

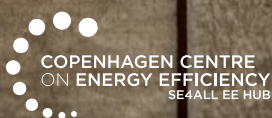


城市区域能源

充分激发能源效率和可再生能源潜力

United Nations Environment Programme

联合国环境署合作机构



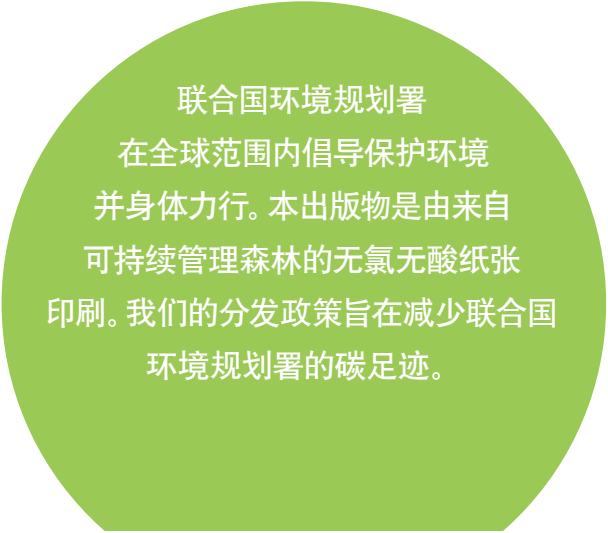
I.C.L.E.I.
Local
Governments
for Sustainability

UN HABITAT
FOR A BETTER URBAN FUTURE

©2015 联合国环境规划署版权所有

本报告可以全部或部分用于任何形式的教育和非营利性活动，而不必得到版权持有者的特别许可。如需引用本报告为参考来源，烦请将相关出版物寄送至联合国环境规划署，对此我们将不胜感谢。在未经联合国环境规划署书面许可情况下，不得使用这份研究报告用于商业售卖及其他形式的商业活动。

本报告中所采用名称和所作陈述，不代表联合国环境规划署对任何国家、领土、城市或地区当局或其当局、或边限定相关的观点。本报告中所表达观点，不代表联合国环境规划署的决定或规定政策；所引用的商号名称或商业程序并不代表联合国环境规划署对其予以支持。



联合国环境规划署
在全球范围内倡导保护环境
并身体力行。本出版物是由来自
可持续管理森林的无氯无酸纸张
印刷。我们的分发政策旨在减少联合国
环境规划署的碳足迹。

中文版特别致谢

《城市区域能源》是由联合国环境规划署 (UNEP)、倡导地方可持续发展国际理事会 (ICLEI) 及联合国人居署 (UN-HABITAT) 合作于 2015 年共同出版。为向广大中国读者提供最前沿的区域能源相关知识及其对中国能源发展的潜在贡献，环境署决定翻译并出版本报告。

中文版的发行得到了丹佛斯公司 (Danfoss) 的大力支持。丹佛斯公司是能效解决方案领域的全球领导者，致力于通过创新技术帮助地球减少能源浪费和二氧化碳排放，并与环境署联席牵头推动联合国倡导的“人人共享可持续能源 (SE4ALL)”项目下的全球区域能源加速者平台。环境署对丹佛斯的大力支持表示衷心感谢。

我们还对为此付出辛勤工作的志愿者译员、联合国环境规划署驻华代表处和丹佛斯中国区的工作人员提供的支持表示感谢。同时，向为本报告中文版翻译出版工作付出努力的所有人员表示感谢！

组织协调 张世钢 蒋南青 车 巍

中文版审校 蒋南青 融 融 李光宇 李连仲 刘卉子 熊冠宇

翻译志愿者 孙 钰 盛风雷 邵海俊 金露婷 李海杰 史姝婷 欧欣蓉

中文版编辑 时洞宇 张利民



ENGINEERING
TOMORROW



联合前言

城市在全球向可持续能源应用转型过程中可起到核心作用：作为相互关联的能源服务产业和公共设施的管理者，城市具有可通过应用综合解决方案以迅速提高能源效率普及可再生能源的独特优势。推动开展现代区域能源系统的相关工作恰是能够解决上述问题的整体性战略。

若想实现全球可持续发展目标，那么向可持续能源系统的转型则至关重要：能源问题可涉及从消除贫困和社会不平等，到应对气候变化和保障健康良好的环境等众多议题。联合国秘书长潘基文发起的“人人享有可持续能源”倡议通过三个互补目标为实现向可持续能源转型提供了行动框架，即：1) 全面普及现代能源服务；2) 提高能源利用效率；3) 将可再生能源在全球能源份额中增加一倍。由于全球城市能源需求占到全球能源需求的 70% 以上，城市层面的能源应对政策则是实现这些目标的关键所在。

通过实现可持续能源目标或可成为解决长期困扰城市的社会、经济和环境等领域常见问题的关键转机，如应对断电、资源价格波动、能源紧缺和空气污染等问题。而城市供热和供冷系统的能源消耗占到城市能耗总量的一半左右，因此城市供热和供冷系统则为应对上述问题提供了重要机遇。

由联合国环境规划署发布的《城市区域能源：充分激发能源效率和可再生能源的潜力》（District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy）认为现代区域能源通过提高能源效率和可再生能源利用率，将成为全球许多城市实现向可持续供热和供冷转型的最有效途径。丹麦等国已将现代区域能源作为其能源相关政策的基础国策，以实现其 100% 使用可再生能源的目标。与此同时，中国等国家也正在探索风能和区域供热之间的高效协同作用。

为降低利用区域能源系统的前期成本和投资者的融资风险，需要采取因地制宜的政策以体现和利用区域能源的多重效益。作为此领域首份涵盖具体政策、财政和技术最佳实践建议的报告，本报告旨在通过提高能源效率和综合利用可再生能源途径以解决城市供热和供冷问题，而这两个途径对于实现能源转型均能发挥重要作用。报告中的建议是通过与 45 个示范城市合作共同总结归纳而成，这 45 个城市均已采用区域能源系统，其中 11 个城市正利用区域能源系统以实现 100% 可再生能源或碳中和目标。

毛里求斯路易斯港开发区正在开发非洲第一个海水冷却系统。古吉拉特邦将在印度建立一个公共区域供冷系统。亚洲西部地区的城市也正在拓展其区域供冷系统。中国和东欧的一些区域集中供热比例较高的城市，也正在更新其区域集中供热系统以提高能源效率。欧盟和美国一些城市的区域能源系统也正在供热、供冷和电力领域应用高比例的可再生能源。这篇报告建立了通过交流实践促进这些行动的框架结构。例如，从路易斯港、圣保罗到科威特市等城市可以借鉴香港、迪拜或巴黎等其他城市的实践经验，同时也可以为其他致力于满足不断增长的空调需求的城市提供相关的实践建议。

区域能源推广普及的障碍存在于城市、区域和国家等各个层级。而联合国环境规划署与倡导地区可持续发展国际理事会（ICLEI）、联合国人居署（UN-HABITAT）和哥本哈根能源效率中心（C2E2）合作撰写的这部极富创新力的报告，得以为各个层面的能源行动指引方向，从促进各方以可持续能源利用的角度考虑，在推广区域能源和提高能效领域具有十分重要的意义。



阿奇姆·施泰纳
联合国副秘书长
联合国环境规划署执行主任



坎德赫·K·云盖拉
联合国秘书长特别代表
“人人享有可持续能源”
全球倡议秘书长兼首席执行官



约翰·克洛斯
联合国人居署
执行主任



基诺·范·比根
倡导地区可持续发展国际理事会
秘书长





目录

前言	2
致谢	8
执行摘要	10
背景	16
具体内容	17
研究方法	18

01

第一章 向现代化区域能源系统转型 20

■ 1.1 区域能源介绍	22
○ 1.1.1 区域供冷	23
○ 1.1.2 区域供热	23
■ 1.2 为何选择区域能源?	28
■ 1.3 能源效率	31
○ 1.3.1 充分利用低温能源	31
○ 1.3.2 能效最大化网络	31
○ 1.3.3 建筑能源效率	32
○ 1.3.4 能源普及	33
■ 1.4 可再生能源	34
○ 1.4.1 利用规模化优势开发可再生能源和本地能源	34
○ 1.4.2 燃料供应的灵活性	34
○ 1.4.3 风能 - 热能转换	34
○ 1.4.4 平衡	38
■ 1.5 区域能源的成本	40
○ 1.5.1 区域能源资本性支出	41
○ 1.5.2 区域能源运营支出和燃料成本	42
○ 1.5.3 区域能源收益	42
■ 1.6 激励因素	44

02

第二章 区域能源城市层面政策和战略框架 46

■ 2.1 地方政府的角色	48
■ 2.2 地方政府的规划者和管理者角色	49
○ 2.2.1 能源政策的目标及策略	49
○ 2.2.2 能源分布分布图	53
○ 2.2.3 全面的能源规划	56
○ 2.2.4 并网政策	59
■ 2.3 地方政府作为区域能源发展的推动者	63
○ 2.3.1 金融财政激励	63
○ 2.3.2 城市资产	68
○ 2.3.3 示范项目	68
■ 2.4 地方政府的供应者和消费者角色	70
○ 2.4.1 政府公共事业的宗旨与促进政策	70
○ 2.4.2 市政公共设施对资源与管网的互连	72
○ 2.4.3 垃圾焚烧定价调控	75
○ 2.4.4 城市作为消费者	78
■ 2.5 地方政府的协调者与倡议者角色	79
○ 2.5.1 市场推动以及能力建设	80
○ 2.5.2 意识提升与拓展	80
○ 2.5.3 在其他政府层面倡导区域能源	82



03 第三章 区域能源的经营模式：从政府管理到社会资本经营 84

- 3.1 引言 86
 - 3.1.1 经营模型的种类 86
- 3.2 政府经营模式 88
- 3.3 公私合营模式 92
 - 3.3.1 公私合资企业 92
 - 3.3.2 特许经营合同 93
 - 3.3.3 由隶属社区的非盈利或合作性机构管理 97
- 3.4 私营部门等社会资本经营模式 99
 - 3.4.1 完全由私营执行特殊目的机构（SPV） 99
- 3.5 其他创新模式 101

04 第四章 实现有关区域能源国家目标和全面效益 ..103

- 4.1 介绍 104
- 4.2 减少投资风险 105
 - 4.2.1 一致的核算原则：能源效率标识和标准 105
 - 4.2.2 权力下放 106
 - 4.2.3 支持城市的能力建设与协调 106
- 4.3 经济竞争：公平的竞争环境与多重效益 109
 - 4.3.1 国家税收政策 109
 - 4.3.2 对热电联供的支持及给热电联供定价的益处 110
 - 4.3.3 并网定价规则 110
- 4.4 纵向整合 114
 - 4.4.1 为地方政府推行“国家适当减缓行动（NAMA）” 115
 - 4.4.2 V- NAMA 的初步经验 115
 - 4.4.3 V- NAMA 在区域能源中的潜在运用 117

05 第五章 未来之路：确定下一步行动以加速区域能源的实施 118

- 5.1 为何做？ 120
 - 5.1.1 供热及供冷需求 120
 - 5.1.2 替代燃料的成本和供热供冷技术 120
- 5.2 何时做？ 121
- 5.3 做什么？ 122
 - 5.3.1 制定能源战略和区域能源相关目标 122
 - 5.3.2 参与能源分布研究 122
- 5.4 如何做？ 124
- 5.5 发展区域能源系统的关键措施 126
- 5.6 结束语：克服关键挑战，抓住机遇 126
- 5.7 未来研究领域 128

附录 129

参考文献 129

术语表 134

缩写表 136



图片目录

图 1.1 区域能源在城市“人人享有可持续能源”倡议中的应用	17
图 1.2 亚洲及拉丁美洲部分区域供冷终端能耗（选自国际能源署 2℃情景下 2010-2050 年世界终端能耗示意图）	22
图 1.3 区域能源网络的发展历史、现状及趋势	24
图 1.4 常态热 / 电 / 冷系统和现代化区域能源系统桑基图对比图	32
图 1.5 鹿特丹建筑节能改造投资回报与区域能源投资回报对比	33
图 1.6 1973- 2011 年，哥德堡区域供热产量及供热系统个种燃料使用示意图 ..	35
图 1.7 完整区域能源系统热 / 冷源输入 - 终端用户示意图	36
图 1.8 太阳能光伏和热电联产电力产量与电力需求对比图	39
图 1.9 区域供热和供冷与分散式生产的平准化成本	40
图 1.10 区域能源管网成本	42
图 1.11 集中式系统和区域能源运营的成本	43
图 2.1 45 个示范城市所制定的有关区域能源目标或广义能源目标的比例	50
图 2.2 伦敦供热分布地图	55
图 2.3 伦敦供热地图：威斯敏斯特及皮米科利网络	55
图 2.4 不同建筑物类型的能源需求情况	58
图 2.5 45 座示范城市中按类别划分的并网政策	61
图 2.6 城市中区域能源系统的节点发展	72
图 2.7 哥本哈根区域供热网络，包含传输线	73
图 2.8 鞍山区域供热网络的节点发展	73
图 5.1 评估城市能源分布开发路径	123
图 5.2 根据国家和地方规章制度发展区域能源评估决策树	124
图 5.3 发展区域能源的关键措施	126

栏目目录

栏目 1.1 全球 45 个优先发展城市 ..	19
栏目 2.1 综合利用的区划法与集约化 土地利用	58
栏目 4.1 绿色认证在能源环境设计方 面的领导力：美国绿色建筑认 证（LEED）	106
栏目 4.2 欧盟为供热规划立法	107

表格目录

表 1.1 区域供热与供冷可用技术概览	25
表 1.2 区域能源系对于城市的效益	29
表 1.3 区域能源系统对终端用户的益处	30
表 1.4 区域能源系统对国家的益处	30
表 2.1 地方政府作为策划者和监督者所采取的一系列政策措施	49
表 2.2 根据气候或能源的长期目标，入选的示范城市针对区域能源所设定的目标 和战略详见表格	52
表 2.3 作为区域能源发展的推动者，地方政府所采取的政策措施	63
表 2.4 当地政府作为供应者和消费者所从事的政策活动	70
表 2.5 当地政府作为协调者和倡议者所开展的政策活动	79
表 3.1 区域能源系统的经营模式分类	87



案例目录

案例 1.1 哥德堡：区域供热燃料供应的灵活性	35
案例 1.2 中国：内蒙古自治区的风热转换	38
案例 1.3 德国：Energiewende 案例	39
案例 2.1 阿姆斯特丹：利用能源分布图构建商业案例	54
案例 2.2 卑尔根与圣保罗通过全面规划实现协同效应	57
案例 2.3 大伦敦地区政府：鼓励由规划促进并网	60
案例 2.4 东京：整合土地利用、建筑物及区域能源	62
案例 2.5 博托沙尼：利用国际金融促进现代化区域能源的发展	65
案例 2.6 奥斯陆：气候与能源基金	66
案例 2.7 多伦多：循环基金模式	66
案例 2.8 阿姆斯特丹：智能化城市项目以及为示范项目所设立的免税区	68
案例 2.9 印度古吉拉特：国际化金融科技城	69
案例 2.10 巴黎城市供热公司：抓住多重社会经济效益	71
案例 2.11 鹿特丹：投资传输管线捕获余热	74
案例 2.12 哥德堡余热利用：与西红柿价格成指数关系	77
案例 2.13 欧盟 CELSIUS 计划：补助金在建设新型经济模式的能力中的作用	78
案例 2.14 森讷堡：落实零碳策略的公私伙伴关系	81
案例 2.15 法兰克福：的能源机构和热电联发电厂的扩张	82
案例 2.16 米兰：的能源“咨询台”和区域能源改造	83
案例 3.1 温哥华 SEFCNEU 项目：完全由政府运营的项目	89
案例 3.2 伦敦邦希田园供热和发电厂：完全由政府资助的项目	90
案例 3.3 卑尔根 BKK VARME：完全公共的项目	91
案例 3.4 布雷斯特可再生供热：完全公共的经营项目	92
案例 3.5 多伦多恩威能源公司：资产合伙模式	94
案例 3.6 迪拜 Empower 公司：资产合伙模式	94
案例 3.7 鞍山城市供热：资产分散模式	95
案例 3.8 伦敦奥林匹克公园：私营特许经营合同模式	96
案例 3.9 赛城 PMS B 公司：公私特许经营合同模式	97
案例 3.10 哥本哈根 Høje Taastrup Fjernvarme 供热公司：以合作方式管理项目	98
案例 3.11 阿伯丁市：非盈利管理模式	100
案例 3.12 路易港海水制冷 (SWAC) 项目：私营经营模式	100
案例 4.1 伦敦：分散化能源输送单元	108
案例 4.2 挪威：低风险区域能源发展	108
案例 4.3 伦敦“执照精简化”案例：对使用当地电缆采取“滚动式”收费机制，促进“点对点”能源销售	111
案例 4.4 耶烈万：通过组合型税收促进高效和实用的热能生产	112
案例 4.5 南非：V-NAMA：为了同一目标，其国家与地方相互扶持的模式	116

45 个示范城市的案例均可在线查询，同时可查询到关于每个案例用于指导城市区域能源开发的决策树及区域能源相关的主要技术列表。详情请查阅以下网址：
<http://districtenergyinitiative.org/>

致谢

该报告由联合国环境规划署与哥本哈根能源效率中心（C2E2）、倡导地区可持续发展国际理事会（ICLEI）和联合国人居署联合撰写。本报告是全球城市区域能源项目完成的第一份重要报告，同时亦对“人人享有可持续能源”倡议全球能效加速器平台的推广普及有所贡献。

联合国环境规划署特别鸣谢丹麦政府对于这份报告的大力支持

监督和协调

Martina Otto, 联合国环境规划署能源处政策组前组长、减少短期气候污染的气候和清洁空气联盟秘书处副主任

Djaheezah Subratty, 联合国环境规划署气候和能源和环境技术处政策组主管官员



报告作者和调研主管

Lily Riahi, 联合国环境规划署气候、能源和环境技术处政策组（负责开展所有相关调研采访）



以下人士对于这份报告亦有贡献

博托沙尼（罗马尼亚）案例 2.5: Alexander Sharabaroff（国际金融公司-IFC）；博托沙尼市: Ovidiu Iulian Portariuc

第 3 章金融项目: Benjamin Hickman, 气候、能源和环境技术处政策组（联合国环境规划署）

哥本哈根（丹麦）案例 3.10 和阿伯丁（英国）案例 3.11: Michael King（碳基金）

第 4 章 V-NAMA 初始实践: Konrad Ritter（克里特尔咨询机构）

第 4 章垂直一体化和案例研究 4.5: Maryke van Staden（倡导地方可持续发展国际理事会）；Prema Govender, Axel Olearius 和 Tobias Zeller（德国技术合作组织-GIZ）



采访人和调查受访者

联合国环境规划署对于在项目进行期间回答问卷调查以及参加小组、研讨会和扩展的咨询的 150 多名受访者（名单见附件）表示感谢。特别感谢哥本哈根能源效率中心、国际地方政府环境行动理事会、联合国人居署和国际区域能源协会对于在相关城市调研过程中的促进与协调。



研究和项目支持

Giulia D'Angiolini（联合国人居署）；Pedro Filipe Paralta Carqueija（哥本哈根能源效率中心）；Tim Farrell（哥本哈根能源效率中心）；Benjamin Hickman（联合国环境规划署）；Patricia Lightburn（加拿大自然资源部战略事务组）；Mona Ludigkeit（倡导地区可持续发展国际理事会, ICLEI）；Ana Marques（倡导地方可持续发展国际理事会, ICLEI）；Kathy Mirzaei（约克大学）

ACKNOWLEDGEMENTS

审阅者和数据提供者

Chris Baber (加拿大温哥华); Carl Bernadac (法国开发署, AFD); Loeiz Bourdic (城市形态研究所); Brad Bradford (国际区域能源协会); Ken Church (加拿大自然资源); Jan-Olof Dalenback (瑞典查尔姆斯理工大学); Bernard Debano (达尔凯公共服务公司); John Dulac (国际能源署, IEA); Jose Etcheverry (加拿大约克大学); Paul Fay (德国法兰克福); Sabine Froning (瑞典大瀑布电力公司, Vattenfall); Helen Santiago Fink (联合国环境规划署); Yann Francoise (法国巴黎); Stefan Gsänger (世界风能协会); Oddgeir Gudmundsson (丹麦丹佛斯公司区域能源部, Danfoss); Ghita Hannane (联合国环境规划署); Kalle Hashmi (国际可再生能源机构, IRENA); Bilal Hassan (IRENA); Yuill Herbert (Plan4DE); Michael Kerr (国际金融公司, IFC); Nawon Kim (亚洲开发银行, ADB); Michael King (碳信托); Heinz Kopetz (世界生物能源协会); Krzysztof Laskowski (欧洲热电); Birger Lauenstein (丹麦区域供热协会); Astrid Madsen (荷兰鹿特丹); Gaëlle Mainguy (威立雅研究院); Ana Marques (倡导地方可持续发展国际理事会, ICLEI); Eric Martinot (北京理工大学); Nick Meeton (HUBER SE); Kadri Nassiep (南非国家能源开发机构, SANEDI); Peter North (英国伦敦); Julia Panzer (Danfoss); Katrina Pielli (美国能源局); Stéphane Pouffary (能量 2050); Emmanuel Py (世界银行); Laxmi J Rao (麻省理工学院); Sherie Amor Reesor (独立顾问); Konrad Ritter (克里特尔咨询服务); Serge Salat (城市生态研究所); Stefan Schurig (世界未来委员会); Michael Schwan (西门子公司); Alexander Sharabaroff (IFC); Ted Sheldon (加拿大不列颠哥伦比亚省); Ralph Sims (新西兰梅西大学); Ken Smith (美国圣保罗市区能源局); Virginia Sonntag O'Brien (独立顾问); Rian van Staden (智能可再生能源); Sanjeev Tamhane (联合国环境规划署); Jan Eric Thorsen (Danfoss); Rob Thorton (国际区域能源协会, IDEA); Georges Valentis (威立雅公司研究院); Paul Voss (欧洲热电); Kamila Waciega (威立雅公司); Nicholas You (广州城市创新研究所); Romain Zissler (日本可再生能源基金会)

特别感谢以下诸位专家的支持、指导、建议和审评:

John Christensen, UNEP-DTU 合作伙伴关系; Arab Hoballah, 联合国环境署可持续的生活方式、城市和工业处, 处长; Vincent Kitio, 城市能源处主管, 联合国人居署; Sophie Loran, UNEP-DTU 合作伙伴组织; Eric Martinot, 北京理工大学; Jyoti Prasaud Painuly, 哥本哈根能源效率中心 (C2E2); Mark Radka, 联合国环境署气候、能源和环保技术处, 处长; Maryke van Staden, 碳中心主任, 倡导地区可持续发展国际理事会秘书处; Merlyn van Voore, 联合国环境署气候变化特别顾问; Eric Usher, 联合国环境规划署金融倡议主管 (UNEP-FI)。

编辑、设计和排版

Lisa Mastny, 英文编辑

Caren Weeks, 英文排版设计



执行摘要

巴黎

开发了欧洲第一个也是规模最大的区域供冷系统，其部分地区利用塞纳河的河水为冷源。巴黎市政供热公司为相当于 50 万户家庭提供供热服务，其中包括 50% 的社区住宅、医院和 50% 的公共建筑，如卢浮宫博物馆等。巴黎制定了区域集中供热系统的发展目标，即到 2020 年实现由可再生能源提供 60% 的供热。



2013 年，联合国环境规划署针对全球低碳城市启动了一项调查研究，以确定哪些关键因素能够促使这些城市成功提高能源效率和促进可再生能源普及应用、实现零排放或温室气体排放目标。区域能源系统作为一种成本适宜和低碳的本地最佳能源选择脱颖而出。区域能源系统代表着城市向气候弹性、资源高效利用和低碳的未来转型的重要机会。

向未来可持续能源转型的核心是整合能源效率和可再生能源技术，并以“系统思维”应对和解决能源、交通、建筑和工业部门的各种挑战。实现能源转型需要协同智慧，能源需求的灵活性，不同经济部门短期或长期的能源存储方案，以及新的治理方法。这本题为《城市区域能源：释放能源效率和可再生能源的潜力》的报告，展现了综合系统思维在供热和供冷系统中的实践案例，也充分展示了城市在能源转型过程中的核心作用。

在城市中发展现代化（例如高效节能和气候变化弹性）和经济适用的区域能源系统是减少温室气体排放和满足一次能源需求成本最低而效果最好的解决方法之一。如能转型到这样的能源系统，并结合提高能效的相应措施，将有望在 2050 年实现控制全球气温升高在 2-3 摄氏度以内这一目标能源行业所需贡献的二氧化碳减排量的 58%。

本报告首次梳理了世界城市供热和供冷行业的政策、金融和技术领域的最佳实践案例，以提高能源效率和可再生能源综合应用。这份报告提出的建议是结合 45 个示范城市的实践经验提炼所得，这些城市均使用现代的区域能源系统，其中有 11 个城市设立了碳中和或 100% 可再生能源利用目标。该报告也首次收集了不同城市、国家和地区通过使用现代区域能源系统取得的综合效益相关数据，以提供基于证据的政策建议，提高全社会对供热和供冷领域重要性的认识，而这些问题在气候变化和能源界尚未得到足够的认知。

近年来，区域能源作为一个成熟的能源解决方案已经在全球各地越来越多的城市中得到应用。在欧洲的一些城市中区域能源网络几乎满足了这些城市所有的供热和供冷需求，如哥本哈根（丹麦）、赫尔辛基（芬兰）和维尔纽斯（立陶宛）。美国区域供冷容量为 16 吉瓦时（GWth），位居全球第一，其次是阿联酋（10 GWth）和日本（4 GWth）。

现代区域能源系统利用热电联产厂（CHP）、储热、热泵和分布式能源等技术和方法供应供热和供冷服务。区域能源系统可协同生产供应热量、冷量、家庭热水和供电，并可整合能源生产、公共卫生、污水处理、运输和废弃物处理等市政服务设施。本报告概括介绍了各种区域能源技术及其具体应用和相关成本，以帮助地方政府和利益相关方选择最具性价比和适宜的区域能源系统。此外，本报告还阐述了国家和地方政府进行良好沟通和制定协同性政策的必要性。

实现区域能源系统的综合效益

45 个示范城市正在努力通过开发区域能源系统实现以下几项重要效益和政策目标：

减少温室气体排放

区域能源系统可以实现向脱离化石燃料使用的转型，实现降低一次能源消耗 30%–50%。自 1990 年以来，丹麦利用区域集中供热，降低了其全国二氧化碳排放量的 20%。许多城市以开发区域能源系统为关键开展应对气候变化的相关行动。区域能源是巴黎实现到 2050 年二氧化碳排放量减少 75% 这一目标的核心战略，巴黎市的垃圾焚烧发电厂每年可减少 800,000 吨的二氧化碳排放。哥本哈根通过余热回收再利用减少了 655,000 吨的二氧化碳排放，同时每年也节约了约 140 万桶石油。在日本东京，相较于分户供热和供冷方式，区域供热和供冷系统的一次能源使用量降低了 44%，二氧化碳排放量下降了 50%。

减少空气污染

通过利用区域能源系统减少化石燃料的使用量，实现降低室内和户外的空气污染，减少对健康的负面影响。在 1973 年和 2010 年之间瑞典哥德堡市区域供热的生产规模增加了一倍，而 CO₂ 排放量则下降了一半，城市的氮氧化物 (NO_x) 和二氧化硫 (SO₂) 排放量下降幅度更大。在瑞典的区域供热网络中，石油使用份额从 1980 年的 90% 下降至 2014 年的 10% 以下，碳排放强度同样呈现下降趋势。在中国鞍山市，通过整合一些独立的网络和从鞍山钢铁厂捕获利用 1 千兆瓦的余热，预计每年可减少 120 万吨造成当地污染严重的煤炭使用。

提高能源利用效率

通过区域能源基础设施与供热和电力设施并网，或通过利用较低品位能源（如余热或风能），也可以大大提高新建或既有建筑物的能效。所有建筑物均被要求采取基本的节能措施。然而，随着很多建筑物能效的提高，与区域能源系统并网比进行彻底的改造会更具有经济可行性，如德国法兰克福市在评估是否对拥有外墙上历史遗迹的 12,000 个建筑物进行翻新改造时就得出这样的结论。荷兰鹿特丹的经验同样表明，超过一定的能源效益阈值，与区域能源系统进行并网比开展改造工程更划算。芬兰赫尔辛基市的热电联产厂的一次能源效率通常非常高，燃料燃烧效率可高达 93%。在日本，热电联产厂的高效率使其既可以实现减少天然气进口又保持原有的电力和热力生产规模。在全球各地的许多城市（如阿联酋的迪拜）与其他供冷方式相比，区域供冷可降低 50% 的电力使用。

利用当地可再生资源

通过经济规模效应和储热技术，区域能源系统是将可再生能源引入供热和供冷系统的最有效手段之一。通过平衡机制，区域能源也提升了可再生能源生产能力。一些拥有丰富风能和太阳能资源的国家（如中国、丹麦和德国）都已经开始在通过区域供热系统利用产能过剩的可再生能源。在中国内蒙古地区，为了满足日益增长的热力需求，呼和浩特市正在试点利用弃风电为供热使用；德国则通过“国家能源转型计划”促进推广热电联产模式，其中一个关键因素是德国实行了高效太阳能一体化和光伏并网。

恢复力和能源普及

区域能源系统可以采取提高对电力需求的管理能力、减少断电风险和适应燃料价格冲击等压力（例如，通过成本效益较高的脱碳方法，集中燃料替换和经济实惠的能源服务）等方法，从而提高城市的恢复力和能源可及性。在科威特市，空调的使用占高峰负荷耗能需求的 70%，相当于全年能耗总量的一半以上。与传统风冷系统相比，区域供冷系统则可以降低高峰负荷需求的 46%，约为全年用电总量的 44%。在罗马尼亚的博托沙尼市，通过改造升级区域能源基础设施，能够为 21 个大型区域供热设施以更为优惠的成本供热。在亚美尼亚的埃里温市，通过应用燃气热电联产设施 (CHP) 进行区域供热网络，所提供的热能服务低于民用燃气锅炉供热成本。

绿色经济

利用区域能源系统，可以避免或减少对电力基础设施和针对高峰负荷容量设计建设的投资，节约成本；通过减少使用化石燃料和创造当地税收，积累财富；通过区域能源系统设计施工、设备制造、操作、维护等方面，创造就业机会，并最终实现绿色转型。在挪威卑尔根，电力企业支持区域供热项目的主要原因是其降低维护成本，并能够创造额外利润。在美国圣保罗市，利用木材废料燃烧可取代 275,000 吨煤炭，每年能够在当地循环利用成本约 1200 万美元的能源，以支撑当地的经济需求。在加拿大多伦多，利用抽取湖水进行区域供冷的方法，降低了 90% 的用电量，在其区域能源系统出售的能源服务中占据 43% 的份额，该市由此获得 8900 万美元的收益，用于支持其他的可持续基础设施开发。在挪威奥斯陆，区域能源系统估计能够创造大约 1375 个全职就业岗位。

各国城市寻找创新方法克服区域能源部署的主要障碍

区域能源系统结合能源效率提升与可再生能源应用的能力为这些技术的普及带来新的机会。然而，由于仍然存在大规模推广区域能源应用的市场壁垒，包括缺乏对技术应用及其多重效益的了解，缺乏完善的基础设施和土地利用规划以构建相关项目来吸引投资。数据和融资问题包括：缺乏充足的关于市政供热和供冷的数据；缺乏约定成俗的认定能源节约和环境效益的方法；缺乏普遍接受的融资方法以开发建筑物能效等级、标识和标准的相关工作。其他可能的障碍还包括并网政策和电网接入限制，前期资本投入成本的较高，以及能源定价制度或市场结构缺陷，从而使区域能源系统相对于其他技术处于劣势。

尽管面临这些挑战，全球各地的许多国家和城市均已成功地制定了具有针对性的措施和政策，以支持区域能源系统，促进重点产业增长。这45个示范城市已经配备了超过36万千瓦的供热能力（能够满足360万户左右的供热需求），区域供冷能力6万千瓦（能够满足约60万户的供冷需求）和1.2万公里的区域能源网络。在接下来的10年时间里，这45个城市将全部提高其区域能源建设能力，其中不少城市将致力于完成初始的或计划中的项目，这些城市包括基督城（新西兰）、GIFT城（印度）、圭尔夫（加拿大）、香港（中国）和路易斯港（毛里求斯）。



香港



克萊斯特奇奇市



路易絲港

地方政府在推进区域能源系统领域可以发挥多种作用

地方政府在促进区域能源系统方面具有独特的不可替代的作用，即是规划和监管机构，金融运作的媒介，也是社会各界推崇的榜样和新兴理念的倡导者，同时也是大体量的能源消费者、基础设施和服务（能源、交通、住房、垃圾收集和污水处理等）供应者。城市所能够获得的政策选择往往取决于所在国家的政策制度框架及权力下放程度。这份报告概述了地方政府在四个宏观领域可以借鉴的相关政策的最佳实践，这些共同构成了在不同层面的国家政策框架。

在45个示范城市中，有43个城市正在通过自身努力影响政策规划和地方法规，采取以下措施促进和加速区域能源建设。这些措施包括：确定愿景和目标；制定能源、土地利用与基础设施的综合规划；协同相关政策；以及发布固废发电规定。在45个城市中，超过半数的城市拥有具体的区域能源目标，这些目标可能起源于或关联于更宽泛的能源目标（例如能源效率、温室气体排放、化石燃料消耗量和能源强度）。

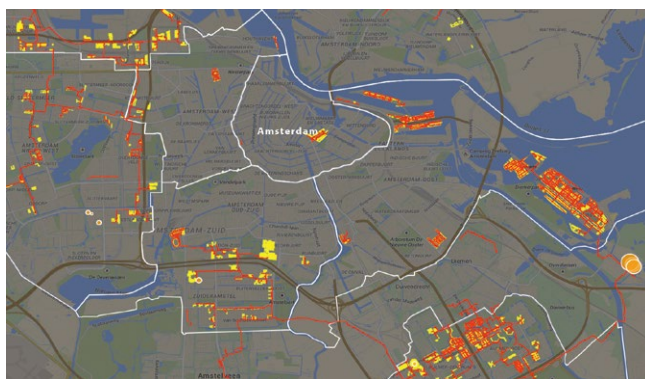
由指定的协调机构或公私伙伴组织支持的综合能源规划，是确定协同效应和潜在机会的最佳实践。这些协同效应可以通过推进经济有效的区域能源系统以及在一个城市不同区域中使用具有针对性的政策或财政激励措施得以实现。通过实施这样的政策，大伦敦地区政府计划到2030年吸引80亿英镑（129亿美元）的能源投资。仅在2012年，伦敦市综合能源和土地利用规划政策已吸引1.33亿英镑（2.13亿美元）用于供热网络基础设施投资。

在45个示范城市中，当地政府在推动区域能源系统投资领域被视为“最重要”的行动者，在承担与投资相关的风险和费用方面发挥了核心作用。2009年到2014年之间，迪拜（阿联酋）、慕尼黑（德国）、东京（日本）、巴黎（法国）和华沙（波兰）等城市，在其各自的区域能源系统领域共吸引投资1.5亿美元。

几乎所有示范城市都利用土地和公共建筑等城市资产，为区域能源设施或其配套设备进行融资，以降低按揭贷款风险并吸引相关领域投资。地方政府用以支持区域能源的其他金融和财政激励措施还包括：坏账准备金和债券融资、贷款担保和保险、赠款和贷款，周转资金，市级补贴和基于开发的土地价值提升策略。这45个城市均将示范项目作为一个有效手段，以提高社会各界对于区域能源应用技术及其综合效益的认知和理解，并充分展示这些项目的商业竞争力。加拿大温哥华市目前已开发了一个利用废水系统余热的示范项目，这一示范项目有效刺激了私营部门在该领域其它网络的投资。

作为基础设施和公共服务的提供者，地方政府能够打造区域能源系统的低碳发展途径，促进不同商业部门的协同合作，引领区域能源战略实现更广泛的社会和经济效益。优化区域能源系统以确保资源有效利用和实现多元利益需求与标准的供热和供冷设施和终端用户模式。致力于普及区域能源的城市得益于识别非能源设施并将这些协同效应结合演化成为互惠的商业案例。在挪威卑尔根市，城市疏解人口政策促进了区域能源与新型轻轨轨道的融合。这样的合作可以比联合规划基础设施更进一步，这也可能意味着向其他公共设施投资或与其建立合作关系的重要性。

其他的最佳实践还包括：反映区域并网成本和保证供应能力的余热能源税；热电联产厂（CHP）准入电力销售市场政策；净计量政策和分布式发电上网电价政策；客户保护政策，包括关税法规；节点发展；整合多重网络的技术标准；与相邻城市合作开发或利用区域能源网络；以及一系列鼓励区域并网的政策，如区划法规、密度红利和建筑规范。



阿姆斯特丹市交互式分布图，“垃圾焚烧余热的能量”。地图显示了阿姆斯特丹现有的区域供热网络（红色）与交流负载量（黄色）和余热源（橙色）。



新加坡滨海湾。新加坡在滨海湾地区的试点区域供冷系统，通过强制性联通商业建筑能源网络，创建了一个面积达 1.25 平方公里的能源并网区域。

各城市可以根据各自情况选择区域能源的运营模式

全球很多城市都根据当地具体情况多样化选择利用区域能源的商业模式。不同商业模式应确保所有的参与者（包括投资者、业主、运营商、公共设施、供应商、终端消费者和城市）可以实现经济回报。通过评估其他城市的创新型商业方法，规划者可以发展和经济结构的系统在所在城市做出更明智的决定。

区域能源业务模式涉及大部分公共设施，范围涵盖从完全公有制度、合作模式和公私合营、到私营及开发的制度（见本报告第 3 部分）。在 45 个示范城市中，18 个城市主要选择政府公有制为运营模式；而另外 22 个城市中，则由私营特许到公私合营模式的混合商业模式占据主导地位。

自 1927 年起，巴黎市根据特许经营合约开始提供区域供热服务，其 33% 的所有权由巴黎市政府拥有的巴黎城市供热公司（CPCU）。城市所有权和特许经营模式使得巴黎市政府对区域供热发展持有高度的控制权，同时也从私营部门的效率提高和资本投入中获益。特许经营合同规定了供热服务的最高价格，这一价格基于可再生能源供热份额的指数。巴黎市还可以对社会住房强制执行特别低价。除了提供更优惠和充足的可再生能源，巴黎城市供热公司每年还向巴黎市支付 200 万欧元（260 万美元）的分红和 700 万欧元（约 910 万美元）的特许经营费。巴黎城市供热公司预计将实现其到 2020 年在区域供热网络中使用 60% 左右的可再生能源或回收能源的目标，相当于直接降低 35 万吨的二氧化碳排放量。

通过全部或部分所有权参股，将国家公共服务设施与商业模式相结合是实现国家对区域供冷需求的一个关键因素。在迪拜，空调电力消耗量占电力总消耗量 70% 以上，而迪拜政府制定了一个目标，即到 2030 年将通过区域供冷满足城市 40% 的供冷需求。届时预计可使空调用电量比传统空调用电量降低 50% 以上。迪拜在目前的区域供冷推进过程中，通过将国有电力设施与商业模式结合的方式，国家公共利益得到充分考虑。

国家对于区域能源的支持能够显著促进地区和城市的相关行动

虽然与区域能源系统相关的许多具体决策和措施需要在地方层级才能实施，但在国家层级制定相关政策依然是取得最佳结果的关键。基于这 45 个示范城市的经验，本报告总结出四个最具影响力的国家层级政策，即：1) CHP 和可再生能源激励措施；2) 国家调节并网电价；3) 引入区域能源建筑能效标准和标识；4) 制定能源税收制度，以及明确的规划指导和规定，地方政府提供授权法案。例如，欧盟就能源效率法律法规，要求区域和地方当局制定相关规划，以发展供热和供冷基础设施建设，在当地调动一切可以利用的可再生能源，并采用热电联产措施。在挪威，国家授权的框架支持地方政府执行区域供热计划，还规定供应商需制定详细的发展计划，且应涵盖与其他选择相关联的区域供热的社会经济和环境效益计划。

在丹麦、芬兰和瑞典等北欧国家，征收污染税是实现区域能源普遍应用的重要因素。税收和其他处罚措施也为中国推动区域能源系统现代化建设发挥了重要作用，国家级法律法规赋予省级政府处罚那些空气污染严重城市的权力。鞍山市投资传输管网，以整合城市的分散锅炉并捕获其余热。由于此做法可减少污染处罚和煤炭的使用，预计仅需 3 年就可收回投资成本。在没有采取相应税收政策的国家，政府可以提供资助和补贴等支持措施以创造公平的竞争环境，以推广区域能源。例如，鹿特丹市由于采用了区域能源系统而减少了 CO₂ 和 NO_x 排放的造成社会成本，从而获得了荷兰政府 2700 万欧元（约 3380 万美元）的财政补贴。

为鼓励国家和地方层级之间制定并实施协同有效的政策，越来越多的城市开始参与“纵向一体化”的国家政策制定与开发，通过“纵向国家适当减缓行动（V-NAMA）”的实施，反映出利用这一促进低碳区域能源系统应用的方法十分具有发展前景。

决定加快普及区域能源的未来步骤

联合国环境规划署已对相关政策和投资路线进行研究总结，涵盖了加速城市发展、城市现代化和推进区域能源等 10 个关键性步骤。通过与这 45 个示范城市交流实践经验成果，本报告总结出一套“决策树”工具，在可不同阶段利用不同工具和最佳实践案例的方式引领其他城市，确保城市政府作为协助者、提供者和消费者、协调者和倡导者（推广区域能源系统）时有据可循。将“示范城市”与“学习城市”对接为“姊妹城市”，成为联合国环境规划署新的区域能源倡议的一个关键组成部分。

决策树分为四个部分：

- 为什么？ 为什么选择区域能源，该地区有怎样的能源需求？下一阶段的区域能源技术部署成本是怎样的？
- 何时做？ 何时开始部署区域能源？区域能源真正付诸实践的时机是什么？
- 做什么？ 开发城市区域能源的实施举措是什么？
- 怎样做？ 城市怎样培育自己的区域能源网络？怎样用激励措施、政策框架、商业模型和能源价格等工具辅助区域能源的发展？



背景



法兰克福市将通过现代化区域能源系统在 2050 年实现 100% 可再生能源供应的目标，提高能源利用效率，并能够实现脱离使用化石燃料的转型，利用余热，保持可再生能源产能平衡。

具体内容

在全球能源结构中加快提高能源效率和可再生能源比例，能为全球升温幅度控制在2摄氏度以内和获得包容性绿色经济综合效益的目标作出最大贡献。城市的能源消耗量占全球能源消耗量的70%以上，占全球温室气体排放量的40%–50%（Seto等，2014）。城市能源消耗整体效率较为低下的情况造成一些国家和城市的经济成本和社会成本不断增加，这是普及现代能源系统的一个主要障碍。

目前，供热和供冷以及热水使用估计占全球建筑物能源消耗的一半左右（IEA，2011a）。因此，任何气候和能源转型的方案都必须明确解决城市供热和供冷问题，以及其与电力生产和消耗之间的相互作用。解决城市能源问题的挑战将需要协同性的智能应用，能源需求的灵活性，以及不同经济部门短期和长期的能源存储解决方案。

现代化城市区域能源系统是减少温室气体排放和满足能源需求的成本最低和最有效的方法之一。区域能源系统蒸汽、热量和冷量，在

城市中使用的供热或供冷的建筑物，也可以生产电力。转型到这样的系统，结合能源效率的措施，可以实现控制2050年全球气温上升在2–3摄氏度以内所需二氧化碳减排量的58%。为促进能源系统的这一转型，联合国环境规划署（以下简称“环境署”）及其合作伙伴共同推出了一项全新的城市区域能源倡议，作为“人人享有可持续能源”倡议区域能源加速器行动的执行机制（见图1.1）。

现代区域能源系统可整合各种区域供热和供冷设施，如热电联产（CHP）、储热、热泵和分布式能源等其他设施。集中生产供热或供冷将降低未来的能源成本。区域能源系统通过采取以下措施逐渐适应气候变化、降低碳排放和经济成本：

——向终端用户分配提供或回收过剩的、低品位的热量和冷量（例如，工业或发电站余热；地下水和污水余热；湖泊、河流或海洋的天然冷量）；

——通过转化供热和供冷生产能力和为终端用户集中满足供热和

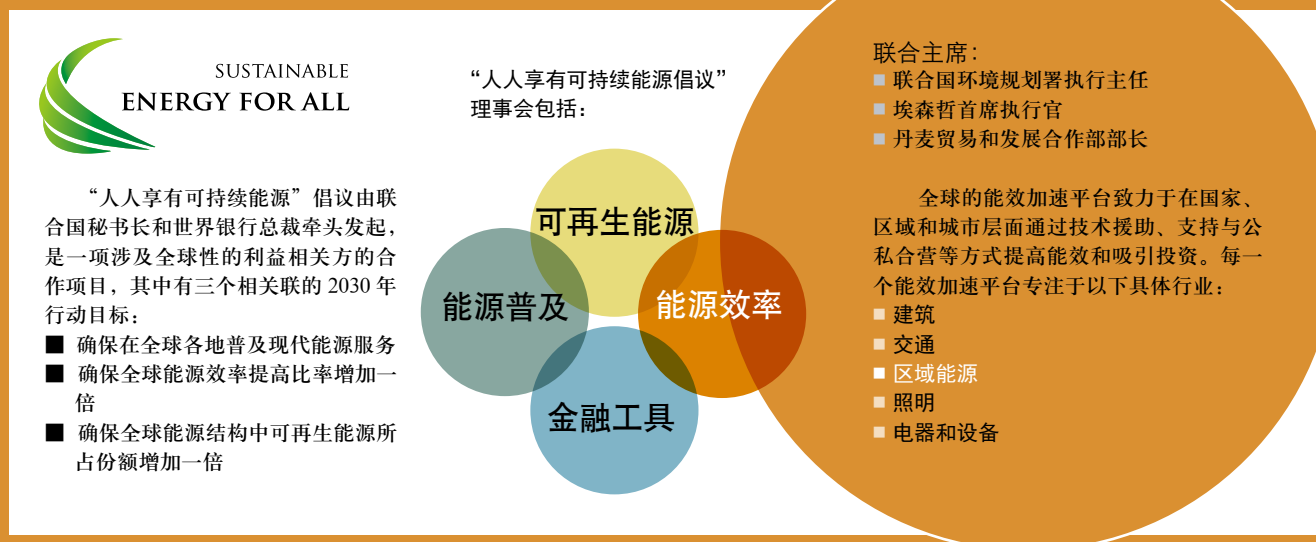
供冷需求，降低电力消耗和一次能源使用量（通过提升效率和调控高峰负荷降低成本）；

——整合和平衡高份额的可再生能源电力和可再生能源的供热和供冷能力（特别是通过相对便宜的储热技术）；

——实现可再生能源供热和供冷生产的规模经济。

根据本报告总结，区域能源作为可协同生产、供热、供冷、热量和电力供应之间问题的能源解决方案，可以实现优化能源利用效率，并改善本地资源利用水平。区域能源系统还能够在建筑物层面、社区和城市层面调和本地能源的生产量与消耗量。区域能源是在建筑物之间通过能源共享实现本地热源综合利用的最佳实践行动。采用区域能源系统的社区资源能够得到高效利用，城市具有应对气候变化等问题的弹性。虽然可以通过其他途径实现这些目标，但本报告结果表明，在某些特定条件下，区域能源可以提供最理想的解决方案。

图 1.1 区域能源在城市“人人享有可持续能源倡议”中的应用



这本题为《城市区域能源：充分激发能源效率和可再生能源的潜力》的报告是由联合国环境规划署与哥本哈根能源效率中心、国际地方政府环境行动理事会和联合国人居署联合撰写，这一全新城市区域能源倡议的首个相关指导性文件和工具书。

该报告对于全球各地 45 个示范城市进行了深度评估和介绍，为区域能源模式在全球各城市的进一步普及提供了一个平台。它将成为指导性文件，引领“配对城市”相互合作，加速推进区域能源系统的实施和普及。

该报告强调指出城市推进区域能源系统应用的重要性和实施策略，包括介绍政策的最佳实践、新兴的商业模式和创新行动。

研究方法

本报告基于对大量信息和材料的研究，其主要内容包括：

1) 采访区域能源利用与当地利益相关者、市政府官员，65 个示范城市公共设施和能源服务提供商，以及相关行业和金融专家(见附件)；2) 对 45 个城市进行综合调查；3) 各城市规划文件；4) 组织两次研讨会进行讨论；5) 对其他文件和报告的大量研究。

2013 年，联合国环境规划署启动了全球低碳城市研究项目，寻找这些城市提高能源效率、推进可再生能源利用以及达到温室气体零或低排放目标的关键成功因素。区域能源系统作为经济实惠的低碳能源供应的最佳实践，对于其他城市则是加强适应气候变化能力和资源利用效率以及实现低碳发展的重要机遇。

从 2013 年底到 2015 年初，本报告的主要作者与来自全球 65 个城市将近 150 名受访者进行了采访、调研和讨论，收集了专家和当地利益相关方对于必要因素的看法，以保证现代区域能源系统成功开发的设计、实施和运营，包括障碍、挑战、成果和收获的经验教训。受访者有行业协会负责人、企业界人士、金融家、研究人员、咨询人员、学者、公益倡导者、政策制定者、多边（政府间）机构人员、公共设施管理者、监管机构人员以及市政官员。调研由哥本哈根能源效率中心、国际地方政府环境行动理事会、国际区域能源协会和联合国人居署协助进行

通过两轮调查问卷展开。

除非特殊说明，本报告中所有案例分析和最佳实践建议是基于对上述人员的访谈、问卷调查及随后展开的咨询而整理出的事实和数据完成的。代之以正式问卷反馈形式，这些访谈和咨询是通过非结构化的讨论方式展开的，其中大部分访谈是通过电话或电子邮件进行的。

本报告中的其他情况和数据来自两次国际研讨会：2014 年 4 月在哥伦比亚麦德林召开的主题为“推进零废弃物”的世界城市论坛，和 2014 年 6 月在丹麦哥本哈根中心召开的探讨能效的提高能源效率平台研讨会。

在全球 65 个调研城市中，联合国环境规划署最终选定了 45 个制定较高水平的温室气体或二氧化碳减排和可再生能源利用目标的城市，这些城市同时也出台了提高能源效率或促进利用可再生能源政策。本报告将这 45 个示范城市作为案例分析，展示了在全球范围不同社会和政治背景下区域能源系统有关政策、金融和技术应用的实践和经验。本报告还探讨了地方政府在推进区域能源系统时克服各种困难障碍和复制推广这一系统的成功经验。

根据不同的城市情况，全球各地区域供热和供冷的监管和政策支持措施存在不同的需求和选择。为强化区域能源实践经验传播和可复制性，有效阐述和了解相关实践内容，报告的实践案例课程根据 Ecoheat4EU 最佳实践区域能源

支持方案将城市划分为如下群体（Werner, 2011）：

■ 在综合型城市中，区域供热和供冷系统的应用已经进入成熟阶段，几乎达到 50% 以上的市场份额。

■ 在改造型城市中，区域供热已经占有较高的市场份额，但能源系统依然需要进一步改造，以增加顾客信心、能源效率和盈利能力。

■ 在扩张型城市中，区域供热和供冷系统已在某些地区出现，但总体来说市场占有率依然相对较低（约为 15%–50%）。然而，这些城市对于推广区域能源系统的意识和兴趣正在逐渐增加。通过扩大现有系统规模和在其他地区建立新的系统，市场份额或将显著增加。

■ 在新建型城市中，区域供冷和供热的市场份额很低（0%–15%）。这些新建城市正在寻找措施推进区域供热和供冷系统，正在酝酿小规模的区域管网示范项目。

基于这 45 个示范城市案例的调研结果，本报告最终以“决策树”作为指南工具，对最佳实践进行阐述。“决策树”旨在帮助全球范围内起点和政策背景各异的地方政府和政策决策者，在其城市中加快推广区域能源系统。目前，完整的决策树作为交互式学习工具已经上线，全球各地的城市可以通过网络浏览学习。“决策树工具”包括 45 个示范城市的深度研究案例*。

* 欲了解更多关于示范城市的具体信息，请访问网址 www.unep.org/energy/des

栏目 1.1

45 个示范开发城市

全球 45 个示范城市



英国亚伯丁郡



荷兰阿姆斯特丹市



中国鞍山市



美国阿灵顿市



挪威卑尔根市



罗马尼亚博托沙尼市



法国布雷斯特市



新西兰克赖斯特彻奇市



丹麦哥本哈根市



马来西亚塞城



卡塔尔多哈市



阿联酋迪拜市



德国法兰克福市



意大利热那亚市

印度吉福特市



瑞典哥德堡市



加拿大圭尔夫市



奥地利居辛市



芬兰赫尔辛基市



中国香港特别行政区



土耳其伊兹密尔市



科威特科威特市



波兰罗兹市



英国伦敦市



瑞典马尔默市



意大利米兰市



德国慕尼黑市



挪威奥斯陆市



法国巴黎市



毛里求斯路易港市



沙特阿拉伯利雅得市



荷兰鹿特丹市



美国西雅图市



韩国首尔市



新加坡



丹麦森讷堡



美国圣保罗市



日本东京市



加拿大多伦多市



加拿大温哥华市



瑞典韦克舍市



斯洛文尼亚韦莱涅市



立陶宛维尔纽斯市



波兰华沙市



亚美尼亚耶烈万市

这 45 座城市区域供热总装机容量为 36 GW（相当于 360 万户家庭年用电量），区域供冷容量 6 GW（相当于为 60 万户家庭供冷）以及 1.2 万公里长度的区域能源管网。

第一章

向现代化区域能源系统转型

在迪拜，70% 的电力用于空调制冷，这导致该城市需要建设全世界最大规模的区域供冷系统。预计到 2030 年，区域供冷系统或将满足迪拜 40% 的供冷需求。该系统将会以电力驱动供冷，并增加中水的使用，以减少淡水消耗。



01

本章内容：

- 1.1 区域能源介绍
- 1.2 为何选择区域能源？
- 1.3 能源效率
- 1.4 可再生能源
- 1.5 区域能源的成本
- 1.6 激励因素

关键信息：

- **区域能源系统**可以极大程度上减少供热和供冷系统的碳排放，降低能源成本，改善空气质量，并提高可再生能源占有率，减少对化石燃料和进口能源的依赖性，还可增加城市的恢复力。正因如此，世界上已有 45 个城市率先开发利用了这一系统。
- 当**可再生能源**并入地区能源网络，经济成本和供应方式的多样性可充分降低供热供冷的价格。通过这一模式，45 个示范城市中已有 11 个城市实现了 100% 可再生能源或整个城市碳中和目标。
- 由于各城市认识到区域供热可有效地实现热力供应系统转型，区域供热系统正在逐渐得到发展，并可成为成本效益较高、更为清洁、低碳、有弹性的本地化可再生能源系统。不同形式的可再生能源（如风能和太阳能）通过区域供热系统的应用得以在电力系统中深度普及，如采用大型热泵、热电联产（CHP）、锅炉和地热。这些调整是丹麦和德国能源政策的基础。中国的多个省份也正在研究区域供热和高水平风力发电之间的协同整合。
- **改造升级和现代化改造**老旧区域供热系统，可节约大量能源。例如利用热电联产的余热和其他工业生产中的余热以及升级管网，以减少能源损失和效率低下等现象。鞍山市正在投资改善热力传输管网，可将 1GW 的余热输送到当地钢铁厂供其使用。
- **区域供冷**也具备巨大潜力，可减少空调和冷水机组电力需求的激增，避免负荷高峰期可能引起的各种问题。为了解决长时间的停电问题，需要昂贵的传输系统升级、提高发电能力并分散备用发电机等措施。在迪拜，70% 的电力需求来自空调，所以迪拜将要建设全世界最大规模的区域供冷系统以满足这一需求。预计到 2030 年，区域供冷系统或将满足迪拜 40% 的供冷需求，与常用空调机相比节电 50% 以上。马来西亚的塞城同样正在利用区域供冷系统减少电力需求，在制冰和冷水储存领域采用高效的冷水机。
- 以化石燃料或核能等**能源发电**为地区提供热力、热水或供冷的途径效率低且浪费资源。而区域能源系统则是唯一可以在建筑物里利用低温余热或天然冷源的技术。路易港将从海平面 1000 米以下泵取海水，作为该城市全新区域供冷系统的冷源，以取代分散的由化石燃料发电驱动的空调制冷模式。
- 采用区域能源系统还可以**降低供热和供冷成本**。在一定的市场条件和适当的需求强度下，区域能源供热和供冷可以其他技术一半的成本提供同样的服务。
- 城市的**供冷需求**难以量化，原因是这些数据往往隐藏在建筑整体的电力消耗中，而且用于制冷的电量难以测量。同样的，因为燃料也有其他用途，如供电（家电消耗）或燃气（做饭）等，所以供热需求也不容易测量。
- **地方政府和利益相关方**虽然认识到区域能源是解决城市供热和供冷的良好解决方案，但仍认为需要找到合适的契机才能推动。例如，区域能源方案远胜于其他方案，或因紧急意外事件（如大停电事故）刺激了区域能源的实施。

1.1 区域能源简介

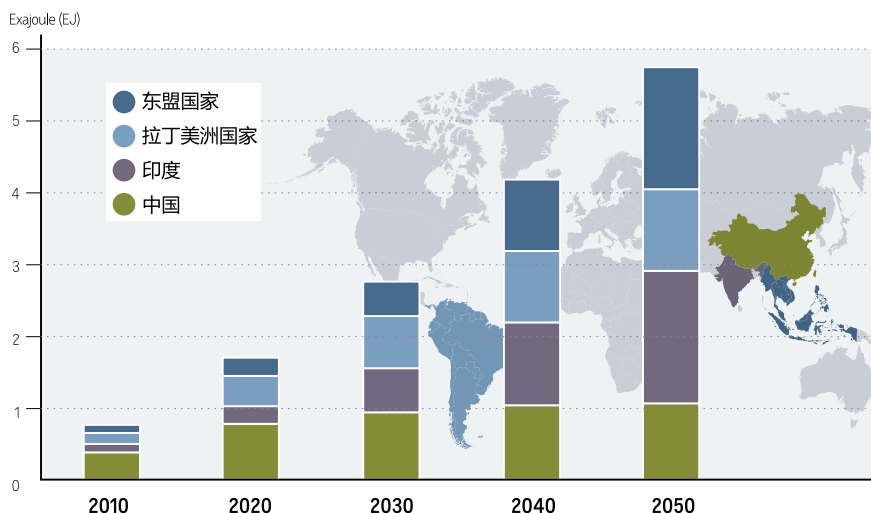
区域能源是一种成熟的能源解决方案，世界上越来越多的城市都已经采用了这种供能方式。它代表了实现供热、供冷、生活热水以及电能生产与供应协同配合技术的多样性。采用区域能源系统的城市，主要可实现的收益包括：廉价的能源供应、降低对化石燃料及进口能源的依赖、社区经济发展与能源供应的社区控制、改善本地空气质量、减少 CO₂ 排放以及增加能源系统的可再生能源比例（表 1-1 区域供热与供冷可用技术及相关收益概览）。

区域能源所带来的贡献十分明显并在全球范围不断增加。在欧洲，区域供热系统满足了 12% 的供热需求^{*}（Connolly 等，2012）；在中国，区域供热提供了 30% 的供热需求（ADB，2014），并自 2005 至 2011 年间热网长度增加了一倍（IEA，2014a）。在俄国，区域供热系统满足了其 50% 的建筑物供热需求。在欧洲的几个城市中，区域能源网络几乎提供其所需的全部供热和供冷。全球容量最大的区域供冷系统位于美国，大约为 16 吉瓦热（GWth），其次为阿联酋（10Wth）和日本（4Wth）（Euroheat&Power，2014）。韩国的区域供冷系统在 2009–2011 年间增加了两倍（Euroheat&Power，2014）。

然而，现代化的区域能源系统仍存在巨大的可开发空间，并且在能源系统增长、改造、开发等方面仍存在巨大机遇。例如，俄国 60% 的区域能源管网需要维修或更换（IEA，2009）；中国大部分燃煤锅炉需要更新换代。预计到 2030 年，区域供冷能够满足海湾地区国家 30% 的供冷总需求，减少新增发电容量 20GW，并每天减少消耗相当于 20 万桶石油的燃料（Booz&Company，2012）。在欧盟国家，大约有 1 亿吨未经回收利用的垃圾被扔到了垃圾填埋场，而欧盟 414 个生活垃圾焚烧厂通过焚烧垃圾发电或供热的热值还不到全部垃圾热值的一半（Connolly 等，2012）。

印度大城市的空调供冷需求导致其供电系统压力倍增，尤其在用电高峰期以及某些因供冷导致周期性断电的城市。为了缓解供能紧张，需要对功率容量增加额外的投资以满足用电高峰需求。预计到 2050 年，约 4 亿印度人将移居到城市中心区（UN，2014）；预计 2030 年，缺电人口将减少 15%，这意味着印度能源系统承受的压力只会增加（IEA，2013）。在孟买，供冷用电占该城市总电耗的 40% 左右，目前只有 16% 的商业建筑与住宅建筑使用了空调（Tembhekar，2009）。

图 1.2 亚洲及拉丁美洲部分区域供冷终端能耗（选自国际能源署 2℃情景下 2010–2050 年世界终端能耗示意图）（来源：国际能源署，IEA）



^{*}2009 年，区域供热占居住与服务供热需求总量的 12%（Connolly 等，2012）。

为了弥合这些差距,欧盟、美国、中国和日本在内的一些国家和地区近期已经制定了开发现代化区域能源潜力的目标与指导方案(IEA, 2014b)。目前区域能源系统正在经历着现代化发展进程,以实现其全部潜力,这不仅包括经济和环境方面的潜力,还包括将区域能源与其他各种设施相整合的能力(电力、公共卫生、污水处理、运输、废弃物)。

• 1.1.1 区域供冷

区域供冷系统的运作是采用与冷源相通的管道提供冷却水。可以利用电厂或工业余热驱动蒸汽涡轮或者吸收式制冷机组,获取供冷所需的冷却水;也可以利用自然冷源,比如湖泊、河流或者海水;或者使用电动制冷装置。

区域供冷的效率比传统分散式制冷装置(比如空调设备)的效率高出两倍有余,并且可以通过减少能源消耗及采用蓄热器,从而显著降低高峰期电耗。从芬兰赫尔辛基市(Helsinki)到毛里求斯路易港(Port Louis),区域供冷系统在许多不同类型的城市有重要的应用。由于发展中国家对空调较高的需求,而其能源系统供应通常较为紧张,区域供冷将给这些国家带来巨大的好处。

目前全球对供冷系统需求加剧,区域供冷变得越来越迫切了。2000–2010年间,全球空间供冷的能源消耗增加了60%(IEA, 2014b)。在国际能源署(IEA)预测的全球气温升高2℃情景中,2050年亚洲和拉丁美洲部分区域的供冷需求将增长到目前水平的625%(见图1.2)(IEA, 2014b)。随着能源服务支出的增加,以及越来越多的人口向城市移居,供冷需求也在不断增加,发展中国家尤为显著。

采用区域供冷系统能够减少破坏环境的制冷剂的使用,比如氢氟氯烃(HCFC)和氢氟烃(HFC)。HCFC破坏臭氧层,使用HFC代替HCFC,使HFC的排放量以每年8%的速度增长,并且预计2050年,HFC的排放量将相当于全球

二氧化碳排放量的7–19%(UNEP, 2014)。

* 区域供冷的一些可用技术在表1.1中有说明。网上有与本报告配套的详细技术表格供下载。

• 1.1.2 区域供热

区域供热自19世纪80年代起被采用,且发展十分迅速。世界上许多区域供热系统需要通过现代化改造达到可靠的标准。区域供热系统能够利用不同类型的热源,通常是废热和可再生热源。图1.3展示了区域供热系统的发展历史,包括效率的提升以及热源的多样化。未来的区域供热系统被称为“第四代系统”,是基于第三代供热系统的改进。

第四代系统采用低温运行技术,相比于第三代能够有效降低热损失,并且在低能源密度的区域也能够使用这种系统(例如一些低能耗建筑

较多的区域)。区域供热系统可以利用多种形式的热源(如低温余热),并且允许消费者自行提供热源。通过蓄热、智能系统以及灵活的供应方式,这些技术可成为经济可行的解决方案,将不同种类的可再生能源整合并入电网,以满足(系统)所需的灵活性。相比于传统的中央发电站,第四代系统与负载控制中心和发电机的距离更近,并且其分布式特点及系统规模允许使用节点和网状结构,提高多点入网的可能性。

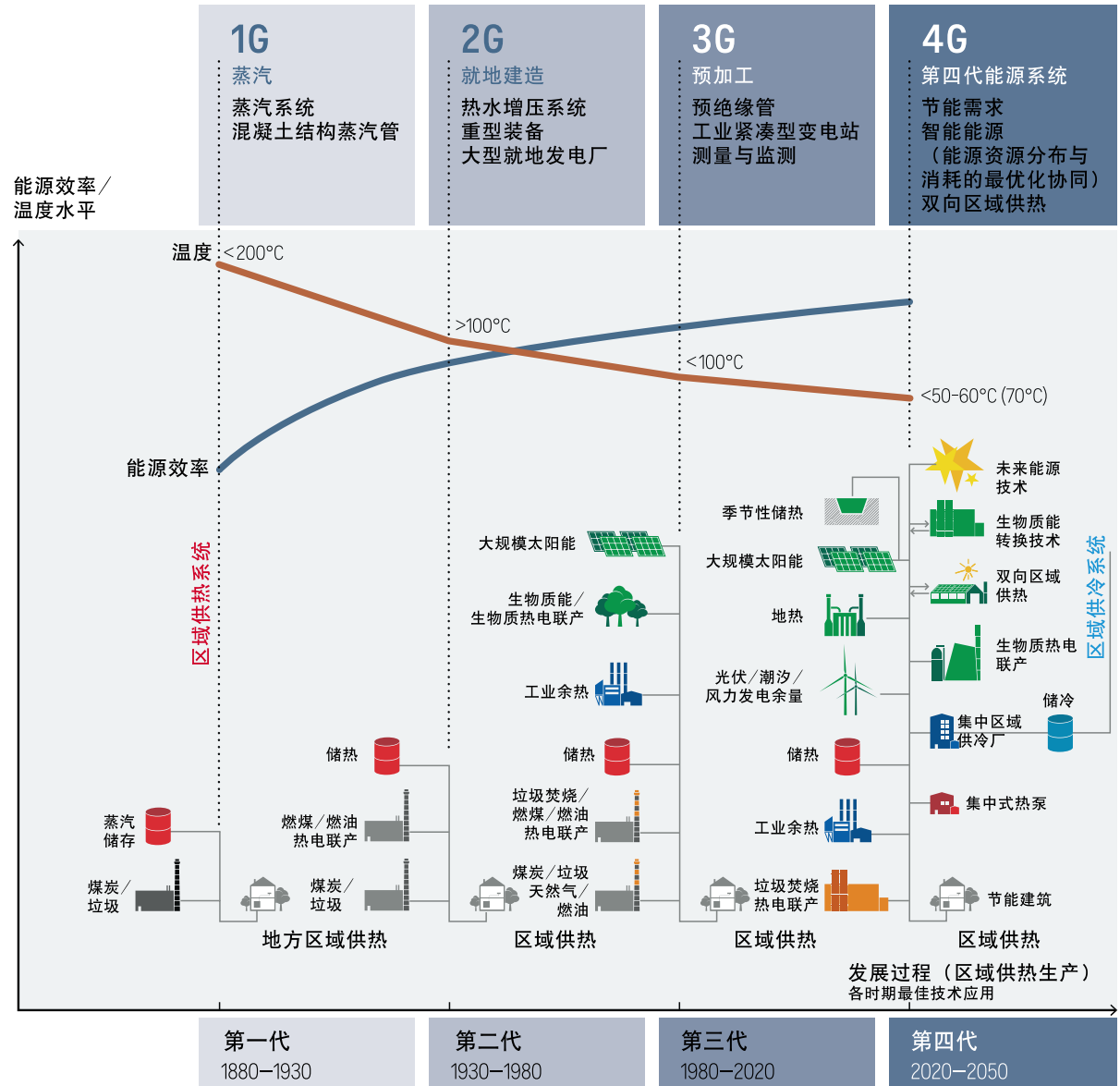
区域供热技术应用说明请见表1.1。与本报告配套的详细技术表格供可在官网下载。

欧盟的报告《欧盟27国区域供热与供冷系统的潜力、障碍、最佳实践及推广措施》提供了卓越的技术及政策信息(Andrews等, 2012)。



1982年,圣保罗,铺设区域供热管网图。这个供热网络为该市80%的建筑供热,包括图中的明尼苏达州议会大楼。

图 1.3 区域能源网络的发展历史、现状及趋势



数据来源：奥尔堡大学 (Aalborg University) 和丹佛斯区域能源部 (Danfoss District Energy)，2014

20 世纪初，纽约市安装直径为 2 米的区域暖蒸汽管道（左图）。
温哥华，焊接现代化预制保温的区域供热管道（右图）。



表 1.1 区域供热与供冷可用技术概览

技术名称	能源与转换技术	应用条件 / 限制	收益	范例
 区域供热				
地热	热源: 地下蓄水层（盐碱水） 转换方式: 热交换器	■ 适合供应基底热负荷需求。 ■ 布井位置、深度、补给井距离。 ■ 热源不确定性，需要挖井后方可知晓。	■ 低运行费及自然热源。 ■ 可再生能源，低碳排放的环境友好技术。 ■ 运行稳定，寿命长。 ■ 提供基本负荷、可再生热能。	巴黎 (Paris) 正在使用 36 个地热区域供热网络。 伊兹密尔 (Izmir) 地热供热的价格比家用燃气供热便宜 35%。
垃圾焚烧区域供热厂	热源: 生活垃圾和其他可燃废弃物 转换方式: 焚烧	■ 可能引起地区空气污染，需要远离市区（尽管现代焚烧炉不需要离太远）。 ■ 一些生活垃圾焚烧厂提供区域供热的同时可以发电。	■ 利用不能回收的、可燃废弃物中的能源 ■ 灰烬可以用于建筑施工，并不会产生甲烷 ■ 垃圾焚烧炉生产低成本热源，并且经常是促进城市区域供热网络开发的触发因素。	哥本哈根 (Copenhagen) 余热循环每年可减少 CO₂ 排放 655000 吨，取代石油 140 万桶 (Thornton, 2009)。位于城中心外的新建阿曼格 (Amager) 垃圾焚烧厂可以反映得到改善的排放情况。 罗兹 (Lodz) 计划建设一个垃圾焚烧厂并与区域供热网络并网。 鹿特丹 (Rotterdam) 附近的垃圾焚烧厂为这座城市提供部分供热，预计 2035 年可减少 CO₂ 排放 175000 吨。
区域供热锅炉	热源: 天然气、石油产品、电、沼气、煤、木料木渣 转换方式: 锅炉	■ 根据燃料，可以作为高峰期（天然气、煤、电）或基本负荷热源（木料木渣等）。	■ 在不适宜采用 CHP，垃圾焚烧及工厂余热的高峰期，供应高峰期负荷（采用天然气、石油、煤作为燃料），降低区域供热系统的总成本。 ■ 对于采用可持续来源的生物质或者来自当地垃圾填埋场的沼气的锅炉，可以提供可再生及零碳排放的能源。	45 个示范城市都将锅炉作为区域供热系统的备用热源，以便基本负荷热源无法满足高峰期需求的时候使用。 鞍山 (Anshan) 正在升级目前分散的区域能源网络，将工业余热、热电联产余热与地热补充到目前仅以燃煤锅炉房为单一热源的网路中。
余热回收	热源: 工厂余热、生活污水低位余热 转换方式: 热交换器	■ 需要对余热定价（参考 2.4.1 废弃物资费管理）。 ■ 余热可能无法稳定供应，需要额外的备用锅炉。	■ 回收废弃物能源能够改善城市的能源效率（作为循环经济的一部分）。 ■ 对于许多城市，区域供热是唯一能够利用低位余热的技术。	温哥华 福溪东南邻里能源设施示范项目（参考案例 3.1）为 7000 户居民提供区域供热，其中 70% 的热源来自于废水。 伦敦 (London) 正在探索利用地铁系统和电力变电站余热。
热电联产	热源: 天然气、生物质、煤、沼气等 转换方式: 蒸汽轮机（或者燃气轮机）的二级或者三级余热回收	■ 购电协议不能反应本地生产效益（参考 4.2）。 ■ 理想的基本负荷发电方式，可以根据供热需求或者电价调整运行。最好结合锅炉和蓄热器。	■ 区域供热的驱动力，能够结合本地余热生产高效电能（参考 1.3.1）。这点能够有效提升供热以及供电系统的一次能源效率（参考图 1.4）。 ■ 热电联产能够大量集中供热，允许在需要的情况下根据成本收益变换燃料。	韦莱涅 (Velenje) 779 兆瓦的 Sostanj 热电厂为全城供热，并为斯洛文尼亚 1/3 供电。 韦克舍 (Vaxjo) 是本地生物质热电联产的重要用户，提供清洁可再生热的同时，创造本地就业机会。 埃里温 (Yerevan) 选择燃气 CHP 而不是燃气锅炉，使得区域供热网络提供的暖气比家用燃气锅炉价格低廉。

表 1.1 区域供热与供冷可用技术概览

技术名称	能源与转换技术	应用条件 / 限制	收益	范例
区域供热				
热泵	热源： 驱动过程（电能或者热能）的热源（环境大气、水、土地、工业工艺产生的废热）和能源。 转换方式： 热泵	■ 既可以供应基本负荷也可以供应高峰期，根据资金支出与电费的相对值而定。 ■ 热泵能够利用以下热源：地下热源（稳定的温度主要归因于与季节性变化的外部温度隔绝，而不是地热活动）；生活污水和废水；甚至区域供冷的回水也可作为热源。	■ 当电力过剩的时候，可以高效地将电转换为热能。 ■ 能效比（COP）（有效热能与电耗的比值）大于 4。利用低温能量（资源优化）。	奥斯陆（Oslo）机场采用地下水热泵提供全年供热与供冷的基底负荷。 米兰（Milan）拥有三个热电厂，其中两个热电厂（Canavese 和 Famagosta）的电能用来运行与地下水蓄水池相连的热泵。 赫尔辛基（Helsinki）的 KatriVala 热泵能够吸收 165000 吉瓦时来自城市污水的热量，称为全世界最大的热泵。 布雷斯特（Brest）正在探索海水热泵，利用稳定的海洋温度在冬季为它的区域供热系统提供 5 兆瓦的热量。
太阳能	热源： 太阳 转换方式： 太阳能集热器	■ 安装地面的集热器需要大面积土地。 ■ 需要备用和高峰热源（例如锅炉）。	■ 可再生和“零 CO₂”排放能源。 ■ 区域供热使得开发较大规模的太阳能系统成为可能，因为建筑物不再需要储存热也不需要消耗掉所有的产热。	圣保罗（St. Paul）在区域供热网络中，接入了 2140m² 太阳能集热器，峰值功率为 1.2 兆瓦时（MWth）。 马尔默（Malmo）首创的建筑层面太阳能净计量进入区域供热网络，创造“产消者”概念，即热能的消费者也可以为系统提供热能。



芬兰赫尔辛基市 KatriVala 热泵从城市废水中获取热能



丹麦布雷斯楚普市 (Bræstrup)，配备蓄热器的大型太阳能热电厂并入区域供热网络。

技术名称	能源与转换技术	应用条件 / 限制	收益	范例
------	---------	-----------	----	----

❄️ 区域供冷

电冷水机组	冷源： 电 转换： 电冷水机组	- 仍然需要电能，尽管电耗有所降低。 - 任何商业 / 住宅电耗补贴都必须考虑，确保电冷水机的市场竞争力。	- 电冷水机组的能效比（多数大于 7）与住宅及商业空调（通常为 2-4）相比通常要高很多（见图 1.4）。 - 相比于分散式空调，电冷水机组使用的制冷剂的全球增温潜能（GWP）较小。	多哈珍珠岛的综合区域供冷厂，由多种制冷机组提供动力，功率为 13 万冷吨（456 兆瓦），是目前同种类功率最大的。 巴黎的区域供冷网络采用电冷水机组制冷。减少了制冷剂排放 90%，减少水耗 65%、减少 CO₂ 排放 50%、减少电耗 35%，并提高一次能源效率 50%。
自然供冷	冷源： 来自海洋、湖泊、河流或者含水层的冷水；来自液化天然气终端的废冷；电泵 转换： 热交换器	- 需求高的时候需要备用冷源。 - 可以就近供应冷水。 - 需要合适的冷源。 - 环境许可成本。 - 供应随季节变化。	- 采用可再生能源，可降低碳排放。 - 能效极高，尤其在高峰期，能够有效减少供冷系统的能耗，从而减少不必要的电厂基建升级。 - 除非水温不够冷，否则不使用会破坏环境的制冷剂。	多伦多市的区域供冷系统采用新的供水管，利用水泵及热交换器获取来自安大略湖深处的冷量，降低供冷成本 87%（参考案例 3.5）。 路易港市（Port Louis）正在开发深海冷却系统，利用海平面以下 1000 米处的冷水为商用建筑供冷（参考案例 3.12）。
可再生能源或者余热驱动的 吸收式制冷机组	冷源： 焚烧炉余热，工业余热，发电厂余热 转换： 与热源集成的吸收式制冷机	- 吸收式制冷通常利用废热，保证一次能源的高效利用。 - 可以和热电联供结合，形成热电冷三联供。	- 因为供热需求随季节变化，在夏季需求低，通过吸收式制冷机供冷能够增加热电冷三联供的收入。 - 对于供电高峰与供冷高峰相吻合的热带国家尤其有用。 - 吸收式制冷机不使用破坏环境的制冷剂。	伦敦市的新奥林匹克公园采用安装在冷热电三联供电厂，功率为 4MW 的吸收式制冷机在供热需求低的夏季供冷（参考案例 3.8）。 韦莱涅市（Velenje）的试点项目利用吸收式制冷技术吸收余热，相比于普通制冷技术节约了大量电能，生产成本仅为后者的 70%。

📦 储热

蓄冷与储热	能源： 区域能源网络或者区域能源供应厂； 转换： 热水、冷水或冰蓄冷 / 热	- 必须考虑储热 / 蓄冷的容量、充放速率、效率以及周期（IEA-ETSAP 及 IRENA, 2013）。 - 储热 / 蓄冷周期可以是几小时、几天或是周期性季节变化。	- 由于供热和供冷需求随季节变化，储热 / 蓄冷可以实现全年持续生产热 / 冷，降低系统的峰值容量。 - 电冷水机组结合蓄冷，能够通过调节一天当中的制冷时间，进一步降低供冷高峰的峰值电耗。	伦敦邦希（London Bunhill）的区域供热网络利用 115 立方米的热水储热，结合热电联供，减少满足高峰负荷所需的备用锅炉数量（案例 3.2）。 赛城（Cyberjaya）采用冷水储热（35500 冷吨 / 时；125 兆瓦时）和冰蓄热（39000 冷吨 / 时；137 兆瓦时）（参考案例 3.9）。
-------	---	--	---	---

1.2 为何选择区域能源？

通过开发区域能源基础设施，45 个示范城市正在争取实现以下效益：

减少温室气体排放：通过转换热源，减少 30–50% 的一次能源消耗（比如巴黎的区域供冷系统减少一次能源使用高达 50% 以上），迅速、深入、经济有效地实现减排。

改善空气质量：通过减少消耗化石燃料，从而减少室内、户外空气污染，以及由空气污染引起的健康问题；

提高能源效率：采用电力系统和供热系统相结合的区域能源基础设施，运行效率提升 90%（例如赫尔辛基热电联供电厂的一次能源效率能高达 93%）。

采用当地资源和可再生资源：利用当地资源，包括废弃物、余热、自然水体和可再生能源。试行新技术（比如储热器）整合不同种类的可再生资源；

恢复力与能源普及：降低进口能源和化石能源价格波动，控制电量需求，降低限电断电风险。

绿色经济：尽量减少为适应电荷高峰期用电量而设计建设的基建投资。减少使用化石能源带来的收入，增加本地税收，从而创造财富。创造一系列相关的就业机会，包括系统设计、施工、设备生产、运营与维护。



中国上海市空气污染情况（上图）。2003 年，纽约断电期间，通勤人员步行回家（下图）。此次停电造成 58 所医院断电，而其他采用热电联产的医院仍可正常营业，这促使纽约州成为热电联产基础设施的强力支持者（Hampson 等，2013；Hedman，2006）。

国际能源署和华尔街日报的评论员们都因上述的多重效益和区域能源整合可再生能源和效率的能力，将其视为可持续能源系统转型的支柱和根本解决方案（IEA，2011b；Totty，2011）。在可再生能源与能源效率方面领先国家，或者那些有强烈的碳减排目标的国家，包括中国、英国、法国、韩国、新西兰、美国、德国、丹麦、瑞典以及整个欧盟（参考第四章），都鼓励各自的城市发展区域能源（Euroheat&Power，2013；IEA，2014b）。

区域能源的各种效益最主要体现在城市层面（见表 1.2），并且可以针对具体的终端使用者，鼓励他们加入这个网络（见表 1.3）。这些益处也得以体现在国家层面（见表 1.4），国家政策可以推动实现区域能源的诸多效益（参考第四章）。可以在当地政策（参考第二章）以及商业模式（参考第三章）设计时将区域能源的益处纳入考量。表 1.2 至表 1.4 展示了区域能源的一些效益，并提供了 45 个示范城市中的一些范例（其他详细信息，请参阅本报告中强调的案例研究）。

表 1.2 区域能源系对于城市的效益

恢复力	经济	环境
■ 通过提高一次能源以及本地资源的利用率，加强能源安全，减少对进口燃料的依赖。 ■ 当中心发电站供电中断时，可作为应急措施，比如在暴风雨期间继续供热以及维持医院正常运行。 ■ 作为具有“前瞻性”的供应系统，允许在现有网络上进行新技术改造升级，而无需在所有建筑中安装新设备。	■ 设备的安装与运行，以及增加使用本地能源（当地林业废料、填埋场沼气及其他可再生资源），可以创造更多的工作岗位。 ■ 由于是联网系统，可以通过利用过剩容量以及共享相邻地区能源系统，而增加收入。 ■ 采用更多本地资源，减少化石燃料进口，增加一次能源利用率，从而减少当地财政开销。 ■ 改善空气质量，从而减少医疗花销或环保处罚金。 ■ 加强能源安全后，或可改变商业分布。 ■ 相比于传统供冷系统，区域供冷减少了淡水资源的消耗。 ■ 政府通过持有区域能源系统所有权的方式，获得大量股息。 ■ 减少垃圾填埋从而降低财政支出。 ■ 强调紧凑型城市规划，或可减少能源及公共设施等花销。	■ 对实现城市温室气体减排目标有重大贡献。 ■ 通过减少化石燃料使用，从而减少二氧化硫、氮氧化物和粉尘排放，最终改善城市空气质量。 ■ 降低热损失，将城市热岛效应最小化。 ■ 废弃物的回收利用或可创造商业机会，带来额外的收入，改善当地环境（例如发展改善废弃物收集，以适应垃圾填埋沼气系统）。 ■ 通过向第四代系统转型的机会，实施区域供热以及能源效率项目，相应地增加能源系统中的余热及可再生热源，并且使不同种类的可再生资源达到平衡，比如太阳能与风能。
鞍山：节省 120 万吨燃煤 / 每年（参考案例 3.7）。 东京：通过增加本地供电，加强对地震的应对能力。 多伦多：通过本地供热，加强对极端天气的应对能力。 居辛：自 1990 起，免受石油价格波动的影响。	鞍山：利用城市余热，缩短项目投资回收期（3 年）。 米兰：节省 20000 当量吨化石燃料。 巴黎：每年增加城市收入 200 万欧元（260 万美元）。 奥斯陆：预计可以创造 1375 个全职工作岗位。 居辛：城市恢复活力，创造 1000 多个间接工作岗位，50 种新业务。 圣保罗：将 1200 万美元的能源花销用于在本地经济系统发展。	鞍山：预计随着项目进展，减少燃煤消耗，可以极大程度上改善当地空气质量。 米兰：2011 年，减少颗粒物粉尘排放 2.5 吨、CO₂ 排放 7 万吨、NO_x 排放 50 吨、以及 SO₂ 排放 25 吨。 奥斯陆：每年减少垃圾填埋量 50 万吨，相当于一年内减少 15 万辆车行驶 1.5 万公里所产生的污染。

表 1.3 区域能源系统对终端用户的益处

恢复力	经济	环境
■ 在特殊情况下（比如极端天气或者断电），该系统能够在更可靠的能源支持下供电和供热 / 供冷。 ■ 因减少对化石燃料的依赖，不受能源价格飙升影响，供热与供冷价格更稳定。	■ 相比于其他技术，明显能够长期减少供热和供冷费用。 ■ 使得当地政府能够帮助正在经历燃料短缺的终端用户。 ■ 因不需要安装独立的热原，从而节省空间（例如释放一定办公空间）。 ■ 可以给一次能源系数低、能效高的建筑做标准认证，帮助用户在租赁 / 出售物业时获利。 ■ 建筑可再生热水净计量可增加额外收入。	■ 通过转换家庭供热与热水供应的能源，减少煤和其他燃料的使用，从而控制污染。 ■ 空气质量提高，从而改善国民健康。廉价的供热费使得能源短缺人群能够利用供热系统，从而改善健康。 ■ 锅炉和燃气等在建筑外部，提高安全性。
博托沙尼 (Botosani): 2010–2013 年，减少 45% 的供热网络故障；预计升级项目完成时，预期达到 94%。	博托沙尼：供热系统更新换代后，重新将之前因为供热不足而脱离系统的 21 个区域供热消费大户并入系统。	博托沙尼：预计减少相当于每年 684,100 吨 CO ₂ 的温室气体。

表 1.4 区域能源系统对国家的益处

恢复力	经济	环境
■ 加强能源安全，减少对进口化石燃料的依赖。 ■ 通过能源共享和蓄热（如果替代技术更为耗电），减少国家或区域电网压力。 ■ 减少高峰期用电需求，从而加强供电可靠性（如果替代技术耗电）。	■ 降低一次能源消耗，从而可能减少能源进口，改善国家收支平衡。 ■ 能够灵活利用不同类型的可再生能源，减少不必要的设施变动（如需求较低时段削减运转设备或负荷高峰期增加备用设备） ■ 使用区域能源，从而减少或者延迟天然气输送网络和供电网络的升级成本。 ■ 就近供电，从而减少传输损失。	■ 减少本身碳密度高的建筑部门温室气体排放。 ■ 允许多种可再生电能并入国家或区域电网，降低发电碳密度。 ■ 帮助实现国际和国家层面的碳排放、可再生能源、能源效率、能源密度以及空气质量等目标。 ■ 在制冷领域，减少使用破坏环境的制冷剂。
丹麦和瑞典：为应对 20 世纪 70 年代的石油危机，提出了区域供热政策。	日本：采用热电联供，提高能源效率，减少商用天然气进口量。	丹麦：自 1990 年起，因采用区域供热，减少了 20% 的全国 CO ₂ 排放

1.3 能源效率

● 1.3.1 充分利用低品位能源

“制冷机组和区域供冷利用废水流，能够满足温带地区许多城市约 30–35% 的商用建筑供冷需求。”——Nick Meeten, HUBER SE, 2014

采用核电或者化石燃料供热、供应生活热水或供冷就像“用锯子切黄油”——这不仅效率低而且还是对资源的极度浪费 (Lovins, 1976)。因为这些能源不仅温度高而且机械能转化率较高，也就是说这些能源适用于驱动机械作业。燃烧煤炭或者天然气这样的高品质能源来供热 / 供冷是不必要的，供热 / 供冷可以采用低温能源，而将高品质能源节省下来，用于那些没有替代能源的工艺流程 (Gudmundsson & Thorsen, 2013)。

空调就是非常典型的利用低温动力来获取低品位热的例子。一些像迪拜这样的城市，空调使用占总电耗的 70%。许多发展中国家，尤其是热带国家，这对于已经十分紧张的供电系统是巨大的消耗，这个现象鼓励国家发展替代性区域能源（参考 3.12 路易港案例和 3.9 赛城案例）。

区域能源基础设施是唯一能够利用低温、低阶余热和天然冷源向终端建筑提供供热、供冷和供应生活热水的方式（见表 1.1）。在技术上和经济上可行的话，城市应该避免直接使用电能和化石燃料来生产低品位的热和冷，而应该采用区域能源。城市应当利用河流、湖泊、海洋中的天然冷源，以及利用冶炼厂和其他工厂、垃圾焚烧、污水处理厂、数据中心以及热电厂的余热。

现代化热电厂的典型效率为 80–90%，意味着绝大部分一次能源转化成有效的终端可用能源。生

产过程中的大量热能通常用作区域供热的热源。相比之下，传统热电厂的一次能源转化效率仅为 30–50%，而大量余热释放到环境中造成能源浪费 (IEA, 2014a)。图 1.4 展示了能源生产中的相对差别，说明在没有区域能源和热电联产的情况下，传统能源系统的化石燃料消耗和 CO₂ 排放量更高。

● 1.3.2 利用最大化管网能效

区域能源管网可以通过几个途径实现能源效率最大化。比如通过蓄热，可以在不同时间段（几小时、几天、几个月）对供热或供冷需求进行调节，使需求分布更加均匀，以成本效益最高的方式供热。另外还可将多余的能量可以储存起来以备高峰期使用。热电联厂，可以储蓄多余的热量，使他们能够以对国家或者区域电力市场最有利的方式运行，同时避免被动应对供热需求的小幅波动。这种系统能够将不同种类的可再生资源整合进电力系统。蓄热和区域能源相结合的方式通常比单一蓄电效益更高。

除此之外，富有恢复力的基础设施可以逐步改善区域能源管网，利用不同种类的能源，以及通过与其他能源网络并网而获益。可通过互联的输送管网将过剩能源分享到附近的区域能源系统中，降低管网的整体波动。

正在进行重建的城市，可以通过升级现有管网系统（参考案例 2.5

博托沙尼）、建立管网内部链接（参考案例 3.7 鞍山）并采用现代化计费方式以显著改善能源效率（参考案例 4.4 埃里温）。2013 年 10 月完成的全球环境基金项目，即“世界银行中国供热改革和建筑能源效率全球环境设施项目 (HRBEE)”展示了如何通过改善热量计费方式为中国节约了 10–15% 能源。截至 2012 年 12 月，中国北部城市 80 亿平米供热面积中，仅有 8.05 亿平米供热区域采用现代化的计费方式。世界银行尝试通过可复制的试点研究推进实施，但是城市区域供热公司因为担忧潜在的收入损失风险而不愿意进行收费改革。城市空气污染问题将会是促进中国广泛推行这种计费模式的驱动力，除此之外，还需加强省级区域供热系统整体改革并鼓励区域供热公司更加主动地推动这项改革 (Py, 2014)。

1.3.3 建筑能源效率

为了达到城市、区域、国家的能源效率目标，当地政府正在积极推广区域能源作为解决方案，改善现有建筑群的热效率（运营效率），充分利用不论是技术上还是经济上都不适宜单体建筑的本地能源（比如余热）。通过扩大市场规模，区域能源系统可以性价比较高的手段改善住宅与建筑物的能源效率，帮助建筑达到相关的能源效率标准或获取认证。

如果建筑能源利用率不高，则需要对建筑的基础能效提高采取措施，比如对隔热、节能灯或其他进行改造。然而，法兰克福在评估城市中 12000 栋古老结构的建筑时发现，区域能源可以达到比开展全部上述改造更好的节能效果。同样地，如图 1.5 中展示的那样，在鹿特丹市，建筑本身节能水平越高，采用区域能源系统的成本效益也会越大。如果要想将建筑的节能性能从 G 级认证提高到 E 级，针对建筑本身的节能措施则比区域能源经济有效。

但是要把建筑的节能性能从 E 级提升到更节能的 D 级，或从 C 级提升到 A 级，区域供能的成本效益优势则更大（尽管区域供能的费用可能会由于能源转换而增加，比如将天然气热电联产转换为生物质热电联产）。

西雅图区域供热设施由一家私营公司运营（西雅图蒸汽公司）与能源服务企业（ESCO）合作，直接向客户提供节能方案，帮助他们减少 29% 的能源消耗。这个项目对建筑的节能潜力进行评估，并提供资助和低息贷款，客户可以通过每月的水电费偿还。从业务发展的角度来看，这种方式降低了客户的水电费用（特别在 5-7 年的回收期之后），帮助西雅图蒸汽公司留住客户。此外，效率提高后，目前的产热量能够为更多的新用户提供服务，让西雅图蒸汽公司可以增加客源的同时避免额外的资金成本。

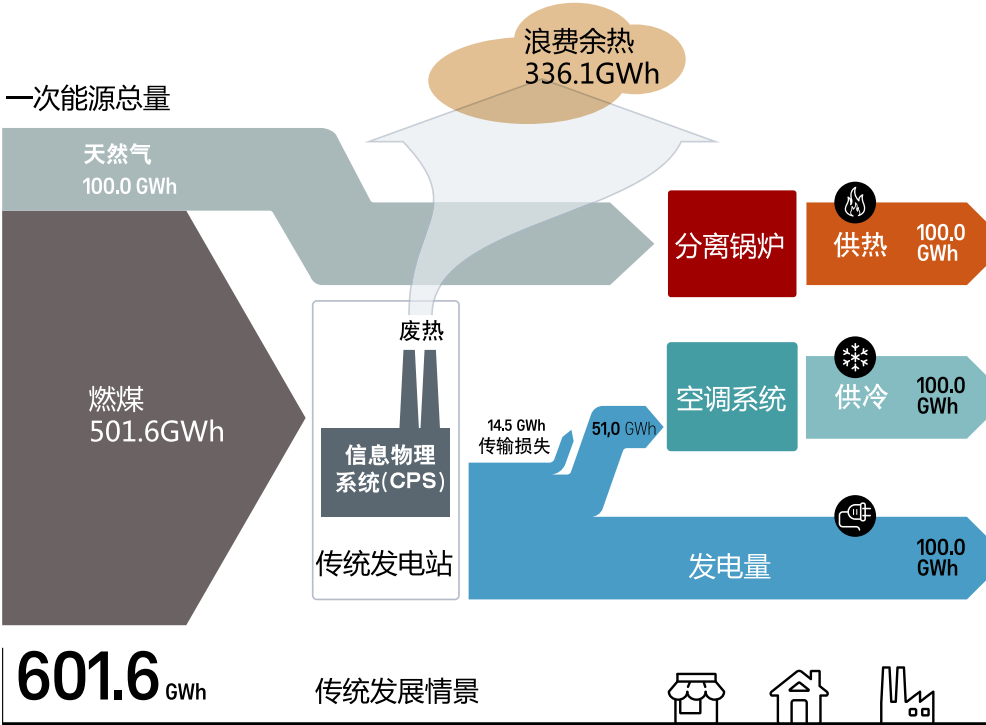
区域能源为建筑能效带来的效益已经证实。根据定义，低排放的被动式房屋通常必须满足能耗低于

25 千瓦时 / 平方米 / 年这一标准。例如在夏天的赫尔辛基，即便是能效非常高的住宅还是会很热，而被动式建筑可以从热水和供冷服务中受益。

不是任何情况下都能够通过区域能源来满足能耗标准或者获取认证证书，然而，许多现有的能效标准或者认证框架并不能反映所有区域能源效率的优点（参考 4.1）。

图 1.4 常态热 / 电 / 冷系统和现代化区域能源系统桑基图对比图

注：桑基图中所示的效率仅是说明性的，并将根据生产热、冷和电的设备不同而显著变化。典型的燃煤发电站全球平均效率为 33%，其中效率最高的约 45%（世界煤炭协会，2014）。燃气热电联产电厂典型效率为 80-92%，最高情况可达 97%。

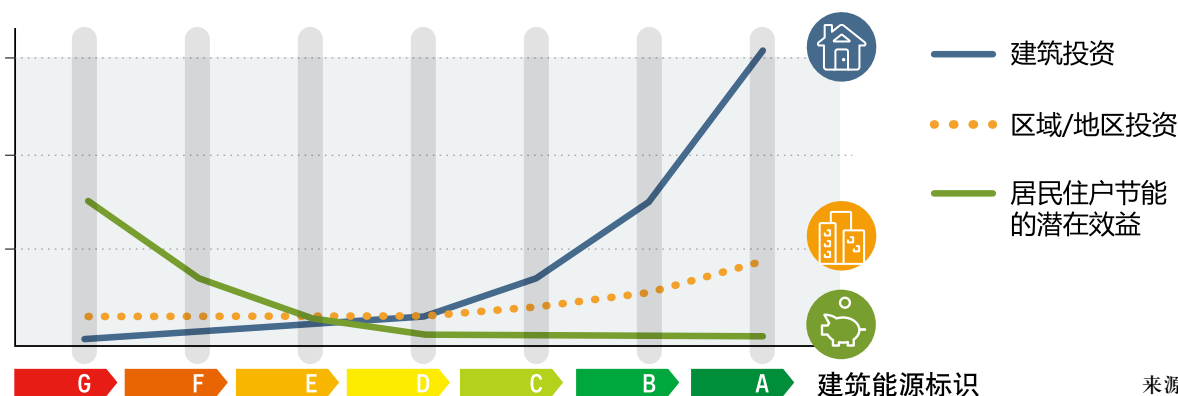


1.3.4 能源普及

区域能源有潜力提供具有恢复力、廉价、容易获取的能源服务。由于市场规模效应与效率，它能够给社会弱势群体（比如燃料短缺人群）提供比其他技术更为低廉的并网税费。区域能源通常能够以低廉的价格（参考案例 4.4 埃里温）为城市人口提供现代能源服务（参考案例 1.2 中国内蒙古自治区呼和浩特）。

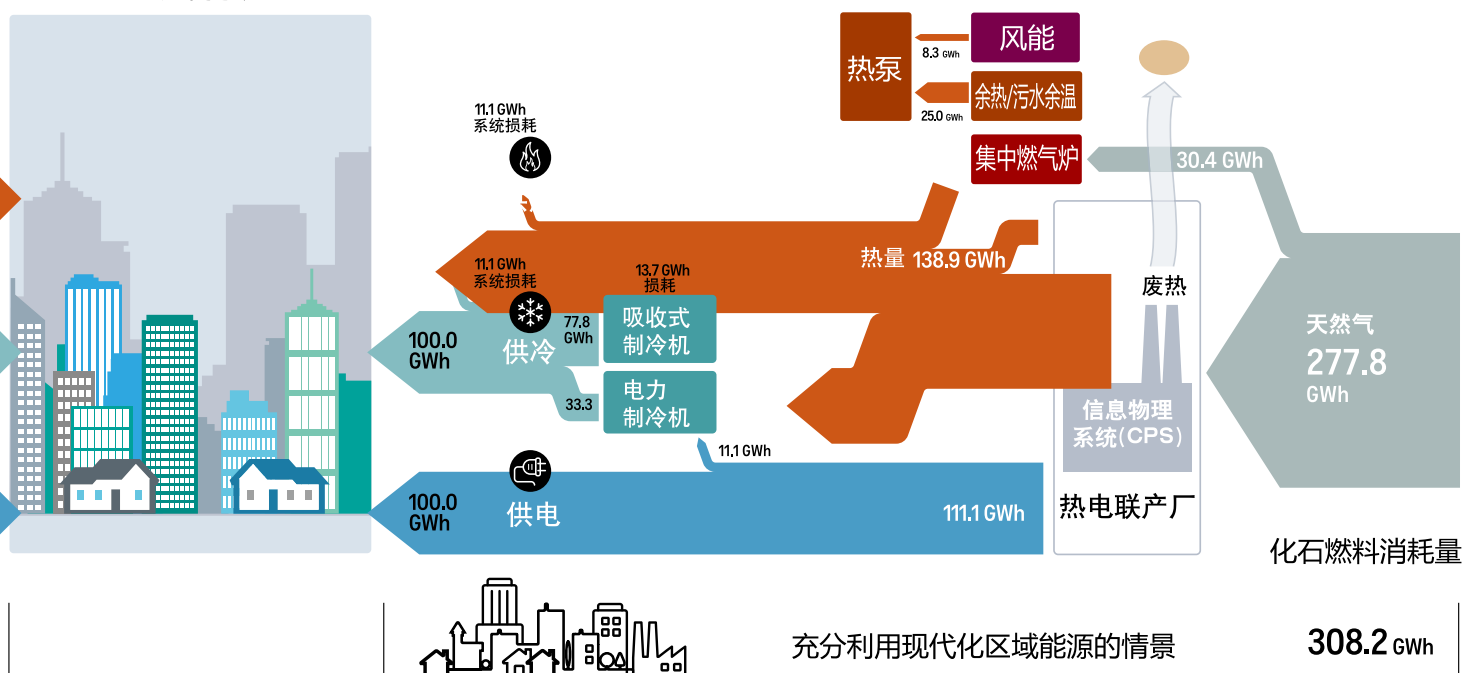
区域能源还可以通过减少能源部门上游产业的投资，从而提供廉价的热源。在一些对供冷需求较大的城市和国家，区域供冷系统可显著减少空调对电力需求强度并减少负荷高峰期的供电压力。这反过来又可以减少产能过剩问题，转移一部分基建资金来改善其他产业部门的能源效率或者用来解决农村人口对电力的需求。

图 1.5 鹿特丹建筑节能改造投资回报与区域能源投资回报对比



来源：Jolman, 2014

电力需求方



1.4 可再生能源

“区域能源策略是整合可再生能源用以供热和供冷最有效的方式之一。以太阳能、地热、生物能、余热、天然资源为冷源的供冷系统能够受益于区域能源的经济规模优势。”

——新西兰梅西大学 (Massey University) Ralph Sims 教授，全球环境基金科学技术顾问组成员

区域能源能够利用当地余热和表 1.1 中描述的垃圾焚烧技术，获取可再生的热源和冷源。此外，区域能源系统的存在使得不同来源的发电量并入电网系统，这是为电力系统脱碳的关键之举（参考图 1.7）。

● 1.4.1 利用规模化优势开发可再生能源和本地能源

区域能源系统可以将多个不同消费者的需求积累到一定规模，优化利用可再生能源，包括那些在建筑或者住宅层面经济价值不高的可再生能源（Chittum&Ostergaard, 2014）。

这种临近区域规模化方式，可与业主合作，整合经济上不适合家庭或建筑的各种需求和能源服务模式。目前，欧盟国家至少有 20% 的区域供热来自可再生能源（REN21, 2014 年）。在发展中国家，可将现成的可再生能源设备用于区域能源系统，比如垃圾填埋场的沼气。可再生热 / 冷可通过表 1.1 和图 1.7 中的技术直接接入区域能源系统。

● 1.4.2 燃料供应的灵活性

随着可再生能源技术愈发具有成本竞争力，通过利用可再生燃料、未被充分利用的余热以及地热和太阳能光热等技术，区域能源顺利地转型到以可再生能源为主的阶段。因为区域能源系统通常使用多种燃料源，因此采用该方案能够保护当地经济不受全球化石燃料市场价格波动的影响（参考案例 1.1 哥德堡燃料灵活性的经验）。

● 1.4.3 风能－热能转换

一些国家已经开始采用区域供热系统，在电力供应过量的时段利用过剩的可再生电能（特别是风能和太阳能）。其中一个例子即是使用富余的风电，通过热泵或者直接用电阻加热器对水进行加热。在丹麦，将不同种类可再生电力与热电联供和区域供热系统结合，是这个国家当下能源政策的奠基石（REN21, 2014）。当可再生能源输出功率低且没有足够的热量需求时，热电联产厂也可以继续供电，因为可以将多余的热储蓄起来。中国内蒙古正在尝试将风能转换为热能，以避免风力发电损失（参考案例 1.2）。

（左图）米德尔格伦登（Middelgrunden）海上风电场，距丹麦哥本哈根市 3.5 公里，于 2000 年落成时，是当时世界上最大的海上风电场，功率为 40 兆瓦。预计到 2020 年将为丹麦提供 50% 的电量。风电份额如此之高的原因之一是丹麦拥有庞大的区域供热管网。





哥德堡

案例 1.1

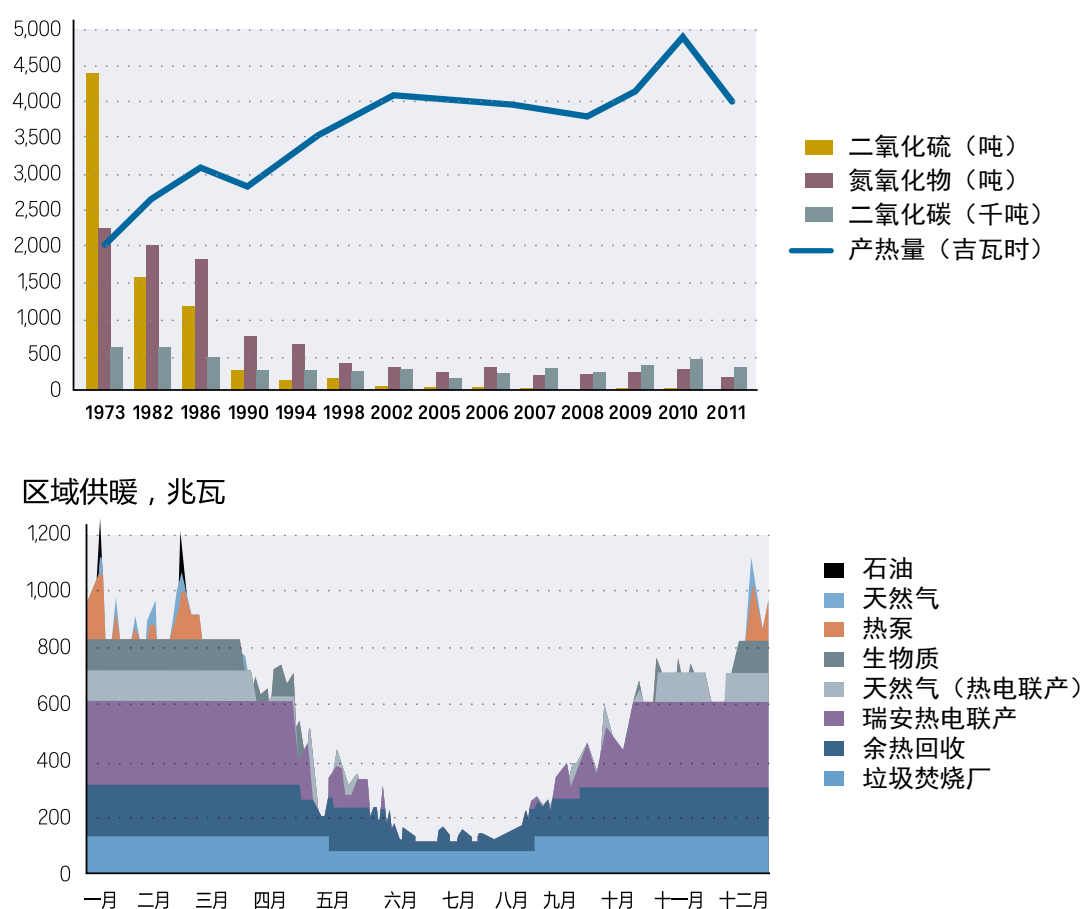
哥德堡：区域供热燃料供应的灵活性

哥德堡的区域供热系统始建于1953年，同时期建立了热电联供系统。1972年垃圾焚烧厂得以建立，这些都彰显了区域能源燃料供应系统的灵活性。为了应对20世纪70年代的石油危机以及当时严重污染的空气品质，哥德堡于20世纪70年代和80年代着力扩建了区域能源系统管网。如今，这个长达1300公里的系统，为60%的城市居民供热，其中70%的能量来自非化石燃料或垃圾焚烧厂、工业废水、生活污水的余热。哥德堡电力公司是一家可再生能源供热方面一流的市属公用设施单位，其正在考虑以生物燃气驱动261兆瓦热（MW_{el}）的热电厂。

图1.6显示从1973年至2002年期间，区域供热产量增加了一倍，而同期的CO₂、SO₂和NO_x排放量却在减少。燃料图中显示了全年灵活多变的可再生能源的使用情况。这种燃料供应的灵活性让哥德堡免受国际石油价格的影响。在瑞典，随着区域供热系统中石油使用的份额从1980年的90%降低至现在的10%；而其碳排放强度也从1980年的300千克CO₂/兆瓦时，降至现在的95千克CO₂/兆瓦时，发生了明显的下降。

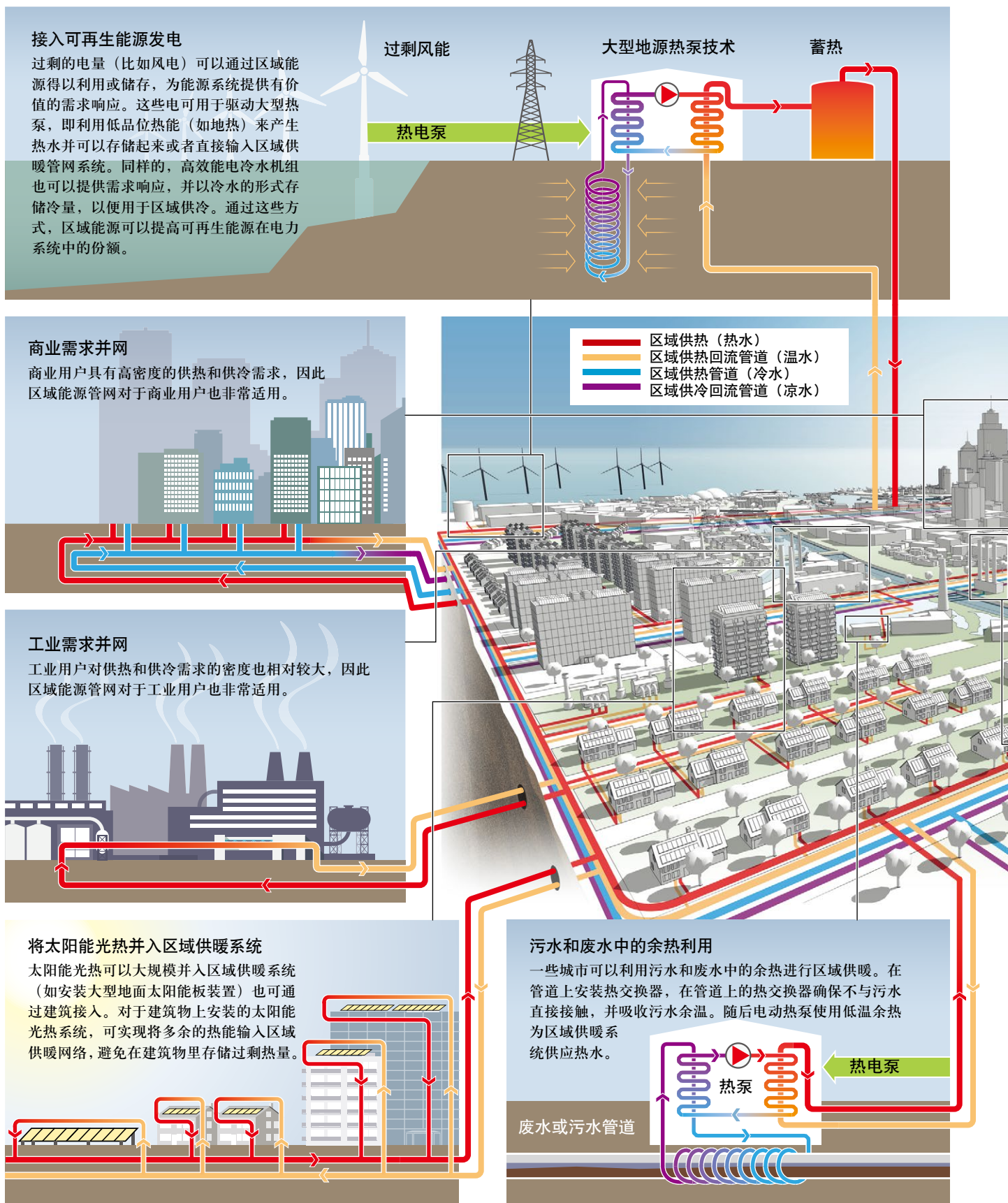
哥德堡还开发了采用戈塔河（Gota）的河水为天然冷源，结合吸收式制冷技术的区域供冷。

图 1.6 1973- 2011 年，哥德堡区域供热产量及供热系统个种燃料使用示意图



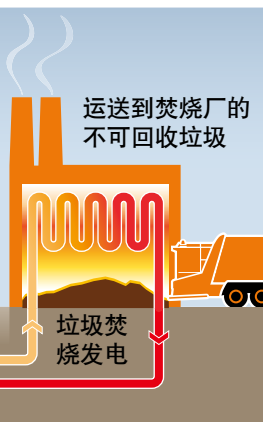
来源：Goteborg Energi, 2011

图 1.7 完整区域能源系统热/冷源输入 - 终端用户示意图



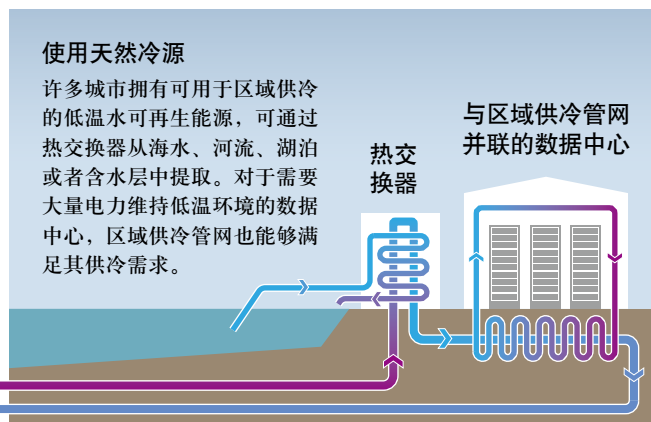
垃圾焚烧

不可回收的生活垃圾可以通过焚烧的方式进行处理，垃圾填埋场。利用垃圾焚烧产生的热量将水加热成蒸汽，用于区域供热。一些大型的垃圾焚烧厂配有蒸汽轮机，用于发电和产热。焚烧炉产生的废气须加以处理，以免造成当地空气污染。



使用天然冷源

许多城市拥有可用于区域供冷的低温水可再生能源，可通过热交换器从海水、河流、湖泊或者含水层中提取。对于需要大量电力维持低温环境的数据中心，区域供冷管网也能够满足其供冷需求。

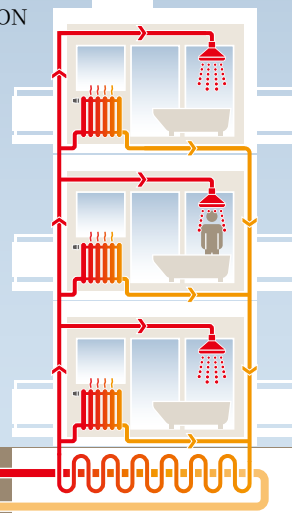


接入住宅客户

建筑物一般通过独立于中央供热（或供冷）的热交换器单独并入区域能源管网。区域供热系统既可以供热也可以供应热水，一些城市中建筑物接入区域供冷和供热两个系统。

利用余热的吸收式制冷机 (ABSORPTION CHILLER CAPTURING WASTE HEAT)

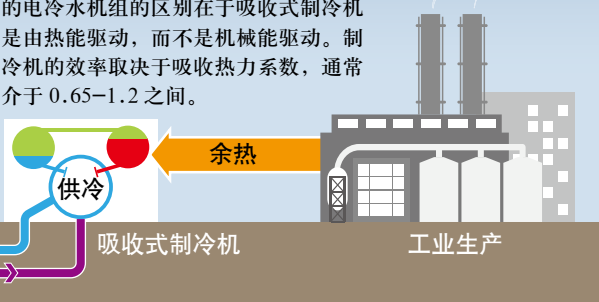
公寓楼房



热交换器

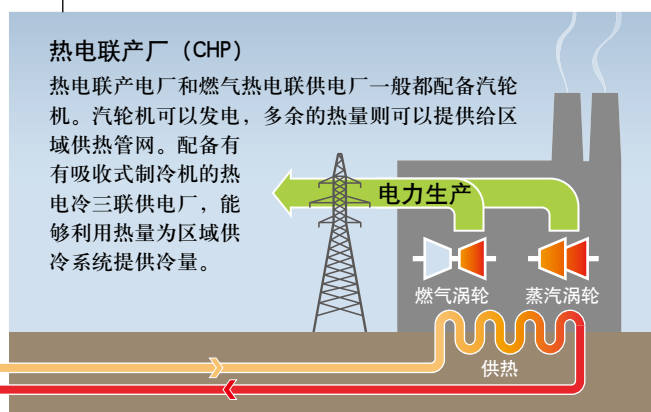
用吸收式制冷机捕获余热

工业余热可通过吸收式制冷机转换为冷量，这种方式与常见的电冷水机组的区别在于吸收式制冷机是由热能驱动，而不是机械能驱动。制冷机的效率取决于吸收热力系数，通常介于 0.65-1.2 之间。



热电联产厂 (CHP)

热电联产电厂和燃气热电联供电厂一般都配备汽轮机。汽轮机可以发电，多余的热量则可以提供给区域供热管网。配备有吸收式制冷机的热电三联供电厂，能够利用热量为区域供冷系统提供冷量。



● 1.4.4 平衡

通过热电联产厂供应电力是区域能源系统的重要组成部分。电能比热能更有价值，因为电能拥有更高的有效能（又称 Exergy）（见表 1.3.1），也就是说能效为 90% 的天然气热电联产厂要比同样效率的燃气锅炉产生更高的价值。热电联产电厂一般根据区域能源系统的供热需求来决定何时发电。然而，在以下两种情况下，热电联产发电厂将无法盈利（这些例子适用于没有固定或规定电价的市场）：

■ 电价过低（或负），而供热需求较高。这种情况可能发生在多风、寒冷的季节。大量的风电产量将会降低市场电价（甚至可能出现负电价，从而削减风电产量）。在这种情况下，尽管电厂可能不能盈利，但必须采取热电联产电厂供热。

■ 电价较高，供热需求较低。这种情况可能发生在温带气候，尤其是夏季的傍晚。由于热电厂成本较高可能成为供电市场的边际价格，因此电价就会很高。当供热需求较低时，热电联产电厂一般没有冷却塔导致其热量无法释放而无法运行。如果热电联产电厂可以运行，其可因高昂的电价产生盈利。热电联产电厂在有供热需求时（技术需求或产生收入时），才能发电（获得更高的收入）。

蓄热器和化石燃料（电）锅炉在两种情况下可以起作用：第一种情况是：可以释放储蓄的热量而不运行热电联供设备。但如果这种方式效率过低，可以使用燃气锅炉向系统提供热水。这种情况下使用化石燃料锅炉能够避免在 CHP 电厂强制运行的情况下，削减风电（参

考中国内蒙古自治区案例 1.2），电锅炉也可以达到这个目的；第二种情况是：如果 CHP 电厂可以将热量储存起来并在需要供热的时候（将夏天的热存储到冬天使用，也就是季节性调节）使用，则可以运行。此外，还可以通过其他的解决方案帮助 CHP 解决这个问题，如将区域能源管网对不同的客户群体和不同的热源进行开放。德国的能源政策鼓励应用 CHP，因为它能够和太阳能光热达到相互调节并可协同使用（参考案例 1.3）。

此外，基于需求方的应对方案，可从区域供冷系统的冷库大规模摄取冷量，可再生电能份额较大的电网系统。

呼和浩特

案例 1.2

中国内蒙古自治区的风热转换

内蒙古拥有中国最大的风力发电装机容量，高达 18 吉瓦，是全国总风力发电功率的 1/4。自治区政府计划在 2020 年之前将总装机容量增加到 50 吉瓦。然而，内蒙古优先采用热电联产，而不是单一的风力发电，来满足这个区域不断攀升的供电供热需求。然而，在很多情况下，这却导致了許多风力发电厂被迫脱离电网，特别在冬季的夜晚 CHP 和风力发电量都较高，而供电需求较低时。基于各种问题，内蒙古被迫缩减 45% 的风力发电量。然而，内蒙古当地政府热衷于利用被削减的风电向区域能源系统供热的方式进行试点，以满足不断增加的城区供热需求。

内蒙古自治区首府呼和浩特市，一年中差不多有六个月气温在零摄氏度以下，冬天气温可低至零下 40℃。因此，充足的供热成为基本的生活需求，对维持社会经济活动也是必不可少的。由于呼和浩特冬季大气中的可吸入颗粒物浓度已经相当高，燃煤

供热方式已经不再适合用来满足日益增长的供热需求。呼和浩特市政府通过 2013 年颁发的一项法令，推广使用天然气，以满足不断增长的能源需求，并解决相关的环境健康问题。

呼和浩特发热力公司隶属于市政府事业单位，拟计划在呼和浩特东部建立低碳、低排放、高能效的区域供热系统，装置 50 兆瓦功率的电锅炉，由过剩的风能供电；以及 1560 兆瓦的低 NO_x 排放天然气锅炉；74 公里长的区域供热管道；覆盖近 3000 万平方米采暖区的热交换器。建成后，该项目可以减少使用相当于 848,500 吨标准煤 / 年，减少 130 万吨 CO₂ / 年，26,000 吨粉尘 / 年，7,500 吨 NO_x / 年和 9,000 吨 SO₂ / 年 (ADB, 2014)。



德国

案例 1.3

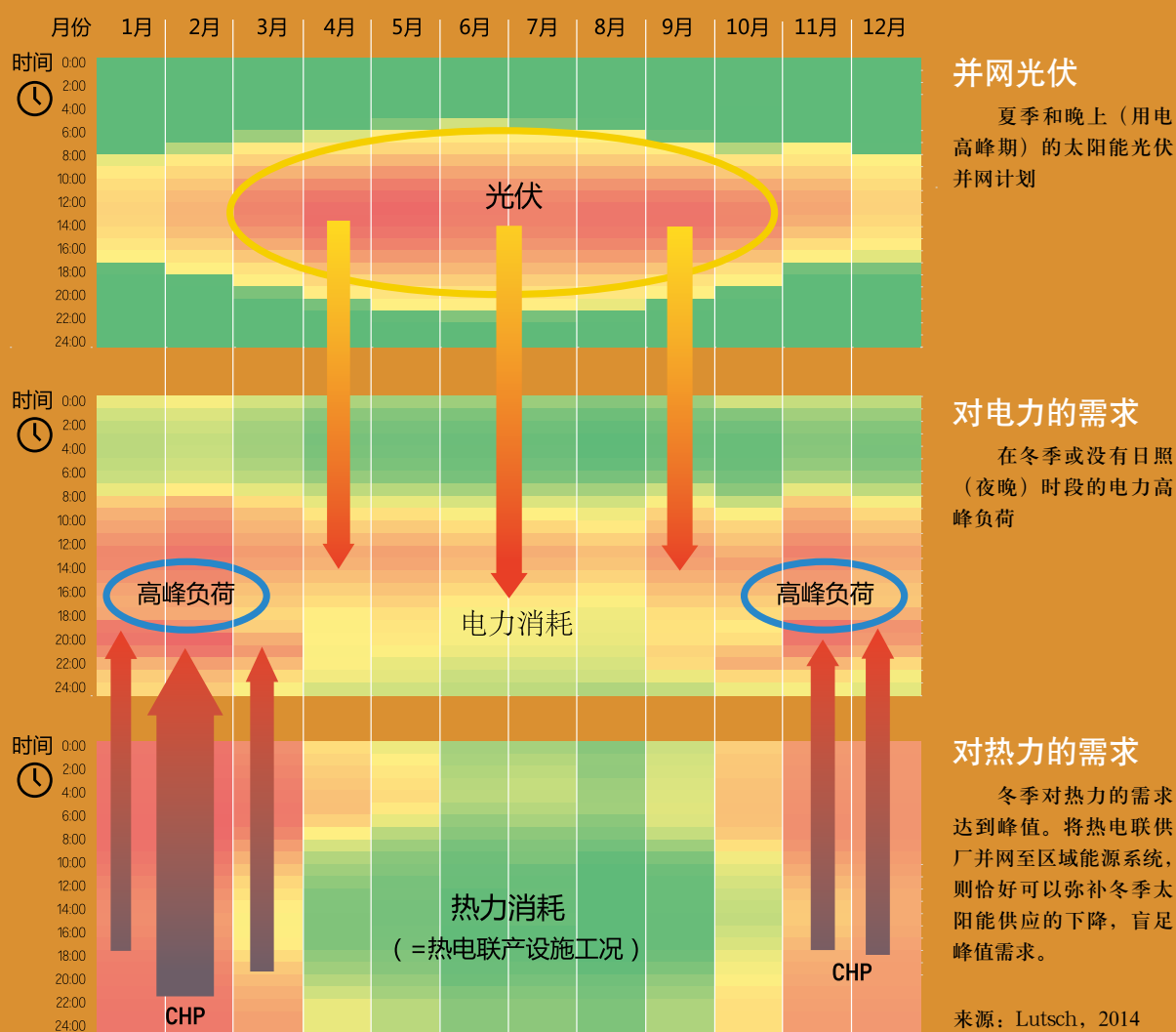
德国 Energiewende 案例

太阳能光伏技术已高度深入德国电力系统，这给传统的热电带来了一定困难。然而，这种渗透突出了这个国家的光伏与热电联供之间的协同作用。在白天和夏季，光伏发电占主导地位，但是在电力需求较高的夜晚和冬季，它却不能提供足够的电力。由于此时必须满足供热需求，则需要启动热电联产厂（CHP）。因此，CHP 可以在光伏供电不足的情况下发电，如图 1.8 所示。德国能源转型政策推广 CHP 的关键原因是其能够将太阳能光伏高度整合到能源管网这一特征。



德国巴伐利亚地区 (Bavaria) 地面装置的太阳能光伏板

图 1.8 太阳能光伏和热电联产电力产量与电力需求对比图



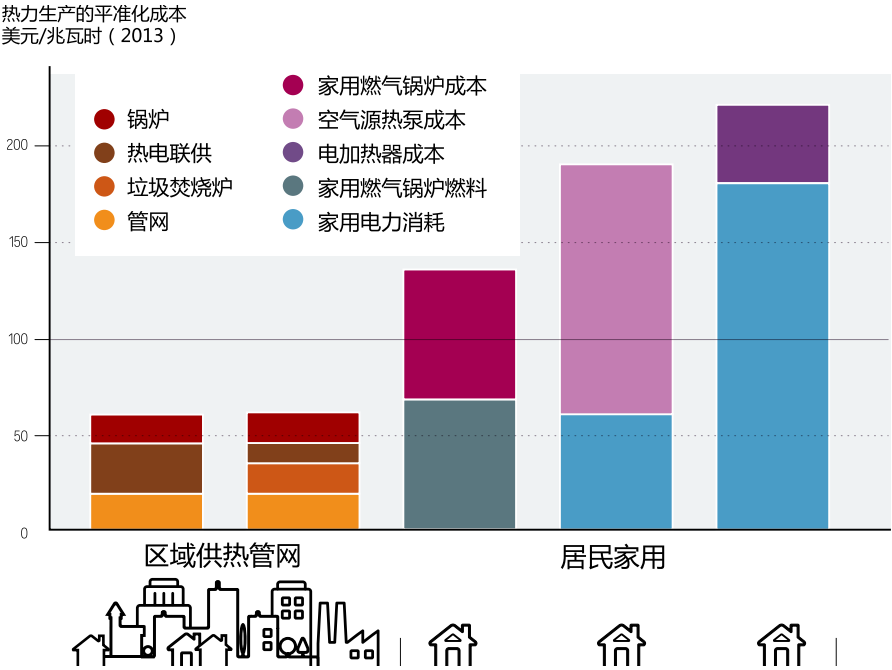
1.5 成本

区域供热和供冷在没有财政补贴的情况下，已发展了多年。在不同的气候条件和经济环境下，区域能源的成本竞争力都有所体现，经常以廉价的成本为地区供热和供冷。能够利用废热 / 废冷是区域能源系统可以低成本提供热能的重要驱动力。然而，不可否认的是，与可再生能源发电相结合的区域能源，其基础建设投资成本通常较高，而运营成本相对较低。这意味着，只关注区域能源运营的短期收益，而表面看起来可以规避高投资成本的分布式解决办法（比如单栋建筑空调单元及天然气锅炉）的总成本也可能很高，需要将两者进行详细对比。

经济收益以外的其他效益很难具体量化，这包括减少一次能源消耗、降低温室气体排放，以及改善空气质量（参考 4.2）。因此，国家政府和市级政府对推广区域能源如此至关重要，因为他们在选择经营模式时更具备长远目光，并在制定能源策略时会更考虑社会经济效益。图 1.9 将区域供热和供冷与分散式生产的参考平准化成本进行了对比。

从区域能源的区域供热 / 供冷的设备成本到终端用户，将主要取决于区域能源系统的收入，各种技术的基础建设投资和运行费用，这将会在下一章节详细描述。

图 1.9 区域供热和供冷与分散式生产的平准化成本



注：价格将因地点和项目而发生显著变化（如 1.5.1–1.5.3 中所示）。区域能源成本有一半约为管网成本。如案例所示的成本所在的区域管网的供热 / 供冷线密度为 15GJ / 米 / 年，30% 需求来自于独栋式住宅楼，70% 的需求来自于公寓式住宅的管网成本。

● 1.5.1 区域能源的成本

■ **开发成本：**涉及初步可行性研究报告、申请许可、可行性研究报告和规划申请。

■ **管网成本：**建筑物密度是影响成本支出的关键因素，因为密度影响并网建筑所需的管道直径和铺设长度。有效的管道路线设计将有助于节省成本。此外考虑一定的升级空间（潜在的增长），根据建筑施工的时间和顺序，保证管道有足够的空间尺寸与其他建筑相连接。这可能需要向市政支付街道使用费，或者向业主支付铺设管道的占地费用等（业主由于可能从这种项目中受益从而减少或免除这部分费用）。可以通过与其他公用系统协同整合（如排污和交通部门），在安装其他管道的同时铺设供热/供冷管道，以减少施工成本。

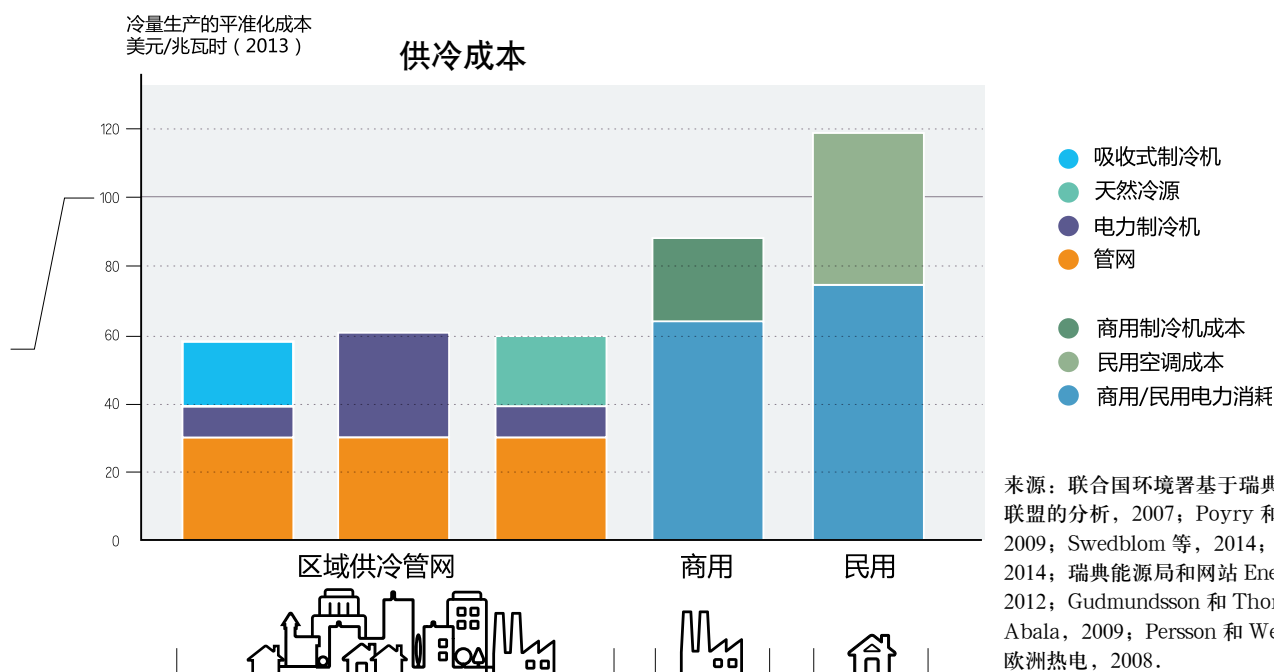
图 1.10 描述了区域能源管网和不同冷/热线密度连接管网的潜在成本。冷/热线密度是区域能源系统采用的一种测量方式，用来区分每米管道每年的需求量。线性热/供冷密度在供热密度低的地方也相

应较低（比如郊区），如果线密度降低则意味着管网的平准化成本较高。此外，住宅和公寓都必须与管道相连接，这占了区域供热/供冷成本很大的一部分。就并网成本而言，独栋住宅比大体量建筑中的公寓更加昂贵。

■ **热电厂和蓄热装置：**发电厂和蓄热器的理想安置位置通常受到可用土地和土地价格影响，而这部分土地可能由当地政府提供。建设区域能源的资本支出包括能源中心的建设（包括发电厂，控制中心，且必须满足负荷需求）、规划、施工和排放许可的费用（尤其是废气）。必须有高峰期和备用锅炉或者蓄热器，以适应不同的负荷需求，还需要辅助设备（如泵、阀、燃料储蓄、水处理、加压容器和热交换器），这些是系统运行的必要设备。将 CHP 电厂和国家、区域、本地的电网相接还可能产生额外的成本。



伦敦皮姆利科 (Pimlico) 区域供热公司用来存储该网络过剩热能的玻璃装置



来源：联合国环境署基于瑞典区域供热联盟的分析，2007；Poyry 和 AECOM，2009；Swedblom 等，2014；丹佛斯，2014；瑞典能源局和网站 Energinet.dk，2012；Gudmundsson 和 Thorsen，2013；Abala，2009；Persson 和 Werner，2010；欧洲热电，2008。

● 1.5.2 区域能源运营支出和燃料成本

■ **燃料成本：**燃料支出是主要的运营成本。短期内，在并网前，项目可以依赖化石燃料。接入低/零成本热源可以减少运行成本，包括：当地现有的可再生能源；来自锯木厂、家具厂、林业的废弃生物质；太阳能或地热；工业余热或产生废热的建筑（例如数据中心）。

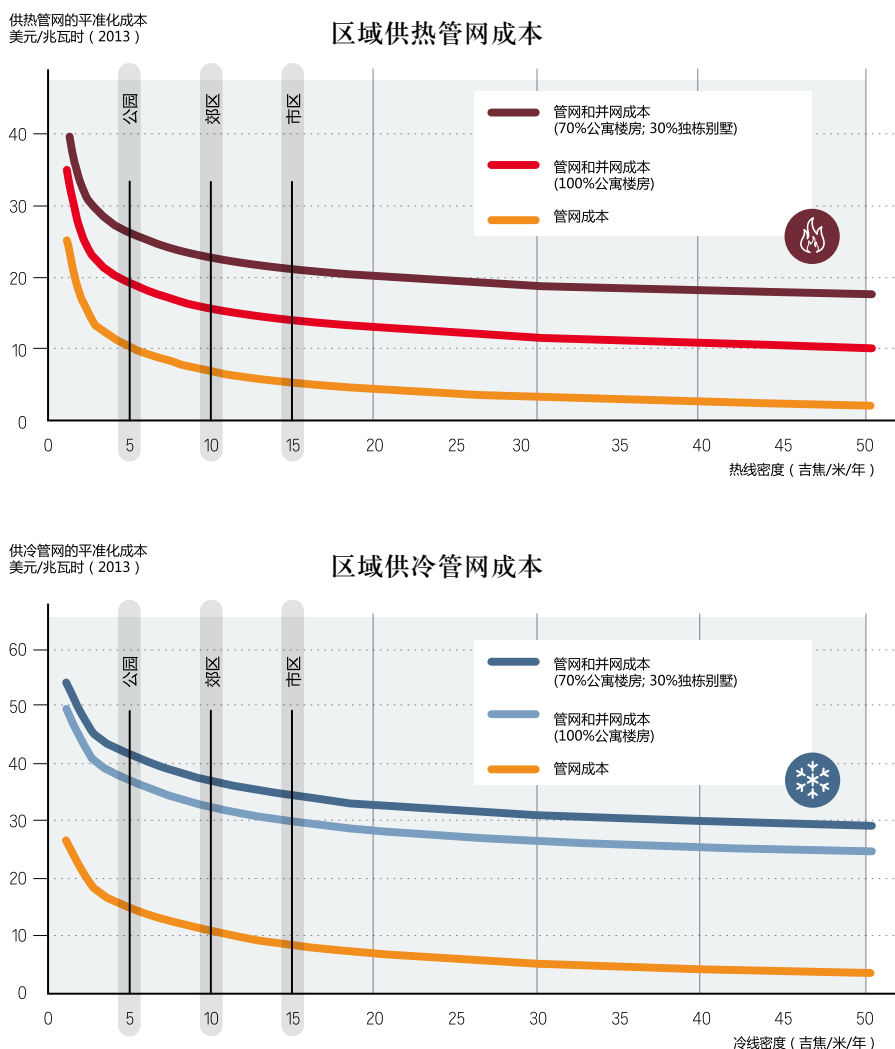
■ **其他成本：**其他的运营成本包括人工费、维护费、地税和国税、电费、保险费、水费和化学试剂费、主要设备服务费以及项目管理费用等。

● 1.5.3 区域能源收益

■ **热力和冷量的销售收入：**进行并网的建筑绝对需求以及负荷分布决定了区域能源的最终收益。多样化的客户群和蓄热技术意味着更加流畅的总负荷曲线，热力和冷量的生产可能更加实惠高效。供热/供冷的价格可以经调控制定，也可以通过开放的市场调节。区域能源供应商常采用双计费方式，高峰期对用户建筑收取一定基建费，以及根据实际能源使用情况收费。

■ **电力销售收入：**大部分项目还可通过 CHP 生产电力获得收益。根据 CHP 的功率不同和其他因素，这些电力通常输向国家或者地方电网、当地电力输送网络、或者用以满足其他当地特殊需求。电价波动取决于国家或地方的电力市场价格，通常遵循其当地价格规律，根据购电协议条款折价（PPA）。如果 CHP 并入本地输电网络，则能以零售价进行销售，特别如能以即时电价或者高峰价格出售，收益将更高。在东京，CHP 开发商批准为“特权电力公司”，并以零售电价为指定的区域供电。电力（以及天然热源）销售的收入使得区域能源系统与其他竞争技术相比更具有价格优势。

图 1.10 区域能源管网成本



注：热/冷线密度表示每年每米管网的能源消耗量。公园园林区的管网热/冷线密度为 5，城郊的管线性热/冷密度为 10，城区的管网热/冷线密度最低为 15。不同国家的区域供冷和供热网络成本存在显著差异。影响因素包括：本地安装费（占总成本 60%）；国内可用管道和隔热材料；管径和管道压力；热/冷线密度；系统最大需求；并网规模；冷热泵的成本等。折扣率：90%。

资料来源：环境署；基于瑞典区域供热联盟的报告分析，2007；Poyry 及 AECOM，2009；Swedblom 等，2014；丹佛斯，2014；Persson 及 Werner，2010。

■ **附加服务和增容费**：如果系统属于供应紧张的电网的一部分，或者系统能够平衡地区或国家电网的平衡，则可能得到功率附加费。如果 CHP 电厂能够结合锅炉和蓄热器，就不用完全按照供热需求来供应，这时就可降低附加服务费用和增容费。

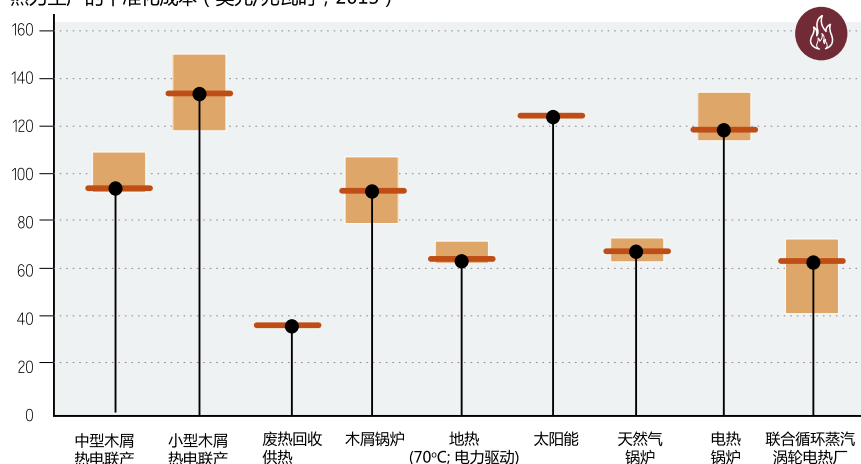
■ **并网费用**：用户通常在接入区域能源网络时需要支付接通费。这笔费用既可以一次性支付，也可

以每年或者每月收取一定固定费用（明确用于维护及其他消费无关的事项）。如果预计收入能够提供合理的投资（工厂、主体、服务管道等）回报，靠近管网的大型建筑用户愿意签署长期服务协议时，可以免除接通费。

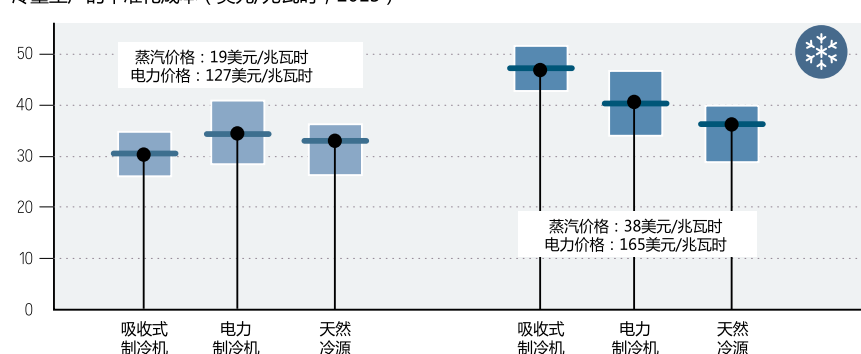
■ **其他**：其他收入来源可能包括可持续供热或 CHP 供热补助，碳交易，以及避免因违反当地碳政策而受处罚。

图 1.11 集中式系统和区域能源运营的成本

热力生产的平准化成本（美元/兆瓦时，2013）



冷量生产的平准化成本（美元/兆瓦时，2013）



注：集中式系统的成本是通过对现有数据进行评估所得，不同国家存在显著差异。影响这些差异的因素包括：负荷系数；当地的目前以及未来电价；在消费点的燃料价格（例如用电时的实际电价可能高于年平均电价）；安装成本与人工成本；安装功率；土地价格；财务成本；开发成本；补贴和税收优惠政策。联合国环境规划署（UNEP）通常基于燃料价格、电价（下文详述）以及资本性支出与运营支出的最低成本对热电联产和垃圾焚烧的热力价格进行计算。

数据来源：环境署基于 Poyry 和 AECOM 的案例分析，2009；Swedblom 等，2014；丹麦能源署和 Energinet.dk 网，2012；丹佛斯，2014；Gudmundsson 和 Thorsen，2013；Zabala，2009；Euroheat& Power，2008。

1.6 激励因素

“利用余热提供终端服务（比如建筑供热）最好的方式是通过区域供热来实现。在布雷斯特 (Brest)，我们每年要焚烧 12500 吨固体生活垃圾，所提供的余热足以满足 85% 的城市供热需求。”——Alain Masson，布雷斯特市第一任副市长



促使各城市开发区域能源系统的因素各不相同。独特的商业模式和当地的具体客观条件（例如基础设施的扩建与更新），常常是区域能源项目的激励因素。

在迪拜，城市发展的快速步伐以及不断攀升的能源价格，促使建筑开发商将区域能源系统融入到新建基础设施项目中，以此为手段，为用户提供新型供冷服务以及创造更多的收益。

2010 年温哥华和 2012 年伦敦冬奥会，对开发这两座城市新的基础设施建设起到了推动作用，而区域能源则是一个能够满足多重目标的解决方案，包括达到减排和利用本地能源的目标。

2011 年日本福岛核泄漏事件引起了对能源效率和区域能源的关注。该事件促使东京开发拥有独立输送网络的热电联供设施，从而保证为发生自然灾害和其他紧急情况影响的区域供电。



2011 年，新西兰克赖斯特彻奇市 (Christchurch) 发生地震后，区域能源作为城市重建计划的一部分被列入城市规划与开发中，这有助于最大限度降低成本和对本地的影响。

在鹿特丹市，区域能源在二战期间便已被引入城市规划设计之中。战争结束后，公共工程与重建部部长 Johan Ringers，参与监督城市重建工作，同时负责铺设区域供热管道工程。1949 年，Pax 酒店成为首个完全依靠该系统供热的建筑。



鞍山市已经开始对其原本分散低效的区域供热系统进行改造，并充分利用工业和新热电厂的余热，实现供热系统现代化。中国制定了要求改善城市由于燃煤供热所导致的空气污染问题并改善空气质量的相关法规，这些国家法规则是鞍山发展区域供热的激励因素。

巴黎市于 1927 年开发区域供热系统，以解决当地空气质量问题，并承担将大量的能源供应给城市中心地区用户的任务。如今，这个城市大部分地区（包括卢浮宫）已经接入区域能源系统，满足了 46 万户城市居民的供热需求。巴黎于 1991 年，还开发了欧洲首个区域供冷系统 Climespace，该系统部分采用塞纳河的河水作为冷源。



19 世纪 80 年代初，多伦多，利用一种独特的经营模式，促成该市最终建成深水湖冷却系统。

当时从湖里抽出的饮用水含有过多淤泥，需要增加管道的深度和长度以减少过滤饮用水的成本。恰巧这正是适用于深水冷却系统的管道，因此为 Envave 公司与该市合作建设城市供冷系统创造了良机。



赫尔辛基市推广区域能源的主要因素之一是增加能源覆盖。该市对木材、石油和煤的依赖在 19 世纪 40 年代就引起了城市管理者的关注，而区域能源有助于加强能源系统的安全性，减少因燃烧和运输进口化石燃料引起的空气污染。最近，赫尔辛基已启动了区域供冷系统，主要依靠吸收式制冷机组充分利用热电厂的余热。



在博托沙尼，严重的热损失、管网损坏、供热补贴、电耗导致该城市需要大量资金修复逐渐老化的区域供热网络。国际金融公司（IFC）以及欧盟结构基金的财政支持是博托沙尼区域能源系统现代化的驱动因素。

这些激励因素为城市发展区域能源系统提供了驱动力。在未来的几年中，这些激励因素可能会随着时间而演变，但是规划者和开发者仍能够不断地认识区域能源的各种潜在激励因素而受益。地方政府可以利用本报告第二章中所列举的工具框架指引区域能源的开发进程。



日本



东京市正在通过利用垃圾
焚烧发电、建筑和地铁站余热、
将热泵与当地水源和太阳能相关联的方
式，最大化区域能源系统的能源效率。土
地规划政策要求新区域开发商能够有机会
接触到成本效益较高的现代化区域能源
方案，或有机会寻找成本更低的下
一代可持续供热或供冷解决
方案。

第二章

区域能源城市层面政策和战略框架

02

本章要点：

- 2.1 地方政府的角色
- 2.2 地方政府的规划者和监管者角色
- 2.3 地方政府作为推动者
- 2.4 地方政府的供应者和消费者角色
- 2.5 地方政府的协调者与倡议者角色

关键信息：

- 在推动区域能源系统过程中，当地政府角色独特，可扮演各种不同角色：如城市规划者、管理者、金融推动者、政策执行榜样和拥护者。同样的，城市即是能源消耗大户，也是能源服务重要的供应者。
- 区域能源 45 个示范城市中，有 43 个城市利用其影响规划政策和当地规章制度的能力对区域能源应用进行加速推广。近半数的城市已经定了有针对性的区域能源目标（如能效目标、可再生能源和温室气体排放目标等）。
- 如果当地政府在能源领域没有管理调控权力、在当地公共设施或资源管理部门也没有角色的话，他们需要将能源供应或对能效要求与城市规划和土地利用政策相整合，如阿姆斯特丹、伦敦、首尔和东京。
- 一致性的能源规划和分布图：无论是挂靠到一个单独机构平台或是公私合营伙伴关系，最好的途径是通过识别如何实现成本效益较高的区域能源系统，再量体裁衣制定具体政策和资金激励措施。在这 45 个示范城市中，55% 的区域供热分布图可将商业开发设计的各相关方的利益协调统一，以发展业务、分享机遇、政策告知并优化管网设计。
- 在这 45 个示范城市中，地方政府被视为在加速投资区域能源系统过程中起到“最重要”的作用。在 2009 年—2014 年间，包括迪拜、慕尼黑、东京、巴黎和华沙在内的几个城市，各自吸引了超过 1.5 亿美元的投资用于开发区域能源系统。
- 几乎所有示范城市为了部署区域能源设施和开展并网工作调动了各自的市政资源，如土地规划和公共建筑等。他们还采取降低风险措施以推动投资。有的城市将小型能源系统相互并网，以降低风险和项目成本（可参见哥本哈根和迪拜的案例分析）。
- 支持推动区域能源的融资和财政激励机制：包括贷款准备金、债务融资、贷款担保和证券认购、大额奖金和贷款、循环资金、市政补贴和开发利用地价策略等。所有这 45 个国家都通过示范项目进行宣传，提高公众对区域能源系统应用和技术了解，并展示商业上的可行性。
- 优化区域能源系统可保证高效的资源利用，实现多重效益，这些都需要与常规的供热供冷设施和终端用户以外的各方面协同合作。
- 许多城市希望将公共和私营设施的余热整合起来，通过并网税费制度，体现并网的成本并确保利用余热可满足供热的能力。这一方式和可再生能源并网税费制度相似。
- 其他的最佳案例还包括：热电厂与电力市场的对接；净电量计价政策和并网费激励机制；保护消费者政策，包括调控并网税费、技术标准以整合不同管网系统；与周边城市共同合作开发管网。
- 将能源分布图纳入城市规划中，通过鼓励多元化区域和综合土地利用方式，提高能源效率、整合地方资源。

2.1 地方政府的不同角色

世界范围内，许多地方政府正借助一系列的政策和措施大力推动区域能源的发展，从而彰显出城市在规划此类系统时所扮演的重要而又多样化的角色。这一系列政策和措施展现了地方政府的不同角色，可归结为四类：1) 规划者和监管者；2) 推动者；3) 供应者与消费者；4) 协调者与倡导者。详情请参见 2.2 至 2.5 节内容。

地方政府的参与对发展区域能源系统意义重大，这确保了区域能源的发展能够促进实现更宏远的战略目的，包括能源安全、经济发展、社区接受度以及更高的环境绩效（例如，低温室气体排放量、良好的地方空气质量）。

在许多成功的私营区域能源系统案例中，地方政府都或多或少地

有所参与，其参与的形式多种多样，具体包括：制定积极的政策框架或签署特许经营协议；制定具有前瞻性的规划和管理并予以实质性支持；提供政府津贴、制定特定税率及进行部分投资等财政参与形式；协调多元利益相关方的合法权益，提高公众意识以及增强公共教育的能力等。



位于德国法兰克福的热电厂

2.2 地方政府的规划者和监管者角色

首先，作为区域能源发展的规划者和监管者，地方政府可起到积极推进区域能源应用的作用。地方政府能够全程综合地参与制定基于社区的能源解决方案，以帮助实现区域能源发展的具体目标。通过调整当地的政策结构，地方政府可以设定具体目标、规划能源整合及绘制能源分布图、出台鼓励并网政策以及授权废物焚烧发电，以此来鼓励区域能源的发展。表 2.1 总结了地方政府作为策划者和监管者所开展的政策活动。

● 2.2.1 能源政策的目标及策略

“设定发展目标的作用不容小觑。在为投资者提供清晰的指导后，地方政府制定关于可再生能源发展的官方目标有助于解决环境、运输、经济、建筑等各部门间的利益冲突问题。”

—— Stefan Schurig, 世界未来委员会 (World Future Council) , 2014

■ 制定长期能源战略的益处：鉴于各种利益相互竞争，在更广义的社会、环境和经济因素的驱动之下，制定一项能够明确解决供热和供冷问题并诠释区域能源的潜在作用和效益的能源战略则至关重要。在制定能源战略的过程中需要验证开发区域能源的可行性，并为开发工作指明方向。在区域能源项目中所投入的时间和资源可根据能源战略中明确的潜在收益而定，这种做法有助于完善市政的长期决策。

如果公众能够更好地理解区域能源对于实现（规划）目标的作用，那么就可避免区域能源项目在开发和运营过程中的一些阻碍和干扰，有助于协调不同利益相关方的行动举措并调动各级政府予以支持（参见案例分析 2.14 桑纳堡及案例分析 2.5 博托沙尼）。制定具有长远眼光的能源战略还能增强投资者的信心，

表 2.1 地方政府作为策划者和监督者所采取的一系列政策措施

政策干预的领域	政策措施
能源政策的战略与目标 (参见 2.2.1 节)	■ 能源战略关系到区域能源的效益以及更广泛政策目标的实现，例如二氧化碳及温室气体减排量、能源密度、化石燃料消耗量、能源效率以及可再生能源等。 ■ 与区域能源相关的目标，无论是否与未来区域供热 / 供冷 / 电力的份额有关，特定建筑物（例如公共建筑）的区域能源份额与建筑物的数量相关。
能源分布图及全面的能源规划 (参见 2.2.2 与 2.2.3 节)	■ 绘制能源分布图（例如城市中的区域供热或供冷需求）有助于了解能源利用、基础设施、排放量以及可利用能源等情况。 ■ 在对土地利用及基础设施建设进行规划时，将区域能源作为考虑的要素之一，这样全面的能源规划将引导政策决策者在规划中考虑能源问题，并要求对新开发地区进行节能评估。
并网政策 (参见 2.2.4 节)	■ 并网政策如可引导经济效益、技术水平达标以及能够最大程度地降低负荷风险的地区推行 ■ 区划法允许、鼓励或要求发展区域能源

资料来源：改编自 Martinot, 2011 及 Sims, 2009

从而推动发展区域能源等具有长期性的基础设施建设。为了推动未来管网扩展的相关计划，需要建立投资者对（区域能源的）长期收益有足够的信心。制定能源战略还有助于调动市政府发展区域能源系统的意愿，特别是在缺乏可使多方受益的国家政策的情况下（参见案例分析 2.1 和 2.4，有关阿姆斯特丹及伦敦的分析）。

本报告所调查的 45 座城市制定的能源战略均以不同形式引入区域能源系统。虽然不同的城市所制定的能源战略根据自身情况而各异，但这些战略的主旨是一致的，即区域能源可以实现能源效益（参见表 2.2）。综合型城市正通过区域能源来整合城市余热和可再生能源以提高其能源效率。而在新兴型城市，区域能源正凭借能够提高能源效率这一优势（相对于目前的供热和供冷技术而言）得到推广应用。在改造型城市，同样因为能够实现能源效率提高，区域能源是以低成本实现能源自给自足的关键推动力。

※ 注：供热和供冷的评估与能源分布图不同，能源分布图包含对 GIS 操作、供热的空间布局、供冷资源的评估数据以及电力能耗节点。



新加坡一栋住宅楼外墙上的空调设备（2013）

■能源战略：为了制定出一项能源战略，城市需要对市政能源的使用和需求做系统化的调查研究，从而为今后实现具体的社会效益而明确发展的目标和发展途径。这一研究的关键是需要对当地的供热和供冷系统进行评估，从而明确潜在的能源技术路径，实现城市的发展目标。

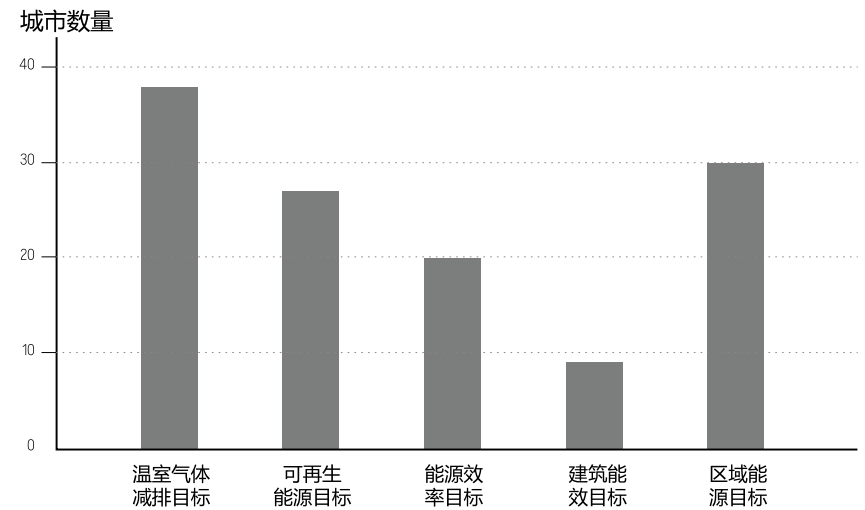
在许多案例中，消费者和政策制定者或许都低估了或并不了解空调及电动制冷装置对能源的需求量，因为这些数据都隐藏在建筑的全部用电费用中，并且单独用于制冷的电量是无法测量（Persson 等，2012）。因此，政策制定者往往低估了供冷在实现能源普及、能源可支付性或可靠性等目标中的潜在作用，并忽视了对供冷系统的管理、调研和支持。此外，由于单个建筑中制冷设备的装置容量往往超出所需 50% 到 70%，导致高估了供冷的需求及其收益。

明确能源需求的关键步骤在于对供热和供冷需求进行评估，这将为国家及城市层面制定能源战略提

供了重要的依据（参见第 4.1 节）。对于气温较高的城市来说，了解本地供冷系统的电耗量有助于当地政府自主解决本地用电需求问题，而无需完全依赖于国家电网的改造与发展。而气温较低的城市对供热的需求量大，了解建筑物中区域供热相对于能源效率措施的优势，这样做能够带来更大影响或者降低成本。将老式建筑改造成标准的被动式节能屋，这样做成本高昂，而利用成本更加低廉的区域能源或者对区域能源设施应用新式的综合融资方式便可实现同样的节能效果（参见 1.3.3 节中的数据 1.5 以及关于西雅图能源效率 ESCO 模型的在线案例分析）。

对于许多城市来说，若其能源技术发展路径采纳区域能源，它将会成为一种成本最为低廉且影响效果最大的解决方法。由此，正如这 45 座示范城市所为，区域能源可作为城市能源战略的核心内容。要想阐明区域能源与能源消耗的关系及其对广义政策目标的影响，设立明确的区域能源目标是一个重要的途径。

图 2.1 45 个示范城市所制定的有关区域能源目标或广义能源目标的比例



■ **制定区域能源发展目标：**城市应该在获得切实利益和完成具体指标的同时制定区域能源的发展目标，从而对城市的发展行动和进展进行评估。一旦明确了区域能源发展目标，则需详细制定具体政策及行动方案以便实施（参见 2.2.3 节）。

多数城市一开始都热衷于为区域能源的发展制定较为宏观的目标，例如二氧化碳及温室气体排放量、能源强度、化石燃料消耗、能源效率（整座城市或者建筑物等个体单位）以及可再生能源等（参见表 2.2）。而经过一段时间的实施和实践，这些宏观目标会被细化为针对区域能源的具体目标。一项早期的示范工程能够为区域能源的发展提供具体数据及建设经验，最终促使扩展区

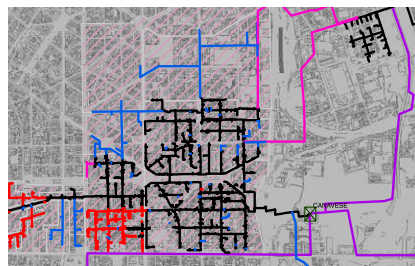
域能源规模的城市能源规划法制化。

（参见 3.1 温哥华及 3.12 路易斯港的案例分析）进行调研的这 45 个地方政府几乎都设立了不同区域能源发展目标，绝大多数都在一个宏大目标的基础上制定了发展区域能源的具体目标，通常延至 2020 到 2050 年（参见表 2.1）。

法国所制定的目标是到 2020 年实现可再生能源增长 20%、能源效率增长 20%、二氧化碳排放量下降 20%（以 2008 年数据为基准）。这项目标的制定成为了布雷斯特发展以可再生能源为主的区域供热系统的动力。与燃气锅炉相比，这些可再生能源可以提供更加廉价的供热服务，并受益于国家对区域供热的资助及税收减免等优惠政策。



波兰的罗兹（Łódź）拥有一个大型的区域供热管网，该管网在 2011 年满足了大约 60% 的城市供热需求。



米兰区域供热管网的一部分，这部分网络同卡纳韦塞的热电厂相连。米兰的分散管网正在并联及扩展中，将在 2016 年前形成三个大型供热网络，届时这些网络将通过环网互联。

常见于综合型或改造型城市的区域能源目标，可列举如下：（详细举例请参见表 2.2）

- 扩增区域能源系统，将全部（或等效住宅）房屋纳入到该系统中，或者增加发展的类型（如鞍山、赫尔辛基）。
- 通过传输管道将分散的区域能源网络并网起来（如法兰克福、鞍山）。
- 利用区域能源来实现温室气体的减排目标（如温哥华）。
- 共享区域能源系统供应电力、供热和供冷的能力（如迪拜和赫尔辛基）。
- 区域能源系统可满足地方政府办公楼及正常运转的能源使用量（如阿姆斯特丹）。
- 在区域能源系统中可再生能源或废热的使用份额（如巴黎和哥本哈根）。
- 通过利用区域能源系统提高的建筑物增长百分比（如香港）。
- 为废物管理或废热回收所设定的各部门目标（如卑尔根）。
- 替换建筑物中现有的供热或供冷系统的目标（如哥本哈根和罗兹）

表 2.2 根据气候或能源的长期目标，入选的示范城市针对区域能源所设定的目标和战略详见表格（本表格关于 45 座城市的信息均可在线查阅）

城市	二氧化碳减排目标	可再生能源* 或能源效率目标	与区域能源有关的目标	特征
阿姆斯特丹	■ 2025 年前实现减排 40%； ■ 2040 年前减排 75%（以 1990 年为基准）	■ 2015 年前所有新建筑实现排放中和； ■ 2025 年前实现满足 25% 的电力需求由本地能源提供； ■ 2040 年前，50% 的电力需求有本地能源提供	■ 2020 年前使相当于 10 万户住宅单位* 并网（目前为 5.5 万户），2040 年前达到 200 万户； ■ 供热供冷所用的能源从单一的电力和燃油转变为利用余热； ■ 利用环形传输网络来联结多个系统	■ 该城市 90% 的土地所有权都用于推动区域能源的发展； ■ 正在从数据中心寻找废热； ■ 利益相关方参与设计和执行过程
卑尔根	■ 2030 年前减排 50%（以 1991 年为基准）	■ 95% 可再生能源供应； ■ 代替石油供热（温室气体排放量的 14%）	■ 全部新建筑以及绝大多数特许范围内的既有建筑使用区域供热； ■ 废物焚烧炉必须回收 80% 的能源（高于 50% 这一国家目标）	■ 针对废物焚烧能源效率目标而开发区域能源网络
哥本哈根	■ 2015 年前减排 20%（以 2005 年为基准）； ■ 2025 年前实现碳中和	■ 2025 年前：100% 可再生能源供应，供热需求下降 20%，商业 / 服务业电力消耗量下降 20%	■ 2025 年前，区域供热系统能源供应 100% 来自可再生能源以及废热（高于目前 35% 这一比重）； ■ 2016 年前，在有区域供热（或供气）的地区，拆除建筑物中的燃油装置	■ 碳中和目标； ■ 将区域供热系统 / 热电联供作为能源政策的基础以整合可再生能源； ■ 目前区域供热可满足城市供热需求的 98%
迪拜	■ 2030 年前实现建筑物减排 20%	■ 2030 年前能源需求下降 30%； ■ 2030 年前可再生能源发电量达 5%	■ 到 2030 年通过区域供冷实现 40% 的供冷能力（2011 年的比重为 20%）； ■ 2030 年前，在全部新开发的地区应用区域供冷； ■ 2030 年前，将存储的热能纳入全部新建的区域供冷厂，至少满足厂房设计容量的 20%。	■ 利用处理过的污水来替代清水 ■ 减少对于，电力基础设施的投资
法兰克福	■ 2020 年前减排 50%； ■ 2050 年前减排 95%（以 1990 年为基准）	■ 2050 年前 100% 可再生能源供应，同时降低能源需求量	■ 将废物焚烧及工厂中的废热联结起来；将三个区域供热网络并网成为一个循环管网系统；将生物质及沼气等可再生能源整合到热电厂中	■ 100% 可再生能源目标； ■ 利用生物质、沼气及合成沼气来替代化石燃料
赫尔辛基	■ 2020 年前减排 30%（以 1990 年为基准）； ■ 2050 年前实现碳中和	■ 2020 年可再生能源占能源生产的 20%（2013 年为 7%）	■ 2015 年前供冷能力达到 200 兆瓦； ■ 2020 年前将供冷系统扩展到新的住宅区	■ 利用区域供冷系统中循环水的热量，实现零浪费； ■ 热电冷三联产； ■ 实现目标
香港	■ 2020 年前使碳密度下降 50% 至 60%（以 2005 年为基准）	■ 2020 年前，在电力生产中将煤炭的使用量下降到 10% 以内 ■ 2030 年前，逐步淘汰现有燃煤厂并将能源密度降到 25% 以内（以 2005 年为基准）	■ 扩大区域供冷的应用范围，实现在 2020 年前 20% 的商业建筑的供冷效率比使用普通空调的建筑高 50%	■ 减少煤炭的消耗量、降低制冷的功率

* 有关地方可再生能源目标的更多信息，请参见 2014 年地方政策篇 REN21。

** 一个等效住宅单位（REU）用于家庭及公寓同商业或工业建筑（办公楼及写字楼）在供热消耗方面做比较。一个等效住宅单位相当于一间房屋或公寓，或者 100 平方米的商业或工业用地。由此，阿姆斯特丹总共拥 $390,000 + (8,000,000 \text{ m}^2/100) = 470,000$ REU。

● 2.2.2 能源分布图 (Energy Mapping)

“由于区域供热系统的扩展要依据当地热源及需求而定，因此绘制集能源模型及地理条件映像为一体的高分标率地图对于研究区域供热来说意义重大。”

——2050 年欧洲热力路线图 (2012)

要想把握机会、利用有针对性的能源及政策来实现区域能源的发展目标，市政往往需要更加详细地了解当下及未来在街道及建筑物层面的能源地理分布情况以及当地供热、能源资产及分配结构。为了获得这些信息，市政可以绘制能源分布图，分析当地多余热量、可再生热力资源（地热和太阳能）以及供热供冷需求集中度（通常利用基于 GIS 的空间信息）等情况 (Connolly 等，2013；Persson 等，2012)。随着政策目标的调整，还可以添加更多的分析数据及图层。

区域能源的分布图中还可包括以下数据：

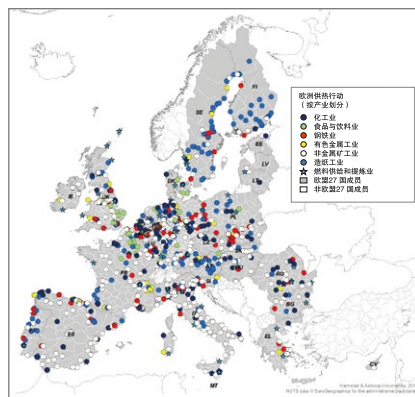
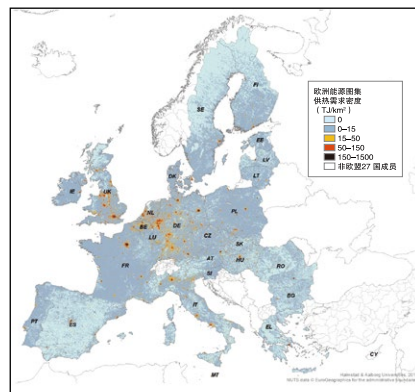
现有目标能源

- 当前及预测的不同行业能源消耗、能源或邻域区域的能耗；排放量及污染程度；了解负荷曲线
- 当下及未来建筑物密集度及使用类型（住宅、商品房等）
- 余热源及工业热能供给
- 具有潜在过量供热或供冷能力的能耗大户及建筑（例如体育场或舞台这样的活动场所）
- 现有管网和潜在管网规划（参见图 2.3）
- 潜在基本负荷及其能耗量（参见图 2.4）
- 阻碍与机遇，尤其是对与当地能源、分配、运输、土地利用、发展密度及发展特点
- 利用社会经济指标明确可受益的燃料匮乏地区

通过绘制能源分布图，城市可以识别可开发的特定区域能源项目，并且明确未来如何以最佳的方式实现拓展，以及扩展区域能源如何与其他基础设施发展相关联。这还有助于城市认清如何优化土地资源（参见 2.2.3 节），在不同区域鼓励开发区域能源、因势利导，从而降低负载风险（参见 2.2.4 节）。

此外，城市可以利用能源分布图来促进利益相关方的参与。以阿姆斯特丹为例，将绘制能源分布图作为在公共与私立部门间建立伙伴关系的工具，使得城市将数据搜索、情景分析以及发展新型经济模式等任务分配开来（参见案例分析 2.1）。能源分布图作为高效又形象化的交流工具，有助于提高公众对于能源发展的认识 and 了解 (Persson 等，2012；Connolly 等，2013)。

对于许多城市来说，鉴于财政及其他方面的局限，开展绘制城市能源分布图的工作从一开始可能并不现实。能源分布图是一项需要不断演变的工具。城市可以借此识别能源战略中的高潜力区域并对此区域开展细致的规划工作（如中央商务区、飞机场、社会住房、大型零售区）。规划的同时还应考虑这些地区周边的基本负荷、供热和供冷源等因素。



欧洲供热路线图中的能源分布图，展现供热需求密度（图左）以及具有大量余热的大型能源密集型产业（图右）(Connolly 等，2013)

案例 2.1

利用能源分布图构建商业案例

为了激励区域能源项目的发展，阿姆斯特丹市着力于开发有效的工具，以推动终端用户及相关的社会资本部门加入到制定城市能源规划的行动中来。该市的实践表明，扩展区域能源就是要将各利益相关方团结起来，共同开发出新型的规模化运营模式，并在发展的进程中来吸纳潜在客户。城市、房产管理部门或能源公司还需鼓励居民和租户入股，因为这些终端用户会决定从使用天然气到区域供热的转型是否可以行。在阿姆斯特丹，要实现这种转变需要赢得 70% 居住者的赞同，而这成为了扩展区域能源系统的一大阻力。

阿姆斯特丹市已开发出一个用于能源领域的图集系统（Energy Atlas），用以公布地方能源战略、实现措施与技术的完美结合并构建向住宅及企业输送区域能源的商业案例。该市将搜集到的数据在市政官网“数据公开”，民众可以随意浏览相关信息。不同的利益相关方可以对数据进行分析，从而选择区域供热、制冷及供电等设施选取合适的位置。这样做的目的在于制定

一个“以防万一”的方案，为日后添加或更改变压器或数据中心等基础设施、改造现有建筑物以及为提高能源效率而优化城市计划等做准备。

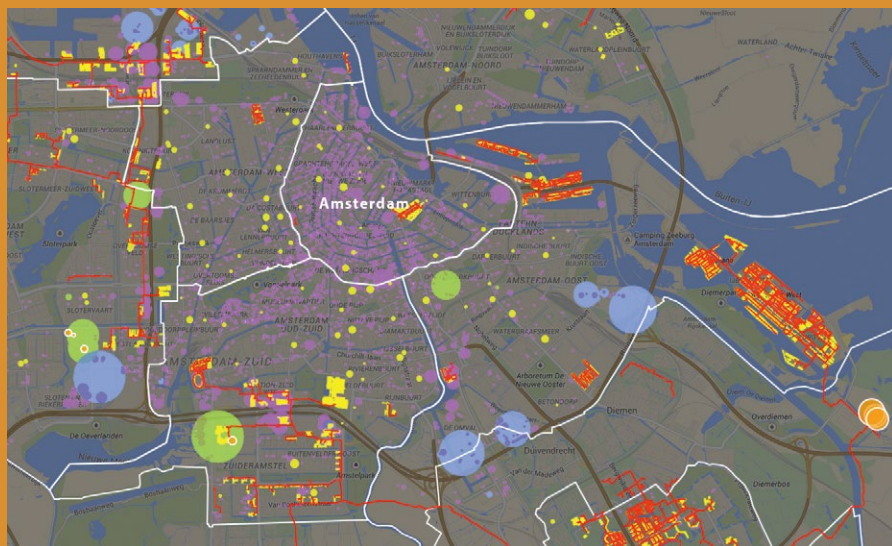
通过创建能源图集，阿姆斯特丹市同当地的商人、业主等利益相关方协同合作，以确保项目得以自下而上地顺利进行。目前，在这一互动式平台涵盖了如下信息：

- 每个区热量及电力的生产及消耗数据
- 现有及拟建的可持续能源项目
- 并网到现存资源及网络的机会
- 有关区域内建筑群的数据（规格、建筑时间、密度）
- 财产所有权、可支配收入及消费模式、投资意愿或发起倡议、运输方式等社会指标
- 能源解决及地方和可再生能源生产的潜力
- 城市中心供热与制冷可储能地点的分布图

阿姆斯特丹市已利用能源图集为制定计划提供了一个决策支持工具，激发民众对于开展区域

能源（及其他）项目的热情以及通过集结对于商业案例开发有兴趣的利益相关方来“创造空间”并提供中介服务。通过运用能源图集，阿姆斯特丹已使目前 300 公顷、多种用途的佐伊杜比斯特地区（Zuidoost）成功转型，并且多样化的工业伙伴能够协同合作、通过数据中心实现能源的交换以及剩余废热的利用。凭借这些能源地图，利益相关方对于该地区的热量管理颇具洞察力，能够辨别出有助于满足供热需求的不同功能。这些计算结果为佐伊杜比斯特地区利用过剩热量提供了一个均衡的商业案例，并使得该地区据此制定了利用废热的新区域计划。

如果没有目前的可视化数据，那么就不可能绘制出能源流动图、也不能够积极接触潜在的合作伙伴。阿姆斯特丹致力于利用能源图集将由终端用户为驱动的城市发展模式复制到佐伊杜比斯特地区，从而提高其他社区使用区域能源的机会。



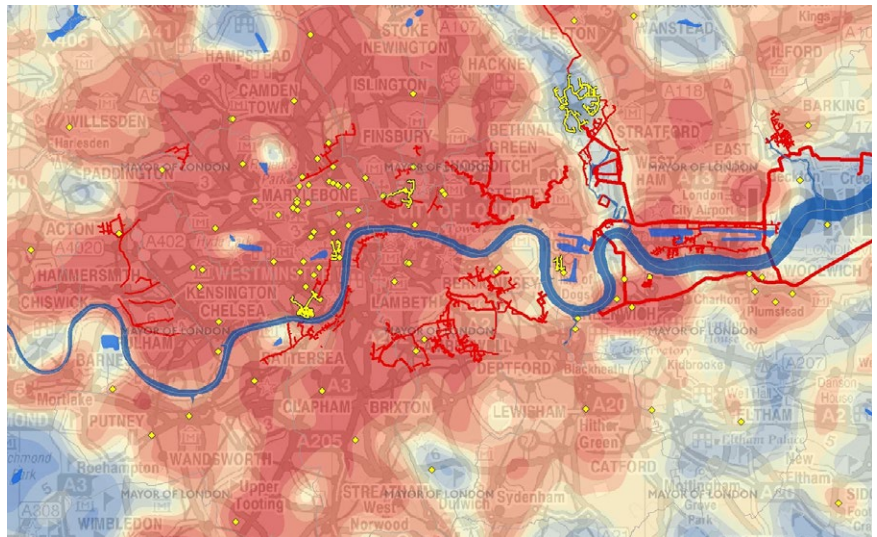
阿姆斯特丹市交互式地图：

“由废物焚化及废热所产生的能源”本图展现了阿姆斯特丹现存的区域供热网络（红线部分）、联结载荷（黄色方块）以及供热部门（橙色圆圈）。此图还展现了医院（绿色圆圈）、数据中心（蓝色圆圈）、超市（黄色圆圈）以及办公楼（紫色圆圈）所具有的潜在剩余热量或废热。

为实现城市的相关能源规划，超过一半的受访城市已经开始绘制各自城市的能源或供热分布图。例如，伦敦已经绘制出了一个内容丰富的供热地图，以此作为伦敦发展管理局所开展的分散化能源管理计划项目的一部分，合作绘制能源分布图的有英国奥雅纳工程顾问公司、大伦敦地区政府、伦敦市委以及主要的自治县。这幅伦敦供热地图展现了潜在的热量供应、热量需求以及贯穿城市的潜在区域能源网络(参见图 2.2 及图 2.3)。为了开发这些潜在的区域能源网络，伦敦的 29 个自治市都已经制定了相应的行动计划，阐明了网络开发的阻碍及可能性、议会需要采取的行动、关键的日期以及责任人。作为该项目的成果，伦敦预计在 2030 年前向区域能源投资 80 亿英镑 (129 亿美元) (该项目的商业化阶段参见案例分析 4.1)。

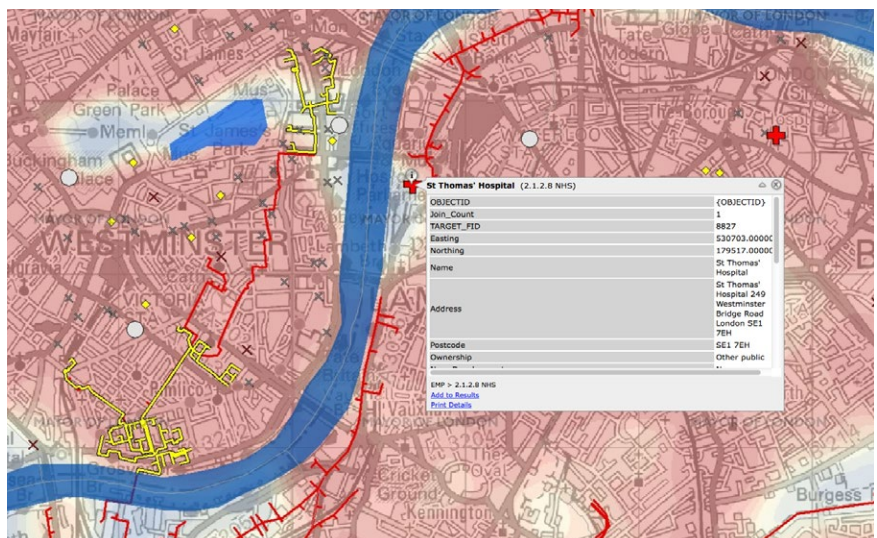
图 2.2 展现的是伦敦的热量密度及现有网络(黄线)、目前的热电厂(黄色的菱形标志)以及潜在的网络(红线)。该图上方的现存网络是奥林匹克公园和斯特拉特福市(Stratford)开发项目。(详情请参见案例分析 3.8) 图 2.3 突出了伦敦市现有的威斯敏斯特(Westminster)和皮姆利科(Pimlico)供热网络(黄色)以及拟建的互联网络(红色)。灰色圈表示潜在的中央政府负荷，而红色的十字符号代表的是圣托马斯医院的负荷，每年消耗 59 千兆瓦时(参见 3.2 节)。

图 2.2 伦敦供热分布地图



图像来源：GLA，2014

图 2.3 伦敦供热地图：威斯敏斯特 (Westminster) 及皮姆利科 (Pimlico) 网络



图像：GLA，2014

●2.2.3 全面的能源规划：将能源因素纳入到基础设施建设及土地利用的计划中

“我们常听到开发商们说‘我们要在某一区域建房屋’，交通规划师就会问我们‘怎么才能让人们搬到附近呢？’，这时候开发商们才会想起来询问‘如何为邻居们提供能源？’在温哥华，我们倡导把这些问题全都纳入到社区建设和城市规划中来进行综合规划。”

——Sadhu Johnston, 温哥华市, 2014 年



加拿大温哥华市

“能源规划”相当于项目开发和政策干预的路线图，能帮助城市明晰能源战略及发展目标。要实现与区域能源相关目标的能源规划，必须采取全面又综合的发展方式，需要评估、协调实施计划所必须的各个利益群体。为明确高性价比区域能源的效应与机会，在制定能源规划时需分析能源、土地利用以及基础设施的影响及其相互作用——包括废物、水、建筑及交通（参见案例分析 2.2 卑尔根、圣保罗以及 2.3 东京）。通过减少运输和能源消耗，综合利用的区划法以及（通过土地集约利用）对高能源密度地区的鼓励同“降低温室气体排放量是密不可分的”（Seto 等，2014）。通过这种综合利用的区划法以及高能源密度，可实现区域能源成为一种经济实惠的能源利用模式（详情请参见 1.5 节）。下文中将进一步讨论为开发区域能源而采取的综合利用区划法以及紧凑型城市形态的重要性。

能源利用、土地利用以及基础设施间的协同规划对于依照能源规划实现区域能源的发展目标来说意义重大。将区域能源管网同城市的废水或运输设备相并联，这或许有助于降低项目开发及建造的成本。此外，有一些设备已经用于向城市供应供热或供冷服务（例如电力或燃气设备），或者在未来可能有这样的用途（例如污水处理及污水净化设备）。为了开发出性价比最高的区域能源系统，在整座城市的发展中，需要将这些设备及城市相关部门纳入到能源规划之中（关于城市作为服务提供者以及如何施惠于区域能源的讨论请参见 2.4.1 节）。

通过全面的能源规划还能够促使城市推动并制定那些具有区域能源发展或拓展优势条件的区域，根据具体情况采取有针对性的政策或财政激励措施（参见 2.2.4 节）。此外，还可以通过绘制能源分布图来筛选出符合条件的区域。有些城市为发展区域能源的企业指定了特权区域，企业可以在这些地区申请到独占性许可证。这样的区划法还能够使地方政府商议或规定调换营业执照时需要缴纳的终端用户的能源价格，以确保在供热与供冷领域区域能源的性价比最高（参见案例分析 4.2 挪威）。除了可以保护消费者，这对于受制于强制并网的建筑所有者来说尤为重要。



卑尔根与圣保罗

案例 2.2

卑尔根与圣保罗通过全面规划实现协同效应

卑尔根的（与能源密切相关的）市政总体规划、城市发展和交通运输使得明晰城市区域能源网络的扩展路径变得更加简单。例如，该市已确定将一个新轻轨铁路项目作为开发区域供热网络的一部分，这个项目鼓励其沿线城市的规划转向密集型开发方向。在这条轻轨沿线发展区域能源网络，这将最大限度地减少由轻轨而导致的对高速发展的密集型地区的干扰及直接的网络扩展。

在一家名为挖掘俱乐部（Digging Club）的企业集团中，其成员包括区域供热网络业主、供水和排污部门、废物处理公司以及地方输电操作员等。该集团正同卑尔根市合作，携手落实区域能源的发展计划，减少基础设施建设给居民、商店以及道路使用者带来的不便。



位于挪威卑尔根市的 Lille Lungegdrsvannet 湖

通过制定一套完整的能源计划，圣保罗也借建设轻轨线路之机将城市区域能源设施向一家能耗大的工厂延伸了几千米。

将基础设施建设与区域能源发展相结合，这样做能够极大地节约成本。在开发区域能源网络（不包括供热与制冷）的过程中，至少有 60% 的费用是用于管线的安装，由于需要破道铺设线路，这对路面造成了破坏，所以需要花费大量资金来修整路面。而如果这样土木工程可以同其他基础设施建设同步进行，那么就能大大地降低开发成本（瑞典区域供热局，2007）。



美国圣保罗市的燃烧木屑热电联产厂

为鼓励区域能源的发展，可将政策干预纳入到能源发展规划之中，并通过计划框架引导区域供热或供冷的商业应用实践。此类干预政策包括：

- 鼓励运用综合利用的区划法（参见插图 2.1）
- 计划在新开发的地区采取集约土地利用的方式（例如法兰克福）
- 要求新开发的地区应用以水为介质的供热或供冷系统（例如迪拜）
- 为新开发的地区制定地区能源规划（例如东京）
- 将能源准则应用于设计文档中（例如伦敦）
- 为未来能源设施的建设选址，以

实现预期增长

- 只在特定地区向区域能源运营机构分配特许经营（例如温哥华，参见案例分析 4.2 挪威）
- 将区域能源纳入到新的基础设施、废物处理或公共工程（医院、娱乐中心等）等项目中（例如香港）
- 制定并网政策（参见 2.2.4 节）

要想成功地进行统一的土地规划，这受土地使用规划影响（如能源、废物、建筑物、运输等），需要多个地方政府组织协同合作（参见 2.5 节关于协调委员会的讨论）。在这 45 个示范城市中，大部分都已设立了专门管理机构，以协调这些机构间的合作，例如部门间委员会、多

利益相关方合伙或指定的代理机构。前期合作有助于确保将能源规划有效地纳入到其他计划文件中，并且减少在经营许可、破道权以及缺乏公众认知及支持等方面的风险。

丹麦是受益于整体供热规划的典型代表。为供热进行稳定又全面的规划已为消费者、供应商、地方政府以及区域能源系统持有者降低了实际存在以及可预测的风险，这有助于增强对区域能源系统长远发展的信心。结果，丹麦的 400 家区域供热公司有 82% 并入整体网络（Chittum 和 Østergaard, 2014）。

栏目 2.1

综合利用的区划法与集约化土地利用

在高密度及混合用地的地区，区域能源系统发展的可行性最高，无论是村落小镇还是市郊城区，对于任何发展规模来说都是如此。在混合用地的地区，多种类型的能耗用户（商业建筑、住宅、公共建筑）坐落紧密。由于区域能源网络使得多样化的能耗用户连接起来，同建筑分散的地区相比，综合利用的区划地对能源的需求更加平稳、波动更小（参见图 2.4）。

如果目标区采取的是综合利用的区划法，那么这对区域能源系统的开发来说意义重大。城市中综合利用的区域具有降低温室气体排放量的巨大潜力（Seto 等，2014），而鼓励采取综合利用的区划法也是地方政府为减排而采取的重要规划工具之一。由于综合利用的区划法能够为区域能源所带来的巨大经济效益，因此这一规划工具应该成为地方政府的首选。

对能源的需求更加平稳、波动更小，那么每平方米建筑中与区域能源设施有关费用就会相应地降低。这也减少了对于锅炉和冷冻机等效率较低设备的需求，从而最大限度地利用性价比高的设备，如热电联产系统（可作为最好的基本负荷，更快地收回投资成本）。利用化石燃料产热，更加平稳的负荷是更高效的，因为热电厂无需经常停工。

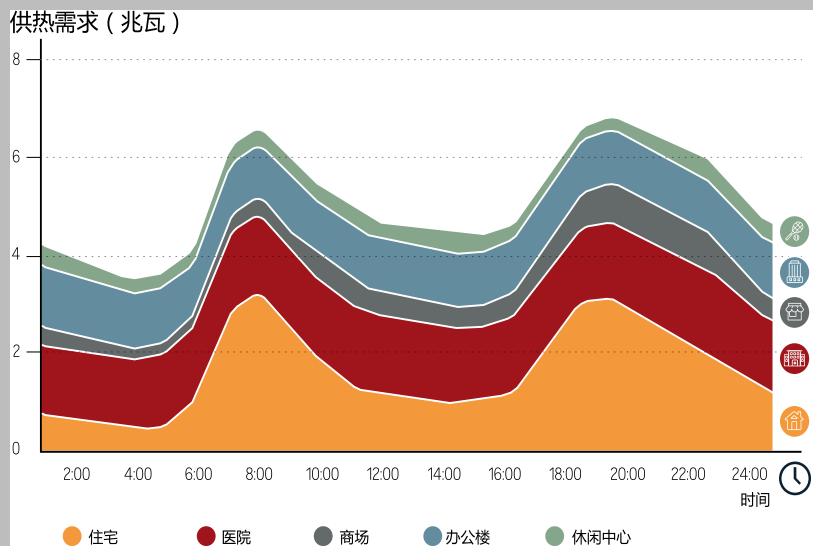
在中心地区的以基本负荷建立（医院、数据或休闲中心、宾馆、政府办公楼等）是极其重要的，这样做可以初步形成的区域能源系统，而且管理这些负荷的公共机构也将鼓励建设区域能源系统。与其他用户不同，负荷建筑往往对能源的需求量较大。

为了促进区域能源的发展，集约化土地利用模式与综合使用的区划法同样重要，因为建筑物（以及能源需求）分布得越密集，

对于管道的需求量就越少，这极大地降低了成本和损耗（King 和 Parks，2012）。

图 1.10 展现的是随着线性制冷密度的增加区域能源网络的费用：100 千米网络的制冷密度为 278 千兆瓦时（制冷线密度：10 吉焦 / 米 / 年），与具有相似能源需求的 33 千米网络（线性制冷密度：30 吉焦 / 米 / 年）相比，前者的费用是后者的两倍。由此，与家用空调等分散化的、高碳排放的技术相比，区域能源的竞争力是显而易见的。为最大化地挖掘区域能源的发展潜力，城市规划者必须考虑到集约化土地利用模式对区域能源发展的益处，而区域能源能够极大地降低碳排放量。

图 2.4 不同建筑物类型的能源需求情况



来源：达尔凯（Dalkia）提供的数据

●2.2.4 并网政策

由于在能源使用用户并网之前，区域能源项目的开发需要大量的资本投入，系统部署面临的最大的风险之一就是负荷的不确定性。为了统计、规定或确保一定的能源需求量，地方政府正推行一系列的并网政策，利用负荷和消费者的多样性来达到负荷稳定性的最低水平。一旦负荷并网完毕，所面临的其他问题包括客户维系（这可以通过提供有价格竞争力及可靠的能源服务来实现）以及确保消费者确实在使用区域能源。

从理论上讲，将现有的建筑物连接起来是区域能源网络开发的良好开端，因为这些供热和供冷系统的并网架构往往持续时间长且风险低。然而，要去影响现有的建筑，这对地方政府来说十分困难。因为往往政府的影响力仅限于对规划的管理，这就意味着无法保证现有的建筑一定会并网到区域网络中。此外，如果现有的建筑分布在不同的地区，那么要使它们联结起来会更加困难。

由此可见，对于开发新的区域能源系统而言，目前的发展情况并不是最好的开端。建设新设施可以促进新能源网络的开发，从而将目前的发展项目纳入到新的网络中来。或者，可以通过连接大型商业建筑以及地方政府资产（如医院、社会福利房等，参见 2.4.3 节），来获得初始负荷。具有间歇性供热及供冷负荷的大型建筑，如舞台、会议中心或体育场等，可以成为高效的负荷。

地方政府的并网政策可以包括：强制并网、土地契约模式、密度红利、为绿色建筑提供贷款以及为自愿并网减少障碍。详细内容请参见下文：

■ 城市范围内强制的并网政策往往用于将建筑强制并网到区域能源的规划中。这些政策一般针对的新建开发区，同样也适用于商业或

公共建筑。为了确保被强制执行这类政策的终端用户的利益，有的地方控制了区域能源公司的利润（例如哥本哈根），或者为用户提供优惠于其他类似技术所缴纳的税费（例如新加坡和奥斯陆）。有的地区同时实行上述两种方法以推广区域能源系统应用（例如鹿特丹）。市政府可作为城市规划者监督建筑物并网到区域能源的网络中，或者在城市拥有大面积土地的情况下，可根据情况进行土地租赁（土地租赁模式）。

在迪拜，所有公共部门的建筑以及全部新建的建筑都必须并网到区域供冷系统中。在奥斯陆，在可能的情况下，所有公共建筑都必须并网到区域供热网络中。在罗兹市（Łódź City），为获得开发新建筑的授权，所有新建筑都需要并网到区域供热的网络中。然而，不是所有的城市都有能力对全部的建筑实施强制性的并网政策，或许还需要制定其他政策。

■ 分区强制的并网政策同城市范围内的强制政策相类似，但关注点仅限于城市中的特殊区域。城市可以利用“服务区管理规定”将强制并网政策应用于一个限定的区域。随着系统的扩展，这一管理规定的范围也可随之扩大。在香港，在启德的所有非住宅楼都必须并网到区域供冷的系统中，包括酒店、医院、购物中心、政府办公楼以及规划建设的多功能体育场。温哥华利用服务区管理规定使福溪东南部官方发展计划中的地区并网到区域能源网络中，而服务区也在不断地扩大。鹿特丹市的两个特区，专门制定了区域供热建筑条例，规定该区域内的建筑物都要并网到该管网系统中。这一规定成为开展区域能源规划的核心。德国的自治市也可利用建筑准则来迫使建筑物并网到区域供热网络中（Schönberger, 2013）。



挪威奥斯陆市（上图）；布雷斯特的弗朗西斯体育场（Stade Francis le Blé）（下图）与体育场、休闲中心、医院及其他设施并网，提高区域能源系统的效率



案例 2.3

大伦敦地区政府： 鼓励由规划促进并网

大伦敦地区的能源规划最初的关注点在于气候变化问题，而如今也将城市的快速发展以及老化建筑问题（包括电力网络）考虑在内。伦敦凭借其土地利用的规划部门来推动区域能源的发展。

目前的大伦敦规划政策必须对所有的新建筑进行节能评估，从而集结多方力量、最大程度地减少二氧化碳的排放量。高效的能源供应就是节能评估的一个指标，由此，主要的发展方案必须遵循以下的供热层级：



伦敦市伊斯灵顿区的邦希热电厂，该塔是一个大型的储热设施，由此可减少从区域供热系统的备用煤气锅炉获取热力的依赖

- 1) 与既有供热和供冷管网并网；
- 2) 在开发区部署热电联产管网；
- 3) 利用公共供热及供冷服务。

自 2010 年以来，2/3 的二氧化碳减排量来自于热电厂的开发。

专家委员对每个新建筑的节能指标进行评估，以确保其符合能源政策的相关规定。如果建筑未能达标，那么开发商在无法实现二氧化碳减排目标时需要支付补偿金。2012 年，这样的规划政策为区域供热系统的开发提供了重要保障，具体包括：

■ 向发电量达到 29 兆瓦并可供应相应热量的新型高效热电联供厂投资 2000 万英镑（3200 万美元）。2010 至 2012 年间，能源规划确保了热电联供厂的电容量达到 74 兆瓦，约可满足 150,000 户家庭的用电需求。

■ 为供热网络基础设施建设投资 1.33 亿英镑（2.13 亿美元），使得公共供热住房覆盖 53000 户家庭。

■ 承诺对 10 个大型多功能住宅区（每个住宅区超过 1000 户居民）实行站点式供热网络，每个站点都是发展区域供热网络的关键节点。

■ 强制性的并网政策使得制定能源规划的过程更加灵活，这一政策要求开发并网或应用区域能源供应系统，除非开发商可证明其所开发的项目在经济和技术层面都遵守了特定的“可行性标准”。此外，如果替代能源方案在保护环境方面比区域能源效果更好，那么市政府可批准使用这种可替代能源。卑尔根在强制并网的区域准许应用这样的替代能源。韦莱涅市（Velenje）规定，除非客观条件上有特殊原因无法并网，否则所有新建设施必须并网到区域供热管网系统。在某些特殊情况下可以通过电力或可再生

能源技术来供热。采取类似“强制政策”的地区还包括阿姆斯特丹、伦敦和东京（参见案例分析 2.3）。通过采取这样的政策来减轻开发商的负担，城市能够减少做可行性研究的成本。

■ 如果区域供热是提供可持续供热服务的首选技术，那么要通过区划政策强制规定区域能源的发展或许需要新开发区的区域能源系统达到一定规模。在伦敦，如果“大型建筑”无法并网到区域能源网络中，那么就必须考虑发展热电联供网络（参见案例分析 2.3）。同样的，在伦敦如果新开发的地区超过

了 50,000 平方米，且无法并网到其他区域能源网络，那么该地区必须要开发建立一个区域能源设施系统（除非在技术上无法实现或者还有更加经济的可持续供热或供冷的选择，参见案例分析 2.4）。在温哥华，作为派克兰（Parklane）河流区域发展计划的一部分，在可能的情况下重新规划的区域需要并网区域能源设施，这可鼓励派克兰地区同附近的一些开发商合作建设自己的区域能源设施。

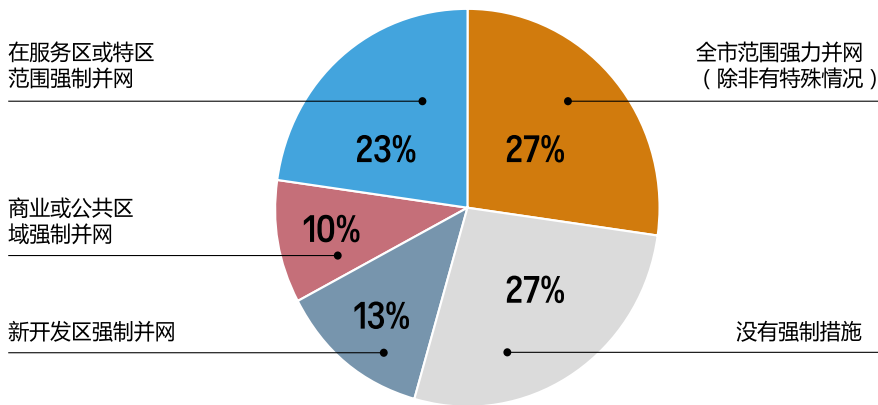
■推行鼓励并网的政策

除了通过采取强制的手段将建筑物能源系统并网到区域能源的管网、考虑强制并网政策能否节约成本或者强制发展区域能源系统，还可以通过其他形式的激励措施来鼓

励与区域能源管网并网，并且降低投资风险。在减轻荷载风险方面，这些政策也许不如强制性并网政策那么有效，但对地方政府来说，执行起来会更加方便。这类政策包括：

- 密度红利：如果开发商同意将建筑并网到区域能源系统中，那么城市将授予其更大的开发空间（例如在商业写字楼多加一层）。
- 授予道路使用权：减免获得道路使用权的相关费用、土地位移费以及其他与基础设施开发相关的费用。
- 照付不议：根据对区域能源系统的价值定位，地方政府如果对区域能源网络的用户量有信心，那么将担保用户量，或为用户量不足提供补偿。这种方法适用于特许权模式（参见3.3.2节内容），在这种模式中，私营电力公司需要政府对用户量做出担保。
- 限制采用低效的替代方法：例如禁用碳排放量较高或能源密集型的供热技术。从2016年开始，哥本哈根将禁止在区域供热或天然气网络安装燃油装置。目前，该市已经禁止新建筑物利用电力进行供热。此外，挪威的国家政策也禁止使用与区域能源并网相冲突的技术（参见4.1节内容）。
- 明确规定的透明的能源价格以便同下一代技术相竞争，使得户主及开发商更倾向于自愿并网到区域能源网络中。例如，温哥华的福溪东南部邻里公用能源政策（SEFC NEU）已使供热税率及并网费用透明化，从而鼓励更多用户并网到区域能源网络中（参见案例分析3.1节内容）。
- 流线型的重新区划或准许程序：那些将建筑物设计成可利用区域能源的开发商享有优先权（例如奥斯陆）。
- 对建筑物兼容性的要求：在整个城市或特定地区的所有新建筑都必须具有兼容性或可以使用区域能源。温哥华正考虑将这种对兼容性的要求纳入到绿色建筑的标准中。
- 明确绿色建筑评审标准：将区域能源纳入绿色建筑认证的评审标准中，以鼓励户主加入到区域能源网络中（例如法兰克福和桑纳堡市）。
- 通过部分或全额支付并网费用来为区域能源的并网工程提供财政支持（如布雷斯特支付部分并网费、西雅图的私营运营商为有益的并网付费）。

图 2.5 45 座示范城市中按类别划分的并网政策



* 温哥华和东京也实行此政策，但仅限于一定规模的新开发地区，此表没有将这两个城市计算在内。

** 此表不包括那些仍在开发首个区域能源网络的城市，因为这些城市还没有出台明确的并网政策。



案例 2.4

东京：整合土地利用、 建筑物及区域能源

“为了提高能源的利用率，东京市政府于 2009 年引入了区域能源规划系统。这项政策的制定是基于：1) 区域能源规划；2) 为进一步促进节能型建筑的设计以及引进可再生能源，有必要在规划初期考虑能源因素。”

——Yuko Nishida, 东京, 2014

在为高效利用能源而引入的区域能源规划系统中，东京推行了一系列政策措施以促进区域能源的发展。例如，建筑面积超过 50000 平方米的新建筑要想获得建筑许可，必须提交高效利用能源的能源规划。所提交的计划需包括新建筑的节能目标、学习关于利用未使用的能源、可再生能源以及区域供热与供冷的介绍。

而在建筑面积超过一万平方米或者住宅区超过两万平方米的情况下，开发商也需要提交一份报告，以证明其对区域能源的应用进行了经济及技术方面的评估，并咨询过区域能源的供应方。如果遇到的障碍是成本过高，那么该市将根据具体情况酌情采取补救措施。西雅图和温哥华也采取过类似的措施。



2.3 地方政府作为区域能源发展的推动者：推行杠杆型融资模式

“投资区域能源所面临的一系列经济及制度困难都可在地方政府的推动下迎刃而解。”
——Maryke van Staden，倡导地方可持续发展国际理事会（ICLEI），2014

在发展区域能源系统的过程中，市级政府在应对（实际及可感知的）投资风险及成本压力方面扮演着至关重要的作用^{*}。地方政府可使投资方更便捷地进行低成本的融资，以刺激民间投资及产业行动。详细情况可参考 45 座示范城市的具体实践，包括迪拜、伦敦、慕尼黑及巴黎。在 2009 至 2013 年间，许多示范城市为其各自的区域能源系统筹得了超过 1.5 亿美元的投资。在促进对区域能源的投资方面，地方政府认为公共部门的作用“最为突出”（尤其是在新方案中）。通过提供技术与运营支持，公共部门在促进投资方面发挥着“非常重要”的作用。

本节将讨论地方政府通过推行杠杆型融资政策对区域能源的发展

所起到的促进作用。本节将着重讨论三个主要的政策干预领域（参见表 2.3）。

● 2.3.1 金融财政激励

在为区域能源的发展提供财政支持方面，市政当局发挥着重要的作用，尤其是那些拥有新技术或需要对技术做重大改进的城市更是如此。同其他能源技术相比，区域能源更具成本竞争力。此外，国家政策也许会为区域能源的发展提供一些财政支持、降低其项目风险，具体措施包括提供补贴（如上网电价补贴或可再生能源证书）、拨款、投资、征收环境税（如污染税、碳定价）以及降低增值税等（关于国家政府角色的更多讨论请参见第 4 节内容）。

^{*} 区域能源设备、管网以及并网设施的建设成本是开发区域能源系统所面临的经济障碍。由此可见，对任何计划而言，资金成本（或必要收益）是影响其成本竞争力的至关重要的因素，而资金成本是由项目投资的风险所决定的。经济障碍可分为两大类：（实际或可预测的）影响项目风险以及影响项目成本。

表 2.3 作为区域能源发展的推动者，地方政府所采取的政策措施

政策干预领域	政策措施
融资及财政激励 (第 2.3.1 节)	■ 债务准备金、债券融资、贷款担保、证券包销以及城市融资的循环基金
	■ 补助金、低成本融资或贷款、返利、津贴
	■ 税收抵免及税收系统内的免税额；例如销售额、财产税、许可证费用及碳排放税
城市资产 (第 2.3.2 节)	■ 将地方政府的土地 / 资产 / 建筑用于区域能源设施的安装，或者用于（租赁 / 销售 / 分配）负荷
示范项目 (第 2.3.3 节)	■ 试用及试验新技术（往往是混合的），例如从污水或地铁中回收低温余热、整合与存储可再生能源
	■ 试用区域能源系统发展的新政策

资料来源：改编自 Martinot，2011 以及 Sims，2009

城市可以通过一系列财政激励措施促进区域能源的发展（详见下文），从而提高开展区域能源项目的可行性，并为该项目提供可替代完全公有制这一模式的方案（详见第3节案例）。如果城市不采取类似的激励措施，还可以通过制定对区域发展有利的城市规划、能源监管措施以及地方法规，已促进区域能源系统的应用（详情请参见第2.2节内容）。

■ **债务准备金及债券融资：**通过筹集低利率的追索权资本，城市可以向区域能源项目提供低利率贷款。同样，城市也可以发行一般责任债券。此外，城市还可以发行收益债券来有效地提供利率更高的贷款。在项目融资中，利用无追索权贷款及收益债券使得尽职调查的成本较高，这种方法最适合应用于成熟的市场，或者还可以和并网担保的措施结合使用。

圣保罗市通过发行长期收益债券来发展供热及供冷网络，而且无需为债务偿还做担保。这可以通过同最初的客户签署长期合同来实现。与此同时，多伦多市相继发行了收益债券及一般责任债券，依次来为开发深水湖供冷系统筹集必要的资金。该市还要求潜在客户签署合同或意向书以确保项目获得融资。

对联邦、州及私人投资者来说，城市所发行的债券是影响其投资意向的重要因素。这些投资者将市政支持视为城市开发区域能源的重点及能力的指向标。

■ **贷款或融资担保：**市政为区域发展项目做贷款担保使得项目可以获得低利率的贷款，这极大地降低了项目成本。债权人可能需要市政出具一定形式的担保证明，以保证在项目拖欠贷款的情况下市政能够为其偿还贷款。在英国，亚伯丁

(Aberdeen) 市议会（通过贷款担保）承购非盈利性供热公司，允许其获得较低利率的商业债务融资。在丹麦，区域能源公司同样需要请求市政为其贷款做担保。这样的“公共担保”降低了贷款方的风险和利率。Kommune Kredit 是为丹麦城市服务的一家储蓄互助社，每年向获得商业担保的区域能源企业提供超过10亿丹麦克朗（约合1.76亿美元）的贷款。自20世纪90年代初期，还没有市政府被要求偿还这种贷款的情况发生（Chittum 和 Stergaard, 2014）。

■ **提供补助金：**城市会向特定项目提供建设补助金或按年支付补助金，以帮助这些项目完成初始开发，或者引导这些项目实现社会或环境目标。伦敦市已为项目开发初期的可行性评估及投资级别审议提供了发展基金。在伦敦市伊斯灵顿区的 Bunhill 地区，供热与供电项目致力于为社会保障房提供低廉的供热服务，该项目一期获得了来自伦敦发展署（已解散）以及家庭和社区管理局（Homes and Community Agency）的420万英镑（约合670万美元）补助金（参见案例分析3.2）。

■ **提供国际或国家津贴：**区域能源系统所获得的资金资助往往是由市级以上的政府提供的。这反映出区域能源的发展对国家的重要性（参见第4节）以及当市政在经营模式中发挥更大作用时（例如制定股权或债务条款，参见关于多伦多大气基金的案例分析2.7）其分配项目资金的能力。城市可帮助单项工程申请国家或国际津贴，例如温哥华市对福溪东南部邻里公用能源政策（SEFC NEU）项目的帮助（参见案例分析3.1）。

鹿特丹港市得到了由荷兰政府

提供的2700万欧元（约3380万美元）津贴，相当于因降低二氧化碳和氮氧化物排放量而节约的社会成本。为资助一个1.1兆瓦的河流中心太阳能热电工程，圣保罗市得到了由美国能源局所提供的100万美元的资助，与当地公用事业公司所出的资金相当。路易斯港获得了由非洲开发银行运营的非洲可持续能源基金会所提供的100万美元的资助，以完成深层海水区域供冷项目的可行性研究。由欧盟资助的“摄氏度项目（Project CELSIUS）”正在为伦敦、鹿特丹、哥德堡、热那亚以及科隆等城市的示范项目提供融资（参见3.5节内容）。

布雷斯特已从 ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie) 获得了900万欧元的资助（约合1120万美元），这将使该市及周边地区的供热系统面积扩大一倍，并能够安装深海热泵、生物质锅炉以及蓄热设备。这项津贴来源于国家的“供热基金”，资助那些能够减少二氧化碳排放量以及化石燃料进口的项目。

■ **国际或国家级别的基金或贷款：**许多城市正利用国际和国家级基金资助城市中区域能源管网的前期开发及善后工作。城市可以通过游说吸引类似的基金，使更多项目得以受益。韦莱涅（Velenje）得到了由斯洛文尼亚生态基金（Slovenia's Eco Fund）所提供的72.9万欧元（约合91.1万美元）的长期贷款，以发展基于吸收式制冷机（利用余热）的区域供冷系统。纵观所有欧洲国家及地方政府，对废弃的区域供热设施进行现代化改造的过程中，欧盟结构基金发挥了至关重要的作用（参见关于博托沙尼的案例分析）（Sharabaroff, 2014）。

* 实行贷款和融资担保（以及追索权债务或一般责任债券）对市政来说有一定风险，会影响其借款能力。因此，能够获此担保的一般都是在社会、经济或环境领域的关键性项目。一些市政对于开创这样的先例保持谨慎，因为这可能会导致贷方要求市政为全部大型基础设施建设项目做担保。因此，市政尽量避免推行追索权债务、一般责任债券以及贷款担保。

博托沙尼

案例 2.5

博托沙尼：利用国际金融促进现代化区域能源的发展

位于罗马尼亚东北部的博托沙尼镇 (Botosani) 有居民 11.5 万人，其室内供热及热水服务是由市政府所有的区域供热设施——“现代热量”(Modern Calor) 提供的。随着典型的社会主义时期“低投资成本、高运营成本”(Low CAPEX, High OPEX) 口号的出现，这一区域供热系统于 20 世纪 60 年代开始建立。

自 20 世纪 90 年代到 21 世纪初期，由于投资匮乏，罗马尼亚的区域供热部门的发展遭遇了巨大的困难，导致运行效率及供热的稳定性急剧下降。再加上天然气成本的增加，使得终端用户无力支付取暖费、与区域供热网络断开连接，这导致了区域能源系统运行效率的下降。到 21 世纪中期，“现代热量”的年产热量流失高达到 50%。由于区域供热部门的财政状况如此糟糕，为实现设备的现代化而进行的长期商业融资能力严重不足。

而后，欧盟地区行动方案（作为欧盟结构基金的一部分）推出了亟需的资本性支出激励措施，以升级废弃的区域供热系统，当时罗马尼亚采取了该行动方案，但由于商业融资匮乏，一些市政（包括博托沙尼）很难确保其共同融资的份额。国际

金融公司 (IFC) 的次国家金融集团对该项目做了评估，向博托沙尼提供了长期贷款，以满足市政进行联合融资的需求。

该项目最终建成了一座容量高达 8 兆瓦电 (MWel) 的先进热电联供厂，以及两个容量为 52 兆瓦热 (MWth) 的供热锅炉，替代了先前容量过大且低效的 560MWth 供热设备。此外，项目还更换了区域供热管网长达 6.5 公里的输送管道 (双管) 和 14.3 公里的配送管道。该项目二期还筹得资金，替换另外 3.7 公里的配送管道，并提高住宅能源利用效率。

该项目总投资为 4570 万欧元（约为 5710 万美元），其中国际金融公司为其提供了约 800 万欧元的贷款（约合 1000 万美元）。国际金融公司除了提供资金支持，还为“现代热量”提供咨询服务，通过应用技术手段（极大地改变运行模式）及审视成本结构来寻求节省成本的机会。

总而言之，该项目预计将减少 68.41 万吨二氧化碳排放量，并实现曾与区域供热网络断连的 21 个大型取暖用户在项目竣工后重新并网。

资料来源：Sharabaroff, 2014



罗马尼亚博托沙尼的新热电厂及锅炉系统

案例 2.6

奥斯陆：气候与能源基金

奥斯陆市于 1982 年建立了气候与能源基金。起初，该基金是通过征收电力附加费而建成的。如今，该基金利用利息开展活动。该基金为降低温室气体排放量、减轻当地空气污染的能源项目提供津贴，减少了能源消耗量，提高了能源的利用率。该基金所资助的所有项目每年节约了 1.3 太瓦时的电量，相当于整座城市 10% 的耗电量。在 2012 年，该基金资助了 2592 个有关气候与能源效率的项目，其中一半资金直接用于可再生能源的开发，例如热泵、区域供热、生物能和太阳能。



案例 2.7

多伦多：循环基金模式

1991 年，多伦多利用出售城市资产而获得的 2300 万加元（2020 万美元）建立了非营利性多伦多大气基金（TAF）。该基金致力于通过试验及推广在可再生能源、能源效率及降低化石燃料消耗量等方面的解决方案来加快降低当地温室气体的排放量。起初，多伦多大气基金只为相关项目提供资金支持，但在推广解决方案的过程中所面临的关键性障碍在于如何有效分配资金。而如今，TAF 不仅提供津贴及贷款，还承担一些特殊项目并发展伙伴关系。

每年 TAF 将收入中的 150 万加元用于资助特殊项目。自该基金成立以来，已向项目投入了约 3000 万加元（约 2630 万美元）。2002 年，TAF 为一项可行性研究资助 80000 加元（70000 美元），并提供 100 万加元（87 万美元）的贷款以资助一个三代能源系统，由一个非常高效的能源系统向三座

大型建筑供电、供热及供应供冷服务。

TAF 还与加拿大城市联盟（Federation of Canadian Municipalities）建立了伙伴关系，共同为相关项目出资。



多伦多深水冷却系统正从安大略湖获取冷却水（参见 3.5 节内容）

■ **循环基金：**一些地方政府正在建立投资基金或绿色基金，为符合公众利益的发展项目（特别是在项目发展初期）提供津贴、补助金以及零利率或低利率的融资。城市可通过出售一部分城市资产（例如城市土地、一项公用设施中的份额）、收取水电费账单的附加费或减免补贴等新方法来获取资金。该基金自主经营，靠投资回报、贷款利率及其他税收来维持发展（参见关于奥斯陆的案例分析 2.6 节内容）。

在缺乏直接城市所有权的情况下，一项循环基金允许公众对战略性投资予以支持，其在区域能源领域的参与度比城市的总体参与度高。往往在区域能源系统处于建设时期以及客户尚未收益的阶段，该基金允许其延迟偿还本金 3 至 5 年。一项循环基金可为特定的区域能源启动计划提供支持，帮助验证大型供热网络的可行性（参见关于多伦多的案例分析 2.7 节内容）以及帮助降低成本、开发当地供应链。其他项目可以偿还或重新分配资本。

■ **市政补助金：**尽管许多国家为低碳或节能的供热或供冷项目提供国家补贴，但城市级的补贴却远远不够。在博托沙尼，市政供热网络一直受到市财政的大力资助，以解决低效管网的问题，并确保在供热价格较高的情况下保障区域供热的用户使用量 (Sharabaroff, 2014)。一些开发现代化区域能源系统的城市已经采取了上网电价补贴政策、热计量以及激励供热等超前的机制，使这些系统及公共设施建设符合公众的利益。首尔市为热电厂提供了市政电价补贴。而面对自 2011 年地震后出现的电力故障，伦敦为余热发电提供补贴以鼓励其增加发电量（关于更多补贴政策请参见第 2.4.1 节内容）。

■ **基于发展的获取地价战略：**在拉丁美洲，将农村用地转变为城市用地可使土地价值提高约 4 倍 (Smolka, 2014)。而对于高密度的城市用地来说，这样的增长幅度还会更大。由于土地类型的转变是出于公共利益的需要，因此土地所有者“不用动脑”就可以获取高额地价，特别是在地价的增长高于基础设施建设成本的情况下。许多国家早就有过这种说法，基于“不正当的致富原则”或认为市民不应该不劳而获。

根据中国城市化研究（世界银行与国务院发展研究中心，2014 年），中国国务院正在开展新型的城市发展战略，并将在城乡结合部地区（1 平方公里）优先推进城市再发展。在接下来的十年间，中国将拥有 6000 个新的城镇，其中的 15%（900 个区域）具有很高的发展潜力。这些城镇周边的 1 平方公里的区域具有成为城市用地的巨大潜力，将在此实行基于土地开发价值捕获 (DB-LVC)，为基础设施建设及提高能源效率融资。

征用农村土地不仅为新城区提供了发展空间，还提升了土地价值。在不同区域销售或租赁土地所获得的收入以及新土地所有者所缴纳的税收，这为基础设施的建设提供了发展资金。这是利用综合方法发展区域能源的最佳示范。通过将城市规划（混合利用区划、土地集约利用以及高度的连通性）同运输及区域能源规划相结合，最佳的、计划良好的区域能源项目可以获得融资 (World Bank&DRC, 2014)。



中国新开发的城市（左图）、罗马尼亚博托沙尼隔热的区域供热管道（右图）

● 2.3.2 城市资产

除非私有财产所有者同意用他们的建筑进行电力生产，否则城市则需要为区域能源生产分配土地。根据该系统的所有制关系模式不同（参见关于伦敦奥林匹克公园的案例分析 3.8），小块公共用地可为城市发展所用或者通过收取租金用于区域能源的发展。随着房地产业的参与，更多发电机可以添加或并网到区域能源的网络中，并且新增的空间需为未来区域能源系统的发展做准备。自 2012 年起，首尔开始支持热电联供厂燃料舱的建设（其一部分用地为市政府所有）。首尔市政府正致力于建设另一座拥有 230 兆瓦容量的燃料舱（参见第 2.4.4 节内容）。

一些城市或许需要为改造设备而融资，以促进区域供热系统的现代化改造建设，而出售一部分区域能源系统股权可为这一发展注入必要资金。华沙拥有欧盟最大的区域供热系统，供热面积达 136 平方公

里，满足了该市 76% 的供热需求。在 2011 年，华沙将公有区域供热企业 SPEC 的 85% 以 440 亿波兰罗兹提（4.46 亿美元）出售给了 Veolia Polska S.A 公司（现更名为 Dalkia Warszawa S.A）。目前运营此系统的 Veolia Polska S.A 公司已承诺在 2012 至 2018 年间投资 10 亿波兰罗兹提以实现区域供热系统的升级改造，包括区域供热网络的现代化改造及扩张。

● 2.3.3 示范项目

规范的区域能源系统为投资者提供了稳定、低风险且长期的收益回报。然而，私营部门往往对风险更高或不熟悉的期初投资缺乏热情。而一旦开始铺设了输送管道，那么从私营部门融资以扩展能源网络就变得更加容易了。地方政府正在支持示范项目的发展以实现以下目标

■ 分析现代化区域能源系统发展的可行性及提供市民、私营业主、开发商以及投资商获得社会经济利益的案例（参见关于阿姆斯特丹的

案例分析 2.8）；

■ 试行市议会或国家政府所推行的新政策；

■ 提升地方及机构的区域能源运营能力及信心。

地方政府都在利用示范项目来推动区域能源市场的发展，并借此提高潜在投资者对区域能源的认识，以及加快促进私营部门的加入。城市需要发展具有完善记录的示范项目，以此来证明区域能源系统的潜在收益和回报周期（由此支持该商业案例的发展，并使其获得更多传统融资资源），以及促进公众及地方政府给予更多的支持。在温哥华，考虑到项目的发展风险或可能出现的建筑进度失控情况，一些机构及私人公寓开发商往往对不熟悉的技术项目不感兴趣。然而示范项目的推出更容易使他们对区域能源的发展有信心（参见案例分析 3.1 节内容）。



阿姆斯特丹

案例 2.8

阿姆斯特丹：智能化城市项目以及为示范项目所设立的免税区

阿姆斯特丹市同阿姆斯特丹经济委员会、Liander、电网运营商以及荷兰皇家电信集团（KPN）共同发起了“阿姆斯特丹智能化城市”（ASC）的倡议，以集结多元利益相关方推行关注能源转换的地方项目或政策。特定的发展区域也是免税区，以此来激励企业试用新技术。这项倡议的总体目标是帮助城市实现其二氧化碳减排的目标，并促进阿姆斯特丹都市区经济的发展，从而提升居民的生活质量。

这项倡议吸引了 70 多个合作伙伴加入到多种关注能源转型的示范项目（包括区域能源项目）中，包括当地企业、房产公司以及居民。由此，最有效的倡议活动使示范项目得以大规模地发展（例如，参见关于阿姆斯特丹的案例分析 2.1 节内容，

包括在能源交换及从数据中心利用余热的过程中各种产业伙伴间的合作）。在 ASC 平台可查看从这些示范项目中所获得的知识和经验，有助于加速城市气候及能源项目的发展。



印度古吉拉特

案例 2.9

印度古吉拉特：
国际化金融科技城

位于印度古吉拉特（Gujarat）国家化金融科技城（GIFT City）正在开发印度的第一个区域供冷网络，以吸引企业为国家投资项目。鉴于印度的区域供冷具有极大的发展潜力，开发区域供冷管网意义重大。一项可扩展的示范项目不仅仅展示了其所采用的技术，还展现了如何通过开发新项目来促进地方能力的提升，而这将在全国范围内予以推广（参见第 1.1 节内容）。示范项目还能使投资者增强对于区域供冷技术以及地方政府的信心。

该市已成立了 GIFT 区域供冷系统有限公司（为一家特设的有限公司），通过公私合作伙伴方式来推广区域供冷网络。该市选择发展区域供冷系统的原因在于区域供冷的效率更高、运营及维护成本更低并能极大地降低碳排放量。通过利用工业规模的电力制冷装置（具有更好高的性能

系数及能效比），该系统将使电力消耗量下降 65% 至 80%。

该系统起初将提供 10,000 冷吨（35 兆瓦），在建筑物建成并并网到该系统后，将与储冷 10,000 冷吨（约合 35 兆瓦）的系统进行并网。开发一期项目可减少后期工程的风险、降低项目成本。

在城市中应用区域供冷体现了拥有多样化负荷的益处，因为该系统使不同类型的建筑物（住宅、商业大厦、零售中心、会议中心）连接在一起。该系统还将应用与分散化锅炉相比全球增温潜能值更低的制冷剂，否则只能安装这样旧式的锅炉。通过利用环境友好型制冷剂以及更高效区域供冷系统所降低的碳排放量，这将被纳入城市绿色建筑评价体系中。



新城市开发

2.4 地方政府的供应者和消费者角色

“在没有足够并网的需求和供应时，金融公司不会声称为投资传输管网做好准备了。但在起初是需要冒险的。我们投资传输线是为了把事情办好——我们认为它是可行的，而且在投资方面我们也有不同的规则。鉴于传输管网带来的其他效益，在投资回报率上我们持有不同的看法。” ——城市代表鹿特丹，2014



德国法兰克福市

作为基础设施服务（能源、运输、住房、污水处理等）的供应者，当地政府可以为这些服务制定低碳路径，指导不同业务部门之间协同合作，同时制定有当地社会和经济目标特色的区域能源策略。而作为供热和供冷的消费者（如公共建筑、居民房屋、医院、休闲中心等），城市是理想能源服务的载体，通过提供定基本负荷和确定并网用户使项目概念便于推进。表 2.4 概括了城市作为服务供应者和消费者中所扮演的角色和所起到的杠杆作用。

2.4.1 政府公共事业的宗旨与促进政策

当地政府对市政公共事业持股能够强制可再生或可回收热能在区域能源网络中的使用，从而达到公共政策目标。鞍山、哥本哈根、法兰克福、奥斯陆、巴黎和韦克舍只是众多强制使用余热或可再生供热与供冷城市中的一部分（见章节 2.2.1 目标）。当地政府部门也可以要求公共事务部门集中服务有特殊需求的群体，如居民房屋（见案例分析 2.10 巴黎）。

表 2.4 当地政府作为供应者和消费者所从事的政策活动

政策干预区域	政策活动描述
城市所有或运作的公共事业以及余热定价调控 包括当地公共事业、电力输送公司和能源服务公司（ESCOs）（见章节 2.4.1–2.4.3）	■ 公共设施授权与激励措施
	■ 政策与激励措施的互通
	■ 余热定价调控与顾客保护政策
	■ 在其他公共设施的投资或者合作
采购计划、购买和投资 (2.4.4 节)	■ 政府大楼、学校、公共交通中区域能源的投资；向其他城市购买或者共同购买区域供热和供冷或者能源（热电厂）；绿色公共采购计划

数据来源：Martinot, 2011 以及
Sims, 2009



巴黎

案例 2.10

巴黎城市供热公司：抓住多重社会经济效益

鉴于历史上巴黎区域能源可观的财务绩效和它保障供应的能力，该市的区域能源得到了很好的发展并且起到了非常重要的作用。在 1927 年，该市授权此网络国家级特许权并为公共建筑提供热源。这个行动达到事半功倍的效果：1) 减少火灾风险并且改善空气质量，减少了城市煤炭以及木材的使用；2) 减少巴黎居民将煤炭或者木材运输到自己家的需求（参看章节 1.6 区域能源的催化剂）。二战之后，巴黎对巴黎城市供热公司（CPCU）持有 33% 股份，90 年代以后，这个公司仍然被授权负责运营巴黎区域供热网络。

这个网络最开始为巴黎市内一个工厂供热，同时为出发前的旅客列车供热，然而它的业务迅速扩张到邻近建筑，这些建筑希望受益于它廉价又安全可靠的供热。今天，这个网络仍在继续发展，巴黎用来服务地铁系统的地下隧道和管道也被该网络覆盖。巴黎城市供热公司 475 公里的管网相当于将 50 万户家庭连接起来（包括城市中所有医院、半数的居民房屋和公共建筑），同时它也与 13 个城镇相互连接（包括巴黎）。热能由八个热电厂生产供应（其中包括两个热电联产设施和三个垃圾焚烧发电厂）总计有 4 吉瓦的总发电容量，每年产热 5.5 太瓦时和产电 1 太瓦时。垃圾焚烧发电厂每年减少了 80 万吨二氧化碳的排放。

因为巴黎市持有 CPCU 大部分股份，所以它能够控制各种热能的生产，并且影响公司的政策目标。当网络开始发挥其作用时，它的目标已不仅仅在于提供可负担的、可靠的热能，同时也在于通过降低主要能源的使用和共享更广泛的可再生热能来降低城市的碳排放。巴黎城市供热公司的目标是在

2015 年在产热领域中使用 50% 的可再生或可回收能源，在 2020 年与巴黎气候行动达成一致，达到 60%。这个能源过渡将包括发展生物废物能和地热、下水道热回收以及木材煤炭混烧。如果达到了上述 50% 利用回收能源的目标，国家附加增值税激励政策每年将会为巴黎城市供热公司客户节约 3500 万欧元（合 4370 万美元），即对供热公司征收的国家增值税减少到 5.5%。一旦巴黎供热公司达到 50% 可再生能源份额，巴黎将会强制要求投资并网区域的建设，以此鼓励各种能源的并网（见章节 2.2.4）。

巴黎有数量相对多的居民房屋，其中每五人中就有一人生活在居民房屋，这个比例在一些郊区甚至更高。通过对巴黎供热公司的城市控股，区域供热网络正被开发整合到新型的居民房屋中。特许合同为热能传输设定了一个最高价，与可再生热能发电的份额呈指数关系。巴黎市也能够为居民房屋合同执行特殊的最低价。



巴黎供热公司为巴黎中心大堂广场（左）和卢浮宫（右）供热，同时由巴黎区域供冷系统供应商 Climespace 供应供冷服务。

● 2.4.2 市政公共设施对资源与区域能源管网的互连

对那些开始发展区域能源网络的城市而言，发展常常以节点方式进行：系统以分离的互不连接的“块状形式”发展。鞍山、哥本哈根、米兰、奥斯陆、巴黎、鹿特丹和森纳堡的城市系统均以小热源形式，为大型设施或一些小建筑服务。当节点网络扩张时，它们可以互联通过主要的传输网建立更广大的规模经济（参加章节 2.6）。

当地政府可以指导扩张并且通过市政公共事业、改善技术和提高经济效率的方式整合区域能源网络。许多综合性城市均有网络并连工厂，它们依赖公共设施的市政所有权发展。如果没有此类所有权，私营部门将很难实现此类商业模式的对接。

在哥本哈根，其市政府拥有当

地许多供热输送网络。随着时间推移，传输基础设施已遍布各个网络，它被开发用以能源共享和与大型能源供应对接。许多案例中，传输系统已演化成与市政输送公司的伙伴关系。此类系统对哥本哈根而言曾经非常重要，因为它满足了 98% 的供热需求，同时这类供热使用的是区域供热方式。图 2.7 展示的是目前城市的供热网络，同时强调了传输管网在连接这些网络时的重要性。

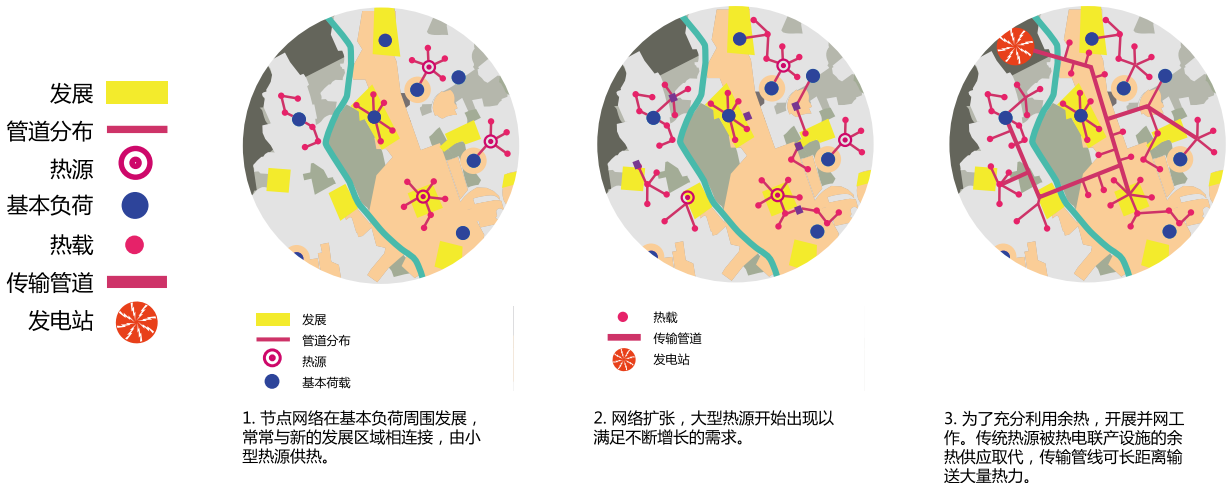
全世界的城市正在效仿哥本哈根，它的节点发展模式激发了城市公共设施传输的互相并网，这鉴于它显而易见的效率，而且能够将更大型的热源并网到网络中。市政府对公共设施的所有权对于节点联网工程的推进有着关键作用，它可以帮助城市扩张它们的系统，并将此系统与城市范围的网络互连，这种实践是可以推荐的最佳范本。

鞍山在丹麦公司的支持下正在进行此类实践（参看图 2.8）。当地政府相关部门对区域供热公司的持股直接实现了对传输管网的投资，将城市中 42 个区域供热公司相连，并将需求总汇和扩大发电容量，此外它还将和钢铁厂产生的 1 吉瓦余热并联（见案例分析 3.7）。

在米兰，A2A 将扩张现有独立网络，计划于 2016 年将它们整合到三大供热网络中，这些网络将会以环网方式环绕这个城市，以满足城市供热需求的极大部分。到 2020 年，将超过 2014 年供应的 590 吉瓦热的 50%。这将充分提高米兰管网系统效率的效率，如三大热电厂、垃圾焚烧厂和地下水热泵。A2A 正计划发展与城市规划设施相关的区域供热网络（如城市总体规划和区域规划）。

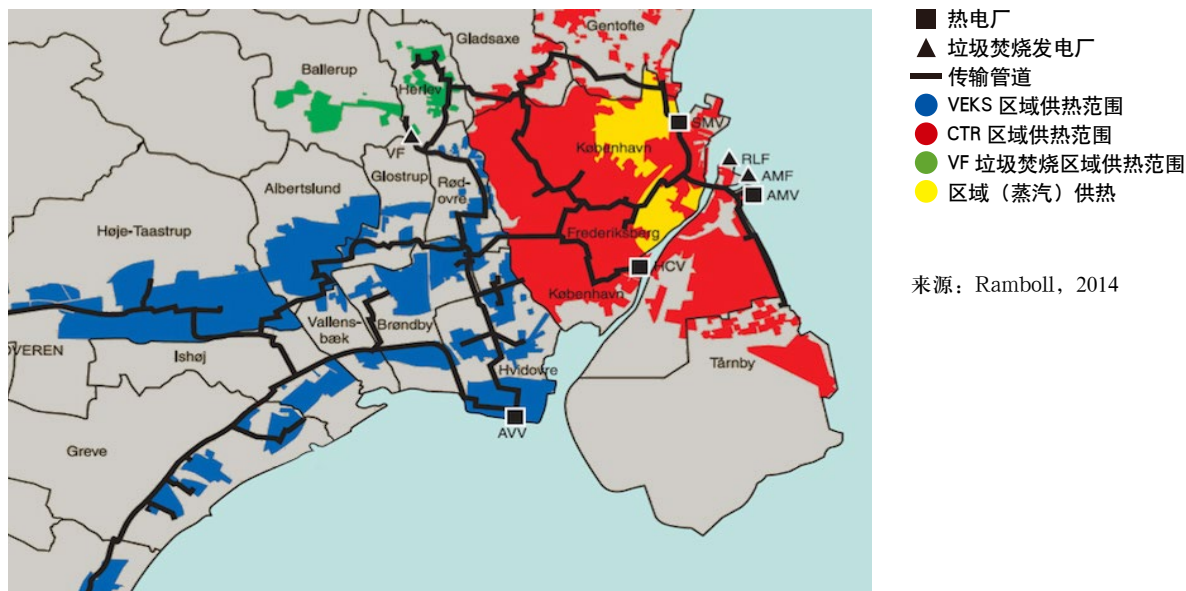
森纳堡的“零碳计划路线图”将传输管网视为绿色环保的网络资源并且能够实现成本效益，将该管道并网到本地区岛状的区域供热网络。这个主要的供热网络从多重互补的可再生资源中获取热量，包括垃圾焚烧设施、地热设施、秸秆木材燃烧锅炉、热驱动热泵和太阳能设备。尽管该地区目前只有 36% 的建筑并网到区域供热，但其目标是将现有建筑采用燃烧天然气采暖的方式转向区域供热，以此将上述比重提升到 55%。

图 2.6 城市中区域能源系统的节点发展



来源：King 和 Parks， 2012

图 2.7 哥本哈根区域供热网络，包含传输线



来源：Ramboll, 2014

零碳路线图由名为“零碳计划”（Zero Project）的公私合营项目发起，旨在帮助森讷堡市政府深化认知零碳目标，其中包括森讷堡关于区域能源的城市计划（见案例分析 2.14）。

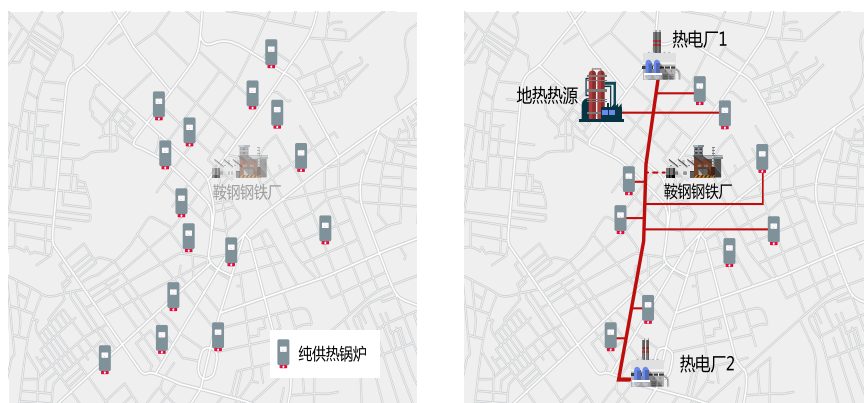
伦敦视城市化区域能源为重要环节，因为区域能源有助其在 2025 年达到 25% 分散能源的目标。然而不确定的是，鉴于英国能源系统高度自由化和私有化的特征，此类网络是否将由政府持有。有可能的是，

政府机关可以在特许权合同确立或者传输线扩建投标时行使其职能。考虑到与目前标准相关联，这将会使发展这类网络变得更容易。

在一些城市，开发输送管道是实现各远离需求的热源并网的关键。卑尔根（见案例分析 3.3）和奥斯陆两者皆有长距离输送管道，它们直接与垃圾焚烧炉相连。鹿特丹开发出一条长 27 公里的传输系统用以并网港口的余热（见案例分析 2.11）。同样在韦莱涅，从 779 兆

瓦产能的热电厂收集而来的余热供应了城市大部分密集的区域能源网络（涵盖 97% 居民需求），使城市供热价格保持极低。这个发电厂坐落于临近的一个城市，仅通过唯一的一条传输线相连，因为韦莱涅市持有公共事业设施（该发电厂包括在内）83% 的股份。

图 2.8 鞍山区域供热网络的节点发展



来源：丹佛斯，2014

案例 2.11

鹿特丹：投资传输管线捕获余热

鹿特丹市拥有两个负责公共设施的单位，鹿特丹 Warmtebedrijf 和 Eneco^{*}。鹿特丹 Warmtebedrijf 从海港范围向城市运输余热，Eneco 在城市北部输送热能。鹿特丹拥有欧洲范围内其中一个最大的工业海港，它在余热回收中蕴含巨大潜力。起初，全市征求私营企业实施方投资发展并网港口和城市区域供热网络的传输管网，但是这些实施者直到有足够需求和供应后也已经并网后才准备投资这条线路（Hawkey 和 Webb，2012）。

在 2010 年，鹿特丹决定投资 3800 万欧元（合 5090 美元）建立城市区域供热公司（即鹿特丹 Warmtebedrijf）用以开发一条长达 26 公里的传输管网。这条管网起初计划坐落于鹿特丹罗森堡（AVR）垃圾焚烧炉，与鹿特丹南部的 Nuon 供热网络以及北部的 Eneco 网络相连。为了给两个传输公司（Eneco 和 Nuon）提供足够规模的需求经济，鹿特丹得到几个大的房产合作社、建筑开发商以及能源公司的支持，通过它们来实现将 15 万户家庭入网的目标。除此以外，当地颁布了一项法令用以强制新型建筑的并网，以此减少北部和南部区域能源公司的风险。

在 2013 年，鹿特丹 Warmtebedrijf 公司完成了罗森堡焚烧厂和鹿特丹市之间并网，并且在 2014

年 Eneco 公司完成了焚烧炉和城市北部的并网。从海港收集而来的余热通过这个网络进行传输。通过两个设施的并网，鹿特丹现在拥有自己的“热能传输路线”，它确保了城市热供应的稳定性和弹性，实现向可持续能源的转型，同时也促成了城市与地区中区域能源管网的增长。

作为 Warmtebedrijf 公司的持股方，鹿特丹市政府提供股权以便公共设施能够自己为热传输系统融资。由于开发过程中对金融市场的严重干扰，这个市政府的贡献性举措就变得非常重要。通过为鹿特丹 Warmtebedrijf 公司提供股权，公用设施作为“公共机构”的角色被加强。城市与 Warmtebedrijf 公司的紧密关系以及对 Nuon 和 Eneco 的授权是能源网络发展成功的关键因素，也使得城市在未来的扩张变为可能。公共部门在网络并网项目预计达到的目标包括降低碳密度、改善当地空气质量、提升成本效益，并利用余热。

^{*}Eneco 为荷兰当局所有，鹿特丹市为最大股份持有者，达到了 32%。Warmtebedrijf 包含两个上市有限责任公司。鹿特丹市持有 Warmtebedrijf Infra N.V. 88% 的股份以及 Warmtebedrijf Exploitatie N.V. 50% 的股份。



● 2.4.3 垃圾焚烧定价调控

“即使该地两个提供余热的炼油厂明天就关闭，哥德堡的能源设备也有足够能力满足客户的供热需求。”——哥德堡能源代表，2014

发展新型废物化能、污水处理厂和垃圾填埋设施能够推动区域能源系统的创建，尤其在当地政府想要借此机会不浪费任何资源的时候。区域能源网也可以利用工业和数据中心的余热，以及利用液化气终端的废冷却能（见表格 1.1 中这些技术的利用和收益举例）。余热资源比余冷资源更丰富，它可以与吸收式制冷机结合进行供冷。然而许多城市在对垃圾焚烧发电的准确定价上面临着困难。

关于资费设定的政策建议将根据城市热能混合形态、市场的成熟度以及资费决策者的不同而有所不同。通常而言，对公共事业的所有权能够使城市制定城市热能价格的框架，这可以鼓励更多能源并入网络系统。热能资费需要考虑：

- 并网到废物能的费用以及运营成本（如维持热泵的电力；用以避免发电的成本）
- 网络中冗余设备的使用成本（如煤气锅炉或者电制冷机），以确保在余热无法保证供应时的供给
- 鼓励余热供应商连网的激励性政策（偏离它们的核心商业惯例）。

■ 并网成本：

将余热并网到区域能源系统中需要资本密集型的设备和余热供应商的基础设施对此的适应性。这也需要一些能源转换的设备和其他热交换器。如果热能直接并网后得到的热值过低时便需要热泵。这个固定费用应该反映在热能资费上，或者与承购水平一致，这个承购水平将有效抵消并网的固定成本。并网成本的回收期尤其重要，特别是在有效热能产量与普通商业惯例有显著偏离时，其他并网的风险也应尽可能为供应商降到最低。

■ 垃圾焚烧厂与热电联发电厂：

垃圾焚烧炉和热电厂可以有他们自己余热的价格，这个价格由非热能产生的电力机会成本来估算（通过对区域供热时电效会降低）。例如，若供热期间降低的发电效率为 14%，那么电价的机会成本将为 14%，这同样也造成热耗损成本。对于热电厂而言，在任何时期电力大规模销售都存在这种成本。而对于垃圾焚烧发电而言，电力收购价是固定而且低廉的，这也反映出一个事实，即垃圾焚烧炉的核心业务是垃圾燃烧而非发电。

热电厂或者垃圾焚烧厂的余热计价方法是假设热能供应商集中于电力生产的条件下。而事实并非如此，热能供应往往是输热并网不可缺少的一部分。在这种情况下，机会成本的计算方法也许并不合适，而且热能定价应该确保热供应有净现值盈余。这便需要对热电厂或垃圾焚烧炉典型的运作模式进行分析（如热负荷曲线），如此意味着热电联发电厂收到的平均价格将高于大规模销售的平均价（因为大规模销售价格寒冷天气以及热能需求上升的时候会更高）。

■ 无法保障热力供应：

一些余热的提供者无法保证热力的供应，尤其是无法保证长期供应。但其实是因为余热供应并非其核心业务，而核心业务的利润通常更大，同时更依赖外部因素（例如产品需求以及天气因素）。余热的提供商有能力预测他们需要输送的热量，但不能保障长期供应，这意味着网络内需要额外设备进行保证。

例如，从污水中提取热能并不能保证热能输送，因为污水是在给定温度下获得，污水处理公司对此无法控制。同样，例如来自钢铁厂来的工业余热可能无法提供长期保障，因为钢铁厂并不大可能为了确保有足够热能输入到区域热网而调整其既有运作模式。垃圾焚烧厂的首要任务是燃烧垃圾，它在热能最大供应量上也许有更大的灵活性，同时更愿意签订合同以保证供给。

这也是为何鹿特丹在与港口地区的工业谈判几年之后，可以成功仅依靠来自焚烧厂来的余热进行区域供热。通过热传输网，未来将会有更多供应商加入。因此，因为有其他选择，对长期保障的需求则可以下降。接入垃圾焚烧炉可视为第一步。余热产生的热供应无法保障供应即意味着该热量的售价较低，同时能源网需要额外支出以降低损失该余热的风险。

■ 下一代成本技术：

虽然余热源在热能供应的最大水平内是比较灵活的，但是他们经常以最大效率向系统输出尽可能多的热能。这是由于余热并网的“高初期投入，低运营成本”特性，也与它避免额外使用化石燃料有关。这个关于基本供应量的规定通常意味着，该技术如果不进行全负荷生产，就会变成一个低成本效益的技术。这个较为昂贵的技术可以为废热定价提供一个很好的标准；然而，其他繁杂的因素仍需考虑在内（见案例分析 2.12 哥德堡）。

区域能源网常常用为确保基本负荷，所以尽可能地运行。为了满足高峰时段系统负荷的需求，他们将使用灵活性更高的热源站，它常常使用高强度的化石燃料，同时与热储存设备相结合。例如，温哥华的 SEFG NEW 能源中心利用 3.2MW 的热泵从污水系统中收集废热，用以满足热能需求高峰值的 30%，但是它全年总计供应了 70% 的系统热能需求（见案例分析 3.1）。SEFC NEW 能源中心承担了并网和运营费用，大温哥华区政府认为这可以最大限度利用能源，因此余

热是免费供应的。

■ 与其他设备整合

优化区域能源系统以确保资源有效利用以及认识到它们的不同收益，这需要其他实施者参与，而他们在标准供热和供冷和终端用户模式的系统之外。寻求区域能源的城市明确非能源公共事业的协同作用（如废弃物管理或运输），同时将这些协同作用融入互惠互利的商业模式，一些城市已经从这种模式中受益（见案例分析 2.13 欧盟 CELSIUS 计划）。例如，卑尔根市区的集中化政策推动区域能源与城市新型轻轨网络相协调（见章节 2.1）。

相对于仅仅加入基础设施规划而言，这类协同作用能够走得更长远，也意味着有多方公共事业单位共同参与到发展商业案例中。鹿特丹历史上享用丰富天然气供应，并且拥有密集的天然气管网，它正在扩张区域能源来降低国内天然气产出、达成低碳目标和改善空气质量。这个城市希望发展出一个商业模式来明确区域能源系统与天然气传输网的协同作用，这可以合并抵消对天然气管道的投资。虽然它在实际情况中的操作仍不明确，但是这是向获取区域能源外部收益迈出的创新一步。

多伦多区域能源公司 Enwave 已对深水冷却系统进行开发，这对当地水务设施（多伦多水厂）而言是互惠互利的项目，它需要新建管道从安大略湖中取水作为冷源。Enwave 公司支付与多伦多饮用水系统的合网成本和取水费用，这使得该公司能够将热能传输到饮用水系统（见案例分析 3.5）。

历史上垃圾焚烧是减少垃圾填埋的唯一方法。但现今鉴于政府的垃圾管理计划（如东京）或者国家立法（如挪威），要求很多垃圾焚烧炉使用余热，这对区域供热系统尤为重要。垃圾焚烧与商业运营模式的结合涉及到以下方面，首先需提供足够产量以覆盖并网费用，其次是抵消其他从垃圾焚烧的核心商业模式中偏离的费用。将废物利用与供热或供冷设备相连可以为双方节省成本，减少废弃物管理成本以

及为城市提供能源。

因为污水有一定温度，因此区域能源系统中污水设备日益增多。大温哥华区运作着城市污水系统，它们寻求与区域能源企业合作利用污水热源，甚至愿意在不影响核心业务的情况下无偿使用（Carmichael, 2014）。奥斯陆、西雅图和东京均安装了污水收集系统。

当地电力设备能够从区域能源提供的分散式发电中获益。在卑尔根，面临产能困境和网络紧张的电力公司支持区域供热的发展，因为它可以降低加强产能和网络的成本，同时也提供了额外产值。当地区域供热工业联合会大部分由电力供应公司创建。伦敦、西雅图和东京也正在投资电力供应商与区域能源网的合并，对变电站和运输线的余热加以利用。在西雅图，电力供应商对加热水管道靠近输电线表示担忧，该市正在努力克服困难。

伦敦通过使用热电联发电站的电力来运行该市大部分的低电压地铁系统，但他们并不接受该热电联产的发电价格，伦敦市正面临其中的挑战（见案例分析 4.3 伦敦的执照精简案例）。在东京，如果热电联产开发者根据电力事业法被批准为“指定电力公司”，它们可以为指定地区提供电力，例如它们正在服务的区域供热和供冷地区，而且能够以零售价销售电力。东京和伦敦两个城市也在投资余热利用，该余热来自于各自区域供热中的地铁系统。



哥德堡

案例 2.12

哥德堡余热利用：
与西红柿价格成指数关系

二十世纪七十年代，哥德堡对炼油厂的余热估值进行过诸多讨论。各方在余热定价上无法达成一致，因为他们各自对价格持有不同看法。对于哥德堡市而言，他们认为余热无法在其他地方使用，所以应该低位定价。而炼油厂认为热能可用于种植西红柿，因此应该按照国际西红柿价格定价。艰难谈判过后，瑞典政府为达成交易，进行了相关讨论并为双方提供资金支持。

目前，哥德堡市为余热价格设定了单独的热采购协议，与边际价格相关。该市的余热定价参考两项主要原则：1) 热价估值应该考虑到区域供热中其他的可替代方式的成本（例如，若是天然气发电，那么余热估价应当与该供热价格相关；同理而言，当替代方式是热泵或者天然气锅炉时，余热估价则

应与它们相关）；2) 余热估价应当考虑到哥德堡市 Energi 自主供热的成本（如用下一步成本技术定价）。

余热定价因此可以大幅度波动，这也是为什么存在有最低价与最高价。在冬季，为了确认余热价格，哥德堡市 Energi 的供热价格为按小时计费。在夏季，当公司无自主产出时，价格则较低。虽然这个定价方法是由哥德堡市 Energi 与哥德堡炼油厂共同制定，但瑞典其他城市现今也采纳该方法。



● 2.4.4 城市的消费者角色

发展经济可行的区域能源项目最重要的因素在于能否找到有稳定热量需求的客户群体^{*}。通常情况是，新型区域能源方案往往较多涉及公共建筑物如学校、医院、休闲中心和市政建筑。许多公有或由公共管理的建筑 24 小时均处于使用状态，或者有着相对稳定热量需求量（也指固定载量）。这些建筑往往有足够空间配备能源中心，这是发展供热网络构想的奠基石。

市政府作为能源消费者可以为建筑物和其运营设定相应区域能源目标（见表格 2.2 举例）。同样重要的还包括正式与非正式的网络，以及例如公务员或官员与市政房产公司和其他合作住房协会的沟通（Summerton, 1992）。

克赖斯特彻奇市原先没有装备区域能源管网，公共设施作为地震重建的一部分，将会是城市中心新型区域能源系统的固定客户。公共机构一直是明确此类发展机会、进行可行性和挑选优先合作公司发展新系统的关键。

大伦敦市政府的区域能源策略认为公共部门有着至关重要的作用，体现在为最终私营单位准备其要接管的区域能源市场。该市为伦敦政府当局制定了领导及协调区域能源方案，它基于以下两个关键因素：

1) 尽管伦敦大部分土地为私有化，但是各区市县有权使用更多的住房用地、房地产和办公建筑，这些皆可全部作为提供基本负荷需求和纳税的基本负荷起点；2) 各区市县为了公众利益可以使用比私有企业更

便宜的贷款和承担更长期的风险。对市县和公有单位建筑专注于长期供热合同和网络扩张提供了最安全和最低风险的机会。

在美国，一些私营实体将从当地政府获得长期的服务合同作为债务担保（如 20 年期限的承购协议）。这体现了负荷不确定性的重要，在 2.2.4 节有特别说明。

^{*} 热量需求指的是在建筑或开发中为了维持客户期许舒适度所需的能量总量与流速。需求量是随着时间变化所消耗的能量之和，通常以每小时为一个时期，它常常也被定义成季节性峰值期，如隆冬的供热需求和酷暑的供冷需求。在住房层面，热量和冷量的需求并非整天或整年平均分配，它因业主的活动而有所不同。公共建筑与商业建筑常常有着更大和更稳定的需求载量，这些需求载量由能源计划表和高级能源管理系统驱动。

欧盟

案例 2.13

欧盟 CELSIUS 计划：补助金在建设新型经济模式的能力中的作用

通过 CELSIUS 项目补助方针，欧盟在欧洲各城市如哥德堡（伙伴领导）、科隆、热那亚、伦敦和鹿特丹牵头开拓创新商业模式和技术。这个方针的总体目标是在欧洲利用更多的余热来节省能源。这些商业模式与大范围实施者进行合作，而区域能源并不是这些实施者的核心业务。

在努力前沿的城市如哥德堡，将其 60% 的区域供热立足于垃圾 / 回收热能，涵盖从工业、垃圾焚烧以及污水处理中获取的热能；甚至船舶也与区域供热网相连。鹿特丹正在利用河水这类天然供冷的优势，也建立了“热力枢纽”。这个“热力枢纽”并非仅在余热源上，而是将智能储存热能合并到热网中。在伦敦，从变电站和地铁收集而来的余热被接入到城市的 Bunhill 能源中心。

来源：Celsius, 2014

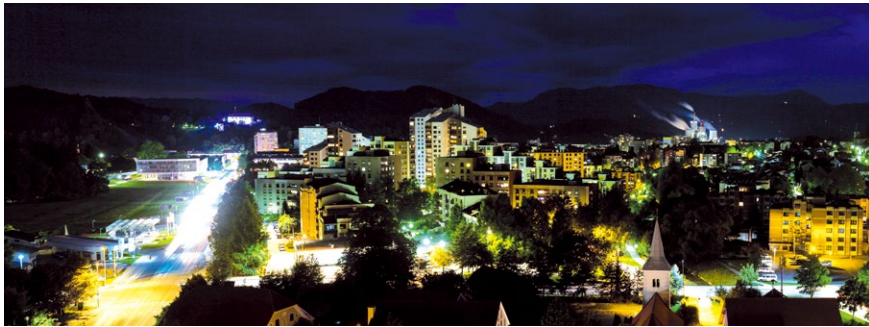


2.5 地方政府的协调者与倡议者角色

“在能源规划和市政能源工作中遇到的一个关键问题是，应该从哪里着手？答案是并不是能源系统本身，而是社区。”
——Fernando Carou, 多伦多, 2014

在2.1到2.3章节中可以看到，落实区域能源需要有高度的规划和协调能力，同样也需要大量的时间投入、专业知识和可用的当地政府资源。发展区域能源系统需要有坚定的拥护者和倡导者，致力于协调各机构和各种手续、开发客户群以及保证符合许可、审批和监管的要求，此外也需要人员监理总流程。在一些城市，当地公共事业单位也有助于设立关于区域能源系统的城市目标（见2.3节）。而在其他城市，这个倡导者可能是为了发展和实现区域能源愿景而设立的特殊机构。无论采取何种形式，地方政府在倡议和协调中都起到不可或缺的作用。

从表格 2.5 中可以一览城市作为倡议者的作用。能力建设对于提高公众和投资者意识而言非常重要，由此可预知风险降低、项目的银行可贴现性提高同时能够促进政策的有效落实。



斯洛文尼亚的韦灵厄已建立能源机构 KSENA 来推动能源概念的落实，这个能源概念包含现代区域能源。

表 2.5 当地政府作为协调者和倡议者所开展的政策活动

政策干预范围	政策行动描述
市场推动与能力建设 (章节 2.5.1)	■ 负责该工作的城市单位或者协调机制通过能力建设、培训、项目结构化、多方股东参与来推动银行担保项目的发展
意识提升及拓展 (章节 2.5.2)	■ 通过公共媒体和教育活动达到拓展目的；奖励；社区活动；网页；出版物；地理和空间能源；基础设施与排放映射；信息中心
政府其他层面对区域能源的倡议 (章节 2.5.3)	■ 在州以及联邦层面的政策和监管流程上推动区域能源系统发展，包括城市的多功能运作 游说上级政府给予政策支持和资金承诺，包括资金补助和税收政策

来源：摘抄自 Martinot, 2011 和 Sims, 2009

● 2.5.1 市场推动以及能力建设

协调与能力建设从计划到落实在区域能源发展的不同时期均有不同要求。计划系统常常需要为许多不同的所有者服务，区域能源系统是城市性的，并且涉及多方利益相关团体，除非有一个大型系统开发商，否则这个系统的经济效益将过为广泛，以至于无法激励单一利益主体对驱动加速流程的资源有所承诺。负责该工作的城市单位或者协调机制通过能力建设、培训、项目结构化和多方利益相关团体的参与来推动银行担保项目发展，这在发展和落实区域能源策略上是一个重要以及最佳的实践。

一个致力于区域能源的拥护者在城市地方议会和不同利益相关团体之间的协调非常有必要，他在项目搜寻和发现融资机会中也扮演着重要角色。一些城市的拥护者以公共设施、政府机构或者具体议员的形式出现。这些拥护者们有调控职能，或者他们可以是提供信息、培训、资金、筹集股东等的“市场推动者”。负责推动区域能源的政府部门或者机构常常具有这两项职能，罗列如下：

■ 利益相关者为愿景确立与落实做出相关协调和承诺：利益相关者对愿景、目标、流程和共享责任的接受度至关重要。能源规划中在设定目标和明确行动时，以及在该计划落实中建立所有权时，将利益相关者纳入考虑范围很重要。独立个体或者指定机构能够在建立区域能源愿景和承诺落实方面代表利益相关方。这也为城市在换位理解利益相关方时提供了空间，这有助于双方商讨共同目标和行动，同时当合股人看见合作带来的收益时，他们更愿履行承诺。

负责此项目的公务人员与理事会成员也需要在不同城市单位间进行协调来发展以社区为基础的能源系统，同时这些人员可以通过各项举措进行持续宣传，帮助传播这一愿景得到更广泛受众。

这些协调努力是必要的，它能够确保工作不重复。从技术角度出发，系统继续平稳运行；从财务角度而言，在规划和发展过程中的低效并不增加成本（例如，迪拜和卑尔根）。而仅仅规划与许可风险便能够占据项目 10–20% 的成本（如伦敦）。

■ 为政策、项目延伸和意识提高收集数据：城市必须为企业和消费者提供区域能源系统以及不同政策和商业模式的具体收益。这需要采集建筑物内现在和将来的能源需求、以及目前正在使用和潜在的冷热源数据（见章节 2.1），对此进行方案和可行性分析。设置方案制定的单位或者独立机构有助于协调利益相关方收集必要数据以支持分析。在阿姆斯特丹，让不同实施者参与到规划与场景建设中，是成功从利益相关方收集余热源数据和将分析数据应用到城市区域供热项目的关键因素（见案例分析 2.1）。此类以证据为基础的政策设定在克服未来政治转变时也同样重要（见案例分析 2.15 关于法兰克福）。

● 2.5.2 意识提升与拓展

在现有能源对话中，对多专业领域的需求需要有专业的利益代表或者市民参与，以便推动可持续城市发展和可替代能源发电。然而对此的讨论需要在能源范围外进行。对区域能源系统更广泛的理解能够通过若干措施或行动来实现，例如利用公众媒体和教育活动、奖项、社区活动、网络、出版物、空间能源、基础设施和排放建设、供热规划以及信息中心。区域能源项目流程的尽可能透明化能够使潜在的热能客户接受度更大，也能够使项目落实获得广泛政治共识。

提高对区域能源工作原理和对收益的认识是社会普遍存在的大型“隐形”解决方案，尤其在一些国家中，区域供热市场还未发展以及对该技术缺乏认知的情况下，意识的提高则尤其重要。城市伙伴关系、专业网络和社区机构是非常有必要的，将它们的合作倡导并入城市策略，借助它们可以合力展开区域能源系统的讨论。例如米兰已创造出市属运营的能源服务台以推动燃料转换、为能效改善和可再生资源提供技术以及资金信息，并且它们对消费者大力推销区域供热（见案例分析 2.16）。

与利益相关方进行持续沟通与对话（包括消费者、市民、国家地区或当地政策制定者、投资者、大学院校、建筑设计者等）是区域能源策略成功扩张和落实的重要因素。其目的是将推动系统过渡和城市可持续发展纳入主流。

森讷堡

案例 2.14

森讷堡：
落实零碳策略的公私伙伴关系

“我们已经认识到实现绿色区域供热系统转型可显著减少二氧化碳排放，因此我们的市议会承诺致力推行‘森讷堡气候远景目标’。我们还对‘零碳计划’项目表示感谢，他们成功地增进了市民在工作、学习以及家庭相关活动的积极参与。与此同时，我们还成功地创造了经济增长并增加了就业，这让我们很是欣喜。”

—Erik Lauritzen, 森讷堡市长, 2014

为了在 2029 年将森讷堡转型为零碳社区，当地利益代表方在 2007 建立了公私合营的“零碳计划项目”。对于城市而言，这是确保各关键利益方充分参与伙伴关系的一个途径，这些伙伴关系成员由地区公共事业公司（SydEnergi）、丹麦国家能源公司（DONG 能源）、丹佛斯基金会、Nordea 基金会和森讷堡市政府组成。

零碳项目公司支持城市与多方利益相关者协调、发展和落实能源策略。它创始了能效改进项目，支持既有能源基础设施向绿色可再生能源的转化，同时监测基于能源消耗基础的流程和生产数据。在 2009 年，为了实现宏伟目标，零碳项目与城市共同发起合资专家计划。这个计划展示了到 2029 年，能效解决方案和社区贡献将如何使能源消耗减少大约 40%，其中部分通过转换到碳中和区域供热源实现。

项目的第一步便是通过用可再生能源代替天然气并且结合现有建筑的节能改造，使现有区域供热系统绿色化。为了实现该目标，零碳计划项目已经开发出若干成功项目，鼓励利益相关方的加入，并且提供相关培训项目。若利益代表方采取策略，第一年即可实现排放量降低 10% 以上，则授予其为“零碳”公司称号。

LINAK 是电动线性驱动器系统的全球生产商，他们通过参与能效活动，减少了供热能源消耗 30%、电力消耗减少了 20%。大型太阳能光伏发电系统结合绿色区域供热和当地的涡轮风力发电，该公司最终将实现二氧化碳中和排放。

零碳计划很大程度上展示了能源领域顾问可以激励市民对住房的能源改造。这样的顾问已经在森讷堡地区访问了 1200 户家庭，65% 的家庭在受访后投资改造。该改造结合零碳计划项目已经创造了 700 个新的当地就业机会。



森讷堡太阳能热电厂（左）和热电联发电厂（右）



案例 2.15

法兰克福的能源机构和 热电联发电厂的扩张

“我们在 1990 年建立了全新的构造，以实现这些政策目标。政府能源政策是一个全新的概念，但我们做到了。”

——Werner Neumann, 法兰克福能源机构, 2013

法兰克福设立了一个专职的能源机构，它为公平交易和独立咨询服务提供了一个平台：实现系统性地寻找潜在顾客，为热电联厂以及区域能源寻求合适的地点、推动当地公共事业机构和其他关键利益方进行定期交流、为新城市开发计划提供关于替代能源的案例分析、提供免费咨询服务和售后服务。这些全部活动被认为是引带领区域能源走向成功之路，区域能源是城市气候保护政策当中的一部分（Fay, 2012）。

例如，可行性研究得出的结果往往是设立新型热电厂或者与现有区域供热并网。法兰克福意识到热电厂的高效率，使其在减少温室气体排放方面蕴含极大潜力。因为对此其政治共识，尽管在过去三十年政府政策有所改变，但不变的是与区域能源相关的政策。



法兰克福西北城区的垃圾焚烧发电厂，每年焚烧量为 52.5 万吨。

● 2.5.3 在其他政府层面倡导 区域能源

城市能够参与到推动区域能源前进更广泛的策略制定中，无论是在政府的更高层面，抑或是与其他直辖市，还是与公共事业或者不同的监管机构合作。虽然国家的政策和调控能够帮助推动区域能源市场（见第四章），但城市在宣传、展示和为政策制定提供意见方面的作用至关重要。这些政策包含：

- 对建筑能源表现的监测以及公开要求
- 支持区域能源的互连方法和标准
- 对区域能源系统的发电进行激励（如热电联发电厂），对比反映出当地分散能源发电的收益

- 为热电联发电厂并入电网制定清晰、一致的规则
- 具有销售保障的热电厂（如输入电网的优先权）
- 许可豁免（运营商能够无发电执照发电，这可以减低成本）
- 允许分散发电站输出净计供热和冷量
- 为供热和供冷制定上网电价补贴政策（或同等的政策）

在阿姆斯特丹和鹿特丹，能源公司的自由化和扩张使得地方政府在能源相关问题的影响有所弱化。结果是，国家层面的宣传和与能源提供商以及网络公司合作，这本身在影响国家政策上是很有必要的，而这些变动恰能推动能源转型。这

个做法使得阿姆斯特丹成功推进了净计量政策，它允许分散式发电站也能够为区域能源网络供热。奥斯陆目前正在建筑物中推行国家零化石燃料消耗的政策，以此推动该市的绿色化进程发展，同时支持了区域能源管网的扩张。

米兰

案例 2.16

米兰的能源“咨询台”
和区域能源改造项目

在米兰，很多现有建筑已经有中央供热系统。在这种情况下，无需大型基础设施改造，只需要将原有的锅炉改造为热交换器然后并入网络，即可完成向区域能源的转型。当现有系统使用的是柴油锅炉时，这种改造的成本效益较好并且投资回收期较短的（4–5 年）。之前需要能源补贴的区域，在推广过转型后，不再需要财政支持。能源供应商可通过合同管理模式提供设备改进。然而，沟通是获得这些共识的关键，建筑业主需要通过学习来认识到使用区域能源的好处。市政府通过特别设立能源“咨询台”，来让公众了解到从柴油锅炉转型为区域能源可以改善空气质量，是城市的优先发展目标。能源“咨询台”由市政府运营，向终端用户及市民提供能源相关的信息服务。能源专家们根据排班表，在政府办公室等待捷达问题或针对区域能源、能源效率和可再生能源等问题的干预手段、激励措施和财政支持等政策工具提供咨询。2014 年 9 月又有一

个新的中心办公室成立，通过详尽地介绍区域能源在环境保护方面的优势来进行推广。



第三章

区域能源的商业模式： 从公共到私营的连续统一体



为了承办2010年冬奥会，
温哥华市政府建设了一个可以收
集污水余热的区域能源系统。该项目
的融资结构证明了在温哥华发展区域能
源的商业可行性，并且鼓励了私营部门
参与到该城市的区域能源发展中。

03

关键信息：

- 大多数的区域能源经营模式：这一模式都或多或少的牵涉了公共部门，在很多实例中公共部门有部分或完全的项目所有权，其参与的程度部分是由当地公共部门对引导项目实现当地目标的愿望强弱程度而决定。
- 无论从技术角度还是融资角度考虑，运营模式的复制性和延伸性对于促进社区、城市和国家层面区域能源发展都是非常关键的。
- “完全公有”的商业模式：这种模式在全球范围最为常见。公共部门作为地方政府或公共设施管理者，对区域能源系统拥有完全所有权，因此对项目能够完全管控，使项目能够实现广义社会性目标成为可能。例如 45 个区域能源示范城市借助并网税费，实现环境效益并缓解燃油短缺问题；其中 18 个城市采用了“完全公有”作为发展区域能源的主要模式。
- “公私混合”的商业模式：这种模式经营的项目以一定的回报率吸引私营部门的参与；而政府部门仍然愿意对项目进行投资并保持一定程度的管控。在 45 个示范城市中，22 个城市已经建立或正在发展“公私混合所有”的区域能源经营模式，该模式包括：
 - 公共和私营部门通过合资创办一个区域能源公司，或分别投资能源系统中不同的资产（比如分别投资产热 / 产冷部分和传输分配部分）；
 - 授予特许经营权模式。公共部门参与项目设计和开发阶段，而私营部门负责后续项目具体开发、投资和运营。一般情况下，市政府还可以选择将项目所有权赎回；
 - 市政府可以在社区所有的非盈利组织或合作社基础上建立一个市政府和社区共同所有区域能源系统（平台）。在这种模式下，当地政府在早起开发阶段承担很大的风险，或为项目提供资金担保。
- “完全私营”的商业模式：发展中在回报率较高并且对政府部门支持需求较少的地区更为常见。这是一种完全私营管理的特殊目的机构，可能具有政府担保用户量、提供补贴或其他激励机制的优势。在 45 个示范城市中，有 5 个城市以这一模式管理区域能源系统，其他城市亦有小型项目为完全私营模式。
- 适合发展中国家的模式：刚开始开发区域能源系统的发展中国家因其能源市场自由化程度通常不高，通常其区域能源的经营模式有很强的公有制成分，一般不能通过市场机制实现市政、地区和国家的效益。例如，如果政府所有的电力设施能够采取积极有利的行动应用区域供冷系统，这将有效的减少高峰负荷和耗电总量。

本章内容：

3.1 引言

3.2 “完全公有”的商业模式

3.3 “公私混合”的商业模式

3.4 “完全私有”的商业模式

3.5 通过创新实践拓展商业模式

3.1 引言

区域能源系统的经营模式因项目具体情况不同而迥异，但都需要保证所有的参与者（包括投资方、业主、运营方、公共设施供应方、终端用户和市政府）都能得到资金回报外，还能获得更广泛的经济效益。



图为阿联酋迪拜正在铺设城市供冷管道

本章为项目开发者针对不同投资环境下潜在的经营模式和金融架构提供了深入的见解。通过列举世界各地的创新方法，可以帮助规划者就如何发展和投资区域能源系统做出更明智的决定。通过对上述创新方法进行分类，可以帮助规划者找到能应用于自己城市和特定情况的相似方法。本章概括了在一些独立项目以及城市项目的运营模式（关于45个示范城市经营模式的详细讨论，请查看官网上的完整版案例研究）。

本章内容基于1.5节“税收和成本”以及2.4.1节“城市的能源服务提供者角色”的内容而展开讨论。

● 3.1.1 经营模式的种类

在设计一个全新的区域能源系统时，根据其特有情况因地制宜地进行规划十分重要，如项目的可用资金等。大多数区域能源经营模式都会或多或少涉及到公共部门，比如当地的政策制定者、规划部门、监督部门或消费者；或者公共部门拥有部分或全部的项目所有权（参见第2节）。公共部门的参与对城市层面的项目协调十分重要。甚至一些私有化程度很高的项目也经常需要得到公共部门的帮助和支持。

尽管本章描述的这些经营模式和所有权结构存在很大程度上的差异，却都可被视为从公共到私营的连续统一体。公共和私营部门的参与一般受两个因素影响：1) 项目投资方的投资回报；2) 公共部门的调控程度和风险承受度。

项目投资方的投资回报（ROI）

投资回报率（ROI）是一项重要金融指标，其取决于项目的内部收益率（IRR）和加权平均资本成本（WACC）。内部收益率需要因地制宜，最初由项目出资方发起。项目资助方可以是私营的区域能源公司或私营机构；或者是当地的政府机关或公共设施管理部门。内部收益率依据项目的花费和收益，加权平均资本成本依据项目的风险和现在及将来的主办方，同时还依据项目财务架构的负债和产权比率。通常，私营部门投资商会首先关注某个项目的金融内部收益率；同时，公共部门中（当地政府机关或公共设施管理部门）会将对于项目标准财务以外的社会经济成本和收益纳入考量。

表 3.1 根据金融投资回报和公共部门的控制和风险承担度,对本报告中提到的几个运营模式进行分类。

为区域能源项目进行财务分配的过程中,需要另外考虑到两个因素:

■ 产生收入前必须先建成项目,这称为投资 / 收入时间差。从热电厂向外延伸修建管网,将任何基本负荷作为重点以缩短时间差。

■ 项目将会分阶段进行,使得资金也需分阶段投入。由于投资产生收益往往滞后,因此要在商业模式中保证足够的准备金以应对投资波动并避免现金流(断链)的问题。准备金还需将相对于运营收入的偿还债务问题纳入考量,以保证实现项目债务服务的相关要求。

政府部门的控制和风险承受度

政府部门希望引导区域能源项目以实现不同的社会目标(参见第 1.2 节),包括:为来自政府、社会和市民等用户提供低价的本地能源(例如减少燃料短缺);为当地创造就业机会;保持当地财产;以低碳模式发电;或减少当地大气污染。通过经济模式将这些目标数据化,将有可能实现将附加投资回报纳入标准财务模式中。

从全程开发、所有制、运营(参见 2.4 节)到专注项目协调、当地规划和政策等不同角度,政府部门对项目的控制程度通常存在较大差异,(参见 2.2 节)。政府部门也希望通过发展示范项目为区域能源项目展示不同经营模式(参见 2.3.3 节)。一些国家和城市更倾向于由政府部门提供能源服务,而其他国家或城市则更倾向于私营部门的参与。私营部门参与能源供应的程度还会影响运营模式。

政府部门在项目开发中的作用极其重要,主要因为:

- 政府能够为项目提供财政支持,例如提供申请奖金或相关资金的申请渠道(参见第 2.3 节);
- 政府可被视为稳定的(能源服务)大客户,以包销协议方式进行合作(参见第 2.4 节);
- 政府有实现社会和环境目标等长期的重点规划的意愿,以及协调在区域能源中各利益相关方的能力。

表 3.1 区域能源系统的经营模式分类

投资回报	政府部门承担和控制风险的程度	经营模式类别	例子
● 低	↑ 高	政府管理	■ 满足社会目标, 如与住房和燃料短缺有关的区域能源
● 中 / 低	↑ 高	政府管理	■ 政府部门展示区域能源系统的运营模式 ■ 政府部门开发能够增加现金流的项目 ■ 公共部门通过减免能源关税降低内部收益率
● 中 / 高	→ 中	政府 - 私营部门共同管理	■ 公共 - 私营合资企业 ■ 特许经营合同 ■ 社区所有的非盈利机构
● 高	↘ 中 / 低	(在政府支持下的) 私营模式	■ 通过战略合作伙伴关系得到当地政府支持的私营部门管理的项目

3.2 “完全公共”的商业模式

在各种不同区域能源系统所有制种类中，完全由公共部门掌控的经营模式是全球最为普遍的一种模式。作为地方权力机关或公共设施管理部门，在这种经营模式，区域能源系统由公共部门完全所有。政府部门完全控制项目，并能实现更为广泛的社会目标，例如环境效益，通过控制入网税费减少燃料短缺等。公共部门可以基于自身经济回报，评估潜在项目成果以实现上述目标。

“完全公共”的项目一般由隶属于当地政府的下属机构进行开发和运营（例如现有的或新建的公共设施管理部门）；或者由当地政府的内部部门进行管理，其资金来源于政府自身预算。现有的城市公共设施可在开发区域能源中扮演重要作用；并且通常作为独立部门来分辨其核心运营实践中的不同之处。

在奥斯陆市和卑尔根市（参见案例 3.3），垃圾焚化厂属于公共设施部门，但与区域能源公司分别管理；在温哥华（参见案例 3.1）废水处理厂也与区域能源公司相独立。若日后该系统被民营企业并购，那么这种独立是非常重要的。“完全公共”的项目模式在发达型城市和重建型城市中十分普遍，反映了政府对热能供应系统进行管理的意愿。

本节主要关注现存的公共设备在项目层面的投资，同时还关注在城市扩张（区域能源占 15–50% 市场份额）过程中和新建城市（区域能源占 0–15% 市场份额）的过程中新开发的公共设施。这种完全政府管理的项目模式可以成为一个城市中的区域能源系统经营管理的范例（参见温哥华案例 3.1）。

风险和管理：城市要为“完全公共”的模式承担大部分投资风险。在城市扩张或新建城市中，如果一个项目的内部收益率很低（2–6% 之间），可以由当地政府的内部机关对项目进行开发和运营，以减少行政花费（参加伦敦案例 3.2）。发达型城市通过公共事业部门开发项目，其他有内部收益率较高的项目将会受影响，收益率变低。

城市扩张或新建城市中拥有高内部收益率的项目均通过特殊目的机构（SPV）或下属部门（如新的公共事业机构）开发项目，以减少当地政府机关的行政压力，会有一批由当地政府机关的工作人员组成的委员会监督管理过程。职能转移至下属部门还能够提供其他好处，例如倘若项目失败，可以控制城市的财务负债、增加灵活性和决策速度、信息更加透明和更加商业化的运营模式。地方政府机关可以外包项目的技术设计和建设（有时还包括运营）来降低项目实施成本和时间框架方面的风险。

在一些城市，如卑尔根（参见案例 3.3），其区域供热系统设施隶属于相邻的几个市政府，这反映出区域能源有能力通过传输管网为几个城市提供热力。

因为城市通常对区域能源的小组有较大控制权（尤其是任何能够向联网的负荷）能源需求通常有较低风险（参见 2.4.2 节）。此外，

相关联的消费者之间可能在私营部门中不会被优先考虑，比如那些关联程度较低的消费者和居住在社会住房的消费者（例如法国布雷斯特）。当地权力机关会通过向特定消费群体收取标准费用的方式获得税收，比如居民消费者，以实现公平计费（或者说，在能源网络中依据联系和住宅地点收取的费用）。该方式同样鼓励了系统的扩张：因为能源网络的费用由所有使用者均摊，因此并网越多总体成本便越低。

资金来源：一个内部收益率较低的区域能源项目要和当地政府机关正准备考虑的其他项目进行竞争。区域能源系统在某种程度上有助于实现城市的战略目标，例如降低碳排放、提高恢复力和能源安全、提供付得起的供热。这些项目往往需要考虑城市的现金储备和基于当地政府财务状况表的公共债务。公共债务的较低税率是许多拥护区域能源系统的人争论的焦点，他们认为城市可以（且应该）像这样进行投资（参见 2.3 节）；同时也是诸多区域能源模式为当地所有的原因。

例如，350 万英镑（约合 560 万美元）伦敦的威斯敏斯特和皮姆利科公共供热网络（参见表 2.4）之间的并网（Arup, 2014）旨在通过合并网络提高效率，这种通过公共部门的支持（内部收益率达 16.6%）远比私营部门的财政支持（内部收益率达 9.24%）便宜。在

温哥华

案例 3.1

温哥华 SEFCNEU 项目：
完全由政府运营的项目

温哥华创造并拥有东南福溪可持续社区能源公共设施 (SEFC NEU) 的全部股权。该设施负责开发、拥有并运营一家以多种可再生能源为基础的城市供热网络。目前该网络从一家污水泵厂吸收余热，该污水泵厂曾经迁址并扩大规模，现在与 NEU 能源中心同在一处。然而，其设计理念是从未来新建废热并网和可再生能源中吸收热能。

温哥华出于几种原因选择开发城市供热系统，紧张的开发计划（为 2010 年冬奥会做准备）意味着没有时间和精力进行选拔私营部门和批准外包手续。而温哥华市政府同时也想展示供热的最新模式，通过开发示范项目证明自己的运营能力。此外，温哥华市还能保证足够的拨款和低成本融资。

该系统于 2010 年正式运营，运营前仅进行了 5 年的可行应研究。温哥华控制 17% 的最初系统负荷（25% 的最初建筑面积）。作为邻里开发项目的一部分，温哥华可以贯彻服务性质的地方法规以保证其余的负荷之间的并网（参见 2.2.4 节）。约有 90% 的供热面积属居民区（约为 1.6 万人供电），此外还包括商业和公共设施。由于供热网络隶属于公共部门，并网成本和能源税收均需透明公开，城市居民进行了解税收和存款情况（例如，是否有必要建造或保留锅炉，以及现场情况）这一做法鼓励了新并网项目的产生，包括私企开发商，这些人一般对建造高风险的供热系统较为谨慎，且无法管控供热生产。

项目在 2010 年共花费 3200 万加元（约合 3100 万美元），全部由公共设施管理运营商支付。该公共项目资金完全依赖于温哥华市政府可靠的

信誉贷款而得；而项目的贷款占全部资金的 60%，而另 40% 由股权组成。这种做法是为了向私营部门展现在不影响客户并网费用情况下的商业化运作可行性，和城市管理的灵活性。60:40 这一比例依据的是由不列颠哥伦比亚省制定的公私合营公共设施资金比例结构。

城市融资所得款项包括：市政内部基金，即资本融资基金 (Capital Financing Fund) 提供的 1750 万加元（约合 1700 万美元），其利率为 5%；1020 万加元（约合 990 万美元）贷款，由于来源于加拿大政府联邦汽油税基金，因此利率较低。1.7% 利率的 500 万加元（约合 490 万美元），来自加拿大联邦绿色城市基金。回报允许的股权为 10%，这一数字反应出 8.47% 的投资回报底线。当初由不列颠哥伦比亚省公共事业委员会为防止低风险制定的基准。此外 NEU 还设定了 1.53% 的风险溢价，包含了建造、运营、融资和税收风险 (Seidman 和 Pierson, 2013)。

自 SEFC 城市供热网络作为示范项目开发以来，另外一家城市供热网络，河流域能源也开始在私营部门的管理下开始了运营。拥有两个蒸汽系统的经营者目前也正考虑将天然气换成可再生能源。

图：SEFCNEU 能源中心



这两个案例中，预期的现金流是相同的，不同之处在于如果能够得到公共部门的支持，那么风险和财政开销均更少。

有更高内部收益率且作为特设机构开发的公共项目可以偿付某些商业或混合债务，为当地政府减轻风险负担。亦或，完全或部分由公共部门资助的项目，其债务利率是虚高的，而这种虚高的利率与商业负债率近似。而这类项目的投资回报率与私营部门的股权投资回报率相似（参见温哥华案例 3.1）。在这种金融框架之下，项目可以代表区域能源系统的商业发展能力同时还会从当地政府的参与中获益。

管控：由于当地政府部门或公共事业部门对区域能源项目有完全控制和所有权，所以所有的收益都为政府所有。而获得的益处可以用于对项目的再投资（例如减少能源

税收），还可以用于资助其他项目。一旦项目建成，成本和收益则已确定，项目会在投资级别之上产生资产价值。这为当地政府提供了几种继续开发的方式：

■ 继续运作项目，当地政府可通过控制能源税收，利用返还利润资助其他项目。

■ 若项目起初以特设机构或附属产品的性质建立，则很容易将项目转让给私营部门，对项目资产进行重组（合并或分割），项目的管理权也将转交（至不同程度）到私营部门。这种做法，当地政府能够为其他项目筹集资金，这也是循环基金的运作原理（参见 2.3.1 节）。让社会资本部门对项目进行部分管理（也就是变为公私伙伴关系）或许会产生更大回报，因为私营部门的从业者能够为公共部门带来不同的经验，帮助企业扩张（参见马来

西亚赛城案例 3.9）。2011 年，波兰华沙将其公共城市供热系统的 85% 转让，为管网进行必要的升级筹集了资金（参见 2.3.2 节）。

■ 若项目起初并不是以特设机构的性质建立，则当地政府能建立一家有限公司，将项目的资金所有权转移到公司名下，该资金随后能部分或全部转让给私营部门。

■ 最后一种方式是，企业隶属于一家社区。这种情况下股份可以转至社区名下。或者，社区可建立一家不以盈利为目的的有限公司为担保，以会员形式代替股份形式。



伦敦

案例 3.2

伦敦邦希田园供热和发电厂： 完全政府资助的项目

在伊斯灵顿伦敦区进行了一系列供热建设筹划实践后，地方议会决定优先开发一组供热，其中包括 5 个由当地议会所有的房地产业，包括公共供热系统和两个休闲中心（还有游泳池）。城市供热网络使用 1.9 兆瓦电的热电厂其热能储备可为 850 家公寓和两个休闲中心提供服务。待开发的第二阶段将使用城市地铁线和私营部门所有的电力转换站的废热（Islington Council, 2013）。

伊斯灵顿议会考虑把项目与一个附近现存的供热管网并网，但由于该网络供热税收较高，议会不能满足自身的可支付供热目标。取而代之的，议会从内部开发了一个更加便宜的项目（便宜 55%），但议会将网络的设计、建设、运营给了外部承包商。

项目的第一阶段完全由议会弹性预算中提取

的现金支持，因为人们认为项目产生的任何债务可能会提高在可支付供热目标之外的供热税收。第一阶段以保证金形式获益达 420 万英镑（约合 670 万美元），伦敦发展署（现已解散）和家庭社区机构提供了这些资金。第二阶段由议会给予现金方面的支持（270 万英镑，约合 430 万美元），同时还有来自欧洲 CELSIUS 项目的保证金（100 万英镑，约合 160 万美元）（Islington Council, 2014）。这些保证金为实施项目起到了至关重要的作用，保证了实施可支付供热项目的税收水平。



卑尔根

案例 3.3

卑尔根 BKK VARME：
完全公共的经营模式

在 2003 年，一个特设机构 BKK Varmer AS 开始管理并运营卑尔根的市政供热网络。一份为期 35 年的合同规定，该系统要接收由垃圾焚烧炉产生的余热，并通过一个 12 公里长的管道将余热输送至供热管网，供应城市系统中所需的大部分热量。焚化炉产生电力和热量，但可以将传输到网络的能量最大化。焚化炉燃烧在卑尔根产生的垃圾，而非因为冬天的用热量会更高就将夏天的垃圾存储到冬天供焚烧炉使用（奥斯陆也如此）。

尽管 BKK Varmer AS 是一个高效率的公共设备，当地政府在管理与运营中的参与甚少。BKK 有两个所有者，分别是位于卑尔根的 BKK AS 电厂和拥有 BIR Afvallsenergi 的垃圾处理厂 BIR AS。BKK AS 和 BIR AS 均隶属于当地政府，但当地政府并不利用其股权干预实施当地政策目标。然而，卑尔根当地政府将气候行动计划中包括了城市供热目标，并刺激优先实施城市供热。

当地政府指导 BIRAS 以 80% 的利用率使用焚化炉产生的热量，这一数字比挪威法律规定的 50% 要高。这两种方法都需要除电力之外的热量。在接触了几家工业伙伴后，这种供热方法都失败了，于是 BIRAS 找到了 BKKAS 以寻求城市供热的创新方法。80% 的供热效率在城市供热发展中至关重要。

当地政府为 BKK Varmer AS 提供了保证金，保证其与新建筑网络的并网。BKK Varmer AS 获得了两项保证金许可，在卑尔根的两个城镇进行以废木为原料中生产热量。

卑尔根 25%–30% 的并网都与一家坐落在煤气锅炉的后面医院有关。尽管在运营模式中，基本负荷很重要，但并非核心重要的因素。BKK Varmer AS 专注于水暖供热系统的建筑相连（以油加热的系统靠电力驱动），因为这种方法要比以电力为基础的设备更加容易并网。由于后备电力和新建筑使用减少，供热网络的成本也随之减少。虽然最初从这种模式中盈利是政府的意向，但现在看来是非常艰难的。

卑尔根供热开发的最初阶段包括建造从焚化炉到城市的管道，一个容量为 1000 亿瓦，造价为 6–7 亿克朗（约合 8.4–9.8 千万美元）。该管道可以获得政府的 1.2 亿克朗（约合 170 万美元）保证金或花销 2% 的补助。自 BKK Varmer AS 项目开始后，挪威政府通过公共公司提供 20% 的保证金。到 2025 年，Enova 和 BKK Varmer AS 将向城市供热和供冷系统投资 2 亿克朗（约合 3200 千万美元）（Hawkey 和 Webb，2012）。



案例 3.4

布雷斯特可再生供热： 完全公共的经营模式

布雷斯特市和周边的小城市被称为大布雷斯特地区，自 1988 年起，该地区就在一个废弃的焚化炉周围建起了一个城市供热网络，拥有 130 吉瓦的供热能力，可覆盖 2 万户家庭，每年还能产生 20 吉瓦的电能。这种靠废弃物建立起的工厂为布雷斯特市 25 公里长的供热网络提供 85% 的服务，通过取代化石能源，该工厂每年减排 2 万吨 CO₂。由于该地区 50% 的供热都来源于可再生能源，该系统在增值税方面享有 5.5% 的优惠（通常增值税为 20%）。这一优惠税率也是巴黎城市供热公司（CPCU）想要达到的目标（参见案例 2.10）。

公司计划于 2017 年将管网规模增加一倍，增至 45 公里，再增加额外的可再生能源供应，如海水加热泵和生物质锅炉，可在高峰时段提供 5 兆瓦的热量储备，每年可以保证 2.4 吉瓦的热量。这一增长需要向供热网络投资了 2900 万英镑（约合 3600 万美元）；布雷斯特 2000 万英镑（约合 2500 万美元）分 25 年偿还，另外还有 900 万英镑（约

合 1100 万美元）的保证金（参见 2.3.1 节）。

供热系统和所有生产厂归大布雷斯特地区所有，征税的目的在于促进城市供热和并网各家各户。整个系统由 DNF 公司所有，其 49% 的股份属于布雷斯特的一家名为 Sotraval 的分公司；51% 的股份属于一家名为 Dalkia 的跨国能源服务公司。Dalkia 为运营区域能源系统提供技术支持，同时还为大布雷斯特地区将来在系统方面的投资给出建议。通过这种方式，当地政府才能控制系统（运营）并保证未来发展，同时还通过向一位经验丰富的商业伙伴咨询以保障今后拓张管网的收益。

供热网络的最初阶段由 Dalkia 提供资金支持，后来的延扩展阶段由布雷斯特市支持。因为之前和 Dalkia 和城市之间签署的合同并未要求需要为 Dalkia 提供的任何资金支持收取额外费用。

3.3 “公私混合”的商业模式

如果一个城市供热系统的技术可行性分析和资金模式均表明对该项目的投资会产生回报，这将吸引私营部门参与的兴趣，或将有机会因此建立公私合营模式。这种情况下，当地政府愿意分担一定风险，并有意愿负责管理；同时当地政府还期待私营部门的参与能提供专业知识和社会资本。这类项目的挑战是保证所有参与方都对设立的目标和如何实现该目标有一个清晰、一致的理解。

在这种混合模式下，地方政府在选择经营模式时有更多的余地。这里讨论的三种方法分别是：公共和私营合资企业，特许经营合同和社区非盈利合作社。

● 3.3.1 公共和私营合资企业

合资企业模式通常设立一个特殊目的机构（SPV），所有权在公共部门和私营部门间分配。

风险和管理：所有权在公共部

门和私营部门中分配，合作伙伴之间可以分担风险，且双方都有应对风险的不同专长。公共部门（即当地政府）能为风险进行担保，保证履行长期供热或供冷承购合同，并能够应对项目开发中遇到的其他常

见问题。而私营部门负担设计、建造、运营方面的风险，将该风险从纳税人转移到私营股权持有人身上。私营部门可以从系统并网中获利，只要项目有保障且能享受优惠价格。

在资产合伙的模式中，比如在迪拜的 Empower 公司（参见案例 3.6），不同参与方通过某个公司或部门将各自优势结合起来。在财产分割模式中，这些优势将分别在区域能源系统服务的不同功能中得以体现，比如公共部门负责垃圾焚烧和（电力）传输（参见案例 3.7 鞍山和 2.11 鹿特丹）；而热电厂的生产则由私营部门负责（参见案例 4.4 耶烈万）。合同将决定各股东之间的承购和收入分配。

资金来源：在这种模式下，私营和公共部门均提供股权融资。债务依据项目将来的现金流动，可以由任意一方承担。公共部门（的参与）意味着其他可能的财政来源，比如政府拨款、地方政府发行的债券和开发银行贷款等。地方政府还可以将土地作为股权提供给合资企业，作为筹得资金的抵押物。此外，当地市政府还可以通过制定特殊的税收刺激计划，作为资金的来源。在资产分割时，每家单位都要为他们掌管的区域能源系统筹资。

管控：在资金合伙的模式中，由各项目伙伴指定的董事会进行管理。董事会的组成反映了所有权的分配以及公私模式。已有的策略有两种，一是要么维持现状，将伙伴或其他私营部门的利息卖掉（参见案例 3.5 多伦多）；另一种策略则是买断合作伙伴使区域能源项目完全为市政府所有。

● 3.3.2 特许经营合同

若与私营部门缔结特许经营合同的模式开发区域能源，政府部门通常需要对区域能源项目开展可行性分析研究，在一定条件下授予私营部门特许经营权（通常是能源服务公司或能源技术服务业），并对项目进行运营管理（参见案例 3.8 伦敦奥林匹克公园）。通过公私部门的特许经营合同开展的项目形式都相差不多，一般均会成立一个全新的公私合营机构（参见案例 3.9 赛城）。例如，迪拜的 Empower 公司通过由阿联酋皇室颁布的法令得以建立，并特许 25 年的经营权，市政府可购买其 30% 的股份（参见案例 3.6）。此后该公司需在指定时间内行使开发区域能源的特权。

这种特许经营模式尤其适用于乡镇和城市的改造项目，其中居民住宅区、机构单位和商业建筑的管网可在公共街道区域相互并联。在特许授权期过后，市政府可将特许经营权从企业手中赎回，并对区域能源系统自行进行管理。

风险与管理：在这种模式下，能源技术服务业或有许可的部门（公共或私营）全权承担设计、建造、运营区域能源系统过程中的风险。当地政府作为经营许可的设计者，可有效地减少与项目批准过程中可能的风险。因为地方潜在的市场竞争，同时为了避免能源分配垄断，能源技术服务企业或将在并网费的制定方面受到限制。

最终，通过合同或融资等方式，地方政府仍将对区域能源系统拥有所有权，因此政府需承担很大一部分风险。此外，能源技术服务企业可能通过要求保证收益而将风险转移到政府部门身上（通过某些转移政策实现）。例如，新西兰 Christchurch 市的一个新开发的区域能源项目，虽然公共部门可以提供基本负荷，但项目的设计、运营和筹资还是由私营部门负责。当地政府正在进行可行性研究并发展私营伙伴来实施该项目。

资金来源：节能服务企业在规模上各不相同，所以区域能源系统的资金支持也将种类繁多。大型的服务公司资金充沛，能通过内部资金支持项目，而非以每个项目借款（贷款）。大型节能服务公司可独立评估项目，并以单个区域能源系统为盈利单位。然而，他们也要依据公司的资产负债表为系统的发展进行资金筹集（Seidman 和 Pierson, 2013）。如果是公私伙伴模式，那么市政府则可以提供土地，以加速发展并可能减少当地政府能源并网费用。

管控：当地政府在许可期内的管理权限有限，在每期项目的末期，政府可以通过并购重新赎回项目资产。政府通常可选择的公共设施资产的去向有：政府回购、企业回购或重新授权特殊许可经营权。

多伦多

案例 3.5

多伦多恩威能源公司： 资产合伙模式

多伦多城市供热公司（TDHC）最初是一家非盈利且为政府所有的机构，发开了五家医院和大学的供热系统并网工作。然而，法规限制了 TDHC 长期融资的权利，阻碍了其执行创新性解决方案的能力。因此，TDHC 进行了重组，转型成为一家盈利企业——恩威能源公司（Enwave），其 43% 的股份归政府所有，53% 的股份归 BPC Penco 公司（安大略省退休职工系统退休基金的分支）。

恩威能源的出现为供冷业提供了创新性解决方案，同时新增了长期融资的能力。其实早在 1981 年就已经有技术可以开发利用湖水作为多伦多的供冷源，然而遗憾的是当时并没有足够的资金来支

持这一项目。自 2004 年开始，恩威能源的成立推动了深水供冷系统的开发。该系统与城市饮用水系统相结合，为需要高端可信和稳定冷源的大型银行和数据中心提供了 7.5 万制冷吨（约合 263 兆瓦）的供冷服务。公共和私营债券支持着项目的运营，用户需要签署协议或同意证明保证公司的融资。

多伦多市议会和 Penco 从此退出了该项目，将恩威以 4.8 亿加元（约合 4.29 亿美元）的价格卖给了布鲁克菲尔德资产管理公司。市议会获得 1.68 亿加元（约合 1.5 亿美元）的净利润，比投资额多了 1 亿加元（约合 8.9 千万美元）。

迪拜

案例 3.6

迪拜的 Empower 公司： 资产合伙模式

迪拜开发出了世界上最大的区域供冷网络，每年可满足 100 万冷吨的供冷需求（约合 3,510 兆瓦）。能源使用仅需要原有空调供冷耗电量的一半，储热技术也降低了高峰期的用电量。迪拜因此能够实现限制电力传输管网的扩增，这是区域能源管网的一个关键目标。

供冷系统通过公私合作伙伴关系得以开发（合作方包括房地产开发商东讯投资、迪拜领先企业园经营者和迪拜能源与水资源局）。最后成立了特殊目的机构 Empower（阿联酋中央供冷系统公司），其 70% 的股份属于迪拜能源与水资源局，另外 30% 股份属于东讯投资。Empower 公司获得 25 年特许经营许可权，可设计、建造、运营迪拜的城市供冷网络，合同期间预期内部收益率 10%—12%。

迪拜能源与水资源局掌握着大部分 Empower 股权则有助于实现相关的城市目标，即扩增适应性较强的网络系统；使用创新技术利用循环水代替饮用水作为冷源，例如利用将污水进行处理后生成的循环中水（TSE）；使用节能措施，减少供冷需求；重视研发。迪拜能源与水资源局和东讯公司都提供

基本负荷，包括政府建筑的负荷量。此外，政府部门也需要制定新法规条例，新开发项目需与城市供冷系统相并联。尽管使用中水有很多好处，但也存在潜在挑战，因为中水有时还会用于城市农业（尤其在夏季对制冷的需求非常高）。

在迪拜，最早提出对城市供冷系统需求的部门是房产开发商的原因是其可以从供冷相关的服务和保修中获得相当的利润。Empower 通过利用一项创新能效举措，开发了一项不受需求影响的供冷网络；并且积极鼓励制冷的有效措施，所建议的合作伙伴计划必须有迪拜能源与水资源参与才能实现，并可为城市带来客观的利润。Empower 通过活动鼓励终端用户更加节能，如果用户在三年内比预期使用量少，会降低其供冷服务的合同价格。

鞍山

案例 3.7

鞍山城市供热：
资产分散模式

目前，鞍山城市供热由几个大型城市供热公司控制，其中包括由城市政府控制和私营公司控制两大类，管网分散且采用低效的燃煤锅炉房，管网负荷未进行优化。为了优化区域能源系统，鞍山计划利用当地钢厂产生的 1GW 余热，为 5000 万平方米面积的地区供热，约为其城市总供热面积的 70%。鞍山钢铁厂将成为该城市最大的热力来源。

当地政府与丹麦丹佛斯和丹麦咨询公司科威合作，为鞍山开发可持续的综合供热解决方案。当地政府正在通过新建传输管网充分利用来自于鞍钢的余热，传输管网 60% 股份由鞍山供热总公司持有，鞍山福安集团持有 40% 的股份。

传输系统有助于未来发展计划，例如并网区域锅炉房及未来在南北两面设计建设热电厂。当地现有的燃煤锅炉将作为调峰热源使用。许多现有的燃煤锅炉将进行升级，并以更加大型且高效的设备替代。因为部分管网负荷不足，现有管网很容易受到需求波动的影响，因此将管网并联可降低高峰负荷至基本负荷量。目前生活热水主要为分户式并采用电力或燃气锅炉，改造后的城市供热系统将逐步取代之前的这些设备。

全新的余热利用项目意味着对能效更高的系统投资或将高达 6400 万美元，该系统旨在降低碳强度、改善当地空气质量。当地政府也在给予项目资金支持。随着鞍山在余热方面正在开展工作，且同时计划将煤的消耗量减少 120 万吨，项目的资金回报时间为三年，证明了项目能带来的金融效益。项目将分为几个步骤，第一阶段并网 670 万平方米，第二阶段将并网一千万平方米。鞍山钢铁每排放 1 千瓦时的余热，就要上缴 0.11 元（约合 1.8 美分）的排放税。利用热电厂余热的花费将为 1000 万元人民币（约合 164 万美元），仅占项目总成本的 2.6%。

因为需要保证鞍钢收集余热，并优化升级区域能源系统，所以鞍山的当地政府在控制传输系统方面发挥着十分重要的角色。私营部门生产和分配的分散式所有权模式让当地政府更加重视传输系统的重要性。辽宁省政府支持鞍山市政府采取行动，并高度重视工业余热的利用情况。自 2014 年初，辽宁省政府开始与本溪钢铁集团开展合作。而本溪政府与丹佛斯在第一个省级复制项目上展开合作，该项目预计利用余热能力达 160 兆瓦。

来源：Danfoss, 2014



案例 3.8

伦敦奥林匹克公园： 私营特许经营合同模式

伦敦奥运发展署（ODA）评估了为2012年奥运会购买能源服务的诸多方法，并认为长期的特许经营服务合同模式比从部门购买基础设施更能节约成本，或者直接参与到短期设计与建造的合同竞争中。在可行性分析阶段，ODA决定开发一套城市供热系统，以及一套城市供冷管网。在斯特拉福德和国王区建立一个三代供冷、供热和电力的能源中心，并与其他大型储热设备联合。

两个政府部门，ODA和斯特拉福德城市发展机构参与到了一个有竞争性的政府服务购买环节当中，将购买一个独立的，为期40年的特许经营合同以资助、设计、建造并运营供热和制冷系统以及相关的能源中心。尽管额外的应用需要不同的设计，但在可研阶段的应用必须采用由ODA研发的设计。尽管生物量气化技术和垃圾焚烧技术最初有所考虑，但对可再生能源来讲，能源中心的需求规模依旧有一定的风险性，所以没有招标方愿意接受。一个3.5兆瓦的燃烧木屑的锅炉能提供基本负荷能力，为投资提供可再生能源的元素。

合同奖予了科菲利能源公司，并与斯特拉福德城市发展公司和ODA之间签署了特许经营合同。科菲利为雅典奥运村，奥林匹克公园和斯特拉福德提供独家供热和制冷服务，由于区域能源并不隶属伦敦市管理，特许经营只能提供并网、供应、和服务覆盖几方面。公用土地和有保证的并网确保了项目的经济可用性，由科菲利独家赞助，资金为1亿英镑（约合1.6亿美元）。

这两家能源中心的设计是最终提供200兆瓦的热量（现在为100兆瓦）和64兆瓦的供冷（现在为18兆瓦，即一4千兆瓦的吸收式制冷机和两个7兆瓦的氨制冷机作为补充），以及30兆瓦的低碳电力（现在为3.5兆瓦）。此外，还将开发了27.5兆瓦时的热量储备和4.7兆瓦时的供冷储备。目前能源中心依赖于天然气驱动，未来将转型为天然气和生物质驱动。许多消费者将在整体能源花销方面节约5~10%。



赛城

案例 3.9

赛城(Cyberjaya)PMSB 公司:
公私特许经营合同模式

马来西亚为应对使用空调造成的不断上涨的用电需求，率先开发利用区域供冷系统。马来西亚空调使用能耗约占其全国建筑能源消耗总量的 30—50%。在过去的二十年中，马来西亚共为 11 座城市配备了区域供冷系统，供冷能力达到 19 万冷吨（约合 667 兆瓦）。

赛城坐落于吉隆坡向南 50 公里处，于 1998 年建成了区域供冷系统。该市政府采用 BOO 模式特许当地能源服务企业 PMSB 负责当地区域供冷系统运营（PMSB 公司完全由赛城市政府所有，92% 股权归马来西亚财政部所有），而其设备的所有权属于 PMSB 公司。公司的最初目标则是为了减少分散式制冷机产生的大量费用，降低运营成本并成为该领域的示范项目。

赛城的供冷系统由两个区域供冷厂组成，分别于 1998 年和 2012 年建成，具有总供冷容量达 64.2 兆瓦（相当于 1.83 万冷吨）、储冰功率 3.55 万冷吨/时（约合 125 兆瓦时），冷水储备功率 3.9 万冷吨/时（约合 137 兆瓦时）和 15 公里长的管道。

该系统为赛城的 38 家大型建筑提供供冷服务。从 1998 年至 2012 年期间，投资总额达 5000 万美元，项目经营期为 30 年，内部收益率可达 11.7%，投资回报期为 8.2 年。

由于该项目的建立，马来西亚对制冷机高峰电力需求已下降了 3 兆瓦，装配制冷机的成本也比单独制冷机下降了 18%。为需求管理进行的热储备可以减少夜晚制冷水和冰的生产费用，利用了夜间税收较低的优势（为白天时段的一半）。据估计常规办公室设备的耗电量有一半都出在空调身上，对于数据中心来说这一比例可高达 80%。与独立供冷系统相比，利用区域供冷系统每年可节约成本 39%（ADB，2013）。

在未来三年，赛城的供冷需求估计会上涨 1—1.5 万冷吨，这意味着可能会有更多企业加入区域供冷系统。而能源服务公司科菲利最近购买了 PMSB 49% 的股份，科菲利（Cofely）公司预计将帮助赛城开发更加大型的区域供冷系统（Cofely，2013）。

●3.3.3 社区所有的非盈利或
合作社机构

管理区域能源的另外一个选择便是通过市政府成立社区非盈利或合作性组织机构。在哥本哈根，所有区域供热供应方都必须是非盈利的合作性（或为政府所有的）机构（参见案例 3.10）。

风险和管理：在非营利或合作模式中，当地政府最初承担了很大一部分风险。一旦建立某种互动关系，就可减少当地政府所面临的风险，有一些风险可以通过设计和

建造的承包商分担。

资金来源：在该模式中，所成立的机构没有市政府可保证低利率融资的能力，因此市政府或需要承诺承担相应风险。一旦低利率资金得以付清，当地政府所承担的风险将大幅减少。正如亚伯丁郡情况一样（参见案例 3.11），当地政府可以为项目提供低利率融资。

管控：从会员中选出代表进行管理，认购债务进行回购，当地政府或需要提名理事团代表参与管理。



丹麦哥本哈根 Stroget 大道



案例 3.10

哥本哈根 HojeTaarstrupFjernvarme 供热公司：以合作方式管理项目

HojeTaarstrupFjernvarme (HTF) 是哥本哈根最大的供热公司之一，建成于 1992 年，其前身是一家隶属于市政型公司的合作型区域供热公司。HTF 从市级传输公司购买热能，传输公司则从周边私营供电厂购买热能。HTF 为 5260 户居民供应供热服务，其中包括住户、商户和工业建筑。用户通过签署协议书，成为公司的一分子，随后即可享受供热服务。由用户推选的七位成员和当地政府推选的两位成员组成公司董事会。

市政府为风险承保提供保障，获得来自抵押公司（互助银行）1.5% 的低利率融资；倘若没有市政府的保障，利率或可高达 2.5%。2012 年，HTF 热能销售额为 1,825 万英镑（约合 2920 万美元），纯利润达 18.9 万英镑（约合 30.2 万美元）。利润率较低的原因是大部分效益都以低热费的形式让利给了业主。公司也为需求侧能效项目提供资助。

丹麦的城市供热有一系列法律作为有力保障，市政府需要承担供热规划图，从而来决定合适的能源基础设施分布，建筑业主（包括房屋业主）也有义务介入其中。这一举动在很大程度上减少了区域供热项目的开发与融资风险。为避免出现垄断现象，所有供热零售商都应依法提供非盈利服务，或组成合作互助型市属企业。市属企业拥有且运营（能源）传输和分配系统，其他的合作企业将热能直接销售给用户。尽管供热零售商并不需要抢占用户，但他们确实在价格上不断竞争。而丹麦能源监管局进行监督，同时每年发布供热价格清单。



3.4 “完全私营”的商业模式

如果当地政府提议要建立一个具有高投资回报率（通常回报率为 12–20%，风险较低的项目回报率可达到 9.5%）的项目。但当地政府无法承担相应的高风险，并且不愿过多参与管理时，私营公司参与的积极性将会被调动起来。但并不意味着当地政府完全不参与项目，相反，许多成功的由私营企业运营的区域能源系统，政府部门仍然有一定程度的参与度。例如，当地政府可能是项目的创始成员，且或仍然能够为项目吸引到融资和赠款。政府部门可以为项目提供有益且私营部门很难接触到的社会资源，同时还能发起鼓励有益于实现社会和环境目标的倡议，例如支持低碳开发的机制。

本节将探讨一些完全由特许能源机构管理的案例。

● 3.4.1 完全私营的特殊目的机构（SPV）

为区域能源系统设计商业模式需要因地制宜，包括项目的融资类型。大部分的区域能源运营管理都有政府部门的参与。政府或作为当地政策制定者、设计者、监管者，或这作为用户，或直接通过部分或全部掌握项目的所有权来进行参与（参见第 2 节）。政府部门的参与在城市层面协调各类不同项目上的作用非常重要。即使是那些私营企业参与度较高的项目，也在某些程度上是需要由政府部门协助或支持的。

尽管此处描述的运营模式和所有权比例各不相同，但他们均可以通过公共－私营所有权的类别来进行分类，公共－私营部门的参与很大程度上依赖于两点：1) 项目投资者的投资回报；2) 公共部门对控制和风险的承受程度。

风险和管理：在该模式中，风险由私营部门承担。尽管公司可以与当地政府共同参与到合作协议（JCA）中以降低设计与扩张产生的风险，或通过设计来鼓励各种不同需求之间的对接——即战略伙伴合作模式。反过来，当地政府会从降低的并网税费、共享收益、高信用风险客户（易陷入能源匮乏）之间的对接和其他社会与环境目标中获益。

资金来源：私营公司通过公司内部借贷或申请商业借贷为项目提供资金，私营公司或可向需要并网的公司收取相应的服务费用。而国家或地方政府机关或许能为项目争取国际贷款或贷款保证金（参见案例 3.12 路易港）。

管控：由于这类营运模式下，项目所有权完全属于私营公司，因此这类公司则决定了项目的管理结构，其中可能包括可为当地政府在董事会中提供一个代表席位，或者如果公司与政府签署了合作协议，则让政府参与到当地项目管理委员会之中。



毛里求斯路易港市



阿伯丁市

案例 3.11

阿伯丁市：
非盈利管理模式

1999 年，阿伯丁市议会采用了“可负担的供热战略”以应对城市中的能源燃料短缺问题。该市议会进行了一项调研，以寻找可以为居民提供成本低廉的供热技术解决方案，使得水暖供热系统与热电联产互联运作。尽管议会可以承担在几个街区推行这一技术的成本，但由于资金有限，只能每 12 年实施一个项目。商业能源服务公司可通过第三方投资以加速推广该技术的应用。但为满足这类企业要求的回报率，可能会向居民收取高额的供热费用，从而偏离了希望减低燃料供应短缺的这一初始目标。因此该市议会成立了一家非盈利公司，建立以会费为基础的有限会员制度。所有会员来自于当地各社区，包括居民代表和为议会预留的两个席位，并从会员中选取理事长。

阿伯丁市第一个此类项目为四个街区的 289 家房屋供热，议会与该供热公司达成了一项每年上缴 21.9 万英镑（约合 35 万美元）的、分 10 年完成的项目合同。基于合同的保障，公司能够（从银行）贷款 100 万英镑（约合 160 万美元）来实施该项目，且项目回报率与议会要求的不相上下。因此，政府有可用拨款资助项目，而且公司能为其他的两个项目进行贷款，与拨款和基金一同投资项目，能为更新该市设备项目贡献投资，为供热系统改造提供资金。



路易港

案例 3.12

路易港海水制冷（SWAC）项目：
私营商业模式

作为发展“海洋经济”的一个途径，毛里求斯正在开发一项可以利用海水作为冷源的区域供冷系统。SWAC 项目为该岛和非洲国家首次尝试此类供冷模式，将利用海平面以下 1 千米的温度为 5 摄氏度海水，为路易港城市中心的建筑供冷。该系统预计到 2016 年开始为 60 个高密度建筑提供供冷服务，其管网总长达 5.5 公里。

目前毛里求斯的电力大部分通过化石能源提供，通过该项目，则可减少 26 兆瓦的电力供应，相当于 2014 年预期高峰用电量的 6%，即 464 兆瓦（National Assembly, 2011）。同时路易港市还将实现每年减排 40,000 吨 CO₂。其他企业还可利用所抽取的海水研发相应的海洋工业领域技术应用（Cunha, 2014）。

SWAC 系统由当地的企业 Sotravic 进行开发，耗资 40 亿卢比（约合 1.3 亿美元），主要通过当地银行的私营资本和国际金融机构提供资金。毛里求斯政府的任务则是推动机制创新，调动开发银行提供特许融资。非洲开发银行可持续能源基金（SEFA）为在路易港第一阶段项目投资了 100 万美元作为资金支持。项目预计会扩展到另一个城市 Ebene，为位于该市的数据中心淘汰传统的空调系统。

3.5 通过创新实践，拓展商业模式

国家可以通过不同的商业模式实现区域供热和供冷系统的普及，不同模式的选择基于投资的经济和融资回报，以及公共部门希望对区域能源项目的控制程度。

在发展中国家，根据当地气候条件和要求发展供冷和供热系统的潜力巨大，但与发达国家相比，这些国家的能源市场自由度和私有化程度都较低。在本报告中一直强调公共部门参与到区域能源项目开发和运营中的重要性，因为在许多发展中国家，公共部门参与的能源服务模式为项目开发提供了强有力的平台。在一些国家，需要面对资金、技术人员和体制不足等各方面的问题。

区域供冷系统在发达国家和发展中国家都具有极大的潜力。例如在科威特，空调用电占到了高峰用电量的 70%、其全年用电量的 50%。区域供冷系统与传统系统相比，可以降低 46% 的高峰用电量，减少 44% 的全年用电量（Ben-Nakhi, 2011）。

区域供冷技术由于能够降低由于使用空调造成的用电高峰压力，因此正在一些发展中国家逐渐得到推广应用（参见案例 3.9 赛城和 3.12 路易港）。区域供冷系统还可以让许多利益相关者受益——消费者能够以更加低廉的价格享用更为稳定的供电系统；从保持个人制冷解决方案中获益。同时，国家、城市及地区层面的电力设备可以缓解高峰时间段的电力需求，减少了对输送系统升级和容量增容的需求。最后，城市断电现象也将逐渐减少，减少了单独建筑物的需求，降低了电价，并且减少了氢氟碳化物、氢氟烃等物质的排放（1.1.1 节提到的常见存在于传统空调制冷剂中的物质）（UNEP, 2014）。

在许多发展中国家，许多电力设施归政府所有或由政府负责电力

的生产、传输并分配。能让区域供冷系统更广获益的一个重要方法是将国家或当地电力系统设施纳入到区域能源商业模式中。可直接（参见案例 3.6 迪拜）或间接通过当地、区域或国家政府来实现创新营运模式，而这种独特的所有权关系保证了区域能源系统与政府所有的电力设施之间的并网连接。

这样的商业模式对于非自由经济体制的国家至关重要，因为这类国家的能源价格是受到政府调控。在此类市场中，倘若没有明确的能源价格指示，由私营企业所有的区域供冷系统或许没有足够的动力或权限进行如下工作：开发蓄冷技术（降低用户高峰负荷）；连接特定的用户群；开发冷电联供技术；创新研发利用余热作为热源驱动的吸收式制冷；充分利用天然冷源；或在一天中的某时段减少电力消耗。例如，在许多国家电力公司不允许开发项目并将电能出售给当地或国家电网，因此这些电力公司缺少开发冷电联产站的动力。而公共设备可以在这些工厂中开发城市供冷项目。

电力设施由政府所有或由政府补贴的这种运营模式有益于区域供冷系统的发展（详见 3.2 节和 3.3 节）。这种效益包括获取基本负荷、更为简化的规划、良好的数据、与其他公共设施整合和成本较低的电力。炎热地区的发展中国家城市，公共区域供冷设施恰好符合国家、地区或城市的需求，为期提供相应的能源服务。然而，私营部门作为资金、需求量、经验和技术的提供者，也将得到很多收益。各国际能源服

务企业在开发区域供冷系统中同样发挥重要作用，同时还应衡量公共部门在其中的作用。只有这样，公私合资企业类的运营模式才能使得政府和私营部门都有所收益（3.3.1 节已进行论述）。

区域能源技术在全市推广之前需要对试点项目进行试运行。对供冷需求数据的匮乏以及缺少对资金在国家和城市层面影响重要性的认识（参见 2.2.1 节），都意味着最初的项目应以本地化为目标，并关注高能耗部门。

第四章

实现有关区域能源的 国家目标和全方位效益



在中国，排污处罚为推进

区域能源系统现代化进程起到了非常关键的作用。目前，区域能源已满足了 30% 的热力需求。鞍山市在能源传输网系统进行投资，并开始整合该市分散的燃烧炉并充分利用余热。由于该项目将每年减少煤炭消耗 120 万吨，可很大程度上避免污染排放处罚费。因此，该投资的资本回收期预计为三年。



04

本章聚焦：

4.1 介绍

4.2 减少投资风险

4.3 经济竞争：公平的竞争
环境与多重效益

4.4 纵向整合

主要内容：

- 国家政策是实现区域能源系统优化的关键，比如在国家层面的政策允许适当的权力下放，国家对地方在协调和能力建设方面的支持有助于项目产出，并制定相应的区域能源国家标准等。这些政策在开发区域能源过程中都能够带来相应的国家层面效益，比如实现减少化石燃料进口、减少国家电力基础设施需求压力以及实现可再生能源的整合。
- 相关能效等级、标识和标准的制定通常需以国家层面政策为依据的核算方法体系。而通过 45 个示范城市的案例反映出，当前的能效核算体系是区域能源部署应用的主要障碍。举例来说，一些国家将建筑层面的能效等级视为优先发展领域，而忽略整个能源系统的效率提升问题。为了解决这一问题，各城市政府有必要推动改革国家政策。为了实现减少一次能源消耗使用化石燃料并提高能源供应效率，建筑能效（等级标准）体系可作为最佳实践对其进行优化改善。
- 权力下放：区域能源体系将从权力下放（相关权限由国家转移到地方）中获益，得到地方专家和专业上的支持。权力下放包括法规框架制定，明确授权权限，并且制定强制并网政策、能源规划和分布图、能源服务供应以及建筑规范。例如国家政府可以通过鼓励（或强制要求）地方政府建立经济效益高的能源（或热力）规划，并将区域能源系统纳入城市发展考量。
- 资金及能力支持：地方政府需要资金和能力建设支持，以行使由国家下放到地方的权限。可通过提供资金或提供资金获取渠道，在项目早期的规划能源分布、项目规划以及设立管理机构、合适的商业运作以及质量管控等方面提供支持。
- 创造良好的竞争环境：国家政府承认区域能源的多重效益，并配备相应的金融和法规措施以完善价格体系。而现行的价格体系不仅没有考虑到区域能源，还因对（化石燃料）直接或间接的补贴而为其发展带来负面影响。这些可以通过国家对供电、供热和供冷系统的税收制度和直接补贴进行调整。
- 并网费制度通常为国家层面政策，通过并网费调节，区域能源的价值可通过替代技术成本得以体现。还可以通过区域能源公司的收益或它们施加在消费者身上的成本来间接制定。这两种并网费制度在许多城市均有应用，而各城市对制度的选择大多依赖于其现有能源市场结构、市场法规和市场的自由化程度。
- 纵向整合管理结构是优化不同层级政府对区域能源开发项目规划、协调并监督过程的关键之举。为地方政府提供特定财政支持、多层次的管理、将地方政府行动方案纳入到国家气候变化减缓战略之中。“纵向整合国家适当气候行动（V-NAMA）”将对发展中国家政府提供支持，调动地方和省级参与者，通过经济效益较高的激励机制和“可衡量、可报告、可核实”（Measurable, Reportable, Verifiable, 简称 MRV）的减排承诺和行动实现国家气候变化减缓目标。

4.1 介绍

“为了实现未来的高效、可持续发展，各城市需要在多能源政策目标的制定中扮演重要角色。对热电联产企业与区域供热公司合作的分析表明：在协调好地区积极性与国家政策框架的基础上，通过完善市场结构将有可能构建一个灵活、完整、可持续的能源系统。”

——约翰·杜莱克 (John Dulac) ，国际能源署，2014



1985（上图）至2009（下图）年间丹麦热电联产和风电的发展过程，受益于其有力的国家层面可再生能源和区域能源政策。图中红色为集中式热电联产站，橙色为分散式热电联产站，绿色为陆地和海上风电站及联络站（Lauersen，2014）

考虑到能源运输的其他方面，想要成功发展并扩大现代区域能源规模的重要因素是：建立一个合适的政策框架。虽然有许多的决定和措施能够并且只能由地方政府完成，但要想获得最优的结果，国家级的政策才是至关重要的。国家级的政策会考虑到权力的下放，中央对地方的协调，项目交付的能力，以及在国家标准下进行区域能源的核算（见4.1节）。

尽管区域能源所带来的益处 在国家和地方层面都有（见表1.3,1.4），但国家层面的益处并非显而易见，也不易在地区商贸事务中进行衡量。虽然区域能源具备价格优势（见图1.8），但要想让其 在与其他技术进行公平竞争的过程中体现其国家层面的益处，国家的政策措施依然必不可少（见4.2节）。

多级管理能够让中央与地方之间的政策得以整合并施行。例如发展战略、政策、行政安排，都会因资金、生产力、资源而产生偏离（Hammer等，2011）。各城市都越来越希望设计并发展出“纵向一体化”的地方和国家政策，从而克服各种各样的困难。4.3节表明了各城市是如何通过“国家适当减缓行动项目（NAMA）”等途径，来为现行的经济体以及发展中国家建立气候筹资机制。

4.2 减少投资风险

投资区域能源要求长效的保证。气候或能源愿景，这两个条件是决定国家温控环节的关键因素，也是各国政府树立长期投资信心的第一步。如果在一个国家的能源规划中，对区域能源有着中长期宏大的目标，就很容易降低政策的不确定性（IEA，2014b；Euroheat&Power，2013）。

然而，地方政府却是政策执行的关键（例如降低负荷风险，见第2节）。清晰的规划引导不仅能授权于地方政府采取相关行动，还能成为中央进行管控最重要的杠杆。因为中央可以通过此杠杆来创造市场需求、限制投资风险，从而实现区域能源系统的高性价比。任何一个国家的发展愿景都应该为当地政府建立一个连贯并且有效的发展框架，并给予当地政府相应的支持（Chittum 及 Ostergaard，2014）。



位于美国圣保罗市的可再生热电联产设施，可改善一次能源效率和可再生能源供热。

● 4.2.1 核算原则的一致性：能源效率标识和标准

由于区域能源会涉及到能源生产地、供应地、消费地等多地的交流，所以各地区法律上的矛盾就会突显出来，从而严重阻碍业务发展。

对于前文所提到的 45 个示范城市，核算方法是区域能源应用的一大障碍，而核算方法一般用于开展效率评价、建筑的标识及认证标准等几方面的工作，例如节能环保设计认证体系（参见栏目 4.1）。输送至楼宇的能源核算方法并对核算发电和供热系统不适用，也不能用于不可再生能源的核算，否则会影响对区域能源的使用，并与能源目标相冲突。在荷兰，为家庭住房安装电热泵将会提高能效认证标识使用率，然而真正使用区域供热服务的住户对能效标识的认识并没有任何改变。

尽管一些城市宣称要提高标准（如第2节所示），但它们却不能应对这些问题。近日，Euroheat&Power 的一项研究表明，楼宇能效不能孤立地去考虑，而应该考虑整体能源供给的效率，并把减少一次化石能源而非终端能源使用作为目标。

芬兰和德国的建筑法规为新建楼宇制定了一次能源效率标准，而且不同的供热源有着不同的系数，从而被视为最佳范例。系数越高，供热源就越难达到法规制定的标准，而一次能源效率就很低。所以这两个国家都要求可再生能源占到一定的比重。基于热电联产或可再生能源的区域供热系统，都能达到这些标准。

德国的能源节约条例目的在于减少楼宇的一次能源消耗，从而节约资源，减少温室气体排放。采用的保温技术或者高效的系统工程技术，和更高效的一次能源都能履行这些规定。因此，这个核算方法反映出了现代区域能源系统在提高能效方面的益处（Euroheat&Power，2013）。阿布达比采用的 PEAR 评级系统，是另一套效率核算应用于设计、规划、执行方面的例子。

● 4.2.2 责任下放

正如第2节、第3节中政策及商业模型所示，对区域能源的任何规划都要将地方政府（的参与）考虑在内，因为只有它们才能调动规划和能源分布设计等相关部门。不仅如此，地方城市政府还可能干预社会住房、公共住房以及其他一些可能影响计划的关键问题。而这就要求中央政府能制定出制度化的框架，在此基础上，将相关权限下放到地方政府，例如强制加入区域能源网络政策方面的总体规划、能源服务和建筑法规（见第2节）。挪威在权力下放方面做得很成功（见案例4.2）。特别是对于能源分布规划，这要求对使用能源的城市进行局部化建模，这些城市的地方政府在区域规划上起到真正的领导作用。经验表明，地方政府能够良好的控制与区域能源有关的风险。如果在管理周期较长（如10—20年）、环节复杂且所有权或开发权属于多

个企业或实体（特别是私营企业），在一致有效的政策框架指引下，中央的权力下放有益于地方政府行使自己的权力，对区域能源项目进行风险控制，并对项目进行财务规划。

作为在区域能源方面权限下放过程的一部分，中央政府通常会鼓励或者强制要求地方政府提出成本效益较高的能源或供热规划。丹麦政府就是采取强制要求，并赋予各城市在规划过程中高度的自主权和选择权。有时，如果国家层面的发展规划长远周全，将会成激励地方政府在区域能源规划中发挥积极作用（如伦敦市）。有些地区并没有十分重视供热供冷部门，有些地区政府甚至没有涉及到能源供给服务，因此，那些开展区域能源战略的国家政府可通过制定能源远景规划和能源分布规划图，以促进地方开展相关工作（见栏目4.2 欧盟部分）。

● 4.2.3 支持城市的能力建设与协调

如4.1.2节所讨论，若将职责下放到地方，还需要有相应的资金和能力建设支持，如能源规划、项目计划、相应的组织建设、适当的商业安排，以及技术质量控制等方面。甚至在公共设施经营等股东组成并不复杂的情况下，也需要对设施的资产负债进行管理，这样才能保证将区域能源网络扩展到长期规划中的规模。而早期的项目经费多来自于与根据不同发展阶段直接划分的拨款，如市政府或公共机构的拨款、单个项目经费、示范项目拨款或周转基金。

欧洲投资银行（EIB）开展的“欧洲地方能源援助倡议（ELENA）”，为大型的高效能源和可再生能源项目的启动提供技术援助设施基金（详见案例4.1）。这一倡议就包括共同分担技术支持的成本，这些成本

栏目 4.1

绿色认证在能源环境设计方面的领导力： 美国绿色建筑认证（LEED）

美国“绿色建筑认证”等评级制度和认证系统只给了区域能源系统较低的分数，因为这些评级系统尚未认可区域能源的整体效益，而是更倾向于一些本地的解决方案（即只关注绿色建筑），而忽略了区域整体的成本效益。其中一个重要问题就是新建楼宇能源效率的计算以及既有建筑的能源认证。

有时候，区域能源系统的运营会有缓慢的扩建，届时将需要采取一些暂时性策略或过渡性技术。如美国绿色建筑认证奖项（LEED），那些把天然气（一旦建设跨越一定的重要门槛，性价比就会大幅下降）当作过渡策略的建筑就会受到惩罚，而且在将来升级后（能提供更多能源并减少温室气体排放）也不再能得到分数。所以开发商为了在建筑评级中拿分，还需投资一些其他（有可能是不必要的或成本效益较低的）短期的项目并采取相应措施。

美国的绿色建筑委员会就区域能源颁布了修订版的绿色建筑认证导则，鼓励建筑采用区域能源系统，并指出以下几种与区域能源相关的建筑可以获得评级分数：能源效率提高；使用可再生能源；利用区域能源供冷。并且导则还提到采用绿色供热的建筑能获得创新分数的可能性。

是为准备申请 EIB 基金项目的筹备、执行、融资等方面的必要成本（例如可行性分析、市场调研、项目构建、营运和财务或融资计划、能源审计以及招投标过程等）（EIB，2012）。

单个项目的开发成本，对于 2000 万英镑（即 3200 万美元）的项目能占到资本支出的 10%，而对于 500 万英镑（即 800 万美元）的项目能占到 15%。对于那些在建设前就进行了巨大投资的公司和城市来说，正在进行中的项目是很耗时间的。对于一些只有较小区域能源网络项目的城市来说，需要花 3 年时间来采购和完善合同，完成网络建设则需要 7 年时间。此外，这种商业模式在城市范围内获益也是很耗时间的，但又必须在市级基础上来进行，除非在中央政策层面上已经考虑了（见 4.2 节）。一些地方政府获益是通过对项目进行逐一

评估的基础上获得的，然而，这种方法很慢且缺乏整体性，也不利于区域能源项目的规模扩大。

另一个可行的办法是建立循环基金以供城市的发展，并将已建成的项目出售给私营企业，以及给该市的其他地区提供财政支持，以实现全市范围内区域能源项目的长期目标。多伦多便是在对循环基金模式进行了充分考虑之后，将其温控系统设备出售给私营企业后为议会获得了 1.5 亿美元的资金（见案例研究 3.5）。

这很像近期由 R20（地区气候行动）所创建的模式，即：促进低碳项目与有益于气候恢复的项目的发展，减少这些项目在能源市场的投资风险。在这样一个可信赖的循环基金支持下，R20 在城市组建了本地的开发团队，以此来提升能力，积累客户，保证项目可从银行贷款，并用贷款来投资一些非营利

项目。当项目获得投资后，这一团队能从资本开支中获得分红（R20，2014）。

有些情况下，如果区域能源系统的销售价格过低，那么则需要长周期的财政支持，而最典型的便是温控系统。使用区域能源的温控系统要比其他可行的技术贵，但不是所有的好处都可以用价格来衡量。4.2 节讨论了中央政府是如何在这样一个巨大的竞争环境中对区域能源项目进行调控的。

栏目 4.2

欧盟为供热规划立法

欧盟在能源效率方面的法规要求：地方相关部门应在其管辖范围内规划和设计城市供热和供冷系统时必须尽可能地利用可再生能源和热电联产系统。其主要目标就在于鼓励大家认识到进行能源效率转型的潜在成本效益优势，而且实现这一目标主要通过热电联产、高效的区域供热、工业余热再利用。如果这些方法的性价比都不够高，那么就要采取其他能效较高的温控措施，以实现这些目标。

该法规要求所有欧盟成员国都要对高效的热电联产和区域供热的潜力进行鉴定，分析这些已有措施或应用的成本和益处。该法规还要求成员国都要采取充足的相应措施，保证这些技术可在成本效益较高的前提下得以大力发展。意大利于 2014 年 7 月 4 日开始实行了上述的法规，紧接着米兰市就马上按照法规开始了制定区域供热和供冷的相关规划。

（信息来源：欧盟，2012）

* 注 1：在欧盟 2012 年的关于能源效率的指示中，“高效的区域供热和供冷”是指一种区域集中供热或制冷的系统，这种系统将会使用 50% 的可再生能源，50% 的余热，75% 的热电联产的热能，或者 50% 的上述能源与热能的混合形式。区域供热在第 2 章中有详述（其中有“高效区域供热供冷”的定义，在欧盟法令第 14 章，意大利的法令的第 10 章也有此规定）。

* 注 2：法律法规第 102 条



案例 4.1

伦敦的分散化能源输送单元

在欧洲投资银行的 ELENA 项目投入 330 万欧元（415 万美元）用做种子基金后，伦敦在 2011 年 8 月建起了“分散化能源项目输送单元”以供应城市的各区域，也给那些以技术、资金、商业支持来推动区域能源项目走向市场的赞助者以回报。而“分散化能源主管计划项目组”负责能力建设（见 2.2.2 节），辅助当地政府确认该项目（基于“伦敦供热分布图”）并制定能源规划。“分散化能源项目组”则负责为这些项目的商业化提供支持。

到目前为止，大伦敦当局已经帮助地方政府推动 7 个区域能源项目走向了市场，共计投资 4230 万英镑（5320 万美元）。而该项目组仍在以 30400 万英镑（38230 万美元）的投资积极支持 22 个区域能源项目的管道建设。其中，有 5 个已在 2014 年末步入更高的发展阶段，预计将在 12 个月内面向市场。

通过该项目组的努力，伦敦已经制定出了“伦敦供热网络手册”，用以指导后续区域能源项目的建设者、管网设计者、能源生产者。

案例 4.2

挪威：低风险区域能源发展

挪威是全世界区域供热市场发展最快的国家。传统上，挪威会将水力发电所产生的电力用于供热。然而，因为可再生能源与能源效率这两个关键因素，促使区域能源成为了新的国家战略。2010 年，挪威拟定了一个为期十年的目标，即到 2020 年，挪威将完成部署 10 太瓦时（twh）的区域能源装置。这相当于供热市场份额的 16%。其目的在于增加新能源在区域供热中的份额，减少电力供热，增加垃圾焚烧厂，以取代化石燃料。

挪威的许可制度在很大程度上支持着区域能源规划，并鼓励当地政府的运作。中央政府要求有意向的区域供热企业能提供具体的发展计划，这其中就包括区域能源相对其他技术所具有的社会经济方面以及环境有益方面的优势。同时还让持有许可证的企业成为了一个特定区域的唯一供热商，从而去除了投资风险，并使得地方政府能够协调各方面的关系，还要通过制定服务标准来保护消费者的权益，以及调节税收以保证区域能源比其他技术（如电供热）有更高的竞争力，还能通过在成本评估标准下要求其社会经济方面的益处，从而保证有公平的市场环境。

并网税费制度（见 4.2 节）和权力下放（见 4.1.2 节）等原则都是至关重要的。这很像欧盟所采取的办法，即进行成本评估，以及地方政府的执行能力评估（见栏目 4.2）。挪威已经制定了一些对区域能源发展至关重要的国家政策。例如所有面积超过 500m² 的房屋，保证利用 60% 的可再生能源为房屋供热，且不能使用电力或化石能源（被动式节能房屋可免税）；在新建房屋或翻新房屋中不能仅安装燃油热水器；禁止对有机垃圾进行直接填埋式处理；在垃圾焚化中，至少要能回收 50% 的能源。

挪威对提供可再生能源供热的区域能源企业提供财政支持，每个项目最高能得到 30% 的财政扶持（平均 15%—20%）。其目的在于，通过增加可再生能源供热以改变能源系统，新系统会更加灵活，而且也能提高能源供应的安全性。此外，财政扶持还能鼓励在垃圾焚化处理厂方面的投资。

4.3 经济竞争： 公平的竞争环境与多重效益

各国政府正慢慢认识到区域能源的多重益处，并开始制定经济和制度措施来完善价格体系。而现行的价格体系不仅没有考虑到区域能源，还因对（化石燃料）直接或间接的补贴而为其发展带来负面影响。这一节将回顾45个示范城市成功应用区域能源系统的共同措施。这45个城市还认识到各国政策决定发展区域能源所需的措施制定，技术水平、各国历史和发展程度以及能源部门的相关经验都对措施的制定起到决定性影响（IEA，2012；Werner，2011；Poyry 和 AECOM，2009）。当政府的干预使得在普通价格结构中得不到承认的部分得以补偿后，就说明这些用以提高区域能源竞争力的干预是有效的（IEA，2014b）。



法国布雷斯特市

● 4.3.1 国家税收

对化石燃料排放进行征税（如碳排放税）已经在丹麦、瑞典和芬兰施行，这将有助于为区域能源提供一个公平的竞争环境。碳排放税也体现了政府对长效的市场解决方案的倾向，而非只注重专门的项目。这同时也体现了这些国家的市场成熟度（EcoHeat4EU，2012；Werner，2011）。而这一切都可以通过能源效率的益处来体现。在瑞典，二氧化碳税对国家的能源运输政策至关重要。韦克舍市发现：二氧化碳税会增加工厂和私人在石油消耗时的成本，而消费者总是要去寻找价格更为便宜的替代品，因此碳税对于区域能源的发展十分重要。类似的，哥德堡市也认为二氧化碳税对于推动城市区域能源发展而言，是一项非常重要的国策（见案例1.1）。

在鞍山，处罚制度对于驱动区域能源系统发展也扮演着重要角色。在中国，因为这些污染气体对人类健康造成损害，排放未经处理的污染气体会受到国家严厉的惩罚。中央政府每月还会评出十个空气质量最佳城市和十个空气质量最差城市，并对各省的表现进行评估。据报道，2013年鞍山市排污罚款高达780万元人民币（约合130万美元）。据悉这些罚金将用于资助“蓝天”项目，这是一个于2012年发起的“反污染”

倡议。这一处罚的出台，省政府有权对14个PM10、二氧化硫、二氧化碳超标的城市进行处罚（Ximeng，2013）。为了避免再遭处罚，鞍山市政府更加有动力发展区域能源系统，因为这些用于投资发展区域能源的资金远比用于支付处罚金更有价值。

又例如，法国的国家住房保障行动中有一项政策规定如下：如果一个城市的区域供热系统使用可再生能源或余热作为热源的比例达到50%，那么作为奖励，该市的增值税可减少5.5%。该政策的目的在于使得区域供热与其他类似热力技术增值税率保持一致（比如天然气和电力）（见案例2.10）。

因为该市85%的供热来自于垃圾焚化，布雷斯特地区的区域供热系统也正获利于其增值税的下降（增值税通常为20%）。

对那些未被回收的余热进行征税，也是一项潜在的政策措施，因为这可以提高余热的回收利用率。许多城市都发现，传统工业对区域能源系统能够充分利用工业余热这一特点并没有太高积极性，因为这不是传统工业的核心业务。如果不在这些方面进行征税，中央政府就要耗费大量的资金用以通过区域能源的社会经济效益，为区域能源创造一个公平的竞争环境（见案例2.11）。



波兰罗兹市的热电联产厂（上图）
德国法兰克福历史建筑（下图）

● 4.3.2 支持热电联产并支持对其效益进行定价

就热电联产的效益进行定价，对于创造一个公平的竞争环境是十分重要的（见第1节和第2.4.3节）（IEA，2014b）。在有些能源市场，分散化能源项目没法渗透到电力零售市场，而且还必须将剩余的电力以低价出售到电力市场。这对于想参与区域能源规划的分散化电力供应商是一个巨大的障碍（IEA，2014b）。热电联产能提供更高的能源利用效率，从而提高利润，减少区域能源项目对公共基金的需求，同时还能提供足够的投资回收率以满足能源传输环节中的私营企业的要求。像韦莱涅、罗兹、法兰克福，都把加速现代化区域能源当作是国家热电联产政策的成果。作为一个辅助者，地方政府能够帮助区域能源的供应商，避免像在伦敦出现的那种电力市场集中化（见案例4.3）。

对于热厂，区域供热可减少发电作业的机会成本，可以帮助明确税率表，以此来保证热电联产的高收益。例如，为了供给更多热能，热厂的联合循环燃气轮机的供热效率会从50%下降到43%，这就可以给电力批发市场设定14%的税率（很低）（Gudmundsson 和 Thorsen，2013）。对于那些因缺乏后备生产力而必须全力生产，或因只用电量而无法满资本性支出的热电联产企业，较高的供热税率是必须的。但一旦这些税率过高，热电企业就需要国家的价格政策扶持了。

一些国家已经开始施行鼓励政策，对热电联产电厂的入网电价实行补贴政策，并提及“热电联产的一些益处是无法在现行商业模式下进行定价的”。耶烈万也为热电联产制定了入网电价补贴政策，以发展区域供热系统（见案例4.4），德国的“热电联产计划”计划在2020年前实现供应即时电力供应的25%。德国因为看中了它在整合高级太阳能光伏与电力系统方面的潜力，因此对热电联产进行重点扶持（见案例1.3）。在热电联产项目中，能源传输企业必须对来自各不同热电联产厂的产品进行分级，还要对

按发电规模确定的电价增收费用。对于一些新的大型企业，这会导致每兆瓦时20美元的开支，而这些费用将会体现在热电联产的附加电费中。

● 4.3.3 上网定价规则

上网定价规则对区域能源的推广起到重要作用，它能在垄断的市场中保护消费者权益，尤其是当强制并网政策出台后，这一作用更为关键（见2.2.4节）。而制定上网定价的形式有很多种：根据将区域能源视为代替技术的成本来制定；通过对区域能源企业的利润或他们转嫁到消费者身上的成本来间接制定。一些自主开发并网的国家将依靠其他种类的供热供冷技术来确保公平的市场价格。

不仅如此，还可以通过向所有消费群体收取相同的价格（如所有住户都支付同样的费用），或者对特殊用户群体给予优惠价格。这些措施都将影响用户的并网成本。对一些用户征收专门的费用可保障其他普通用户的利益，这也是为了给一些特殊地理区域或特定用户提供特殊服务。然而，这种做法对于那些特殊的消费者而言，收取的关税有时可能会略微过高了。

• 以替代技术成本为对照并网定价规则：有些国家通过国家政策要求供热和供冷按照下一代替代技术来定价，以制定并网税费。这样做的好处是消费者能够在没有区域能源网络的情况下获得更多实惠。对于强制入网政策，替代技术关税尤为重要，因为消费者在是否应该接入网络上没有选择余地。然而，对于消费者而言，这样的价格模式并不便宜，也不稳定，所以相比较下体现了区域能源的一大好处。在一些国家，未来的替代技术（如家用燃气锅炉）的成本还很高，且不稳定，应以替代技术的成本来考虑税费制度，从而避免对区域能源产生负面影响。

不仅如此，区域能源运营商成本不能转移，这意味着这种商业模式并不切实可行。

伦敦

案例 4.3

伦敦“执照精简化”案例：
对使用当地电缆采取“滚动式”收费机制，促进“点对点式”能源销售

2009年5月，英国天然气市场办公室改变了供电系统的执照发放方式，从而让分布式能源发电厂能够和拥有第三方授权的供应商进行交易。这样一来，分布式能源发电厂就能拥有自己的营业执照，不需要获得统管中央贸易协议的部门发放的运营许可号后才能进行营业。

经过精简后，持执照的“初级电力供应商资格”必须和公共电力服务部门认证的、拥有第三方授权的“高级供应商”进行合作。达成协议后，高级电力公司的责任是通过相关的电力分布网络，将初级电力公司提供的电力并入现有电网中。而第三方则需要安装仪表，并承担所有管理工作，包括“供应商的改变”进程。初级供应商对于自己提供的电力以及客户负责。

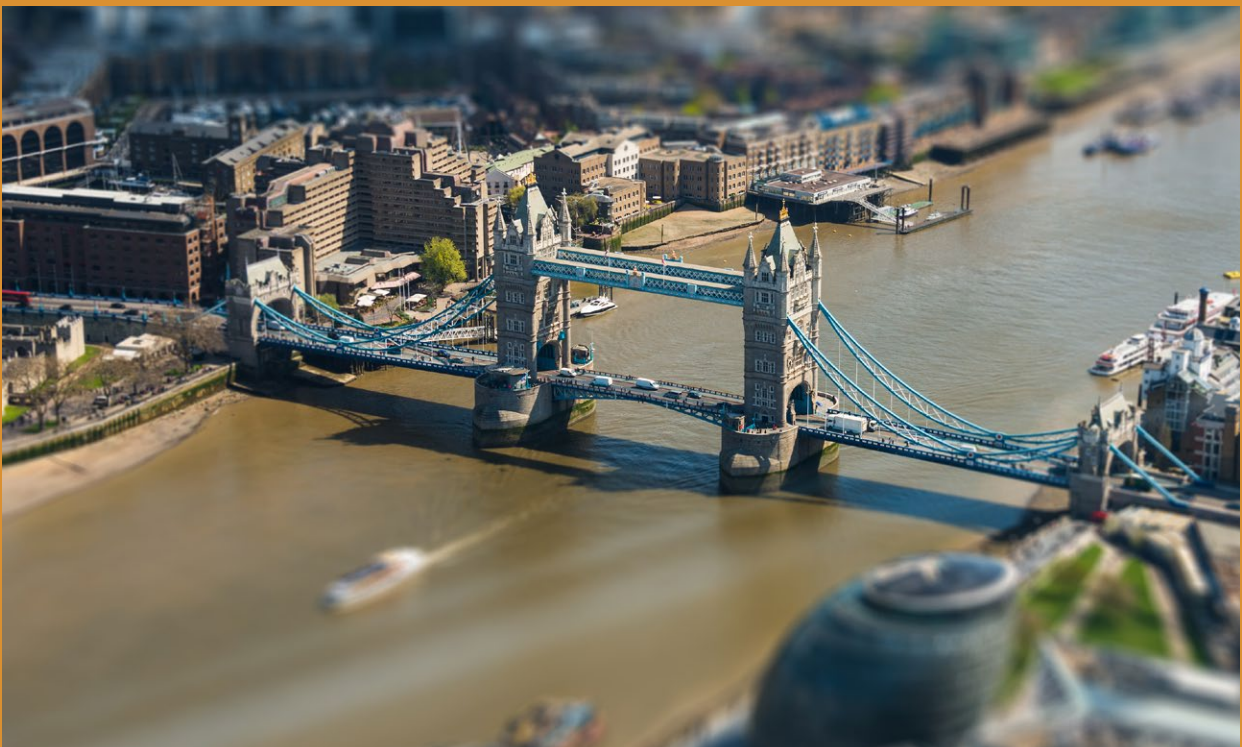
然而在2014年10月，有关部门还未批准这种模式。当时还有诸多难题有待解决，比如这种囊括了三个交易方的合作模式应该如何规范。另外，工业巨头也对这个领域缺乏兴趣，而且现有的大型电力供应商也没有义务为小电力公司或者地区电力系统提供这种服务，同时在他们所能提出的条件当中也没有什么相关的规定或限制。最后，改革方案便

不了了之。

伦敦政府想要通过与下辖行政区（也就是发电厂与供应商）合作购买更多剩余电力，主导简化发电执照手续的改革。这一决定有望使伦敦市在2025年以前吸引超过80亿英镑（128亿美元）的投资来完善电力设施建设。

现在，大伦敦地区辖区内的几个热电厂已经在向其他地区的电网输送剩余电力，但由于没有得到相应的收益，许多电厂已经被关闭。

大伦敦地区辖区内的哈林盖市议会曾对两个区县内的热能网络进行了相关的研究，以确定这种运营模式的可行性。大伦敦地区政府予以协助并发现，假定以大宗价格购买来自热电联产电厂的剩余电力的话，要实现这一转型则需要大量的资金，然而这个资金缺口并无法弥补。但是，如果热电厂将剩余电力输入到电力销售市场之中，所产生的这部分收益就可以弥补大量的资金缺口，而且还可以刺激私营企业参与竞争。换句话说，随着市场结构的改变，民间资本更倾向于以这种方式参与到能源市场之中（Davidson，2013）。



案例 4.4

耶烈万市 (Yeravan)：通过组合型税收促进高效和实用的热能生产

在过去 20—30 年里，耶烈万乃至整个亚美尼亚的热能供应都发生了巨大的变化。这个国家本土没有化石燃料资源，直到上世纪 90 年代经济和能源危机席卷而来之时，亚美尼亚的区域热能供应网还需要通过进口天然气提供其 90% 的民用和公用热能。然而，到 1992 年，市政区域供热彻底消失了。

上世纪 90 年代初期，天然气进口价格的频繁波动迫使亚美尼亚人民各自寻求解决之道，他们开始使用木材、煤油和昂贵的电力进行供热。

从 1996 年开始，天然气供应有所增加，主要能源的价格也开始转由市场主导。但由于区域供热系统的可靠性低、缺乏维护以及大量的热损失（在埃里温的阿万区热损失率高达 50%）等因素仍旧没被启用。而其背后最主要的原因是亚美尼亚的代收货款利率极低（消费者倾向使用小型天然气炉和电）。2006 年的一项评估指出，亚美尼亚中央供热生产部门（运用现有区域供热管网）生产的热能比用小型天然气炉生产的要贵出大约 60%。进行这项评估时，联合国开发计划署（UNDP）正在开展全球环境基金（亚美尼亚项目）针对提高市政热能生产和热水供应中的能源利用率的建设。

这个重要的项目有望为埃里温（乃至整个亚美尼亚）的区域供热管网提供大量的、比小型天然气炉生产的更安全、更廉价和更可靠的热。阿万，埃里温下辖的一个有着 32000 居民的辖区，被选作这一项目的试点。阿万的区域供热管网早在 2003 年就停止了供热（热水供应则在 1994 年就停了），而且之前其运转效率只有设计时的一半。当时的热能供应格局以及有限的市政拨款清楚地昭示着，这项改革必然要借助民间的力量。

为了在规避商业风险的同时又吸引私人投资，UNDP 全球环境基金项目组建议亚美尼亚有关部门监管电力和热收费。热收费须要经过实地的市场调查之后来确定，从而确保此热价远低于私营工厂产热的成本，进而保证整个辖区内的供热管网网络能够更最大限度地连通起来。热价是多方面的，这样有助于减少用户的消耗，但对于供应商而言，组合型税收确保了管网并网时的多种花费可以得到抵消。电价在计算过程中涵盖了所有的相关收入，可以保证私人投资获得预期的回报。最终得出的电价是反馈式的，其水平和亚美尼亚边境上的火电生产价格基本相当。

UNDP 项目组认为公私合营的体制最有利于减小商业风险并降低未来热价。公有资产将拥有合作项目的所有权，但也必须扫除体制上的障碍，为私人投资创造良好的环境。耶烈万的市政部门采纳了这一建议，为新的热能供应商提供了自由的投资环境。

开发过程中，一个重要的部分是如何恢复一些公寓中已经弃用的管网，同时又在另一些公寓中建设新的管网，然后使他们连接起来。这样的工程一般都需要软贷款，并只能通过独立的税收来偿付。除此以外，由于历史上当地区域供热系统的糟糕表现，居民们多对其心存疑虑，因此对当地居民展开针对区域能源的公众意识宣传活动同样至关重要。况且有关部门还必须说服当地民众，让其相信热价今后会长期维持在较低水平。

整个项目一期阶段预计将连通约 10000 户家庭，完工后每年可节约电能 50.2 亿瓦时，相当于减少二氧化碳排放 1.02 万吨。2006 年，热能生产公司 ArmRusCogeneration CJSC 获得了这一项目的拨款，不过其股份大多由外国投资者所有，耶烈万市政府只拥有一小部分。

（资料来源：联合国开发计划署，2012）



亚美尼亚耶烈万市阿万区

（区域能源技术）定价机制的潜在问题是区域能源公司并没有被要求进行创新并减少成本。即使选择区域能源系统也并不能降低成本，尤其是当下一代替代技术所使用的能源与既有区域能源技术所使用的能源相同时。例如，当天然气热电联产较为普遍时，针对居民天然气价格给区域供热定价将会使这种商业模式更合理。或者，针对民用电价给区域供冷定价，就会使得电制冷机的商业模式显得更合理，反而排除了其他的、可能更低碳的技术（如吸收式制冷机）。这类问题有很明显的国家差异性，所以每个国家必须通过对比可替代技术与价格结构的缺点，来衡量该种定价的益处。

在挪威，区域能源的定价要比作为替代技术的电力供热低。在这样的制度安排下，区域能源企业在授权地区获得垄断权，才能够实现成本的降低（见案例4.2）。在新加坡“2011年区域供冷法规”中，新加坡滨海湾区域供冷区的所有商业建筑都被强制要求入网，而且税费控制措施避免了超过冷凝水成本的税费。新加坡的这些区域供冷运营商被允许根据其投入资金获得相应的基本收益；然而，一旦开始有损失，整个系统就会有大的经济压力，任何在基本线以上的收益都要在运营商和用户间均分。因此，用户才敢于做长线投入，这也能降低新建项目的前期风险。越南通过施行多税费结构获得了许多消费者对于区域供热的支持，所谓多税费结构，即与使用独立式天然气锅炉进行同等定价，并通过收取浮动的费用来鼓励能源节约。

• 间接地通过限制收益以及直接通过成本来影响上网定价。这种定价机制的一大益处就在于，当区域能源比替代技术的成本低时，消费者会把钱用于能源花费。然而，如果区域能源费用较贵时（比如当天然气价格下调时），消费者就可能把钱投入下一代替代能源了。

在丹麦，国家政府决定了哪些成本可以从区域供热价格中回收，然后会从消费者处征收这些费用。如果一位消费者需要独立承担一笔费用（例如新用户的入网费），那么区域供热公司必须确保这笔费用是固定的。虽然这种入网模式可能比较公平，但却会增加能源费用中固定费用相对于浮动费用所占的比例，继而打消了用户节约能源的积极性（Chittum 和 Ostergaard, 2014）。国家监管使得区域供热公司的收费相对公平，也可以避免企业将非用户成本转嫁到用户身上。不仅如此，由于每年区域供热公司都必须公开固定成本和可变成本的明细，消费者自己也可以估算他们应付的税费（Chittum 和 Ostergaard, 2014）。

（对比于设定为下一代可替代技术的价格）将成本转嫁给消费者的税费制度意味着丹麦的消费者能够享受到区域能源较其他技术更为优惠的价格，丹麦区域供热公司有94.4%的热能将被以低于其他技术的价格提供给消费者（Chittum 和 Ostergaard, 2014）。丹麦对区域供热企业收益也有所控制，即限制这些企业收益，要求他们将多余的收益用于降低供热费用。日本在供热价格上也采取了类似的政策。在日本，热能供应法案规定了税费以提高初始成本，而且价格的制定要得到中央政府的允许。这使得价格不是很灵活。在加拿大的不列颠哥伦比亚省，区域能源设施由不列颠哥伦比亚公共事业委员会负责，以确保资金结构和收益平衡，从而限制了这些公共事业公司的收益。这也意味着对征收一定的平均税费。在温哥华，这种形式的政府所有制意味着税费结构是透明的，从而鼓励区域能源网络发展（见案例3.1）。

• 不规范的税费。在国家政府缺乏对税费的管理机构时，地方政府仍能通过积极参与以及对城市区域能源的所有权来影响税费。具体则是通过在税费上的让步，或者是用能减少成本的公有制，亦或是降低收益来减少税费（见案例3.2）。

在有些市场，竞争机制被认为可使供热能源的价格保持在较低水平。然而，因这类合同期可能长达五年之久，消费者还是需要得到保护的（GLA 和 Arup, 2013）。虽然区域能源价格可指定的比其他单一供热/供冷技术成本更低，但能源管网接口并不是消费者的资产，即使他们已经拥有这些设备，甚至为之付费，十年之后的锅炉或者空调的所有权还要按照定价公式核算。与消费者相关的合同标准应该有所改善，并提供相关咨询服务以帮助消费者做出最合适的供热选择。

《伦敦区域供热手册》中有针对替代技术成本制定区域供热价格的相关推荐（GLA 和 Arup, 2013），而英国的主要替代技术是天然气锅炉（本报告对区域供冷价格也同样进行了介绍）。这些价格在未来不太可能被严格管控，并且不同的区域供热公司还可使用不同的价格结构。因在伦敦强制入网不太可能，又必须发展区域供热，且由于大多的热能都来自于燃气热电联产，所以这样的模式可能会运转的很好。未来，随着伦敦脱碳化供热的进一步发展，特别是当区域供热价格与天然气的价格差别很大时，不同的价格结构还会出现。

在一些对能源消费（如电力、天然气）进行补贴的国家，相关机构都必须对这些补贴开展详细计划，而且还应考虑在区域能源价格中对其有所体现。例如在一个有区域供冷的国家，如果对居民用电进行补贴，而且使得居民用电开支很低时，那么：1) 就应该考虑将这样的低电价与区域供冷的价格相平衡，以保持区域供冷的竞争力；2) 电力税费的低廉也应该惠及区域供冷运营商，或者也间接给予区域供冷项目以补贴，从而激励电力的高效使用。

4.4 纵向整合

纵向整合法，常被视为优化项目管理、协调并监督不同级别政府的次国家级的或多元共治的方法。无论何种政体，从国家或联邦层面，到州或省级层面，包括地方层面，这种管理方式都是必不可少的。考虑到各级政府都有不同的责任与义务，在不同层级政府间协调的高效纵向整合管理方式则尤为重要，特别是在解决气候变化问题（减缓和适应）、可持续发展、能源安全等方面。

低碳排放项目的发展过程中，新型多元共治模式在确保各级政府及时参与以及加强各有关方面的积极性上是必须的。纵向整合还直接关系到对“可测量、可报告、可验证（MRV）”项目及其效果的改善。所谓MRV，旨在增加公众对数据、过程和效果的信心，并保证数据的

透明度。

随着地方政府可通过利用更加广泛的项目引导和推动国家政策计划区域的发展，区域能源系统的各方参与水平可以更为高效。这其中就包括了通过参与开发策略、规章制度和政策制定、城市空间规划、财政的奖惩措施等对市场发展的支

持、对利益相关各方的协调等等。

地方政府的举措常常能弥补甚至超越国家层面制定的政策。相反，国家政策又常常把一些次国家级的项目当作国家政策的蓝本（REN21, 2014; Leidreiter 等，2013; NREL, 2010）。克莱斯特彻奇的区域能源技术和政策展示项目就是一个用于以后扩大规模至全新西兰的实验平台。中国正在进行地区层面的碳排放交易试点，为将来在全国范围全面推广做准备（Song&Lei, 2014; Climate Institute, 2013）。另一方面，欧洲的许多国家和地方机构也在致力于推动区域能源项目以实现他们的（能效）目标，正如4.1节和4.2节所示。

在实现国家战略方面，各城市也变得越来越重要，这些城市在对纵向整合以及国家政策的规划、发展等方面都起着不可或缺的作用。亚太经合组织（APEC）正在推行“低碳城市”的项目，目前将中国天津的于家堡、泰国的苏梅岛、越南的岘港作为研究试点。在2013年，分别来自巴西、印度、南非和印度尼西亚的8个模范城市，开始运用由“倡导地方可持续发展国际理事会（ICLEI）”为地方政府所设计的一些方法来制定“低排放”发展策略。通过这些方法，许多城市都在探索更多新道路来推进新的气候经济机制，从而促进现行的经济体制以及发展国家的发展，这其中就包括“国家适当减缓行动”（NAMA）。



2011年地震后正在进行修复的新西兰基督堂市地标建筑胜利纪念钟塔

● 4.4.1 为地方政府而进行“国家适当减缓行动”

2010年，联合国气候变化大会在墨西哥坎昆举行，会议通过发展中国家应该执行MRV“国家适当减缓行动”（NAMA）的决议。“国家适当减缓行动”即是指那些在解决国家发展需求的同时，降低温室气体排放的发展措施。任何一个NAMA行动都包括一项专门的项目或者措施，用以在短期内减少排放，它同时还可能包含一些用以减少长期排放的政策或者研究项目。

虽然地方政府以及省政府在缓解气候变化方面举足轻重，但是目前仍然缺少在多级别政府合作促进NAMA方面的可复制性成功经验。这其中就包括关于城市如何调整气候财政以支持地方政府承担任务的策略，比如能源政策，它能带来巨大的、无法货币化的国家减排效益，但这需要当地政府具备一定能力并提供相应资源。在区域能源的实例中可以发现，中央政府开始通过提供激励因素作为对公共利益的回应（见4.1节、4.2节）。然而，地方政府、省级政府、中央政府在综合优化以及实现共同政策目标方面依然困难重重。

有两个实验方案正在南非（见案例4.5）和印度尼西亚进行，这两个实验的经费来自于德国联邦环境、自然保护及核能安全部（BMUB）的“国际气候倡议”（IKI），并由德国技术合作公司（GIZ）实施，他们会提供一些初步的经验来解决这一问题。该BMUB-IKI项目下的“纵向国家适当减缓行动（Vertical-NAMA，简称V-NAMA）”将会通过成本效益较高的激励方案以及MRV系统，来支持发展中国家政府动员其地方和省级政府实现国家（气候变化）减缓目标的努力。

● 4.4.2 对于V-NAMA的初步经验

最初的经验来自于印度尼西亚和南非在BMUB/GIZ项目的两个实验性V-NAMA，它们就包括：

- 国家层面V-NAMA的所有权。虽然V-NAMA的核心是在NAMA进程中融入并激励地方政府，但第一步还是把V-NAMA置于国家机构和气候战略的大环境中。

- 对V-NAMA的所有权是在国家级不同机构间共享，即NAMA开发牵头机构和各相关部委间。这是一个复杂的工作，它会花掉6到12个月去制定一个有效的机构安排。在印度尼西亚，国家发展规划部（BAPPENAS）作为负责NAMA发展的部门，它会领导公共事务部门（PU）为解决城市固体垃圾而发展V-NAMA。最后，其他的部门也会介入，比如环境部（KLH）就涉及到垃圾回收以及MRV事务，能源部就会涉及到垃圾转能源事务。

在南非，环境发展局（DEA，负责与NAMA发展有关的所有事务）就会与能源局（DoE，负责能源效率，以及对市民的需求管理支持机制）、公共事务局（DPW，拥有公共建筑的所有权，并负责制定建筑标准）合作，以致力于在各级政府中为提高公共建筑的能源效率而发展V-NAMA，其中的主要关注点是省会或大都市中的建筑。在DoE和DPW间建起了一支专门负责建筑能源效率的小组，他们会使得整个项目顺利进行。这里有必要对国家级机关在推动V-NAMA发展方面的角色进行一下阐释，即：他们并不是直接受益方（次级国家机关才是真正受益方）。

对于参与到V-NAMA实验项目来的次级国家机构的选择是自上而

下的，但其实没必要这样。一旦对机构安排达成一致，国家级的部门就会让次国家级的单位参与进来，并对各种技术性的、实验性的标准进行运用。对于未来的V-NAMA，需要考虑更加具有竞争力、更加透明的过程，对次国家级单位的选择要基于他们的积极性，因为这体现着他们对项目投入的愿望，也体现着减少温室气体排放的潜力。而且在制定极具竞争力的机制方面的经验，也可以运用到其他国际项目上。

- V-NAMA方案：将国家气候战略在次国家级机构中运作。在印度尼西亚，V-NAMA被视为减少温室气体排放（RAN-GRK）的一种国家战略，然而这种看法在省级（RAD-GRK）不成立。V-NAMA正在以一种系统化的方法为参与城市测试各种方案，例如通过设立当地的V-NAMA协调机构，它可以与中央和地方的机关紧密合作，还能进行多方的经验交流。在南非，V-NAMA被视为气候变化国家级响应战略中能源效率的气候旗舰项目之一。V-NAMA项目为印尼环保局（DEA）提供了首次实践并探索如何建立MRV机制的机会，这其中包括在地方级对气候变化的从下至上的报告机制，这一经验值得在未来的包含次国家级机构在内的NAMA项目中进行推广。

- 作为基金机制的V-NAMA：为次国家级机构建立气候金融机制。中央政府不断地拿出他们包含NAMA在内的气候项目，因为伴随这些项目的气候金融机制也需要相应的发展。参与其中的省级和市级单位都希望通过V-NAMA来获取一些额外的资金，以实现他们的首要目标。在地方，只要有切实的利益，而且获取它并不困难的话，那么区分气候金融和“常规”预算的红线，以及区分国内或国际来源的红线，都会变得模糊不清。

案例 4.5

南非的 V-NAMA 项目：地方与国家相互扶持达成共同目标的模式

2009 年，南非政府决定到 2020 年要实现全国减排 34% 的目标，这一数字到 2025 年更是要达到 42%。作为对气候变化的有效回应，南非政府在 2011 年批准了“国家气候变化响应白皮书”项目，其中介绍了 8 个近期的优先旗舰项目。而 V-NAMA 公共建筑能效相关项目，也成为了能源效率与能源需求管理的旗舰项目。

在德国联邦环境、自然保护、建筑和核安全部（BMUB）国际气候倡议下，德国国际合作公司 GIZ 与三个德国部委、四个省份（东开普、自由州、豪登省、夸祖鲁）和九个城市展开了相关合作。近 75 幢公共建筑，包括行政楼、学校和医院，都建设了测试平台，以实施能源效率措施、MRV 系统以及商业模式，以减缓温室气体的排放。搭建的 MRV 系统将会基于南非能源领域现有的汇报机制。“南非公共建筑项目中的能源效率”V-NAMA 包括了资金和技术两个方面。在资金方面，希望建成由南非发展银行（DBSA）主管的能源效率基金，以确保对国家拨款的高效使用。这一基金将以创新补贴机制（如逆向拍卖，竞争性赠款，绩效补贴，预可行性研究）向那些对能源效率进行高效管控的省、市提供优惠资金。资金方面的另一个计划中的附加服务是向省、市提供集中式采购和通过初步认证承包商等等。

而技术方面则分为政策和机构的能力。政策的建立是为了给私营企业能在公共建筑能源效率方面投资创造有利条件，也是为了在公共建筑方面引入绿色建筑标准。政策中很重要的一部分就是允许私营企业通过能源服务公司来进行投资，比如通过公私合营的节能服务公司（ESCO）。因此，在政策方面最重要的就是建立标准化的运营方法（比如手册）来与 ESCO 签订 3 年以上的合同，就目前而言，这对南非各省及其各大城市仍是一大挑战。

机构能力则包括了建立机构来给市民们提供服务。因此，越没有经验、越小的城市就越能得到能源效率方面的建议、采购机会和 MRV 要求等等。能源效率管理为各省、各大城市提供资金以及发展项目。机构能力的另一方面是要建立绿色建筑项目管理办公室，在政府的不同部门中进行倡议、交流、促进可持续建设。

在获得国际或国内资金支持后，公共建筑能源效率项目会将能源效率技术措施应用于近 1000 幢建筑中，将实现每年减少 10 万兆瓦时的电力消耗。此外，还可在五年后减少 9.5 万吨的二氧化碳排放。现在有两个替代技术已经发展起来，其他的选择也能够满足投资者的需求。该项目除了具有很高的效率外，还希望提供其他附加效益，比如减少能源消耗及相关费用，提高行政部门在建筑改造方面的服务质量，为不同地区和不同技能水平的人群创造就业机会，促进政府各部门之间相互协作等。



来源：由 Tobias Zeller 和 Prema Govender (GIZ) 以及项目合作伙伴国提供（2014 年）

更多详情请查询：<http://bit.ly/1wBHOzl>

南非已成立了一项能源基金，作为 V-NAMA 发展的一部分；而印尼则正在考虑如何改善城市垃圾管理能力的同时减少温室气体排放，相应资金由印尼气候变化信托基金为其提供。在这两个国家，因为要考虑到国家气候财政的问题，财政部或者国库已经成为了 V-NAMA 的重要出资方，例如如何将国家、国际、地方的资金进行融合，以及如何将气候资金高效地转到次国家级机构。

• V-NAMA 已经成为一个发起地方与国家通过当地气候行动而建立互信的“纵向对话”框架。中央政府与地方政府可以说是一种根深蒂固的相互不信赖关系（比如地方政府会把气候资金挪作他用；中央政府则是在资金的优先级别上摇摆不定，而且还在没有任何技术能力的情况下进行微管理等等）。这就导致了计划执行（如没有中央部门支持而进行的地方行动）无法达到最优。不仅如此，国家政府对现状以及对地方政府优先领域的不了解，也会导致很难去计划国家支持的项目，从而在地方面临着失败，例如地方政府没有能力可持续地运作对基础设施投资的津贴。

所以 V-NAMA 实验项目为中央和地方进行了一个很好的角色转换，中央政府要能够了解到地方政府的优势和极具创造力的解决方案，而地方也可以了解国家政策和国际援助中的限制因素。通过这样的交流平台也促进了信息在各政府部门间以及与气候行动相关的各市级单位间的流通。目前将这种机制制度化，使之独立于 V-NAMA 团队的过程依然面临挑战（该团队的作用是通过不断的沟通、研讨和能力建设得以保持并活跃此类对话机制）。

V-NAMA 是私有企业参与到当地气候行动的有力推动者。气候变化的财政目标不仅支持地方政府，还需吸引更多私有企业参与到能源服务中。例如在南非，V-NAMA 就首次为私有能源管理公司参与其中而提出了“能源收益分享模式”，通过这一模式该公司为城市建筑的建设进行了投资。其目的就在于当试点项目获得启动资金用光后，仍然能够保证 NAMA 项目有资金维持项目运转。

● 4.4.3 V-NAMA 在区域能源中的潜在运用

将 V-NAMA 运用到城市的区域能源项目是一个尚未经过实验的全新举措。正如之前所述，区域能源在减缓温室气体排放方面具有实质性的潜力，也只有当地方政府能作为积极的建筑所有者、管理者、以及垃圾能源供应与需求的协调员时，这一潜力才能够发挥出来。与此同时，在为入网管理、能源价格设定、衡量辅助服务（如储存容量）等建立透明标准方面，中央政府起着至关重要的作用（在某些国家是省级政府）。因此，为了给区域能源项目吸引公共投资和私人投资创造一个良好的环境，在管理上的垂直整合以及相应的激励机制将成为先决条件。

在发展中国家，其中一个激励措施就是可以在 V-NAMA 机制下将气候资金用到区域能源的投资上。在此影响下，许多城市可以与中央政府的 NAMA 相关领导机构进行接洽，共同为区域能源 V-NAMA 建立广泛的运作框架，从而规范中央和地方中的利益相关各方（其中包括：分管能源、建筑、固废的国家部门和市级机构，以及能源公司和私有企业的代表）。

可行性研究需要对减少温室气体排放的能力、各种运作模式的经济性以及各城市的特殊环境所做的最优设计进行详细论证。在这些结果的基础上，NAMA 提案就能够成为一个集政策体制、能力建设、国内国际及私立气候资金融合等方面于一身的综合示范项目。



在南非德班举行的多利益相关方会议讨论 V-NAMA 项目



到 2050 年，印度约有四亿人从农村迁移至城市居住，随之而来的供冷需求将给当地电力系统带来巨大压力。在孟买，约有 40% 的城市电力用于供冷服务。印度古吉拉特邦国际金融科技城（GIFT City）正在开发区域供冷系统，将其作为示范项目进行推广。



第五章

未来之路：确定下一步行动以加速区域能源的实施



05

本章内容：

- 5.1 为何做？
- 5.2 何时做？
- 5.3 做什么？
- 5.4 如何做？
- 5.5 结束语
- 5.6 未来研究领域

主要结论：

作为本报告的成果，“决策树”通过对区域能源不同发展阶段、工具和最佳实践案例进行分析，可为地方政府提供因地制宜的指引和咨询。本章将着重介绍“决策树”、政策干预的关键领域和与本报告配套的网络工具所提供的具体措施。本章还将概述了由 10 个关键步骤组成的政策和投资线路图，以促进城市区域能源的开发、现代化和推广应用。

决策树由四个部分组成：

为何做？

为什么选择区域能源？能源需求是什么？下一代区域能源技术的部署成本是什么？

何时做？

应该何时开发区域能源？能够使区域能源从理想走进现实的关键驱动因素是什么？

做什么？

城市在实施区域能源发展战略的初期应该采取什么措施？

如何做？

城市如何培育和发展区域能源？
激励机制、政策框架、商业模式和价格结构如何能够最优地服务于区域能源的发展？

5.1 为何做？

很多的城市都在探索如何将区域能源作为实现多种政策目标的途径之一。本节从供热和供冷的需求和成本两个方面阐述了这些城市为什么选择区域能源。5.2 节基于对诸多政策驱动因素的分析，探讨了城市在什么样的情况下会考虑发展区域能源。

● 5.1.1 供热和供冷需求

随着供热供冷需求日益增加，导致国家和城市层面的基础设施和资产投入预算需求越来越大。所有的城市都有一些未被充分利用的低成本能源，可通过区域供热和供冷系统整合利用。区域能源可以收集利用废热，并尽可能高效地利用一次能源。

如果城市供热供冷的需求较高，并且某些区域的能源需求强度非常大，那么这些区域的能源供应问题最好通过区域能源的方式来解决。如果城市供热供冷需求不是很高，或者只有很少的区域存在高强度的需求，则可开发的区域能源潜力要小很多。

● 5.1.2 替代燃料的成本和供热供冷技术

一个城市当前供热供冷所采用的技术可能会对区域能源的成本竞争力产生影响。例如，从动荡的国际市场进口天然气可能导致电费和燃气费过高且不稳定。区域能源系统可以并网任何未被充分利用的能源和热源，处于区域能源系统中燃气热电联产工厂与单一的燃气供热厂和燃气发电厂相比，能够减少城市天然气进口，降低外部能源价格不稳定带来的冲击。此外，集中燃气供热与分散的燃气锅炉相比，可以更加容易地实现燃料种类的转换。

如果电力（无论便宜还是昂贵）在城市供热供冷中占有较大比重，区域能源能够避免电力基础设施（发电厂、电网）的投资，减轻电网负荷，特别是在电网负荷紧张的区域。举例来说，区域供冷可以显著降低城市电力需求峰值。在高峰时段，价格昂贵的电厂不得不运行，而区域供冷可以减少这类电厂的使用。对“火炉”城市来说，由空调制冷带来的电力需求高涨业已成为一个严峻的问题。

相反，如果城市不利用电力进行供热供冷，那么用于城市居民电力供应的开支就会下降，这部分节约资金可以用在其他更加有价值的活动中，如提高对偏远地区的供电能力、以更高的价格将电力出口到其他国家或者销售给电厂。奥斯陆具有非常丰富的水资源，当地政府仍然决定将水电用于制铝业，而不适用于供热和供冷。区域能源可以是供热生产在单个建筑之外的地点以更加清洁、更加有效的方式进行，提升当地空气质量，减少排放。



独立式空调（上图）和燃气炉（下图）是两种可用区域能源替代的技术。

5.2 何时做？

“我们正在多伦多大学庆祝区域能源理念提出 100 周年，我们得出的结论是：如果您拥有物业并且正在为其使用的能源买单，那么你就可以考虑这个 100 年前提出的解决方案。我们现在面临的政策挑战是如何将这一模式应用于城市的其他地方。我们采用了多元化措施，如确定不同的潜在区域分布、开展试点示范项目等，这使得我们随时做好准备，当有好的机会时，便可以快速行动。区域能源的多重效益使得它可以作为应对多种危机的解决方案。”

——费尔南多·卡罗，多伦多市，2014

根据本报告我们可以了解到，随着城市整体科技和经济水平的发展，区域能源应用的驱动因素也在不断的变化。在城乡统筹发展完善的城市，这些驱动因素已从空气质量、能源独立性到可再生能源的综合利用、一次能源使用效率等方面显现。在历史悠久的城市中，保障居民廉价暖气供应等历史因素依然在发挥作用，但能源自给和效率正逐渐成为现代化的重要驱动因素。对新兴城市来说，驱动因素包括提升能效和保障能源供应，区域能源能否应用与当地目前的供热制冷技术有关，同时与区域能源能够带来的环境和经济效益有关。

根据对地方政府和利益相关者的调研结果来看，区域能源是解决上述问题的重要途径之一，但是在具体落实上，仍需要等待时机。起带头作用的示范城市的出现或者外部事件常常会促使区域能源的应用。在大多数情况下，外部事件的发生可以为区域能源建设和现代化提供支持或者区域能源作为应对这类外部事件的手段而诞生。

当所有的条件都具备以后，城市需要制定行动计划和实施方案。接下来，决策树的“做什么”和“如何做”部分可以帮助地方政府结合当地资源、特点和权限等具体情况，因地制宜地制定必要的措施。

在 45 个示范城市中，区域能源应用的驱动因素包括：

驱动因素	范例
■ 能源稀缺	3.2 伦敦案例 (参考维尔纽斯在线案例)
■ 减少高峰时段电力的需求	3.12 路易斯港案例
■ 实现能源强度的目标	表 2.2 香港案例
■ 减少排放	3.7 鞍山案例
■ 极端的气候事件和自然灾害	克赖斯特彻奇的地震 (2.3.3 节)
■ 废弃物管理	3.3 卑尔根市案例、 表 1.1 圣保罗市
■ 地缘政治导致的能源价格波动	1.4.2 韦克舍市 (在线案例研究韦莱涅、 表 1.4 哥本哈根案例)
■ 社区工作	3.5 多伦多案例
■ 新区发展或重新开发	3.6 迪拜案例
■ 工业活动	2.15 鹿特丹案例
■ 现有系统的紧急维护	2.5 博托沙尼案例
■ HVAC 系统	参见的西雅图的在线案例
■ 国际资金支持和能力建设项目	4.4 耶烈万市 (Yerevan) 案例
■ 提升建筑能效	表 2.2 阿姆斯特丹案例
■ 实现 100% 可再生能源的目标	表 2.2 法兰克福的目标

更多讨论请参见 1.6 节

5.3 做什么？

● 5.3.1 制定能源战略和区域能源相关目标

正如在 2.2.1 节所讨论的，在能源战略中对区域能源具备的收益进行清晰的分析至关重要，因为这将达成共同的目标，促进不同利益相关方之间的合作。

首先，城市需要对其能源使用和能源需求进行整体分析，以了解如何最优地实现社会经济目标 and 环境目标。这样的整体分析必须包括对当地供热和供冷的评估，具体来说需要回答以下问题：供冷消耗的电量是多少？在时间序列上是如何分配的？供热（不包括家庭烹饪）消耗的天然气、石油和木材是多少？（详见 2.2.1 节）

这项评估可以评价能源技术对空气质量和 CO₂ 排放、电网约束、化石燃料的自给能力、能源的经济适用性的影响，识别潜在的能源技术，促进城市发展目标的实现。对很多城市来说，包括区域能源在内的能源技术是成本效益最好的解决方案。

这样的评估将促进城市制定能源战略，清晰地回答区域能源在落实发展目标中的作用，如到 2020 年，可以减少多少天然气的进口？如何降低城市电力峰值负荷？到 2020 年，供热可以贡献多少 CO₂ 减排？根据这样的能源战略，可以相应的制定区域能源相关的目标。这一目标可以随着城市区域能源的发展而不断更新。



在一个新的市场上，从减排等宽泛的能源目标到整个城市层面的区域能源发展目标，都是城市在学习和发展的过程中逐步实现的。由于目标和战略都会随着时间不断变化，从试点示范项目总结的经验和教训，可以为区域能源的发展提供借鉴（详见下文能源分布的相关内容）。

在制定发展能源战略和区域能源相关目标时，城市首先需要能够完成供热供冷评估，如收集和分析供热供冷需求、能源强度、资源特点等方面的数据。这项工作要求协调不同利益性相关，但与研究能源分布（详见下文）相比，难度不高。评估工作可以从国际和国内获得资金和支持，特别是对于发展中国家的城市而言。这项评估可以帮助我们更好地了解城市的基础能源数据（年人均天然气消耗量、空调的大致数量、供热天数等）。

通过城市之间的比对，城市甲可以找到另外一个与之具有相似的能耗数据结构的城市乙，城市之间的能源发展战略（如方法论、推广措施等）都可以进行分享，最佳实践案例也可以互相借鉴。城市之间的对比，如将示范城市和潜在推广的城市进行比对，是全新区域能源倡议重要内容。

● 5.3.2 参与能源分布研究

建立在城市供热供冷评估、利益相关方的参与和机构之间的协作基础之上，为城市开发出供热供冷的分布图，是关键的成功经验之一。正如 2.2.2 节中讨论的那样，第一步就是收集供热制冷需求强度较高地区的余热、可再生热源、免费的供冷和输送基础设施等当地能源资源的空间分布数据。这可以帮助识别可开发的单独项目、未来潜在的并网管网、未来的增长点和需要的政策环境。对于那些缺乏资金而不能开发整个城市的能源分布图的地方政府，能源分布研究可以先集中在某些高潜力的地区，如中央商务区或者新开发区域。

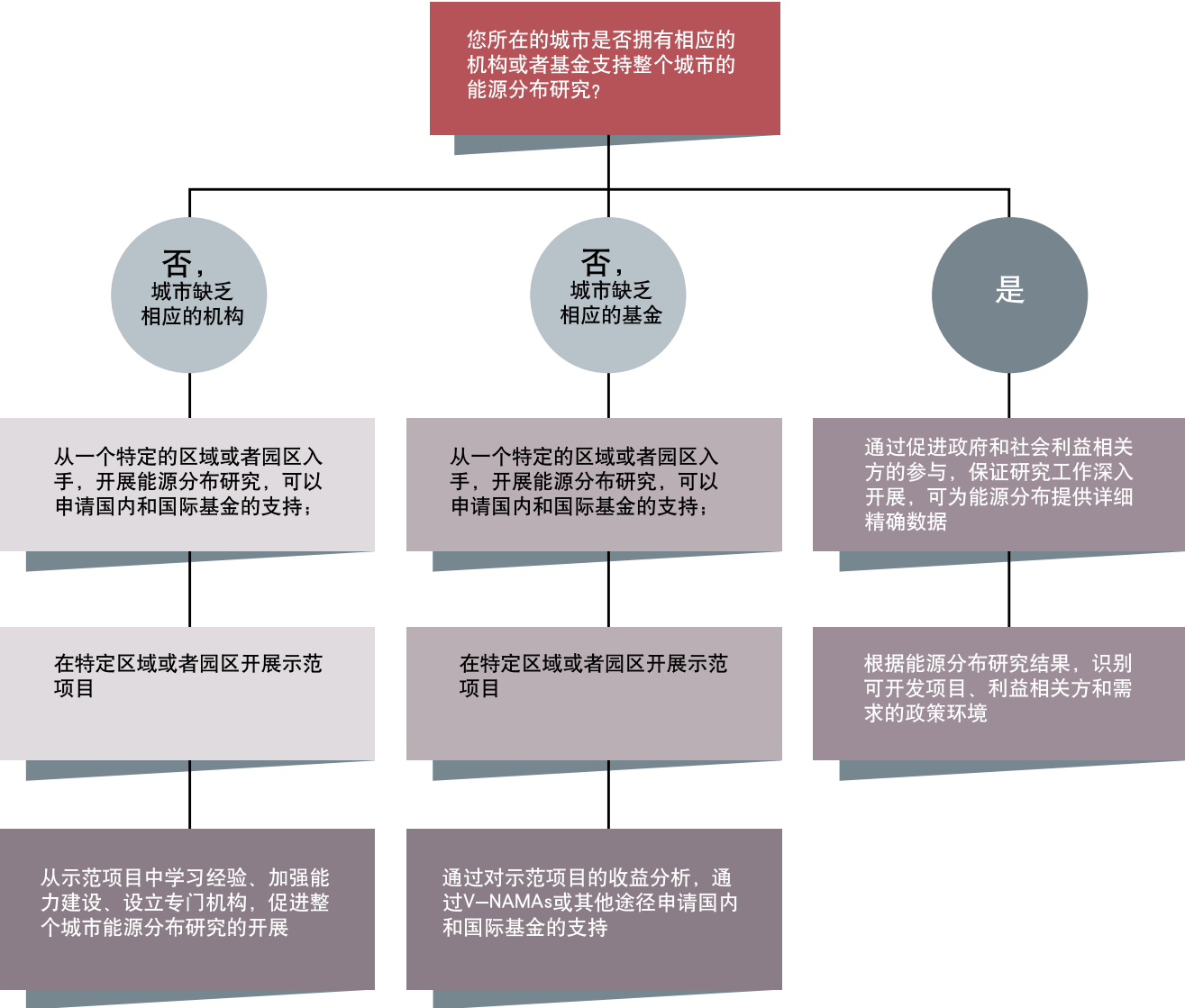
最佳实践通常从建立诸多利益相关方协调之间的协调机构（详见 2.5 节）和利益相关方输入使用数据开始，这些利益相关方包括公共事业单位、公共建筑业主、地产协会等。当城市不具备类似的机构和组织进行能源分布研究时，可以考虑以下选择：

- 在规划、协调和项目开发中采用政府和社会资本合作模式。通过对潜在收益和共同目标进行分析，促进社会资本参与区域能源的推广应用，帮助制定战略和能力建设（参见 2.4 森纳堡零碳项目）。

- 识别城市供热供冷需求较高区域，如商业区和新开发区域，这些区域往往具有较好的经济可行性。与社会资本合作，评估区域能源在这些区域能够带来的收益，共同开发能源分布图。潜在收益可以促进示范项目立项和融资（参见 3.12 章节路易斯港案例）。

- 只要将示范项目的潜在收益（如 CO₂ 减排、能源需求降低等）说明清楚，就可以考虑申请国内和国际上的基金支持（详见 4.3 节 V-NAMA），开发银行基金和欧盟结构型基金（详见 2.3 节）等（参见 4.4 节的 Yerevan 案例分析）。
- 通过示范项目的经验，展示区域能源的收益，带动更多投资进入整个城市的能源分布研究；
- 通过示范项目成立专门机构并负责能力建设，这对能源分布研究至关重要。地方政府可以随之扩大机构设置和权限，从示范项目中学习经验（参见 3.1 节温哥华案例）。

图 5.1 评估城市能源分布开发路径



5.4 如何做？

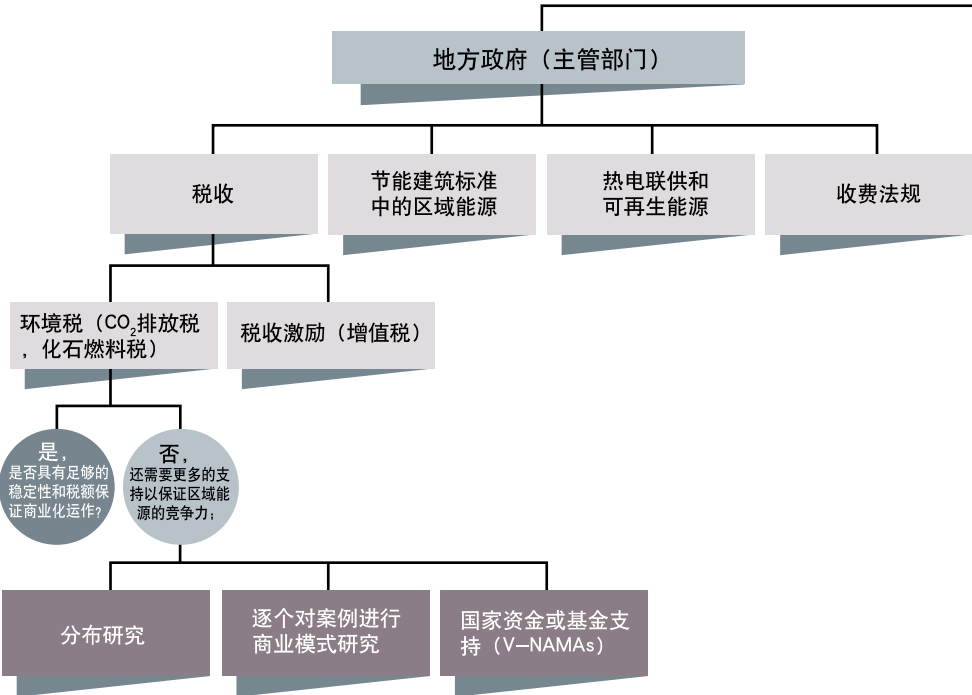
地方政府作为城市规划的制定者、立法者、促进者、提供者、消费者、协调人和倡议人，应该如何使用在线决策树做出选择？本节从发展区域能源不同选择、利用现有的政策工具等方面详细阐述了决策树的使用方法。其中一些政策可以通过国家法律法规和政策框架获取并在某种程度上已经被下放至地方政府手中。

从 45 个示范城市的调查结果来看，首要推荐的措施就是对国家在环境成本内部化和创建公平竞争环境方面的相关政策和驱动因素进行研究。从调研的城市来看，以下四个方面的国家政策具有最大的影响力：热电厂和可再生能源的驱动因素（参见 4.2 节）；国家税收减免（参见 4.2.3 节）；将区域能源融入到建筑能效标准中（参见栏目 4.1）；环境税（参见 4.2 节）。图 5.2 的决策树分析了潜在的不同种类的环境税（如 CO₂ 排放税、化石燃料税、

SO₂ 及氮氧化物排放税、颗粒物排放税）以及它们对区域能源发展的影响。在丹麦、芬兰和瑞典等北欧国家，环境税已经成为推行区域能源发展的重要策略之一。

环境税在其他国家可能还没有坚实的基础，环境税还不够稳定或者区域能源在社会经济和环境收益还不足以支持外部环境成本的内部化。正因如此，地方政府需要对其他国家的政策和驱动因素进行分析。这项工作内容包括：对项目进行逐个研究；与可以在区域能源中获益的

图 5.2 根据国家和地方规章制度发展区域能源评估决策树



不同利益相关方进行合作；将环境外部成本内部化在商业模式中可行；创造公平的竞争环境。这些措施也许不会使得区域能源达到北欧国家水准，或者说不能那么快达到，但它可以证明区域能源的理念是正确的。如鹿特丹的港口工业由于需要保证足够的供给而无法实施环境税政策，在没有地方政府支持的情况下，商业模式无法得到开发和应用。

分析城市的能源分布可以使得地方政府看到那些由于缺乏环境税而被忽视的收益。这些收益对于带动国家和国际上的投资非常重要。如果收益与 CO₂ 减排相关，那么对于那些希望获得发展区域能源资金支持的城市来说，V-NAMA 是一个合适的工具，这是因为 V-NAMA 需要对收益进行量化分析（参见 4.5 节以及 4.3 节南非的 V-NAMA 案例）。

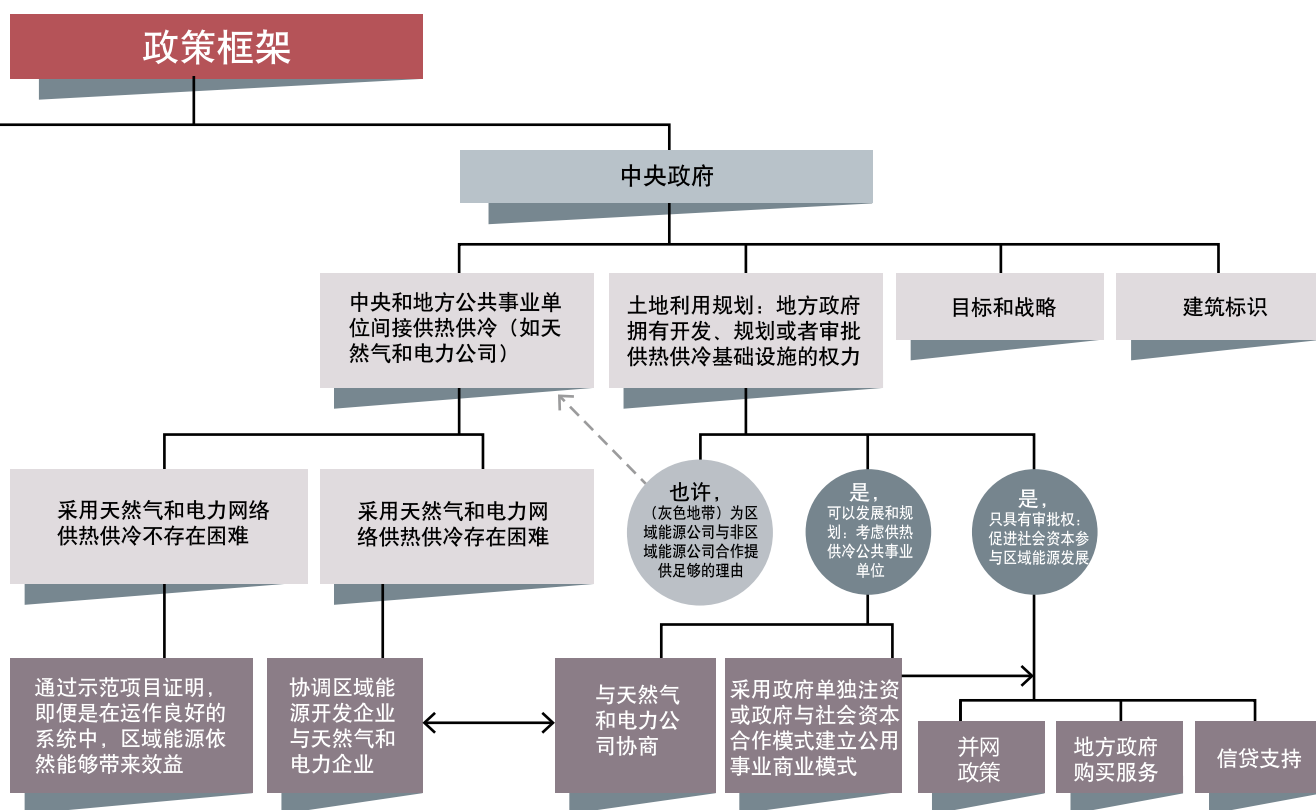
正如我们从最佳实践案例中所看到的那样，地方政府在研究国家政策框架的同时，需要对区域能源是否能够在未来与土地利用、基础设施规划整合进行评估。供热和供

冷基础设施与电力和天然气基础设施不同，它并不是根据国家或区域的基础设施规划来执行，而是最好由地方政府全权负责。地方政府应该如何干预规划和制定准入标准通常是处于灰色地带的问题。尽管国家或区域的公共事业单位（如电力供应商）并不与当地的供热和供冷直接相关，但地方政府仍经常需要与他们合作。这类合作应基于目前供热供冷对他们的商业模式的影响，如空调用电带来的电网负荷过高和区域停电等。在一些案例中，梳理出区域能源是如何缓解电网负荷过高或者由于更新和安装新燃气基础设施所带来的财政压力等问题，都可以促成有效的合作（如温哥华市与不列颠哥伦比亚水电站的合作、3.12 节路易斯港的案例和 2.11 鹿特丹的案例）。

如果能源基础设施是由地方政府来规划，那么地方政府可以考略将区域能源作为公共事业发展或者从多方面进行鼓励。其中一个重要的方面在下图的决策树中就有体现，如通过管网并网降低区域能源项目

风险，这样的并网政策可以是强制性的。

如果市政府决定采取强制的管网并网政策，那么其中重要的一点是要保证这项政策对消费者来说具有最佳的成本效益，可以通过价格和公共事业盈利透明化（如丹麦的非盈利供热公共事业模式）、税收减免使得下一代可用燃料更加便宜、让开发者证明城市规划工具所做出的决定具备最佳的成本效益（如伦敦和东京）、国家授权制度（4.2 节挪威案例）等方法达到上述目的。这些评估所采用的标准也同样重要。在欧盟，这些评估必须对现代区域能源系统做出全面的成本效益分析。完整的决策树和 45 个示范城市的案例研究都可以在网上获取。



5.5 发展区域能源系统的关键措施

图 5.3 的决策树呈现了政策制定过程中需要考虑的因素，提炼了 10 个支持区域能源的政策制定和投资路线图的开发的关键措施。根据不同城市具备的条件和需求不同，这些措施可以单独或同时采用。地方政府可以根据既有的区域能源政策和发展经验选择合适的措施。决策树可以帮助地方政府寻找可获得的政策和工具，因地制宜，制定行动计划。在此背景下，区域能源的发展包含新系统的建立和旧系统的升级改造。

能力建设贯穿于行动计划的各个部分。通过城市区域能源系统倡议中应用政府和社会资本合作模式，以 10 项关键措施为蓝本，可以为城市和国家提供定制化的解决方案。城市之间的对比，对接“示范城市”与“学习城市”。这种经验分享的模式是创新的区域能源倡议转型，为其他城市的榜样和扩大应用的重要途径之一。

图 5.3 发展区域能源的关键措施

1	评估既有的能源和气候政策定位、策略和目标，识别驱动因素
2	强化或者组建新的利益相关方协调机构和框架
3	整合区域能源战略进入国家和（或）地方能源战略和规划中
4	对地方能源需求和地方能源资源进行评估
5	决定制定相关政策需要考虑的因素
6	实施项目预可研和可行性研究
7	开发商业计划
8	分析采购的选择范围
9	促进融资
10	设置可衡量、可报告、可验证的项目指标

5.6 结束语：克服关键挑战，抓住机遇

为发展现代区域能源系统，城市需要克服诸多障碍和挑战。最佳的政策需要根据当地的具体情况制定，包括城市的社会、经济和环境发展目标、市场结构、人口规模和密度、资本投入、信贷评级、地方专家、既有的基础设施和能源结构等。下面是对于地方政府在发展区域能源过程中的主要障碍进行了总结，并且概括了实践中的经验和教训。

■ 对能源行业没有足够的行政控制：当地方政府没有权限管制地方能源行业或者在当地公共事业单位没有决定权时，那么地方政府可

以将能源供应和能效目标与发展规划、土地利用和采购政策进行整合，阿姆斯特丹、伦敦都市区政府、首尔市和东京都有相应的实践；

■ 治理水平不足和公共接受度不高：提高公众对于区域能源应用理念和技术理解，区域能源能带来的收益可以让市场充分发挥作用，

可行性研究、制定合适的政策、利益相关的参与、商业模式是开发、促进公众理解和接受等都可以采用市场化的手段解决，以上这些工作都可以帮助建立稳定的消费群体。这方面的案例有米兰的“咨询台”和法兰克福的能源所；与社会资本合作，发挥私营企业专家的作用（如鞍山）；开展试点示范项目（如温哥华）。

■ 利益相关方之间的协调与合作：一个强有力的领导者（通常是政府）可以引导消费群体并制定准入机制。地方政府可以设置协调机构以保证规划的整体性和综合性和（或）开发能源分布图，直观地进行交流，汇聚不同的商业开发合作方并反馈意见至规划中。阿姆斯特丹利用能源分布在不同的工业建立起合作关系，交换能源和数据产生的过量余热。

■ 可行性研究成本过高：地方政府如果在没有预算的情况下从内部筹集资金将面临较高的风险，并且可能无法偿还。东京和伦敦都市区政府的方法是利用规划部门的权力，将可行性研究交给地产开发商来做。还可以通过外部发展基金启动可行性研究工作，如路易斯港市通过申请非洲开发银行的海水空调项目（SWAC）基金获得支持。

■ 降低资本投资风险：对区域能源项目来说，资本投入主要用于并网终端建筑系统，因此区域能源系统应用的最大风险在于负荷的不稳定性。为降低风险，保证投资者的资金安全，地方政府可以制定土地利用和并网政策（如罗兹、韦莱涅），或者在优先级较高的区域和园区开展区域能源（如温哥华社区能源战略、香港街区供冷、新加坡滨海湾区域供冷）。为降低风险，节约成本，可以先将较小面积区域的系统进行并网，以后再逐步并网形成整个城市的网络，这一战略在哥本哈根市得到了很好的应用。这样可以使得系统可以随着负荷的增加而不断扩建（迪拜的区域供冷已开始这样做），降低能源需求强度不高的地区而带来的风险。亚伯丁市地方政府同样也可以提供信贷担

保；博托沙尼以杠杆带动国际投资；成立周转基金降低融资成本，特别是对那些具有较高公共收益的项目，多伦多市正是采取了这一措施。

■ 为余热定价：通过对管网并网和保障热量供应的成本核算，以税收减免的方式能够使得政府和私营企业的余热充分利用。这与可再生能源的固定回收价格政策类似——应尽最大可能消费不稳定的余热，但仅适用于预测参考而不能保证实际供应情况。

■ 调节税收政策以保护消费者：税收政策是区域能源政策的重要方面之一，可以保护自然垄断市场中的消费者。在某些情况下，地方政府可以通过特许经营模式与私营企业达成一致，以保证税收政策的实施。具体来说，可以采取以下政策：1) 直接控制区域能源供应价格水平与其他技术供能成本持平；2) 通过控制区域能源公司的盈利水平和可转嫁给消费者的成本进行间接地有效控制。

■ 现有市场结构和市场扭曲：市场扭曲（如化石燃料补贴）会对现代区域能源系统造成负面影响。当地政府可以改革补贴政策或者制定相应的货币政策和财政政策以创造公平的竞争环境，或设立周转基金为以公共利益开发的项目提供低成本融资，在资本收回以后还可以用于投资其他项目。

■ 多级管理和国家规定：与影响能源转型的其他因素相比，适当的政策框架是区域能源系统成功开发的关键因素。尽管许多系统建立的具体决定和方法可以也必须结合当地情况做出的，但多层次管理的协同一致是达到最佳效果的保证。地方政府的行动可以促进落实国际、国家和区域层面总结出的原则。利益相关方参与和协调程度不足是需要克服的另外一个挑战。下放权力尽管作为国际上广泛采用的手段之一，但是在发展中国家可能会遇到很多问题，这是因为：1) 治理能力无法跟上；2) 金融资源无法准时到位（如财政拨款）。在简政放权的情况下，这些因素都会影响发展的速度和效率。

■ 能源市场对商业模式影响：一个国家能源行业的市场化、私有化和规范化程度都会对区域能源的商业模式产生影响。在许多发展中国家，公共事业单位均由政府控制，负责生产、输配电力。允许社会资本参与并拥有全部或部分国家公共事业单位股权，是决定区域能源能否实现宏观经济效益的关键。在技术竞争中，区域能源的社会、经济和环境效益往往不会被完全考虑、此外，区域能源投入资本回收期较长，这意味着一些更加简单和有效的短期能源解决方案被忽略了。区域能源系统并非一定需要补贴，但的确需要金融、财政和政策支持，以保证与其他技术能够进行公平的竞争。

5.7 未来研究领域

作为一份独立报告，本文旨在加快区域能源发展并开展全球区域能源城市倡议。重点领域的研究仍需继续进行，特别是区域供冷以及与能效、能源供应和可再生能源的相关性。以下几个研究领域对区域能源的发展尤为重要：

- 探索国家和城市层面的供冷需求，研究发展区域能源相对于升级国家电力系统的优势；
- 加强对区域供冷可以减缓国家电力系统压力并提高偏远地区供电能力的认识；
- 提高国家和城市在制冷需求方面收集和分析数据的方法，并制定最佳实践和指导原则；
- 详细阐述国家能源政策和市场结构对区域供冷商业化应用的影响；
- 开发成本数据库和指导原则，使得地方政府能够比较区域能源和同类竞争技术；
- 设计可推广的国家政策，以吸引投资和技术升级改造既有的区域能源系统，使其更加高效和现代化
- 评估区域能源能力，特别是热电联产和冷热电三联产技术，对电网的平衡能力和高效利用各种可再生能源的能力；
- 展现区域能源在促进城市、区域和国家协同发展的重要性；
- 在资源利用、水、土地利用和健康等不同的系统中，识别区域能源带来的多重收益。

参考文献

- AALBORG UNIVERSITY AND DANFOSS DISTRICT ENERGY** (2014). Diagram provided by Henrik Lund, Aalborg University, and Jan Eric Thorsen, Danfoss District Energy. Aalborg and Nordborg, Denmark.
- AALTO UNIVERSITY AND SIEMENS AG** (2012). *Sustainable Urban Infrastructure. A View to 2030. Helsinki Edition*. Siemens Osakeyhtiö Communications and Government Affairs. Espoo, Finland.
- ADB (ASIAN DEVELOPMENT BANK)** (2013). *Southeast Asia Energy Efficiency Initiative. Saving Money through Energy Efficiency Services*. Manila, October.
- ADB** (2014). 47052-002: Low-carbon district heating project in Hohhot in Inner Mongolia Autonomous Region. Available from http://adb.org/projects/details?page=details&proj_id=47052-002.
- AFDB (AFRICAN DEVELOPMENT BANK)** (2014). SEFA to support innovative energy efficiency project in Mauritius. 8 January. Available from www.afdb.org/en/news-and-events/article/sefa-to-support-innovative-energy-efficiency-project-in-mauritius-12739/.
- AH SUE, PIERRE** (2014). DOWA: Engineering our blue future in Mauritius. Presentation by Sotravic Ltd. La Tour Koenig, Mauritius.
- ANDREWS, DAVID ET AL.** (2012). *Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion*. Institute for Energy and Transport. Joint Research Centre. European Commission. Brussels.
- ARUP** (2014). Whitehall and Pimlico district heating. Available from www.arup.com/Projects/Whitehall_Pimlico_District_Heating.aspx.
- BEN-NAKHI, ABDULLATIF** (2011). The prospective of district cooling for residential sector in Kuwait. Presentation at Kuwait District Cooling Summit 2011. Kuwait City, 25–26 January.
- BOOZ & COMPANY** (2012). *Unlocking the Potential of District Cooling. The Need for GCC Governments to Take Action*. New York.
- BREST METROPOLE** (2014). Le réseau de chaleur de Brest : les déchets ménagers réchauffent la ville. Available from www.brest.fr/ecologie-urbaine/energie/le-reseau-de-chaleur.html.
- CAPITAL** (2014). Les projets 'verts' sont plus difficiles à mettre en oeuvre. 28 May. Available from <http://capital-online.info/coffee-break>.
- CARMICHAEL, JEFF** (2014). Sewer Heat Policy. Presented at Metro Vancouver Regional Planning Advisory Committee meeting. Vancouver, 18 July.
- CELSIUS** (2014). Celsius Smart Cities. Available from <http://celsiuscity.eu/>.
- CHITTUM, ANNA AND POUL ALBERG ØSTERGAARD** (2014). How Danish communal heat planning empowers municipalities and benefits individual consumers. Energy Policy, vol. 74 (November), pp. 465–74.
- CITY OF BERGEN** (2008). *Cities of the Future. Cities with the Lowest Possible Greenhouse Gas Emissions and a Good Urban Environment*. Bergen, April.
- CITY OF BERGEN** (2011). *Climate and Energy Action Plan*. Bergen, April.
- CITY OF HELSINKI** (2011). Helsinki's Kalasatama to get the world's smartest energy system. Helsinki. Available from www.stadinilmasto.fi/files/2014/08/Kalasatama1.pdf.
- CITY OF TURKU AND SIEMENS AG** (2012). *Light Rail Impact Study An Ecologic and Economic Assessment*. Turku and Espoo, February.
- CLIMATE INSTITUTE** (2013). China launching two more carbon markets. Sydney, 25 November.
- CLIMESPACE** (2013). Discover district cooling and combine efficiency with urban ecology. Paris. Available from www.climespace.fr/eng/The-company/Press-room/Brochures/DISCOVERDISTRICT-COOLING-AND-COMBINEEFFICIENCY-WITH-URBAN-ECOLOGY.
- COFELY** (2013). Cofely to expand operation of district cooling network to Malaysia. Cyberjaya, 22 January.
- CONNOLLY, DAVID ET AL.** (2012). *Heat Roadmap Europe 2050: First Pre-study for the EU27*. Prepared by Aalborg University and Halmstad University for Euroheat & Power. Brussels.
- CONNOLLY, DAVID ET AL.** (2013). *Heat Roadmap Europe 2050: Second Pre-study for the EU27*. Prepared by Aalborg University, Halmstad University, Ecofys Germany GmbH and PlanEnergi for Euroheat & Power. Brussels.
- CUNHA, JOAO DUARTE** (2014). Sustainable Energy Fund for Africa: Unlocking Africa's clean energy potential for employment & economic growth. Presentation at Sustainable Energy Investments in Africa – Engaging the Private Sector seminar. Copenhagen, 24 June.
- DANFOSS** (2014). *ECOPOLIS Heating the Sustainable City*. Nordborg.
- DANISH ENERGY AGENCY AND ENERGINET.DK** (2012). *Individual Heating Plants and Energy Transport. Technology Data for Energy Plants*. Copenhagen, May.
- DAVIDSON, ADAM** (2013). Licence Lite: Too heavy for most? Available from: <http://blog.adamadavidson.co.uk/2012/12/licence-lite-too-heavy-for-most.html>
- ECOHEAT4EU** (2012). *Ecoheat4EU Executive Summary Report*. Euroheat & Power. Brussels.
- EIB (EUROPEAN INVESTMENT BANK)** (2012). *ELENA – European Local ENergy Assistance*. Luxembourg.
- ENWAVE** (2013a). District heating system: heating Toronto's core for over 40 years. Available from www.enwave.com/district_heating_system.html.
- ENWAVE** (2013b). District cooling system: downtown Toronto is chilling with Enwave. Available from www.enwave.com/district_cooling_system.html.
- EU (EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION)** (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance. Brussels, 25 October.
- EUROHEAT & POWER** (2013). *District Heating and Cooling Country by Country Survey 2013*. Brussels, May.
- EUROHEAT & POWER** (2014). District heating and cooling – statistics. Available from www.euroheat.org/Statistics-69.aspx. Accessed 12 December.
- FAY, PAUL** (2012). *Vision of a Low Energy City from the Perspective of District Heating in Frankfurt*. Energiereferat Stadt Frankfurt am Main. Frankfurt, October.

- GAGLIARDI LA GALA, ROBERTO (2014). London's Decentralised Energy Development Programme. Presentation by Greater London Authority. London, 17 June.
- GDF SUEZ (2013). GDF SUEZ extends its energy efficiency activity in Malaysia. Paris, 22 January.
- GLA (GREATER LONDON AUTHORITY) (2014). London Heat Map. Available from www.londonheatmap.org.uk.
- GLA AND ARUP (2013). *District Heating Manual for London*. London.
- GÖTEBORG ENERGI (2011). *Göteborg Energi's Annual Report 2011*. Gothenburg.
- GUDMUNDSSON, ODDGEIR AND JAN ERIC THORSEN (2013). *Total Cost of Ownership of District Heating Compared to Competing Technologies*. J.E. Danfoss A/S District Energy Division. Nordborg.
- HAMMER, STEPHEN ET AL. (2011). *Cities and Green Growth: A Conceptual Framework*. OECD. Paris, December.
- HAMPSON, A. ET AL. (2013). *Combined Heat and Power: Enabling Resilient Energy Infrastructure for Critical Facilities*. Prepared by ICF International for Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, TN.
- HAWKEY, DAVID AND JANETTE WEBB (2012). Research Councils – UK (RC–UK) Energy and communities: heat and the city project. PowerPoint presentation. 25 June.
- HEDMAN, BRUCE (2006). *CHP 101: Application and Benefits of Combined Heat and Power*. Las Vegas, 11 September.
- HELEN LTD. (2012). *District Cooling. A Cooling Solution for Climate Challenges*. Formerly Helsinki Energy. Helsinki.
- IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) (2009). *CHP/DH Country Profile: Russia*. International CHP/DHC Collaborative. Paris.
- IEA (2010). *CHP and District Cooling: An Assessment of Market and Policy Potential in India*. International CHP/DHC Collaborative. Paris.
- IEA (2011a). *Technology Roadmap. Energy-efficient Buildings: Heating and Cooling Equipment*. Paris.
- IEA (2011b). *Co-Generation and Renewables: Solutions for a Low-Carbon Energy Future*. Paris.
- IEA (2012). *Energy Technology Perspectives. Harnessing Electricity Potential*. Paris.
- IEA (2013). *World Energy Outlook 2013*. Paris.
- IEA (2014a). *Energy Technology Perspectives. Harnessing Electricity Potential*. Paris.
- IEA (2014b). *Heating Without Global Warming. Market Developments and Policy Considerations for Renewable Heat*. Paris.
- IEA-ETSAP AND IRENA (IEA Energy Technology Systems Analysis Programme and International Renewable Energy Agency) (2013). *Thermal Energy Storage. Technology Brief E17*. Paris.
- ISLINGTON COUNCIL (2013). *Bunhill Heat and Power Case Study*. London.
- ISLINGTON COUNCIL (2014). *Bunhill Energy Centre and Network – Procurement Approval*. London, 14 January.
- JOLMAN, ANJA (2014). Data provided by Eneco. See also Cor Leguijt and Benno Schepers (2014). *De rol van warmtelevering in de klimaatneutrale stad*. CE Delft. Delft, June, p. 31.
- KING, MICHAEL AND MICHELLE PARKS (2012). *Community Energy: Planning, Development and Delivery*. International District Energy Association. Westborough, MA.
- LAUERSEN, BIRGER (2014). *Green district heating: district heating in Denmark*. Presentation at Sustainable Biomass in the Context of 100% Renewable Energy Supply conference, Flensburg, Germany, 5 September.
- LEIDREITER, ANNA, DIANE MOSS AND MARKUS GROTH (2013). *From Vision to Action. A Work-shop Report on 100% Renewable Energies in European Region*. World Future Council, Nordic Folkecenter and Climate Service Center. Hamburg, March.
- LOVINS, AMORY B. (1976). Energy strategy: The road not taken? *Foreign Affairs*, vol. 55, pp. 65–96.
- LUTSCH, WERNER R. (2014). Energiewende in Germany. Presentation at International District Energy Association, Unintended Consequences for District Energy/CHP conference. Seattle, 9 June.
- MARTINOT, ERIC (2011). *Global Status Report on Local Renewable Energy Policies*. REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). Paris.
- MARTINOT, ERIC (2013). *REN21 Renewables Global Futures Report (GFR)*. REN21 Paris.
- NATIONAL ASSEMBLY OF MAURITIUS (2011). Oral answers to questions. CEB – Electricity Production. Fifth National Assembly. First Session. Debate No. 05 of 2011. Port Louis, 19 April.
- NREL (U.S. National Renewable Energy Laboratory) (2010). *Clean Energy Policy Analyses: Analysis of the Status and Impact of Clean Energy Policies at the Local Level*. Golden, CO.
- PERSSON, URBAN (2013). Heat Roadmap Europe 2050. Presentation at the CEM & IEA CHP/DHC Joint Workshop. Helsinki, 26–27 November.
- PERSSON, URBAN AND SVEN WERNER (2010). Effective width – The relative demand for district heating pipe lengths in city areas. In: *Proceedings of the 12th International Symposium on District Heating and Cooling*, Tallinn, Estonia, 5–7 September, pp. 128–31.
- PERSSON, URBAN AND SVEN WERNER (2011). Heat distribution and the future competitiveness of district heating. *Applied Energy*, vol. 88, No. 3 (March 2011), pp. 568–76.
- PERSSON, URBAN ET AL. (2012). Mapping local European heat resources – a spatial approach to identify favourable synergy regions for district heating. In: *Proceedings of the 13th International Symposium on District Heating and Cooling*, Copenhagen, Denmark, 3–4 September.
- PÖYRY ENERGY CONSULTING AND FABER MAUNSELL (AECOM) (2009). *The Potential and Costs of District Heating Networks. A Report to the Department of Energy and Climate Change*. Oxford, U.K., April.
- PY, EMMANUEL (2014). *Heat Reform & Building Energy Efficiency GEF project (HRBEE)*. Chinese heat metering journal. March.
- R20 (R20 – Regions of Climate Action) (2014). Finance in action. Available from <http://regions20.org/finance-in-action>.
- RAMBOLL (2014). District heating system in the Copenhagen region. Available from www.ramboll.co.uk/projects/group/district-heating-system-in-the-copenhagenregion.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2014). *Renewables 2014 Global Status Report*. Paris.
- RIIPINEN, MARKO (2013). District heating & cooling in Helsinki. Presentation at the International Energy Agency CHP/DHC Collaborative & Clean Energy Ministerial CHP/DHC Working Group Joint Workshop. Paris, 12–13 February.
- SCHILD, RAINER (2014). The Anshan project: a Chinese city rethinking district energy. Presentation at the Euroheat & Power 2014 Annual Conference. Brussels, 28–29 April.
- SCHÖNBERGER, PHILIPP (2013). *Municipalities as Key Actors of German Renewable Energy Governance*. Wuppertal Institute. Wuppertal, January.
- SEIDMAN, KARL F. AND DREW PIERSON (2013). *Financing Urban District Energy Systems: Trends and Policy Implications for Portland*. Massachusetts Institute of Technology Community Innovators Lab Green Economic Development Initiative. Cambridge, MA, January.

- SETO, K.C. ET AL. (2014). Chapter 12: human settlements, infrastructure and spatial planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, O. Edenhofer et al., eds. Cambridge, U.K. and New York, NY: Cambridge University Press.
- SHARABAROFF, ALEXANDER (2014). Financing modernization of DH systems: lessons learned internationally. Presentation at the Euroheat & Power 2014 Annual Conference. Brussels, 28–29 April.
- SIMS, RALPH (2009). *Cities, Towns and Renewable Energy*. International Energy Agency. Paris.
- SMOLKA, MARTIM. (2014). Value capture as a land based tool to finance development. (Video). UN-HABITAT. Available from <http://unhabitat.org/value-capture-as-a-land-based-tool-to-finance-developmentmartim-smolka-lincoln-institute-of-landpolicy/>.
- SONG, RANPING AND HONGPENG LEI (2014.) Emissions trading in China: first reports from the field. ChinaFAQs. 23 January. Available from www.chinafaqs.org/blog-posts/emissions-trading-china-firstreports-field.
- SUMMERTON, JANE (1992). *District Heating Comes to Town: The Social Shaping of an Energy System*. Linköping Studies in Arts and Sciences No. 80. Linköping, Sweden: Affairslitteratur AB.
- SWEDBLM, MAGNUS ET AL. (2014). *District Cooling and the Customers' Alternative Cost*. Prepared by Capital Cooling Energy Service AB for the RESCUE – Renewable Smart Cooling for Urban Europe project. Dresden.
- SWEDISH DISTRICT HEATING ASSOCIATION (2007). *Kulvertkostnadskatalog*. Stockholm, January.
- TEMBHEKAR, CHITTARANJAN (2009). ACs eat up 40% of city's total power consumption. *Times of India*. 23 December.
- THE BALTIC COURSE (2014). New biofuel boiler-house in Vilnius expected to cheapen heat cost by 22%. Available from http://www.baltic-course.com/eng/good_for_business/?doc=88440.
- THORNTON, ROBERT P. (2009) *Copenhagen's District Heating System – Recycling Waste Heat Reduces Carbon Emissions and Delivers Energy Security*. International District Energy Association. Westborough, MA.
- TOTTY, MICHAEL (2011). How to build a greener city. *Wall Street Journal*. 12 September.
- UN (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division) (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. CD-ROM Edition. New York.
- UNDP (United Nations Development Programme) (2012). *Cogeneration Based District Heating Restoration Project in Avan District of Yerevan City, Armenia*. UNDP/GEF/00035799. New York.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2014). *Financing the Climate Cobenefits of the HCFC Phase Out. A Guide for Low Volume Consuming Countries*. Paris.
- WERNER, SVEN (2011). *Best Practise Support Schemes*. Ecoheat4EU. Euroheat & Power. Brussels.
- WORLD BANK AND DRC (Development Research Center of China's State Council) (2014). Chapter 4: China's Urbanization and Land: A Framework for Reform. In: *Urban China: Toward Efficient, Inclusive and Sustainable Urbanization*. Beijing and Washington, D.C.
- WORLD COAL ASSOCIATION (2014). Improving efficiencies. Available from www.worldcoal.org/coal-the-environment/coal-use-theenvironment/improving-efficiencies/.
- XIMENG, CHEN (2013). Liaoning fines cities for heavy air pollution. *Global Times*, 11 December.
- YILDIRIM, NURDAN, GULDEN GOKCEN AND MACIT TOKSOY (2005). Low temperature geothermal district heating system design. Case study: IZTECH Campus, Izmir, Turkey. In: *Proceedings of the World Geothermal Congress 2005*. Antalya, Turkey, 24–29 April.
- ZABALA, ELIXABET SARASKETA (2009). *Technological and Economic Evaluation of District Cooling with Absorption Cooling Systems in Gävle (Sweden)*. Gävle: University of Gävle, June.

回应访问、问卷以及参加研讨会嘉宾名单

回应访问和问卷者



ABERDEEN, SCOTLAND, U.K.: **Michael King**
(Carbon Trust)

AMSTERDAM, THE NETHERLANDS: **Ger Baron**
(Amsterdam Economic Board); **Frodo Bosman, Bob Mantel and Stef Le Fèvre**
(City of Amsterdam)

ANSHAN, CHINA: **Alfred Che Wei and André Hansen** (Danfoss China)

ARLINGTON COUNTY, VIRGINIA, USA: **Rich Dooley** (Arlington County Department of Environmental Services)

AUSTIN, TEXAS, USA: **Lucia Athens** (Office of Sustainability, City of Austin)

BELO HORIZONTE, BRAZIL: **Anna Maria Louzada and Drummond Nogueira**

BERGEN, NORWAY: **Øystein Haaland**
(University of Bergen); **Alexander Svanbring** (BKK Varne AS)

BONTANG CITY, BORNEO, INDONESIA: **Fakhrie Wahyudin** (Regional Development Planning Board of Bontang City)

BOSTON, MASSACHUSETTS, USA: **Bradford Swing** (City of Boston, Office of the Mayor, Environment, Energy and Open Space)

BOTOSANI, ROMANIA: **Ovidiu Iulian Portariuc**
(City of Botosani); **Alexander Sharabaroff**
(International Finance Corporation)

BREST, FRANCE: **Bernard Debano and Gilles Le Guevel** (Dalkia Utilities Services Plc); **Pierre-Yves Clavier and Alain Masson**
(City of Brest)

CAPE TOWN, SOUTH AFRICA: **Mark Borchers**
(Sustainable Energy Africa); **Marco Geretto, Brian Jones and Sarah Ward**
(City of Cape Town)

CHRISTCHURCH, NEW ZEALAND: **Tim Taylor**
(Energy Efficiency and Conservation Authority, City of Christchurch)

COCHIN, INDIA: **Tony Chammany** (Cochin Municipal Corporation)

COPENHAGEN, DENMARK: **Jørgen Abildgaard**
(City of Copenhagen); **Anders Dyrelund**
(Rambøll Energy Denmark); **Mette Reiche Sørensen** (Aalborg University)

DUBAI, UNITED ARAB EMIRATES: **Camille Ammoun** (Dubai Executive Council); **Ahmad Bin Shafar and Samer Khoudair**
(Empower)

ETHEKWINI MUNICIPALITY, DURBAN, SOUTH AFRICA: **Susanna Godehart and Derek Morgan** (Energy Office, eThekwin Municipality)

FORT MCMURRAY, CANADA: **John W. McKay**
(Regional Municipality of Wood Buffalo)

FRANKFURT, GERMANY: **Paul Fay** (Municipal Energy Agency, City of Frankfurt)

GENOA, ITALY: **Pietro Libbi, Marie Merello and Gloria Piaggio** (Office of Energy Planning, City of Genova)

GIFT CITY, INDIA: **Emani Kumar** (ICLEI – South Asia); **Laxmi J Rao** (MIT)

GUELPH, ONTARIO, CANADA: **Alex Chapman**
(City of Guelph); **Rob Kerr** (Guelph Municipal Holdings Inc.)

GÜSSING, AUSTRIA: **Joachim Hacker and Michaela Skolnik** (European Centre for Renewable Energy Güssing GmbH);

Vinzenz Knor (City of Güssing)

GOTHENBURG, SWEDEN: **Patrik Arvsell, Jonas Cognell, Bengt Göran Dalman and Helena Nordström** (Göteborg Energi); **Maja Högvik** (City of Gothenburg)

HELSINKI, FINLAND: **Petteri Huuska** (City of Helsinki); **Marko Riipinen** (Helen Group)

HONG KONG, CHINA: **CY Ma** (Electrical and Mechanical Services Department, Hong Kong Special Administrative Region)

IRAN (SEVERAL CITIES): **Saba Zardkanlou**
(Renewable Energy Organization of Iran)

IZMIR, TURKEY: **Sinan Arslan** (Izmir Geothermal Energy Corp.)

KERIO VALLEY DEVELOPMENT AUTHORITY (KVDA), KENYA: **Hisila Manandhar** (Architect/Urban Planner)

KUWAIT CITY, KUWAIT: **Osamah Alsayegh**
(Kuwait Institute for Scientific Research); **Abdulaziz Al-Shalabi** (Institute for Sustainable Resources, University College London); **Abdullatif Ben-Nakhi** (College of Technological Studies, Public Authority for Applied Education and Training colleges (PAAET), Kuwait)

LÓDŹ, POLAND: **Wiesław Adamski and Jarosław Glowacki** (Heat Distribution Network Department, Dalkia); **Mariusz Postól** (Technical University of Łódź)

LONDON, U.K.: **Celeste Giusti, Roberto Gagliardi La Gala and Peter North**
(Greater London Authority); **Michael Liebreich** (Bloomberg New Energy Finance)

MARSTAL, DENMARK: **Lasse Kjærgaard Larsen**
(Marstal District Heating)

MILAN, ITALY: **Pierfrancesco Maran, Marta Papetti, Laura Veronese and Bruno Villavecchia** (City of Milan)

MOGALE CITY, GAUTENG, SOUTH AFRICA: **Hester Huisamen** (Mogale City Local Municipality)

MUNICH, GERMANY: **Florian Bieberbach, Elisabeth Endres and Sonja Schmutzer** (Stadtwerke München GmbH)

NAIROBI, KENYA: **Rose Muema** (Nairobi City County)

NEW YORK CITY, USA: **John H. Lee** (New York City Mayor's Office of Long Term Planning and Sustainability)

OSLO, NORWAY: **Øystein Ihler** (Department of Environment Affairs and Transportation, City of Oslo)

PALO ALTO, CALIFORNIA, USA: **Lindsay Joye** (City of Palo Alto Utilities)

PARIS, FRANCE: **Sébastien Emery, Nicolas Savtchenko and Yann Françoise** (City of Paris); **Laurence Poirier-Dietz** (Climespace S.A.)

PORT LOUIS, MAURITIUS: **Fabiani Appavou** (Ministry of Environment and Sustainable Development, Mauritius)

RIYADH, SAUDI ARABIA: **Naif M. Alabbadi and Saad Almuhanha** (Saudi Energy Efficiency Center)

ROTTERDAM, THE NETHERLANDS: **Astrid Madsen** (City of Rotterdam)

SAN FRANCISCO, CALIFORNIA, USA: **Danielle Murray** (formerly San Francisco Department of the Environment; currently

Austin Energy, City of Austin)

SAN JOSÉ, COSTA RICA: **Huberth Méndez Hernández** (FUDEU-CR); **Manuel Salas** (Vector Green)

SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA: **Martha Cecilia Landazábal Marulanda and Sindy Nova Pérez** (Santiago de Cali Administrative Department of Environmental Management – DAGMA)

SEATTLE, WASHINGTON, USA: **Christie Baumel** (Office of Sustainability and Environment, City of Seattle); **Brad Bradford** (International District Energy Association)

SEOUL, SOUTH KOREA: **ChoongYeol Peter Ye** (Korea Transport Institute)

SINGAPORE: **Eric Yee Lik Chang and Tjong Kiun Jin** (Energy Market Authority of Singapore)

SONDERBORG, DENMARK: **Nicolas Bernhardt and Peter Rathje** (ProjectZero); **Morten Kragh** (LINAK A/S)

ST. PAUL, MINNESOTA, USA: **Ken Smith** (District Energy St. Paul)

SYDNEY, AUSTRALIA: **Chris Derksema** (City of Sydney)

TOKYO, JAPAN: **Yuko Nishida** (Bureau of Environment, Tokyo Metropolitan Government)

TORONTO, ONTARIO, CANADA: **Fernando Carou** (Environment & Energy Division, City of Toronto); **Jose Etcheverry** (York University, Sustainable Energy Initiative);

Rob McMonagle (Green Economy Sectors Development Office, City of Toronto)

VANCOUVER, BRITISH COLUMBIA, CANADA: **Chris Baber and Kieran McConnell** (Neighbourhood Energy Utility, Vancouver); **Sadhu Johnston** (City of Vancouver); **Ted Sheldon** (Climate Action Secretariat, Ministry of Environment, Province of British Columbia)

VÄXJÖ, SWEDEN: **Henrik Johansson** (City of Växjö); **Johan Saltin** (Växjö Energi AB)

VELENJE, SLOVENIA: **Pet er Vi rti Ć** (University of Maribor); **Boštjan Krajnc** (KSSENA, Energy Agency of Savinjska, Šaleška and Koroška Region)

VILNIUS, LITHUANIA: **Vytautas Stasiunas** (Lithuania District Heating Association)

WARSAW, POLAND: **Leszek Drogosz and Marcin Wróblewski** (Infrastructure Department, Warsaw City Hall)

WELLINGTON, NEW ZEALAND: **Nigel Taptiklis** (Wellington City Council)

WOKING, U.K.: **John Thorp** (Thamesway Energy)

YEREVAN, ARMENIA: **Diana Harutyunyan and Marina Sargsyan** (United Nations Development Programme – Armenia); **Michael Rustamyan** (ArmRusCogeneratsia – CJSC)

研讨会参与者

“DON'T WASTE THE WASTE: HARNESS WASTE STREAMS, REJECT HEAT AND RENEWABLES THROUGH DISTRICT ENERGY”

研讨会将由 UNEP、UN-HABITAT 和 ICLEI 共同主办的世界城市论坛上举行 (2013 年 4 月 9 日, 哥伦比亚麦德林市)

Chris Baber, 加拿大温哥华市社区能源经理

Carl Bernadac, 法国开发银行 (AFD) 区域办副主任 / 高级能源专家

Marco Geretto, Spatial Planning & Urban Design Department, City of Cape Town, South Africa

Kalle Hashimi, 能力建设部主管, 国际可再生能源署 (IRENA)

Arab Hoballah, 可持续消费和生产处主管, 联合国环境署 (UNEP)

Rose Muema, 肯尼亚内罗毕市城市规划和住房署主管

Mary Jane Ortega, 倡导地区可持续发展国际理事会 (ICLEI) 南美地区主任

Stéphane Pouffary, ENERGIES 2050 首席执行官

Konrad Ritter, 德国国际合作机构 (GIZ)

David Wilks, 气候变化首席专家, 美洲开发银行 (Inter-American Development Bank)

“DISTRICT ENERGY: OPTIONS, IMPLEMENTATION ISSUES, AND THE WAY FORWARD”

“人人享有可持续能源 (SE4ALL)” 能效中心研讨会
DOUBLING THE GLOBAL RATE OF IMPROVEMENT IN ENERGY EFFICIENCY BY 2030, UN CITY
2014 年 6 月 17 日, 丹麦哥本哈根

Roberto Gagliardi La Gala, 大伦敦地区政府交通与环境部高级项目官员
Mia Nordström, Vattenfall 公司业务战略和区域发展部主管

Johan Saltin, 瑞典韦克舍能源

Maryke van Staden, ICLEI 碳发展中心主任 / 低碳城市项目经理

Fleming Voetmann, 丹麦丹佛斯区域能源部公共关系和领导力外联部主管

Paul Voss, Euroheat & Power 运营总监



术语表

吸收式制冷机 (Absorption Chiller)：依靠吸收器—发生器组的作用完成制冷循环的制冷机，以热能为驱动，以水为介质，进行制冷。“直接燃烧式”吸收式制冷机利用燃料产生热能，再用热能来制冷。而“间接燃烧”制冷机则使用废热来制冷，比如来自电站的废热。吸收式制冷机不使用氟氯烃 (HCFC)。

基本负荷 (Anchor Load)：是对供冷和供热稳定、长期且可预测的需求量。从而确保区域能源初始发展中的长期需求。基本负荷大部分来自公共建筑，如医院、政府大楼、休闲中心、体育场和数据中心等。

辅助服务 (Anchillary Services)：为了保证能源供应可靠性的某些必要服务。因为能源供应会在预期的需求值及供应值之间出现短期波动，因此需要快速分配和电压控制的辅助服务。

固定负荷 (Baseload Generation)：为了保障持续的能源供给，并确保该技术相对其他技术的成本具有竞争力，而所需的用于供暖、供冷以及供电的能源系统的最小负荷。

生物沼气 (Biogas)：在无氧环境下经微生物分解生成的气体，可用作替代天然气。

锅炉 (Boilers)：是为区域供暖系统提供热水的设备，亦称热水锅炉，可以利用化石燃料、生物质、生物燃料（包括生物沼气）以及电能。可在设备发生故障时作为后备力量，并能满足峰值需求。锅炉还能在一定情况下提供固定负荷。

债券 (Bond)：是一种金融产品，指政府或企业等向社会借债筹措资金时发行，向投资者发行，同时承诺按一定利率支付利息并按约定条件偿还本金的债权债务凭证

容量价格 (Capacity Payment)：电力市场为了保证发电站运营而制定出的用电付费标准。

资本支出 (OPEX)：一个项目投入市场前所需的前期成本。对于区域能源项目，资本支出包括开发成本、管道网络铺设、热电厂以及储能设备等。

性能系数 (COP)：制热量（或制冷量）与所消耗电力之比，取决于确却的操作条件，因此能效比 (EER) 也常与性能系数或者不同操作环境下的多重能效系数有关。

热电联产 (CHP)：一种可将发电过程中产生的余热用于其他过程的发电厂，如区域供热。

冷热电联产 (CCHP)：在热电联产厂的基础上，同时还能利用余热能用于供冷，如在必要时进行区域供冷。

土地集约利用 (Compact Land Use)：通过高密度使用来最大化纳入规划的城市土地利用。土地集约利用将有助于防止城市扩张，并能减少公共设施建设的成本和需求。

并网政策 (Connection Policy)：一种用于鼓励能源使用者推动并网的政策，从而实现区域能源系统中的绝对负载最小值。

综合型城市 (Consolidation Cities)：区域供暖和供冷系统已非常成熟，市场占有率超过 50% 的城市。

示范项目 (Demonstration Project)：对与区域能源有关的新技术和新政策进行的试点项目。这些项目会因其广泛的利益相关性，以及快速开发新技术发展而获得公共部门的较大支持。

土地开发价值捕获 (DB-LVC)：为了分担投资波动产生经费而进行的土地城镇化，会增加所捕获的土地价值。

贴现率 (Discount Rate)：一种用于分析贴现现金流的利率，以确定未来现金流的当前值。贴现率要将货币的时间价值、风险以及未来现金流的不确定性统统纳入考虑。

区域能源 (District Energy)：是指通过区域供暖或区域供冷管网技术实现区域层面能源供应的系统。

区域供热 (District Heating)：是指一种可以将热水或者水蒸气泵入区域内的管道以满足热能需求的系统。在这个系统中的技术。热力在一个高度集成化的大型能源中心生产，比独立的热力生产设施效率更高。

区域供冷 (District Cooling)：是指一种可以将冷水泵入区域管道以满足供冷需求的系统，可代替空调及建筑楼宇的制冷机。冷量由高度集成化的大型能源中心生产，以比独立的供冷设施生产效率更高。

电力制冷机 (Electric Chiller)：是指一种以电力进行驱动的压缩制冷机。这种大型制冷机的经济规模（高达 1 万制冷吨），意味着其比分式制冷机具有更高的能效比，而且它还将以更低的温室效应率来使用氢氟烃。

能效比 (Energy Efficiency Ratio, EER)：是指在特定的测试环境中，制冷机的制冷功率与的输入电力的比值。这个特定测试是旨在确定制冷机在一般工作状态下的效率，而非最大效率（此项对应性能系数）。

能源标识或建筑能源认证 (Energy Label 或 Building Energy Certificate)：是指一种根据建筑热能利用效率的评分体系，对建筑能源效率进行分类后颁发相应的认证证书或标识，而评分项包含了建筑热能供应的基本能源效率。

能源分布图 (Energy Mapping)：是指为了了解当前和将来能源的使用、基础设施建设、排放水平以及可利用的资源而绘制的城市区域供暖、供冷需求图。可根据绘制出的分布图对土地利用和基础设施进行整合，从而对区域能源系统进行最佳规划。

能源传送站 (ETS)：是指一种连接区域能源系统与用户热水或冷水系统的能源设施，通过热能转换器完成以上两者的连接。即区域能源系统（初级系统）不需要连入每栋建筑，而是将热能转移到建筑的二级系统。

有效能 (Exergy)：又称可用能，或“焓”，是指机器有效工作的潜力。拥有高有效能的燃料包括：煤、生物燃料和天然气，而有效能较低的资源包括工业低温废热。

扩张型城市 (Expansion Cities)：是指建设了区域供热和供冷系统，但所占比重较低（15%—50%）且有拓展空间的城市。

可行性研究：是指用于了解一个项目经济、技术可行性的研究。

上网电价 (Feed-in Tariff)：是指供电方收取生产每度电所收取的费用。这个电价将用于替换市场价格，它比总的电力价格更加明确，还能向高技术发展提供补助。

天然供冷 (Free Cooling)：利用一些低温资源，如：蓄水层、河水、湖水、海水来向区域制冷系统提供冷水。

地理信息系统 (GIS)：指一种用于分析、管理和呈现地理数据的计算机程序。可在区域能源系统中用于绘制能源分布图。

地热能 (Geothermal Energy)：是指利用地球内部的热能用于发电或供热。由于天然地热能储存丰富，因此常常用于区域供热系统。

全球变暖潜值 (GWP)：一种用于表征特定排放物（如氟氯烃）对整体气候影响的指数，并使用与该排放物同等质量的二氧化碳排放的影响来进行对比。

热交换器 (Heat Exchanger)：指用于从一个系统中获取热能，并在保持液体或气流分离的状态下，将该热能传递到另一个系统中的过程。

热泵 (Heat Pump)：指一种可以通过电能驱动，可从低温物体上获取热能产生高位热能的装置。

氢氯氟烃 (HCFC)：一种广泛运用于冰箱、空调制冷的制冷剂。根据《蒙特利尔议定书》中的《破坏臭氧层物质条款》，因为这种制冷剂会造成平流层臭氧空洞，因此将逐步被淘汰。

氢氟烃 (HFC)：指一种用于替代用于电力制冷机氢氯氟烃的制冷剂。HFC 不会破坏臭氧层，但却有很高的全球变暖潜值，因此淘汰氢氯烃也迫在眉睫。

循环供热 / 供冷 (Hydronic Heating / Cooling)：通过建筑中的水循环系统进行供热或供冷的系统。

内部收益率 (IRR)：指能让一个特殊项目的现金流的净现值等于零的折扣率。一个项目的内部收益率越高，那么它能获得的投资关注度就越高。

联合合作协议 (JCA)：是指一种民营企业与地方政府的商业合作模式，就区域能源方案中的能源税、并网政策、资源签署相应协议，也常被称为战略合作伙伴模式。

美国能源与环境设计先锋认证 (LEED)：是一个国际公认的建筑能源认证系统。

平均成本 (Levelized Cost)：是指生产每度电的价格。平均成本应确保在给定折扣率和给定时间内，投资和未来收益实现收支平衡。

混合区划法 (Mixed-Used Zone)：指一种鼓励不同建筑类型趋同规划发展的城市规划手段。由于负载的多样化，这样的区划法将有利于区域能源发展，也将促进区域能源的发展。

国家适当减缓行动 (NAMA)：由国家采取的有利于减少温室气体排放国家适当减缓行动可能是短期内可实现的特定减排项目或措施，也可能是为实现长期减排政策、战略以及研究的项目。

净现值 (NPV)：是指当前现金流入值与当前现金流出值之差。而现值要通过折扣率来计算。

新兴城市 (New Cities)：是指一些区域供热和供冷系统市场占有率非常低（0%–15%）的城市。这些城市正在通过一些小型的微网络或者一些示范项目以探索应如何发展区域供热和供冷系统。

节点式发展 (Nodal Development)：城市区域能源的初步发展，都是通过一些小型微网络组成分离式节点的，这些节点将来会并联到一起。

运营支出 (OPEX)：一个项目在完成初始开发阶段后的运营成本。对于区域能源系统，它包括：燃料、运营、维护、地方级及国家级税收、电力、保险、水费、化工品、基础设备的服务合同和项目管理费用等等。

制冷吨 (RT)：又称冷吨，是一种功率单位，约等于 3.51 千瓦，常用语描述制冷设备的吸热能力。

制冷吨时 (RTH)：制冷功率单位，约等于 3.51 千瓦时，即一制冷吨的制冷功率运行一小时吸收的热能。

住宅当量单位 (Residential Equivalent Unit, REU)：指一种能源消耗单位，用于比较住宅热能使用与商业、工业建筑（办公室、公司建筑）热能使用的区别。一个住宅当量单位等于一间住宅或者 100 平方米的商业、工业建筑的平面空间。

改造型城市 (Refurbishment Cities)：是指一些区域供热系统市场占有率较高的城市，但是

这些城市的区域供热系统仍需改善，以增加消费者的信心、能效和收益率。

可再生能源认证 (REC)：指一种补贴机制，它会因能源生产商提供的每单位可再生能源而向其颁发证书。

电力销售价 (Retail Electricity Price/Retail Rate)：指由消费者支付用于电力服务的费用，电价一般涵盖发电、电力输送以及配点的成本。

投资回报率 (ROI)：是一项重要金融指标，取决于项目的内部收益率 (IRR) 和加权平均资本成本 (WACC)。投资回报代表一个项目可能的收益。

（财政）周转基金：指一种融资机制，通常由公共资金提供并用于战略投资，不直接受公有制机制影响。此资金有助于项目完成及之后的资本回收，从而得以重新部署资金进行投资。

太阳能 (Solar Thermal)：是一种利用太阳光能产生热能的可再生能源技术。大规模的太阳能设备可以接入区域供暖网络中。

特殊目的公司 (SPV)：指一种通过创建独立公司以承接项目的融资手段，以分担出资方风险和责任。

储能 (Storage)：指一种用于储存热能的技术，是区域能源网络的组成部分，可能将供热、供冷中所产生的多余能量储存，以备将来使用。

废热 (Waste Heat)：指正常潜能值没有充分利用的热能资源，需要通过特殊设备连接才能使用（如来自发电站、钢铁厂、交通、焚化炉的废热）。

垃圾焚烧 (Waste-To-Energy / Waste Incineration)：指将固体垃圾进行高温焚烧，以缓解垃圾填埋压力，还能将产生的热能用于发电或供热。垃圾焚烧所产生的热能可引入区域能源网络系统。

加权平均资金成本 (WACC)：项目的负债、抵押资产净值以及其所求回报的加权成本。它表明了该项目将要付给初始投资的红利。

缩写表

ADB	亚洲开发银行	GWth	千兆瓦热，或吉瓦热	SE4ALL	人人享有可持续能源倡议
AfDB	非洲开发银行	GWP	全球变暖潜值	SEFA	非洲可持续能源基金
ASC	阿姆斯特丹智慧城市	HCFC	氢氯氟烃	SEFC NEU	温哥华的福溪东南部邻里公用能源政策
APEC	亚太经贸合作组织	HFC	氢氟烃	SPV	特殊目的机构
BAPPENAS	印尼国家开发计划部	HRBEE	中国供热改革与建筑节能项目		
BMUB	德国联邦环境、自然保护、建筑和核安全部	ICLEI	国际地方可持续发展理事会		
C2E2	哥本哈根能效中心	IEA	国际能源署		
CAD	加拿大元	IFC	国际金融公司		
CAPEX	资本支出	IKI	德国国际气候倡议		
CBD	商业中心区	IMAR	中国内蒙古自治区		
CCHP	冷热电联产	IRR	内部收益率		
CHP	热电联产	JCA	共同合作协定		
CNY	人民币	KLH	印尼环保部		
COP	性能系数	kWh	千瓦时		
CPCU	巴黎城市供暖公司	LEED	美国绿色建筑评估认证体系		
DB-LVC	土地开发价值捕获	LNG	液态天然气		
DBSA	南非开发银行	LTL	立陶宛立特（货币）		
DEA	南非环境事务部	MRV	可计算、报告、核实的（体系）		
DEMaP	英国分布式能源规划局	MUR	毛里求斯卢比（货币）		
DEPDU	英国分布式能源项目执行处	MW	兆瓦		
DEWA	迪拜能源和水资源局	MWel	兆瓦电		
DoE	南非能源局	MWh	兆瓦时		
DPW	南非公共事务局	MWth	兆瓦热		
EER	能源效率比	NAMA	国家适应减缓行动		
EIB	欧洲投资银行	NDRC	中国发展改革委员会		
ELENA	欧洲地方能源资助计划	NOK	挪威克朗（货币）		
ESCO	能源服务公司	NPV	净现值		
ETS	能源转换器	ODA	英国奥林匹克开发局		
EU	欧洲联盟	OPEX	运营支出		
GEF	全球环境基金	PLN	波兰兹罗提（货币）		
GIFT City	印度印古吉拉特国际金融科技城	PPA	能源购买协议		
GIS	地理信息系统	PU	印尼公共事务部		
GIZ	德国国际合作公司	PV	光伏		
GLA	大伦敦政府	REC	可再生能源认证		
GW	千兆瓦，或吉瓦	REN21	21 世纪可再生能源政策网络		
GWh	千兆瓦时，或吉瓦时	REU	住宅的等效单位		
		ROI	投资回报率		
		RT	冷吨		

www.unep.org

联合国环境规划署

邮政信箱: 30552 内罗毕 00100, 肯尼亚

电话: +254- (0) 20-762 1234

传真: +254- (0) 20-762 3927

邮箱: unepub@unep.org

网站: www.unep.org



了解更多信息:

联合国环境规划署技术工业经济司
气候、能源和技术处

地址: 1 rue Miollis, Building VII
75015 Paris, France

邮箱: unep.tie@unep.org

网站: <http://www.districtenergyinitiative.org>

联合国环境规划署驻华代表处

地址: 北京市朝阳区亮马河南路 2 号
联合国大使馆

电话: +86-10-8532-0924

传真: +86-10-8532-0907

官网: <http://www.unep.org/chinese>

微博: <http://weibo.com/unepandyou>

微信: UNEPChina