

既有居住建筑 节能改造

刘月莉 仝贵婵 刘雪玲 编著



中国建筑工业出版社

“十一五”国家科技支撑计划课题“华北村镇住宅抗震技术研究”(2006BAJ04A15)资助

既有居住建筑节能改造

刘月莉 仝贵婵 刘雪玲 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

既有居住建筑节能改造/刘月莉,全贵婵,刘雪玲编著.
北京:中国建筑工业出版社,2011.12
ISBN 978-7-112-13793-0

I. ①既… II. ①刘… ②全… ③刘… III. ①居住建筑-
节能-技术改造 IV. ①TU241

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第235856号

本书内容涵盖从典型示范项目推广到城市级大范围节能改造,可为我国北方地区既有居住建筑节能改造规划提出科学建议。通过唐山、乌鲁木齐等北方地区4个城市和北京地区既有农宅建筑节能改造工程示范,总结了北方地区既有居住建筑节能改造技术、政策和管理经验,可为在全国广泛开展既有居住建筑节能改造基础数据的调查提供参考,为全国大规模既有居住建筑节能改造规划提供决策依据。

本书主要内容包括:建筑节能的意义,北方地区既有居住建筑现状,既有居住建筑调查方法,综合改造节能潜力及经济性分析,节能改造技术措施,节能改造案例分析。

本书可为既有居住建筑节能改造工作者提供有益的参考和借鉴,也可供建筑热工、暖通空调技术人员、建筑节能相关工作人员及高校师生参考。

* * *

责任编辑:姚荣华 张文胜
责任设计:董建平
责任校对:肖 剑 陈晶晶

既有居住建筑节能改造

刘月莉 全贵婵 刘雪玲 编著

*

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

北京永铮有限责任公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:10½ 字数:258千字

2012年2月第一版 2012年2月第一次印刷

定价:38.00元

ISBN 978-7-112-13793-0
(21586)

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)

序

能源、环境和气候变化是当今世界普遍关注的问题。建筑能耗在全社会总能耗中占有相当大的比重，因此各国高度重视建筑节能工作。我国是地域广阔、人口众多、能源相对短缺的发展中国家。随着经济社会的发展，特别是城市化的快速推进和生活水平的提高，建筑能耗的总量和所占比重快速增长，日益接近发达国家建筑能耗水平，建筑节能已刻不容缓。

既有建筑节能改造是我国建筑节能工作的重要方面。我国的既有建筑节能改造是从开展中外合作，学习国外经验，进行工程试点和示范开始的。最早可以追溯到 1993 年，与英国进行建筑节能技术合作，对北京的一栋 3 层砖混结构住宅楼进行节能改造。之后，又与加拿大、法国开展技术合作。2005 年 11 月，中德技术合作项目“中国既有建筑节能改造”开始实施，先后开展技术咨询、技术与标准研究，并在唐山、北京、乌鲁木齐、太原等地开展北方采暖地区既有居住建筑节能改造工程示范，在北方采暖地区进行成果宣传和推广，有力地推动了我国既有建筑节能改造工作。在中央有关部门和地方的共同努力下，至 2010 年底我国北方 15 个省（自治区、直辖市）累计完成节能改造面积 1.82 亿 m^2 ，超额完成了国务院确定的 1.5 亿 m^2 改造任务，每年可节能 200 万 t 标准煤，减少二氧化碳排放 520 万 t。

既有建筑节能改造工作的初步实践表明，我国既有居住建筑节能改造的潜力很大，节能减排效果明显，在缓解城市供热压力、减轻城市环境污染、拉动当地经济、增加就业岗位等方面具有明显的作用。既有居住建筑节能改造还是关注民生、改善民生的大事。许多老旧居住建筑，围护结构的保温隔热性能和气密性差，供热系统效率低下，不仅浪费能源，冬天还常常达不到采暖的温度要求，甚至出现墙面渗水、结露、霉变等情况。节能改造后，居民生活环境和居住舒适性得到较大改善。既有居住建筑节能改造确实是一项“功在当代，利在千秋”的利国利民的民生工程、民心工程。另据不完全统计，我国 480 多亿 m^2 既有建筑中，北方采暖地区需要和值得改造的既有居住建筑面积约有 35 亿 m^2 。如果其全部实现改造，每年可节约 3500 万 t 标准煤，减少二氧化碳排放近 1 亿 t。这对于节能减排、保护生态环境，具有十分重要的意义。

既有居住建筑节能改造，“十一五”开了个好头，“十二五”任务更为繁重。根据国务院有关决定精神，“十二五”时期要扩大改造规模，完成北方既有居住建筑节能改造 4 亿 m^2 以上，完成老旧住宅节能改造任务的 35%，使约 700 万户城镇居民改善采暖及居住条件，力争到 2020 年北方采暖区基本完成老旧住宅节能改造任务 12 亿 m^2 。

与新建建筑相比，既有居住建筑节能改造工作有许多特殊性，涉及千家万户，因此特别需要扎扎实实的细致工作，在这方面各地还缺乏相关的经验。总结北方采暖地区既有居住建筑节能改造的做法、技术、政策和管理的经验十分必要。感谢编者和各试点城市参与编写的同志付出的辛勤劳动，希望本书能对在全国广泛开展既有居住建筑节能改造起到应有的促进作用。

韩爱兴

2011年10月22日

前 言

建筑节能是国家的节能减排主要领域之一。

我国的既有居住建筑存量、能耗高，居住建筑节能潜力十分巨大。截至 2010 年，我国既有建筑面积约 480 亿 m^2 ，城镇既有建筑达 215 亿 m^2 ，其中 85% 以上的建筑不同程度地存在着围护结构保温隔热性能和气密性差、供热空调系统效率低下等问题，为非节能高能耗建筑。

目前既有居住建筑节能改造工作已经大规模地开展起来，因此，对所在地区开展既有居住建筑基本情况调查，全面系统地掌握既有居住建筑节能改造基础数据，通过整理分析，得到适用的节能改造技术方案和所需成本，以及节能减排效果，非常必要。但是，目前多数地区对本辖区内既有居住建筑的存量和现状尚不够清晰，并且对获得这些基础数据的方法也不掌握。

本书作者借中德政府间技术合作项目“中国既有建筑节能改造”的执行以及“十一五”国家科技支撑计划“建筑节能技术标准研究”和“华北村镇住宅抗震技术研究”课题研究，在学习、消化和吸收德国等先进国家有关调研方法的基础上，按照“方法研究+普遍调查+重点实测+可行性综合分析”的技术路线，首先开展了既有采暖居住建筑能耗调查、检测和评估方法及节能改造可行性综合评判的方法研究。研究表明，利用建立的方法，通过建筑物基本情况普查、统计归类以及典型建筑的重点调查，较为客观地掌握所调查区域内既有居住建筑的使用和能耗现状，进而通过节能综合改造可行性分析，以点带面，从典型示范项目推广到城市级大范围节能改造，可为我国北方地区既有居住建筑节能改造规划提出科学建议。通过唐山、乌鲁木齐等北方地区 4 个城市和北京地区既有农宅建筑节能改造工程示范工作，总结出北方地区既有居住建筑节能改造技术、政策和管理的经验，以便为在全国广泛开展既有居住建筑节能改造基础数据的调查提供参考，为全国大规模既有居住建筑节能改造规划提供决策依据。

希望通过本书，为广大既有居住建筑节能改造工作者提供有益的参考和借鉴。

在本书编写过程中，中国建筑科学研究院董宏、丁子虎、孙立新和北京市可持续发展促进会赵岩（负责第七章编写）等同志高度负责，在选拟条目、撰写内容等方面付出了辛勤的劳动，为本书作了精心的文字加工；潘振、祖雅君和党蓓等同志在基本情况调查工作中获取了大量的基础数据，为本书提供了宝贵的第一手资料。参与编写、提供素材的还有乌鲁木齐市住房和城乡建设委员会彭小燕、唐山市节能墙改办赵冰、天津市塘沽区建设工程交易中心孙玉然、鹤壁市建设局马宇驰、北京市建筑节能与建筑材料管理办公室田桂清

以及北京市可持续发展促进会叶建东等同志，这里一并表示衷心的感谢。

因为编写时间仓促，编者水平有限，书中可能存在诸多不足，希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2011年5月26日

目 录

序	3
前 言	5

第一篇 既有建筑节能改造势在必行

第一章 建筑节能意义重大	3
1.1 中国建筑节能的形势	3
1.2 居住建筑节能潜力巨大	4
第二章 北方地区既有居住建筑现状	6
2.1 概述	6
2.2 普查结果	7
2.3 重点调查结果	10
2.4 总结	15

第二篇 调查方法与改造技术

第三章 既有居住建筑调查方法	19
3.1 概述	19
3.2 普查	20
3.3 重点调查	21
3.4 数据分析	27
第四章 综合改造节能潜力及经济性分析	31
4.1 节能潜力分析	31
4.2 经济性分析	32
4.3 方案比选分析方法	34
第五章 节能改造技术措施	39
5.1 节能改造原则	39
5.2 围护结构节能改造技术	39
5.3 供热采暖、通风系统改造技术措施	46
5.4 厨卫设施改造技术措施	48

5.5	其他部位改造技术措施	48
5.6	结构安全保证措施	49

第三篇 节能改造案例分析

第六章	城镇居住建筑节能改造	55
6.1	北京市惠新西街12号楼节能改造项目	55
6.2	唐山市河北1号小区节能改造项目	82
6.3	乌鲁木齐市操场巷小区节能改造项目	103
6.4	中国建筑科学研究院住宅楼综合改造项目	123
第七章	北京郊区既有农宅节能改造	131
7.1	既有农宅节能改造势在必行	131
7.2	既有农宅现状调研	132
7.3	节能改造技术措施	135
7.4	京郊农宅节能改造案例	144
7.5	既有农宅节能改造效果分析	147
7.6	探索农宅节能改造工作推进的新模式	157

第一篇

既有建筑节能改造势在必行

第一章 建筑节能意义重大

1.1 中国建筑节能的形势

我国是一个发展中国家。改革开放以来，经济快速增长，各项建设取得巨大成就，但也付出了巨大的资源和环境代价，经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐，能源短缺已成为我国经济持续快速增长的瓶颈之一，群众对环境污染问题反应强烈。我国化石能源资源中90%以上是煤炭，人均煤炭储量为世界人均水平的1/2，人均石油储量为世界人均水平的11%，人均天然气储量仅为世界人均水平的4.5%，能源相对贫乏。而煤炭消耗量却占世界总量的40%，石油消费量仅次于美国，位居世界第二，对海外能源的依赖程度达50%以上。同时，能源利用效率较低，据统计我国的能源利用率只有约32%，比国外先进水平低十个百分点，平均每万元GDP能源消耗比发达国家多3~11倍。目前，能源的紧张形势在我国已十分严峻。

我国的建筑节能工作始于1986年颁布的《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》，节能目标是30%；1996年将这一节能目标提高到50%；2000年《建筑节能管理办法》颁布；2002年夏热冬冷地区（过渡地区）的建筑节能设计标准出台；2004年夏热冬暖地区（南方地区）的建筑节能设计标准颁布。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》中提出要“建设资源节约型、环境友好型社会”，“加快企业节能降耗的技术改造”，“发展节能省地型建筑，形成健康文明、节约资源的消费模式”，把节约能源作为基本国策，促进经济发展与人口、资源、环境相协调。我国制定了《中华人民共和国节约能源法》，以法律的形式来贯彻执行节约能源、保护环境的国策，落实可持续发展战略。国家发改委于2004年11月颁布了《中长期节能专项规划》，其中计划要对大中型城市中25%的既有建筑进行节能改造，建筑节能包括既有建筑节能改造被列为十个主要重点节能项目之一。2008年我国启动的十大重点节能工程中，预计“十一五”期间节省的2.4亿t标准煤中，建筑节能占1亿t，约占45%。可以说建筑能耗的节约已经成为最大的节能项目，抓好了建筑节能，也就抓住了节能工作的关键环节。尤其在当前贯彻落实科学发展观、大力推进节能减排的形势下，建筑节能更具有其现实紧迫性与重要的战略意义。

2008年，在新颁布的《节约能源法》的基础上，国务院又颁布了《民用建筑节能条例》和《公共机构节能条例》，并于当年10月1日开始实施。建筑节能相关制度正在建立起来，包括已经发布和正在试点的建筑能效测评标识制度、建筑节能信息公示制度、建筑能源审计制度、集中供热计量收费制度和建筑能耗统计制度等。另一方面，中央财政加大

了资金拨付力度，在可再生能源利用、推动国家机关办公建筑和大型公共建筑运行管理及节能改造和推进北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造三个方面给予大力支持，有力推动了我国建筑节能健康发展。近年来，随着建筑节能工作的开展和宣传力度的加大，节能建筑已经为大多数人所了解，各省区市围绕节能设计标准相继提出本地区的节能规范，节能建筑发展迅速。

1.2 居住建筑节能潜力巨大

当前，我国能耗主要集中在工业、交通和建筑三大领域。现阶段，我国建筑能耗还将处于快速上升阶段。一方面由于新建建筑数量快速增加，即使新建建筑全面执行现行节能标准，还会增加建筑总能耗；另一方面，随着我国经济水平的提高，人们对室内生活舒适度要求不断提高，对能耗的需要将持续增加。在国家大力提倡节能减排的大环境下，住房和城乡建设部提出在新建建筑节能、既有建筑节能和可再生能源在建筑中应用三个方面大力实施节能工作。

在建筑领域三方面节能减排工作中，既有建筑的存量最大，能耗也最高，因此做好既有建筑节能工作，将直接影响建筑领域的节能减排工作。我国建筑能耗的总量逐年上升，在能源总消费量中所占的比例已从20世纪70年代末的10%，上升到近年的30%左右，而且以每年1个百分点的速度增加。同时，建筑能源利用效率很低，单位建筑能耗比同等气候条件下发达国家高出2~3倍（而中国主要工业产品能耗与发达国家的差距一般只有10%~30%）。在20世纪70年代石油危机后，欧洲、美洲和日本等发达国家就开始了既有建筑的节能改造工作，并取得了显著的效果。

在我国现有近480亿 m^2 的既有建筑中，85%以上是高能耗建筑，其中城镇既有建筑总面积约为215亿 m^2 ^[1]。这些建筑普遍存在围护结构保温隔热性能和气密性差、暖通空调系统效率低下等问题，能源浪费严重。据预测，到2020年，我国城乡还将新增建筑面积200亿 m^2 。随着居民生活水平的提高，建筑用能快速增长，预计在能源总消费量中所占的比例将增加到总能耗的40%左右，如果加上原材料的运输和损耗等，可能有50%的能源消耗在建筑上，成为最主要的用能领域。仅以建筑供暖为例，北京市在执行建筑节能设计标准前，一个采暖期的平均能耗为30.1 W/m^2 ，执行节能50%的标准后，一个采暖期的平均能耗为20.6 W/m^2 ，而相同气候条件的瑞典、丹麦、芬兰等国家一个采暖期的平均能耗仅为11.0 W/m^2 。因建筑能耗高，仅北方采暖地区每年就多耗标准煤1800万吨，直接经济损失近70亿元。因此，在我国实施既有建筑节能改造是实现减缓建筑能耗快速增长，实现建筑能耗减量的必经途径之一，而且可以提高居住的舒适性，改善住户的居住条件和环境，有利于构建和谐和谐社会。建筑节能作为贯彻可持续发展战略的一个重要方面，已经刻不容缓。

据测算，如果国家从现在起对新建建筑全面强制实施建筑节能设计标准，并对既有建筑有步骤地推行节能改造，到2020年，我国建筑能耗可减少3.35亿t标准煤，空调高峰负荷可减少约8000万 kWh （相当于4.5个三峡电站的满负荷出力，减少电力建设投资约6000亿元），能源紧张状况和污染压力必将大为缓解。但如果错过当前这一大好机遇，不

采取坚决有效的措施，则将大大加重国家能源负担，严重制约我国经济社会的可持续发展，对能源安全和大气环境造成重大威胁。严峻的现实表明，国家要持续发展，必须加大建筑节能的工作力度，完善相应的法律法规规章制度，以有效的措施坚决实施。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2011. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

第二章 北方地区既有居住建筑现状

2.1 概述

作为中德技术合作项目“中国既有建筑节能改造”的执行以及“十一五”国家科技支撑计划“建筑节能技术标准研究”课题研究内容，我们在学习、吸收和消化德国有关调研方法的基础上，按照“方法研究+普遍调查+重点实测+可行性综合分析”的技术路线，针对采暖能耗严重的严寒和寒冷地区既有居住建筑开展了既有采暖居住建筑现状及能耗调查。通过唐山、乌鲁木齐等4个示范城市既有居住建筑节能改造示范工作，了解北方地区既有居住建筑的存量、使用情况和能耗现状，并总结该区域既有居住建筑节能改造技术、政策和管理的经验，以便为在全国广泛开展既有居住建筑节能改造基础数据的调查提供参考，为全国大规模既有居住建筑节能改造规划提供决策依据。

作为摸清“家底”的工作，牵涉面广、工作量大，是一项繁琐而细致的系统工程。选择乌鲁木齐、唐山、天津和鹤壁4个城市作为不同气候区的代表，开展了既有居住建筑基本情况调查的普查及重点调查。通过普查，查清辖区内居住建筑物的建设年代、数量、建筑面积、结构形式、围护结构构造和供热采暖现状等基本信息，经过对基础数据的整理、汇总归类，完成北方地区既有居住建筑的分类；通过选定典型建筑物的重点调查工作，形成系统、准确的既有居住建筑节能改造基础数据库。

普查工作针对乌鲁木齐、唐山、天津和鹤壁4个城市的8个城区^①内既有居住建筑物的基本情况展开，共涉及住户约100万户，调查总面积6750万m²，近2万栋既有居住建筑物。收集包括建筑物尺寸、形状、面积、建设年代、权属等信息，获取所调查区域内居住建筑的存量、分布和使用状况等基本情况。普查主要内容包括：建筑物名称、所在区位和竣工日期；建筑物使用性质；结构类型；外围护墙体材料；建筑物节能状况；供热和采暖方式；楼层数、单元数和总套数；建筑面积及建筑物形状；阳台及其外观情况。

在对普查基础调查数据完成分类汇总后，每个建筑类型中选取具有代表性的建筑物，进行调查评价、保温性能和气密性等测试，通过调查结果将典型建筑物的热工性能数据反映到整个类型的建筑中，从而达到推算全区域建筑能耗等数据的目的。四城市共选择26栋典型建筑物进一步进行重点调查，典型建筑的建设年代集中在1980~1999年间，面积合计约为10万m²，4层以上砖混结构建筑数量最多。重点调查分为一般性调查和围护结构热工性能测试。一般性调查包括建筑物周边环境、建筑物外部和内部现状以及燃气供应、供水和供电

^① 8个城区包括：乌鲁木齐市天山区、沙依巴克区、水磨沟区、新市区4个主城区，唐山市路北区、路南区2个中心城区，天津市塘沽区，鹤壁市老城区。

系统管道等内容。围护结构热工性能测试包括建筑围护结构的主体部位传热系数和热工缺陷以及建筑物气密性检测等内容。同时,还进行了各类型建筑能耗水平的推算。

2.2 普查结果

4个城市根据确定的工作方法及各自的调查范围开展大规模普查,获得了包括建筑物使用性质、建筑物名称、所在区位、竣工日期、建筑面积、建筑物形状、结构类型、楼层数、单元数、总套数、外围护墙体材料、建筑物节能状况、供热采暖方式以及阳台状况等基本信息。利用具有动态功能的基本情况调查系统数据平台,统计汇总调查结果,然后根据建设年代和建筑类型进行归类,得到所调查区域内既有居住建筑的存量、分布和使用现状。由于我国基本建设的特点所决定,北方城市中20世纪80年代以前的居住建筑物以1~3层和多层砖混结构为主,1990年以后陆续采用了框架结构和剪力墙结构。因此,根据建筑物的结构类型、建设年代、建筑物楼层数和外围护墙体材料的不同,进行居住建筑类型分类。目前,北方地区城市居住建筑基本分为8个主要类型。

在对基础调查数据完成分类汇总后,每个建筑类型中选取具有代表性的建筑物,进行调查评价、保温性能和气密性等测试,通过调查结果将典型建筑物的热工性能数据反映到整个类型的建筑中,从而达到推算全区域建筑能耗数据的目的。

2.2.1 建筑分类

汇总了4个城市的普查结果,根据建筑物结构形式和建筑层数,将北方地区既有居住建筑划分为8种类型,见表2-1^[1]。

北方地区既有居住建筑分类

表 2-1

建筑分类	建筑结构类型
类型 1	≤3层 砌体(砖混)结构
类型 2	4层以上的砌体(砖混)结构
类型 3	预制混凝土板(内浇外挂)
类型 4	内浇外砌
类型 5	框架结构(空心砖填充)
类型 6	框架结构(加气混凝土砌块填充)
类型 7	框架结构(轻质混凝土填充)
类型 8	现浇混凝土剪力墙结构

2.2.2 统计分析

1. 按照建设年代统计

按照建设年代统计和进行汇总,4个城市既有居住建筑普查结果见表2-2、图2-1和图2-2。

4个城市按建设年代统计结果汇总

表 2-2

建设年代	楼栋数量 (栋)	住宅户数 (套)	建筑面积 (万 m ²)
1980 年之前	1255	32.3×10^3	245.1
1981 ~ 1990 年	6626	650.3×10^3	1584.0
1991 ~ 2000 年	9874	492.4×10^3	5322.9
2001 年以后	4908	245.6×10^3	3918.2
合 计	22663	1420.6×10^3	11070.2

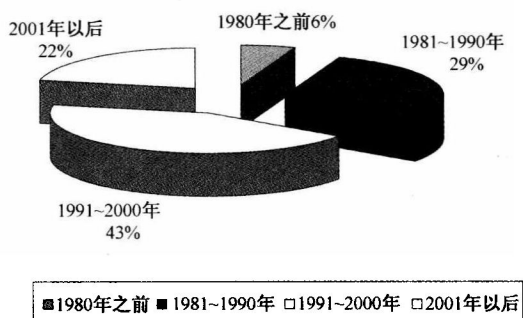


图 2-1 不同年代建设的建筑物数量所占比例

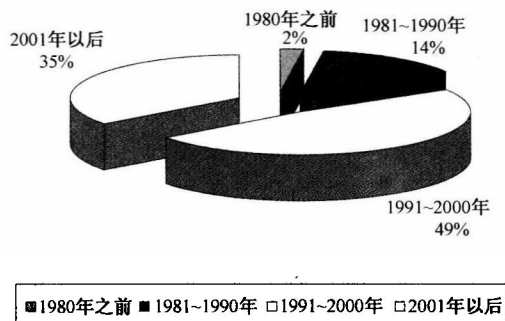


图 2-2 不同年代建设的建筑物面积所占比例

从图 2-1 中可以看出，在 4 个城市统计的既有居住建筑物中，以 10 年为一个阶段按建设年代划分，被调查区域内建造于 1991 ~ 2000 年期间的既有居住建筑物比例最大，约为 43%；建造于 1981 ~ 1990 年的次之，约为 29%；2001 年以后建造和 1980 年以前建造的分别约为 22% 和 6%。

2. 按照标准实施阶段统计

按照建筑节能设计标准实施的不同阶段进行统计，可将调查的建筑分为三类，即为 1986 年前建造的、1987 ~ 1995 年建造的、1996 年后建造的。4 个城市普查的各类建筑物存量、面积和所占比例统计结果分别见图 2-3 和图 2-4。

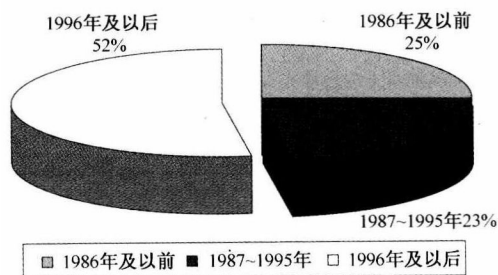


图 2-3 建筑节能设计标准实施的不同阶段建筑物数量所占比例

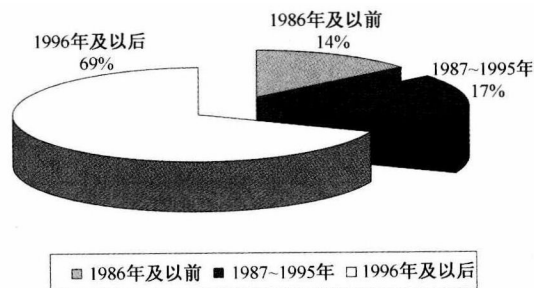


图 2-4 建筑节能设计标准实施的不同阶段建筑面积所占比例