

崔艳秋
罗彩领

苗纪奎
纪伟东

著



建筑围护结构

节能改造技术研究 与工程示范



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014061059

TU111.4

37

崔艳秋 苗纪奎 著
罗彩领 纪伟东

建筑围护结构

节能改造技术研究 与工程示范



TU111.4
37



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS



北航

C1747221

020100510

内 容 提 要

本书通过对既有建筑外围护节能改造技术进行系统的理论研究和工程示范应用研究,提出了与既有建筑相适应、构造做法可行、施工安装方便的外围护结构节能改造技术;并通过办公建筑和居住建筑的试点工程项目实践,进一步验证了该课题理论研究成果的可行性、经济性和科学性,取得了良好的经济效益和社会效益,同时也为进一步推动既有建筑的节能改造工作提供了技术支撑。

全书共分五章,第1章阐述了既有建筑节能改造的意义、相关政策及市场化途径;第2章探讨了既有建筑外墙节能改造技术方案的可行性、经济性,并对既有建筑外墙诊断与基层处理技术、外墙保温防火措施、细部节点设计方法等进行了研究;第3章在对既有建筑外窗特性分析的基础上,研究了外窗节能改造的方法,并结合窗口部位存在的问题,提出了相应的细部构造改进措施。第4章针对不同年代、不同构造做法的既有建筑屋顶,提出了相应的节能改造方法。第5章以既有办公建筑、居住建筑为例,探讨了建筑立面改造与节能改造整合设计方法,并应用以上技术研究成果,完成了外围护节能改造的工程实践。

本书适用于工程建设、行政管理及相关领域的专业人员阅读;可作为建筑设计、工程施工以及材料生产企业的技术人员的技术参考书;也可作为高等院校相关专业高年级本科生和研究生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑围护结构节能改造技术与工程示范/崔艳秋等著. —北京:
中国电力出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5123-6039-6

I. ①建… II. ①崔… III. ①建筑物—围护结构—节能—技术改造
IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 129227 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

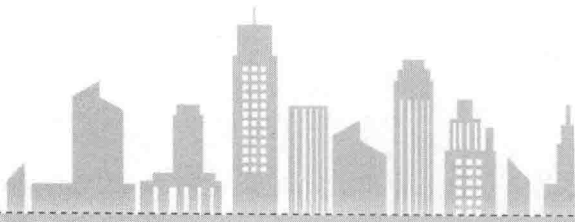
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 308 千字

定价 38.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

随着人类对自然规律和可持续发展认识的不断深入,人们在享受能源带来的经济发展、科技进步等利益的同时,不得不思考一系列的能源安全、环境安全等问题。能源短缺、资源匮乏以及日益严重的环境污染等问题已经开始威胁着人类的生存与发展。

如今,在我国现有的 440 多亿平方米的存量建筑中,95% 的属于高耗能建筑。因此,既有建筑外围护结构的节能改造对建筑节能工作起着决定性作用。

对既有建筑进行外围护结构节能改造,一方面,可以有效降低建筑能耗、显著提高室内热舒适性、美化建筑立面,为人们提供良好的居住和办公环境,提高人们的生活质量;另一方面,可以减少业主在能源方面的开支;从长期看还可以有效应对金融危机,扩大内需,拉动经济增长,并对建设“环境友好型、资源节约型”社会,实现可持续发展也具有积极的意义。为了进一步探索既有建筑节能改造的技术措施和方法,课题组申报了《山东省既有建筑围护结构节能改造技术研究》科研项目,并获山东省科技攻关项目基金资助(计划编号 2006GG2210004)。

近年来,课题组结合山东地域特点和具体情况,对既有建筑的外围护节能改造技术进行了系统的理论研究和工程示范应用研究。以市场调研为基础,借鉴国内外成熟的建筑节能技术,系统地提出了与既有建筑相适应的、构造做法可行、施工安装方便的外围护结构节能改造技术,进一步丰富与完善了既有建筑的节能改造技术体系;并通过对办公建筑和居住建筑的试点工程项目实践,进一步验证了该课题理论研究成果的可行性、经济性和科学性,取得了良好的经济和社会效益,该课题于 2012 年 10 月完成项目结题并顺利通过专家鉴定验收。

本书由山东建筑大学的崔艳秋教授、苗纪奎博士、罗彩领工程师、纪伟东教授等编著,各章执笔人有:第 1 章由崔艳秋、万立华完成;第 2 章由崔艳秋、胡雪晶、孙楠、张贝完成;第 3 章由苗纪奎、罗彩领、宋雨斐完成;第 4 章由苗纪奎、纪伟东、王晓艳、牛微完成;第 5 章由崔艳秋、苗纪奎、纪伟东、罗彩领、彭云龙完成。全书由崔艳秋、苗纪奎统稿。

在项目研究过程中,得到了山东省住房和城乡建设厅、济南市历下区人民政府、山东建筑科学研究院、山东省建设发展研究院、山东省建筑设计研究院等政府和相关部门的大力支持和指导。在项目开题及结题论证会上,省内建筑节能领域的领导、专家王润晓处长、房泽民研究员、李东毅研究员、孙增桂研究员、朱传晟研究员、王春堂研究员等针对课题研究成果及成果推广应用等方面提出了宝贵意见;在示范工程的实施过程中,得到了山东省建工集团有限责任公司及其项目经理李冬冰的密切配合,在此一并表示真挚的感谢!

限于编者水平,文字表述有可能存在疏漏,书中不当之处恳请读者批评、指正。

编者

2014.5

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 建筑节能改造的意义	1
1.2 外围护节能改造发展现状	2
1.3 既有建筑外围护结构存在的问题及分析	5
1.4 既有建筑节能改造相关政策调研	7
1.4.1 国内外节能改造相关经济激励政策	7
1.4.2 既有建筑节能改造经济激励政策建议	10
1.4.3 既有建筑节能改造的市场化途径	12
第2章 既有建筑外墙节能改造技术研究	15
2.1 既有建筑外墙特性分析	15
2.1.1 外墙现状调研	15
2.1.2 既有建筑外墙热工性能分析	17
2.1.3 提高外墙热工性能的措施	20
2.2 外墙节能改造技术方案研究	21
2.2.1 保温方式的选择	21
2.2.2 外保温系统改造方案	22
2.2.3 外保温系统改造方案对比分析	29
2.3 外墙节能改造的造价分析	32
2.4 既有建筑外墙现状诊断与基层处理技术	36
2.4.1 改造前的外墙诊断	37
2.4.2 改造前的外墙基层处理措施	47
2.5 外墙保温防火措施	48
2.5.1 保温材料的防火处理措施	49
2.5.2 防火构造措施	55
2.5.3 施工防火措施	60
2.6 节能改造与立面整合设计	60
2.6.1 更换既有建筑饰面材料	61
2.6.2 外包既有建筑立面	61
2.6.3 外墙节能改造与绿化的结合	62

第3章 既有建筑外窗节能改造技术研究	65
3.1 既有建筑外窗节能改造特性分析	65
3.1.1 既有建筑外窗调研	65
3.1.2 既有建筑外窗热工性能及气密性分析	67
3.1.3 改善外窗性能的措施	69
3.2 外窗的节能改造技术方案研究	74
3.2.1 换窗法	74
3.2.2 加窗法	75
3.2.3 原有外窗窗玻璃贴膜	76
3.2.4 外窗密封性改造	77
3.2.5 外窗节能改造与遮阳	79
3.3 外窗节能改造的经济性分析	84
3.3.1 “降低窗户传热系数”经济性分析	84
3.3.2 “提高窗户气密性”经济性分析	87
3.4 外窗节能改造特殊部位处理	88
3.4.1 窗台部位防渗水处理措施	88
3.4.2 窗上口部位防渗水处理措施	89
3.4.3 窗口侧边部位防渗水处理措施	89
第4章 既有建筑屋顶节能改造技术研究	90
4.1 既有建筑屋顶节能改造特性分析	90
4.1.1 既有建筑屋顶现状调研	90
4.1.2 既有建筑屋顶热工性能分析	90
4.1.3 既有建筑屋顶节能改造设计原则	92
4.2 既有建筑屋顶节能改造技术方案	92
4.2.1 平改平节能改造	92
4.2.2 平改坡节能改造	98
4.2.3 屋顶绿化节能改造	102
4.2.4 太阳能光伏屋顶节能改造	109
4.3 屋顶节能改造的经济性分析	114
4.3.1 “平改平”经济性分析	114
4.3.2 “平改坡”经济性分析	118
4.4 屋顶节能改造基层处理技术	120
4.4.1 基层处理	120
4.4.2 保温层施工	120
4.5 屋顶节能改造特殊部位处理	122
4.5.1 分水线与分格缝处	122
4.5.2 女儿墙处	123
4.5.3 屋面变形缝处	123

第5章 建筑外围护节能改造设计与示范	124
5.1 公共建筑节能改造设计与示范	124
5.1.1 工程概况	124
5.1.2 外围护结构改造前现状调研	130
5.1.3 立面与节能改造整合设计方法	142
5.1.4 屋顶改造设计	159
5.1.5 节能改造模拟分析与经济性评价	162
5.2 居住建筑节能改造设计与示范	180
5.2.1 工程概况	180
5.2.2 外围护结构节能改造前现状调研	181
5.2.3 外围护改造方案设计	185
5.2.4 外围护节能改造细部构造设计	186
5.2.5 试点工程节能改造施工方案	189
5.2.6 节能改造模拟分析与经济性评价	192
参考文献	196

第 1 章 概 述

1.1 建筑节能改造的意义

能源是人类赖以生存和发展的基本条件, 21 世纪的中国担负着发展绿色环保能源工业的历史使命。中国是能耗大国, 石油、煤炭、电力三大传统能源的紧缺, 已成为中国经济发展面临的重大难题。在各种能源消费中, 建筑能耗是能源消费构成的重要部分, 随着国民经济的快速发展和人民生活水平的提高, 建筑用能还将继续增长, 表 1.1 是到 2020 年建筑能耗预测。

表 1.1 中国 2000—2020 年建筑能耗预测

年增长率	GDP (万亿元)	人口 (亿)	建筑面积 (亿 m ²)	建筑能耗 (亿 tce)	单位建筑 面积能耗 (kgce/m ²)	单位 GDP 建筑能耗 (kgce/m ²)	人均能耗 (kgce/人)
2000 年	8.94	12.66	353	3.50	9.92	0.039	276.5
年增长率 (%)	7.0	0.8	—	4.5	—	—	—
2010 年	17.63	13.71	519	5.61 (6.73)	10.81 (12.97)	0.032 (0.038)	409.2 (409.9)
年增长率 (%)	7.0	0.4	—	3.0	—	—	—
2020 年	34.76	14.27	686	7.54 (10.89)	10.99 (15.87)	0.022 (0.031)	528.4 (763.1)

目前, 我国既有建筑面积达 430 亿 m², 但只有 5% 符合现有的建筑节能标准。预计 2020 年前, 既有建筑节能改造投入将达到 1.5 万亿元, 建筑能耗跃升为“十二五”规划的第二大能源消耗大户。我国既有建筑中大多是建于上世纪八九十年代, 由于缺少相关的节能措施, 建筑的保温隔热性、热环境等较差, 我国的温室气体排放中, 建筑耗能已经达到了 25%, 仅北方采暖, 每年就多耗标准煤 1800 万 t, 多排放二氧化碳 52 万 t, 直接经济损失高达 70 亿元。若不能有效地进行既有建筑节能改造, 到 2020 年我国的建筑能耗将达到 10.9 亿 t 标准煤, 接近为全国建筑能耗的 3 倍, 将这个折合为电量的话, 到了 2020 年我国的建筑总能耗将达到 29 430 亿 kWh, 这些电量远远超过三峡电站 33 年的所发电量总和, 同理, 若城镇既有建筑节能改造进展顺利, 并且全部达到国家相关节能标准要求, 那么到 2020 年每年均可节省 3.35 亿 t 标准煤。

“建筑是百年大计!” 然而, 建筑在其使用期间内, 无时无刻不在吞噬着越来越显珍贵的能源。建筑能耗将大大加重国家的能源负担, 势必造成能源供应的巨大压力, 阻碍我国经济可持续发展, 同时对能源安全和大气环境造成重大威胁。中国要走可持续发展的道路, 发展建筑节能刻不容缓, 对既有建筑进行节能改造已刻不容缓。

1.2 外围护节能改造发展现状

建筑是由围护结构(包括墙体、屋面、门窗、地面等)围合起来的空间,这一空间热环境的优劣,取决于室外自然气候的优劣和围护结构保温隔热性能的高低。对于既有建筑节能来说,围护结构对建筑节能改造有着重要作用,居住环境及其节能效果都与围护结构的保温隔热性能密切相关,保温性能良好的建筑只需要很少量的供暖就可以达到较高的舒适度。

建筑外围护结构承担着室内空间的保温、采光、通风、防潮、防风、防眩光、防噪声、防盗等功能,这些功能之间相互关联、相互作用,关系错综复杂。传统建筑的外围护结构多采用砖、砌块等单一材料堆砌而成,其及承重保温多个功能为一体,构造简单、施工方便,但难以满足现行节能标准所规定的要求。目前外围护结构多采用复合保温系统,由保温层和结构层复合而成,保温层主要起保温作用,不起承重作用,这样,通过增加围护结构层数以及优化改进围护结构构造方式,从而提高外围护结构的物理热工性能。

目前,居住建筑节能设计标准中规定的节能 65% 的目标,由改善围护结构热工性能、提高采暖空调和照明能耗效率来共同负担,通过有关方面研究表明,改善围护结构热工性能所分担的节能率约占 45%,由此可见,改善围护结构的热工性能,对于提高室内舒适度和减少建筑能耗来说尤为关键。

20 世纪 80 年代,随着国民经济的增长,中国的建筑业蓬勃发展,我国开始重视建筑节能工作。到了 20 世纪 90 年代末,我国开始加大对既有建筑节能改造的研究,近几年,河北唐山、新疆乌鲁木齐、天津、北京、上海、西安等城市与国内外专家联手,开始陆续启动既有建筑节能改造试点工程,在建筑节能改造技术和政策方面,也进行了研究和探索,总结了不少有益的经验。

1. 中德合作河北唐山市河北 1 号小区

河北 1 号小区建于 1978 年,示范项目选择了其中 3 栋居民楼作改造对象,历时 4 个月,于 2006 年 11 月 15 日前完工。改造技术方案:外墙均采用 10cm EPS 外墙外保温系统。屋顶铲除原有保温层,增加 14cm 聚苯板(XPS)保温;更换空腹钢窗为双层中空塑钢平开窗(少部分加装单层 LOW-E 玻璃);阳台改造方面,保持面积不变,结构加固,更换栏板;供暖系统在 3 栋楼分别采用垂直双管系统、垂直双管水平成环系统、垂直单管加跨越管系统;楼梯间粉刷、安装太阳能楼道灯。改造前后对比如图 1.1 所示。

该工程改造成本单价为 180 元/m²,改造后冬季整体室内平均温度为 23.8℃,较改造前的 15.5℃提高了 8.3℃,而且解决了建筑外墙开裂和屋顶渗漏等问题。经过节能综合改造后,供暖季平均节煤 18.46kg/m²,折合节能投资 9.3 元/m²,静态回收时间 19.35 年。

2. 上海市羽北小区

羽北小区位于上海市浦东新区张杨路,建于上世纪 90 年代中期。原外围护构件未采取建筑节能措施,围护结构热工性能与室内热环境较差,外墙与屋面存在开裂、渗漏等现象,影响了建筑物的整体性能。而从住宅使用寿命上看,仍有 20~30 年的使用期。

节能综合改造方案:原屋面架空保温板全部拆除,原屋面防水层起壳部分铲除。喷涂 25mm 厚硬质聚氨酯泡沫塑料保温层,上涂 1.2mm 厚防水涂膜;原建筑外墙立面修整,喷涂 15mm 厚硬质聚氨酯泡沫塑料保温层,涂刷弹性外墙防水涂料;原窗玻璃调换成双层中空玻



图 1.1 住宅楼改造前后效果对比

(a) 改造前南立面; (b) 改造后南正面

璃, 调换密封条、五金件等; 房屋公共部位内墙壁面整修刷白, 楼梯栏杆及钢窗一底两面油漆; 更新上水管并做保温, 室外踏步、明沟、勒脚整修; 拆除违章建筑, 围墙单粉外刷涂料。

该工程直接用于节能改造的投资约 320 万元, 按节能评估得出的节能效果计算, 约 8.7 年可回收成本。经过节能综合改造后, 建筑外墙开裂和渗漏等现象彻底消除, 整个小区的面貌焕然一新。

3. 乌鲁木齐南湖小区

南湖小区节能改造项目是乌鲁木齐第一个既有建筑节能改造示范项目, 涉及房产集团管辖的操场巷小区, 347 户居民, 建筑面积 2.17 万 m^2 。南湖小区建于 1985 年, 属于典型的既有非节能建筑, 多数房屋外墙风化剥落, 窗户封闭不严, 封闭阳台全部为单层钢窗。

节能综合改造方案: 外墙采用聚苯板薄抹灰保温体系, 饰面层为外墙乳胶漆, 一层窗台以下部位考虑到易受撞击, 造成保温层破损, 采用聚苯板薄抹灰, 饰面层为外墙面砖, 临街面的保温采用挤塑板连环甲干挂体系, 如图 1.2 所示; 保留原有屋面, 将其清理干净, 在上面直接做聚氨酯复合保温防水层, 再做一层聚合物砂浆保护层, 内嵌网格布; 外窗更换采用传热系数小于 2.5 的节能 60 型塑钢窗, 中空玻璃, 并加强窗扇与窗框, 窗框与墙体的密封构造措施, 增设门斗; 地下室顶板及悬挑阳台底板采用聚苯板薄抹灰体系; 楼宇单元门采用自闭式保温门; 在采暖系统方面采用分户温控, 每家安装温控阀, 用户可以自己设定房间所需要的合适温度, 改造后临街立面如图 1.3 所示。



图 1.2 改造施工粘贴聚苯板



图 1.3 住宅楼改造后临街立面

据测算,通过对 41 万 m^2 的既有建筑进行节能改造,总投资 7180 万元,其中 6500 万元用于围护结构的改造,累计节约原煤 13 618.3t,减排烟尘 109t,减排 SO_2 217.9t,该项目改造完后室内温度将提高 $6\sim 7^\circ\text{C}$ 。

4. 北京市惠新西街 12 号楼小高层住宅节能改造

惠新西街 12 号楼综合节能改造项目是北京市建委节能改造的试点项目,位于北京市朝阳区惠新西街,小区由 4 栋相同结构的小高层组成,每栋楼建筑面积约 11 000 m^2 ,共 18 层,计 144 户。该改造项目由 2007 年正式开始,由中德专家合作完成,改造方案为北京市住宅建筑设计研究院设计,德国 BBP 建筑设计事务所提供咨询指导。

节能综合改造方案:中德双方专家研讨,确定对 12 号楼原外墙采用了德国 MAXIT 公司的外保温技术,保温材料为 100mm 厚的聚苯板,外饰面为装饰砂浆加有机硅自洁涂料,施工过程如图 1.4 所示,改造中引入了首层托架、窗台板、阳角网等各种专门设计的配件并制订了详尽的安装方法,同时考虑聚苯板外保温的防火隔离措施,以提高住宅保温的防火安全;空腹钢窗统一更换为新型断桥铝合金 5+15+5 中空玻璃外窗;单元门由北向改为西向,增加防盗保温门,避免冬季冷风直入。此外,改造项目第一次引入朗适 LUNOS 住宅同步新风系统,有效改善室内空气品质保证人体健康舒适的同时,减少室内能量损失,真正达到节能、环保、健康的目的,改造后临街立面如图 1.5 所示。



图 1.4 宅楼节能改造中的临街立面



图 1.5 宅楼改造后临街立面

12 号楼的节能改造效果全面达到北京市居住建筑节能设计标准中的 65% 节能要求,节约标煤平均约为 $8.18\text{kg}/\text{m}^2$,减排 CO_2 约 $22.6\text{kg}/\text{m}^2$,12 号楼改造后每年的 CO_2 减排量约为 249t。住户室内的采暖温度提高,杜绝了结露发霉,相应的人住舒适度得到提高,并且减小外界对室内噪声的干扰。

5. 重庆市人民村改造

重庆市渝中区人民村居住区改造工程主体工程于 2010 年 6 月开始到 2010 年底,对总面积 10.8 万 m^2 的 41 栋老旧居住楼房进行综合整治,使其达到宜居的要求,并进行了竣工验收政治效果如图 1.6 所示。施工历时近半年,先后完成了房屋内外更新改造、居住区绿化和休闲设施整治等,按照原定时间和原定计划完成,并交付居民使用。



图 1.6 改造前后对比

(a) 居住区建筑改造前；(b) 建筑改造后沿街立面

节能改造方案：重庆市人民村改造采用了类似“三明治”的硬泡聚氨酯复合板技术，使用 A 级防火材料作为外饰面基板，提高防火性能，增加绝缘性。建筑屋顶改造采用“平改坡”，在不改变原有建筑主体结构及基础的情况下进行，坡屋顶采用了轻质高强钢结构屋架。

改造效果：改造前，屋顶、外墙的夏季传热系数测量值为 $1.76\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；改造后，屋顶夏季传热系数测量值为 $0.98\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，外墙夏季传热系数测量值为 $0.58\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。建筑外窗改造使临街建筑的房间隔声性能提高了 $8\sim 13\text{dB}$ 。人民村居住区建筑外立面改造提高了外墙、屋顶的隔热性能，明显改善室内热环境和声环境。

从以上对节能改造试点工程实例分析，针对既有住宅围护结构保温性能差，采暖能耗大的特点，通过对建筑进行合理的外围护系统节能改造，结果表明可以改善建筑的围护结构热工性能，提高能源利用效率，节能改造效果明显，可行性强。

1.3 既有建筑外围护结构存在的问题及分析

1. 既有建筑外墙存在问题

通过对既有建筑的外墙外观调研，外墙饰面在不同时期的建造条件体现了不同的建筑特色。20 世纪 50—60 年代外墙采用红砖或青砖作主体材料，不做饰面处理，直接裸露在外，俗称清水砖墙，由于没有任何饰面层作保护，主体材料经过多年风吹日晒和机械碰撞，往往已经出现残破；70 年代外墙采用白色或彩色小石子作水刷石墙面，或用粗砂作墙面，常年经受雨水侵蚀，出现一些松动、水泥粉化甚至剥落的现象；80 年代时建筑涂料的应用广泛，外墙采取“喷、滚、弹、涂”等涂料工艺，做成各种色彩、图案的饰面，但涂料饰面容易脱落，且雨水冲刷之后往往留有锈迹污痕；90 年代以来，随着城市建设的逐步发展，高层建筑日益增多，建筑装饰采用了贴马赛克、墙面砖和干挂大理石等形式，此类外墙饰面具有现代气息，但如材料选用或施工不当，往往会起鼓脱落，不仅影响外观效果，而且高空坠落的重物，对行人来说在安全上也存在隐患。所以针对不同饰面的墙体存在着不同的可靠性、安全性等隐患，对不同墙体饰面的处理是节能改造基层处理的关键。

通过对既有建筑的外墙构造材料调研，在 1998 年强制执行《民用建筑节能设计标准》之前的建筑，建筑的设计一般只关注建筑平面和外观，没有考虑外墙保温节能构造设计，其热工性能主要由主体材料的性能和厚度来决定。从调研情况看，早期建筑的结构形式多为砖木结构、砖混结构，后来逐渐被框架结构所取代；外墙主体材料从普通黏土砖，逐渐发展为

煤矸石或加气混凝土砌块等轻质材料；外墙厚度方面，黏土砖多为 240mm 或 370mm，砌块类材料多为 200mm。对既有建筑外墙常见构造做法及热工性能数据进行调研，大部分既有建筑外墙传热系数的理论计算值均高于居住建筑节能设计标准或公共建筑节能设计标准中规定的限值要求，外墙热工性能较差。

2. 既有建筑外窗存在问题

通过对既有建筑的外窗结构材料调研，留存的 60—70 年代砖混结构老建筑，窗框型材基本都是采用木窗，木材的导热系数低，具有较为优异的保温隔热性能，但木材本身易于产生变形而导致木窗密闭性不良，部分建筑已改造为铝合金或塑钢窗；70 年代的部分建筑采用钢窗，钢窗具有较强的热传导性，易生锈，其密闭性、防风沙、防空气渗透性能均较差，而成为这一时期建筑能耗加大的重要因素；90 年代之后，窗框型材和开启方式出现多样化，有塑钢平开窗和铝合金推拉窗，洞口开设尺寸日趋大型化，导致冷风渗透问题越来越突出。

80 年代中期以前既有建筑的玻璃窗基本都是单层玻璃，尽管透明且防风，但其散热率很高，保温性能较差。80 年代后期，部分既有建筑使用双层玻璃窗，其原理是利用两块玻璃之间的空气，有效增加了窗的热阻，达到保温隔热的效果。随后出现了中空玻璃窗，这种窗户在双层玻璃中间灌入惰性气体，形成干燥气体空间，具有更好的热工性能和隔声效果。90 年代后期，出现了镀膜玻璃，它采用低散射镀膜，镀于密闭的与空气接触的内层玻璃表面上。

外窗的开启方式主要有推拉、外开、内开、悬窗四种方式。从数据统计来看，64% 的既有建筑为推拉窗，23% 为外开窗，13% 为悬窗，部分早期建筑有内开方式，但由于开启不灵活，大多数用户都自行改造成推拉式或外开式，少数部分高层建筑外窗为悬窗。调研发现，随着我国经济的发展，建筑考虑采光和美观的需要，外窗的单个面积日趋大型化和墙体化，早期的既有建筑外窗或多或少出现了变形和残破，导致冷风渗透问题越来越突出，早期既有建筑设计未细致考虑细部大样，如窗台排水坡度挡水台、滴水线、门窗墙体间的接缝等处均没有设置对窗户边角的防护措施，且仅使用普通密封材料做密封。这些细部在使用中出现受损或密封材料老化后，出现裂缝，使得建筑外窗在使用时出现渗漏现象。另外冬季室温很低时，窗框表面会形成、结露，有的甚至会在窗框处凝结成冰。这些在既有建筑外窗中存在的问题，需要在节能改造技术的研究中引起重视并加以避免。

3. 既有建筑屋顶存在问题

通过对不同年代既有建筑屋顶形式调研来看，50—60 年代受资金、建材、技术和施工等诸多条件的限制，建筑基本上是砖木低层建筑，屋顶以坡屋顶为主，占到 57.10%；70 年代建筑发展缓慢，建筑立面体型单一，建筑形象平淡，建筑多为平屋顶，占到 79%；进入到 80 年代，屋顶形式仍是平屋顶面，平屋顶建筑占有绝对数量，为 81.85%；90 年代建筑屋顶有了平面变化、层数变化及造型上的变化，如设女儿墙、退台处理、局部坡顶处理等；随着建筑发展，建筑设计更加多样化，城市中建筑的屋顶形式呈现多样化，有平屋顶、坡屋顶和造型各异的屋顶形式。这些屋顶成为了建筑的第五立面，创造了具有文化内涵的建筑意象。

通过对既有建筑屋顶的调研发现，既有建筑屋顶作为建筑最上部的围护结构直接承受着十几年甚至几十年的风吹日晒雨淋雪压。不可避免地出现年久失修饰面脱落的现象，直接加铺防水材料的刚性防水屋面有的已出现裂缝，将会出现漏水的现象影响建筑的使用功能。并

且在夏季强烈的日光照射下,屋顶表面温度会升高至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 左右,尽管有些建筑有保温层抑制热量的流入,但还是有相当部分的热量通过结构层传导到建筑的最上层的室内,造成最上层室内温度居高不下,需要耗费额外的空调用电;而冬季则相反,由于屋顶面层温度很低,导致室内热量通过屋顶结构传导到室外,造成最上层室内温度偏低,需要耗费大量额外的供暖热量,这就是建筑顶层房间冬冷夏热的弊病。这都是在既有建筑屋顶改造中需要解决的问题。

1.4 既有建筑节能改造相关政策调研

1.4.1 国内外节能改造相关经济激励政策

为了推动建筑节能的发展,中国及各国政府分别制定了一系列政策与措施推动建筑节能的发展。

1. 节能资金

许多国家采取建立节能基金的形式筹集节能资金,多数是通过公共财政来保证节能资金来源和数量的相对稳定,主要用于支持建筑节能的政府采购、新能源和可再生能源利用、节能技术示范和推广、节能产品的研究和开发、既有建筑节能改造、建筑节能示范项目以及节能宣传与教育等,也有部分资金用于节能工作的管理、节能管理监督体系的建设等。

如美国建立的推动节能资金主要分为两类:一是政府的财政拨款(PGC),二是节能公益基金(PBF)。美国联邦政府用于节能和新能源的投资逐年增加,2001年为11.8亿美元,2003年增加到13.1亿美元,而节能公益基金是通过特别收取电价的 $2\%\sim 3\%$ 来筹集资金,美国已有30多个州建立了类似的“节能公益基金”。英国也设立有节能基金,2002年节能基金的预算为2亿英镑。法国、日本、荷兰等国均设有相关的节能基金。欧盟目前用于能源研究方面的预算占欧盟全部预算的 4.5% ,已经实施的2002—2006年“五年综合计划”共165亿欧元,其中用于提高能源效率方面的财政拨款22亿欧元,占 13.3% 。

我国根据国家经贸委《新型墙体材料专项基金征收和使用管理办法》规定,新型墙体材料专项基金属于政府性基金,收入全额缴入地方国库,纳入地方财政预算,其征收主体是建设单位,不是针对施工单位以及墙体材料的销售环节。对纳入《新型墙体目录》的墙体材料,给予补贴和减免税支持。为促进建筑节能工作,各省市都采取了相应的建筑节能激励措施推动建筑节能,如浙江、江苏、扬州、舟山等设立建筑节能专项资金,部分省市还将墙改基金作为建筑节能基金,用于推动建筑节能。2006年5月30日起实施的《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》规定:可再生能源发展专项资金是指由国务院财政部门依法设立的,用于支持可再生能源开发利用的专项资金;发展专项资金的使用方式包括无偿资助和贷款优惠。2007年6月国务院出台的《节能减排综合性工作方案的通知》规定:完善促进节能减排的财政政策;各级人民政府在财政预算中安排一定资金,采用补助、奖励等方式,支持节能减排重点工程、高效节能产品和节能新机制推广、节能管理能力建设及污染减排监管体系建设等。财政部颁布《北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造奖励资金管理暂行办法》规定中央财政安排专项用于奖励北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造资金。

2. 税收优惠

税收优惠是政府按照预定的目的,免除或减轻纳税义务人税收负担的一种税收制度。税收优惠的对象是针对终端用户,对需求方进行激励,从而可以带动规模需求,影响上游产业。

英国和法国在税收优惠方面采取了激励和限制两种手段,对节能设施采取减税或加速折旧等方式,同时采取征收能源消费税或气候变化税的方式使消费者少用能源或使用清洁能源。例如对购买节能性设备采取一年内加速折旧办法,改变了以前5~10年才能折旧完毕的做法,这样购买节能产品的企业也相当于抵免了7%所得税。日本对使用列入节能产品目录的111种节能设备实行税收减免优惠,减免税收约占设备购置成本的7%。美国自20世纪70年代开始就不断通过法案的形式实施各种针对节能的税收优惠措施,如1978年施行的能源税法规定民用节能投资和可再生能源投资的税收优惠是15%;1992年推行的能源政策法规定对太阳能和地热能项目永久减税10%,对风能和生物质能发电实行为期10年的产品减税等;2001年的安全法案对标准节能50%的新建建筑每套住宅减免2000美元的税收;后来的一系列政策均对建筑节能做了很多方面的规定,并给予很多节能产品不同程度的税收减免。2005年的《能源政策法》中规定,对于满足2000 IECC及修订条款的门窗类产品给予成本10%的税金免除,但对单件产品税金免除额度不超过200美元;对于达到“能源之星”要求的屋顶结构给予成本10%的税金免除,但单件产品税金免除额度不超过500美元;对于达到一定指标的供热通风空调系统给予300元的税金免除。

在所得税方面,我国财政部和国家税务总局1994年3月发布《关于企业所得税若干优惠政策的通知》,规定企业利用本企业外的大宗煤矸石、炉渣、粉煤灰做主要原料,生产建材产品的所得,自生产经营之日起,免征所得税5年。该项经济激励政策的主要目的在于促进资源综合利用,同时对建筑节能发展新型墙体材料和限制使用实心土砖等起到了极大的推动作用。《国务院关于加强节能工作的决定》(国发[2006]28号)规定:对生产和使用列入《节能产品目录》的产品实行节能税收优惠政策。2008年1月1日起施行的《中华人民共和国企业所得税法》规定:从事符合条件的环境保护、节能节水项目的所得,可以减征、少征企业所得税。2008年4月1日起施行的《中华人民共和国节约能源法》规定:国家对生产、使用列入《中华人民共和国节约能源法》规定的推广目录的需要支持的节能技术、节能产品,实行税收优惠等扶持政策。2008年7月颁布的《民用建筑节能条例》规定:民用建筑节能项目依法享受税收优惠。

在增值税方面,1995年4月,发布了《关于对部分资源综合利用产品免征增值税的通知》,通知中规定:自1995年1月1日起,对原料中掺有不少于30%的煤矸石、石煤、粉煤灰、烧煤锅炉炉底渣(不包括高炉水渣)的建材产品,在1995年以前免征增值税。2001年12月发布《关于部分资源综合利用及其他产品增值税政策问题的通知》,通知中规定:自2001年1月1日起,在原料中掺有不少于30%的煤矸石、石煤、粉煤灰、烧煤锅炉炉底渣(不包括高炉水渣)及其他废渣生产的水泥实行增值税即征即退的政策;自2001年12月1日起,对增值税一般纳税人生产的黏土实心砖、瓦一律按适用税率征收增值税,不得采取简易办法征收增值税。2008年发布了《关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知》对生产原料中掺兑废渣比例不低于30%的特定产品免增值税,对部分新型墙体材料产品值税实行即征即退的50%的政策。

3. 优惠贷款

优惠贷款政策包括低息贷款、无息贷款、贴息贷款等,这一政策的主要目的是解决建筑节能中的投融资问题。

比如德国对于符合政府规定的建筑节能改造项目,政府将给予一定程度的优惠贷款,额度、利率和年限各不同,对于使用太阳能及热回收装置的用户,还可以申请节能专项优惠贷款。荷兰政府对于可再生能源项目提供低于市场利率的优惠贷款等。日本对能源效率投资提供低息贷款,贷款条件是现有设备的能源或石油消耗减少20%,新项目的能源或石油消耗减少40%。属于节能和能源再生利用的设备更新改造和技术开发项目,其投资享受国家规定的特别利率优惠,特别利率分为五等,今后的利率标准,规定长期贷款最优惠的利率为3.8%。大型工厂节能及资源再生利用或节能建筑项目投资的利率为3.6%;中小型企业或工业炉、锅炉更新改造项目的利率为3.5%。西班牙为实现PER(2005—2010西班牙可再生能源规划)设定的目标,2005—2010年总投资近236亿欧元,其中贷款占77.1%。

20世纪从80年代中期起,我国中央和部分地方政府制定了低利率贷款的节能优惠经济政策,设立了节能贴息贷款专项,以低于商业贷款利率50%的优惠条件,向建成后被确定的节能项目提供利息返还。到1999年,国家取消了节能专项贴息贷款,而是将节能项目的贴息纳入技术改造项目,高新技术项目和科技创新项目。1999年财政部、国家经贸委印发了《技术改造贷款项目贴息资金管理办法》,2002年外经贸部,财政部发布了第26号令《技术更新改造项目贷款贴息资金管理办法》,文件中确定了若干条贴息的原则以及贴息资金实用的范围。

4. 财政补贴

政府财政补贴方式主要有两种:一是贴息补助,即政府用财政收入或发行债券的收入支付企业因节能或用于节能研究与开发而发生的银行贷款利息;二是直接补贴,即政府以公共财政部门预算形式直接向节能项目提供财政援助。这一政策主要针对节能投资资金缺乏、同时投资者缺乏投资积极性的领域。2002年,美国联邦政府为450万户低收入家庭提供了17亿美元的财政补助,用于支付能源费用和进行节能改造。英国于1999年和2000年通过的“资本收入投资鼓励计划”向地方政府提供8亿英镑用于改造旧房。法国政府为鼓励新能源的使用,为安装生物能、太阳能、风能等能源设备的建筑物用户提供补助。

我国对建筑节能的可再生能源在建筑中应用的财政补贴正在逐渐增多,目前建筑节能的相关文件有《可再生能源建筑应用专项资金管理暂行办法》,对于利用太阳能、浅层地能、污水余热、风能、生物质能等可再生能源在建筑领域中的应用,但是资助项目总数有限。按照《北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造奖励资金》的规定,中央政府对严寒地区和寒冷地区改造的标准是:严寒地区为55元/m²,寒冷地区为45元/m²。

2007年中央财政共安排235亿元用于支持节能减排,仅下半年就新增70亿元支持十大重点节能工作,20亿作为支持地方淘汰落后产品的激励补偿,力度之大前所未有的。地方财政对节能减排的支持力度也纷纷开始加大,2007年,江苏省将省级财政增收的50%用于节能减排,山东省安排12亿元用于支持本省的节能减排。2009年6月,财政部、国家发展改革委发布了《高效节能房间空调器推广实施细则》。

5. 建筑节能法规 and 标准

发达国家对于建筑节能都制定了相应的法律法规来保障节能工作的顺利进行,并且制定

了各种各样的建筑节能标准，其中美国、俄罗斯、日本、澳大利亚和欧洲的一些国家还广泛实施了能效标准和标识制度。这样做一方面可以将强制性的最低能效标准作为新建建筑和新增设备市场准入的最低门槛，另一方面可以通过能效标识制度来鼓励建筑节能产品生产厂商、房地产企业生产和开发更高效率的节能产品和节能建筑，同时引导消费者购买节能产品和节能建筑。这种能效标准和标识制度不但限制了低能效产品、鼓励高能效产品占领市场，而且为建筑节能经济鼓励政策的制定提供了定量指标和衡量指标，以及公平的竞争环境。

在我国建筑节能是建设部长期以来都很重视的工作。从上世纪 80 年代至今，建设部公布了一系列专门用于建筑节能的标准，如《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》等，2000 年 2 月 18 日建设部颁布了第 76 号部长令“民用建筑节能管理规定”，其中的第五条和第八条对居住采暖建筑节能设计做出具体规定；第九条和第十一条对既有建筑节能改造作出规定。2000 年 10 月建设部颁布了由北京中建建筑设计院主编的《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》。2002 年建设部颁发的建设部建筑节能“十五”计划纲要，把既有建筑的节能改造成套技术研究开发与工程应用列为重点开展的科技项目之一。相继在《中长期节能专项规划》、《民用建筑节能管理规定》、《民用建筑节能条例》等规定了在既有建筑节能改造中的投融资、节能标准、改造必要性和可行性等方面细则。

各地地方政府也出台了一系列规范作为既有建筑节能改造实施的标准依据，如北京市 2006 年编制了《既有居住建筑建筑节能改造技术规程》；山西省出台《关于加快推进既有建筑节能改造的意见》；天津市印发《转发市建委市财政局拟定的天津市 1300 万 m^2 既有居住建筑供热计量与节能改造实施方案的通知》；山东省组织编制并发布了《山东省既有居住建筑节能改造技术规程》、《山东省供热计量技术规程》和《山东省既有居住建筑供热计量及节能改造技术导则》等。这些出台的既有建筑节能改造技术规范，为节能改造工作提供了技术保障。

1.4.2 既有建筑节能改造经济激励政策建议

我国在推行建筑节能过程中，随着建筑节能的相关政策法规、管理制度、技术标准和市场服务体系的不断建立与完善，建筑节能市场的发展必然经历起步、发展和成熟阶段。在这三个不同的发展阶段，由于政府和市场主体在推动建筑节能工作中发挥着不同的作用，因此，在既有建筑节能改造过程中，应基于“三个阶段”分别建立经济激励政策如图 1.7 所示。

1. 建筑节能市场起步阶段

在建筑节能市场起步阶段，进行既有建筑节能改造最大困难是缺乏改造资金，因节能改造投资收益缺乏保障，投资风险大，建筑节能市场处于“失灵”状态，很难吸引社会资金参与既有建筑节能改造，大多数投资者属于风险回避者。因此

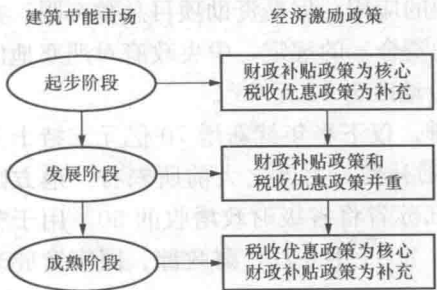


图 1.7 基于“三个阶段”的既有建筑节能改造经济激励政策

在该阶段，实施税收优惠政策的“节税效应”很难发挥作用或根本没有“节税效应”，税收优惠政策的经济激励作用很小，或根本没有；而实施财政补贴政策因经济激励强度是确定的，对既有建筑节能改造产生的经济激励作用比较大。因此，在建筑节能市场起步阶段，为启动既有建筑节能改造工作，政府实施“财政补贴政策为核心、税收优惠政策为补