



Building Efficiency
Accelerator



建筑能效目标手册

—上海长宁区案例研究—

CarolynSzum、JingHou、NanZhou

劳伦斯伯克利国家实验室

2020 年 3 月

本出版物原版为英文，即 Building Efficiency Targets Playbook。
此简体中文版本由宜可城东亚秘书处安排翻译与编辑。若有出入，应以英文原版为准。

上海长宁区简介

上海地处中国东部，长江入海口，总面积 6,340.5 平方公里，人口超过 2,400 万，气候夏季炎热、冬季寒冷（IOSM，2018）。上海是中国最大的经济中心。2017 年，该区的人均生产总值（GDP）估达 18,450 美元，相当于中等发达国家水平（World Bank，2013）。经济实力卓越的上海市，是中国四大直辖市之一，属省级行政单位，由中央人民政府直接管辖（上海文旅推广网，2019）。上海计划在 2035 年前成为全球金融、贸易和技术创新中心的同时（IOSM，2018），转型成为低碳城市（World Bank，2013）。长宁区位于上海市西城区，是该市的 16 个区之一（IOSM，2018）。总面积 38.30 平方公里，常住人口 69.37 万人（《2018 年上海统计年鉴》；Sherlock 等，2018）。长宁区主要以商业建筑为主，几乎没有工业活动（World Bank，2013）。此外，长宁区也是上海发展低碳经济的前沿阵地。长宁区政府在其“十二五”规划中明确提出了以下愿景：“将长宁区转型为领先的低碳区.....将绿色增长作为本区竞争力的引擎”（World Bank，2013）。长宁区政府期望通过利用国际专业知识，以及试行中国其他地区尚未实施过的创新政策和计划来实现这一愿景（World Bank，2013）。



上海长宁区基本概况

人口：693,700

人均 GDP：190,450 元（2017）

人均居住面积：36.1 平方米（上海市数据）

人均能耗：5,808.8 kWh（2016）

气候：夏热冬冷气候区

图 1. 长宁区地理位置（Wikipedia，2019）和基本概况（Sherlock 等，2018；
《2018 年上海统计年鉴》；C40 城市，2018）

为实现这项愿景，长宁区政府邀请了世界银行和一家国际咨询公司，与上海市节能监察中心（SECSC）开展合作，为制定长宁区的二氧化碳减排目标确定重点行动和投资，就各种方案的减排潜力、成本和实施难度，绘制了成本曲线。

根据减排成本曲线分析，长宁区政府携手中外合作伙伴机构共同开展了一系列上游分析研究，评估技术、经济和财务可行性；确定实施障碍；并为实施减排成本曲线措施，提出政策变更建议。这些分析研究包括：（1）考量提升既有建筑能效（EBEE）是长宁区最大的减排机会，为制定建筑基础/目标提出政策变更建议，和确定既有建筑能效提升的商业模式，所开展的政策研究；（2）低排放新建建筑和近零排放建

筑技术、经济和财务的可行性研究；（3）各类别典型既有建筑能效投资的可行性研究；以及（4）向建筑业主、物业管理公司、节能服务公司（ESCO）和金融机构等主要利益相关者进行咨询（World Bank, 2013）。

这些上游分析和项目准备性研究共同促成了国际复兴开发银行/全球环境基金（IBRD/GEF）的“低碳城市绿色能源项目（Green Energy for Low Carbon City）”。长宁区以该项目提供的 1 亿美元贷款和其他机构投资者提供的 1.46 亿美元，开展既有建筑能效提升、近零排放建筑、分布式发电和绿色出行工作（World Bank, 2019）。

本章节讨论长宁区的减排成本曲线和其他所有有助于促成 IBRD/GEF 项目的准备性研究，但特别将重点置于既有建筑能效目标的制定、实施与提升，以及该区基于能源使用强度（EUI）的目标设定方法。

壹、评估

评估 A：收集现有资源和信息

活动 1：评估现有目标

为成功转型成为中国上海领先的低碳区，长宁区政府首先提出的问题是：国家或地方一级是否制定了任何建筑节能或温室气体减排目标可供该区借鉴和/或协调，以协助建立自愿性既有建筑能效目标和提升计划？通过案头研究和利益相关者参与，长宁区确定了以下内容：

- **中国国家节能和温室气体减排目标** 中国政府承诺在 2005-2020 年间，降低全国二氧化碳排放强度的 40-45%。能源效率（Energy Efficiency, EE）和可再生能源（Renewable Energy, RE）预计将为实现该目标作出重大贡献。此外，根据“十二五”规划（2011-2015 年），中国已承诺将能源强度降低 16%，并在 2020 年将非化石燃料（可再生能源和核能）在一次性能源中的比重由 2011 年的 8% 提升至 15%。
- **上海低碳目标** 上海市政府将“向低碳城市转型”作为“十二五”规划的重点工作之一（SECSC 等，2013）。
- **长宁区低碳目标** 长宁区政府提出了明确的愿景，期望推动该区转型成为上海和中国领先的低碳区。2011 年，长宁区虹桥经济技术开发区被选为上海市 8 个低碳示范区的其中之一（World Bank, 2013）。

活动 2：评估现有政策和计划

在确定了相关目标后，长宁区对国家、省级和市级的建筑能效计划和政策进行了通盘审查，包括：

- 国家建筑节能规范、节能改造政策和经济激励措施；
- 上海市建筑节能规范、节能改造政策和经济激励措施；
- 中国其他城市、其他国家及其省市的建筑节能规范、节能改造政策和经济激励措施；
- 各种建筑能效政策和计划取得的成果；以及
- 现有的市级建筑节能改造业务模式（SECSC 等，2013）。

表 1 和表 2 分别列出了上海长宁区特别关注的现有国家和市级强制性和财政激励政策。强制性政策显示了政府当前的工作重点和其涵盖的公共建筑能源使用配额；总体节能降耗要求；能耗统计研究；以及淘汰高耗能设备和产品。了解强制性政策环境为长宁区奠定建立包括分表计量、能耗基准和能效数据披露能效监测系统的基础。

在激励举措方面，长宁区政府则整理出了上海市当前三种为既有建筑能效提升项目提供补贴的方式。整体而言，长宁区政府认为上海的既有建筑能效提升项目提供了充足的财政补贴，应予以充分利用。

- 《上海市节能技术改造项目专项扶持实施办法》可为实现年节能量在 500 吨标准煤（含）以上的单个项目，提供 300 元/吨标准煤的奖励；
- 《上海市建筑节能项目专项扶持办法》可为节能标准达 50%及以上，单体建筑面积 2 万平方米以上的公共建筑（或面积 2 千平方米以上的单体政府建筑），每平方米最高补贴 50 元；
- 根据《上海市合同能源管理项目财政奖励办法》，中央和地方政府分别可为合同能源管理项目提供 240 元/吨标准煤和 360 元/吨标准煤的财政激励，合计 600 元/吨标准煤。

最后，评估结果表明，长宁区在下列建筑节能方面取得了稳步进展：

- 执行强制性建筑节能规范；
- 探索既有建筑节能改造机会；
- 促进集成可再生能源应用；
- 监察建筑能效；以及
- 提供建筑能效培训（SECSC 等，2013）。

表 1-1. 中国国家和上海市建筑能效政策

序号	政策标题
1	《中华人民共和国节约能源法》
2	《中华人民共和国可再生能源法》
3	《民用建筑节能条例》
4	《公共机构节能条例》
5	《合同能源管理项目财政奖励资金管理暂行办法》
6	《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》
7	《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》
8	《关于进一步推进可再生能源建筑应用的通知》

资料来源：SECSC 等（2013）

表 1-2. 上海市建筑能效政策

序号	政策标题
1	《上海市节约能源条例》
2	《上海市建筑节能条例》
3	《上海市节能减排专项资金管理办法》
4	《上海市建筑节能项目专项扶持暂行办法》
5	《上海市节能减排技术改造项目专项扶持实施办法》
6	《上海市可再生能源和新能源发展专项资金扶持办法》
7	《上海市合同能源管理项目专项扶持实施办法》
8	《市级机关办公建筑合理用能指南》、《星级饭店建筑合理用能指南》、《大型商业建筑合理用能指南》
9	《上海市加快高效电机推广促进高效电机再制造工作方案》
10	《关于做好节能节水、环境保护、安全生产专用设备认定管理和抵免企业所得税工作》

资料来源：SECSC 等（2013）

表 2. 国际政策和计划

序号	国际政策/计划标题	序号	国际政策/计划标题
1	美国联邦能源管理计划（FEMP）	4	纽约市绿色建筑计划
2	可持续墨尔本基金	5	建立智慧纽约倡议
3	西雅图绿色建筑计划		

资料来源：SECSC 等（2013）

活动 3：评估可用数据

数据是既有建筑能效目标设定和提升的核心。无论是确定建筑节能潜力、绘制减排成本曲线，还是建立基准，都需运用大量的建筑用能数据。上海长宁区制定既有建筑能效目标 and 提升计划的其中一项先决条件，是建立并利用图 2 的商业建筑能效监测平台（ECMP）。



图 2. 长宁区建筑能效监测平台界面（SECSC，2019.9）

作为一个集成的在线平台，建筑能效监测平台支持实时监测、分析、处理、交换和公开披露长宁区大型商业建筑的能耗数据。事实上，不少中国省份的省会城市早于 2007 年，便已在住房和城乡建设部（MOHURD）与财政部（MOF）的财政支持下，开始为监测和管理大型商业建筑的实际能耗数据，开发这类建筑能效监测平台（Wu，2019）。

长宁区的区级建筑能效监测平台则一直到 2011 年 7 月才正式开发并投入运行。在启动既有建筑能效目标 and 提升计划后，长宁区建筑能效监测平台连接了 100 栋商业建筑，覆盖范围达该区商业建筑的 63%，每年监测数亿千瓦时的用电量（EFC，2012a）。下图 3 和图 4 分别展示了长宁区内不同建筑类型的分布和能源使用强度。

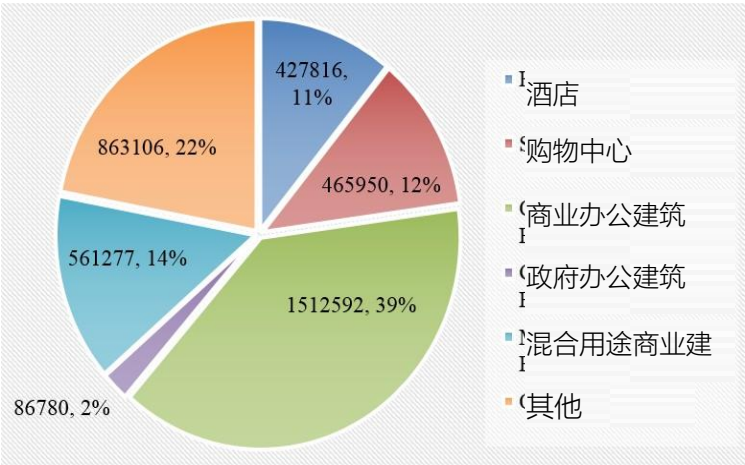


图 3. 长宁区建筑能效监测平台的建筑类型分布（EFC，2012a，

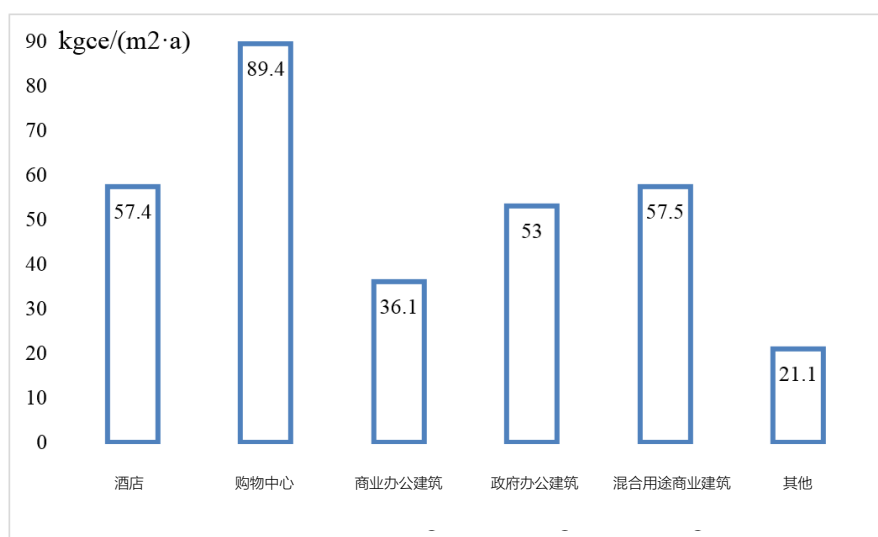


图 4. 长宁区建筑能效监测平台不同建筑类型的能源使用强度 (EFC, 2012a, p.8-9)

通过建筑能效监测平台，长宁区收集到的数据包括：

- 建筑特征

- 地理位置，如：地址；
- 类型和功能，如：办公楼、购物中心、酒店、文化和教育大楼、医院、体育馆、混合用途建筑；
- 建筑规模，如：包括总建筑面积和室内车库建筑面积；
- 施工年份，如：1990 年前、1991-1995、1996-2000、2001-2010 或 2011 年至今；
- 占用率，如：用电人数。

- 建筑能耗数据

- 建筑总能耗和单位建筑面积能耗；
- 最终用途/系统的能耗，如：空调、电力、照明、专用电力、电梯、插座等；
- 不同燃料类型的能耗，如：电力、热能、天然气、太阳能等。

- 其他

- 建筑节能改造信息¹，如：项目名称、示范节能改造建筑面积、节能改造程度、节能量、节能率 (Zhu & Xu, 2016; Chen, 2014) (SABR, 2019)。

长宁区通过建筑能效监测平台收集而来的数据，对了解既有建筑存量，以及促进该区制定和衡量既有建筑能效目标进展而言相当重要 (SABR, 2019)。

¹上海在启动了既有建筑能效目标和提升计划后开发了这一功能。

评估 B：了解益处和潜在障碍

活动 1：评估益处

在对现有目标、政策和计划，以及可用数据进行评估的同时，上海市政府也邀请了世界银行和一家国际咨询公司，与上海市节能监察中心（SECSC）开展合作，为制定长宁区的低碳目标和确定重点减排方案，绘制了二氧化碳减排成本曲线²。

如图 5 所示，项目选择了虹桥经济技术开发区（ETDZ）进行减排曲线研究。拥有 8 万人口的虹桥经济技术开发区，生产总值（GDP）占长宁区总值的 28.5%。该区的生产总值中有 93% 来自于服务业，因此将服务业作为典型减排方案，足以充分代表长宁区。



图 5. 上海长宁区虹桥示范区（World Bank, 2013, p.25）

调查范围包含了虹桥经济技术开发区的 100 栋建筑（6 栋办公楼、13 家酒店、7 个购物中心、46 栋商业建筑、9 栋综合用途建筑和 19 栋其他建筑），并建立了三种替代减排情景（“冻结技术情景”、“实现国家政府目标的基准情景”和“超出国家政府目标的扩展情景”）。另外，项目团队也就各种方案的减排潜力、成本和实施难度，绘制了二氧化碳减排成本曲线（图 6）。这是中国首次开展这类研究，让区政府能够为实现中期二氧化碳减排目标作出明智的决定，并确定应采取的重点行动和投资（World Bank, 2013）。

在减排成本曲线研究的基础上，长宁区发现，若要实现“超出国家政府目标的扩展情景”下的低碳目标，他们将需减少虹桥经济技术开发区 100 栋建筑 18% 的能源消耗，或达成相当于 3.3 万吨煤当量（TCE）的

²有关长宁区如何使用世行成本曲线工具的详细信息，请参见：World Bank, 2013, “将减排成本曲线方法应用于上海长宁区的低碳战略”，华盛顿：世界银行。<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16710>

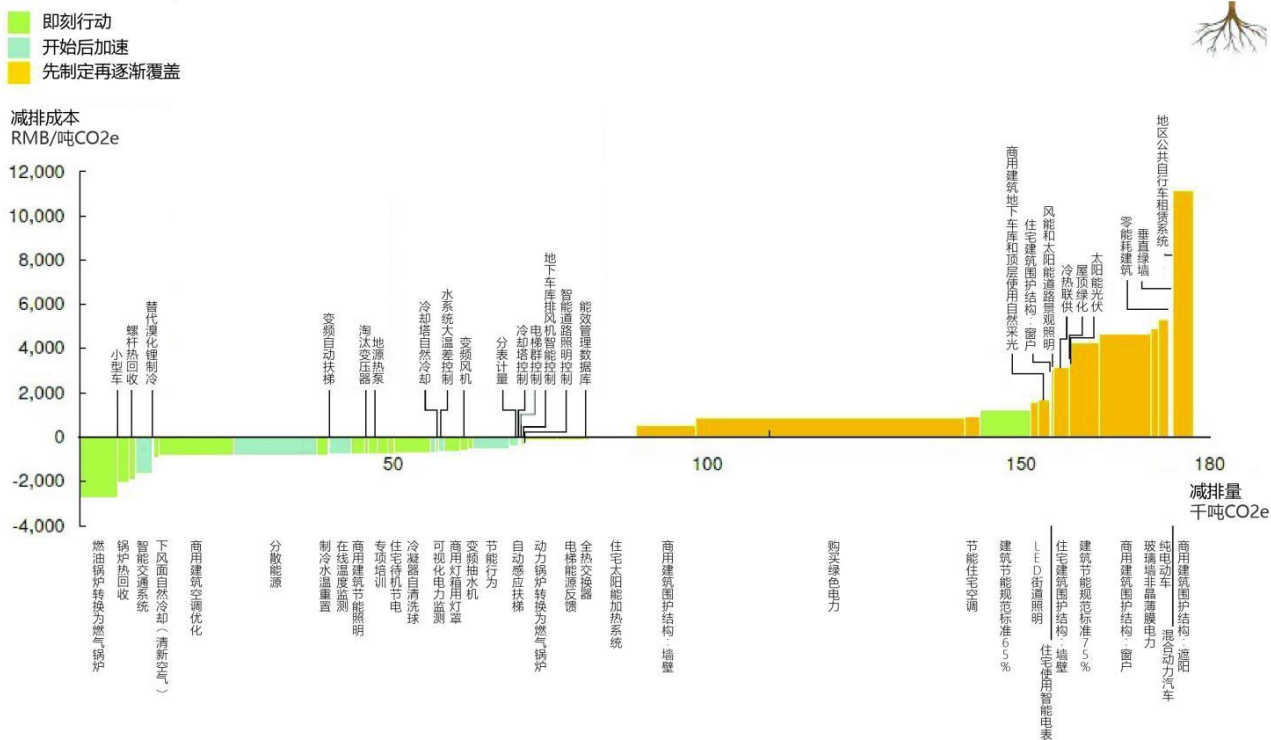


图 6. 2015 年长宁区虹桥经济技术开发区的减排成本曲线及实施难度 (World Bank, 2013)

节能量 (SECSC, 2013)。长宁区也发现，与政府和民用建筑相比，提高既有建筑能效将是该区最大的单一减排机会；而商业建筑的节能改造，则可为该区带来空前的二氧化碳减排机会 (SECSC, 2013; World Bank, 2019)。

活动 2：评估障碍

根据减排成本曲线分析，改造商业建筑将可为长宁区总体自愿性既有建筑能效目标和提升计划，提供绝佳的节能机会。不过，长宁区也列出了制定目标和提升计划的过程中，可能面临涉及节能改造的诸多障碍 (SABR, 2019)：

- **缺乏强制性节能改造政策** 商业建筑节能改造面临的主要障碍在于，若缺乏强制性政策，建筑业主往往不愿投资节能措施。其原因包括：（a）能源成本仅占建筑运营成本中的一小部分，且通常已转嫁给租户；（b）建筑节能改造的投资回报期较长；（c）业主不希望为进行节能改造，中断建筑运营；以及（d）申请贷款、许可证等相关程序复杂。
- **激励分散** 建筑节能改造项目通常会面临激励分散问题，因为改造措施的投资者和受益者往往是不同方。在多数建筑业主未实际占用建筑的情况下，为节能改造措施出资者无法从中获益，而节能的受益者却未支付成本。因此，有必要了解政府实体、建筑业主、物业管理公司、租户、公用事业公司（包括供热公司）和节能服务公司间错综复杂的关系，以为不同群体制定出合适的政策和融资机制。

- **缺乏财务激励机制和商业模式** 金融机构往往基于下列因素，不愿为建筑节能改造项目提供资金：
 - (a) 交易规模小，多介于 15-50 万美元间；
 - (b) 投资回报期长（通常逾 10 年），但多数私营部门投资者无意将资金投入回报期超过 3-5 年的项目；
 - (c) 交易成本和节能服务公司信用风险高，因此资产负债表薄弱；以及
 - (d) 高技术风险，节能改造可能无法达到预期的节能效果。此外，很少有成功的商业模式能够降低这些风险（如：未实现的节能量），最大程度减少融资交易成本，从而吸引投资者对这些规模较小且分散的节能改造项目产生兴趣（SECSC，2013）。

评估 C：确定所需的利益相关者、工具和资源

活动 1：确定利益相关者和分配角色

长宁区在这此阶段所采取的第一步是，确定设计和实施自愿性既有建筑能效目标和提升计划相关的所有利益相关者。长宁区确定的利益相关者包括：

- 市政府，以及如负责学校和医院的单位；
- 建筑业主；
- 运营管理团队/物业管理公司；
- 节能改造项目开发商/节能服务公司；
- 银行等金融机构；
- 租户/公职租赁人；
- 负责节能改造的政府机构（Mao，2019）。

作为此阶段的第二步，长宁区在上海长宁区发展和改革委员会下设立新机构“上海长宁区城市更新和低碳项目管理中心（URLCPMC）”³，旨在负责该区的低碳转型工作，并协调和整合金融机构、大学院校、研究机构和节能服务公司等不同利益相关者（图 7）（SABR，2019）。中心的一项主要任务在于制定和实施既有建筑能效目标和提升计划。事实上，上海市政府和长宁区政府皆相当关注既有建筑节能改造的项目，更成立工作组，为计划的实施工作提供了强有力的领导后盾（Mao，2019）。

³城市始终需要在实施既有建筑能效计划之初指定一个现有机构或建立一个新机构。该机构将从头到尾领导和管理计划实施工作。

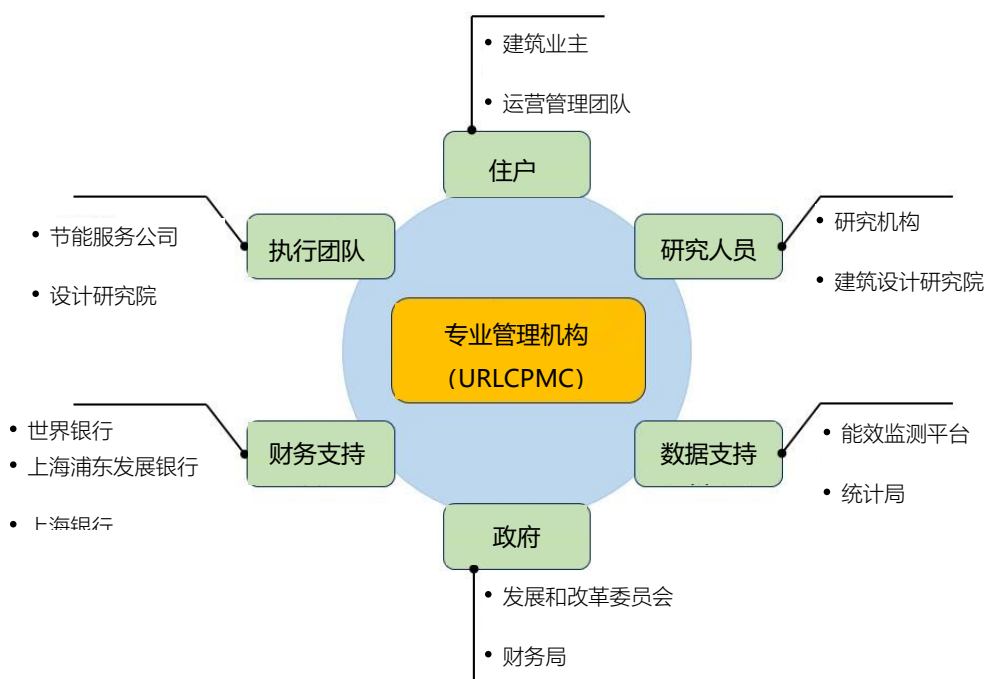


图 7. 长宁区城市更新和低碳项目管理中心的利益相关者整合 (SABR, 2019, p.17)

接着，长宁区建立了一个组织结构（图 8），纳入政府部门、金融机构和市场主体，支持总体既有建筑能效目标和提升计划（SABR, 2019, p.4）。

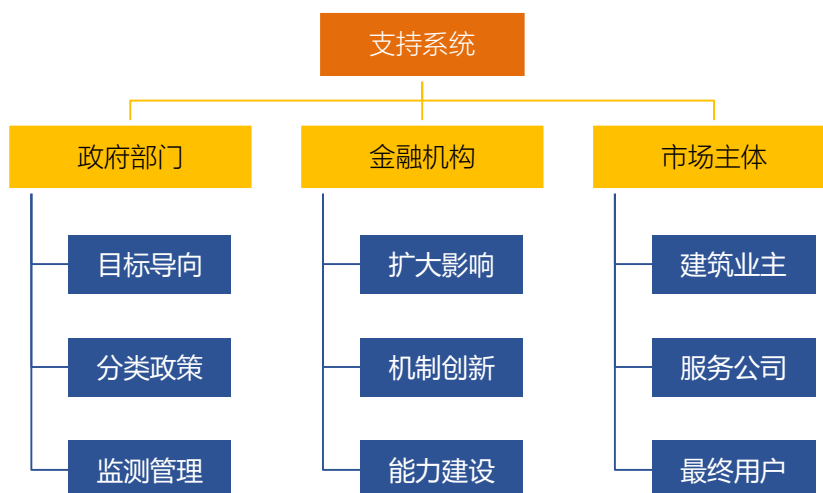


图 8. 长宁区城市更新和低碳项目管理中心的支持系统 (SABR, 2019, p.4)

在设计和实施既有建筑能效目标和提升计划的过程中，长宁区还通过访谈、研讨会和工作坊等形式，广泛与建筑业主、物业管理公司、租户、节能服务公司、国内外专家、金融机构，以及相关的运营商和决策者等主要利益相关者进行协商（SECSC, 2013）。

活动 2：确定工具和资源

最后，长宁区确定了下列支持制定和实施既有建筑能效目标和提升计划时，必要的工具和资源：

工具

- **在线实时商业建筑能效监测平台** 截至 2018 年底，长宁区建筑能效监测平台追踪监测 187 栋商业建筑，覆盖该区大型商业建筑和政府机关建筑的 95%（SABR，2019）。
- **世界银行能源部门管理援助计划（ESMAP）边际减排成本工具（MAC 工具）** 长宁区政府与其合作伙伴在项目的早期阶段即使用此工具，量化各种方案的减排潜力、成本和实施难度，并绘制出建筑改造的减排成本曲线。这有助于阐明既有建筑能效提升对该区实现总体低碳目标的重要性（World Bank，2013；SABR，2019）。选择这项工具的原因在于它不收取费用，且适用于亚洲和全球各地。支持长宁区开展项目的专家顾问也对此工具相当熟悉。长宁区在整体目标和提升计划的实施过程中皆使用了此工具，并随着实际节能改造成果，持续更新数据（Mao，2019）。
- **基准工具** 更新版的长宁区在线商业建筑能效监管平台包含了基准功能（SABR，2019）。
- **建筑能效建模（BEM）工具** 长宁区在制定节能改造计划的过程中使用了 [EnergyPlus®](#)、[DeST](#)、[DOE-2](#) 和 [eQuest®](#) 等工具，以确定节能潜力（EFC，2012a；EFC，2012b）。
- **项目实施计划-计算机辅助工具（PIP-CAT）开发** 长宁区使用了如综合评估工具等计算机辅助工具，来制定既有建筑能效提升项目实施计划（EFC，2012b）。

资源

- 既有建筑能效提升政策和计划相关的国际案例研究；
- 政府通过补贴政策提供的财政支持；
- 世界银行、全球环境基金、ICF International、能源基金会北京办事处等机构所提供的外部专家指导（SECSC，2013）。

贰、制定

制定 A：定义政策或措施的范围

活动 1：选择既有建筑能效目标和提升计划的类型

如<评估 B：了解益处和潜在障碍>中所述，长宁区通过二氧化碳减排的成本曲线，确定其在扩展情景下

的低碳目标。为此，长宁区将需减少虹桥经济技术开发区 100 栋建筑 18%的能源消耗，或达成相当于 3.3 万吨煤当量（TCE）的节能量。长宁区考虑了两种方法以为单一建筑制定能效目标（SECSC，2013）：

- **以国家建筑节能规范为目标** 对城市而言，以建筑节能规范为目标是相当重要的，因为它将更易于实施且更具正当性。
- **以每平方米千瓦时（kWh/m²）计量的能效基准** 通过此方法，上海长宁区采用了四种作法对虹桥经济技术开发区的 100 栋既有建筑进行优先排序，确定了应参与筑能效提升的建筑，并针对各既有建筑制定能效目标，以为实现全区总体 3.3 万吨煤当量的节能目标作出贡献。基于能效表现的基准是城市应考虑的重点，因为它与总体节能减排目标直接相关，且便于测量和验证节能成果（SECSC，2013，p.60）。

以下将详细描述长宁区考虑的上述目标设定方法。

1a. 以国家建筑节能规范为目标

根据中国《公共建筑节能设计标准》要求，若有意改造或扩建既有建筑（且非出于节能目的），则该既有建筑应相比 80 年代的基准建筑，达国家节能标准的 50%。不过，该规范并未要求无改造或扩建计划的既有建筑提高能效。长宁区发现，若以满足 50%的建筑节能规范要求为潜在目标，对虹桥经济技术开发区的所有建筑进行节能改造，则可能因合规性不足，必须对该区九成的建筑进行能效提升。使用此方法的总节能量估计可达 33,400 吨煤当量，总投资为 4.3 亿元，或 120 元/平方米（SECSC，2013，p.58）。

2a. 总体绩效排序：对所有建筑进行能源绩效排序

此方法将虹桥经济技术开发区的 100 栋建筑，依单位建筑面积用电量（kWh/m²）由低到高进行排序，并依照低碳目标设定统一的平均基准，并鼓励能耗量高于目标数据的建筑实施节能改造，以实现总体节能目标。如图 9 所示，虽然 100 栋建筑的平均用电强度为 141.8 kWh/m²，但要实现 3.3 万吨煤当量的总节能量，能效提升阈值应为 153.2 kWh/m²。使用此方法的总投资估计为 4.3 亿元，或 456 元/平方米。

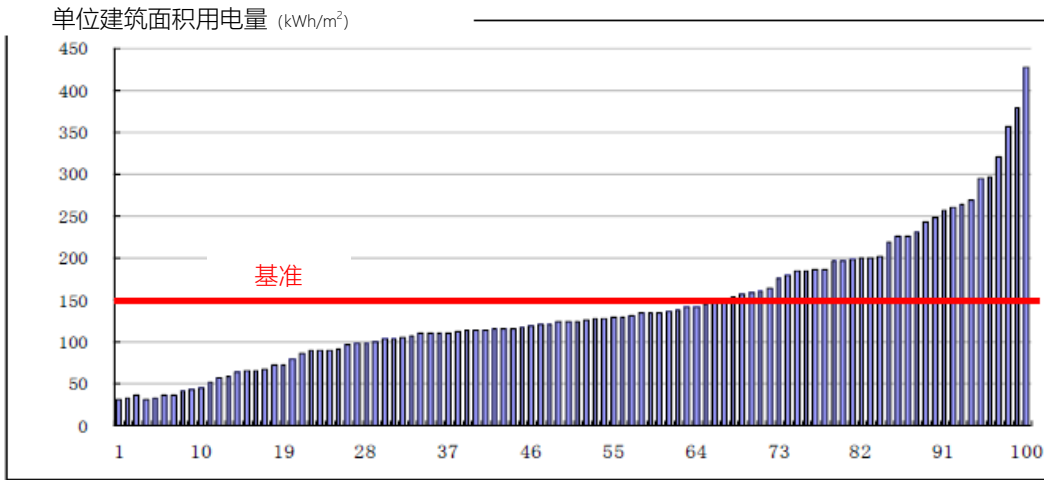


图 9. 对所有建筑进行能源绩效排序（SECSC，2013）

长宁区认为，此方法的缺点在于它虽提供了相对快速、经济高效的建筑能效测量标准，但并未确实考虑各建筑的功能（如酒店和办公楼）与能源服务需求，因此有失为一项公平的比较方法。设有数据中心的办公建筑不应直接与提供全方位服务的酒店进行比较。采用此方法可能导致的结果是，一些具有节能潜力的建筑未被鼓励提高能效；而一些被鼓励进行能效提升的建筑，却未具备能够达标、充分的节能潜力（SECSC, 2013, p.53-54）。

2b. 分类绩效排序：对同类建筑进行能源绩效排序

为考虑不同建筑功能与能源服务需求的差异，长宁区采用了第二种目标设定方法：将不同类别的建筑，依单位建筑面积用量（kWh/m²）进行排序。如下图 10 所示，长宁区将虹桥经济技术开发区的 100 栋建筑分为办公楼、酒店、购物中心、商业建筑、混合用途建筑等六大类。各类建筑相应的平均能源使用强度目标分别为 105.1 kWh/m²、168.0 kWh/m²、236.7 kWh/m²、103.4 kWh/m²、178.6 kWh/m²和 38.9 kWh/m²。通过此方法，长宁区预计可以鼓励 56 栋既有建筑进行能效提升，节能量估计达 3.6 万吨煤当量，总投资为 5.98 亿元，即 244 元/平方米。

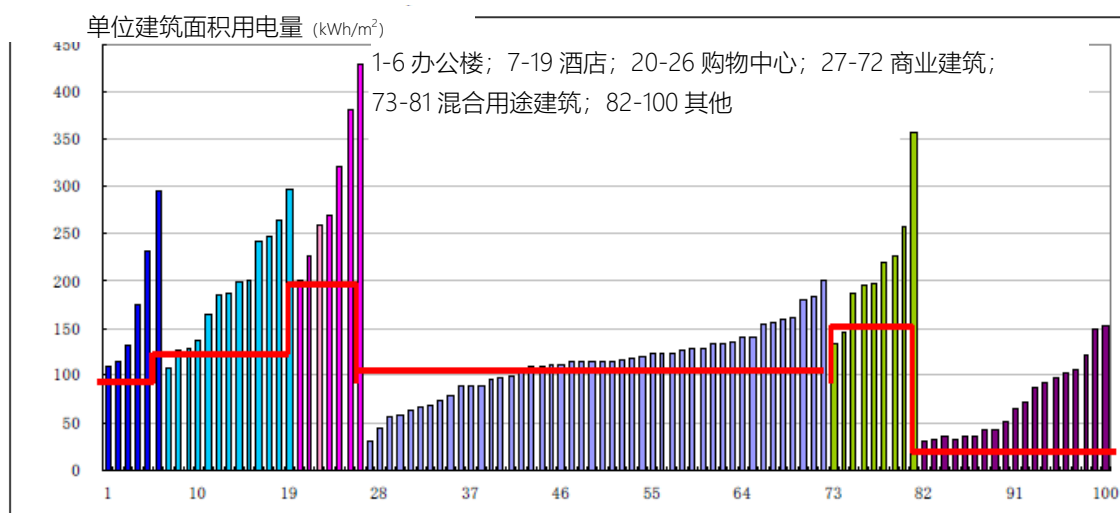


图 10. 将建筑进行分类并以能源绩效排序 (SECSC, 2013)

长宁区认为，虽然相较于总体绩效排序，分类排序的方法已有所改进，但仍无法反映出“同类建筑（如三星级和五星级酒店）也可能因占用率、便利设施等差异，而有截然不同的能耗模式”的事实。这意味着仍有某些能效提升机会成了落网之鱼。分类排序的结果使长宁区发现，仍有 58% 能耗量高于目标的建筑缺乏可行的能效项目，以达成目标所需的节能量（SECSC, 2013, p.54）。

2c. 绩效排序-领跑基准：对同类建筑进行能源绩效排序，并以领跑建筑作为同类建筑的基准

长宁区采用的第三种目标设定方法是以同类领跑建筑的平均建筑能耗（kWh/m²），为不同类别的建筑制定目标（图 11）。所谓“领跑建筑”是指那些在设计上，已符合《公共建筑节能设计规范》，相比 80 年代基准建筑，节能率达 50% 的建筑。

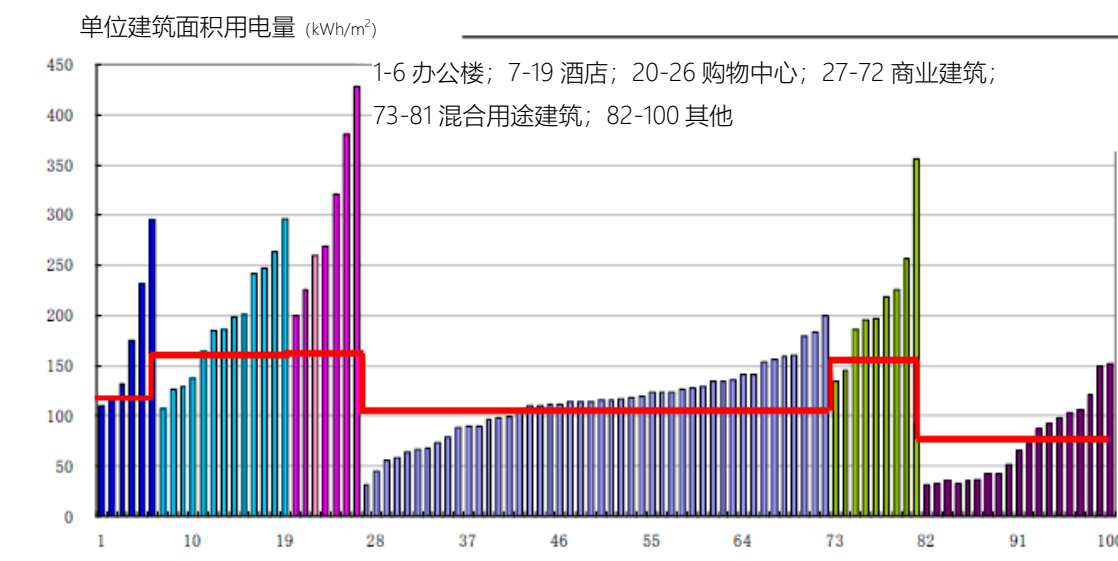


图 11. 对同类建筑进行能源绩效排序，并以领跑建筑作为同类建筑的基准（SECSC，2013）

与分类绩效排序的方法相似，长宁区同样将虹桥经济技术开发区的 100 栋建筑分为办公楼、酒店、购物中心、商业建筑、混合用途建筑等六大类。各类建筑相应的能耗基准分别为 111.7 kWh/m²、151.6 kWh/m²、152.4 kWh/m²、97.9 kWh/m²、144.7 kWh/m² 和 76.4 kWh/m²。通过此方法，长宁区预计可鼓励 64 栋建筑提高效率，节能量估计达 4.8 万吨煤当量，总投资为 8 亿元，即 288 元/平方米。

与分类绩效排序相比，领跑建筑方法针对每类建筑采用了更高的能源使用强度目标，并从而实现了更高的总节能量。不过，它仍然未解决同类建筑可能因占用率、便利设施等差异，产生截然不同的能耗模式的问题，导致错失某些节能机会（SECSC，2013，p.54-55）。

2d. 标准化目标设定：对同类建筑进行能源绩效排序，并以调整后能源使用强度作为同类建筑目标

为解决建筑功能和能源服务需求的差异，长宁区采用的第四种方法将建筑分为：五星级酒店、四星级酒店、三星级及以下酒店、购物中心、商业办公楼、政府办公楼、混合用途建筑等类别。接着，长宁区确定了可能影响建筑能耗的关键因素，并通过线性回归分析法，确定因变量（总能耗）与各种自变量（如：总建筑面积、运行时间、占用率）间的关联性。基于回归分析，长宁区选择了包含具有统计意义的运行特征组合，且可解释因变量特征最大差异的方程式。该方程式使用以下统计方法进行检验：

- $R^2 > 0.5$
- 由两部分组成的显著性检验：回归系数检验和回归方程检验，F 统计量 < 0.0001
- 自相关检验：根据经验法则，Durbin-Watson 统计量应介于 1.5-2.5
- 多重线性检验：两个独立变量间的相关性 < 0.75

使用最优回归方程，长宁区重新计算并调整了每栋建筑的单位建筑面积能耗（KgCE/m²），并根据调整

后的能耗量对建筑进行排序，确定适当目标。分析步骤如下：

- 开展建筑测量；
- 筛查并预先分析收集的数据，以消除异常数据点；
- 将总节能目标分配给每类建筑；
- 进行回归分析，并将总建筑面积确定为每类建筑的关键独立变量；
- 以总能耗为因变量，就各类建筑开发满足上述统计显著性检验的回归方程；
- 根据开发的方程式调整每栋建筑的能耗量；
- 根据调整后能耗量对建筑进行排序，确定 10%、25%、50%和 75%作为每类建筑的候选目标（注：以 10%为目标，代表一成的建筑能效超过目标，将鼓励其余九成建筑提高能效；以 75%为目标，代表四分之三的建筑能效超过目标，并将鼓励其余四分之一的建筑进行能效提升）；
- 以 75%为试行的初步目标，将实际能超过目标的建筑确定为有待提高能效的建筑；分析这些建筑的节能潜力；与总节能目标进行交叉核对；并按需要调整目标百分位数，以确定最终目标，确保超过目标的建筑将有助实现总节能目标（SECSC, 2013, p.55-56）。

根据此方法，长宁区分别为五星级酒店（71 KgCE/m²a）、四星级酒店（47 KgCE/m²a）、三星级和以下酒店（37 KgCE/m²a）、商业办公楼（34 KgCE/m²a）和购物中心（76 KgCE/m²a）制定了最终能效提升目标。通过此方法预期可达成 17,151 吨煤当量的总节能量，总投资为 2.62 亿元，或 161 元/平方米。下页表 3 汇总了采用标准化目标设定方法的详细经济和财务影响分析（SECSC, 2013, p.55-57）。

虽然标准化目标设定方法较前三种方法已有重大改进，但它排除了建筑规模、运行时间等超出业主或管理控制范围等可能影响建筑能耗的主要因素。长宁区在使用此方法的过程中，发现了下列缺陷：

1. 受制于数据资料的可获得性，在确定能源使用强度目标的过程中，仅能对建筑规模和占用率进行标准化处理。一般而言，回归分析应包括建筑规模、运行时间、插座负荷、供暖建筑面积百分比、制冷建筑面积百分比等多项变量，以确定它们对因变量的影响，并从而找出合适的模型，公平比较建筑能效。
2. 虽然制定的目标是基于经标准化处理的建筑规模和占用率，但将建筑实际能源使用强度值直接与调整后的能源使用强度作比较，以辨识需进行能效提升的建筑，并非公平的作法。较公平的作法，是就各建筑调整后的能源使用强度与目标进行比较。

表 3：标准化目标设定的经济和财务汇总

建筑类型	酒店	商业办公楼 (吨煤当量)	购物中心
节能改造投资 (10 ⁶ 美元)	6.81	26.42	4.84
节能量 (吨煤当量)	2,570.6	7,709.7	6,871.2
单位节能量投资 (美元/吨煤当量)	2,648.55	3,427.25	705.22
单位面积投资 (美元/平方米)	19.12	29.30	12.80
需要改造的建筑数量	10	28	5
0-3 年回报率比率	30%	4%	100%
3-5 年回报率比率	0%	18%	-
5-10 年回报率比率	20%	39%	-
10-15 年回报率比率	30%	21%	-
15 年以上回报率比率	20%	18%	-

注：分析参考以下电价：电力、天然气和柴油的能源价格分别为 0.9 元/千瓦时，3.7 元/立方米和 7.79 元/升 资料来源：SECSC, 2013, p.57

3. 根据提供的数据，虹桥经济技术开发区的 100 栋建筑中，仅有 68 栋通过标准化方法进行了分析，节能量为 17,151 吨煤当量。更好的作法是，根据经标准化的能源使用强度，对开发区的 100 栋建筑进行排序，并制定一个能够让所有建筑皆提高能效的目标，以实现总节能量目标（SECEC, 2013, p.57-58）。

活动 2：评估制定既有建筑能效目标的各种方法

下表 4 汇整了各种目标设定方法的优缺点。基于能效的目标设定方法的优点在于，它可直接与总节能减排目标作连结。另外，它对节能量的测量和验证（M&V），是基于总能耗和建筑面积等相对容易获得的

表 4. 目标设定方法的优缺点

基准方法	优点	缺点
基于能效的目标 (kWh/m ²)	- 直接与节能目标相关联 - 测量与验证基于总能耗和建筑面积，易于实施	- 建立目标时，需通过回归分析剔除，或对所有影响建筑能耗但超出业主/管理者控制范围的变量（如，规模、天气、气候、占用、运行时间、类型、插头负荷等）进行标准化处理，以确保节能目标公平，且能为建筑业主/管理者所接受。 - 可能需收集其他数据，和具备回归分析技能。
基于现行建筑节能规范的目标	- 实施更具法理正当性	- 无法直接将节能和减排目标相连结。 - 基于投入和以技术为中心的方法。较少能够选择与实际能效相关、最有效节能措施的灵活习性。

资料来源：SECSC, 2013, p.60

数据。其缺点是，建筑业主和管理者可能因认为目标不公平而不愿接受。这意味着目标设定，必须对建筑规模、位置、占用率、运行时间等会对建筑能耗产生影响，但超出业主或管理者控制范围内的多种变量进行标准化处理（SECSC，2013）。这时便需使用较复杂的回归分析软件，以及大量且可能较难获得的建筑数据。不过，美国环保局的“能效之星®（Portfolio Manager®）”工具⁴等免费开放使用的工具，操作容易，且可对影响建筑能耗的关键驱动因素进行自动标准化处理，对于推进标准化目标设定有所帮助。

以既有建筑节能规范作为目标的优点是，它具有法理上的正当性，且较易于检查合规性。但其缺点是，现行的建筑节能规范多为规范性标准，仅对建筑的采暖、通风和空调（HVAC）系统、照明、隔热等特定部件的能效等级进行规范。意即，即使某栋建筑符合规范要求，也不代表它一定能实现节能，因为若系统和设备管理不善，反而可能导致更高的总能耗量。此外，以规范作为目标无法让建筑业主和管理者灵活选用最具成本效益的节能技术，以实现既有建筑能效目标（SECSC，2013，p.59-60）。

活动 3：估算计划的成本和影响

接着，长宁区为制定既有建筑能效目标和提升计划，估算了各种目标设定方法的成本和影响（表 5）。就单位建筑面积的实施成本而言，现行建筑节能规范方法的成本最低（120 元/平方米），而总体排序方法的成本最高（456 元/平方米）；就总节能量而言，领跑目标设定方法可达成最高的节能量（48,020 吨煤当量），而建筑节能规范方法的节能量则最低（33,438 吨煤当量）。由于标准化目标设定方法仅被用于虹桥经济技术开发区 100 栋建筑中的 68 栋，其节能量仅达 17,152 吨煤当量。为了与其他方法进行更公平的比较，长宁区应将标准化目标设定方法套用于虹桥经济技术开发区的所有建筑（SECSC，2013，p.58-59）。

表 5. 建筑能耗基准方法汇总

					节能改造潜力				
					单位节能量		单位面积		
		总面积	总能耗	投资额	节能量	投资额	投资额		
方法	建筑数	(10 ⁶ 平方米)	(10 ³ 吨煤当量)	(10 ⁶ 美元)	(10 ³ 吨煤当量)	(10 ⁶ 美元)	(10 ⁶ 美元)	节能率	
单位 面积 能耗	总体绩效排序	28	1.24	98.0	82.04	35.3	2.32	66.09	36.0
	分类绩效排序	56	2.45	134.5	86.67	36.2	2.39	35.36	26.9
	绩效排序-领跑基准	64	2.81	154.5	117.12	48.0	2.43	41.74	31.1
	标准化基准	43	1.64	100.5	37.71	17.2	2.22	23.33	17.1
基于国家建筑节能规范		90	3.57	172.45	62.29	33.4	1.80	17.39	20.3

资料来源：SECSC，2013，p.59

⁴美国环保局（EPA）的“能效之星”®Portfolio Manager®工具由此获取：
<https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager>

活动 4：确定对哪些建筑实施计划

根据上述分析和专家协商的结果，长宁区决定通过标准化目标设定方法选定需进行节能改造的建筑，并为各建筑制定目标，以实现总节能量目标（SECSC，2013，p.10-11）。下表 6 列出了虹桥经济技术开发区的选定建筑类型与数量，以及各建筑的总节能量和节能百分比目标（EFC，2012a，p.17）。

表 6. 长宁区 3.3 万吨碳当量节能目标分解表

建筑类型		数量	总节能量（吨煤当量）		节能率
酒店	五星	13	1,577.9	2,876.5	9%
	四星		956.0		
	三星和以下		342.6		
购物中心		7	8,410.6	25%	
商业办公楼		48	10,572.2	32%	
政府办公楼		6	982.5	3%	
混合用途商业建筑		7	7,284.7	22%	
其他		19	2,873.4	9%	
总计		100	33,000	100%	

资料来源：EFC，2012a，p.17

制定 B：参考国家、地区或全球模式，制定适合当地的政策

活动 1：制定政策方案

为促使利益相关者接受总体既有建筑能效目标和提升计划，上海长宁区就一系列切实可行的激励和抑制举措开展了评估（SECSC，2013，p.15）。表 7 列出了长宁区针对不同利益相关者群体所提出的部分措施。不同的利益相关者适用的措施皆有所差异，因此政府在提升政策接受度设计奖惩举措时，须与所有主要的利益相关者进行协商。

长宁区根据该分析结果，于 2013 年 1 月出台了效期五年的新政策《上海长宁区低碳发展专项资金管理办法》。表 8 简述了该政策为既有建筑能效提升提供的相关补助。

长宁区也发现他们还需开展更多研究，以计算将深度节能改造项目较长的投资回报期（8-10 年），缩短至机构投资者可接受水平（3-5 年）所需的额外补贴金额。额外的补贴类型包括：投资回报期长的节能技术补贴，以及为建筑业主和管理者的投资与达成的节能，提供财政补助。

表 7. 针对不同利益相关者可能采取的奖惩措施

		利益相关者					
		业主	节能改造 开发商 / ESCOs	金融机构	租户	节能改造 许可认证 政府机构	市政府 公职 租赁人
激励措施	拨款	X					X
	技术援助与教育	X	X	X	X	X	X
	绿色能效奖	X			X		X
	低息贷款 / 信用额度		X	X			X
	退款	X			X		X
	税收激励	X	X				
	简化许可证申请程序	X	X			X	
惩罚措施	行政处罚和不履行罚款	X					X
	高水电费 / 附加费	X			X		
	黑名单	X					X

资料来源: SECSC, 2013, p.62

表 8. 《长宁区低碳发展专项资金管理办法》对于既有建筑改造的激励政策

政策	概述
节能减排量补贴或投资额补贴	按经审计的实际节能量计算, 提供 1,000 元/吨标准煤的财政补贴。若建筑能效提升显著, 则可按经审计获 25% 的节能改造补贴, 单个项目补贴金额不超过 250 万元。
示范项目鼓励性补贴	根据项目的创新型或设备、系统运行的能效水平, 为单个项目提供 2-25 万元不等的一次性鼓励性补贴。
租金损失补偿	节能综合改造项目因实施改造导致正常营业中断达到 6 个月及以上的, 可对因改造导致的实际租金损失部分给予 30% 补偿, 但单个项目最高补贴额不超过 100 万元。
推进低碳示范区建设的基础性工 作补贴	为建立建筑能效数据在线监测系统、进行评估和评价, 以及开展低碳研究提供补贴, 并为低碳示范区其他低碳项目提供每吨煤当量 1,000 元的补贴。

资料来源: SECSC, 2013, p.12-13

除了财务激励措施, 长宁区也发现, 非财务性激励举措对于成功实施既有建筑能效目标和改进计划同样至关重要。这类激励举措有助于缩短建筑节能改造许可证签发流程, 并通过低碳服务平台为建筑业主、管理者和节能服务公司提供技术援助, 如:

- 估算节能和成本节约潜力;
- 制定节能措施;

- 开展能源审计；
- 获取资金；
- 测量和验证节能量（SECSC，2013，p.13-14）。

制定 C：采纳政策

活动 1：按照建筑类型设定既有建筑能效目标

长宁区确定将使用标准化目标设定方法（见<制定 A：活动 4>）来选定建筑，并为其制定节能目标，以实现表 6 中该区的总体节能目标（EFC，2012a，p.17）。

长宁区将节能改造的目标既有商业建筑分类，并在该基础上分解总体节能目标（表 6）。图 12 展示了具体的执行流程（EFC，2012a，p.15）。

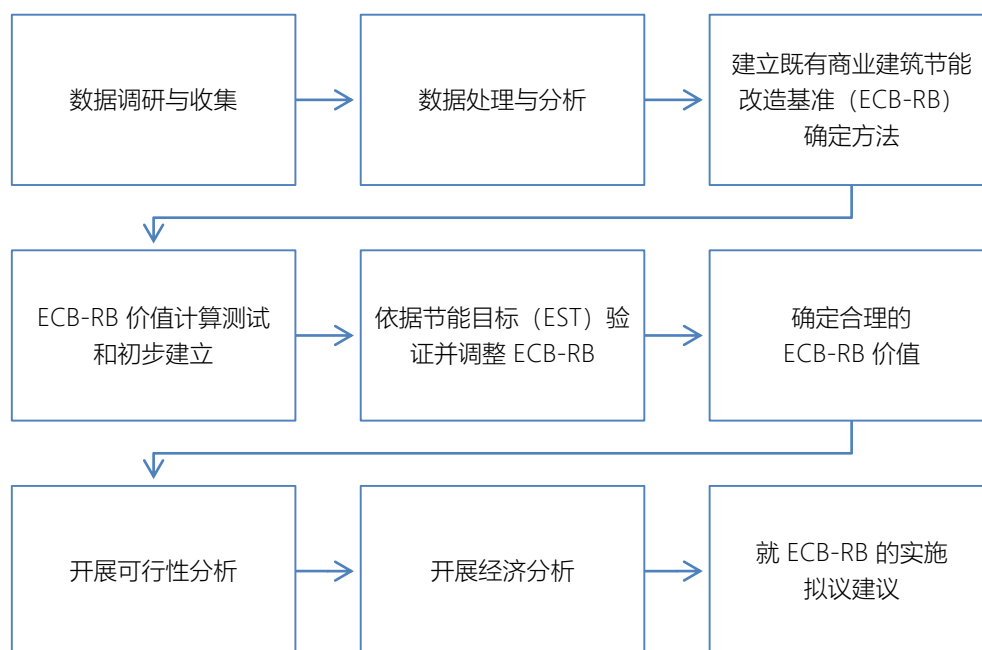


图 12. 分解节能目标，确定不同既有建筑节能改造基准的流程（EFC，2012a，p.15）

活动 2：选择促进既有建筑能效目标和提升计划的政策

长宁区为促成其既有建筑能效目标和提升计划，还采取了下列节能减排要求、管理措施、财务激励和奖励措施。

A. 节能减排要求

长宁区的公共建筑包括公共机构、酒店、购物中心、商业建筑和多功能建筑（购物中心和商业办公楼）等类型。相关节能减排要求分为两个层级：

- **上海市合理用能指南** 长宁区所有星级酒店、政府办公楼和大型商业建筑的能耗均应满足上海市《合理用能指南》的要求。若无法满足指南要求，则应加强节能管理，制定建筑节能改造计划，并采取相应措施。长宁区就星级酒店、政府办公楼和大型商业建筑的合理用能指标作出了定义。
- **国家建筑节能要求** 根据住房和城乡建设部与财政部发布的《关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》，应争取在“十二五”期间，实现公共建筑单位建筑面积能耗减少 20%以上（大型公共建筑应减少 30%以上）（SECSC, 2013, p.63）。

B. 管理措施

- **一般管理措施**
 - **节能监督管理** 长宁区政府节能部门应加强节能监督管理，推动相关部门履行国家《节约能源法》规定的节能职责、加强能耗统计、执行能耗报告制度、实施能源审计、制定建筑节能改造计划、采取节能措施，并提高能源利用效率。
 - **节能目标评估** 长宁区公共建筑业业主应制定“十二五”节能减排目标和年度节能目标，并由该区发展和改革委员会进行年度评估。
 - **能耗通报** 长宁区应依据公共建筑节能目标年度评估结果，通报未达节能目标公共建筑的能耗量和节能目标实施情况。
 - **淘汰禁用用能设备** 根据工业和信息化部《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》和《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》，淘汰公共建筑禁用的用能设备与技术（SECSC, 2013, p.63-64）。
- **公共机构管理措施**
 - **能耗测量** 应对公共机构采用建筑能耗分表计量系统，按能源类型和能源使用系统单独测量能耗，并加强相关监测与测量管理。
 - **实施能耗配额制度** 应严格执行国家能耗配额制度。
 - **节能产品采购** 优先使用《节能产品政府采购品目清单》中的产品。
 - **预算评估** 节能目标的实施情况应纳入财务预算体系，并依各自的能耗配额核查能耗预算。
 - **负责人评估** 公共机构负责人应主导该机构的节能管理工作；节能目标的实施情况应纳入公共机构负责人绩效考核的内容（SECSC, 2013, p.64）。
- **国家筹建的公共建筑管理措施**
 - **负责人评估** 应将长宁区国有公共建筑节能目标的实施情况纳入目标责任制管理评价体系，并

实施相应的奖惩措施。若公共建筑未能通过评估，则应通报谴责相关负责人（SECSC，2013，p.64）。

C. 建筑节能改造激励政策

建筑激励政策的实施对象包括：实际能耗强度较低或低于能效提升目标值，但仍有高节能潜力的建筑（SECSC，2013，p.64）。

D. 财政支持

长宁区自其管理资金中提拨用于节能减排的专项资金，以支持既有公共建筑进行节能改造。其中包括2012年12月28日通过《上海长宁区低碳发展专项资金管理办法》发放的资金（SECSC，2013，p.65）。

- 建筑节能改造前期支持
 - **能源审计** 对能耗超过 2,000 吨标准煤的公共建筑实施能源审计等工作，每年提供的补贴不应超过 8 万元；对能耗介于 500-2,000 吨标准煤的公共建筑，补贴则不应超过 4 万元。于 2012 和 2013 年实施能源审计的建筑，应获得审计费用的全额补贴；补贴比例应在往后数年间逐步调降。
 - 为建立建筑能效数据在线监测系统维护（采购服务）提供资金支持；
 - 为购买外包检测、评估和其他专业知识提供资金支持；
 - 为开展低碳发展研究项目、能力建设等提供资金支持。
- 为建筑业主和物业管理者提供节能改造的补贴：
 - **建筑综合节能改造项目** 按实际节能投资金额的 25%进行补贴，但对单栋建筑的补贴金额最高不超过 250 万元。补贴额应为改造后设备非折旧价值与实际保留收益间差额的 50%。此外，新发放的长宁区专项资金按节能量为节能改造项目提供补贴。对节能量可达到 50 吨煤当量或二氧化碳当量以上减排量的项目，专项资金将提供每单位节能量 1,000 元的补贴。建筑能效提升显著的项目，可按节能改造实际投资金额的 25%提供补贴。
- 单项节能技术改造项目⁵
 - **高能耗建筑改造** 既有公共建筑相关的锅炉和电梯节能改造，应按节能率进行补贴。燃煤锅炉替代项目的补贴标准为每蒸吨 12 万元。
 - **外墙、门窗和遮阳改造** 既有公共建筑相关的门窗和遮阳改造，应按总投资金额的一定比例进行补贴。

⁵长宁区顺利地实施了“建筑综合节能改造项目”补贴，以有限的资金扶持，最大限度地实现了节能量。因此，长宁区实际上并未为单项技术提供补贴。

- **空调和照明系统改造** 应根据节能量对空调和照明系统改造进行补贴，且应分别为空调和照明系统设定补贴的最高限额。长宁区专项资金也为围护结构改造项目和绿色户外照明改造项目提供财政支持。补贴额由区发改委和相关机构进行审查，且需获得区政府批准。
- **可再生能源应用** 太阳能应用应按集热板每平方米收益面积进行补贴。太阳能光伏发电系统应按装机容量进行补贴，每台机组的补贴金额不得超过最高限额。建筑年度可再生能源替代量可以自其年度综合能耗中扣减。新发放的长宁区专项资金也支持开发分布式发电系统和可再生能源项目。专项资金按投资额的 20% 给予补贴，单个项目补贴总额不超过 300 万元。可再生能源项目的年度能源生产量不得低于 100 吨碳当量。
- **屋顶绿化** 既有公共机构的屋顶绿化建设和维护应纳入部门财务预算。长宁区政府应按面积为屋顶绿化和垂直绿化提供补贴（SECSC, 2013, p.65-67）。
- 合同能源管理项目的补贴应按节能量提供。补贴标准为每单位节能量 500 元，且应提供等同于实际节能投资额 15% 的一次性补贴。对获得市级专项激励资金的项目，长宁区应按 1: 1 比例给予匹配资金。单个项目的补贴总额不应超过 200 万元。对于可满足既有建筑节能改造标准要求达 55% 以上、单体公共建筑面积超过 2 万平方米的试点项目，应按单位建筑面积给予补贴。此项补贴不得与其他补贴同时使用（SECSC, 2013, p.67）。
- 上级政府与长宁区扶持资金差额管理。若已有其他中央和市级财政资金支持 and 激励政策，则上述长宁区应提供补贴的建筑节能改造项目，应优先申请中央和市级资金支持。若中央和市政府提供的补贴额度低于长宁区的标准，长宁区政府则应就差额部分给予补贴。专项资金也为获得中央或市级财政资金支持的项目提供共同资助。长宁区也按节能量提供示范项目 2-25 万元不等的鼓励性补贴（SECSC, 2013, p.67）。
- 持续为推广节能产品政策提供补贴。
 - **节能照明** 上海市政府节能照明财政补贴的范围为：通过公开招标并与节能产品供应商签订协议并实施，按照中标协议供货价格 30% 给予补贴。产品类别包括：荧光灯、三种主要的双端荧光灯（T8、T5）、金属卤化灯、高压钠灯和发光二极管（LED）。
 - **节能空调** 按国家财政部、国家发展和改革委员会、工业和信息化部发布的《节能产品惠民工程高效节能房间空气调节器推广实施细则》规定的补贴标准，长宁区在推广期（2013 年 6 月 1 日）结束后，应以区政府资金提供补贴（SECSC, 2016, p.67-68）。
- 业务中断补贴。因实施节能综合改造项目导致正常运营中断达六个月及以下的建筑，长宁区应就因改造导致的运营损失，给予一定数额的补贴。若节能改造工程时间需长达六个月或以上，长宁区专项资金还将按因改造导致的实际租金损失，提供 30% 的补贴。单个项目补贴金额不超过 100 万元。
- 产生特殊重要影响的项目补贴。对于能产生如外墙改造等特殊重要影响的建筑节能改造项目，应采“一案一策”的原则提供补贴。

- 未达标建筑节能改造项目评估。对于未能达成目标的建筑节能改造项目，应根据实际投资扣除一定比例的补贴（SECSC, 2013, p.68）。

E. 奖励措施

- 建筑节能改造示范项目奖励。对于采用节能建筑围护结构、可再生能源或新技术，且改造后节能达 55%，并经审查获评为长宁区建筑节能改造示范的项目，应给予不超过 25 万元的奖励。
- 先进机构和个人奖励。对于在促进建筑节能改造、节能管理、降低能耗工作中作出显著成绩的长宁区有关部门、用能单位和物业经理，应予以奖励。此外，专项基金也给与每个示范项目或先进人员提供 20-25 万元补贴作为表彰和奖励（SECSC, 2013, p.68）。

制定 D：制定实施计划

活动 1：制定实施计划和时间表

为实现将虹桥经济技术开发区降低 100 栋既有建筑 18%能耗（相当于 3.3 万吨煤当量节能量）的目标，长宁区采取了三阶段的实施计划：

- **第一阶段** 聚焦改善实际 EUI 高于目标值的建筑，以较低的成本实现节能潜力（如：运营改善、照明节能改造）；
- **第二阶段** 聚焦改善实际 EUI 高于目标值的建筑，以较高的成本实现节能潜力（如：围护结构节能改造）；
- **第三阶段** 聚焦改善实际 EUI 高于目标值，但实际节能潜力较小的建筑（SECSC, 2013, p.62）。

此外，长宁区还根据世界银行五年的项目期限和营销周期⁶理论，制定了既有建筑能效目标和提升计划时间序列计划（EFC, 2012b, p.22）。

- 单一既有建筑能效周期 = 营销周期 + 理论建设期；
- 在世界银行项目的五年（60 个月）期限内，完成所有 100 个既有建筑能效项目；
- 借助“建筑能效项目实施计划——计算机辅助工具（Building Energy Efficiency Project Implementation Plan – Computer Aided Tool, PIP-CAT）”。

⁶ “营销周期”是指从谈判开始到签订合同的时间。

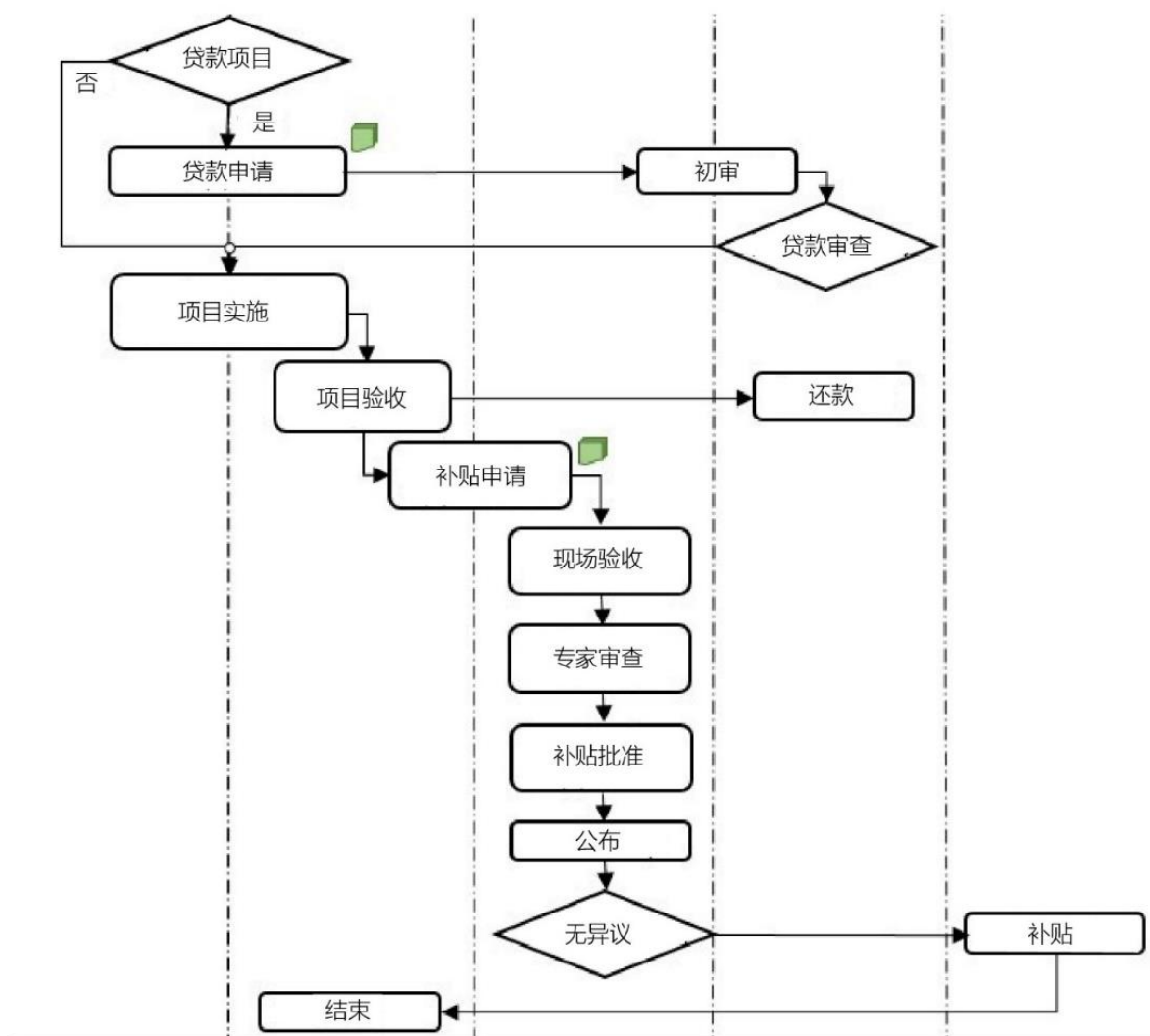


图 13：双重激励和抑制措施条件下，既有建筑进行节能改造决定与实施过程（EFC，2012b，p.22）

叁、实施

实施 A：实施节能行动

活动 1：分析既有建筑能效提升计划实施过程中可能出现的问题

负责长宁区既有建筑能效提升计划的专门管理机构——长宁区城市更新和低碳项目管理中心（URLCPMC），致力于既有建筑能效目标和提升计划实施过程中，多种潜在问题的发生。管理中心提供了完善的激励政策、财务说明、可行性分析和其他专业服务。与传统模式相比，长宁区城市更新和低碳

项目管理中心成功在完善促进低碳工作的管理体系和机制的同时，解决了三个可能的关键问题（表 9）（SABR，2019，p.17-18）。

表 9. 专业管理机构与传统模式比较

潜在问题	专业管理机构模式	传统模式
问题一 业主投资回报的不确定性	- 方法：政策和财务说明 - 影响：协助业主了解项目投资回报，并作出快速判断 - 过程：在能效诊断过程中，组织专家开展评估	- 方法：由业主或第三方进行测量 - 影响：对于专业管理组织而言，计算结果不够全面
问题二 节能改造双方对项目成本、技术和效果的不信任	- 方法：专家审查制度 - 影响：从公平和权威第三方的角度，评估节能改造计划和结果，以消除业主与服务公司间的信任问题 - 过程：在重构过程中组织专家开展评估	- 方法：第三方服务公司单独与业主进行沟通 - 影响：业主与服务公司仍存在信任问题
问题三 能否获得财政补贴？	- 方法：试行前申报制度 - 影响：节能改造项目启动时，双方确定项目内容、技术、节能率和管理要求，并确保项目后期能够成功获得补贴 - 过程：接受申报	- 方法：项目完成后申请补贴 - 影响：许多项目不满足补贴要求，丧失补贴资格

资料来源：SABR，2019，p.17-18

活动 2：为既有建筑能效提升计划制定项目管理流程

如图 14 所示，长宁区城市更新和低碳项目管理中心实施了详细的项目管理流程，以为参与既有建筑能效目标和提升计划的建筑业主提供全面支持（SABR，2019，p.19）。项目管理流程中，主要利益相关者的角色明晰。每个流程皆可能涉及多个利益相关方；而每个利益相关方也可能参与在不同的流程中。

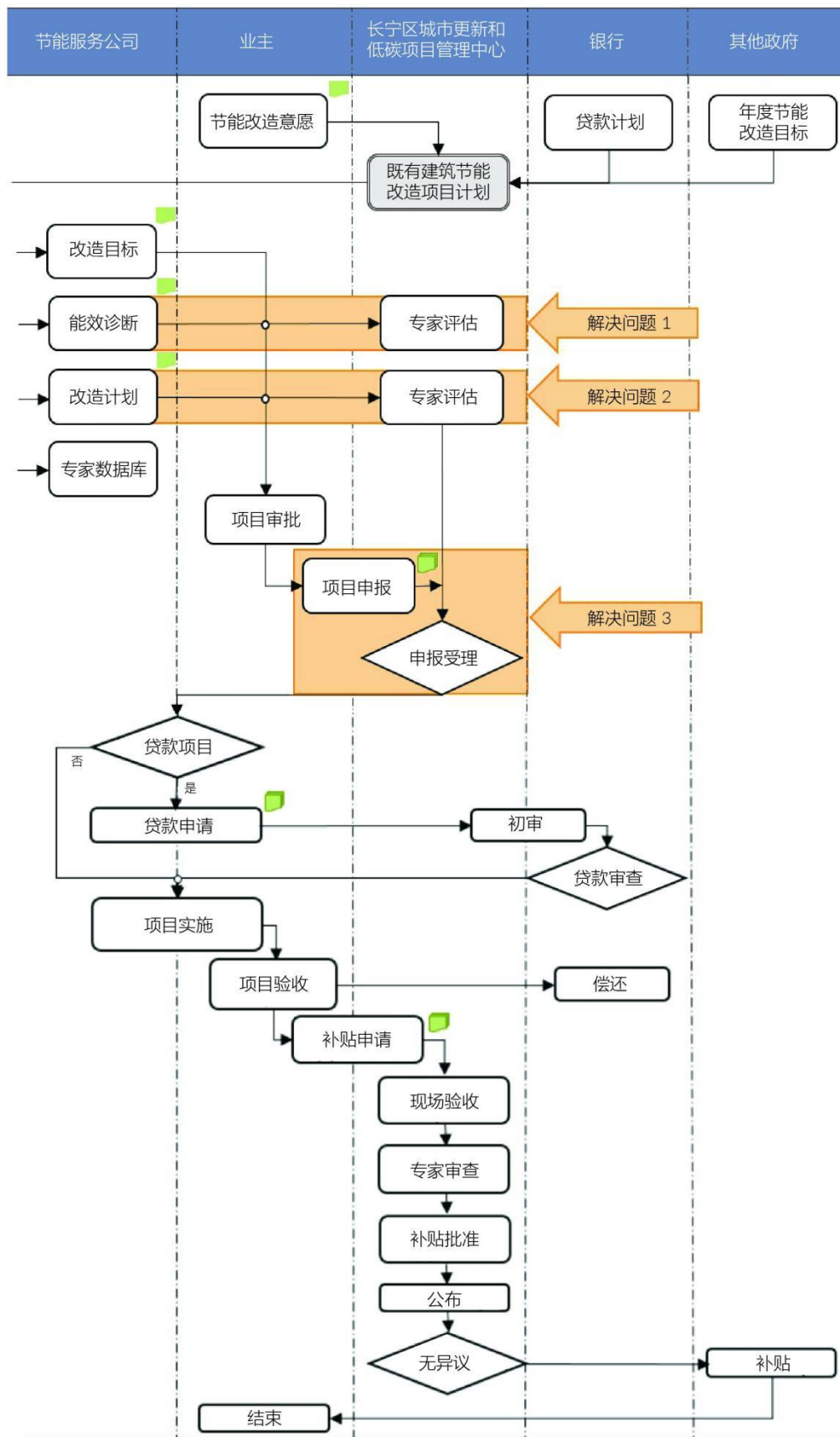


图 14. 长宁区城市更新和低碳项目管理中心实施既有建筑节能改造项目管理过程 (SABR, 2019, p.19)

实施 B：监测进展，做出调整，立即采取行动解决出现的问题

活动 1：监测进展

为测量和评估既有建筑能效目标和提升计划的进展，长宁区选择了下列关键绩效指标：

- 实施节能改造的建筑数量；
- 实施节能改造的总建筑面积；
- 通过节能改造实现的节能量；
- 通过节能改造实现的节能率；
- 通过节能改造实现的二氧化碳减排总量；
- 节能改造项目获批的总补贴额；
- 目标实现百分比。

根据上述关键绩效指标，长宁区城市更新和低碳项目管理中心实施了既有建筑能效计划，并定期审查计划进展。考量由于既有建筑能效提升项目易受无法控制的外部因素影响，难以审查年度进展，长宁区特别采用了具有灵活性的进展监测方法，将既有建筑能效计划的进展评估与世界银行的分阶段评估要求相结合，或根据上海市或长宁区政府的要求进行（EFC，2012a）。

活动 2：针对出现的问题，建立解决问题的反馈机制

长宁区高度重视其既有建筑能效目标和提升计划中相关技术的有效性和政策成效，并在反馈机制的基础上不断优化和完善技术解决方案和政策体系，使它们更贴进市场的实际需求（SABR，2019，p.20）。长宁区城市更新和低碳项目管理中心更建立了技术效果反馈机制（图 15），以辨识优秀的节能技术、开展新技术研究，并指导业主和第三方采用合适的技术。

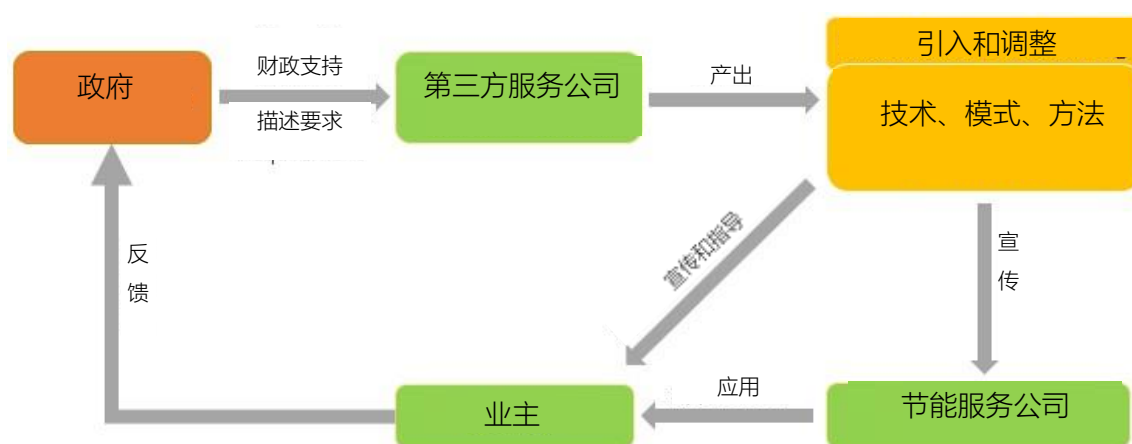


图 15. 长宁区政策效果反馈机制（SABR，2019，p.20）

长宁区城市更新和低碳项目管理中心也相当重视政策成效。他们评估了政府发布的既有建筑节能改造政策的实施效果，提出政策意见和建议，并为政府政策的优化和完善作出贡献（图 16）（SABR，2019）。

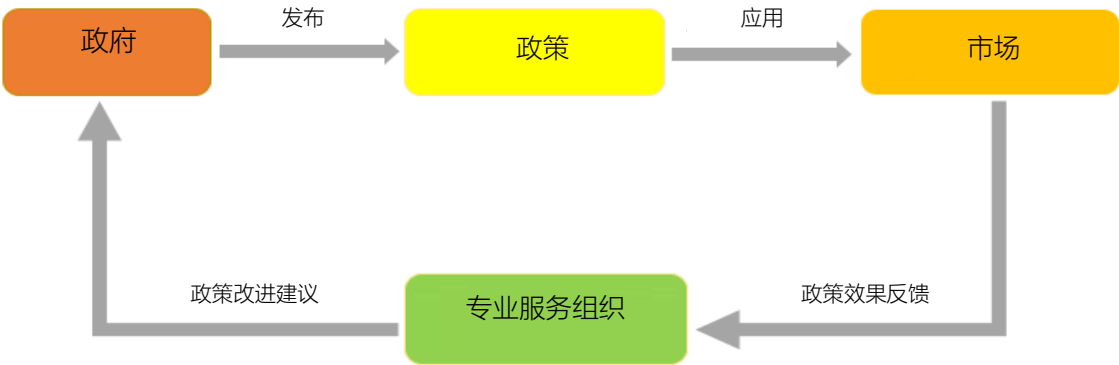


图 16. 长宁区政策效果反馈机制（SABR，2019，p.20）

实施 C：向利益相关者和公众展示成果

活动 1：向利益相关者展示成果

长宁区按照实施计划分阶段实施了既有建筑能效提升项目。期间，长宁区采取了全面措施来促进既有建筑能效目标和提升计划，并获得了下列重大成果（SABR，2019）：

- 完成 45 栋既有建筑的节能改造，能效升级总建筑面积达 287 万平方米；
- 总节能量相当于 31,233 吨标准煤⁷；
- 减少 63,285 吨二氧化碳排放；以及
- 上海市长宁区政府为 18 栋建筑提供总计 2709.5 万元的补贴⁸（SABR，2019）。

活动 2：向公众展示成果

长宁区城市更新和低碳项目管理中心参加了“第二届中美气候智慧型/低碳城市峰会”、“中亚区域经济合作计划-低碳城市发展国际论坛”和“国际能效合作伙伴关系组织能效融资工作组技术研讨会”等国际会议，并与亚洲银行、C40 和其他国际组织建立联系，分享长宁区在既有建筑能效目标和提升计划方面的宝贵经验。同时，中心也通过专业论坛、示范项目手册、宣传视频和节能培训，向中国其他地区介绍长宁区项目的优秀案例，以扩大项目影响力（图 17）。

⁷此处节能量基于每栋建筑节能计划中的节能量计算，非实际测量值。

⁸由于每个节能项目的补贴支付有延迟，最终的实际补贴额高过此数值。



(a) 长宁区宣传片



(b) 示范项目手册



(c) 最终总结会议



(d) 最终总结会议报告



(e) C40 中国建筑项目签约仪式



(f) 中美低碳峰会发言

图 17. 长宁区政策效果反馈机制 (SABR, 2019, p.21)

肆、改进

改进 A：审查和评估实施、影响和潜力

活动 1：继续扩展和完善建筑能效监测平台

长宁区建成了该区的首个建筑能效监测平台（见<评估 A：活动 3-图 2>），并于 2011 年 7 月正式投入运行。当时，长宁区的建筑能效监测平台涵盖了 100 栋商业建筑，占该区商业建筑的 63%。

随着既有建筑能效目标和提升计划的推进，建筑能效监测平台再新增连结 187 栋商业建筑，有效覆盖了该区大型商业建筑⁹和政府办公楼逾 95%。而除了新增覆盖建筑，长宁区还扩展并升级了该平台的多种功能¹⁰，使它不仅能支撑政府工作，更可为其他相关利益相关者提供支持（图 18 和 19）（SABR，2019，p.47-55）。

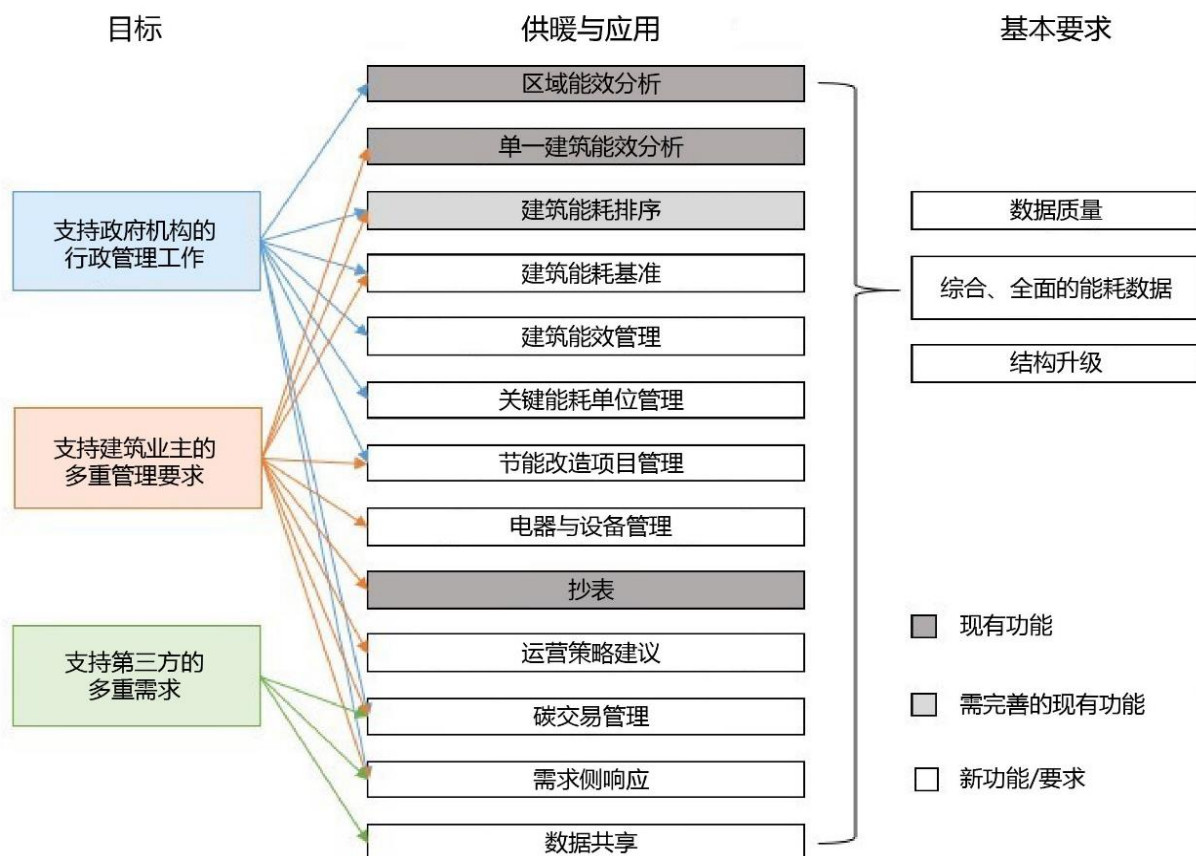


图 18. 2016 年长宁区建筑能效监测平台的顶层设计结构示意图（SABR，2019，p.48）

⁹大型商业建筑是指单一建筑面积超过 2 万平方米、设有中央采暖、通风和空调系统的商业建筑。

¹⁰长宁区日后对其建筑能效监测平台进行些微调整，删除了“碳交易管理”功能。

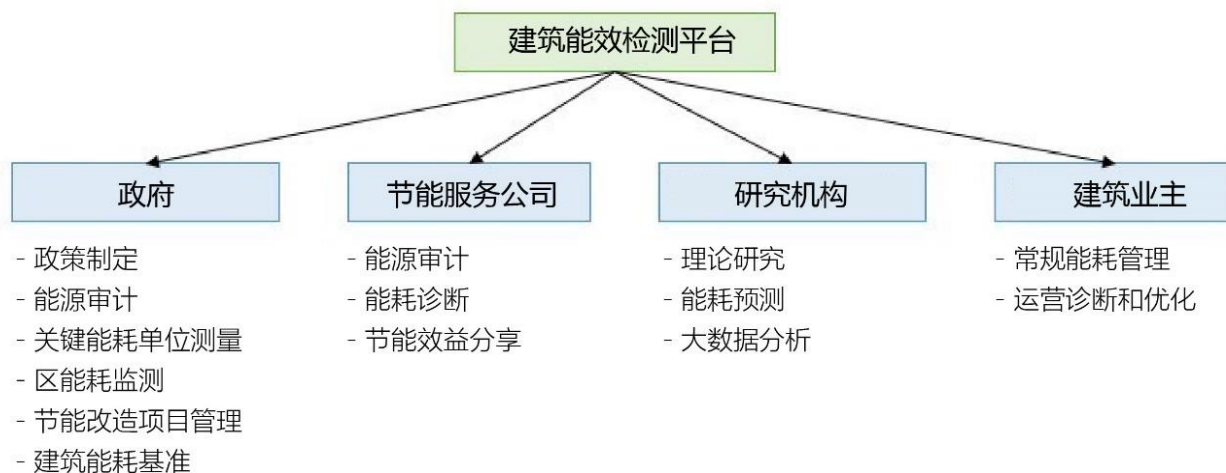


图 19. 2016 年长宁区建筑能效监测平台的顶层设计结构示意图 (SABR, 2019, p.48)

在功能创新、数据准确性和广泛应用方面，长宁区当前的建筑能效监测平台在上海市乃至全国范围内，均处于领先地位。它的规格不仅已超越了项目原定平台建设计划的指标，更引领上海市其他区域跟进，建立建筑能效监测平台。

在项目推广的过程中，该平台不仅为政府提供了强有力的数据支持，以确定低碳建设目标、制定分类政策和进行过程监督，还促使政府迈向精细化的管理模式转型。同时，它也为建筑业主和节能服务公司提供了有效的工具，以加强能源管理、发掘节能减排潜力、实现商业合作、宣传建筑节能和促成节能减排市场化。随着平台上存储的数据量日渐增加，架构模块升级更新，应用深度和广度逐渐扩大，建筑能效监测平台将持续为长宁区和上海市的低碳城市建设提供长期性的服务与支持。

活动 2：根据实际数据更新二氧化碳减排成本曲线

长宁区在项目的最初阶段所绘制的二氧化碳减排成本曲线（见<评估 B：图 6>），同时包含了各种减排方案的成本、减排潜力和实施难易度，但其中成本和潜力值均为理论估算。该成本曲线使长宁区政府得以就其目标作出明智的决策，确定如提升既有建筑能效等行动重点（World Bank, 2013）。随着既有建筑能效目标和提升计划逐步推进，以及越来越多如建筑类型、技术、成本和节能量、投资回收期等本地数据得以使用，长宁区持续在其成本曲线中，更新纳入事实发生的数据资料，为既有建筑能效项目提供更准确的指引，同时为中国和全球其他城市提供有价值的参考（图 20）（SABR, 2019）。

另外，上海长宁区也按建筑类型，分析了采用各种升级改造建筑技术的财务内部收益率（Financial Internal Rate of Return, FIRR）。长宁区升级改造的 100 栋建筑平均节能率高达 22.19%，而它们的平均财务内部收益率也高达 20.48%（SABR, 2019）。这些指标为全球各地城市的既有建筑能效目标和提升计划的潜在节能成果，提供了重要基准。

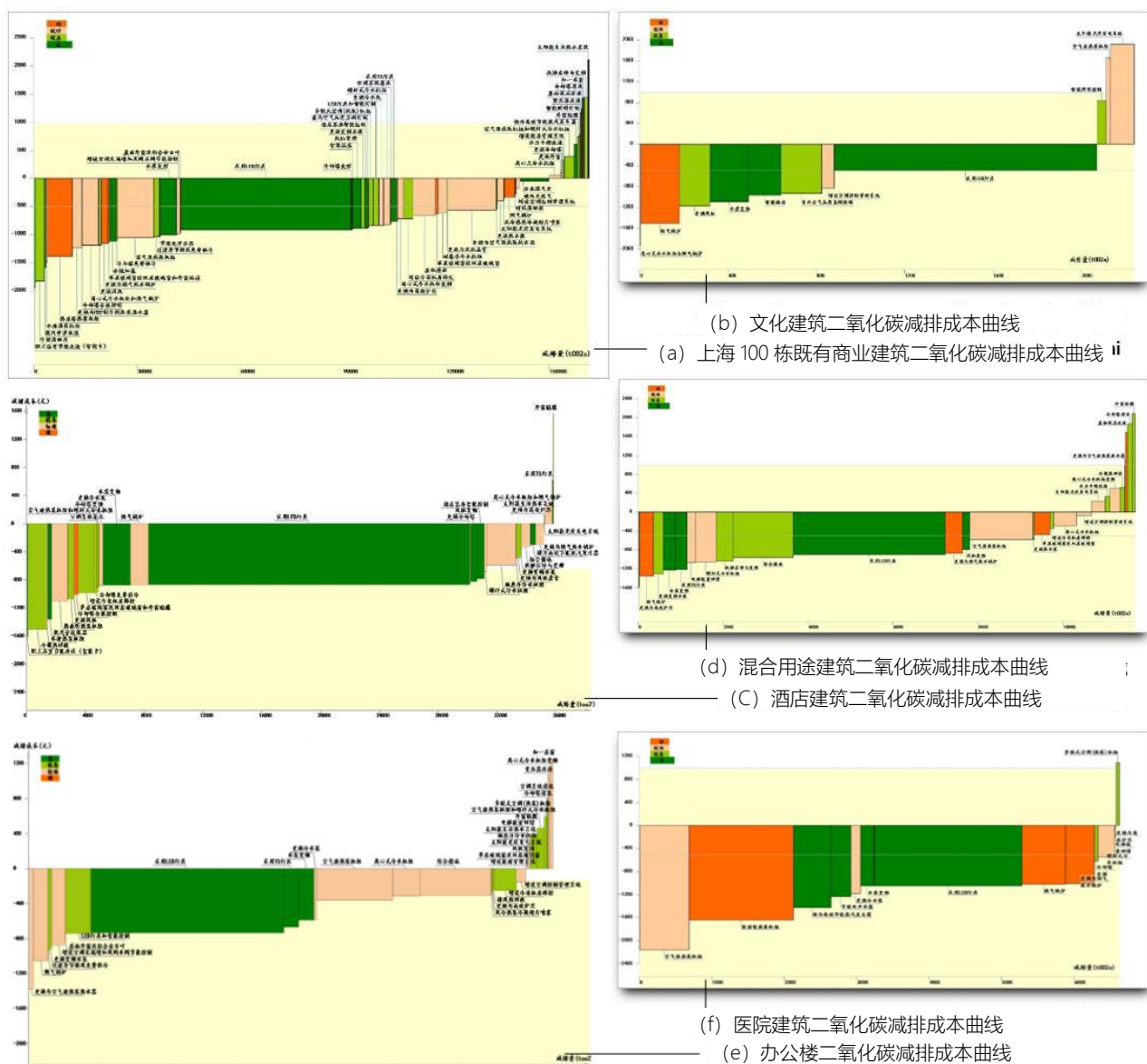


图 20. 上海长宁区更新的二氧化碳减排成本曲线 (SABR, 2019, p.48)

改进 B: 分析评估结果, 评估下一步计划

长宁区的既有建筑能效目标和提升计划不仅带来了显著的节能减排效果, 更为该区引入了国际先进的项目管理方法和机制。接下来, 长宁区将采用各种节能技术, 实施更多既有建筑能效提升项目, 进一步探索转型模式和机制。

基于积累的经验和数据, 长宁区的合作伙伴华东建筑设计研究总院 (ECADI) 为其上海客户开发了既有建筑能效优化工具 (图 21), 协助上海其他区域复制长宁区的成功经验。该工具集成了五个功能:

- 能耗状况评估和诊断;
- 节能技术引进和展示;
- 节能改造规划和优化;
- 二氧化碳减排成本曲线;
- 案例数据库 (Mao, 2019) 。

这项工具有助于大幅降低实施类似大型既有建筑能效目标和提升计划，或单个既有建筑能效提升项目的复杂性和难度。并使得项目更有机会、更易于拓展。



图 21. 华东建筑设计研究总院开发的既有建筑能效优化工具
(现仅有中文版本；未对外开放使用；软件版权为华东建筑设计研究总院所有)。(Mao, 2019)

参考文献

- Bai, W. 2007. *Study of Civil Buildings Energy Demand and Environment Load*. Beijing: Tongji University.
- Becque, R., E. Mackres, J. Layke, N. Aden, S. Liu, K. Managan, C. Nesler, S. Mazur-Stommen, K. Petrichenko, P. Graham. 2016. *Accelerating Building Efficiency: Eight Actions for Urban Leaders*. Washington, DC: World Resources Institute Ross Center for Sustainable Cities.
- BPIE (Building Performance Institute Europe). 2019. *How to Include Building Renovation in Your Sustainable Energy and Climate Action Plan: Ensuring Ambitious Local and National Building Renovation Policy*. Brussels, Belgium: BPIE.
- BPIE. 2020. "Long-Term Renovation Strategies and Local Building Renovation Initiatives: Case Studies from 8 Countries." <http://bpie.eu/publication/long-term-renovation-strategies-and-local-building-renovation-initiatives-case-studies-from-8-countries/>
- Burr, A., C. Majersik, and N. Zigelbaum. 2013. *The Future of Building Energy Rating and Disclosure Mandates: What Europe Can Learn from the United States*. Washington, DC: Institute for Market Transformation and Natural Resources Defense Council.
- C40 Cities. 2018. *Using Data for Policy: A Manual for C40 Cities*. London, United Kingdom: C40 Cities.
- C40 Cities, Burohappold Engineering, and Rockwool. 2020. "Case Studies and Results." <https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhz/a/1Q000000MpLD/WFMffl4QGu5znTk1ngLCeB3e7nHHsGd8iS4lo.Ij9k>
- Chen, X. 2014. "Application of Sub-metering Data Based on Energy Consumption Monitoring Platform." *Architectural Energy Conservation* (8): 86-92. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7237.2014.08.020.
- EFC (Energy Foundation China). 2012a. *Study on the Baseline of Existing Commercial Buildings Energy-Saving Renovation in Changning District, Shanghai*. Beijing, China: Energy Foundation China.
- EFC. 2012b. *Project Implementation Time Series Planning and Fund Schedule Research*. Beijing, China: Energy Foundation China.
- Hou, J., Y. Liu, Y. Wu, N. Zhou, and F. Wei. 2016. "Comparative Study of Commercial Building Energy-Efficiency Retrofit Policies in Four Pilot Cities in China." *Energy Policy* 88 (C): 204-215. 10.1016/j.enpol.2015.10.016.
- IOSM (Information Office of Shanghai Municipality Shanghai Municipal Statistics Bureau). 2018. *Shanghai Basic Facts 2018*. Shanghai: Zhongxi Book Company. <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node27118/fj/2018-ShanghaiBasicFacts.pdf>
- LBL (Lawrence Berkeley National Laboratory). 2019. "BETTER: Building Efficiency Targeting Tool for Energy Retrofits (Alpha)." <https://better.lbl.gov/>.
- Lee, S.H., T. Hong, M. Piette. 2015, S. Taylor-Lange. "Energy Retrofit Analysis Toolkits for Commercial Buildings: A Review." *Energy* 89: 1087-1100.
- Mao Q., Deputy Director of Shanghai Changning District Urban Renewal and Low Carbon Project Management Center, pers. comm., April 3-4 and July 8, 2019.
- Navigant Consulting, Inc., Steven Winter Associates, Inc., and Newport Partners, LLC. 2015. *New*

York City Benchmarking and Transparency Policy Impact Evaluation Report. Washington, DC: U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/05/f22/DOE%20New%20York%20City%20Benchmarking%20and%20Transparency%20Policy%20Impact%20Evaluation....pdf>

SABR (Shanghai Academy of Building Research). 2019. *Shanghai Low Carbon City Green Energy Project- Project Summary Refinement* (Final Report). Shanghai, China: SABR.

SECSC (Shanghai Energy Conservation Supervision Center) Government of Changning, and World Bank. 2013. "Policy Frameworks and Business Models for Building Retrofit in Changning District, Shanghai." Unpublished manuscript, last modified February 29, 2013.

Shanghai Highlights. 2019. "Shanghai Facts." <https://www.shanghaihighlights.com/essential/>.

Shanghai Statistical Yearbook. 2018. "Land Area, Population and Density of Population in Districts (2017)." <http://www.stats-sh.gov.cn/tjnj/nje18.htm?d1=2018tjnje/E0202.htm>

Sherlock, L., A. Armstrong, G. Joly, E. Kelleher, F. Wei, N. Zhou, H. Lu, X. Liu, J. Ge, J. Hou, X. Wang. 2018. *China Building Programme (CBP) Launch Report: Constructing a New, Low-Carbon Future*. London: C40.

Smart Energy Analytics Campaign. 2020. "EIS (Energy Information System)." <https://smart-energy-analytics.org/glossary/eis-energy-information-system>.

Wikipedia. 2019. "Changning District." https://en.wikipedia.org/wiki/Changning_District.

World Bank. 2013. *Applying Abatement Cost Curve Methodology for Low-Carbon Strategy in Changning District, Shanghai*. Washington, DC: World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16710>

World Bank. 2019. "Green Energy Schemes for Low-carbon City in Shanghai, China."
<http://projects.worldbank.org/P127035/green-energy-schemes-low-carbon-city-shanghai-china?lang=en>

Wu Y., Director of China Association of Building Energy Efficiency, pers. comm., May 9, 2019.

Zhu J. and Q. Xu. 2016. "Operation and Management Practice of Shanghai Public Building Energy Consumption Monitoring Platform." *Construction Science and Technology* (4): 17-20. (in Chinese)
DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2016.04.004

附件

- I. 有关长宁区使用“二氧化碳减排成本曲线工具”的更多信息，请参见 World Bank. 2013. *Applying Abatement Cost Curve Methodology for Low-Carbon Strategy in Changning District, Shanghai*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16710>
- II. 有关长宁区使用不同“基准方法”的更多信息，请参见 SECSC (Shanghai Energy Conservation Supervision Center) Government of Changning, and World Bank. 2013. “Policy Frameworks and Business Models for Building Retrofit in Changning District, Shanghai.” Unpublished manuscript, last modified February 29, 2013.