



Danish Energy
Agency

丹麦能源模式

创新、高效、可持续



丹麦能源署 (The Danish Energy Agency)

前言

丹麦的能源发展模式表明，通过制定宏伟的可再生能源发展目标，实行稳健、积极的和具有成本效益的能源政策，提高能源效率，扶持技术创新与产业发展，就能够在保持经济显著增长的同时，维持较高的生活水准，实现高水平的能源供应安全，同时减少对化石燃料的依赖，减缓气候变化。

一言以蔽之：开展节能、优化制造业，以及投资绿色能源技术绝对物超所值。1990年以来，丹麦调整后的温室气体排放量已经降低了30%以上。按照目前的措施，丹麦能源署预计，2020年温室气体排放量将降低约40%。

丹麦的非水电可再生能源比例在全球电力系统中最高，2014年以达到56%。2015年，丹麦电力消耗的超

过40%来自风电，到2020年，这个数字将很可能超过50%。

丹麦政府对能源行业的进一步发展提出了一系列目标，包括：继续以具有成本效益的方式实现低碳能源领域转型，并在一些低碳技术和系统中保持丹麦的国际领先地位。

到2050年，使丹麦最终实现可再生能源的自给自足，并确保面向21世纪的能源转型是完全可行且经济上可实现的，并且成为其他国家学习的典范。



贝墨通
Morten Bæk
署长
丹麦能源署

目录

低碳经济增长与创造就业机会	3
长远目标	5
情景分析	5
能源效率	6
可再生能源	7
协同效应-能源系统集成与开发	11
气候变化-制定和实现宏伟目标	12
开展密切的国际交流与合作	14
公众的参与和接受	15

低碳经济增长与创造就业机会

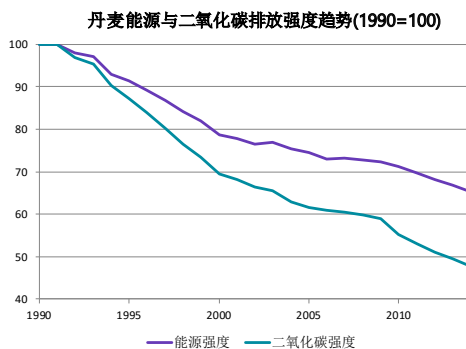
明确的政治方向，造就了一蹴而就的丹麦能源模式：丹麦的经验表明，通过一贯积极的能源政策，注重提高能效，以具有成本效益的方式大力发展可再生能源，既能实现经济显著增长，又能减少对化石燃料的依赖，同时保护气候和环境。

相比生产总值，丹麦经济的能源消耗处于全球最低位。丹麦已成为世界上能效最高的经济体之一。1990年以来，丹麦的GDP增长超过40%。在此期间，国内能源消费量却下降了8%，而调整后的碳排放量则减少

了30%以上。通过降低能源成本，免受化石燃料价格大幅波动的影响，这种发展模式不仅惠及丹麦企业的竞争力，同时促进了新的产品和产业。

绿色产品和服务被定义为能够减轻对环境压力的产品，例如节能产品以及安装可再生能源系统的服务。2014年，丹麦生产的绿色产品和服务价值233亿欧元，其中一半涉及到可再生能源，六分之一为能源效率。丹麦的绿色产业从业人员近5.9万人。

例如，丹麦的风能行业目前的就业人数高达28000多人，2014年丹麦的风电技术出口达到了72亿欧元以上¹。能源技术的出口额占到了



资料来源：丹麦能源署 *初步数据

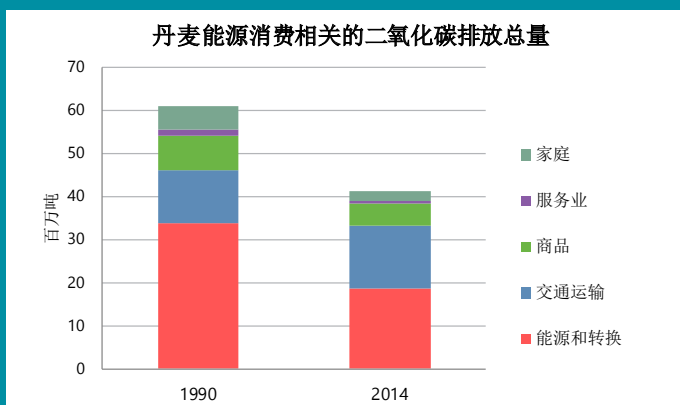
1 丹麦风能工业协会 (DWIA)

能源消耗与碳排放量同步下降

1990年至2014年间，在丹麦能源总消耗量降低的8%中，主要得益于化石燃料的消耗量减少了26%，在能源消耗总量的替代中，风能应用增加了5%，生物燃料和其他可再生能源应用增加了13%。2014年可再生能源占丹麦能源消耗总量的26%。同期，能量转换效率得到了显著提高，转换损耗降低了31%，相当于总能耗的8%。这种改进的主要原因是由于大规模增加了区域供暖和风电机组的装机容量。这两种能源的提升相当于同期总耗电量的9%。随着丹麦国内生产总值从1990年至2014年提高了40%以上，加上净能耗保持几乎不变，最终用户的能源效率也得到了显著提高。例

如，制造业带动了近30%的总增加值，但期间最终能耗却下降了23%。在此期间丹麦家庭的实际消费支出增加了40%以上，但净能源消耗仅增加了1%。

对于与能源相关的二氧化碳排放量，自1990年以来丹麦排放量下降的33%比例中主要是49%的能源转换（发电和供热），这主要归功于可再生能源发电、提高电厂效率和热电联产这三大贡献。商品生产和居民消费分别贡献了减排量的37%和57%。对于电力生产而言，由于减少了化石燃料使用和发电厂的优化，与1990年相比，丹麦的二氧化碳排放量减少了53%。



资料来源：丹麦能源署

2014年货物出口总额的12%，而绿色能源技术占该数字的50%以上。

长远目标

丹麦实行积极的能源政策有着悠久的历史传统，最初源于1973年为了应对第一次石油危机。多年来，丹麦议会达成广泛共识，促进丹麦能源系统的转型，实现减少能源消耗，增加分布式能源产量，提高可再生能源的利用。一致、坚定和长期的政治目标形成了丹麦能源行业向低碳转型的基础。

情景分析

2007年，丹麦成立了气候变化政策委员会，确保丹麦以具有成本效益的方式实现向未来低碳能源的转变。丹麦能源署通过详细的情景分析支持该委员会的工作，具体探讨了技术可能性，并研究了丹麦社会在2050年前实现低碳能源体系目标相应的成本。

这项分析表明，有可能经济高效地设计出不同能源系统，所有这些系统均能在2050年前达到低碳能源的目标。所有情景均显示出巨大的节

能效果，成为实现低碳能源系统战略的组成部分。分析将一种常规发展模式作为参考情景，经分析表明，不论风能和生物质能发展情景，相比于化石燃料发展，其额外成本均不超过10%。

丹麦能源系统的低碳转型不仅需要进一步提高能效，开发新的低碳能源，而且还与需要与丹麦邻国开展进一步的能源合作，以降低成本，确保能源供应的稳定性和安全性。丹麦完全支持成立欧盟能源联盟，以此来提高能源安全，并降低绿色转型的成本。

为进一步保证具有成本效益的低碳能源转型，丹麦政府将成立一个新的能源委员会，来分析实现2020年目标以后的下一步行动，负责部署能效、可再生能源供应和温室气体减排工作。

创新与系统开发

新技术和新系统的研究、开发和示范一直是保持丹麦能源领域领先水平的关键要素。公共-私营部门之间的合作，加上稳定的政治和监管框架，也促进了重大创新及突破

性能能源概念与系统。低碳转型的基础包括三个方面：能效、可再生能源、以及电气化等系统集成。

能源效率

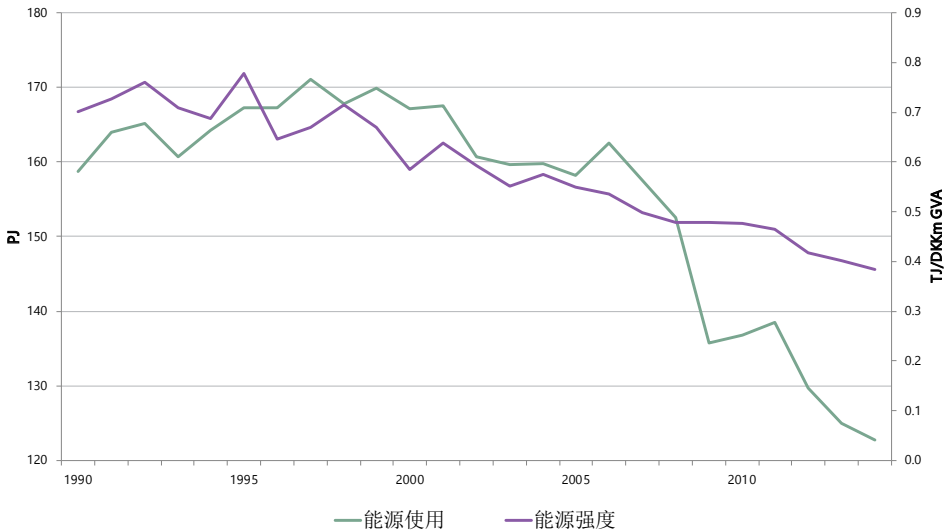
能源效率是能源领域绿色转型的一个重要因素。如果不能大幅度提高能效，要用新型的本来更昂贵的能源，如可再生能源来满足能源需求，代价将十分高昂。能效措施的成功实施促使各种能源服务社会的需求更有效更高效，从而使能量消耗减少。实现这些目标，一方面

要通过采用更节能的技术和解决方案，另一方面要依靠不断提高的能源意识，改变消费者的行为。

丹麦在家庭、制造业和能源生产提高能效方面已经取得了明显的成效。例如，1975年以来，每平方米建筑能耗已降低了45%。过去十年内，制造业能源强度的年降幅超过2%。根据最近的一项研究结果²，由于在过去十年油价的上涨，能效方面取得的成就使得丹麦的制造业成本竞争力提高了9%。

² 丹麦国家银行货币回顾，2014年第二季度，能源效率和竞争力

丹麦制造业能源使用与能源强度



注：以PJ为单位的能源使用以及以TJ为单位的能源强度 / 百万欧元总值加(2010年价格)，1990年-2013年数据

可再生能源

虽然几乎没有任何水电资源，丹麦却成功地成为了可再生能源发电的全球领导者。1980年以来，可再生能源在丹麦终端能源消费中的比例一直在稳步增长。今天，丹麦的最终能源消费中有25%以上来自可再生能源。

仅从电力供应角度来看，丹麦目前的可再生能源占国内发电量的50%以上，主要来自风力发电。目前丹麦有超过5GW风电装机容量，其中近1.3GW来自海上风力发电。当风力充足时，丹麦风电机组的发电量超过了国内的用电需求。

丹麦总体能源结构的改变，导致了能源生产的排放量大幅下降。从

支持节能措施

以成本效益的方式提高能效仍有巨大的潜力。提高能效的潜力存在于所有的部门和能源使用领域。可以通过已开发的产品和技术，以及提供的消费者解决方案，可以大幅提高全国的能源效率。通常情况下，消费者可以经济地使用现有的解决方案，然而，能效的提高并不会自动实现，还需要积极推动更多的节能成果。因此，丹麦的能源政策包括多项具体的节能措施，来进一步提高能效，以最大限度地减少各部门的能源使用，避免能源浪费。

除了实现更高效的能源生产，丹麦还开展了多项举措提高最

终用户能源消费的效率，即减少消费者和企业的能源消耗。丹麦环境与能源税的征收，有利于在消费者能源价格中更好地反映能源生产、使用和排放的环境成本。

经过与产业界进行密切对话，将各种知识、挑战和机遇均纳入在具体的措施中。

具体的措施包括：

- 实施建筑能效标识
- 制定建筑能耗标准
- 成立节电信用基金
- 发布家用电器能效标识
- 开展公共部门节能
- 制定企业节能义务方案

1990年到2014年，来自电力生产的二氧化碳排放量下降了50%以上，与1990年相比，2014年单位国内生产总值排放量减少了一半，人均排放量下降了近40%。

得益于新型可再生能源技术，丹麦

的能源系统和电网发生了根本性的改变。丹麦的经验表明，传统发电的灵活性，结合强有力的输配电网络，以及为了扩大平衡区与周边国家进行更多的电力交易，成为克服这些挑战的重要组成部分。

为可再生能源提供高效有力扶持

推广可再生能源，需要有一个良好的投资环境，有发达的电网，还要有长远的发展规划。

高昂的初始投资成本和零燃料成本是风能或太阳能与最传统发电技术之间的主要差异。通过金融和市场支持刺激需求，一直是丹麦推动可再生能源发展的核心要素。通过优先上网和制定基于资源的固定上网电价，丹麦建立了积极的投资环境。海上风电的上网电价由招标决定，而带有上限的固定上网保护电价形成了对陆上风电的支持。

中央级的长期规划保证了电网和电力系统的及时相关投资。因此，电网和电力系统得到了持续发展，以解决不断增加的

波动可再生能源发电量。按照目前的政府能源协议，丹麦制定了未来电网投资的战略规划，出台了具体措施和政策，以保证实现丹麦政府万全依靠可再生能源的长远目标。

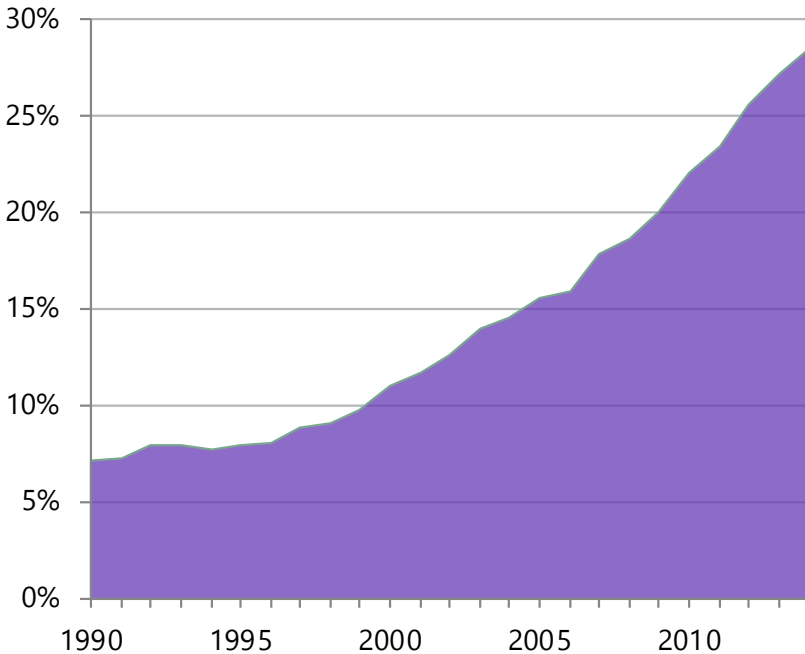
勘查测量已有风电资源是风电场规划选址的基础性工作。提出宏伟目标，编制长远规划，以及强大而稳定的政治框架条件，通过创建一个积极稳妥的长期投资环境，为大量的私营企业投资铺平了道路。丹麦能源署作为“一站式”审批机构，负责收集所有相关的资料，这使得所需的审批流程更加简化和有效。

利用国内的能源资源，如风能、太阳能和生物质能，可再生能源不仅对碳排放的急剧下降做出了贡献，也提高了能源供应的安全性。展望未来，进一步扩大可再生能源装机容量和资源，已成为了丹麦政府实现其通过可再生能源发电和能源满足能源需求的长远目标的重要组成部分。

分析表明，丹麦引进可再生能源的成本一开始较高。与传统能源相

比，逐渐下降的可再生能源的成本，不断上涨的化石燃料价格，使得再生能源的竞争力日趋提高。今天，丹麦在新增装机容量时，即使不考虑传统化石燃料的发电方案的间接成本，陆上风电俨然已成为最廉价的发电技术。这些间接成本主要涉及到CO₂、SO_x和NO_x排放的负面成本。这些排放带来负面健康影响、环境和气候的影响、以及最终给公民个人和整个社会所带来的成本等。

可再生能源占最终能源消费比例



资料来源：丹麦能源署

丹麦目前和将来如何充分利用可再生能源？

有时，丹麦的风力发电量超过了国内电力需求。按平均，波动性风力发电提供了2015年全年电力消耗量的42%。丹麦是如何做到在几乎不弃风情况下，整合大比例的波动性风力发电？

大多数人都了解北欧国家的资源禀赋，即水电、风电和与火电并存，加上与欧洲邻国电网相连，包括发达的北欧电力市场的电力交换为主要因素。丹麦可以通过自由买卖电力来平衡风电等波动性电力生产。但现实情况更加复杂，还包含许多创新功能。

- 热力供应与电力平衡相结合。我们的电力中有一半来自小型热电联产电厂。该系统的设计具有灵活性，允许采用不同的热能和电力生产的比例，同时还内置了蓄热器，当系统有充裕的风力发电时，可允许降低热电联产电厂的电力供应，并提供连续供热。
- 火电厂灵活性方面的创新，可以改变电厂的日发电量，并根据风力发电的波动性实现快速调整。在世界大多数国家，所设计的火电机组只能实行恒定输出，电厂不愿意在日常运营增加机组灵活性。丹麦电力生产调节的速度比其他国家快，经过技术改造和调整，丹麦电厂的最低发电出力水平可以超低。
- 在电力系统控制和调度中采用创新的先进的风能预测。由丹麦输电系统运营商丹麦电网公司（Energinet.dk）采用的这种先进预测，提高了整合和平衡高比例可再生能源的能力。尽管可再生能源发电优先级的提高导致热电联厂和燃煤电厂在电力市场中的份额在降低，电力市场的高级功能不仅让热电联产电厂和燃煤电厂得益于向批发电力市场售电，而且还能够从向所谓的“配套市场”出售服务中获益，这些服务正是一个运作良好的电

力系统所需要的服务。

- 进一步提高可再生能源比例将需要电力系统具有更大的灵活性。因此，丹麦正在加强电网的国际互联，并引入技术措施，为满足电力需求提供更大的灵活性，做出更快速的响应。此外，需要注意的是，随着技术的进步，今天的现代风电机组可以在一定程度上保证电力系统的稳定性，而这种稳定性以前则是由火力发电厂提供的。

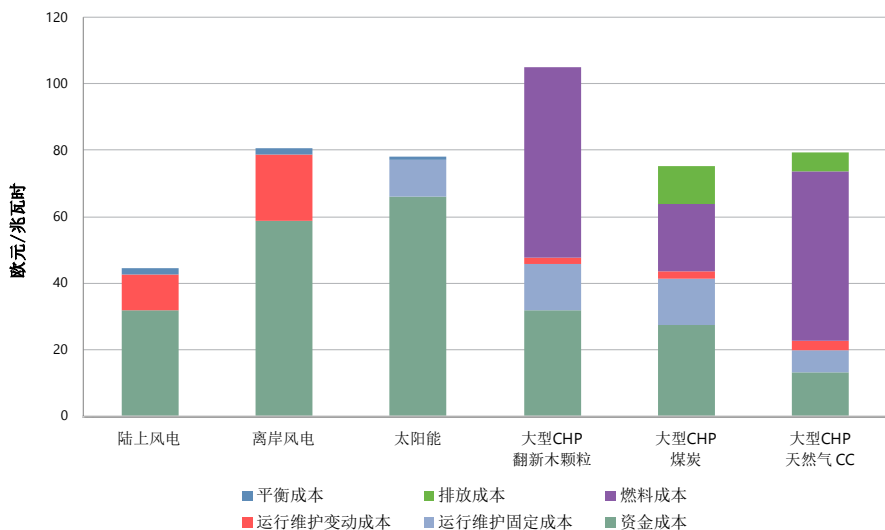
尽管丹麦的国情可能有些特别，但我们的经验已经引起巨大的国际关注。中国研究单位、中国能源领域的重要政府机构，如国家能源局、国家电网等，与丹麦能源、公用事业与气候部已开展了交流与合作。中国政府机构正在利用丹麦的经验来减少风电的弃风，并与丹麦当局密切合作，以实现中国能源部门向绿色可持续的方向转型。

值得一提的是，丹麦征收的能源税，以及参加欧洲排放交易体系（ETS），是为了纠正其中的一些市场不完善，使能源市场参与者和投资者意识到间接的发电成本。还应当指出的是，由于执行了严格的排放和能效标准，丹麦每兆瓦时发电量产生的排放水平（每兆瓦时产生的CO₂）非常低。计算这些排放标准还包括对风能和太阳能等波动性可再生能源的平衡成本，丹麦电力系统的平衡成本约为每兆瓦时1-2欧元。

协同效应 - 能源系统集成与开发

着眼于更广泛的整合与系统，而不是单独的组件和概念，这是丹麦能源模式的另一个重要方面。丹麦能源模式的特点在于能源规划的整体视图，重点是整合，例如热能和电力生产，发挥发展可再生能源的税收政策和辅助政策框架之间的协同效应。此外，发电与供热领域的紧密相互作用，即热电联产，在区域供热系统中使用热存储技术，以及

丹麦新建电厂的平准化能源成本



注：煤炭基于超临界发电厂
资料来源：丹麦能源署

通过增加使用热泵和电加热锅炉，在供热企业提高电力的使用，将会进一步提高能源领域的效率，缓解电力系统中集成各种可再生再生能源所带来的挑战。

丹麦对可再生能源并网的支持并结合北欧运作良好的开放性电力市场即北欧电力市场（NordPool），确保了丹麦的电力价格并不明显高于其他欧洲国家，即使这些价格中包含了支持大规模可再生能源发电和上网的成本。

气候变化 - 制定和实现宏伟目标

丹麦能源政策的未来基于能被广泛支持的政治协定，而2012年的达成《丹麦能源协议》即为面向2020年进一步能源转型的最重要的政策。根据丹麦政府制订的长远目标，到2050年，丹麦将实现100%可再生能源的应用，这意味着到2050年，丹麦的可再生能源生产将满足电力、供热、工业和交通运输的全面能源需要。

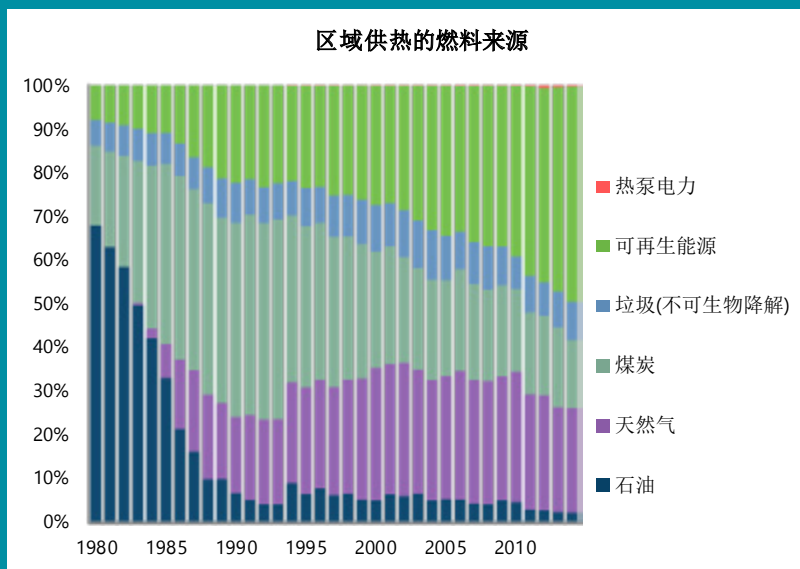
热电联产

供热和发电相结合已成为丹麦能源领域建设高成本效益的供热和电力供应系统的关键要素。利用区域供热系统供暖和提供热水，其平均成本只相当于家庭平均收入的3%。丹麦通过集中供热分配热力已成为该国降低能源消耗总量、减少二氧化碳排放的主要驱动力之一。区域供热提供的暖气和热水覆盖了60%以上的丹麦家庭。

丹麦有近70%的区域供热来自热电联产厂（CHP）。2014年，丹麦的CHP电厂占火电发电量的接

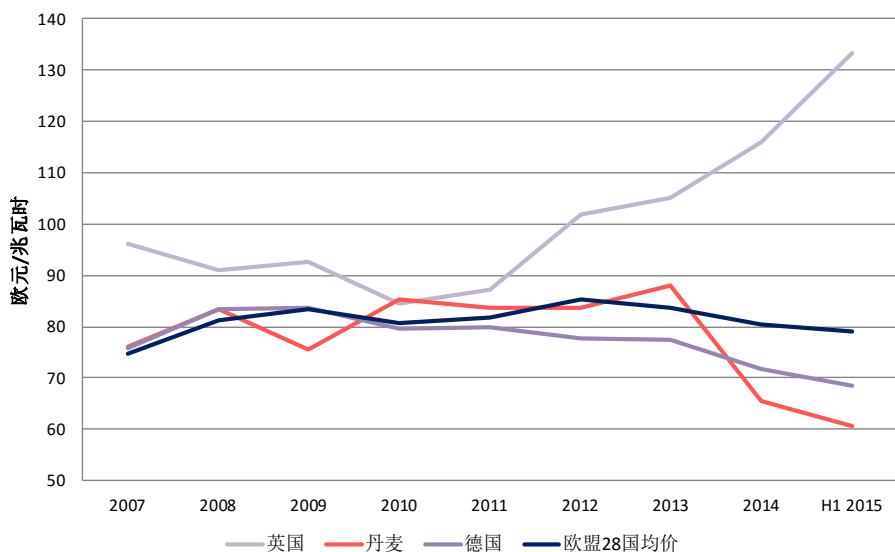
近60%，热电联产转用生物质燃料代替化石燃料，建设新的生物质燃料专用的热电联产厂和燃烧生物质的供热厂，这意味着2014年有近50%的区域供热来自可再生能源。对于丹麦社会来讲，热电联产使能源消耗总量减少了10%以上。

多年来，除了规划过程以外，区域供热和热电联产的实施，已通过多种不同的扶持机制获得了支持，这些支持包括各种税收减免、固定上网电价、以及投资补助等。



资料来源：丹麦能源署

工业用电价格



注：用电价格包含每年使用2-20GWh的企业的应付税 资料来源：丹麦能源署

《丹麦能源协议》是2012年至2020年能源供应和需求发展的路线图。该协议包含了一系列雄心勃勃的计划，将带领丹麦更好地实现以可再生能源满足能源需求的目标。通过扩大海上风力发电和使用生物质能，有望到2020年丹麦发电量70%来自可再生能源。按照该项《能源协议》以及目前的结果和预测表明，丹麦将超额完成其能效、可再生能源和减少碳排放的欧盟2020指标（20-20-20目标）。

开展密切的国际交流与合作

有大量的丹麦能源系统创新工作是与其它国家的政府机构和私营企业密切合作完成的。这样的合作既来自欧洲和其它发达国家，也来自包括来自各大洲迅速发展的新兴经济体。利用取得的经验和教训，丹麦正在努力激发全球性的低碳增长。丹麦与能源相关的温室气体排放量只占全球排放总量约0.1%。因此丹麦的气候和能源政策不会改变全球

的碳足迹，也不会降低气候变化的威胁，而这些威胁在未来几十年将主要来自迅速发展的新兴经济体。通过丹麦与一批高速增长的经济体的政府间合作，丹麦能源模式的若干要素可影响高达20亿的能源消费者，占全球温室气体排放量的三分之一。所有这些经济体的能源强度都明显高于丹麦，让这些国家的能源强度下降到丹麦的水平将对全球温室气体排放产生深远的影响，并将降低全球变暖的风险。

这方面的一个具体的例子是与中国政府开展部门间的合作，在电力系统中大力开发可再生能源，从而减少中国快速增长的温室气体排放量。目前其它的合作伙伴国家还包括墨西哥、南非和越南，合作范围还在扩大。合作的范围也很广，包括能源效率、可再生能源和能源系统开发，以及气候融资等。

通过榜样的力量，丹麦已经证明，能源消耗量和碳排放量都可以在很短的时间内快速改善，同时保持稳健持续的经济发展。在未来几年，加强国际合作将成为丹麦努力减缓气候变化的一个重要组成部分。

公众的参与和接受

能源政策深深地植根于丹麦公民的日常生活中，在低碳转型的各个方面都得到广泛的公众参与。从家庭和居民建筑的能效措施及其宣传，可再生能源资产所有权（屋顶安装太阳能电池板、社区拥有的风电场等），支持低碳交通（公交系统发展、骑自行车上下班等），节能，到向各种低碳社会的过渡等，都成为了丹麦公民日常生活的一部分。

广大市民对能源部门转型的支持，包括承担费用和其它影响等，是这些年发生在丹麦能源行业为了应对气候变化、迈向更加可持续和稳健经济发展所取得的巨大变化的广泛政治共识的一个重要组成部分。

丹麦能源署全球合作中心全力支持新兴经济体将可持续未来的能源供应与经济增长相结合。该项目基于丹麦四十年的可再生能源和能效经验，旨在促进能源部门进一步利用越来越多的低碳技术。

请登陆我们的官方网址了解更多：

www.ens.dk/global-cooperation

更多信息，请联络：

Henrik Breum

hebr@ens.dk

电话：+45 3392 7812



Danish Energy
Agency

