

既有公共建筑节能改造 技术与应用指南

上海市建筑建材业市场管理总站 主编
华东建筑设计研究院有限公司

非外借

中国建筑工业出版社

既有公共建筑节能改造 技术与应用指南

上海市建筑建材业市场管理总站 主编
华东建筑设计研究院有限公司

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

既有公共建筑节能改造技术与应用指南 / 上海市建筑建材业市场管理总站, 华东建筑设计研究院有限公司主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017.8

ISBN 978-7-112-21116-6

I. ①既… II. ①上… ②华… III. ①公共建筑—节能—技术改造—指南 IV. ①TU242-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 205505 号

本书内容共三篇, 第 1 篇技术篇 (上海市既有公共建筑节能改造技术措施); 第 2 篇应用篇 (上海市既有公共建筑节能改造示范项目); 第 3 篇资料篇。

本书适合于从事既有公共建筑节能改造的从业人员使用, 也适合于相关专业大中专院校使用。

责任编辑: 范业庶 张 磊

版式设计: 京点设计

责任校对: 王宇枢 李美娜

既有公共建筑节能改造技术与应用指南

上海市建筑建材业市场管理总站 主编
华东建筑设计研究院有限公司

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

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

北京方嘉彩色印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 6¼ 字数: 133千字

2017年11月第一版 2017年11月第一次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-21116-6

(30763)

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)

本书编委会

主任 沈定亮 沈立东
副主任 张德明 田 炜
执行主编 王君若 冒 勤 瞿 燕
委员 白燕峰 于 兵 刘羽岱 殷明刚 寇玉德
夏 麟 韩卫平 王翔宇 胡国霞 冯 君
李海峰 徐雯娴 刘 剑 奚 晨 范昕杰
徐 瑶 叶少帆 朱文彦

主编单位

上海市建筑建材业市场管理总站
华东建筑设计研究院有限公司

支持单位

上海市长宁区城市更新和低碳项目管理中心
上海东方延华节能技术服务股份有限公司


参与单位

上海建科建筑节能技术股份有限公司
上海国瑞环保科技股份有限公司
上海碳索能源环境服务有限公司
上海中金能源投资有限公司
上海普天能源科技有限公司
上海成信建业节能科技有限公司

上海作为国际化大都市，高楼林立，公共建筑体量规模也不断增大，集办公、商场、餐饮、娱乐等多种功能的综合建筑越来越多，能源消耗也不断上涨。大家知道，公共建筑单位面积能耗是住宅单位面积能耗的数倍之多，在资源短缺、能源紧张的当下，如果不对公共建筑日益增长的能耗加以控制和约束的话，形势是十分严峻的。好在市委市政府早有部署，对新建和既有公共建筑一起抓，各有侧重。上海市公共建筑节能工作始于2005年，主要从新建民用建筑进行围护结构保温起步。发展至今，新建民用建筑已全面执行节能设计标准，并且节能设计已经一再提高标准，目前已经是全面65%的节能设计要求了。既有公共建筑节能改造则重在保证舒适度前提下，降低公共建筑使用能耗。每年市政府将公共建筑节能改造任务分解到市各委办局和各区，条块结合，全面推进。另一方面，对于节能改造效果显著的项目，给予资金扶持。十多年来，本市获得了住房和城乡建设部“国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测试点城市（第三批）”、“公共建筑节能改造重点城市示范（第二批）”、“公共建筑能效提升重点城市”等称号。经过多年的实践积累，上海市建筑建材业市场管理总站会同科研、服务等机构组成编制组，选取了100多个典型的公共建筑节能改造案例进行分析、提炼，编写了《既有公共建筑节能改造技术与应用指南》，供社会各界参考、借鉴、应用。

一本好书可以给人启迪和智慧，希望大家阅读此书后，对确有需求进行节能改造的既有公共建筑，赶紧行动起来，开动脑筋，撸起袖子，提升公共建筑能效，降低能源使用。

上海市住房和城乡建设管理委员会副主任



2017年11月

在我国，建筑能耗是继工业能耗、交通能耗之后的第三大社会能源消耗主体。建筑能耗通常是指建筑物日常使用过程中的能耗，主要包括供暖、空调、照明、热水供应、炊事、家用电器以及办公设备等的能耗。随着城市化进程的推进、经济的发展，建筑能耗总量呈持续增长态势，并且增长速度有越来越快的趋势。建筑能耗快速增长的原因在于：一是随着城市化进程的推进，城市人口的增加，以及大规模的城市建设，城镇建筑总面积增加巨大；二是随着室内舒适度要求的提升，服务水平的提高，以及建筑内用能设备的增加，各类建筑单位面积能耗也不断攀升。若任由建筑能耗自然增长，必然给我国能源供应安全带来极大的压力。从历年统计数据可知，公共建筑能源消耗是居住建筑能源消耗的 6 ~ 8 倍。从用能情况来看，上海地区大型公共建筑的单位面积建筑能耗相当于普通住宅类建筑的 5 ~ 10 倍。目前公共建筑体量规模也不断增大，集办公、商场、餐饮、娱乐等多种功能的综合建筑越来越多，能源消耗也不断上涨。为此，如何在保证舒适度前提下，降低公共建筑能耗是一个无法回避的现实问题。

上海市公共建筑节能工作始于 2005 年，主要从新建民用建筑进行围护结构保温起步。发展至今，上海市已逐步形成建筑节能的政策、标准、技术、管理、目标考核等五大体系。建筑节能工作重心也从新建建筑逐步转移到既有建筑的节能改造；从新建建筑的建设管理逐步转移到既有建筑的节能运行管理。上海市公共建筑较多，截至 2016 年底，城镇建筑面积为 98797 万 m^2 ，其中 30879 万 m^2 为公共建筑，超过 2 万 m^2 的大型公共建筑约为 2195 栋，超过 10 万 m^2 的超大型公共建筑也为数不少。为此大力推进既有公共建筑节能改造是今后长期的一项重要工作。

近年来，国家和上海市高度重视该项工作，国务院印发的《“十二五”节能减排综合性工作方案》和上海市政府印发的《上海市建筑节能条例》均对公共建筑节能改造做出了具体部署，列入了节能减排目标考核内容。为切实加强公共建筑节能管理，财政部、住房和城乡建设部启动了公共建筑节能改造重点城市建设工作，2012 年上海市被国家列为全国公共建筑节能改造重点城市，按照目标任务要求，上海市要在两年内完成 400 万 m^2 的公共建筑节能改造任务，且单位建筑面积能耗下降达到 20% 以上。经过努力，上海市不负众望，在全国率先完成了任务，并获得住房和城乡建设部高度评价。

既有公共建筑用能系统复杂，形式多样，同时用能情况还和建筑产权性质、业

主认识、使用管理模式等因素有关，几乎一楼一景。如果实施节能改造，现场施工条件差异也很大，因此节能改造的难度也差别不一。通过这些年的实践，我们也积累了一些经验，例如在确定改造对象时，宜优先考虑技术可靠、可操作性强的建筑。在协商沟通的基础上，优先选择产权单一、建筑业主节能改造意愿强烈的建筑进行节能改造。如果条件相当，则在建筑类型上，优先选择政府办公建筑、文化教育建筑、医疗卫生建筑等公共机构。

目前上海市的公共建筑类型主要集中在办公建筑、宾馆饭店建筑、医院建筑、商场建筑等，不同的业态导致其用能的状态和存在的问题也有所不一。但是这些类型的建筑中，空调和照明能耗占据了很大的比重，空调和照明的节能改造是重点。为此，我们需要理清主要问题和问题的主要方面，因地制宜、采用经济合理、技术可行的方案实施节能改造。主要采取提高冷热源效率、降低空调输配能耗、优化控制调节方式、增设分项计量系统、重视节能运行管理、提倡行为节能等。运用广泛的改造技术有，溴化锂机组和锅炉改造、空气源热泵热水器改造、水泵变频和更新改造、LED 照明灯具改造等。例如，对于办公建筑，可以考虑优化运行策略增加小冷机提高低负荷下冷热源效率、水泵采用变频技术、优化办公设备和照明系统控制策略等措施；对于商场建筑，可以考虑风机变频技术，充分利用新风自然冷源、LED 照明灯具改造等措施；对于宾馆饭店建筑，可以考虑锅炉改造、更换高效空气源热泵、厨房高效灶具、太阳能热水、洗衣房蒸汽回收等措施。

本书内容包括三篇，分别为技术篇、应用篇和资料篇。通过对 100 多个公共建筑节能改造案例的分析，我们以问题为导向、以业主或受委托的物业管理单位需求为基础、以市场配置资源为模式、以经济收益为根本，总结提炼了相关技术的应用，希望本书的内容对社会各界有所启发，可以掀起公共建筑节能改造的热潮。

第 1 篇 技术篇

1 围护结构	2
1.1 外窗改造	2
1.1.1 外窗拆换	2
1.1.2 加窗改造	2
1.1.3 外窗贴膜	2
1.1.4 遮阳	3
1.2 外墙保温改造	4
1.3 屋面保温改造	4
1.4 屋顶绿化	5
2 供暖通风空调及生活热水供应系统	7
2.1 主机、输配系统与末端更换	7
2.1.1 更换冷热源机组	7
2.1.2 更换水泵	12
2.1.3 更换风机	12
2.1.4 更换冷却塔	12
2.2 主机、输配系统与末端变频	12
2.2.1 离心式冷水机组变频	12
2.2.2 输配系统变频	13
2.2.3 冷却塔变频	14
2.3 热量回收	14
2.3.1 燃气锅炉烟气余热回收	14
2.3.2 冷水机组冷凝热回收	15
2.3.3 排风热回收	16
2.4 免费供冷	16
2.4.1 冷却塔免费供冷	17
2.4.2 新风免费供冷	17

2.5	生活热水供应系统	18
2.5.1	更换为燃气热水锅炉	18
2.5.2	更换为 CO ₂ 热泵热水器	18
2.5.3	更换为空气源热泵热水器	19
3	供配电与照明系统	21
3.1	供配电系统	21
3.1.1	契约限额优化管理	21
3.1.2	有源谐波治理	21
3.1.3	无功补偿	21
3.1.4	变压器改造	22
3.2	照明系统	23
3.2.1	利用自然光	23
3.2.2	采用高效节能光源和灯具	24
3.2.3	智能照明控制	25
4	可再生能源应用	27
4.1	太阳能生活热水系统	27
4.2	太阳能光伏发电系统	27
4.3	地源热泵系统	28
4.3.1	土壤源热泵系统	29
4.3.2	地表水热泵系统	29
4.3.3	污水源热泵系统	30
5	监测与控制系统	31
5.1	供暖通风空调及生活热水供应系统的监测与控制	31
5.1.1	主机、输配系统监测与控制	31
5.1.2	空调末端设备监测与控制	32
5.1.3	室内空气品质监测与控制	33
5.1.4	生活热水系统监测与控制	33
5.2	供配电与照明系统的监测与控制	34
5.2.1	供配电系统监测与控制	34
5.2.2	照明系统监测与控制	35
5.2.3	能耗监测平台	36
5.3	可再生能源系统的监测与控制	37

5.3.1	太阳能生活热水系统监测与控制.....	37
5.3.2	太阳能光伏发电系统监测与控制.....	38
5.3.3	地源热泵系统监测与控制.....	38
6	其他	40
6.1	灶具.....	40
6.1.1	更换为高效炉芯.....	40
6.1.2	更换为高效节能蒸汽发生器.....	40
6.2	节能插座与智能插座.....	41
6.2.1	节能插座.....	41
6.2.2	智能插座.....	42
6.3	冰柜加盖.....	42
6.4	运维与优化运行.....	43
6.4.1	冷却塔清洗.....	43
6.4.2	冷凝器自动清洗.....	44
6.4.3	冷冻水温度重置.....	44
6.4.4	水力平衡改造.....	45
6.5	即热型节能电开水器.....	46

第 2 篇 应用篇

案例 1	大润发闸北店	48
案例 2	上海瑞金医院门诊医技楼	50
案例 3	复旦大学光华楼	52
案例 4	闵行春申文化广场	55
案例 5	上海建科大厦	60
案例 6	上海千禧海鸥大酒店	62
案例 7	上海市司法行政大楼	66
案例 8	上海仲盛世界商城	69
案例 9	上海佘山茂御臻品之选酒店	71
案例 10	上海申亚金融大厦	74
案例 11	上海中医药大学附属曙光医院（西院）.....	77
案例 12	上海协泰中心大厦	79

案例 13 上海兴国宾馆	82
案例 14 永新广场	85
案例 15 长宁区公安分局	88

第 3 篇 资料篇

既有公共建筑节能改造推广技术	92
既有公共建筑节能改造相关标准目录	95

第1篇

技术篇

1 围护结构

1.1 外窗改造

建筑外窗是整个建筑围护结构中热工性能最薄弱的部分。单层普通玻璃窗，热工性能差，对建筑节能影响大，是节能改造的重点内容之一。在空调条件下，夏季由单层玻璃窗透过的太阳辐射热所消耗的制冷量约占空调的 20% ~ 30%；同样，冬季因单层玻璃窗保温不足造成的制热量约占供暖能耗的 30% ~ 50%。

既有公共建筑的外窗改造可采用整窗拆换、加窗、贴膜和遮阳等多种节能改造措施。

1.1.1 外窗拆换

外窗拆换是指当钢窗、木窗、铝合金窗等原窗损坏时，拆掉原窗，重新安装节能型窗。门窗材料具体有铝合金断热型材、铝木复合型材、钢塑整体挤出型材以及 UPVC 塑料型材等节能产品。

1.1.2 加窗改造

1. 加一层窗

加一层窗是指在原有外窗的外窗台或内窗台再加设一扇窗户，可以是普通铝合金窗或节能窗，形成双层窗，之间有一定间距的空气层，从而达到保温效果。

2. 单层窗改为多层窗

单层窗改为多层窗是指当原窗为塑料窗，可拆换窗扇压条，改造成中空玻璃窗扇；当原窗为铝合金窗时，可加大窗扇玻璃槽口，将窗扇改造成中空玻璃窗扇。

1.1.3 外窗贴膜

外窗贴膜是指在建筑外窗的内表面或者外表面贴上一层隔热膜。隔热膜作为一种新型节能材料，夏季可以阻挡 45% ~ 85% 的太阳直射热量进入室内，冬季可以减少 30% 以上热量散失。并且当玻璃破碎时，碎片能够紧紧粘贴在玻璃贴膜表面，保持原来形状，不飞溅、不变形；同时玻璃贴膜能够耐受高温，质量较好的玻璃贴膜可以阻挡眩光和 99% 的紫外线。外窗贴隔热膜现场施工及实景图如图 1.1 所示。

与围护结构其他部位的改造相比，对建筑外窗进行节能改造，提升外窗的热工性能、提高外窗气密性，具有成本低、简单易行、施工容易、用时短的特点，同时对现有场所的运营秩序影响也不大。外窗改造适用于窗墙比较大、外窗热工性能较差的公共建筑。示范项目中采用较多的措施是把单层普通玻璃更换为双层中空玻璃和外窗贴膜。



图 1.1 外窗贴膜

1.1.4 遮阳

遮阳可分为内遮阳和外遮阳。采用外遮阳时，在夏季，可将大部分太阳直射辐射和部分的散射辐射能量阻挡在室外，可显著降低室内空调能耗和负荷；在过渡季节自然通风状态下，建筑外遮阳也可以控制进入室内的太阳辐射能量，使室内热舒适度保持在合适的水平，避免使用空调。示范项目的遮阳改造普遍采用的是外遮阳。外遮阳根据设置方式可以分为固定式外遮阳和活动式外遮阳。常用的活动式外遮阳有旋转平板式遮阳、室外卷帘和自动卷帘式遮阳装置。

在建筑的西、南等朝向加设内外遮阳装置，可有效降低夏热冬冷地区建筑夏季空调运行能耗，如能采用智能控制，效果更佳。某项目的室外遮阳实景图如图 1.2 所示。



图 1.2 建筑外遮阳

1.2 外墙保温改造

外墙保温改造是指采用一定的固定方式（粘结、机械锚固、粘贴+机械锚固、喷涂、浇注等），把导热系数较低的绝热材料与建筑物墙体固定一体，增加墙体的平均热阻值，从而达到保温或隔热效果的一种做法。根据节能改造的保温材料设置的位置一般分为外保温和内保温。每种保温体系都有各自的特点，如表 1.1 所示。

各保温形式的主要特点

表 1.1

保温形式	特点
外保温	消除了冷热桥，保温效果较好，保护主体结构，不影响室内面积；但施工不当，易开裂、易脱落，存在安全隐患，且建筑维修不易
内保温	安全性比外保温好，热响应速度快，施工简便；但设计不当，易有冷热桥，且室内墙面上难以吊挂重物；改造期间影响用户正常使用

外墙保温改造适用于窗墙比较小、外墙热工性能差的公共建筑。从示范项目的应用情况来看，外墙保温改造通常是结合建筑外立面改造来进行。

1.3 屋面保温改造

屋面保温改造是指在原有公共建筑屋面增加保温层的措施。屋面保温层应根据建筑物的使用要求、屋面结构形式、环境气候条件、防水处理方法和施工条件等因素，经技术经济比较后确定。保温层不宜选用容重较大、导热系数较大的保温材料，以防止屋面承载过重。屋面保温层也不宜选用吸水率较大的保温材料，以防止屋面湿作业时，保温层大量吸水，带来安全隐患。

在不改变屋面结构形式的前提下，可采用直接增加保温层的做法，这样改造施工方便，成本也较低。增加保温层做法一般可分为以下两种：

(1) 当原有屋面构造基本完好时，改造采用倒置式屋面做法。倒置式屋面能够有效防止保温层内部结露，保温隔热效果好，还能延长防水层使用寿命。倒置式屋面即采用保温层在防水层之上的做法，可避免防水层由温度变化引起的早期破坏以及卷材防水层的鼓包现象、延长防水层的使用年限，并可充分发挥保温隔热层的节能作用。一般做法为“找坡层—找平层—防水层—结合层—保温层—隔离层（可选）—保护层”。选用倒置式屋面的保温材料时，保温材料本身除有较小的吸水率外，还要具有一定的压缩强度，具体应满足《屋面工程技术规范》GB 50345—2012 和《倒置式屋面工程技

术规程》JGJ 230—2010 中的相关要求。

(2) 当原有屋面构造损坏时, 改造采用正置式屋面做法。正置式屋面操作简单, 保证程度高, 维护费用低, 渗漏治理简单。由于防水层直接与环境接触, 在昼夜温差及室外温度的变化下防水层表面易产生较大的温度应力, 经过交替循环后表面延性降低, 变脆、变硬、产生裂缝, 致使防水层在短期内受到破坏。正置式屋面的保温材料应当尽量选用吸水率较小的保温产品, 如挤塑聚苯板、泡沫玻璃等, 目前由于防火的相关规定, 有些地方不能使用有机类保温材料, 因此不得不采用岩棉等有一定吸水率的材料, 此时建议在上面整浇一层细石混凝土加以保护。

常用屋面保温节能改造方案如表 1.2 所示。

屋面保温节能改造方案及适用范围

表 1.2

屋面保温节能改造方案	适用范围
现浇泡沫混凝土屋面保温系统	基本完好、一般损坏或严重损坏的屋面
XPS 板、泡沫玻璃板、泡沫混凝土板屋面保温系统	基本完好的屋面

屋面保温改造适用于屋面面积占外围护结构面积比例较大的建筑, 如低层的办公、商业、医院、学校建筑等。从示范项目的应用情况来看, 建议可结合屋面防水改造一起进行, 节能效果较为明显。

1.4 屋顶绿化

屋顶绿化是指植物栽植在屋顶区域的一种绿化形式。屋顶绿化可保护建筑物顶部, 延长屋顶建材使用寿命; 也可以保温隔热, 减少空调的使用, 节约能源。另外, 屋顶绿化社会效益明显, 大量的屋顶绿化会改善城市环境面貌, 缓解大气浮尘, 净化空气, 缓解城市热岛效应, 削弱城市噪声等。但是, 屋顶绿化需要考虑既有屋面荷载的承受能力以及构造要求, 也需要使用不透水的屋面材料及采用合理的构造处理来达到防水的目的, 此外还需要采取适当的排水措施, 将屋面积水及时排掉, 以减少渗漏的可能性。种植土可选用保水保肥性能优良的轻质营养土, 植物可选用耐干旱、喜光的花草。种植屋面构造做法如图 1.3 所示。

从示范项目的应用来看, 屋顶绿化改造需要考虑屋面荷载的承受能力, 必要时须采取建筑结构加固措施, 可结合屋面大修来进行屋顶绿化改造。种植屋面实景图如图 1.4 所示。

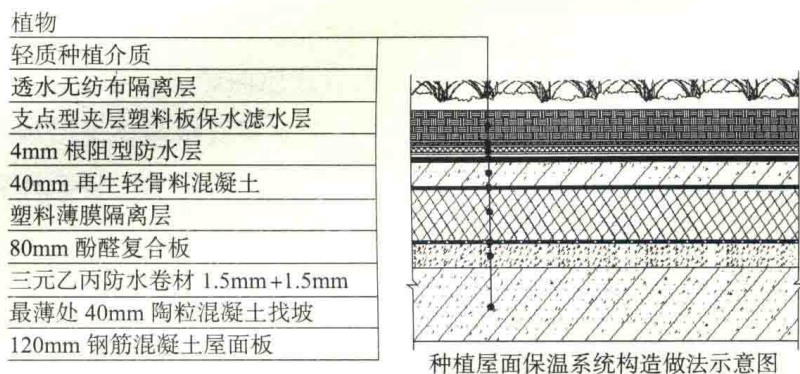


图 1.3 种植屋面保温系统构造做法示意图



图 1.4 种植屋面实景图