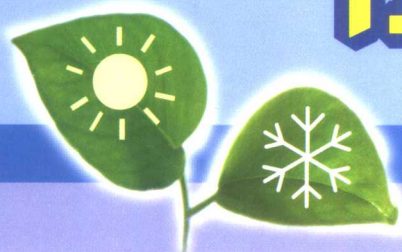
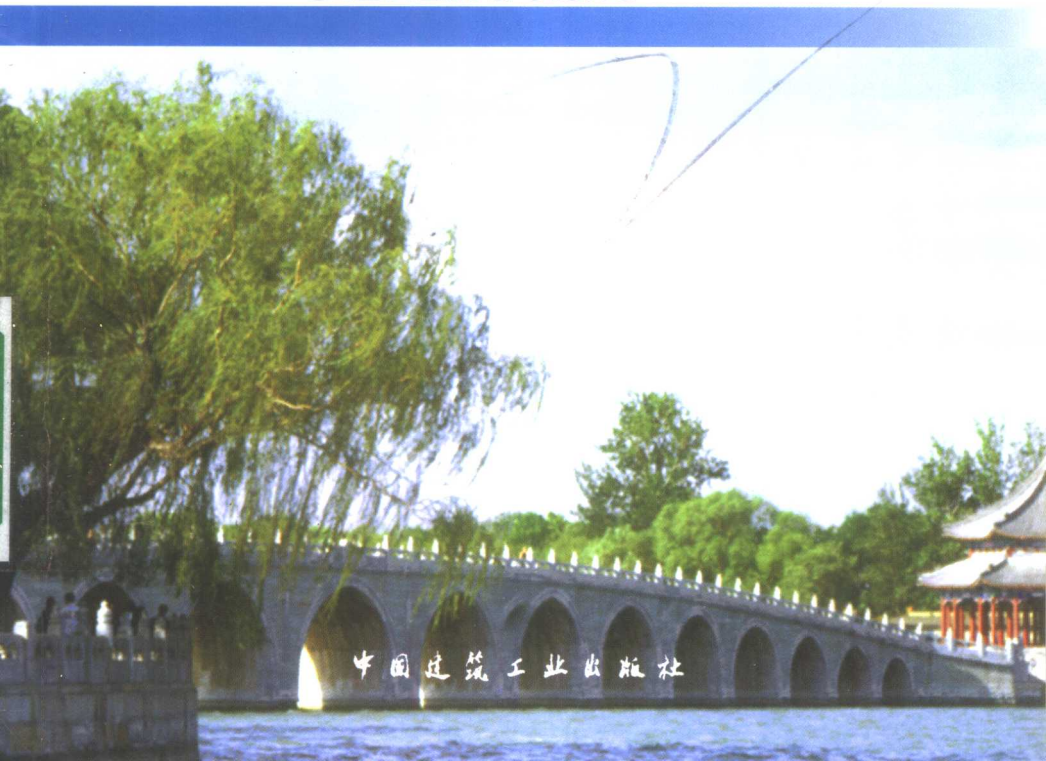


简明建筑 节能技术



孙宝樑 / 主编

JIANMING JIANZHU
JIENENG JISHU



中国建筑工业出版社



简明建筑节能技术

孙宝樑 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

简明建筑节能技术/孙宝樑主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

ISBN 978-7-112-08713-6

I. 简... II. 孙... III. 建筑-节能 IV. TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 126816 号

简明建筑节能技术

孙宝樑 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 8 1/4 字数: 219 千字

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 18.00 元

ISBN 978-7-112-08713-6

(15377)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是建筑节能技术普及读物，作者以浅显易懂的语言和适合大众口味的叙述方法，将建筑节能设计、施工、使用等各个方面的知识介绍给读者，让建筑节能深入人心。

全书共分6章。第1章，概述；第2章，建筑节能设计原理及方法；第3章，建筑外墙外保温体系施工工艺；第4章，建筑节能工程验收及系统性能检测；第5章，建筑设备节能技术；第6章，建筑节能综合效益评价。读者可以通过本书了解我国建筑节能的发展历程；我国传统民居节能方法；居住建筑节能设计原理；国家规程规定的几种复合外墙节能材料体系和施工工艺；建筑节能工程验收程序、系统性能检测方法；常见问题的预防、处理以及建筑节能改造设计实例和综合效益评价等知识。

本书适合建筑设计、施工、管理人员及普通读者阅读，也可供高校相关专业师生参考。

* * *

责任编辑：封毅

责任设计：赵明霞

责任校对：张景秋 张虹

人类是坚强而智慧的，从远古到现代一路走来，在这个日渐拥挤的地球家园里，为（人类）自身聚居的社会创造了灿烂的文明。而人类又是脆弱的，只有 $18\sim 26^{\circ}\text{C}$ 的室温才适合人类居住。面对一年之中四季更替所遇到的室外酷暑和严寒，人们不是选择消耗过量的能源和资源去满足自己不到百年的舒适需求，而是运用自己的智慧在最大化减少自然资源消耗的同时去创造自己的舒适生活和生态环境。为子孙的繁衍和生息留下的不仅是生活的资源和生存的环境，而且还有一种道义和智慧的传承，使人与自然和谐相融，生生不息。作为大自然造化的人类正在创造一种整体意义上的文明……

——作者题记

序

我国第十一个五年计划的实施，将使我国经济增长继续保持强势。同时，形成的能源供求矛盾也会日益严重，能源成为经济发展的瓶颈。随着我国经济发展战略的适时调整，不同气候区的建筑节能这项浩大工程已在国内全面展开。

要从根本上减缓能源的紧张局面，需要调整我国目前建筑能源的消费结构，用可再生能源替代石化能源。改进采暖和制冷的方式，把耗煤的锅炉从建筑图纸上抹掉，把耗电的空调从墙上摘下来。根据我国近 20 年的建筑节能工作实践，要实现建筑能源消费结构的调整，减少建筑围护结构的热损失是重要环节之一。努力实践，不断发展外墙保温技术，业已成为众多有识之士的共同行动。孙宝樑先生就是一位典型代表。孙先生一直在建筑设计岗位上默默耕耘，不辱建筑师的使命，结合设计工作实践，长期从事建筑节能技术的研修，是建筑节能技术的忠实推广者和探索者。他无论是在北方的设计院工作，还是调动至夏热冬冷地区的江南，在不断探索不同气候区建筑节能新技术的道路上，积累了丰富的经验，很值得国内同行学习。

在长期的探索研修过程中，孙先生不忘将自己的所学、所识、所感一一记录下来，并汇集成《简明建筑节能技术》一书，其中介绍了我国建筑节能的发展历程；我国传统民居节能方法；居住建筑节能设计原理；国家规程规定的几种复合外墙节能材料体系和施工工艺；建筑节能工程验收程序、系统性能检测方法；常见问题的预防、处理以及建筑节能改造设计实例和综合效益评价等，用浅显易懂的语言，适合大众口味的叙述方法，将建筑节能设计、施工、使用各个方面的知识介绍给各界的读者，让大众

了解建筑节能，让建筑节能深入人心。

作为一名职业建筑师，孙先生既通晓建筑节能的理论与实践，又关注自然资源和人类赖以生存的生态环境，既懂得自然科学进步给人类带来的恩惠，又深谙健康的人文生态对可持续发展的重要性。他道出了人类与自然和谐相融、生生不息的两大“DNA”——智慧与道义，我所了解的他，是一个忠实的践行者，文品如人品，这是本书的又一特色。

读罢此书，本人深受鼓舞之后不禁掩卷长思，在国内建筑节能蓬勃发展的今天，孙先生用自己的实际行动做出了表率，他甘于寂寞，不计名利，遍览国内有关建筑节能和生态环境方面的著作，实现了他以大部分精力为推动建筑节能立下的诺言。我相信，在孙宝樑先生这样的专家及众多有识之士的共同努力下，建筑节能这项系统工程会迅速得到推广应用，对于实现能源和资源的优化利用，建设环境友好型和资源节约型社会，无疑是一种巨大的推动力量。

应孙先生之邀为该书作序，本人深感荣幸，在此自勉。

黄振利

（北京振利高新技术公司总经理）

2006年4月于北京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 资源环境与建筑节能	1
1.1.1 资源环境状况及其应对策略	1
1.1.2 发达国家建筑节能概况与策略	7
1.1.3 生态系统的伦理观——道德与责任	8
1.2 我国建筑节能概况	9
1.2.1 我国建筑节能的标准化进程	10
1.2.2 生态建筑与居住环境	16
第 2 章 建筑节能设计原理及方法	24
2.1 建筑热工学基本知识	24
2.1.1 建筑热工名词解释	24
2.1.2 建筑热工学基本知识	27
2.2 居住建筑节能设计原理及方法	45
2.2.1 我国传统民居隔热保温方法	45
2.2.2 居住建筑节能设计原理及常用绝热材料	50
2.2.3 建筑节能节点构造设计	68
2.2.4 屋面隔热保温设计与施工	74
2.3 居住区总平面规划节能设计	89
2.3.1 节能省地住宅区规划与小区气候	89
2.3.2 社会公平与资源节约	92
2.4 节能外窗设计	93
2.4.1 外窗发展历程	93
2.4.2 门窗分级性能与外窗设计	95
2.5 既有居住建筑节能改造工程实施要点	102
2.5.1 既有建筑节能改造的必要性	102

2.5.2 既有建筑节能改造的方法	103
2.6 公共建筑节能设计介绍	105
2.6.1 公共建筑节能设计特点	105
2.6.2 公共建筑设备节能设计要点	108
第3章 建筑外墙外保温体系施工工艺	110
3.1 胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙外保温系统	111
3.1.1 名词解释	111
3.1.2 胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙外保温系统施工工艺	112
3.2 聚苯乙烯泡沫(EPS)板外墙外保温系统	122
3.2.1 聚苯板薄抹灰外墙外保温系统	122
3.2.2 现浇混凝土内置聚苯板外保温系统	129
3.2.3 聚苯板钢丝网架板现浇混凝土外保温系统	132
3.2.4 机械固定聚苯板钢丝网架板外保温系统	133
3.2.5 胶粉聚苯颗粒保温浆料贴砌聚苯板外保温系统	134
3.3 其他隔热材料外墙保温系统	134
3.3.1 无溶剂硬发泡聚氨酯外保温做法	134
3.3.2 岩棉板外保温做法	136
3.3.3 泡沫玻璃外保温做法	137
3.3.4 轻质混凝土砌块和混凝土空心砌块外墙保温做法	138
3.3.5 复合材料大型挂板保温体系	145
3.3.6 相变蓄热材料保温隔热系统	146
3.3.7 节能型玻璃幕墙应用技术	147
3.3.8 金属面夹芯保温板体系	149
3.3.9 聚苯板与干挂饰面砖幕墙复合外墙外保温体系	150
第4章 建筑节能工程验收及系统性能检测	154
4.1 建筑节能检测项目	154
4.2 外墙外保温系统工程验收	156
4.2.1 主控项目验收内容	156
4.2.2 一般项目验收内容	157
4.2.3 竣工验收必备资料	157
4.2.4 外墙传热系数检测方法	159
4.3 墙体外保温系统各项性能试验方法	161

4.3.1	外保温系统(大型)耐候性试验	161
4.3.2	外保温系统抗风荷载性能	161
4.3.3	系统不透水试验和吸水量试验	162
4.3.4	系统抗拉强度试验和抗冲击强度试验	162
4.3.5	系统火反应性试验	162
4.4	外墙保温系统在施工和使用阶段易出现的问题	163
4.4.1	保温层内空鼓及裂缝的成因和应对策略	163
4.4.2	墙体节点部位的热工缺陷及其防治办法	165
4.4.3	外门窗节能构造的处理方法	167
第5章	建筑设备节能技术	169
5.1	热水采暖设备系统节能设计	169
5.1.1	供热系统节能简述	170
5.1.2	用户终端内围护结构节能	171
5.1.3	低温地板辐射供热系统	172
5.1.4	金属吊顶辐射板供热系统	175
5.1.5	供热锅炉节能技术	176
5.2	热泵式冷暖空调器的节能技术	179
5.3	楼宇式燃气热电冷联产系统	182
5.4	地下水源热泵和直埋管土壤源热泵系统	183
5.5	太阳能综合利用技术	184
5.5.1	太阳能和光气候	184
5.5.2	建筑太阳能热水系统应用技术	188
5.5.3	被动式太阳能采暖系统	189
5.5.4	太阳能发电系统和光伏发电技术	192
5.5.5	日光照明技术	193
5.6	其他设备节能技术	193
5.6.1	相变蓄能技术	194
5.6.2	空调独立除湿技术	197
5.6.3	变风量空调模式和热量回收节能技术	199
5.7	建筑智能化系统与节能	202
第6章	建筑节能综合效益评价	205
6.1	建筑节能综合评价的目的及方法	205

6.2 既有住宅节能改造设计实例及经济分析	206
6.2.1 既有居住建筑节能改造背景	206
6.2.2 拟改造建筑基本特征	207
6.2.3 节能设计指标	214
6.2.4 节能构造设计	215
6.2.5 节能工程造价估算及经济评价	216
6.3 公共建筑节能设计与评价	218
6.4 建筑节能工程面临的一些问题	220
6.5 结语:传统、气候环境及人文生态	222
附录一 外墙外保温系统性能试验方法	227
附录二 常用窗户的热工性能	239
附录三 常用建筑保温材料导热系数与蓄热系数计算值表	240
附录四 常用高分子建筑材料全称、缩写对照表	242
附录五 夏热冬冷地区保温墙体热工设计	243
主要参考文献	247
后记	249

第 1 章 概 述

1.1 资源环境与建筑节能

人类从远古走来直到现代文明社会，伴随着科学技术的进步和社会物质财富的逐渐增加，从（人类）为自己遮风避雨的蔽护所发展到现在具有舒适物理环境和美学价值的、安全卫生的居住空间，这是人类向自然界索取了大量的能源和资源作为代价换来的。大量建造的各种建筑作为人类智慧和工业文明时代的产物，体现出社会财富的象征。作为建筑的基本构件——围护结构，除了保证建筑使用安全外，另一项重要功能是隔绝室外恶劣气候如温度、湿度、风雨对室内的影响，构成室内舒适小气候环境。随着人口的不断增长和人对居住环境舒适度要求的提高，当今社会正面临着前所未有的环境和资源压力。对于建筑领域（建造和使用过程）进行重新审视，提高资源和能源利用效率，已成为当今人类社会的共识。

1.1.1 资源环境状况及其应对策略

1. 资源环境现状与生态文明

20 世纪 70 年代发生的全球能源危机以及 90 年代以后人类生存环境明显恶化，给人类敲响了警钟。自 18 世纪工业革命以来，以蒸汽机为代表的机器工业带动了社会生产力的空前提高，大规模经济建设给人类带来现代化的超级物质享受的同时，也带来了资源的大量消耗，人类正以前所未有的规模和强度影响着环

境。自然环境状况退化，自然生态系统失衡，人类已经开始尝到环境灾难的报复。人类的物质文明是以消耗和破坏人类自身的生存环境为代价的。如何将这种趋势加以扼制，运用人类的智慧和科学技术成果将我们的生存环境恢复到工业革命初期的自然生态环境，在社会和人文学科领域建立起健康的可持续发展的生态文明理念，为子孙后代保留一个适宜生存的空间环境，重要的是将这个理念传承下去，成为人们的行为准则。如今，资源和环境已成为当今国际社会关注程度最高的两件事。

关于环境一词的环境学定义是“影响人类社会生存与发展的外部世界的总和”。环境是相对于某项中心事物而存在的。环境与中心事物之间存在着对立统一的相互关系，既互相独立，又互相依存、制约、作用和转化。本书所指的是以人类为中心的、与其他生物和非生命物质构成的人类生存环境。它由自然环境和人工环境（包括社会环境）组成。自然资源是环境的重要组成部分，它支撑着人类的生存和发展。构成自然环境整体的各个独立的、性质各异而又服从整体演化规律的基本物质组分有水、大气、温度、气候、生物（动植物、微生物）、土壤、岩石、阳光等。人工环境是人类利用自然环境资源和科学技术（智慧）建造了适合人类自身物质、文化和精神需求的各种人造环境，如各种工业和民用建筑、人工生态环境及设施、交通设施和构筑物等。环境问题是指由于自然和人为的活动使自然生态环境发生变化，从而产生不利于人类的结果和灾难。其产生除了由于自然力引起的火山喷发、地震、洪涝、干旱、山体滑坡外，更主要的原因是人口的快速增长带来生产、生活需求的成倍增长，废弃物大量向自然界排放导致自然生态系统破坏、失衡和空气、水体污染所引起的环境状况恶化。如过度的开采，过度放牧和捕捞，过量采集和狩猎，破坏了自然界的生物链和生物圈。带来的后果是地球生物圈大量物种的减少、消亡，地下水的骤减，地表水的污染，地表植被的破坏萎缩，自然湿地的干涸，导致水土流失，土地荒漠化速度加快，由于燃烧石化能源产生的 CO_2 、 SO_2 等有害气体

大量排放导致全球气候变暖，冰山融化，海平面升高，洪水泛滥，干旱频发，海洋飓风肆虐，酸雨和臭氧层破坏，气候变化异常，人类生产、生活对环境产生的负面影响大大超过了自然环境的吸纳和承受能力，能源危机和生态环境危机相继出现。

人类面对为自己营造的狭小的生活空间，与大自然由于生态环境的恶化带给人类的灾难相比，显得那样的渺小和脆弱。频发的天灾使人类逐渐认识到，人类是大自然的组成部分，并不是高出其他物种的统治者而去征服自然，人类也有能力、有智慧去处理好与自然的关系，顺应自然规律，与自然和谐相处，减少自身的排放和对自然的索取，促使自然界的生物链在个体、种群、群落、生态系统四个层次相互联系，构成一个有机的整体生态圈，再创一个充满生机的自然环境。事实证明，人类要想修复这个失衡的生存环境，不是在短时间内花少量的投资就能完成的，而且，有些恶化的状况甚至不可逆转，要遗害子孙的。

对于现代工业技术文明同时带来了人与自然关系的矛盾，在进行反思后印证了人类诸多行为的反生态倾向。人类向自然索取的手段越先进，时间越快速，则对自然生态系统的伤害越大，这种伤害带来的灾难也越频繁。人类过分陶醉于“征服自然界的胜利”之中，岂不知自然灾害相继向人类袭来，它提示着人类应该重新审视人、自然、社会、生产实践及其相互关系，从技术手段、生态学和生物学、伦理学、政治学和接受美学角度去保持这种持续、和谐、理性，精心呵护自然，创造持续的自然生态环境，是为了人类自己，向着生态文明的方向迈进。

2. 能源与居住小环境

能源，是产生机械能、热能、光能、电能、化学能等各种能量的自然资源。按形成可分为一次能源和二次能源；按能否再生分为可再生能源和不可再生能源；按使用情况分为常规能源和新能源。能源是人类赖以生存和发展工业、农业、国防、科学技术、改善人民生活所必需的燃料和动力来源。煤炭、石油、天然气、植物等一次性能源是自然资源的一部分，太阳作为不会枯竭

的能量随时在向地球辐射着光和热，人类还在利用太阳能在地表产生的间接能源，如风能、地热能、生物能等，由于地球的重力作用还有水位能，由于星球间的引力作用使海水产生潮汐能。人类科学技术的进步，可将原子核的聚变、裂变产生的强大热能用于发电技术和人造小太阳，也成为人类未来和平利用核能的长期发展战略。

在长期的生产、生活当中，人类逐渐认识了自然界许多能被用来为生产和生活服务的能源。人类凭借自己的智慧，从原始时期的庇护所发展到当代的高舒适度住宅，利用各种资源转换技术创造出适合人居住的人工小气候空间，保持室内温度 $18\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度在 $40\%\sim 65\%$ 范围内。在大自然不断地为人类的高品质生活提供能源和资源的同时，人类利用一切成功的技术满足人居环境在冬、夏季对热量的不同需求，如解决夏季的遮阳、通风、隔热和冬季的蓄热、保温这些矛盾。不能单纯地向自然索取，要运用太阳能等能源，利用技术创造舒适的人工气候环境，用最低的成本和多种方法将自然界最冷和最热的气温隔离在建筑以外，还要尽可能延缓维持舒适温度的室内采暖和空调能量的流失。提高能源利用效率和增加围护结构传热阻是两条有效途径。

人类利用自然资源和能源不断造出高品质房子的同时，又要面对人口的增长和人类对生活质量和资源的更高需求这样一些严峻的需求压力，如何改进建筑围护结构的构造，提高传热阻，如何高效利用能源和寻找新能源，将尽可能多的资源、能源、适宜生存的环境留给子孙后代，保证人类的繁衍生息，是摆在全人类面前的共同问题。我们的生态学家和社会学家提出了“可持续发展”的理论，其所包含的意义是：不断提高人群生活质量和环境承载力的、满足当代人需求，又不损害子孙后代满足其需求能力的；满足一个地区或一个国家的人群需求，又不损害别的地区或别的国家满足其需求能力的发展。面对这个日渐拥挤的地球家园，各国的政治家也在逐渐达成共识，社会的全面进步应包含环境友好和资源的可持续利用，人类同时也用智慧和道义为此做出了不懈的努力。建筑节能在此大背景下应运而生。

3. 建筑节能的内容

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。建筑（包括居住建筑、公共建筑）能耗因其量大面广，占社会商品总能耗的23%~26%，在西方发达国家建筑能耗所占比例更高，因而受到各国的普遍重视。随着我国城市化进程的加快，每年全国城镇新落成的建筑比例还要上升，所以，建筑节能已成为最有节能潜力可挖掘的领域之一。

建筑节能范围包括建筑材料和设备的生产、房屋建造、房屋使用的全过程。建筑节能的内涵由最初的（这一全过程）节约能源，到建筑中保持能源，直至近年来普遍公认的提高建筑用能源利用效率，能源利用的持续性，由消极节省变为积极提高能源利用效率和开发可再生能源的发展阶段。运用各种先进技术和手段达到提高居室热环境质量同时降低能耗的目的。

建筑节能的范围是：运用科学技术的成果使一次性能源达到高效利用（包括循环利用和梯级利用），避免能源和资源的损失和浪费，这要涉及到能源的生产、输送和使用各个环节，同时，要运用先进技术最大化地利用可再生能源，如太阳能、风能、水位能、地热能、生物能和海洋能等，对于建筑废弃物的达标排放和循环利用也属于绿色（节能）建筑的内容。建筑智能化控制系统的相关内容也属于节约能耗和资源的范围。建筑节能技术包括：建筑围护结构节能技术、常规能源系统的优化利用（建筑采暖和空调设备系统节能）和可再生能源利用三个方面。

（1）建筑围护结构节能：围护结构一般由外墙、内墙、外门窗、玻璃幕墙、内门窗、屋面、楼板、地面等界面构件组合而成。其中外围护结构指构成建筑空间的界面构件与大气接触的部分，内围护结构指建筑空间的界面构件与其他建筑空间公用的部分，如分户楼板、分户墙等。不采暖楼梯间内墙及温度缝两侧内墙的热工特性界于内外围护结构之间。建筑围护结构的热工性能是依据室外气候条件和室内人体舒适要求进行设计的。降低使用

阶段的建筑能耗的途径是,增大围护结构传热阻,最大限度地减缓室外气候环境对室内的影响,保证居住热环境品质。通常根据建筑所在气候区城镇的气候特点(表 1-1)和建筑使用能耗情况,进行冬夏季热工能耗分析,在围护结构上综合运用各种节能方法,如冬季保温、夏季隔热降温或者冬夏兼顾的复合围护结构(屋面、外墙、外窗等部位)的构造措施及部品,以满足节能标准规定的传热系数限值,建筑平面设计应组织房间自然通风,同时使主要立面背离冬季主导风向,炎热地区还要进行围护结构隔热设计和防止外窗阳光辐射的遮阳设施,整幢建筑的体形系数和窗墙面积比的控制,以达到降低建筑能耗的目的。

我国建筑热工设计分区及设计要求

表 1-1

分区名称	分 区 指 标		设 计 要 求
	主要指标	辅助指标	
严寒地区	最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $\geq 145\text{d}$	必须充分满足冬季保温要求,一般可不考虑夏季防热
寒冷地区	最冷月平均温度 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$	日平均温度小于 5°C 的天数 $90\sim 145\text{d}$	应满足冬季保温要求, 部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷地区	最冷月平均温度 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$,最热月平均 温度 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$	日平均温度小于 5°C 的天数 $0\sim 90\text{d}$,日 平均温度大于 25°C 的天数 $40\sim 110\text{d}$	必须满足夏季防热要求, 适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区	最冷月平均温度 $\geq 10^{\circ}\text{C}$,最热月平均 温度 $25\sim 29^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $100\sim 200\text{d}$	必须充分满足夏季防热要求, 一般可不考虑冬季保温
温和地区	最冷月平均温度 $0\sim 13^{\circ}\text{C}$,最热月平均 温度 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $0\sim 90\text{d}$	部分地区应考虑冬季保温, 一般可不考虑夏季防热

注:摘自《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—93)。

(2) 常规能源系统的优化利用:运用能效比高的采暖和空调系统,减少输送管网的能量损失,使用节能的电器和灯具。

(3) 可再生能源利用:根据建筑类别、气候特点和当地条件,选择适宜的可再生能源利用技术。