



# 即墨光伏农业项目商业模式案例研究

## SOLAR PV FOR AGRICULTURE JIMO CASE STUDY

李长胜 苗红 著

### 执行摘要

发展可再生能源已经成为中国循环经济和低碳发展战略的重要举措，也是减缓化石能源消耗、防治大气污染、应对全球气候变化、实现低碳能源转型、保证能源供应安全的必由之路。作为可再生能源主要的技术应用之一的光伏产业已经开始了其规模化应用的时期。但近年来，光伏大规模利用的资源与负荷相悖的局面逐渐凸显，并网及消纳问题日趋严重，同时，近负荷地区的传统光伏电站建设又面临着建设用地不足的情况。而作为土地集约化综合开发及农业现代化转型的设施农业发展，也面临着融资困难和设施水平低而无法达到高附加值产品的种植要求等诸多困局。而恰恰是上述“两难”的局面，为光伏产业和农业种植的跨界融合提供了机会，光伏农业应运而生。

作为将光伏产业和农业种植有机结合的一种新模式，尽管光伏农业设施规模在中国获得了快速扩张，但中国还没有总结出一套成熟可供推广的光伏农业发展模式，同时，中国光伏农业发展还受到管理体制落后、融资渠道单一、产业标准缺乏等诸多因素影响。因此，总结和提炼中国光伏农业商业模式，系统梳理和识别中国光伏农业发展的主要制约因素，对于中国光伏农业的健康可持续发展具有紧迫的现实意义。

本案例研究以中国青岛即墨光伏农业项目为例，对以下重要内容进行了介绍和分析：

- 项目业务流程及利益相关方分析：即墨光伏农业项目的投资运营包括光伏电站的投资运营及农业园区的投资运营

### 目录

执行摘要 .....	1
Executive Summary .....	2
研究背景与意义 .....	4
项目介绍 .....	5
项目经济、社会效益评价 .....	8
商业模式研究 .....	17
主要结论及对策建议 .....	23
参考文献 .....	25
注释 .....	26
致谢 .....	27

“工作论文”包括初步的研究、分析、结果和意见。“工作论文”用于促进讨论，征求反馈，对新事物的争论施加影响。工作论文最终可能以其他形式进行发表，内容可能会修改。

**引用建议：**李长胜、苗红 著. 即墨光伏农业项目商业模式案例研究. 2016. 工作报告，北京：世界资源研究所. <http://www.wri.org.cn/publications>.

两部分。光伏电站的投资运营主要流程包括项目前期开发（包括土地选址、土地备案、取得电站建设指标等）、项目施工建设、并网发电等。农业园区的投资运营，主要通过各个农业项目公司进行实施。光伏农业项目业主公司主要负责园区平台相关设施的搭建，其主要业务流程包括农业经营设施、咨询指导及其他平台职能，吸引园区所在地优势企业及农业创业大户入园经营，获取园区设施租赁及服务收益，并带动当地农业产业的转型升级。

在项目前期开发、融资及建设、运行及管理过程中，充分考虑包括项目业主公司、村委会及当地各级政府、农户及当地农民、电网公司及金融机构在内的项目利益相关方的利益及诉求，协调和调动各方参与及积极性，对项目顺利实施和可持续运行至关重要。

- 项目经济效益及社会效益分析：本研究以即墨农业科技大棚三期80MW光伏农业项目为重点，进行了项目经济效益及社会效益评价。光伏农业项目可获得8.5%左右的内部收益率，静态回收期为9.8年；为当地每年输送清洁电力动力9562.5万kWh；为当地农民提供1200个工作岗位，每年可为当地农民提供至少2880万元工资性收入。同时，项目可实现每年替代标煤3万吨，减排二氧化碳10万吨左右。

光伏农业项目不仅为能源结构清洁化贡献力量，而且，由于光伏农业大棚为高附加值种植提供了条件，以及结合了支持创业的创客商业模式，带动当地农村人口就业和致富，为助推光伏扶贫提供了借鉴模式，其社会效益更加显著。

- 项目商业模式研究：本案例研究通过对项目的土地流转模式、融资模式、运营模式、盈利模式，以及推广模式的总结和提炼，全面展示了即墨光伏农业项目从光伏电站开发到光电—农业园区经营于一体的独特发展模式，为光伏农业在不同地区、不同条件下的开发提供了可借鉴的样板。另外，对如何利用相对年限长且稳定的对光伏项目融资来弥补对农业项目融资的不足，也提供了独特的实践经验。
- 项目经济效益影响因素分析：本研究进行了空气质量、技术进步、市场需求和政策等因素对项目经济效益的影响分析。结果表明，光伏大棚种植的农产品市场需求因素对经济效益最为敏感。因此，准确的市场信息也是保障经济效益的重要因素；技术进步因素可以有效降低单位装机成本，显著影响光伏农业项目经济效益；政策因素中，取消地方补贴不会显著降低光伏农业项目的经济效益；经济效益对光伏上网电价变化的敏感程度不高；而未来碳交易的引入不仅能够提升光伏农业的经济效益，还可以为光伏农业项目提供新的融资渠道。

- 项目推广面临挑战和应对措施分析：即墨光伏电站开发与农业园区平台经营一体化的光伏农业发展模式，对加快中国光伏农业发展、推动中国农业转型具有重要意义。但推广昌盛日电光伏农业发展模式，仍然面临一些困难与挑战，包括项目业主公司的融资能力、土地资源和“路条”资源等。还需要国家从体制、机制、法律、政策多方面加大改革力度，营造光伏农业发展良好的产业环境。

毋庸置疑，中国可再生能源发展目标和农业现代化发展趋势为光伏农业提供了发展机遇，“大众创业”、“万众创新”以及“十三五”期间的精准扶贫计划的新增光伏目标为光伏农业发展提供了更为广阔的市场。本研究基于光伏农业项目的经济社会效益评价结论，总结了即墨光伏农业项目的商业模式，并基于对案例的分析，提出推广即墨光伏农业发展模式的条件和保障措施，以期为加快中国光伏农业持续健康发展提供决策参考和实践参考。

## EXECUTIVE SUMMARY

Renewable energies have play a vital role in push China to a low carbon and circular society. Development of renewable energies is a priority strategy for China to reduce the negative effects of fossil energy consumption, achieve low carbon energy, counter air pollution, security of energy supplying, and fight against climate change.

As one of the key renewable energies technology, solar photovoltaic has stepped into the scale-up application stage in China. However, the ever growing is facing some challenges, such as location mismatch of resources and loads, power grid-connection, and etc. Building solar PV station in eastern China also faces the fierce competition for land with food demand due to a high population intensity. On the other hand, there exists plentiful conventional greenhouse facilities in this area and are on the way of modernization transformation. However, the transformation is blocked by some difficulties, such as, lack of financing, the lower level of facilities, and decentralized management. These difficulties of the above both sectors provide the chances for the integration of solar PV and agricultural facilities, namely solar PV agriculture.

As a new combination of solar PV power generation and agricultural facilities, solar PV agriculture has gained a rapid development in recent years in China. However, there still lacks of a mature business model to guide the solar PV agriculture promotion in China. Furthermore, the development of solar PV agriculture in China is still

face some difficulties, such as the various institutional and management system, few financing resources, lack of industry standards, etc. It is urgent to study the business model of solar PV agriculture from the experience of China's company and their impact factors, which could provide us with enlightenment to barriers for the sustainable development of solar PV agriculture in China.

This case study takes China Qingdao Jimo solar PV agricultural project as an example to study the business model of this combination of solar PV agriculture from following aspects:

- **Project components and stakeholders.** The components of Jimo solar PV agricultural project investment and operation comprise solar PV power station and Agricultural Zone. For the Solar PV power station, the main business processes consist of project preparation (site selection, land claiming record, and obtaining permit on power plant construction, etc.), project construction, power grid-connection, and PV system operation. For the agricultural zone, the project owners take the charge of setting up a business platform and providing necessary facilities and integrated consulting services to potential entrepreneurs, called "Chuangke", for their coming business. The revenue of the solar PV agricultural project mainly comprises PV power sales to the local grid company, and rental income from renting PV greenhouses and the fees charged for providing the integrated services for their customs.

For the purposes of project successfulness and sustainability, it is very important to coordinate the interests of stakeholders during the whole project business process. The main stakeholders are including project owners, local government, agriculture companies, local farmers, the grid companies, and financial institutions.

- **Economic and social benefits.** Our economic and social performance assessment and analysis is based on the 3rd phase of solar PV Greenhouse project with an installment capacity of 80MW. The lifetime average annual return (LAAR) is about 8.5%, payback period of investment is 9.8 years, and 95.6 GWh clean electricity will be generated for local end users annually; 1,200 jobs and CNY 28.8 million salary income will be created for local households and farmers. Meanwhile,

more than 100,000 tons of greenhouse gas (GHG) will be reduced, and 30,000 tons of coal equivalent will be saved every year.

The social benefits of the project are more meaningful not only optimize the energy structure by the green and clean PV power, but also produce high-valued crops, and provide a business platform for entrepreneurs' starting up business, which could create new jobs and increase income for local and farmers. The case of Jimo solar PV agriculture project, could provide a guide for the integration of solar PV and agricultural facilities for poverty alleviation program.

- **Business Model.** In this study, the business model of the integration of solar PV and agricultural greenhouses is investigated from the following aspects, including land transfer model, financing model, operation model, revenue model, and promotion model. The case study comprehensively demonstrates how the case company develop from original solar PV power generation to the integration of solar PV station with agriculture greenhouses. In addition, the project also provided very practical and unique experiences on how to share the financing terms for solar PV station with the conventional agriculture greenhouses to help them modernization transformation.

The business model of the case could provide a reference for solar PV agriculture development, which can be varied according to the circumstances in different areas in China.

- **Influencing factors and their effects.** This case study also identified and analyzed the influencing factors for the project's economic performance. These factors mainly include air qualification, technological progress, the price of crops, and the policy and regulation. The results show that the price of crops is the most sensitive factor for the project's economic performance. So it is vital of accurate market information for solar PV for the agricultural project's economic viability. However, the importance of feed-in tariff for solar PV station is much less than what we had expected. The outcomes also reveal that solar PV technological progress has a directive impacting on the unit cost of solar PV installed capacity and system output efficiency, which is in positive linear relationship with the project's economic performance. The coming national emission trading scheme not only

could improve the economic performance further, but also supply new way to finance solar PV agricultural project in China.

- Project promotion conditions and supporting measures. Jimo solar PV agriculture project provided a comprehensive and integrated business model for “solar+agriculture” development. It is a valuable reference for scaling up solar PV application in agriculture, as well as for agriculture modernization transformation in China. However, the application of Jimo solar PV agriculture model needs project owner’s financing capacity, scaled land transfer, and PV permit from government, etc. So, it is required to reform the institutional and administration system, legislation and policies and set up standardizations to provide preferable industrial environment for solar PV for agriculture development.

It is no doubt that China’s goals of renewable energy development and agriculture modernization provide great opportunities for solar PV agriculture. Mass entrepreneurship and innovation and targeted poverty alleviation program during 13thFYP also make a broadly market for solar PV agriculture development. We hope that the conclusions and suggestions in this case study could provide some reference on decision making and prompt the development of solar PV agriculture a sustainable and healthy way in China.

## 研究背景与意义

### 1.1 研究背景

太阳能是目前可再生能源种类中最易普及和推广使用的清洁能源之一，而光伏发电作为太阳能利用的主要形式，在应对全球气候变化、雾霾治理、节能减排、能源转型等工作中都发挥日益重要的作用。但长期以来，中国光伏发电呈现“发电在西部、用电在东部”的局面，西部尽管有丰富的土地、空间、光照资源，但并网难成为制约光伏发电发展的主要因素之一。而东部地区大规模建设传统地面电站，又面临着人多地少、建设用地不足等问题，难以有足够的发展空间。但东部地区设施农业拥有丰富的棚顶资源，且光照资源充足，具备发展光伏发电的基础条件。据统计，截至2014年，中国温室总面积（包括连栋温室、日光温室、塑料大棚）为205.8万公顷，其中日光温室面积为69.66万公顷，华北、华中和华东日光温室面积占全国的82.53%[1-3]。同时，面对日益突出的资源环境制约，中国正在积极转变传统农业生产方式，推进土地集约化综合开发及农业现代化转型。但作为中国农

业现代化重要实现形式的设施农业，由传统农业向现代农业转型面临着设施水平低、成本高、投入大、融资困难、难以实现现代化的生产模式，也无法满足高附加值产品种植的要求。而且还受到传统经营主体的分散生产方式造成的规模化程度低、难以实现规模效益等诸多因素制约。

光伏发电与高效农业相结合，实现光伏与农业跨界融合，光伏农业应运而生。作为一种新型跨界经营模式，光伏农业根据不同作物生长的光饱和点，采用不同透光性的光伏电板或错位铺设等方式，满足不同植物光合作用对阳光的需求，实现了“棚顶发电、棚下种植（或养殖）”双收益。通过土地流转等方式，规模化集聚土地资源，在不改变土地性质和使用属性的情况下，光伏电站与设施农业实现设施共享、成本共摊、增产增效的多赢局面，既解决了中国中东部光伏发电用地不足难题，也破解了设施农业发展瓶颈，使得光伏发电在中国中东部人口密集地区规模化发展成为可能。同时，中国“三农”问题的不断深化解决，以及其他领域改革的持续推进，也给中国光伏农业发展带来了前所未有的机遇。

#### • 中国农业现代化的发展为光伏农业提供了良好机遇

农业现代化是全面建成小康社会、实现现代化的基础。2015年9月，农业部、发展改革委、财政部、银监会发布了《关于扎实推进国家现代农业示范区改革与建设率先实现农业现代化的指导意见》。意见指出，到2020年，一半以上的示范区进入基本实现农业现代化阶段。这为旨在推动农业生产现代化发展、实现光伏产业和农业产业相结合的光伏农业提供了良好机遇。

#### • 中国新型城镇化为光伏农业发展创造了条件

中国大力推进以人为核心的新型城镇化，《国家新型城镇化规划（2014-2020年）》提出到2020年常住人口城镇化率达到60%。今后一个时期，中国新型城镇化着重解决好现有“三个1亿人”问题，即：促进约1亿农业转移人口落户城镇，改造约1亿人居住的城镇棚户区和城中村，引导约1亿人在中西部地区就近城镇化。因此，农村人口大规模向城镇集中和市民化，为农村土地等资源通过流转等形式实现规模化集聚创造了条件。同时，新型城镇化带动的消费升级将为高附加值农作物提供新的市场需求。据预测，人口城镇化率每提高1个百分点，意味着至少有1300余万人将从农民变为市民，这将直接带来1740亿元的新增消费[4]。其次，新型城镇化增加能源需求，也为就近消纳光伏发电提供了可能。这些重大因素的发展，为推进适度规模经营、发展光伏农业等现代化农业创造了条件。

#### • “大众创业”、“万众创新”为光伏农业发展提供了政策支持

为了应对经济转型引发传统增长动力减弱、激发民间活力、培育和催生经济社会发展新动力，2015年6月，国务院印发了《关于大力推进大众创业万众创新若干政策措施的意见》，同年9月，国土资源部联合发展改革委、科技部、工业和信息化部、住

房城乡建设部、商务部下发《关于支持新产业新业态发展促进大众创业万众创新用地政策的意见》，明确了光伏、风力发电等项目采取差别化用地政策支持新业态发展。同时，“大众创业”、“万众创新”也催生了农业创客空间等光伏农业新兴的发展形态，推动光伏产业和农业在更高层次融合发展。

#### • 精准扶贫为光伏农业快速发展提供了机遇

精准扶贫已经成为中国各级政府一项政治任务。作为精准扶贫的创新应用模式，光伏农业将光伏发电与高效农业相结合，有效增加单位土地面积的收入，是实现精准扶贫非常有效的途径之一。2016年1月，国家能源局发布的《关于加快贫困地区能源开发建设推进脱贫攻坚的实施意见》提出，到2020年，完成200万建档立卡贫困户光伏扶贫项目建设，户均增收3000元以上的目标。这将为光伏农业快速发展提供新的机遇。

作为将光伏产业和农业种植有机结合的一种新模式，光伏农业契合了中国绿色低碳发展的潮流，企业可以同时获得政府有关光伏发电以及农业发展政策的支持，降低了企业经营成本。不仅实现了光伏发电在中东部人口密集地区的规模化利用，还推动了农业生产方式从农场变工厂、田间变车间的历史性变革，为中国农业现代化转型提供了一条“类工业”的绿色发展道路。

## 1.2 研究意义

在中国政府一系列政策的激励下，光伏农业装机规模获得了快速扩张，但中国的光伏农业处在初级的发展阶段，不少投身于

光伏农业的企业，由于缺乏合适的商业模式，光伏发电和农业种植无法有效结合，致使不少光伏农业设施闲置或利用率不高。同时，中国光伏农业商业模式创新还受到管理体制落后、融资渠道单一、产业标准缺乏等诸多因素影响。

从中国光伏农业实践中总结和提炼中国企业光伏农业商业模式，系统梳理和识别中国光伏农业发展的主要制约因素，对于中国光伏农业产业健康可持续发展具有紧迫的现实意义。本研究以中国青岛即墨光伏农业项目为案例，通过对光伏农业项目的经济、社会、环境效益评估，总结和提炼即墨光伏农业的商业模式；并基于案例分析推广即墨光伏农业商业模式所面临的困难、挑战和应对措施，以期为加快中国光伏农业产业持续健康发展提供决策参考。

## 项目简介

### 2.1 项目概况

山东省是中国的农业大省，太阳能资源比较丰富，是中国东部地区光照条件最好的省级行政区之一。项目所在地即墨市地处山东半岛西南部，是山东省青岛市的一个县级市。全年日辐射量 $4.86\text{kWh}/\text{m}^2$ ，属于中国太阳能资源第III类可利用区域。即墨市经济实力雄厚，在2015年中国社科院发布的《中国县域经济发展报告（2015）》中，县域经济竞争力居全国第13位。良好的经济基础与光照条件为即墨市规模化发展光伏农业提供了条件。项目所在地如图1所示。

图 1 | 即墨光伏农业项目所在地示意图

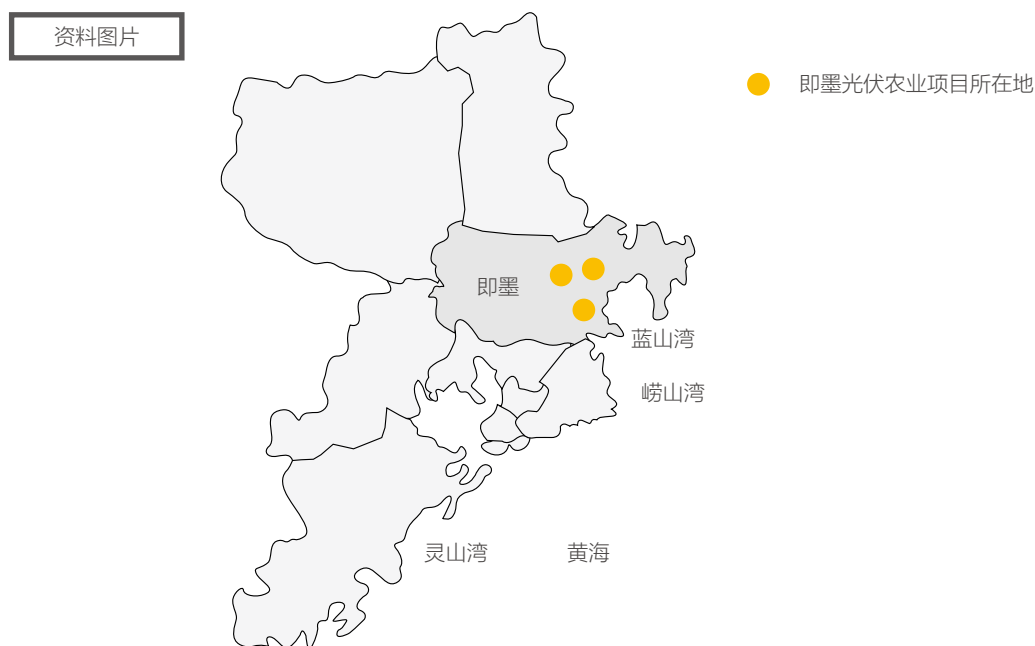


表 1 | 即墨光伏农业项目建设进度一览表

项目	日期	装机容量 (MW)	占地面积 (亩)	电站	享受价格政策
华盛太阳能农庄	2012—2013	10	508	分布式	金太阳工程建设补贴
光伏小镇农业科技大棚一期	2014	20	1000	地面	光伏电站标杆上网电价
光伏小镇农业科技大棚二期	2015	20	1600	地面	光伏电站标杆上网电价
光伏小镇农业科技大棚三期	2016	80	4000	地面	光伏电站标杆上网电价

说明：截至 2016 年 3 月份，光伏小镇农业科技大棚三期已建成 60MW。

图 2 | 即墨光伏农业项目运作流程图



即墨光伏农业项目是青岛昌盛日电太阳能科技股份有限公司（以下简称“昌盛日电”或“投资运营商”）在应对2010年左右中国光伏产业产能过剩和市场需求萎缩的双重危机过程中，逐步摸索出的光伏发电与农业种植大棚相结合的光伏利用新形式。2010年以来，即墨光伏农业项目规划总装机容量为130MW，已分批分期建成110MW，占地近6000亩。详见表1。

## 2.2 项目业务流程

即墨光伏农业项目的投资运营包括光伏电站的投资运营及农业园区的投资运营两部分：光伏电站的投资运营主要流程包括项目前期开发（包括土地选址、土地备案、取得电站建设指标等）、项目施工建设、并网发电等；农业园区的投资运营，主要通过各地的农业项目公司实施，投资运营商主要负责园区平台相关设施的搭建，其主要业务流程包括农业经营设施、咨询指导及其他平台职能，吸引园区所在地优势企业及农业创业大户入园

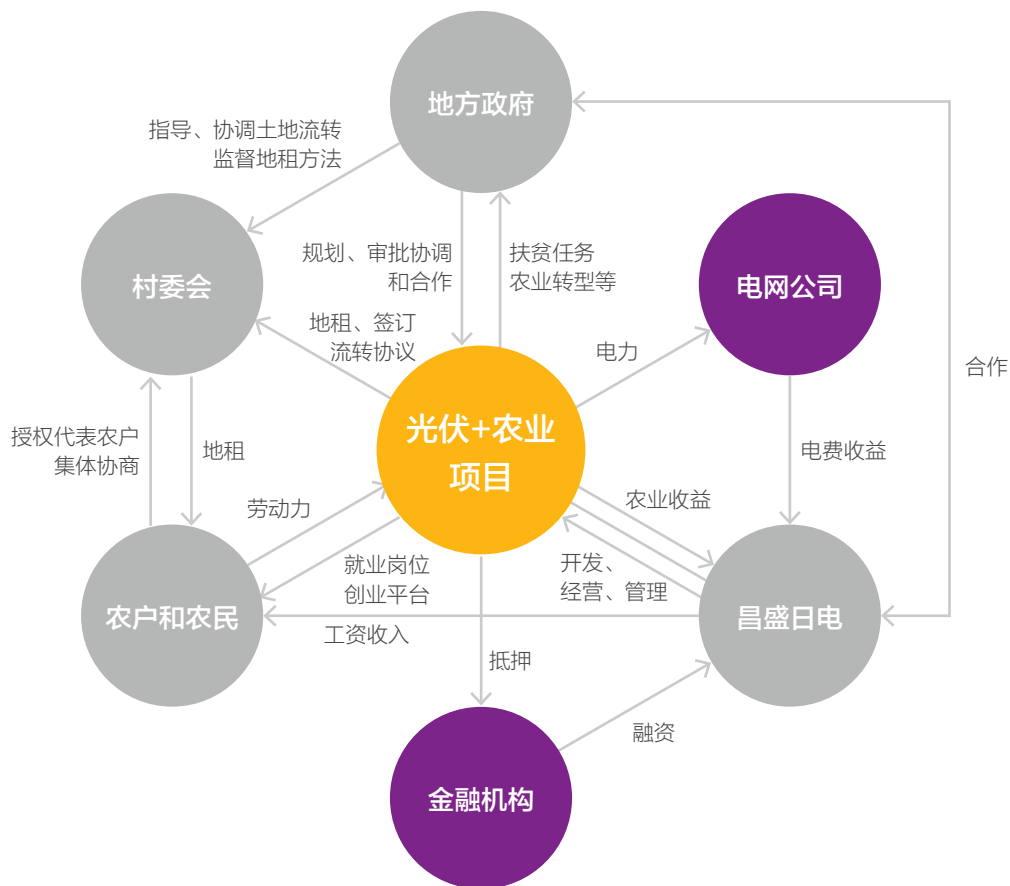
经营，获取园区设施租赁及服务收益，并带动当地农业产业的转型升级。即墨光伏农业项目的运作流程如图2所示。

## 2.3 利益相关方分析

为了更为全面地展示项目基本情况，本研究简要分析了项目各利益相关方的作用与利益关注点，如图3所示。

**投资运营商。**即墨光伏农业科技大棚一期和二期的建设单位和投资主体为青岛城盛太阳能小镇农业科技有限公司（以下简称“城盛科技”），由青岛城乡社区建设投资集团有限公司、昌盛日电及即墨市城市旅游开发投资有限公司三方联合成立，以昌盛日电为主。三期建设和投资主体公司为青岛城盛太阳能小镇农业发展有限公司（以下简称“城盛发展”），其中昌盛日电对城盛科技持股为8%，对城盛发展持股为51%。而昌盛日电下属公司青岛华盛绿能农业科技有限公司（以下简称“华盛绿能”）负责农业部分融资、配套设施建设和运营管理。

图 3 | 即墨光伏农业项目利益相关方关系图



**地方政府。**地方政府是光伏农业发展的重要推动者。为了支持光伏农业发展，即墨市组建了公私合营模式（Public-Private-Partnership, PPP）投资公司，发挥政府在规划、融资等方面的先导优势，以及投资公司在企业经营管理领域的专业性，实现了利用社会资源与减轻财政负担的双赢；成立了光伏农业产业基金，由即墨市政府、青岛市科技局和昌盛日电共同发起成立1亿元产业引导基金，通过专业普通合伙人（General partner, GP）公司管理，吸纳社会资本放大引导基金，重点扶持园区内农业科技项目孵化、规划范围内现代农业发展，有效破解光伏农业发展面临的融资瓶颈。此外，为支持“光伏小镇农业科技大棚三期”及以后的顺利建设运营，青岛即墨国家农业高新技术开发区于2015年5月份成立了临时性的“项目指挥部”，由分管农业和农村工作的副市长作为领导，联合政府中农业、环保、发改、公安、科技等部门，以及项目业主昌盛日电，以定期召开联席会议的形式整合资源，集中讨论解决项目建设中环境影响评价、项目立项、土地调整、资金筹措等环节遇到的问题，确保项目工程进度。

光伏农业项目通过探索构建集光伏发电、现代生态农业、休闲观光旅游、新能源建设于一体的绿色产业园区，实现了“农光互补”、“一地多用”，这是即墨市政府落实上级政府加快转变农业发展方式的具体、有效举措。借助光伏农业，即墨市政府可以不断总结其发展经验，提炼即墨光伏农业商业模式，可为区域传统农业转型提供借鉴。

**农户或农民。**对即墨当地农民而言，农民通过土地经营权流转将土地经营权转租给昌盛日电，可以获得稳定的土地租金收入。如：土地经营权流转每年可得到每亩土地约500千克小麦的流转收入。同时，农民土地通过经营权流转实现了从分散到集中，农业生产方式由过去的包产到户分散经营转变为规模化集中经营，为农民带来更多就业可能，1000亩园区平均可提供大棚种植、蔬菜加工、园区保洁、园区护卫等就业岗位300个。光伏农业项目为当地农民提供多样化的就业方式，农民经过相关的技术培训成为产业工人，既可以进棚务工种植，也可在农业公司工作，使得农民的工作条件和收入都有较大提高，平均每月可获得2000~3000元的工资收入。同时，光伏农业项目通过园区平台化运行，吸引社会资源在园区集聚，为有条件的村民提供创业平台，帮助村民实现创业增收。

**村委会。**作为基层自治组织，村委会依法管理本村属于村民集体所有的土地。在本案例中，村委会主要起到服务和协调作用：一方面，村民授权村委会代表村民与地方政府沟通协商土地流转事宜，并代表村民与企业达成合作关系；另一方面，村委会代表村民接收企业土地地租收益，再具体分发给相应的村民。村委会的存在大大降低了光伏农业项目的沟通成本，提高了项目推进的效率。光伏农业项目也为村委会建设提供了资源，提高了村委会服务村民的能力。

**电网公司。**根据国家能源局的相关政策，当地电网公司为项

目的并网接入提供技术支持，在项目完成备案后开展相关配套并网工作，承担项目接入系统工程（含通信专网）以及接入引起的公共电网改造部分的建设费用。同时，当地电网公司为享受国家电价补助的光伏电源项目提供补助计量和结算服务，在收到财政部门拨付补助资金后，及时支付给项目业主。

光伏农业项目一方面可以帮助电网提高清洁电力比例，优化能源结构，提升电网公司的社会形象和声誉；另一方面，也降低了国家在支付光伏发电补贴、结算过程中的交易成本。

金融机构。在即墨光伏农业项目建设初期，金融机构以光伏电站未来电力收益为抵押向项目授信，支持项目的建设和运行。

## 项目经济、社会效益评价

即墨光伏农业科技大棚的经济、社会效益评价是识别光伏农业项目商业模式的基础性工作。本部分将在评价即墨光伏农业科技大棚主要类型经济效益的基础上，以农业科技大棚三期光伏农业项目为例，对光伏农业项目的经济、社会效益及其影响因素进行评价和分析，为识别即墨光伏农业项目可推广、可复制的商业模式提供研究支撑。

### 3.1 光伏农业科技大棚及光伏技术简介

即墨光伏农业科技大棚简介。根据当地资源、适宜种植品种及市场特点等，即墨光伏农业科技大棚逐渐实现了光伏农业设施的标准化和系列化，主要类型有玻璃温室棚、双膜双立柱棚、春暖阴阳棚、冬暖阴阳棚、砖砌冬暖棚和联排棚。其中，玻璃温室棚主要用于展示光伏技术与最新现代农业技术有机结合的成果。本案例重点关注生产性光伏农业科技大棚，各类型大棚的基本信息如表2所示。

光伏组件技术及铺设方案简介。根据结构不同，光伏农业科技大棚的光伏组件大体可以分为单玻组件和双玻组件。由于单玻组件渗水性问题暂时无法解决，光伏农业科技大棚的光伏组件逐渐被双玻组件所代替。所谓双玻组件是指由两片玻璃，中间复合太阳能电池片，电池片之间由导线串、并联汇集引线端的整体构件。而中间复合晶体硅电池片材料又有单晶硅和多晶硅之分。即墨光伏农业科技大棚的光伏组件主要是双玻组件。

光伏组件铺设方案。昌盛日电光伏农业科技大棚采取独特的一体化设计和分体安装的铺设方案，光伏组件安装在架高的支架上，光伏组件与水平线呈现一定角度，以最大限度接收太阳光照辐射。支架前方建设拱形农业大棚，农作物所需日照光线可以无遮挡地进入农业大棚里。光伏组件与农业大棚的错位安装较好地解决了光伏发电和大棚农作物争光的问题。双膜双立柱棚、冬暖阴阳棚、春暖阴阳棚和砖砌冬暖棚都属于此类铺设方案。因为双膜双立柱棚内种植喜阴性农作物，如菌类，光伏组件可以在棚顶实现满铺。



表 2 | 即墨光伏农业科技大棚基本信息

类型	净面积(m <sup>2</sup> )	适宜农作物	寿命(年)	装机容量 (kW)	初始投资(万元)		
					设施		设备
					大棚	光伏组件	
联排棚	3200	茶叶	25	156	55	116.6	1.5
双膜双立柱棚	343	食用菌	25	56	12.5	42	3
春暖阴阳棚	阳棚	蔬果、叶类蔬菜	25	51	11	37.5	0.5
	阴棚	食用菌、中草药					
冬暖阴阳棚	阳棚	错季蔬菜	25	51	26	37.5	1
	阴棚	食用菌、彩叶苗木及花卉					
砖砌冬暖棚	1232	错季蔬菜、彩叶苗木及花卉	25	84	22	63	1.2

数据来源：内部资料<sup>[5]</sup>。

与以上棚型铺设方案不同，联排棚的光伏组件采取的是透光性铺设方案，光伏组件安装在联排棚的阳面，通过光伏组件之间预留的空隙保持一定的透光率。透光率根据棚内种植农作物的不同而变化，如种茶叶时，透光率为30%。各主要棚型结构如图4所示。

## 3.2 经济效益测算

### 3.2.1 光伏农业科技大棚经济效益测算

光伏农业科技大棚经济效益测算主要涉及成本与收益，其中，成本与收益分别包括光伏发电和农作物种植两部分。光伏发电的成本和收益比较容易核算；而农作物种植的成本与收益与种植农作物的品种密切相关。本部分选择了即墨光伏农业科技大棚种植实践中各基本棚型的典型种植农作物，进行光伏农业科技大棚中农业部分成本和收益的核算。以双膜双立柱棚种植香菇为例，经济效益测算过程如下：

农业物种植：种植菌类为香菇；菇房与设备等其他用房面积

按343m<sup>3</sup>计算；投资成本为每个大棚12.5万元。运行成本核算：菌棒按照成品购买，价格为3元/棒，大棚可放置菌棒1.25万棒；种植人工费用为0.5元/棒，水电费为0.3万元/年。香菇种植收益：大棚一年按照出菇3批次计算，年产香菇22500~27500千克。市场销售价格：香菇对外销售价由于季节不同价格差别较大，旺季每千克鲜菇价格为8元，淡季每千克鲜菇价格为10元，年平均销售价格按每千克鲜菇9元计算。以上测算过程详见表3。

光伏发电：菇房的可利用棚顶面积为300m<sup>2</sup>；可布置光伏组件为56kW；光伏投资成本为42万元；光伏运行成本为0.06元/W，0.336万元/棚；光伏发电全部并网；光伏标杆电价执行山东补贴政策：2013—2015年并网发电的光伏电站，上网电价确定为每千瓦时1.2元；2015年之前光伏发电增值税即征即退50%等税收政策。以上详细信息如表3所示。

主要棚型经济效益测算结果汇总：按照上述测算方法，双膜双立柱棚、春棚阴阳棚、冬暖阴阳棚、砖砌冬暖棚和联排棚经济效益测算如表4所示。

图 4 | 即墨光伏农业科技大棚主要棚型示意图

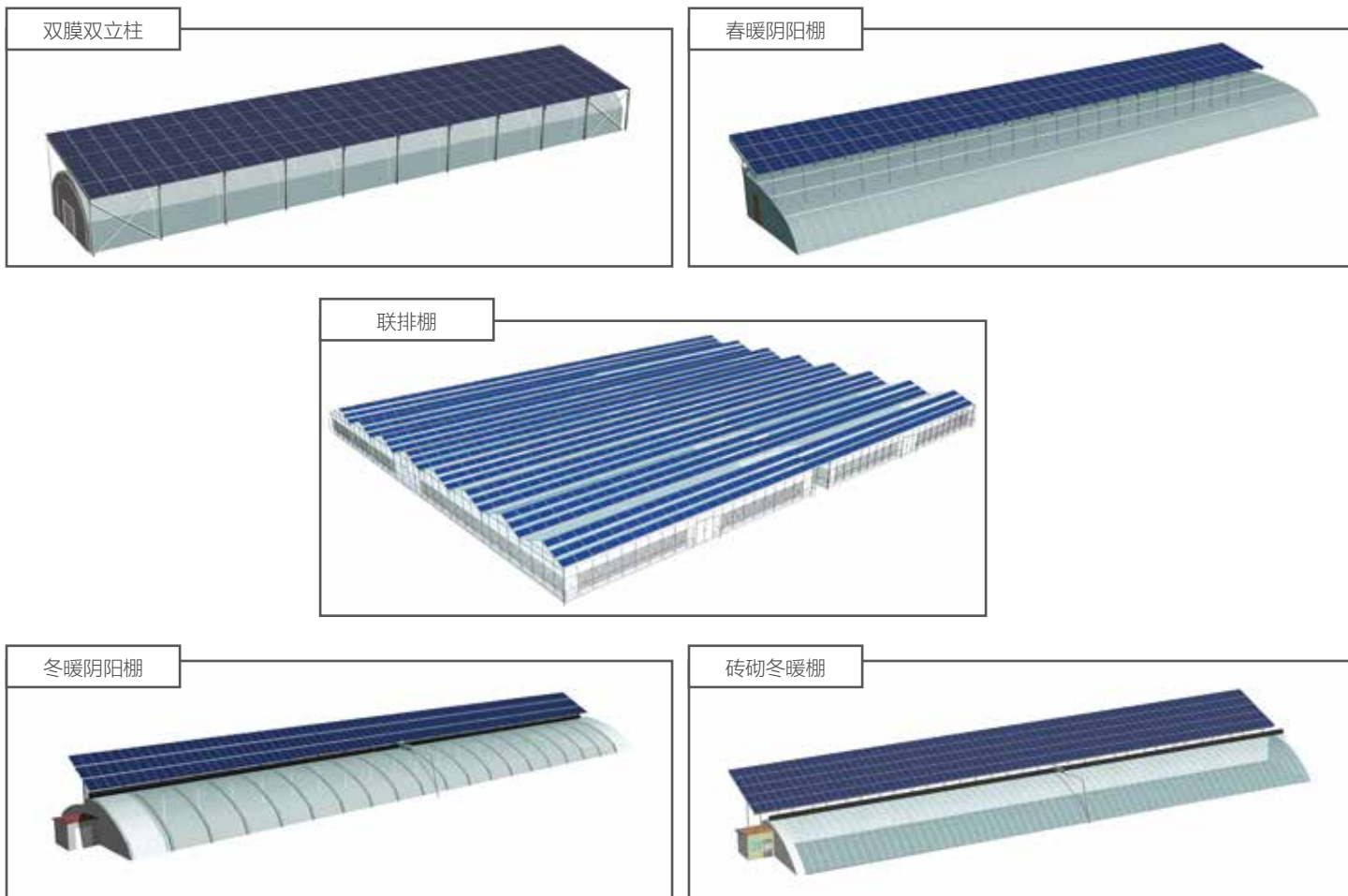


表 3 | 双膜双立柱棚效益测算表（以种植香菇为例）

项目	金额	备注	
1 成本			
1.1 初始投资			
大棚设施	万元 / 棚	12.5	
光伏设施	万元 / 棚	42	
设备投资	万元 / 棚	3.0	
小计：	万元 / 棚	57.5	
1.2 运行成本			
耗材（菌包）	万元 / 棚 / 年	11.25	3.75 万棒 / 3 批 / 年（架栽）；6 层 29 架
种植人工费用	万元 / 棚	1.88	种植人工费为 0.5 元 / 棒
水电费	万元 / 棚	0.3	
光伏运行维护费	万元 / 棚	0.34	
地租成本	万元 / 棚	0.07	
小计：	万元 / 棚	13.84	
1.3 税收			
增值税	万元 / 棚	0.09	自产农业产品免税，光伏电力补贴免征增值税，税率 17%。
附加税	万元 / 棚	0.01	附加税为增值税的 11%
所得税	万元 / 棚	0.78	所得税税率 25%，自取得生产经营收入起三年免征，第 4 年至第 6 年所得税减半
小计：	万元 / 棚	0.88	
1.4 折旧	万元 / 棚	2.58	投资的 80% 形成固定资产，采取直线折旧法，年限为 10 年
1.4 其他成本	万元 / 棚	2.81	期间成本，按销售收入的 10% 计提。比例参照光伏上市公司期间成本计提比例
2 产值			
2.1 农业收入			
产量	千克 / 棚	25000	22500 ~ 27500，按 25000 计
价格	元 / 千克	9	年平均销售价每千克鲜菇按 9 元计算
产值	万元 / 棚	22.5	
2.2 光伏收入			
年度发电量	kWh / 棚	71600	
价格	元 / kWh	1.2	山东省光伏上网电价
产值	万元 / 棚	8.59	
3. 经济指标			
年均收益率	%	13.15	
内部收益率	%	16.91	
静态回收期	年	5.7	

数据来源：内部资料<sup>[5]</sup>。

表 4 | 即墨光伏农业科技大棚基本棚型经济效益测算

类型		收益 (万元/年)					运行成本			
		农作物		光伏		总计	农业种植部分			
		产量	价格	发电量	价格		耗材	人工	水电	膜更新
		(kg/年)	(元/kg)	(MW/年)	元/kWh					
联排棚	530	3200	500	187.5	1.2	49.0	1.06	5.57	1.06	1.20
双膜双立柱棚	25000	343	9	69.3	1.2	35.1	11.25	3.5	0.3	0.12
春暖阴阳棚	阳棚	4000	6	/	/	35.2	0.01	3.15	0.15	0.18
		2000	6							
	阴棚	25000	9	60.9	1.2					
冬暖阴阳棚	阳棚	12500	25	/	/	61.1	13.75	5.63	0.2	0.13
	阴棚	27000	9	60.9	1.2					
砖砌冬暖棚		15000	6	/	/	31.0	0.15	3.1	0.2	0.33
		3500	6	101.0	1.2					

成本（万元 / 年）							经济评价结果		
光伏	地租	税收			固定资产 折旧	其他成本	平均收 益率	内部收 益率	静态 回收期
		增值税	附加税	所得税			%	%	年
0.94	0.70	0.26	0.03	1.93	8.19	4.06	8.51%	12.07%	8.00
0.34	0.07	0.09	0.01	0.71	2.58	2.76	12.55%	16.30%	5.89
0.30	0.11	0.32	0.02	0.63	2.3	3.19	15.74%	19.41%	5.08
0.30	0.08	0.18	0.02	0.74	3.05	5.55	19.48%	22.00%	4.61
0.50	0.19	0.02	1.07	4.04	2.78	0.02	18.77%	21.46%	4.70

### 3.2.2 光伏农业科技大棚三期经济效益评价

即墨光伏农业科技大棚三期占地4000亩，涉及除双膜双立柱棚外所有类型的农业科技大棚。其中，春暖阴阳棚（阳棚）最多，总数达到844个，装机容量和大棚总面积占比分别为78.95%和76.43%。光伏农业科技大棚三期各类棚型结构信息如表5所示。

由于受土地地形、水源、地块面积等因素影响，即使同类棚型的规格尺寸也不尽相同。为了科学测算即墨光伏农业科技大棚三期项目的经济效益，本案例研究将表4基础信息转化为单位投入与产出，以各类光伏农业科技大棚面积为权重（见表5），测算即墨光伏农业科技大棚三期项目的经济效果。具体结果见表6。

### 3.3 社会效益分析

即墨光伏农业三期项目作为一项新型、优质的绿色环保项目，符合经济社会可持续发展的需要，具有良好的社会效益。

首先，为项目所在地提供充沛的清洁能源动力，优化当地能源结构。以煤炭为主的能源结构使当地社会经济发展承受着巨大的环境压力，光伏发电对于降低当地的煤炭消耗、缓解环境污染和交通运输压力、改善和优化能源结构具有积极作用。同时，该项目可有效平衡即墨市电网电力，对青岛电网供电能力也能形成有益的补充，每年提供9562.5万kWh的清洁能源，25年总上网电量为23.9亿kWh。

表 5 | 即墨光伏农业科技大棚三期各类棚型结构信息

	数量（个）	装机容量（kW）	占比（%）	总面积（m <sup>2</sup> ）	占比（%）
春暖阴阳棚（阳棚）	844	61873.68	78.95	710492.6	76.43
联排棚	716	10153.44	12.96	113485.1	12.21
砖砌冬暖棚	536	4710.75	6.01	73649.16	7.92
冬暖阴阳棚	488	1632.51	2.08	32015.55	3.44
合计	2584	78370.38	100	929642.41	100

数据来源：案例公司提供。

表 6 | 即墨光伏农业科技大棚三期光伏农业经济效益

	数量	单位	项目	数量	单位
占地面积	4000	亩	项目总投资	78497	万元
装机容量	78.4	MW	年上网电量	9562.5	104kWh
光伏投资	58954	万元	农业投资	18751	万元
农业销售收入	10766	万元/年	电力销售收入	11147	万元/年
农业运行成本	6380	万元/年	光伏运行成本	471	万元/年
地租成本	520	万元/年	内部收益率	8.53	%
静态投资回收期	9.8	年			

表 7 | 即墨光伏农业科技大棚三期环境效益

项目	数量	项目	数量	总面积 (m <sup>2</sup> )	占比 (%)
年均发电量	9562.5 万 kWh	年均 SO <sub>2</sub> 减排	156.6 吨	710492.6	76.43
年均节约标准煤	3.07 万吨	年均 NO <sub>x</sub> 减排	179.25 吨	113485.1	12.21
年均 CO <sub>2</sub> 减排	10.12 万吨	年均烟尘减排	53.91 吨	73649.16	7.92

其次，运用光伏发电等清洁能源技术可有效达到节能减排的效果，减少二氧化碳等温室气体的排放。按照2014年全国火电全口径排放系数测算，年发电量按9562.5万kWh计算，25年发电周期内，共可节约标准煤约76.6万吨，减排二氧化碳约252.2万吨、二氧化硫约0.39万吨、氮氧化物约0.45万吨、烟尘约0.13万吨。该项目的环境收益见表7。

再次，带动了农村人口就业，助推精准扶贫。在传统种植模式下，每亩土地的毛收入3000多元，纯收入不过1000元；而通过建设光伏农业项目，农民不仅可以通过土地流转获得每亩500~600千克小麦的租金收入，而且由于土地设施化，实现了农业生产的集中化和规模化，为农村剩余劳动力提供了大量就业机会。按照1000亩园区平均可以提供就业岗位300个来计算，即墨光伏农业科技大棚三期项目可提供1200个就业岗位，每人工资按每月2000元计，仅工资一项就为当地农民带来2880万元左右的年收入。同时，部分农民通过承包光伏种植大棚，利用园区资源成为农业创客，实现了从产业工人到创业者的转变。

### 3.4 经济效益影响因素识别与分析

光伏农业将光伏发电与现代农业种植相结合，实现了光伏与设施农业共享，产生了良好的综合效益。但光伏农业的发展受到诸多政策驱动，其经济性受诸多因素影响，科学识别这些因素，既可降低光伏农业项目经营风险，也可为中国光伏农业长期发展政策的制定者提供研究支撑。本部分以双膜双立柱棚为例，利用敏感性分析，从空气质量、技术进步、市场需求、政策风险等角度识别光伏农业项目经济效益的影响因素。

#### 3.4.1 主要影响因素

空气质量。随着中国大气环境的变化，雾霾天数的增加使得

空气质量成为影响光伏发电效益的关键因素。空气质量对光伏发电的影响主要表现在以下几点：第一，雾霾减少了到达太阳能电池板的太阳辐射；第二，颗粒物在电池组件表面累积，组件表面就会形成污渍，难以清洗，减少了电池组件表面太阳辐射的接受量，导致发电量进一步降低。根据本案例光伏年发电量的测算方法，通过等效利用小时数变化来考察空气质量对光伏农业项目效益的影响。

技术进步。技术进步是影响光伏农业项目经济效益的关键因素。技术进步对光伏农业项目经济效益影响主要体现在单位装机容量投资成本的降低，同时，技术进步也体现在光伏发电效率的提升和单位面积装机容量的增加。本案例单位装机容量投资成本降低10%，由此测算光伏技术进步对光伏农业项目经济效益的影响程度。

市场需求。市场需求是影响光伏农业项目中农业收益的直接因素，具体表现为大棚下种植农作物的市场价格。本案例通过种植农作物价格上下浮动10%，来考察市场需求对光伏农业经济效益的影响程度。

政策影响。中国光伏农业的快速发展主要得益于政府诸多政策的驱动，如土地流转政策、光伏发电上网价格政策、税收减免政策、光伏农业建设补贴政策、节能减排政策等。其中，土地流转政策允许光伏农业用地不改变利用性质，土地成本主要表现为地租；而光伏发电上网电价方面，即墨光伏农业装机容量大于20MW享受光伏电站上网电价补贴，按山东省规定，2013—2015年并网发电的光伏电站，上网电价确定为每千瓦时1.2元。同时，光伏发电可以通过减排量核证，参与即将建立的全国碳排放权交易市场。关于政策影响，我们重点讨论土地租金变化、光伏电站上网补贴价格变化，以及碳交易引入对光伏农业项目经济效益的影响。

### 3.4.2 敏感性分析

上述因素对双膜双立柱棚经济效益内部收益率（基准值：16.30%）的影响如表8所示。

从表8可以看出，对双膜双立柱棚而言，市场需求因素对经济效益最为敏感，如果光伏农业中农业作物价格下降1个百分点，将会使双膜双立柱棚内部收益率下降2.01个百分点；其次是技术进步因素，当技术进步引起单位装机容量投资成本下降10%时，双膜双立柱棚内部收益率将提升1.26个百分点，技术进步的敏感系数为0.773。空气质量成为影响双膜双立柱棚经济效益的因素，如果空气质量变化引起等效利用小时数下降10%时，双膜双立柱棚内部收益率将下降到15.38%；如果空气质量好转，将进一步提升双膜双立柱棚的经济效益。需要说明的是，技术进步对光伏农业项目经济效益的影响不仅仅体现在单位装机容量投资成本降低，还体现在光伏发电系统效率提升、单位装机容量增加等方面。

政策的敏感性分析表明，取消地方补贴不会显著降低光伏农业项目的经济效益。当光伏上网电价从1.2元/kWh下降到1.0

元/kWh时，双膜双立柱棚内部收益率下降到14.75%，仅下降了1.55个百分点。而项目经济效益对光伏上网电价变化的敏感程度低于预期，当光伏上网电价变化下降10%时，双膜双立柱棚内部收益率下降到15.38%，下降幅度不超过1个百分点，敏感系数为0.564。这也在一定程度上支撑了国家确定的逐步下调光伏上网电价的政策。

尽管敏感性计算结果显示，地租对光伏农业项目全生命周期投资收益率的影响甚微。光伏农业项目地租每上升一个百分点，双膜双立柱棚全生命周期投资收益率只下降了0.006个百分点。但这并不能说明光伏农业项目开发过程中的政策风险小。由于即墨光伏农业项目土地流转并没有改变土地性质，如果光伏农业用地转变土地性质，土地成本问题就会立即突显出来，甚至导致光伏农业项目不再具有经济可行性。

如果将光伏农业产生的碳排放配额参与碳交易，将可以有助提升项目的经济效果。为了发挥市场机制在温室气体控排中的决定性作用，中国政府计划2017年启动全国碳排放交易市场。光伏农业项目的光伏发电可以根据《温室气体自愿减排交易管理暂行

表 8 | 双膜双立柱棚经济效益影响因素敏感性分析表

因素类别	具体指标	基准值	变化 (%)	全生命周期投资收益率 (%)	敏感系数
空气质量	等效利用小时数	1200h	-10	15.38	0.564
技术进步	单位装机容量投资成本	0.75 万元 /MW	-10	17.56	0.773
市场需求	蘑菇、蔬菜价格	9 元 / 千克	-10	13.16	2.01
				19.71	
政策	土地流转政策：地租	1300 元 / 亩	+10	16.29	-0.006
	上网补贴电价	取消地方补贴 (0.2)	16.7	14.75	/
		1.2	-10	15.38	0.564
		碳交易	24.8 元 / 吨 CO <sub>2</sub>	/	16.50



办法》参与国内自愿碳减排交易。以中国北京中国核证自愿减排量（以下简称“CCER”）市场成交价作为参考，设定CCER价格为24.8元/吨。敏感性分析结果表明：由于光伏发电项目参与自愿碳减排交易，使得双膜双立柱棚全生命周期投资收益率上升0.20个百分点。虽然光伏农业项目参与碳交易对项目经济性提升效果不算显著，但中国全国碳排放交易市场的启动，对光伏农业的意义不仅仅体现在项目经济效益方面，还体现在为光伏农业提供新的融资渠道。中国全国碳排放交易市场的启动，必将促进中国碳金融的发展，光伏农业项目可以以存续期CCER待实现的收益为抵押，获得可观的项目资金撬动比率，拓宽了光伏农业项目融资渠道。

## 商业模式研究

即墨光伏农业项目形成了一套集光伏电站开发经营与农业园区平台化经营于一体的独特发展模式，即墨园区基本形成了“4:4:2”的发展格局：40%的园区面积由专业农业公司经营，40%的面积提供给本地的农业专业化企业入园经营，剩余20%用于农业创客孵化。本部分将从土地流转模式、融资模式、运营模式、盈利模式、推广模式等方面详细分析即墨光伏农业项目的商业模式。

### 4.1 土地流转模式分析

规模化土地是光伏农业项目的核心资源之一，即墨光伏农业项目采取农村土地承包经营权出租流转的方式，在不改变土地性质的前提下，获得发展光伏农业规模化的土地资源。在土地流转过程中主要涉及四类直接利益主体：农户、村委会、地方政府（即墨市政府）和投资运营商。其中，农户是农村土地承包经营权拥有者，是土地流转的土地流出方。一般情况下，土地流转的直接收益（租金）与农户转出土地的意愿成正比。但收益最大化并不是农户在农村土地流转过程中行为选择的唯一标准，还要考虑生存、就业等保障。村委会在土地经营权流转中往往作为农户的代理人和上一级政府组织的委托人，既代表农户实现其利益主张，又代表上一级政府组织落实政策。地方政府肩负引导和支持农村土地流转的责任，为参与农村土地经营权流转的各方主体提供交易平台，通过科技支持和社会化服务促进农村土地流转，同时提供监督土地流转与调解纠纷的职能。投资运营商作为光伏农业项目的实施者，也是土地流转过程中的土地受让方，其承诺的土地租金以及提供的就业岗位保障直接影响土地流转成败。四类直接利益主体中，农户、村委会和投资运营商是核心利益主体，而地方政府则是战略利益主体，能够在特定的时间和空间内给光伏农业项目运作带来直接和显著的影响。即墨光伏农业项目土地流转模式如图5所示。

表 5 | 即墨光伏农业项目土地流转模式示意图

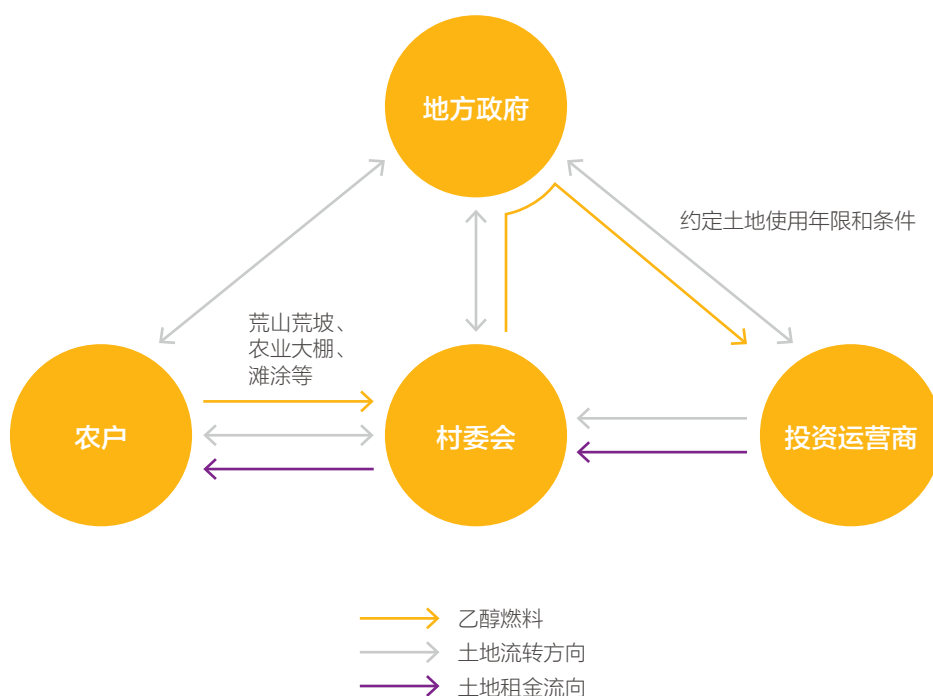
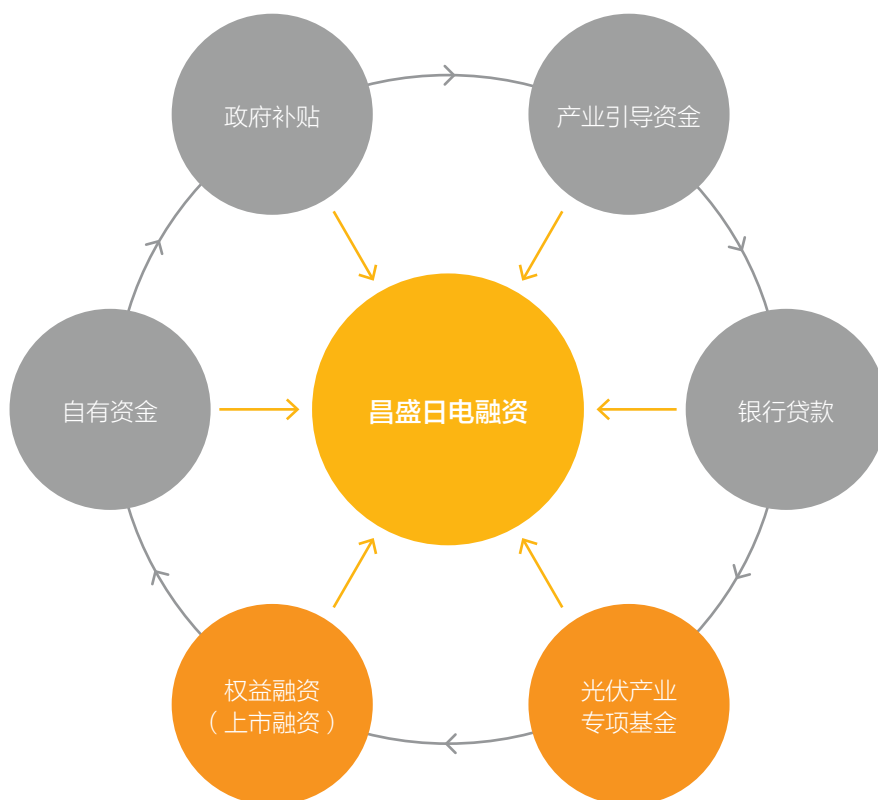


表 6 | 即墨即墨光伏农业项目融资模式示意图



## 4.2 融资模式分析

由于光伏农业前期投资较大，回报周期长，外部融资渠道是即墨光伏农业项目发展的重要资源，从企业初创期的银行抵押贷款、国家政策补贴垫付等为主的低层次融资模式，转向规模扩张期的光伏产业基金、融资租赁、社会融资（资本市场）等为主的复合型融资模式，如图6所示。

第一，传统银行贷款。利用光伏农业项目收益稳定性和政策导向性的特点，以光伏电站20年的发电收益权向国家开发银行、中国进出口银行和中国农业发展银行等政策性银行做抵押，获得12到14年不等的基准利率贷款，为项目提供长期低息贷款。

第二，光伏产业基金。与青岛城市建设投资集团、光大银行等发起成立“海上丝绸之路·光伏产业基金”，总额100亿元，一期30亿元，专门用于在“一带一路”沿线地区投资开发光伏农业项目。

第三，政府产业引导基金。与地方政府合作，成立光伏农业引导基金。即墨市政府、青岛市科技局和投资运营商共同发起成立1亿元产业引导基金，通过专业GP公司管理，吸纳社会资本放

大引导基金，重点扶持园区内农业科技项目孵化、规划范围内现代农业发展等。

第四，权益融资。2016年1月，昌盛日电在全国中小企业股份转让系统挂牌交易（新三板），公开发行股票1.16亿股，募集资金1.16亿元；公开发行股票占总股本的28.6%（截至2016年2月）。

其他，政府政策补贴。充分利用国家的农业及光伏产业发展扶持政策，积极申请国家政策补贴，政策补贴成为即墨光伏农业项目的一个主要资金来源。2011年，即墨光伏农业项目获得财政部金太阳示范工程1.1亿元财政补贴，用于补贴前期建设50%的投入，对投资运营商探索光伏和农业结合起到巨大的推动作用。

即墨光伏农业项目各项资金来源说明见表9。

具体项目层面，即墨光伏农业项目不断探索新的融资模式。以光伏食用菌大棚融资为例，在地方政府支持下，由金融机构和投资运营商按5:1融资配套支持光伏食用菌大棚项目。具体操作如下：光伏食用菌大棚基础投资由华盛绿能投资，由周边农户以家庭为单位与投资运营商合作，取得农业设施大棚的经营权，成为租户。租户向华盛绿能菌包工厂支付20%合同定金，其余80%申请贷

表 9 | 即墨光伏农业项目建设资金来源说明

资金来源	金额 / 说明	备注
<b>一、企业自筹资金与银行贷款</b>		
城盛科技	49:51 企业自筹与融资比例	农业发展有限公司，农业科技有限公司项目已经转让
国家开发银行、中国进出口银行和中国农业发展银行等政策性银行抵押贷款	5.82 亿元	2014 年 12 月国家开发银行 1.6 亿元、中国进出口银行 2.7 亿元；2015 年国家开发银行 3.12 亿元；利率为 5.6%
<b>二、政府政策补贴</b>		
金太阳示范工程，补贴前期建设投入，即工程总投资的 50%	1.1 亿元	自 2013 年开始不再新增申请审批
国家光伏新政，山东省政府 2013—2015 年光伏电站并网发电政策	1.2 元每千瓦时，地面光伏电站电价	自 2013 年 9 月开始
青岛市自主创新重大专项经费	1100 万元	计划总投资 8.5 亿元，实施期限 2 年
现代农业生产发展资金扶持	400 万元	计划总投资 4817.4 万元，实施期限 1 年
光伏农业引导基金	1 亿元	青岛市科技局出资 2000 万元，即墨市政府出资 2000 万元，昌盛日电 6000 万元
<b>三、海上丝绸之路·光伏产业基金</b>		
青岛城市建设投资集团、国家开发银行、昌盛日电和光大银行共同出资建立光伏农业专项基金	总额 100 亿元，一期 30 亿元	青岛海上丝绸之路 600 亿元产业基金的一部分
<b>四、权益融资</b>		
上市融资	2 亿元	
<b>其他、政府税收优惠</b>		
高新企业减免税收优惠	15% 的税率	高新技术企业
企业研发开发费用加计扣除	150% 加计扣除政策	

款，贷款由金融机构支付给华盛绿能，华盛绿能按合同为租户提供菌包。租户种植的食用菌在华盛绿能园区内交易或者委托销售，销售所得首先用于偿还贷款，盈利部分返还给租户。整个环节所有资金由华盛绿能闭环管理，这样最大程度地降低了资金使用风险，同时解决了租户资金不足的问题，降低了经营风险。目前，即墨光伏农业项目食用菌大棚贷款融资规模已达5000万元。

### 4.3 运营模式分析

即墨光伏农业项目以园区化、平台化为理念，创立了光伏农业综合体的运营模式，主要包括光伏电站运营和光伏农业园区运营。

**光伏电站运营模式。**光伏电站的产品为电力，下游客户为国家电网在各地的电力公司。投资运营商负责光伏电站投资和运行维护，在光伏电站建成验收后并网发电，根据与电力公司签订的并网及购售电协议，将所生产的电力并入电网，向电力公司收取电费收入，并按发电量的一定标准收取国家及地方电费补贴。

**光伏农业园区运营模式。**投资运营商在光伏农业园区运营中主要负责相关平台的搭建，包括光伏农业科技研发、农业经营设施的建设、项目咨询指导、育种、提供销售渠道以及其他平台职能，吸引园区所在地农业大户及优势企业入围经营，获取园区设施租赁及其他服务收益，并带动园区所在地农业产业的转型升级[7-8]。

即墨光伏农业项目运营模式如图7所示。

青岛农业创客空间是即墨光伏农业项目平台化运营的一种重要体现和创新。青岛农业创客空间主要由“1+12”平台体系构成，其中；“1”指的是光伏农业园区，作为农业创客的产业平台；“12”代表农业创客的十二大助力平台，即工商税务服务平台、人力资源服务平台、法务支持平台、财务分析指导平台、政策支持导入平台、农业电商服务平台、呼叫中心客服平台、品牌推广服务平台、知识产权服务平台、供应链支持平台、新技术支持平台和投融资服务平台，如图8所示。

为了支撑青岛农业创客空间，投资运营商配套成立了青岛农业创客大学，主要职能包括农业创客培训、农业主导产业带头人培训、现代家庭农场主教育培训等，通过创客大学教育、农业园区实践、创客空间孵化三者的有机结合，培养光伏农业实用人才、职业农民和农业创业家。青岛农业创客大学首创技能、教育、孵化、投资的创业课程体系，针对各类创业对象的细分课程总数有100多门。

青岛农业创客空间以光伏农业综合体为载体，通过向全社会开放光伏农业园区资源和配套，吸引“创客”来到光伏农业综合体平台上进行创业。这不仅可以围绕光伏农业种植展开创业对接，孵化公司内部项目，实现企业员工向创客、事业合伙人的转变，还可以带动周边地区相关产业发展和就业，推动地方经济转型升级。

图 7 | 即墨光伏农业项目运营模式示意图

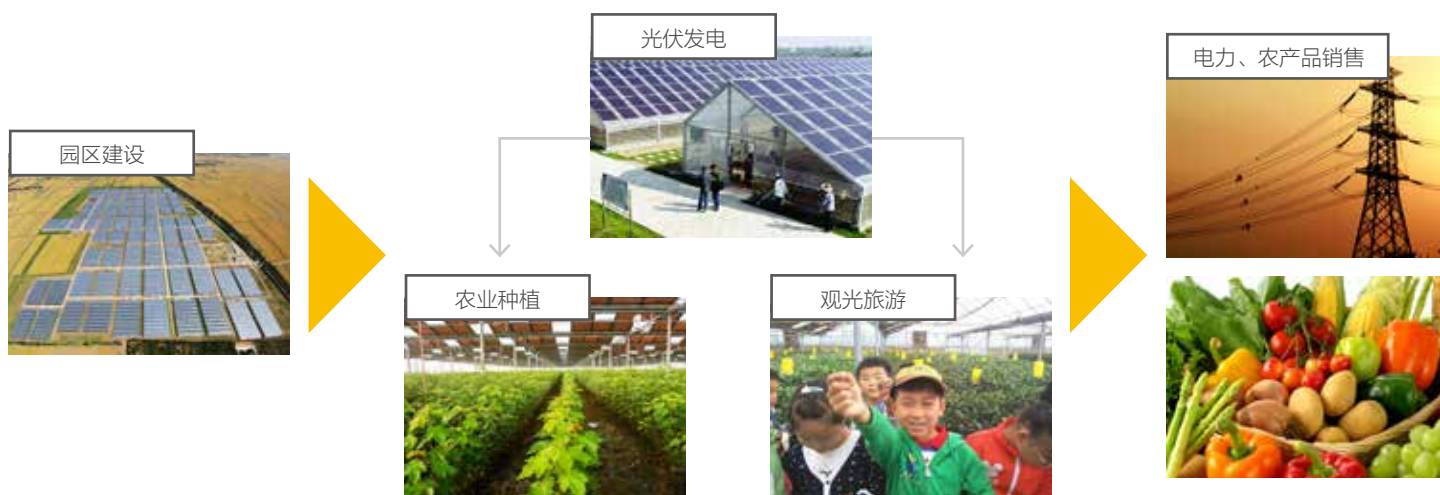
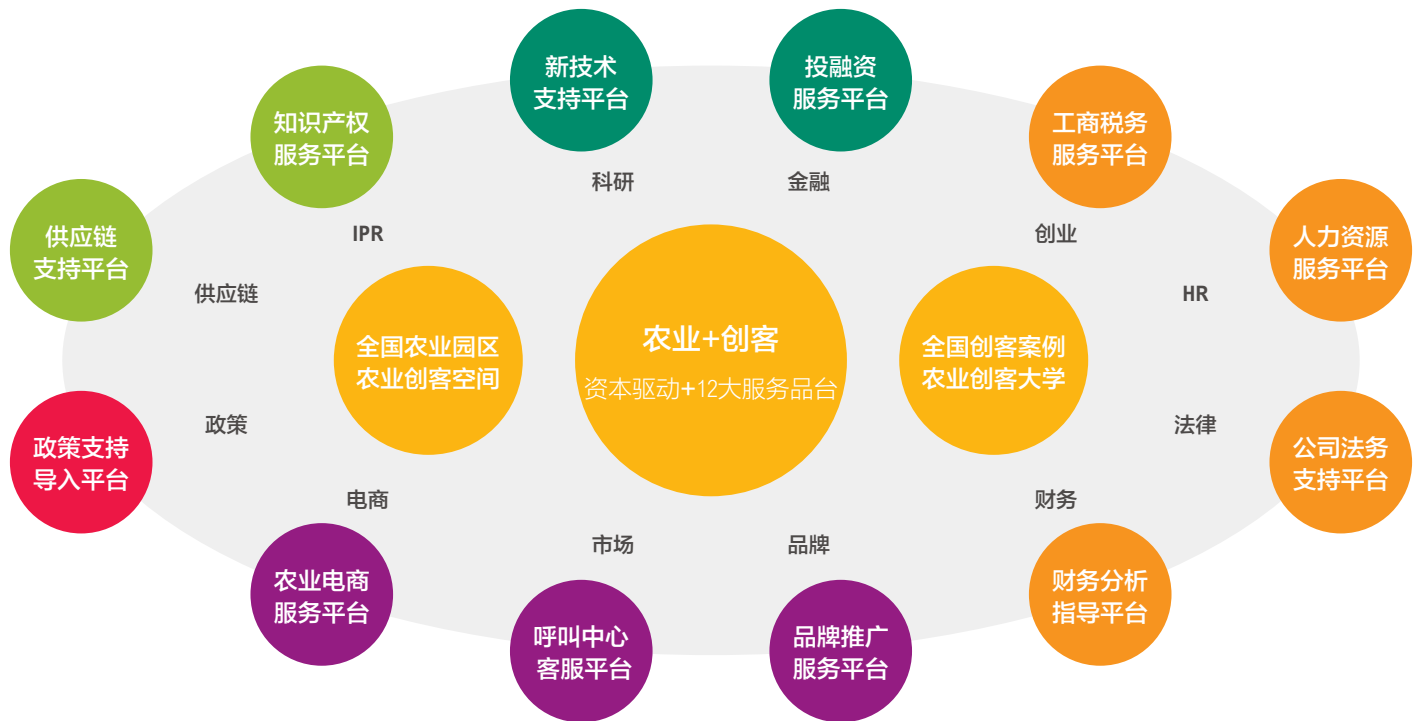


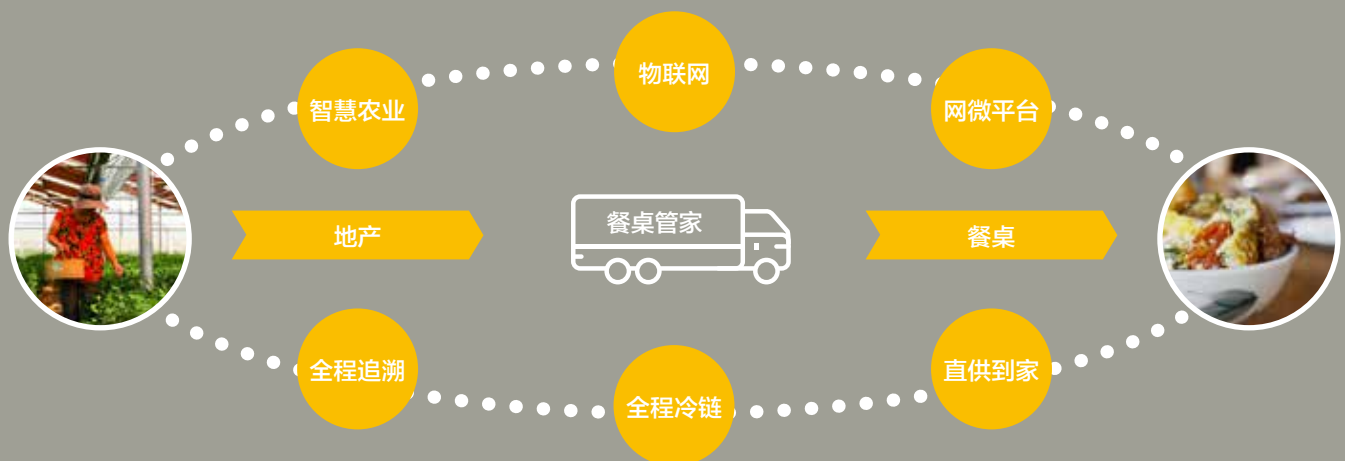
图 8 | 农业创客十二大助力平台示意图



专栏 1 | 青岛农业创客空间孵化项目简介

“餐桌管家”，青岛农业创客空间正在孵化的家庭直供项目，是华盛太阳能农庄提出的从农场直供到餐桌的农产品配送模式，依托家庭直供会员卡模块发展会员，可根据会员家庭的个性化需求每周向其配送优质蔬菜；社区直通车是将生鲜农产品的运输、储存和销售一体化，通过冷链物流配送至社区终端以惠及大众；通过线上销售推广模块公司建立官方微信公众平台、淘宝旗舰店、官方微店、官方微博，同时在赶集网、58同城、阿里巴巴网络平台进行推广销售。“餐桌管家”项目盈利模式如图9所示。

图 9 | 农业创客“餐桌管家”项目盈利模式示意图



#### 4.4 盈利模式分析

即墨光伏农业项目打造的“棚顶光伏发电、棚下农业生产”的光伏农业发展新模式，在光伏设施下发展大棚设施农业，提高了土地的整体利用率。本部分以农业科技大棚三期为例分析光伏农业的盈利模式。

从建设投资成本来看，大棚设施投资占了总投资的98.5%，其中，光伏设施投资占大棚设施投资的75.1%，农业大棚设施投资占23.8%，设备投资占1.05%。从运行成本来看，农业运行成本、光伏运行成本、地租成本分别占86.5%、6.4%和7.1%。

从收益来看，大棚收益主要由两部分组成，一部分是棚顶光伏发电，根据与电力公司签订的并网及购电协议，将所生产的电力并入电网，向电力公司收取电费收入，并按发电量的一定标准收取国家及地方电费补贴；另一部分是棚下农业生产收益。按照实际装机容量78MW计算，年均发电量为9562.5万kWh，按光伏发电全部并网，光伏标杆电价1.2元/kWh计算（20年，后4年按煤电机组脱硫上网电价计算），可实现每年10766万元收入；大棚内农作物种植可实现每年11147万元收入。如果地租成本由光伏发电和农业种植均摊，投资由各自均摊，农作物收益对整个项目收益贡献为50.9%，光伏发电收益贡献了49.1%。即墨农业科技大棚三期成本与收益结构如图10所示。

#### 4.5 推广模式分析

截至2016年年初，即墨光伏农业商业模式已在全国27个省市得到推广，已建、在建的光伏农业产业园区45个，开发协议总装

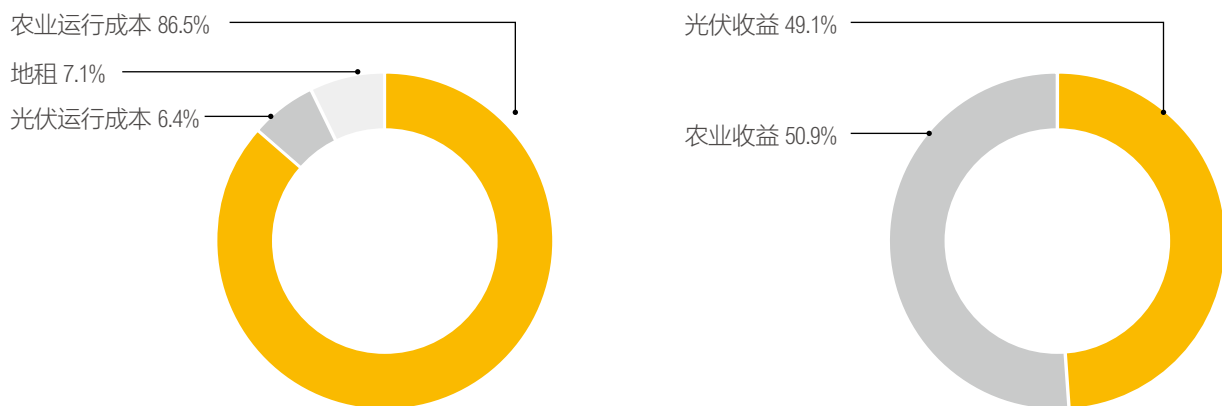
机量超过5000MW，累计完成光伏电站装机容量630余兆瓦，园区总占地面积超过5万亩。即墨光伏农业商业模式的快速推广，除了与其光伏农业融资模式、运营模式密切相关外，还与即墨光伏农业推广模式密切相关。

首先，光伏农业种植大棚的系列化，为即墨光伏农业商业模式的推动奠定了基础。案例公司注重光伏农业研发，在基础棚型的基础上，研发20多种棚型，可根据不同区域、不同作物、畜牧、渔业对光照、温度的不同需求，科学配置棚型。光伏农业产品的系列化，为实现光伏发电与农业种植有机结合奠定了基础。

其次，光伏农业综合体园区设施的标准化，为即墨光伏农业快速推广发挥了重要作用。在光伏农业具体推进过程中，先后制定了《光伏农业产业综合体园区规划大纲》，对光伏农业产业综合体园区的模式、核心展示区的布置、农业种植进行了统一规范，甚至对园区基础设施的施工都进行了标准化。对已签约项目，按照《光伏农业产业综合体园区规划大纲》的要求，集中时间与精力，将核心展示区建设成为集招商融资与功能展示于一体的微型光伏农业产业综合体，对于吸引合作伙伴、获取地方政府政策支持都发挥着重要作用。

再者，强大的融资能力为即墨光伏农业快速推广提供了保障。融资租赁、新三板挂牌上市、光伏农业专项基金等多种举措，形成了支撑光伏农业项目扩张的强大资金保障能力。特别是，投资运营商联合青岛城市建设投资集团、国家开发银行和光大银行共同出资设立“百亿光伏产业基金”，基金总规模为100亿元，专项投资全国各地的光伏农业项目，为即墨光伏农业项目扩张提供了充足的资金。

图 10 | 即墨农业科技大棚三期成本与收益结构图



最后，充分发挥地方政府媒体的作用，形成项目推广合力。即墨光伏农业项目快速推广过程中，积极发挥了地方政府的积极性，特别是在土地流转、光伏电站装机容量国家核准审批等环节中，地方政府起了关键作用；发挥当地国有投资平台在资金、政策、招商等方面的优势，让地方政府为园区及入园企业提供政策支持、融资服务并承担园区招商工作。另外，举办光伏农业发展论坛，邀请全国多个县市的负责人、光伏农业领域专家参加，通过光伏农业项目发展经验分享和成果展示，利用媒体集中宣传报道，也加速了项目的推广。

## 主要结论及对策建议

### 5.1 主要结论

应对气候变化、实现能源转型和推动农业现代化，光伏农业作为实现上述目标最为有效的手段之一，已经成为中国推进光伏产业、农渔林业、扶贫、新型城镇化建设等跨界合作的典范。虽然光伏农业在中国获得了迅速的发展，但中国光伏农业发展缺乏合适的商业模式，难以实现光伏产业与农业“1+1>2”的效应。针对这一问题，本研究以即墨光伏农业项目为案例，研究中国光伏农业科技大棚的经济、社会效益及其商业模式。研究获得以下主要结论：

#### 5.1.1 即墨光伏农业科技大棚经济、社会效益评价结果

第一，即墨光伏农业项目能够获得可接受的投资回报率。光伏农业科技大棚主要棚型的全生命周期平均投资回报率在8.51%~19.48%之间，投资回报率高低与农业园区的运营方式、种植农作物的品种相关。即墨农业科技大棚三期项目整体而言，内部收益率为8.53%左右。

第二，即墨光伏农业项目具有良好的社会效益。该项目可以为当地农民提供就业岗位、农民创业平台，通过工资、地租、创业等形式增加农民收入，为实现农民劳动工人化、收入多元化、生活市民化创造了条件。同时，即墨光伏农业项目具备显著的环境效益。

第三，各类影响因素的敏感度存在显著差别。经济效益影响因素敏感性分析表明：农产品市场需求因素对经济效益最为敏感；光伏科技技术进步是影响光伏农业经济效益的显著因素；另外，空气质量改善将影响项目经济效益；取消光伏电价地方补贴不会对项目经济效益产生显著影响；光伏上网电价下降对项目的经济效益影响低于预期；而将发电产生的排放配额参与碳交易，不仅有助于提升项目的经济效益，而且可为项目融资提供新渠道。

#### 5.1.2 即墨光伏农业商业模式

即墨光伏农业项目开创了光伏电站开发与农业园区平台经营一体化的商业模式。光伏电站根据与电力公司签订的并网及购售

电协议，将所生产的电力并入电网，向电力公司收取电费收入，并按发电量的一定标准收取国家及地方电费补贴。农业园区平台建设由与地方政府采用PPP式成立合资公司负责，对光伏农业园区进行建设经营。案例公司主要负责光伏农业园区的平台建设，吸引有创业需求的群体加入园区经营，为入驻园区的企业及创客提供一整套专业服务并助其发展。

第一，以政府为主导的土地流转模式可以大大提高土地流转的效率。在即墨光伏农业项目土地流转过程中，投资运营商不与农户和村委会直接接触，而是通过地方政府完成土地流转协商，待协商完成后，从政府那里直接获得流转土地；而土地租金则是由投资运营商通过村委会分发给每个农户。政府为主导的土地流转模式大大降低了土地流转过程中不可控的交易成本和交易不确定性，提高了项目运行效率。

第二，即墨光伏农业项目基于互联网思维，以园区化、平台化为理念，创立了光伏农业综合体的运营模式。其中，光伏电站采取独立投资运营模式，将光伏电力并入电网，向电力公司收取电费收入，并按发电量的一定标准收取国家及地方电费补贴。农业园区化主要指采用PPP模式与地方政府成立合资公司，利用政府的公信力和园区的优质运营，对进入园区的企业提供优惠及支持，比如减免租金、申请拨款、协助贷款等，形成园区的产业聚集效应。平台化的一个重要体现是打造“1+12”平台体系的“农业创客”模式，引领农业园区的创新创业，其中，“1”指的是光伏农业园区，作为农业创客的产业平台，“12”代表农业创客的十二大助力平台。

第三，融资模式。外部融资渠道是投资运营商发展的重要资源，融资从企业初创期的银行抵押贷款、国家政策补贴垫付等为主的低层次融资模式，转向规模扩张期的光伏产业基金、融资租赁、社会融资（资本市场）等为主的复合型融资模式。

第四，盈利模式。即墨光伏农业科技大棚三期项目自身盈利模式分析显示，大棚设施投资占了总投资的98.5%，其中，光伏设施投资占大棚设施投资的75.1%，农业大棚设施投资占23.8%，设备投资占1.05%。从运行成本来看，农业运行成本、光伏运行成本、地租成本分别占86.5%、6.4%和7.1%。如果地租成本由光伏发电和农业种植均摊，投资由各自均摊，农作物收益对整个项目收益贡献为50.9%，光伏发电收益贡献了49.1%。

第五，推广模式。光伏农业产品系列化、光伏农业综合园区设施的标准化、强大的资金保障能力，以及积极发挥地方政府的积极性，并适时注重媒体作用，在即墨光伏农业项目商业模式推广过程中，形成了一套行之有效的经验做法。

### 5.2 案例商业模式推广面临的主要挑战

即墨光伏农业项目的电站开发与农业园区平台经营一体化的光伏农业商业模式，对加快中国光伏农业发展、推动中国农业转

型具有重要意义。但推广即墨光伏农业项目商业模式，面临一些挑战和困难。

融资能力。对于一般企业而言，由于光伏农业前期投入大、回收期长，如果没有获得充足的融资，自有资金比例过大，进入光伏农业领域的企业会很难维系。即墨光伏农业项目的电站开发与运营与农业园区平台经营一体化模式，由于农业园区的平台建设前期投入较大，对项目融资规模提出了更高的要求。因此，推广即墨光伏农业项目的商业模式，需要不断创新融资模式，提升融资能力，以满足光伏电站建设和农业园区平台建设的资金需求。

土地资源。光伏农业作为光伏产业和农业跨界融合的一种新型模式，首要资源是土地。一是土地规模，为保障项目的规模效益，复制即墨光伏农业项目商业模式必须保证土地流转规模在1000亩以上；二是土地性质，2014年国家能源局发布《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》，通知中提到“因地制宜利用废弃土地、荒山荒坡、农业大棚、滩涂、鱼塘、湖泊等建设就地消纳的分布式光伏电站”。文件中提到的“滩涂、湖泊、荒山荒坡”属于未利用地，“鱼塘、农业大棚”属于农用地范畴；废弃土地可能属于建设用地，如采矿用地。开发光伏农业，必须了解相关的土地政策，前期必须落实清楚土地性质、土地规划、建设规划、土地权属、土地用途以及地上附属物等，确保光伏农业用地不改变土地原有性质。三是土地流转，地方政府需要帮助完成光伏农业项目所有土地的流转事宜，光伏农业项目开发企业与地方政府对接直接获得所需流转土地，避免土地流转过程中交易成本及交易的不确定性。

光伏“路条”。光伏“路条”是指发改委同意光伏项目开展前期工作的批文，一般来说，同意开展前期工作的批复文件称为“小路条”，“××发改委关于××项目核准的批复”称为“大路条”。随着光伏电站由核准制改为备案制，“小路条”已经成为历史。但国家能源局2013年发布的《光伏电站项目管理暂行办法》中明确规定作为公共电源的光伏电站项目实施备案管理后，只有符合条件的备案项目才可纳入可再生能源资金补贴目录，这在一定程度上导致了项目的稀缺性。但光伏“路条”是企业开展项目的先决条件，“路条”就成为复制即墨光伏农业项目商业模式、发展光伏农业的前置条件。需要地方政府应发挥其自身资源优势，帮助企业获得光伏农业发展所需“路条”。

### 5.3 案例商业模式推广的对策建议

推广即墨光伏农业项目商业模式，推动中国光伏农业健康可持续发展，还需要国家从体制机制、法律、政策多方面加大改革力度，营造光伏农业发展良好的产业环境。

体制机制方面：理顺光伏农业项目管理体制，完善和规范光伏农业项目审批流程，解决光伏农业项目审批过程中审批部门过多、审批周期过长、各职能部门政策执行力不统一等突出问题，实现光伏与农业前期审批流程的统一。同时，建立和完善光伏农

业安全管理、建设质量、监督检查、农产品质量监管体系。

法律方面：中国法律对土地利用的规定比较模糊，《中华人民共和国农村土地承包法》第17条规定：承包方应当“维持土地的农业用途，不得用于非农建设”。同时，承包方应当“依法保护和合理利用土地，不得给土地造成永久性损害”。但对光伏农业的土地使用究竟是否属于“农业用途”、是否产生“永久性损害”缺少明确的司法解释。尽管国家相关部门已经关注光伏农业跨界用地问题，先后下发了《关于进一步支持设施农业健康发展的通知》和《关于加强工商资本租赁农地监管和风险防范的意见》，提倡农业设施建设应尽量利用荒山荒坡、滩涂等未利用地和低效闲置的土地，不占或少占耕地，确需占用耕地的，应尽量占用劣质耕地，避免滥占优质耕地，对光伏农业用地进行了初步规范。但从光伏农业发展长远来看，中国需要尽快修订或出台专门法律，明确光伏农业用地的属性、征地范围和法律地位，消除光伏农业发展的土地潜在风险。

政策方面。应梳理和统一光伏农业补贴政策的范围和执行标准，解决光伏农业补贴政策执行不统一的问题，并统一产品标准。建议国家相关部门对光伏农业制定统一标准和规范性政策，推进光伏农业标准化生产，发挥光伏农业规模经济效益。

其他方面。首先，光伏农业项目推广要切实提高当地农民的参与性，优化光伏农业项目的利益分配模式，探索建立农民利益的长效保障机制。其次，项目推广过程中要积极与所在农村社区区域规划编制相衔接，在确保光伏农业项目经济效益的同时，不断提升农民享受公共服务设施的水平，促进城乡公共服务实施的均等化。最后，项目推广要与中国精准扶贫战略相结合，发挥光伏农业造血扶贫的优势，探索光伏农业精准扶贫的发展模式和长效机制，实现光伏农业与地方经济社会融合发展。

本报告以即墨光伏农业项目的经济社会效益评价，研究即墨光伏农业企业创新性商业模式问题，分析了该商业模式在中国推广面临的主要挑战，提出了推广该商业模式的对策建议，以期为推动中国光伏农业产业健康可持续发展提供研究支撑。但要制定推动中国光伏农业健康可持续发展的政策体系，还需要对众多问题展开深入研究，如：加强对光伏农业中农学原理的研究、光伏农业产业国家空间布局优化、最优的效益分配模式、光伏与农业成本最优分摊等问题。这些问题，希望有机会与大家一起进一步深入研究。



## 参考文献

1. 我国日光温室区域发展现状. <http://www.caufutong.com/news/2/206.html>
2. 2014中国国土资源公报. <http://www.mlr.gov.cn/zwgk/qwsj/>
3. 农经网,“2015设施农业:面积达410.9万公顷 总产全球第一”, <http://news.1nongjing.com/a/201507/102403.html>
4. 中国(海南)改革发展研究院课题组. 新型城镇化是消费升级主要载体. 中国乡村发现网. <http://www.zgxcfx.com/Article/69474.html>
5. 昌盛日电. 光伏农业项目棚型及种植方案. (内部资料)
6. 昌盛日电. 光伏农业产业综合体园区规划. (内部资料)
7. 青岛昌盛日电太阳能科技股份有限公司公开转让说明书(公开稿). <http://data.eastmoney.com/notice/20151218/2Wvl2YVHHQm7K8.html>
8. 北京市金杜律师事务所, 关于青岛昌盛日电太阳能科技股份有限公司股票在全国中小企业股份转让系统挂牌并公开转让的法律意见书. <http://data.eastmoney.com/notice/20151218/2Wvl2YVHHUKU6g.html>
9. S. Zhang. Innovative business models and financing mechanisms for distributed solar PV (DSPV) deployment in China. Energy Policy 95 (2016) 458–467.
10. J.C.C.M. Huijbenn, G.P.J. Verbong. Breakthrough without subsidies? PV business model experiments in the Netherlands. Energy Policy 56 (2013) 362–370.
11. BNEF, 2012. Re-imagining US Solar Financing. <https://financere.nrel.gov/finance/content/re-imagining-us-solar-financing>
12. 王长尧. 美国,德国,台湾的分布式光伏政策如何? [http://www.cnenergy.org/gj/201601/t20160127\\_265721.html](http://www.cnenergy.org/gj/201601/t20160127_265721.html)

## 注释

1. 光伏农业，泛指将太阳能发电与现代农业研究、种植、养殖、灌溉、病虫害防治以及农业机械动力提供等相结合的一种新型农业。其中，集中化的光伏农业主要包括“光伏+水面”模式和“光伏+地面”模式。水面的利用主要有水塘、小型湖泊、近海养殖等；地面的利用主要涉及林地、荒地、农地、温室大棚、畜牧养殖等。本案例研究的光伏农业仅指太阳能发电与温室大棚的结合形式。
2. 数据来源：<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>。
3. 之所以选择光伏农业科技大棚三期为项目评价对象，是因为经过一期和二期的实践，光伏农业科技大棚三期逐渐形成了相对稳定的产品体系和相对完善的标准规范，具备了大规模推广和复制的基本条件。
4. 主要是指光伏电池板的寿命。茶树经过3~4年的修剪培育，长成壮年期茶树，根据培育状况，壮年期能维持15~30年不等。
5. 此棚型是即墨光伏农业园区的主要棚型之一，在一、二期中应用普遍。
6. 香菇价格为2015年5月至2016年4月山东省市场批发价格平均价，参照全国农产品批发市场价格信息网，网址为：<http://pfsnew.agri.gov.cn>。
7. 大棚建设周期为1年，茶叶在第四年开始采摘，其余大棚种植作物在第二年开始有收益。光伏部分从第二年开始有电收入。
8. 考虑到光伏发电收益具有锁定效益，计算全生命周期投资收益率时采用的折现率为8%。
9. 农作物的选取：联排棚为茶叶，双模双立柱棚为香菇，春暖阴阳棚为西红柿、西兰花(阳棚)和香菇(阴棚)，冬暖阴阳棚为盆栽菜(阳棚)、香菇(阴棚)，砖砌冬暖棚为西红柿(阳棚)和香菇(阴棚)。
10. 根据中国现行税收政策，农产品生产环节，加工、销售自产农产品免税。光伏上网电价中中央补贴部分免征增值税，所得税享受自经营收入起头三年免征，第四年至第六年减半税收优惠。光伏电价增值税、所得税、附加税适用税率分别为17%、25%和11%。
11. 折旧采用直线折旧法，折旧年限为10年。
12. 其他成本为管理成本、销售成本、财务成本。计提比例参照光伏上市公司。
13. 香菇价格为2015年5月至2016年4月山东省市场批发价格平均价，参照全国农产品批发市场价格信息网，网址为：<http://pfsnew.agri.gov.cn>；蔬菜价格为昌盛日电华盛蔬菜配送年均价格。注：叶类蔬菜不通过常规批发渠道销售，而是通过城市直配系统销售。
14. 年发电量按等效利用小时数-装机容量算法。年发电量=装机容量×等效利用小时数。其中，等效利用小时数等于峰值日照时数×系统效率。等效利用小时数参照案例公司项目实际发电小时数设定。注：案例公司联排棚2015年8月至2016年7月等效利用小时数为1256。考虑空气质量、弃光等因素，本案例研究等效利用小时数设定在1200小时。关于空气质量对等效利用小时数的影响，我们将在敏感性分析中做专门讨论。
15. 光伏上网电价头20年为1.20元/kWh(山东省光伏电站上网价格)；后五年为燃煤机组脱硫上网电价(山东省燃煤机组脱硫上网电价为0.3729元/kWh)。
16. 光伏运行成本按0.06元/瓦计算。数据来源：案例公司。
17. 地租成本是每亩500千克小麦等价收入，小麦价格设定为0.65元/千克。
18. 各种排放系数： $SO_2$ 为1.64kg/kWh， $NO_x$ 为1.88kg/kWh，烟尘为0.571.88kg/kWh； $CO_2$ 为1.058吨/MWh。
19. 2015年，北京碳市场CCER日成交价格价格在16.5元/吨到33.18元/吨之间。CCER折算因子参照：2014年中国区域电网基准线排放因子，华北区域电网1.0508tCO<sub>2</sub>/MWh。

## 致谢

在此向为本工作论文撰写提供了宝贵专业建议和意见的专家们表示衷心的感谢（排名不分先后）：

郭文忠 国家农业信息化工程技术研究中心  
胡润青 国家发改委能源研究所  
雷仲敏 青岛科技大学  
杨艳丽 中国科学院青岛生物能源与过程研究所  
李 威 世界资源研究所  
付晓天 世界资源研究所  
温 华 世界资源研究所  
袁 敏 世界资源研究所  
徐嘉忆 世界资源研究所  
龚醅醅 世界资源研究所

我们同时感谢青岛市发展和改革委员会林群、青岛华盛绿能农业科技有限公司隋海周，以及青岛昌盛日电太阳能科技股份有限公司王海玉、李传生、陈燕、张绍颖等人在本案例研究过程中提供的大力协助和支持。

最后，我们特别感谢中国社会科学院庄贵阳博士、世界资源研究所李来来博士对本论文提供的中肯意见和指导。感谢张默凡和吴佳文对论文的出版做出的努力。感谢谢亮对本论文的文字的编辑以及张烨的设计。

## 关于作者

**李长胜**博士是青岛科技大学经济与管理学院/气候变迁与能源可持续发展研究院副教授。

电子邮件：[lichangsheng@qust.edu.cn](mailto:lichangsheng@qust.edu.cn)，手机：13953217118

**苗红**是世界资源研究所中国能源项目主任。

电子邮件：[hong.miao@wri.org](mailto:hong.miao@wri.org)，电话：+86 10 6416 5697 分机 22

---

## 关于世界资源研究所

世界资源研究所中国办公室是一家独立的研究机构，其研究工作致力于寻求保护环境、发展经济和改善民生的实际解决方案。

### 我们的挑战

自然资源构成了经济机遇和人类福祉的基础。但如今，人类正以不可持续的速度消耗着地球的资源，对经济和人类生活构成了威胁。人类的生存离不开清洁的水、丰饶的土地、健康的森林和安全的气候。宜居的城市和清洁的能源对于建设一个可持续的地球至关重要。我们必须在未来十年中应对这些紧迫的全球挑战。

### 我们的愿景

我们的愿景是通过对自然资源的良好管理以建设公平和繁荣的地球。我们希望推动政府、企业和民众联合开展行动，消除贫困并为全人类维护自然环境。

### 我们的工作方法

#### 量化

我们从数据入手，进行独立研究，并利用最新技术提出新的观点和建议。我们通过严谨的分析，识别风险，发现机遇，促进明智决策。我们重点研究影响力较强的经济体和新兴经济体，因为它们对可持续发展的未来具有决定意义。

#### 变革

我们利用研究成果影响政府决策、企业战略和民间社会行动。我们在社区、企业和政府部门进行项目测试，以建立有力的证据基础。我们与合作伙伴努力促成改变，减少贫困，加强社会建设，并尽力争取卓越而长久的成果。

#### 推广

我们志向远大。一旦方法经过测试，我们就与合作伙伴共同采纳，并在区域或全球范围进行推广。我们通过与合作伙伴交流，实施想法并提升影响力。我们衡量成功的标准是，政府和企业的行动能否改善人们的生活，维护健康的环境。

---

支持机构

**CATERPILLAR**  
FOUNDATION



Copyright 2016 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>