 肖益民(重庆大学)
陈红梅(重庆大学出版社)

序(第二版)

重庆大学教学改革成果——《建筑环境与设备工程系列教材》，在编著者和重庆大学出版社的共同努力下，从2002年至2004年陆续出版，满足了该专业教学的迫切需要，2005年获得重庆市优秀成果奖。

2003年11月13日，《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——建筑环境与设备工程专业》正式颁布。重庆大学城市建设与环境工程学院、重庆大学出版社联合组织来自清华大学、重庆大学、华中科技大学、东南大学、南京航空航天大学、中国人民解放军后勤工程学院、重庆科技学院、西南石油学院、福建工程学院等高校的专家、学者同编著者一起，进行了学习和研讨，并决定立即启动《建筑环境与设备工程系列教材》(第二版)及扩展新教材的编写和出版工作。各位编著者都做出了积极的响应，更多学术造诣高，富有教学和工程实践经验的老师们加入了编写、主审和编委队伍。

《建筑环境与设备工程系列教材》的及时更版和扩展，为解决长期以来学生和社会反映强烈的教学内容陈旧问题创造了条件。各位编著者认真总结了第一版使用中的经验教训，仔细领会专业指导委员会的意见和公用设备工程师注册的专业教育要求，密切关注相关科学技术的发展，使第二版从体系到内容都有明显改进。第二版更注意在保持各门课程的完整性的同时，加强各门课程之间的呼应与协调，理论与工程实践相结合的特色更加鲜明。扩展新教材是该系列教材的进一步补充和完善，有助于拓宽专业口径。燃气方向的选题，丰富了我国该方面急需的技术专业书籍。

教材建设是一个精益求精、永无止境的奉献过程。祝愿编著者和出版社积极进取，努力奉献，保持本系列教材及时改版、更臻完美的好做法。编著者亲自在教学第一线讲授自己编写的教材，对于教材质量的提高是必须的；同时，通过广泛交流和调查研究，听取意见和建议，吸取各校师生使用教材的经验教训，对于教材的完善更是非常重要的。

如何解决专业教学内容日益丰富，而讲授学时显著减少的矛盾，是当前专业教学面临的困难之一。全国各高校的专业老师们都在努力寻找或创造解决这一矛盾的方法。总结和提炼这方面的教学实践经验，可使本系列教材内容新颖而丰富，所需的讲授学时相对减少。

近几年，现代教学手段正在各高校迅速普及。基于现代教学手段，我们这套系列教材的教学方法也应努力创新。

本系列教材第二版的完成及扩展教材的出版，既要祝贺编审和出版社，更要感谢使用每本系列教材的教师和同学们，他们献出了很多极有价值的意见。

付祥利

2005年10月

序(第一版)

建筑环境与设备工程专业是按新的教育思想,以原供热供燃气通风与空调工程专业为主,与建筑设备等专业一起整合拓宽的一个新专业。学生毕业后从事的主要工程领域是公用设备工程,执业身份是注册公用设备工程师。

公用设备工程是一幢建筑、一个城市、一个国家现代化程度的主要标志之一,是一个十分广阔而且正在不断发展扩大的工程领域。为了学生能在有限的时间内全面完成注册公用设备工程师所要求的专业教育,必须构建好建筑环境与设备工程专业学科体系。在全国高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会的组织与指导下,各高校合作开展教学改革,构建了建筑环境学和流体输配、传热传质等工程学原理与关键技术组成的学科平台,并编写出版了推荐教材。

建成学科平台之后,紧接着需要在平台上展开公用设备工程的技术体系。

本系列教材就是为了满足上述要求而组织编写的。其目标是充分利用学科平台,全面展开公用设备工程技术体系的教学,显著拓宽专业口径,增强学生驾驭工程技术的能力。

本系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它特别注意与学科平台的联系,努力消除原专业课程中的重复现象,突出公用设备工程的主体技术,提高学时效率,有利教学改革。

本系列教材的编者既有教学经验又有工程实践经验,而且一直同时处于教学和工程第一线。他们在编写这套教材时,十分重视理论联系实际,重视引入最新工程技术成果。

通过本系列教材的学习,学生能够把握建筑环境与设备工程专业的学科技术;结合生产实习、课程设计和毕业设计等实践教学环节的训练,掌握工程技术问题的综合处理方法,达到注册公用设备工程师所要求的专业技术水平。

这套系列教材也可用于学生和工程技术人员自学来系统掌握公用设备工程技术。

预祝本系列教材在编者、授课教师和学生的共同努力下,通过教学实践,获得进一步的完善和提高。

付祥利

2002年3月

前 言

本书是“十一五”国家级规划教材,具有一定的探索性和尝试性。本书是国家科技支撑计划子课题——长江流域住宅节能理论与策略研究(2006BAJ01A05-06)的成果之一,是为课题“建设一支由中青年专家组成的、在长江流域开展建筑节能,实现国家战略目标的创新团队,培养博士生8~10名,硕士生10~15名;培养分布在建筑设计、建造、运行、管理全过程和设备生产供应售后服务各环节中的一批技术骨干”的考核指标服务的。

由于20世纪70年代的石油危机和随之而来的日益严峻的全球能源环境形势,使建筑节能在全球猛然爆发,逐渐展开。在此之前,没有一个关于建筑节能观念、思想和理论的孕育过程。国内外的建筑节能活动主要围绕急切的节能目标、某些具体技术和产品研发推广应用进行,而其理论体系的研究与构建被排挤到很次要的地位,几乎被忽视。

由于没有系统的理论作指导,国际国内的建筑节能都走了一些弯路,甚至造成重大损失。最典型的是将建筑节能过分地倚靠建筑围护结构的保温和密闭,从而引发室内空气品质问题,造成的人体健康和工作效率的损失,超过了建筑节能的收益。

理论的缺失,使貌似科学的商业广告搅乱了人们的头脑。

国际国内30余年的建筑节能历程,为研究和构建建筑节能理论体系奠定了社会实践基础。

借编写《建筑节能原理与技术》的机会,作者努力开展了这方面的研究,建立了一个基本观念——建筑节能的可持续发展观念;三条适应性(协调性)原理——建筑节能的气候适应性原理、建筑节能的社会适应性原理、建筑节能的整体协调性原理;五方面措施组成的建筑节能理论的初步框架——调节阳光、改善通风、合理保温、高效设备和科学管理。

从建筑节能社会实践中提炼理论,非个人之力所能完成,需要学界的共同努力。通过学术争鸣与探讨,建筑节能理论体系必然日臻丰富和完整。

形成和发展中的理论不是经典,也是不成熟的,这必然存在争议和难免出现错误。将非经典、有争议的内容写成教材,是扬弃传统的教材观的一种尝试。只学习经典和权威,不利于学生的个性发展。了解探索和批评发展中的理论,有利于锻炼学生的思辨能力和理论创新能力。希望学生们从审核的角度阅读和讨论本教材,也建议使用本教材的教师不要将本教材的个别观点和结论作为经典要求学生死记硬背,应付考试。

本书编著分工为:第1~7章由重庆大学付祥钊编著;第8~9章由重庆大学肖益民编著;第10章由付祥钊、杨李宁(中冶赛迪工程技术股份有限公司)共同编著。

付祥钊协调了各章内容和观点,杨李宁协助了文字处理工作。

感谢解放军后勤工程学院刘安田教授和中国建筑西南设计研究院徐明总工程师对本书的审阅和提出的宝贵意见。

感谢陈红梅、刘丽莹对本书所做的编辑工作。

编著者

2008年6月

目 录

1 绪 论	1
1.1 建筑节能的含义和意义	1
1.2 建筑节能的基本原理	5
1.3 建筑热环境质量标准的社会适应性	10
1.4 建筑节能设计的整体协调性	20
1.5 建筑设备系统的整体协调性	23
讨论(思考)题 1	27
参考文献 1	27
2 建筑节能气候学	29
2.1 气候学的基本知识	29
2.2 室外气象模型	36
2.3 建筑气候分区	41
2.4 城市建筑节能气候分类	46
2.5 城市建筑节能季节划分	52
2.6 建筑的气候适应性	63
讨论(思考)题 2	67
参考文献 2	68
3 建筑节能社会调查	69
3.1 建筑节能社会测量与指标体系	69
3.2 建筑节能社会调查方案设计	73
3.3 建筑节能社会调查的主要方法	77
3.4 建筑节能社会调查的信度和效度评价	85
3.5 调查对象的选取	89
3.6 建筑节能社会调查资料整理与分析	96
讨论(思考)题 3	105
参考文献 3	105
4 调节阳光	106
4.1 太阳的运动规律	106

4.2	太阳辐射热	109
4.3	争取冬季阳光	113
4.4	夏季遮蔽阳光	120
4.5	朝向与遮阳的阳光调节功能	128
4.6	遮阳系数对建筑能耗影响的模拟分析	136
4.7	小结	140
	讨论(思考)题4	140
	参考文献4	141
5	围护结构保温隔热的合理要求与技术	142
5.1	建筑围护结构的传热模型	142
5.2	合理保温隔热的案例分析	145
5.3	各气候区围护结构保温隔热的合理要求	151
5.4	墙体保温隔热措施	157
5.5	屋面保温隔热技术	163
5.6	地面的防潮和节能设计	167
	讨论(思考)题5	169
	参考文献5	169
6	改善通风	170
6.1	通风的作用与类型	170
6.2	自然通风的原理与应用	173
6.3	通风与建筑规划设计的整体协调性	179
6.4	穿堂风	183
6.5	楼梯间的通风	187
6.6	湿度控制与新风能耗季节划分	188
6.7	新风全年能耗分析	194
6.8	改善夏季通风控制	200
	讨论(思考)题6	207
	参考文献6	207
7	冷热源利用	209
7.1	冷热源分类与评价指标	209
7.2	冷热源设备的工作原理与评价指标	212
7.3	太阳辐射的利用	215
7.4	利用夜空作为冷源	219
7.5	空气作为冷热源	220
7.6	水作为冷热源	222
7.7	岩土作为冷热源	238

讨论(思考)题7	249
参考文献7	249
8 暖通空调系统能源利用效率评价	251
8.1 暖通空调系统一次能源利用效率评价方法	251
8.2 暖通空调系统的焓分析	257
8.3 建筑冷热源系统能源利用效率评价	260
8.4 热泵的能源利用效率	263
8.5 建筑热电冷联供系统	269
讨论(思考)题8	271
参考文献8	272
9 建筑设备系统节能技术	273
9.1 变制冷剂流量的多联机系统	273
9.2 “免费供冷”技术	275
9.3 温度湿度独立控制的空调系统	278
9.4 建筑冷热输配系统节能技术	282
9.5 建筑热回收技术	295
9.6 用电系统节能技术	300
9.7 大型公共建筑节能运行管理	304
讨论(思考)题9	308
参考文献9	308
10 建筑节能管理与服务	310
10.1 建筑节能管理ABC	310
10.2 建筑节能管理中的博弈	312
10.3 新建建筑节能管理	320
10.4 建筑使用过程中的节能管理	323
10.5 建筑节能服务体系	329
讨论(思考)题10	331
参考文献10	331

1 绪 论

建筑节能的直接目的是提高建筑使用过程中的能源利用效率。由于全社会所有成员都直接参与建筑的使用,因此建筑节能不只是一种技术,也不只是一种工程,而是人类为了应对面临的能源环境形势所开展的社会行动,是人类社会可持续发展的重要组成部分。对建筑节能的理解与把握需要冲破技术和工程的界限,登上更为宽广、更为高远的领域。

1.1 建筑节能的含义和意义

1.1.1 建筑节能的含义

能源对人类生存与发展的重要性早已成为共识。当前人类社会对能源的消耗主要发生在物质生产过程、交通运输过程和民用建筑(不包括物质生产厂房)使用过程,它们分别称为生产能耗、交通能耗和建筑能耗:

①生产能耗。其大小不仅取决于所生产的物质产品的种类和数量,还取决于生产工艺和生产过程中管理水平,即取决于“生产什么”、“生产多少”和“怎样生产”。

②交通能耗。其大小主要取决于交通运输过程中的运输量(数量和距离)、运输条件(道路、航道和航线状况)、交通运输工具(车辆、飞机等)的能效性能和管理水平。

③建筑能耗。其大小主要取决于建筑的总量、性能和使用状况,建筑设备的能效性能和建筑使用过程中的管理水平。

这3大部分能耗所占比例的大小,取决于社会经济发展水平。在以第一、二产业为主的社会,生产能耗的比例大,如我国大陆和其他发展中国家。第三产业发达的社会,如欧美国家和我国香港地区等,建筑能耗的比例大。生活水平越高,相应的建筑能耗比例也大。在发达国家中,这3大能耗大约各占社会总能耗的1/3。目前,我国生产能耗所占的比例大于交通能耗和建筑能耗,但交通能耗和建筑能耗的比例正在迅速上升。

节能的实质性含义是提高能源的利用效率。能源效率可定义为:为终端用户提供的能源服务与所消耗的能源量之比。节能的关键在于加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理及环境和社会可以承受的措施,减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费,更加有效、合理地利用能源。节能不能简单地认为是少用能。

建筑节能的含义是提高建筑使用过程中的能源效率。当代的建筑能耗主要包括采暖、通风、空调、照明、炊事、家用电器和热水供应等的能源消耗。建筑的能源利用效率可定义为:为居住者所提供的卫生舒适的居住条件与所消耗的能源量之比。

有观点认为,从建筑的全寿命周期能耗角度看,在建筑的建造和拆除过程中,甚至建筑材料生产过程中所消耗的能源也应计入建筑能耗,并提出广义建筑节能的观点。但是,建筑建造和拆除过程中能耗、建筑材料生产过程中的能耗,其成因与规律、节约原理与技术等都具有显著的生产能耗特质,与本书分析讨论的提高建筑使用过程中能源利用效率的原理和技术相去较远,故本书未采纳这一观点。

1.1.2 人类面临的能源环境问题

20世纪70年代,石油危机对石油进口国的经济发展和社会生活产生的冲击,给发达国家敲响了能源供应的警钟,全世界都开始认识到节约能源的重要性。发达国家从立法、行政和市场相结合,推动节能科技开发和节能技术产品的应用,加强能源管理,以及普及科学知识等措施,在缓解石油危机方面发挥了重要作用。石油危机过去了,国际战略能源供应的紧张局势并没有缓解,更为严重的是大量消费炭能源造成的大气污染。温室效应威胁着地球生态环境。在过去的100年中,全球平均地表气温上升了 $0.3 \sim 0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,海平面上升了 $10 \sim 25 \text{ cm}$ 。这主要与全球平均温度升高有关。2007年,联合国环境规划署宣布全球气候变暖已经是不争的事实,其原因90%来自于人类活动。若对温室气体不采取减排措施,未来几十年内全球平均气温每10年将升高 $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$,到2100年全球平均气温将升高 $1 \sim 3.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$,这将危及人类的生存和发展。

影响 CO_2 排放量的主要因素有:人口、经济结构及发展水平、能源结构及消费水平、技术进步等。各国都要经历对能源依赖程度较高的工业化阶段,很少有国家例外。另外,随着经济的发展和人民生活水平的提高,城市化进程将会加快,居民生活将对能源需求提出更高的要求。世界各国的发展历史和趋势表明,人均商品能源消费和经济发达水平有明显的相关关系。工业化国家人均商品能源消费无一例外达到很高的水平:其中美国1995年为人均11.24吨标准煤*,为我国的11倍;即使像能源经济效率很高的日本,其1995年人均能源消费量也达到5.61吨标准煤。相反,发展中国家,如中国、印度,其人均消费水平则普遍较低,1995年还不到1吨标准煤。假定美国在2010年以后将其能源活动引起的 CO_2 排放量稳定在1990年的水平,按照我国目前有关能源活动 CO_2 排放构想方案,预计到2020年我国的一次能源需求量为 2.460×10^5 万吨标准煤, CO_2 排放总量为 1.326×10^5 万吨,有可能超过美国,成为世界第一排放大国。2025—2030年,预计我国的人均 CO_2 排放量将超过全球人均排放水平。

我国面临的能源环境问题还有燃煤过程中排放的 SO_2 造成的严重酸雨。早在1995年,我国 SO_2 排放量就达到2370万吨,超过了欧洲和美国,居世界首位。我国酸雨范围不

* 1吨标准煤=29.3GJ,下同。

断扩大,已由 20 世纪 80 年代初的西南局部地区,扩展到西南、华南、华中和华东的大部分地区。酸雨和 SO_2 污染危害居民健康、腐蚀建筑材料、破坏生态系统,已经对我国国民经济造成了巨大的损失。

节能与保护环境具有高度的一致性。

1.1.3 可持续发展与《联合国气候变化框架公约》

1) 可持续发展

“可持续发展”是当代人类面对全球生态危机和社会矛盾而形成的新的发展观念和发展模式。20 世纪 80 年代以来,可持续发展观念的广泛酝酿形成,堪称人类现代发展史上一次划时代的进步。可持续发展定义为既满足当代人的需求,又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展。经过短短 10 余年的时间,在 1992 年里约热内卢联合国环境发展大会上,可持续发展观念被全世界各国认同。各国都把可持续发展的思想和原则融会到发展的行动之中,使其成为国家发展的重大指导方针和基本战略;可持续发展还成为诊断区域开发合理程度及其是否健康发展的标准。

可持续发展思想的核心在于正确规范两大基本关系:一是“人与自然”之间的关系,二是“人与人”之间的关系。人类应以高度的科学认知与道德责任感,自觉地规范自己的行为,创造一个和谐的世界。人与自然之间相互适应和协同进化是人类文明得以可持续发展的“外部条件”;而人与人之间的相互尊重、平等互利、互助互信、自律互律、共建共享以及当代的发展不以危及后代的生存与发展为代价等,则是人类文明得以延续的“内部根据性条件”。唯有这种必要性条件与充分性条件的完整组合,才能真正地构建出可持续发展的理想框架,完成对传统思维定式的突破,最终形成世界上不同社会制度、不同意识形态、不同文化背景的人们在可持续发展问题上的基本共识。

可持续发展的最终目标:其一,不断满足当代和后代人的生产、生活和发展对于物质、能量、信息、文化的需求,强调的是“发展”;其二,代际之间应体现公平的原则去使用和管理属于全人类的资源和环境,每代人都要以公正的原则担负起各自的责任,当代人的发展不能以牺牲后代人的发展为代价,强调的是“公平”;其三,国际和区际之间应体现均富、合作、互补、平等的原则,缩短空间范围内同代人之间的差距,不应造成物质上、能量上、信息上乃至心理上的鸿沟,以此去实现“资源—生产—市场”之间的内部协调和统一,强调的是“合作”;其四,创造“自然—社会—经济”支持系统适宜的外部条件,使得人类生活在一种更严格、更有序、更健康、更愉悦的环境之中,使系统的组织结构和运行机制不断地被优化,强调的是“协调”。只有当人类向自然的索取被人类对自然的回馈所补偿时,可持续发展才能真正实现。可持续发展直接关系到人类文明的延续,是建筑节能最基本的原则。

2) 《联合国气候变化框架公约》

19 世纪末,瑞典科学家万特·阿尔赫尼斯(Svante Arrhenius)提出了温室效应概念并做了描述。直到 20 世纪 70 年代初期,各国科学家对气候变化问题仍缺少系统的研究。1972 年召开的斯德哥尔摩人类环境会议,使人们加强了对潜在的气候变化和 Related 问题的

研究。20世纪70年代末期,科学家们开始把气候变化看作一个潜在的严重问题。联合国大会于1988年12月通过了一项关于为人类现在这一代和将来的子孙后代保护气候的决议。1992年5月9日在纽约通过了《联合国气候变化框架公约》,简称《气候公约》,并在里约热内卢环境发展大会期间供与会各国签署。公约于1994年3月21日生效。

《气候公约》对高度依赖可耗尽自然资源发展物质文明的社会经济模式进行了批评,提出了可持续的新发展模式,并一般性地确立了温室气体的减排目标,而没有硬性规定减排的具体指标。发达国家认为《气候公约》所规定的义务不具有法律约束力,属于软义务。目前只有少数发达国家温室气体排放量降到1990年水平,并且在技术转让和资金提供上行动也十分有限。从1995年“柏林授权”开始,经过艰苦的谈判,于1997形成了《京都议定书》。《京都议定书》的核心内容是为发达国家明确规定了第一承诺期减、限排的定量目标和时间表,要求在2008—2012年承诺期间期温室气体的全部排放量比1990年的实际排放水平至少削减5%。在履约方式上,议定书规定发达国家可以单独或通过“联合履行”、“清洁发展机制”和“排放贸易”等手段,实现其部分减排承诺。《京都议定书》从各国能够接受的条件出发,并没有规定所有的发达国家都要绝对减排。例如,新西兰、俄罗斯、乌克兰不减排,而澳大利亚等三国还允许增长排放,其中挪威增长1%,澳大利亚增长8%,冰岛增长10%。具体温室气体减排额有替代的灵活性和余地,议定书允许将CO₂之外的其他5种温室气体用“全球增温潜势”按“二氧化碳当量”计算;同时,议定书还允许森林等吸收“汇”抵消一部分减排额,进一步增加了灵活性。

2007年12月在印尼巴厘岛,联合国气候大会上签署了《巴厘岛路线图》,商定了2012年《京都议定书》到期后各国在减少CO₂排放上的责任和义务。路线图把所有国家都纳入其中,各国负有“共同而有区别的责任”,即发达国家承担起量化减排责任,发展中国家虽然不必承担量化减排,但也要积极采取措施控制排放增加,乃至减排。

CO₂减排已经成为国际社会减缓全球气候变化的主要对策,对全球能源生产和消费产生了重大影响。我国是发展中国家,实现经济和社会发展、消除贫困是首要和压倒一切的优先目标。在未来相当长时期内经济仍将保持快速增长,人民的生活水平必将有一个较大幅度的提高,能源需求和CO₂排放量还将增长,作为温室气体排放大国的形象将更加突出。另一方面,当前国际社会提出的减缓CO₂排放的政策和措施主要集中在提高能源利用效率、发展可再生能源,这不仅符合我国经济增长方式从粗放型向集约型根本转变的需要,而且促进高效能源技术和节能产品的全球扩展与传播,有利于促进我国能源利用效率的提高和能源结构的优化。

1.1.4 建筑节能的意义

尽管我国社会经济发展水平和生活水平都还不高,但建筑能耗已达社会总能耗的1/4,而且还在逐步上升。我国能源使用效率仅是国际先进水平的1/2。在大城市,冬季采暖热负荷、夏季空调冷负荷成为电力高峰负荷的主要组成部分。当气温高于25℃或低于10℃时,大城市电力负荷变化趋势与气候规律紧密相关。2004年,上海气温到35~38℃

时,最大用电负荷高达 1.5×10^4 MW 以上,比平时高出 4 000 MW。在我国香港地区,电力的 84%、燃气的 96% 被建筑所消耗。建筑能耗状况成为牵动社会经济发展全局的大问题。21 世纪头 20 年,是我国建筑业的鼎盛期,2020 年全国建筑面积将接近 2000 年的 2 倍。目前,我国每年建成的房屋达 16 亿 ~ 20 亿平方米,超过各发达国家年建成建筑面积的总和,不仅既有的近 400 亿平方米建筑的 99% 为高耗能建筑,新建建筑的 95% 以上仍属于高能耗建筑,单位建筑面积采暖能耗为发达国家新建建筑的 3 倍以上。按照目前建筑能耗水平发展,2020 年我国建筑能耗将达到 10.89 亿吨标准煤,超过 2000 年的 3 倍;在这样的能耗水平上,要普遍改善全体人民的居住热环境是不可能的。

2008 年 4 月 1 日,《节约能源法》新修订后实施,要求公共建筑实行室温控制制度;集中供热分别实行分户计量收费;严格控制公共设施和大型建筑物装饰性景观照明能耗。国务院要求“十一五”期间建筑节能要节约 1.01 亿吨标准煤。建筑节能已是国家的重大战略问题。通过对新建建筑全面强制实施建筑节能设计标准,对既有建筑逐步进行节能改造,2020 年我国建筑能耗可减少 3.35 亿吨标准煤,空调高峰负荷可减少约 8 000 万千瓦时。

开展建筑节能不仅提高了建筑物在使用期间的能源利用效率,降低了大气污染,减少了 CO₂ 排放量,而且是改善建筑室内热环境、提高居住水平的必由之路。

1.2 建筑节能的基本原理

1.2.1 建筑能耗的成因与建筑节能的任务

建筑使用中的能耗以采暖、空调和照明为主。

照明能耗的成因是室内自然采光不能满足室内光环境质量要求,启动人工照明消耗电能。照明同时影响到采暖空调能耗(减少采暖能耗,增加空调降温能耗)。

采暖空调能耗的成因和影响因素是复杂的。为了居住者的舒适与健康,必须在各种室外气象条件下保持室内热环境处于舒适区以内。这将导致室内外热环境出现差异,室内外环境温差使建筑围护结构产生传热,造成室内得热或失热。为了将室温保持在舒适范围内,需要向室内提供冷热量抵消冷热损失。所需要向建筑提供的冷、热量,称为建筑的冷热耗量。冷热耗量取决于以下因素:

- ①室内热环境质量:冬季室温越高,耗热量越大;夏季室温越低,耗冷量越大。
- ②室内外空气温差和太阳辐射:室内外空气温差越大,冷热耗量越大;夏季室外太阳辐射越强建筑耗冷量越多,冬季则相反。
- ③建筑围护结构面积:当室内热源处于次要地位时,建筑围护结构面积越大,建筑冷热耗量越大。当室内热源占主要地位,室外气象条件良好时,建筑围护结构面积越大,建筑耗冷量越小。

④建筑围护结构热工性能:建筑围护结构热工性能越好,建筑冷热耗量越小。

⑤室内外空气交换状况:当夏季室外空气焓值高于室内时,冬季室外温度低于室内时,换气量越大,冷热耗量越大。

⑥室内热源状况:室内人体、灯具、家电、设备等都是室内热源。夏季室内热源散热量越大,耗冷量越大;冬季室内热源散热量可减少耗热量。

建筑的冷热耗量还不是建筑能耗。采暖空调系统在向建筑供应冷热量时所消耗的能源才是建筑的采暖空调能耗。以不同的方式向建筑提供相同的冷热量时,所消耗的能源量是不同的。例如提供相同的热量,热效率高的锅炉比热效率低的锅炉消耗的能源少;提供相同的冷量,能效比高的制冷机耗电量少;当采用自然通风措施向室内提供冷量时,建筑的耗冷量就形不成建筑能耗。建筑的采暖空调能耗是通过两个阶段形成的:其一,建筑形成冷热耗量;其二,采暖空调系统向建筑提供冷热量时消耗能源。

建筑采暖空调能耗用公式表示为

$$E = \frac{Q}{\text{EER}} \quad (1.1)$$

式中, Q 为建筑冷热耗量;EER为采暖空调系统的能效比。显然,应从减少建筑冷热耗量,提高采暖空调系统能效比两方面去实现建筑节能目标。

各国建筑节能的任务与其社会发展水平密切相关。

发达国家开展建筑节能时,社会居住条件已经稳定地达到了健康、舒适的水平。建筑节能主要任务是提高建筑使用过程中的能源效率(能效),降低能耗,减排 CO_2 。我国开展建筑节能时,北方地区采暖建筑室内热环境质量较好,但能耗很高;非采暖地区建筑能耗甚少,但建筑的可居住性差。我国正处于提高居住水平的社会发展阶段。因此,我国建筑节能承担着双重任务:其一,改善建筑环境,提高居住水平;其二,提高建筑的能源利用效率,节能减排。这是可持续发展观在我国建筑节能中的具体体现。在我国,如果不提高人民的居住水平,建筑节能将失去其社会价值,失去广大人民群众的支持;如果不提高建筑使用中的能效,能源环境难以承受,没有足够的能源来满足人民提高居住水平的要求。

在国内,不同地区建筑节能的具体目标也存在明显差异。由于采暖地区已经形成很高的采暖能耗,主要目标是将采暖能耗降下来,属于亡羊补牢的建筑节能。现在,非采暖地区正发生重大变化。空调采暖能耗从无到有,急剧增长,在相当长的时间内还将持续大幅度增加。这些地区的气候恶劣,建筑围护结构热工性能很差;需要空调和采暖的时间长达半年左右。若不做好建筑节能,要达到热舒适的居住条件,单位建筑面积能耗将比寒冷地区更高。这些地区的建筑节能具有预防性和前瞻性,主要目标是在提高居住水平的同时,抑制建筑能耗的剧烈增长。

1.2.2 建筑节能的气候适应性

建筑节能的气候适应性源于建筑的气候适应性,在一种气候条件下成功的建筑节能行动在另一种气候条件下不一定适应。

北方的建筑节能可以参照气候特点相近的欧洲、加拿大等国。而长江流域与华南地