

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书
丛书主编 江亿

中国建筑节能 最佳实践案例

Best Practice for China's Building Energy Conservation

胡姗 主编

中国建筑工业出版社

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书

丛书主编 江亿

中国建筑节能最佳实践案例

胡姗 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国建筑节能最佳实践案例 / 胡姗主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 12

(“十二五”国家重点图书·中国建筑节能发展研究丛书 / 丛书主编 江亿)

ISBN 978-7-112-18902-1

I. ①中… II. ①胡… III. ①建筑—节能—案例—中国 IV. ①TU111.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第295739号

本书汇集了近六年的《中国建筑节能年度发展研究报告》中的最佳实践案例, 并且为了配合农村新能源系统的方式的建设, 新增了几个农村新能源案例, 共计 27 个。本书按照不同的主题分为三篇, 包括: 北方城镇供热节能案例、公共建筑节能案例以及农村住宅建筑节能案例。

本书可供从事建筑节能技术的设计与运行管理人员、设备开发人员, 以及从事建筑节能管理的政府工作人员等参考。

责任编辑: 齐庆梅 吉万旺 王美玲 牛 松

书籍设计: 京点制版

责任校对: 刘 钰 关 健

“十二五”国家重点图书
中国建筑节能发展研究丛书
丛书主编 江亿

中国建筑节能最佳实践案例

胡姗 主编

*

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

北京京点图文设计有限公司制版

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17½ 字数: 321千字

2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-18902-1

(28154)

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)

作者 名单



清华大学建筑节能研究中心：

刘兰斌（案例 1，案例 3，）

李 岩（案例 2）

沈 启（案例 5）

李文涛（案例 6，案例 7）

李 峰（案例 9）

李 敏（案例 13）

张 涛（案例 15）

林波荣（案例 19）

吴忠隼（案例 20）

单 明（案例 26，案例 27）

付 林（案例 2）

夏建军（案例 5，案例 8，案例 10）

孙 健（案例 6，案例 7，案例 11，案例 12）

方 豪（案例 8，案例 10）

朱颖心（案例 13，案例 21）

刘晓华（案例 15，案例 22）

裴祖峰（案例 17）

刘彦辰（案例 19）

谢晓云（案例 23）

杨旭东（案例 26，案例 27）

特邀作者：

中国建筑科学研究院

山东建筑大学

中国建筑西北设计研究院

华东建筑设计研究院有限公司

广州市设计院

哈尔滨工业大学

赤峰元易生物质科技有限责任公司

刘月莉（案例 1）

刁乃仁，方肇洪（案例 4）

田贯三（案例 5）

谢晓娜（案例 14）

周 敏（案例 15）

田 炜，夏麟（案例 16）

林 辉（案例 18）

金 虹（案例 24）

陈立东，翟明志（案例 25）

统稿：胡 珊 郭偲悦



前言

《中国建筑节能年度发展研究报告》(以下简称《年度报告》)自 2007 年出版第一本,到现在已经连着出版了 9 本。每年围绕这部书的写作,我们组织了清华大学建筑节能研究中心的师生、清华其他一些单位的师生,还有全国许多单位热心于建筑节能事业的专家们一起,对我国建筑节能进展状况、问题、途径进行调查、分析、研究和探索,对实现中国建筑节能提出自己的理念,对各种争论的热点问题给出自己的观点,对建筑用能四大主要领域的节能途径提出自己的规划。这些内容在每一年的《年度报告》中陆续向社会报告,获得较大反响,对我国的建筑节能工作起到一定的推动作用。怎样才能把这套书中的研究成果更好地在相关领域推广,怎样才能使这套书对我国的建筑节能工作有更大影响?身为媒体人的齐庆梅编辑建议把这些书中的内容按照建筑节能理念思辨、建筑节能技术辨析和建筑节能最佳案例分别重组为三本书出版。按照她的建议,我们试着做了这样的再编辑工作,并与时俱进更新了一些数据,补充了新的内容,连同新近著的《中国建筑节能路线图》作为丛书(共四本)奉献给读者。

根据一些专家的建议,自 2010 年起,《年度报告》每年根据不同的主题组织一批“最佳实践案例”集中进行介绍,并且在清华大学“建筑节能学术周”上宣传和颁奖。入选的最佳实践案例的条件是:1. 已完工并至少运行一年以上,有完整的能源消耗实测数据;2. 达到良好效果,使用者确实满意;3. 在国内属于同类技术中做得最好的之一。为了保证案例的真实性和公平性,我们尽可能争取对各个项目进行现场调查和测试,并按照差额选举的方式请专家答辩后通过投票确定。这样每年评选出的一批最佳实践案例基本可以反映出相关领域目前的发展状况和应用水平,具有一定的代表意义。

本书汇集了这六年的最佳实践案例,仅去掉个别几个不太合适者。为了配合农村新能源系统的方式的建设,还把将在 2016 年《年度报告》中发表的几个农村新能源案例也提前汇集在此书中发表。2013 年的主题是居住建筑节能,从 2012 年初就开始组织挑选居住建筑节能的最佳实践案例。尽管动员了一批社会力量推荐和挑选,但最终很难找到完全符合上述三个条件的项目。为了坚持最初确定的基本条件,最终放弃了 2013 年城镇住宅建筑最佳实践案例的挑选。这样,本书所收入的仅为其他



5年的实践案例。真希望到2017年当我们再次出版城镇住宅节能专题的《年度报告》时，能够有足够的满足条件的城镇居住建筑项目入选。

出于上述原因，本书的实践案例按照主题汇集为3篇：北方城镇供暖，公共建筑与商业建筑，农村居住建筑。收入到北方城镇供暖主题的实践案例包括与供暖相关各环节的十余个案例：有燃煤、燃气热电联产系统挖潜改造的实践案例；有燃气锅炉、水源热泵、空气源热泵、污水源热泵等多种新型热源方式的实践；还有低品位余热作为集中供热系统热源的实践。用户侧壁挂燃气炉供暖、末端通断方式调节、降低热力站二次泵电耗等各环节的节能案例也被收入介绍。这些案例与目前国内广泛展开的供热节能挖潜和热改中涌现出的大量成果和工程实例相比，仅仅是很小的一角。在质和量上都远远不能反映出当前国内这一领域的真实状况。北方供暖中符合前述三个条件的最佳案例真是太多了，这几年我国在北方供暖的节能工作中真是做出了很多出色的工作。本书收入的仅算作他们的代表吧！

对于公共建筑和商业建筑的最佳实践案例我们要求是作为一个建筑整体，考察其各项技术集成后的综合能耗水平，而不是看某项单独的技术。这样一来很多单项技术做得很好的项目就都不能入选。除了香港一个大型集中冷冻站的案例外，其他项目都要求整座建筑单位面积耗电量处在全国同功能建筑的最低限。这样的要求就使得近年来一些引起很大影响的大型标志性建筑和大多数节能示范建筑落选。我们在这件事上的基本观点是：一座建筑是否节能，就看其实际能耗是否低于具有同样功能的其他建筑，而不是看采用了多少先进的节能技术，更不能由于其属于“高档”、“豪华”或“超水平服务”就可以对其能耗打折。当然这些入选项目的基本条件是使用者满意，高投诉的项目决不能入选。值得注意的现象是，按照这样的标准选出的7个办公建筑项目全部都是设计院或建筑节能研究与推广机构自行设计的自建项目。而这些项目之所以能够以低能耗而入选的主要原因又是这些建筑朴实、实用，不盲目追风，更不去刻意追求某种建筑造型而不顾其实用功能。为什么这些业主为自己设计、建造的办公楼都遵循这样的原则，而当为其他业主进行商业性设计建造



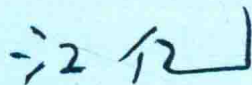
时，其出发点就发生很大的变化，这也就导致各地不断地出现一栋栋奇奇怪怪的建筑，问题到底出在哪个环节呢？

农村节能案例是针对各项不同技术而确定的，包括围护结构的改造和生物质能源的应用。真希望树立一个实现“无煤村”的典型案例。很可惜，至今还没找到。这反映出我国农村建筑节能和新能源建设方面的发展目前尚处于起步阶段。恳请更多的有志者关注和介入农村的建筑节能与新能源建设工作，盼望着更多、更好、更全面的农村建筑节能最佳实践案例的出现。

由于我们的人力、物力和时间的限制，更由于我们经验有限和与社会联系有限，总的看来这些“最佳实践案例”很可能是挂一漏万，社会上一定还有很多更好的更出色的工程实践案例没有被收入。收集、编辑和出版最佳案例，向国内外各界宣传我们在建筑节能领域的这些成就，是我们今后持续的工作。希望社会上更多的同仁关注这项工作，向我们推荐更多更好的实践案例。当然，更盼望着奋斗在这一领域的诸位同仁创造出更多更好的作品，完成更多更好的工程实践。

本书的汇总编辑和修订工作由胡姗负责，感谢她为之付出的辛勤劳动。同时也感谢本书所收入的各个案例的发现和整理者，更感谢完成这些案例工程的实践者。中国的建筑节能事业只有靠这样一批人在第一线持续奋斗，不断创造出新的最佳案例来，才能发展下去，才能真正实现我们的节能目标。几年后本书也争取再出版第二卷、第三卷，不断记录下我国在建筑节能发展道路上的辉煌进程。

本书出版受“十二五”国家科技计划支撑课题“建筑节能基础数据的采集与分析 and 数据库的建立”（2012BAJ12B01）资助，特此鸣谢。



于清华大学节能楼

2015年12月2日

目 录



上篇 北方城镇供热节能最佳实践案例

1 既有住宅围护结构节能改造案例介绍	2
2 基于吸收式换热的热电联产集中供热技术应用—— 大同第一热电厂乏汽余热利用示范工程	9
3 以“室温调控”为核心的末端通断调节与热分摊技术应用案例介绍	17
4 济南市西区工程建设指挥部地源热泵空调工程	25
5 燃气壁挂炉采暖	31
6 云冈热电厂余热回收项目	40
7 十里泉电厂高背压改造项目	47
8 赤峰金剑铜厂低品位工业余热集中供暖示范项目	52
9 燃气锅炉余热回收项目	63
10 降低二次网循环泵电耗示范项目	76
11 沈阳阳光 100 污水源项目	86
12 北京密云司马台新村冬季采暖项目	93

中篇 公共建筑节能最佳实践案例

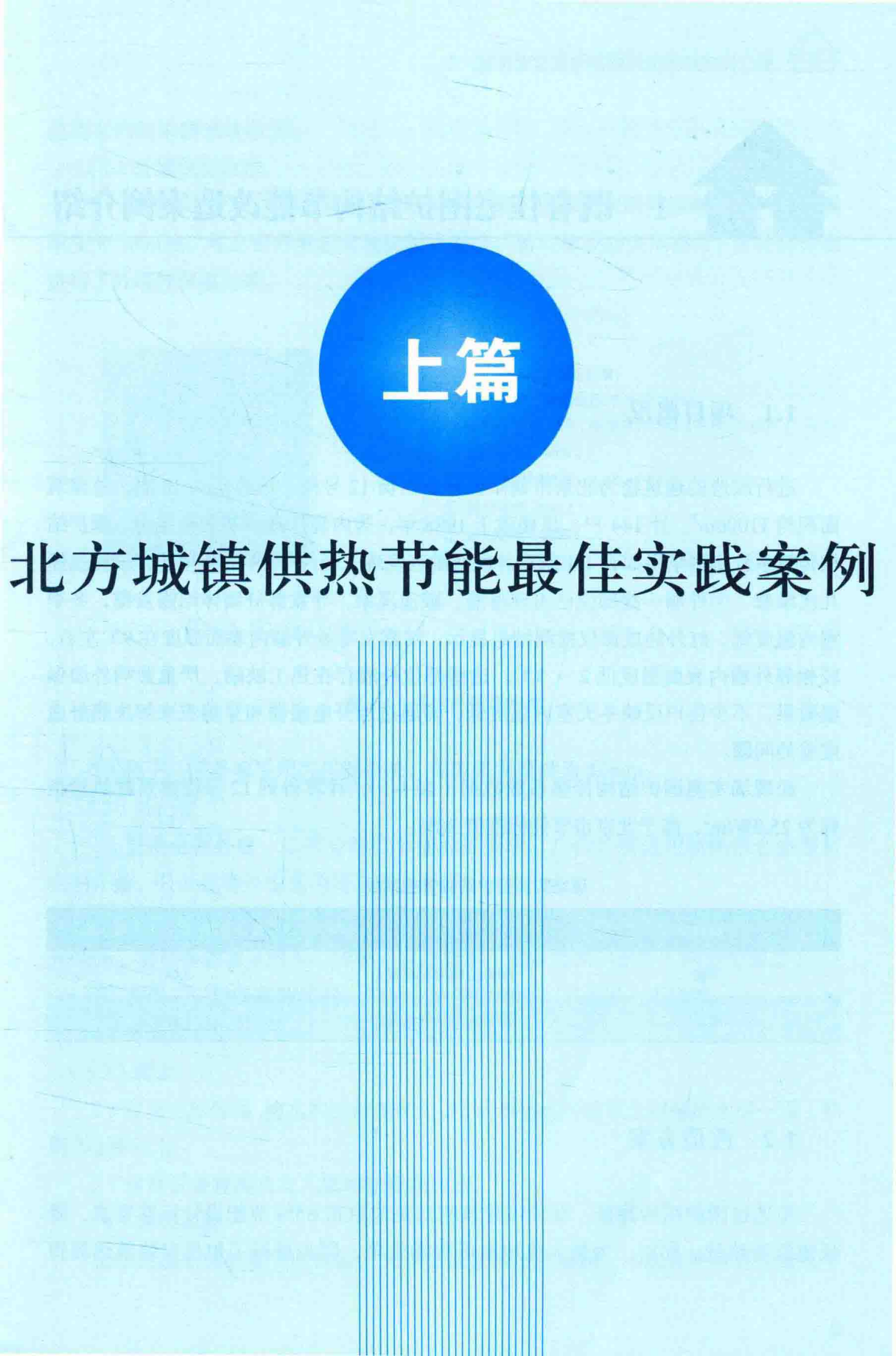
13 深圳建科大楼	100
14 山东安泰节能示范楼	113
15 西安咸阳国际机场 T3A 航站楼	122
16 上海现代申都大厦	140
17 深圳华侨城体育文化中心	158



18	广州设计大厦	168
19	天津天友绿色设计中心	184
20	香港太古地产高效集中空调系统冷冻站	194
21	山东交通学院图书馆	205
22	深圳招商地产办公楼	216
23	新疆维吾尔自治区中医院	231

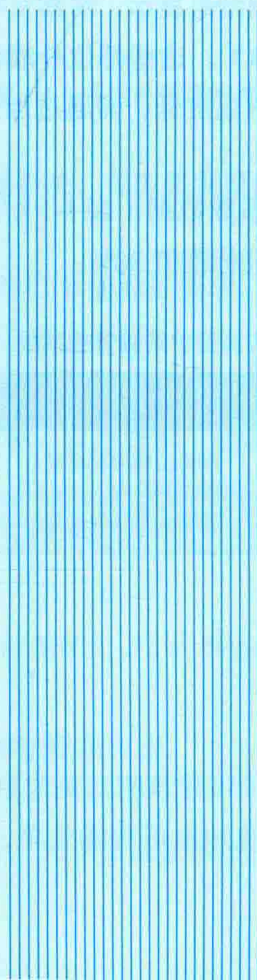
下篇 农村住宅建筑节能最佳实践案例

24	黑龙江省生态草板房	240
25	阿鲁科尔沁旗特大型生物天然气与有机肥循环化综合利用项目	246
26	中国北方农宅围护结构及采暖系统节能改造示范村	254
27	基于生物质清洁燃烧技术的中国南方生态示范村	263
	参考文献	271



上篇

北方城镇供热节能最佳实践案例





1 既有住宅围护结构节能改造案例介绍

1.1 项目概况

进行改造的建筑物为北京市朝阳区惠新西街 12 号楼，该建筑共 18 层，总建筑面积约 11000m²，计 144 户。该楼建于 1988 年，为内浇外挂预制大板结构，围护结构传热系数实测结果如表 1-1 所示。现场勘查发现，经过 20 年的使用后，该楼虽经几次维修，但外墙一些部位已出现渗漏、破损现象，导致部分墙体结露发霉，冬季室内温度低。红外热成像仪检测结果显示，结露发霉处外墙内表面温度在 9℃左右，较相邻外墙内表面温度低 2 ~ 3℃。这些部位外墙存在热工缺陷，严重影响外墙保温效果，不少住户反映冬天室内温度低，需通过加开电暖器和穿棉衣来解决热舒适度差的问题。

经现场实测围护结构传热系数数据（表 1-1），计算得到 12 号楼建筑耗热量指标为 25.9W/m²，高于北京市节能标准值 30%。

现场实测围护结构传热系数

表 1-1

围护结构部位	组成	传热系数[W/ (m ² · K)]
外墙	280mm 厚陶粒混凝土	2.04
屋面	250mm 厚加气混凝土	1.26

1.2 改造方案

拟通过围护结构改造，保证该建筑物达到北京市 65% 节能设计标准要求，降低建筑需热量。同时，为最大化地取得节能效果，同步进行了包括安装散热器恒



温阀在内的采暖系统改造。

(1) 外墙保温改造

1) 如图 1-1 所示, 外墙保温采用粘贴膨胀聚苯板薄抹灰涂料饰面做法, 聚苯板厚度为 100mm。考虑到外保温系统的防火安全, 窗口增设防火隔离带; 窗井部分也进行了外墙外保温处理。

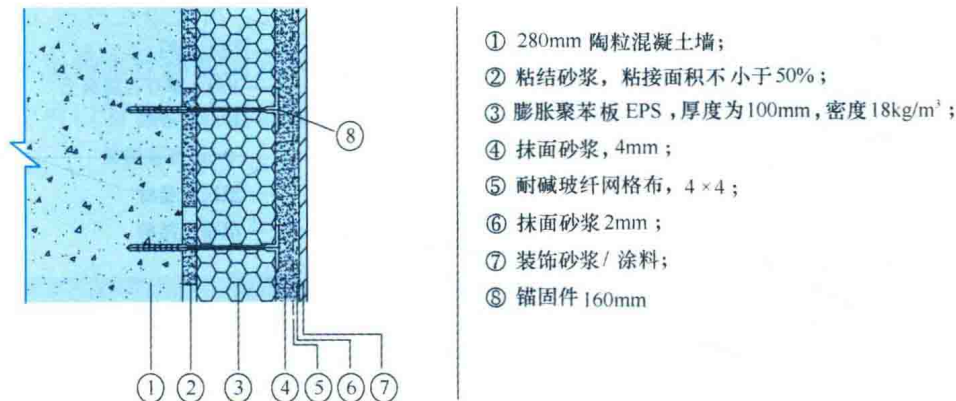


图 1-1 外墙外保温构造

2) 地下一层外墙采用内保温做法, 保温浆料厚度为 50mm。

(2) 外门窗

1) 更换全楼外窗, 以符合现行节能标准要求。户内外窗选用断热铝合金型材内平开窗, 公共走廊外窗选用同系列旋开窗。

2) 外门窗洞口上沿采用岩棉板, 设置 200mm 高防火隔离带, 宽度超出窗两侧 300mm。窗台构造满足防水、防渗、保温要求, 加设金属挡水板 (两侧带翻边)。

3) 首层、二层安装防盗网, 位置在结构窗洞内。三层以上不安装。

4) 更换防火门。

(3) 屋面

1) 屋面在原保温、防水构造的基础上, 增设 60mm 挤塑板上加铺防水层一道 (如图 1-2 所示)。

2) 屋面设备暖沟及女儿墙均做保温改造。

(4) 新风系统

由于更换后的外窗气密性好, 为了保证室内空气品质, 本次在既有居住建筑节



能改造中首次采用有组织通风。其原理如图 1-3 所示，通过安装在浴室卫生间的排风机，经排风道向室外排风，产生室内负压；从而使得室外新风通过安装在外墙上的进风口，经隔尘降噪处理后进入室内。图 1-4 为节能改造前、后的建筑外观实拍照片。

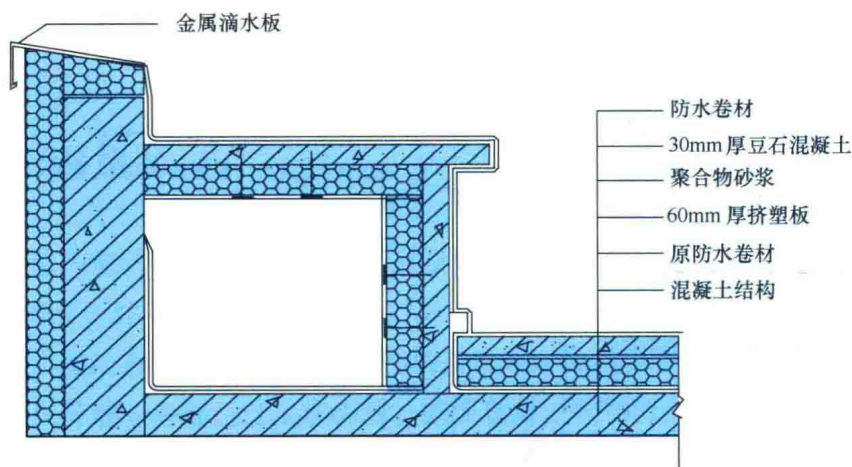


图 1-2 屋面保温构造图

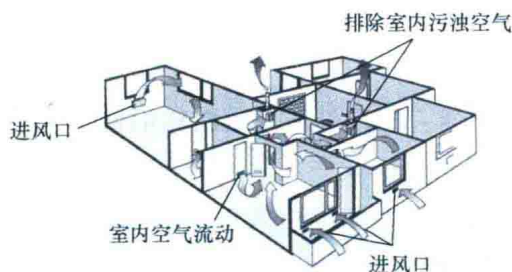


图 1-3 新风系统工作原理图



(a) (b)

图 1-4 改造前、后建筑外观

(a) 改造前; (b) 改造后

1.3 改造效果

(1) 建筑外围护结构的热工检测

1) 红外热成像仪检测

采用红外热成像仪对建筑物外围护结构进行检测，结果显示：各层外墙外表

面温度较均匀，外墙外表面温度略高于室外温度，表明外墙外保温效果较好；外墙内表面温度在 20℃左右，比室温低 2 ~ 4℃，且明显高于室外温度（当时室外气温为零下 3℃），节能改造前，部分住户的外墙内表面温度为 7 ~ 9℃。上述结果表明各层外墙外保温性能较一致，且外墙保温效果显著。改造后的外窗外表面温度明显低于改造前的外窗外表面温度，因此建筑物外窗的保温性能也得到明显改善。

2) 传热系数测试

采用热流计法检测外墙和屋面传热系数，表 1-2 为节能改造前后的检测结果。从表中可以看出，改造后外墙和屋面传热系数大幅降低，满足北京市 65% 节能标准要求。

传热系数检测结果

表 1-2

	改造前的传热系数[W/ (m ² · K)]	改造后的传热系数[W/ (m ² · K)]
外墙	2.04	0.39
屋面	1.26	0.41

(2) 建筑物气密性测试

表 1-3 是进行了节能改造后的 12 号楼与同一小区内未经改造的 4 号楼 6 个典型用户气密性测试结果。从表中可以看出：在 10Pa 压力作用下，改造后的 12 号楼平均换气次数为 1.01 次 / h，而未经改造的 4 号楼平均换气次数为 3.25 次 / h，相差 3 倍，建筑物气密性得到明显改善。

建筑物气密性测试结果

表 1-3

12号楼 住户门号	10Pa压力下建筑 物渗漏 (m ³ /h)	10Pa压力下换气 次数 (次/h)	4号楼 住户门号	10Pa压力下建筑 物渗漏 (m ³ /h)	10Pa压力下换气 次数 (次/h)
108	175	1.4	101	410	3.28
201	75	0.6	108	240	1.85
1003	150	1.25	905	260	3.47
1006			1206	360	3.43
1501	100	0.79	1702	700	5.93
1703	120	1.01	1708	200	1.54
12 号楼平均值	124	1.01	4 号楼平均值	361.6	3.25



(3) 节能效果测试

表 1-4 是改造后的 12 号楼与未改造的 4、6、10 号楼采暖能耗测试结果。可以看出,在室温明显高于其他楼栋的情况下,12 号楼仍节能 34.55%,节能效果明显。若能进一步有效改善室内调节,降低室内温度,可进一步降低 12 号楼的采暖能耗。

12 号楼与未经改造 4、6、10 号楼单位采暖面积能耗比较

表 1-4

楼号	采暖面积 (m ²)	室内温度 (℃)	采暖能耗 (kWh/a)	单位面积能耗[kWh/(m ² ·a)]	节能率
12	10179.94	23.00	547104	53.74	34.55%
10	8967.87	21.32	731974	81.62	—
6	8967.87	19.47	737256	82.21	—
4	8967.87	20.29	740036	82.52	—

(4) 室内热舒适度测试

表 1-5 为 12 号楼的室内热舒适度测试结果。一般来说,舒适度 PMV 值在 -0.5 ~ +0.5 之间为较舒适区域。热舒适度值小于 -0.5 时,室内偏凉,热舒适度值大于 +0.5 时,室内偏热。从测试结果看,12 号楼的室内温度偏高。

室内热舒适度测试结果

表 1-5

测试日期	室内热舒适度测试平均值 (PMV)
2008 年 1 月 22 日	0.63
2009 年 3 月 5 日	0.53

(5) 住户节能行为调查

项目组在 2008 ~ 2009 年采暖季对住户开窗情况和住户温控阀使用情况进行了调查。调查结果统计如下。

1) 住户开窗调查

选取初寒、严寒和末寒期的一天,每小时记录一次住户开窗情况。调查结果表明,虽然安装了新风系统,但是由于室温偏高,住户还是习惯于开窗通风,且南向阳面开窗数量居多。



2) 温控阀使用情况调查

入户调查 116 户, 结果表明, 虽然相对于设计标准室内温度达到 23.8°C , 属于偏热, 绝大多数住户仍表示满意, 而且即使对住户反复进行了温控装置的使用培训, 但多数住户仍不习惯使用温控阀来调节温度。因此应采取方便操作、更有效的末端调节措施, 同时落实收费体制改革, 才能真正改变居民的用能行为。

1.4 围护结构各主要部分节能贡献率分析

图 1-5、表 1-6 为按照实测围护结构传热系数计算的改造前、后围护结构各部位传热量比较。从中可以看到: 改造前, 外墙的传热量占围护结构传热量的比例为 61%, 其次外窗为 36%, 屋面仅为 3%; 改造后, 围护结构各部位传热量所占比例发生了变化, 外窗成为围护结构传热最主要部分, 尽管改造前后单位面积的外窗传热量降低最大 (139.77kWh/m^2)。综上不难看出, 对于惠新西街 12 号楼的节能改造来说, 其围护结构中最有效的是外墙的改造, 其节能贡献率超过了 $2/3$; 其次是外窗; 由于是高层, 屋面的贡献率相对较小。对于外窗而言, 从技术上说如果选用性能更好的外窗降低其传热系数值, 其节能贡献率将会更高, 但同时也会带来成本的大幅提升。

值得注意的是, 此案例中尽管建筑保温性能和气密性大幅度提高, 同时进行了有组织通风, 但由于用户开窗所造成的新风能耗的比例急剧上升, 表 1-7 是改造后围护结构和新风能耗 (新风能耗的计算是通过楼栋总耗热量减去围护结构传热量) 比例, 可以看到, 此时新风能耗和围护结构能耗接近 1:1。因此, 当围护结构大幅度改善后, 应特别注意末端的室温控制, 避免用户过热开窗。

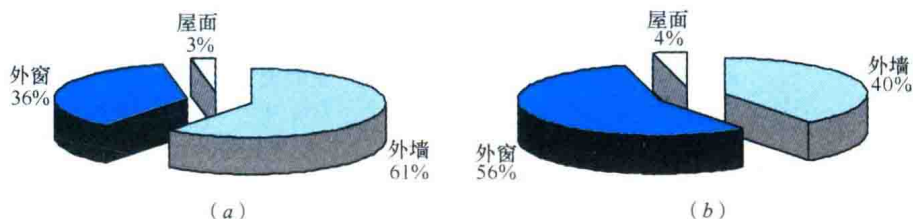


图 1-5 改造前后围护结构各部分传热量比例

(a) 改造前; (b) 改造后



围护结构主要部分冬季总传热量对比

表 1-6

	改造前		改造后		减少量	
	围护结构 传热量 (kWh)	单位围护结构 面积传热量 (kWh/m ²)	围护结构 传热量 (kWh)	单位围护结构 面积传热量 (kWh/m ²)	围护结构 传热量 (kWh)	单位围护结构 面积传热量 (kWh/m ²)
外墙	646311	90.87	112948	15.88	533363	74.99
外窗	389872	235	158010	95.23	231862	139.77
屋面	32688	54.93	10637.1	17.88	22050.9	37.05

新风能耗和围护结构的能耗

表 1-7

	耗热量 (kWh)	单位建筑面积耗热量 (kWh/m ²)	占总耗热量比例
围护结构	281595.1	25.6	51%
新风	265508.9	24.1	49%