

德国智慧住宅、英国智慧建筑、丹麦智慧能源……它们到底智慧在哪里？

海外智慧城市建设新模式有多“聪明”？

建筑如同城市的细胞，能源则是城市的血液，传统建筑物消耗了世界 30%的能源，并贡献了全球 40%的碳排放量，而可再生能源较大的波动性则对能源系统的灵活性提出了比传统能源更高的要求。因此建筑和能源系统是城市实现智慧转型的根本，对实现减排目标和人类的可持续发展至关重要。

本文通过剖析欧洲发达国家智慧城市建设肌理，聚焦建筑、能源系统的智能技术，以期对我国正在大规模展开的智慧城市建设提供参考。

德国：智慧住宅兼顾安全舒适

近年来，随着互联网宽带发展和居家数字技术新产品的不断涌现，德国智慧住宅在追求居家生活更加安全、舒适的同时，将节能环保列为重点发展目标。

巴特瑙海姆是德国黑森州一个只有 3 万多人口的小城。去年 8 月底，在这个小城的南部，一座新型的能源中心宣告落成，这是德国规模最大的利用“地源热泵”区域供暖制冷项目的核心设施。该项目以零排放的方式为 400 套住宅、约 1000 名居民提供生活热水和冷、暖气。

在专家看来，巴特瑙海姆南部地区通过地表热能来创新地供热和制冷是一个“灯塔”式的项目。它借助土壤-空气热交换装置，从地下 1.5 米至 3 米处吸收热量到达地表后，通过几公里长的管网将热能输送到每个建筑物，市政公用事业机构在各建筑物中安装的高效热泵就可以将 10 摄氏度到 55 摄氏度的生活热水，以及不超过 35 摄氏度的地暖供水提供给各家各户。

在夏季，该系统就会以制冷的方式运行，建筑物可以自然冷却，从而无需使用空调。记者在德国曾亲身体验过这样的“生态绿屋”：当室外温度高达 37 摄氏度时，室内没有任何空调设备，仅靠加速空气循环的新风系统，室温就可以保持在 23 摄氏度左右。当人走进这样的“生态绿屋”，马上就感受到非常舒适的凉爽。

要达到这样理想的效果，除了低能耗的冷却系统外，建筑节能设计是必不可少的。现在越来越多的德国城市要求新建的建筑必须达到被动房的标准，即每平方米能耗仅为 15 千瓦/小时。加厚的墙体、密封性极强的门窗已经是德国建筑的标配。外伸的阳台、外墙加装光伏太阳能板和覆盖绿植等节能设计也在引领潮流。

德国已确定到 2050 年实现碳中和的目标。在建筑能源供应领域，德国以法律形式严格设定了在新建建筑中强制使用可再生能源供热技术的最低要求。目前德国新建建筑中可持续和可再生能源供热技术的普及率达到了 50%。

巴特瑙海姆项目自 2020 年 5 月开始启动，由德国联邦经济和能源部出资约 400 万欧元，超过了项目总投资需求的一半。除巴特瑙海姆市政公用事业机构外，纽伦堡应用技术大学等多所高校，以及能源数字化管理、开发智能解决方案的企业也参与了该项目。这充分体现出德国政府资助下的科技创新的特色，即在明确的市场需求下，企业和研究机构联合创新的模式。

因为该项目的能源供应 100%来自可再生能源，以二氧化碳零排放的方式为居民供暖制冷，这对市政公用事业部门非常有吸引力。与传统能源相比，巴特瑙海姆市政公用事业公司预计每年可减少多达 750 吨二氧化碳的排放量，这相当于巴特瑙海姆市森林吸收的二氧化碳量的三分之一。

巴特瑙海姆市长克劳斯·克雷斯科称，这个能源中心的落成是智能住宅的又一个里程碑，它是

生活舒适度、环境保护和数字化完美结合的典范。

以零排放的区域供暖制冷能源中心为起点，巴特瑙海姆最现代的住宅区正在这里建造。所有的建筑物均由光纤网络连接，使用者可以轻松地实施智慧住宅解决方案。建设中的智慧住宅，将比以往更高效、绿色，更具社会包容性并且在技术上更先进。

除了建筑公司对智慧住宅进行基础设施建设外，德国智慧住宅在考虑节能环保外还会考虑以下两个方面：首先是安全性，例如安装房门电子锁、楼房可视对讲机，加装房屋、门窗防盗功能、通过网络与手机连接起来。德国智慧住宅倡议协会 5 月 26 日在柏林举办了第 10 届智慧住宅产品颁奖仪式，其中一款窗户上安装的电子设备获奖。这款窗户上安装了一个显示器，通过红绿灯的指示，便可确定窗户是否已关好。类似的居家产品在德国近年来大量涌现。例如电磁炉自动熄火功能、电熨斗自动断电功能等。政府建议家中火灾报警器与消防部门联网，以防居家老年人因耳聋而延误消防救灾。

其次是舒适性。德国居家生活的方便舒适性产品发展快速。例如开门不用钥匙，而是用房卡或手机感应。老人出门可用智能拐杖。家里的窗帘可通过手机进行远程遥控，让它关上或打开。家中的各种电器可以通过无线网连接起来，通过居家主人的声音控制一个终端，让音乐播放音量调小或电灯开关等。目前远程医疗已不再是梦想，智慧住宅依靠的是网络连接，与医生视频问诊对话便可轻松地实现居家看病。

德国政府目前鼓励智慧住宅发展，联邦家庭部呼吁住宅建造时应为居家生活提供上网服务，预设好网线，数字辅助系统尽可能方便操作。为推动智慧住宅发展，联邦家庭部希望住宅建筑公司在铺设好因特网线路后，为购房者做好智慧住宅的咨询工作，并创造样板房，让客户了解、掌握住宅辅助技术系统。

在新冠疫情影响下，智慧住宅让人们通过视频同家人朋友网上见面，这对老人和残障人士非常重要。但同时智慧住宅也面临一些挑战，如老年人必须同步学习，才能跟上现代技术进步的步伐；智慧住宅与个人数据保护存在一些相关性，德国也在法律上严防个人数据遭到滥用。

随着不同年代、使用者需求、研究主题或是产业产品特性的不同，智慧住宅的定义也各有不同背景与内涵。正如上世纪 80 年代，当人们使用黑白电视机的时候用手去开关电视，后来技术发展了，人们用上了遥控器来开关电视。近年来，电子和信息通讯产业与生活空间整合的智慧化居住空间平台逐渐受到信息通讯产业以及建筑产业的重视，人工智能化更加速了住宅智能化服务技术的发展，智慧住宅成为产业与学术研究的重点发展方向。相信随着科技的进步，智慧住宅会让居家生活更安全舒适环保。



德国已确定到 2050 年实现碳中和的目标

英国：智慧建筑示范节能未来

水晶大厦坐落于伦敦东部的皇家维多利亚码头，是世界上最为智慧和环保的建筑之一。这座于 2012 年投入使用的大厦因外观呈晶体几何形状酷似水晶而得名。由于比英国其他办公楼降低了 70%的碳排放，被称为最具可持续发展的建筑。大厦目前用于展览和办公，伦敦市政府也将于今年年底搬入。可以说，水晶大厦达到了景观性、环保性和实用性的完美统一，是未来智慧建筑发展的样本。

水晶大厦运营所需的能源 100%都可以通过电力满足，不使用任何化学燃料，是世界上第一个获得建筑行业最高等级的可持续性证书（BREEAM 杰出奖和 LEED 白金奖）的建筑。负责大厦运营的西门子公司项目经理维尔纳·克鲁克说：“水晶大厦中的一切都经过精密的规划，这座可持续发展建筑的技术核心就是将尖端的技术与先进的设计完美结合在一起，充分利用了每一千瓦可以利用的能源。”

水晶大厦的智慧性体现在控制整个大厦的能源管理系统。该系统通过收集户外的天气信息以及大厦内部 3500 个数据点的所有信息，可对大厦的供暖、空调、通风、照明、热泵、热水、储水、火警等所有能源和机械系统进行智能控制。大厦所有能源和水的消耗数据都在大厦内部的展览中实时呈现，每 15 分钟更新一次。

具体而言，大厦地下总长 17 公

里，包括 199 条管道的地源热泵系统，满足了大厦所有的供暖需求和大部分的制冷需求。在夏天需要降低室温时，系统可以将热能排入地下，到了冬天，再将热能从地下抽上来为大厦供暖。这意味着大厦使用了 100%的天然热源而不会产生任何的供暖费用。

照明方面，覆盖大厦表面的高性能太阳能玻璃经过特殊设计后可以吸纳 70%的自然光，但只保留 30%的太阳能以防止房间内过热。而且建筑中几乎每个空间都有自然光，这意味着只需要极少的人造光。大厦的控制系统可以自动调节每盏灯，提供舒适的亮度水平而不浪费电力。大厦楼顶上还有覆盖了屋顶三分之二的光伏电池组，它们可以收集阳光利用太阳能发电，以满足大厦 20%的用电需求。

大厦的能源管理系统可以感知室内和室外条件，然后为建筑的每个部分控制最合适且节能的通风环境。温度适中时，采用自然通风，窗户自动打开。在低温或高温下，窗户会关闭，机械通风系统会取而代之。夜间也可以使用自然通风，减少第二天的制冷需求。

水晶大厦还实现了水资源的循环利用。雨水可以收集到大厦地下 30 立方米的储存罐中，采用过滤和紫外线消毒等高水平处理后，可用于整个地区的灌溉和厕所冲洗。回收水资源已经满足了建筑中所有厕所冲洗用水的需求。此外，建筑中大约 80%的热水

是通过屋顶的太阳能和地源热泵的组合加热。

西门子公司基础设施和城市部门首席执行官罗兰·布施表示：“全球各大城市都在进行投资，以改善其供水、电网、运输系统和建筑基础设施，仅我们可发现的市场规模就达到 3000 亿欧元。在这个不断增长的市场中，水晶大厦成了我们重要的展示台。”

水晶大厦只是伦敦智慧建筑建设的一个案例。作为全球国际大都市之一，伦敦建设智慧城市的步伐还在加速。早在 2010 年，伦敦数商商店就用开放的数据平台，为建设智慧城市奠定了坚实的基础。伦敦市长萨迪克·汗还在 2018 年发布了伦敦智慧城市路线图，力图把伦敦建设成为世界上最智慧的城市。

伦敦政府相信，智慧城市的互联未来始于智慧建筑，是城市实现真正转型的根本。传统建筑物消耗了世界 30%的能源，并贡献了全球 40%的碳排放量，智能建筑对实现英国政府制定的减排目标和人类的可持续发展至关重要。

调查机构 Technavio 最新的报告认为，智能建筑领域 35%的增长将来自欧洲地区。欧洲智能建筑市场的增长受到用户对提高建筑物能源效率、舒适度和运营能力的意识增强所推动。其中，英国和德国是欧洲智能建筑的主要市场。

丹麦：智慧能源趋向全面绿电

未来的能源系统中，风电、光伏发电、潮汐发电等可再生能源将逐渐成为能源系统的支柱，太阳能和地热能可在供暖部门中的比例也将大规模提升。但在目前技术条件下，可再生能源具有较大的波动性，这对能源系统的灵活性提出了比火电等传统能源系统更高的要求。

2020 年，丹麦电力系统中 80%为可再生能源，其中超过 50%来自风能和太阳能，且从未出现过任何弃风限电的情况。丹麦的目标是在 2030 年实现 100%绿色电力，预计这一目标在 2028 年就能够提早实现。在丹麦的区域供热部门，超过 60%的能源来源由生物质、沼气、太阳能、地热能等可再生能源提供。

丹麦能源协会首席执行官马滕斯在接受媒体记者采访时表示，未来的能源系统必须在生产端和消费端之间建立起数字化连接，以保证兼容大量波动性强的可再生能源，保持系统内每一秒的动态平衡。

丹麦能源系统中大规模可再生能源的接入，得益于一个智能、灵活的能源系统。该系统综合天然气、电力、热能和交通运输系统，使用智能的数字解决方案，确保城市和社会获得可靠的绿色能源。根据丹麦工程师协会发布的《丹麦 2050 愿景》，丹麦实施 100%的智慧能源战略，从技术和经济上都是可行的。

智慧能源系统一般被定义为一个使用智能电力、热力和天然气管网，与储能技术相结合，通过能源部门之间的协调，为每个部门和整体能源系统创造最佳解决方案的综合模式。

智慧能源系统主要围绕三大电网基础设施建设：智能电网、智能热网和智能燃气电网，系统由新技术和基础设施组成，

在能源系统的“转化”阶段，创造出新的灵活性，其特性是能够容纳大量间歇性可再生能源和较为稀缺的生物质能源。

丹麦的智慧能源发展经验可以概括为以下几点：

其一，通过生活实验室和先进的设备进行大量测试。丹麦的智能能源解决方案通常是在以用户为中心的、透明的生态系统中测试和开发的，这种公私合营的伙伴关系，让公共部门、私营部门和居民都能够为新解决方案的探索和开发作出贡献。此类实验室通常还会作为创新平台对国内外来访者开放学习。

与世界上许多城市一样，丹麦首都哥本哈根也在现代城市化的进程中快速发展。其中，北港新区是一个预计能容纳 4 万名住户和提供 4 万个工作岗位的地标性新区。坐落在北港新区的能源实验室是丹麦最大规模的智能电网研发中心，由丹麦技术大学主导，哥本哈根市政府、丹麦公用事业公司、企业等共为合作伙伴，为能源公司、设备制造商和研究人员提供了一个靠近消费端和终端市场的解决方案测试平台。

在能源实验室测试的解决方案不仅仅包括像热泵、电池之类的硬件设备，也包括了基于市场的创新型构思和概念。北港能源实验室的关键工作就是研究和测试如何将电力、供热、高效解决方案与交通电气化集成成为一个智能灵活优化的能源系统。例如，丹麦公用事业公司 HOFOR 为北港新区的 15 栋住户提供低温区域供热，以测试区域供热系统的灵活性和减少使用煤燃厂和天然气厂的可能性。

其二，数字技术的应用。通过数字化建立耦合的能源系统，结合大数据分析、人工智能和信息物理系统，能够实现可再

生能源发电的高性价比集成，这使得以更低的容量成本实现更大比例的可再生能源成为可能。例如，丹麦输电系统运营商（TSO）Energinet 收集了大量能源数据，向社会提供全部或部分信息。

无论是在市场方面，还是供应安全方面，数据收集都是输电系统运营商的一个重要部分。其中一个被称为数据中心（Databub）的独立 IT 系统，是一个由 Energinet 拥有和运营的独立 IT 系统，负责收集和客户、价格及消耗量相关的信息，处理电力市场参与者之间的所有数据通信。丹麦电力市场的参与者是 Databub 的主要用户，通过对数据的使用，确保满足客户所需。这些数据信息确保了电力市场参与者之间的正确结算，有助于保持电力生产和消耗的平衡，而保持平衡是确保供电安全的必要条件。

其三，政治共识。丹麦政府于 2019 年底制定了到 2030 年减排 70%的目标，根据丹麦技术大学的分析，这一减排目标只能通过数字化、能源部门的耦合和大力挖掘各部门的减排潜力来实现。政治支持是能源改革的驱动力，丹麦的政治目标和倡议引导能源电力行业向数字化、智能化转型发展，为全面能源结构转型提供坚实支持。

丹麦能源协会首席执行官马滕斯说，目前发展智慧能源系统主要面临三方面挑战：一是需要对现有能源系统进行大量改造和重建，这当然需要来自政策、资金、人才配备等各方面支持；二是数据的采集和应用，如何采集到准确“高质量”的数据信息，以确保智慧能源系统正常运转；三是需要具有前瞻性的法规和监管机制。智慧能源系统是面向未来的，因此在制定相关法规和规范时必须“向前看”，做好各方面的准备。

（据经济参考报）



伦敦水晶大厦 资料图片