

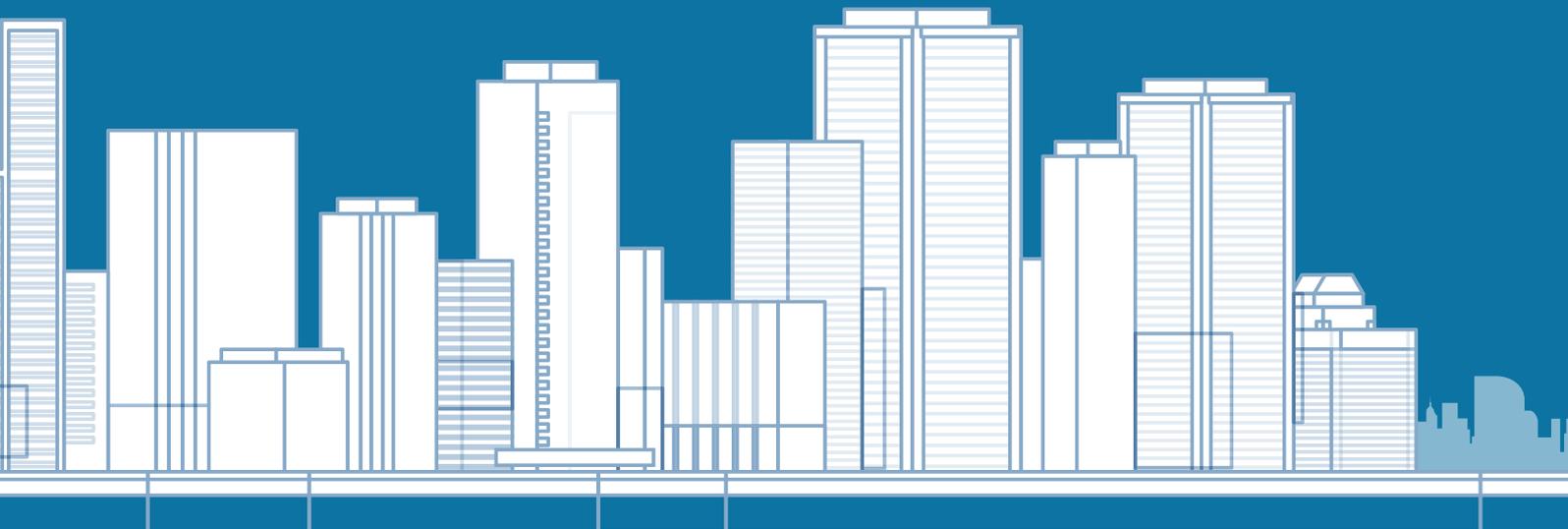


奥尔堡大学
丹麦



国际可再生能源署

将低温 可再生能源 整合到区域能源系统



决策者指南



概述

支持单位：



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

除非另有说明，否则此出版物和本文的材料均属于国际可再生能源署 (IRENA) 的财产且其版权为 IRENA 所拥有。本出版物中的资料可自由引用、分享、复制、再版、打印和/或存储，但需注明其出处源于 IRENA 并载有版权符号 (© IRENA) 和版权年份。本出版物中由第三方提供的材料可能受第三方版权和单独的使用条款和限制的约束，包括与任何商业用途相关的限制。

本文件概述了 IRENA 和奥尔堡大学 (2021) 与“将低温可再生能源整合到区域能源系统：决策者指南”相关的基本内容，国际可再生能源署，奥尔堡大学，阿布扎比，哥本哈根 (ISBN: 978-92-9260-318-2)。

本文件为“*Integrating low-temperature renewables in district energy systems: Guidelines for policy makers*”的译本 ISBN: 978-92-9260-316-8 (2021)。如中文译本与英文原版的内容不一致，概以英文版为准。

关于 IRENA

国际可再生能源署 (IRENA) 是一个政府间组织，它为各国向可持续能源未来过渡提供支持，并作为国际合作的主要平台、卓越中心以及可再生能源政策、技术、资源和金融知识的信息库。IRENA 推进广泛采用和可持续利用各种形式的可再生能源，包括生物能源、地热、水电、海洋、太阳能和风能，以追求可持续发展、能源获取、能源安全和低碳经济增长和繁荣。 www.irena.org

关于奥尔堡大学

奥尔堡大学建立于 1974 年。奥尔堡大学规划系就包括能源规划在内的多个领域开展了研究。奥尔堡大学规划系的可持续能源规划 (SEP) 研究组开发的跨领域方法将可持续能源计划与技术经济、地理和社会政治进行了全方位结合，已 25 年以上的经验。

www.en.plan.aau.dk/research+groups/SEP/

致谢

IRENA 对来自 IRENA 和奥尔堡大学的特设专家咨询团队成员 (小组成员来自全球地热联盟 (GGA) 和其他与区域供热供冷部门相关的机构) 作出的宝贵贡献表示诚挚的谢意。我们收到了以下专家 (团队) 提供的意见和反馈: Eirikur Bragason (北极绿色能源公司), Leoni Paolo 和 Ralf-Roman Schmidt (奥地利技术研究所 - 能源中心), Wang Weiquan (中国能源研究会可再生能源专业委员会 - CREIA), Isabel Cabrita 和 Maria Carla Lourenco (能源与地质总局 - 葡萄牙), Olivier Racle (Engie 集团), Samra Arnaut (Enova - 波斯尼亚), Eloi Piel (Euroheat & Power), Bojan Bogdanovic 和 Greg Gebrail (欧洲复兴开发银行), Catherine Hickson (Geothermal Canada), Christiaan Gischler (美洲开发银行 - IDB), Marit Brommer (国际地热协会 - IGA), Jure Cizman (约瑟夫·斯特凡研究所 - 斯洛文尼亚), Annamaria Nador (匈牙利矿业和地质调查局), Paul Bonnetblanc (生态、可持续发展和能源部长 - 法国), Paul Ramsak (荷兰企业管理局 - RVO), Jón Örn Jónsson (雷克雅未克地热有限公司), Christian Holter (SOLID solar thermal systems 公司), Sebastien Danneels (特伦特河畔斯托克市议会 - 英国), Celia Martinez 和 Zhuolun Chen (联合国环境规划署), Astu Sam Pratiwi 和 Marc Jaxa Rozen (日内瓦大学), Elin Hallgrimsdottir 和 Joeri Frederik de Wit (世界银行能源部门管理援助计划) 及 Emin Selahattin Umdü (亚萨尔大学 - 土耳其)。来自 IRENA 的同事 Fabian Barrera、Yong Chen、Jinlei Feng、Imen Gherboudj、Seungwoo Kang、Paul Komor 和 Toshimasa Masuyama 均给予了宝贵意见。2019 年 12 月，塞尔维亚举办了一场主题为“将低温可再生能源整合至区域供热供冷系统”的活动，其参与者提供的宝贵意见完善了本报告的内容。

请前往 IRENA 网站浏览研讨会报告:

<https://irena.org/events/2019/Dec/Energy-Solutions-for-Cities-of-the-Future>

撰稿人: 本报告在 Gurbuz Gonul 和 Salvatore Vinci (IRENA) 的总体指导以及 Jakob Zinck Thellufsen (奥尔堡大学) 的技术指导下，由多位作者撰写，包括 Luca Angelino 和 Jack Kiruja (IRENA)、Nis Bertelsen、Brian Vad Mathiesen、Søren Roth Djørup、Noémi Schneider、Susana Paardekooper、Luis Sánchez-García、Jakob Zinck Thellufsen 和 John Kapetanakis (奥尔堡大学)。同时我们对 Amjad Abdulla (IRENA) 提供的宝贵意见表示诚挚谢意。

IKI 支持:

本报告是“未来城市能源解决方案”项目的一部分，该项目得到了国际气候倡议 (IKI) 的支持。德国联邦环境、自然保护与核安全部 (BMU) 基于一项德国联邦议院决议为该计划提供支持。

如需了解更多信息或提供反馈，请访问: publications@irena.org

本报告可供下载，请访问: www.irena.org/publications 和 www.energyplan.eu/irena/

免责声明

本出版物及本文所使用的材料均按“原样”提供，仅供参考之用。

IRENA 已经采取了所有合理的措施，以验证本出版物中材料的可靠性。IRENA 或其任何官员、代理人、数据或其他内容、第三方内容提供商或许可方均不对此类材料的准确性、完整性、特定用途或使用此材料的适用性，或对第三方造成的侵权行为作出任何担保；且对于本出版物及其中的材料的使用，以上各方不承担任何责任或义务。

本文件所含的材料不一定代表 IRENA 成员的观点，也不代表对任何项目、产品或服务提供商的认可。本文件所使用的名称和材料的表述并不代表 IRENA 对任何地区、国家、领土、城市、区域或任何当局的法律地位，或边界及边界的划定的任何意见。

将低温可再生能源整合到区域能源系统

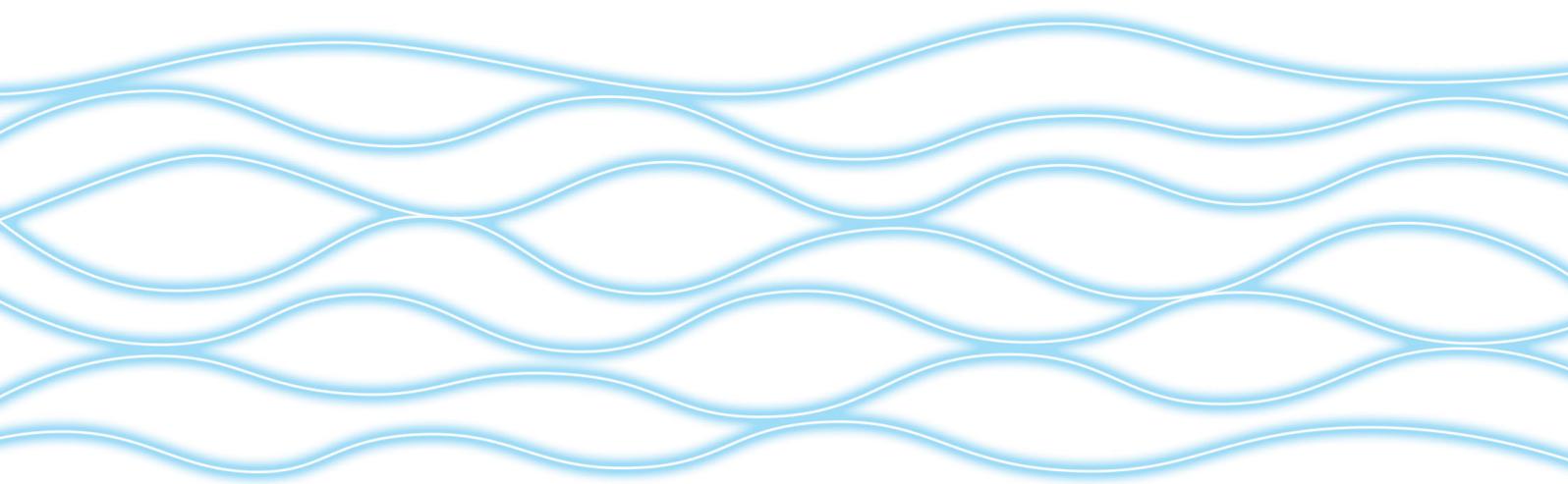
减少供热供冷部门的碳排放量对于缓解气候变化和减少空气污染至关重要。因此，区域供热供冷系统可以按照一定比例增加可再生能源的使用率，提高能源效率、降低供热供冷部门化石燃料的使用率，优化城市空气质量。

传统模式中，区域供热系统需在高温环境下运行，以满足保温性能较差的建筑的高热量需求。在大多数情况下，只有使用化石燃料才能达到所需的高温。然而，科技创新和数字化的发展以及当今世界的节能建筑转型浪潮，使得广泛部署清洁能源技术成为大势所趋，如新一代区域能源系统中的低温地热能、太阳热能、水源热能以及低温余热能源。许多区域的地方级政府均可广泛利用这些资源。不过，由于无法立即与目前的区域能源基础设施和现有建筑相兼容，这些技术仍然具有极大的开发空间。

区域能源系统中的低温可再生能源和可持续余热能源的利用存在许多障碍，包括：

- 数据匮乏
- 知识储备量不够充足，对最佳技术不了解
- 与建筑改造策略的脱节
- 与化石能源供热系统或电力供冷系统存在的不公平竞争
- 高昂的前期成本
- 市级政府的财政预算有限
- 监管不到位且审批程序繁琐

在此背景下，本指南列举了可用工具和解决方案的示例，以提高低温可再生热源在新建和既有区域能源系统中的使用率，为决策者提供了有益的指导方针。除此之外，本指南还概述了采用低温可再生能源发展区域供热供冷及使能技术的应用。本指南重点介绍了在低温环境下利用太阳热能、地热能和水体能量的能源系统和热泵支持系统。在区域供热中，生物质能是一种举足轻重的可再生能源，其现有的相关基础设施也在高温条件下运行，不存在重大的技术整合问题。因此，本报告不会重点介绍将生物质能整合至区域供热系统的过程。



主要建议如下：

以明确的政治驱动因素为基础，制定供热供冷战略计划，并确保主要利益相关者全程参与。尽管该过程可由地方主管部门牵头，但仍需国家政府提供关键支持，以制定宏伟的目标和可行的框架。

- ➔ 对于国家层面来说，制定适当的管理和监管框架、确定整个能源系统的实施方向以及发挥区域能源在脱碳和可持续发展中的作用十分重要。
- ➔ 提升劳动者的必要技能，包括他们需掌握的与可再生能源技术和某些市场上与区域能源基础设施现代化改造相关的知识。
- ➔ 制定因地制宜的供热供冷战略计划，确定参与这一过程的利益相关者及其参与原因，以及让其参与这一过程的方法。
- ➔ 提高公众对于低碳供热供冷技术的接纳度，实施基于可再生能源的区域能源项目。该目标可以通过全民参与和透明化流程实现，使公众进一步了解区域能源系统和可再生能源的优势所在。

根据供热供冷的需求和资源分布情况，制定详细的技术方案。

- ➔ 实地测量建筑物的各种数据或借助现有工具对建筑物进行自上而下/自下而上的建模以预估其需求，扩展供热供冷需求数据的收集范围。
- ➔ 借助地理信息系统等既有工具或通过制定热资源分布图册，评估建筑物供热供冷中可利用的热资源。区域能源系统的规划和投资可充分利用从这些工具中获得的信息。
- ➔ 确保供热供冷发展方案符合长期目标。

整合供应变化、管网现代化技术和建筑改造计划，使技术性能和社会经济效益均达到最佳水平，并避免产生锁定效应和脱节的情况。

- ➔ 协调区域能源和节能建筑的发展，并构建其协同效应的形成机制。例如，制定近邻计划，在需求侧和供应侧同时实施节能措施。大力提倡节能措施，逐步转向对所有消费者实行以耗能为基础的计费方式。
- ➔ 采取措施降低现有居民区中已投入运行的原有系统和新型区域供热网络的运行温度。此目标可从两方面着手：i) 在建筑物方面，可引入控制系统、重新设计供热设备、改造为节能型建筑物围护结构以及重新设计家用热水系统和换热站等来实现此目标；ii) 在管道网络方面，采取管道保温措施、采用增温技术、采取措施降低回水温度、避免因高流量而造成网络损坏等来实现此目标。

解决根深蒂固的问题，推行利用当地的可再生能源进行供热供冷。

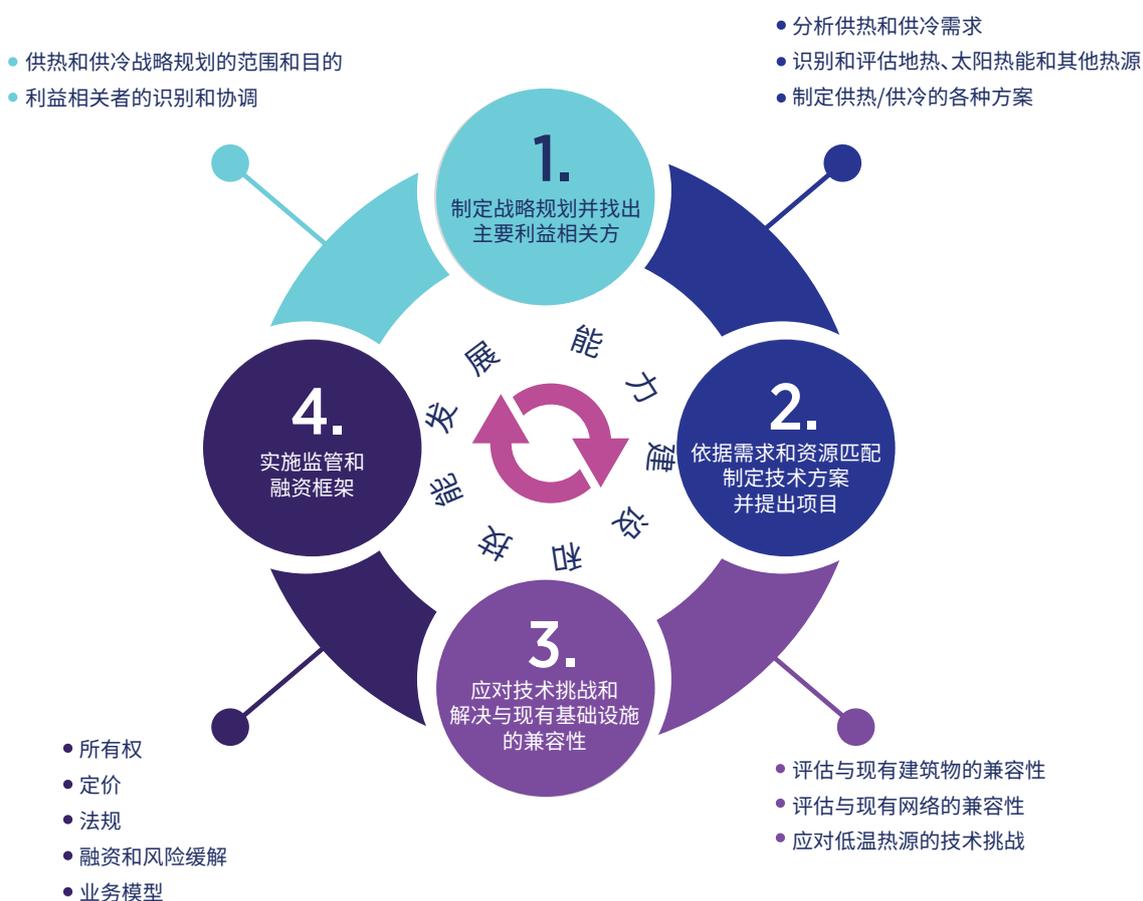
- ➔ 加强建设能力合理开发可再生能源项目，并在将低温能源整合至新的或既有的区域能源系统的过程中，积极应对存在的技术挑战。
- ➔ 务必遵守当地利用可再生能源的最佳实践。因其能够最大程度提升成本效益和资源可持续利用率。例如，地热回灌或季节性太阳能储能。

提供良好的监管条件、扶持融资方案和商业模式，并确保这些措施落实到位。

- ➔ 将区域能源网划分为公共基础设施，并借助财政杠杆实施立法与价格监管等措施，确保提供公平的竞争环境，同时也需考虑温室气体排放或空气污染物等产生的外部效应。

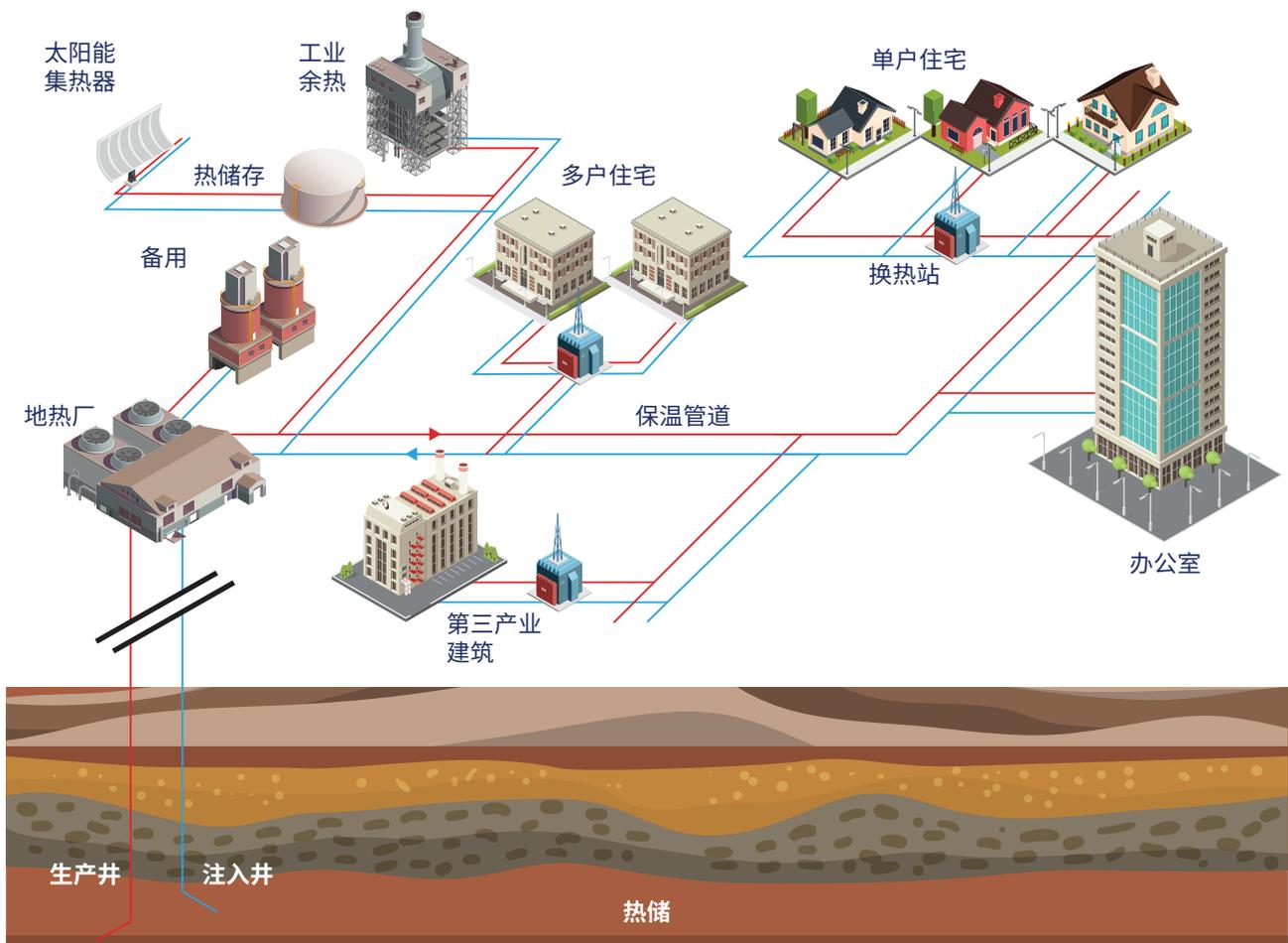
- ➔ 率先付诸行动，与高需求消费者进行对接吸引投资，这不仅能够克服与供热供冷需求相关的不确定性，同时还能确保充分挖掘潜力。
- ➔ 除了寻求公共财政资金支持（包括资助），还需深入调查私营部门的参与程度和创新实践，如与能源服务公司 (ESCO) 建立合作伙伴关系或发起众筹项目。
- ➔ 制定计划，降低可再生能源应用的使用风险。例如，完善根据市场成熟度制订的地热能支持计划，减少投资者钻探低产能地热井的可能性和/或减少投资者面临地热井产能下降的风险。
- ➔ 通过制定所有权方案并出台监管和定价措施，建立全面透明的管理方案，推广区域供热供冷系统。同时确保这些系统能够以可再生能源和余热能源为基础投入运行，并与社会目标保持一致。

将低温可再生能源整合至区域能源系统的框架示意图



区域供热供冷系统

注意：这些仅是区域供热网络可能使用的能源的示例



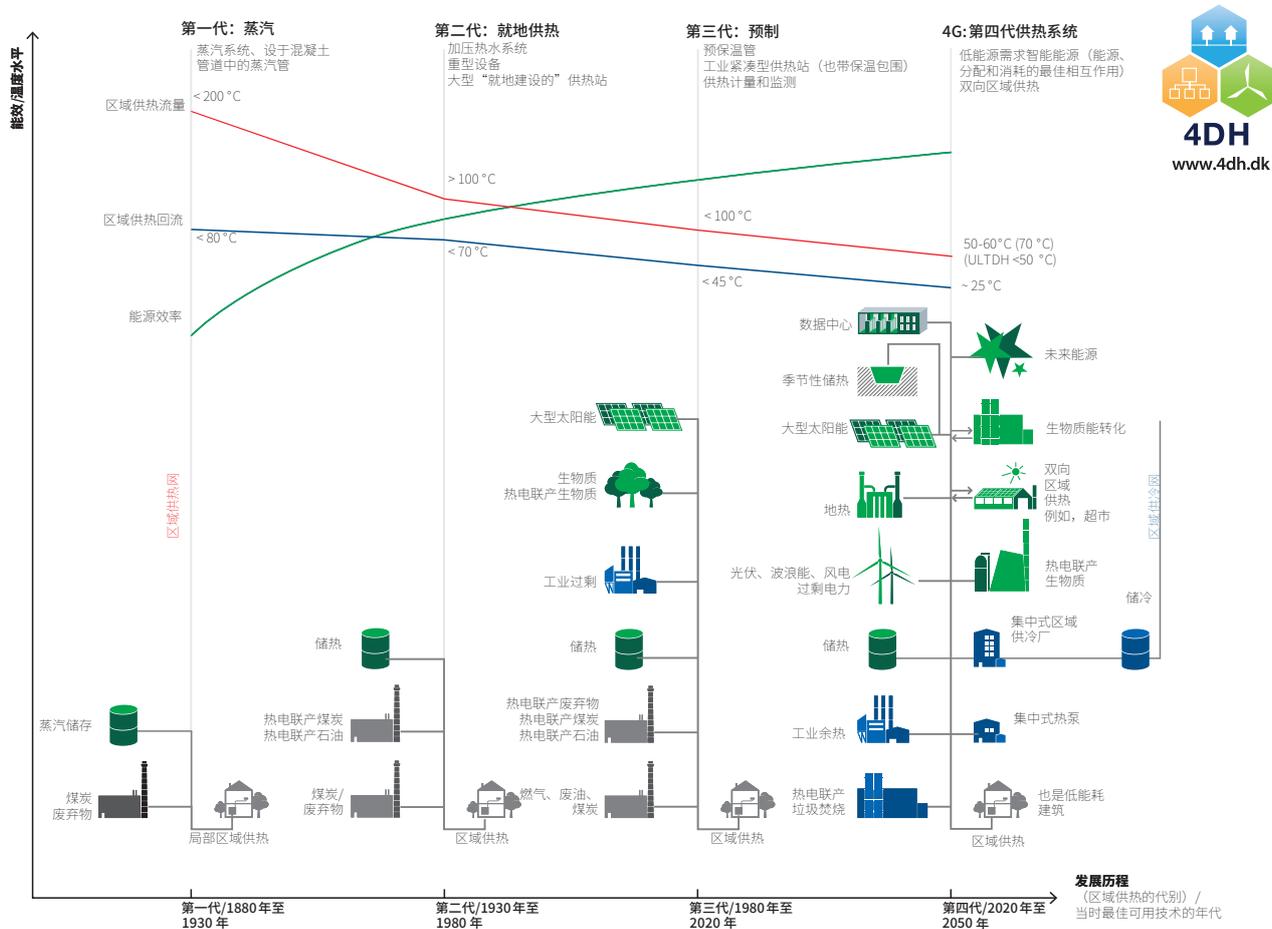
区域供热系统（或称热网系统）的主要作用是供热。系统的一个（或多个）中心（或分散）站点将产生的热能通过带有保温功能的输配管道和辅助设备进行输送。该系统可满足住宅建筑和第三产业建筑对于空间供热和生活热水（DHW）的需求。上图所示为使用多种能源和技术的分散式区域供热系统的示例：太阳热能、中等温度地热资源、工业余热、备用锅炉和季节性储能。也可以使用其他技术，例如热电联产、热泵和来自服务业的废热。

区域供冷系统相当于逆向加热网，其功能原理与区域供热系统的原理基本相似。区域供冷系统负责将冷水分配至各个住宅和商业建筑、办公室和工厂。

区域能源网络可以从锅炉、热电联产、热泵、季节性储能或可再生资源（例如地热或太阳能）获取供热和供冷所需的能源。这提高了区域能源的利用效率，并促进了工业或服务业的余热利用。

借助智能能源系统，能够更加高效地发展 100% 可再生能源系统。其背后的主要原理是整合供电网、供热网和供气网以实现各部门之间的共赢，并以极具成本效益的方式实施储能解决方案（H. Lund 等，2017）。为了使智能能源系统达到最佳性能，所有与能源相关的部门（包括电力、供热、工业、交通部门等）都将被视为能源系统的一部分，然后再将各部门进行整合以使现存的协同作用达到最大化。在这种智能能源系统中，区域能源系统发挥着不可或缺的作用（Mathiesen 等，2019）。

区域能源技术的演变、运行温度和能源示例



注：1G：第一代区域供热系统；2G：第二代区域供热系统；3G：第三代区域供热系统；4G：第四代区域供热系统。

CHP：热电联产

来源：Lund 等，(2018)

随之而来的区域供热供冷（DHC）技术的发展不仅提高了能源使用效率还具备了使用更低的供给温度的能力。第一代区域供热系统采用高温蒸汽技术进行供热，第二代系统采用高压技术进行供热，到第三代和第四代时，供热系统已经能够以越来越低的温度条件运行。区域供冷系统的技术发展过程如下所示：第一代系统使用供冷剂作为输送流体，而从第二代便开始使用水作为输送流体，因此，供应温度不断攀升，能源的可用性也呈提高趋势（Lund 等，2018）。因此即使不同的季节，那些具有不同供热/供冷季节的国家也能共享区域供热供冷网络。

“低温”指代的并非特定或绝对的温度范围，这取决于所考虑的能源或区域能源网络中的温度设置。在给定的城市或区域中，不同的本地可用热源不允许在区域供热网络中实现相同的工作温度范围。化石燃料（如天然气）或可再生燃料（如生物能源）燃烧后的温度高达几百摄氏度，因此使热载体达到 100°C （摄氏度）并非难事。相反，使用浅层地热能或借助非常规余热能源回收技术（例如数据中心的冷却）却很难达到这样的温度。太阳热能、工业余热能源、大型热泵等属于中温供热范围。网络的工作温度越低意味着可开发的能源范围越广，且将其纳入低碳和清洁能源的潜力也越大。

制定战略型 供热供冷计划

为了达到以协调、透明的方式应对能源挑战的目的，从长远来看，必须制定和实施能源战略规划 (SEP)。能源战略规划 (SEP) 旨在解决目前能源供应方面存在的问题和制定长期发展战略和过渡计划。评估中须包括与技术、经济、环境和社会相关的内容 (Krog 和 Sperling, 2019)。

能源战略规划 (SEP) 可应用于各级政府层面和各个地理区域内的工作，或者着眼于不同的技术重点。然而，能源战略规划 (SEP) 需考虑不同领域的实际情况以免发生部分领域出现分化的结果。

由于供热供冷资源的地区差异较大，供热供冷战略规划 (SHCP) 会有别于其他能源载体规划。

多国、国家或区域能源和气候目标只有在适应地方实际情况并适当采纳时才能得以实现。反之亦然，地方在制定宏伟目标的过程中必须考虑到国家层面的政策，除此之外，还需出台有利的立法框架才能成功实现目标。

此外，战略性供热供冷规划 (SHCP) 必须满足系统化的特点，这在可再生能源系统中尤为重要。从系统角度考虑，电力、供热供冷部门产生的技术协同作用也必须适当地体现在政策和法规中，这也正是 Hotmaps 项目 (Hotmaps 项目, 2020) —— 该项目考虑了如何在欧盟 (EU) 成员国内推动战略性供热供冷规划 (SHCP) 的发展 —— 始终强调的方向。

从这一角度来看，启动战略性供热供冷规划 (SHCP) 之前，有关部门应彻查公共政策和监管框架是否落实到位，以确保该框架能够融入各级管理部门和各能源政策领域，并在所有层面协调一致 (Djørup 等, 2019a)。

另一方面，现在运行区域供热供冷 (DHC) 系统的辖区内，地方当局具有强大的行动影响力。战略性供热供冷规划 (SHCP) 能够从长远和全面的能源角度评估项目的实施流程。

地方当局在推动区域供热供冷 (DHC) 系统发展的进程中应体现出多维度作用，并考虑所有社会阶层关注的问题：制定能源与城市规划，提供基础设施和服务建立财政和技术支持机制，为部署能源系统的地区提供法律许可，以及连接公共建筑与区域供热供冷 (DHC) 网络。所有政府当局均需发挥己任。例如，作为监管者的市政府可以发布地方分区政策，强制要求连接公共建筑和区域供热供冷 (DHC) 网络 (IRENA, 2016)。某些国家的地方当局认为自己不具备实施能源规划或建立支持机制的能力；因此，他们认为实施与区域供热供冷 (DHC) 相关的措施不属于其职权范围内。然而，即使集中监管权，他们也应该发挥好作为召集者和促进者，以及作为创建区域供热供冷 (DHC) 知识库的作用，这是发展区域供热供冷 (DHC) 的关键因素。

“地方能源和气候规划必须符合国家目标，并考虑整个城市的能源系统的整合情况”

关于制定战略型供热供冷规划 (SHCP) 的建议摘要

在新的和现有的区域供热供冷 (DHC) 系统中开发和利用低温可再生能源的第一步便是制定战略性供热供冷规划 (SHCP)。战略性供热供冷规划 (SHCP) 进程的关键成功因素可以概括为：

确定战略性供热供冷规划 (SHCP) 的范围和目的。

- ➔ 选定战略性供热供冷规划 (SHCP) 的战略目标。列举战略性供热供冷规划 (SHCP) 进程的实施原因（例如，脱碳、污染最小化、使居民能够负担得起供热供冷费用等）。该战略目标能够指导其余流程的发展。
- ➔ 地方供热供冷目标应与国家脱碳战略（如有）保持一致。由于各地的热能利用各不相同，热能规划将在城市或市政级地区开展。然而，地方规划需要在国家和区域的指导下进行且需符合其发展目标。

“战略性供热供冷规划需明确机会和协同作用，并采用具有成本效益的政策和激励措施”

制定长远的转型战略和规划来解决当前的能源供应问题。

- ➔ 让地方当局参与制定战略性供热供冷规划 (SHCP)。地方当局在战略性供热供冷规划 (SHCP) 进程中发挥着关键作用，如制定能源与城市规划、提供供热供冷的基础设施、监管和融资等。
- ➔ 确保各个管理层面和所有能源政策领域均采用了战略性供热供冷规划 (SHCP)，并协调一致。其中尤其要注意将战略性供热供冷规划 (SHCP) 与节能建筑规划进行整合，因为其中的某些技术只能应用于建筑群（地区）而无法应用于单个建筑中。

战略性供热供冷规划 (SHCP) 流程具有迭代性、多学科性和连续性的特点，因此适用于各个层面和各种环境。

- ➔ 借助多维度和经过反复论证的方法不断优化流程。为了实现利益最大化的目标，首先应从长远的角度实施战略性供热供冷规划 (SHCP) 流程，其次应考虑该规划与其他能源系统的协同作用，（如电网），再次，应采取包括经济、环境和技术方面在内的多学科方法。
- ➔ 因地制宜，调整战略性供热供冷规划 (SHCP) 流程的侧重点。无论如何，请记住，管理原则应适应于战略目标而非项目挑战。战略性供热供冷规划 (SHCP) 的主要阶段：i) 确定范围、目标和利益相关者参与计划；ii) 反复论证可持续能源供应技术方案的可行性；iii) 确定区域供热供冷 (DHC) 管理计划。

利益相关者参与

供热和供冷部门涉及到众多利益相关者，他们都有自己考虑的重点。这些利益相关者可能是来自具有高能源需求行业的消费群体，如工业、医院、废水处理厂或温室。这些行业的能源消耗量巨大，但同时也会产生可观的余热能源。关键的利益相关者可能与能源部门直接相关，如发电厂、能源传输公司（如现有的区域能源供应商）或开采业公司。然而，如果利益相关者认为自己并非某个活动的主要当事方，便会置身事外。

由于供热供冷具有地方性，向低碳供热供冷技术过渡的过程中，必须确定地方利益相关者并与其达成合作关系。在组织流程和确定参与的利益相关者的过程当中，地方政府将发挥主要作用。

由于必须排除不符合既定范围的利益相关者，必须要弄清楚哪些是领导这一过程的主要参与者，以及由谁来负责指定和召集其他的利益相关单位。而且并非所有的热源都符合既定目的，国家和地方的规划也可能与某些既定行为者的规划背道而驰。

因此需要：

- 确定机会，让利益相关者参与该流程，让他们在供热供冷计划的实施过程中发挥建设性作用
- 确定协同作用和机会，建设以具有成本效益的区域能源系统。

建议利益相关者尽早参与和管理该流程，以便提高公众的接纳度。同时，明确各个关键利益相关者负责的计划部分；这些利益相关者可能分别负责长期规划、特定部分（如开发特定的可再生能源）或者可能负责开发已建成区域的网络。这意味着，即使他们是负责区域供热供冷 (DHC) 特定部分的关键利益相关者，也可能与其他领域无关。

将打着不同算盘的利益相关者协调在一起，尤其是在职能和目标相悖的情况下，会给政府带来不小的困难。许多潜在的利益相关者必须积极参与其中，以增加兴趣和参与度，否则就会被排除在项目之外。例如，医院可能认为自己并非关键角色——因其主要负责提供医疗保健服务，而供热供冷只是活动中的一小部分，所以他们起初对该项目的兴致并不高。因此，有必要根据项目影响和感兴趣程度，将各利益相关者划分到特定类别，以制定下图所示的参与战略。

根据影响和感兴趣程度对各利益相关者进行分类。



来源：日内瓦大学；权力 - 利益矩阵 (1981)

可能涉及的利益相关者在战略性供热供冷规划 (SHCP) 中扮演的角色及其参与策略

利益相关者	角色/影响/利益	参与策略
国家政府、州政府或省级政府 ⁶	<p>提供与法规、工具和命令相关的框架条件。</p> <p>一般会发放允许项目开展的许可证和执照。</p> <p>可以为项目提供资金。</p>	<p>基于国家能源政策参与规划。如能源安全、健康、脱碳等方面。</p>
地方（市政）政府 ⁶	<p>一般负责监督法规的实施情况。</p> <p>项目所有者和主要推动者。</p> <p>掌握涉及特定项目情况的重要的地方性知识。</p> <p>能够提供允许项目开展的许可证。</p> <p>保护消费者的利益。</p> <p>主要消费者（公共建筑）。</p>	<p>以战略性供热供冷规划 (SHCP) 的驱动力为基础参与流程。如与能源匮乏、空气污染和无法获取能源相关的当地需求。国家政府（或州/省）可以为地方政府提供有关区域供热供冷 (DHC) 潜力和法规的义务性评估。</p>
公用事业/开发公司	<p>取决于所有权。</p> <p>区域供热供冷 (DHC) 系统的利益应和战略目标一致。</p> <p>与其他开发商确定协同作用，并从中获益。</p>	<p>开发商业案例。</p>
投资者和金融机构	<p>为项目提供金融性投资资金，回收投资成本。</p>	<p>了解管理投资决策的评估标准和优先事项。</p>
研究人员/学术界	<p>提供与新兴技术、挑战和现象有关的（自主）知识。</p> <p>能够独立评估潜在的发展途径。</p>	<p>研究 - 行动项目。</p>

⁶ 由于政府制度具有多样性，上述国家政府和州、省或地方政府可能会通过其他方式实施相关政策（反之亦然）。

可能涉及的利益相关者在战略性供热供冷规划 (SHCP) 中扮演的角色及其参与策略 - 续

利益相关者	角色/影响/利益	参与策略
建筑开发商	开发允许采用低温供热供冷源的新楼盘。	遵循建筑规范或标准。 发布规定，要求连接建筑物与区域能源供应系统。
建筑物业主	提供建筑物侧供热厂的信息。 允许进行安全检查，检测/纠正系统故障。 决定是否对系统进行优化。	遵循建筑规范或标准。 发布规定，要求连接建筑物与区域能源供应系统。
客户	提供与热需求相关的信息。 通过行为影响系统效率。 支付账单。 充当生产消费者的角色。	统一与客户的利益。 制定合同协议保护利益。
公民	公众接纳。 作为供热用户，参与就业。 成为投资者。	应该加入该流程。 应了解该群体的愿望和驱动力。
地质调查	提供与地质条件和现有地热资源有关的重要信息。	评估资源潜力。
地热能和太阳能开发商	启动项目并提供更为详细的热资源指标。	需要确定投资和风险管理项目。 需要就勘探、测试和运行进行适当的招标活动。
余热能源供应商	可为网络运行提供实惠的供热价格。	需要了解有关回收热量的技术问题和潜在的商业影响。 参与制定“售热”合同协议的流程。
技术供应商	为当地创造附加值和就业机会。 支持提高区域供热供冷 (DHC) 系统的灵活性。	需要确定投资和风险管理项目。 为研发供热供冷可持续技术提供资金。

利益相关者分析图所面临的挑战和建议概述

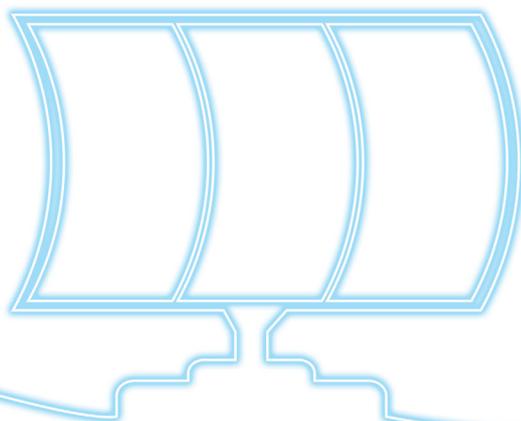
利益相关者的确定和参与。

- ➔ 确定战略性供热供冷规划 (SHCP) 的利益相关者，了解他们供热供冷项目的兴趣和影响程度。地方当局通常会担任战略性供热供冷规划 (SHCP) 的领导者，他们需明确政治驱动力和目标：如某些与总体目标不一致的利益相关者，便不必参与这一流程。
- ➔ 提高公众对于区域供热供冷 (DHC) 的认识和接纳度，这是实现特定社会和环境目标的一种可行方式。应尽早提高决策者和公众的参与度以提高公众对供热规划过程和区域能源的接纳度。

就推广区域供热供冷 (DHC) 系统具体使用的能源以及开发具体的项目而言，项目运营方可以让利益相关者参与其中，具体如下。

- ➔ 开发工具和方法，用来评估供热供冷对环境的影响，并游说决策者针对各种能源出台适当的环境法规。借助简单的工具评估能源项目可能造成的环境影响，然后与其他类似项目进行比较，并明确阐述其缓解措施。这些措施对于地热能来说尤其实用，这样不仅可以提高地热开发的透明度，还能提高相关人员对地热项目的风险和相关缓解措施的认识。
- ➔ 提高透明度，让利益相关者参与开发流程，以了解项目的利弊。对于某些可再生能源技术，公众和决策者掌握的信息并不全面，他们可能因为无法预见的环境和社会风险而产生抵触情绪。

“利益相关者必须尽早参与解决公众关注的问题，确保公众能够广泛接受新的可再生能源技术。”



评估和绘制供热（和供冷）需求和能源资源图

对于许多国家、地区和城市而言，供热（和供冷）过去并不是政府管理的对象。能源政策通常属于部门性政策，侧重于供给侧的电力和天然气以及需求侧的建筑效率。因此，人们对于供热供冷部门的基本情况不甚了解。不过，供电和供气量可以通过计算得出，但供能总量仅仅是烹饪、照明和供热耗能量与用于其他终端使能需求的耗能量相加而得出的结果。未安装控制系统和能源计量器的既有区域能源系统中，往往对消费者层面的实际能源需求缺乏了解。因此，供热供冷需求无法预测，这会导致无法将已有数据用于战略规划目的。

为了推动战略性供热供冷规划（SHCP）流程或可行性研究，有必要收集和利用有关供热供冷实际需求（包括系统的安装地点和数量）、潜在的供应选择以及建筑存量状况的知识和数据。同时，分析其他能源部门以掌握不断变化的数据也至关重要，如呈递增趋势的可变可再生能源发电量和日益增加的能源需求等。针对这种局面，应利用重要的跨部门协同作用，并避免出现只在能源领域内最优化的结果。利用收集的数据制定技术方案，以便在战略规划中发挥关键作用。技术分析图的绘制步骤将包括量化热量需求、确定和量化潜在的热资源以及评估建筑物的节热潜力。

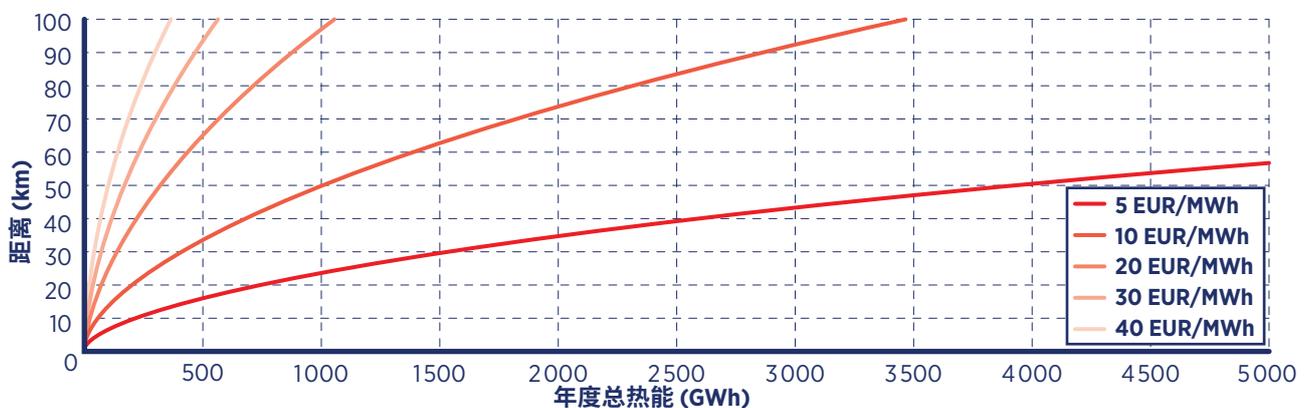
供热规划与其他类型的能源规划存在显著性差异，即需求和供应位置至关重要。这意味着只要了解热资源的位置和现有的供热供冷需求，就能将两者相关联以评估规划的可行性。因此，绘制供热供冷需求的位置和量化图是实施战略性供热供冷规划（SHCP）的关键部分，这对于能否吸引投资者支持（采用可再生能源和余热能源的）区域能源项目至关重要。

对于区域供热供冷（DHC）规划部门来说，这种信息对于预测网络规模和安装容量尤为重要。而对于投资者来说，区域能源网属于资本密集型投资项目，因此他们的侧重点是了解潜在的市场规模、供应量和潜在客户。

能否以具有成本效益的方式传输热量取决于所需的输送量。下图描述了以单位成本为基准，热量可传输的最远距离。例如，耗能 2500 吉瓦时（GWh）可以传送到 40 公里外，而成本仅为 5.50 美元/兆瓦时。但如果生产点和消费点相隔 50 公里，则耗能需提高至 4000 吉瓦时才能获得相同的单位成本。

此外，从技术上讲，应尽量避免管道距离过长。事实上，即使管道目前保温性能良好，仍然无法避免热损失，但可以通过降低运行温度来减少这种损失。

输热成本



注：输热成本包括建设成本和输送成本。区域供热管道的建设成本来自 Svensk Fjärrvärme AB (2007)，根据 Sánchez-García (2017) 进行更新，并已按照 30 年 5% 的利率摊销。输送成本基于电价为 11 美元/兆瓦时的假设得出。此外，还假定通过管道输送的能量在一年中呈正弦变化 (Phetteplace, 1995)。

评估和绘制供热（和供冷）需求和能源资源图所面临的挑战和建议概述

本步骤概述的方法能够对供热供冷进行技术性评估。获得与需求、供应和潜在节能相关的信息以及平衡这些要素十分重要。主管部门可以开展上述活动促进区域能源系统的发展。

- ➔ 测量人们对供热供冷的实际需求，以了解耗能的空间和时间分布。这样做能够明确支持高资本成本的区域能源项目投资，并允许进行单独的计量和计费，这也是减少能耗（特别是在高峰时段或季节）和提高消费者参与率的鼓励措施。如果没有实际测量数据，则应通过建模或估计需求为决策提供参考。应推广适用于评估供热需求（包括温度水平）、可用的基础设施和可用的热资源三者之间的相互作用的现成工具，如地理信息系统（GIS），如果缺乏这种工具，则应进行创建。
- ➔ 确定并量化当地可用于供热供冷系统的可再生能源资源。可使用已开发出的多种工具量化当地的能源，并通过匹配资源与需求来支持决策。
- ➔ 在建设新的供热基础设施之前，应考虑现有能源系统的节能潜力。如果实施节能措施的边际成本低于建设新的供热能力，则应实施节能方案。然而，节能措施无法替代区域供热供冷（DHC）系统，但从长远来看，它们是相辅相成的。

- ➔ 在决定实施哪种供热供冷技术方案时，考虑商业经济因素的同时务必记住更重要的是社会经济因素。这能够确保项目解决的社会目标更广，如实现脱碳、创造就业机会和减少空气污染。对于像地热这样高度专业化的能源，地方当局的工作人员可能缺乏进行评估和量化的专门知识，因此，可借鉴行业最佳实践并借助专业公司或机构的技术援助服务来分析数据、预估资源潜力，并在必要时进行技能和技术转移，以实施进一步的资源评估。

“通过测量实际需求、为建筑消耗进行自下而上的建模、并为热需求量进行自上而下的建模，可推算出城市建筑对供热供冷的需求量”

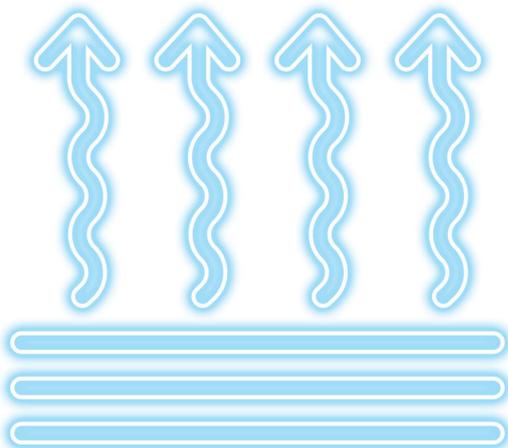
将低温供应技术整合到现有建筑和区域供热网络中

从技术角度看，将新的热源整合到现有区域能源系统中，在很大程度上会受到运行系统设计温度与热源温差的影响。例如，中温和高温地热资源可完美整合至现有系统和建筑物中。但是，如果热源温度低于网络的运行温度，则需要进行调整。

在部署第四代区域供热系统时，其运行过程中的输送温度低于前几代（第一代至第三代超过 70°C），其中所产生的技术挑战可能源于管道系统或建筑存量，这将取决于系统覆盖的应用（Volkova、Mašatin 和 Siirde，2018）。

过渡到新一代区域供热系统的第一步便是分析该系统与消费者连接的兼容性。此外，建筑存量、合适的网络设计以及建筑改造策略也是不容忽视的考虑因素，而且这些因素必须符合向低温和可持续供热的过渡战略。所有的努力都是为了确保实现具有成本效益的脱碳目标，避免对与长期目标不兼容的解决方案产生锁定效应（例如冷凝气锅炉）。这一评估也为将供冷技术整合至现有区域供热系统提供了机会。

“决策者应将建筑改造、供应变化和网络现代化等诸多规划整合在一起，以达到最佳的性能水平，并避免产生锁定效应和脱节的情况。”



现有供热网络与建筑物达成兼容 将要面临的技术挑战概述

新一代的区域供热系统有望采用更广泛的能源和低温可再生能源。然而，从现有的区域供热供冷 (DHC) 系统过渡到现代系统还需对现行网络进行适当设计，并让该系统与消费者连接和建筑供热系统相兼容。国家和地方当局可采纳以下建议，以评估最佳改造地点及改造程度，并确保进行战略性规划。

整合建筑改造、供应变化和网络现代化规划，以达到最佳的性能水平，并避免产生锁定效应和脱节的情况。

- ➔ 打造战略性合作关系，实现区域能源和建筑节能的目标。例如，考虑采取社区合作的方式，在需求侧和供应侧同时实施节能措施。
- ➔ 优先考虑管道保温性能较差的建筑和对能源需求较大的耗能大户，以贯彻改造政策。
- ➔ 对所有消费者实行以耗能为基础的计费方式，鼓励更节能的做法。

此外，区域能源运营商可以采取以下措施，确保区域能源网络与低温供应技术相兼容：

评估已建成社区既有和新安装的区域供热系统，并使其与现有建筑相兼容。

- ➔ 改造现有建筑的围护结构，以改善建筑物的节能性能并降低能源系统的高峰负荷。这将有助于整合包括可再生能源在内的本地低温能源。
- ➔ 不过目前安装的供热设备（散热器）可能不适用于在低温状态下运行。因此，在改造建筑存量的同时也需重新设计和更换设备。

- ➔ 安装如恒温阀这样的控制设备，以调节流量，控制舒适度。

- ➔ 如热水系统温度过低，则会导致水箱内滋生大量细菌（如军团杆菌）。在此情况下，安装板式换热器等即时生产生活热水 (DHW) 的选件是一种不错的解决方案。然而，在温度较低的情况下，可采用其他技术解决方案，如使用化学/物理处理方法进行消毒，或整合热泵或电加热器来提温。

- ➔ 让人的行为适应建筑供热运行的最佳管理方式，以过渡到低温供热系统。这可能包括避免让处于情绪低落期的人员上岗。

- ➔ 推广全新的换热站概念。

评估现有热网并与其兼容。

- ➔ 切换到较低的供应温度可能会导致流速增快，有损坏网络的风险。为了避免这种情况，应确保降低热水从建筑物进入网络的回流温度（如采用舒适型浴室）。

- ➔ 如供热温度过低无法满足供热需求，可结合增压技术（热泵）从供热源处增温，或在寒冷季节时提高特定区域的热网温度，或满足高峰期的需求。

- ➔ 减少网络中热量损失过多的情况，防止建筑物供热不足。这一目标可通过安装适当的保温装置实现。

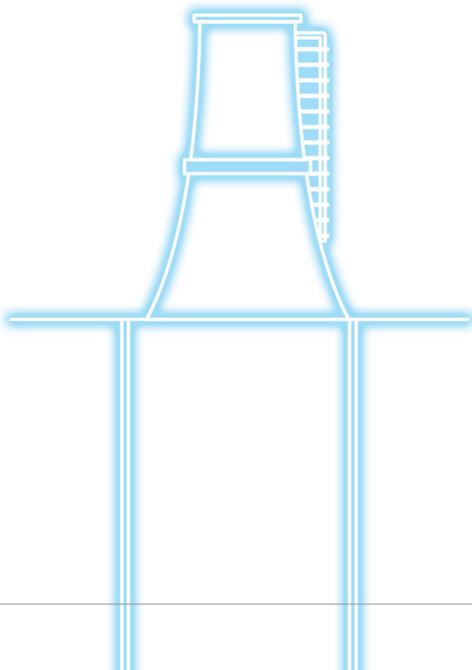
培养地方能力，以应对将低温热源整合到现有网络和建筑存量的技术挑战。

- ➔ 由于区域能源和建筑节能的技术挑战性，主管部门需致力于提高当地的专业知识。

应对低温能源开发中的技术挑战

供应给区域能源网络的每种低温热能资源都有可能面临一些具体挑战。因此，根据当地实际情况针对具体挑战进行调查可能会有所帮助。这些挑战可能影响技术解决方案结果，因此下面将针对每种热能资源讨论解决面临挑战的建议措施。

要解决低温能源应用所面临的相关技术挑战，关键因素是当地劳动力的能力发展。国家和地方政府可利用现有的技术援助计划实行知识转移。此外，政府可为区域能源系统的开发商提供研发支持，反过来后者又将投资创新。采用行业最佳实践并参与论坛分享经验可进一步提高能力。



低温能源开发面临的技术挑战和建议摘要

下文总结了针对区域供热供冷系统向国家和地方当局以及运营商提出的主要建议，用于应对低温能源开发中遇到的技术挑战。

开展能力建设，应对低温可再生能源或余热能源应用中的技术挑战。

- ➔ 培养可再生能源技术专家团队（包括公共部门），例如地热能专家团队和太阳热能专家团队。
- ➔ 投资改善当地劳动力的专业知识，以确保区域能源网络的平稳运营。这不仅有助于优化网络运营，还能够确保在尽量减小能源供应中断风险的条件下来解决技术问题。

为了确保区域能源系统平稳运营，运营商需要针对项目实施以下措施。

遵守地热能系统运营的最佳实践。

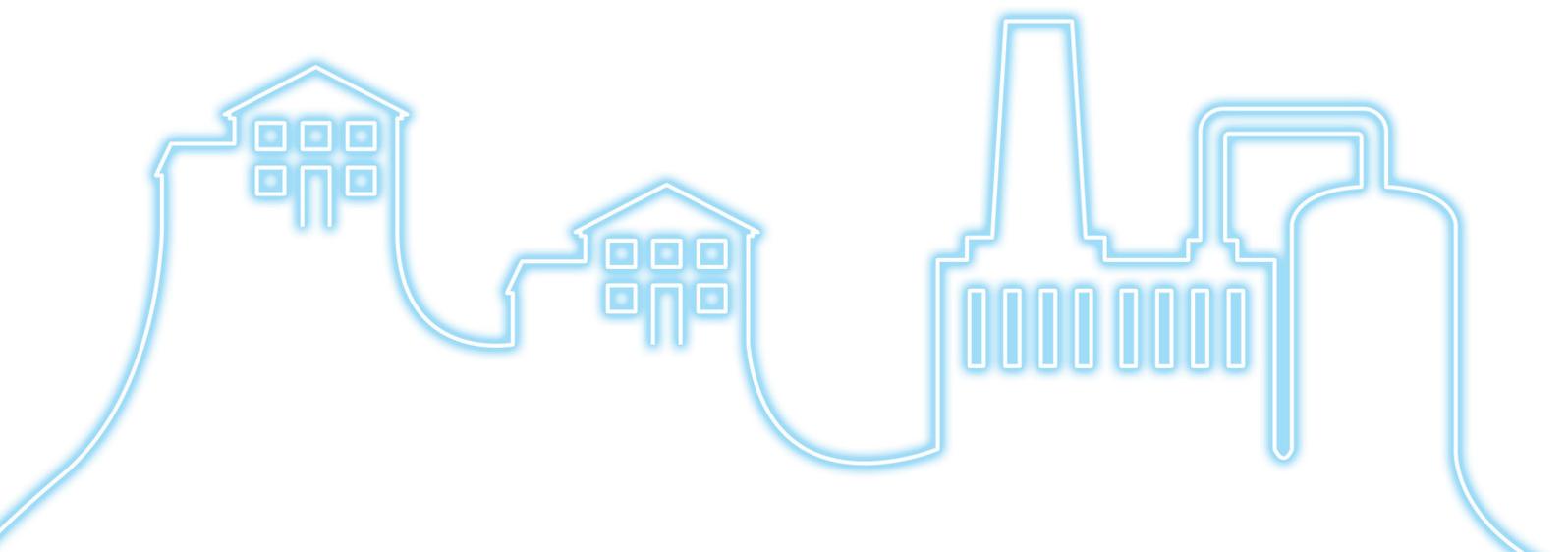
- ➔ 遵守地热区域能源系统中热储管理以及设备运营和维护相关的行业最佳实践。这些最佳实践包括为热储重新注入利用过的地热以保证热储的可持续性，以及管理结垢与腐蚀等工程策略。

部署解决方案管理太阳热能和余热能源供应的波动性以避免供热管网出现不稳定。

- ➔ 在区域供热供冷网络中集成大规模的热能储存以捕获多余热能，例如在需求较低时储存生产的太阳热能和余热能源，以备将来需求增加时使用。
- ➔ 制定策略以确保区域能源供应不会中断，例如执行为区域能源网络供应余热能源的长期合同。
- ➔ 供给侧的输出和温度波动极有可能是本地低温能源使用所面临的挑战。在这种情况下，应利用热泵提高温度，从而确保满足客户的供热需求。

区域供热供冷系统中开发低温可再生能源或余热能源面临的主要挑战及潜在解决方案

来源	主要挑战	可能的解决方案
地热能	投资成本高	建立地热资源风险防范和生产力保障方案
	钻井失败风险	进行广泛的地学研究
	随着时间推移生产率降低的风险	监控热储及管理资源（尤其是注入过程）
	结垢和腐蚀风险	热交换过程中将地热流体的温度保持在溶质的饱和温度以上、定期维护热交换器和其他设备、使用化学方法（例如阻垢剂）处理地热流体以减少沉淀和结垢
太阳热能	季节性供应和需求之间存在偏差	确保在有生活热水 (DHW) 需求的系统中使用
	投资成本高	供热供需不匹配时，可利用太阳热能提供供冷需求
	温度限制	整合蓄热装置以存储多余的太阳热能
	空间限制	使用替代空间，例如屋顶、污水池、曾经的垃圾填埋场等。
余热能源	资源的可持续性	制定合同协议以确保供应需求
	供应波动状况	将热能储存整合到网络中 组合连接，将高温输送至供应管线、低温输送至回流管线
免费供冷	水质和水生生物的保护	过滤
	结垢和腐蚀风险	防污工艺



推动实施监管条件、融资和商业模式

如下图所示，区域供热供冷项目受到地方、国家或地方以下各级（省/州）出台和/或实施的法规约束。此外，特定项目还受到一般供热和建筑法规以及地下水资源开采管理（针对地热能源项目）、土地使用（尤其是太阳热能项目）和能源系统相关法规的影响。区域供热供冷项目经常涉及多个专业领域，例如建筑类型及翻新、区域规划、能源供应、用于部署管道的道路维护等。所有这些相关政策还受到各级政府的立法影响。

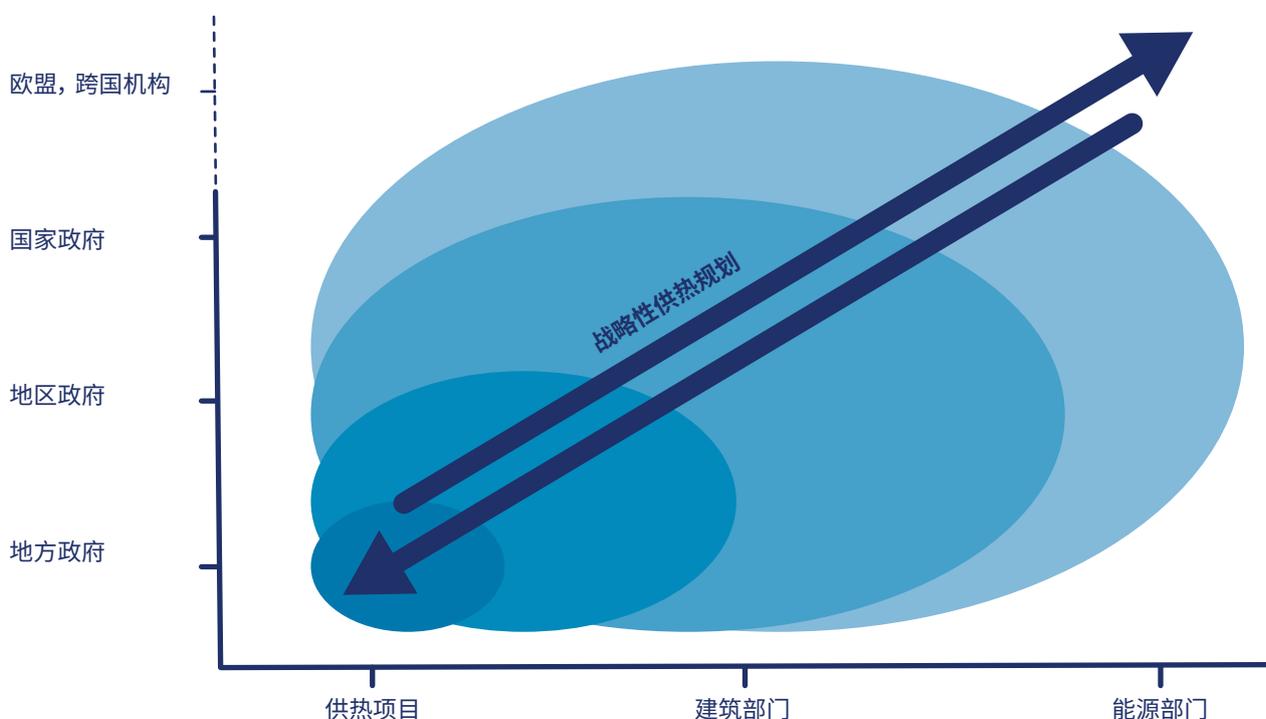
国家和地方政府需要建立财务和监管措施，以确保既有定价机制能使人们从区域供热供冷系统中获益。同时，现有机制必须确保不会因为补贴（直接或间接）其他能源而对区域供热供冷系统产生不利影响。

实施新的区域能源项目（或化石燃料转换为其他燃料）通常需要由一家投资商进行重大投资，而非大量消费者/投资者共同投资单台设备。相对于其他方案，基于余热能源和可再生能源的区域能源系统可能会因能源定价机制、市场结构和前期高昂的资本成本而处于不利地位。因此，由于短时间内难以实现收支平衡，从长远角度评估区域能源项目至关重要。

基于低温太阳能、地热能或混合动力系统的区域能源系统需要针对每个特定项目定制商业模式。这种模式应在保证所有利益相关方财务收益的同时，谋求更大的社会经济收益。

考虑到这点，所有权结构和价格监管模式的选择会影响将低温能源集成到区域能源系统中的潜在应用方案。

在国家和国际法规背景下进行本地/战略供热规划并与多种利益及需求保持一致



实施框架条件、融资和商业模式的挑战和建议概述

本节总结了与区域供热供冷系统所有权、定价、融资及监管相关的不同模式及挑战。这些不同的因素密切相关，且经常相互影响。因此，公共或私人开发商或区域供热供冷公司应同时考虑所有以上因素，以建立各方对区域能源系统的信任。

我们从这种相互联系中可得出结论，全面的区域供热供冷治理方案应包含多种措施。这也包括本地知识、对区域供热供冷的了解和接受程度、系统运营、工程知识和实践以及资源的获取。选择的治理方案应确保投资获利，消费者通过具有竞争力的价格受益，同时提高定价的透明度。

制定全面的区域能源治理方案。

国家和地方当局可以在区域能源部门采取各种治理措施以实现特定的经济和社会目标。

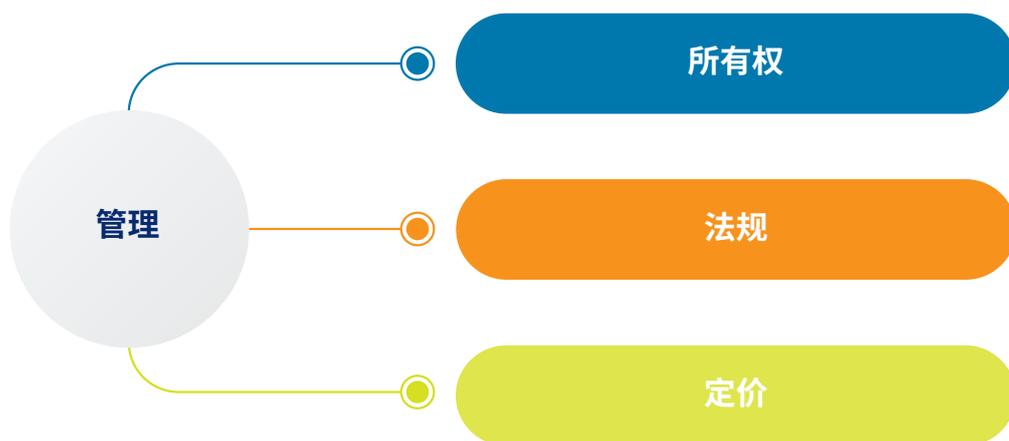
- ➔ 确定并实施一种治理方案，以确保区域能源系统产生最大的社会效益。该方案可能需要考虑各个方面，例如价格监管、所有权结构和立法等。例如，丹麦区域供热系统中，真实成本原则促成了结合公共或社区所有权制的低价供热。

确保公平的竞争环境。

在可再生能源区域能源项目与其他现有供热供冷方案的竞争中，国家和地方当局可发挥关键作用。

- ➔ 将区域能源网络视为公共基础设施。一般建议政府至少对部分基础设施进行投资，因为成功建立区域能源公司及其相关基础设施通常需要大量投资。这确保了项目能够吸引低成本和长期的融资方案，从而帮助降低能源成本。

形成区域供热治理方案的因素



- ➔ 促进当地供热市场竞争，例如通过招标生产热能。多个热能生产商的价格竞争消除了自然垄断危险，同时能够鼓励创新及提高生产效率，从而产生更便宜的能源。
- ➔ 国家和地方级别采取不同方法确保公平的竞争环境：热能价格、财政杠杆、简化区域供热供冷系统立法、价格监管和监控以及解决外部因素 - 例如 CO₂ 定价等方法。所有可持续系统开发方案应从整体角度考虑：例如建筑法规相关方面的考虑。
- ➔ 消除监管壁垒以及优化和简化地方和国家级别相关法规，为地热能和太阳热能等可再生能源开发提供有利的环境。这可能需要制定获取、探索和开发地热资源的相关法规，以及获取太阳能热项目的许可。

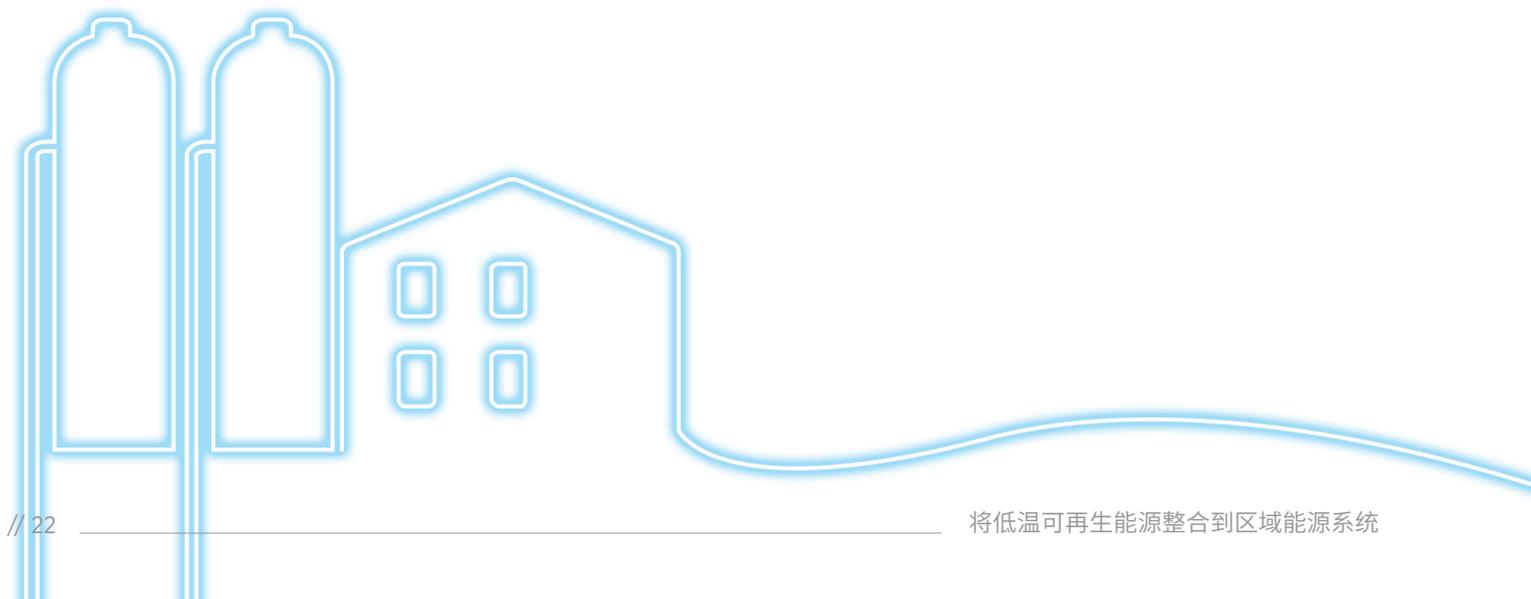
克服投资障碍，实现资本密集型转型。

为了支持区域能源运营商，国家和地方当局可通过最大程度地减少与能源相关的特定风险以吸引更多融资。

- ➔ 支持制定保险计划以降低地热能等可再生能源风险，例如为低生产率钻井和/或热井产能下降的投资者提供补偿。
- ➔ 公共部门提供直接资金或制定技术援助计划。这些资金可用于评估项目的可行性、开发新市场中的区域能源基础设施或评估可再生能源的供应方案。

在项目方面，可通过采取以下措施吸引融资。

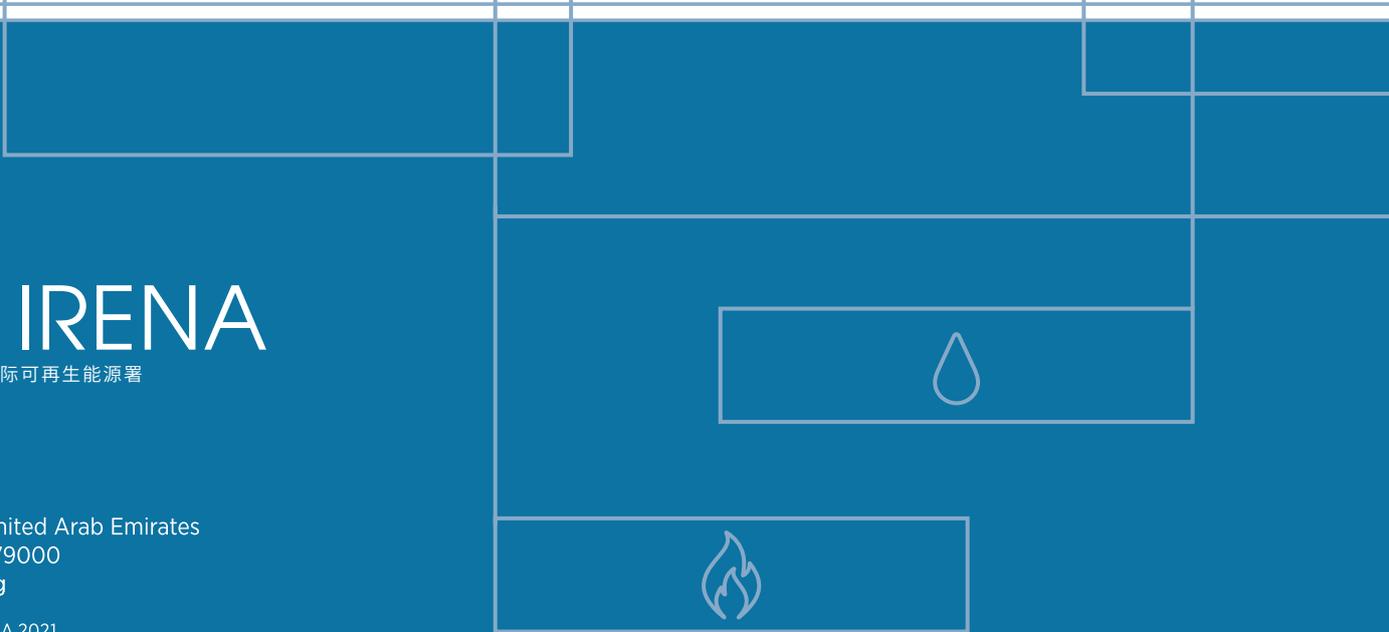
- ➔ 从容易实现的目标做起。从需求大的消费者或公共建筑着手，同时确保充分利用所有能源潜力。该策略确保解决新开发项目在需求方面的不确定性，以便吸引融资。
- ➔ 探索需要合作伙伴关系的创新融资实践。通过与节能服务公司 (ESCO) 或技术提供商建立伙伴关系为建筑方面的节能措施融资，同时可以探索众筹方式以充分利用低成本资金（例如养老金）以获得收益。



检查清单

在区域供热供冷系统中整合低温可再生能源

范围界定及利益相关方的确定和参与	技术场景和项目选定的需求和资源规划	利用建筑存量、网络和能源应对技术挑战	推动实施框架条件、融资和商业模式
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 明确主要驱动因素和目标 <input checked="" type="checkbox"/> 明确利益相关方，并确定他们的利益 <input checked="" type="checkbox"/> 制定包括居民在内的利益相关方参与策略 <input checked="" type="checkbox"/> 实施参与过程 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 使用测量数据和/或通过空间分析工具建模/估算需求规划供热和供冷需求 <input checked="" type="checkbox"/> 明确能源并分析其区域能源潜力，同时要充分利用现有最佳技术开发可用的低温能源 <input checked="" type="checkbox"/> 平衡热能储存并重新规划热能供应以避免产能过剩 <input checked="" type="checkbox"/> 结合能源战略规划 (SEP) 流程的社会目标，根据正确的具体需求制定决策方案 <input checked="" type="checkbox"/> 采用迭代方式逐步转向更加具体的项目 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 针对已有的区域供热系统区域，评估现有建筑群和网络的兼容性 <input checked="" type="checkbox"/> 如有必要，整合区域供热供冷系统现代化改造和建筑物改造计划，如改进控制系统、计量及基于能耗量计费以及给家庭用户的建议 <input checked="" type="checkbox"/> 做好生活热水供应准备和其他降低系统运营温度的辅助措施 <input checked="" type="checkbox"/> 评估管道尺寸是否过大或现有区域供热供冷系统是否需要更换管道 <input checked="" type="checkbox"/> 应对低温能源开发中的技术挑战 <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 地热能：评估钻探、结垢和注入风险、温度和流量 <input checked="" type="checkbox"/> 太阳能：评估土地或屋顶的可用性和储存能力 <input checked="" type="checkbox"/> 余热能源：确定温度和流量、随时间变化的可用性、位置及时间不匹配等问题 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 选择能够有效处理不同利益相关方利益的所有权模式 <input checked="" type="checkbox"/> 选择正确的定价监管方案，确保在热能市场上保持极具竞争力的价格 <input checked="" type="checkbox"/> 通过创新的融资/保险计划减轻风险，并优先从容易实现的目标入手 <input checked="" type="checkbox"/> 考虑外部因素，通过财政杠杆和立法确保公平的竞争环境



 IRENA
国际可再生能源署

P.O. Box 236
Abu Dhabi, United Arab Emirates
Tel: +971 2 4179000
www.irena.org

Copyright © IRENA 2021