



展望中国分布式光伏发展 ——以广东省为例

工作论文

绿色创新发展中心 (iGDP)

杨鹏 | 奚溪

2021年03月

致谢

本研究由绿色创新发展中心具体实施，感谢德国国际合作机构（GIZ）提供的资金支持。感谢在广东实地调研过程中，中科院广州能源所廖翠萍研究员、舒杰研究员、骆志刚高级工程师，广东省太阳能协会沈贞文秘书长、朱薇桦副秘书长，小榄光伏社区/中山低碳发展促进会何益清主任、南方电网综合能源公司周其进先生、晴天太阳能有限公司黎定杰先生等专家学者提供的指导和支持。

关于绿色创新发展中心

绿色创新发展中心（注册名：北京绿色伙伴咨询有限公司）是专注绿色低碳发展的战略咨询机构，通过跨学科、系统性、实证性的政策研究、梳理、比较和评估，推动低碳环境解决方案的精细化，提升可实施度。我们与多样的合作伙伴和利益相关方合作，共同推动实现零排放的未来；立足本土，讲述中国绿色低碳发展故事。

绿色创新发展中心是绿色低碳发展智库伙伴秘书处的执行机构、中国金融学会绿色金融专业委员会的理事单位、联合国亚太经济与社会委员会东北亚环境合作机制东北亚低碳城市平台的专家机构，并承担北京绿色金融与可持续发展研究院气候与能源研究中心的工作。绿色创新发展中心关注以下领域的研究、咨询和策略传播：气候策略、能源转型、可持续城市、绿色经济政策和行为减排。网址：www.igdp.cn

报告撰写

杨鹏，绿色创新发展中心研究总监/高级分析师。中国人民大学人口、资源和环境经济学博士学位，目前主要研究领域涉及能源系统分析、低碳发展规划和评价、能源环境与气候变化政策评价等。

奚溪，绿色创新发展中心分析师。韦尔斯利学院理论数学学士学位，辅修环境学，主要负责能源政策评估建模工作，同时负责或参与一带一路电力投资及甲烷排放相关的项目。

免责声明

本文内容所采用的数据均来自公开的信息和渠道，我们力求准确和完整，但难免偶有疏漏。本文内容和观点仅代表作者的个人理解，旨在加强相关领域讨论和交流，不代表支持方、作者所属机构、调研专家学者的立场和观点。

目 录

“碳中和”目标下我国分布式光伏市场潜力巨大	2
未来分布式光伏发展依靠市场手段和地方政策	3
广东省是我国未来分布式光伏发展的潜力地区	5
广东省分布式光伏发展呈放缓趋势,特别是户用光伏	5
广东省分布式光伏发展的应用场景和主要应用模式	6
商业模式不清晰和融资问题仍是广东省分布式光伏发展的难题	7
未来广东省分布式光伏发展的调研判断	8
1) 未来广东省分布式光伏投资仍具有很好的投资回报	8
2) 拓宽中小分布式光伏的融资渠道	8
3) 充分发挥碳金融的促进作用	8
4) 创新应用场景和商业模式	9
5) 分布式光伏发展投资需要良好的政策环境	9
参考文献	10

根据国家能源局的定义，分布式光伏发电是指在用户所在场地或附近建设运行，以用户侧自发自用为主、多余电量上网且在配电网系统平衡调节为特征的光伏发电设施^[1]。分布式光伏发电系统具有环保、灵活、小型和模块化等特点，可以就地生产就近满足特定用户的用电需求。相对于大型光伏电站，分布式光伏发电发展的最大优势体现在可以协同供电，有效缓解局部地区电力供需紧张局面。

作为一种新兴能源产业之一，分布式光伏发电加快能源消费者向能源产消者的角色转变¹，通过与其他新能源技术，以及5G、物联网等新一代信息技术的不断迭代融合，加速电力供需系统涌现出新的模式和新的业态。

光伏发电项目管理采取备案制，地方能源主管部门负责当地项目建设前的备案工作。按照安装的建筑物类型，分布式光伏分为户用分布式光伏和工商业分布式光伏。不同的分布式光伏项目对其光伏装机容量、余电上网电量比例的有不同的要求，并且这种要求随着分布式光伏发展规模不断调整。

“碳中和”目标下我国分布式光伏市场潜力巨大

在我国光伏政策、技术和市场的利好环境下，分布式光伏发电正快速发展。2013-2020年7年间，光伏装机年均增速约在60%左右，2020年分布式光伏发电累计装机容量将近80GW，是2013年水平的25倍。超额完成了《电力发展“十三五”规划》的分布式光伏60GW以上的目标。分布式光伏发电占当年光伏发电累计装机比重从2013年的16%上升为2020年的31%（见图1）。

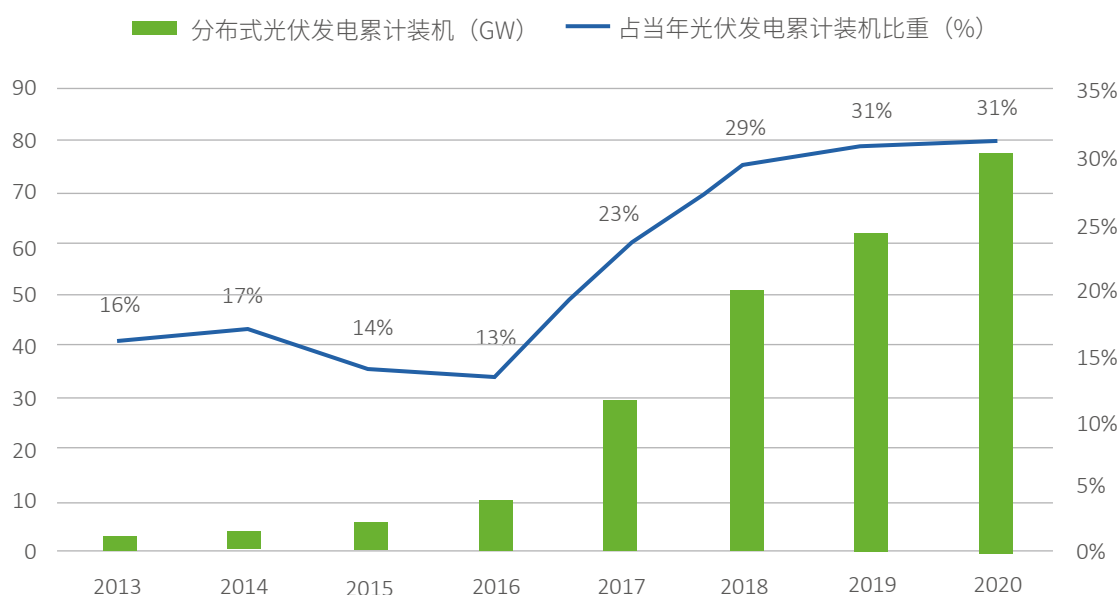


图1 我国分布式光伏发电发展情况（2013-2020年）（数据来源：^[2]^[3]）

¹ 分布式能源生产和消费一体化新模式

展望未来，我国分布式光伏发展潜力巨大。2020年12月12日，习近平主席在气候雄心峰会上宣布：到2030年，中国风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上（1200GW）。根据能源局最新公布的数据，2020年我国风电光伏装机容量为5.34亿千瓦^[3]2。这就意味着，2021-2030年的10年间，风电光伏装机容量年均至少增加67GW。若按目前的风光比计算，到2030年，光伏发电装机容量应不低于5.70亿千瓦，是2020年的两倍多。

实现“碳中和”目标，我国分布式光伏发电的需求巨大，2050年装机规模很可能是目前水平的20倍。通过梳理部分国内外知名机构的研究，实现全球本世纪末温升不超过1.5℃目标，光伏发电需要更大规模的推进。从国际经验来看，我国未来分布式光伏发电发展速度要远高于集中式光伏。目前，我国分布式光伏装机占总光伏装机的比重为31%，还远低于德国、美国、日本等发达国家的75%的水平。若按照我国2025年达到50%，2030-2050年保持在75%的比例，基于这些研究机构对光伏发电规模需求的估算，在“碳中和”情景下，相对于2020年，分布式光伏装机2025年可能增加4倍，2030年可能增加10倍，2050年可能超过20倍（图2）。

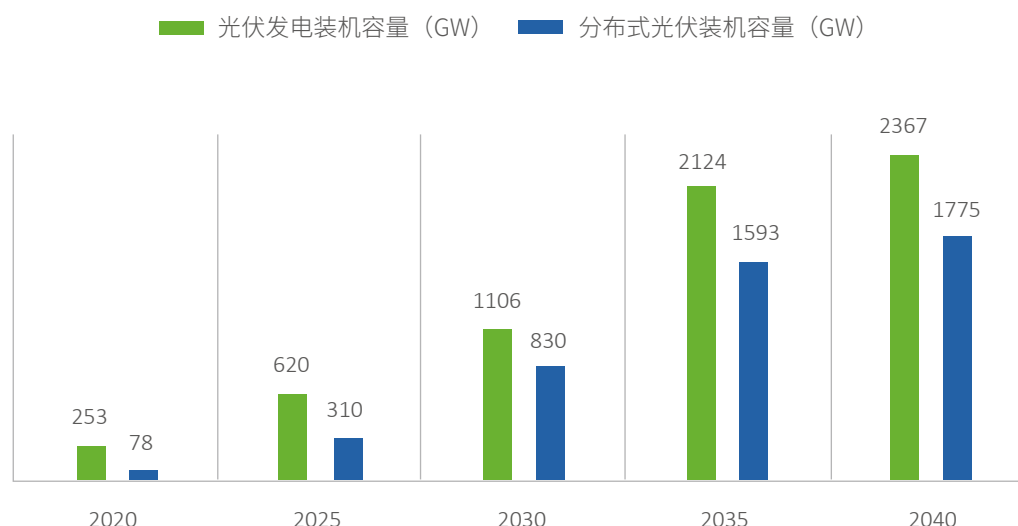


图2 “碳中和”情景下分布式光伏发电装机需求

注：假定分布式光伏发电装机占当年光伏发电累计装机比例：2025年：50%；2030-2050：75%；光伏装机规模预测来源：国网能源研究院有限公司，2020-深度减排情景；中国长期低碳发展战略与转型路径研究项目综合报告编写组，2020-1.5℃情景；IEA，2020-SDS情景；

未来分布式光伏发展依靠市场手段和地方政策

随着分布式光伏发电的系统成本大幅下降，市场规模扩大，以及市场竞争的增强，分布式光伏发电“十四五”期间进入平价时代，政策引导思路已经发生一定变化。“十四五”期间，分布式光伏项目不再享受国家财政补贴，国家将通过建筑物安装光伏的举措或强制性标准、可再生能源消纳权重制度、绿证和放开分布式光伏电量交易等手段引导分布式光伏发电行业的发展^[4]。

² 风电装机2.81亿千瓦、光伏发电装机2.53亿千瓦

表1 国家近年推出有关分布式光伏的主要政策文件

主要方式	文件/相关内容	发布部门/时间
光伏补贴退出	《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》	国家发改委、国家能源局 2019年1月10日
分布式光伏电量交易	《国家发展改革委 国家能源局关于开展“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”的指导意见（征求意见稿）》意见	国家发展改革委、国家能源局 2020年08月27日
	《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》	国家发改委、国家能源局 2017年11月14日
再生能源电力消纳保障机制	《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》	国家发改委、国家能源局 2019年05月10日
绿证	《电网企业全额保障性收购可再生能源电量监管办法（修订）（征求意见稿）》	国家能源局 2019年11月25日
	《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》	国家发展改革委、财政部、国家能源局 2017年2月6日
建筑物安装光伏	《工业领域电力需求侧管理工作指南》	工业和信息化部 2019年7月22日

对于分布式光伏项目，尽管中央层面意图削弱相应的项目开发管理³和财政支持，但鼓励地方政府引导分布式光伏项目的开发管理，出台扶持政策。由于各地太阳能资源潜力、社会经济条件、产业发展状况、用电负荷需求、建筑形式和居民消费模式等方面都存在差异，未来各地分布式光伏支持政策将更趋向于本地化和多元化趋势。近期，内蒙古、上海、广州黄埔、北京、西安等相继出台了积极鼓励分布式光伏项目发展的相关政策，将分布式光伏成为各地推动城市绿色低碳智慧转型的重要抓手。

广东省是我国分布式光伏发展的重要省份之一，在德国国际合作机构(GIZ)支持下，我们进行了有关广东省分布式光伏发展的实地调研。希望通过相关调研活动，了解广东省分布式光伏发展现状、问题和挑战等，总结值得推广的经验教训。

³ 国家能源局发布了关于征求光伏发电相关政策文件意见的函，其中文件提到，户用（小于50kw），自发自用余电上网（上网电量不超过50%）的小于6mw项目及全部自发自用大于6mw但是小于20mw的项目不纳入国家光伏发电规模管理。此次意见稿还明确了通过事先落实绿证，碳交易等事先无补贴建设的项目，以及其他不要国家补贴的各类项目不纳入国家规模管理，反映国家支持光伏发展的态度，从长期看，打开了光伏平价上网后的装机空间，市场潜力巨大。

广东省是我国未来分布式光伏发展的潜力地区

广东省是我国未来分布式光伏发展的潜力地区。尽管广东省属于太阳能三类资源地区，光照资源并不发达，等效发电小时数在1000-1200小时之间，但是广东省资源禀赋、经济条件和政府政策环境都非常有利于广东分布式光伏发电产业的发展。

首先，广东省制造业发达，适合安装分布式光伏系统的屋顶资源非常丰富。根据广州能源所2018年的一项研究，广东省适于安装太阳能的面积达到约150亿平方米，潜在光伏装机容量约为2600GW，技术发电潜力约300万GWh，为分布式光伏发电项目开发提供了广阔的空间；

第二，从电力用户需求侧来看，广东省经济发达，生活水平比较高，屋顶资源普遍位于用电负荷集中的区域，电力消纳潜力巨大；

第三，广东省电价水平高。用电电价和脱硫燃煤标杆电价在全国靠前，这都有利于提高分布式光伏发电的市场竞争力和电力收益；

第四，广东省是碳排放率先达峰和绿色建筑领先发展地区。《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出制定实施碳排放达峰行动方案，推动碳排放率先达峰，并明确推广绿色建筑，这无疑为分布式光伏发展提供了良好的政策托底。

广东省分布式光伏发展呈放缓趋势，特别是户用光伏

2010年广东省将发展太阳能光伏产业列入战略性新兴产业重点发展的新能源产业体系中。2014年起，佛山、东莞、广州陆续出台地方补贴和支持政策，分布式光伏电站建设成本下降，2016-2018年分布式光伏应用市场快速发展。2018年下半年，光伏“531”新政⁴、新能源补贴拖欠以及金融去杠杆等多重因素导致分布式光伏开发进入震荡调整期，广东省分布式光伏新增装机规模快速下降（图3）。

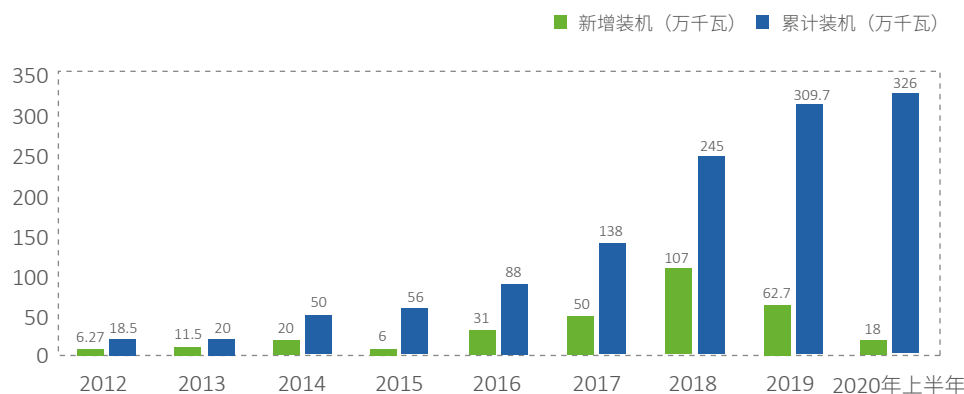


图3 广东省分布式光伏发展概况

数据来源：广东省太阳能光伏协会

⁴ 三部委出台光伏531新政，控制光伏新增装机规模、调降补贴，政策出台的目的就是通过节流手段缩小补贴缺口，有利于存量电站的补贴发放；

2020年上半年广东省光伏发电新增装机同比增长165%，分布式新增装机同比下降45%（受疫情影响）。目前来看，广东省分布式光伏累计装机规模低于集中式装机规模，分布式装机规模中以工商业分布式光伏项目占绝大多数（图4）。

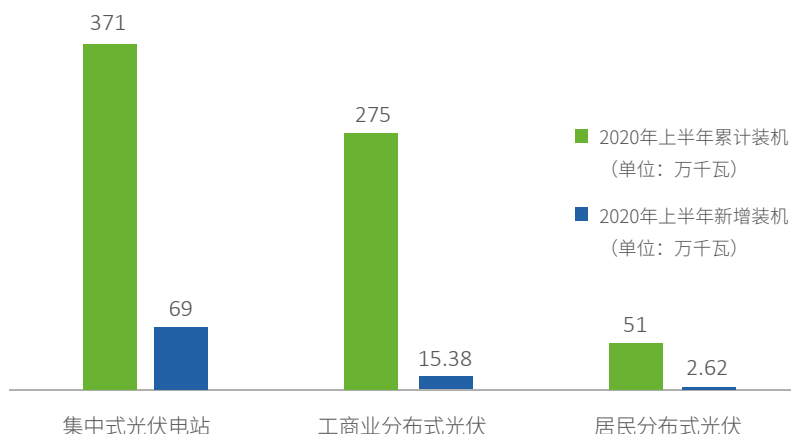


图4 2020年上半年广东光伏装机情况

数据来源：广东省太阳能光伏协会

广东省分布式光伏发展的应用场景和主要应用模式

分布式光伏作为新兴产业之一，是国家和广东省政策扶持的重点。从经济激励上，分布式光伏可以申请来自于发改、工信和建筑主管部门负责的新兴产业发展补贴资金、绿色发展转型资金、分布式光伏项目补贴资金、建筑节能专项资金、绿色建筑分项资金、分布式光伏碳普惠项目等资金支持。

应用场景：目前分布式光伏应用场景除了满足工商业和住宅用户的用电需求外，也注重利用当地公共事业机构以及公共基础设施屋顶资源，打造分布式光伏与交通基础设施、社区便民服务相融合的应用模式。

分布式光伏项目开发从商业模式上通常可以分为四种：

1) 自主投资模式：自建自用、自建自售；

2) 租赁模式：开发商和用户共同开发

收益分成模式无法确保开发商进行融资的最新收益要求；

租赁模式从租赁对象来看分为设备租赁和房屋租赁。

如正泰户用光伏开发三种模式：

- 托管模式：用户委托正泰对电站进行“一站式”委托运营服务。
- 销售模式：正泰为需要安装光伏屋顶的用户提供设备、融资及安装服务。
- 租赁模式：正泰全包揽，提供设备、开发安装，承担电站投资及运维成本，用户省心租装，分享发电收益。

设备租赁是指免费为用户安装和维护分布式光伏，定期收取租金，发电收益可用于支付租金和贷款费用。租金付清后，协商屋顶电站的归属权。

房屋租赁：投资商（以基金或者几桶融资）打包房屋进行投资。电站资产归属于投资方。

按照收益的分成方式分为：

- 租赁方式：分布式光伏开发商租赁屋顶，建设分布式发电站，向用户售电，向房屋业主支付屋顶租赁；
- 收入分成方式：售电收入在开发商和屋顶业主之间分成。

3) 合同能源管理模式 ESCO⁵；

4) 第三方投资持有模式：风险投资公司、保险企业。

国补和地补政策推动了2016年-2018年上半年分布式光伏的市场火热，分布式光伏特别是优质的工商业分布式光伏项目吸引了众多投资主体参与，除了光伏行业投资者，也吸引了金融投资机构、基金、制造企业等进入市场。

商业模式不清晰和融资问题仍是广东省分布式光伏发展的难题

尽管分布式光伏投资、建设和运营的商业模式日趋成熟，应用场景日趋多元化，但是由于分布式光伏在短期内迅速发展，在投资、建设和运行各环节相关的监管、标准、规范都还不完善。正是由于缺少相配套和成熟的市场监管体系，导致了分布式光伏的融资痛点，包括缺乏相适应的融资成本分担和利益分成机制、投资方融资难或融资成本高、由于政府补贴不到位和用户不能准时缴纳导致的电费收益不确定性等。

随着补贴退坡和政策收紧，商业模式不清晰和融资难问题凸显，制约分布式光伏发电行业发展，特别是对于中小工商业光伏和户用光伏而言（即小型分布式光伏项目，如1MW以下），问题更为突出。

小型分布式光伏发电单个项目规模小且分散，在实际开发和运行中涉及到多方利益相关者⁶，导致成本与回报分割较难达成共识，从而使得开发成本不确定性较大且实际回报率不足。

⁵ 合同能源管理模式：即能源公司投资建设、管理、维护、运营。资金来自银行贷款或租赁融资。该模式下，能源公司可向用电户收取折扣电费，多余电量可上网，还能获得补贴，同时需要向建筑物业主支付租金和向银行偿还贷款利息。

小型分布式光伏发电融资难，因为政策性银行对小型光伏项目的支持投入很少，商业银行融资担保门槛高，对中小企业开发的分布式光伏项目持谨慎态度，更偏好龙头企业。

户用分布式光伏的发展一直不太理想，究其原因包括居民电价不高、不能参与电力市场、进入碳市场壁垒高、屋顶的产权不确定、光伏设备拆除风险高、不同地方对建筑安装光伏的要求和标准不统一、电网接入流程复杂等，这些因素更加增加了户用分布式光伏的商业模式的不确定性和融资难的问题。

未来广东省分布式光伏发展的调研判断

1) 未来广东省分布式光伏投资仍具有很好的投资回报

项目可行性需要分析广东各地工商业分布式光伏电站的投资成本、收益、光照资源、补贴政策、上网模式、电站规模、运维费用等方面。

随着光伏项目建设成本下降，以及广东得益于资源、需求和政策优势，即使在2020年国家层面完全取消补贴实现平价上网之后，分布式光伏的收益也应不会受到太多影响，尤其自发自用项目收益更好。考虑到地方补贴政策和用电需求等因素，分布式光伏发电可着重开发深圳、珠海、广州、佛山、东莞、中山、江门、惠州。

一些研究分析认为，广东省一般工商业屋顶光伏年收益率在15-25%，成本回收期5-6年，收益期为25年。

2) 拓宽中小分布式光伏的融资渠道

由于分布式光伏政策环境的不确定性、复杂的利益相关者、电价不确定性和回报期长等因素，银行对分布式光伏贷款比较谨慎。绿色信贷对贷款人的资质要求审核比较严格，中小企业获得银行贷款门槛很高。银行倾向于实力雄厚的大集团开发的光伏项目，如南方电网公司等。“光伏宝”等低利率和免抵押光伏贷款一定程度上刺激户用光伏发电项目的发展，但银行防控风险需要，审核严格，对这类产品持保留态度。中小企业开发工商业光伏发电系统较难获得政府贷款，而且地方银行更倾向于支持本地光伏企业。

3) 充分发挥碳金融的促进作用

广东省将分布式光伏发电纳入碳普惠行为，参与碳交易市场。2017年广东省发改委出台《关于碳普惠制核证减排量管理的暂行办法⁷》，将碳普惠核证自愿减排量正式纳入碳交易市场。广州、

⁶ 包括银行、金融机构、屋顶所有者（房顶业主）、设备制造商、开发商、用电用户、工程总包（EPC）公司、合同能源管理（ESCO）公司以及电网公司等。

⁷ 广东省对碳普惠行为的定义：碳普惠行为是指安装并运行5MW及以下规模分布式光伏发电系统并在用户侧自发自用、多余电量上网的行为。部分可再生能源项目通过项目减排机制产生的项目减排量纳入碳市场，用于市场履约主体履行减排责任，对可再生能源发电发展产生促进作用。清洁发展机制（CDM）和自愿减排交易的引入，为可再生能源发电项目带来的额外的收益，有效提升了项目的经济性。北京碳市场的价格基本稳定在40-80元之间，2019年以来的平均价格已经超过了64元；广东碳市场价格从最初的60元以上逐步下降，目前稳定在15元左右；湖北碳市场价格一直处于20元上下，近期市场价格稳步提升，目前已经超过了30元[8]。（<http://www.hgjgl.com/archiver/hgj/UpFile/Files/Default/20200117144237727991.pdf>）绿证

东莞、中山、惠州、河源和韶关等6个市首批纳入碳普惠制试点地区。

针对工商企业和家庭的安装和利用分布式光伏发电系统替代电网供电所产生的温室气体减排量进行具体核证量化，通过市场交易赋予明确的市场价值，对分布式光伏发电利用形成正向的市场激励。

在第三方机构中山市小榄低碳发展促进中心的组织下，中山市2018年获批了工商业分布式光伏和户用分布式光伏项目。户用分布式光伏通过地方平台打包参与核证减排的交易。史丹利（中山）工具有限公司、达能（中国）食品饮料有限公司、中山市小榄低碳发展促进中心、中山市麦润标等10户居民家庭，核证省级碳普惠减排量（ $180+412+2+51$ ）645吨CO₂当量。

户用光伏成为碳普惠项目有很多协同效益。首先，增加分布式光伏发电的额外收益。在3060背景下，碳排放配额肯定具有稀缺性，未来碳价会持续上升。以5MW分布式光伏发电系统为例，若按碳价为30元，每年可获2万元左右的额外碳减排收入。第二，将有利于推动个人低碳行为、激活交易市场，充分利用市场手段，减少政府监管压力。第三，通过碳配额金融产品化，提高融资能力，如碳配额质押/抵押贷款（融资）。从目前来看，由于碳市场规模小、收益受市场价格波动影响、对光伏发电企业的配额分配比例不高、申请核证流程专业复杂、审核成本相对较高等因素，目前的制度安排不利于户用分布式能源发展。但是未来得益于3060目标、全国碳市场启动、第三方地方平台建设（分布式光伏特别是户用光伏的碳资产的统一开发）等因素，户用分布式能源可以有很大的发展潜力。

4) 创新应用场景和商业模式

平价上网以及碳市场、电力现货交易和绿证等市场手段的完善和成熟，将有利于分布式光伏行业发展，分布式光伏有可能超过集中式电站成为主流光伏发电模式。由于“渔光一体”等农村光伏政策的推动，再加上农村相对于城市土地资源更丰富，户用光伏在农村地区也有可观的发展潜力。但是分布式光伏未来的发展仍需应用场景和商业模式上进行创新。

在应用场景来说，未来中小型分布式光伏发展模式不能“就光伏说光伏”，需要进一步扩大应用场景并结合其他能源服务，与储能以及其他能源互补，同数字技术、信息技术和物联网技术融合，具体模式包括：分布式光伏+既有建筑改造、分布式光伏+燃气、分布式光伏+储能、分布式光伏+虚拟电厂、分布式光伏+储能+可控负荷（空调、热水等）+电动车+大电网等。例如在万山群岛微电网中，分布式光伏与储能、其他分布式能源及智能微电网技术相结合，为群岛提供了安全、稳定及经济的电力系统。

在投融资机制上，需要打造能源行业的蚂蚁金服。通过构建第三方地方服务平台来统一协调屋顶资源、开发成本、运维、电量和碳资产收益等，创新融资模式和收益模式。

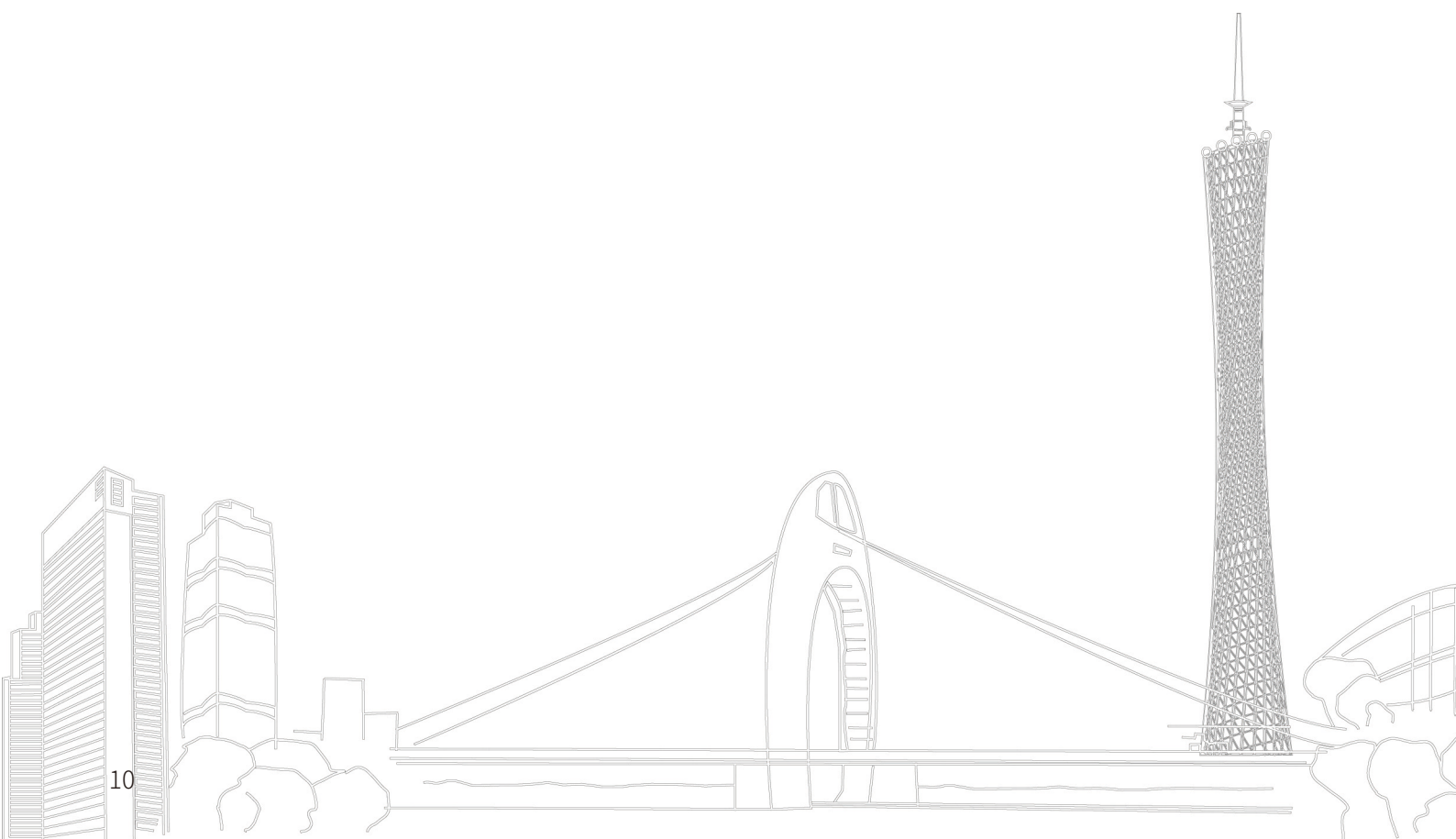
5) 分布式光伏发展投资需要良好的政策环境

良好的政策环境可以极大缓解分布式光伏发展所面临的挑战——融资难及没有成熟的行业标准。

融资难是中小工商业和户用分布式光伏行业发展面临的最大难题。长期来看，政府需要通过良好完善的市场机制确保分布式光伏行业健康发展以及收益的稳定，包括：绿证和可再生能源配额制、碳市场和碳普惠、电力市场改革、放开分布式光伏电量交易、隔墙售电等。短期来看，绿色金融和融资租赁应针对分布式光伏行业开发更具有针对性的模式和产品，政府应提供补贴或者其他政策支持，减少绿色金融面临的潜在信用风险，支持小型工商及户用分布式光伏发展。

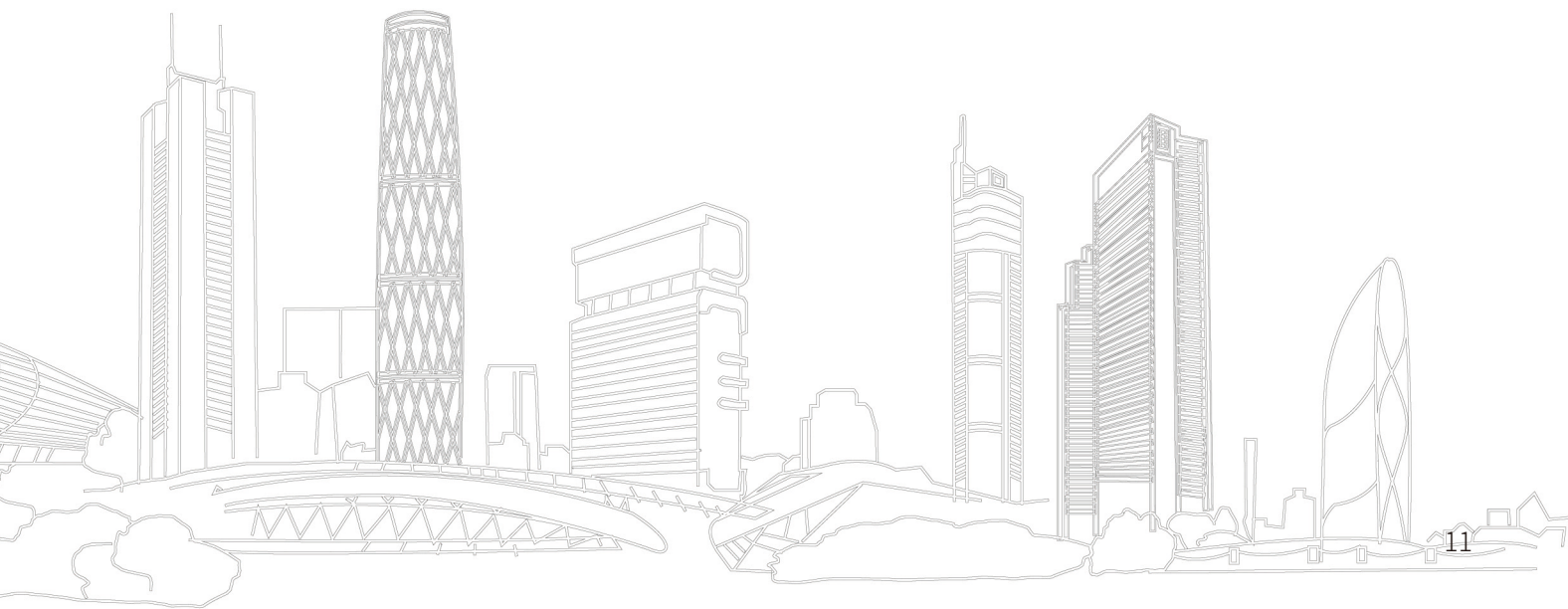
同时，政府应建立长期、明确的监管政策环境，以鼓励分布式光伏行业高质量、可持续发展，如：

- 既有建筑改造和新建建筑：明确鼓励小型工商及户用分布式光伏项目；
- 并网发电系统接入政策支持户用分布式光伏余电上网；
- 规范分布式光伏工程安装和运维标准；
- 建立以公开和透明方式分享分布式光伏技术、培训、市场、融资信息和数据的共享平台（如美国在线太阳能市场EnergySage）。



参考文献

- [1] 国家能源局. 国家能源局综关于印发分布式光伏发电项目管理暂行办法的通知[EB/OL]. (2013-11-18)[2020-11-09]. http://www.nea.gov.cn/136759614_15108847219221n.PDF.
- [2] 杨伟. 中国光伏近七年装机数据[EB/OL]. 北极星太阳能光伏网, 2020-03-18. (2020-03-18) [2021-02-28]. <http://guangfu.bjx.com.cn/news/20200313/1053652.shtml>.
- [3] 国家能源局2021年一季度网上新闻发布会文字实录---国家能源局[EB/OL]. [2021-02-28]. http://www.nea.gov.cn/2021-01/30/c_139708580.htm.
- [4] 光伏能源圈. 国家能源局：将出台强制标准要求建筑物上装光伏[EB/OL]. (2020-12-12) [2021-02-28]. <https://www.163.com/dy/article/FTKTF7M40514DRR7.html>.
- [5] IEA AND IRENA. Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System[R]. 2016: 204.
- [6] 华创证券. 国内外分布式光伏发展现状比较分析[EB/OL]. (2014-07-21)[2021-02-28]. https://news.solarbe.com/201407/21/55947_1.html.
- [7] 国家能源局. 2020年11月12398能源监管热线投诉举报处理情况通报[EB/OL]. (2020-12-31) [2021-02-28]. http://www.nea.gov.cn/2020-12/31/c_139632574.htm.





绿色创新中心(iGDP)

地址：中国北京市朝阳区秀水街
1号建外外交公寓7-1-51 100600

电话：86-10-8532 3096

传真：86-10-8532 2632

邮箱：igdpoffice@igdp.cn

网站：www.igdp.cn