

Think Denmark

绿色转型白皮书

区域能源

城市地区的绿色供热和供冷

本白皮书内容

区域能源核心
燃料灵活性与供应保障

规划和管理——先决条件
监管流程、职责与要求

燃料的灵活性保证了区域供热的可持续性
能源使用智能化的关键

储热的必要性
节约资金和保障供应

区域能源的未来
实现强大的全球潜力

区域能源

城市地区的绿色供热和供冷

版本 3.1

2020 年 5 月

首页图片

封面图片为 Sorø Fjernvarme

图片来源 :AffaldPlus

图片 :Steen Knarberg

主编

绿色国度

编委会

Danish Energy Agency 丹麦能源署 Niels Frederik Malskær, nfm@ens.dk
 DBDH 丹麦区域供热协会 Morten Jordt Duedahl, md@dbdh.dk
 Danish Energy Industries Federation 丹麦能源工业联合会 Hans Peter Slente, hps@di.dk

撰稿人

奥尔堡大学 Dr. Brian Vad Mathiesen, bvm@plan.aau.dk
 ABB 丹麦公司 Martin B. Petersen, martin.b.petersen@dk.abb.com
 多宁隆德区域供热公司 Casper Christiansen, casper@drlund-fjernvarme.dk
 COWI 咨询公司 Theodor Møller Moos, tmm@cowi.dk
 Danfoss 丹佛斯公司 Jonna Senger, senger@danfoss.com
 菲英岛区域供热公司 Jan Strømvig, js@fjernvarmefyn.dk
 菲英岛区域供热公司 Kim Winther, kwi@fjernvarmefyn.dk
 Grundfos 格兰富公司 Anders Nielsen, anders@grundfos.com
 HOFOR 公司 Jakob Thanning, jakt@hofor.dk
 霍耶 - 措斯楚普自治市区域供热公司 Uffe Schleiss, uffe.schleiss@htf.dk
 伊斯灵顿管委会 Stephen Mirkovic, stephen.mirkovic@islington.gov.uk
 Kamstrup 卡姆鲁普公司 Kristian Rødbro, kro@kamstrup.com
 Kamstrup 卡姆鲁普公司 Steen Schelle Jensen, ssj@kamstrup.com
 Logstor 公司 Peter Jorsal, pjo@logstor.com
 Logstor 公司 Jørgen Ægidius, jae@logstor.com
 Ramboll 咨询公司 Anders Dyrelund, ad@ramboll.com
 Ramboll 咨询公司 Flemming Ulbjerg, fu@ramboll.com
 锡尔克堡区域供热公司 Jens Østergaard Jørgensen, jj@silkeborgforsyning.dk

更多信息如需获取本白皮书副本及相关出版物，请通过 info@stateofgreen.com 联络绿色国度

绿色国度 版权所有 2020



区域能源——强大绿色经济的根本

区域能源是一项支持绿色经济增长的前沿技术。

Dan Jørgensen, 丹麦气候能源和公用事业部长



区域能源是实现《巴黎协定》的主要解决方案

要实现《巴黎协定》的目标，将全球气温上升控制在 2°C 以内，并努力将温度上升限制在 1.5°C 以内，需要世界各国 / 地区实施成熟的绿色技术。区域能源作为其中一项解决方案，有助于实现具有竞争优势的绿色经济，即以最具成本效益的方式利用有限的资源。

丹麦在全球起到了示范作用

丹麦示范了区域能源如何在城市地区提供具有成本效益的、高效节能的气候友好型供热和供冷。在丹麦，几乎三分之二家庭的供热和热水需求是通过区域能源来满足的。热电联产的整体效率要远高于单独产热和发电。通过这种方式，

区域能源在丹麦的绿色转型中发挥了十分关键的作用。

实现跨越式发展的机会

今天，丹麦与乌克兰、英国、土耳其、德国和中国等世界各国合作，共同开发强大清洁的区域能源系统。

丹麦与中国政府在能源效率和区域供热方面的合作已超过五年，为全球合作起到了示范作用。合作针对能源规划和区域供热领域的地方决策者和技术人员进行能力建设。区域能源有潜力满足中国约百分之五十的供热需求。随着人们对热舒适性的关注不断增加，技术的不断进步，人们会逐渐摆脱化石燃料。同时，供热领域会为其他领域带来更大的灵活

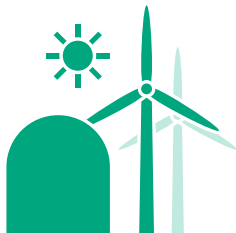
性，促进能源整合，提高可再生能源占比，从而减少温室气体排放。

本白皮书描述了区域能源的政策框架，以项目案例为例，对关键要素提出了见解，并通过讨论低温供热与区域供冷等领域的发展，描绘了区域能源的未来图景。

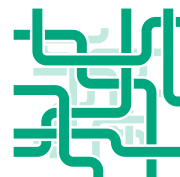
我希望你们可以受到启发。



64.5% 的丹麦家庭已接入区域能源网，在丹麦前四大城市，95% 以上的供热需求由区域供热来满足。



60% 以上的丹麦区域供热由以下可再生能源产出：生物质、沼气、太阳能、地热能 and 电力。



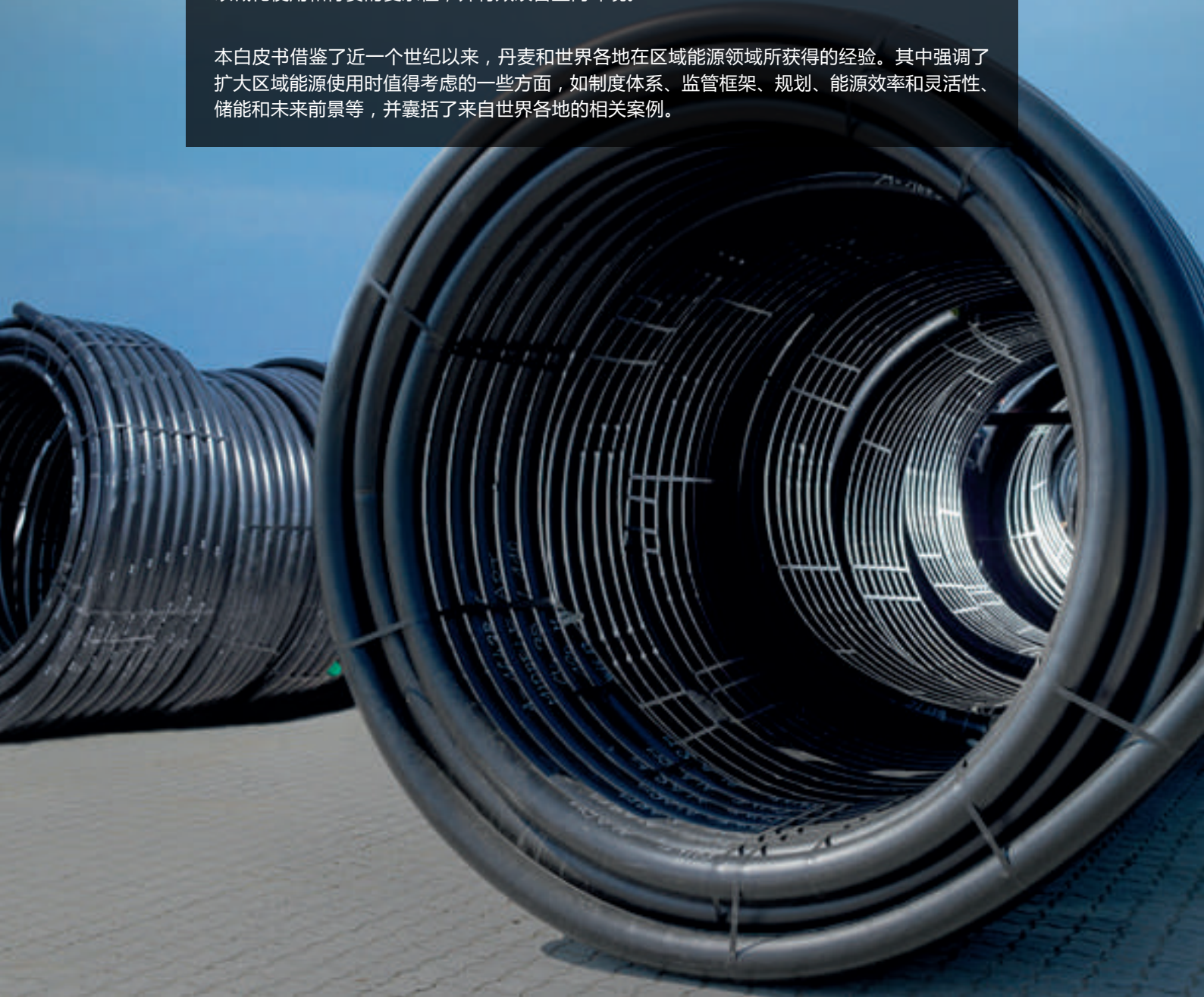
丹麦区域供热管网长达 6 万公里，含有十亿公升热水。

关于本白皮书

区域能源是通过集中代替单体供热或供冷进行价值创造的，有助于我们实现气候目标。将热量（或冷量）从零价值或价值较低的地区转移到价值较高的地区，在这一过程中，热水或冷水被作为一种能量运输工具来使用，而区域能源就是关乎到这个价值关系的系统。简单而言，区域能源是将具有一定价值温度的水从供能端输送到耗能端的过程。

在对供热和供冷需求较为集中的地区，例如工业区或人口密集地区，无论城市规模大小，使用区域能源都是切实可行的。区域能源很大一部分的初始投资用于管道基础设施建设。因此，使用高质量的预保温管道能够确保这项投资可维持几十年，并随着时间的推移，该部分成本会成为区域能源系统运行总成本的一小部分。在能耗终端采用合理的安装、计量和热管理方式，可以减化使用和付费的复杂性，并有效改善室内环境。

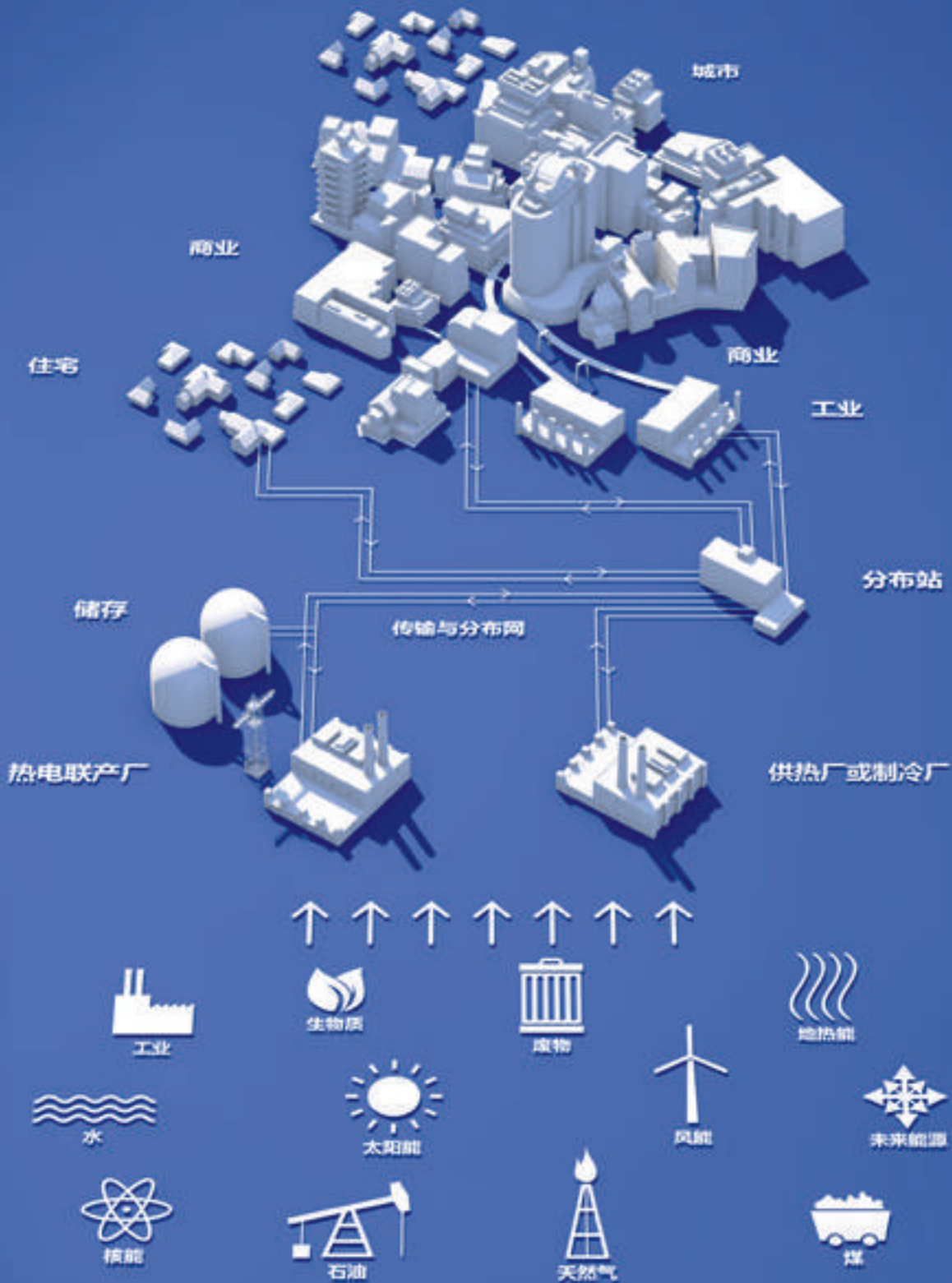
本白皮书借鉴了近一个世纪以来，丹麦和世界各地在区域能源领域所获得的经验。其中强调了扩大区域能源使用时值得考虑的一些方面，如制度体系、监管框架、规划、能源效率和灵活性、储能和未来前景等，并囊括了来自世界各地的相关案例。



目录

区域能源——强大绿色经济的根本	3
区域能源是一项支持绿色经济增长的前沿技术	
区域能源核心	7
燃料灵活性与供应保障	
现代区域供热管道系统——最有效的节能途径	8
数字化带来可衡量的结果	9
丹麦区域能源的历史概况	10
区域能源成功的关键	11
丹麦的供热分布地图	12
规划和管理——先决条件	13
丹麦区域供热项目审批中的监管流程、职责和要求	
哥本哈根大区区域供热系统	14
全球最大的太阳能供热厂与热电联产厂之间的共生关系	15
汉堡港城的区域供热	16
拜希地区的供暖和供电	17
提高香格里拉的能源效率	18-19
燃料的灵活性保证了区域供热的可持续性	20-21
能源使用智能化的关键	
获奖的太阳能区域供热项目	22-23
将余热转化为可利用的热能	24
将数据中心产生的余热用作区域供热	25
储热的必要性	26-27
节约资金和保障供应	
从大规模储热中发掘新机会	28-29
区域能源的未来	30-31
实现强大的全球潜力	
全球可再生能源和供热领域的能源供应安全	32
哥本哈根自由市场	33
城市向低温区域供热转型	34-35
哥本哈根区域供冷降低二氧化碳排放	36-37
城市新区的智能能源解决方案	38
本白皮书涉及的相关机构	39
绿色国度、丹麦能源署、丹麦区域供热协会与丹麦能源工业联合会	

区域供热系统概述



区域供热系统概述

热能可直接生产，或从许多来源，如余热等收集得来（上图底部），通过高效的区域供热管道输送到最终用户。借助储热设施，热能可进行短期或长期（甚至几个月）的储存。

随着生产设施的完善，区域供热系统的经济性将不断优化。终端用户将从最佳的可用能源处获得热能，而并非只有一种燃料选择。

区域能源核心

燃料灵活性与供应保障

区域供热具有很高的灵活性，其使用史可以追溯到 100 多年前。现如今，区域供热是建设可持续城市的重要部分。

Jan Strømvig, Fjernvarme Fyn 董事总经理兼丹麦区域供热协会主席

区域供热系统主要利用集中机房产生的热能，通过管道输送给大量的终端用户。通过这种方式，在某一个地方没有价值或价值很低的热能可以转化为高价值热能，输送到热能需求较高的地方，例如小城镇和大城市的社区。

区域能源与单体解决方案的对比

单体供热方案只采用一个特定类型的燃料，例如煤、石油或天然气。对于终端用户而言，这意味着供暖价格完全受限于特定燃料价格的变动。区域供热可以通过借助自由市场的力量，推动不同类型的燃料价格发生变化，同时也能够满足其他社会需求和政治目标，例如摆脱化石燃料的进口和实现二氧化碳排放目标。简而言之，在一个集中的地方更换燃料类型（例如天然气），比更换几千

个单体住宅里的锅炉更简单。今天，当电价由于产能过剩（如风机发电过剩）而几乎为零时，电甚至也可用来产热。

灵活性是一大关键优势

能源厂可以使用多种燃料制冷或制热，这增加了区域能源的灵活性。反过来也提高了供应的安全性和生产效率。如果一个单元出现问题，还会有其他选择——区域能源公司可在任何特定的时间选择最具价格优势的燃料。建立区域供热网还可以对品质较低的热能加以利用。例如工业余热和垃圾焚烧余热，以及热电联产（CHP）产生的热能。

百年技术，活力依旧

全球应加倍重视并优化利用所有可利用的可持续能源。这意味着以下几点：充

分利用各种类型的余热、利用太阳能和生物能等可再生能源代替化石燃料、确保热电系统的整合。

未来还有可能利用大型季节性蓄能的形式，实现在冬季提取夏季时储存的热能。区域供热为解决这一系列挑战提供了解决方案，并被视为未来的城市社区和智慧城市的支柱。区域供热的建立可以从一个较小的规模开始，随着时间的推移逐步覆盖到整个城市社区。哥本哈根就是一个很好的例子：1903 年从当地的一个小系统开始，到如今这座城市 98% 的供热都来自区域能源。



现代区域供热管道系统—— 最有效的节能途径

总体拥有成本是未来区域供热项目的关键

区域供热管网的设计和系统选择对能源效率、二氧化碳排放量和运营成本有很大的影响。

Jørgen Aegidius, LOGSTOR 区域能源销售总监
Peter Jorsal, LOGSTOR 产品经理

财务业绩和环境效益都受到输配系统的影响

区域供热的输配管网系统是全社会和区域供热公司的资本。管道系统为客户提供热能，从而进一步提供舒适和便利。

区域供热管网的功能性对于区域供热公司在能源效率、二氧化碳排放以及经营和成本维护方面有很大的影响。现如今的预制保温管系统的技术寿命已经达到 30 年以上。因此，审查和优化长期总体拥有成本 (TCO) 十分重要。除了确保功能性外，还需要随着时间的推移提高管网系统和区域能源运行的能源效率。现代化的管道系统可以通过这种方式，为大量与区域供热配送相关的投资提供保障。

总体拥有成本是选择最佳管道系统的关键

管道系统的技术使用寿命很长，这意味着选择一个高质量的解决方案要远远重于只关注初始成本的高低。计算、测试和实践证明，总体拥有成本 (TCO) 大部分源于管道系统的热损失。这意味着最大限度地减少系统运行期间的热损失能够显著提高热效率，并降低管网的运行成本。下方的丹麦希勒勒 (Hillerød) 城市案例很好地说明了这一点。

管道系统优化中的关键问题

总体拥有成本受以下几个参数的影响：管道系统的设计必须基于对实际运行情况的假设，并确保至少 30 年以上的最短预期寿命。这一点能够通过使用欧洲

标准 EN 13941 得到保证，并因此简化了系统，减少了补偿器和 U 型管圈等部件的使用数量。

必须选择能够满足管道系统功能要求的部件。比如管道、T 型接头、阀门等，尤其是连接系统，它们的使用寿命不仅由产品本身决定，还取决于安装是否正确。

总体拥有成本的最大影响因素是管道系统的热损失。因此，选择具有最佳隔热性能的管道系统至关重要。此外，还可以通过以下方法减少热损失：使用双管系统来替代单管系统；使用厚度更高的保温层；选择在 PE 外壳和 PUR 泡沫之间添加了扩散阻挡层的管道系统。扩散阻挡层能够确保在管道使用寿命期内，一直保持初始的低热损失。

为了在整个管道系统使用寿命期间对其进行持续监控，在进行系统设计时应配备监视系统，以时时监测系统缺陷和泡沫的潮湿度。如果监测到异样，系统就会立即发出警报并及时安排维修，确保使用寿命达到预期。

希勒勒城市案例：较低的总体拥有成本

在为丹麦希勒勒市选择预制隔热管道系统时，对总体拥有成本进行了评估。

项目详情：

- 缩径接头主要为 DN80-DN150 的 14 千米长的管道沟槽
- 供水温度 / 回水温度 / 室外温度 : 80/40/8°C。
- 费用 : 27 欧元 / 兆瓦时

要求 : 双管系统

LOGSTOR 提供的不同解决方案：

- 双管道保温系列 1、2 或 3

选中的解决方案：

对投标书进行评估的依据包括直接资本成本，以及 30 年间输配过程中的热损失所造成的运行成本，后者约占总资本成本的 40%。评估中也包含所提出的产品和解决方案的技术价值。

项目负责方决定安装由 LOGSTOR 提供的基于双管道保温系列 2 的管网系统。在考虑了投资成本和 30 年间的热损失成本后，该系统提供的总体拥有成本最低。

效益：

该高效节能系统和基于双管系列 1 的解决方案相比，节能量约为 20%，和传统的单管道保温系列 2 相比，热损失节约 40%。

数字化带来可衡量的结果

卡姆鲁普公司生产的工具帮助本地公用事业公司优化了公司运营

远程读表、高频数据和针对性分析帮助阿森斯区域供热公司将供热网温度降低了 6 至 8°C。到目前为止，该公用事业公司的热年产量减少了 2.5%，管道热损失减少了 12%。

Steen Schelle Jensen, 卡姆鲁普产品管理 (解决方案) 主管

当阿森斯区域供热公司在 2013 年决定投资智能热量表和远程读表网络解决方案时，数字化对于许多人来说还只是一个流行词，其真正的潜力并不被太多人所知。尽管如此，该公用事业公司仍坚持自己的明确预期，即电表数据的读取越频繁，优化的机会就越多。

数据驱动型运营优化

对大量数据进行利用的第一阶段是优化输配管网。具体而言，该公用事业公司大幅度降低了输送温度。此前，输送温度由距离最远的终端用户来确定，这导致输送温度高于必要的温度范围。如今，输送温度能够根据输配管网的实际情况来进行优化。

当所有的热表都投入使用并运行之后，该公用事业公司就会获得大量数据。卡姆鲁普公司的这些工具能够提供输配

管网每小时的确切温度。基于运营情况的持续数字化，该公司已成功将输送温度降低了 6 至 8°C。此外还移除了输配网中 100 多个旁路系统。

数字化帮助节省大量成本

通过优化输配管网的运营，在过去几年里，阿森斯区域供热公司已经节省了约 2.5%，即 2500 到 3000 兆瓦小时的电力，并降低了 12% 的管道热损失。该公司通过数据了解到数百公里管道的实际情况，例如输送温度的降低状况。此前，即使是经验丰富的工作人员，也很难全面掌握此类变化。

该公司不久将会开始下一阶段，并有望从中获得更多益处。到目前为止，该公司的节能目标是通过查看泵出的水量和水温得以实现的。如今，公司开始进一步重视单体建筑，以及能源使用状况不

佳且安装效率较低的终端用户。

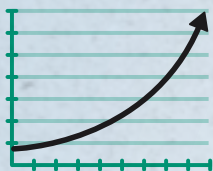
高频数据也可用于评估是否需要区域供热管道进行翻新。此前，输配管网的状况根据使用年限或失水量等因素进行估计。如今，结合从输配网收集的热表数据和创新分析功能，能够持续监控输配网的容量和负载，从而进一步优化对输配网维护的投资。



图片 : Kamstrup 卡姆鲁普公司

丹麦区域能源的历史概况

关注能源效率和供应安全



1973-74. 国际能源危机造成能源价格居高不下，促使丹麦关注起燃料的独立性，也是丹麦决定提高能源效率的主要动机。



1976-79. 丹麦出台首个全面能源计划，为制定长期能源政策奠定了基础。成立丹麦能源署。出台第一部关于供热的法律，开启了公共供热规划的新时代，并一直持续至今。



1981-82. 国家供热规划在全国各地展开。供热规划中“分区”的目的是建立高效率和低排放的能源系统。

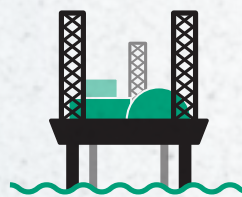
提高对国产燃料的关注



1990. 就加强利用天然气热电联产厂和生物质区域供热达成政治协议。此外，该协议对安装更多风力发电装置进行了规划。



1985-86. 议会否决了发展核电的提议，并将煤炭排除在热规划外。由于油价下跌，造成了能源税的增加。热电联产协议强调了小型热电联产厂在主要能源政策中的重要地位。



1984. 丹麦北海开始生产天然气。能源部对发电厂建立天然气发电装置进行了规划。

从国家规划到项目方法的转变



1990. 修订供热法，提出新的规划系统，向所有地方政府和当局提供了燃料选择与热电联产方面的规划指令与方针。



1992. 出台了一系列的补贴方针以支持节能、热电联产和可再生能源。



1993-2000. 就利用生物质发电达成政治协议。修订供热法。丹麦议会以多数票通过决定，对位于郊区的 250 家中小型热电联产厂进行优化。

区域能源成功的关键

探究丹麦四十年的经验教训

区域供热是丹麦绿色转型中的关键因素。区域供热提高了灵活性，降低了温室气体排放量，支持风能整合 - 这些特质对于中国也很宝贵。

Kristoffer Böttzauw, 丹麦能源署总监

区域供热——丹麦绿色转型的基石

丹麦最早的热电联产电厂是一个垃圾焚烧厂，建成于 1903 年。在处理垃圾的同时，它可为附近的医院供电和供热。

20 年代至 30 年代期间，区域供热系统在当地电力生产余热的基础上发展了起来。在此之后，来自热电联产（CHP）的区域供热开始扩大。到 70 年代，区域供热足以覆盖丹麦 30% 左右的家庭供热。

减少对进口能源的依赖和降低消费者成本

1973/1974 年发生的能源危机证明，节能是减少对进口燃料的依赖，并降低消费者成本的关键。丹麦由此作出了一个决定：在全丹麦扩大节能高效的热点联产系统。

1979 年的首部供热法

直到 1979 年，丹麦还没有任何专门针对供热的法律规范。大多数热消费者通过小型燃油锅炉或者其他私人形式实现采暖。为了实现政策目标，丹麦在 1979 年通过了首部供热法，包含了丹麦供热计划、形式和内容的管理条例。该法律标志着丹麦公共供热新时代的开始，并一直延续至今。

高能效是长期规划的成果之一

今天，63% 的丹麦住户与区域供热息息相关，他们的供暖与生活热水都来自区域供热。当使用热电联产产热和产电时，其整体能源效率要远高于单体产热与产电。热电联产厂的总体效率（热电结合）可高达 85-90%，与单体产热和产电相比，可节省约 30% 的燃料。区域供热和热电联产已经成为并将继续成为丹麦绿色转型的一个关键因素。

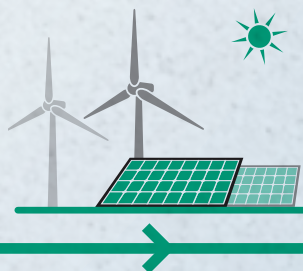
灵活开发并持续支持多项政策目标

区域供热能够确保供热的稳定性和可靠性，也为丹麦发展可持续能源和实现长期能源政策目标提供了极大的支持。未来，区域能源将仍是丹麦能源系统的一个关键要素。预计到 2030 年，丹麦的用电将全部由风电提供。而将风能整合至能源系统离不开灵活的区域能源系统。如此看来，区域能源不仅有助于实现丹麦的气候目标，而且在平衡未来能源系统方面发挥着重要作用。

关注气候，可再生能源和能源效率



2012. 关于 2012-2020 年丹麦能源政策的广泛政治协议。该协议包括针对能源效率、可再生能源和能源系统方面的举措。协议于 2018 年续签，于 2020 年至 2030 年实施。

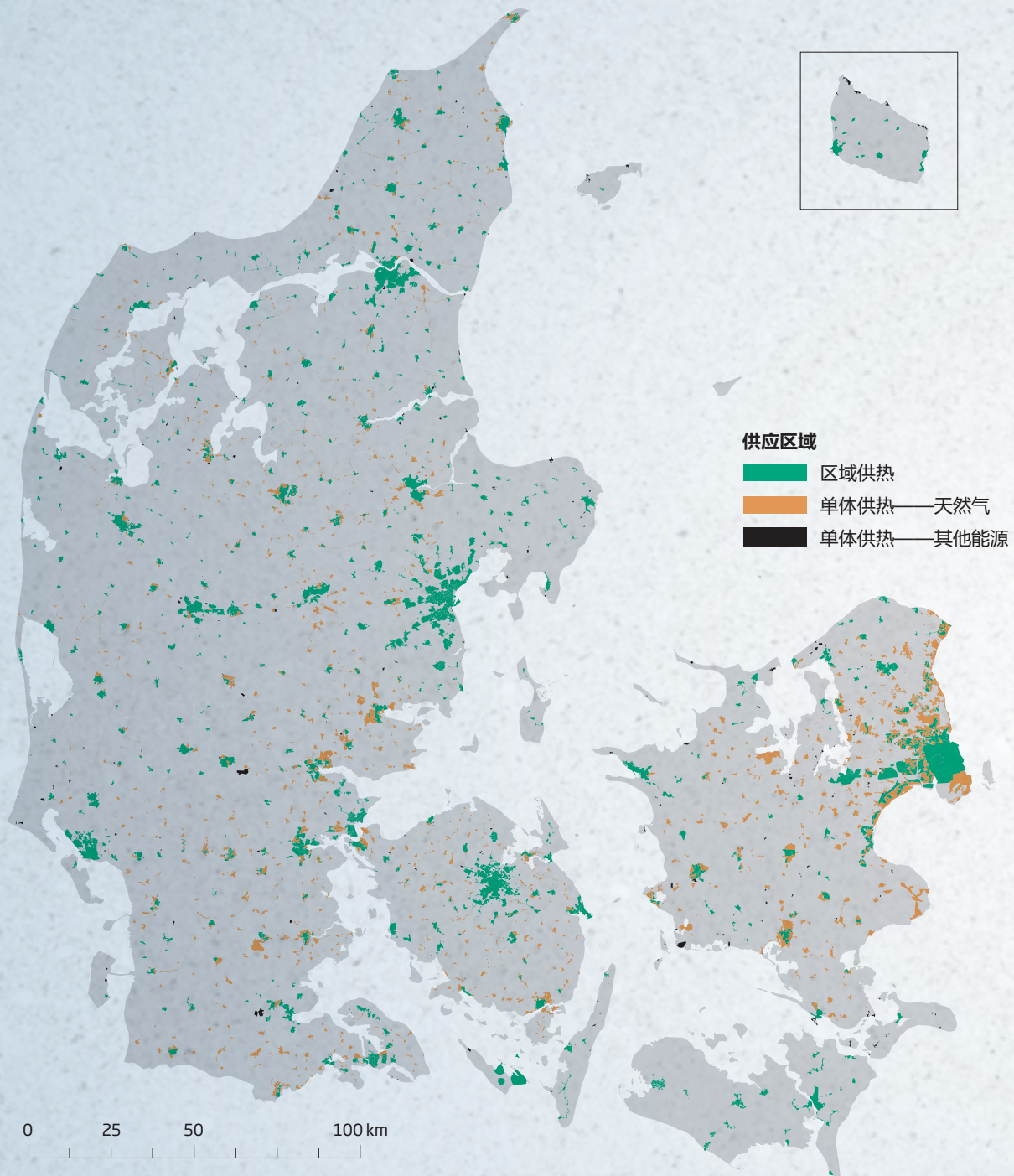


2030. 树立了宏大政治目标：相较于 1990 年，到 2030 年二氧化碳排放将降低 70%。预计到 2030 年，丹麦所有区域能源都将由绿色能源提供。

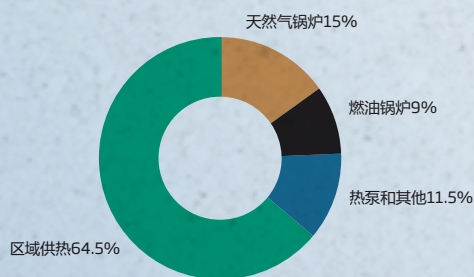


2050. 2012 年的政治协议定下了丹麦到 2050 年完全摆脱化石燃料的目标。

丹麦的供热分布地图



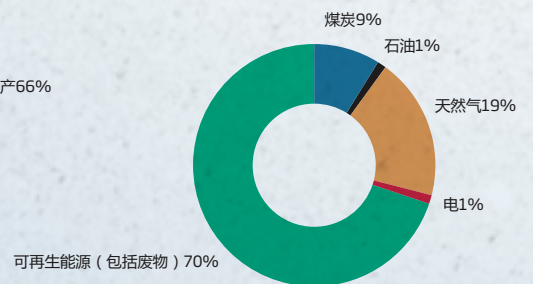
家庭安装的供热方式



区域供热产热



区域供热所用能源



来源：丹麦能源署《2018年年度能源统计数据》和丹麦商业局 (Danish Business Authority) 的 PlansystemDK 2017

规划和管理——先决条件

丹麦区域供热项目审批中的监管流程、职责和要求

明确的区域供热法规（自 1979 年供热法案后不断改进）已成为区域供热和热电联产广泛应用的决定性因素。

Kristoffer Böttzauw, 丹麦能源署总监

明确的角色与责任

1979 年的供热法案制定了丹麦区域供热法，用于管理供热部门并授权地方政府（如市政府）进行地方热规划、制定能源基础设施决策和资源优先次序。地方决策者可以全权决定当地供热系统的设计，但必须以国家级政策和技术框架作为指导，以确保区域供热项目符合国家整体供热目标。丹麦能源署（DEA）优化了法规和相关指南，但单个供热项目可由地方主管部门在详细了解当地城市发展、供热需求和任何其他相关注意事项之后，来进行评估和做出决策。

1979 年丹麦首个供热法案的主要内容：

- 地方主管部门负责审批新的供热项目
- 地方当局必须确保选用的供热项目有最高的社会经济效益
- 在情况允许的条件下由热电联产厂供热
- 集体供热价格必须根据“必要成本”提供消费价格，这意味着热价不能高于或低于实际生产成本

丹麦供热法案在全国建立了特定供热管网类型，每个类型通过制定供热法规进行推广。

类型列举如下：

- 单体供热
- 天然气
- 分散供热
- 集中供热

根据社会经济成本效益分析选择供热

供热的选择必须以社会经济效益分析为基础。为了帮助地方政府完成相关经济分析，丹麦能源署（DEA）提供了以社会经济学假设为依据的方针和原则。这些假设包括燃料价格、电力价格、排放的外部成本、税率等。DEA 同时也提供技术数据作为参考。上述这些形成了一个统一基准，方便丹麦全国各地政府评估供热可行性。

消费热价调控法规

热价在丹麦的各个供热地区不尽相同，但确定热价的原则是一致的。

设定热价的方法由法律规定。法律规定用户支付的热费应覆盖所有供热相关的必要成本。然而，丹麦法律规定，供热公司必须保证其非盈利性。

供热厂收取的费用不能超过向消费者供热输热的成本费用。当然，需要强调的是这些成本包括资产折旧与融资成本，如此，供热公司能够维持短期和长期的财政可持续性。用户热力成本主要受以下因素影响：

- 生产设备投资
- 区域供热管网投资
- 生产设备的运行和维护
- 供热管网的运行和维护
- 燃料价格
- 设备效率
- 供热管网中的热损失
- 税收和增值税
- 财政支持 / 资助
- 电力价格（与使用或生产电力的区域供热设施相关）

投资成本与运行成本

与单体供热相比，建立区域供热系统在基础设施上需要大量的投资。但在许多情况下，区域供热减少了运营成本和对环境的影响。尤其是高效的热电联产供热，或是来自钢铁厂、水泥厂的工业余热供热。

平准化能源成本

丹麦的经验表明，评估一个区域供热系统的可行性时，需要着重考虑该系统的完整生命周期成本（通常被称作“平准化能源成本”或 LCOE）。很多情况下，区域供热是完整生命周期分析下最可行的解决方案。大型基础设施投资可以通过较低的年度成本，在若干年后收回。当然，它的可行性取决于一些因素，包括热量的需求和特定区域的热密度。使用高品质的组件，虽然会增加初始投资，但更低的维护成本和更长的使用寿命降低了终身成本，这也意味着用户所缴纳的年度暖费相对更低。高质量的区域供热管网的技术寿命通常在 40-50 年，将这一点纳入考虑非常重要。

自然垄断

区域供热系统的成本在很大程度上取决于供热厂和供热管网成本这二者的规模经济。建立并行供热网为个别消费者供热的做法并不具成本效益。因此，需要制定周密且详尽的计划，在保护消费者并且为社会带来福利的同时，为在绿色转型中发挥重要作用的技术创造可靠的投资条件。

哥本哈根大区区域供热系统

以经济低碳的方式为 22 个城市的 100 多万居民供热

为市政府和消费者所有的区域供热公司已经建立起了一个集成的区域供热系统。热能由垃圾焚烧炉 (25%) 和发电厂 (70%) 生产，锅炉厂供热只占 5%。该系统正在向第四代区域供热系统过渡。

Anders Dyrelund , Ramboll 高级市场经理

历史

从 1903 年到 1979 年，通过对发电厂，垃圾焚烧厂和重油锅炉的余热进行回收，区域供热稳步发展，逐步取代了单体锅炉供热。自 1979 年以来，该系统在供热法案的指导下显著增长，并与电力和废物领域共生。天然气供热也逐渐被区域供热所取代。考虑到二氧化碳排放成本，区域供热不断扩张，以实现高能效比的供热目标。

所有权

在哥本哈根大区，热力输送和废物管理公司由市政当局所有，而 20 个供热公司则由市政府或消费者所有。在这种模式下，公司的合作意愿十分强烈，旨在共同为哥本哈根大区用户寻找最具成本效益的解决方案。

区域供热系统

输配系统、储热罐、热负荷调配装置对资源的优化利用和提高供热价格的竞争性至关重要。该系统的供热面积为 7500 万平方公里，全年产能为 10000GWh，销售 8500GWh。系统的主要组成部分是 160 千米长、25 杆的输配系统 (最

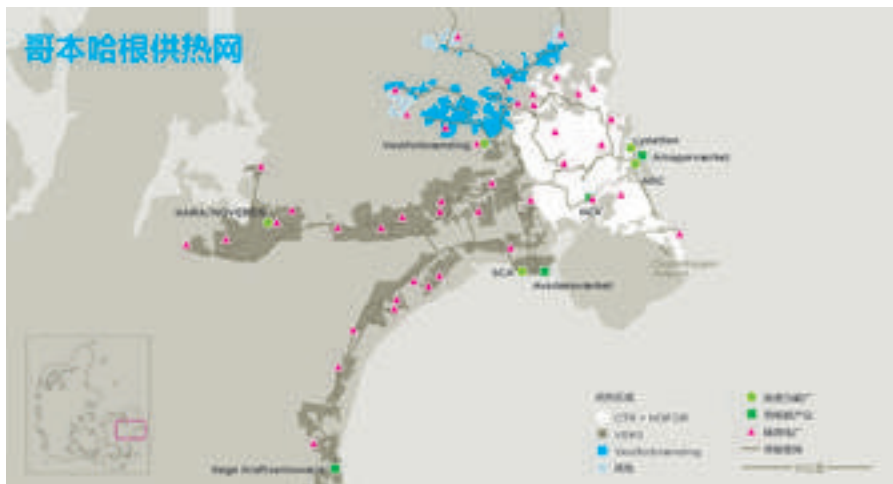
高温 110°C) 和三个 24000 立方米的储热罐。该系统通过热交换器连接到配送系统。由传输公司运营的热市场单元负责供热优化 (精确到每天甚至每小时)，热能产自热电联产厂、垃圾焚烧厂、50 多个锅炉厂和其他小型热厂。

未来发展

该系统正在向第四代区域供热系统过渡：

- 热电联产厂逐步将燃料由煤炭天然气向以秸秆和木材为主的燃料转变。
- 设置大型储热罐和储热坑，增加储热容量。
- 区域供冷系统将从 5 个增加至 20 个以上。主要为冷水储存、热电联产和季节性存储 (ATEs)，并与区域供热系统共生。
- 超过 1000GWh 的用户耗热有望从单体燃气锅炉转变为区域供热。
- 热输配系统将扩展到附近两个城市的输配公司。
- 安装更多的大型热泵和电动锅炉，以与具有波动性的风能相结合。
- 原蒸汽系统的其余部分将在 2020 年后被热水系统完全取代。

- 唯一的超热管网 (165°C) 将部分转移至温度较低的管网，来自热电联产厂的超热水将只提供给工业工序能耗所使用。
- 更新用户端的供热系统，以降低回水温度和对供水温度的需求。
- 相应的，管网温度和热损失将减少。



由 CTR 和 VEKS 所有的供热输配系统与两个热电联产厂及三个大型垃圾焚烧厂相连接，并由 20 个输配公司进行最优的运行与生产。HOFOR 是其中最大的输配公司，该公司还运营着一个正在逐步被热水系统取代的蒸汽系统。Vestforbrænding 公司将热能输送至用户，并在夏天将余热输送至 20 公里外的西兰岛北部城市希勒勒。

全球最大的太阳能供热厂与热电联产厂之间的共生关系

太阳能供热和热电联产厂共享大型储热设施和热泵

由于风力资源具有波动性，因此用热电联产厂作为补充是一种极具效率的方式。热电联产厂与新型太阳能供热厂共生，这得益于对储热设施和热泵的投资的扩大。

Jens Jørgensen, 锡尔克堡区域供热公司经理

第一阶段：高效的热电联产厂

锡尔克堡区域供热公司是一家市属公用事业公司，为 21000 栋建筑物供热，并满足约 95% 的锡尔克堡市民（锡尔克堡市总人口为 45000 人）的供热需求。二十年前，为了实现国家制定的能源政策目标，该公司投资建设了丹麦最大的以天然气为燃料的分散式热电联产厂（108MW 电力和 85MW 热力）。得益于热电联产，其燃料消耗量低于单体燃气锅炉的燃料消耗量。

第二阶段：太阳能和风能的备用能源

由于电价降低，热电联产厂的竞争力下降，产量也随之降低。加之，政府和市议会决定更进一步减少化石燃料的使用。与其选择关闭热电联产厂，不如在风力资源不足的时候，将它作为一种备用选择，以确保安全的能源供应，从而

保证了较高的电力价格。

在 2015 年安装电动锅炉（30 MW）是采取的第一步措施。该锅炉使用过剩的风电，对平衡电力市场的供需起到了巨大帮助。

太阳能供热与热电联产之间的互利共生

第二步措施是升级热电联产厂，并新增了一套大型太阳能供热设施、更大的储能设施和大型热泵。在这种共生模式中，太阳能供热与热电联产都会受益于该大型的储能设施和热泵。热泵（吸收式）通过降低废气的温度（从 65 °C 降到 23 °C）来提高热电联产厂的产热（多产出 30 MW 热能）。由于工作温度降低，太阳能的产能提高。该太阳能发电厂在 2017 年投入运营，是当时世界上最大的太阳能发电厂。将容量从 2 个 16000 立方米的储热罐，

扩大两倍至 4 个 16000 立方米储热罐，能够适应对太阳能供热的产能波动。将热量储存起来还可以提高对热电联产厂的利用率。

该吸收式热泵拥有 25 MW 的制冷产能，将太阳能供热的产量提高了 15%，并通过烟气冷凝将热电联产厂的总效率从 87% 提高至 102%（基于较低的热值）。

太阳能产热	70 GWh
太阳能热泵	10 GWh
热电联产产热	280 GWh
热泵冷凝	40 GWh
供热锅炉	3.5 GWh
供热电动锅炉	2.5 GWh
废热	9 GWh
(来自于服务器冷却、超市等)	



位于锡尔克堡郊区的世界最大的太阳能供热厂对整个区域供热系统起到了优化作用。两个板块之间的绿色区域留出未用，目的是为未来建设公路留出空间。

汉堡港城的区域供热

在新城区实行可持续的、有经济效益的区域供热

汉堡港城是德国汉堡中心建造的全新城区。它是目前欧洲最大的城市开发项目，为城市发展制订了新标准。

Jonna Senger, 丹佛斯供热企业传播顾问

卓越的城市发展

在德国，大约有 14% 的家庭已经接入区域供热系统。汉堡市是区域供热的领先者，拥有庞大的供热管网，覆盖全市 19% 的家庭。政府部门宣布，将持续扩建区域供热基础设施。目标是到 2020 年，将另外 50000 户家庭接入至区域供热系统。

汉堡市建立了一个全新的城区——汉堡港城。该城区占地 155 公顷，是一个集住宅楼、写字楼、娱乐设施、商业零售与文化为一体的区域。城市规划者为该地区选择了最具可持续性的和最具经济

效益的长期供热解决方案：采用区域供热为所有建筑物供暖。

这样做的目的是发展一个能源供应的概念，以满足最严格的经济和环境要求。本质上，这个概念是在现有的、成熟的汉堡区域供热系统与分散式地区供热单元的结合上建立起来的。所使用的燃料主要是煤、家庭和工业垃圾、天然气和非常少量的轻质燃料油。

为了进一步降低二氧化碳的排放量，现有的汉堡港城供热方案配备有蒸汽轮机和燃料电池。此外，还计划在

Überseequartier 区和邮轮码头区建立两个新的热电联产厂。该区域大部分的建筑为住宅楼，这些建筑都配备有太阳能热电池板，为中央生活热水供能。

汉堡港城确立了城市可持续发展的新标准
热电联产确保了电厂余热被用于港城区域的建筑物供热，而不是被白白浪费掉。这样，90% 的一级能源都得到利用，而这个概念可以很容易地扩展到其它住宅区和城市。与传统的化石能源相比，如此每年可节省约 370 万欧元的燃料成本，并减少 14000 吨的二氧化碳排放。



在汉堡港城，区域供热通过丹佛斯变电站和生活热水系统输送到各个建筑，确保每千瓦的能源都尽可能得到有效利用，造福房主、租户和能源供应商。这些建筑还配备了其它的丹佛斯技术，可控制加热和冷却系统的能源消耗，从而营造一个舒适的室内气候。

邦希地区的供暖和供电

利用创新造福公众

伊斯灵顿管委会提供了世界一流的城市供热管网，为社区提供低成本、低碳、可持续发展的热能。

Stephen Mirkovic，伊斯灵顿管委会能源项目官员

伊斯灵顿管委会建立了一个公共的供热管网，该管网分两期开发完成。一期项目于 2012 年启动，管道长度为 1.4 公里，服务于 820 所住宅、两个休闲中心和四栋办公大楼。该项目由一座 1.95MWe 的热电联产厂供热，配备有 115 立方米的储热设施。通过一期项目，每年减少了 2000 吨的二氧化碳排放。

二期项目正在进行 1 公里的重要扩建，扩建的管网将连接 450 个现有社会住房单元、150 座新建房屋和一所小学。

扩建项目中包括一座 50 立方米的储热设施，和一座围绕 1MW 热泵建造的能源中心，用于提取来自伦敦地铁的废热。该热泵的二级高温系统与一台双向鼓风机协同合作，鼓风机既可以从伦敦地铁的隧道中吸取热空气，也可以向隧道提供已加入了热量的空气。

与热泵位于同一位置的是两台低氮氧化物的 237kWe 热电联产燃气发动机，它们为热泵（实际上是“以燃气为燃料的”热泵）供电，并向电网输出电力。

两个能源中心将由一套新型智能控制系统来进行控制，让热网能够通过以下方式响应国家电网的需求：

- 直接用电（仅热泵运行）
- 在国家电网上没有用电负荷的情况下运行（热泵和热电联产厂均处于运行状态）
- 向国家电网输出电力（仅热电联产厂运行）

区域热网管道系统的扩建是英国最大的系列三绝缘管道安装项目。二期项目将会帮助该地区每年减少 500 吨的二氧化碳排放。

该管网提供了一种以客户为中心的能源解决方案。其中包括不受限的联系时间，以及对易受损客户提供四小时响应服务。

与政府为“燃料贫困”家庭设定的标准相比，该供暖定额费用至少降低了 33%。邦希地区的供暖和供电公司的业绩在过去一年超出了所有预期，为住房部门节省了 98450 欧元的开支。通过降低天然气批发价格升高所带来的影响，以及降低租户接入热网的服务费，让节省惠及租户。与上一年相比，2016/2017 年度租户的收费成本降低了 18%，并在 2017/2018 年度保持不变。

邦希能源中心 1，此中心包含一座 115 立方米的储热设施和一座 1.95MW 的热电联产厂。



邦希能源中心 2 完工后的效果图。



香格里拉曾经因许多煤锅炉而被覆盖在厚厚的空气污染中。今天，能源高效的区域供热让市民可以再次享受这天堂般的美景。



提高香格里拉的能源效率

中国能源高效型热分配的新标杆

从低效率的单体锅炉转变为统一的区域供热系统可保护环境、促进经济发展并提高生活质量。

Martin B. Petersen, ABB 北欧区域市场和销售经理

区域供热减少空气污染，改善当地环境

在香格里拉地区，约 5 万名居民使用以化石燃料和木材作为主要燃料的单体锅炉进行供热，这给当地的空气质量带来了巨大的压力。而区域供热的引入充分缓解了大气的污染状况，促进了当地生态环境的保护。香格里拉位于中国云南省西北部，海拔 3300 米以上，该地区的供热需求非常大。当地的日常温度很低，冬季温度从 -27°C 变化到 1°C ，温差较大。

实施整体区域供热系统

全新的综合区域供热系统为香格里拉的五个区进行供热。ABB 集团为该系统提供了设备，从蒸汽到锅炉房的水热交

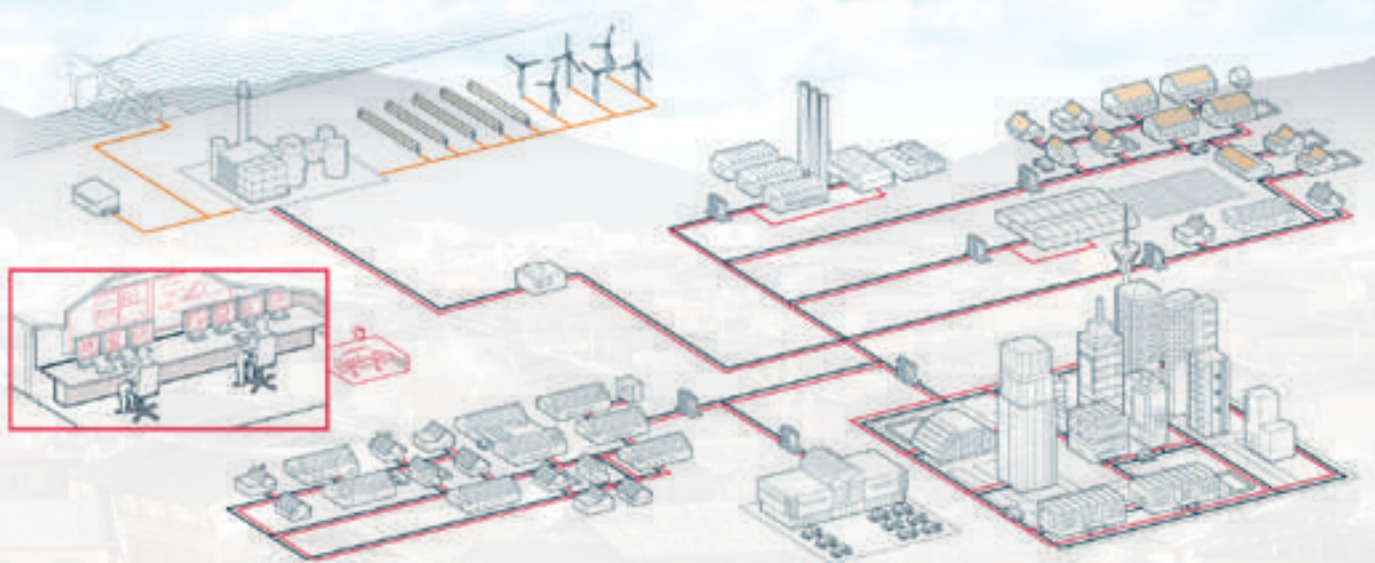
换器，再到终端用户安装。这其中包括了为市民提供足够热量的电气和机电设备。自动化和电气互连的解决方案对新供热厂实施监测，以达到其最高效率，为 5 万名居民提供安全可靠的热源。

此外，空气源热泵的安装使单体纯供热锅炉转变为基于水力发电的、无二氧化碳的锅炉。该热泵提高了系统的能源效率，通过减少燃煤排放，从本质上改善了生活质量。

为了满足居民的取暖需求，五个本地自动化控制系统与一个中央控制和监测系统相连接，旨在以最有效的方式提供足够的热能。

从使用锅炉供热转变为区域供热，每年可减少 10.5 万吨二氧化碳排放和 460 吨的灰尘，带来极大的环境效益，除此之外，每年的用煤量可减少 1.7 万吨。

过去几十年里，包括 ABB 在内的北欧丹麦公司开发并实施了高效的环境友好型区域供热解决方案，大大降低了二氧化碳排放。



区域能源系统的布局图：灵活利用能源向大范围城区集中供热



丹麦哥本哈根阿迈尔资源中心——转废为能厂 (CHP) 效率高达 90% 以上
图片：阿迈尔资源中心

燃料的灵活性保证了区域供热的可持续性

能源使用智能化的关键

区域能源可以对具有波动性的可再生能源和余热等多种能源进行利用，保证了区域能源的可持续性和灵活性。

Morten Jordt Duedahl，丹麦区域供热委员会业务拓展经理

可用能源的多样化

区域供热在热源的选择上非常灵活，几乎涵盖了包括风能、太阳能和工业余热等在内的所有热源。在使用多种热源的大型区域供热系统中，可以依照当地情况、价格信号以及绿色目标进行燃料源的更换。当更换新燃料源时，如果采用的是单体供热，就需要更换每个住宅里的单体锅炉，而集中供热就成功地避免了这一情况。

电力与热能系统的一体化

太阳能和风能等波动性能源发电的比例正在不断增加。内部连接和蓄电可以缓解电能供应的部分波动问题，但这还远远不够，也并非是最经济有效的选择。电热系统一体化则可被视作是一种解决方案。如果在区域供热管网的产热过程中引入电锅炉和大型的工业热泵，那么这些管网可以被用作为大型的能源存储

站。当电价由于风机和太阳能光伏发电板的产能过剩而下降时，剩余的可再生能源可以被应用到热生产中。

余热

工业生产中多余的热量与冷量经常被浪费，但在区域供热或供冷系统中，它们是一种很容易利用的宝贵能源。在工业或商业建筑较接近热网的地区，可以与当地的公共事业公司就利用余热问题展开合作。此类合作的效益不仅仅体现在经济上，更重要的是，余热可以代替热生产中的化石燃料。

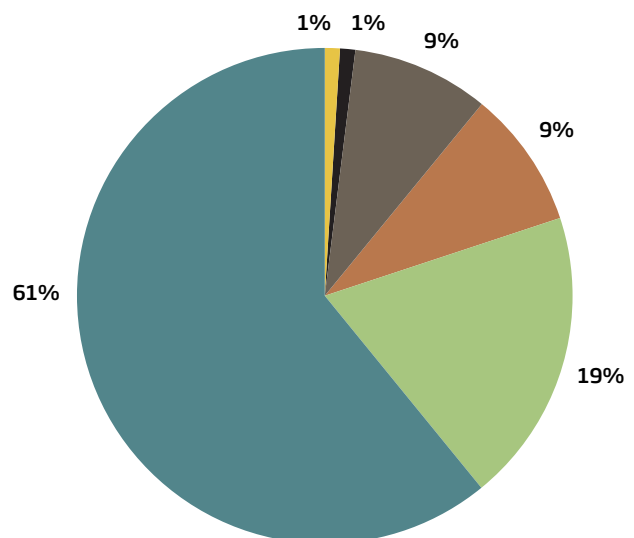
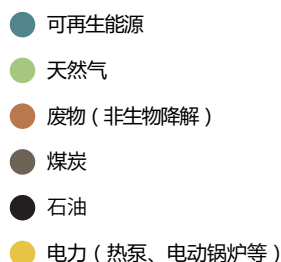
转废为能

废物是一种包含了巨大潜能的资源。社会应当尽可能地从废物中提取价值。无法进一步再利用或回收的废物可以用于能源回收。现代的转废为能发电厂可以在处理垃圾的同时，产出电能和

热能供给附近的城市，且目前最先进的技术可以使能源利用效率接近百分之百。通过对过滤器和其他技术的高级利用，垃圾发电厂对当地环境造成的影响可降至最低，甚至可以将垃圾发电厂建立在像哥本哈根这样的大城市的中心。

在电力生产过程中会产生的大量余热，而这些余热普遍都没有被利用起来。区域供热可以对余热进行利用，用于建筑物的供热与供冷。

2018年，几乎60%的区域供热来源是可再生能源。这些可再生能源包括生物质（木块、可降解垃圾、秸秆和生物油）、沼气、太阳能、地热能和电（热泵和电锅炉）。
资料来源：丹麦能源署《2018年年度能源统计数据》。





多宁隆德的一座太阳能热厂。太阳能装置覆盖了面积为 37537 平方米的集热器区域。地下的季节性储热设备总容量为 62000 立方米。该装置的年产热量为 18000 MWh。太阳集热器的安装贴合景观的整体轮廓，以避免对环境造成破坏。除此之外，它不会产生任何噪音和释放任何气味。

获奖的太阳能区域供热项目

在区域供热中使用太阳能可以降低费用并造福环境

在丹麦的多宁隆德，结合季节性热能存储的大型太阳能供热能够满足 40% 的年供热需求。

Casper Christiansen，多宁隆德区域供热公司首席运营官

太阳能供热降低了消费者的暖气费用

从 20 世纪 80 年代开始，许多区域供热站开始陆续安装大型太阳能供热设备。太阳能是所有能源中最清洁的，也是可持续能源中最有影响力的能源。它不会排放二氧化碳，其本身也没有任何成本。即使将设备的成本考虑在内，太阳能供热的成本仍然较低。除此之外，太阳能供热不会产生对环境造成任何影响的噪音和气味。

随着技术的创新发展，大规模存储太阳能已经成为可能，且该技术已上升到了一个全新的高度。在多宁隆德，1350 户区域供热用户为自己在使用这项清洁的可再生能源而感到高兴和自豪。这项技术不仅有利于环境保护，同时还为用户节省了约 20% 的暖气费用。

新决策带来巨大影响

一切开始的契机是需要替换使用了 40 年的燃油锅炉。这为重新考虑整个系统构造，决定未来区域供热厂采用哪种最有效的设备提供了一个很好的机会。在技术顾问的协助下，得到的结论是：用太阳能替代部分化石燃料无论是在经济还是环境上都极具效益。

由此，一个大型的季节性热能存储站建立起来了。在占地 37573 平方米的太阳能供热厂上，总共安装了 2982 个太阳能收集器，并配备了一个容量为 6.2 万立方米的水池。水池由焊接衬管组成，表面覆盖着保温盖。它就像一个热水瓶，有助于将能量从夏季储存到冬季。在夏季，热能产量超出需求量 10 倍多，因此，可将多余的热量储存起来供以后使用。从五月到十月，仅使用太阳能，该供热

厂就可满足 40%-50% 的年供热需求。在冬季，由天然气和生物油来进行供热补充。每个用户的年碳排放量也由此减少了约 2 吨的量。

多宁隆德区域供热项目赢得了欧洲太阳能协会颁布的 2015 年欧洲太阳能奖。这个奖项认可并引导公众关注太阳能领域的先驱者和领导者，同时也为基于可再生能源和分散能源的能源转型注入了新鲜动力。



将余热转化为可利用的热能

最佳合作模式：如何将地下水用作致冷和热量回收的来源

工业和区域供热公司的合作不仅能为双方带来了可观的收益，也对环境保护做出了贡献。使用储热来减少现有的区域供热系统中的能源浪费，帮助我们向建筑碳中和又迈进了一步。

Anders Nielsen, 格兰富应用经理

2013年，格兰富与当地 GUES 公用事业公司合作开发了一套系统，该系统利用从工厂的制冷压缩中提取的热量进行区域供热。压缩机的运行对能源的需求程度很高，因此费用昂贵，大量的余热也需要通过冷却塔的冷却处理后再排放。至少曾经的处理方法是这样。

储热系统

新系统基于三个要素：对制冷机中余热的利用；对地下水含水层内热量的间接存储；对提高储能温度的热泵的使用。产生的余热应用于当地的区域供热系统。

在对供热需求很低的夏季，并不需要从格兰富工厂提取热量。因此，制冷压缩机中产生的所有冷凝器热量通过管道输

送到含水层储存起来。在秋季，当区域供热系统需要从热存储站中提取热量的时候，80%-85% 在夏季储存的热量可以被拿来使用。

为了将温度提高至区域供热管网中所需的水平，Bjerringbro 区域供热公司采用了热泵技术。在冬季，区域供热公司可直接从存储站与压缩机中提取余热。

大幅度减少成本和二氧化碳排放量

初期，现有系统的生产能力并不能覆盖格兰富生产的全部供冷需求。然而，经过短短几年的运行，现在该系统已有足够的经济能力进行进一步的深化和发展。通过减少传统供冷装置的能耗，帮助格兰富实现了减排的总体目标。

格兰富将在冷却塔上节省高达 90% 的能源消耗，而区域供热公司也能通过热电联产减少天然气的消耗量。合作伙伴双方按五五开的方式分担成本，在这个项目上的总投资为 600 万美元，而每年节省的能源成本可达到 45.7 万欧元。此外，节省下来的水费是这个数目之外的费用。

相对应的成本回收期为 8 到 10 年。对于一个区域供热公司而言较为理想，但对于一个工业公司而言，这样的回收期较长。不过，由于每年减少了 3700 吨的二氧化碳排放量，结合格兰富的节能和可持续发展政策，可以说达到了一个较为理想的结果。

图片：Gudenådalens Energiselskab



地下水在格兰富的工厂被用作制冷。初始水温为 6 到 12°C，回水温度为 18°C。通过使用热泵，水温可以提升到 46 至 67°C，供于区域供热管网。热泵制热的性能系数 (COP) 是 4.60。在夏季，当热需求量比较低时，余热会被储储起来供以后使用。

将数据中心产生的余热用作区域供热

Facebook 的全新数据中心助力逐步脱煤和热泵使用

2020 年初, Fjernvarme Fyn(菲英岛区域供热公司) 成为了全球最大的利用数据中心余热进行区域供热的供热中心。该项目正与 Facebook 开展密切合作, 对 Facebook 捐赠的余热进行回收。

Kim Winther, Fjernvarme Fyn 业务拓展负责人

2014 年, Facebook 与菲英岛区域供热公司取得了联系, 如今一项全新的合作将在二者之间展开。新的区域供热中心被命名为 Tietgenbyens Varmecentral (TBV), 由菲英岛区域供热公司开发、所有并运营, TBV 对回收的热量进行升级。热量从 Facebook 位于欧登塞的数据中心进行回收, 该数据中心也与 TBV 相邻。

TBV 项目

此供热厂预计可产出 12.5 万 MWh 热量, 这一产量相当于约 7000 户当地家庭的能耗。TBV 设有一个访客中心, 可接待来自全球的访客, 分享与此创新项目以及其他热回收潜力相关的信息。

菲英岛区域供热公司已经决定通过新增热泵来扩大 TBV 的容量, 这些热泵将在 2020 年底投入运营。新增的容量既

可以帮助对更多的余热加以利用, 也可以用于空气中的能量提取。

余热再利用促进实现绿色转型

余热项目面临着一些监管方面的不确定性和供热可靠性的问题。不过, 对于菲英岛区域供热公司而言, 实施余热供热是逐步摆脱化石燃料的重要阶段。由于热泵将成为煤炭的替代品, TBV 项目无疑将为绿色转型做出贡献。

Facebook 产生的余热远远不足以代替燃煤厂的产量, 但它可作为解决方案的一部分。当结合 Facebook 的数据中心余热、工业及污水处理设施产生的余热、大量自然热源 (如空气和海洋) 以及少量生物质时, 菲英岛区域供热公司创造了绿色转型的有利条件。

TBV 扩建之后, 预计到 2020 年年底, 菲英岛区域供热公司可投入运行的热泵容量将达到 100 MW 以上。这一热泵容量使得菲英岛区域供热有大约 25% 的热能依靠于电动热泵。

良好对话为合作铺平道路

多方面的因素促成了菲英岛区域供热公司与 Facebook 之间的合作。首先, 数据中心的所在位置最大程度地降低了对新基础设施和效率提升的需求 ; 其次, 丹麦的监管框架 (如节能计划) 大力支持该合作 ; 第三, 双方之间展开了良好且富有成效的对话, 并拥有一致的目标 : 高效利用资源并支持绿色转型。

Tietgenbyens Varmecentral 利用 Facebook 数据中心产生的余热为丹麦城市欧登塞近 7000 户当地家庭供热。



图为哥本哈根附近的 Avedøre 热电联产厂的两个大型日常储热罐。使用这些储热设施可帮助热电厂在电价合适时发电，而在电价格较低时储存余热供以后使用。因此，储热系统有助于改善热电厂的经济状况。

储热的必要性

节约资金和保障供应

储热具有诸多优势。储热能够提高区域供热系统的经济性，一方面将热能的消耗从生产中分离出来，另一方面可以应用更具可持续性的热源。

Morten Jordt Duedahl, 丹麦区域供热协会业务拓展经理

储热的价值

区域供热的一个特征是，不管是日常还是跨季节，热水都可以被储存。储热不同于存储其他产品，它断开了生产时间与消耗时间的联系。对于区域供热而言，这意味着从热电联产厂、太阳能集热器、剩余风电和工业余热等方式中得到的热能都可以被储存起来，在需要的时候直接进行使用。在丹麦，集中式和分散式区域供热的热电联产（CHP）地区均有储热设施。

日常储热的解决方案主要让热电联产厂依据其电力需求优化配置热电联供，并且仍然能够在需要时提供热能。

随着储热规模的扩大，可以对更多本被浪费的能量进行利用。大规模热存储可以将热量在温暖季节储存起来，供寒冷季节使用。热量来源也非常多样化，从太阳能集热器、热电联产到非稳定生产的工业流程等。

日常储热

短期储热是丹麦区域供热管网中非常重要的部分。短期储热的主要目的是将电力生产从热电联产中分离出来。如此，热电联产厂可以在不影响供热的基础上，根据电力市场价格的波动合理配置热电联产。例如，热电联产厂只在当电力价格比较高时（通常在早上和下午）生产电（与热），并只需将区域供热热水存储起来。在丹麦，大型和小型的区域供热系统都进行短期储热。短期储热加强了能源系统的灵活性，对于优化整个系统的经济性和环保性都至关重要。

日常储热也用于区域供热系统之外的产热。这些热源可能是那些一天或一周中生产量不稳定的工厂余热。例如，只有在渔船卸货时才会启动生产的海产类工厂，在这期间如果有多余的热量，它们就可以被储存到容量较小的日常储热库中去。

季节性储热

如今，丹麦的季节性储热主要应用于大规模的太阳能集热，在夏季产出比即时热需求更多的热能。

季节性储热库通常是位于地面的一个大坑，在底部设有内衬，坑中注满水，并被一个浮动的保温层所覆盖。其他解决方法是利用地下水存储系统，将多余的热量在较低的温度下存储，然后通过热泵在较高的温度下加以利用。地下水储热系统对于那些没有多余空间建设矿井储热的城市而言有重要意义。这两类储热系统可以储热长达数周或数月，直到在秋季和冬季热量需求上升时被使用。

对于丹麦许多的区域供热系统而言，季节性储热将变得越来越重要，充分利用本被浪费的能量，是绿色转型中的一个重要元素。

过剩风能用于区域供热

2019年，风电占丹麦总体用电的46.9%。由于可再生能源发电具有波动性，丹麦有时会出现电力过剩的情况，这些过剩电力则以非常低的价格甚至负电价进行销售。目前没有可以直接存储可再生能源的完善技术。

通过短期和长期储热的结合，多余的电力可以用于区域供热。在电价合适时，区域供热公司可以通过锅炉或者热泵，用电力直接生产热水。



季节性储热设施的规模非常大，相当于几个游泳池的大小。用几个月时间将水填满储热库后，下一步是用浮动保温层覆盖在表面。随后需要几个月时间对水和储热库壁进行加热。水和储热库壁全部预热后，便可以用于储热了。

从大规模储热中发掘新机会

季节性储热——储热容器大小至关重要

全球最大的坑道储热容积为 20.5 万立方米，结合 7 万平方米的太阳能供热站，是一种高效且成本低廉的减排方式。

Flemming Ulbjerg, Ramboll 高级能源顾问

减少使用化石燃料，降低消费价格

在丹麦沃延斯的区域供热公司，当地的大部分热能供应来自一种新的生产设施——太阳能电板。直至最近，天然气仍然是丹麦主要的能源燃料之一。热能生产一部分来源于热电联产厂，另一部分来源于锅炉。

由于电力价格较低，为了获得盈利，产热变得越来越重要。这一变化是重新审视新产热方法的良好契机。目前在沃延斯，包括坑道储热在内的太阳能供热厂，能够满足当地用户 45% 的年热需求。

在丹麦，区域供热厂受到许多法律法规的监管。由于这些管制，像沃延斯供热厂这类的供热厂不被允许使用天然气，

所以将燃料转变成其他（如生物质）以达到经济性节约的目的是不可行的。

不过，法律法规允许诸如太阳能供热、热泵和余热之类的节能措施。因此，太阳能在被重点考虑和研究之后，最终被选定作为一种新热源，以减少对天然气的需求。该太阳能储热的总投资是 1600 万欧元。该工厂的热价为 40 欧元/MWh，低于丹麦天然气产热 60 欧元/MWh 的平均热价。

季节性储热提高了灵活性

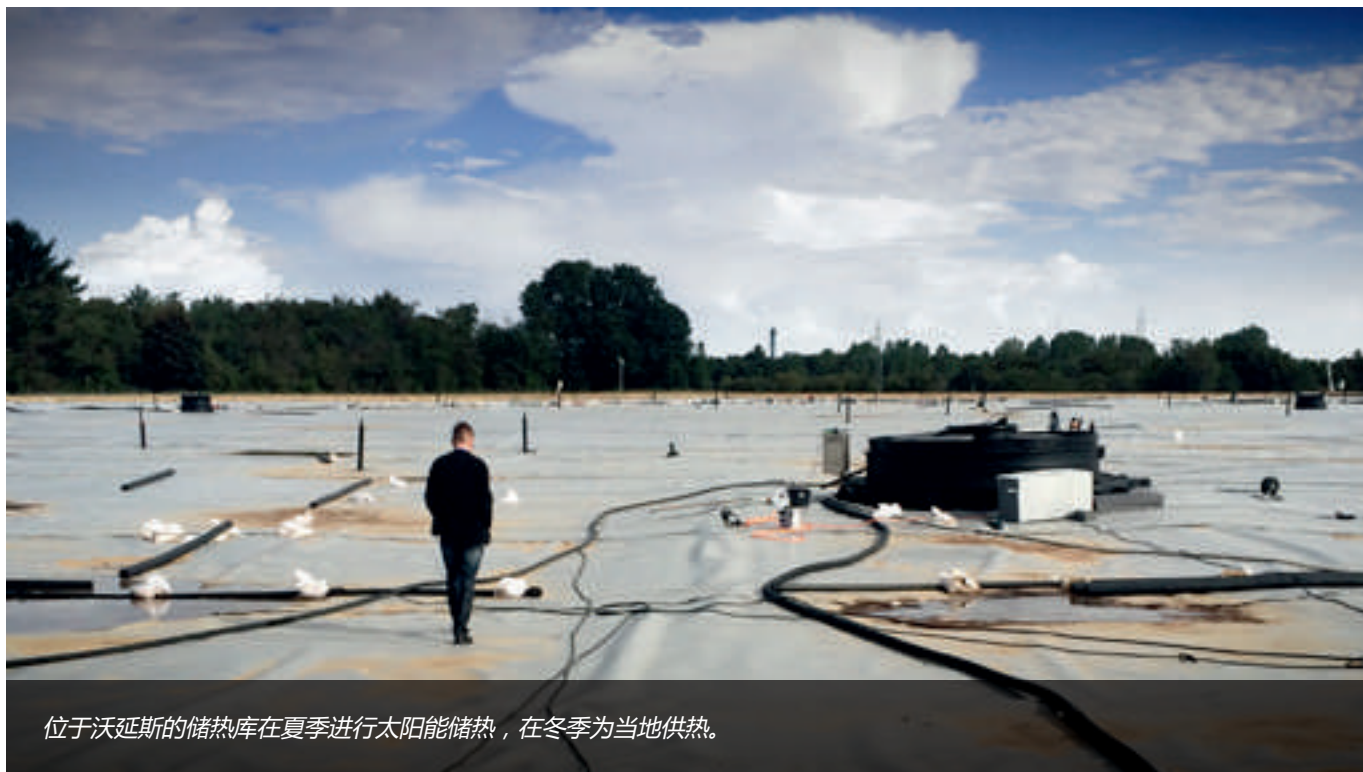
在四月中旬至九月底的夏季，该太阳能供热可满足 100% 的热需求，主要用于生活热水。此外，该太阳能供热厂在夏季有巨大的过剩产能，被储存在季节

性储能坑中。

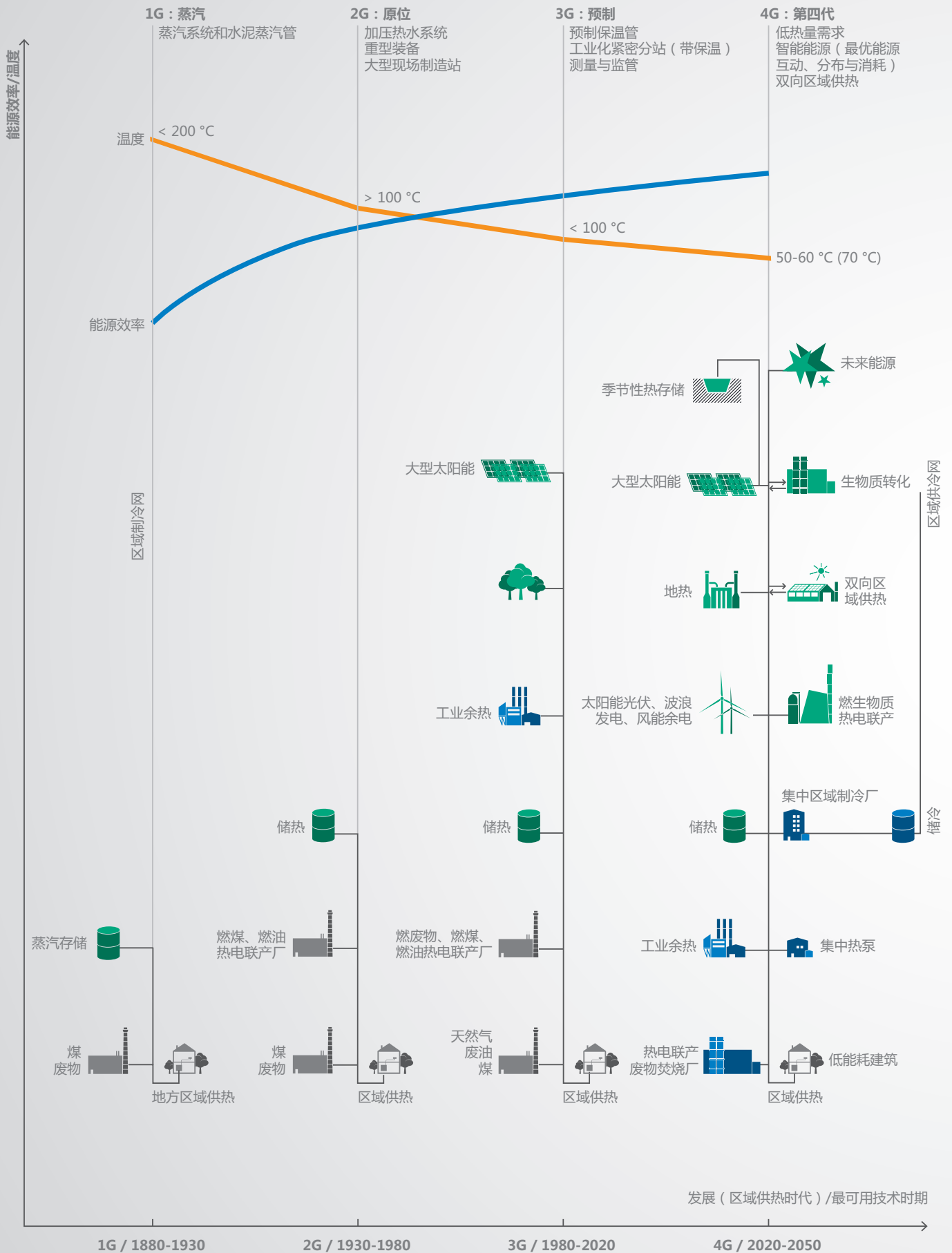
从十月开始，热量供应部分来自太阳能供热厂，部分来自坑式储热库。热库的储热量通常会在年底完全用尽。根据计算，热损失只占总需求的 6%-8%。

这种储热方式可以将热电联产和电动锅炉产出的热量都储存起来，因此在夏季启动上述产热方式也是切实可行的。这不仅提高了热电联产厂的灵活性，同时也增加了售电收入。

由于在灵活性和消费价格两方面都极具效益，预计未来会建造更多太阳能和大型储热装置（如沃延斯的此类设施），甚至无需补贴。



位于沃延斯的储热库在夏季进行太阳能储热，在冬季为当地供热。



区域供热管网的发展历史。第四代区域供热的重点是能源效率、灵活性以及所有可用的可再生能源以及余热资源。资料来源：奥尔堡大学和丹佛斯区域能源

区域能源的未来

实现强大的全球潜力

由于城市化进程加快，技术进步，资源效率备受重视，消费者的舒适性需求不断增加，预计区域能源系统将在未来几年里不断增长。

Hans Peter Slente，丹麦能源工业联合会高级顾问

未来的需求增长

由于不同地区的气候、城市密度和可用能源资源等给定情况不尽相同，在监管框架、建筑传统和能源政策等方面也存在差异，因此，不同国家地区对区域能源的利用情况差别很大。根据欧盟热电的数据显示，欧洲大约有 6000 个区域供热系统，能够满足欧洲地区 12% 的热力需求。

欧盟地区区域供热份额的增加基于以下几个原因：欧盟的城市化水平预计将在 2020 年增加 75%，并在 2050 年增加 84%，这将进一步增加区域供热的市场。尽管丹麦已经有超过 60% 的家庭用户与区域供热管网相连，据分析表明，增加区域供热的市场份额在经济上仍然是可行的。区域供热的增长潜力体现在日益加速的城市化进程，和现有供应地区对区域供热更广泛的应用之上。

欧盟能源效率法案强制要求各成员国执行高效热电联产和高效区域供热及供冷的综合潜力评估体系。欧盟执委会认为，成员国必须进一步推进高效热电联产供

热以及高效区域供热和供冷。因此，欧盟对经济脱碳的推动将促进对区域供热的进一步关注。欧盟各成员国当前正在针对区域供热制定更详细的国家战略和行动计划。

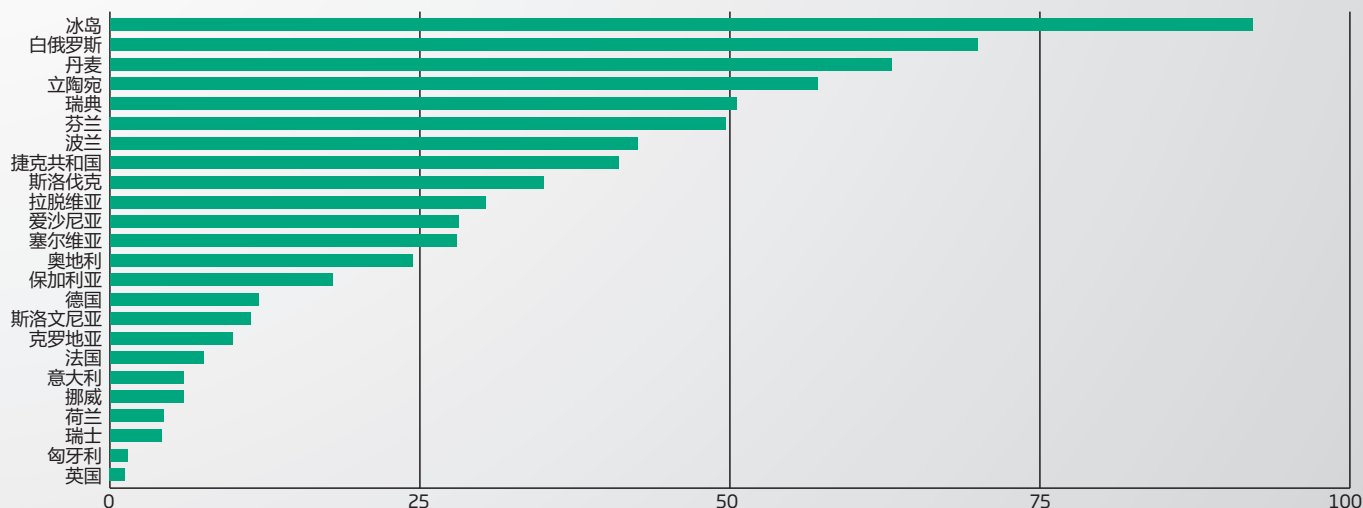
第四代区域供热

科技的进步有助于进一步利用区域供热。区域供热系统所需的供水温度降低，从而提高了能源效率。从经济角度来看，更好地利用工业余热和储热也具有重要意义。未来建筑的节能度将更高，建筑的单位面积热需求将随之降低。不过人们对建筑空间和舒适度的要求在不断提高，这会导致热需求的增加。综合以上几点，低温高效的区域供热系统将在未来将扮演越来越重要的角色。第四代区域供热是在长期丰富的经验上发展起来的，重点在于整合所有可用能源。第四代区域供热将继续从各种能源来源中集成更多的可再生能源和余热资源。能量存储以及供需之间的动态互动进一步确保了该系统的灵活性和高效性。通过使用低温供热和更优质的管道系统，实现热量损失最小化，区域供热可以在更多

的地方被使用。第四代区域供热的现代化原理既适用于新建供热系统，也适用于对现有供热系统的改造与扩建。

区域供冷

在全球范围内，对供冷的需求远远大于对供热的需求。如今所采用的方法是对每栋建筑物甚至每个房间进行独立供冷，而这一方法预计将被区域供冷解决方案所取代。区域供冷和区域供热的原理类似，它提高了能源利用效率，节省了宝贵的城市空间，同时为用户提供了更容易操作的供冷系统。目前区域供冷的市场相对小于区域供热的市场，并主要用于商业建筑。但区域供冷正在快速发展，无论是在气候温和的国家，还是在人口、建筑群、收入水平增长强劲的炎热国家，供冷需求都会不断增强。



区域供热服务的居民份额百分比

资料来源：欧盟热电“2017年国家报告”

全球可再生能源和供热领域的能源供应安全

研究帮助实现建筑物和区域供热节能

气候变化、竞争力、能源安全以及对进口能源（如天然气）的依赖，让欧洲和全球更加关注建筑和供热。

Brian Vad Mathiesen 博士，丹麦奥尔堡大学教授，www.brianvad.eu

《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 第二十一次缔约方会议 (COP21) 达成了《巴黎协定》、能源安全问题、燃烧化石燃料导致的健康问题，上述这些意味着许多国家/地区正在将关注重点转移到区域供热和建筑能效上。通常而言，可再生电力或建筑能效是最受关注的领域。事实是，建筑供热和供冷占到了欧洲和全球最终能源消耗量的 40 到 50%。因此，全球许多城市和国家/地区正在研究如何提高建筑物标准，并利用区域供热来解决相关挑战。到 2050 年，预计城市将容纳全球三分之二的人口，城市地区的人口密度将会大大增加。未来的解决方案要求国家和地方在政策层面上共同努力。

充分了解各项技术十分重要：节能、对灵活性的需求和建筑物储能分别扮演着什么样的角色？我们对站点可再生能源供应的需求程度如何？未来我们是否需要区域供热？生物能源和热泵的作用是什么？我们如何使用低热值热能？哪些政策和规划方法能够促进转变？

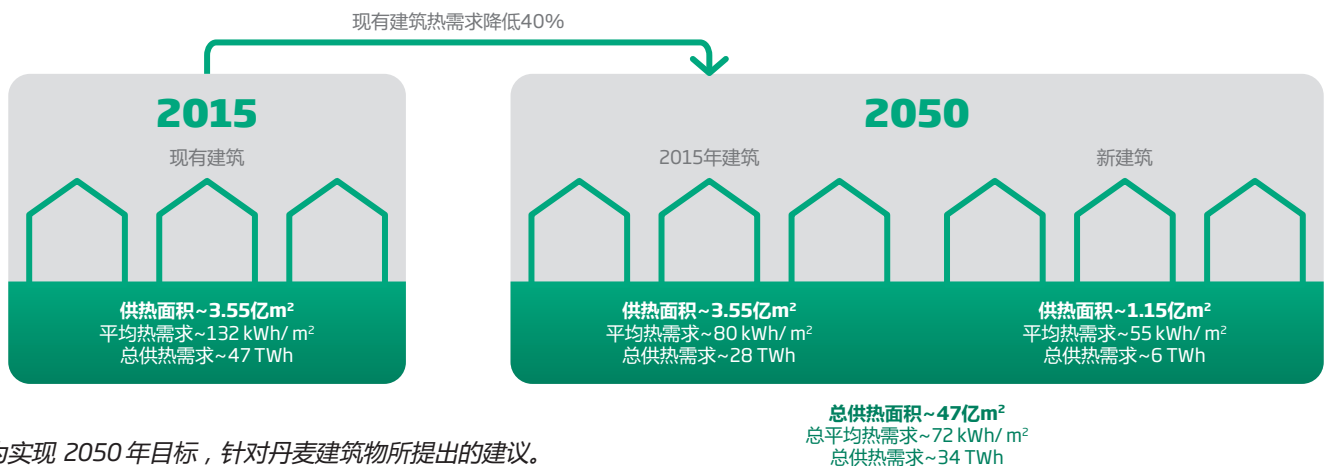
诸如此类的问题都是战略研究中心针对第四代区域能源技术和系统 (4DH) 所

开展的核心研究内容。欧盟执委会关于供热和供冷的倡议以及全球由联合国环境规划署牵头的全球城市区域能源倡议 (DES Initiative) 均是受到该研究的启发。

该研究表明，建筑节能和区域供暖对于建立具有成本效益的可再生能源系统至关重要。若要进行具有成本效益的转型，就需要欧洲和全球供热领域在不久的将来作出重大方向改变。目前，欧洲地区的热损失量其实可以满足几乎所有建筑物的热需求。要利用好这些有潜在价值的能源，必须实现能源领域的整合（如智能能源系统）。《欧洲供暖路线图》(Heat Roadmap Europe) 是由 4DH 与主要工业和大学的合作伙伴共同发起的一系列研究。他们将能源系统分析与地理信息系统 (GIS) 相结合，在全欧洲热量图集 (Peta4) 的补充下，提供可在全球应用的战略和方法。研究显示，欧洲到 2050 年可节省 30 到 50% 的热能，并实现 50% 的区域供热。在农村地区，除了提供单独的供热技术（如热泵）之外，还需进行大量翻新。

参考资料：

- Connolly, David; Mathiesen, Brian Vad; Østergaard, Poul Alberg; Møller, Bernd; Nielsen, Steffen; Lund, Henrik; Persson, Urban; Werner, Sven; Grözinger, Jan; Boermans, Thomas; Bosquet, Michelle; Trier, Daniel (2013). Heat Roadmap Europe 2: Second Pre-Study for the EU27. 奥尔堡大学发展与规划系。
- Mathiesen, Brian Vad; Drysdale, David William; Lund, Henrik; Paardekooper, Susana; Ridjan, Iva; Connolly, David; Thellufsen, Jakob Zinck; Jensen, Jens Stissing (2016). Future Green Buildings: A Key to Cost-Effective Sustainable Energy Systems. 奥尔堡大学发展与规划系。
- 出版物请访问
www.heatroadmap.eu
www.4dh.eu
www.smartenergysystems.eu



为实现 2050 年目标，针对丹麦建筑物所提出的建议。

哥本哈根自由市场

北欧最大制冷系统帮助降低区域能源费用

在丹麦西兰岛北部的霍耶—措斯楚普自治市，拥有北欧国家最大最先进的为蔬果鲜花供冷的系统。该系统同时还为当地居民提供价格经济的绿色区域供热。

Uffe Schleiss，霍耶—措斯楚普区域供热公司技术总监

在曾经的露天自由市场上，每个商户都自带供冷设备，但设备的能效却参差不齐。2016年4月，霍耶—措斯楚普开放了一个全新的“哥本哈根自由市场”，占地面积达6.7万平方米。在这个全新的市场上，配备了占地1.5万平方米的供冷区域，由一家大型合资区域供冷厂供能。这套系统是北欧国家同类型系统中最全面的供冷系统，对于能源消耗、气候和工作环境都有众多积极的影响。

尽管向该市场供能的公司名为霍耶—措斯楚普区域供热公司，该公司实际上也提供区域制冷。冷能由一台全新的，由电力和氨提供动力的制冷压缩机提供。热泵利用制冷过程产生的能量来生成价格经济的绿色能源。

在该市场上，需要向客户输送温度在2到5°C的水。这就需要将水温降低到零下8°C。区域供冷的正常水温通常在6°C，回水温度在16°C。为满足哥本哈根自由市场上的客户要求，额外增加了一台制冷机。

制冷也意味着会在这一过程中产生大量的热能。通过电动热泵，热能温度提升，并将水以73°C的温度输送到附近的区域供热系统，此温度符合流动温度的要求。该系统能够冷热联产，要生产其中一种产品，另一种产品不可或缺。

该系统的制冷容量为2 MW。当水温达到73°C时，可产生2.3 MW的热能，这相当于霍耶—措斯楚普区域供热公司6700

位客户总热能消耗量的2.5%。这个案例很好地证明了系统性思维和资源利用的重要性。

哥本哈根自由市场的供冷系统可根据需求的不同，按不同级别进行使用。该市场划分为80个租位，其中有55个租位有供冷需求。各个承租人可以自行决定是否需供冷和需要供冷的特定区域。供冷消耗量通过一套创新的仪表解决方案进行单独计算。供冷容量可以随着时间，根据需求增长而扩大。



图为哥本哈根自由市场上的区域供冷



在 Albertslund 市，第四代区域供热系统以最高的效率和最小的热损失为消费者提供舒适清洁的能源。

城市向低温区域供热转型

现有的供应区域从第二代向第四代转型

利用低温区域供热是可行的，既节约能源又减少对化石燃料的依赖。

Theodor Møller Moos, COWI 首席项目经理

Albertslund 区域供热公司

Albertslund 区域供热公司成立于 1964 年，区域供热面积随着城市的发展不断扩大。成立初期，该区域供热管网的运行供应温度为 110°C，经过多年的发展已经降至该 90°C 左右。

第四代区域供热系统

作为 Albertslund 自治市到 2020 年实现供热和供电碳中和愿景的一部分，目前一套新型第四代区域供热系统正在建设当中。此系统将供热温度从 90 °C 降低到 55 °C。新系统可以提高现有供热厂的利用效率，并降低管道中的热损失，从而帮助 Albertslund 实现碳中和供热的目标。

该项目在第一阶段大获成功，在此基础上，Albertslund 近期大胆决定，在 2026 年之前将整个镇（大约 3 万名居民）的供热方式都改为低温区域供热。

所面临的挑战

向新建公寓提供低温区域供热相对简单，但旧公寓的隔热条件普遍较差。要在室内创造足够舒适的环境，则需要较高的流体温度。针对这一状况，Albertslund 自治市正在制定一项翻新计划，通过对旧公寓进行改造，使其可以接入低温区域供热管网，从而提高能效。

输配系统

通过翻新，旧公寓也将从高温输配系统中脱离出来。低温循环由原来的区域供热系统供应，通过分流阀将温度混合至 55 °C。

公寓系统

公寓安装低温瞬时热水器，为消费者供应 45°C 的生活热水。通过遵循德国标准 DVGW W55，热交换器和热水系统在任何情况下都只有少量存水，如此可较好地控制军团菌的数量。经过翻新后，公寓采用地暖供热。区域供热系统的整体供应温度为 55°C，用户回水温度约为 30°C。



区域供冷数据

- 相比传统压缩机供冷，使用区域供冷能减少高达70%的二氧化碳排放量，总成本降低40%。
- 降低运营成本、维护成本、能源成本和资本成本。
- 高供应可靠性
- 区域供冷创造了一个舒适的、没有噪音和振动的室内环境。
- 区域供冷与传统供冷方法相比，占用的空间更少。由于除去了所有冷却塔，估计使用1兆瓦的冷却系统将释放115平方米的屋顶能量。此外，相比传统的供冷系统需要占用90平方米地下室，区域供冷只需要一个占地约10平方米的热交换器。

为了向城市新区和更多客户供冷，区域供冷系统正在不断扩建。2019年，HOFOR在哥本哈根的城市开发区奥雷斯塔德新建了一座极具设计感的供冷厂，为大量办公楼进行气候友好型区域供冷。

哥本哈根区域供冷降低二氧化碳排放

替代传统供冷的解决方案，兼具可持续性和成本效益

在丹麦首都哥本哈根，与传统供冷相比，区域供冷可减少 70% 的碳排放量和 40% 的总成本。

Jakob Thanning, HOFOR 区域供冷负责人

城市制冷需求的增长

全球城市的温度正在升高。在哥本哈根，经过几个炎热的夏季之后，对空调和制冷需求日益增加。这需要可持续的、具有成本效益的城市友好型解决方案来满足这一需求。

位于哥本哈根大区的公共事业公司 HOFOR，从运作良好的哥本哈根区域供热系统中汲取灵感，建造了区域供冷系统。该系统由地面输配管网和几个供冷厂组成，主要使用海水向给客户供应的水降温。该系统全年为商业建筑，如银行、酒店、办公室及数据中心等供冷。

该系统现如今为哥本哈根的不同区域供应冷水，管道系统持续扩展，以在未来服务更多的消费者。

HOFOR 有着丹麦同类型最大规模的区域供冷系统。首个供冷厂于 2010 年正式投入使用，第二个供冷厂于 2013 年投入运营。2019 年，HOFOR 在哥本哈根的奥雷斯塔德新修了一座供冷厂，旨在为该新区的众多办公大楼提供气候友好型供冷。2021 年，HOFOR 计划在哥本哈根最具可持续性的北港新区新建一座制冷厂。

通过扩建区域供冷系统，HOFOR 可满足不断增加的供冷需求，并帮助减少二氧化碳排放量。HOFOR 公司希望不断提高客户数量，进一步为哥本哈根在 2025 年实现碳中和的目标做出贡献。

借助海水进行集中供冷

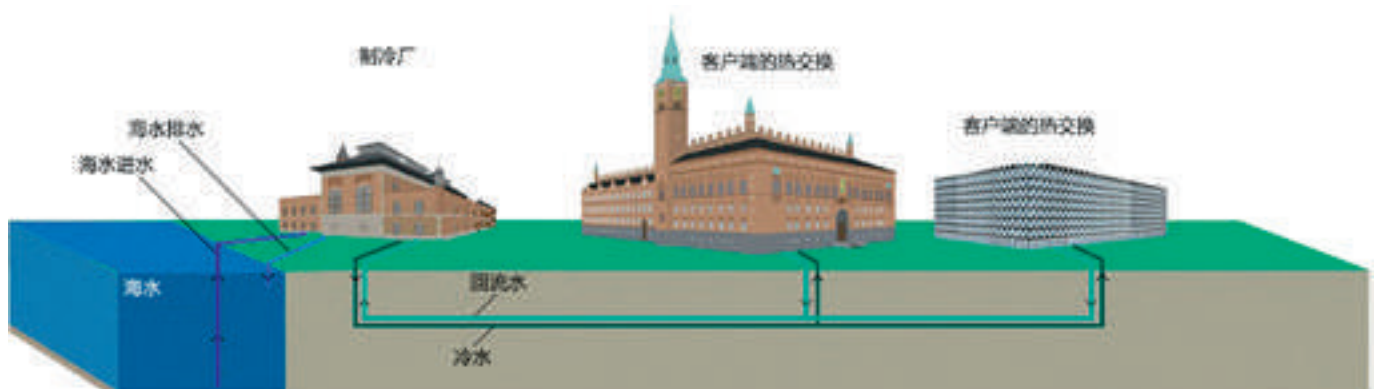
在冬季，向用户提供的冷水是通过海水进行生产的。海水从海港通过管道泵入

供冷厂。当海水直接用于供冷向消费者供水时，其温度最高为 6°C。这种技术被称为零碳冷却。在夏季，由于海水温度不足够冷，则不得不通过耗能进行冷却。使用海水可以增加其它装置的效率。相比传统压缩机，利用海水为机器除热可减少 70% 的耗电量。

区域供冷也是城市生活的财富

使用区域供冷解决方案免除了客户自己维护空调设备的麻烦。由于管道埋设在地下，这为绿色屋顶平台、太阳能电池和休闲区域腾出了更多的城市空间，有助于哥本哈根成为更环保、更宜居和更游客友好的城市。

哥本哈根市区域供冷系统说明图



城市新区的智能能源解决方案

在哥本哈根的北港 (Nordhavn) 新区 , HOFOR 正在创造未来的能源解决方案

未来的城市将会配备灵活、可持续的智能能源解决方案。在位于哥本哈根可持续北港新区的 Svanemølleholmen , HOFOR 正在规划建设一座区域冷热联供厂 , 该厂也将配备一个污水泵站。

Jakob Thanning , HOFOR 区域供冷负责人

新城区 , 新机遇

北港是哥本哈根最具可持续性的城市新区。哥本哈根大区的公用事业公司 HOFOR 计划于 2021 年调试位于北港的另一座区域供冷厂 , 旨在为该区域大量的办公大楼提供气候友好型区域供冷。不过 , 与常规的区域供冷厂不同 , HOFOR 计划将供冷厂与使用海水的现代热泵相结合 , 使其同时能够为该区域供热。

能源制造厂——同时供冷和供热

哥本哈根的区域供冷系统主要利用海水对供水进行冷却 , 全年向商业建筑 (如酒店和银行) 和服务器供冷。HOFOR 还在哥本哈根安装了几台热泵 , 从地下水、污水和海水等来源中提取能源。上

述能源来源有极大的可能在将来为哥本哈根提供更清洁的区域供热。

位于北港新区的 Svanemølleholmen , 目前正在进行从工业区向商务区的转型。大量建筑物将使用区域供热和区域供冷 , 因此 , HOFOR 将利用此机会来测试并展示如何高效整合区域供热和供冷。整合区域供热与供冷将通过在同一位置安装利用海水的现代化热泵和区域供冷厂来实现 , 该区域供冷厂也会配备一台污水泵 , 确保该区域可以按照标准排放废水。

整合供热与供冷

当 HOFOR 为办公楼进行区域供冷时 , 办公楼所产生的余热又可以用于区域供热。同样的 , 区域供冷的水也可以用于热泵冷却。因此 , 北港的项目可作为当地新型绿色技术的测试和案例展示。北港的整合项目也可以为其他地区的商业案例提供可行性研究。

HOFOR 在北港新区实施的解决方案可帮助哥本哈根市民减少碳排放 , 并有助于实现哥本哈根在 2025 年成为碳中和城市的目标。解决方案在北港进行测试及展示之后 , 今后可以广泛用于全世界其它城市新区。



哥本哈根的旧工业区经过重大转型 , 成为了可持续城市发展的标杆。预计到 2025 年 , 面积 200 公顷的北港将容纳 4 万名居民并提供 4 万个工作岗位。这一城市新区将配备由 HOFOR 提供的智能能源解决方案。图片 : By & Havn



绿色国度

丹麦正在向绿色经济转型，并致力于到 2050 年完全摆脱对化石燃料的依赖。作为丹麦的官方绿色品牌，绿色国度寻求与相关的国际利益者建立联系，并运用丹麦式解决方案共同实现绿色转型。

作为您进入 600 多家丹麦企业、政府、学术机构、专家和研究人员的一站式入口，绿色国度将您与丹麦的所有主要参与者联系起来，推动全球向可持续、低碳、资源高效型社会进行转变。

绿色国度是由丹麦政府和丹麦四大主要商业协会（丹麦工业联合会、丹麦能源协会、丹麦农业与食品理事会以及丹麦风能协会）共同建立的非营利性公私营伙伴关系。丹麦腓特烈王储殿下是绿色国度的赞助人。

请访问 www.stateofgreen.com 了解更多信息



丹麦能源署

丹麦能源署负责处理丹麦所有与能源生产、供应与消耗相关的国内和国际协定。丹麦能源署致力于减少温室气体排放，并负责监督管辖丹麦可靠的、可负担的、清洁的能源供应法律和政治框架。

丹麦能源署的全球合作部与合作伙伴国家 / 地区开展合作，将未来可持续能源供应与经济增长相结合。该倡议基于丹麦在可再生能源、能源效率、能源转型和部署以及越来越多的低碳技术领域的四十多年经验。丹麦能源署隶属于丹麦气候、能源和公用事业部。

请访问 www.ens.dk 了解更多信息



丹麦区域供热协会 (DBDH)

DBDH 是一个成员协会，其宗旨是为加速可持续城市的能源转型推广区域能源。DBDH 旨在建立并促进 50 多个国家的会员和合作伙伴之间的伙伴关系。

DBDH 代表了丹麦区域供热的行业佼佼者，包括热力和热电联产厂与垃圾焚烧企业、热力传输及输送公司、私营咨询公司、研发机构和培训机构以及区域供热生产厂房、系统、部件和产品制造企业。

DBDH 组织会议、研讨会和展会。此外，为加强关于区域供热各方面信息的交流，DBDH 发展并保持与国外区域供热公司的合作协议。

请访问 www.dbdh.dk 了解更多信息



丹麦能源工业联合会 (DI Energy)

DI Energy 代表了丹麦能源领域所有的能源技术和整个价值链，从能源勘探与生产，到现代能源技术开发、制造、解决方案与整体解决方案和系统工程。丹麦秉承创新精神，是制造可持续的、持久的、具有成本效益的能源解决方案的发源地。DI Energy 致力于进一步将丹麦发展为一个强大的、具有国际影响力的能源业基地。

DI Energy 支持丹麦、欧洲和国际层面的能源政策，进而向更高的能源效率和更高的可再生能源占比进行转型。通过与国内外企业和当局开展有力合作，DI Energy 致力于满足全球不断增长的能源需求。DI Energy 是为丹麦企业发声的丹麦工业联合会 (DI) 的一部分。

请访问 www.di.dk 了解更多信息

了解更多关于丹麦在供热和供冷方面的解决方案，获得更多的全球案例，
与丹麦专家取得联系，请浏览：

www.stateofgreen.com/district-energy

关注绿色国度微信公众号



绿色国度是非营利的公私合营伙伴关系，由以下几方共同建立




Confederation of Danish Industry



Danish Agriculture
& Food Council

wind
denmark


MINISTRY OF INDUSTRY, BUSINESS
AND FINANCIAL AFFAIRS


Danish Ministry of Climate,
Energy and Utilities



Ministry of Environment
and Food of Denmark



MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS
OF DENMARK