

# 北方采暖地区既有居住建筑节能改造工作的目标识别和障碍分析

天津大学 吕石磊<sup>☆</sup>

建设部科学技术司 武 涌

**摘要** 分析了北方供暖地区既有居住建筑节能改造的必要性,根据全国建筑节能专项检查中存在的问题和案例分析,按照国家对节能减排的要求,通过经济学分析,识别出了节能改造的目标,从组织体系、改造模式、融资方式和技术支撑等方面分析了节能改造的障碍,指出了需要遵循的原则。

**关键词** 供暖地区 居住建筑 节能改造 目标 障碍

## Target recognition and obstacle analysis of energy efficiency renovation for existing residential buildings in northern heating areas

By Lü Shilei<sup>★</sup> and Wu Yong

**Abstract** Analyses the necessity of energy efficiency renovation for existing residential buildings in northern heating areas. According to the problems from national construction energy efficiency special inspection and some case analyses, under the national request of energy efficiency and emission decrease, by economics analyses, recognizes the target of energy efficiency renovation. From the organization system, renovation pattern, financing way and technical support, analyses the obstacle of energy efficiency renovation, and points out some principles that ought to be followed.

**Keywords** heating area, residential building, energy efficiency renovation, target, obstacle

★ Tianjin University, Tianjin, China

①

### 1 北方采暖地区既有居住建筑节能改造的必要性分析

#### 1.1 采暖能耗占建筑能耗的比例更高,节能潜力更大

我国节能的三个重点领域分别为工业、交通和建筑。其中,工业的单位能耗指标与发达国家加权平均值相比高出 15.7%,交通的能源单位能耗指标高出 26.9%,而北方地区建筑采暖平均能耗则比东欧同纬度发达国家高出 100%~200%,节能潜力更大<sup>[1]</sup>。

北方采暖地区面积占我国国土面积的 70%,

既有建筑面积约为 65 亿 m<sup>2</sup>,其中 70% 以上为高能耗建筑,如果按照采暖地区建筑节能设计国家标准进行节能改造,经估算,每年可以节约 6 800 万 t 标准煤,可以减少 CO<sub>2</sub> 排放量 1.43 亿 t。

#### 1.2 北方采暖地区既有居住建筑节能改造的费效比高

①<sup>☆</sup> 吕石磊,男,1979 年 6 月生,博士研究生,工学博士,讲师  
300072 天津大学环境与工程学院  
(O) 13810054606  
E-mail: lvshilei@tju.edu.cn  
收稿日期:2007-07-25  
修回日期:2007-08-06

北方地区冬季采暖平均能耗约为  $25 \text{ kg/m}^2$  标准煤。开展供热计量、透明围护结构和供热管网调节改造的成本约为  $120 \sim 150 \text{ 元/m}^2$ , 但可以降低 50% 的采暖能耗, 费效比为  $10 \sim 12 \text{ 元/kg}$ 。相对于工业、交通等节能领域, 投入产出比更高, 采暖节能改造效果更明显。同时, 与工业节能相比, 北方既有居住建筑节能改造不存在关停并转带来的税收下降、大量劳动力下岗的负面影响, 反而会形成能源战略可持续发展的长期有效需求趋势, 带动节能服务市场的形成, 创造新的就业机会。

### 1.3 改变建筑高能耗运行的方式

目前, 我国北方采暖地区 90% 既有居住建筑是高能耗建筑, 采暖能耗约占我国建筑总能耗的 36%。由于供热管网水力失衡、供热计量没有实行等原因, 造成冬季很多居民开窗散热, 再加上热源的自动调节管理差、围护结构保温性能差, 导致了能源的大量浪费, 每年约消耗 1.3 亿 t 标准煤。随着我国城市化程度不断提高, 建筑发展越来越快, 既有居住建筑存量逐年快速增加, 采暖能耗迅速增长。在这种严峻形势下, 如果任由建筑高能耗的运行方式继续发展, 到 2020 年, 我国采暖能耗将达到 4 亿 t 标准煤, 是现在的 3 倍多。这势必成为我国城市可持续发展的最大障碍和难题, 因此对既有居住建筑进行节能改造是实现低能耗运行的有效途径, 也是建设资源节约型、环境友好型社会的标志, 势在必行。

### 1.4 改善人民群众居住环境的有效途径

北方采暖地区高耗能居住建筑普遍存在围护结构保温性能差、管网失调严重等缺点, 造成冬季绝大多数时间的室内温度低于室内热舒适度的最低温度标准  $18^\circ\text{C}$ 。并且这些建筑由于年久失修, 室内的光、声等环境和空气质量也较差, 居民在这种环境中的生活质量很差。随着经济的发展, 追求舒适的居住环境成为人们的迫切需要。通过实施节能改造, 可以有效提高室内热舒适度, 使冬季室内平均温度达到  $20^\circ\text{C}$  左右; 建筑物更加美观、实用; 减少灰尘、噪声污染, 有利于居民健康, 使生活环境得到大大改善。

## 2 北方采暖地区既有居住建筑节能改造的目标识别

### 2.1 2005 年全国建筑节能专项检查发现的问题

2005 年全国建筑节能专项检查小组对北方地

区冬季供热、采暖情况进行了调查, 发现了一些问题, 总结为“三个下不来”, 即: 一是采暖能耗下不来; 二是居民的热费支出下不来; 三是政府对供热企业的补贴下不来。造成以上问题的主要原因是大多数既有居住建筑没有计量、温控装置, 不能进行有效的调节, 造成采暖能耗的浪费, 同时供热体制改革工作滞后, 计划经济时代形成的福利制供热体制还在实行, 居民还在按面积缴纳采暖费, 这种供热体制已经完全不适应市场经济的要求, 直接影响了北方地区既有建筑的节能工作。供热企业效益不佳, 每年都通过政府的补贴来维持运转, 没有主动从节约能源方面降低成本, 获取利益。专项检查中发现问题是开展节能工作的主要障碍。

### 2.2 北京地区 200 万 $\text{m}^2$ 居住建筑的实测结果

中国建筑科学研究院在 2004 年至 2005 年期间对近 200 万  $\text{m}^2$  的居住建筑进行了供热计量试点工作。试点小区共 18 个, 其中近半数的小区建筑是按照 50% 的节能标准设计的, 但通过测试得知, 平均耗煤量为  $15.89 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , 基本就是 30% 节能标准的能耗水平; 有一个小区建筑是按照 30% 节能标准设计的, 但实测结果显示平均耗煤量为  $23.39 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , 基本相当于非节能建筑的能耗水平。造成采暖能耗高的原因有的是没有按照设计标准来施工, 属施工质量原因; 有的是温度调控措施差而造成的开窗散热问题, 如某小区的开窗浪费率达到了 25.8%。通过供热计量试点发现, 50% 的热用户认为完全按表计费合理; 调查还显示实施计量收费, 将有 88% 的住户会主动节能, 节能预期较高。

### 2.3 唐山市河北一号小区节能改造示范效果

河北一号小区是唐山大地震后于 1978 年建设的第一批小区, 示范项目为小区中的 3 栋居民楼。改造内容一是对既有建筑的外墙、屋顶、门窗、地下室顶板、楼梯间隔墙等外围护结构进行保温改造; 二是对既有建筑室内外供热(空调)系统进行保温隔热改造; 三是进行室温可控、热量可计量的改造。改造前外墙的预制钢筋混凝土板拉结筋已经微锈蚀, 热桥现象严重, 部分内表面出现了结露、长霉现象; 改造后外墙外保温采用锚栓固定的薄抹灰, 有效避免了热桥。改造前屋顶的保温层为粉煤灰和加气块, 含水率高, 保温失效, 顶层冬冷夏热; 改造后避免了这些缺陷。外窗改造前为空腹钢窗, 绝大

部分已严重变形,基本上关闭不严,部分业主自己更换了窗户;改造后保温、隔声效果较好。采暖系统改造前为钢串片散热器、镀锌管道、上供下给单管串联系统,不可调,不可计量;改造后为钢制柱型散热器,安装恒温阀和热计量装置,系统可调<sup>[2]</sup>。

根据对测试数据的不完全统计,改造后的节能率在 30% 以上,并且室内热舒适度得到了提高,冬季屋内温度从改造前的最高 16℃ 提高到 20℃ 以上。对一住户做试验,将其采暖系统温控阀关闭一个多月,结果室内的温度每天都保持在 20℃ 左右,而全区停热一天室内温度仅降低 0.3℃,充分证明了良好的保温效果。

#### 2.4 《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》的要求

“十一五”规划提出,到 2010 年,单位 GDP 能耗比“十五”期末单位 GDP 能耗降低 20% 左右。同时《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》中明确提出了“十一五”节能减排的工作目标、总体要求和工作任务,其中涉及北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造的工作任务主要有 3 点:1) 推动北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造 1.5 亿 m<sup>2</sup>;2) 深化供热体制改革,实行供热计量收费;3) 北方地区地级以上城市完成采暖费补贴暗补变明补改革。

国家在“十一五”期间将严格按照这 3 项刚性任务来做好北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造工作。核心是要实现节能目标,即在“十一五”期间节约 1 600 万 t 标准煤。节能必须要讲效益、讲回报,也就是说,通过实施节能改造,完成北方采暖地区供热体制改革,完善供热计量收费制度,达到实现降低建筑采暖能耗,节省居民热费支出,同时提高室内热环境舒适度,保障各改造主体利益的目标。

#### 2.5 北方采暖地区既有居住建筑节能改造的经济学分析

在北方采暖地区既有居住建筑节能改造中,企业或居民采取的改造策略对其他企业或居民的福利存在着直接的外部影响,按照改造主体和具体影响的不同,可以细分为:企业不采取改造行为的外部不经济、企业采取改造行为的外部经济、居民不采取改造行为的外部不经济、居民采取改造行为的外部经济 4 种。外部性的存在,导致市场资源配置

失败,进而影响到帕累托最优效率的实现,使得社会福利最大化难以实现。

根据经济学的原理及方法,在完全竞争条件下,企业或居民采取的改造行为对社会资源配置的影响如下。

1) 企业不采取改造行为时对资源配置的影响(见图 1)

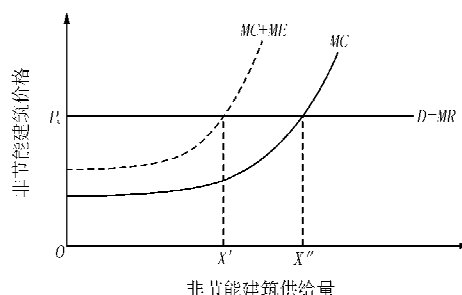


图 1 企业不采取改造行为时对资源配置的影响

图 1 中,水平线  $MR$  为企业需求曲线和边际收益曲线, $MC$  为企业边际成本曲线, $ME$  为社会其他改造主体边际成本的增加量,社会的边际成本 ( $MC+ME$ ) 高于企业的边际成本  $MC$ ,即社会边际成本曲线位于企业边际成本曲线的上方。企业为追求利润最大化,其产量定在  $MR=MC$  处,即  $X''$  处,但使社会利益达到最大的产量应在  $MR=MC+ME$  处,即  $X'$  处。显然, $X' < X''$ ,即外部不经济使得非节能建筑供给量远远大于社会承受能力,超过了帕累托最优效率所要求的非节能建筑的供给水平。

2) 企业采取改造行为时对资源配置的影响(见图 2)

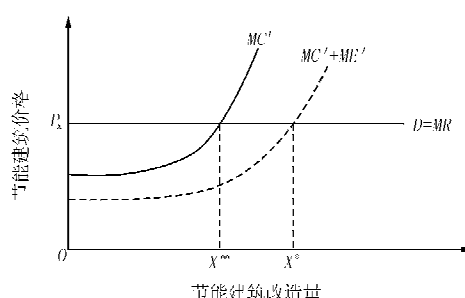


图 2 企业采取改造行为时对资源配置的影响

企业采取改造行为时会产生外部经济,故社会的边际成本 ( $MC'+ME'$ ) 低于企业的边际成本  $MC'$ ,即社会边际成本曲线位于企业边际成本曲线的下方。企业为追求利润最大化,其既有居住建筑

改造量定在  $X^{**}$  处,但使社会利益达到最大的改造量应在  $X^*$  处。显然,  $X^{**} < X^*$ , 即外部经济造成节能建筑改造量远远小于社会需求,没有达到帕累托最优效率所要求的节能建筑需求水平。

3) 居民不采取节能改造行为时对资源配置的影响 (见图 3)

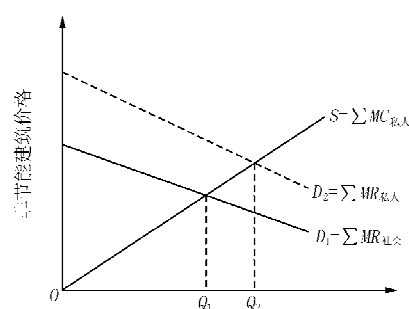


图 3 居民不采取改造行为时对资源配置的影响

由不采取节能改造行为的居民的私人成本  $MC$  决定的非节能建筑的供给曲线为  $S$ , 由不采取节能改造行为的居民的边际私人收益  $MR$  决定的需求曲线为  $D_2$ , 由于居民不采取节能改造行为存在外部不经济, 所以由边际社会收益  $MR$  决定的需求曲线  $D_1$  位于私人需求曲线  $D_2$  的下方。居民为追求效用最大化, 其非节能建筑消费量定在  $D_2$  与  $S$  的交点处, 即  $Q_2$  处, 但使社会利益达到最大的产量应在  $D_1$  与  $S$  交点处, 即  $Q_1$  处。显然,  $Q_2 > Q_1$ , 即外部不经济使得不采取既有居住建筑节能改造的居民所消费的非节能建筑远远大于社会承受能力, 超过了帕累托最优效率所要求的非节能建筑水平。

4) 居民采取节能改造行为时对资源配置的影响 (见图 4)

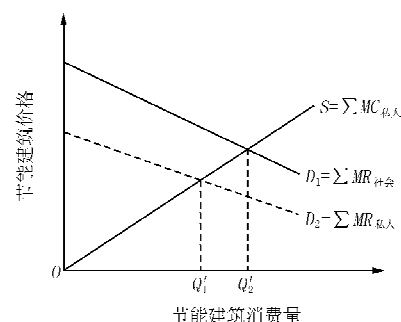


图 4 居民采取改造行为时对资源配置的影响

居民采取改造行为时会产生外部经济, 故边际

社会收益  $MR$  高于边际私人收益  $MR$ , 即社会边际需求曲线位于私人边际需求曲线的上方。居民为追求效用最大化, 其既有居住建筑改造量定在  $Q_1'$  处, 但使社会利益达到最大的改造量应在  $Q_2'$  处。显然,  $Q_1' < Q_2'$ , 即外部经济使得采取既有居住建筑节能改造行为的居民所消费的节能建筑远远小于社会需求, 没有达到帕累托最优效率所要求的节能建筑水平。

可见, 因为外部性的存在, 无论企业或居民是否采取既有居住建筑节能改造行为, 都没有达到帕累托最优效率状态, 存在帕累托改进余地, 说明仅仅通过市场来推动北方采暖地区既有居住建筑的节能改造是不现实的。为了实现社会福利的最大化, 达到帕累托最优效率状态, 政府必须通过宏观调控的方式参与到既有居住建筑节能改造工作中, 启动并推进北方采暖地区既有居住建筑节能改造工作。

## 2.6 北方采暖地区不同利益主体既有居住建筑节能改造的目标选择

北方采暖地区既有居住建筑节能改造的利益主体至少包括: 政府、企业、居民。不同主体应结合自身的实际情况, 明确既有居住建筑节能改造的目标。目标明确, 就能够为既有居住建筑节能改造相关主体指明准确的行动方向; 目标可行, 就能够激发既有居住建筑节能改造相关主体的积极性, 达到事半功倍的效果。

政府目标的制定必须在落实科学发展观和构建和谐社会的指导下进行。具体到北方采暖地区既有居住建筑节能改造领域, 政府的主要目标包括: 节约能源、保护环境、提高百姓的热舒适度。

居民制定目标的标准是效用最大化。在北方采暖地区既有居住建筑节能改造过程中, 提高居民效用的最直接、最有效的方式就是实现居民热费支出的减少, 同时实现居住热舒适度的提高。

企业制定目标的标准是利润最大化。所以, 政府要想调动企业参与节能改造的积极性, 在既有居住建筑节能改造的具体实施过程中, 必须要兼顾供热企业、能源服务公司的利益, 以此来促进节能服务供给市场的形成。

## 3 北方采暖地区既有居住建筑节能改造的障碍分析

### 3.1 改造规模大

我国北方采暖地区覆盖 15 个省、直辖市,具有改造价值的居住建筑面积超过 30 亿  $\text{m}^2$ 。改造对象包含各种形式的供热系统和建筑本体,量大、复杂,牵涉成千上万的群众,对政府来说是一个巨大的挑战。

### 3.2 组织协调难度大

组织协调是能否顺利开展既有居住建筑节能改造工作的关键。我国居住建筑与德国、波兰相比,居住模式差别很大。原东德地区的住房基本上都是由住宅合作社建造,属于公有,住宅私有化程度很低,并且产权单位单一,很少存在一个楼宇多个产权单位的状况,容易决策。对于出租房屋,由产权所有人决定是否改造,不需征求住户的意见。对于产权房,建筑规模较小,一般是单一的产权人,可以自行决策。我国北方居住建筑私有化程度很高,产权多样化,业主涉及政府、企事业单位和个人,各方出于对自己利益的考虑,改造意愿很难统一。如何将不同业主和千家万户组织起来,使大部分用户树立建筑节能意识,积极主动配合节能改造是政府面临的重大问题。此外,北方既有居住建筑结构 and 建设年代不一、类型多样、供热系统形式复杂多样,如何科学合理地确定改造对象也是组织节能改造过程中面临的问题。

### 3.3 缺乏必要的经验和改造模式

与发达国家相比,我国既有居住建筑节能改造开展较晚,主要是近几年才开始对一些示范工程进行改造,而德国、波兰开始于上世纪 90 年代,经验较丰富。由于既有居住建筑节能改造是包含技术、政策、组织管理、资金等方面的复杂系统工程,不同国家和地区受地理、经济、政治等因素的影响对既有居住建筑节能改造采取的形式各异,没有成熟的、适用性强的经验可以借鉴,并且无论是政府,还是社会都没有形成组织改造主体参与,整合融资方式、技术支撑、法律保障等配套措施的能力,需要逐步探索适合我国不同地区实际的供热新体制和改造模式。

### 3.4 缺乏激励政策、融资渠道、融资方式

在北方采暖地区既有居住建筑节能改造中政府主要起组织协调作用,引导市场形成节能新机制。政府在既有居住建筑节能改造中的职能应从行政强制转变为经济引导,从直接管理转变为间接调控,实行基于市场的有效的经济激励和制约,引

导市场主体自发节能。实施节能改造的主体主要有供热企业、居民、产权单位和能源服务公司,只有在确保各方利益的前提下,改造主体才能出资参与到这项工作中来。因此,政府应综合运用各种财政、税收政策工具,重视财税政策与其他政策措施和手段的协调配合,制定合理的经济激励政策,撬动节能改造市场。发达国家的经验值得借鉴,如德国投资银行代表政府为改造项目提供优惠贷款,波兰由管理国家建筑基金的 BGK 银行负责贷款。目前我国尚无用于节能改造的、有效的长期性财税激励政策,缺乏节能专项资金,缺乏资金筹措方式、融资模式,亟需通过制定激励性的财税政策以减小节能改造中主体经济利益与社会利益的差异,使节能产生的社会效益与市场主体自身的经济效益相一致。

### 3.5 技术标准和技术支撑体系不完善

既有居住建筑节能改造的成功开展离不开技术进步,没有技术和产品创新,就没有节能的潜力,就失去了改造的意义。北方采暖地区的节能改造,既涉及供热系统改造、围护结构改造、供热计量改造,又涉及能耗统计,节能改造施工、验收、检测等多项技术。然而,从我国目前节能改造的整体现状来看,仍是水平较低、规模较小、物耗较高、效益较低,并且节能改造技术方案单一,没有针对不同气候区的成套、经济、适用当地的集成改造技术,与国外先进水平仍有一定差距。因此,研究推广成熟、可靠、安全、适用的集成改造技术和供热计量技术,制定科学的能耗统计标准、节能改造施工技术规范、节能改造工程验收规范、供热系统节能性能检测标准,以指导北方地区的既有建筑节能改造,成为政府亟待解决的又一重要问题。

### 3.6 既有居住建筑能耗的底数不清

北方供暖地区既有居住建筑的能耗普查工作从未开展过,节能建筑的比例不清,不同类型建筑的真实供暖能耗数据缺乏,也就是说没有掌握改造前需知的能耗基线问题,使节能改造工作不容易抓住重点,在一定程度上会影响节能目标的实现。

## 4 北方采暖地区既有居住建筑节能改造应遵循的原则

在充分分析节能改造存在的障碍的基础上,总结出节能改造中应遵循的原则:

(下转第 154 页)

投入量,连续空载运行 24 h,随后即可投入正常运行了。

#### 2.3.4 运行期间的管理

1) 用计量泵连续加药、连续补水、连续排污。

2) 常日班每天测定一次补水和循环水的碱度、氯离子浓度、总硬度和 pH 值以及电导率,根据情况调整浓缩倍率(补水和循环水电导率之比)。运转班每班检测一次补水和循环水的电导率,根据浓缩倍率调整补水量(即排污量)和投药量。测量仪器采用浮子流量计。

#### 2.3.5 停机后的清洗、干燥

停机后尽快进行清洗、干燥工作。首先将硬尼龙毛刷插入管内,用高压水枪的高压水推动尼龙毛刷刷洗数次,然后用压缩空气将水吹净,最后将棉纱团塞入管内,用压缩空气推动擦净管内表面并晾干,进行干燥保护,防止潮湿空气进入。

### 3 归纳及建议

3.1 溴化锂水溶液虽有一定的腐蚀性,但是在今天的物质和技术条件下,只要能在提高认识的基础上落实管理措施,一定会取得更好的成绩。

3.2 真空管理的实质是对不凝性气体(包括空气和氢气,尤以前者为主)的管理,不论是在运行还是在停机期间都应当给予同等重视。

3.3 溶液管理主要是为了防止机组腐蚀,只要按要求去做就可以了。

3.4 水质管理因地因时而异,十分复杂。它是所

有使用蒸发冷却制取冷却水的制冷机需要解决的一个问题。

水质管理主要包括两个层面,一是确定要不要加药?加什么药?加多少?二是日常工作中加强对浓缩倍率和投药量的检测和控制,以确保有害物质指标维持在允许范围之内。

3.5 溴化锂制冷机生产厂家应进行连续加药设备以及水质处理技术的培训和咨询,如条件允许应向用户推荐资质可靠、水平较高的专业性水质处理机构。

3.6 当前全国电力紧张的局面估计短期内难以缓解,使用溴化锂制冷机可以缓解电力紧张的压力,而西气东输又为溴化锂制冷机提供了一个好的发展机遇。

我国能源利用率较低,国内已开始重视发展热电厂,以提高能源利用效率。此外冶金、化工等行业具有大量低品位的热能,如不利用不但要花极大代价去冷却处理,而且往往形成极其严重的热污染。而溴化锂制冷机是唯一得天独厚可以利用低品位热源的机种,这也为溴化锂制冷机的广泛应用提供了条件。可喜的是,今年已有厂家生产使用废热和余热制冷和供热的溴化锂制冷机组了。为了配合溴化锂制冷机组的使用,有的热电厂采用了热电冷联产的运行方式,大大地提高了社会的热能综合利用率。溴化锂制冷机在利用低品位热能方面前景远大。

(上接第 24 页)

1) 节能改造应分步骤、有计划地推进。

2) 节能改造应由政府组织协调,发挥市场机制作用,因地制宜,通过制定合理的经济激励政策,引导改造主体主动参与。

3) 节能改造应先通过示范探索、总结经验,创建节能改造新模式,创新相关制度,再全面、稳步地推广。

4) 应加强节能改造的技术支撑体系建设,创新改造技术,以指导工程改造的实施。

5) 改造过程中要对节能目标和政府能力进行双重考核,分别考核节能改造目标的实现情况和各级政府及相关部门对改造任务的落实情况,通过加强政府监管,最终取得节能改造的实效。

### 5 结论

目前我国北方采暖地区既有居住建筑节能改造还处于示范阶段,没有形成良好的运行机制,同时由于居住建筑的产权私有化率较高,建筑结构复杂,缺乏改造标准,资金筹措渠道不畅通,难于组织协调等原因,节能改造陷入了举步维艰的状态。只有在借鉴国外尤其是东欧国家既有居住建筑节能改造成功经验的同时,总结国内近些年来的工作教训,分析难点,创新改造模式,建立相关的机制、体制,进而探索适合我国北方采暖地区既有居住建筑节能改造的有效途径,才能真正解决这一难题。

#### 参考文献:

- [1] 国家能源领导小组办公室战略规划组. 能源节约重大问题研究报告集[R], 2007
- [2] 贺慧宇. 引人注目的“成绩单”——唐山既有居住建筑节能改造经验总结[N]. 中国建设报, 2007-06-19