



普通高等教育土木工程特色专业系列教材

CIVIL ENGINEERING

绿色建筑技术概论

李飞 杨建明 主编
尹明干 王进 胡艳丽 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育土木工程特色专业系列教材

绿色建筑技术概论

李飞 杨建明 主编

尹明干 王进 胡艳丽 副主编



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

绿色建筑技术是一门跨学科、跨行业、综合性和应用性很强的技术。本书主要介绍绿色建筑及评价标准、绿色建筑室内外环境及控制技术、绿色建筑节约材料技术、绿色建筑围护结构节能技术、绿色建筑设备节能技术、绿色建筑能源应用技术、绿色建筑水资源合理利用技术和绿色建筑管理技术,基本涵盖了目前绿色建筑的主要技术领域。

本书可作为高校土建类各专业本、专科学生教材,也可以作为普及绿色建筑教育开设的公共课程教材,还可作为从事建设工程技术人员岗位培训教材及绿色建筑咨询工程师教学参考书等。

图书在版编目(CIP)数据

绿色建筑技术概论/李飞,杨建明主编. —北京:国防工业出版社,2014.4

普通高等教育土木工程特色专业系列教材

ISBN 978-7-118-09371-1

I. ①绿… II. ①李… ②杨… III. ①生态建筑-高等学校-教材 IV. ①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第073815号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 19½ 字数 348 千字

2014年4月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 36.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

在人类社会生存发展的历程中,从择“巢”“穴”而居,到尝试师法自然、利用自然进行居所建设,逐步形成和发展了伴随人类社会不断进步的建筑学。人类一直以来将建筑视为保护自身安全的重要庇护所,老子将人类建筑称为“器”,就是表达了建筑对人类“容留”的意义和作用。但人类社会最近 100 多年工业的革命性发展,一方面有力地推动了科学技术进步,工业化城市化进程导致建筑业的崛起;另一方面也直接导致了危及全人类生存安全、存续健康发展的一系列问题,诸如资源枯竭、环境恶化、臭氧空洞、温室效应、沙尘暴、厄尔尼诺现象、人口膨胀等。早在 20 世纪 60 年代,特别是进入 21 世纪,人们开始深刻反思人类社会在漫长的历史长河中,却在一个不太长的工业社会遗留下来严重的社会问题和人类生存问题。正是在这样的世界背景下,绿色建筑(生态建筑或可持续建筑等)应运而生,并逐步形成了具有广泛影响的新概念、新意识。绿色建筑不仅关注建筑与人的关系,同时关注资源消耗与资源使用效率的关系。其目标原则是建立人与自然之间和谐、安全、健康的共生关系,以最小消耗地球资源、最优高效使用资源、最大限度地满足人类宜居和舒适生存需求。我国地域辽阔、人口众多、环境恶化、资源匮乏且分布不合理,自然、经济与社会条件差异性突出,发展绿色建筑具有特殊的科学地位和社会、经济、环境意义。因此,建立绿色建筑职业意识,完善绿色建筑技术能力,提高绿色建筑服务水平,理应成为广大建筑师、规划师、土木工程师、设备工程师、环境工程师等相关技术人员,面对当今社会与未来社会执业的必备职业基础和条件。

21 世纪发展绿色建筑具有无限的生机,但当绿色建筑仅仅流于一种建筑思潮、时髦和时尚的时候,过分商业化的绿色建筑取向也可能会成为最大的危机。本书作者在从事绿色建筑工程实践和参考大量最新文献资料的基础上,试图比较系统地、通俗易懂地介绍绿色建筑的基本知识,让读者建立起初步的绿色建筑意识及技术框架,为读者进一步学习绿色建筑专业知识打下良

好基础。

绿色建筑技术是一门跨学科、跨行业、综合性和应用性很强的技术。本书主要介绍:绿色建筑及评价标准,绿色建筑室内、外环境及控制技术,绿色建筑节约材料技术,绿色建筑围护结构节能技术,绿色建筑设备节能技术,绿色建筑能源应用技术,绿色建筑水资源合理利用技术,绿色建筑管理技术,基本涵盖了目前绿色建筑的主要技术领域。

本书重点针对高等学校广大学生,以介绍绿色建筑基本概念、基本原理为主,学生并不需要很多跨学科的基础知识和前导课程,就能了解绿色建筑技术基本知识和一般原理,初步建立起绿色建筑环境、节地、节水、节材、节能,以及绿色建筑规划、设计、施工、管理技术等可持续建筑教育理念,为高等院校各类专业学生,尤其对土木工程专业、建筑学专业和土建类其他专业学生学习本专业和跨专业学习绿色建筑知识,起到积极的引导作用。

全书由盐城工学院李飞、杨建明、尹明干、王进、胡艳丽编著,李飞教授和杨建明教授担任主编并统稿。在此感谢盐城工学院教材出版基金的支持,感谢土木工程学院相关老师给予的大力支持和帮助。

由于编者水平有限,敬请广大读者对书中不妥之处批评指正!

编著者

2013年10月

目 录

第 1 章 绿色建筑及评价标准	1
1.1 建筑对资源环境的影响	3
1.2 建筑能耗的影响因素	3
1.2.1 气候对建筑能耗的影响	4
1.2.2 建筑物的朝向	4
1.2.3 建筑的外表面积对暖通空调能耗的影响	5
1.2.4 建筑物的体型系数	6
1.2.5 外围护结构的保温、隔热性能对暖通空调能耗的影响	6
1.2.6 建筑物的窗墙面积比	7
1.2.7 室内温度设定值对建筑暖通空调能耗的影响	8
1.2.8 新风对暖通空调建筑能耗的影响	8
1.2.9 自然通风	9
1.2.10 高性能的暖通空调设备	10
1.2.11 能量回收	10
1.2.12 适时、适度的照明和高效、节能灯具	11
1.2.13 日常生活中的待机能耗	12
1.3 绿色建筑的特点	13
1.3.1 绿色建筑的原则	13
1.3.2 绿色建筑的误区	17
1.4 绿色建筑的设计原则	20
1.5 绿色建筑的评价标准	21
第 2 章 绿色建筑室内、外环境控制技术	25
2.1 绿色建筑的室外环境	25

2.1.1	室外热环境	25
2.1.2	室外热环境规划设计	27
2.1.3	室外热环境设计技术措施	29
2.2	绿色建筑的室内环境	38
2.2.1	建筑室内噪声及控制	38
2.2.2	日照与采光	47
2.2.3	室内热环境	53
2.2.4	通风与散热	57
2.2.5	室内空气质量	59
2.3	绿色建筑的土地利用	65
2.3.1	我国土地使用制度及利用现状	65
2.3.2	绿色建筑的节地途径	66
2.3.3	合理的建筑密度	66
2.3.4	建筑地下空间利用	67
2.3.5	既有建筑的利用和改造	69
2.3.6	废弃地的利用	70
2.3.7	公共设施集约化利用	72
第3章	绿色建筑节约材料技术	74
3.1	绿色建筑材料	74
3.1.1	绿色建筑材料的特征及分类	74
3.1.2	传统建筑材料的绿色化	76
3.1.3	新型的绿色化建筑材料	80
3.1.4	绿色建材的发展趋势	83
3.2	建筑节能技术	85
3.2.1	有利于建筑节能的新材料、新技术	85
3.2.2	建筑工业化程度	89
3.2.3	清水混凝土技术	90
3.2.4	结构选型和结构体系节材	91
3.2.5	建筑装修节材	96
3.2.6	利用当地建材资源	97

3.3	废弃物利用与建筑节能	98
3.3.1	建筑垃圾再生利用	98
3.3.2	工农业废弃物与建筑材料	106
3.4	绿色建筑材料的评价体系	111
3.4.1	资源消耗	112
3.4.2	能源消耗	113
3.4.3	环境影响	115
3.4.4	本地化	116
3.4.5	旧建筑材料利用率	116
3.4.6	室内环境质量	116
第4章	绿色建筑围护结构节能技术	118
4.1	建筑节能基本知识	118
4.1.1	建筑节能与节能建筑	118
4.1.2	建筑节能的意义	119
4.1.3	温室气体	120
4.1.4	我国建筑节能标准体系的建立	121
4.1.5	《公共建筑节能设计标准》的适用范围	122
4.1.6	建筑能耗的影响因素	122
4.1.7	建筑物用能系统	122
4.1.8	建筑物体形系数	122
4.1.9	窗墙面积比	122
4.1.10	保温和隔热的区别	123
4.1.11	建筑遮阳	124
4.2	建筑墙体节能技术	127
4.2.1	围护结构总体热工性能节能设计方法	128
4.2.2	外墙外保温系统构造设计	129
4.2.3	其他几种墙体保温技术简介	132
4.3	屋面保温隔热技术与地面防潮节能技术	135
4.3.1	屋面保温隔热技术	135
4.3.2	地面的防潮和节能设计	141

4.4	建筑幕墙节能技术	142
4.4.1	建筑节能对幕墙的基本要求	142
4.4.2	透明围护结构的节能措施	142
4.4.3	提高透明体的热工性能	143
4.4.4	提高幕墙非透明部分节能的技术措施	144
4.4.5	影响门窗和玻璃幕墙节能效果的主要材料	145
4.4.6	透明玻璃幕墙节能材料的选择	148
4.4.7	幕墙建筑保温防火设计要求	149
第5章	绿色建筑设备节能技术	151
5.1	绿色建筑设备	151
5.1.1	建筑节能设备与系统	151
5.1.2	建筑设备节能设计应注意的问题	155
5.1.3	影响建筑节能设备发展的因素	156
5.2	绿色建筑设施设备设计选型	157
5.2.1	给、排水设施设备的设计选型	157
5.2.2	强、弱电设施设备的设计选型	163
5.2.3	暖、通、空调设施设备的设计选型	168
5.2.4	人防、消防设施设备的设计选型	178
5.2.5	燃气、电梯、通信设施设备的设计选型	184
5.2.6	其他设施设备的设计选型	185
第6章	绿色建筑能源应用技术	187
6.1	区域能源规划	187
6.2	太阳能与建筑一体化应用技术	198
6.2.1	太阳能热水系统	198
6.2.2	太阳能制冷系统	202
6.2.3	建筑一体化光伏系统	208
6.3	热泵及其在建筑中的应用技术	211
6.3.1	热泵的基本知识	211
6.3.2	热泵系统的分类	217

6.3.3	热泵的节能效益和环保效益	219
6.3.4	空气源热泵系统	221
6.3.5	地源热泵空调系统	228
6.3.6	热泵在建筑中的应用	234
第7章	绿色建筑水资源合理利用技术	236
7.1	绿色建筑节水的意义	236
7.1.1	全球水资源危机	236
7.1.2	水与建筑	237
7.1.3	绿色建筑水循环利用	237
7.2	绿色建筑保水技术	238
7.2.1	生态保水与城市防洪	238
7.2.2	不透水场地与城市热岛效应	239
7.2.3	绿色建筑场地设计	240
7.3	绿色建筑节水技术	245
7.3.1	减少跑冒滴漏	246
7.3.2	用水必需计量	246
7.3.3	采用节水器具	247
7.3.4	采取减压限流	250
7.3.5	节水绿化	251
7.4	绿色建筑非传统水资源利用技术	253
7.4.1	中水回用	253
7.4.2	雨水利用	256
7.4.3	海水利用	261
第8章	绿色建筑管理技术	265
8.1	绿色建筑的运营管理技术	265
8.2	绿色建筑运营管理的数字化技术	277
8.2.1	数字化运营管理网络平台	278
8.2.2	创建数字化生活	278
8.2.3	数字化的基本概念	279

8.3 绿色建筑智能化技术·····	282
8.3.1 住宅智能化系统·····	282
8.3.2 安全防范系统·····	285
8.3.3 管理与监控子系统·····	289
8.3.4 通信网络子系统·····	292
8.3.5 智能型产品与技术·····	292
8.3.6 利用智能技术实现节能、节水、节材·····	293
8.3.7 智能化居住小区的关键技术·····	295
8.3.8 未来的“智能住宅”·····	297
参考文献·····	300

第 1 章 绿色建筑及评价标准

关于绿色建筑有许多定义,但归纳起来,绿色建筑就是应用环境回馈和资源效率的集成思维去设计、建造的建筑。绿色建筑有利于资源节约(包括提高能源效率、利用可再生能源、水资源保护);绿色建筑充分考虑其对环境的影响和废弃物最低化;绿色建筑致力于创建一个健康舒适的人居环境、降低建筑使用和维护费用。它从建筑及其构件的寿命周期出发,考虑其性能和对经济、环境的影响。绿色建筑就是可持续建筑。

GB/T 50378《绿色建筑评价标准》结合我国国情给出了绿色建筑的定义:在建筑的全寿命周期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生。

图 1-1~图 1-6 为英国、美国、瑞典和日本根据自己的特点建造的住宅、办公楼、商业建筑等绿色建筑示范工程,展示了当地的绿色建筑理念和研究成果,引领了未来建筑的发展方向,推动了建筑业的可持续发展。

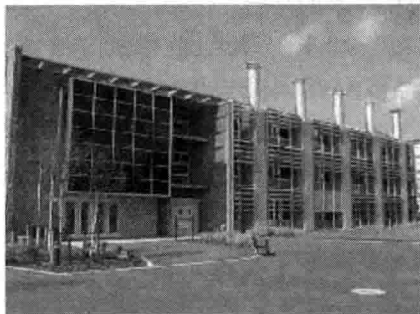


图 1-1 英国 BRE 生态环境楼

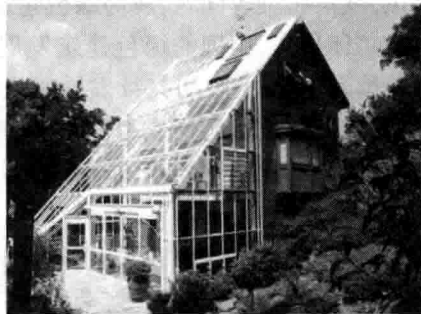


图 1-2 英国 Integer 生态住宅样板房

基于绿色建筑的理论研究成果,北京、上海、广州、深圳、杭州等经济发达地区结合自身特点,积极开展了绿色建筑应用实践。国内已经有多个示范性的绿色建筑诞生,如上海生态建筑示范楼(图 1-7)、清华大学超低能耗示范楼(图 1-8)、盐城工学院希望大道校区图书馆低能耗和可再生能源应用示范工程、科技部 21 世纪大厦、北京北潞春生态型住宅小区等。这些建筑充分考虑建筑群规划、建筑围护结构和系统节能、室内环境质量、中水利用、采光和



图 1-3 英国 BedZED 社区



图 1-4 美国 Interface Showroom and Offices



图 1-5 欧洲生态小区的典范——瑞典 Bo01



图 1-6 日本多层太阳能住宅

通风、噪声污染等问题,成为绿色建筑实践和探索的平台。

总体说来,中国的绿色建筑发展还是处于起步阶段,绿色建筑应该遵循可持续发展的原则,可持续发展就是要使经济发展有利于当地环境和基本生活条件的变化,这已经成为目前规划和发展的指导思想,针对环境污染、资源过量消耗等社会与环境问题提出切实可行的、持久的解决方法,以利于未来的发展。



图 1-7 上海生态建筑示范楼

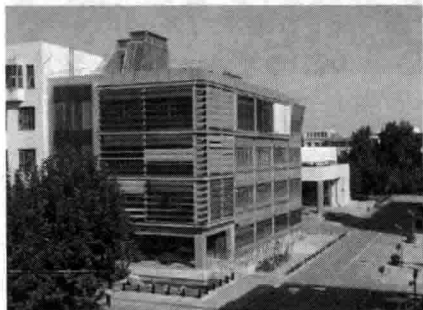


图 1-8 清华大学超低能耗建筑示范楼

1.1 建筑对资源环境的影响

全球的资源短缺和环境问题已引起了人们的广泛关注,人们发现引起全球气候变暖的有害物质中,50%是在建筑施工和运营过程中产生的,而且建筑业的温室气体排放量正以惊人的速度增长。大量人为的温室气体(主要是二氧化碳)包围着地球,使地球的热量无法散发出去,由此导致了全球性气候变暖。科学家认为,与前工业时期全球气温水平相比,全球气温上升的幅度必须控制在 2°C 以内。全球气温上升的幅度超过 2°C 后,灾难将接踵而至:粮食产量将减少,原始冰川积雪的消失将危及城市的饮用水,极端异常气候变化将更加剧烈,上升的海平面将淹没沿海地区,25%的海洋生物的家園——珊瑚礁将遭到破坏,25%的动植物将灭绝……后果将是毁灭性的。

人们已逐步意识到建筑对环境的负面影响,人类正在与人为的环境问题(如气候变暖)抗争,建筑师、设计师及规划师应走在前面,减少资源消耗、降低环境污染,在自己的作品中体现、实践人类可持续发展的理想。

建筑行为对环境的影响主要表现为,在建筑的全寿命周期内消耗自然资源和造成环境污染,图1-9定量地表示出了这种影响的程度。

传统建筑对资源的消耗和对环境造成的污染十分惊人。据欧洲建筑师协会测算,建筑在整个过程中的能耗占用了50%的全部能源,其中水泥生产和其他建材生产消耗能源占20%,建筑使用过程消耗能源占30%。

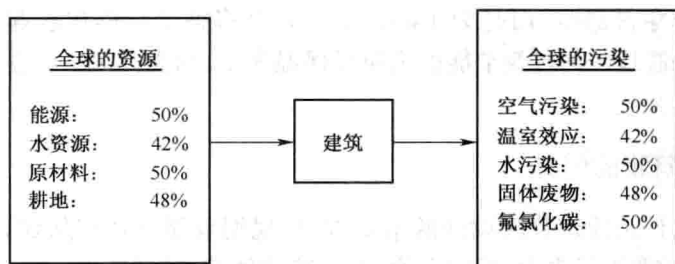


图 1-9 建筑业带来的资源消耗和环境污染

(资料来源:李华. 高技术的生态建筑. 2002)

1.2 建筑能耗的影响因素

绿色建筑是建筑业追求的发展方向,是科学发展的必然趋势。绿色建筑实际上是对建筑本源的回归,建筑究其根本就应该是“绿色”的。国际上绿色

建筑大都是从建筑节能起步的。

1.2.1 气候对建筑能耗的影响

我国幅员辽阔,各地方的气候差异也很大,我们需要针对不同地方的气候差异,采取不同的建筑设计措施,在为人们创造舒适的生活和工作环境的同时,尽可能地节省能量。根据各地方的气象统计,我国分为五类气候地区,分别是:

- (1) 严寒地区,其最冷月的平均温度低于 -10°C 。
- (2) 寒冷地区,其最冷月的平均温度为 $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 夏热冬冷地区,其最冷月平均温度为 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$,最热月平均温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 夏热冬暖地区,其最冷月平均温度高于 10°C ,最热月平均温度为 $25\sim 29^{\circ}\text{C}$ 。
- (5) 温和地区,其最冷月平均温度为 $0\sim 13^{\circ}\text{C}$,最热月平均温度为 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

显然,不同气候地区的建筑在冬、夏季消耗的采暖空调能耗是不同的,需要采取不同的保温、隔热措施。绿色建筑及节能技术具有地域性,不同的建筑气候热工分区,甚至相同气候分区内的不同位置,建筑节能措施都会有所不同。建筑隔热与建筑保温的实施方案,犹如人的冬、夏两季穿着,是有很大的区别的:北方严寒地区的人们在冬季会穿上厚厚的棉衣;而在炎热的沙漠地区人们并非穿得最少,而是为了隔热需要几乎将整个身体包裹起来的薄衫袍。北方采暖地区的建筑节能措施应以保温为主,而南方地区的建筑节能措施应以隔热为主。

1.2.2 建筑物的朝向

规划设计是建筑节能设计的重要方面,规划节能设计应从建设选址、分区、建筑和道路布局走向、建筑方位朝向、建筑体型、建筑间距、冬夏季季风主导方向、太阳辐射、建筑外部空间环境构成等方面进行研究以优化建筑的微气候环境。节能规划设计就是分析形成气候的决定因素,辐射因素,大气环流因素和地理因素的有利、不利影响,通过建筑的规划布局对上述因素进行充分利用、改造,形成良好的居住条件和有利于节能的微气候环境。

建筑旁边的绿化不但有防风、隔声、防尘和美化环境的作用,而且对建筑节能也有重要作用。首先,树木可以从根部吸收水分,通过叶面蒸发,从而降

低空气温度;其次,树木有很好的遮阳作用,从而使建筑物直接受到的太阳辐射及从地面得到的辐射热减少;再次,树木还有引导风及挡风的作用。此外,室外地面不但会反射太阳辐射,而且其本身辐射升高后又会成为新的热辐射源,所以尽量种草、植树,避免地面土壤裸露,并减少不必要的大面积混凝土地坪,对于减少空调负荷、达到节能的目的具有非常重要的意义。而且清洁的室外环境对于洁净空调系统的有效运行和空调箱过滤器的寿命也是有利的。

空调建筑周围良好的绿化,能降低小气候的温度,减少建筑物吸收的太阳辐射量,改变环境的热、湿平衡,降低建筑空调负荷,实现建筑节能。据研究,好的绿化在夏季可降低室外向建筑物内部传热6%~30%。因此,尽可能地在建筑周围进行绿化,一方面降低空调的负荷,使建筑物周围空气环境清新舒适;另一方面配合建筑物的美观需要,使建筑物既节能又环保舒适。

1.2.3 建筑的外表面积对暖通空调能耗的影响

围护结构是指建筑物及房间各面的围护物,分为透明和不透明两种类型:不透明围护结构有墙、屋面、地板、顶棚等;透明围护结构有窗户、天窗、阳台门、玻璃隔断等。按是否与室外空气直接接触,又可以分为外围护结构和内围护结构。在不需特别加以指明的情况下,围护结构通常是指外围护结构,包括外墙、屋面、窗户、阳台门、外门以及不采暖楼梯间的隔墙和户门等。

对于一幢建筑来讲,它的形状与保暖隔热有一定的关系。房屋的冷暖受到很多因素的制约,如朝向、通风、外墙面积、墙体材料和门窗开口大小等,除去自然因素外,其中一个重要的人为因素就是外墙面积的大小。

我国在改革开放前的计划经济时代,居民住房都是由单位或国家分配的。那时的住房没有选择,设计没有竞争,基本上都是条状矩形的住宅,四方方,规规矩矩,看起来很呆板,其实它的外表面积(包括屋面、外墙面)与整幢房屋的体积之比值(称为体型系数)最小。从这方面来说,它的保暖隔热性能最好。因为外墙面是与室外接触最多、最密切的地方,在夏天或冬天室内、外温差很大的情况下,它的吸热与散热就特别厉害。现在看到的鳞次栉比的条状商品房,由于要做到“三明”(明厨、明卫、明厅),在外墙面开了很多凹槽,有的还很深。还有的为了使立面美观,把立面做得凹凸有致,这些都增加了外墙面积,使保暖性能受到影响。点状住宅与条状住宅相比,它的凹凸还要厉害,外墙面积还要大,而且往往一户人家或者一间卧室可以有两个方向甚至三个方向的外墙,相比较条状住宅多数只有南北两个朝向而言,不但

外墙面积大,而且不同方向多,这样的保暖性能就明显不如条状住宅。当然这也不是绝对的,主要是不要有过多、过大凹凸,以减少外墙面积。

1.2.4 建筑物的体型系数

建筑物的体型系数是建筑物接触室外大气的外表面积与其所包围的体积的比值。它实质上是指单位建筑体积所分摊到的外表面积。体积小、体型复杂的建筑以及平房和低层建筑,体型系数较大,对节能不利;体积大、体型简单的建筑以及多层和高层建筑,体型系数较小,对节能较为有利。

建筑物的体型系数是衡量建筑物是否节能的重要标准之一,国家节能标准对不同地区的住宅建筑有不同体型系数的要求。

介绍“建筑物体型系数”这个概念,不单告诉购房者买房时要注意什么样体型的住宅有利于保暖隔热,更是提醒设计住宅的建筑师:在立面和平面设计时不仅是要注意好看、美观以及强求“三明”,还要重视建筑的节能和建筑的使用功能与物理性能。

1.2.5 外围护结构的保温、隔热性能对暖、通空调能耗的影响

1. 保温性能

如果建筑外围护结构的材料过于简陋、单薄,在冬天通过围护结构散失的热量就会很大,即使提供很大的热量也不能保证室内温度舒适,就好比在冬季人们不会仅穿单衣,而穿着羽绒服就更容易保持体温。

可以通过传热系数来描述外围护结构的保温隔热性能。传热系数即单位面积的围护结构在两侧温差为 1°C 时,单位时间通过的能量。传热系数越大,通过围护结构的热损失也就越大。提高建筑节能水平,降低建筑物的采暖空调能耗,就必须降低围护结构的传热系数。

在严寒的东北地区,过去通常采用很厚的砖墙和多层外窗来建造房屋,目的是加强外围护结构的保温性能,减少通过其散失的热量。现在人们可以采用各种导热系数小、性能良好的保温材料,通过合理的外墙构造,在很大程度上提高外墙保温性能的同时,减少外墙的厚度,由此可以得到更多的有效建筑面积。

2. 隔热性能

围护结构外表面在太阳辐射条件下的升温速度和温度高低反映出围护结构的隔热功能。对于目前节能建筑所采用的轻质材料而言,外表面升温快、温度高,其隔热性能好,这是因为外表面温度高,必然向空气中散发更多