

# 木结构住宅

## 常见性能检测和评估

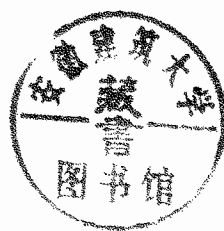
任海青 周海宾◎主编



中国建筑工业出版社

# 木结构住宅常见性能检测和评估

任海青 周海宾 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木结构住宅常见性能检测和评估/任海青 周海宾主编. —北京:  
中国建筑工业出版社, 2008

ISBN 978-7-112-08593-4

I. 木… II. ①任…②周… III. ①木结构—住宅—性能—检测  
②木结构—住宅—性能—评价 IV. TU241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 159987 号

本书以木结构住宅为对象, 详细介绍了国内外各种木结构建筑适用性能评估领域的研究成果, 阐述了我国木结构住宅常见性能的检测方法和评估标准。内容包括: 节能检测与评估、隔声性能检测和评估、楼梯振动性能检测和评估、室内空气污染物检测和评估、防火性能检测和评估等内容。本书是由木结构研究方面的专家学者编写, 根据国家标准, 结合国内外研究成果和自己的工作经验, 论点明确, 公式文献引用恰当, 实用性较强, 可作为住宅性能评定和绿色建筑评估的参考内容。

本书可作为木结构建筑设计单位、检测评估机构工程师学习工作用书, 也可作为大专院校相关专业师生教学参考书。

责任编辑: 郇锁林

责任设计: 肖广慧

责任校对: 汤小平

木结构住宅常见性能检测和评估

任海青 周海宾 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

北京永峥排版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7½ 字数: 200 千字

2008 年 11 月第一版 2008 年 11 月第一次印刷

印数: 1—2,000 册 定价: 23.00 元

ISBN 978-7-112-08593-4

(15257)

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)

## 本书编委会名单

主 编：任海青 周海宾

副 主 编：费本华 吕建雄 徐 春 胡林涓

参编人员：（以姓氏汉语拼音为序）

陈恩灵 郭红蕾 郭 伟 胡传双 倪 骏

王春明 王林安 王国柱 王晓欢 姚利宏

## 前言

当前,在我国现代木结构住宅刚刚起步。随着人们住房理念的变革,政府对环境保护以及森林可持续发展认识的显著提高,现代木结构住宅必将会受到越来越多人的青睐,并逐步打破我国建筑市场长期以来混凝土结构一统天下的局面而形成一种结构为主、多种结构共存的格局。

木结构住宅建筑性能的好坏不仅关系到居住者的生活质量,还影响着自身的发展。为保证居住者的品质生活和木结构住宅建筑的健康发展,对其各种性能的检测和评估至关重要。通过建造前、中和后对住宅建筑构件和建筑本身的质量控制,可以为木结构的设计、建造和维护提供正确指导,也可以为木结构住宅建筑这一产品的健康安全给予合理诊断。

通过对大量木结构住宅建筑居住者的调查采访和查阅相关研究文献,老百姓最为关心且科学证明影响其健康生活的五个常见性能有建筑节能、隔声性能、楼板振动性能、室内空气质量和防火性能。本书以木结构住宅建筑为对象,以木结构建筑中这些性能的检测方法和评价标准为主线,详细介绍了木结构住宅建筑的节能、隔声性能、楼板振动性能、空气质量和防火性能的检测程序和评估指标。这些主要内容均是在我国现有标准和规范以及国外最新科研成果的基础上,针对木结构住宅建筑自身的特点和中国居住者的生活习惯,通过对实体建筑的检测和评估,系统总结出的一套木结构住宅建筑评估方法。

本书编者是由从事木结构建筑性能评估科研教学和直接从事建筑性能评估检测以及木结构建筑企业设计建造等人员组成,在编写过程中始终本着注重实用性和先进性原则。本书的主编为中国林业科学研究院木材工业研究所任海青、周海宾;副主编为国家林业局北京林业机械研究所费本华,中国林业科学研究院木材工业研究所吕建雄,加拿大林产工业研究院胡林涓,中国建筑科学研究院建筑物理研究所徐春;中国林业科学研究院木材工业研究所王晓欢、陈恩灵、郭伟和姚利宏,北京林业大学王国柱,华南农业大学胡传双,中国文化遗产研究院文物研究所王林安,北京市工艺美术职业技术学校郭红蕾,黑龙江林产工业研究所王春明,苏州皇家整体住宅系统有限公司倪骏也参与了本书的编写。

本书编写过程中引用了较多学者的文献资料并得到了各位专家支持和帮助,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中缺点、错误在所难免,敬请读者批评指正。

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 节能检测与评估 .....           | 1  |
| 1.1 建筑节能的现状及其重要性 .....        | 1  |
| 1.1.1 我国建筑节能现状 .....          | 1  |
| 1.1.2 建筑节能的重要性 .....          | 3  |
| 1.2 木结构建筑节能评估 .....           | 3  |
| 1.2.1 建立健全节能评估体系势在必行 .....    | 3  |
| 1.2.2 评估的主要内容和方法 .....        | 4  |
| 1.2.3 建筑节能评估的意义 .....         | 5  |
| 1.3 建筑节能检测技术 .....            | 5  |
| 1.3.1 建筑热环境参数检测 .....         | 5  |
| 1.3.2 围护结构热工性能检测 .....        | 12 |
| 1.4 建筑节能标准 .....              | 17 |
| 1.4.1 建筑节能发展的基本目标与相关标准 .....  | 17 |
| 1.4.2 建筑节能标准要求达到的指标 .....     | 18 |
| 第 2 章 隔声性能检测和评估 .....         | 29 |
| 2.1 噪声的影响 .....               | 29 |
| 2.1.1 噪声对听觉器官的损害 .....        | 29 |
| 2.1.2 噪声引起的多种疾病 .....         | 29 |
| 2.1.3 噪声对正常生活的影响 .....        | 29 |
| 2.1.4 噪声降低劳动生产率 .....         | 30 |
| 2.1.5 噪声损坏建筑物 .....           | 30 |
| 2.2 我国民用建筑的室内噪声标准及隔声要求 .....  | 30 |
| 2.2.1 室内允许噪声标准 .....          | 30 |
| 2.2.2 建筑隔声标准 .....            | 31 |
| 2.3 木结构墙体的隔声性能及影响因素 .....     | 33 |
| 2.3.1 龙骨对木结构墙体隔声性能的影响 .....   | 33 |
| 2.3.2 吸声层对木结构墙体隔声性能的影响 .....  | 35 |
| 2.3.3 空气层对双层墙隔声性能的影响 .....    | 36 |
| 2.3.4 门、窗对墙体隔声量的影响 .....      | 38 |
| 2.3.5 建造细节对木结构墙体隔声性能的影响 ..... | 39 |
|                               | 5  |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 2.4 木结构建筑隔声性能的检测 .....           | 41 |
| 2.4.1 隔声性能检测的内容 .....            | 41 |
| 2.4.2 建筑构件空气声隔声的实验室测量 .....      | 42 |
| 2.4.3 楼板撞击声隔声的实验室测量 .....        | 45 |
| 2.4.4 建筑内两邻室之间空气声隔声的现场测量 .....   | 48 |
| 2.4.5 建筑外墙的隔声性能现场测量 .....        | 51 |
| 2.4.6 建筑物内两室之间楼板撞击声隔声的现场测量 ..... | 54 |
| 第3章 楼板振动性能检测和评估 .....            | 58 |
| 3.1 振动的影响 .....                  | 58 |
| 3.1.1 机械干扰 .....                 | 58 |
| 3.1.2 机械损伤 .....                 | 58 |
| 3.1.3 对振动的主观反应 .....             | 59 |
| 3.2 木结构楼板 .....                  | 59 |
| 3.3 木结构楼板振动控制设计评价方法 .....        | 60 |
| 3.3.1 限定均布活荷载挠度 .....            | 60 |
| 3.3.2 限定集中荷载挠度 .....             | 60 |
| 3.3.3 限定集中荷载挠度和脉冲峰值速度 .....      | 61 |
| 3.3.4 限定基本频率和频率加权均方根加速度 .....    | 62 |
| 3.3.5 限定基本自振频率 .....             | 63 |
| 3.3.6 限定参数组合 .....               | 63 |
| 3.4 现行楼板振动设计评价规范存在的问题 .....      | 64 |
| 3.4.1 缺乏针对新楼板的规范 .....           | 64 |
| 3.4.2 发展普遍适用的设计评价方法 .....        | 64 |
| 3.5 木结构楼板振动性能测试指标 .....          | 65 |
| 3.6 测试内容与指标 .....                | 65 |
| 3.6.1 静态集中荷载测试 .....             | 65 |
| 3.6.2 模态分析测试 .....               | 67 |
| 3.6.3 冲击激励测试 .....               | 69 |
| 3.6.4 强迫振动测试 .....               | 71 |
| 3.7 木结构楼板振动评价标准 .....            | 72 |
| 第4章 室内空气污染物检测和评估 .....           | 75 |
| 4.1 检测的必要性 .....                 | 75 |
| 4.2 可能产生的室内空气污染物 .....           | 75 |
| 4.3 室内空气污染物及相应检测方法 .....         | 76 |
| 4.3.1 甲醛 .....                   | 76 |
| 4.3.2 苯 .....                    | 77 |

|            |                         |           |
|------------|-------------------------|-----------|
| 4.3.3      | 甲苯、二甲苯                  | 78        |
| 4.3.4      | TVOC                    | 78        |
| 4.3.5      | 氨                       | 79        |
| <b>4.4</b> | <b>采样方法和设备</b>          | <b>80</b> |
| 4.4.1      | 采样方法                    | 80        |
| 4.4.2      | 采样设备                    | 83        |
| <b>4.5</b> | <b>采样环境对检测结果的影响</b>     | <b>84</b> |
| 4.5.1      | 温度、湿度、大气压               | 84        |
| 4.5.2      | 室外空气的质量                 | 84        |
| 4.5.3      | 门、窗的开关                  | 84        |
| <b>4.6</b> | <b>采样点的布置原则</b>         | <b>84</b> |
| 4.6.1      | 代表性                     | 84        |
| 4.6.2      | 可比性                     | 84        |
| 4.6.3      | 可行性                     | 84        |
| <b>4.7</b> | <b>检测注意事项</b>           | <b>85</b> |
| 4.7.1      | 检测单位选择                  | 85        |
| 4.7.2      | 确定检测目的,选择合适的检测标准        | 85        |
| 4.7.3      | 检测时间选择                  | 86        |
| 4.7.4      | 检测前准备工作                 | 87        |
| 4.7.5      | 检测点选择                   | 87        |
| 4.7.6      | 采样记录                    | 88        |
| <b>第5章</b> | <b>防火性能检测和评估</b>        | <b>89</b> |
| <b>5.1</b> | <b>火灾的基本知识</b>          | <b>89</b> |
| 5.1.1      | 火灾危害                    | 89        |
| 5.1.2      | 燃烧与火灾                   | 89        |
| 5.1.3      | 火灾的定义及分类                | 90        |
| 5.1.4      | 燃烧中的几个常用概念              | 90        |
| 5.1.5      | 热传播的途径和火灾蔓延的途径          | 92        |
| 5.1.6      | 燃烧产物及其毒性                | 92        |
| <b>5.2</b> | <b>木材的燃烧特性</b>          | <b>93</b> |
| <b>5.3</b> | <b>木结构的防火特性</b>         | <b>93</b> |
| 5.3.1      | 普通木结构                   | 93        |
| 5.3.2      | 胶合木结构                   | 94        |
| 5.3.3      | 轻型木结构                   | 94        |
| <b>5.4</b> | <b>木结构建筑材料燃烧性能和试验方法</b> | <b>94</b> |
| 5.4.1      | 木结构建筑材料燃烧性能             | 94        |
| 5.4.2      | 建筑材料不燃性试验方法             | 94        |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 5.4.3      | 建筑材料难燃性试验方法             | 96         |
| 5.4.4      | 建筑材料可燃性试验方法             | 97         |
| <b>5.5</b> | <b>木结构建筑其他特殊用途材料</b>    | <b>98</b>  |
| 5.5.1      | 铺地材料                    | 98         |
| 5.5.2      | 窗帘幕布类纺织物材料              | 98         |
| 5.5.3      | 电线电缆套管类塑料材料             | 98         |
| 5.5.4      | 管道隔热保温用泡沫塑料             | 99         |
| 5.5.5      | 对复合材料、表面涂层材料的特别规定       | 99         |
| <b>5.6</b> | <b>木结构建筑构件燃烧性能和耐火极限</b> | <b>100</b> |
| 5.6.1      | 建筑构件燃烧性能                | 100        |
| 5.6.2      | 建筑构件耐火极限                | 100        |
| 5.6.3      | 建筑构件耐火极限测定              | 101        |
| <b>5.7</b> | <b>木结构建筑物耐火等级</b>       | <b>106</b> |
| 5.7.1      | 建筑物耐火等级的划分基准和依据         | 106        |
| 5.7.2      | 木结构建筑物耐火等级              | 106        |
| 5.7.3      | 建筑物耐火等级的选定条件            | 108        |
| <b>5.8</b> | <b>木结构建筑设计防火规定</b>      | <b>108</b> |
| 5.8.1      | 防火分区                    | 108        |
| 5.8.2      | 防火间距                    | 108        |
| 5.8.3      | 车库                      | 109        |
| 5.8.4      | 采暖通风                    | 110        |
| 5.8.5      | 厨房设备                    | 110        |
| 5.8.6      | 天窗和密闭空间                 | 110        |

# 第1章 节能检测与评估

## 1.1 建筑节能的现状及其重要性

能源是宝贵的自然资源,无论是人类的生存还是社会发展都离不开能源的供应。能源更是现代工业和城市的血液,推动现代化建设须臾不可缺少的动力。当今人类社会消耗的石油、煤和天然气三大主要能源都是不可再生的矿物资源,由于长期无节制地消耗这些一次能源,预计在21世纪中叶,全球将出现一次能源资源的短缺。为了解决这一可能的资源短缺问题,一方面,要积极探索革命性的新能源,加大对水力能、太阳能、风能、地热能、生物质能等可再生能源的利用;另一方面,要大力提倡节约能源。

建筑行业是能耗大户,一是建筑材料的生产过程需要消耗大量的能源;二是为了创造人类生产、生活和开展各类社会活动所需的舒适环境,建筑物在使用过程中还将不断地消耗能源。

我国幅员辽阔,根据我国气候特点,在960万平方公里的国土上,绝大部分地区的居住建筑都需要采用一定的技术措施来保证冬夏两季的室内舒适环境。北方严寒地区和寒冷地区主要考虑冬季采暖,南方夏热冬暖地区主要考虑夏季降温,处在长江中下游的夏热冬冷地区要夏季降温和冬季采暖兼顾。因此,建筑节能尤为重要。本节主要介绍建筑节能的相关概念、节能现状和重要性。

### 1.1.1 我国建筑节能现状

#### (1) 我国的能源结构与建筑能耗

我国人口众多,能源资源相对缺乏。自然资源总量排在世界第七位,能源资源总量约4万亿t标准煤,居世界第三位。我国人均能源占有量约为世界平均水平的40%。

建筑能耗是指建筑物在建造和使用过程中,热能通过传导、对流和辐射等方式对能源的消耗。按照国家通行的分类,建筑能耗专指民用建筑(包括居住建筑和公共建筑)使用过程中对能源的消耗。其中以采暖和空调能耗为主,大约占建筑能耗的65%。

目前,建筑耗能已与工业耗能、交通耗能并列,成为我国能源消耗的三大“耗能大户”。尤其是建筑耗能伴随着建筑总量的不断攀升和居住舒适度的提升,呈急剧上扬趋势。根据建设部2006年的统计显示,目前全国供热采暖耗能全年约为1.3亿t标准煤,占全社会总能耗的10%,其中一个很重要的原因就是北方冬季供热采暖消耗了大量能源。2007年3月,由清华大学建筑节能研究中心发布的《中国建筑节能年度发展研究报告2007》中称,我国北方城镇采暖能耗占当地全社会能耗的20%以上,占全国城镇建筑总能耗近40%,为建筑能源消耗的最大组成部分。采暖期间,当地空气中的CO<sub>2</sub>排放量明显高于非采暖期。从2001年至2006年底的6年时间里,我国城镇居民平均每百户家庭的空调拥有

量已从 35.8 台上升到 87.2 台,而在上海、广东、重庆、北京、福建、浙江等省、市城镇居民每百户家庭空调拥有量更是达到 120 台以上,建筑用能已达全社会能源消费量的 27.6% (发达国家的建筑用能一般占全社会能源消费量的 1/3 左右)。尽管我国人均用能不及世界平均人均能耗水平的一半,但能源消费总量已达世界第二位。

随着我国经济持续快速稳定增长,建设事业发展迅速。到 2010 年,城镇人均建筑面积将达到  $26\text{m}^2$ ,农村人均建筑面积将达到  $30\text{m}^2$ 。随着人民生活水平的逐步提高,对住宅的舒适度要求也越来越高,将增加采暖和空调设施,建筑能耗必将大幅度增加,建筑能耗占总能耗的比重也会越来越大。仅建筑物在建造和使用过程中消耗的能源比例(包括建造能耗、生活能耗、采暖空调能耗等)就约占全社会总能耗的 30%,如果再加上建材生产过程中耗掉的能源(占全社会总能耗的 16.7%)和建筑相关的能耗,总计将占到全社会总能耗的 46.7%。

现在,我国每年新建房屋 20 亿  $\text{m}^2$  中,99% 以上是高能耗建筑;而既有的约 430 亿  $\text{m}^2$  建筑中,只有 4% 采取了能源效率措施,单位建筑面积采暖能耗为发达国家新建建筑的 3 倍以上。根据测算,如果不采取有力措施,到 2020 年,中国建筑能耗将是现在的 3 倍以上。

## (2) 建筑节能工作取得初步成效

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,通过执行现行的建筑节能标准,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。广义地说,建筑节能包括建筑物内建筑设备系统日常使用的节能、建材生产和建筑物建造过程中的节能、建筑物本体的节能特性等。

建筑节能是当代世界建筑发展的一个基本趋向,有利于国民经济的持续、快速、健康发展,有利于保护生态环境。为提高能源利用效率,减少能源消耗,减少对大气环境的污染,减少  $\text{CO}_2$  排放以及地球温室效应的影响,多年来,我国开展了相当规模的建筑节能工作。制定了一大批建筑节能及其应用技术标准和规范;政府为了鼓励和推动开展建筑节能工作,制定了一系列相应的鼓励政策和管理规定;深入开展建筑节能技术研究,取得了一批具有实用价值的科技成果;开展了建筑节能相关产品的开发和推广应用,促进了建筑节能技术产业化;以试点示范作引导,建成了一批节能建筑,全国目前已建成了 1.5 亿  $\text{m}^2$  的节能住宅,累计减排二氧化碳约 1700 万 t;制定了建筑节能技术培训方案,大范围地开展了建筑节能培训工作;广泛开展建筑节能的国际合作;城市供热改革工作取得进展。

在我国《国民经济和社会发展的第十一个五年规划纲要》中,确立了两个建筑方面的节能重点工程——建筑节能和政府机构节能,即“严格执行建筑节能设计标准,推动既有建筑节能改造,推广新型墙体材料和节能产品等”和“政府机构建筑按照建筑节能标准进行改造,在政府机构推广使用节能产品等”,并在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》中,把“建筑节能与绿色建筑”列为“城镇化与城市发展”的优先主题,要重点研究开发绿色建筑设计技术、建筑节能技术与设备,可再生能源装置与建筑一体化应用技术,精致建造和绿色建筑施工技术与装备、节能建材与绿色建材、建筑节能技术标准。节能设计能有效地改善人们的生活环境,其经济效益和社会效益十分重大。我国政府对建筑节能全面推进,将会引导建筑技术乃至整个建筑行业随同世界建筑发展的大潮迅速前进。

### (3) 建筑节能存在的问题

建筑节能在世界上只有 30 多年的历史。现阶段,建筑节能不可能自发地开展,在政府主导下,以贯彻落实强制性规范标准为前提,以科技革新为先行,以提高民众节能意识为基础,节能技术正在迅速发展。目前,建筑节能方面与我国节能要求还有很大差距,主要存在的问题有:

- ① 缺乏配套完善的建筑节能法律法规和评估体系;
- ② 节能技术不成熟,节能材料供应不足,创新能力差;
- ③ 现行的供热采暖系统和收费制度对建筑节能不利;
- ④ 管理机构不健全,节能工作难以推动。

#### 1.1.2 建筑节能的重要性

能源、原材料、水和土地等自然资源是人类赖以生存和发展的基础,是经济社会可持续发展的主要物质保障。我国人均资源占有量远低于世界平均水平,并且资源利用效率低、浪费大、污染严重,这不仅使资源约束矛盾突出,环境压力加大,而且也成为制约我国经济社会发展和实现全面建设小康社会目标的重要因素。

加强建筑节能,对于缓解我国能源紧缺局面,保护环境具有十分重要作用。在房屋建设中,大力推广建筑节能,可以从源头上大大降低建筑采暖、空调能耗,减少建筑材料对不可再生资源的利用。在环境总体污染中,与建筑相关的空气污染、光污染和电磁污染占了 34%,建筑垃圾占人类活动产生垃圾总量的 40%;且大量建筑侵占土地,破坏生态环境日益严重。因此,加强建筑节能,是实现环境良好的重要举措。

加强建筑节能可以促进建筑业的自身发展。我国建筑能耗总量大、比例高、能效低、污染重,已成为影响可持续发展的重大问题,通过对既有建筑的改造、新建建筑按节能标准进行建设和设计,提高建筑围护结构的热工性能,以及发展节能建筑产业的方式来开展节能工作,这样就使得建筑业本身得到了发展,从而在根本上解决了能耗问题。

加强建筑节能,可以改善居住环境,促进经济增长方式转变,建设资源节约型社会,实现全面、协调、可持续发展。我国正处在全面建设小康社会,加快推进社会主义现代化进程的关键时期。根据我国的基本国情,党中央明确提出建设节约型社会的决定,这是功在当代,利在千秋的科学决策。推广建筑节能不仅改善了居住环境,体现了以人为本的发展理念,而且调整了房地产结构,走住宅产业化道路和转变建筑业增长方式,促进了经济结构的调整和对资源的综合利用,体现了建设节约型社会目标,形成了经济社会的全面可持续发展。

## 1.2 木结构建筑节能评估

### 1.2.1 建立健全节能评估体系势在必行

建筑作为人工环境,是满足人类物质和精神生活需要的重要组成部分。然而,人类对感官享受的过度追求,以及不加节制的开发与建设,使现代建筑不仅疏离了人与自然的天然联系和交流,也给环境与资源带来了沉重的负担。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。木结构建筑在实践领域的实施和推广,有赖于建立明确的建筑评估系统,以及对市场有可操作性的规范和标准,这不仅使购房者对建筑能耗有直观了解,并以此为依据选择购房,同时可达到规范市场的目的。

目前,由于没有建筑能耗的基本数据,房地产商并不能因节能建筑作为优势带来利润,购房者也无法根据图纸或在房屋现场判断建筑是否节能。因此,要使“节能”来推动建筑可持续健康发展,关键是给出建筑能耗指标,建立起建筑能耗评估体系。要求所有的商品房在售房时必须出具评估机构给出的能耗及热性能指标,同时,广泛地向消费者讲解这些指标的含义,消费者在用其半生积蓄购买房屋时,通过比较这些指标作出选择,开发商也会利用这些指标作为推销和竞争的手段,在不断涌现节能新产品中使木结构建筑蓬勃发展。

此外,国家在建立建筑能耗评估体系同时,还应建立相应的验收和监察机构,不仅能保障节能建筑的设计和建造,同时在建筑的长时间运行中,通过审查和监察的机制促进对节能工作的监管。

### 1.2.2 评估的主要内容和方法

建筑物是一个复杂系统,其能耗及热性能很难简单地根据建筑尺寸及窗、墙形式与材料种类估算。建筑物耗能的效率取决于建筑设计水平、建材、施工质量、设备配置与效率、设备控制运行水平等诸多因素。

建筑物节能评估检测从建设项目的顺序来讲,主要分为事前、事中和事后三个阶段。事前主要指在建筑物的设计阶段,根据设计方案进行数值模拟,计算预估出建筑物的能耗。事后主要指在建筑物落成使用之后,现场测试以及根据现场测试数据进行数值模拟,确定建筑物的能耗。事中主要是管理工作,监督检验建材、设备、施工、安装,保证达到设计标准。

事前进行节能评测,主要便于监督,从源头抓好节能工作,发现问题可以及时改进,避免造成既成事实,以稳步推进建筑节能。对于寿命期长达几十年,甚至百年的建筑物,这一点十分重要。事前节能评测的主要方法是数值模拟,即选定一种模拟软件,输入建筑结构,输入建材和建筑构件物理参数,输入设备类型的性能参数,输入当地气象资料、使用条件,即可计算出能耗结果。有了这一结果,可以定出指标,便于对比、便于管理,并由此可以判定待建的建筑物是否达到节能标准,还可以为修改设计指明方向,通过反复更迭,达到节能标准。这种事前的评测方法,可以作为建筑物节能审查的方法,切实可行。统一计算条件的工作,也见于各种节能设计标准与规范中。模拟软件的选用、模拟方法的使用,特别是对居住建筑以外的其他商用或公用建筑的情况,有待于更多的交流与规范。

事后阶段的建筑物节能评测,即建筑物落成使用以后的节能评测,主要有以下几方面:

(1) 通过检测,确定建筑物的热工特性。设计阶段确定的参数是理论值,建筑物落成之后的实际值包含了建材、构件实际质量,施工、装修质量的综合影响,应该通过现场实际测量直接或间接确定。

(2) 测定建筑物主要耗能设备系统即采暖空调通风系统效率。由于安装在现场的设备系统的实际效率不同于试验室中单台设备或局部系统的检定(标称)效率,它除了与具体

设备有关之外，还与安装质量密切相关，会影响建筑物的实际能耗。

(3) 建筑物终端能耗的实际构成，实际能耗总量的测定。这种测定方法，一般采用黑箱法，即在供能终端进行检测不问黑箱内部的结构。这种方法简便易行，数据比较可靠。

(4) 软件模拟。以建筑物实际的热工参数、现场测定的暖通空调系统效率、能耗总量为依据，既可以采用现场测定的建筑物实际气象参数，又可以采用当地的各种类型的气象数据，再次进行软件模拟，可检验模拟软件的质量，检验设计阶段模拟的结果，这样就比较准确地预测建筑物寿命期内每年的能耗，使事前、事中和事后三个阶段的测评形成一个以模拟为工具，以实测数据为基础的闭合反馈，从而不断修订完善检测过程 and 标准。

### 1.2.3 建筑节能评估的意义

评估是判定建筑是否达到节能标准的有效手段。从发展的角度看，随着建筑节能工作的法制化、规范化、制度化和建筑行业、设备制造业整体技术水平的提高，认证节能建筑，建立完善的评估体系是保障节能技术发展的一个重要前提。

(1) 从行业的角度看，建筑节能评估工作要和建筑智能、节能管理相结合，形成建筑节能评估工作流程和方法，促成建筑节能评估产业链的形成和发展。

(2) 从业主、开发商和国家的长远利益来看，如果建筑能耗和热性能指标可以清楚地被业主了解，一方面，体现了市场的人性化，同时激起开发商对建筑节能技术研发的积极性，从而使节能事业进入良性循环；另一方面，国家借助评估手段，可以节省不必要的能源投入，同时，评估业也为社会创造了就业机会。

## 1.3 建筑节能检测技术

节能测试是保证建筑工程节能质量、综合评价建筑热环境与建筑物节能效果的重要手段。随着建筑科学技术的发展和夏热冬冷地区建筑节能工作广泛、深入地开展，节能检测将贯穿于整个过程和各个环节。在这种情况下，掌握科学的、规范化的节能测试方法，对于提高节能设计水平，保证节能质量，取得全面的技术经济效益，具有重要意义。夏热冬冷地区地处长江流域，其特定的自然气候条件使得该地区的建筑节能不同于北方采暖地区。对这一特点，本节主要介绍建筑热环境的测量方法、建筑围护结构的热工测试技术。

### 1.3.1 建筑热环境参数检测

#### (1) 室内外温度的测量和数据处理

测量空气温度和表面温度通常采用接触法，即将温度计的感温元件与被测物体接触，由热平衡原理可知，经过足够长的时间两者达到热平衡，它们的温度必然相等。常用温度计按测量原理可分为热膨胀、热电阻、热电偶等三大类，其中热膨胀式温度计，由于其感温面较大，适用于测量空气温度。热电阻和热电偶温度计，由于其感温面可以做得很小，所以既可用于测量空气温度又能测量表面温度。热电偶温度计结构简单、制作方便、准确度高，是建筑热工测量中测量温度的常用仪器。

室外气温的测量应在百叶箱内安装温度传感器，百叶箱所在位置应该空旷，应安置在被测建筑的背阴面，离外墙 5m 以外的空旷区，距地面的高度在 1.5m 左右。如因条件所

限,也可将温度计置于离墙面或窗口 50cm 左右的阴影下。地面应该为草地或其他绿化地面。当无百叶箱时,应采取防护措施,并应避免室外现场有冷、热源的影响。自动记录温度的传感器可以采用热电偶、热电阻等。

无论采用哪种温度计或传感器测量空气温度,都应设置铝箔防辐射罩。用铝箔覆盖温度计的感温部位。如果百叶箱所受太阳辐射强烈,应对百叶箱再加一定的遮阳设施,或者将百叶箱设置在风速比较高的位置。

对检测数据的处理是计算日平均温度,设一天 24h 中,每小时温度的观测值为  $t_1, t_2, \dots, t_{24}$ , 则平均气温是:

$$\bar{t} = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} t_i$$

日温度变化曲线整理成随时间变化的多阶谐量为:

$$t_{\tau} = \bar{t} + \sum_{k=1}^{\infty} \Theta_k \cos k\omega(\tau - \tau_k)$$

式中  $\omega$ ——圆周率,  $\omega = 2\pi/24$ ;

$\Theta_k$ ——第  $k$  阶谐量振幅:

$$\Theta_k = \sqrt{N_k^2 + M_k^2}$$

$$N_k^2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{24} t_i \sin(k\omega i)$$

$$M_k^2 = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{24} t_i \cos(k\omega i);$$

$\tau_k$ ——第  $k$  阶谐量的初相时间:

$$\tau_k = \frac{1}{k\omega} \arctan \frac{N_k}{M_k}。$$

在建筑热环境测量中,温度一般取到二阶或三阶谐量精度就足够。

## (2) 空气湿度的测量

测量空气相对湿度的仪器有通风干湿表、毛发湿度计、氯化锂电阻湿度计等,其中通风干湿表因使用方便、精度高,而成为建筑节能测量中常用的仪器。

当把通风干湿表放置在空气中时,湿球温度计上的水分蒸发而冷却感温包,使得湿球温度降低,干、湿球温度出现温差。温差的大小取决于空气的相对湿度和流过温度计感温包的气流速度。空气的相对湿度越小和经过湿球温度计感温包的空气流速越大,则湿球蒸发就越大,湿球温度就越低,干、湿球温差就越大。当通过湿球温度计的空气流速维持定值时,则干、湿球温度计的读数则仅仅反映空气相对湿度的高低。通风器的作用就是保证能有速度为定值的气流流过感温包表面。这样,可根据干、湿球温差,查表获得空气的相对湿度值。

测量按如下步骤进行:

①测量前,先检查风扇的转动速度,要保证有 2m/s 的风速。检查方法是开启通风器,使风扇全速转动,观察风扇上的观察孔,当孔内出现记号时,该记号转一周的时间为 80 ~ 90s,这样便认为工作是正常的;

②湿球的棉纱质地要求松软,吸水性良好,单层缠在感温包上,上下两端用细线扎

好，下端捆扎余边留 2~3mm；

③ 提前 15~30min 把通风干湿表悬挂在被测地点，使仪器的温度与被测地点的环境温度一致。仪器应放在避风之处和不受其他热源影响的地方。当测量地点的风速超过 3m/s 时，应将挡风套套在风扇外壳的迎风面上，避免大风影响风扇排出气流的速度；

④ 在观测前 10min 左右润湿纱布，然后上紧发条弹簧启动通风器等待 3~4min 后便可读数。读数时要先读小数，后读整数。在负温下测量时，必须在润湿过程中将纱布上的薄冰全部融化才告润湿完毕。为了防止过冷水影响测量精度，要求润湿后 30min 内完成测量；

⑤ 根据干球温度和湿球温度之差，查表获得被测点空气的相对湿度值。

准确、廉价、可靠的湿度测量，往往是一项很艰巨的、耗时的工作。测量相对湿度的仪器可以从不同地方买到，安装相对简单，但是，湿度传感器的标定是一件较难实现的事，干湿球温度计和一些常见的指针式湿度计是不能用来作标定的，精度不易保证。

### (3) 室内外空气渗透量的测量

测量室外风速和室内空气流速各有专门仪器。测量室外风速一般使用机械传动方式的转杯风速计、翼形风速计等，借助风力推动转杯或翼片转动，带动齿轮转动把风所走的行程记录下来，按一定的时间计算，可获得平均风速大小。室内空气流速较小，一般在 0.5m/s 左右，属微风速的测量。测量仪有卡他温度计、热球微风仪等。其中热球微风仪既能测量室内空气流速又能测量一般在 30m/s 以内的室外风速，因此成为建筑节能测量中的常用仪器。

热球微风仪是根据工作温度为风速函数这一原理设计的。构造包括风速探头（上面有热敏感部件）和仪表。当把风速探头端部的热敏感部件暴露于空气中时，由于进行热交换，此时将引起热电偶电势变化，并与基准反电势比较后产生微弱差值信号，此信号被测量指示仪表系统放大并推动电表，由指示值可读出被测风速大小。

### (4) 太阳辐射测量

太阳辐射强度的观测场地应选择在无显著倾斜的平坦地方，应离开障碍物一定的距离，特别注意在整个白天内不能被障碍物遮挡，太阳辐射仪附近不能有明显的反射物将阳光或散射辐射反射到辐射仪。

太阳辐射分直接辐射和散射辐射。太阳的总辐射强度等于直接辐射强度与散射辐射强度之和。要测量散射辐射和直接辐射需要有特殊的手段。垂直面和倾斜面上的太阳辐射强度的测量需要安装在特制的支架上。下面分别介绍测量仪器的工作原理和使用方法。

#### ① 太阳直接辐射强度的测量

测量太阳直接辐射强度的仪器称为直接辐射表。图 1-1 是仪器的构造简图。仪器跟踪太阳是靠赤纬调节盘、地理纬度调节盘和自动转动时间盘来定位的。仪器的感应主体是准直管和感应器，感应

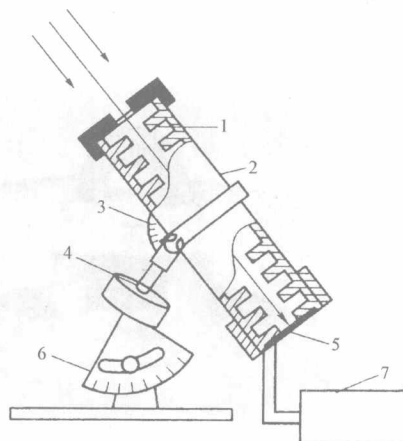


图 1-1 直接辐射表构造图

- 1—光阑；2—准直管；3—赤纬调节盘；  
4—自动转动时间盘；5—热电堆；  
6—地理纬度调节盘；7—辐射仪电表

器是由康铜片和锰铜片制成的热电堆，装在准直管尾部。当阳光由准直管口射入直管时，太阳辐射中的散射部分被准直管壁上一系列黑色的光阑所吸收，直射部分直达直管尾部的热电堆，并被吸收而产生热电势，该热电势的大小与太阳直接辐射强度成正比。因此，可用接入热电堆回路的辐射仪电表测得热电势的大小，再换算成太阳直接辐射强度值。

测量按如下步骤进行：

- a. 在太阳直射辐射不被遮挡的开阔处，沿子午线方向安装直接辐射表的底座，这样，在任何时刻都能使准直管口瞄准太阳；
- b. 根据观测日期和观测地点的地理纬度调节赤纬盘和地理纬度盘上的刻度，使准直管能沿着与地轴平行的轴旋转；
- c. 将辐射仪电表接入仪器中热电堆电路的接线上；
- d. 转动时间盘使仪器的瞄准口对准太阳，取去管口盖，这时热电堆对准了太阳，开启时间转动盘，仪器便能自动跟踪太阳，热电堆吸收太阳的直接辐射而产生热电势；
- e. 从电表上读值，按仪器使用说明书中的公式换算成太阳直接辐射强度。

## ② 太阳散射辐射强度和总辐射强度的测量

测量太阳散射辐射强度和总辐射强度的仪器称为总辐射表。总辐射表的外形如图 1-2 所示，仪器的感应主体有透光罩和感应器，如图 1-3 所示。感应器是由多对康铜片和锰铜片组成的热电堆，其表面划分为黑白相间的棋盘式格子。热电堆的热接点位于黑格内，冷接点位于白格内。当太阳辐射透过透光罩射到黑白格子上时，由于它们对热辐射的吸收不同，在黑白表面上产生温差，使热电堆产生热电势并与日辐射强度成正比，通过串联于热电堆电路上的辐射仪电表的读数，便可通过公式换算成太阳辐射强度；使用遮光环带遮住阳光，得到的是太阳散射辐射强度，不使用遮光环带，得到的是太阳总辐射强度。透光罩的作用是既能透过太阳辐射，又能避免空气与热电堆表面的对流换热而使热量损失。若使用的透光罩能透过长波热辐射，则该仪器也能用于室内测量壁面热辐射强度。

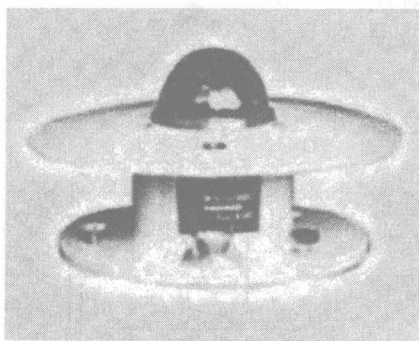


图 1-2 总辐射表

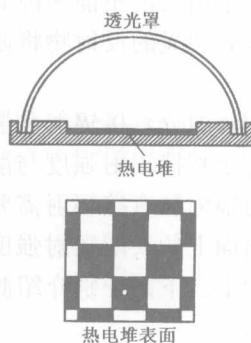


图 1-3 总辐射表的感应主体

测量按如下步骤进行：

- a. 在太阳辐射不被遮挡的开阔处，安装好总辐射表，调节仪器底板上的三个螺钉，使