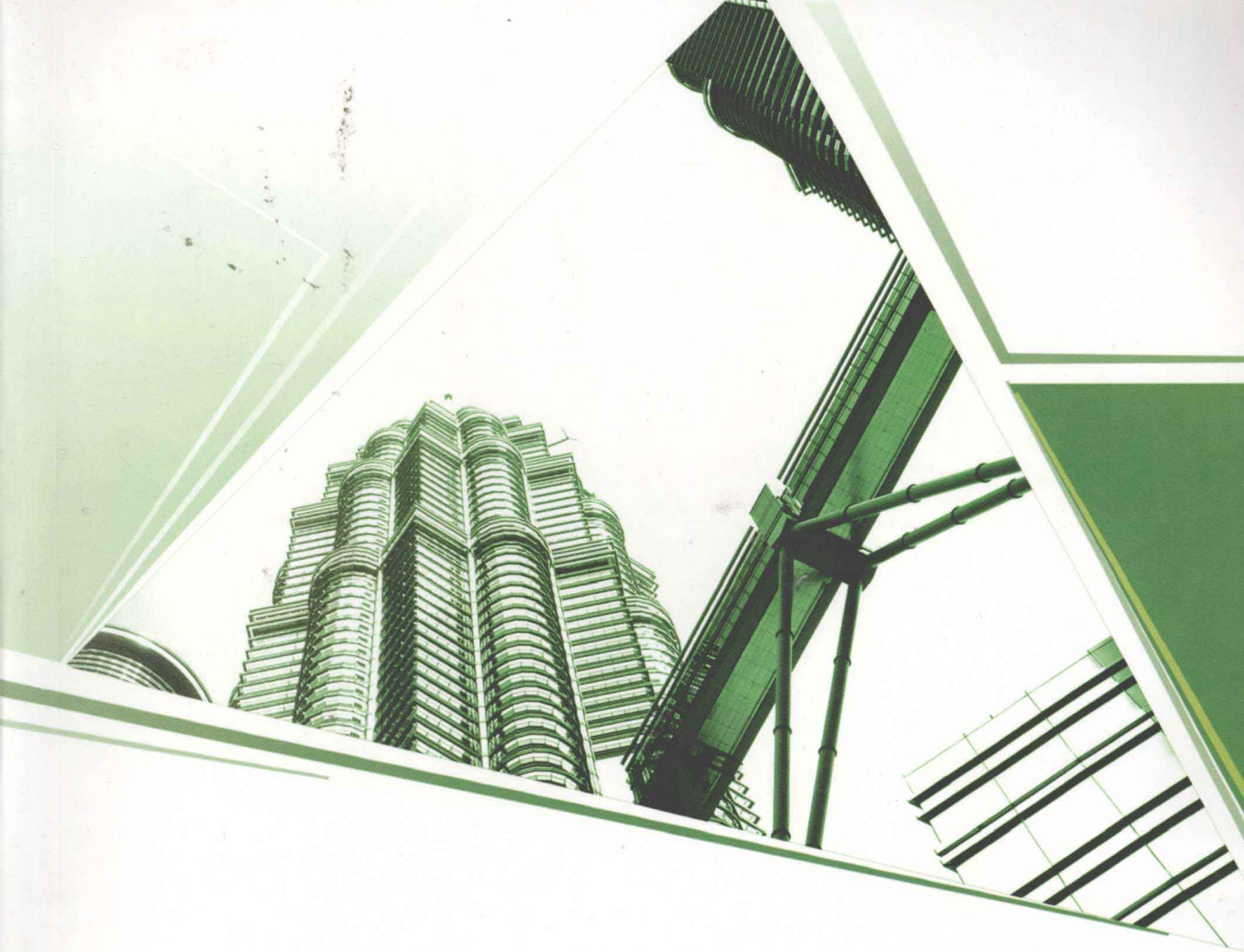




建筑工程节能设计与施工系列丛书

建筑节能设计

与材料选用手册

韩 轩 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

建筑工程节能设计与施工系列丛书

建筑节能设计与材料选用手册

韩 轩 主编



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能设计与材料选用手册/韩轩主编. —天津:
天津大学出版社, 2012. 6
(建筑工程节能设计与施工系列丛书)
ISBN 978-7-5618-4371-0

I. ①建… II. ①韩… III. ①节能—建筑设计—技术
手册 ②节能—建筑材料—技术手册 IV. ①
TU201.5-62 ②TU5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 116865 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 北京紫瑞利印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 21
字 数 511 千
版 次 2012 年 6 月第 1 版
印 次 2012 年 6 月第 1 次
定 价 48.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

建筑节能设计与材料选用手册

编 委 会

主 编：韩 轩

副主编：汪永涛 李红芳

编 委：孙邦丽 梁 允 何晓卫 张 璐

蒋林君 董凤环 王 委 秦礼光

梁金钊 徐晓珍 葛彩霞 范 迪

李建钊 伊 飞 高会芳 李良因

王 燕 卢晓雪

内 容 提 要

本书以最新建筑节能设计标准规范为依据,对建筑节能设计及节能材料的选用进行了系统介绍与详细阐述。本书主要内容包括概论,建筑节能设计要求,建筑围护结构节能设计,采暖、通风与空调节能设计,绿色照明节能设计,可再生能源的利用等,并附有建筑热工设计计算公式及参数。

本书内容丰富,资料翔实,可供建筑节能工程设计人员使用,也可供建筑节能施工及监理人员工作时参考。

前 言

能源是人类赖以生存和发展的基本条件,而能源的大量消费也造成了大气污染、全球温室效应以及生态环境的迅速恶化。节能是指加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理、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,更加合理有效地利用能源。节约能源资源,是贯彻科学发展观的战略部署;是构建社会主义和谐社会,建设资源节约型社会,实现经济社会可持续发展的重大举措;是关系中华民族生存和长远发展的根本大计,受到党和国家的高度重视。

建筑在使用过程中所消耗的能量,即建筑能耗,在社会总能耗中占有很大的比例,而且社会经济越发达,生活水平越高,所占有的比例越大。由于建筑能耗在社会总能耗中所占的重大比例,建筑节能成为了节能浪潮的主流之一,建筑节能技术已成为了当今世界建筑技术发展的重点。在我国,建筑节能工作是落实国务院“节能减排”工作的重要组成部分。

我国是耗能大国,建筑能源浪费更加突出,据相关部门统计,建筑能耗已占全国总能耗的近30%。据预测,到2020年,我国城乡还将新增建筑300亿平方米。能源问题已经成为制约经济和社会发展的的重要因素,建筑能耗必将对我国的能源消耗造成长期的巨大影响。推进建筑节能,要严格执行国家有关法律法规,贯彻实施国家有关节能标准和规范,合理安排建筑规划和建筑布局,积极推广应用新型节能材料和技术,开发和应用可再生能源,加快建筑节能改造和试点的进程,总结推广好的经验与做法,加强人员培训,提高管理人员和专业技术人员对建筑节能的认识和专业技术水平。

当前,我国建筑节能工作正在进入蓬勃发展的新阶段,各种建筑节能政策及技术标准正有组织地制定或正全面组织实施,为进一步提升我国建筑节能工作的水平,帮助广大建筑节能工作人员更好地进行建筑节能工作,我们特组织建筑节能工程领域的专家学者,编写了这套《建筑工程节能设计与施工系列丛书》。本套丛书总结了近年来我国建筑节能工程的设计、材料选用、施工验收和运行管理方面的实践经验及研究成果,借鉴了国际先进经验和做法,充分考虑了我国现阶段建筑节能工程的实际情况,具有很强的实用性。

本套丛书主要具有以下特点。

1. 丛书对建筑节能的设计、材料选用、施工工艺及质量验收要求等进行了详细的解释与说明。为体现先进性,本书还对新型建筑节能材料和施工技术、可

再生能源的开发与应用等知识进行了详细阐述。

2. 丛书不仅为落实建筑节能设计、施工验收标准提供了有力的技术保障和具有可操作性的技术手段,也为强化建筑节能管理,保障建筑节能工程质量,实现建筑节能的目标和要求等提供了很好的理论基础。

3. 本书内容丰富、资料翔实,具有较强的实用性。

本书在编写过程中,参考或引用了有关部门、单位和个人的资料,得到了相关部门及工程施工单位的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。由于编者的学识和水平有限,书中缺点及不当之处在所难免,敬请广大读者提出批评和指正。

编 者

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 建筑节能基础知识	(1)
一、建筑节能的含义及其意义	(1)
二、我国建筑节能的现状与潜力	(4)
三、建筑节能工作的主要内容和目标	(9)
第二节 建筑节能基本原理、途径与设计要求	(10)
一、建筑节能的基本原理	(10)
二、建筑节能的途径与手段	(12)
三、空调建筑节能设计要求	(16)
第三节 建筑节能工作要点	(17)
一、居住建筑节能设计标准	(17)
二、公共建筑节能设计标准	(18)
三、主体各方在建筑节能中的工作要点	(19)
第二章 建筑节能设计要求	(21)
第一节 住宅建筑能耗分析	(21)
一、建筑体形对能耗的影响	(21)
二、建筑朝向对能耗的影响	(27)
三、窗墙比对能耗的影响	(30)
第二节 室外计算参数	(31)
一、围护结构冬季室外计算温度的确定	(31)
二、围护结构夏季室外计算温度的确定	(32)
三、夏季太阳辐射照度的取值	(33)
第三节 室内热环境设计指标	(36)
一、居住建筑室内热环境设计指标	(36)
二、公共建筑室内热环境和建筑节能设计指标	(40)
第四节 建筑 and 建筑热工节能设计	(43)
一、建筑热工设计分区及设计要求	(43)
二、冬季保温设计要求	(45)
三、夏季防热设计要求	(45)
第五节 建筑围护结构保温设计	(45)
一、围护结构最小传热阻的确定	(45)
二、围护结构保护措施	(47)
三、热桥部位内表面温度验算及保温措施	(47)
四、窗户保温性能、气密性和面积的规定	(50)
五、采暖建筑地面热工要求	(52)



第六节 建筑围护结构隔热设计	(53)
一、围护结构隔热设计要求	(53)
二、围护结构隔热措施	(55)
第七节 采暖建筑围护结构防潮设计	(55)
一、围护结构内部冷凝受潮验算	(55)
二、围护结构防潮措施	(62)
第三章 建筑围护结构节能设计	(63)
第一节 我国气候因素	(63)
一、太阳辐射	(63)
二、温度	(64)
三、湿度	(65)
第二节 建筑围护结构传热系数限值	(66)
第三节 建筑物墙体节能设计	(69)
一、外墙的传热系数计算	(69)
二、混凝土小型空心砌块墙体	(72)
三、多孔砖墙体建筑构造	(80)
四、保温浆料外墙外保温构造	(91)
五、热桥保温处理	(95)
第四节 建筑物门窗节能设计	(97)
一、节能门窗简介	(97)
二、建筑物外门节能设计	(103)
三、建筑物外窗节能设计	(104)
第五节 建筑物屋面节能设计	(113)
一、屋面保温材料	(113)
二、屋面热工性能指标	(115)
三、建筑物屋面保温设计	(116)
四、建筑物屋面隔热设计	(118)
第六节 建筑物地面节能设计	(122)
一、地面热工性能	(122)
二、地面保温设计	(128)
三、地面防潮设计	(131)
第七节 围护结构构造做法示例	(133)
一、居住建筑围护结构做法	(133)
二、公共建筑围护结构构造做法	(142)
第四章 采暖、通风与空调节能设计	(146)
第一节 采暖、通风与空调节能设计要求	(146)
一、一般规定	(146)
二、热源、热力站及热力网节能设计	(147)
三、采暖系统节能设计要求	(154)
四、通风和空气调节系统	(157)
五、夏热冬暖地区空调采暖和通风节能设计	(161)



六、夏热冬冷地区采暖、空调和通风节能设计	(162)
七、公共建筑采暖、通风和空气调节设计	(164)
第二节 采暖节能设计	(172)
一、采暖节能的原理与方法	(172)
二、采暖节能设计一般规定	(175)
三、热负荷	(179)
四、散热器采暖设计	(186)
五、热水地板辐射采暖设计	(191)
六、燃气红外线辐射采暖设计	(212)
七、热风采暖及热空气幕	(213)
八、电采暖设计	(214)
九、采暖管道	(215)
第三节 通风节能设计	(220)
一、一般规定	(220)
二、自然通风	(224)
三、机械通风	(227)
四、事故通风	(229)
五、隔热降温	(229)
六、除尘与有害气体净化	(231)
七、设备选择与布置	(233)
八、风管及其他	(234)
第四节 空气调节节能设计	(236)
一、一般规定	(236)
二、负荷计算	(238)
三、空气调节系统	(240)
四、空气调节水系统	(242)
五、气流组织	(244)
六、空气处理	(246)
七、空气调节冷热源	(247)
第五节 采暖、通风与空气调节系统监测与控制	(256)
一、一般规定	(256)
二、传感器和执行器	(257)
三、采暖、通风系统的监测与控制	(258)
四、空气调节系统的监测与控制	(258)
五、空气调节冷热源和空气调节水系统的监测与控制	(259)
六、中央级监控管理系统	(260)
第六节 采暖、通风、空气调节系统消声与隔振	(261)
一、一般规定	(261)
二、消声与隔声	(261)
三、隔振	(261)
第五章 绿色照明节能设计	(263)
第一节 建筑光学基本知识	(263)



一、光的定义及本质	(263)
二、基本光度单位	(264)
三、材料光学性质	(264)
四、采光系数标准值	(267)
第二节 天然采光工程设计	(268)
一、采光设计标准	(268)
二、采光设计计算	(269)
三、采光设计	(271)
第三节 人工照明节能工程设计	(274)
一、照明功率密度值	(274)
二、选择照明方式	(278)
三、照明标准	(279)
四、灯具的选择	(284)
五、照明节能设计	(287)
第六章 可再生能源的利用	(290)
第一节 太阳能利用技术	(290)
一、太阳能分布与基本利用方式	(290)
二、被动式太阳能利用技术	(291)
三、主动式太阳能利用技术	(293)
第二节 风能利用技术	(303)
一、风能玫瑰图	(304)
二、风力的风级	(305)
三、风能利用形式	(305)
第三节 地源热泵利用技术	(306)
一、地埋管换热系统设计	(306)
二、地下水换热系统设计	(314)
三、地表水换热系统设计	(314)
四、建筑物内系统设计	(315)
附录 建筑热工设计计算公式及参数	(316)
一、热阻的计算	(316)
二、围护结构热惰性指标 D 值的计算	(318)
三、地面吸热指数 B 值的计算	(319)
四、室外综合温度的计算	(320)
五、围护结构衰减倍数和延迟时间的计算	(322)
六、室内空气到内表面的衰减倍数及延迟时间的计算	(322)
七、表面蓄热系数的计算	(323)
八、围护结构内表面最高温度的计算	(323)
参考文献	(326)

第一章 概 论

第一节 建筑节能基础知识

一、建筑节能的含义及其意义

1. 建筑节能的三个阶段

节能是指加强用能管理,采取技术上可行、经济上合理以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。这既是《中华人民共和国节约能源法》对“节能”的法律规定,也是国际能源委员会的节能概念。

1973年第一次世界性能源危机以前,石油价格低廉,人们对节能并不关心。能源危机爆发后,石油价格飞涨,节能问题开始引起广泛重视。建筑用能要消耗全球大约1/3的能源,在建筑用能的同时,还向大气排放大量污染物,如总悬浮颗粒物(TSP)、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)等。在发达国家,建筑节能的含义经历了三个阶段:第一阶段,称为在建筑中节约能源(energy saving in buildings),我国称为建筑节能;第二阶段,称为建筑中保持能源(energy conservation in buildings),意为在建筑中减少能源的散失;第三阶段,称为在建筑中提高能源利用率(energy efficiency in buildings),意为不是消极意义上的节省,而是积极意义上的提高能源利用效率。

我国现阶段虽然仍通称为建筑节能,但其含义已上升到上述第三阶段的意思,即在建筑中合理地使用能源,不断地提高能源的利用效率。

2. 建筑节能的含义

建筑节能是指在居住建筑和公共建筑的规划、设计、建造和使用过程中,通过执行现行建筑节能标准,提高建筑围护结构热工性能,采用节能型用能系统和可再生能源利用系统,切实降低建筑能源消耗的活动。

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。这必然导致室内外热环境参数出现差异。其中,室内外的温差和辐射,通过建筑围护结构产生传热,使室内得热或失热。建筑使用过程所消耗的能量,即通常所说的建筑能耗,在社会总能耗中占有很大的比例,而且,社会经济越发达,生活水平越高,这个比例越大。西方发达国家,建筑能耗占社会总能耗的30%~45%。美国一次能源消耗量,2000年达到36.55亿吨标准煤,其中建筑能耗占33.7%,工业能耗占35.9%,交通能耗占24.8%。法国建筑能耗占社会总能耗的45%。我国尽管社会经济发展水平和生活水平都还不高,但建筑能耗已占社会总能耗的20%~25%,正逐步上升到30%。不论西方发达国家还是我国,建筑能耗状况都是牵动社会经济发展全局的大问题。

所需要提供的冷、热量,称为建筑的冷热耗量。建筑冷热耗量的多少,取决于:①室内外



的温差和辐射;②建筑围护结构面积;③建筑围护结构热工性能;④室内外空气交换状况;⑤室内热源状况等五方面因素。

建筑的冷热耗量还不是建筑的采暖空调能耗,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。不同的采暖空调系统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。建筑的采暖空调能耗由以下两个方面决定:其一,建筑的冷热耗量;其二,采暖空调系统向建筑提供冷热量时的能源利用效率(能效比)。采暖空调能耗与两者的关系用公式表示为

$$E=Q/EER \quad (1-1)$$

式中 E ——采暖空调能耗;

Q ——建筑冷热耗量;

EER ——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。

3. 建筑节能概念链接

(1)节能建筑。节能建筑是按节能设计标准进行设计和建造,使其在使用过程中降低能耗的建筑。节能建筑与普通建筑相比具有如下特征。

1)冬暖夏凉。门、窗、墙体等使用的材料保温隔热性能良好,房屋东西向尽量不开窗或开小窗。

2)通风良好。自然通风与人工通风结合,兼顾每个房间。

3)光照充足。尽量采用自然光,天然采光与人工照明相结合。

4)智能控制。采暖、通风、空调、照明等家电均可按程序集中管理(逐步达到)。

(2)绿色建筑。绿色建筑是指为人们提供健康、舒适、安全的居住、工作和活动的空间,同时在建筑全生命周期(物料生产、建筑规划、设计、施工、运营维护及拆除过程)中实现高效率地利用资料(能源、土地、水资源、材料),最低限度地影响环境的建筑物。

绿色建筑与普通建筑有如下几方面区别。

1)老式建筑能耗非常大,在建造和使用过程中消耗了全球能源的50%,产生了34%的污染,而绿色建筑耗能可降低70%~75%,有些发达国家达到零能源、零污染、零排放。

2)普通建筑采用的是商品化的生产技术,建造过程的标准化、产业化,造成建筑风格大同小异,千城一面;而绿色建筑强调的是采用本地的文化、本地的原材料,看重本地的自然和气候条件,这样在风格上完全本地化。

3)传统的建筑是封闭的,与自然环境隔离,室内环境往往不利于健康;而绿色建筑的内部与外部采取有效的连通办法,会随气候变化自动调节。

4)普通建筑形式仅仅在建造过程或使用过程中对环境负责;而绿色建筑强调的是从原材料的开采、加工、运输一直到使用,直至建筑物的废弃、拆除,都要对人负责。

(3)生态建筑。生态建筑是尽可能利用建筑物当地的环境特色与相关的自然因素,比如地势、气候、阳光、空气、水流,使之符合人类居住,并且降低各种不利于人类身心健康的任何环境因素作用,同时,尽可能不破坏当地环境因素的循环,确保生态体系健全运行的建筑。

(4)可持续建筑。可持续建筑是指以可持续发展观规划的建筑。内容包括建筑材料、建筑物、城市区域规模大小,以及与它们有关的功能性、经济性、社会文化和生态因素。为实现可持续建筑,必须反映出不同区域性的状态和重点,以及需要建立不同的模型去执行。



世界经济合作与发展组织(OECD)对可持续建筑给出了四个原则和一个评定因素。一是资源的应用效率原则;二是能源的使用效率原则;三是污染的防止原则(室内空气质量,二氧化碳的排放量);四是环境的和谐原则。评定因素是对以上四个原则方面内容的研究评定,是否为可持续建筑以评定结果来判断。

可持续建筑的理念就是追求降低环境负荷,与环境相融合,且有利于居住者健康。其目的在于减少能耗、节约用水、减少污染、保护环境、保护生态、保护健康、提高生产力、有益于子孙后代。实现可持续建筑,必须反映出不同区域的状态和重点,以及需要根据不同区域的特点建立不同的模型去执行。

(5)节能省地型住宅与公共建筑。节能省地型住宅与公共建筑是指在保证住宅功能和舒适度的前提下,坚持开发与节约并举,把节约放在首位。在建筑规划、设计、建造、使用、维护全生命周期中,尽量减少能源、土地、水和材料等资源的消耗,并尽可能对资源进行循环利用,实现资源循环利用的建筑。其核心内容为节能、节地、节水、节材与环境保护,即“四节一环保”。

4. 建筑节能的意义

建筑节能是以满足建筑室内适宜的热环境和提高人民的居住水平,通过建筑规划设计、建筑单体设计及对建筑设备采取综合节能措施(包括选用能效比高的设备与系统并使其高效运行),不断提高能源的利用效率,充分利用可再生能源,以使建筑能耗达到最小化所需采取的科学和技术手段。

(1)建筑节能是改善大气环境的重要途径。我国建筑采暖能源以煤炭为主,约占采暖能源总量的75%。目前,我国采暖燃煤排放二氧化碳每年约1.9亿吨,排放二氧化硫近300万吨,烟尘约300万吨,采暖期城市大气污染指标普遍超过标准,造成严重大气环境污染。二氧化碳造成的地球大气外层的“温室效应”,严重危害人类生存环境;烟尘、二氧化硫和氮氧化物也是呼吸道疾病、肺癌等许多疾病的根源,环境酸化、酸雨也是破坏森林、损坏建筑物的罪魁祸首。显然,降低建筑能耗,提高建筑节能效果是改善大气环境的重要途径。

在我国以煤为主的能源结构下,如果建筑节能减少了能源消耗,就减少了向大气排放的污染物,也就改善了大气环境,减少了温室效应,因此,从这一角度讲建筑节能即保护环境,浪费能源即污染环境。

(2)建筑节能是改善室内热环境的需要。适宜的室内热环境,可使人体易于保持平衡,从而使人产生舒适感。节能建筑则可改善室内环境,做到冬暖夏凉。对符合节能要求的采暖居住建筑,屋顶保温能力为一般非节能建筑的1.5~2.6倍,外墙的保温能力为非节能建筑的2.0~3.0倍,窗户为1.3~1.6倍。节能建筑的采暖能耗仅为非节能建筑的一半左右,且冬季室内温度可保持在18℃左右,并使围护结构内表面保持较高的温度,从而避免其结露、长霉,显著改善冬季室内热环境。由于节能建筑围护结构绝缘系数较大,对夏季隔热也极为有利。

能源的日益紧缺,大气污染的治理,这些都促成我国只有在搞好建筑节能的条件下改善室内热环境才有现实意义,否则只能是无源之水,且不利于环保。

(3)建筑节能是发展国民经济的需要。我国的能源形势严峻。能源是发展国民经济,改善人民生活水平的重要物质基础。据测,我国年需各种能源共17亿吨标准煤,但生产的能源仅有13.7亿吨标准煤,远低于世界平均水平(所谓标准煤,是指1kg煤炭的发热量为

8. $14\text{kW}\cdot\text{h}$ 的煤量。市场供应的普通煤, 1kg 发热量 $5.8\sim 6.4\text{kW}\cdot\text{h}$, 经换算, 1kg 普通煤为 $0.712\sim 0.786\text{kg}$ 标准煤, 或 1kg 标准煤为 $1.27\sim 1.40\text{kg}$ 普通煤。为了比较和统计方便, 其他能源也可按发热量换算成标准煤)。

(4) 建筑节能是国民经济可持续发展的需要。能源是发展国民经济、改善人民生活的重要的物质基础, 它也是维系国家安全的重要战略物资。长期以来, 我国能源增长的速度滞后于国民生产总值的增长速度, 能源短缺是制约我国国民经济发展的瓶颈。目前, 我国建筑用能已超过全国能源消费总量的 $1/4$, 并随着人民生活水平的不断提高将逐步增加到 $1/3$ 以上, 建筑业已成为新的耗能大户, 如果大量建造高耗能建筑, 不搞建筑节能, 将长期大大加重我国的能源负担, 不利于我国经济的可持续发展。

(5) 建筑节能是提高经济效益的重要措施。建筑节能需要投入一定的资金, 但投入少、产出多。实践证明, 只要选择适合当地条件的节能技术, 可使用 $4\%\sim 7\%$ 的工程造价, 达到 30% 的节能指标。建筑节能的回收期一般为 $3\sim 6$ 年, 与建筑物使用周期 $60\sim 100$ 年相比, 其经济效益是非常突出的, 可见, 节能建筑在一次投资后, 可在短期内回收, 并能长期受益。

二、我国建筑节能的现状与潜力

(一) 建筑能耗的影响因素

1. 室外热环境的影响

建筑物室外热环境, 即各种气候因素, 通过建筑的围护结构、外门窗及各类开口直接影响室内的气候条件。与建筑物密切相关的气候因素为太阳辐射、空气温度、空气湿度、风及降水等。

2. 采暖区和采暖期日数

采暖区是指一年内日平均气温稳定低于 5°C 的时间超过 90d 的地区。采暖区与非采暖区的界线大体为陇海线东、中段略偏南, 西延至西安附近后向西南延伸。

采暖期日数是指室内基准温度 18°C 与采暖期室外平均温度之间的温差, 乘以采暖期天数的数值, 单位为 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

3. 太阳辐射强度

冬季晴天多, 日照时间长, 太阳入射角低, 太阳辐射度大, 南向窗户阳光射入深度大, 可达到提高室内温度, 节约采暖用能的效果。

4. 建筑物的保温隔热和气密性

建筑围护结构的保温隔热性能和门窗的气密性是影响建筑能耗的主要内在因素。围护结构的传热热损失占 $70\%\sim 80\%$; 门窗缝隙空气渗透的热损失占 $20\%\sim 30\%$ 。

加强围护结构的保温, 特别是加强窗户(包括阳台门)的保温性和气密性, 是节约采暖能耗的关键环节。

5. 采暖供热系统热效率

采暖供热系统是由热源热网和热用户组成的系统。采暖供热系统热效率包括锅炉运行效率和管网运送效率。锅炉运行效率是指锅炉产生的可供有效利用的热量与其燃烧煤所含热量的比值。在不同条件下, 又可分为锅炉铭牌效率(又称额定效率)和锅炉运行效率。室外管网输送效率是指管网输出总热量与管网输入总热量之比值。



锅炉在运行过程中,一般只能将燃料所含热量的 55%~70% 转化为可供利用的有效热量,即锅炉的运行效率为 55%~70%。室外管网的输送效率为 85%~90%,即锅炉输入管网的有效热量,又在沿途损失 10%~15%,剩余的热量供给建筑物,成为采暖供热量。

(二)我国建筑能源消耗与能效状况

建筑能耗是指在建筑使用过程中的能耗消耗,主要包括建筑采暖、空调、热水供应、炊事、照明、电梯等方面的能耗。其中通过建筑围护结构(包括外墙、窗户、屋顶、地面)散失的能量和供热、制冷系统损失的能量,又占据了整个建筑能耗绝大部分。

1. 我国建筑能耗与能效基本情况

我国抓建筑节能工作是从 20 世纪 80 年代初期开始的,起步较晚。当时在战略上采取了先易后难、先城市后农村、先新建后改造、先住宅后公共建筑,从北向南逐步推进的原则。

(1)能耗高。由于我国人口众多,生活条件不断改善,建筑能耗数量巨大,所占全国能源消费总量的比例也在逐步升高,1996—1999 年全国建筑能耗见表 1-1。

表 1-1 1996—1999 年全国建筑能耗一览表

年 份	全国能源消费总量(Mtce)	建筑能耗(Mtce)	建筑能耗所占比例(%)
1996	1389.5	334.7	24.1
1997	1381.7	341.4	24.7
1998	1322.1	345.7	26.2
1999	1301.2	349.0	26.8

近年来,我国带空调的高档旅游宾馆发展迅速,其单位能耗很高,每年每平方米建筑面积能耗,北京地区为 190~220kg 标准煤(为一般住宅的 6~7 倍),上海地区为 120~140kg 标准煤,广州地区为 150~200kg 标准煤。宾馆能耗中包括电、煤、重油及煤气消耗。其中电耗常占第一位,每平方米建筑面积的年用电量为 100~200kW·h(为一般城市居民用电的 10~20 倍)。在各类电耗中,空调通风占 50%~60%,照明占 25%~35%。

(2)能效低。我国建筑能耗 50%~60% 的部分是供热和空调。北方城市集中供热的热源主要以燃煤锅炉为主。锅炉的单台热功率普遍较小,热效率低,污染严重;供热输配管网保温隔热性能差;整个供热系统的综合效率仅为 35%~55%,远低于发达国家 80%左右的水平,而且整个系统的电耗、水耗也极高。公共建筑中央空调系统综合效率较低。

(3)围护结构的保温隔热性能差。我国的建筑围护结构隔热性能普遍较差,外墙和窗户的传热系数为同纬度发达国家的 3~4 倍。以多层住宅为例:外墙的单位面积能耗是发达国家 4~5 倍,屋顶是 2.5~5.5 倍,外窗是 1.5~2.2 倍,门窗空气渗透率是 3~6 倍。

2. 建筑能耗的特点

(1)夏季空调用电量大。1997 年以来,中国每年发电量按 5%~8% 的速度增长,工业用电量每年减少 17.9%。由于空调耗电量大(2001 年全国新增房间空调器装机容量 16×10^6 kW),且使用时间集中,有些城市的空调负荷甚至占到尖峰负荷的 50%以上。许多城市,



如上海、北京、济南、武汉、广州等普遍存在夏季缺电现象。

(2) 冬季采暖能耗高。我国的东北、华北和西北地区,称为严寒地区和寒冷地区。这些地区城镇的建筑面积占全国的近 50%,达 400 多亿平方米,年采暖用能约 $1.3 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤,占全国能源消费量的 11%,占采暖地区全社会总能耗的 21.4%。在一些严寒地区城镇建筑能耗已占到当地全社会总能耗的 50%以上;在夏热冬冷地区城镇建筑能耗也占到当地社会总能耗的 30%以上。

(三) 我国建筑节能的潜力

1. 节能潜力分析

随着生活水平的提高,人们对室内环境居住的舒适性要求日益迫切,室温的提高,加上机械通风换气次数增加,建筑能耗势必增长。除此之外,住户使用空调的房间越来越多,生活热水日益普遍,家用电器数量与日俱增,这些都是建筑能耗增加的重要因素。据分析,当我国发展水平达到中等发达国家时,建筑用能将占总能耗的 30%~35%。与此同时,我国建筑业正处于鼎盛时期,每年建成的房屋面积高达 16~20 亿平方米,超过所有发达国家年建成建筑面积的总和。预计到 2020 年,全国房屋建筑面积将接近 2000 年数量的两倍。如果不进一步提高建筑节能标准,建筑能耗将会是一个十分巨大的数量。

在实施建筑节能标准之前建造的建筑,冬季供暖平均热指标在 $30 \sim 50 \text{ W/m}^2$,为北欧相同气候条件下建筑供暖能耗的 2~3 倍。新建建筑通过改进建筑设计、加强围护结构保温和有效利用太阳能,可使建筑供暖需热量降低至目前的 1/2,甚至 1/3,供暖标煤耗量可仅为 $6 \sim 7 \text{ kg/m}^2$ 。目前,北方城镇建筑近 60%采用不同规模的集中供热系统供热。由于调节不当导致部分建筑过热、开窗散热造成的热量浪费平均为供热量的 30%以上。部分小型燃煤锅炉效率低下也是造成能耗过高的原因之一。通过更换供热方式、改善管网系统的调节、提高热源效率这三方面的改进,现有建筑的供暖能耗也可以在目前水平上降低 30%。这样,对新建建筑全面采用节能措施,对现行的供热系统进行节能改造,可以达到 2020 年实现这些新增建筑供暖后,我国北方地区建筑供暖能耗总量与目前相同,大大缓解届时对能源供应的压力。除供暖外,住宅能耗中的用电量为 $10 \sim 30 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,随生活水平的提高,目前呈上升趋势;生活热水能耗在大城市中也逐渐加大。推广节能灯和节能家电对降低住宅电耗有重要作用;改进建筑设计、降低夏季空调能耗,也可以使住宅电耗减小 $3 \sim 8 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。及时开发和推广高效的家用生活热水装置,可避免由于生活热水需要量的不断增长所导致的住宅能耗新的增加。对现有住宅的照明和用电设备实行节能改造,对新建住宅从建筑形式、通风、遮阳等方面全方位采取措施,可以使得在增加 100 亿平方米住宅后,除供暖外的住宅能耗总量仅在目前基础上增加 50%,维持在 200 亿 $\text{kW} \cdot \text{h/a}$ 内。一般性非住宅民用建筑的能源消耗性质接近住宅,其照明和电器耗电更大,但炊事和生活热水能耗要小。改善建筑设计可降低空调和照明能耗,推广节能灯具及其他用电设备可减小电耗,这两项措施应能使此类建筑能耗降低 30%~40%,在新增的此类建筑中采取有效措施改善自然采光,减小空调能耗,推广诸如液晶显示器这样的节能电器,有可能使新建一般性非住宅建筑的单位面积能耗降为目前水平的一半。这样有可能在新增 60%~70%此类建筑后,这一类建筑总能耗的增加不超过 10%。值得注意的是大型公共建筑,此类建筑目前仅占城镇总建筑面积的 5%~6%,但其用电量为 $100 \sim 300 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,为住宅建筑用电量的 10 倍以上(不包括供