



renewable
energy
& energy
efficiency
partnership

REEEP Project (107010110)
Progress Report

Market Survey Report on Current Financing Mechanism to Promote Existing Buildings Energy Efficiency in China

**Energy Research Institute of
National Development Reform Commission**

July , 2009

ABSTRACT

Building energy efficiency is an important field of energy efficiency in China. Promote energy efficiency of existent buildings is an important content of the current governmental work. At present, China's existent buildings covering an area of more than 43 billion square meters, most of which have poor insulation properties and far less operating efficiency of air-conditioning system compared to the developed countries. Vigorously to promote the energy efficiency retrofit of existent buildings will make a positive contribution to achieve energy efficiency and pollution reducing targets which presented by Chinese Government.

Residential buildings and heating system of north heating area and large public buildings are two key fields to promote energy efficiency in China. This report as a progress report of REEEP project, which ,around two key areas of the north heating area and large public buildings, investigates and analyzes energy efficiency potential and market demand, analyses current retrofit progress of existing buildings, summarizes the current financing mechanism of energy efficiency retrofit, and developed typical energy efficiency retrofit cases with relevant financing mechanism.

I Energy efficiency retrofit of residential building and heating system in northern heating area

1 The market potential

Northern heating area, including 15 provinces and cities(Beijing, Tianjin, Hebei, Shanxi, Inner Mongolia, Liaoning, Jilin, Heilongjiang, Shandong, Henan, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Ningxia, and Xinjiang), covering an area of about 7 billion square meters. Among them, the heating energy consumption is about 140 million tons of standard coal, accounting for 30% of the whole building energy consumption; the average annual heating energy consumption per unit is 30 kilograms of standard coal, which is 2 to 3 times of that in the sate with same latitude and similar climate.

To promote building energy efficiency and heating measures, the State Council issued the notice of energy efficiency and pollution reduction, put forward "promoting 150 million square meters energy efficiency retrofit of residential buildings and heating system in northern heating area". The retrofit task was divided to 15 provinces and regions. Energy efficiency retrofit projects mainly concentrated in the heating system (indoor heating system and temperature regulation reform measures, as well as the heating source and thermal retrofit of heating pipe) and the retrofit of building envelope.

To realize the retrofit task of 150 million square meters requires investment about 37.5-52.5 billion, which can save 2.25 million tons of standard coal and 5.535 million tons of carbon dioxide emission reduction per year.

Table 0-1, Heat metering and energy efficiency retrofit of existing residential buildings during "Eleventh Five-Year" period

Provinces and Retrofit task				(unit: 10 ⁴ m ²)	
Beijing	2500	Liaoning	2400	Shaanxi	200
Tianjin	1300	Jilin	1100	Gansu	350
Hebei	1300	Heilongjiang	1500	Ningxia	200
Shanxi	460	Inner Mongolia	600	Qinghai	30
Shandong	1900	Henan	360	Xinjiang	800
Total		15000			

2 The progress of energy efficiency retrofit

By the end of 2008, the total completed and under implementing retrofit area in 15 provinces and cities in the north is 45.561 million square meters, completing 26.43% of the whole retrofit task.

Table 0-2 Present status of heat metering and energy efficiency retrofit in existing residential buildings of northern heating area (Unit: 10⁴m²)

Provinces	New building area of town in 2008	retrofit task of "Eleventh Five Year" plan	Completed retrofit area in 2008	Proportion of total retrofit task (%)
Beijing	2252.7	2500.0	258.9	10.36
Tianjin	1600	1300.0	745.9	57.38
Hebei	2859.2	1300.0	713.8	54.91
Shanxi	1956.9	460.0	125.2	27.22
Shandong	4652.7	1900.0	62.4	3.28
Liaoning	5927.5	2400.0	591.0	24.63
Jilin	2332.4	1100.0	290.5	26.41
Heilongjiang	1828.4	1500.0	523.4	34.89
Inner Mongolia	6402.1	600.0	73.2	12.20
Henan	4008	360.0	337.4	93.72
Shaanxi	2023.3	200.0	85.8	42.90
Gansu	262.1	350.0	268.2	76.63
Ningxia	912.5	200.0	90.7	45.35
Qinghai	211.5	30.0	12.6	42.00
Xinjiang	1800	700.0	294.5	42.07
Bingtuan	478	100.0	82.6	82.60
Total		15000	4556.1	26.43

Source: Ministry of Construction; data of Liaoning Province comes from Liaoning Provincial Government assessment report of energy efficiency goals in 2008.

3 The current financing mechanism of energy efficiency retrofit

After investigation and analysis, our team summarized five financing mechanisms to promote the heat metering and energy efficiency retrofit in existing residential buildings of northern heating area: (1) Government leads the retrofit work

with subsidies and determines the implementation organizations through bidding . (2) The property unit or property management company organizes the retrofit alone. (3) Organized by heating supply company alone. (4) Energy management contract. (5) Co-funded by different organization, such as property unit and energy service companies cooperation, property unit or heating supply company and households co-financing mechanism.

4 The typical cases of current energy efficiency retrofit financing mechanism

Five typical cases of different energy efficiency retrofit financing mechanism were developed, including Residential building energy efficiency retrofit in Ningxia Autonomous Region (government + personal) ; Residential building energy efficiency retrofit in Changzhi City in Shanxi Province (unit property company) 3.33 Dormitory energy efficiency retrofit of Taiyuan internal combustion engine plant in Shanxi Province (energy management contract +property units);Envelope construction retrofit of Lotus III buildings in Liaoning Province (heating supply company);Energy efficiency retrofit of Haiqing Garden in Qingdao, Shandong (government + property units + individuals).

1 Large public buildings Energy efficiency retrofit

1 The market potential

China's public buildings area is about 6 billion square meters, power consumption about 300 billion kWh with the exception of heating. Because the per unit power consumption is large with great energy efficiency potential, large public buildings is the focus field of energy efficiency retrofit. At present, China's large public buildings is about 300 to 400 million square meters, with 50 billion kWh power consumption without heating. Among annual power consumption in large public buildings, about 40% ~ 60% is used in air-conditioning system, 20% ~ 30% is used in lighting. Large public buildings have density energy consumption and the average annual consumption is about 150kWh/m², which is 10 ~ 15 times of ordinary residential and have more than 30% energy efficiency potential. Energy efficiency retrofit projects are focused in air-conditioning system, lighting system, building control system.

With 50% retrofit of the large-scale public buildings, saving 30% energy, it can saving 6.7. ~ 9 billion kWh per year, equivalent to 2.4 ~ 3.2 million tons of standard coal, with e emissions reduction of 6.75 ~ 9 million tons carbon dioxide. In accordance with the retrofit cost of 2,000 to 3,000 Yuan / tce, it needs investment of 5 to 10 billion Yuan.

2 The progress of energy efficiency retrofit

(1) Public buildings energy efficiency retrofit

Since 2007, the central government invested a total of 110 million to the energy efficiency retrofit of central government office, has completed air-conditioning system retrofit in 23 units include Ministry of Foreign Affairs, implemented electric sub-metering retrofit in 12 units include Ministry of Agriculture, replaced the energy-saving lamps and modified canteens gas in all 96 units of the central state.

(2) Commercial buildings energy efficiency retrofit

At present, most of the commercial building energy efficiency retrofit projects are still implemented with the traditional business mode, that is, energy efficiency retrofit financing carried out mainly by the owner.

With ESCOs expanding, which operating under the "Energy Management Contract" mechanism, commercial buildings have become the important areas for ESCOs to implement energy efficiency retrofit projects. Research shows that in the implementation of the ESCOs' energy efficiency retrofit projects, 60% is for commercial buildings. However, there is no clear sector to manage commercial building energy efficiency retrofit in China, currently it is lack of authority statistics about commercial buildings energy efficiency retrofit .

3 Current financing mechanism of energy efficiency retrofit

After investigation and analysis, the project team summarized three kinds of mechanisms in large-scale public buildings: (1) Government financing mechanism, (2) owners' self-financing mechanism, (3) ESCOs' "Energy Management Contract" mechanism. And the EMC financing mechanism can be divided into 3 categories: (1) Energy efficiency benefit sharing, (2) ensure the energy savings, (3) Whole energy systems management.

4 The typical cases of current energy efficiency retrofit financing mechanism

Three typical cases of different energy efficiency retrofit financing mechanism were developed, including

Energy efficiency retrofit of Beijing Municipal People's Government Administration Building (financial subsidies) ; Office building retrofit of Construction Bank (EMC-benefit sharing); Xijing Hospital retrofit in Xi'an City (EMC-whole energy systems management)

CONTENTS

Abstract	1
Part I Market Analysis on existing building energy efficiency retrofit in China	5
1 Overview of building energy efficiency retrofit market	5
1.1 Great potential of the retrofit market	5
1.2 Government attaches great importance	7
1.3 Northern heating areas and public buildings are retrofit focus	8
2 Market analysis on the energy efficiency retrofit of residential heating system in northern heating area	9
2.1 Overview	9
2.2 Project Line of retrofit	10
2.21 Heating system	10
2.22 Envelope structure	11
2.3 Potential of retrofit	12
3 Market analysis on the energy efficiency retrofit of public buildings	12
3.1 Overview	12
3.2 Project Line of retrofit	13
3.21 Air-conditioning system	13
3.22 Lighting structure	14
3.23 Comprehensive retrofit	14
3.3 Potential of retrofit	16
4 Summary	16
Part II Progress of existing building energy efficiency retrofit and a typical cases in China	17
1 Progress of existing building energy efficiency retrofit	17
1.1 Progress of energy efficiency retrofit of residential heating system in northern heating area	17
1.11 Overview	17
1.12 Progress in some cities	19
1.2 Progress of large-scale public buildings	21
1.21 Public buildings	21
1.22 Commercial buildings	22

2 Financing mechanism of existing building energy efficiency retrofit	23
2.1 Financing mechanism of the energy efficiency retrofit of residential heating system in northern heating area.....	23
2.11 Government financing model.....	23
2.12 Unit property company or property management company financing model.....	24
2.13 Energy management contract mode	24
2.14 Heating supplier financing model	25
2.15 Co-operation financing model	26
2.2 Financing mechanism of the energy efficiency retrofit in large-scale public buildings.....	26
2.21 Government financing models	26
2.22 Energy management contract mode	27
2.23 Owners' self-financing model	28
3 Typical cases of existing building energy efficiency retrofit	28
3.1 Typical cases in northern in northern heating area.....	28
3.11 Residential building energy efficiency retrofit in Ningxia Autonomous Region (government + personal)	28
3.12 Residential building energy efficiency retrofit in Changzhi City in Shanxi Province (unit property company)	29
3.13 Dormitory energy efficiency retrofit of Taiyuan internal combustion engine plant in Shanxi Province (energy management contract + property+ units)	30
3.14 Envelope construction retrofit of Lotus III buildings in Liaoning Province(heating supply company)	31
3.15 Energy efficiency retrofit of Haiqing Garden in Qingdao, Shandong (government + property units + individuals)	32
3.2 Typical cases of public buildings	33
3.21 Energy efficiency retrofit of Beijing Municipal People's Government Administration Building (financial subsidies)	33
3.22 Office building retrofit of Construction Bank (EMC-benefit sharing)	35
3.23 Xijing Hospital retrofit in Xi'an City (EMC-whole energy systems management)	37



renewable
energy
& energy
efficiency
partnership

REEEP 项目 (107010110)
阶段成果报告

中国既有建筑节能改造融资机制 市场调研报告

国家发展和改革委员会能源研究所

2009年7月

目 录

摘要.....	1
第一部分 中国既有建筑节能改造市场分析	5
一、建筑节能改造市场概况	5
（一）改造市场潜力大	5
（二）政府高度重视建筑节能改造工作.....	7
（三）北方采暖区和公共建筑是改造重点.....	8
二、北方采暖地区住宅及供热系统节能改造市场分析	9
（一）概况	9
（二）改造项目线	10
1 供热系统.....	10
2 围护结构.....	11
（三）改造潜力	12
三、公共建筑节能改造市场分析.....	12
（一）概况	12
（二）改造项目线	13
1 空调系统.....	13
2 照明系统.....	14
3 节能综合改造	15
（三）改造潜力	16
四、小结	16
第二部分 中国既有建筑节能改造进展及典型案例.....	17
一、既有建筑节能改造的进展情况.....	17
（一）北方采暖地区住宅及供热系统节能改造进展.....	17
1 概况	17
2 部分省市既有建筑节能改造情况	19
（二）大型公共建筑节能改造进展.....	21
1 公共机构节能改造	21

2 商业楼宇节能改造	22
二、既有建筑节能改造项目融资模式	23
(一) 北方采暖区住宅及供热系统节能改造融资模式	23
1 政府融资模式	23
2 物业或产权单位融资模式	24
3 合同能源管理模式	24
4 供热公司融资改造	25
5 合作改造融资模式	25
(二) 大型公共建筑节能改造融资模式	26
1 政府融资模式	26
2 合同能源管理模式	27
3 业主自筹融资模式	28
三、既有建筑节能改造项目融资典型案例	28
(一) 北方采暖区案例	28
1 宁夏回族自治区银川市贺兰某小区节能改造（政府+个人）	28
2 山西省长治市澳瑞特小区节能改造（产权单位物业公司）	29
3 山西省太原市内燃机厂宿舍楼节能改造（合同能源管理+产权单位）	30
4 辽宁省营口市莲花三期围护结构改造（供热公司）	31
5 山东青岛市海情花园节能改造（政府+产权单位+个人）	32
(二) 公共建筑案例	33
1 北京市人民政府行政办公楼节能改造（财政补贴）	33
2 建设银行总行办公楼节能改造（效益分享）	35
3 陕西省西安市西京医院节能改造（能源系统托管）	37

摘要

建筑节能是中国的重要节能领域。推动既有建筑的节能改造，是当前建筑节能工作的重要内容。目前，中国的既有建筑面积超过 430 亿平方米，大部分既有建筑的保温性能较差，供热空调系统运行效率与发达国家存在较大差距。大力推动既有建筑的节能改造，将对实现中国政府提出的节能减排目标做出积极贡献。

北方采暖地区住宅及供热系统和大型公共建筑是目前中国推动建筑节能改造的两个重点领域。本报告作为 REEEP 项目的阶段成果报告，围绕北方采暖地区建筑和大型公共建筑两个重点节能改造领域，调研分析了中国既有建筑节能改造的潜力和市场需求，分析了当前建筑节能改造的进展情况，归纳了这两个领域当前的节能改造融资模式，并开发了相关的建筑节能改造融资模式典型案例。

I 北方采暖地区住宅及供热系统节能改造

1、市场潜力

北方采暖地区包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 15 个省市，面积约 70 亿平方米。其中，采暖能耗约为 1.4 亿吨标准煤，占建筑物总体用能 30%；单位面积采暖年均能耗为 30 公斤标煤，是同纬度气候相近国家 2~3 倍。

为推进建筑节能和供热计量，国务院发出节能减排工作方案的通知，提出“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 亿平方米”的改造目标，并将改造任务分解到 15 个省市及地区。节能改造项目主要集中在供热系统（室内供热系统计量及温度调控改造，以及热源及供热管网热改造）和建筑围护结构改造。

表 0-1 “十一五”期间既有居住建筑供热计量及节能改造任务

省市及改造任务		（单位：万 m ² ）			
北京	2500	辽宁	2400	陕西	200
天津	1300	吉林	1100	甘肃	350
河北	1300	黑龙江	1500	宁夏	200
山西	460	内蒙古	600	青海	30
山东	1900	河南	360	新疆	800
合计		15000			

为实现 1.5 亿平方米的改造任务，需要投资约 375-525 亿元，可实现年节能量 225 万吨标准煤，减排二氧化碳 553.5 万吨。

2、节能改造进展情况

2008 年底，北方 15 省市已完成及正在实施改造的面积为 4556.1 万平方米，完成整体改造任务的 26.43%。

表 0-2 北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造完成情况（单位：万 m²）

省份	2008 年城镇新增建筑面积	“十一五”期间改造任务	2008 年改造完成面积	改造任务完成比例（%）
北京	2252.7	2500.0	258.9	10.36
天津	1600	1300.0	745.9	57.38
河北	2859.2	1300.0	713.8	54.91
山西	1956.9	460.0	125.2	27.22
山东	4652.7	1900.0	62.4	3.28
辽宁	5927.5	2400.0	591.0	24.63
吉林	2332.4	1100.0	290.5	26.41
黑龙江	1828.4	1500.0	523.4	34.89
内蒙古	6402.1	600.0	73.2	12.20
河南	4008	360.0	337.4	93.72
陕西	2023.3	200.0	85.8	42.90
甘肃	262.1	350.0	268.2	76.63
宁夏	912.5	200.0	90.7	45.35
青海	211.5	30.0	12.6	42.00
新疆	1800	700.0	294.5	42.07
兵团	478	100.0	82.6	82.60
合计		15000	4556.1	26.43

资料来源：建设部；其中辽宁省数据来源于辽宁省政府 2008 年节能目标考核自查报告。

3、当前的节能改造融资模式

经过调研分析，项目组将目前各地推动北方采暖地区住宅及供热节能改造的融资模式归纳为 5 种改造模式：（1）由政府牵头组织改造工作，由政府出资通过施工招投标方式确定实施主体。（2）由产权单位或物业公司单独组织改造模式。（3）由供热公司单独组织改造模式。（4）由合同能源服务公司单独组织改造模式。（5）由不同主体共同出资改造模式，如产权单位与合同能源服务公司合作组织改造模式，由产权单位或供热企业与住户共同出资组织改造等模式。

4、当前节能改造融资模式的典型案例

开发了 5 个不同节能改造融资模式的典型案例，包括宁夏回族自治区银川市贺兰某小区节能改造（政府+个人）、山西省长治市澳瑞特小区节能改造（产权单位物业公司）、山西省太原市内燃机厂宿舍楼节能改造（合同能源管理+产权单位）、辽宁省营口市莲花三期围护结构改造（供热公司）、山东青岛市海情花园节能改造（政府+产权单位+个人）。

I 大型公共建筑节能改造

1、市场潜力

中国公共建筑面积约 60 亿平方米，除采暖外的耗电量约为 3000 亿 kWh。由于单位面积耗电量大、节能潜力大，大型公共建筑是节能改造的重点领域。目前，我国的大型公共建筑约 3~4 亿平方米，除采暖外的耗电量约为 500 亿 kWh。在大型公共建筑的全年电耗中，大约 40%~60%消耗于空调系统，20%~30%用于照明。大型公共建筑能耗密度高，平均年耗电量约为 150kWh/m²，是普通居民住宅的 10~15 倍，在用电方面普遍存在 30%以上的节能潜力。节能改造项目主要集中在空调系统、照明系统、楼宇控制系统等方面的节能改造。

如果改造 50%的大型公建，达到 30%节能效果，则每年可节电 67.5~90 亿 kWh，折合 240~320 万吨标煤，减排二氧化碳 675~900 万吨。按照改造成本 2000~3000 元/吨标煤计算，则需要投资约 50~100 亿元。

2、节能改造进展情况

(1) 公共机构建筑节能改造

2007 年以来，中央财政累计投入 1.1 亿元用于中央政府机关办公建筑节能改造，并已经完成了外交部等 23 家单位的办公楼空调系统节能改造，在农业部等 12 家单位实施了用电分项计量改造，在中央国家机关所有 96 家单位实施了节能灯更换、食堂燃气灶具改造等工作。

(2) 商业楼宇节能改造

目前大部分的商业楼宇节能改造项目仍然采用传统的商业模式，即节能改造工作主要由业主自筹资金进行。随着采用“合同能源管理”机制实施节能改造的 ESCO 队伍不断扩大，商业楼宇已经成为 ESCO 实施节能改造项目的重点领域。调研结果表明，在 ESCO 实施的节能改造项目中，60%左右为楼宇节能改造项目。

但是，由于商业楼宇节能目前在中国缺乏一个明确的部门来统筹管理，所以对商业楼宇节能改造的全面信息缺乏权威的统计数据。

3、当前的节能改造融资模式

经过调研分析，项目组将目前各地推动公共建筑节能改造的融资模式归纳为3种改造模式：（1）政府融资模式，（2）业主自筹融资模式，（3）由ESCO实施的“合同能源管理”融资模式。其中，由ESCO实施的“合同能源管理”融资模式又可分为3类：（1）节能效益分享型，（2）节能量保证型，（3）能源系统托管型。

4、当前节能改造融资模式的典型案例

开发了3个不同节能改造融资模式的典型案例，包括北京市人民政府行政办公楼节能改造（财政补贴）、建设银行总行办公楼节能改造（效益分享）、陕西省西安市西京医院节能改造（能源系统托管）。

第一部分 中国既有建筑节能改造市场分析

一、建筑节能改造市场概况

(一) 改造市场潜力大

目前,我国正处在建筑业快速发展时期。2005年,我国既有民用建筑面积约420亿平方米(不含工业建筑)。其中,住宅面积约365亿平方米(城镇约145亿平方米,农村约220亿平方米),占全部建筑的80%以上;公共建筑面积约55亿平方米。¹同时,随着我国城市化水平的发展以及人们生活水平的提高,2007年与1995年和2000年相比,城镇化率分别提高24.1%和54.8%,人均GDP增加141%和275%,人们对城镇住房需求持续不断增长,(见表1.1-1)。

表 1.1-1 我国建筑业及城市化水平发展情况

	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
人口 亿人	12.11	12.67	12.76	12.85	12.92	13.00	13.08	13.14	13.21
城镇化率 %	29.04	36.22	37.66	39.09	40.53	41.76	42.99	43.90	44.94
人均 GDP 万元	0.50	0.79	0.86	0.94	1.05	1.23	1.41	1.62	1.89
新增建筑面积亿 m ²	1.52	8.07	9.78	11.02	12.28	14.74	15.94	17.97	20.40
# 住宅 亿 m ²	0.76	4.97	5.79	6.37	6.90	8.19	8.95	10.29	11.93

资料来源:中国统计年鉴2008;中国统计摘要2009,2003.

2007年,我国房屋建筑竣工面积约为20.4亿平方米,其中58.5%为住宅,面积11.9亿平方米。2000年至2007年,住宅面积年均增速为13.3%,远高于其他国家,每年新增建筑面积超过部分发达国家的总和(见表1.1-2)。

表 1.1-2 2002-2007年主要国家住宅竣工面积比较² 单位:万平方米

国家和地区	2002	2003	2004	2005	2006	2007
俄罗斯联邦	3383	3644	4104	4361	5056	6098
法国	3442	3366	3984	4334	4512	4493
日本	11018	10978	11177	11242	11455	
美国	32076	32659	35770	31298	32076	24381
英国	1601	1799	1769	1973	2015	
中国	63710	69040	81860	89470	102940	119330

资料来源:国际统计年鉴,2009;中国统计摘要2009,2003.

在对建筑面积提出更高要求的同时,人们对室内热环境的舒适性要求也越来越高。冬季室温由12℃、16℃提高到18℃、20℃;夏季室温由30℃,降低到26℃、24℃。采暖区域从黄河以北扩展到长江以南;上个世纪90年代初期才开始发展

¹ 数据来源:建设部。

² 其中:法国、英国为开工面积,美国、英国为按“套”及“平均面积”计算所得。

的空调，现在已从公共建筑扩展到民用建筑，从南方扩展到北方，从城市扩展到农村。

建筑面积的迅速增加及采暖、空调、家用电器的普遍使用，导致建筑能耗持续上升。根据全国能源消费总量的情况和建筑能耗的特点，本文认为，在不考虑工业能耗中应属于建筑能耗的部分非生产用能的情况下，2005年，建筑终端能耗约为2.7亿吨标准煤，折合为一次能源约为4-4.5亿吨标准煤，占全国能源消费总量的比重约为20%左右，其中采暖和空调能耗约占50%-60%。北方地区的采暖能耗超过了当地社会总能耗的20%-40%（见图1.1-1）。而近年来形成电力尖峰负荷的空调设备快速增长，在许多大城市中，夏季空调负荷占高峰期电力负荷的30%~40%，是导致我国“十五”期间电力紧张、拉闸限电的主要原因之一。此外，冬季采暖和夏季空调制冷，已成为城市大气环境的一个主要污染源。清华大学的研究成果也显示³，近年来我国的建筑能耗占全国总能耗的比重总体上为20%左右。

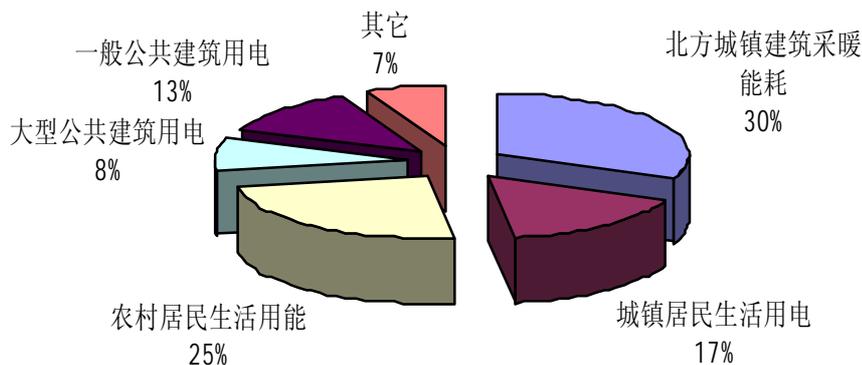


图 1.1-1 当前建筑物用能的构成方式

尽管我国近年来能源消费量在快速增长，2006年的人均能源消费量已增长到1.3吨标准油左右，但是由于我国的人均GDP和发达国家还存在很大的差距，与美国、加拿大8吨标准油左右和欧洲、日本4吨标准油左右的人均能源消费量水平相比，我国的人均能源消费量水平还很低⁴。在人们生活不断提高的发展趋势下，对住宅面积及用能设备的需求将呈现刚性增长，这使得我国建筑节能市场需求潜力巨大，建筑节能工作的意义也十分重大。

³ 数据来源：清华大学，中国建筑节能发展报告2008。

⁴ 数据来源：康艳兵，建筑节能政策解读，中国建筑工业出版社，2008。

（二）政府高度重视建筑节能改造工作

中国政府高度重视建筑节能工作，在新修订的《中华人民共和国节约能源法》、《国务院关于加强节能工作的决定》、《国务院节能减排综合性工作方案》、《国务院办公厅关于进一步推进墙体材料革新和推广建筑节能的通知》、《国务院办公厅关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知》等文件中，都对建筑节能提出了明确要求。2008年下半年，国务院最新出台《民用建筑节能条例》和与建筑节能密切相关的《公共机构节能条例》、《关于进一步加强节油节电工作的通知》。同时，在《节能中长期专项规划》、《“十一五”十大重点节能工程实施意见》中，都把建筑节能作为重要内容，并提出“十一五”期间总计节能1亿吨标准煤的建筑节能目标（见表1.1-3）。

表 1.1-3 我国“十一五”建筑节能目标

建筑类别	内容	节能目标 (万 tce)
I 新建建筑	新建节能 50% 建筑 15.92 亿 m ²	7030
# 住宅建筑	13.42 亿 m ²	4750
# 公共建筑	2.50 亿 m ²	2280
I 既有建筑	改造 5.54 亿 m ²	3100
# 住宅建筑	4.89 亿 m ²	2100
# 公共建筑	0.65 亿 m ²	975
合计		1130

资料来源:国家发展改革委,《“十一五”十大重点节能工程实施意见》读本,中国发展出版社,2007。

近年来,在有关部门的共同努力下,我国建筑节能工作取得了积极进展,并形成了初步的建筑节能政策框架。对新建建筑,主要通过实施标准与标识达到节能,如对新建居住建筑、公共建筑、绿色建筑、终端用能设备等都制定了相应的设计标准、评价标准和能效标准。目前,我国民用建筑节能标准为在 1980-1981 年当地通用设计的基础上节能 50%,并逐步向 65% 标准过渡。2007 年,我国城镇新建建筑在设计阶段执行节能标准的比例为 97%,施工阶段执行节能标准的比例为 71%,同比提高 1 和 17 个百分点⁵。

对既有建筑,重点领域包括:(1)公共建筑节能改造,建立既有公共建筑节能改造评估体系、能耗审计制度;形成经济适用可行的既有公共建筑节能改造成套技术;建立既有公共建筑改造的融资模式。(2)全面推进供热体制改革,推动北方严寒寒冷地区既有居住建筑节能改造。在热体制改革

⁵ 数据来源:建设部。

同时，对采暖地区城市热力管网、室内温度控制、计量和围护结构的改造，进行城市级示范，带动整个北方采暖地区既有居住建筑节能改造。

同时，由于既有建筑基数大，范围广，普遍存在维护结构保温隔热性和气密性差、供热空调系统效率低下等问题，既有建筑改造已成为当前建筑节能的重要工作。到 2010 年，我国将累计节能改造既有建筑 5.54 亿 m²，节能 3100 万吨标煤，其中住宅建筑累计节能改造 4.89 亿 m²，节能 2100 万吨标煤；公共建筑累计节能改造 0.65 亿 m²，建筑节能 975 万吨标煤。

（三）北方采暖区和公共建筑是改造重点

由于北方采暖能耗和公共建筑用电能耗的能耗高、节能潜力大，因此，我国既有建筑节能改造主要集中在对北方采暖地区住宅及供热系统节能改造和对公共建筑节能改造。

为推进建筑节能和供热计量，国务院 2007 年发布的节能减排工作方案通知，提出“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 亿平方米”的目标，并分解到各省市（见表 1.1-4），改造内容包括建筑围护结构节能改造、室内供热系统计量及温度调控改造、热源及供热管网热平衡改造等。奖励资金采用因素法进行分配，即综合考虑有关省（自治区、直辖市、计划单列市）所在气候区、改造工作量、节能效果和实施进度等多种因素以及相应的权重。某地区应分配专项金额 = 所在气候区奖励基准 × [∑（该地区单项改造内容面积 × 对应的单项改造权重） × 70% + 该地区所实施的改造面积 × 节能效果系数 × 30%] × 进度系数。其中：气候区奖励基准分为严寒地区和寒冷地区两类：严寒地区为 55 元/m²，寒冷地区为 45 元/m²。

表 1.1-4 我国“十一五”期间既有居住建筑供热计量及节能改造任务

省市及改造任务				(单位: 万 m ²)	
北京	2500	辽宁	2400	陕西	200
天津	1300	吉林	1100	甘肃	350
河北	1300	黑龙江	1500	宁夏	200
山西	460	内蒙古	600	青海	30
山东	1900	河南	360	新疆	800
合计			15000		

公共建筑节能改造主要是对包括商业楼宇和政府公共机构在内的公共建筑，进行系统空调、照明等能源系统的改造，尤其是对大型公共建筑的节能改造。“十一五”期间，国家机关办公建筑和大型公共建筑节能目标为总能耗下降 20%，节约 1100~1500 万吨标准煤。

2007年，为切实推进国家机关办公建筑和大型公共建筑节能工作，财政部制定了《国家机关办公建筑和大型公共建筑节能专项资金管理暂行办法》，中央财政安排的专项用于支持国家机关办公建筑和大型公共建筑节能的资金。专项资金使用范围包括：（1）建立建筑节能监管体系支出，包括搭建建筑能耗监测平台、进行建筑能耗统计、建筑能源审计和建筑能效公示等补助支出，其中，搭建建筑能耗监测平台补助支出，包括安装分项计量装置、数据联网等补助支出；（2）建筑节能改造贴息支出；（3）财政部批准的国家机关办公建筑和大型公共建筑节能相关的其它支出。在建立起有效的建筑节能监管体系、节能量可以计量基础上，中央财政对采用合同能源管理形式对国家机关办公建筑和大型公共建筑实施的节能改造，予以贷款贴息补助。地方建筑节能改造项目贷款，中央财政贴息 50%；中央建筑节能改造项目贷款，中央财政全额贴息。

我国地方政府也积极针对大型公共建筑节能改造出台优惠政策，如 2009 年 6 月，北京市发展改革委发布《合同能源管理项目扶持办法（试行）》（京发改[2009]1171 号），针对北京市公共机构、2 万平方米以上大型公共建筑和年耗能 2 千吨标准煤以上的其他用能单位开展的合同能源管理项目，将区别不同类型予以政府资金支持。对由项目单位投资为主（投资比例超过 50%）实施的属于固定资产投资范畴的合同能源管理项目，安排市政府固定资产投资予以投资补助。原则上，投资补助总额不超过项目建设投资的 30%。其中，对实施节能改造后节能率在 15%-25% 的项目给予不超过项目建设投资 20% 的补助，对实施节能改造后节能率在 25% 以上的项目给予不超过项目建设投资 30% 的补助。对单个项目的补助资金原则上不超过 500 万元。对节能服务公司投资为主（投资比例超过 50%）实施的合同能源管理项目，安排市节能减排专项资金予以节能量奖励。⁶

二、北方采暖地区住宅及供热系统节能改造市场分析

（一）概况

我国地域广阔，南北温差较大，建筑气候区可划分为五个区，分别是：严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区（见图 1.2-1）。我国的传统采暖区，是指北方严寒和寒冷地区的 15 个省市，包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、

⁶ 资料来源：北京市发展改革委。

青海、宁夏、新疆。该地区的人口超过全国人口的 40%。北方城镇地区的采暖能耗占建筑物总体用能的 30%，是我国建筑能耗主要构成部分。

北方城镇地区是我国传统采暖区，目前约有 70 亿平方米。单位面积采暖能耗平均约为 30 公斤标煤/年平方米，是同纬度气候相近国家的 2~3 倍左右（德国约为 8 公斤标煤/年平方米），年能耗量约为 1.4 亿吨标准煤。其能源效率水平与建筑物的保温水平、采暖方式和系统状况有关。⁷

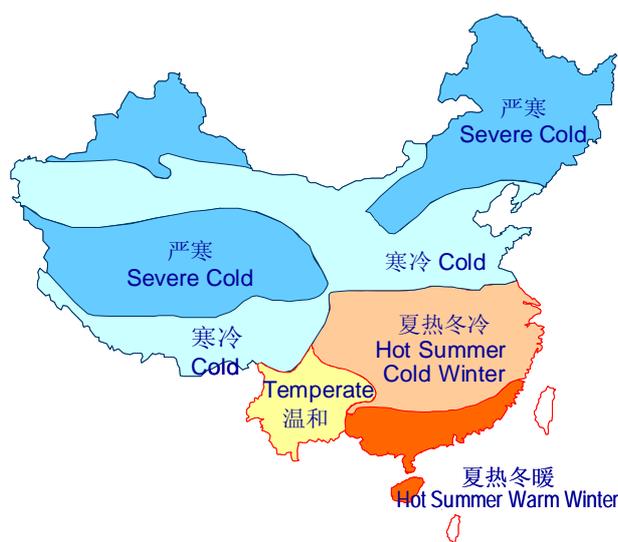


图 1.2-1 我国的气候分区⁸

（二）改造项目线

1 供热系统

从采暖方式看，尽管集中供热普及率在不断提高，目前 70% 以上为集中供热（其余为分散式采暖炉供热），但是因为供热体制改革举步为艰及相关技术原因，供热系统运行效率很低。

首先是供热系统调节不均，并且末端缺乏热量调控装置，导致部分过热，虽然建筑物保温隔热水平有所提高，只好开窗降温，导致约 30% 的热损失；其次，锅炉房实际运行效率低（约 60%~65%），供热管网热损失大（约 15%~30%）；总体上，虽然集中供热从理论上是一种节能的采暖方式，但是我国实际的集中供热系统运行效率不到 60%。从供热系统节能改造项目线角度，又可分为两部分：

（1）室内部分：室内供热系统计量及温度调控改造；（2）室外部分：热源及供热管网热改造。

⁷ 数据来源：康艳兵，建筑节能政策解读，中国建筑工业出版社，2008。

⁸ 《民用建筑热工设计规范》（GB50176-93），《中国建筑气候区划标准》（GB50178-94）。

从“单位面积单位度日数能耗”这一指标来看，我国北方大部分地区与德国相比，还存在一定差距，采暖能耗的节能潜力巨大（见表 1.2-1）。

表 1.2-1 中国部分城市住宅建筑采暖能耗与德国平均值的比较

	北京	哈尔滨	长春	鞍山	唐山	太原	兰州	包头	德国
纬度	39	45	43	41	39	37	36	40	-
采暖度日数/d	2699	5032	4642	3283	2853	3160	3094	4017	3043
能耗/(kgce/m ²)	26.9	26.1	25.8	33.6	18	18.8	17.4	24	17.8
能耗/(kWh/m ²)	219	212	209	274	147	153	147	194	145
单位面积单位度日数能耗/(kWh/(m ² d))	0.081	0.042	0.045	0.084	0.052	0.048	0.08	0.048	0.048

资料来源:龙惟定,等.中国建筑节能现状分析.建筑科学.2008年10月.

2 围护结构

从建筑物保温隔热水平看，尽管 90 年代末以后新建的房屋保温隔热水平有所提高，但是超过 90%的既有建筑物的保温隔热水平很低。我国绝大多数采暖地区住宅围护结构的热工性能比气候相近的发达国家差许多，外墙的传热系数是他们的 3.5~4.5 倍，外窗为 2~3 倍，屋面为 3~6 倍，门窗的空气渗透为 3~6 倍，平均的保温隔热水平为北欧等同纬度发达地区的 1/2 到 1/3，差距较大，见表 1.2-2。在采暖居住建筑中，围护结构的传热热损失占总热损失的比例较大，以 4 个单元，6 层砖墙、混凝土楼板的典型多层建筑为例，围护结构的传热热损失达占总热损失的比例约 70%左右，见表 1.2-3。⁹

表 1.2-2 同气候带主要地区房屋建筑围护结构保温隔热性能比较

地区	建筑围护结构传热系数 (W/m ² ·K)		
	外墙	外窗	屋面
北京	1.2	3.5	0.7
德国柏林	0.5	1.5	0.22
日本北海道	0.4	2.3	0.23
美国纽约	0.4	2.0	0.19

表 1.2-3 典型采暖地区典型多层建筑围护结构传热损失情况

具体围护结构	传热损失占总热损失比重	
	北京地区	哈尔滨地区
外墙	25%	28%
窗户	24%	28%
楼梯间隔墙	11%	
屋面	9%	9%
阳台门下部	3%	1%
户门	3%	1%
地面	2%	4%
合计	77%	71%

⁹ 数据来源：建设部；EUEEP:建筑节能项目。

（三）改造潜力

北方城镇地区是我国传统采暖区，单位面积采暖能耗平均约为 30 公斤标煤/年平方米。据测算，通过围护结构保温隔热、供热系统优化运行控制、供热系统末端可调、采取高效采暖方式（水源/地源/污水源热泵、天然气采暖等）等方式进行节能改造的成本约为 250-350 元/平方米，可降低一半左右的采暖能耗。¹⁰

初步测算，为实现 1.5 亿平方米的改造任务，需要投资约 375-525 亿元，可实现年节能量 225 万吨标准煤，减排二氧化碳 553.5 万吨¹¹。如对现有 70 亿平米改造 50%，则可实现节能量 5250 万吨标准煤，减排二氧化碳 12915 万吨。

三、公共建筑节能改造市场分析

（一）概况

公共建筑，从所有权角度，包括商业建筑和政府公共机构建筑¹²；从功能类型角度，包括办公建筑（如写字楼、政府部门办公楼等），商业建筑（如商场、金融机构等），旅游建筑（如旅馆饭店、娱乐场所等），科教文卫建筑（包括文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等）；从建筑规模和用能特点角度，包括大型公建¹³和一般公建。2006 年，我国公共建筑面积约 60 亿平方米，除采暖外的耗电量约为 3000 亿 kWh。

由于单位面积耗电量大、节能潜力大，大型公共建筑是节能改造的重点领域。目前，我国的大型公共建筑约 3~4 亿平方米，除采暖外的耗电量约为 500 亿 kWh，并且每年以 3000~5000 万平方米的速度快速增长。从用能设备角度，大型公共建筑的能耗特点是空调和照明能耗大、采暖能耗小。在大型公共建筑（特别是高档办公楼、高档旅馆及大型商场）的全年电耗中，大约 40%~60% 消耗于空调系统，20%~30% 用于照明。大型公共建筑能耗密度高、除采暖外能耗折合用电量在 70~300 kWh/(m²·a)，平均年耗电量约为 150kWh/m²，是普通居民住宅的 10~15 倍¹⁴。

¹⁰ 数据来源：建设部。

¹¹ CO₂排放系数（t/tce）为 2.46，下同。

¹² 公共机构：是指全部或者部分使用财政性资金的国家机关、事业单位和团体组织。

¹³ 大型公建：指单栋超过 2 万平方米、采用中央空调供冷方式的公共建筑。

¹⁴ 数据来源：清华大学，中国建筑节能年度发展报告 2009，《中国建筑工业出版社》，2009。

因此，对既有公共建筑的节能改造，主要是对空调系统、照明系统、楼宇控制系统、变频调速等进行节能改造。尤其是对大型公共建筑，在用电方面普遍存在 30% 以上的节能潜力（如图 1.3-1 所示）¹⁵。相对来说，围护结构改造不是大型公共建筑节能改造的重点。据调查，许多大型商业建筑的中央空调系统中，输配系统（风机、水泵）的能耗占了 40%~50%，而由于存在“大马拉小车”的匹配不合理问题和缺乏节能控制措施，许多风机、水泵的实际运行效率不到 40%，导致了极大的能源浪费。因此，公共建筑节能改造目前已经成为节能服务公司实施节能项目的重点领域。

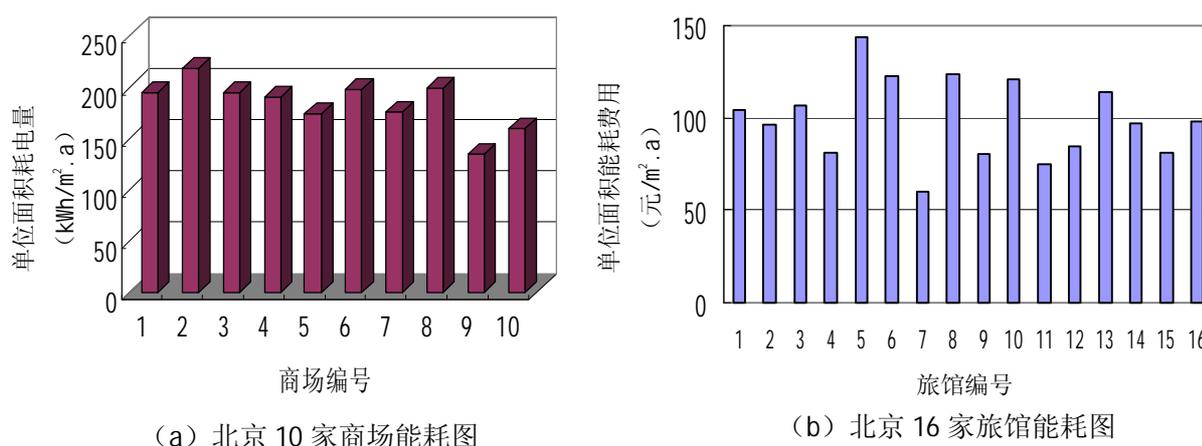


图 1.3-1 同类型公共建筑的能耗差异

(二) 改造项目线

1 空调系统

空调的主要能耗为终端电力，空调的快速普及使空调用电负荷占夏季电力高峰期负荷的比重越来越大，在许多城市中占 30%~40%。¹⁶预计 2010 年，我国公共建筑集中空调总装机冷量达 5.26 亿 kW，其中电力空调总装机冷量 4.7 亿 kW，平均每年增加装机电力需求 1000 万 kW¹⁷。

在大型公共建筑中，空调系统耗电量占 30%~50%，空调系统已成为除采暖外能耗最大的部分。不同公共建筑空调系统耗电量存在明显差异，典型商场、酒店、写字楼空调系统用电能耗见表 1.3-1。

空调系统能耗包括冷机电耗、冷冻水泵电耗、空调风机电耗、冷却水泵和冷却塔风机电耗等。各类风机、循环水泵的电耗占空调系统耗电量 40%~

¹⁵数据来源：薛志峰，《既有建筑节能诊断与改造》，中国建筑工业出版社，2007。

¹⁶数据来源：康艳兵，《建筑节能政策解读》，中国建筑工业出版社 2008

¹⁷数据来源：薛志峰，《既有建筑节能诊断与改造》，中国建筑工业出版社，2007。

60%。采用变频技术，对风机水泵进行变频调节，可以使风机水泵全年的运行能耗降低 40% 以上，从而使中央空调的电耗降低 20%~30%。

表 1.3-1 典型公共建筑空调系统耗电量及比重 kWh/(m²·a)

	政府办公楼	商业写字楼	商场	星级酒店
耗电量	14.3	44.4	100	52.3
比重%	21	37	50	44

资料来源：中国建筑节能发展研究报告 2009. 中国建筑工业出版社

目前冷冻水的“变水量运行”已成为一项非常有效的节能技术，在相当多的大型公建中成功推广。采用变频技术对中央空调系统实现自控，按需使用空调，能节约大量电费；软启动，软停止，减少对电网和设备电气及机械的冲击；降低设备磨损 15% 以上，减少设备维修维护；减少用电高峰，避免增加电网的压力。同时通过选择合理的冷热源、冷机类型与搭配、台数调节策略以及运行维护等，提高实际全年运行效率、降低电耗。

2 照明系统

2008 年，我国全社会总用电量为 34268 亿 kWh，照明用电量为 4112 亿 kWh，且每年以 13%~14% 的速度递增。预计到 2010 年，照明用电量将超过 5000 亿 kWh。¹⁸ 目前照明用电约占全国用电量的 12%，高效节能荧光灯与普通白炽灯用电量之比为 1: 2.6，用高效节能荧光灯替代白炽灯可节电 70%~80%，用电子镇流器替代传统电感镇流器可节电 20%~30%。“十一五”期间将重点在公用设施、宾馆、商厦、写字楼中推广高效节电照明系统、稀土三基色荧光灯，对高效照明电器产品生产装配线进行自动化改造，可节电 290 亿 kWh。¹⁹ 在公共建筑（特别是高档办公楼、大中型商场及高档旅馆）的全年能耗中，大约 20%~30% 的能耗用于照明。不同类型公共建筑照明耗电量及比重有所不同，见表 1.3-2。

表 1.3-2 典型公共建筑照明耗电量及比重 kWh/(m²·a)

	政府办公楼	商业写字楼	商场	星级酒店
耗电量	14.4	33.6	80	29.8
比重(%)	22	28	40	25

资料来源：中国建筑节能发展研究报告 2009. 中国建筑工业出版社

降低公共建筑照明能耗的措施包括：通过建筑设计充分利用自然采光以减少开灯时间、保持人走灯关的习惯、选用节能灯具；使用高效节能型灯具，降低照明功率密度值；增加工位照明光源，减少大面积照明光源等。

¹⁸ 数据来源：宋东等，中国节能照明政策及市场分析，

¹⁹ 数据来源：康艳兵，《建筑节能政策解读》，中国建筑工业出版社 2008

3 节能综合改造

公共建筑能源消耗情况复杂，不同性质建筑物除空调、照明外，建筑内综合服务设备、办公设备耗电不同。一般中央空调系统的能耗占整个大楼能耗的 20%~50%，照明系统的能耗占整个大楼能耗的 30%左右，而建筑内综合服务设备如电梯等，耗电量在建筑中占到 5%~10%。因此，在对大型共建的节能综合改造工作过程中，可以通过提高楼宇智能化水平，使建筑系统内各设备的使用效率提高，降低电耗。

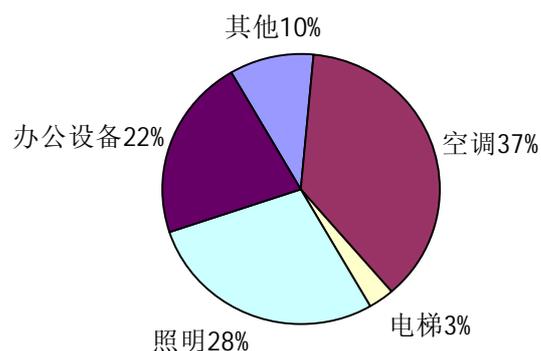


图 1.3-2 典型商业写字楼各分项耗电量及比例

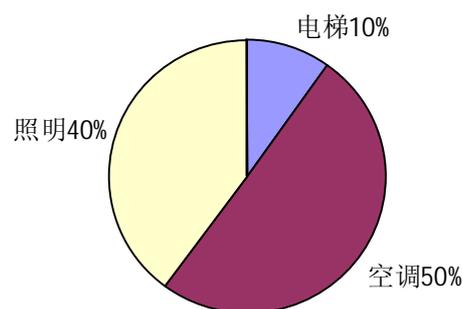


图 1.3-3 典型商场各分项耗电量及比例

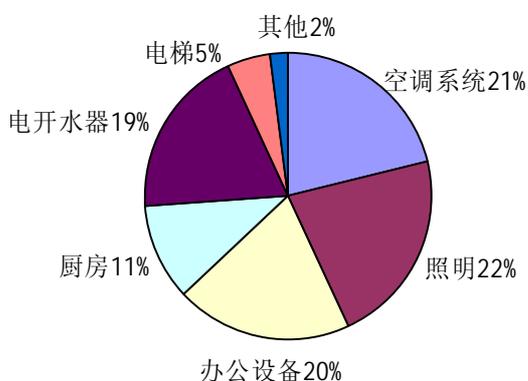


图 1.3-4 典型政府办公楼各分项耗电量及比例

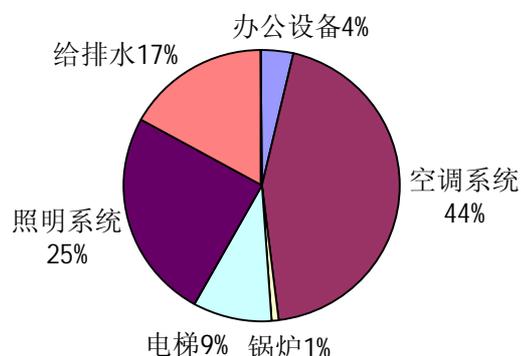


图 1.3-5 典型星级酒店各分项耗电量及比例

目前我国楼宇建筑智能化水平较低，大部分只局限于安防、门禁系统，对建筑内其他机电设备基本无智能控制系统。与美国和日本相比，我国还有很大差距。美国智能建筑超过万幢，日本新建大楼中 60%以上是智能建筑。在中国兴建的大型建筑将占全球的一半²⁰，因此大型公建楼宇控制系统的节能显得很重要。此外建筑内综合服务设备、办公设备用电很大程度上和建筑使用者的节能意识有关。提高使用者的节能意识也很重要。

²⁰ 王再英等, 楼宇自动化与智能建筑的起源与发展, 中华建筑报. 2005. 12.

（三）改造潜力

全国既有大型公建面积为 3~4 亿平方米，除采暖外，按单位面积能耗（折合为用电量）平均水平为 150kWh/(m²·a) 计算，如果改造 50% 的大型公建，达到 30% 节能效果，则每年可节电 67.5~90 亿 kWh，折合 240~320 万吨标煤²¹，减排二氧化碳 675~900 万吨。按照改造成本 2000~3000 元/吨标煤计算，则需要投资约 50~100 亿元。

四、小结

综上所述，无论从中国既有建筑节能改造的客观需求角度，还是从测算的实际建筑规模和改造投资所需投资来看，中国既有建筑节能改造的潜力都十分巨大。

目前，在既有建筑的节能改造过程中，技术问题已基本解决，同时在投融资市场也存在大量资金。但是，由于既有建筑节能改造涉及的主体复杂，包括业主、供热公司、住户、改造施工单位等多个相关方，如何按照“投资—收益”的基本市场经济规律，来体现投资与节能效益的关系，是目前亟需解决的问题。在既有建筑节能改造过程中，政府补贴项目，由于没有建立好的市场机制，往往落实困难或者不具备可持续发展性，融资机制问题已成为推动既有建筑节能改造的突出障碍。

²¹ 按供电煤耗 357gce/kWh 计算（2008 中国电力年鉴，中国电力出版社）。下同。

第二部分 中国既有建筑节能改造进展及典型案例

一、既有建筑节能改造的进展情况

“十一五”期间，我国政府提出“单位 GDP 能耗下降 20%左右的”约束性节能目标。建筑节能作为重点节能领域，对实现全国节能目标将发挥重要的影响。建筑节能工作主要目标包括：一是新建建筑全面执行节能 50%的设计标准；建立四个直辖市和北方地区节能 65%的国家标准体系和技术支撑体系；完成低能耗、超低能耗和绿色建筑的示范工程，形成相关标准和技术体系，引导“十一五”期间建筑发展方向；新型墙材生产供应基本满足需求。二是既有公共建筑节能改造取得突破性进展；深化北方地区供热体制改革，推动北方既有居住建筑节能改造。三是可再生能源在建筑中规模化应用取得实质性进展。四是形成国家推动建筑节能的关键能力。

建设部在贯彻《国务院关于加强节能工作的决定》实施意见中提出，到“十一五”期末实现节约 1.1 亿 tce 的建筑节能目标，累计建设城镇节能建筑面积 21.46 亿平方米。其中，新建建筑 15.92 亿平方米，既有建筑改造 5.54 亿平方米。全社会实施建筑节能工程总投入 33360 亿元，其中建筑节能增量成本 4950 亿元。

在政府的积极推动和建筑商业市场不断完善的情况下，我国建筑节能改造工作取得了一定进展。

（一）北方采暖地区住宅及供热系统节能改造进展

1 概况

2007 年，为推进建筑节能和供热计量，国务院发出节能减排工作方案的通知，提出“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 亿平方米”的改造目标，同时，将改造任务分三年分配到 15 个省市及地区。

2008 年底，北方 15 省市已完成及正在实施改造的面积为 4556.1²²万平方米，完成整体改造任务的 26.43%。其中，天津、河北、河南、甘肃、新疆兵团五个地区已完成改造任务的 50%以上，见表 2.1-1。财政部根据各地已开工面积和对应的改造工作量拨付了 2008 年节能改造奖励资金，共计 64189 万元。其中，北京 6129 万元、天津 16983 万元、河北省 6560 万元、山西省 1126 万元、内蒙古

²² 其中，建设部数据为 3965.1 万平方米，不含辽宁数据；辽宁数据为地方调研所得。

3384 万元、吉林 5753 万元、黑龙江 8227 万元、山东 746 万元、河南 8121 万元、陕西 361 万元、甘肃 2901 万元、青海 213 万元、宁夏 3685 万元。

表 2.1-1 北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造完成情况（单位：万 m²）

省份	2008 年城镇新增建筑面积	“十一五”期间改造任务	2008 年改造完成面积	改造任务完成比例（%）
北京	2252.7	2500.0	258.9	10.36
天津	1600	1300.0	745.9	57.38
河北	2859.2	1300.0	713.8	54.91
山西	1956.9	460.0	125.2	27.22
山东	4652.7	1900.0	62.4	3.28
辽宁	5927.5	2400.0	591.0	24.63
吉林	2332.4	1100.0	290.5	26.41
黑龙江	1828.4	1500.0	523.4	34.89
内蒙古	6402.1	600.0	73.2	12.20
河南	4008	360.0	337.4	93.72
陕西	2023.3	200.0	85.8	42.90
甘肃	262.1	350.0	268.2	76.63
宁夏	912.5	200.0	90.7	45.35
青海	211.5	30.0	12.6	42.00
新疆	1800	700.0	294.5	42.07
兵团	478	100.0	82.6	82.60
合计		15000	4556.1	26.43

资料来源：建设部；其中辽宁省数据来源于辽宁省政府 2008 年节能目标考核自查报告。

在既有建筑节能改造过程中，各地方积极制定改造计划，落实改造项目，筹措改造资金，创新改造模式，实施了一批改造项目，取得一定效果。天津、北京等地政府重视改造工作，将改造列入政府实施的“民心工程”、“实事工程”；山西、内蒙古出台财政配套措施，激励改造工作；唐山编制改造规划，指导改造科学有序实施；宁夏积极宣传、推广改造成果，取得群众对改造工作的支持。

各地在工作中不断摸索形成了以下五种改造模式：一是由政府牵头组织改造工作，由政府出资通过施工招投标方式确定实施主体。二是由产权单位或物业公司单独组织改造模式。三是由供热公司单独组织改造模式。四是由合同能源服务公司单独组织改造模式。五是由不同主体共同出资改造模式，如产权单位与合同能源服务公司合作组织改造模式，由产权单位或供热企业与住户共同出资组织改造等模式。

这些成功的改造模式创新了各地开展节能改造工作的思路，丰富了改造过程中的组织形式和投融资方式。同时，在改造的过程中，也反映出一些问题。如，

目前我国房屋基本实现了私有化，房屋业主很难自行组织实施改造，即使国家安排实施，也并不是每个业主都积极配合。另外，供热计量收费推动缓慢，促进推动作用没有显现出来等等。

2 部分省市既有建筑节能改造情况

(1) 天津市

天津市现有既有居住建筑 6000 万平方米，“十一五”期间，改造任务为 1600 万平方米，改造任务艰巨。

2007 年，市建设局对全市既有建筑节能改造实施方案、融资方式等作出完整规划，并实施供热计量改造工程 106.38 万平方米。同时，市政府建立相应管理机构，全面启动此项工作，并把全市既有建筑节能改造作为各辖区的年度考核指标。2007 年底，天津市先后被国家和有关国际组织确定为中德合作“中国既有建筑节能改造项目”示范工程实施城市，“中国供热改革与建筑节能示范城市”，政府办公建筑和大型公建节能运行管理全国五个地级示范城市之一，建筑能耗统计示范城市，可再生能源建筑应用示范项目实施城市，热计量改革示范城市。

2005 年至 2007 年，天津市地完成了位于河北 1 号小区的中德节能改造项目示范工程，总建筑面积 8180 平方米。通过建筑节能改造，采暖耗热量指标降低，达到建筑节能 65% 以上标准和供热计量收费要求，住宅的居住热环境明显。

2008 年底，天津市建成节能住宅 4100 万平方米；完成既有建筑节能改造 216 万平方米，供热计量面积达到 1000 万平方米，实行计量收费 800 万平方米；2008~2009 采暖季全市平均供热煤耗预计下降到 21.8 公斤标煤/平方米；老住宅集中补建供热至 2008 年底，完成供热补建 935 万平方米；同时将市中心 10 吨以下小锅炉并网改造，完成 195 座小锅炉并网改造。²³

(2) 辽宁省

2007 年，建设部给辽宁省下达 2400 万平方米既有建筑供热计量和节能改造任务，要求 2011 年前改造完成。建设厅根据各市供热面积和经济发展情况，对 2400 万平方米既有建筑供热计量和节能改造任务进行了分解，下发了《关于下达辽宁省既有建筑供热计量和节能改造任务的通知》，省政府推进供热计量和建筑节能协调小组召开三次会议，专题研究既有建筑供热计量和节能改造、国家机关办公建筑和大型公共建筑节能监管体系建设试点工作，要求各市按照任务目

²³ 数据来源：天津市建委。

标，编制改造计划，制定改造方案，确保既有居住建筑供热计量和节能改造任务的完成。

沈阳、大连、鞍山、抚顺、丹东、锦州、营口、阜新、辽阳、朝阳、盘锦等城市，将省下达的改造任务进一步分解到县（县级市）。目前各市均制定了2008-2011年改造计划，其中2008年全省改造591万平方米、2009年改造856万平方米、2010年改造683万平方米、2011年改造270万平方米。本溪、辽阳、铁岭3个城市正在分解改造计划。

在国家改造任务下达前，部分城市就开始了既有居住建筑供热计量和节能改造试点工作。如大连市2006年对“千山心城”、“大有恬园”两个小区安装了1167块热计量表，并进行数据采集；抚顺市对20万平方米既有建筑进行了供热计量改造；盘锦辽河油田由企业出资，对300多万平方米的旧住宅进行了维护结构保温改造。今年，全省完成既有居住建筑供热计量改造63.66万平方米，其中大连市12万平方米、营口市13.96万平方米、朝阳市12万平方米、本溪市5万平方米、抚顺市3.5万平方米、铁岭市1万平方米。²⁴

（3）山西省

山西省于2005年8月下发了《关于在全省开展城市建筑节能、房屋抗震性能普查工作的通知》，对全省县城以上（含县城）城市规划区内所有民用建筑的节能措施、执行标准情况、供热分户计量分户控制等方面情况进行了普查。对建设部下发的既有建筑改造任务进行了分解。在《山西省建设领域节能减排工作实施方案》中，对建设部分配我省的460万平方米的改造任务，分解到各个市，并提出了明确的时间和工作要求。

制定了既有建筑节能改造政策，出台了《关于加快推进既有建筑节能改造的意见》（晋政办发〔2008〕10号），明确了建筑节能改造的目标任务、改造原则和保障措施。明确改造方案，成立了领导机构。编制了《山西省460万平方米既有居住建筑供热计量与节能改造实施方案》（晋建科函字〔2008〕474号），明确了改造任务、年度计划、技术方案和保障措施，成立了“山西省既有居住建筑供热计量与节能改造领导小组”。

2007年，在阳泉和运城市开展了既有建筑供热计量改造试点，共完成改造面积34万平方米。其中阳泉市政府拨付1000万元专项资金，完成既有建筑供热计量改造28万平方米，安装热计量表1700块（套）；运城市完成改造6万平方

²⁴ 数据来源：辽宁省建委。

米。2008 年全省启动 27 个项目、53.58 万平方米，其中 30 万平方米的供热计量改造工作已经完成，围护结构改造正在进行。²⁵

（二）大型公共建筑节能改造进展

1 公共机构节能改造

中央国家机关既有办公建筑 500 万平米，2008 年单位建筑面积能耗 73kWh/平方米。中央国家机关既有办公建筑改造任务平均为 15 栋/年，重点针对空调等用能系统。2007 年以来，中央财政累计投入 1.1 亿元用于中央国家机关办公建筑节能改造，并已经完成了外交部等 23 家单位的办公楼空调系统节能改造，在农业部等 12 家单位实施了用电分项计量改造，在中央国家机关所有 96 家单位实施了节能灯更换、食堂燃气灶具改造等工作。2010 年，拟全面开展信息机房空调系统、电开水器、食堂冷库等节能改造。²⁶

2008 年 10 月《公共机构节能条例》正式施行，要求公共机构应当加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理的措施，降低能源消耗，减少、制止能源浪费，有效、合理地利用能源。各省市都加大了对公共机构节能管理的力度，并列入考核指标。

以北京市为例，市财政局、市建委、市发改委等单位联合发布了《北京市既有建筑节能改造项目管理办法》，明确由产权单位负责既有建筑节能改造资金，五类改造项目可申请财政资金，其中住宅改造，个人可提取公积金。同时，不同管理部门各司其职，都针对不同的公共建筑类型，制定了节能改造相关政策，采取积极有效的节能措施。

对市级国家机关办公建筑，2005 年至 2008 年，北京市开展了“政府机构节能工程”，下发了《加快发展循环经济建设资源节约型 环境友好型城市 2005、2006、2007、2008 年行动计划》，提出了开展政府机构的节能示范改造。聘请节能专业机构开展节能诊断、提出针对性改造方案，报市政府批准后实施。采用市政府固定资产投资全额支持的方式，完成了 10 家政府机构节能改造、54 家政府机构计量系统改造，启动了 30 家政府机构节能改造。

对商场超市，2008 年 7 月，北京市财政局和市商务局联合印发的“关于《北京市商场超市节能改造资金管理实施办法》通知”中明确对商场超市实施节能改

²⁵ 数据来源：山西省建委。

²⁶ 资料来源：国务院机关事务管理局。

造项目予以支持。对中央空调系统、照明系统、电梯等的节能改造或更新予以不同标准的资金支持。

对供热系统节能，北京市发布了《北京市供热系统节能技术改造财政奖励资金管理暂行办法》，对实行供热节能改造取得节能效果的供热单位给予一次性奖金奖励。2008年8月发布的《北京市供热系统节能技术改造项目管理办法》进一步明确对居住建筑的区域供热系统或市属、区属为社会供热的地方单位，可通过申请财政资金开展供热系统节能改造。

对农村住宅，北京市发布了《北京市农民住宅建筑节能墙改示范项目管理办法》，2007年，以1142户符合抗震和节能设计要求的农村住宅作为首批建筑节能墙改示范项目，拨付墙体材料专项基金2284万元。农民自建既有住宅的节能改造项目，可按照《关于2008年北京市开展既有农民住宅节能保温改造示范项目实施办法的补充规定》申报奖励资金等等。

2 商业楼宇节能改造

随着经济快速增长，我国商业建筑面积日趋扩大，占全国建筑总面积25.4%。根据商业建筑的能耗调查统计，设有空调系统的商业建筑每年能耗费用接近150元/平方米。由于商业楼宇、空调、采暖、照明系统的节能改造项目普遍具有“投资小、见效快”的特点，吸引了众多节能服务公司参与。

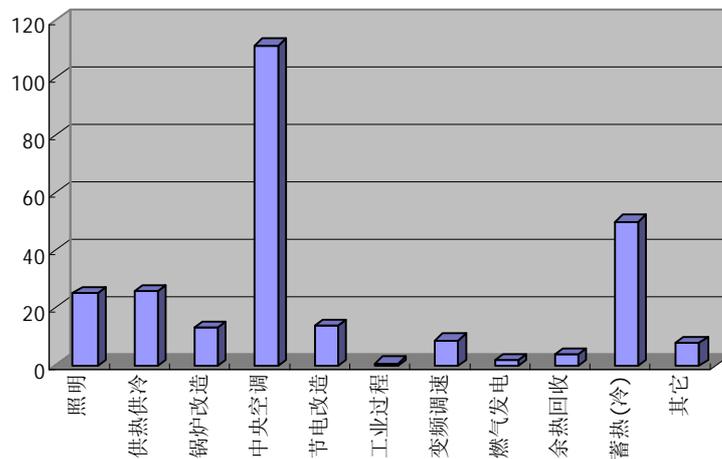


图 2.1-1 ESCO 节能领域节能项目线分布

在对76家节能服务公司(ESCO)实施的节能项目调查结果表明(见图1.2-1)²⁷：包括建筑节能项目占实施的节能项目总数的60%左右，主要集中在商业楼宇的中央空调系统、锅炉和供热系统、照明系统、变频调速和综合节电等节能改造

²⁷ 资料来源：国家发改委能源研究所，中国节能服务产业发展现状调查，2006。

项目领域方面。这些节能改造项目大部分都收到良好的经济和社会效益，90%的项目投资回收期在3年以内。

目前，中国的ESCO数量已经超过300家，大部分都参与了采暖、空调、照明、锅炉等建筑节能领域的节能改造项目。此外，由于大部分用户还未充分了解或接受ESCO采用的“合同能源管理”节能机制，目前大部分的商业楼宇节能改造项目仍然采用传统的商业模式，即节能改造工作主要由业主自筹资金进行。但是，由于商业楼宇节能目前在中国缺乏一个明确的部门来统筹管理，所以目前对商业楼宇节能改造的全面信息缺乏权威的统计数据。

二、既有建筑节能改造项目融资模式

（一）北方采暖区住宅及供热系统节能改造融资模式

目前北方采暖区供热节能改造的主体包括政府、物业公司或产权单位、能源服务公司、供热公司以及居民。在政府组织改造的基础上，大多数建筑节能改造项目通过其他改造主体相互配合，合理融资共同完成。部分地区也有居民自筹资金进行改造，主要是供暖效果长期不好的小区和位于冷山或顶层的用户，且居民自筹资金模式较少。

1 政府融资模式

“政府融资模式”是由政府牵头组织改造工作，由政府出资通过施工招投标方式确定实施主体。在实际工作中，又可以根据实施主体的行政级别不同，分为省级政府组织模式、直辖市政府组织模式和地级市政府组织模式三种。

省级政府组织模式。省政府按照国家对北方采暖区住宅及供热系统节能改造财政补贴的政策支持，出台省级配套资金办法，并要求城市出资进一步配套。同时，由于各地级市机构健全，在制定相关标准等技术支持方面有保障。通过组织地方政府建设统计部门、房地产商、建委房管局、大型企业等方式，纳入GDP能耗下降工作业绩考核，广泛宣传。省委、省政府将改造工作作为民心工程来抓。

如，内蒙古自治区人民政府办公厅发布《关于做好我区既有居住建筑节能改造工作的通知》（内政办发〔2008〕49号），自治区财政将按1:1的比例与中央财政匹配用于改造补助，各盟市也要安排相应资金；山西省政府办公厅《关于建筑节能有关资金落实情况的会议纪要》（〔2008〕20次），省级财政按照与中央财政奖励资金1:1比例配套。

直辖市政府组织模式。由直辖市内的市建委和市财政监督指导，各区县政府组织实施，以热源和热力站为单位选择项目，结合市容整治、旧楼整修、补建供热、房屋修缮等工作，由区县建委和居民自筹资金进行改造。

如，天津市政府印发《转发市建委市财政局拟定的天津市 1300 万平方米既有居住建筑供热计量与节能改造实施方案的通知》。将既有居住建筑节能改造工作纳入天津市 20 件民心工程。通过实施供热系统节能改造、透明围护结构改造和供热计量系统改造，提高供热效率，降低供热负荷，实现供热节煤 30%、夏季空调节电 30% 的目标。市建委会同市财政局结合补建供热、供热计量、旧楼区改造、市容整治、房屋修缮等专项资金，项目配套资金由区县人民政府解决。

地级市政府组织模式。由市委、市政府将改造工作作为城市建设重点工程全面推进，县、区政府统一组织，政府引导、市场运作，发挥示范项目产生的良好社会氛围。

如，河北省唐山市，积极创新多渠道融资模式，在改造过程中，通过“扩容改造、加层改造和老旧危房拆改”等模式开展工作。即以扩大阳台为重点，进行扩容改造，拓展居住空间，通常扩容 10 平方米建筑面积，以低于市场的价格卖给业主，由此所得的费用用于节能改造。在实行节能改造的同时，进行顶部加层，将新增商品房按照低于市场的价格销售，收益用于其他改造。拆除旧小区少部分没有改造价值的危旧住宅楼，新建一定数量高层建筑，除回迁安置居民外，新增商品房收益用于其他改造。

2 物业或产权单位融资模式

产权单位融资模式，是由产权单位组织改造，改造主体为项目产权单位的物业公司，资金筹措除中央和省级财政补贴外，其他部分由物业公司和受益群众共同承担。项目改造后，降低了采暖能耗，节约了物业公司的供热成本，改善了居民的室内热舒适度；物业公司节约能源费用，居民节约热费。

如，山西省长治市澳瑞特小区 11# 楼节能改造项目，供暖热源为小区自备锅炉房，同时进行维护结构、室内外管网和热计量改造，通过采取这种融资模式，由物业公司负担围护结构保温和室内外管网改造费用，受益用户承担热计量表购置和窗户改造费用。经过改造，能够节省能耗 60%。

3 合同能源管理模式

合同能源管理（Energy Management Contracting，简称 EMC）是指节能服务公司（简称 ESCO）通过与客户签订节能服务合同，为客户提供能源系统诊断、

节能项目可行性分析、节能项目设计、帮助节能项目融资、选择并采购节能设备、承接施工安装调试、进行项目管理、培训操作人员、合同期内设备运行管理及维护、节能量监测等一系列服务，并从客户节能改造后获得的节能效益中按合同约定收回投资和取得利润的一种市场化节能机制和商业运作模式。

合同能源管理机制为涉及该业务的各方，包括 ESCO、客户企业、银行、节能设备制造商、工程施工单位等创造了“多赢”。借助于一个节能改造项目的实施，ESCO 可以在合同期内通过分享大部分的节能效益而收回投资和取得合理的利润。客户企业除了在合同期内分享小部分节能效益处，还将在合同期结束后获得该项目下所安装设备的所有权及全部的节能效益。银行可以连本带息地收回对该项目的贷款。节能设备制造商可以实现其产品的销售等。

建筑节能服务领域的市场将在 2010 年甚至更长一段时间内，维持年均 50% 以上的增长。预计到 2010 年，市场规模将达到 23.4 亿，是 2005 年的 8.45 倍。而建筑领域 ESCO 在整体市场中的比例将不断上升，从 2005 年的 17.49% 上升到 38.74%，比例增长一倍以上。经过对 EMC 模式节能服务企业的收益情况计算，ESCO 模式节能服务行业的平均净利润率是 29.86%。建筑节能在中国是一个新兴行业，政府日益加大对建筑能耗的审查和限制，相关标准规范将颁布实施。目前已有一些建筑节能服务公司开始运营。有许多国外进入中国的电能效率服务和管理行业的 ESCO 也开始把目光转向建筑节能。

4 供热公司融资改造

“供热公司融资改造”模式的改造主体为地方的供热办公室，资金筹措除中央政府补贴外，其他部分由供热办承担。既有居住建筑节能改造有利于改善室内热环境，减少居民和热力公司的矛盾，提高热费收缴率；这种融资模式可以为热力公司腾出热容量，在不增加锅炉的情况下，为更多的新建面积实现供热，增加营业收入；有利于减少管网损失，改善水力平衡，降低热损失。通过改造节约能源消耗，提高居民居住条件的热舒适度，供热公司也节约能源费用。

如，辽宁省营口市莲花三期改造工程，供热办作为甲方组织招标施工，费用由供暖办承担。经过对外墙及楼梯间内墙的改造，使室内温度提高了 5~6℃。附近小区居民在了解改造效果之后也积极参与，激发了居民节能改造的积极性。

5 合作改造融资模式

“合作改造融资模式”是在政府组织改造并出台相应补贴措施的基础上，供热公司、能源公司、物业公司、产权单位及个人相互之间合作进行节能改造。根

据实际的工程情况，按照中央、地方、居民、能源服务公司、热力公司等各个投资方的收益，进行合理的融资。典型的模式包括：

合同能源管理公司与产权单位共同组织改造模式。改造主体为合同能源管理公司和产权单位，合同能源管理公司和产权单位分别负责不同改造内容的资金筹措，由合同能源管理公司和产权单位共同分享节约的能源费用。

产权单位和个人共同改造模式。改造主体为产权单位和居民个人，资金筹措除中央财政补贴外，其他部分由产权单位和受益群众共同承担。经过改造降低采暖能耗，节约了产权单位的供热成本，改善了居民的室内热舒适度。产权单位节约能源费用，居民节约热费。

政府、产权单位和个人共同改造模式。改造主体为政府、产权单位和个人，除政府补贴外，产权单位和个人根据不同的改造内容负责资金筹措。从政府的角度考虑，有利于实现节能减排的目标，改善居民居住环境，提高社会满意度；产权单位和居民个人可以共同分享节省改造的收益。

供热公司和物业公司共同改造模式。改造的主体为供热公司和物业公司，两者共同承担节能改造的费用。节能改造后的收益也由供热公司和物业公司共同分享。

（二）大型公共建筑节能改造融资模式

目前大型公共建筑的改造主体主要包括政府、能源服务公司、开发商或建筑业主。

1 政府融资模式

2007年以来，中央财政累计投入1.1亿元用于办公建筑节能改造，并已经完成了外交部等23家单位的办公楼空调系统节能改造，在农业部等12家单位实施了用电分项计量改造，在中央国家机关所有96家单位实施了节能灯更换、食堂燃气灶具改造等工作。2010年，拟全面开展信息机房空调系统、电开水器、食堂冷库等节能改造。

如，北京市人民政府节能改造，项目所需资金统一由市发改委固定资产拨款解决。实施节能改造后节能率为20.8%，每年可节约能源费用122.9万元。

2 合同能源管理模式

节能服务公司与愿意进行节能改造的用户签订节能服务合同，为用户的节能项目进行投资或融资，向用户提供能源效率审计、节能项目设计、施工、监测及管理等服务，通过与用户分享项目实施后产生的节能效益来盈利和发展。按照资金投入和收益分享方式的不同，主要有以下几种模式：

(1) 节能量保证型

节能量（或节能率）保证型：由客户提供节能项目的全部或部分资金，节能服务公司负责提供全过程的服务，并且合同规定节能指标及检测的确认节能量（或节能率）的方法。合同中将明确规定：如果在合同期项目没有达到承诺的节能量，由节能服务公司赔付全部未达到的节能量的经济损失；如果节能量超过承诺的节能量，节能服务公司与客户按约定的比例分享超过部分的节能效益。

(2) 节能效益分享型

节能效益分享型：节能服务公司提供节能项目的全部资金和全过程服务，并按照合同规定的节能指标检测和确认节能量（或节能率）。合同期节能服务公司与客户按照合同约定分享节能收益，合同结束后设备和节能效益全部归客户所有，客户的现金流始终是正的。

如，建设银行总行办公楼节能改造项目中，改造资金由节能服务公司承担 20%，其余 80% 为世界银行贷款，节能项目收益则按不同时期来确定。

(3) 能源系统托管型

能源系统托管型：节能改造工程资金的投入和风险由节能服务公司承担并管理其用能设备。项目实施完毕，在项目合同期内，双方按比例分享节能效益，按约定用户定期支付节能公司管理费用，由节能服务公司负责对用户能源系统的日常运营和后勤人员管理及设备的维修、维护等工作，项目合同结束后，先进高效节能设备无偿移交给用户使用，以后所产生的节能收益全归用户享受。风险由节能服务公司承担、效益由节能服务公司和用户共享、能源系统由节能服务公司托管。

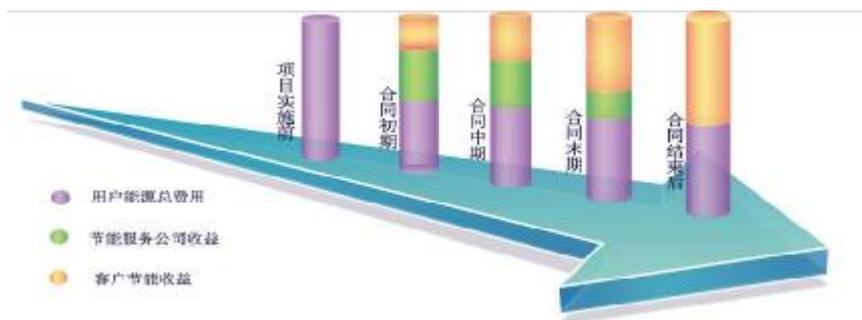


图 2.2-1 “能源系统托管型”收益分配

如，陕西西安第四军医大学第一附属医院节能改造项目，项目一期资金投资 1062 万元，全部由节能服务公司自筹。西京医院的能源托管项目托管期为 15 年，分成采用在不同的时间段采用不同的比例，用户每年支付管理费用。公司到 2008 年底共计投入资金 500 万元，两年节能效益分成共计 1890 万元，公司年均实现利润 460 万元。

3 业主自筹融资模式

自筹资金融资方式是指节能建筑项目的开发商或建筑业主作为改造主体，自筹节能项目的增量投资，并通过节能项目的增量收益回收其投资的融资模式。

三、既有建筑节能改造项目融资典型案例

（一）北方采暖区案例

1 宁夏回族自治区银川市贺兰某小区节能改造（政府+个人）

（1）项目基本情况

银川市贺兰县某小区共 16 栋住宅楼建于 1981 年，建筑面积约 3 万平方米。住宅楼均为 3 层砖混结构，外墙粘土砖，屋面漏水，外窗为钢窗或木窗，室内无采暖系统。

（2）改造内容

将整个小区纳入贺兰县东区集中供热系统。每户增加采暖系统。每栋楼加热计量栋表。



图 2.3-1 每户加装的采暖系统



图 2.3-2 加装的热计量栋表

屋面加保温层，将原有钢、木窗更换为铝合金中空双层窗。外墙未做保温，只刷了涂料。



图 2.3-3 住户的外窗改造前后对比图

(3) 项目融资模式及改造效果

项目的节能改造由供热公司作为实施主体。资金来源为住户出资 30 元/ m²，用于住户外窗改造，其余部分来自国家奖励资金和地方政府投入。改造费用经初步核算，每平方米改造费用约为 300 元，这其中包括小区和入户的供热管网费用。项目改造后，改变了整个小区的面貌，解决了屋面漏水、无采暖系统的问题。

2 山西省长治市澳瑞特小区节能改造（产权单位物业公司）

澳瑞特小区 11#楼建成于 1996 年，建筑面积 4437 平方米，供暖热源为小区自备锅炉房，户内为上供下回单管顺流同程式，改造前采暖能耗约为每平方米 37kg 标煤。

项目改造内容：“三改”，即改造维护结构、计量表和供热管网。

项目改造投资：改造费用合计约为 165 元/m²，物业公司负担围护结构保温和室内外管网改造费用，受益用户承担热计量表购置和窗户改造费用。

改造效果，见下表：

表 2.3-1 澳瑞特小区节能改造效果情况

楼栋号	建筑面积 (m ²)	抄表时间	总热量值 (GJ)	单位面积耗热量值 (w/m ²)	设计标准耗热量值 (w/m ²)	节能标准
11#	4500	— 09.2.14	138.98	11.54	35	节能 65%
12#	4500	— 09.2.14	371.68	30.86	70	节能 30%



图 2.3-4 澳瑞特小区改造前后对比图

3 山西省太原市内燃机厂宿舍楼节能改造（合同能源管理+产权单位）

太原市内燃机厂宿舍楼建筑面积 9000 平方米，改造前由区域锅炉房供热，改造后由项目周边一个污水源热泵系统项目的多余热量供热。

改造内容：“三改”，即改造维护结构、计量表和管网。

改造投资：改造总投资 178.82 万元，其中：热表及管网平衡 11.67 万元；外墙保温、屋面保温 112.68 万元；更换窗户 54.47 万元。山西国瑞投资有限公司投资 20 万元；内燃机厂投资 158.82 万元。

改造效果：节能效果。污水源热泵代替燃煤锅炉房，降低采暖能耗，节能率达到 50% 以上，年节约标准煤 204.17 吨。室内热舒适改善。改造前住户室内温度低，改造后室内温度上升效果明显，平均达到 22 度。



图 2.3-5 内燃机厂宿舍楼改造前后对比图

4 辽宁省营口市莲花三期围护结构改造（供热公司）

莲花三期改造工程由三栋建筑构成，建筑面积 4500 平方米，建筑形式为点式楼。改造前温度过低，最低时出现 9℃ 的情况，最高温度也只有 17℃，并伴有严重发霉现象。

项目改造内容包括外墙、屋顶等。其中，外墙改造采用 40mm 后燕尾槽式挤塑板保温材料，楼梯间内墙改造采用 30mm 厚 qt 无机保温材料，屋顶采用 50mm 厚 qt 无机保温材料并重新做防水，更换楼梯间外门和走廊窗体。项目改造工期 30 余天。

项目改造的实施，由供暖办作为甲方，组织招标施工，费用由供暖办承担，按建筑面积平均，成本为 115 元/平方米，改造总投资 52 万元。项目改造后，温度提高 5~6℃。

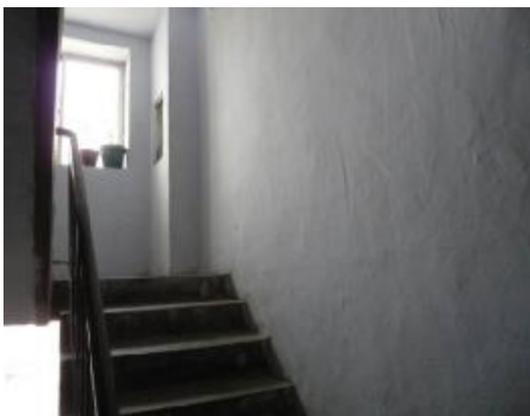


图 2.3-6 内墙改造



图 2.3-7 窗体和门改造

5 山东青岛市海情花园节能改造（政府+产权单位+个人）

（1）项目基本情况

海情花园位于青岛市南区东海路与珠海支路交汇处，为青岛供电公司、华电国际青岛发电公司、国家电网公司青岛疗养院职工宿舍。该小区共四个高层，总建筑面积为 47513 平方米，建筑结构类型为钢筋混凝土剪力墙结构，建筑的耐火等级为一级。

通过现场勘查，建筑物原有围护结构保温性能不好，能耗很高；屋面保温效果不好且漏雨严重，居民反映很大；铝合金外窗保温性能差，冬季漏风严重，有严重的漏风啸声，窗框结霜或结露严重；内墙发霉长毛，不仅会影响人们的舒适度和身体健康，同时也会造成室内用具及房屋结构的损坏。

（2）节能改造内容

不采暖楼梯间隔墙粘贴 20mmEPS 聚苯板；不采暖地下室上部粘贴 40mm 厚 XPS 挤塑聚苯板保温；外墙在原 240mm 厚烧结普通砖基础上粘贴 55mmEPS 聚苯板增加保温；更换所有铝合金外窗，所有外门窗均采用阻断热桥铝合金型材，采用单框浅灰蓝色中空玻璃，外窗的气密等级为《建筑外窗气密性能分级及检测方法》（GB7107-2002）规定的 4 级，传热系数 $K < 2.8 \text{w/m}^2 \cdot \text{C}$ 。屋面保温粘贴 50mmXPS 挤塑聚苯板并作防水处理。室内采暖对部分楼层管道进行改造，具备分室控温功能，安装热分配表。对换热站进行改造，将低区供热管网与小区外围供热管网分开，并对高、低区供热系统安装总流量表和变频设备。

（3）项目融资模式及改造效果

项目改造资金 1200 万，其中：国家补贴资金约 250 万元，市财政出资 250 万元，原产权单位出资约 400 万元，居民自筹资金约 300 万元。

项目由青岛市建筑节能与墙体材料革新办公室牵头，协助办理资金申请、规划、招标等相关手续，各相关单位签定协议，明确分工，密切配合改造工作。

项目改造后能够达到居住建筑节能 65% 的标准，保温隔热性能有很大提高，气密性也有很大提高，室内噪音大幅降低，综合能耗大幅度减少，室内居住环境舒适度大大提高。冬季室内温度平均提高了三四度，且供热具备了分户计量的条件。经过几次雨雪，未发生漏雨现象。居民反映非常好，取得了良好的经济效益、环境效益和社会效益。

改造内容	改造前	改造后
外墙		
外窗		
分户计量		

图 2.3-8 项目改造前后对比图

（二）公共建筑案例

1 北京市人民政府行政办公楼节能改造（财政补贴）

（1）项目概况

北京市人民政府位于北京市东城区正义路 2 号，总建筑面积约为 50623.9 平方米，供暖面积 45552 平方米，工作人员约 2480 人。共有 15 个独立建筑组成，其中部分建筑年代久远，西门门楼为 1903 年建造，6#楼为国家文物保护单位（日本使馆旧址），8#楼为古建筑，大多数建筑为上世纪 70-90 年代建造。北京市人民政府主要用能包括水、电、天然气、采暖。

（2）项目改造方案

围护结构：基建处、9#楼、警卫连楼、西门综合楼、加油站的外窗的传热系数大于《公共建筑节能设计标准》，计划在原有铝合金窗内侧上加一层塑钢中空玻璃平开窗，减少外窗的热损失；1#楼、2#楼、大食堂等将外门窗的密封条更换，减少空气通过缝隙渗入量。

采暖系统：将 1#楼高层采暖主管进行保温；原为珍珠岩或石棉保温瓦的采暖主管及其他管道，更换为铝箔超细玻璃棉保温；在暖气罩上开启百叶片，加大对流及散热量提高采暖效果；暖气片更换为散热量较高的暖气片，更换 2#站的采暖水泵，以达到适合工况。大楼冬季主要使用散热器集中采暖，因此计划对各个办公室和会议室对散热器进行管路改造后安装恒温阀，以实现各自的温度控制。对于个性化的室内温度包括办公室和会议室的温度控制。不仅可以设定室内温度，在冬季使用散热器系统时，也可以根据使用人员的舒适感觉调节室内温度。

照明系统：将目前所使用的不同功率规格的 T8 型荧光灯具改造成相应功率规格的 T5 型荧光灯具。而对于部分楼道所使用的白炽灯，改造成节能型的荧光灯具；将目前使用的电感镇流器改造成电子镇流器，每盏荧光灯具安装 1 个电子镇流器，即对于三个光源的灯具，选用一拖三的电子镇流器；对于两个光源的灯具选用一拖二的电子镇流器；将 40W 白炽灯改造成 11W U 型节能日光灯；对于未安装声控系统得楼道和楼梯照明系统，安装声控开关。

其它用能系统：将洗车房循环水池加大，过滤设备维修、保养。加一个水处理系统，水池容积达到 4-6 立方米，可以缓解水质不好的现象及节约用水。

（3）项目融资模式

本项目为“北京市 30 家政府机构节能改造项目”之一，项目所需资金统一由市发改委固定资产拨款解决。项目统筹工作由北京节能环保中心负责，项目竣工验收后移交业主单位负责运行管理。

（4）项目实施效果

节能效果：根据北京市人民政府节能改造方案，市人民政府实施节能改造后年可节约热量 7250.4GJ，折算成标准煤 247.7t；年可节约电量 736549.6kWh，折算成标准煤 240.8t，总节能量合计 488.5t 标准煤。可减少排放碳粉尘 332.2 吨，二氧化碳 1217.8 吨，二氧化硫 36.7 吨、氮氧化物 18.3 吨。

经济效果：根据北京市人民政府节能改造方案，市人民政府实施节能改造后节能率为 20.8%，每年可节约能源费用 122.9 万元，投资回收期为 4.3 年。

（5）项目总结

“30 家政府机构节能改造项目”是北京市在节能改造工作中的率先示范工程，有效的贯彻和落实了节约能源基本国策，充分发挥政府在节能工作中的率先垂范与导向作用。市人民政府办公楼改造工程不仅节约了能源，改善了环境，而

且积极引进和推广了节能技术及产品,进一步提高了政府机构在节能减排工作中的示范效应,确保了节能工作在北京市的合理有效实施。

2 建设银行总行办公楼节能改造(效益分享)

(1) 项目概况

中国建设银行股份有限公司是一家在中国市场处于领先地位的股份制商业银行,为客户提供全面的商业银行产品与服务。总行办公楼能源资源消耗种类包括电、天然气、水、采暖热量。2006年,总能耗为8352.85吨标煤,能源消耗量较大。

(2) 项目改造实施情况

建立能源信息管理平台。利用安装的能源管理信息系统软件,对蒸能源消耗进行实时采集、计量、统计、诊断、为节能提供专业解决方案,同时通过网络对建筑楼宇的能源设备及能源消耗进行实时监测。在天燃气、水、电、空调等系统中安装分项计量采集模块、信号接收器、传输线缆、信息管理中心,通过通讯网络实现远程集中监控、管理,节能率约6~8%。

空调通风系统节能改造。安装全热交换器及线控器,与户外接通户内与户外新风、排气、回风管道;安装智能控制装置及CO₂探测器、电动风阀等,联动系统运行直至功能实现。全热交换器具有热湿处理功能,同时还可对能源回收利用,在夏天可以将进气预冷及除湿,在冬天可以将进气预热与加湿。其能源回收能力可以达到75%以上,因此降低了空调系统中冷量供应及耗电量。而利用智能控制装置通过对室内空气品质(可用CO₂的浓度作指标)探测比较,又可实现冷量节约与通风电机用电量的节约。综合节能率可达30%左右。

冷凝器自动清洗节能改造。针对冷凝器铜管内壁的水垢、藻类、锈渣等热阻大的接垢物进行在线清洗,可祛除大热阻接垢物,有效降低压缩机运行电流,减少电量损耗,实现节能。节能率可达6~10%。

照明系统节能改造。用新型高效节能灯替代老式电感镇流器灯具。BM-T5“组合式电子镇流器系统是一个发光效率高达120Lm/W、光通量衰减小、在点燃10000小时后光通量维持率高达92%的高效节能灯具组合,可1W替代汞灯和钠灯5W。地面照度比原汞灯和钠灯提高1.5-2倍。

智能控制技术。将智能照明调控装置与微机进行智能联合控制,通过内置的专用优化控制软件,可以随时采集、分析和计算,控制内部的综合滤波电路,控

制电流波形，补偿功率因数，吸收内部失真电流并循环转化为有用的能量，提高整体电源效率。节电率在 25% 以上。

蓄冷空调技术。安装双工况主机 1000RT 两台，TSC-296M 冰盘管 18 台，乙二醇泵、冷却泵、负载泵各 3 台，板式换热器 2 台，500RT 冷却塔 2 台，完成风、水、电三大系统制作、安装及与冷原设备的接驳与试运行。节能率可达 34%。

(3) 项目融资模式及经济效益分析

2006 年为项目改造基年，年总电耗为 1061 万度，热用量约 65700 吉焦，自来水用量约为 20.5 万吨，总计能源资源费用约为 1518.73 万元。节能改造后预计年能源费用为 1176.34 万元，年节能效益 342.39 万元。见下表。

表 2.3-2 2006 基年改造前后资源消耗及经济效益情况

能源资源类型	单位	单位价格	2006 年		改造后预期	
			耗量	费用 (万元)	耗量	费用 (万元)
电	kWh	0.88 元	10611680	933.83	8016290	705.43
天然气	立方米	2.2 元	1459824	321.16	1174517	258.39
		炊事燃气 2.4 元			33510	8.04
水	吨	3.25 元	205045	66.64	174289	56.64
采暖热量	GJ	30 元	65700	197.10	49275	147.83
合计				1518.73		1176.34

项目总投资 1000 万元，其中 ESCO 公司承担 20%，其余 80% 为世界银行贷款。项目收益按不同时期确定，见表 2.3-3。

表 2.3-3 项目分享比例

分享年份	ESCO 公司		建设银行	
	分享比例	分享金额 (万元)	分享比例	分享金额 (万元)
1~3	90%	924.453	10%	102.717
4~6	80%	821.736	20%	205.434
7~8	70%	479.346	30%	205.434
9~10	60%	410.868	40%	273.912
合计		2636.403		787.497

(4) 项目实施后效果

项目实施后，年可节约电 259.54 万千瓦时，天然气 25.18 万立方米，水 3.08 万吨，采暖热量 16425 吉焦，折合 1962.97 吨标准煤，可减排二氧化碳 2766.74 吨。

(5) 经验总结

节能效益分享型合同能源管理在实施时，应建立分项计量系统，避免节能量难以界定问题。在向银行融资过程中，由于融资困难，影响了项目的进度。

3 陕西省西安市西京医院节能改造（能源系统托管）

（1）项目概况

陕西省西安市区第四军医大学第一附属医院（简称西京医院）是一家集医疗、教学、科研为一体的大型三甲医院。医院占地 28.5 万平方米，建筑面积 45 万平方米、有床位 2200 张。随着医疗事业的发展，医院的能源消耗日益增加。

2006 年，医院支出的水、电、汽费用已超过 4900 万元。一方面，不断攀升的能源费用不仅提高了医院的运营成本，也在一定程度上影响和制约了医院主业的发展。同时，后勤社会化改革是目前国家和军队大力倡导的后勤改革方向。其目标是引进市场机制，打破旧后勤体系，建立起高效率、低能耗的新后勤体系。

表 2.3-4 2006 年改造前医院水、电、汽具体用量和费用²⁸

年份	费用合计 (万元)	水		蒸汽		电	
		用量 (万吨)	支出 (万元)	用量 (万吨)	支出 (万元)	用量 (万度)	支出 (万元)
2006	4397	248.90	675.58	25.55	2022.79	4073.12	1698.63

（2）项目实施情况

2006 年，奥天奇公司与西京医院签订节能服务合同，节能改造工程资金的投入和风险由奥天奇公司承担并管理其用能设备。项目实施完毕，在项目合同期内，双方按比例分享节能效益，按约定用户定期支付节能公司管理费用，由公司负责对用户日常运营和后勤人员管理及设备的维修、维护等工作，项目合同结束后，先进高效节能设备无偿移交给用户使用，以后所产生的节能收益全归用户享受。风险我担、效益共享、能源系统托管。

奥天奇公司出资对医院能源系统整体改造并管理，管理期为 15 年，医院把原属于后保中心和营房科管理的水、电、汽系统的运行、维护、技术改造、设备小修、大修及对各科室、住户的各项维修工作和运行、维修人员管理，整体打包移交给奥天奇公司，将后勤与节能管理工作相结合。项目一期采取的节能技术措施有混合式换热技术、气候补偿技术等，管理措施有建立 24 小时用能实时监测制度、建立巡查制度和消除缺陷制度、建立的用能供应制度、与医院合作，开展

²⁸ 数据来源：北京奥天奇科技发展有限公司，下同。

节能宣传、加强计量管理，完善二、三级计量设施、加强运行技术管理，建立健全设备管理制度、加强运行管理人员的培养，提高供热队伍的整体素质。

改造技术具体包括：

混合式换热技术——激波加热器。激波加热器工作原理：激波加热器是以蒸汽为热源的加热、加压装置，是一种直接混合式汽水换热器。其运行机理为：在一定的几何形状空间，高速汽、水流瞬间混合，会形成流态复杂的超音速流体，流体在收缩截面末端克服音障，形成激波，激波锋面推动热水持续输出。因此在此设备中流体间除了发生质量和热量的传递之外，也发生热能向机械能的转化。表现的结果是对液体的瞬间加热和产生单向的，大于原系统状态的输出压能。也就是说激波加热器在系统中具有泵和换热器的双重作用。

激波加热器特点：激波加热器换热效率接近 100%；换热效率恒定而传统间接式汽水换热器的换热效率随着负荷的增大和表面附着物的沉积而衰减；运行时系统封闭，隔绝氧气，防止腐蚀；兼有泵的功能，而传统间接式汽水换热器会增加系统阻力。

气候补偿控制系统。根据室外温度实时调节热媒水温度的成套自动控制系统控制思路：当室外温度变化时，一个供热系统应该能够根据采暖负荷随室外温度变化规律，对采暖用户供热系统运行参数（供水温度）适时进行调整，始终保持供热量与建筑物耗热量相一致，保证室内温度在不同室外温度情况下相对稳定，实现按需供热，在确保供热品质的前提下，实现供热机组最大限度地节能运行，避免热能浪费。

系统组成：气候补偿控制器、箱体、室外温度传感器，室内温度传感器，出、回水温度变送器，电动两通调节阀组成。

工作原理：气候补偿控制器中储存有针对西京医院炉设计开发的锅炉最佳运行曲线，锅炉根据最佳运行曲线运行。当室外温度降低时，为了维持原有的室内温度，系统会自动控制加大电动两通阀开度，使室外管网进入换热器的热水流量多一些。此时采暖用户的供水温度会升高；反之，室外温度上升时，气候补偿控制器自动控制适当减小电动两通阀开度，使室外管网进入换热器的热水流量少一些，此时采暖用户的供水温度会降低，锅炉的回水温度会升高，这可以减少锅炉机组的输出负荷，达到节能运行的目的。

节能效果：通过实施改造，加装气候补偿控制系统，根据气候的变化调节合适的供暖温度。节能率约 5% 左右。

(3) 项目融资模式及效益分析

项目资金来源：项目一期投资总规模 1062 万元，全部由 ESCO 公司自筹。

效益分享：西京医院的能源托管项目托管期为 15 年，分成采用在不同的时间段采用不同的比例，第一个三年 2:8，公司得 8；第二个三年 3:7，公司得 7；第三个三年 4:6，公司得 6；第四个三年 5:5；第五个三年 6:4，公司得 4。

用户每年支付管理费用金额：200 万元人民币。

医院能耗在医院零投入、零风险情况下，与 2006 年全年同期相比，2007 年、2008 年实现全年节约能源费用分别为 1145 万元、1217 万元，见下表：

表 2.3-5 西京医院改造后资源节能量及经济效益

日期	效益小计 (万元)	水		蒸汽		电	
		节约量 (万吨)	节能效益 (万元)	节约量 (万吨)	节能效益 (万元)	节约量 (万度)	节能效益 (万元)
2006.12-2007.11	1145.87	38.93	140.20	8.71	956.45	65.80	49.22
2007.12-2008.11	1217.75	45.00	160.97	9.13	989.99	95.73	66.79
合计	2363.62	83.93	301.17	17.84	1946.44	161.53	116.01

(4) 项目实施效果

节能效果：从项目实施到截至 2008 年 11 月，该项目共计节约蒸汽约 17.84 万吨；节约电能 161.53 万度；节约自来水 83.93 万吨。合计节约折合标煤 23738.36 吨，减少二氧化碳排放 60770 吨。

经济效果：ESCO 公司到 2008 年底共计投入资金 500 万元，两年节能效益分成共计 1890 万元，公司年均实现利润 460 万元。见表 2.3-6。

表 2.3-6 业主和 ESCO 公司项目收益情况

年投资计划	投资概预算 (万元)	节能效益 (万元)	医院节能分成 (万元)	公司节能分成 (万元)	备注
2006 年度	300				投资、施工年
2007 年度	100	1145.87	229.17	916.70	年维护、零星改造按 100 万计
2008 年度	100	1217.75	243.55	974.2	
合计	500	2363.62	472.72	1890.9	
医院节能效益	472.72 万元				
公司节能效益	1890.9-500=1390.9 万元				

(5) 项目经验

目前市场情况下，由于客户信用、节能公司技术资金实力等原因，采用合同能源管理机制仍然会面临很多风险与障碍。西京医院建筑节能改造项目，从其规模和操作难度角度，以常规项目方式是很难实现。采用“能源系统托管型”的运作模式，用户无后顾之忧，并极力配合，因此项目得以顺利实施，并在最短时间内，取得较好节能效果。