



新农村节能住宅建设系列丛书

节能住宅 太阳能技术

张志刚 魏 璠 主编

中国建筑工业出版社

新农村节能住宅建设系列丛书

节能住宅太阳能技术

张志刚 魏 璠 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

节能住宅太阳能技术/张志刚, 魏璠主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 10

(新农村节能住宅建设系列丛书)

ISBN 978-7-112-17323-5

I. ①节… II. ①张…②魏… III. ①节能-农村住宅-太阳能技术 IV. ①TU241.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 226990 号

本书是《新农村节能住宅建设系列丛书》之一。针对近年来我国北方寒冷地区农村住宅建筑朝着节能化发展的情况, 介绍农村住宅太阳能应用的途径和相关技术。全书共 8 章, 包括: 我国寒冷地区村镇住宅建筑和能耗现状、太阳能基本知识、我国北方地区的太阳能资源、太阳能集热器、太阳能热水技术、太阳能供暖技术、被动式太阳房、太阳能热泵供暖技术。本书可指导农村住宅太阳能的应用, 解决供暖、生活热水供应, 从而达到节能、经济、提高居住质量的目的。

本书具有一定实践性和指导意义, 既可以作为村镇干部的培训教材, 也可作为社会主义新型农民建设节能住宅的技术参考书。

* * *

责任编辑: 张 晶 吴越恺

责任设计: 董建平

责任校对: 李美娜 王雪竹

新农村节能住宅建设系列丛书

节能住宅太阳能技术

张志刚 魏 璠 主编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 11 $\frac{3}{4}$ 字数: 193 千字

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-17323-5

(26073)

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)

编 委 会

主 任：王建廷

副主任：于双民

委 员：王 俊 郑向阳 刘 戈 文科军 吴丽萍
张志刚 任绳凤 常 茹 赵国敏 龙天炜

序

本套丛书是基于“十一五”国家科技支撑计划重大项目研究课题“村镇住宅节能技术标准模式集成示范研究”(2008BAJ08B20)的研究成果编著而成的。丛书主编为课题负责人、天津城建大学副校长王建廷教授。

该课题的研究主要围绕我国新农村节能住宅建设,基于我国村镇的发展现状和开展村镇节能技术的实际需求,以城镇化理论、可持续发展理论、系统理论为指导,针对村镇地域差异大、新建和既有住宅数量多、非商品能源使用比例高、清洁能源用量小、用能结构不合理、住宅室内热舒适度差、缺乏适用技术引导和标准规范等问题,重点开展我国北方农村适用的建筑节能技术、可再生能源利用技术、污水资源化利用技术的研究及其集成研究;重点验证生态气候节能设计技术规程、传统采暖方式节能技术规程;对村镇住宅建筑节能技术进行综合示范。

本套丛书是该课题研究成果的总结,也是新农村节能住宅建设的重要参考资料。丛书共7本,《节能住宅规划技术》由天津市城市规划设计研究院郑向阳正高级规划师、天津城建大学张戈教授任主编;《节能住宅施工技术》由天津城建大学刘戈教授任主编;《节能住宅污水处理技术》由天津城建大学文科军教授任主编;《节能住宅有机垃圾处理技术》由天津城建大学吴丽萍教授任主编;《节能住宅沼气技术》由天津城建大学常茹教授任主编;《节能住宅太阳能技术》由天津城建大学张志刚、魏璠副教授任主编;《村镇节能型住宅相关标准及其应用》由天津城建大学任绳凤教授、王昌凤副教授、李宪莉讲师任主编。

丛书的编写得到了科技部农村科技司和中国农村技术开发中心领导的

大力支持。王喆副司长，于双民处长和王俊副处长给予了多方面指导，王喆副司长亲自担任编委会主任，确保了丛书服务农村的方向性和科学性。课题示范单位蓟县毛家峪李锁书记，天津城建大学的龙天炜教授、赵国敏副教授为本丛书的完成提出了宝贵的意见和建议。

丛书是课题组集体智慧的结晶，编写组总结课题研究成果和示范项目建设经验，从我国农村建设节能型住宅的现实需要出发，注重知识性和实用性的有机结合，以期普及科学技术知识，为我国广大农村节能住宅的建设做出贡献。

丛书主编：王建廷

前 言

本书是《新农村节能住宅建设系列丛书》之一，针对近年来我国太阳能应用技术的发展和北方寒冷地区农村住宅的建设情况，介绍农村住宅太阳能利用的途径和相关技术。

全书共 8 章。第 1 章介绍了我国寒冷地区的地域划分，基于对寒冷地区村镇住宅建筑结构形式和用能方式的调研，对能耗现状进行了分析。第 2 章介绍了太阳能的基本知识，此部分为太阳能应用的基础。第 3 章介绍了我国太阳能资源的分布情况，介绍了我国北方地区太阳能资源的特点和利用现状，说明了我国北方地区太阳能利用的广阔前景。第 4 章介绍了太阳能集热器产业在我国发展情况，主要讲述了平板集热器、真空管集热器及聚光型集热器的工作原理，并对集热器的应用方式进行了介绍，提出了集热器的选择原则。第 5 章介绍了太阳能热水技术，重点描述了户式太阳能热水系统和小型太阳能热水系统的结构形式、系统流程，及在户型匹配方面如何进行系统选择。此外，介绍了太阳能热水系统维护和管理的相关要求、安装和日常使用中的相关常识，并对如何选购太阳能热水系统提供了参考。第 6 章介绍了太阳能供暖技术。太阳能供暖系统主要由太阳能集热器、换热储热装置、控制系统、辅助加热设备、水泵、连接管道和末端散热装置等组成。本章分别从系统的组成、设计、安装和维护的角度做了具体的说明，对太阳能采暖系统在我国的应用前景进行了展望。第 7 章对被动式太阳能房进行了介绍，从太阳能利用原理、结构、设计、施工等角度进行了论述。本章与第 6 章分别从被动和主动的角度描述了太阳能热用

于供暖的利用技术。第8章重点介绍了一种新型太阳能供暖技术——太阳能\空气源复合热泵的供暖技术。以天津蓟县毛家裕的示范工程为例,对系统的设计、选型、运行效果进行了介绍,最后对系统的经济性进行了分析。

本书由张志刚、魏璠撰写,天津城建大学建筑环境与能源应用专业相关教师、硕士生做了一些资料收集和文字录入工作,在此表示感谢!

本书可指导农村住宅太阳能的应用,解决供暖、生活热水供应,从而达到节能、经济、提高居住质量的目的。

本书具有一定实践性和指导意义,既可以作为村镇干部的培训教材,也可作为社会主义新型农民建设节能住宅的技术参考书。

目 录

1 我国寒冷地区村镇住宅建筑和能耗现状	1
1.1 建筑形式及能耗现状调查	1
1.2 能耗现状分析	5
2 太阳能基本知识	9
2.1 太阳能的来源	9
2.2 地球的运动与太阳	10
2.3 地球表面上的太阳辐射	12
2.4 太阳能量的吸收、转换和储存	16
2.5 太阳能的特点	17
3 我国北方地区的太阳能资源	21
3.1 太阳能资源简介	21
3.2 我国北方地区的太阳能资源分布特点及利用状况	22
3.3 我国北方地区太阳能利用的广阔前景	25
4 太阳能集热器	27
4.1 平板型集热器	27
4.2 真空管集热器	33
4.3 聚光型集热器	38
4.4 太阳能集热器的连接方式	46

5 太阳能热水技术	51
5.1 户式太阳能热水器	52
5.2 小型太阳能热水系统	58
5.3 太阳能热水系统的使用与管理维护	60
5.4 太阳能热水系统的户型匹配	67
5.5 太阳能热水系统的选购	70
6 太阳能供暖技术	77
6.1 概况	77
6.2 太阳能供暖系统的组成	83
6.3 太阳能供暖系统的设计	89
6.4 太阳能供暖系统的安装	100
6.5 太阳能供暖系统的维护	107
6.6 太阳能供暖的展望	109
7 被动式太阳房	113
7.1 被动式太阳房的原理与结构	113
7.2 被动式太阳房的设计	118
7.3 被动式太阳房的施工与管理	128
8 太阳能热泵供暖技术	139
8.1 热泵概述	139
8.2 热泵的低温热源	142
8.3 太阳能/空气源复合式热泵系统	146
8.4 太阳能/空气源复合式热泵系统典型案例	152
8.5 太阳能/空气源复合式热泵系统的经济性分析	167
参考文献	175

我国寒冷地区村镇住宅 建筑和能耗现状

1

我国幅员辽阔，地形复杂。各地由于纬度、地势和地理条件不同，从建筑热工设计的角度出发，可以划分为五个分区，即严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区。

其中，寒冷地区在我国分布较广，包括了天津、北京、河北、山东、山西、陕西、甘肃、河南、内蒙古、宁夏和辽宁、新疆等部分地区。这类地区冬季温度普遍较低，采暖耗热量大。为了满足冬季保温的要求，除了要保证供暖以外，加强建筑本身的节能效果也是非常重要的。这一点在农村地区尤其显得重要。因为，城镇新建建筑的设计和建造要求严格执行国家和地方颁布的节能标准，而前期建设的不节能建筑也进行了大规模的节能改造。然而，在我国农村，由于缺乏规范性的设计标准和专业施工队伍，住宅的建设还是沿用传统的方法。以我国北方寒冷地区为例，居住建筑的房屋类型、建造年代、围护结构、室内环境调节方式等都没有一个统一的标准，相应的节能标准更是缺乏，这对减少冬季采暖的能耗支出都是不利的。

1.1 建筑形式及能耗现状调查

1.1.1 调查内容

以我国寒冷地区农村为例，对农村住宅的建筑形式和供暖方式进行了调查。调查的城市包括天津、北京、河北、山东、山西、陕西、甘肃、河南、内蒙古、宁夏和辽宁部分地区等。调查的内容见表 1-1。

调 查 内 容

表 1-1

房屋 类型	建造 年代	建筑 面积	墙体 结构	屋顶 结构	外窗 类型	外窗 面积	外门 类型	外门 面积	供暖 形式	供冷 形式
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1.1.2 调查结果

1. 建筑情况

我国的农村建筑大多数建于 1990 年以后,绝大多数为平房,面积在 100m^2 左右,墙体主要采用传统的 370 砖墙,屋顶以木支撑的瓦面斜屋顶为主,约有一半的外门采用平开木门,外窗的形式种类繁多,包括木质、铁质、铝合金、塑钢框平开和推拉窗。其中普通单层玻璃窗占到 70%,木框单玻平开窗的比例最大,为 33.6%。对建筑基本情况调查结果统计如图 1-1~图 1-7 所示。

2. 供暖、制冷方式

因为冬季温度较低,几乎所有的建筑均采取了供暖措施。土炕取暖是主要的供暖方式,占总数的 81.7%;第二大取暖方式是依靠火炉,比例为 49.6%;而安装土暖气进行取暖也是比较普遍的方式,占总数的 38.8%。这些取暖方式的能量来源主要以煤和柴的燃烧为主,所以农村冬季取暖的能源仍以煤和柴为主。然而在夏季,人们很少使用空调制冷,19.8%的建筑依靠自然通风度过夏季,65.3%的建筑使用电风扇。所以,在我国寒冷地区的农村住宅室内的能耗主要在冬季取暖的能耗。如图 1-8、图 1-9 所示。

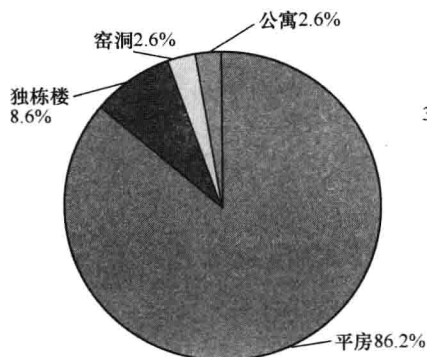


图 1-1 房屋类型

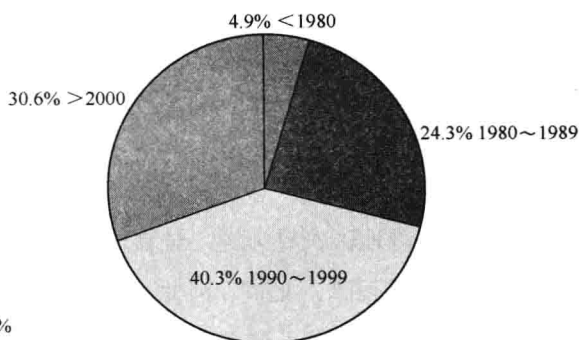


图 1-2 房屋建设年代

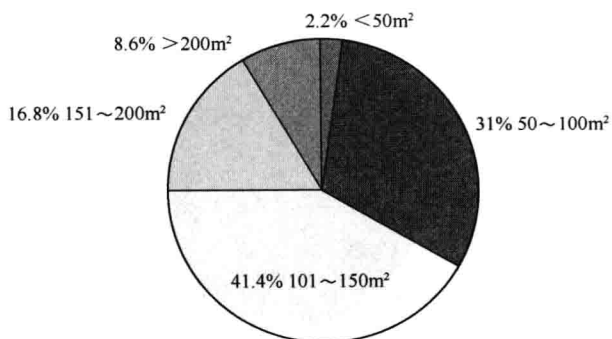


图 1-3 建筑面积

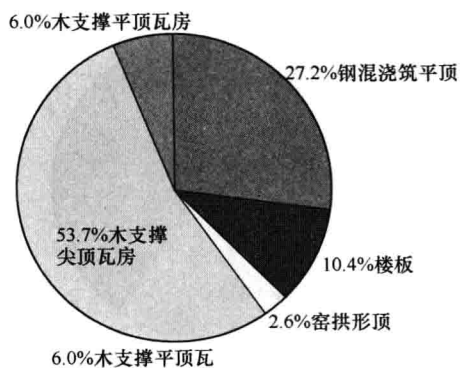


图 1-4 屋顶结构

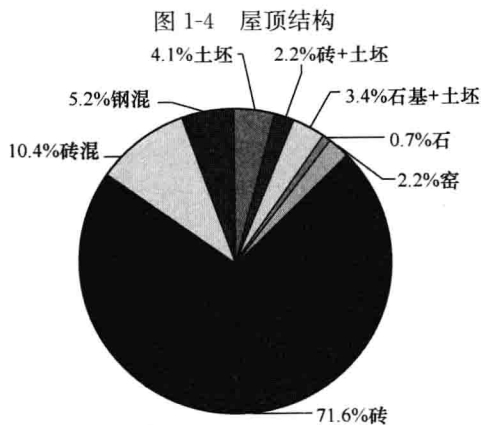


图 1-5 墙体结构

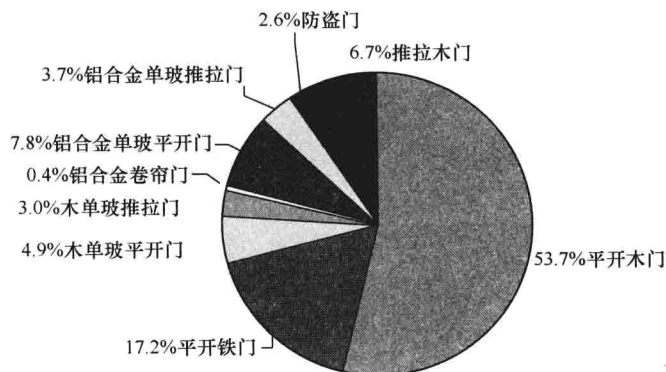


图 1-6 外门类型

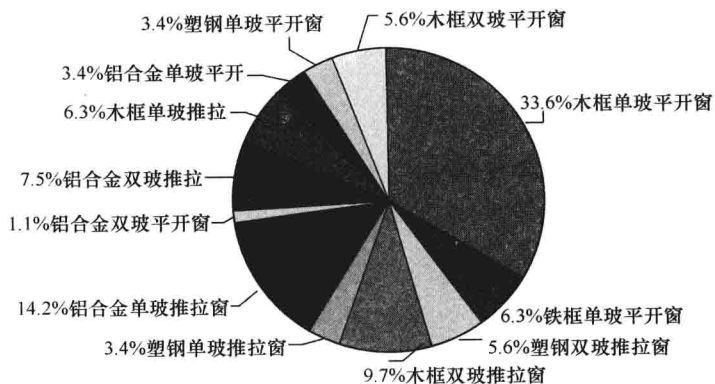


图 1-7 外窗类型

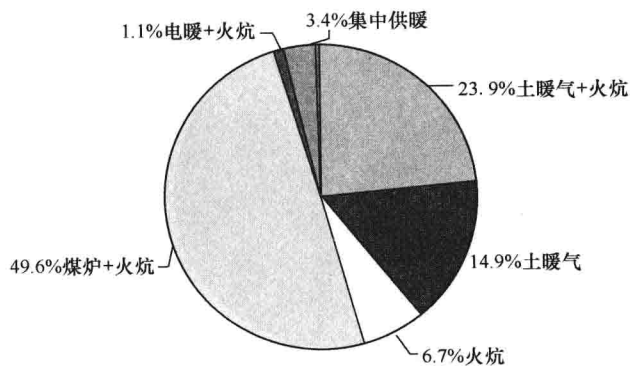


图 1-8 供暖形式

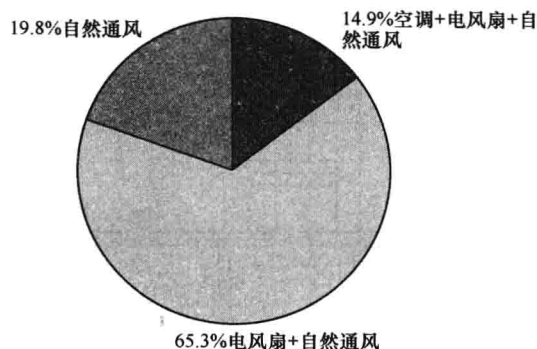


图 1-9 供冷形式

1.2 能耗现状分析

目前，我国北方农村居住建筑多为“一明两暗”式，建筑结构和尺寸如图 1-10 所示。中间为厅，两侧为卧室，建筑体型 $15\text{m} \times 6\text{m} \times 3\text{m}$ ，建筑热工性能见表 1-2。

典型建筑结构形式和热工性能

表 1-2

建筑结构	370mm 砖墙	木支撑 斜屋顶瓦（苇席+油毡）+ 石膏板吊顶	木框单玻 平开窗	木平开门	非保温地板
热工性能 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	1.56	1.00	5.82	4.65	0.23

据此，按照我国寒冷地区 24 个城市典型年气象参数，对寒冷地区农村居住建筑设计热负荷和年耗热量进行了计算。结果表明，建筑设计热负荷最大为兰州 $182 \text{ W}/\text{m}^2$ ，最小为徐州 $156 \text{ W}/\text{m}^2$ ，24 个地区的设计热负荷平均值 $178 \text{ W}/\text{m}^2$ 。建筑物耗热量指标最大为兰州 $149 \text{ W}/\text{m}^2$ ，最小为徐州 $115 \text{ W}/\text{m}^2$ ，24 个地区平均耗热量指标为 $132 \text{ W}/\text{m}^2$ 。造成各地区的负荷数值不同主要与供暖室外计算温度及风速有关。24 个地方建筑设计热负荷与耗热量指标如图 1-11～图 1-12 所示。

我国寒冷地区农村住宅属于非节能型建筑，建筑热工性能和建筑供暖负荷与节能建筑相差很大，并且 70% 的建筑年龄不到 20 年，除了颁布相关的标准对新

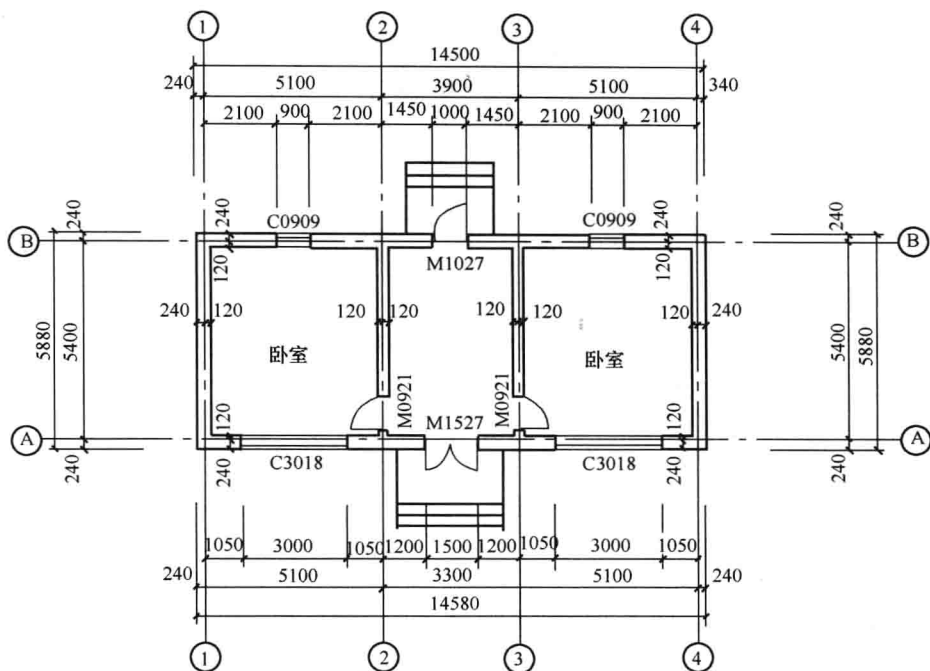


图 1-10 北方农村典型居住建筑平面图

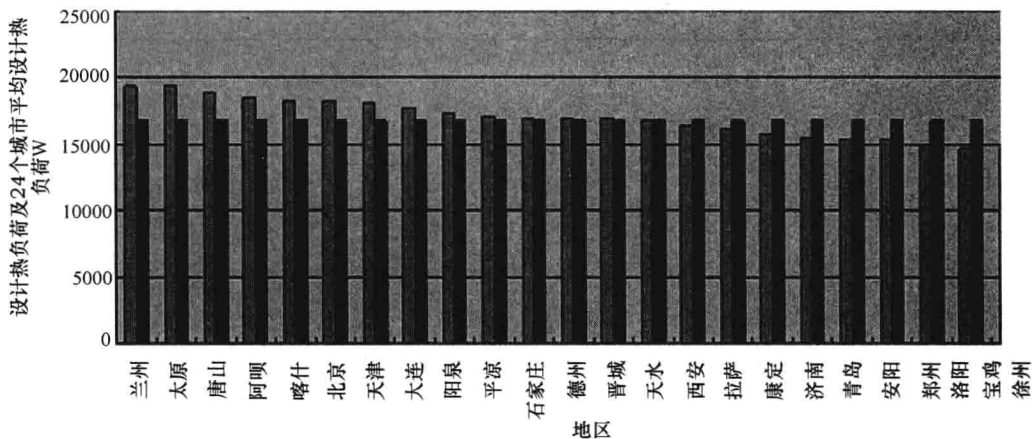


图 1-11 不同地区建筑设计热负荷及平均设计热负荷

建建筑加以规范以外，对既有建筑的节能改造也是势在必行。

通过以上的调研，可以发现，我国农村住宅的建筑能耗是很大的。一方面是因为建筑房屋的材料和方式比较传统，使得建筑本身的保温性能差；另一方面是

因为供暖和供冷采用传统煤炭、薪柴等，效率低下。所以，为了解决这些问题，可以从建造多层住宅、联排房屋等方式降低房屋体形系数，进行外窗、外墙保温以及利用新型供暖装置等着手改造，从而降低建筑取暖能耗。

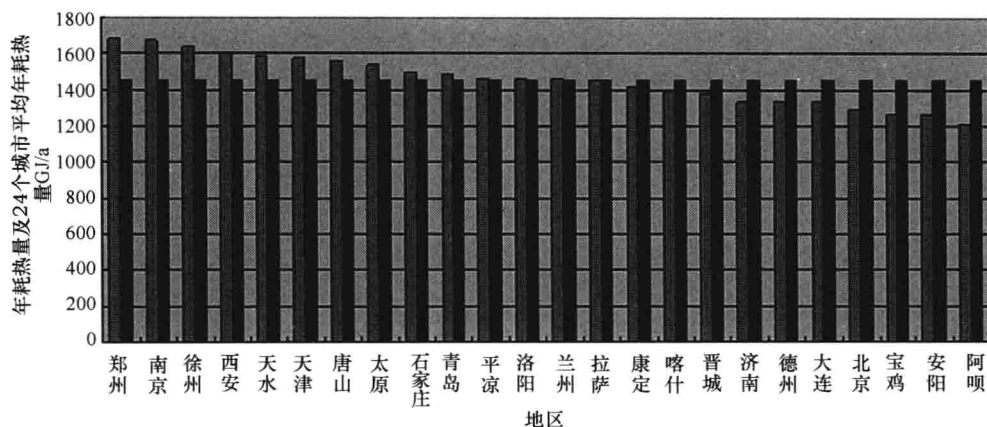


图 1-12 不同地区建筑设计热负荷及年平均耗热量