

JUZHU JIANZHU JIENENG CHENGTAO JISHU
YANJIU KAIFA
YU GONGCHENG SHIFAN

居住建筑节能成套技术研究 开发与工程示范 ——以浙江省为例

■ 崔新明 等著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

JUZHU JIANZHU JIENENG CHENGTAO JISHU
YANJIU KAIFA
YU GONGCHENG SHIFAN

居住建筑节能成套技术研究 开发与工程示范

——以浙江省为例

■ 崔新明 等著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范:以浙江省为例 / 崔新明等著. —杭州:浙江大学出版社, 2009. 5
ISBN 978-7-308-06734-8

I. 居… II. 崔… III. 居住建筑—节能—浙江省 IV.
TU241 TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 060632 号

居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范

——以浙江省为例

崔新明 等著

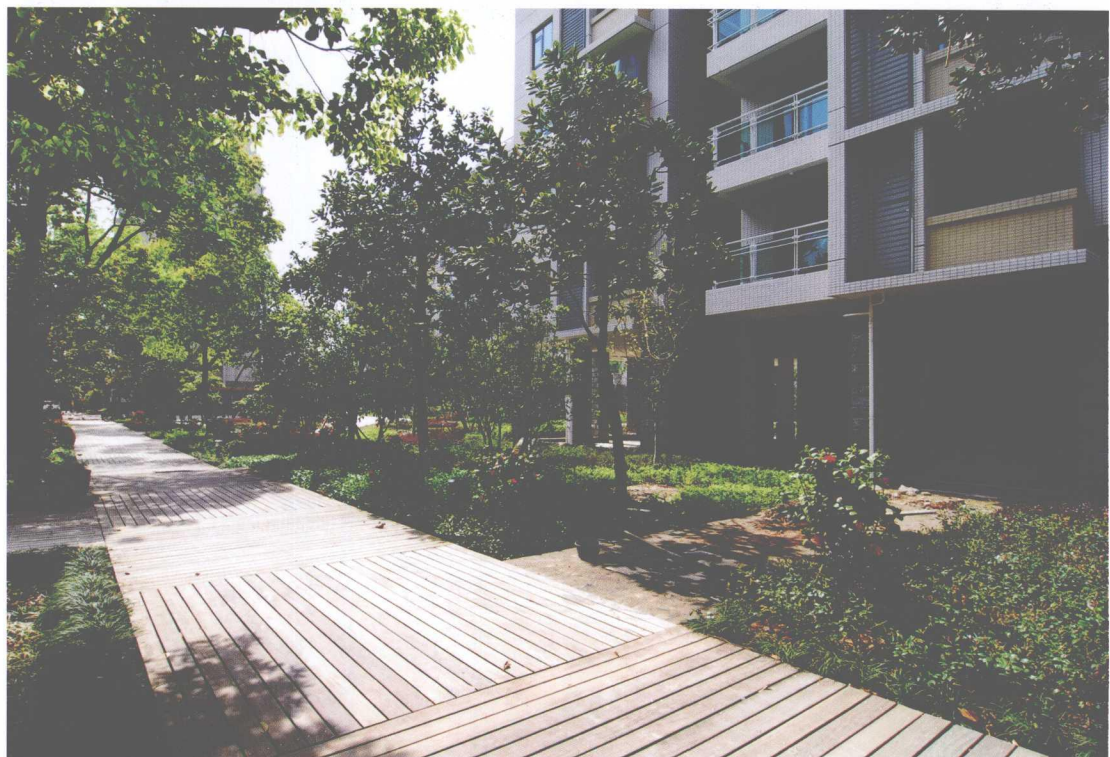
责任编辑 朱 玲
文字编辑 王元新
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 杭州浙大同济教育彩印有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 11.5
彩 插 4
字 数 290 千
版 印 次 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-06734-8
定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

世贸协安“景上公寓”示范工程实景图









序

建筑节能是贯彻落实科学发展观,推进节能减排的重要举措,其重要性和迫切性已无需赘言。浙江省的建筑节能工作经过近几年的努力,已取得了可喜的成绩,但整体的节能工作仍然滞后。除了认识不足、缺乏有效的激励机制和法律法规以及行政监管体系等原因之外,重要的是尚未建立起一套科学合理、可操作性强的建筑节能成套技术体系与技术经济评价体系。

为了探索解决以上技术问题的方法,浙江世贸投资控股有限公司和浙江大学建筑工程学院共同承担了浙江省重大科技专项《浙江省居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范》(计划编号 2006C13073),结合浙江省的具体情况和特点,对居住建筑节能技术进行系统理论研究和工程示范应用研究。通过理论研究,形成适应浙江省的居住建筑节能成套技术、节能评价体系和节能技术经济评价体系,进一步丰富与完善居住建筑节能技术体系;通过示范工程的建设实践,验证所建议的节能成套技术的可行性、经济性和科学性,从而为政府决策和政策制定提供参考,对节能产品生产企业的发展在适应市场方面予以引导,为建设单位实施建筑节能工程提供技术指导。

项目负责人为崔新明。项目自 2006 年 12 月开始研究,至 2008 年 12 月完成所有研究内容。在两年时间里,项目课题组对浙江省居住建筑节能技术应用、浙江省居住建筑节能检测与评价和浙江省居住建筑节能技术经济评价体系等展开了系统的深入研究,同时进行了居住建筑节能成套技术研究成果的工程应用,并建设完成浙江省(杭州市)建筑节能示范工程一项。项目先后完成 5 项研究报告:主报告《浙江省居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范研究报告》,子报告一《浙江省居住建筑节能技术研究报告》,子报告二《浙江省居住建筑节能性能检测与能耗评价方法研究报告》,子报告三《浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究报告》,子报告四《世贸协安“景上公寓”节能示范工程总结报告》。

在项目研究过程中,得到了浙江省科技厅、浙江省建设厅和杭州市建委相关部门的大力支持和指导,省内建筑节能领域的专家学者也针对研究内容提出了宝贵意见,包括项目开题论证会上以李海波教授为组长的专家组、节能 65% 设计方案论证会上以钱晓倩教授为组长的专家组和省级建筑节能示范工程验收会上以李海波教授为组长的专家组,同时还得到了浙江世贸房产集团公司同仁和浙江大学建工学院师生的支持,在此表示真挚的感谢。项目研究完成后,浙江大学出版社朱玲编辑十分重视学术著作出版,为项目研究成果付梓成书给予了极大帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于著者学识有限,书中肯定还存在许多需要进一步探讨和论证的问题,也难免存在



不足甚至错误之处,敬请读者朋友不吝批评指正。

建筑节能事关国计民生,作为一个正在成长的可持续发展行业,有待于大家共同为之努力和奋斗。

本书由崔新明、阮连法、张三明和廖春波等共同完成,具体分工如下:第1章和第2章由张三明及其团队完成;第3章由阮连法及其团队(曾辉、张跃威等)完成;第4章由崔新明及其团队完成,其中廖春波负责节能示范工程的节能设备方案论证和实施。全书由崔新明统稿。

崔新明

2009年2月18日

前言

浙江是经济大省,但却是能源资源匮乏的省份。建筑能耗高、利用率低的问题较为突出,已建建筑大多是高耗能建筑。经过近几年的努力,建筑节能工作取得了可喜成绩,但整体的节能工作仍然滞后。除了认识不足、缺乏有效的激励机制和法律法规以及行政监管体系等原因之外,重要的是尚未建立起一套科学合理、可操作性强的建筑节能成套技术体系。在此背景下,为了解决这一问题,经浙江省科技厅立项,由浙江世贸投资控股有限公司和浙江大学建筑工程学院共同承担了《浙江省居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范》重大科技专项(计划编号 2006C13073),结合浙江省具体情况和特点,对居住建筑节能技术进行系统理论研究和工程示范应用研究。以期通过理论研究,形成适合浙江省的居住建筑节能成套技术体系、节能评价体系和节能技术经济评价体系,从而进一步丰富与完善居住建筑节能技术体系;通过示范工程的建设实践,验证建筑节能成套技术的可行性和科学性,从而为政府决策和政策制定提供参考,对节能产品生产企业的发展在适应市场方面予以引导,为建设单位实施建筑节能工程提供技术指导。

本项目研究根据国家、浙江省和杭州市关于居住建筑节能的相关法律法规、规范等的具体要求,深入了解国内外先进节能技术,以提高住宅品质、技术先进、成本合理且易于市场化操作及推广为出发点,着重进行浙江省居住建筑节能成套技术的研究开发和工程示范。

1. 项目研究的预期目标

(1) 主要技术、经济指标

①通过本项目的研究,采用现有技术的优化组合,居住建筑达到节能 50% 的标准;同时该技术具有经济合理性,易于市场推广。

②通过采用现有先进节能技术的优化组合,居住建筑达到节能 65% 的标准;虽然目前成本会较高,但这是为今后进一步提高建筑节能率做技术准备。随着我国经济社会的发展,该节能技术成本降低后,可以推广应用。

③通过本项目提出的建筑节能评价模型对示范工程进行评价,单指标评价如费用效益比等合理,综合评价达到优良。

(2)形成以下研究成果:提交 4 项研究报告;建成 1 项节能示范工程;在省级以上刊物发表 5 篇论文。



2. 项目研究技术路线(见图 1)

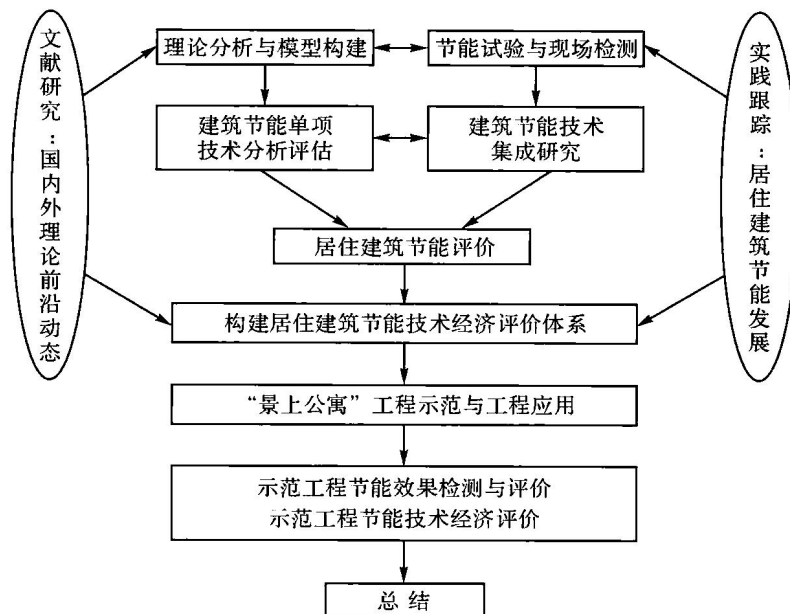


图 1 项目研究技术路线

3. 项目研究进度(见表 1)

表 1 项目研究进度表

起止年月	进 度 安 排
2006.12—2007.8	完成浙江省居住建筑节能单项技术分析评估研究,完成居住建筑节能技术经济评价体系的构建
2007.5—2007.12	开展浙江省居住建筑节能技术集成研究,并进行相关节能试验
2006.12—2008.4	提前完成节能示范工程的全部建设实施工作,并及时开展示范工程的现场检测工作和居住建筑节能效果检测与评价研究
2007.9—2008.12	提前完成节能示范工程的现场检测工作,提前完成居住建筑节能技术经济评价体系实证研究,完成建筑能耗软件的完善工作,完成项目研究报告的撰写,完成 5 篇论文的发表,完成项目的科技查新工作,同时开始进行项目的验收准备工作
2009.1—2009.4	项目验收准备

4. 项目完成的主要研究成果

项目于 2006 年 12 月正式被列为浙江省重大科技专项,从 2006 年 12 月开始研究,至 2009 年 1 月提前完成项目所有研究内容并达到全部技术指标。根据研究的进度安排和具体分工,项目课题组对浙江省居住建筑节能技术应用、浙江省居住建筑节能检测与评价和浙江省居住建筑节能技术经济评价体系等展开系统研究,同时进行了居住建筑节能成套技术研究成果的工程应用,完成浙江省(杭州市)建筑节能示范工程 1 项。项目先后完成 5 项研究报告:主报告《浙江省居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范研究报告》,子报告

一《浙江省居住建筑节能技术研究报告》，子报告二《浙江省居住建筑节能性能检测与能耗评价方法研究报告》，子报告三《浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究报告》，子报告四《世贸协安“景上公寓”节能示范工程总结报告》；在国家级刊物上发表论文 5 篇，分别为：“夏热冬冷地区居住建筑节能 65% 的探讨”（《建筑节能》，2007 年第 11 期），“杭州市‘景上公寓’建筑节能技术经济分析”（《住宅科技》，2008 年第 29 期），“浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究”（《两型社会进程中的工程管理》，中南大学出版社，2008 年 8 月），“基于不同建设阶段的夏热冬冷地区住宅建筑节能率比较分析”（《建筑技术》，2009 年第 2 期），“夏热冬冷地区居住建筑的节能技术应用研究”（《建筑科学》，2009 年第 2 期）。

以下为各项研究报告的主要内容和结论：

（1）浙江省居住建筑节能技术研究报告

通过对浙江省居住建筑围护结构节能技术的系统分析总结，并综合考虑浙江省气候特征等各种因素，得出主要结论：

①对于一般性居住建筑，外墙保温适合采用自保温和外保温砂浆等系统，对于保温要求更高的居住建筑，尤其是外墙采用干挂饰面板的建筑，适合采用复合保温结构，保温材料可用 EPS 板或 XPS 板，并充分做好安全措施；外窗系统适合采用中空玻璃塑钢窗、中空玻璃断热铝合金窗，当保温要求更高时，适合采用 Low-E 中空玻璃塑钢窗或断热铝合金窗。当节能率要求达到 65% 时，除墙体、屋面、门窗等围护结构采取更好的保温隔热措施外，还应采用活动外遮阳等遮阳措施。此外，在设计阶段就应充分重视太阳能等可再生能源在居住建筑中的合理应用。

②综合建筑规划、设计、围护结构保温隔热和可再生能源利用等多方面，完成示范工程——世贸协安“景上公寓”项目的节能设计和节能综合评估，项目所有建筑符合《浙江省居住建筑节能设计标准》的要求，节能率均大于 50%，其中一幢建筑达到了更高的节能率要求，实现了基于项目研究思路的 65% 的节能目标。

（2）浙江省居住建筑节能性能检测与能耗评价方法研究报告

①分析了现阶段规定性指标法与性能性指标法（对比评定法）存在的问题，并提出相应的解决对策；针对对比评定法存在体形系数失控这一重大问题，提出不同建筑类型的体形系数超标修正办法。同时，对目前建设项目设计和审查中广泛使用的建筑能耗软件，在应用过程发现的主要问题予以及时反馈，与软件开发单位共同完成能耗软件的完善工作，并已反映在新的软件中。此外，还指出了当前居住建筑节能检测中存在的问题，并结合实际针对进一步提高居住建筑的节能检测水平，提出了具体建议和注意事项。

②配合示范工程的实施，实时完成示范工程——世贸协安“景上公寓”项目的现场节能检测。实际检测结果显示，示范工程实施完成后围护结构的热工性能指标符合或优于设计值。经建筑节能综合评价，示范工程的节能率大于设计值。

（3）浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究报告

通过对国内外研究现状的深入分析和比较得到借鉴与启示，根据浙江省气候特征及居住建筑能耗的特点，从建筑规划设计、围护结构保温性能、设备能效、可再生能源利用和经济合理性等五大方面，选取了建筑间距、体形系数等 28 个指标，构建了浙江省居住建筑节能技术经济评价体系。通过实证研究，对示范工程——世贸协安“景上公寓”进行评价，综合



评价结果为“优良”，这与实际相符合。

①浙江省居住建筑节能技术经济评价体系的构建

该综合评价指标体系是在科学性、可行性、层次性、全面性与重点性相统一以及相对独立性等原则的基础上,根据夏热冬冷地区居住建筑能耗特点所建立的一个有机整体。

首先,在多指标的综合加权评价中确定各项指标的权重是非常关键的环节。目前,关于权系数的确定方法有数十种之多,根据计算权系数时原始数据的来源不同,确定权重的方法可大致分为主观赋权法与客观赋权法,这两类方法各有其优点和缺点。通常利用层次分析法确定权重可以弱化人为因素,将人们的主观判断用数量形式来表达和处理,较为成熟,当然其仍存在一定缺陷。因此,本研究引入了模糊一致矩阵,对传统的 AHP 进行改进,从而得到人们思维更加一致的模糊层次分析法(简称 FAHP),使之条理化和科学化。应用模糊层次分析法,在保留层次分析法优点的基础上充分考虑分析问题的模糊因素,使方法的容错性提高,从而减少因主观判断而引起的各种判断差异;各指标评分采用模糊概念,更客观、更确切地反映了所研究的问题,最后定出的指标权重也更符合实际;采用最优传递矩阵,获得一致性的模糊判断矩阵,简化了计算,提高了层次分析法的有效性和准确性。综合比较,选择模糊层次分析法具有较强的可行性和科学性。

其次,综合评价技术是一个多学科交叉、相互渗透、多点支撑的新兴研究领域。最初的研究是从统计学、管理学和系统工程理论角度着眼的,近年来一些新兴学科如模糊数学、灰色系统理论、神经网络技术等也都被引入到综合评价的研究中来了。模糊综合评判(Fuzzy Comprehensive Evaluation, FCE)就是以模糊数学为基础,应用模糊关系合成原理将一些边界不清和不易定量的因素定量化,并进行综合评价的一种方法。模糊综合评判法的优点:一是隶属函数和模糊统计方法为定性指标定量化提供了有效的方法,实现了定性和定量方法的有效集合。二是在客观事物中,一些问题往往不是绝对的肯定或绝对的否定,涉及模糊因素,而模糊综合评判法则很好地解决了判断的模糊性和不确定性问题。三是所得结果为一向量,即评语集在其论域上的子集克服了传统数学方法结果单一性的缺陷,结果包含的信息量十分丰富。建筑节能的综合评价过程通常涉及大量的复杂现象和多种因素的相互作用,评价中存在大量的模糊现象和模糊概念,因此,评价时采用模糊综合评价法进行定量化处理,可以更准确地评价出建筑节能的等级。

②在本分项研究中主要完成了以下工作:

构建浙江省居住建筑节能技术经济评价体系。根据节能评价的主要步骤,选择确定了建筑间距、体形系数、窗墙面积比等 28 个指标,构建了浙江省居住建筑节能技术经济评价体系。

确定各评价指标的权重。在比较现有主、客观赋权方法优缺点的基础上,最终选择了模糊层次分析法。应用这种方法,决策者通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素,在各因素之间进行简单的比较和计算就可以得出不同方案的权重。

综合评价方法的选择。在遵循客观性、可操作性和有效性原则的基础上,选择了数学模型简洁、易于掌握、对多因素和多层次的复杂问题评判效果较好的模糊综合评判法。

属性识别方法研究。提出了一种将“最大隶属原则”和“置信度识别准则”相结合来确定评判结果所属等级的方法。

实证分析。应用以上居住建筑节能技术经济评价模型和方法,对示范工程——世贸协安“景上公寓”项目进行建筑节能技术经济综合评价,得出评价结果为“优良”。

(4) 世贸协安“景上公寓”节能示范工程总结报告

“景上公寓”示范工程位于杭州市拱墅区京杭大运河畔,由7幢点式小高层住宅和4幢板式小高层住宅组成,工程总建筑面积85000多平方米。在示范工程实施过程中,项目课题组及时对工程所采用的多项节能技术进行梳理和总结,并与理论计算、检测测试结果等进行比较分析,对示范工程采用节能成套技术后的建筑节能进行综合评价,进一步对节能成套技术的技术经济可行性和存在的技术难点进行综合分析,为项目实施打下坚实基础。项目实施完成后,经现场检测,示范工程围护结构的热工性能指标符合或优于设计值,同时经建筑节能综合评价,其节能率大于设计值。项目于2008年6月顺利通过浙江省(杭州市)建筑节能示范工程专项验收。验收专家一致认为,该项目的建成实施与应用研究,对浙江省居住建筑节能工作起到了积极的示范作用。

①示范工程选择了无机保温砂浆外墙外保温系统、胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统和自保温结合辅助保温等三种外墙节能技术体系,并进行了两个季节的围护结构传热系数现场检测,用于比较研究。

②对夏热冬冷地区居住建筑65%节能设计标准进行了探索研究。基于项目的研究思路与方法,采用现有先进节能技术和常用节能技术的优化组合,居住建筑可以达到节能65%的要求,这为今后进一步提高居住建筑节能率做了技术准备;在制定65%节能标准时应根据本地区的气候特点进行,不能简单地依靠降低墙体、门窗、屋面等的传热系数以及增加保温隔热材料来达到节约能耗的目的。

③归纳了适合当前阶段不同节能率条件下的浙江省居住建筑围护结构节能成套技术,分别为:

- 节能50%时建议采用

外墙:无机保温砂浆外墙外保温系统;

屋顶:XPS板屋面保温隔热系统;

外窗:断热铝合金中空玻璃门窗;

架空楼板:保温砂浆架空楼板系统;

户门:节能户门。

- 基于本项目的研究思路达到节能65%时建议采用

外墙:自保温结合无机保温砂浆外墙外保温系统;

屋面:XPS板屋面保温隔热系统;

门窗:断热铝合金中空玻璃门窗(局部Low-E玻璃);

架空楼板:保温砂浆架空楼板系统;

户门:节能户门;

遮阳措施:活动外遮阳。

④进行了活动外遮阳系统和太阳能热水系统的试点。根据夏热冬冷地区的气候特点,该地区的节能措施应重点关注通风、活动外遮阳技术和成熟的太阳能利用技术等。

⑤通过对不同节能率条件下的居住建筑节能成套技术进行经济分析,得出以下结论:



目 录

总论 浙江省居住建筑节能成套技术研究开发与工程示范	1
一、概 述	1
(一)项目研究背景和意义	1
(二)国内外研究现状和发展趋势分析	2
(三)项目研究内容和关键技术	3
二、浙江省居住建筑节能技术研究	5
(一)规划及建筑设计	5
(二)建筑主体	5
(三)可再生能源利用	7
三、浙江省居住建筑节能性能检测与能耗评价方法研究	8
(一)浙江省居住建筑节能设计评价	8
(二)建筑能耗软件完善	9
(三)节能检测	9
四、浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究	10
(一)居住建筑节能技术经济评价的步骤	10
(二)评价指标体系构建	10
(三)模糊层次分析法确定指标权重	12
(四)评价标准的确定	12
(五)浙江省居住建筑节能综合评价	13
(六)实证分析	13
五、世贸协安“景上公寓”节能示范工程总结	14
(一)示范工程概况	14
(二)示范工程节能设计	15
(三)建筑节能技术应用与管理	15
(四)示范工程节能检测和综合评估	17
(五)居住建筑节能 65%的探讨	18
(六)示范工程总结	19
六、结论与建议	20
(一)研究结论	20
(二)创新点	22
(三)研究展望	22



第1章 浙江省居住建筑节能技术研究	25
1.1 浙江省地理气候特征	25
1.1.1 地理特征	25
1.1.2 气候特征	25
1.2 建筑规划、设计及围护结构节能设计	26
1.2.1 规划设计	26
1.2.2 建筑体形	29
1.2.3 墙体	29
1.2.4 屋顶	34
1.2.5 外窗	36
1.2.6 分户墙和楼板	40
1.2.7 户门	41
1.2.8 建筑遮阳	41
1.2.9 建筑环境绿化	42
1.3 可再生能源利用	44
1.3.1 主动太阳能利用	45
1.3.2 被动太阳能利用	46
第2章 浙江省居住建筑节能性能检测与能耗评价方法研究	49
2.1 浙江省居住建筑节能设计评价	49
2.1.1 规定性设计方法存在的问题及解决对策	50
2.1.2 性能性设计方法(对比评定法)存在的问题及对策	55
2.2 建筑能耗软件完善	62
2.3 浙江省居住建筑节能检测评价	64
2.3.1 节能检测项目及方法	64
2.3.2 节能检测中存在的问题	67
2.3.3 节能检测中存在问题的解决对策	68
2.4 浙江省节能示范工程现场检测	68
2.4.1 世贸协安“景上公寓”项目概况	68
2.4.2 世贸协安“景上公寓”项目现场检测	69
第3章 浙江省居住建筑节能技术经济评价体系研究	77
3.1 概述	77
3.1.1 问题的提出	77
3.1.2 课题的研究内容	78
3.2 国内外研究	79
3.2.1 国外绿色建筑评价研究	79