



区域建筑能源发展规划研究报告摘要

SUMMARY REPORT OF RESEARCH ON ENERGY
DEVELOPMENT PLANNING FOR
DISTRICT BUILDINGS

中科华跃能源互联网研究院
中国建筑节能协会政策规划专业委员会
美国劳伦斯伯克利国家实验室 (LBNL)
北京建筑大学

2021年11月



项目组成员

薛志峰、章永洁、林 慧、冯逸夫
胥小龙、冯 威、王睿婷、高 岩

本项目在执行期内得到多位专家在资料提供、技术研讨、成果评审的全过程支持和指导，在此一并致谢：

赵旭东、康艳兵、王元丰、殷 帅
江亿、白泉、范滢、郝斌、孙干
倪江波、柳晓雷、刘晓华、马君华

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

执行摘要

随着建筑节能标准的不断提升，新建建筑能效提升的边际效应逐步显现，要进一步挖掘建筑节能潜力必然要从单体建筑向区域化规模发展，从建筑需求侧向建筑供需协同转变。区域建筑能源发展是针对建筑群、园区乃至城镇尺度的冷热电气等多种能源的供应、输配和消费统筹考虑，是建筑节能和绿色建筑从单体性能提升走向规模化发展的重要途径。

本报告在国内外行业背景分析和趋势研判的基础上，提出今后发展区域能源可实现的能源综合利用效率提升、电力需求峰值降低、新能源发电消纳、建筑碳减排量的具体量化目标；提出引导大型建筑、园区和城镇编制区域建筑能源发展专项规划，鼓励高星级绿色建筑进一步提升成为直流建筑、电网友好型建筑、光储直柔建筑，推动区域建筑作为聚合型虚拟电厂整体参与电力需求响应和电力市场化交易，建立区域建筑能源数据共享发布长效机制等四项重点工作任务，以及完善标准规范、推动技术进步、加大政策扶持三项保障措施。

关键词：区域建筑能源，能源互联网，综合能源，光储直柔建筑

目 录

CONTENTS

引言	1
一 区域建筑能源的特征和定义	2
二 区域建筑能源的发展趋势分析	4
三 国内区域能源相关政策	14
四 区域能源发展国际经验	16
五 区域建筑能源典型案例	20
业主主导类型项目	21
节能公司综合能源服务项目	22
结合节能监管平台开展需求响应项目	24
电力公司综合能源服务项目	25
国家级能源互联网试点项目	25
六 区域建筑能源发展市场规模与目标	26
区域建筑能源市场规模	26
区域建筑能源发展目标	27
七 区域建筑能源发展的重点工作任务	28
引导大型建筑、园区和城镇编制区域建筑能源发展专项规划	28
鼓励开展直流建筑、电网友好型建筑、能源交互式建筑示范工程	29
推动区域建筑整体参与电力需求响应和电力市场交易	29
建立区域建筑能源数据共享发布长效机制	29
八 区域建筑能源发展的保障措施	30
完善标准规范	31
推动技术进步	31
加大政策扶持	31
参考文献	32





引言

“十四五”期间是我国在完成决胜全面建成小康社会基础上，开启社会主义现代化国家建设新征程的关键时期。

- 我国能源发展正进入从总量扩张向提质增效转变的新阶段，国家《能源生产和消费革命战略(2016-2030)》对能源消费革命和能源供给革命等均做出了部署。建筑不仅是能源消费端的主要用户，与建筑结合的各类分布式能源已经成为能源供给端的组成。
- 建筑节能和绿色建筑面临的外部环境发生了很大变化，包括电力体制改革持续推进，增量配电网改革试点相继落地、工商业电价连续降低、光伏发电成本大幅下降、分布式能源参与电力市场化交易等。
- 新建建筑用能负荷强度已经下降到较低水平，而接下来要重点解决的是用能负荷在时间上分布不均匀的问题，即提高建筑用能负荷柔性，减少负荷峰值对电力系统造成的冲击。
- 随着建筑节能标准的不断提升，新建建筑能效提升的边际效应逐步显现，要进一步挖掘建筑节能潜力必然要从单体建筑向区域化规模发展，从建筑需求侧向建筑供需协同转变。

一 区域建筑能源的特征和定义



■ 本研究中的区域建筑，泛指校园、社区、园区等由多种类型、多种功能的单体建筑构成的建筑群，占地面积 1~100 平方公里，总建筑面积 10 万~1000 万平方米。

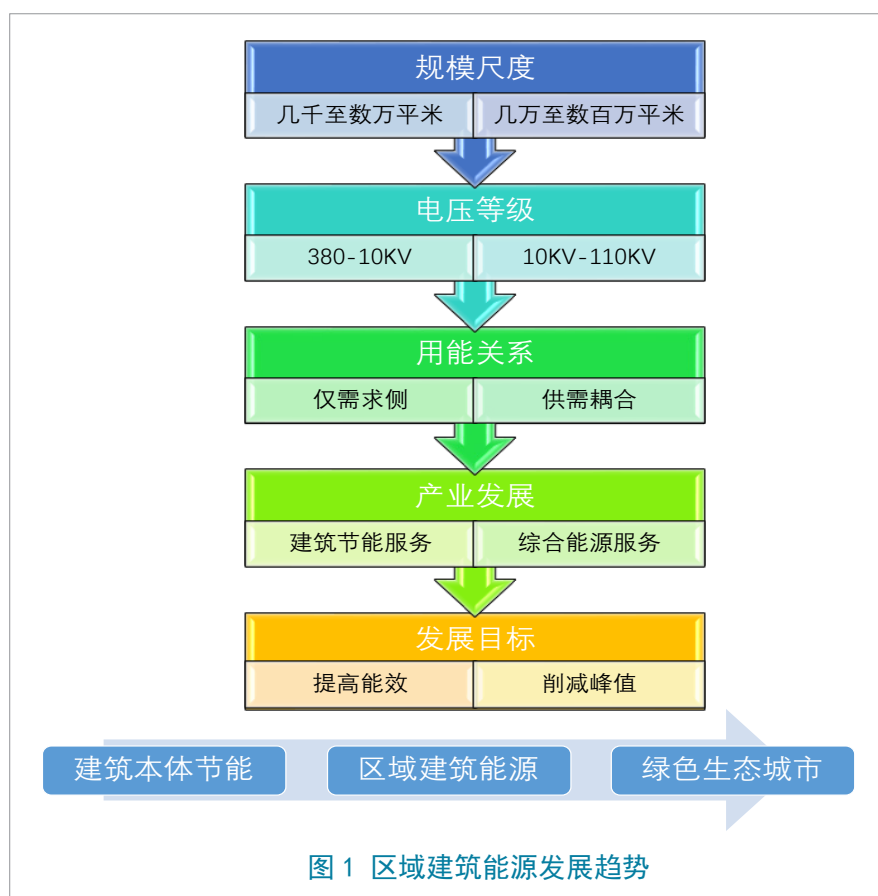
除了规模，区域的开发建设及运营管理模式和建筑能源工作的长效开展也有很强的关联性。以园区为例，目前的管理模式主要分为三类：政府主导型、开发公司主导型、混合型。政府主导型管理模式是指由地方政府来主导园区建设与管理，开发公司主导型模式主要是以企业作为园区的开发与管理者，开发公司采用市场化方式建设并管理园区。混合型管理模式将政府主导与开发公司主导进行结合，政府部门既设立了园区管委会，又成立了投资开发公司，管委会负责政府行政管理职能，投资开发公司负责企业运作职能。三种管理模式各有利弊，开发公司主导型与建筑能源统一规划、分期建设、长期运维的全过程特点更加匹配。

■ 区域建筑能源：指满足建筑及相关产业的电力、空调、采暖等能源需求的“源、网、荷、储、用”系统。

■ 区域建筑能源发展：包括了区域建筑能源系统投资、建设、运营环节的全部活动。

■ 综上，区域建筑能源发展，具有如下四方面的特征：

- ★地理空间较为集中，并且有一定的边界范围；
- ★建筑类型多样，规模较大，可达到数十万至上千万平方米；
- ★可对能源系统进行统一规划、分期建设、长期运维；
- ★有清晰的运营管理主体。



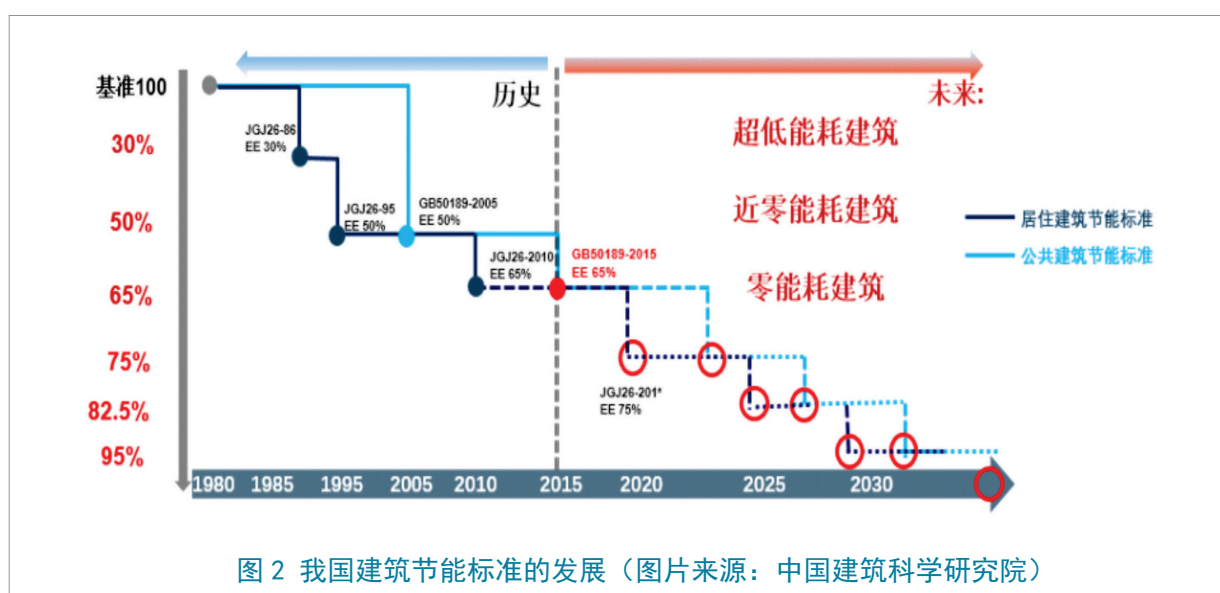
二 区域建筑能源的发展趋势分析



■ 单体建筑能效提升边际效应逐步显现，建筑用户侧能源消费结构逐步优化，电能将成为未来建筑最主要的能源类型

随着我国新建建筑节能标准逐步从节能 30% 提升到 75%（北京市于 2020 年 7 月 16 日，发布了《居住建筑节能设计标准》（DB11/891-2020）。新版标准提高了建筑节能目标和围护结构热工性能，提出规定性指标与性能化指标双控要求，明确了建筑物供暖能耗指标

的现行值与引导值，从标准指标要求看，率先将居住建筑节能率由 75% 提升至 80% 以上，属于全国最高水平），建筑围护结构性能已经得到极大提升、高能效的建筑设备得到普遍应用，建筑节能标准的要求已经开始转向超低能耗、近零能耗乃至零能耗。全国总的建筑能耗强度增长趋势放缓，建筑本身能效提升的空间逐步收窄。



随着建筑终端用电设备的增加、充电桩普及、清洁取暖推进、电能替代等影响，全国的能源消费结构发生了显著变化，建筑的用电特性发生了转变。近年来，全国化石燃料占比小幅提升，低品位采暖热量占比基本维持不变，电能占比大幅提高，农村生物质能占比减小。其中，建筑电气化的显著增长趋势主要体现在 2001-2017 年间，人均建筑用电量增长了 4 倍，建筑用电量的年均增速达 9.4%，建筑电气化率提高了 29%，电能在建终端能源消费总量中的占比从 23% 增长到 43%，增长了将近一倍。

图 3 是北京市某区的用电负荷数据情况，可以看到：

- ▲近五年来区域总的用电量增加、电力峰值负荷增大、冬季出现用电高峰、电力峰谷差超过 2:1。
- ▲农业用电总量小、全年波动很小。
- ▲工业用电总量大、全年波动不大。
- ▲居民生活用电总量不大，但季节波动很大。
- ▲公共建筑等第三产业用电总量较大，季节波动较大。

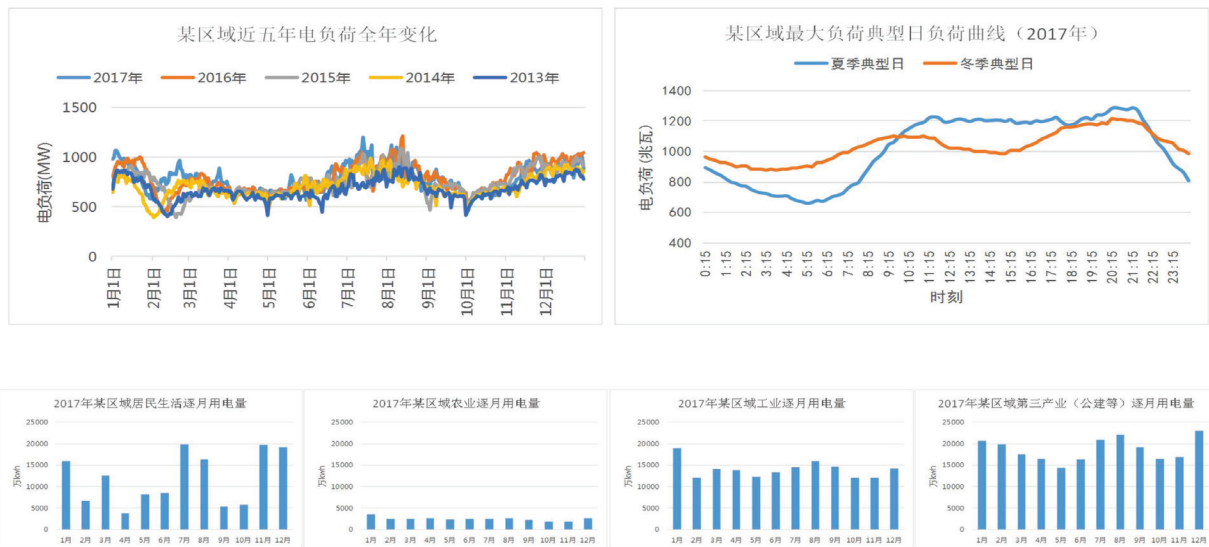


图 3 北京市某区的用电负荷数据情况

未来，建筑电气化仍将持续。一方面是内因驱动，电能作为二次能源没有室内污染排放，用户越来越多地使用电热水器和电炊具以减少室内燃料燃烧，电能替代持续进行；同时电气化数字化、智能化设备的数量增加也拉动了建筑的新增电力需求。而另一方面是外因驱动，在城市能源转型战略下，未来终端能源消费结构中的电能占比需要大幅提高到 60% 以上，其中建筑领域的上述比例甚至要达到 70% 以上，远远高于当前水平。

由此可见，建筑电气化未来还有很大的发展空间，电能将成为未来建筑最主要的能源类型。

■ 光伏发电电成本的探底并未出现停止迹象，今后光伏规模化应用要向技术进步和非技术成本要效益。

早在 2009 年，为支持国内促进光伏发电产业技术进步和规模化发展，国家实施了“金太阳”和“光电建筑”两项示范工程，极大地推动了中国的光伏发电项目。十年来，随着光伏发电规模化发展和技术快速进步，在资源优良、建

设成本低、投资和市场条件好的地区，已基本具备与燃煤标杆上网电价平价（不需国家补贴）的条件。可喜的是，随着双面面板、更大的太阳能模块以及太阳能追踪技术的发展以及转换效率更高的钙钛矿太阳能电池量产化，光伏发电电成本的探底并未出现停止迹象。

今后光伏发电在区域建筑中的规模化利用，一方面是要向技术进步要效益，另一方面是向非技术成本要效益。

■ 储能电池主要应用于电网辅助服务（调峰调频）、集中式清洁能源并网和用户侧。用户侧储能仍需解决政策、技术和管理问题。

“十三五”期间，中国储能产业进入了高速发展时期。据中关村储能产业技术联盟的统计数据，截至 2019 年 12 月底，中国已投运储能项目累计装机规模为 32.4GW（含物理储能、电化学储能、储热），同比增长 3.6%。储能对于能源体系转型的关键作用已经显现和初步验证。

储能电池主要应用于电网辅助服务（调峰调频）、集中式清洁能源并网和用户侧。与区域建筑能源发展直接相关的是用户侧储能。

用户侧储能在区域建筑当中普及需要解决的，一是政策性问题，由于用户侧储能的成本相对较高，激励用户侧储能发展需要一定的政策支持 and 补贴。二是技术性问题，储能电池有其响应速度快，便于模块化生产的优势，但同时也具有一个缺点，其充放电次数决定了储能电池是一个消耗品，需要从提高生产工艺，优化充放电管理程序，发展储能电池回收再利用技术三个方面着手解决。三是管理性问题，用户侧储能容量的增大，将会对电网的调度带来新的变革和挑战。其中，用户侧储能的安全性是当前突出的一个瓶颈问题。

■ 建筑内部完全改为直流供配电、彻底取消交流环节、改变建筑的供配电方式，从输电、配电到用电的全直流电力系统已经到来。

本世纪开始的电力电子器件的飞速发展，可以实现高效可靠的直流变压和直流开关，对 1 千瓦以内的小功率装置，其成本已低于交流变压器，对 1 兆瓦以内的装置，其成本也在可接受范围；通过电力电子器件实现由直流电驱动同步电机，可灵活精准地调控转速和扭矩，已成为未来电机发展的主要方向；建筑内的直流微电网依靠其分布连接的蓄电池和电力电子器件，通过智能控制，也可以有效吸收负载瞬态变化的冲击，维持系统的稳定可靠。传统交流电相对于直流电的技术优势正在逐渐削弱，在建筑配电系统中直流电逐渐具备了替代交流电的技术可行性。

建筑内部完全改为直流供配电、彻底取消交流环节、改变建筑的供配电方式，从输电、配电到用电的全直流电力系统已经到来。区域建筑

能源系统是架起分布式电源与“直流化”用电负荷之间的桥梁。

■ 并网型微电网在区域建筑能源系统中商业化应用的未来发展前景可期。

随着分散式与集中式并行的电网发展趋势逐渐显现，微电网因具有与大电网友好互动的特性而受到业内的一致追捧，同时微网内部光伏、储能等关键元素的成本持续下降，使其已然成为社会资本参与配电网投资的重要入口。

随着新一轮电改对配售电领域的开放，以及电力市场建设的成熟，并网型微电网必将成为市场争夺的主要目标。十三五时期，不论国有企业还是社会资本投资的微电网项目，基本上都处在“示范”阶段，一方面是微电网体现经济性需要仰仗内部关键元素成本的进一步降低，另一方面也是目前电力市场化和电价机制没有给到新业态一定的盈利空间。而电网企业布局微网项目，更多的是看重传统电网的新型保底模式探索，以及未来的发展布局和远期利益。

从国外微电网应用的成功商业案例可以看出，微电网在偏远地区则可作为大电网供电的商业替代方案，在城市地区的应用价值则侧重于提高供电可靠性。随着国家对微电网的政策支持力度不断加大，市场化条件也会日趋成熟，并网型微电网在区域建筑能源系统中商业化应用的未来发展前景可期。

■ 园区能源互联网示范项目总结的经验和暴露的问题，对区域建筑能源发展具有重要的参考价值。

国家能源局于 2017 年组织实施了全国 55 个首批能源互联网示范项目，2019 年 4 月，首批示范项目开始验收，截至 2019 年 12 月

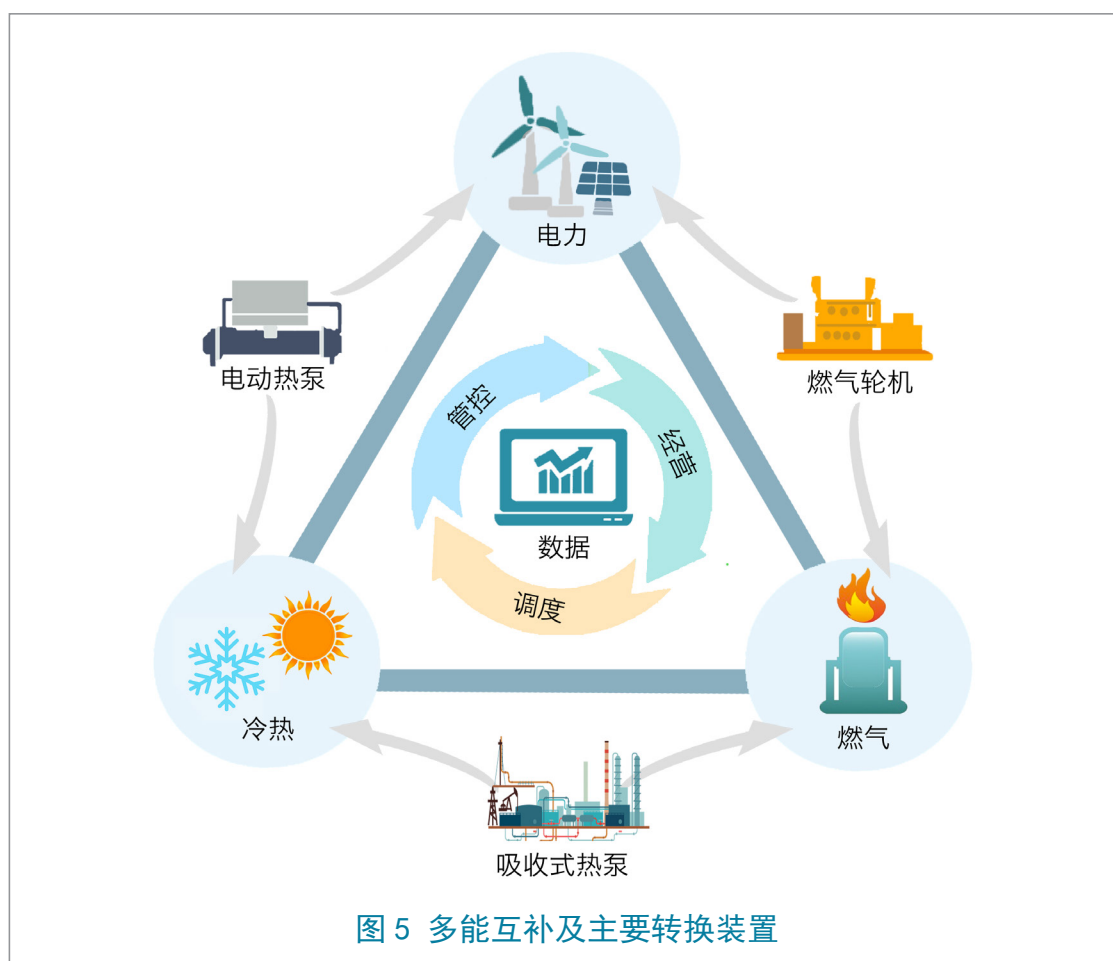
31 日前，计划可完成验收的项目共 25 个，占 45.5%。其余的 30 个项目中，尚在建设逾期方可验收的项目 13 个，已终止建设的项目 17 个。这一结果反映出项目在推进过程中碰到的困难和面临的问题：

▲ 地方政府立项审批难，地方政策支持不明确，相关政策不配套；

- ▲ 项目管控较差，缺乏顶层规划；
- ▲ 资金落实回收投资难，电价下调，商业模式难以形成，项目投资主体在申报时不确定，或受市场经济和企业战略变化影响，部分项目的资金到位及支持力度下降；
- ▲ 利益相关方协调困难，信息难以互联互通。



图 4 能源互联网的 5 个环节



首批 55 个示范项目有成功有失败，暴露出在机制层面、技术层面和能源电力企业内部转型的困难和需要解决的问题，有利于产业的推动。园区能源互联网示范项目总结的经验和暴露的问题，对区域建筑能源发展具有重要的参考价值。

■ 增量配电网改革使得电网企业独家经营配电业务的局面终成历史，其不可逆转的趋势在我国电力市场化体制建设中具有标志性意义。

2015 年 3 月份党中央、国务院《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕

9 号）印发后，国家发展改革委、国家能源局抓紧制定了《国家发展改革委关于贯彻中发〔2015〕9 号文件精神加快推进输配电价改革的通知》、《国家发展改革委国家能源局关于改善电力运行调节促进清洁能源多发满发的指导意见》和《国家发展改革委关于完善跨省跨区电能交易价格形成机制有关问题的通知》等 3 个配套文件，推进改革落地。新一轮电力体制改革坚持新发展理念，坚持社会主义市场经济方向，按照管住中间、放开两头的要求，以大力推动市场化交易为中心，有序放开竞争性业务和竞争性环节电价，加强政府对自然垄断环节的监管，优化电力资源配置，还原电力商品属性，拓宽社会投资渠道，改善供电服务质量，形成主要由市场决定电价的机制。

有序向社会资本开放配售电业务，启动增量配电业务改革试点，被称为新电改的最大亮点。2016年11月，国家发改委、国家能源局制定了《有序放开配电网业务管理办法》，并公布了106家第一批国家增量配电业务改革试点项目名单，增量配电业务改革正式启动。进入2021年，各地对于增量配电的支持性文件陆续在发布。

种种迹象表明，从国家到省级层面，对于增量配电改革的支持力度正在逐渐加码。增量配电网改革使得电网企业独家经营配电业务的局面终成历史，其不可逆转的趋势在我国电力市场化体制建设中具有标志性意义。预计在“十四五”期间，国家将针对目前存在的“痛点”出台相关方案，推进增量配电改革进展。

■ 随着市场化用户比重不断增加，零售市场单体用电量将不断降低，区域建筑是电力交易的零售市场的主要用户。

电改“9号文”拉开了新一轮电力体制改革的大幕，其中售电侧改革是本轮改革的重点任务，也是备受业界关注的焦点和热点。电改“9号文”及配套文件提出向社会资本开放售电业务，多途径培育售电市场竞争主体，放开准入用户的购电选择权。全国各省区陆续出台了相关政策，从市场准入、交易规模、市场结算、信用监管等多维度提出实施方案，为售电侧改革提供了重要支撑，推动售电市场主体逐步增加、市场规模逐步扩大，初步形成了市场竞争的格局。

截至2019年12月31日，我国已建立了北京和广州两个跨省区电力交易中心和33个省（区、市）交易机构。2019年全国电力市场

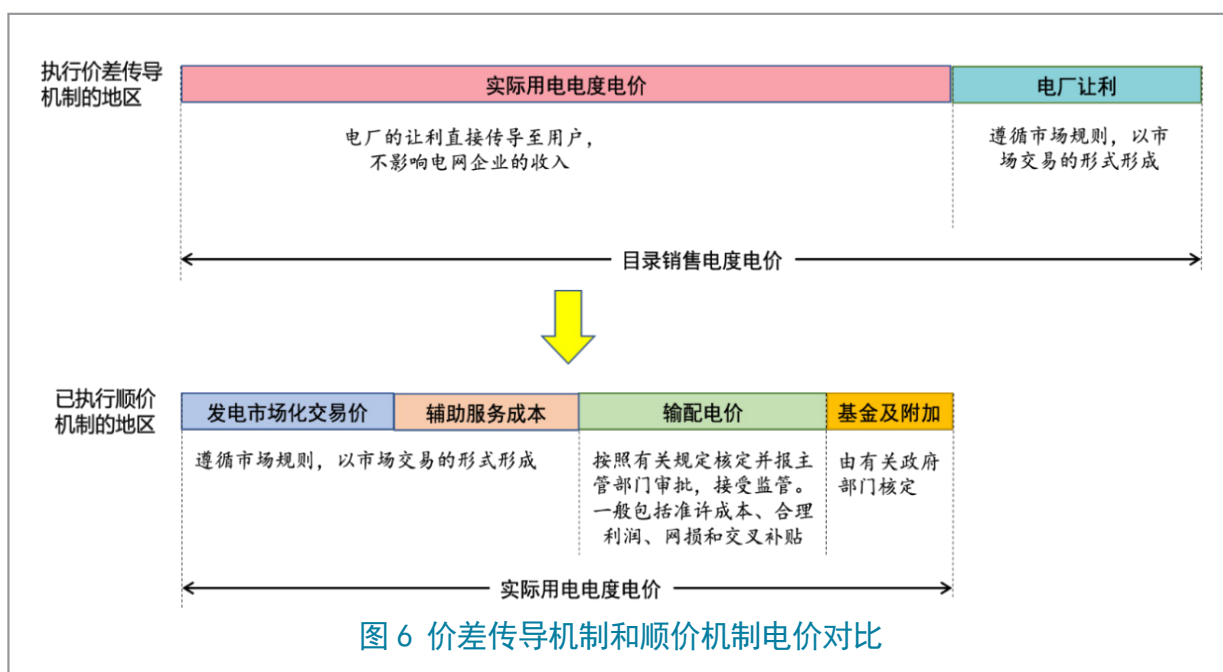
交易电量已达约2.8万亿千瓦时，2020年，全国各电力交易中心累计组织完成市场交易电量31663亿千瓦时。售电公司、电力用户从对市场不了解，到成为市场交易的主力军，通过交易达成市场电价。售电公司促进电力回归商品属性，由供需双方市场定价的改革初心得到了初步实现。

随着市场化用户比重不断增加，零售市场单体用电量将不断降低，区域建筑是电力交易零售市场的主要用户。通过售电公司将区域建筑用户整合参与批发市场，既可以整合用电负荷特性，改善电力系统的运行环境，同时售电公司的专业性与资金实力也可大幅降低此类用户参与市场化交易的成本和风险。

■ 在工商业电价政策性降低空间基本用尽的背景下，利用电力市场交易机制，建设高效的区域综合能源系统，从技术进步方面提升区域建筑的能源成本竞争优势，是今后对区域建筑能源发展的动力。

2018年4月，《2018年政府工作报告》提出“降低电网环节收费和输配电价格，一般工商业电价平均降低10%”的目标，2019年3月5日第十三届全国人民代表大会第二次会议上，国务院总理李克强在《政府工作报告》中明确提出：以改革推动降低涉企收费。深化电力市场化改革，清理电价附加收费，降低制造业用电成本，一般工商业平均电价再降低10%。

本轮电改以来，我国电价总体水平明显降低。一般工商业电价下降最为明显，全国平均降低超过20%。电价水平的降低对于支持实体经济，特别是中小企业的生存和发展发挥了积极作用。



降低一般工商业电价，在我国电力市场尚不成熟的特殊阶段，更多地体现为政府对电价的管制和干预。这个过程中，政府这只无形的手在发挥主导作用。如果调控得当，科学施策，不失为理顺电价机制的一次契机。但是，工商业电价的高低与否，本应该通过市场来调节和取舍，依靠政府之手终究只能是权宜之计。

随着电力体制改革的不断推进，企业节能及综合能源服务巨大的市场发展前景已逐步被关注。企业现阶段取得的降成本效果，除了降电价以外，基本都是通过电网企业的服务实现的。在以电费收入或者过网费为收入来源的情况下，依靠电网企业来降低用电企业用电成本是缺乏长效激励机制的。在当前的电力产业组织结构和电力体制机制下，售电公司和节能服

务企业还很难把服务延伸到企业内部，通过综合能源服务帮助企业降低用电成本。如何推动建立市场机制，用市场的方式服务企业降低用电成本，亟待解决。而这背后涉及到的更多是体制机制问题，也是此轮电力体制改革一项任重道远的工作。

要切实降低电力用户的用能成本，不仅要依靠政策红利的释放，也要充分发挥市场资源优化配置的作用。市场化交易虽然存在一定的不确定性，但是伴随着越来越多的电力用户和可再生能源机组成为市场主体，更丰富的交易周期和交易品种陆续出台，跨区线路建设的加速不断扩大交易范围，通过市场竞争实现用能成本的降低正在成为一个不可逆转的趋势。

在工商业电价政策性降低空间基本用尽的背景下，利用电力市场交易机制，建设高效的综合能源系统，从技术进步方面提升区域建筑的能源成本竞争优势，是今后对区域建筑能源发展的动力。

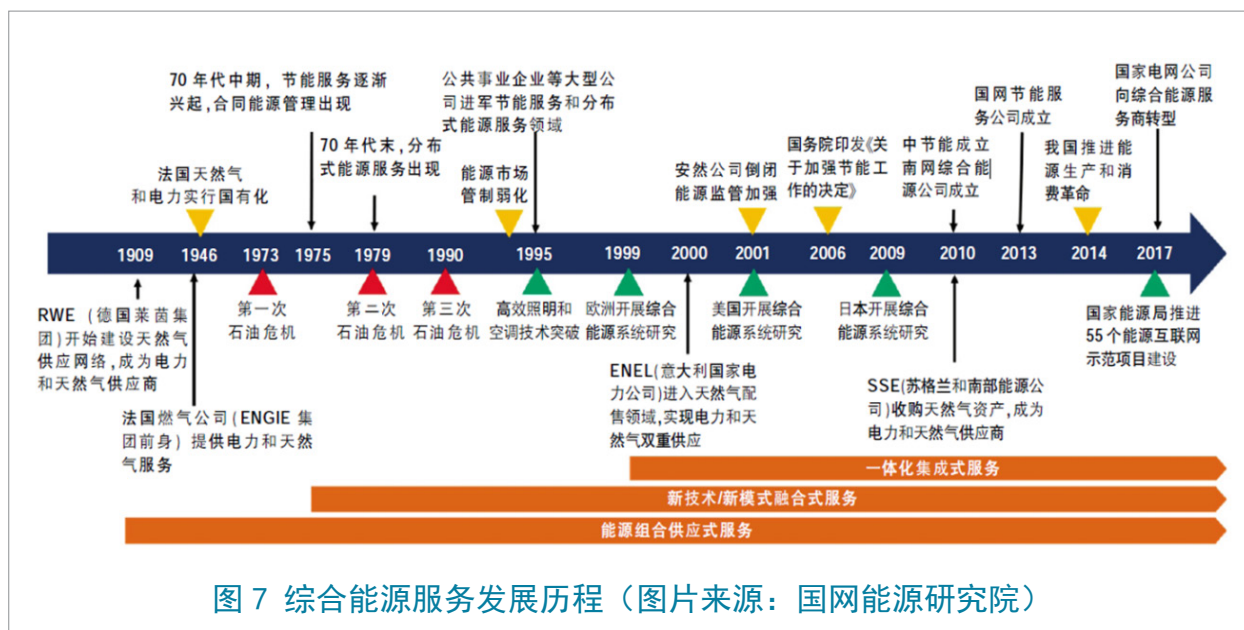
■ 区域建筑能源是需求响应的重要应用场景，作为供需互动的重要手段，有助于实现发电侧和需求侧资源的协调优化，与“节能环保”、“绿色低碳”、“提高效率效益”的发展要求高度契合。

中国用电需求结构中三产和居民消费比重不断增加，二者的时段性需求模式会使得电力负荷特性恶化，电力缺口集中出现在盛夏和寒冬月份，以非常规的空调电器为代表的温控负荷快速增加使得用电负荷变得尖峰化(例如，2019年夏季，北京的空调负荷占电网最大负荷的比重达到45%)，在部分地区，全年最大负荷95%以上的尖峰持续时间低

于24小时，97%以上的持续时间则更短。用电峰谷差拉大、尖峰负荷拔高且短暂、平均负荷率降低，是我国今后用电负荷的“新常态”。

在能源、电力、新能源、建筑节能“十四五”规划编制的重要节点，重新审视传统按最大需求平衡的规划思路，将需求响应纳入区域规划，可以根据需求响应等手段削减尖峰用电负荷的有效能力，将负荷平衡条件下调，从而减少电源容量建设、降低供电成本。

需求侧资源蕴藏在亿万用户的用电负荷中，具有总体规模庞大、单个体量小和市场主体众多的特征，无法像发电侧资源一样被直接调度。区域建筑能源是需求响应的重要应用场景，作为供需互动的重要手段，有助于实现发电侧和需求侧资源的协调优化，与“节能环保”、“绿色低碳”、“提高效率效益”的发展要求高度契合。



■ 区域建筑是今后区域综合能源服务产业的主要应用场景，源侧和网侧产业的溢出，是十四五期间作为用户侧的建筑面临的外部边界变化。

综合能源服务的范畴很广，不仅仅包括传统意义上的能源管理、能效服务，同时还延伸至综合能源系统的规划设计、投资运营和投融资等金融领域。综合能源服务不仅涉及电热气冷等多元化能源供应和多样化增值服务模式，同时还涵盖微电网、储能、虚拟电厂、电动汽车等新型业务场景和新兴商业模式的布局。

能源供应企业、能源生产设备制造企业加入之前，市场上已经存在用户侧综合能源服务业务和企业，例如节能企业、运维企业为用户提供综合服务，只是当时没有统一采用综

合能源服务这样更贴切的描述。能源供应企业、能源生产设备制造企业决定开拓用户侧市场后，用户侧综合能源服务进入了白热化的竞争阶段，同时综合能源服务业务从单个用户型，拓展到了园区 / 区域型。

2020 年 9 月，国家发改委等四部委共同发布《关于扩大战略性新兴产业投资，培育壮大新增长点增长极的指导意见》（发改高技〔2020〕1409 号），首次在国家政策文件中提到“综合能源服务”，作为“新能源装备制造；基础设施网络；提升基础设施网络的数字化、智能化水平”的并列项。

区域建筑是今后综合能源服务产业的主要应用场景，源侧和网侧产业的溢出，是十四五期间作为用户侧的建筑面临的外部边界变化。

三 国内区域能源相关政策



■ 通过收集整理近 5 年来与区域建筑能源相关的百余项政策法规，如图 8 横坐标为政策出台时间，不同的图标对应各类政策，通过图标的分布和密集度，可对政策脉络及未来发展趋势做如下分析：

■ 十三五期末，国家宏观层面：

- ✓ 突出绿色发展，应对气候变化，承诺碳中和；
- ✓ 重视能源科技与战略新兴产业；
- ✓ 持续抓能源革命落地。

■ 电力体制改革，增量配电网试点，推行效果不理想，政策越来越密集，打破电力行业的垄断任重道远。

■ 工商业电价连续降低，特别是新冠疫情以来，今后还要“挤水分”。电价交叉补贴矛盾日益彰显，电价改革逐步提上日程，电力市场交易依然在摸索中。

■ 支持综合能源服务产业，国家、部委、电网企业、能源企业、节能公司，共识度高。

■ 十三五末期，新能源和可再生能源再次成为“热点”，但不再是“财政补贴”为主：

- ✓ 光伏、风电推向市场，今后不再补贴；
- ✓ 生物质明确最后一轮补贴 5 年，扶上马；
- ✓ 储能支持技术研究，不给补贴。

■ 金融支持政策原则性较多，缺少细则。

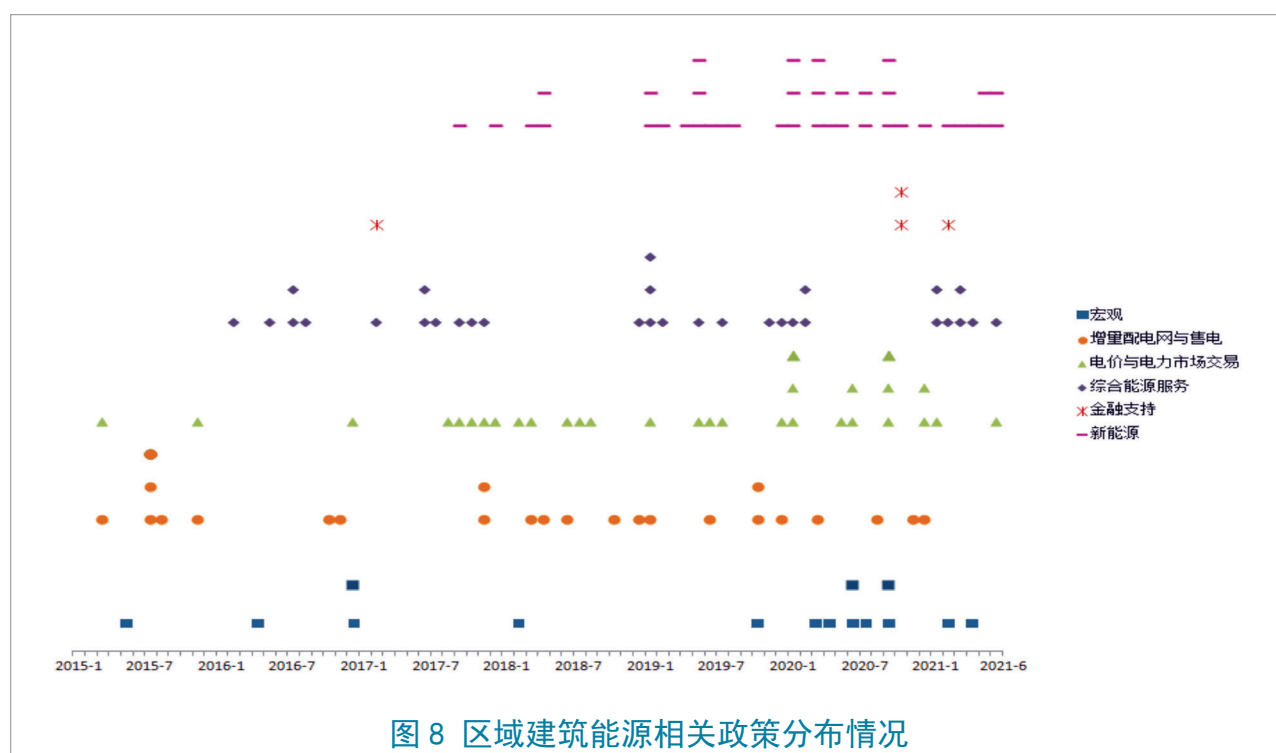


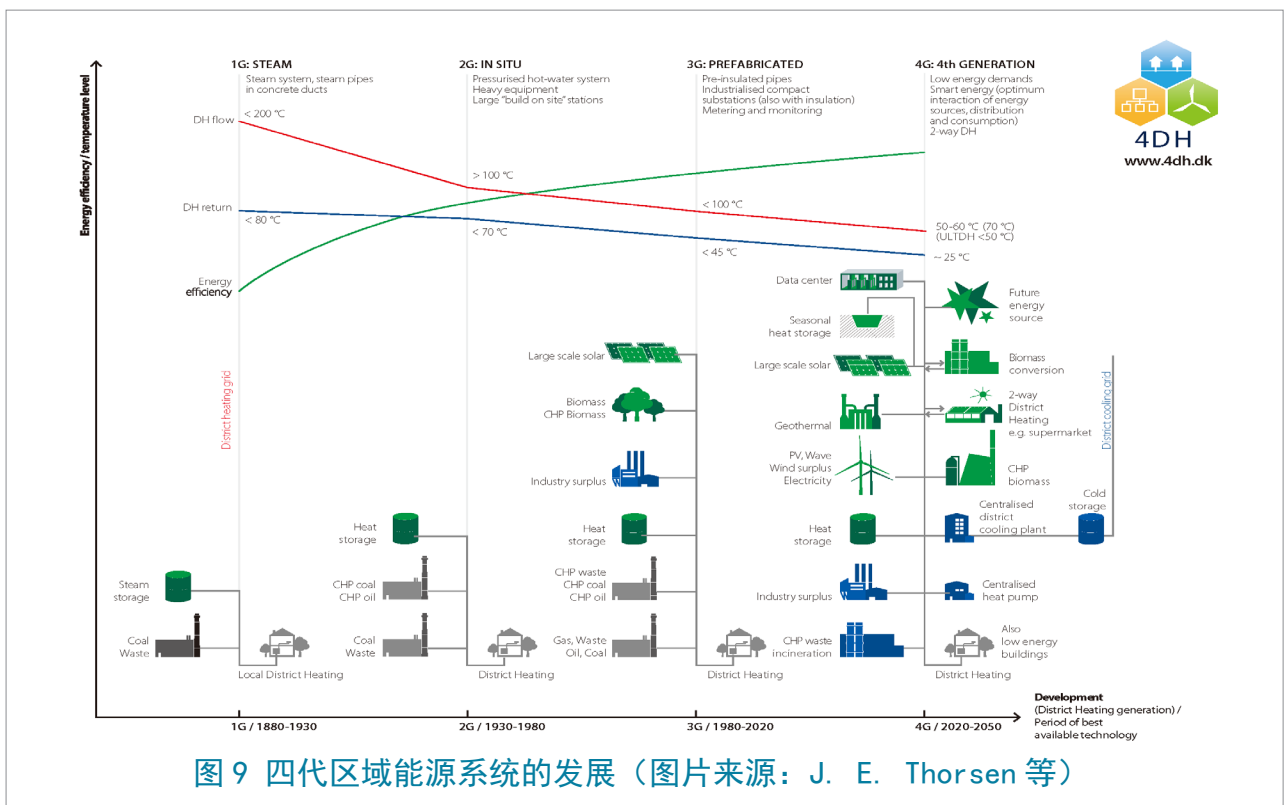
图 8 区域建筑能源相关政策分布情况

四 区域能源发展国际经验



区域能源系统早期局限于区域供热（District Heating），主要指代提供集中热源，并且通过管网将热量输配到该地区的各个用户的系统。区域能源系统的热量可以有各种来源，包括化石燃料、热电联产、垃圾焚烧供热、地热、热泵、太阳能光热等等。相比于用户独立供热，区域供热往往能提供更高的能源利用效率，减少碳排放等等。区域建筑能源系统在国外大致可划分为四个发展阶段。各代能源系统总体呈现供暖温度降低，各种能源间的耦合和互动增强的倾向。图 9 给出了第一代到第四代区域能源系统的发展对比。

从供暖温度和供暖介质角度，第一代到第四代区域能源系统的供暖温度不断降低，介质也因此有所不同。整体发展从使用超过 200℃ 蒸汽供暖的第一代系统，到超过 100℃ 高压热水供暖的第二代系统，到低于 100℃ 热水供暖的第三代系统，最后到 50~60℃ 供暖的第四代系统。由于供暖温度的降低和运输管线保温能力的增强，供暖的能源效率不断增加。同时，由于末端换热器的发展，其回水温度不断降低，从第二代起，供回水温度从 >100/70℃，到 <100 / <45℃，再到第四代的 50~60/25℃。因此，在低温输配的同时，输配能力也没有受到影响。整个区域供暖系统以更高的效能运行。



从系统复杂程度分析，区域能源系统所包含的部门和模块在发展中变得更加丰富。第一代区域能源系统是单纯的燃煤、垃圾燃烧为源的区域供热系统；到第二代系统时，供热已经和供电相结合，出现了热电联产厂；发展到第三代时，系统纳入了光伏发电、生物质/生物质热电联产、工厂余热、蓄热、利用各类能源的热电联产厂和供热厂。而第四代区域能源系统的蓝图则是将多种综合能源的有机结合：纳入各种可再生能源，如光伏发电、生物质、地热能、风能；回收各种余热废热，如数据中心、工厂废热等；采用多种可再生能源的热电联产，包括生物质、垃圾燃烧，同时大幅减少甚至抛弃传统化石燃料的使用；提供更多采暖、制冷方式，包括区域供热、供冷，以及集中热泵制冷；考虑更多储能方式，包括储热、储冷和季节性储能等等。至此，区域能源系统完全发展成为一个综合各种能源，节能高效，绿色环保，热、电互相协同配合的复杂系统，完成了理想的转型。

在第五代区域能源系统采用非线性、双向、去中心化的设计，原理上每个热用户都可以作为产热源存在。在理想情况下，系统的冷热需求量近似，形成循环系统，建筑中的热泵同时连接着冷热水管，起到冷量和热量在不同用户/产热源中的转移的作用。现有的 5GDHC 系统优化控制方面还有很大的发展空间，理论也有待进一步深化，但展现了未来能源系统发展的理想图景。

区域综合能源系统的发展需要不同层面政府的支持，分析美国和欧洲以丹麦、挪威和瑞典为例的各国区域综合能源系统发展的现状、特点、商业模式和政府支持政策，得出对中国区域建筑能源的发展提供借鉴与思路：

■ 设定整体减排目标，对应供暖领域分项

在政策方面，欧盟提供了先进的经验。《巴黎协定》和欧盟内各国家指定的气候目标和零碳指标，自底向上地推动了相比于传统供热方式更加清洁高效的区域综合能源系统的发展。《欧盟供热和制冷策略》和《可再生能源指令提案》对供暖市场提出了针对性的建议、方针和未来指标。此外，欧盟和北欧各国都提出了清洁能源、采暖减排目标，促进区域综合能源系统的发展。

■ 综合多种技术手段，用科技推动能源效率

在技术层面，欧洲和美国的综合能源系统都积极探索了多种技术手段的结合。如发电方式往往包括光电、风电在内的多种可再生能源发电，以及传统化石燃料和垃圾燃烧热电联产；在纳入可再生能源的同时，加入短期储热增加能源供给的稳定性；针对季节性能源差异，欧洲多国发展了季节性储热技术。在园区层面的区域能源系统往往采用蓄热、蓄电技术，同时可能纳入电动汽车作为分布式存储；美国的微网示范项目给出了区域能源微网的实时控制系统，在规划阶段和运营阶段实现如选择电池供应商、找到最佳充放电时间计划、最小化其成本等优化目标。

■ 探索多种商业模式，利用市场导向促进区域综合能源网络的发展

从商业模式角度分析，美国的综合能源项目采用了多元主体、灵活服务和弹性管理的方式，基于综合能源项目的投资和运营很大的灵活度，刺激资本的进入和市场的发展。欧洲各国采用的能源定价方式差异很大：如丹麦的非营利性，挪威规定的不可高于代替取暖方案，以及芬兰的降低能源交易门槛、动态定价，此外还有许多国家没有明确政策规定定价方式。同时，北欧各国多为小型供热公司，政府持有比例大；大型供热公司的投资结构会更多元复杂。

■ 利用能源计量，推动需求侧响应，促进末端用能良性发展

由于区域能源项目多数为建筑楼宇提供冷、热、电等终端用能服务，这就使得区域能源政策制定如何能和建筑节能政策更好结合变得尤为重要。区域能源技术选址和技术选型如何根据末端建筑用能需求相结合，如何做好末端建筑用能的计量，并把计量数据实时的反馈到区域能源控制系统用于系统决策和优化控制。区域能源的能源零售价格设定如何考虑到用户的用能需求和偏好，并鼓励用户用能参与到区域能源甚至大电网的需求侧响应管理框架内。区域能源系统也可以积极参与电网侧需求管理。美国和欧洲的示范项目都展示区域能源项目怎么融入大电网需求侧管理和参与电力辅助性服务。

■ 开展示范工程，出台相关支持政策

示范项目对于区域能源发展，起着至关重要的作用。示范项目在推动新兴技术和系统运用，探索成熟的分布式能源开发运行的商业模式，以及研究区域能源对大电网的贡献作用等方面有着至关重要的作用。示范项目不仅应该示范关键技术的适用性，而且应该示范系统运行的经济性和成熟的商业模式。区域能源的商业模式应该能保证示范项目在补贴退出后仍具备经济性运行的条件。

在制定政策和示范项目的同时，体现低碳发展的概念，将碳排放强度引入示范项目和未来标准制定过程中，是未来政策制定的重中之重。区域能源和智能微网项目往往涉及到多个政府负责单位和利益主体，如何加强顶层设计，打通各个主管单位和利益主体之间的壁垒也是未来政策制定过程中的关键。

虽然在分布式发电和热电联产方面中国的总体政策显示出积极的态度，但是截止目前仍然缺乏具体的激励政策。一方面，整体电价政策需要调整以确保有效地促进区域能源推广，同时分时计价、需求响应合同、统一定价和净计量等政策也都可以加以考虑，这些措施将在促进区域能源成功发展、提高可靠性和能源效率以及降低二氧化碳排放量等方面起到积极而重要的作用。同时，区域能源项目怎么更好的跟建筑节能工作相结合，更好的整合分布式能源供给侧和需求的能量关系、经济利益和用能需求数据，是以后提高能源系统能效的工作重点。

五 区域建筑能源典型案例



广州市
(南沙)

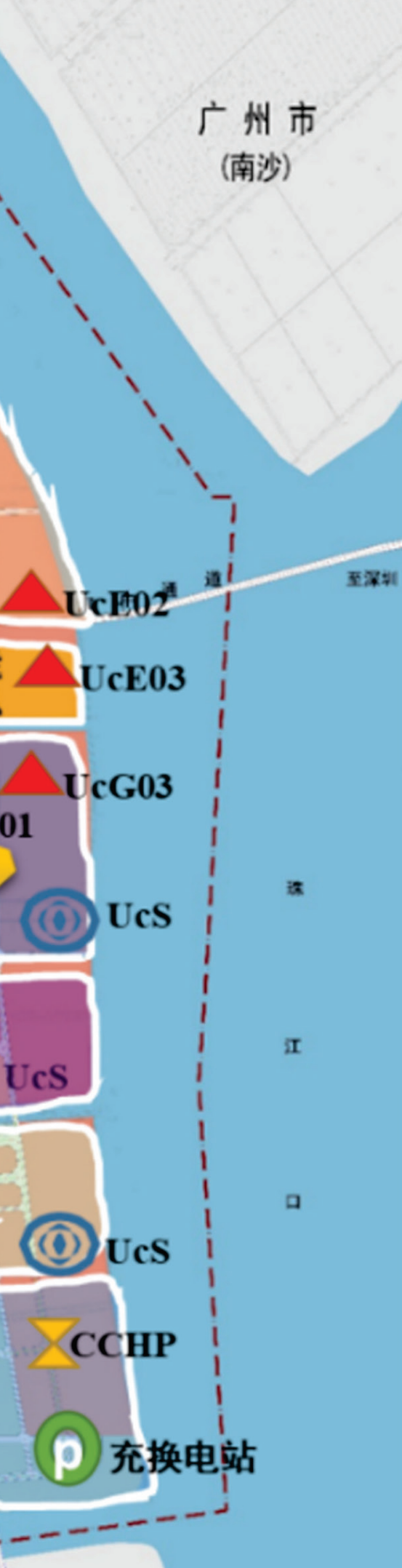
现有区域建筑能源案例项目，大致可以分为业主主导开展、节能公司主导开展、电力需求侧管理、电力公司主导开展、国家级技术示范等几种类型。

■ 业主主导类型项目

业主主导类型的项目主要是为了满足自身能源使用的需求，由于电力无法增容、环保要求强制煤改气或没有市政热力供应等原因，非主动地采用了多种能源联合供应的方式。

比较有代表性的是江苏无锡红豆工业园综合能源服务项目。在国家对光伏产业政策的大力推广和扶持下，2012年起，公司尝试利用工业城厂房屋顶做分布式光伏，利用红豆杉农业大棚建设农光互补发电项目，已建成各类分布式光伏电站近20MW，大大提升了红豆工业城的绿色能源占比。同时公司投建的4MW储能电站，进一步缓解园区电网调节压力，平滑整体用电负荷，起到了削峰填谷、多能互补的作用。

江苏红豆工业园项目为典型的存量改造项目，采用了运营管理一体化服务模式。该工业园区用能种类丰富，涵盖电、气、热、光、储等多种类型，其中电力占比较高。通过在园区建设综合能源服务平台，实现基于互联网气象数据、可再生能源特性、负荷特性等信息及大数据分析的综合能源管理。据测算，实施该综合能源服务后，红豆工业园年度节约电能可达2104万千瓦时，节省综合用能成本近500万元；并且在节约用能成本的同时，还取得了显著社会效益，该项目年节能折合标准煤达7364吨，减排二氧化碳1.9万吨，园区内企业利用清洁能源的占比提升至15%，3.5年可收回投资。



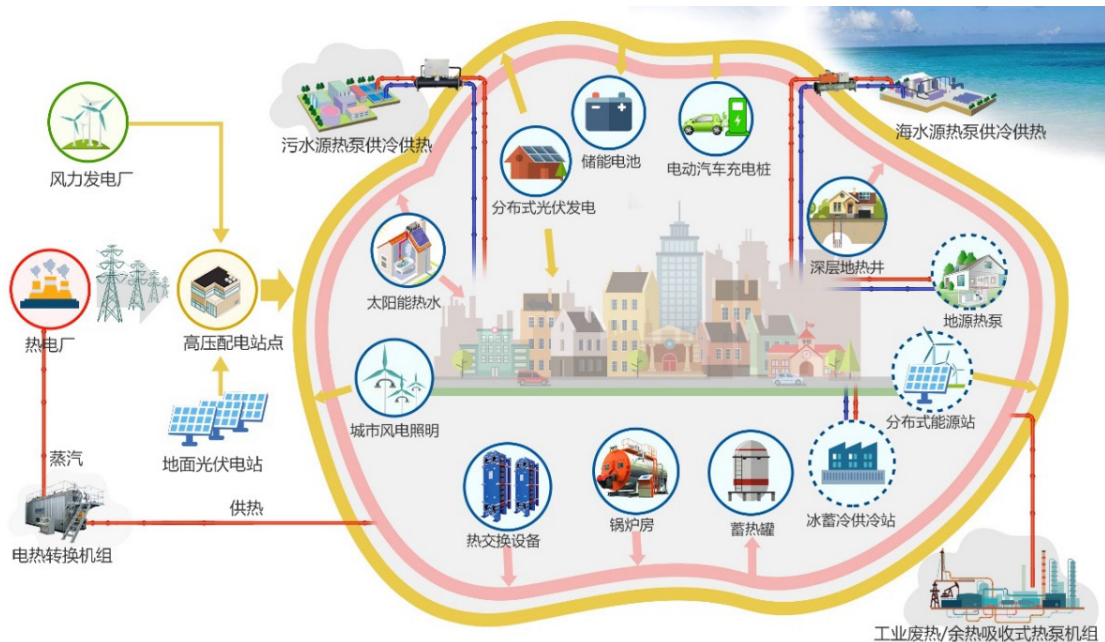
■ 节能公司综合能源服务项目

1. 广东中山翠亨新区综合能源规划

广东中山翠亨新区位于珠江河口地区，是珠江三角洲海洋经济优化发展区和粤港澳海洋经济合作圈的海岸带地区上重要的节点，城市性质为国家实践文化交流方式的创新基地，两岸四地现代化产业合作示范区，广东省绿色新兴产业基地，珠江西岸新型城市化先行区，中山市引领转型升级的城市副中心。起步区位于中山翠亨新区东北部，包含北部的马鞍岛和南部的填海区。规划总用地面积 5615.20 公顷，建设用地面积近中期达到 2511.52 公顷，远期达到 3157.22 公顷。

根据对各能源系统适用性的分析，对翠亨新区

起步区进行能源系统配置，以需求侧的电负荷及冷热负荷为基础，充分整合光伏系统、锂电储电、污水制冷、海水制冷、冰蓄冷、水蓄冷、热电联产、蒸汽驱动制冷、液态空气物理储能等技术，以现场发电为核心，以分布式热电联产为主体资源，整合分布式产能、储能等零散绿色资源，形成虚拟电厂，同时，利用热电联产的副产品蒸汽，驱动吸收式机组制冷，并配以海水源制冷、污水源制冷、冰蓄冷及水蓄冷系统，保证对应区域的冷负荷需求。翠亨新区的能源互联网建设，将实现能源综合利用率高于 75%，可再生能源消纳率 100%，供电装机容量永久削峰 180MW，具备 300MW 的调峰能力，并能够降低用户购电和购冷成本，能源设施的投资收益率可达到 8% 以上。



2. 首体学院节能与绿色化整体改造项目

首都体育学院同清华大学、北京太和人居能源科技有限公司共同承担国家住建部 / 联合国开发计划署 / 全球环境基金《中国公共建筑能效提升 - 公共建筑技术示范子项目（大学校园类）》课题。

首都体育学院创建于 1956 年，建筑面积 15 万平方米，共 14 栋建筑（包括教学楼、办公楼、图书馆、体育场馆、学生宿舍和食堂等），在校学生和教职工近六千人，是北京市属唯一高等体育学校，具有建筑规模大、类型多、功能复杂，建成时间久、年代跨度大，用能人数多、时间长，能耗基数大、指标高等大学校园类项目的典型特点。

结合学校供热系统现状，对建筑的围护结构进行性能提升改造，减少热量损失；换热站应用气候补偿、水泵变频和远程监控技术进行改造，实现按需供热，提升能效；建筑热力入口应用智能楼栋平衡技术，安装电动温控阀和云平台，实现热力平衡控制和分时分区控制；体育场馆灯具替换为 LED 节能灯具；热水系统升级为太阳能热水 + 空气源热泵（辅助）系统，并增加自控；建设包含分布式发电系统、储能系统、

电动汽车充电桩等源 - 网 - 荷一体化并网型微电网；对用电分项计量系统进行完善改造。

首都体育学院校园品质提升综合改造示范项目，改造后既有建筑总体能耗降低 21%，二氧化碳年减排 1877 吨，削减用电峰值 10%，可再生能源 100% 全消纳。部分建筑达到《绿色建筑评价标准》（GB50378-2019）一星级及以上要求，静态投资回收期 5 年以内。

示范项目于首都体育学院田径训练馆楼顶搭建具有“光储直柔”特性的能源微电网系统，选用 450Wp 单晶硅光伏组件 30 块，总装机容量 13.5kW，占地面积 200 平方米。光伏组件通过串、并联关系接入控制逆变器。项目的实施为后期新校区大规模投入推广奠定基础，不仅能够实现校园节能减碳，还能促进光储能源微电网系统、智慧供热系统、大型场地 LED 照明、太阳能热水、能源管理平台等节能技术在大学校园类建筑中的推广，提出适用于大学校园的综合能效提升与建筑节能改造方案，作为成熟的模式与服务产品，推动大学校园类建筑能效提升工作的迅速推进，显著改善大学校园类建筑的能效状况与室内环境质量情况。

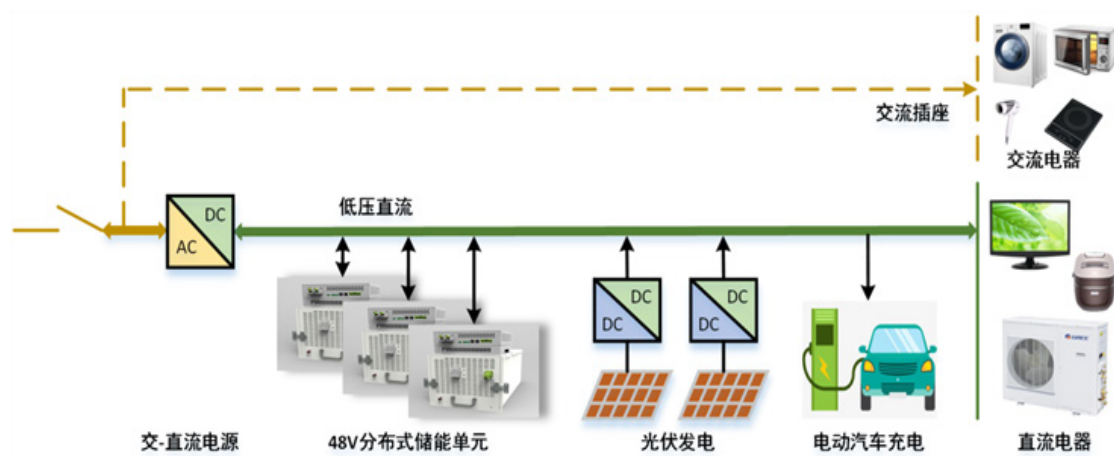


图 11 光储直柔新型建筑电力系统

“光储直柔”能源微电网系统原理如图 11 所示，其包含太阳能光伏发电装置、锂电池储能、直流负荷（如直流空调、直流照明）、直流充电桩等组成部分，其特征为：具备高比例的建筑场地内光伏发电装置、采用低压直流配电系统、采用高比例柔性直流用电设备、安装储能装置和智能充电桩、具备与城市电网交互的能力。

在具体实现方面，微电网内各组成部分通过直流母线相连，在集中控制器的协调下协调运行工作，提升光伏发电就地消纳利用率，降低各设备电能变换损耗，降低建筑用能，且可形成柔性可控的电网微节点，成为未来智能电网的重要组成部分，具有超前的科技示范意义和推广价值。

主要设备安装在一体化控制配电单元内，包括：30kW 交直流电源（VSC），20kW 光伏逆变器（PVC），2.5kW/5.4kWh 储能单元，7 路 48V/1kW LED 适配电源，以及线路保护器件、计量单元等，空调内机供电用 48V 适配单元采用壁挂方式安装在空调内机附近。

交流进线端、空调和 LED 适配电源支路输出端加装计量表计，光伏、充电桩、储能支路依靠设备自身计量单元进行计量。

交流侧采用三相四线制进线，TN 接地，对外输出多路 375V 供电回路——为 PV 输入、充电桩、空调配电箱、田径馆 7 路照明 LED 灯供电，预留 1 路；同时，输出 48V 供电回路，为空调内机及室内小型直流电器供电，预留 2 路。

该系统光伏装置每年可提供约 1.5 万 kWh 清洁电能，全部以直流方式就地消纳，基本平衡空调、LED 照明和充电桩能耗，参与有序充电的电动车，光照充足时，最低可“免服务费充电”；系统具备一定的扩容能力，后期可根据需求扩展。

由于不再进行直流 / 交流转换，光伏发电，整体利用效率可提高 15%-20%；采用传统光伏发电和交流配电方式，需要电网提供峰值供电能力 40kW，该项目降低了 50%。

■ 结合节能监管平台开展需求响应项目

从 2014 年开始，根据国家发展改革委部署，上海市经信委组织开展了需求响应的探索实践工作，其中参与试点的商业楼宇很多来自黄浦区。2015、2016 年黄浦有 50 幢建筑参加了上海市的需求响应试点。从夏季、冬季、过渡季不同季节的试点情况来看，黄浦区商业建筑峰值负荷削减潜力巨大，单体建筑最大负荷削减可达 25%，全部建筑平均负荷削减达到 10%（持续 4 个小时）。

2018 年 6 月 18 日，国网上海电力首次在上海实施的大规模“填谷”式电力负荷需求响应，整个行动从 18 日的 0 点持续至 6 时 15 分，期间共有 88 户自主申报用户、5 家负荷集成商（涉及 522 户）参与，涵盖工业生产移峰、自备电厂、冷热电三联供、冰蓄冷空调机组、电力储能设施、公共充电站、小区直供充电桩等全类型可控负荷。负荷需求响应单次最大提升负荷 105.93 万千瓦，响应时段平均填谷负荷 87.28 万千瓦，填谷负荷量占夜间电网低谷负荷总量的 8.42%，为国内目前同类电力需求响应中低谷负荷占比最高、参与负荷类型最全、参与用户总数最多的一次。

与以往较为“刚性”的负荷调控手段不同，目前上海电网的负荷需求响应更多采用“柔性”的激励机制，引导用户主动削减尖峰或填加谷底负荷，从被动的接受指令转到主动举手“认购”指标，从而推动用户提高自身电能精细化管理水平，促进能源优化配置。

■ 电力公司综合能源服务项目

电力公司主导类型的项目，多数是在国网启动综合能源服务转型以后陆续建设的一些技术示范工程，比较有代表性的是上海电力大学临港校区。

上海电力大学临港新校区智能微电网综合能源服务项目由国网节能服务有限公司投资，国网节能设计研究院 EPC，工程于 2018 年 4 月开工，9 月 20 日试运行，12 月 18 日通过验收。项目建设了 10 栋公寓楼空气源热泵辅助太阳能热水系统、约 2 兆瓦光伏发电系统（单晶、多晶、BHPV、高效组件等多种组件）、300 千瓦风力发电系统、1 套混合储能系统（150kW×2h 铅炭电池、100kW×2h 磷酸铁锂电池及 100kW×10s 的超级电容），49 千瓦光电一体化充电站以及一体化智慧路灯；通过智慧能源管理系统，实现建筑能效管理、综合节能管理和“源网荷储充”协同运行。

该项目总投资 3502 万元，由国网节能公司提供 20 年运营。截至目前，该系统累计供应清洁电力 172 万千瓦时（其中光伏发电约 163 万千瓦时，风力发电约 9 万千瓦时），为师生供应洗浴用水约 10 万吨。该项目承担了临港校区约 20% 的电力供应，同时将智慧能源系统融入到师生的学习生活中，通过新能源自主供电和能效管理，学校能耗比同规模校园降低了近 25%，预计年减排二氧化碳 2243 吨，年减排二氧化硫 67 吨。

■ 国家级能源互联网试点项目

2019 年 3 月至 5 月，为落实《国家能源局综合司关于开展“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目验收工作的通知》有关要求，国家能源局组织完成了首批“互联网+”智慧能源示范项目的验收工作。截至 2019 年 10 月 10 日，首批 55 个“互联网+智慧能源（能源互联网）示范项目”中共有 12 个示范项目通过了验收，占总数的 21.8%。

首批示范项目在促进能源生产与消费融合、提升大众参与程度等方面，开展了大量的探索性工作；在建设主体、建设内容和地域分布等方面，均体现了能源互联网差异化和多样性的特征，对能源互联网产业和技术的发展起到了很好的推动作用。通过示范项目的建设和探索，推动了能源互联网新技术、新模式和新业态发展，促进了能源领域供给侧结构性改革，有力地支撑了能源革命和能源转型。

能源互联网示范项目的建设，以创新贯穿始终，技术方面实现了若干重大突破，亮点纷呈，有多端柔性直流配电网技术、产业共生多元融合技术、大规模源网荷友好互动技术、网源一体集中供热技术、电力大数据公共服务技术、多端口能量路由及“源网荷储”协调控制系统等六大技术创新；在示范项目建设中，综合能源服务、车联网、电能替代、电力辅助服务等板块逐渐升温，吸引大众广泛参与，激发万众创新能力，能源互联网业务集群持续扩容，形成了城市综合能源互联网模式、园区综合能源运营服务模式、源网荷智能互动市场模式、行业数据开放共享模式、产业大数据应用综合模式、城市能源互联网服务平台模式等六大创新模式。



六 区域建筑能源发展市场规模与目标

■ 区域建筑能源市场规模

从建筑面积来看，我国现有近五百个国家级的经开区、出口加工区、保税区等，有省级各类开发区超一千个，全国各类工业园区超两万个，此外全国现有高等学校将近 3000 所。随着新型城镇化和城市提升，适于建设区域建筑能源系统的存量和新增区域可超过十亿平方米。

从能源消费量来看，园区是我国未来一段时期能源消费的重要增长点。工业园区方面，截至 2018 年 1 月，我国国家级、省级开发区已分别达 552 个、1991 个，近 5 年平均每年新增 74 个。据不完全统计，各类园区集中了我国 70% 工业用能，以电力口径计算，目前单个园区年用电量 1.7~11.3 亿千瓦时，预计每年新增用电量约 400 亿千瓦时，占全部新增电量 7.5% 左右。从用能形式来看，园区具有电、冷、热等多种能源需求，存在较大的多能互补、集成提效空间。

2020 年，全国中小学建筑面积达 21.6 亿平方米，全国高校建筑面积达 9.2 亿平方米。校园建筑是公共建筑中不可忽略的一块。

目前，校园建筑能耗主要的问题是：（1）建筑功能综合，能耗构成复杂，用能设备多，日常管理工作繁重；（2）学校建设快速发展，规模持续扩大，用能总量出现远超常规公共建筑的大幅增长；（3）以往重视程度不够，能耗监测平台对校园建筑的监测数量不足，能耗数据积累少，能耗特点掌握不充分；（4）日常用能存在浪费，监管困难容易出现漏洞；（5）节能工作缺乏系统性指导和数据依据；（6）公共建筑的节能技术改造，缺乏必要的资金融资渠道。

综合分析，以园区和校园为代表的区域建筑，存量规模可达 40 亿平方米，客户资源优质，能源价格较高、能源需求巨大、用能形式丰富，是我国未来一段时期开展综合能源服务的重点对象。

■ 区域建筑能源发展目标

图 12 是说明能源生产、电力供应、建筑节能的关系变化与区域能源建筑发展的概念模型图。圆圈图案分别代表了建筑“源、网、用”三个环节，圆圈图案之外可以看成是体制和机制部分。在政府管理为主的能源、电力和节能工作开展背景下，源网用三个环节各自发展，出现了“弃风弃光”、电力供应短缺或过剩、建筑节能效益不显著等问题。

● 提升区域整体能效、降低电力需求峰值

按照园区和校园为代表的区域建筑 40 亿平方米进行测算，推动区域建筑能源整体发展预期可实现的区域综合能源利用效率达到 75%，形成 20% 的峰值电力负荷削减，电力需求峰值的降低总量 1600 万 kW。

说明 1：教育类建筑按照 10W/ 平方米的建筑面积密度测算，园区按照 50W/ 平方米的建筑面积密度测算。

说明 2：2019 年 7 月 4 日 12 时 31 分，北京电网负荷突破 2000 万千瓦，达 2033.5 万千瓦，为当年入夏以来的最大峰值。

● 提高新能源消纳率、降低建筑碳排放量

根据部分文献介绍和少量案例调研，通过整体优化区域建筑能源，可大幅降低建筑碳排放量。

按照园区和校园为代表的区域建筑 40 亿平方米进行测算，今后五年中，推动区域建筑能源整体发展，预期实现的新能源发电消纳量可达 400 亿度，光伏等分布式新能源 100% 就地消纳，还可再考虑通过参与电力交易跨区域购买新能源发电，减少二氧化碳排放量 4000 万吨。

说明 1：园区和学校的建筑屋顶总量按照可利用面积 4 亿平方米估算，年光伏发电量估算为 400 亿千瓦时。

说明 2：2018 年 1-12 月北京市发电量 437 亿千瓦时。

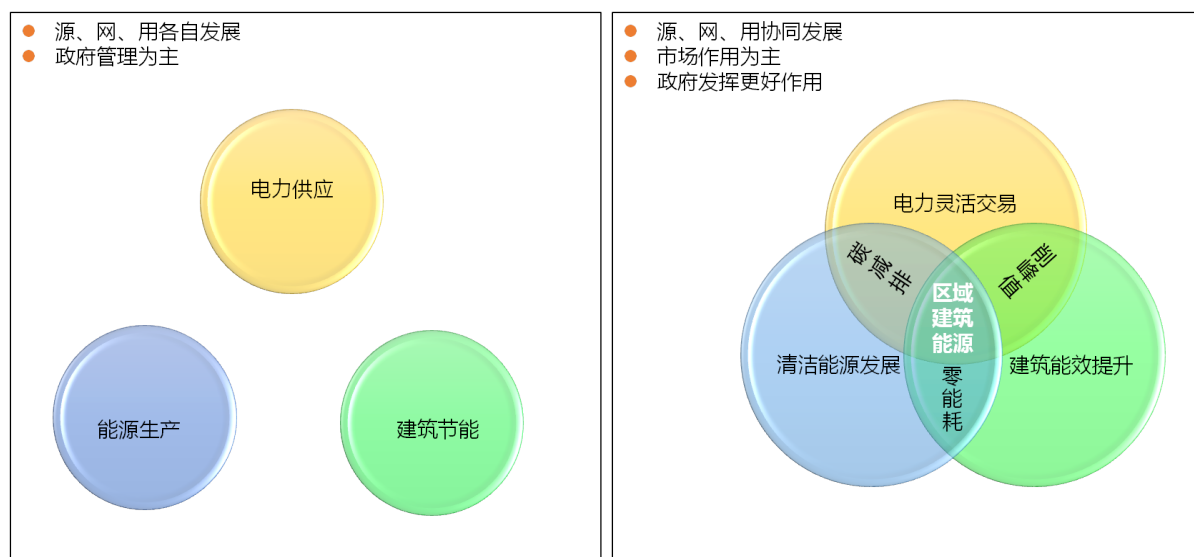


图 12 建筑节能“源、网、用”关系变化与区域能源发展概念模型图

七 区域建筑能源发展的重点工作任务

■ 引导大型建筑、园区和城镇编制区域建筑能源发展专项规划

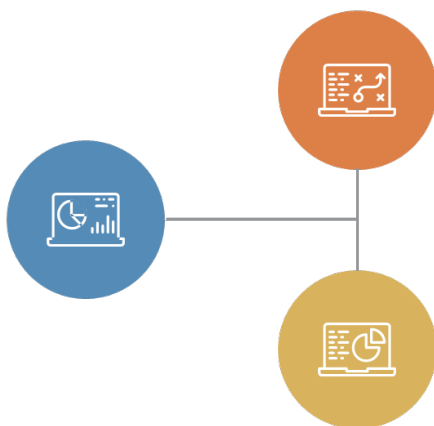
从区域综合能源系统协同规划的理念出发，将电、气、冷（热）等多种类型能源系统有机耦合，提供一个多种能源综合利用的物理平台，充分发挥不同能源形式的互补特性和协同效应，在更大范围内实现能源系统资源优化配置，提升

系统灵活性，提高可再生能源消纳能力和系统综合能效。

进行园区综合能源规划时，在保证系统可靠的基础上，尽可能实现负荷的平准化，并尽可能减少系统装机容量，降低系统运行能耗，从而实现园区能源系统的经济性和节能性。具体来说，就是从削峰和节能两个方面开展规划工作。

需求侧能源规划

从底到顶的规划思想
精细化预测负荷
现场产能，双向供应



削峰

通过逐时负荷叠加，配合储能系统，
实现负荷平准化
充分利用夜间电力，调节电力平衡

节能

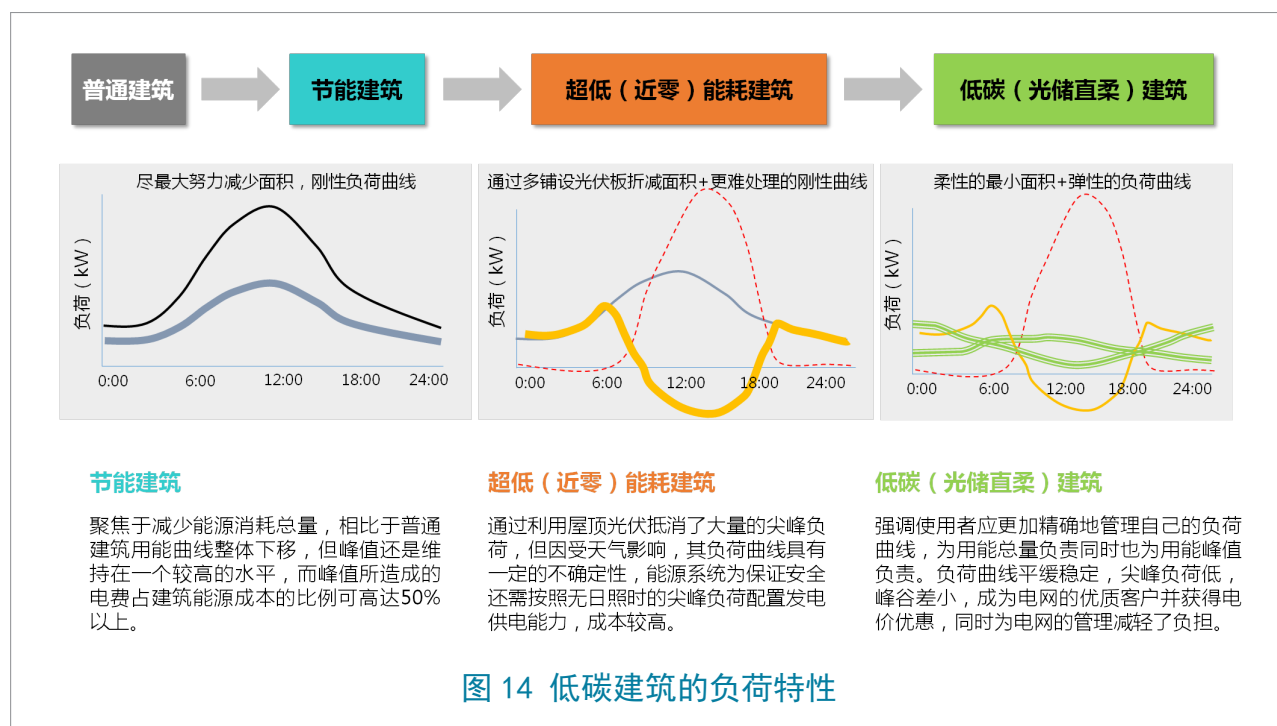
实现能源的梯级利用
采用高效的功能设备
充分利用可再生能源

图 13 园区规划思路

■ 鼓励开展直流建筑、电网友好型建筑、能源交互式建筑示范工程

进一步推动可再生能源在绿色建筑中的应用比例和应用质量，开展储能、微电网、直流建筑等新技术在建筑领域的应用，结合分布式能源市场化交易机制，发展一批电网友好型低碳（光储直柔）建筑。

低碳建筑（电网友好建筑、能源交互建筑、光储直柔建筑）强调建筑使用者应更加精确的管理自己的用能曲线，不但为用能总量负责也为用能峰值负责。其负荷曲线平缓稳定，尖峰负荷低，峰谷差小，有潜力成为电网的优质客户并获得电价优惠，同时为电网的管理减轻了负担。



■ 推动区域建筑整体参与电力需求响应和电力市场交易

以大型建筑群和各类园区为对象，打包可调控负荷形成聚合型虚拟电厂整体参与电力需求响应，同时总用电规模可参与电力市场化交易，进一步降低工商业用户能源费用。

我国需要全面制定针对电力使用效率、改变用电方式的相关税收、财政等优惠政策，建立配套激励机制。

■ 建立区域建筑能源数据共享发布的长效机制

打通能源数据发布和共享的“最后一公里”，建立长效机制，使得电力公司、燃气公司、热力公司等能源供应企业的计量数据和各级节能监管平台的用能数据能够实现共享发布，形成区域建筑能源数据资产，为大数据、人工智能、区块链等新技术的应用奠定基础。

八 区域建筑能源发展的保障措施



■ 完善标准规范

区域建筑能源是由“源、网、荷、储、用”五个环节构成，目前已经启动的标准主要围绕源、网等环节展开，而在用户侧，建筑用能种类和服务业态不断丰富，用能负荷复杂多变，建筑节能标准逐步提高，超低能耗、净零能耗建筑开始区域集中连片发展，太阳能光伏等可再生能源电力应用比例不断提高，城市及区域级别的建筑能耗监管平台正在广泛建设，综合能源服务、合同能源管理、能源托管、电力需求侧响应等能源管理及投资模式不断涌现，是能源互联网业态在用户侧的新特点。构建“以用户为中心”的能源互联网标准体系，应该成为区域建筑能源以及能源互联网发展的核心任务。

■ 推动技术进步

科技决定能源的未来，科技创造未来的能源。能源技术创新在能源革命中起决定性作用，必须摆在能源发展全局的核心位置。为贯彻落实党的十八届五中全会和中央财经领导小组第六次会议精神，围绕可能产生重大影响的革命性能源技术创新和对建设现代能源体系具有重要支撑作用的技术领域，明确今后一段时期我国能源技术创新的工作重点、主攻方向以及重点创新行动的时间表和路线图。

■ 加大政策扶持

区域建筑能源是综合能源服务的重要场景，相对于“用上能”的刚性需求，综合能源服务是“用好能”的改善需求，兼顾绿色、低碳、智慧等目标后，就普遍存在高品质能源并不便宜的矛盾，阻碍了综合能源服务生态的形成，综合能源服务的发展也需要政策、市场、技术、合作模式、时机等因素的融合，而在综合能源服务的起步阶段，政策无疑是最重要的助力，而政策的不确定性也是最大的风险。回顾近年的能源政策，特别是补贴政策总存在很大的不连贯性，甚至出现一刀切的断崖式下降，给新能源等行业的发展带来不利影响。因此在现有政策基础上，由住建部门牵头，结合十四五规划编制工作，联合其他部门出台区域建筑能源领域的持续性扶持政策是区域建筑能源发展的首要保障措施。

参考文献

1. 中关村储能产业技术联盟. “十四五”时期我国储能产业发展展望 [EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1663396900189565095&wfr=spider&for=pc>.
2. 为北京冬奥提供100%绿色电力, 张北柔直工程成功带电组网 [EB/OL]. <https://www.toutiao.com/i6831455150045921806>.
3. 国家能源局. 关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见 [EB/OL]. <http://www.nea.gov.cn/2016-02/29/c-135141026.htm>.
4. 国家能源局. 国家能源局关于公布首批“互联网+”智慧能源(能源互联网)示范项目的通知 [EB/OL]. http://zfxxgk.nea.gov.cn/auto83/201707/t20170706_2825.htm.
5. 江亿. “光储直柔”——助力实现零碳电力的新型建筑配电系统 [J]. 暖通空调, 2021, 51(10): 1-12.
6. 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告(2007年-2021年) [R]. 中国建筑工业出版社.
7. 北京市住房和城乡建设委员会, 北京市重大项目建设指挥部办公室. 北京公共建筑节能绿色化改造案例详析 [M]. 中国建材工业出版社, 2020.
8. 许鹏, 陈永保, 李为林. 建筑需求响应控制及应用技术 [M]. 中国建筑工业出版社, 2020.
9. 吴智泉. 近零碳排放区示范工程建设研究 [M]. 科学出版社, 2018.
10. GB/T 51350-2019. 近零能耗建筑技术标准 [S]. 中国建筑工业出版社, 2019.
11. Cara C., Matt J., Phil K., Kinga P. H. Value Potential for Grid-Interactive Efficient Buildings in the GSA Portfolio: A Cost-Benefit Analysis [R]. Rocky Mountain Institute, 2019.
12. Thorsen J. E., Lund H., Mathiesen B. V. Progression of District Heating-1st to 4th generation, 2018.
13. Sulzer M., Nadège Vetterli. Dynamic analysis of the low-temperature district network ‘Suurstoffi’ through monitoring [C]. Cisbat, International Conference Future Buildings & Districts, Ecole Polytechnique Fédérale De Lausanne Epfl. 2015.
14. Pellegrini M., Bianchini A. The Innovative Concept of Cold District Heating Networks: A Literature Review [J]. Énergies, 2018, 11(1): 236.
15. Eicker U. Urban Energy Systems for Low-Carbon Cities [M]. Academic Press, 2018.



能源基金会

想要了解更多，请访问：
www.efchina.org