

## 光伏

报告原因：专题研究

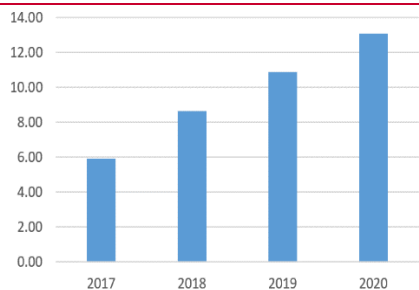
2021年6月2日

## 山西省光伏产业专题研究

基础雄厚政策发力，山西能源转型大有可为

行业研究/深度报告

近四年山西省光伏发电装机容量/GW



### 分析师：

平海庆

执业登记编码：S0760511010003

电话：010-83496341

邮箱：pinghaiqing@sxzq.com

### 研究助理：

潘海涛

电话：010-83496305

邮箱：panhaitao@sxzq.com

太原市府西街69号国贸中心A座28层  
北京市西城区平安里西大街28号中海国际中心七层

山西证券股份有限公司

http://www.i618.com.cn

### 山西省发展光伏产业的三大理由：

**必要性：**全国煤炭基地，争做能源革命排头兵。山西省地处中部，煤炭资源储备丰富，是全国最大的煤炭外送基地，在低碳化、去产能的背景下，山西省将继续加快优化省内能源结构，推进国家新型能源基地建设。

**迫切性：**响应碳中和远景目标，能源转型势在必行。全球多国对碳减排已达成共识，从我国碳排放的结构来看，能源生产清洁化是碳中和实现重要途径，山西在碳中和实现过程中被赋予重大使命。

**可行性：**光照资源禀赋良好，外送+储能保障消纳。山西全省属于二、三类资源区，属于日照充足地区，适宜光伏发电项目的大规模开发。省内“三交一直”特高压外送线路建成，逐步实现由输煤到输电的转化，配合电化学储能及抽水蓄能保障新能源电力消纳。

### 山西省光伏产业发展现状：

**装机：**截至2020年末，山西省太阳能发电装机容量达13.08GW，全国排名第七，新能源发电在省内占比提升迅速，并且在“十三五期间”光伏扶贫、领跑者项目及BIPV方面均处于全国领跑地位，先发优势显著，预计“十四五”期间山西省光伏年均新增装机量可达4-6GW。

**政策：**省内各级主管部门针对本地光伏产业发展的特征，多年来在实施方案、电价补贴、扶贫、领跑者、分布式等各方面出台多项政策，已逐步形成多层次、多维度的光伏产业扶持政策体系，据不完全统计，目前各大企业在晋规划光伏项目规模已超20GW。

**制造：**在山西省光伏制造龙头企业晋能科技和潞安太阳能等的带动下，山西光伏制造业规模不断扩大。未来省内企业将持续发力异质结、Topcon等第三代电池技术，逐步引进完善产业链配套体系，形成集成效应及品牌效应，打造国家级光伏产业基地。

**发展建议：**在光伏发电项目方面：一是推广风光互补及各种“光伏+”开发模式。二是强化政府引导，开发农光互补、林光互补模式。三是继续推动储能及电力外送通道建设，解决电力消纳及送出难题。在光伏制造业方面：一是完善人才引进政策。二是强化校企合作。三是完善配套的光伏支持政策，鼓励企业进行商业模式创新。四是做好服务职责，持续招商引资。

➤ **风险提示：**新能源消纳不及预期风险；原材料价格波动风险；技术更新替代风险；海外市场政策变动风险等。



## 目录

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.借碳中和东风，资源及基建优势明显</b> .....           | <b>6</b>  |
| 1.1 必要性：全国煤炭基地，争做能源革命排头兵 .....            | 6         |
| 1.2 迫切性：响应碳中和远景目标，能源转型势在必行 .....          | 6         |
| 1.3 可行性：光照资源禀赋良好，外送+储能保障消纳 .....          | 10        |
| 1.3.1 辐照量属二、三类资源区，稳定度及直射比较好 .....         | 10        |
| 1.3.2 “三交一直”特高压线路建成，输煤到输电逐步转型 .....       | 12        |
| 1.3.3 新能源配储能保消纳，两大抽水蓄能电站规划中 .....         | 13        |
| <b>2.山西光伏发展现状：项目开发全国领先，探索多种应用模式</b> ..... | <b>15</b> |
| 2.1 装机：规模增长迅速，扶贫&领跑者建设领先，BIPV 大有可为 .....  | 15        |
| 2.1.1 光伏扶贫规模全国第二，助力山西省打赢脱贫攻坚战 .....       | 15        |
| 2.1.2 领跑者项目规模持续领先 .....                   | 16        |
| 2.1.3 政策先行，山西 BIPV 大有可为。 .....            | 17        |
| 2.2 政策：支持政策体系逐步形成，多家能源国企来晋投资 .....        | 19        |
| 2.3 制造：产业规模不断扩大，电池组件布局较深 .....            | 21        |
| 2.3.1 电池片：连续多年维持高增，第三代技术布局领先 .....        | 22        |
| 2.3.2 组件：着力打造品牌知名度，进入多个海外市场 .....         | 23        |
| 2.3.3 光伏玻璃：产能逐步扩大，完善配套能力 .....            | 23        |
| 2.4 测算：“十四五”期间山西省年均光伏新增装机 4-6GW .....     | 23        |
| <b>3.山西光伏产业链引进分析</b> .....                | <b>25</b> |
| 3.1 矿产资源分布情况 .....                        | 25        |
| 3.1.1 石英砂矿 .....                          | 25        |
| 3.1.2 银矿 .....                            | 26        |
| 3.1.3 铝土矿 .....                           | 27        |
| 3.1.4 铜矿 .....                            | 27        |
| 3.1.5 金刚石矿 .....                          | 27        |
| 3.2 光伏产业链基础分析 .....                       | 27        |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 3.2.1 多晶硅.....                   | 27        |
| 3.2.2 硅片.....                    | 28        |
| 3.2.3 电池片.....                   | 29        |
| 3.2.4 组件：着力打造品牌知名度，积极拓展海外市场..... | 30        |
| 3.2.5 逆变器.....                   | 31        |
| <b>4 山西省重点光伏企业简介 .....</b>       | <b>31</b> |
| 4.1 晋能清洁能源科技有限公司 .....           | 31        |
| 4.2 潞安太阳能科技有限责任公司 .....          | 33        |
| 4.3 山西日盛达太阳能科技有限公司 .....         | 33        |
| 4.4 山煤国际能源集团股份有限公司 .....         | 34        |
| <b>5.山西省光伏产业存在的问题及发展建议 .....</b> | <b>34</b> |
| 5.1 存在问题：土地资源掣肘 .....            | 34        |
| 5.2 山西省光伏产业发展建议.....             | 35        |
| <b>6.风险提示 .....</b>              | <b>37</b> |

## 图表目录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 图 1：我国能源相关碳排放领域构成 .....      | 8  |
| 图 2：山西省平均年太阳总辐射空间分布 .....    | 10 |
| 图 3：山西地级市太阳辐射情况 .....        | 11 |
| 图 4：山西地级市水平面辐射稳定度情况 .....    | 11 |
| 图 5：山西地级市太阳能资源直射比情况 .....    | 12 |
| 图 6：山西省历年发电装机容量（GW）及结构 ..... | 15 |
| 图 7：山西光伏扶贫 1 .....           | 16 |
| 图 8：山西光伏扶贫 2 .....           | 16 |
| 图 9：大同未来能源馆 .....            | 19 |
| 图 10：大同未来能源馆俯视 .....         | 19 |



|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 图 11：山西省光伏电池历年产量.....              | 22 |
| 图 12：光伏产业链构成（红色框内为山西省重点布局环节）.....  | 25 |
| 图 13：我国石英砂矿分地区分布.....              | 26 |
| 图 14：我国银矿分地区分布.....                | 26 |
| 图 15：我国银矿资源分布示意图.....              | 26 |
| 图 16：我国铝土矿分布示意图.....               | 27 |
| 图 17：我国铜矿资源分布示意图.....              | 27 |
| 图 18：国内历年多晶硅产量及进口情况.....           | 28 |
| 图 19：西门子法生产多晶硅成本结构.....            | 28 |
| 图 20：国内历年硅片产量.....                 | 29 |
| 图 21：晋能科技三代电池技术发展.....             | 32 |
| 表 1：承诺碳中和的部分国家和地区.....             | 7  |
| 表 2：年水平面总辐照量（GHR）等级.....           | 11 |
| 表 3：水平面总辐射稳定度（GHRs）等级.....         | 12 |
| 表 4：太阳能资源直射比（DHRR）等级.....          | 12 |
| 表 5：各省新能源配储能政策.....                | 14 |
| 表 6：山西光伏领跑者项目.....                 | 17 |
| 表 7：普通彩钢瓦屋顶与隆顶性能对比.....            | 18 |
| 表 8：山西省新能源政策.....                  | 20 |
| 表 9：山西光伏项目投资情况.....                | 21 |
| 表 10：PERC、TOPCON、HJT 三种技术路线对比..... | 23 |
| 表 11：山西省“十三五”期间发电数据.....           | 24 |



|  |    |
|--|----|
| 表 12：山西省 2021-2030 年非水可再生能源消纳责任权重 .....  | 24 |
| 表 13：山西省光伏发电装机测算 .....                   | 24 |
| 表 14：光伏产业链所需矿产 .....                     | 25 |
| 表 15：国内异质结电池投资建设情况 .....                 | 30 |
| 表 16：2015-2019 年全球逆变器出货量 TOP5 企业排名 ..... | 31 |

## 1.借碳中和东风，资源及基建优势明显

### 1.1 必要性：全国煤炭基地，争做能源革命排头兵

山西省，简称“晋”，位于中国华北，东邻河北，西望陕西，南接河南，北连内蒙，介于北纬 34° 34' ——40° 44'，东经 110° 14' ——114° 33' 之间，地处中纬度地带的内陆，属温带大陆性季风气候，总面积 15.67 万平方千米。山西省共辖 11 个地级市，常住人口 3700 余万人，地区 GDP 总值超过 1.7 万亿元。

**山西之重，在乎能源。**煤炭目前在我国能源消费结构中依旧处于主导地位。我国能源禀赋多煤、贫油、少气，目前发电结构以火电为主，火电又以燃煤为主，据中电联统计，2019 年我国发电量中火电占比高达 72%。山西煤种齐全，储量巨大，在全国煤炭工业格局中居于举足轻重的地位，根据山西煤炭地质局公布数据，山西无烟煤查明储量占全国的 39.6%，其中最优质的肥煤、焦煤储量占全国的 54%，是全国乃至全球储量最多的地区之一。

**山西在全国煤炭及煤层气供给中占比较大。**长期以来，山西是全国最大的煤炭产地和供给地，年产原煤量长期居全国第一、二位，占全国总量的 1/4 以上，70 年间累计开采煤炭 193 亿吨，外调 130 亿吨，70% 以上外输全国，并且是全国最大的焦煤产地和供应地。山西是全国煤层气资源富集程度最高，开发潜力最大的省份。煤层气产量占到全国总产量的 95%，煤层气抽采量和利用量以及煤层气发电量都占到全国总量的 90% 以上。

**去产能任务圆满完成。**“十三五”期间山西省累计关停淘汰煤电机组超 326 万千瓦，化解煤炭过剩产能 15685 万吨/年，超额完成了国家确定的 11380 万吨/年的去产能任务，退出总量居全国第一。山西省煤炭产能由 14.6 亿吨/年减少到 13.5 亿吨/年，煤矿数量由 1078 座减少到 900 座以下，煤矿先进产能占比由不足 30% 提高到 68%，建成 23 座国家级绿色矿山，原煤洗选率达到 72% 以上。

**加快经济转型发展，争做能源革命排头兵。**2017 年 9 月，国务院印发《关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》，提出努力把山西省改革发展推向更深入的阶段，为其他资源型地区经济转型提供可复制、可推广的制度性经验；党的十九大报告中专门提出“支持资源型地区经济转型发展”；在国家政策的引领下，山西省顺应形势提出打造全国能源革命排头兵的战略目标。近年来，山西以低碳理念引领转型发展，深化能源供给、消费、技术、体制“四个革命”，加速退出煤炭过剩产能，加快推进国家新型能源基地建设，不断优化调整能源产业结构，发展光伏、风电等清洁能源的必要性逐渐凸显。

### 1.2 迫切性：响应碳中和远景目标，能源转型势在必行

**全球已经形成碳中和共识。**近百年来，工业得到快速发展，人类活动空前活跃，由二氧化碳等温室气体的排放引起全球气温的持续升高，世界各国对于气候变化可能带来的灾难性后果逐步达成共识，并采取

措施来降低温室气体排放以减缓气候变化。1994 年签订的《联合国气候变化框架公约》首次确定了温室气体减排目标及减排的基本原则，此公约的缔约方从 1995 年起每年召开联合国气候变化大会以评估应对气候变化的进展；1997 年所签订的《京都议定书》首次以法规形式限制温室气体排放，对发达国家及发展中国家开始承担碳减排义务的时间分别做出了规定，并允许采用四种减排方式以促进各国完成温室气体减排目标；2015 年达成的《巴黎气候协定》改变了前两项协议确立的“自上而下”的治理模式，构建了基于国家自主贡献方案的“自下而上”的治理模式，由此形成人类历史上参与范围最广的全球减排协议。

包括我国在内的多个国家和地区已提出碳中和目标。截止 2020 年底，占全球碳排放 42%的地区已承诺碳中和，其中 9 个国家通过立法，26 个国家正在立法，17 个国家政府已宣布碳中和目标，另外还有 68 个国家正在对该问题进行商讨。国家领导人于 2020 年 9 月 22 日在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出，我国将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和，首次向全球明确了我国的碳中和时间表。2021 年 3 月 5 日，2021 年政府工作报告中指出，扎实做好碳达峰、碳中和各项工作，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，优化产业结构和能源结构。

表 1：承诺碳中和的部分国家和地区

| 承诺类型 | 国家和地区（承诺年份）   |
|------|---|
| 已实现  | 不丹，苏里南  |
| 已立法  | 瑞典（2045）、英国（2050）、法国（2050）、丹麦（2050）、新西兰（2050）、匈牙利（2050）   |
| 立法中  | 韩国（2050）、欧盟（2050）、西班牙（2050）、智利（2050）、斐济（2050）、加拿大（2050）   |
| 政策宣示 | 乌拉圭（2030）、芬兰（2035）、奥地利（2040）、冰岛（2040）、美国加州（2045）、德国（2050）、瑞士（2050）、挪威（2050）、爱尔兰（2050）、葡萄牙（2050）、哥斯达黎加（2050）、马绍尔群岛（2050）、斯洛文尼亚（2050）、马绍尔群岛（2050）、南非（2050）、日本（2050）、中国（2060）、新加坡（本世纪下半叶尽早）、中国香港（2050） |

资料来源：ECIU、“一带一路”网、山西证券研究所

我国在碳减排领域已取得显著成效，但要实现碳达峰、碳中和宏伟目标依旧困难重重。在经济社会快速发展的同时，我国加快推进绿色低碳转型，积极参与全球气候治理，2019 年我国碳排放强度比 2005 年下降了 48.1%，提前完成了 2015 年提出的 2020 年碳排放强度比 2005 年下降 40%-45%的目标。但是另一方面，根据 PBL 挪威环评机构的数据，2018 年全球温室气体排放量约为 556 亿吨二氧化碳当量，其中中国排名第一，占比约 26%，减排之路任重而道远。

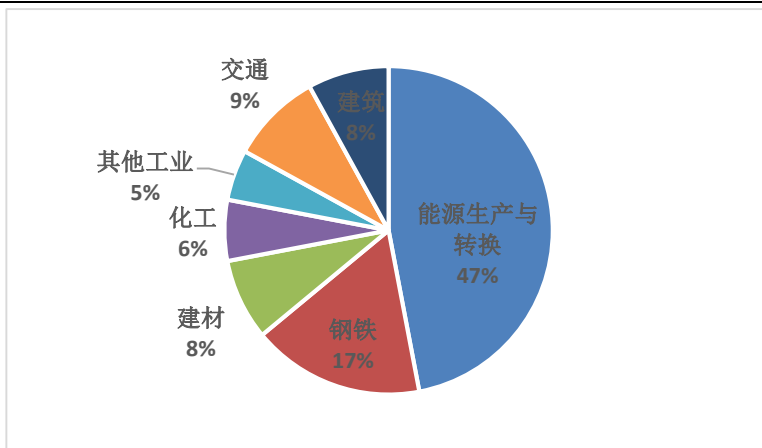
目前来看，我国实现碳达峰、碳中和目标主要将面临三项挑战：

1) 能源需求持续增长。我国在碳中和路径上将面临的最大挑战是经济增长长期动能充足，能源需求难

以很快见顶。根据 IMF 研究，发达国家目前经济平均增速约 1%-2%，而中国 GDP 年均增速将长期保持在 5% 以上。假设我国一次能源需求年均增速为 2%，到 2030 年我国一次能源需求将增长至 60 亿吨标准煤，人均能源需求将从 2019 年的 3.4 吨标准煤提升到 4.1 吨标准煤。在严格控制碳排放的情况下还要保持经济高速增长，给我国的碳减排工作带来巨大挑战。

- 2) **产业结构重型化**。2019 年，全社会碳排放（含 LULUCF）约 105 亿吨，其中能源活动碳排放约 98 亿吨，占全社会碳排放（不含 LULUCF）比重约 87%。分领域来看，能源生产与转换、工业、交通运输、建筑领域碳排放占能源活动碳排放的比重分别为 47%、36%、9%、8%，其中工业领域钢铁、建材、化工三大高耗能产业占比分别达 17%、8%、6%。传统工业为主导的经济增长模式产生大量碳排放，在碳中和目标下，我国将面临传统发展模式转型的挑战。

图 1：我国能源相关碳排放领域构成



数据来源：CEIDCO、山西证券研究所

- 3) **能源结构高碳化**。从能源消费结构来看，我国化石能源占一次能源消费比重接近 85%，其中煤炭占比约 58%，呈现“一煤独大”格局，清洁能源占一次能源消费比重仅为 15%，能源消费碳排放强度比世界平均水平高出 30% 以上。从发电结构来看，根据中电联统计，2019 年我国火电占全部发电量的比重达 72%，电力领域碳排放占全国碳排放的 30% 以上。碳中和进程将进一步提升我国能源需求电气化，未来 40 年我国电力需求将保持较高速增长。根据清华大学气候变化与可持续发展研究员测算，当前电力在终端能源消费中占比约 25%，而实现碳中和要求 2030 年电气化率占比提升到 30% 以上，到 2050 年进一步提升到 55%，2050 年中国非化石能源发电占总发电量比例将达 90% 以上，而煤电比例将降至 5% 以下，能源结构调整面临高碳能源资产累积规模总量大，转型困难等一系列挑战。

控制能源生产及能源消费碳排放是实现全社会碳达峰目标的关键，其中能源生产清洁化是基础。2019 年我国终端能源消费约为 35 亿吨标准煤，其中化石能源消费量 24 亿吨标准煤，占比高达 68%，在我国能



源消费结构中依旧占据主导地位，分领域看，钢铁、建材、化工、交通和建筑等领域在能源活动碳排放中占比较高，因此，通过提升工业、交通及建筑领域的电气化水平，实现电力消费对化石能源消费的替代，辅以各行业能效水平的提升就成为实现碳达峰、碳中和目标的核心，而电力生产的清洁化就成为目标实现的基础。

**能源生产清洁化转型中，光伏将成为主力。**根据国际能源署（IEA）预测，碳中和条件下，若要满足未来电力增长需求，未来30年全球可再生能源年均新增装机需求达700GW，约为2019年新增装机容量的4倍，其中，全球光伏和风电在总发电量中的比重将从现在的7%提升至2040年的24%。过去十年间，全球光伏发电成本累计下降了82%，2019年并网大规模太阳能光伏发电成本降至0.068美元/千瓦时，已在大部分国家和地区实现平价上网。未来五年光伏产业链各环节均拥有丰富的技术储备来推动成本的进一步下降，其中，硅片端可通过硅片尺寸大型化、薄片化来降低原材料成本；电池端，新一代的HJT及Topcon技术的逐渐成熟将使电池转换效率由当前的23%提升到27%左右，远期来看，具备更高理论转换效率的钙钛矿电池技术若成功投入量产将进一步降低光伏制造成本；组件端，厂商通过叠瓦、多主栅、双面组件等技术来提高组件受光面积，从而摊薄综合成本。光伏发电优秀的持续降本潜力决定了它将在清洁能源发展中发挥主力作用。

2020年12月12日，我国主要领导人在联合国气候雄心峰会上发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，并宣布：到2030年，我国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年降低65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量将达到1200GW以上。要实现此目标，根据GEIDCO测算，到2030年水电、风电、太阳能发电累计装机量将达到约440/800/1025GW，其中太阳能发电年均新增装机量比“十三五”期间年均新增装机量增长84.5%左右。

**“世界能源转型看中国，中国能源转型看山西。”**山西作为中部省份之一，承接东西，连接南北，铁路、公路、输电、输气立体能源输送管网基本形成，是京津冀、环渤海、中原经济区、长三角、珠三角等地区重要的能源供应基地，在全国能源供应体系中占据重要地位。2019年5月，中央全面深化改革委员会第八次会议审议通过了《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》，将山西设为能源革命综合改革试点省，这是国家赋予山西的重大使命。现阶段，降低碳排放强度的主要途径之一就是大规模发展非化石能源。山西不仅煤炭资源极为丰富，风能、太阳能、地热能等可再生能源资源也相对富集，开发潜力巨大。在此背景下，依托丰富的光照资源禀赋，推动集中式和分布式光伏建设，打造光伏制造产业链生态体系，加快电力及新能源领域的持续健康发展，将成为山西在实现碳中和目标过程中的必经之路。

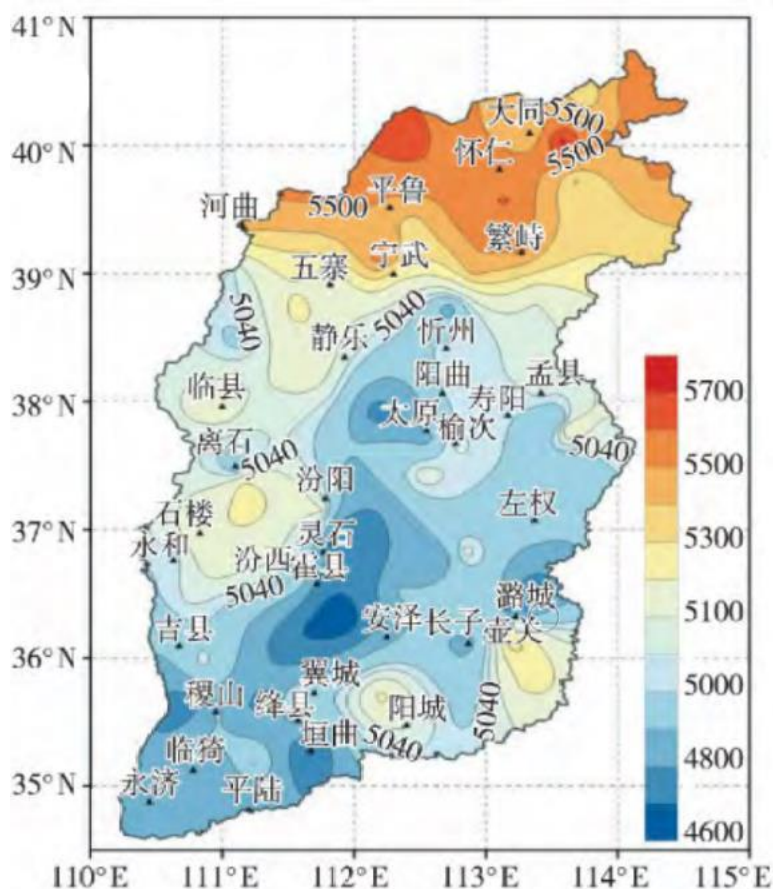
## 1.3 可行性：光照资源禀赋良好，外送+储能保障消纳

### 1.3.1 辐照量属二、三类资源区，稳定度及直射比较好

山西省的太阳能资源储备丰富，虽不及西藏、新疆、青海、甘肃等地，但高于同纬度的河北、北京、东北和山西以南各省市，全省年日照小时数在 2200-3000h 之间，年日照百分率为 51-67%，其中绝大部分地区全年日照数在 2600h 以上，约有 1/3 地区在 2800h 以上，属日照充足地区。

**空间分布：**全省属二、三类资源区，空间分布呈北高南低特征。下图给出了 1981-2010 年间山西省平均年太阳总辐射的空间分布情况。可以看出，山西省年太阳总辐射自北向南递减，全省年太阳总辐射介于 4600~5800MJ/（m<sup>2</sup>\*a）之间，南北辐射差异超过 1100 MJ/（m<sup>2</sup>\*a）；山西省北部为年太阳总辐射分布的高值区，该区域全年太阳总辐射基本在 5300 MJ/（m<sup>2</sup>\*a）以上，中心区域接近 5800 MJ/（m<sup>2</sup>\*a），而中南部的年太阳总辐射基本在 5200 MJ/（m<sup>2</sup>\*a）以下，总体而言，年辐射量除随着纬度降低而递减外，还呈现山地辐射较盆地辐射大的特点。

图 2：山西省平均年太阳总辐射空间分布



数据来源：《山西省太阳能资源时空分布特征及利用潜力评估》、山西证券研究所

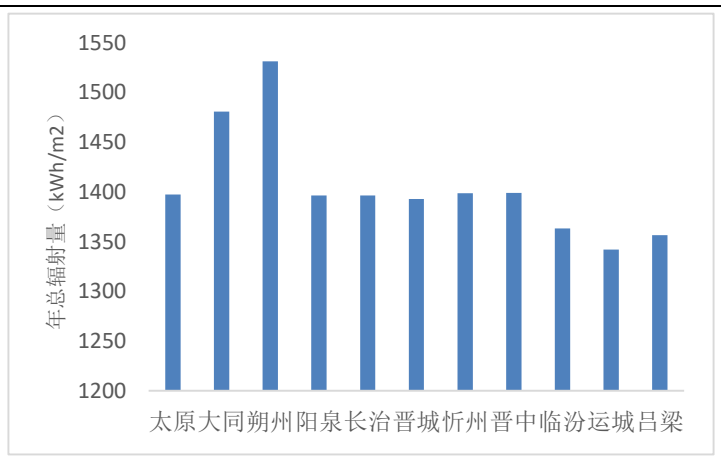
主要可从以下三个方面对山西省的太阳能资源进行评价：1) 年水平面总辐照量及丰富等级；2) 太阳能资源主要时间变化特征及水平面总辐射稳定度等级；3) 太阳能资源的直射比等级。

**水平面辐照量：**根据《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019 分类，能够达到“资源很丰富”带就比较适合大型光伏电站的建设。山西省的 11 个地级市中，大同、朔州、忻州处于太阳辐射资源很丰富带（二类资源区），其余地级市处于较丰富带（三类资源区）。

从全省逐月太阳能资源分布来看，根据位于大同、太原、侯马的 3 个辐射观测站所得数据，山西省平均月太阳总辐射呈现单峰型，5 月太阳总辐射最大，12 月份最小，4-8 月份太阳总辐射均在 500MJ/m<sup>2</sup> 以上。夏季太阳总辐射最大，春季次之，秋季和冬季太阳辐射较小。

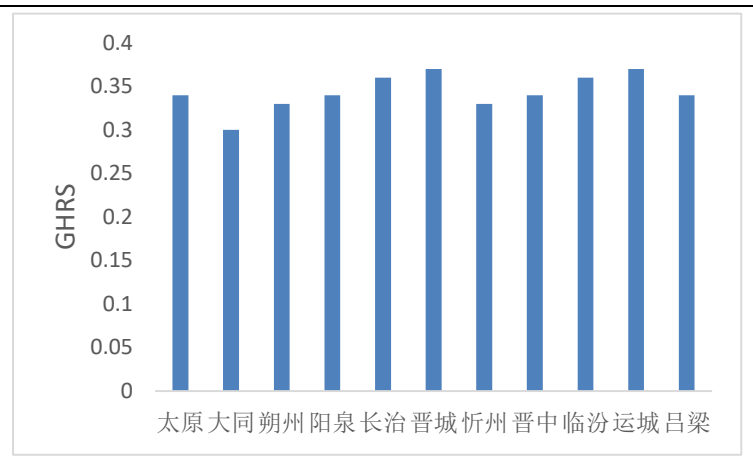
**总辐射稳定度：**GHRs 代表水平面总辐射的稳定度，计算时，首先计算代表年各月平均日水平面总辐照量，然后求最小值和最大值之比。在实际大气中其数值在 (0, 1) 区间变化，越接近于 1 说明越稳定。采用稳定度作为分级指标，将太阳资源分成四个等级：很稳定、稳定、一般及欠稳定。根据《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019 分类，长治、晋城、临汾、运城属稳定等级，其余地级市属于一般等级。

图 3：山西地级市太阳辐射情况



数据来源：坎德拉、山西证券研究所

图 4：山西地级市水平面辐射稳定度情况



数据来源：坎德拉、山西证券研究所

表 2：年水平面总辐照量 (GHR) 等级

| 等级名称 | 资源代号 | 分级阈值 (MJ/m <sup>2</sup> ) | 分级阈值 (kWh/m <sup>2</sup> ) |
|------|------|---------------------------|----------------------------|
| 最丰富  | I    | GHR ≥ 6300                | GHR ≥ 1750                 |
| 很丰富  | II   | 5040 ≤ GHR < 6300         | 1400 ≤ GHR < 1750          |
| 丰富   | III  | 3780 ≤ GHR < 5040         | 1050 ≤ GHR < 1400          |
| 一般   | IV   | GHR < 3780                | GHR < 1050                 |

资料来源：《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019、山西证券研究所

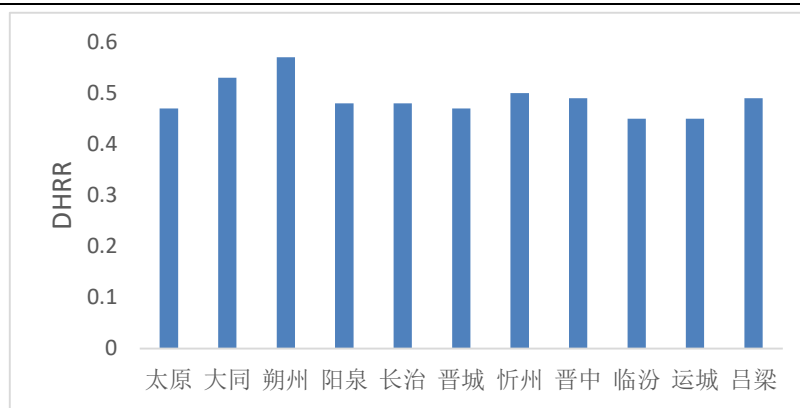
表 3：水平面总辐射稳定度（GHRS）等级

| 等级名称 | 分级阈值                           | 等级符号 |
|------|--------------------------------|------|
| 很稳定  | $\text{GHRS} \geq 0.47$        | A    |
| 稳定   | $0.36 \leq \text{GHRS} < 0.47$ | B    |
| 一般   | $0.28 \leq \text{GHRS} < 0.36$ | C    |
| 欠稳定  | $\text{GHRS} < 0.28$           | D    |

资料来源：《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019、山西证券研究所

**直射比：**DHRR 表示直射比，计算时，首先计算代表年水平面直接辐照量和总辐照量，然后求二者之比。根据《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019，可将太阳辐射资源的直射比数值分为四个等级，其中大同、朔州、忻州属于高级别，其余地级市均属于中级别。

图 5：山西地级市太阳能资源直射比情况



数据来源：坎德拉、山西证券研究所

表 4：太阳能资源直射比（DHRR）等级

| 等级名称 | 分级阈值                          | 等级符号 | 等级说明   |
|------|-------------------------------|------|--------|
| 很高   | $\text{DHRR} \geq 0.6$        | A    | 直接辐射主导 |
| 高    | $0.5 \leq \text{DHRR} < 0.6$  | B    | 直接辐射较多 |
| 中    | $0.35 \leq \text{DHRR} < 0.5$ | C    | 散射辐射较多 |
| 低    | $\text{DHRR} < 0.35$          | D    | 散射辐射主导 |

资料来源：《太阳能资源评估方法》GBT37526-2019、山西证券研究所

### 1.3.2 “三交一直”特高压线路建成，输煤到输电逐步转型

“十三五”期间，山西省积极推进清洁电力外送基地建设。截止“十三五”末，作为我国重要的能源基地以及全国西电东送、北电南送的枢纽，山西变输煤为输电，巩固电力外送基地国家定位，依托“三交一直”特高压直流大电网，将山西的清洁煤电及新能源输送到东部十余个省份。国网山西省电力公司建成 9 个外送电通道，特高压工程建设完成输电线路长度达到 2545.2 千米，变电（换流）容量 2300 万千伏安，外送电能力达 38.30GW，建成投产 35 千伏—500 千伏输电线路 8922.47 千米，变电容量 2987.49 万千伏安，

全省用电负荷达到 36.43GW，净外送电量突破 1000 亿大关，达到 1053.6 亿千瓦时，创历史新高，接近全省发电量的三分之一，五年累计外送电量达到 4460 亿千瓦时，相当于输送燃煤 1.9 亿吨，有力支持了全国能源供给及经济建设。

**多条输电通道规划中，巩固全国能源基地及电力外送基地地位。**“十四五”期间，华北、华东、华中区域能源电力需求仍保持旺盛态势，“碳中和”目标下，受环保因素制约和煤炭消费总量控制影响，上述地区用电缺口将主要通过外区输入电力解决。目前山西省与浙江省已初步达成送受电协议，规划建设山西—浙江±800 千伏直流特高压工程来缓解华东地区电力供需缺口，推动山西新能源在更大范围内消纳；还规划建设大同—怀来 1000 千伏交流特高压、山西开关站—晋北—石北 1000 千伏交流特高压线路，进一步提升山西作为华北地区电力外送基地的能级，保障京津冀地区的能源安全。另外，随着大电网的发展，电网交直流耦合日趋紧密，直流故障易引发电压、频率稳定问题。华北—华中区域电网目前仅通过长治—南阳单回 1000 千伏交流特高压工程相连，因与华中电网直流特高压存在耦合关系，导致已投运的哈密—河南、酒泉—湖南 2 回直流特高压最大运行功率限额 540-550 万千瓦，不到设计功率的 70%，华中区域受电能力受到限制。规划中的长治—南阳第二回交流特高压工程，将缓解现有华中特高压网架受限问题，提升华中区域受电能力，满足山西长治地区外送电力需求。另外，山西—京津唐 500 千伏交流、山西—河南北南网 500 千伏交流等输电通道如纳入规划，将继续完善山西省电力外送网络。

### 1.3.3 新能源配储能保消纳，两大抽水蓄能电站规划中

由于光伏新能源发电的间歇性及波动性，为了促进新能源消纳，降低弃光率，2020 年多个省份纷纷出台政策要求光伏发电项目配置一定比例的储能。2020 年 6 月 2 日，山西省电力公司发布《关于 2020 年拟建光伏项目的消纳意见》，规定新增光伏项目应统筹考虑具有一定用电负荷的全产业链项目，配备 15~20% 的储能。

表 5：各省新能源配储能政策

| 省份  | 发布日期      | 文件                                | 发布单位               | 主要内容  | 备注       |
|-----|-----------|-----------------------------------|--------------------|---|----------|
| 山东  | 2020/6/5  | 《关于 2020 年拟申报竞价光伏项目意见的函》          | 国网山东               | 要求申报竞价的光伏项目承诺：储能配置规模按项目装机规模 20% 考虑，储能时间 2 小时，可以与项目本体同步分期建设。   | 20%*2 小时 |
| 山西  | 2020/6/2  | 《关于 2020 年拟建光伏项目的消纳意见》            | 山西省电力公司            | 新增光伏项目应统筹考虑具有一定用电负荷的全产业链项目，配备 15~20% 的储能，落实消纳协议   | 15~20%   |
| 河南  | 2020/4/21 | 《关于 2020 年申报平价风电和光伏发电项目电网消纳能力的报告》 | 国网河南省电力公司          | 河南省的风电、光伏规模已经超过研究的“十四五”边界条件，河南省全省风电、光伏发电弃电率已超过消纳上线，无新增规模空间。建议今后纳入政府开发方案的风电、光伏发电项目应配置足够的储能设施提高调峰能力。                                      |          |
| 新疆  | 2020/3/1  | 《关于开展发电侧储能电站建设试点的通知》              | 新疆发改委              | 储能项目原则上不低于光伏电站装机容量的 15%，且额定功率下的储能市场不低于 2 小时配置。  | 15%*2 小时 |
| 内蒙古 | 2020/3/26 | 《2020 年光伏发电项目竞争配置方案》              | 内蒙古自治区能源局          | 优先支持光伏+储能项目建设。应保证储能系统时长为 1 小时及以上，配置容量达到建设规模的 5% 及以上。  | 5%*1 小时  |
| 宁夏  | 2021/1/11 | 《关于加快促进自治区储能健康有序发展的指导意见（征求意见稿）》   | 宁夏自治区发改委           | “十四五”期间，储能设施按照容量不低于新能源装机的 10%、连续储能时长 2 小时以上的原则逐年配置。   | 10%*2 小时 |
| 青海  | 2021/1/18 | 《关于印发支持储能产业发展若干措施（试行）的通知》         | 青海省发改委、科技厅、工信厅、能源局 | 新建新能源项目，储能容量原则上不低于新能源项目装机量的 10%，储能时长 2 小时以上。对储能配比高、时间长的一体化项目给予优先支持。对“新能源+储能”给予每千瓦时 0.10 元运营补贴，补贴时限暂定为 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日。 | 10%*2 小时 |

资料来源：公开资料整理、山西证券研究所

抽水蓄能作为一种容量大、工况多、速度快、可靠性高、经济性好的储能方式，未来将在保障大电网安全、促进新能源消纳、提升全系统性能中发挥更强的基础作用。目前我国在运的抽水蓄能电站装机规模 31.79GW，其中国家电网在运抽水蓄能电站 22 座，装机容量 20.96GW；南方电网在运抽水蓄能电站 5 座，装机容量 7.88GW。国家能源局正在组织开展新一轮抽水蓄能中长期规划，推动完善价格形成机制，保障抽水蓄能健康发展，预期到 2025 年，在运装机总规模将达到 62GW。

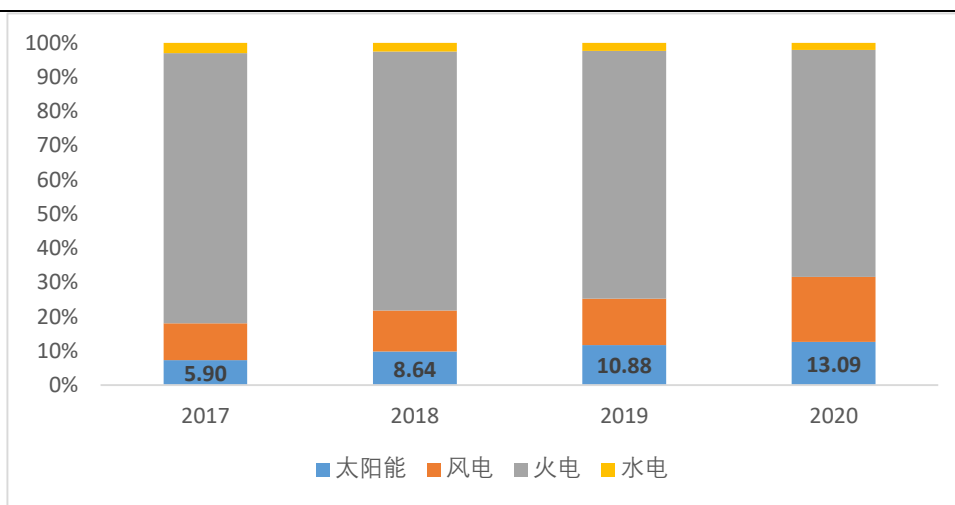
目前，山西省在运的抽水蓄能电站只有一座，为位于五台县的西龙池电站，该电站 2002 年正式开工建设，于 2008 年全部建成投产，装机容量达 1.20GW。另外，山西省内运城垣曲和大同浑源一南一北两座大型抽水蓄能电站正在加紧建设。其中，垣曲电站规划装机容量 1.20GW，设计年发电量 12 亿千瓦时，总投资 79.6 亿元；浑源电站规划装机 1.5GW，设计年发电量 19.22 亿千瓦时，总投资 89.2 亿元。两座电站将力争在“十四五”末完成建设，为推动山西省实现能源革命转型升级，有效消纳新能源做出贡献。

## 2.山西光伏发展现状：项目开发全国领先，探索多种应用模式

### 2.1 装机：规模增长迅速，扶贫&领跑者建设领先，BIPV 大有可为

山西省太阳能发电装机容量增长迅速，在全省电力生产结构中占比持续提高。截止 2020 年末，山西省全类别发电装机为 103.83GW，其中太阳能发电装机容量为 13.09GW，总规模排名全国第七，“十三五”期间 GAGR 达到 44.9%，在全省电力生产结构中的比重由 2017 年的 7.3% 提高到了 12.6%，提升 5.3pct，另外，全省新能源发电量达到 424.3 亿千瓦时，占发电量的 12.5%，比 2015 年提升了 8.11pct。

图 6：山西省历年发电装机容量（GW）及结构



数据来源：山西省统计局、山西证券研究所

光伏发电占比提升，弃光率略有反弹。山西省 2020 年全年光伏发电量 158.6 亿千瓦时，占全省总发电量的比重为 4.7%，同比增长 0.8pct。根据山西省电力行业协会公布数据，2020 年全年山西省太阳能发电设备利用小时数 1431 小时，同比提高了 281 小时，高于 2019 年全国平均值。全省弃光电量达到 4.8 亿千瓦时，弃光率为 3%，主要是受新冠疫情影响，一季度用电增速同比大幅下降，给新能源消纳带来一定的压力，另外，供暖调峰受限等因素也对一季度新能源消纳带来负面影响。

#### 2.1.1 光伏扶贫规模全国第二，助力山西省打赢脱贫攻坚战

山西是国家光伏扶贫工程首批试点省份，从 2014 年 10 月开始，山西选取临汾、大同两市的汾西、大

宁、吉县、天镇、浑源 5 个贫困县作为试点县，在 50 个试点村建设了 50 座村级分布式光伏扶贫电站。之后，山西光伏扶贫 2015 年试点，2016 年全省铺开，2017-2019 年集中建设，2020 年效益全面显现。

山西省产业扶贫工作站先后起草制定 7 份省级光伏扶贫政策文件，在光伏扶贫顶层设计方面走在全国前列。2016 年产业扶贫工作站起草制定的《山西省光伏扶贫项目管理暂行办法（试行）》成为全国首份省级光伏扶贫行业标准，基本明确了光伏扶贫产业的基本规范；光伏扶贫电站用地采取“一事一议”方式，工程建设进度坚持每月通报，建设过程中全省自上而下成立光伏扶贫工作领导小组，全程落实项目监管；收益分配方面，在全国率先起草出台《山西省村级光伏扶贫电站收益分配管理办法（试行）》，确保了光伏扶贫收益的精准发放和使用。

图 7：山西光伏扶贫 1



数据来源：山西扶贫、山西证券研究所

图 8：山西光伏扶贫 2



数据来源：山西扶贫、山西证券研究所

截至目前，山西省建有村级扶贫电站 5479 座，集中电站 53 座，总装机 294.4 万千瓦，规模居全国第二，实现了光伏扶贫电站 11 个市的 58 个脱贫县的全覆盖，惠及 6602 个贫困村、3361 个非贫困村，72 万贫困户受益，2020 年，光伏扶贫收益全年突破 19.6 亿元，在能源革命和脱贫攻坚过程中均起到带头作用。

### 2.1.2 领跑者项目规模持续领先

“光伏领跑者项目”是国家能源局从 2015 年开始，每年实施的光伏扶持专项计划。根据 2015 年 1 月 8 日发改委等八部门发布的《能效领跑者制度实施方案》，所谓“能效领跑者”是指同类可比范围内能源利用效率最高的产品、企业或单位。发改委将同有关部门制定激励政策，鼓励能效“领跑者”产品的技术研发、宣传和推广。而“光伏领跑者”则是与其并行的一种促进先进光伏技术产品应用和产业升级，加强光伏产品和工程质量管理专项方案。国家部分用电项目，包括解决无电人口用电、偏远地区缺电问题和光伏扶贫等公益性项目将优先采用“领跑者”先进技术产品，并且政府将在关键设备、技术上给予“光伏领跑者”计划项目市场支持，另外各级地方政府使用财政资金支持的光伏发电项目，将采用“领跑者”先进技术产品指标，对于企业来讲，加入“光伏领跑者”虽然得不到资金补贴，但是对于企业提升自身的品牌效应的



影响是不言而喻的。获批光伏领跑者项目，也有利于带动产业内的其他企业提升产品质量和转换效率，从而推动当地光伏行业的良性竞争和健康发展。

山西省“光伏领跑者”项目获批规模一直处于全国领先地位。2015年6月25日，山西省大同市采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地成为能源局“光伏领跑者”计划首个被批准的项目，其中13个单体项目总量为1000兆瓦，包括7个“领跑者计划项目”，每个项目单体容量100兆瓦；6个“领跑者计划+新技术、新模式示范项目”，单体规模为50兆瓦。建设全国第一个光伏领跑者示范基地，对后来获批进入“光伏领跑者”计划的阳泉市基地、芮城县基地、寿阳县基地以及省外各基地产生了很强的示范及带动效应，在煤炭去产能的背景下，采煤沉陷区发展光伏产业成为煤企转型发展的新路径，在带动光伏产业技术进步，促进地区能源结构改善、增加清洁能源输送与消纳比例，实现采煤沉陷区产业化综合治理、解决离地农民生活问题与生态环境治理难题，并缓解经济下行压力等方面具有重大意义。截止2020年底，山西省光伏领跑基地装机规模达到400万千瓦，居全国第一。

表 6：山西光伏领跑者项目

| 获批时间     | 批次  | 基地名称                   | 规模及其他信息   |
|----------|-----|------------------------|---|
| 2015年6月  | 首批  | 大同市采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地   | 规划总装机容量300万千瓦，分三年实施，一期建设装机容量95万千瓦，分为12个单体项目                                 |
| 2016年6月  | 第二批 | 阳泉市采煤沉陷区国家先进技术光伏发电示范基地 | 总规划装机容量220万千瓦，分两期实施，一期建设规模100万千瓦，建设工期9个月，寿命25年，分13个单体项目，涉及孟县、郊区、平定县三个县（区）   |
| 2016年6月  | 第二批 | 芮城县光伏领跑技术基地            | 规划总装机容量102万千瓦，分两期实施，总投资88亿元   |
| 2017年11月 | 第三批 | 山西省大同市                 | 根据大同市采煤沉陷区国家先进技术光伏示范基地项目实施方案，本期规模50万千瓦，分为五个规模均为10万千瓦的项目，其中左云县1个、南郊区2个、浑源县2个 |
| 2017年11月 | 第三批 | 山西省寿阳县                 | 根据山西省晋中市寿阳县光伏发电应用领跑者基地发展规划，本期规模50万千瓦，分为五个规模均为10万千瓦的项目                       |
| 2017年11月 | 第三批 | 山西省长治市                 | 根据长治市能源革命排头兵2017光伏发电技术领跑基地总体规划，本期规模50万千瓦，分为两个规模为25万千瓦的项目                    |

资料来源：国家能源局、山西证券研究所

### 2.1.3 政策先行，山西 BIPV 大有可为。

从碳排放的领域来看，我国建筑碳排放占总碳排放量的 1/3 以上，因此解决建筑碳排放是实现碳中和的重要路径。光伏建筑一体化（BIPV）是一种将光伏产品集成到建筑上的技术，不仅可以实现与建筑的完美融合，所产生的电力还能提供给建筑物使用，是解决建筑碳排放问题的有效途径之一。据数据显示，目前我国存量建筑面积 600 亿平方米，可安装 BIPV 产品近 100 亿平方米，约 1500GW。每年新增建筑约 20 亿平方米，可新增安装面积约 18GW，市场空间广阔。随着隆基推出其 BIPV 产品“隆顶”之后，晶科、东

方日升、中信博等众多光伏企业纷纷布局，抢占这片蓝海市场。

表 7：普通彩钢瓦屋顶与隆顶性能对比

|         | 普通彩钢瓦屋顶   | 隆顶   |
|---------|---|--|
| 示意图     |  |  |
| 使用寿命    | 8-10 年  | 长，可达 30 年  |
| 抗风雪抗压能力 | 质地轻、抗风雪抗压能力弱  | 可耐最大风压 0.85KN/m <sup>2</sup> ，抗风揭能力达 2400Pa 载荷，正面载荷 5400Pa 以上，抗压能力较强               |
| 防水性     | 缝隙间易漏水，需另外防水涂层处理  | 采用 360 度直立锁边、丁基胶密封填充锁边间隙，防水简单可靠  |
| 经济性     | 较差  | 强于“彩钢瓦+购电”及“彩钢瓦+BAPV+部分购电”   |

资料来源：隆基股份官网、公开资料、山西证券研究所

山西省在绿色建筑鼓励政策发布上超前全国，实现抢跑。在今年两会期间，为了助力 BIPV 产业的发展，全国工商联及多位全国人大代表还纷纷提出了关于推动 BIPV 产业发展的相关政策。而早在 2019 年 7 月，山西转型综合改革示范区管理委员会就发布《关于印发山西转型综改示范区绿色建筑扶持办法(试行)的通知》，对于绿色工业及民用建筑规定了不同程度的补贴，单个项目不超过 300 万元。另外，山西省住建厅于 2020 年 4 月印发《绿色建筑专项行动方案》，将提高建筑能效、降低建筑运行能耗、推广绿色建筑等作为重点任务，并定下于 2022 年绿色建筑占新建建筑面积比例达到 60% 的目标。

山西省在 BIPV 应用方面的步伐在全国处于领先地位。定位于“能源革命、天下大同”的 BIPV 地标性建筑大同未来能源馆于 2020 年 8 月落成开馆，建筑面积约 2.8 万平方米，涵盖地上三层、地下一层。该建筑由大同市国际能源革命科技创新园设计团队设计，并与世界上首个零碳社区的设计公司——ZEDfactory 零碳工厂合作进行了方案优化，从全国优选最好的光电建筑材料厂家，并根据墙面、屋顶、遮阳篷等不同的建筑位置选择了不同的材料：立面选择了国际领先的铜铟镓硒薄膜光伏组件及碲化镉薄膜光伏组件，光电转换效率 15% 以上；屋顶选择了高效低衰减单晶硅光伏组件，转换效率 20% 以上，整个建筑兼顾美观与实用，实现了社区零碳排放的目标，成为山西能源革命的典型示范。正在建设中的大同市国际能源革命科技创新园由光电建筑组成，建成之后将成为国内最大的光伏建筑群之一。

图 9：大同未来能源馆



数据来源：BIPV 在线、山西证券研究所

图 10：大同未来能源馆俯视图



数据来源：BIPV 在线、山西证券研究所

## 2.2 政策：支持政策体系逐步形成，多家能源国企来晋投资

山西省光伏发展支持政策体系不断完善，为光伏产业持续健康发展奠定坚实基础。山西省人民政府发布的关于贯彻落实《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》的实施意见、山西省发改委发布的《电力体制改革综合改革试点实施方案》，以及近期山西省能源局发布的《2021 年全省电力市场交易组织方案》和山西省工信厅发布的《山西省光伏制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》等，从能源发展及电力体制改革等宏观角度建立光伏发展的制度保障。另外，《山西省村级光伏扶贫电站收益分配管理办法（试行）》、《关于开展光伏扶贫工作的指导意见》、《关于降低山西省燃煤发电上网电价和一般工商业电价的通知》、《大同市采煤沉陷区国家现金技术光伏示范基地生态保护管理办法》等从光伏扶贫、领跑者项目以及上网电价等各方面进行了政策完善。除了省级主管部门发布的政策，市县级主管部门也纷纷针对本地光伏产业发展的特征，因地制宜，在实施方案、电价补贴、扶贫、领跑者、分布式等各方面出台多项政策。多年来，山西省内已逐步形成多层次、多维度的光伏产业扶持政策体系，为光伏产业的持续发展建立了较为完善的市场运行和补贴分配机制。

表 8：山西省新能源政策

| 时间         | 文件  | 发布单位          | 主要内容   |
|------------|---|---------------|--|
| 2021/1/1   | 《中共山西省委关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标的建议》 | 中共山西省委        | 加快发展光电、特种金属材料、先进轨道交通装备、煤机智能制造装备、节能环保等支撑型新兴产业，全力培育生物基新材料、光伏、智能网联新能源汽车、通用航空、现代医药和大健康等潜力型新兴产业，打造一批全国重要的新兴产业制造基地   |
| 2020/4/6   | 《大同市能源革命综合改革试点行动方案》                       | 大同市           | 2020 年大同市拟建成 3 座 10 万千瓦光伏加 3 兆瓦储能试点项目。大同市浑源县已规划光伏发电平价上网项目。项目位于山西省大同市浑源县驼峰乡境内，项目建设容量约为 200MW 光伏+6MW 储能。   |
| 2020/12/11 | 《山西省光伏制造业发展三年行动计划(2020-2022 年)》           | 山西省工信厅        | 2019 年山西省共有规上企业 12 家，已形成光伏电池片 7.4GW，光伏组件 4.3GW，光伏玻璃 2000 万平方米的产能，初步形成铸锭/拉晶-切片-电池片-组件产业链条。山西将以晋中、吕梁、长治为重点，加强重大项目培育和产业链招商，打造光伏制造全产业链生态体系。力争到 2022 年，光伏制造业营业收入达到 130 亿元 |
| 2020/12/9  | 《2021 年全省电力市场交易组织方案》                      | 山西省能源局        | 风电、光伏等新能源企业执行政府定价以外的电量应积极参与交易，新能源企业暂按双边协商交易方式参与普通交易，交易时序安排在火电企业参加交易之前，不再参加挂牌交易。新能源市场交易合约只能在新能源企业之间开展合同转让，鼓励新能源企业按照山西省相关规定优先参与“煤改电”交易等。                               |
| 2020/6/2   | 《关于 2020 年拟建光伏项目的消纳意见》                    | 山西省电力公司       | 新增光伏项目应统筹考虑具有一定用电负荷的全产业链项目，配备 15~20% 的储能，落实消纳协议，鼓励集约化开发建设，最大限度发挥电网资源。  |
| 2018/12/7  | 《2019 年山西省电力直接交易工作方案》                     | 山西省能源局        | 鼓励售电公司对各类工业园区、开发区、综改区内企业实施打捆交易，采用热电气冷联供、分布式能源、储能等技术实施综合能源服务；鼓励风电、光伏等新能源企业参与交易，保障其优先消纳。   |
| 2018/6/15  | 《山西省村级光伏扶贫电站收益分配管理办法(试行)》                 | 山西省脱贫攻坚领导小组   | 对村级光伏扶贫电站概念划分、资金投入及收益构成、收益结转与审批程序、分配对象与分配方式、收益管理和监督等方面做了详细规定   |
| 2018/5/21  | 《关于光伏发电上网电价管理有关事项的通知》                     | 山西发改委         | 光伏发电上网电价由项目投运前核定调整为投运后明确，电网企业按月报送光伏项目投运情况。   |
| 2016/8/15  | 《鼓励工业企业建设分布式光伏发电项目实施方案(试行)》               | 山西省经信委        | 鼓励工业企业按照“自发自用、余量上网，电网调节”的发电方式，建设分布式光伏发电系统。工业企业用户负责消纳所发电量，可按所发光伏电量电价优惠等方式合作，具体由双方协商约定，拥有屋顶资源的工业企业可收取屋顶租金。   |
| 2016/9/18  | 《山西省光伏扶贫项目管理暂行办法(试行)》                     | 山西省光伏扶贫工作领导小组 | 村级(户用)光伏扶贫电站，原则上按照每 20kW 补贴 10 万元财政扶贫资金给予支持，也可享受金融富民扶贫工程贷款支持，项目贷款省级扶贫资金按 5% 贴息   |
| 2016/6/17  | 《关于开展光伏扶贫工作的指导意见》                         | 山西省人民政府       | 精准识别确定光伏扶贫对象、因地制宜选择光伏扶贫模式、建立长期可靠的运营管理体系、配套实施电网改造保障工程、制定光伏扶贫收益分配管理办法、编制光伏扶贫项目实施方案等。   |
| 2016/3/30  | 《关于 2016 年新实施强农惠农富农补贴政策的通知》               | 山西省人民政府       | 实施光伏扶贫和旅游扶贫工程。安排资金 2 亿元。其中：安排资金 1.5 亿元，在 58 个贫困县的 300 个贫困村建设 100 千瓦村级分布式光伏扶贫电站；安排资金 5000 万元，在全省 100 个建档立卡贫困村开展乡村旅游扶贫。  |

资料来源：公开资料整理、山西证券研究所

中共山西省委在《关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五远景目标的建议》中明确提出深化能源革命综合改革，巩固电力外送基地国家定位，加快外送通道建设，提升跨区域配置电力资源能力。促进可再生能源增长、消纳和储能协调有序发展，提升新能源消纳和存储能力，并确立了到“十

四五”末能源革命综合改革试点任务全面完成的目标。

表 9：山西光伏项目投资情况

| 项目                              | 光伏规模/MW | 投资企业     | 投资金额/亿元 | 地区     |
|---------------------------------|---------|----------|---------|--------|
| 1GW 光伏+300MW 风电+100MW 储能        | 1000    | 国家电投     | 73      | 山西榆社   |
| 1GW 光伏项目                        | 1000    | 三峡       | 36      | 晋中     |
| 2GW 平价光伏项目                      | 2000    | 华电       |         | 山西朔州   |
| 山西应县 2GW 光伏项目                   | 2000    | 华电       |         | 山西应县   |
| 2.2GW 光伏配置 440MWh 储能            | 2200    | 华电       | 85.18   | 山西     |
| 规划光伏发电装机 10GW，风电装机 1GW，储能 2.5GW | 10000   | 晋能股份     | 1101.57 | 山西     |
| 6GW 平价风光项目                      |         | 华能、中煤、浙能 |         | 山西     |
| 6MW 光伏就地制氢示范项目                  | 6       | 大唐       |         | 山西大同   |
| 200MW 平价光伏项目                    | 200     | 隆基       | 10      | 山西大同   |
| 2GW 光伏电站和储能系统、光伏制氢、新能源汽车充电站等项目  | 2000    | 阳光电源     | 100     | 山西运城   |
| 500MW 风光储一体化清洁能源项目              | 500     | 国家能源集团   |         | 晋中市和顺县 |
| 中广核拟投建山西阳泉 1GW 风光储项目            |         | 中广核      | 50      | 山西阳泉   |
| 1.8GW 风光储打捆外送新能源配套项目            | 1200    | 山西国际能源集团 | 70      | 山西孟县   |
| 2GW 风电或光伏电站和光热+清洁能源采暖系统建设项目     |         | 嘉寓集团     |         | 山西     |

资料来源：公开资料整理、山西证券研究所

山西省良好的光照资源禀赋，完善的政策支持体系以及较高的投资回报率吸引了众多能源企业进行投资建设。据不完全统计，目前各大企业在山西省内规划的光伏项目规模已超 20GW。

## 2.3 制造：产业规模不断扩大，电池组件布局较深

近年来，山西省光伏制造产业规模不断扩大。数据显示，2019 年山西省共有规上光伏制造企业 12 家，已形成光伏电池片 7.4GW，光伏组件 4.3GW，光伏玻璃 2000 万平方米的产能，初步形成铸锭/拉晶-切片-电池片-组件产业链条。2019 年山西省光伏制造业实现主营业务收入 87.0 亿元，同比增长 36.15%。近年来，山西省光伏制造业维持高速增长，主要得益于潞安太阳能 2GW+1.5GW 单晶 PERC 电池片、晋能光伏 720MW 单晶 PERC 电池及组件等重大项目的快速达产达效。龙头企业拉动作用显著，潞安太阳能、晋能科技已进入光伏行业前 20 强，根据 PV InfoLink 统计，2020 全年潞安太阳能电池片出货量排名第四，行业竞争力大幅提升。

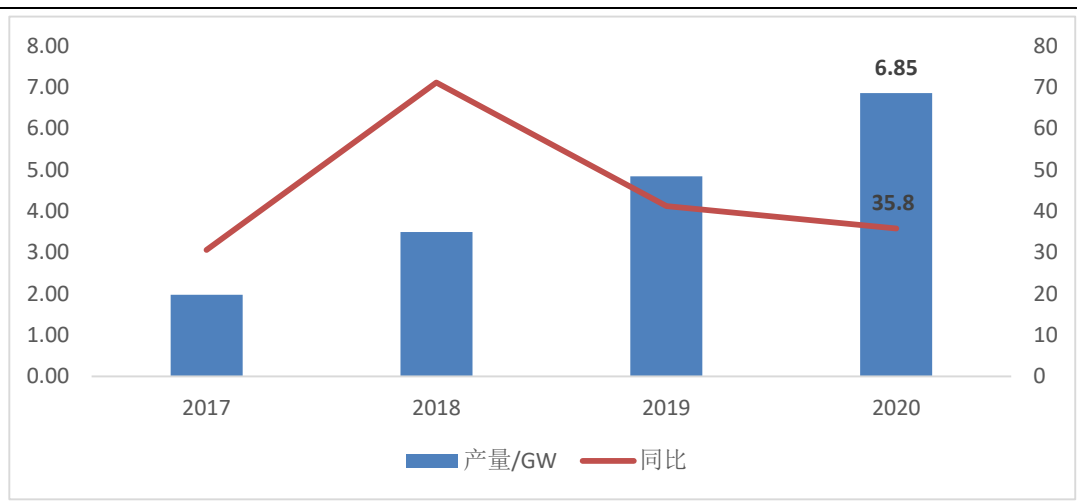
2020 年 12 月 11 日，山西省工信厅发布《山西省光伏制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》，指出山西省将依托光伏制造领域发展基础，集聚产业创新要素，打造光伏产业创新生态。以晋中、吕梁、长治为重点，加强重大项目培育和产业链招商，整合提升硅片、电池片、组件等光伏制造产业链，完善专用设备、光伏玻璃、金刚线、银浆等配套体系，打造光伏制造全产业链生态体系。培育一批拥有自主知识产权、竞争力较强的品牌产品，形成产业高质量增长态势，打造国家级光伏产业基地。力争到 2022 年，光伏制造业营业收入达到 130 亿元。

从产业链各环节来看，山西省在光伏电池及组件环节布局较深，在光伏玻璃方面有所涉足，其余配套环节仍有待持续引进。

### 2.3.1 电池片：连续多年维持高增，第三代技术布局领先

2020年山西省光伏电池产量达6.85GW，同比增长35.8%，连续四年增速保持在30%以上。山西省光伏制造业尤其是电池片环节坚持自主技术创新，晋能科技和潞安太阳能年研发投入均超过1亿元，技术水平国内领先。目前，潞安太阳能PERC电池量产转换效率已达22.8%以上。

图 11：山西省光伏电池历年产量



数据来源：山西省统计局、山西证券研究所

山西光伏制造企业在异质结电池技术上具备深厚布局。目前主流的单晶电池技术为P型PERC技术，异质结电池相比PERC电池具备转换效率高、组件衰减慢、温度系数低、双面率高、量产化步骤少等优势，还可叠加背接触或钙钛矿等技术实现更高的转换效率，因此有望成为新一代主流的硅基电池技术路线。2017年5月，晋能科技与中科院上海高等研究所建立联合实验室，建成国内首条100MW级别并实现连续规模量产的高效异质结电池产线，该产线量产效率最高可超过24.7%，达到行业最高水平。上市公司山煤国际在进军异质结领域的步伐上也走在全国前列，2020年8月，山煤国际与珺华思越和宁波齐贤签署协议约定共同出资组建合资公司，合资公司组建完成后拟先行启动10GW高效异质结(HJT)太阳能电池产业化一期项目建设，一期项目投资金额约人民币31.89亿元，建设规模3GW。

表 10：PERC、TOPCon、HJT 三种技术路线对比

|         | PERC   | TOPCon                                     | HJT  |
|---------|--|--|--|
| 硅片类型    | P 型  | N 型  | N 型  |
| 转换效率    | 量产 22%~22.5%，最高 23%                          | 量产 22.5%~23.5%，最高 23.5%~24%                | 量产平均 23%，HJT+钙钛矿叠层电池可达 28%+                |
| 工序数量及温度 | 9 步，高温工艺                                     | 9 步，高温工艺                                   | 4 步，低温工艺<250°C                             |
| 组件衰减    | 存在 LID、PID、LETID 衰减，首年衰减 2%~5%，10 年后剩余 80%左右 | LID、PID、LETID 衰减为零，首年衰减 1.5%，10 年后剩余 90%左右 | LID、PID、LETID 衰减为零，首年衰减 1.5%，10 年后剩余 90%左右 |
| 温度系数    | -0.38%/°C                                    | -0.35%/°C                                  | -0.25%/°C                                  |
| 双面率     | >75%   | >85%                                       | >90%                                       |
| 设备投资/GW | 2~3 亿  | 约 3.5 亿                                    | 进口 8~10 亿，国产 5~7 亿                         |

资料来源：《TOPCon 电池效益可行性分析》、山西证券研究所

### 2.3.2 组件：着力打造品牌知名度，进入多个海外市场

凭借晋能科技及潞安太阳能两大龙头在组件环节的多年积累，山西组件产品在全球范围已具备一定影响力。晋能科技已通过彭博新能源财经（BNEF）全球光伏一级组件供应商认证，该认证为组件产品进入高端市场的通行证，借此，该公司的组件产品已销往日本、荷兰、澳大利亚等多个国家，并成功进入乌克兰、以色列、新加坡等新兴市场，另外，公司还在印度建立了良好声誉，目前已累计向印度销售组件超过 1GW。潞安太阳能也积极融入“一带一路”，其光伏产品已通过 TUV、UL、JET 等多个国际市场的认证，并出口到德国、日本等十余个国家。

### 2.3.3 光伏玻璃：产能逐步扩大，完善配套能力

光伏玻璃作为光伏组件的重要部件之一，需要具备良好的透光率，更高的强度以保证组件的发电效率，同时还需能够长期应对日照及雨水等的侵蚀，随着双面组件渗透率不断提高，光伏玻璃的需求有望加速增长。目前山西省光伏玻璃产能已达 2000 万平方米，省内重点企业山西日盛达已拥有 500 T/D 超白压延光伏玻璃产能，并与长治市上党经开区签约拟在当地新建 2×1000 T/D 光伏玻璃生产线，一期项目预计于 2021 年底建成，该项目建成之后将大大扩充山西省光伏玻璃产能，完善光伏产业链配套能力。

## 2.4 测算：“十四五”期间山西省年均光伏新增装机 4-6GW

为确保完成 2030 年非化石能源占比的目标，国家能源局下发了《关于 2021 年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知关于征求 2021 年可再生能源电力消纳责任权重和 2022-2030 年预期目标的函》。该文件指出，到 2030 年全国统一可再生能源消纳责任权重为 40%，其中非水电力消纳责任权重为 25.9%，文件还对各省分别设置了总量及非水两类可再生能源消纳责任权重，并对两类权重目标提出了具体建议。

根据以上文件对山西省可再生能源电力消纳责任权重的规划，再结合历史数据我们做出如下假设：

- (1) 山西省全社会用电量在“十四五”期间 GAGR 为 6.00%，在“十五五”期间 GAGR 为 5.00%；
- (2) 山西省光伏发电年均可利用小时数为 1200h；
- (3) 光伏及风电装机量测算仅考虑本省消纳，不考虑外送电力带来的可再生能源装机。

据此，我们对于 2025 及 2030 年末的光伏风力发电量比例及非水可再生能源消纳权重的标准进行了情景分析，测算得到，为达到国家能源局下发的非水可再生能源消纳责任权重，“十四五”期末山西省光伏发电累计装机容量可达 33.82-43.72GW，相比 2020 年末增长 158%-234%，年均新增装机量可达 4-6GW。

表 11：山西省“十三五”期间发电数据

| 年份          | 2016A  | 2017A  | 2018A  | 2019A  | 2020A  |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 全省用电量       | 1797.2 | 1990.6 | 2160.5 | 2261.9 | 2341.7 |
| 同比增速        |        | 10.76% | 8.54%  | 4.69%  | 3.53%  |
| 光伏发电量（亿千瓦时） | 27.16  | 55.51  | 92.63  | 127.65 | 161.11 |
| 占风光比重       | 16.72% | 25.18% | 30.30% | 36.30% | 37.75% |
| 风力发电量（亿千瓦时） | 135.31 | 164.92 | 213.04 | 224    | 265.7  |
| 占风光比重       | 83.28% | 74.82% | 69.70% | 63.70% | 62.25% |
| 风光发电量（亿千瓦时） | 162.47 | 220.43 | 305.67 | 351.65 | 426.81 |

资料来源：国家统计局、国家能源局、山西能监办、全国新能源消纳检测预警中心、山西证券研究所

表 12：山西省 2021-2030 年非水可再生能源消纳责任权重

|             | 2021E   | 2022E   | 2023E   | 2024E   | 2025E   | 2026E   | 2027E   | 2028E   | 2029E   | 2030E   |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 全省用电量（亿千瓦时） | 2482.20 | 2631.13 | 2789.00 | 2956.34 | 3133.72 | 3290.41 | 3454.93 | 3627.68 | 3809.06 | 3999.51 |
| GAGR        | 6.00%   |         |         |         |         | 5.00%   |         |         |         |         |
| 最低权重        | 20.0%   | 21.5%   | 22.9%   | 24.4%   | 25.9%   | 27.3%   | 28.8%   | 30.3%   | 31.7%   | 33.2%   |
| 激励性权重       | 22.0%   | 23.5%   | 24.9%   | 26.4%   | 27.9%   | 29.3%   | 30.8%   | 32.3%   | 33.7%   | 35.2%   |

资料来源：国家能源局、山西证券研究所

表 13：山西省光伏发电装机测算

|       | 光伏风电发电量比例 | 非水消纳权重 | 光伏发电量（亿千瓦时） | 光伏发电可利用小时数 | 期末光伏累计装机量（GW） | 年均新增光伏装机量（GW） |
|-------|-----------|--------|-------------|------------|---------------|---------------|
| 2025E | 5: 5      | 25.9%  | 405.82      | 1200       | 33.82         | 4.15          |
|       |           | 27.9%  | 437.15      |            | 36.43         | 4.67          |
|       | 6: 4      | 25.9%  | 486.98      |            | 40.58         | 5.50          |
|       |           | 27.9%  | 524.58      |            | 43.72         | 6.13          |
| 2030E | 6: 4      | 33.2%  | 796.70      |            | 66.39         | 5.33          |
|       |           | 35.2%  | 844.70      |            | 70.39         | 5.73          |
|       | 7: 3      | 33.2%  | 929.49      |            | 77.46         | 6.44          |
|       |           | 35.2%  | 985.48      |            | 82.12         | 6.90          |

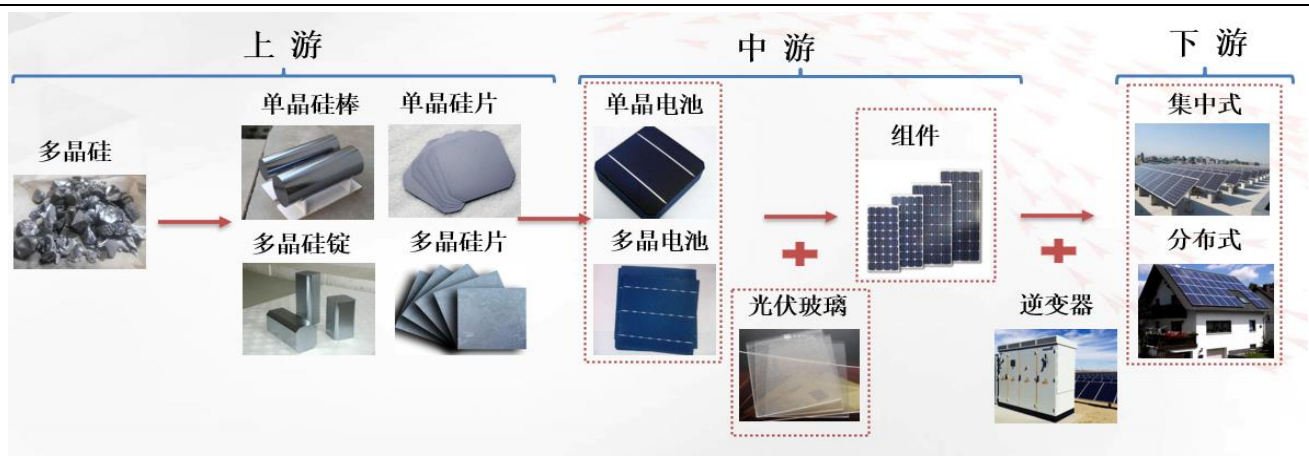
资料来源：国家能源局、山西证券研究所



### 3.山西光伏产业链引进分析

光伏产业链从上游到下游来看，主要包括多晶硅制造、拉棒切片、电池片、组件等环节，以及逆变器、支架等辅助设备，在每一个生产过程中还需要用到多种辅材，硅料制造成硅片的过程需要用到金刚线；电池片制造过程中需要用到银浆；组件封装过程需要用到光伏玻璃、胶膜、背板等辅材，本部分我们将对光伏产业链中的主要环节分别进行现状及山西省引进可行性的分析。

图 12：光伏产业链构成（红色框内为山西省重点布局环节）



数据来源：山西证券研究所整理

#### 3.1 矿产资源分布情况

光伏产品制造过程中需要用到石英砂、银、铝、铜、金刚石等多种金属及非金属矿产，其中需求量最大的是多晶硅及光伏玻璃生产用到的石英砂矿，随着双面组件渗透率逐步提升，电池片生产所需原材料银浆的使用量随之增加。

表 14：光伏产业链所需矿产

| 原材料   | 使用环节  | 矿产  |
|-------|-------|-----|
| 硅粉    | 多晶硅   | 石英砂 |
| 沙子    | 多晶硅   | 石英砂 |
| 金刚线   | 硅片    | 金刚石 |
| 银浆    | 电池片   | 银矿  |
| 铝框、支架 | 电池、组件 | 铝土矿 |

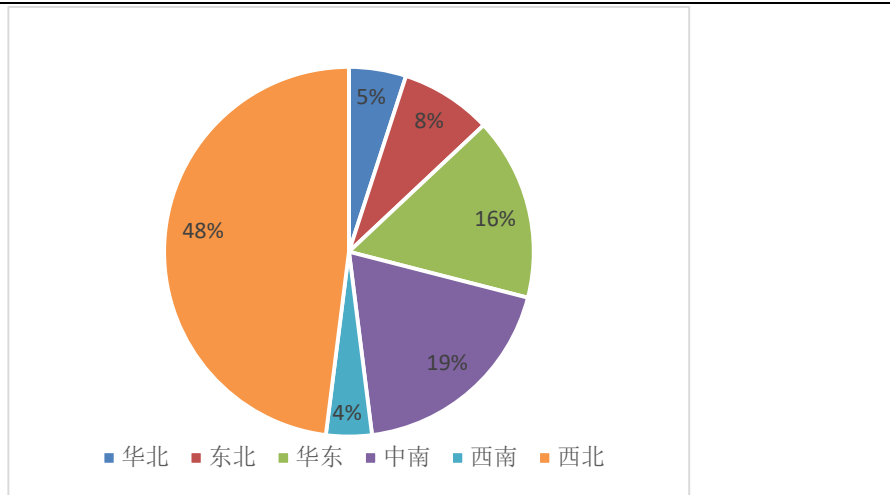
资料来源：山西证券研究所

##### 3.1.1 石英砂矿

我国石英砂矿资源丰富，在国内多个地区均有分布，大型石英砂矿产地约有 150 处。其中华北地区保

有矿产地 24 处，共计储量 1.8 亿吨，占全国保有量的 5%，主要分布在河北北部、西南部和山西南部的石英砂岩或石英岩矿，内蒙古东北部的石英砂矿等。山西省可利用昔阳北庄石英砂岩矿进行相关产业的引进。

图 13：我国石英砂矿分地区分布

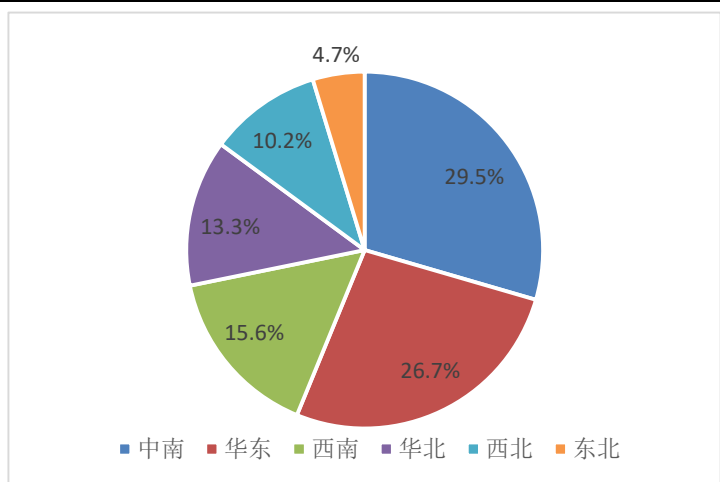


数据来源：中国百科、山西证券研究所

### 3.1.2 银矿

我国银矿储量较为丰富，总保有量 11.65 万吨，排在世界第 6 位。我国银矿分布较广，探明储量的矿区共有 569 处，在全国大多数省份均有产出。从地区分布来看，中南地区储量最多，占比 29.5%；从省份来看，江西省保有银矿储量最多，为 18016 吨，占全国总储量的 15.5%。山西省内分布有山西灵丘县的支家地银矿和刁泉铜银矿两处银矿产地，省内可利用该处矿产引进银浆企业。

图 14：我国银矿分地区分布



数据来源：中国百科、山西证券研究所

图 15：我国银矿资源分布示意图



数据来源：中国百科、山西证券研究所

### 3.1.3 铝土矿

中国铝土矿资源丰度处中等水平，产地 310 处，分布于 19 个省，总保有储量 22.7 亿吨，居世界第 7 位。其中山西铝资源最多，保有储量占全国储量的 41%，贵州、广西、河南次之，各占 17% 左右。山西省丰富的铝土矿资源储量有利于在当地建立铝浆、铝边框以及支架等辅材及部件的生产企业。

图 16：我国铝土矿分布示意图



数据来源：中国百科、山西证券研究所

图 17：我国铜矿资源分布示意图



数据来源：中国百科、山西证券研究所

### 3.1.4 铜矿

中国是世界上铜矿储量较多的国家之一，总保有储量 6243 万吨，居世界第 7 位，探明储量中富铜矿占 35%，已探明储量矿区 910 处。山西中条山铜基地作为全国七大铜矿产地之一，多年来累计探明储量 330 多万吨，现拥有铜矿峪、胡家峪、篦子沟等三个大中型铜矿山，可依托当地资源引进焊带及电缆生产企业。

### 3.1.5 金刚石矿

中国的金刚石矿资源分布较为贫乏，全国只有 4 个省产金刚石矿，探明储量矿区有 23 处，总保有储量金刚石矿物 4179 千克，工业级金刚石约占比 40%，主要产地包括辽宁瓦房店、山东蒙阴—临沭、湖南沅水流域。

## 3.2 光伏产业链基础分析

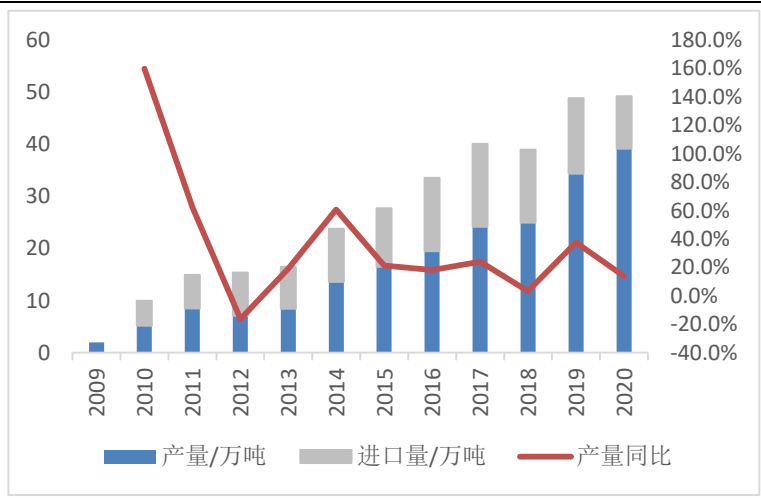
### 3.2.1 多晶硅

**现状：**多晶硅制造处于光伏产业链的最上游，该环节具有产能投资金额大、技术工艺复杂、投产周期

长等特征，且具备较高的进入壁垒，行业附加值较高。

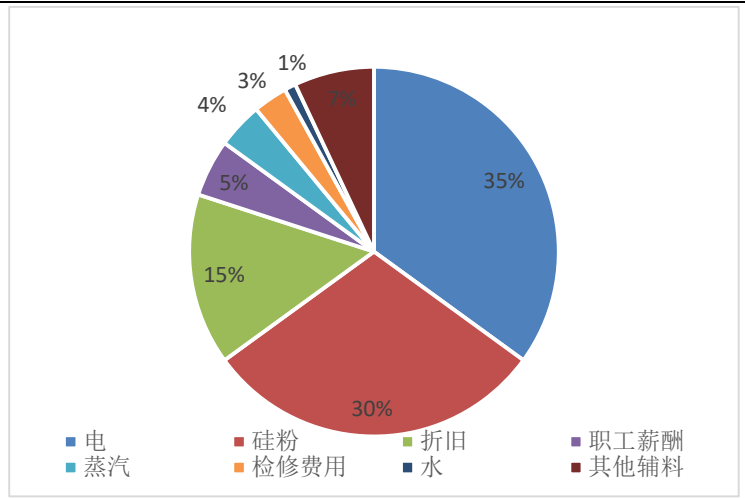
根据中国光伏行业协会统计，2012年以来中国多晶硅产量逐年提升，2020年我国多晶硅产量来到39.2万吨，同比增长14.0%，约占全球总产量的79.5%。随着国内多晶硅企业通过改良技术，在内蒙、新疆等电价地区建厂等方式大幅降低生产成本，以及国内产能的逐步扩大，在价格及市场份额双重挤压下，海外高成本多晶硅产能加速退出，因此近年来我国多晶硅进口量不断下降，2020年我国多晶硅进口量为10.1万吨，进口占比20.5%，同比下降9.1pct。

图 18：国内历年多晶硅产量及进口情况



数据来源：硅业分会、中国海关、山西证券研究所

图 19：西门子法生产多晶硅成本结构



数据来源：硅业分会、山西证券研究所

当前多晶硅制造的主流工艺为改良西门子法，电力成本、原材料成本及折旧成本为多晶硅生产成本的主要组成部分，三者合计占到总成本的80%左右，其中电力成本约占比35%，占比最大；硅粉成本占比30%，折旧成本占比15%。

**引进分析：**220千伏电压等级下，全国平均大工业用电电价约为0.5261元/千瓦时，而山西省电价为0.4482元/千瓦时，仅高于青海、宁夏、内蒙古、云南和甘肃等西部省份，若政府能够给与适当补贴进行引进，再辅以完整的下游产业建设，企业在山西省建设多晶硅产能将具备较好的性价比。

技术储备方面，山西省上市企业同德化工发布于今年一月份发布公告称其控股子公司同德研究院成功开发出以硅泥为原材料的独特光伏级多晶硅原料，并表示其多晶硅原料项目生产、测试、成品检测已达到现有市场的同类产品性能，并经过拉单晶测试，使用该法制备多晶硅产品质量稳定，已满足量产条件，并且相对目前主流的西门子法具备成本低、安全及环保性好等优点。

### 3.2.2 硅片

**现状：**硅片为多晶硅的下游环节，分为单晶硅和多晶硅两种技术路线。单晶路线在转换效率上优于多

晶，2015 年之前多晶硅片因成本优势一直占据主要市场份额。2015 年，隆基股份在单晶硅片制造中率先导入金刚线切割技术，大大提高了晶片切割速度，同时减少了切割过程中的硅损耗，此后单晶硅片迅速占领市场。根据 CPIA 公布的 2020 年中国光伏产业发展路线图，2020 年单晶硅片市场占比约 90.2%，而多晶硅片的市场份额由 2019 年的 32.5% 下降到 2020 年的 9.3%，且预计未来仍将延续下降趋势。

从竞争格局来看，2020 年国内硅片产量 161.3GW，约占全球产量的 100%，CR5 占比约为 88.1%。因成本下降叠加价格坚挺，硅片盈利保持在较高水平，传统龙头隆基股份、中环股份、晶澳科技产能大幅扩张，上机数控及京运通等硅片新势力借助硅片环节盈利较好的时间窗口纷纷通过再融资计划扩充产能，根据我们对各公司发布的扩产信息进行的统计，2021 年底国内硅片产能将超过 300GW。受益于硅片的大型化、薄片化趋势，龙头企业依靠深厚的技术积累及规模优势将保持强大的竞争力。

图 20：国内历年硅片产量



数据来源：CPIA、山西证券研究所

**引进分析：**山西省内目前尚未建立硅片环节的生产企业，硅片环节竞争格局较为集中，市占率又继续向龙头集中的趋势，新建企业难以获取市场份额。政府可适当补贴引进硅片龙头企业在山西建厂，也可鼓励晋能科技及潞安太阳能等山西省内光伏企业向上游扩充垂直一体化产能，根据自身电池组件环节需求进行硅片产业的规划。

### 3.2.3 电池片

**现状：**将硅片加工为电池片为光伏产品实现发电功能的核心工艺环节，该环节为资本与技术双密集型，技术更新较快，要求企业持续投入研发以提升电池的转换效率。根据中国光伏行业协会数据显示，2020 年

中国电池片产量为 134.8GW，同比增长 22.2%。2020 年规模化生产的 P 型电池均使用 PERC 技术，平均转换效率达到 22.8%，同比提升 0.5pct；另外 N 型 Top Con 电池平均转换效率达到 23.5%，异质结电池平均转换效率达到 23.8%，同比均有较大提升。2020 年国内新建产能仍以 PERC 路线为主，PERC 电池片市场占比提升至 86.4%。未来随着生产成本的降低及良率的提升，N 型电池渗透率有望继续提升。

表 15：国内异质结电池投资建设情况

| 公司    | 项目地点 | 现有产能  | 量产效率   | 规划产能  |
|-------|------|-------|--------|-------|
| 中智电力  | 江苏泰兴 | 160MW | 23%    | 1GW   |
| 晋能科技  | 山西晋中 | 200MW | 23.85% | 2GW   |
| 钧石能源  | 福建   | 600MW | 22.50% | 5GW   |
| 汉能    | 四川成都 | 120MW | 24.85% | 600MW |
| 通威股份  | —    | 200MW | 23%    | 1GW   |
| 爱康科技  | —    | —     | —      | 2GW   |
| 彩虹集团  | —    | —     | —      | 2GW   |
| 东方日升  | —    | 建设中   | —      | 2.5GW |
| 山煤国际  | —    | —     | —      | 10GW  |
| 新日光   | —    | 50MW  | 23%    | —     |
| 国家电投  | 江西南昌 | 100MW | —      | 0.1GW |
| 晋锐能源  | —    | —     | —      | 5GW   |
| 上澎    | —    | 30MW  | —      | —     |
| 开盛新能源 | 安徽宣城 | —     | —      | 0.5GW |

资料来源：山西证券研究所整理

**引进分析：**鉴于目前山西省内电池制造产能已具备较大规模，且龙头企业在当前路线的转换效率及技术储备上均具备一定优势，未来山西省可依托晋能科技及潞安太阳能等龙头企业继续加快高效 PERC 电池及 182、210 大尺寸电池的投产，继续在省内企业的优势环节扩大市场影响力，并联合省内外高校、科研院所等着重研发异质结、钙钛矿、Topcon 等下一代电池技术，强化光伏电池关键技术的迭代突破，抓住先机，争取在新一轮技术变革中实现弯道超车。

### 3.2.4 组件：着力打造品牌知名度，积极拓展海外市场

**现状：**组件环节属于光伏制造产业链的中下游，直面终端用户，具备一定的 toC 属性。当前全球组件市场集中度相对其他环节处于较低水平，2020 年 CR5 市占率为 55.1%，同比增长 12.3pct，二三线厂商仍具备较好的参与空间。2020 年我国组件出口额达到 169.9 亿元，约占光伏产品出口总额的 86%，一线厂商包括隆基股份、晶科能源、晶澳科技、天合光能等的组件出口占组件总收入的比重均在七成左右，海外市场对组件厂商的重要性不言而喻。

**引进分析：**山西省内来看，晋能科技及潞安太阳能在组件环节具备较深积累，其组件产品已成功打入多个海外市场。未来山西省可继续鼓励企业扩张产能规模，通过提升质量技术水平、加大市场营销投入、

参与知名光伏行业排名活动等多方面措施，打造光伏制造品牌。同时可支持企业积极参与“一带一路”建设，加强对成熟高端市场如欧、日、韩，以及新兴市场如印度、澳洲、拉美的布局，继续深入拓展海外市场。

### 3.2.5 逆变器

**现状：**光伏逆变器是一种直交流电力转换设备，能够直接影响光伏发电系统的整体发电效率及工作稳定性，是光伏发电系统的重要设备部件，逆变器在集中式及分布式光伏系统中的成本占比分别约为 2.6% 和 6.3%。

逆变器制造属于技术密集型行业，生产流程复杂，需要经过长期的技术积累和工艺磨合，技术壁垒较高；并且因其品质对系统的稳定性、发电量、发电效率等方面有决定性作用，多个国家对逆变器均有独立的认证标准，认证测试严格，所需周期长；这就导致该行业具备较强的客户粘性，新进企业获取客户资源有一定难度。

表 16：2015-2019 年全球逆变器出货量 Top5 企业排名

| 排名 | 2015  | 2016  | 2017 | 2018              | 2019              |
|----|-------|-------|------|-------------------|-------------------|
| 1  | 华为    | 华为    | 华为   | 华为                | 华为                |
| 2  | 阳光电源  | 阳光电源  | 阳光电源 | 阳光电源              | 阳光电源              |
| 3  | SMA   | SMA   | SMA  | SMA               | SMA               |
| 4  | ABB   | ABB   | ABB  | Power Electronics | Power Electronics |
| 5  | TMEIC | TMEIC | 上能电气 | ABB               | Fimer (ABB)       |

资料来源：Wood Mackenzie，山西证券研究所

**引进分析：**综上所述，目前山西省内尚未建立逆变器环节的生产企业，鉴于该行业具备较强的技术壁垒，新进企业难以与已有企业竞争，但由于该行业属轻资产型，因此一旦解决技术、认证及客户方面的问题，投资建厂相对容易。因此，省内若想要引进该环节可从两条路径着手：一是可以利用政策优惠引进一线厂商入驻山西；二是可筛选具备较强技术潜力，只是在客户资源上较为缺乏的二线企业进行引进，并利用山西省内订单进行一定程度的扶持，逐步培养其与一线厂商的竞争力。

## 4 山西省重点光伏企业简介

### 4.1 晋能清洁能源科技有限公司

**公司简介：**晋能科技创立于 2013 年 12 月 31 日，是山西省大型国有控股光伏制造企业，主要进行太阳

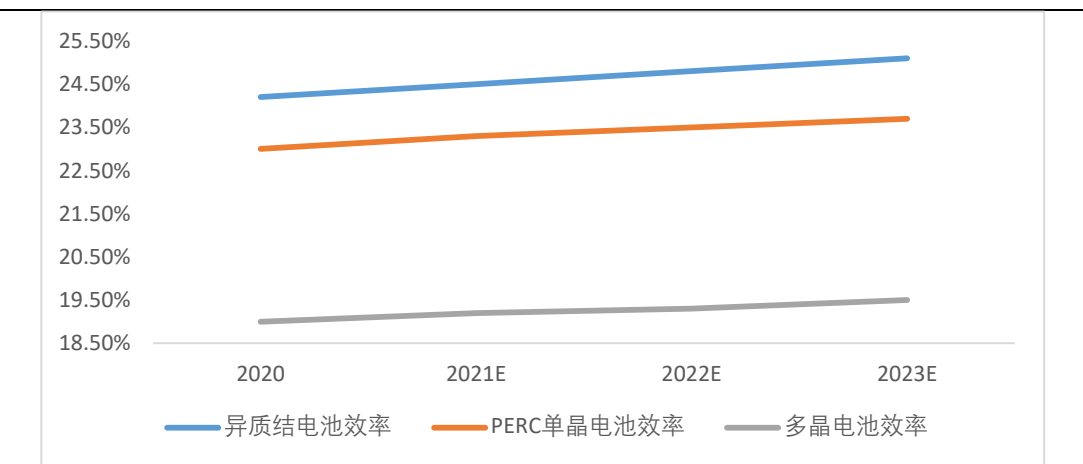
能电池、组件的研发、生产及销售业务，被评为山西省 2019 年省级智能制造示范企业。

**产品及产能：**公司主要产品为单晶 PERC 太阳能电池组件，采用的是业内先进的电池后处理工艺，电池产线全线配置 SE 激光设备，获得 CQC、CGC 领跑者认证，组件通过彭博新能源财经（BNEF）全球光伏一级组件供应商认证，光电转化效率最高达 22.6%。公司目前正在谋划 2.3GW 高效单晶 PERC 电池扩建项目，预计 2020 年投产，届时公司总产能将提升至 3GW。未来 2 年，视市场需求，扩建 1GW 超高效单晶异质结电池组件项目，再将总产能提升至 4GW。

**市场地位：**目前公司已实现高效多晶、高效单晶 PERC 和超高效异质结三代技术的大规模量产，并成功向日本、韩国、澳大利亚、德国等 10 余个国家提供高效率、高品质太阳能组件。在全球疫情的大背景下，晋能科技积极应对市场变化，克服疫情影响，并充分把握市场机遇，积极组织生产，不断提升产品竞争力，在海外市场取得了丰硕的成果。一方面，公司通过分销商和入驻建材超市，成功打入巴西、西班牙户用市场，另一方面，公司为智利、韩国等地的合作伙伴提供了强有力的支持，助力当地电站顺利并网。

**技术研发：**公司遵循“量产一代、中试一代、研发一代”的技术战略，坚持以技术创新引领产业进步。截至 2020 年底，晋能科技已申请专利 167 项，已授权专利 88 项，获批并成立了国家企业技术中心、省级企业技术中心、山西省高效太阳能光电转换工程技术研究中心、山西省光伏电池组件及应用工程研究中心、山西省光伏产业技术研究院等。

图 21：晋能科技三代电池技术发展



数据来源：晋能科技官网、山西证券研究所

晋能科技长期深度布局异质结电池技术，经第三方行业权威检测机构中国计量院认证，晋能科技 M6 尺寸异质结电池量产最高效率达 24.7%。目前，晋能科技异质结组件的成本是 PERC 组件的 138%，公司规划未来将成本降至 PERC 的 108%。

**光伏发电项目：**光伏发电方面，2020 年 8 月，公司屯留 100MW、繁峙 100MW 两个新建光伏发电项目陆续全容量并网投产。屯留光伏发电项目位于长治市屯留区，建设容量为 100MW，2019 年 7 月开工建设，



2020年6月1日全容量并网。繁峙光伏发电项目位于忻州市繁峙县，建设容量为100MW，2019年8月开工建设，2020年6月11日全容量并网。两个新建光伏发电项目顺利并网投产后，晋能清洁能源光伏发电在役装机达到795MW。

## 4.2 潞安太阳能科技有限责任公司

**公司简介：**山西潞安太阳能科技有限责任公司成立于2009年5月，占地面积598亩，注册资本金19亿元，业务覆盖拉晶、电池、组件及光伏应用。

**产品及产能：**公司主打产品PERC电池的量产转换效率达到22.6%，最高转换效率接近23%，双玻双面半片组件效率达到420W，高效叠瓦组件功率达到500W，均处于国际领先水平，有较强的性价比和市场竞争能力，公司产品已获得CQC领跑者认证以及TUV、UL、JET等多个国际市场的认证。截止目前，公司拥有光伏一体化产能7.5GW，其中，高效电池产能5GW、拉晶产能1GW、高效组件产能1.5GW，为华北地区综合产能最大的光伏制造企业，也是全国电池和组件产能最大的国有企业。

**技术研发：**公司现有“山西省光伏电池工程技术研究中心”、“山西省省级众创空间”、“山西省省级企业技术中心”、“山西省光伏装备创新中心”、“山西省高效光伏智能制造及系统集成产业技术研究院(培育)”共5个省级科研平台，140余人的中高级专业化技术研发团队，其中硕士学历60余人、博士4人。公司先后承担省级科研项目10余项，参与制定国家标准1项，获得国家级奖项3项、省级奖项3项、市级奖项11项；获批“一种晶体硅太阳能电池激光扩散方法”、“一种晶体硅太阳能电池发射极磷掺杂控制方法”等国家专利114项，凭借持续的技术创新、发达的全球销售与服务网络，在全球光伏电池、组件供应端占据一定市场份额。并连续三年蝉联行业“十大光伏民族品牌”和“优质PERC电池供应商”荣誉。

## 4.3 山西日盛达太阳能科技有限公司

**公司简介：**山西日盛达太阳能科技有限公司位于在山西省长治市长治县科工贸产业聚集区，注册资本一亿元，规划占地900亩，是一家集研发、设计、生产、销售为一体的高科技新能源企业，从事太阳能光伏玻璃、太阳能电池片及电池组件的生产及太阳能应用产品的研发。

**产品：**公司主导产业为光伏玻璃制造及深加工，光伏产品规格涵盖：4.0mm、3.2mm、2.8mm、2.5mm、2.0mm原片玻璃、钢化镀膜玻璃、打孔钢化镀膜玻璃和丝网印刷玻璃。产品获得欧洲SPF产品认证，主要销往协鑫、晶澳、英利、阿特斯、亚玛顿等国内主流光伏组件生产企业，以及韩国、日本等国外客户。

**产能：**公司已投产的首期投入资金4.7亿元金额的光伏玻璃项目，采用世界上较先进的一窑四线500T/D生产技术，采用美国、英国、法国的先进设备。目前公司光伏玻璃原片年产量达2000万平方米，钢化镀膜

玻璃年产量 1700 万平方米。未来二期、三期的光伏玻璃深加工、太阳能电池组件项目完成后，公司将成为我国中西部重要的绿色能源产业基地及山西省光伏产业发展示范基地。

2021 年 1 月 4 日，公司与上党经开区新型工业创业园区签署协议，其 2×1000 T/D 光伏玻璃生产线项目将在上党经开区新型工业创业园区开工建设。该项目分二期建设，一期工程 1000T/D 光伏玻璃原片生产线，计划于 2021 年底建成投产。二期工程为 1000T/D 光伏玻璃原片生产线及年产 8000 万平米光伏电池封装面板和背板钢化、镀膜、打孔、丝印加工系统，计划于 2023 年 5 月建成投产。

#### 4.4 山煤国际能源集团股份有限公司

**公司简介：**山煤国际成立于 2009 年 11 月，主营业务为煤炭生产与贸易，拥有煤炭出口专营权和内销煤经销资格。公司控股股东为山西焦煤集团有限责任公司，实际控制人为山西省国资委。

**产品及产能：**2020 年 8 月，山煤国际发布公告，规划与珺华思越和宁波齐贤签署协议共同出资设立合资公司山煤国际光电科技有限公司开展 10GW 高效异质结(HJT)太阳能电池产业化一期 3GW 项目。目前，山煤光电已注册成立，注册资本为 10 亿元，山煤国际出资比例 88.5%，项目公司注册地点为山西转型综合改革示范区晋中开发区。根据公告，合资公司组建完成后，拟先行启动 10GW 高效异质结(HJT)太阳能电池产业化一期项目建设，一期项目投资金额约人民币 31.89 亿元，建设规模 3GW，分步实施。截止 2020 年 10 月末，一期项目建设用地已成功摘牌，并完成项目单位建设环评工作。

山煤国际作为山西省最大的煤炭企业之一，肩负着山西省煤炭转型和国企改革的重任。本次山煤以 GW 级量产线起步，有望凭借其规模优势推动异质结产业化提前卡位布局，扩大领先优势。

### 5.山西省光伏产业存在的问题及发展建议

#### 5.1 存在问题：土地资源掣肘

**土地资源是光伏项目开发的基本条件。**一方面，光伏项目开发时的土地成本占据较大比例，根据 CPIA 统计数据，2020 年我国地面光伏系统初始投资约 3.99 元/W，其中土地成本占比约 5%，随着组件、逆变器等关键设备成本随着技术进步逐步下降，预计到 2030 年土地成本在其中的占比将提升到约 6.4%；另一方面，地区土地资源的状况、管理及划定政策等决定着当地对于光伏项目的开发潜力及承载力。

**光伏发展与现有国土资源规划存在冲突。**

一是“三线”划分对于平地的占用。根据山西国土资源厅公布数据，山西省生态保护红线、耕地保护红线、城镇开发边界等“三线”划分分别约占全省国土面积的 20.12%、24.48%、4.09%，三条红线划定整体约占全省国土面积的 50%。考虑到山西省为典型的山地高原地带，山区面积占总面积的 80.1%，因此省内少量的平原地带基本都为基本农田。

二是各类开发区的规划挤占了部分农光互补项目的空间。为增强区域经济发展活力，全省各地将城郊的部分一般农田规划为各类开发区，目前，全省已批准设立的省级以上工业类开发区、产业及旅游示范区等共 86 家，总规划面积达 7000 余平方公里。

**光伏发展与林业规划存在冲突。**

一是新造林地对土地资源的占用。“十三五”期间山西省平均每年营造林约 400 万亩，预计该造林速度在“十四五”期间将持续。而营造林用地多数为原本的荒山荒坡，最适宜进行光伏项目的开发，这意味着每年新造林地将挤占可用于光伏项目建设的土地资源。

二是政策对于林光复合项目的限制。据统计，一期大同领跑者基地 13 个光伏项目占地面积共计 4.95 万亩，其中林业面积 4.38 万亩，该项目一方面提高了土地综合利用率，另一方面光伏组件也有利于减少土地蒸发量，对当地植被生长、生态恢复产生了积极作用。2020 年 12 月，山西省林业和草原局发布《关于停止大同市光伏发电项目使用林地改革试点的函》，决定停止大同市光伏发电项目林地试点。而根据国家林业局发布的《关于光伏电站建设使用林地有关问题的通知》，山西省光照资源最好的大同市、朔州市、忻州市的多个县属于年均降水量低于 400 毫米的地区，覆盖度高于 30% 的灌木林地不能用于光伏项目开发，“十四五”期间山西省林光复合项目的开发将受到限制。

三是土地部门及林地部门的双重管理。目前，在实际操作中国土部门及林业部门对于土地性质的认定标准不同，且相关数据没有进行联网合并。例如部分土地在被国土部门规划为“荒地”，但是被林业部门认定为“林地”，这给光伏项目的开发带来巨大障碍。

综上所述，三道“红线”的划分及各类用地的规划将挤占平地建设以及部分利用一般农田复合建设的光伏项目，持续的新造林地挤占了光伏项目开发用地，相关政策的变动也限制了林光复合项目的落地，对山西省光伏项目开发空间造成重大影响。

## 5.2 山西省光伏产业发展建议

山西省作为我国绝对的电力生产大省，“十三五”期间在光伏产业发展方面做出了举世瞩目的成绩，“碳达峰”、“碳中和”的远景目标给山西新能源发展带来了新的机遇和挑战。我们通过对山西省在全国能源体系中的地位以及当地光照资源禀赋的分析，对山西光伏发电建设、消纳及未来规划情况和政策进行了归纳梳理，并对山西省光伏制造产业的发展状况和主要企业进行了介绍，并据此提出如下建议，希望能对山西省顺利完成能源革命排头兵的历史任务，成功打造国家级光伏产业基地有所帮助。

**在光伏发电项目开发方面：**

一是推广风光互补及各种“光伏+”开发模式。独立的风能或者太阳能均不能提供可靠稳定的电源，但

是风能和太阳能在时间上具有一定的互补性，风光互补系统经过一定的优化能够减弱各自稳定性差的弱点。根据山西农业大学刘振宇教授等人发表的《山西各地区风光资源互补性研究》，通过对山西省 11 市风光资源进行互补性分析发现，在山西省大多数地区风光均能实现时间上的互补，但大多数地区风速较低，且个别月份无法实现能量互补。因此在对各地区风光资源互补性进行充分研究论证之后，根据当地资源状况优化风光装机容量配置，并可适当引入第三种能源如储能等，推广“光伏+”开发模式，提高电源的可靠性。

**二是强化政府引导，开发农光互补、林光互补模式。**山西省国土资源较为紧张，根据山西国土资源厅公布数据，山西省耕地红线、生态红线及城镇开发边界控制线等三条红线划定约占总体国土面积的 50%。另外，由于山西省属于典型的山地高原，内部起伏不平，河谷纵横，山区面积占总面积的 80.1%，而平原地带全部为基本农田，因此山西省境内可用于光伏开发的土地极少；另外，荒山荒坡和易林地最适宜开发光伏项目，这与“十四五”期间林业规划用地出现冲突，这些因素使得山西省内光伏开发难度大幅增加。

针对此难题，政府可对省内沉陷区、回填区、盐碱地、荒山荒坡等废地进行统一规划。并且可学习贵州省的光伏开发经验，由政府牵头并联合气象部门和设计院开展全省光照资源精细评估，因地制宜优化设计布置“山地光伏”。进一步提高能源主管部门与其他部门的协同性，大力支持农光互补、林光互补、光伏治地（盐碱地）、光伏畜牧等方式，并通过推行项目批量备案等手段压缩项目各项手续的办理时间，缩短投资周期，提高项目落地成功率。

**三是继续推动储能及电力外送通道建设，解决电力消纳及送出难题。**山西省已建成“三交一直”特高压外送通道格局，连接华北、华东、华中三大区域电网，年外送电量突破 1000 亿千瓦时。“十四五”期间，华东、华中区域能源电力需求将继续保持旺盛态势，借此机会，山西省可积极规划推进新的电力外送通道建设，并通过升级扩建已有工程增加输出能力，更好地承担全国电力外送基地的任务。另一方面，山西省可通过进一步健全储能发展激励政策，引导电源侧储能建设，加快电化学及抽水蓄能等多种储能项目的建设，推动构建清洁低碳、安全高效的能源体系，增强电力系统的灵活性、稳定性及调峰能力，提高电力系统调节和消纳能力。

#### 在光伏制造业方面：

**一是完善人才引进政策。**光伏制造业为技术密集型行业，各环节技术储备足，更新快，专业的管理人才、创新人才以及高端领军人才是企业持续研发投入，不断降本增效，增强竞争力关键。建议政府在政策层面不断优化完善人才引进机制，加大人才补贴，吸引外来人才流晋。

**二是强化校企合作。**一方面可依托本省科研院所及高校，重点建设相关学科，加大本地人才培养，降低企业的人才引进难度；另一方面，企业可与省内外高校、科研院所合作，针对异质结、Topcon 等下一代光伏电池技术进行重点突破，以求在下一轮技术革新中实现弯道超车。

三是完善配套的光伏支持政策，鼓励企业进行商业模式创新。继续建设完善山西省的光伏政策体系，完善可再生能源消纳权重考核制度及绿证制度等，对重大项目落地、先进技术成果的研发给与资金支持，并加大行业支持政策的宣传力度，指导企业享受相关政策的优惠。另一方面，鼓励企业开发新的光伏应用场景及商业模式，推动“光伏+”、光伏治沙、光伏制氢、BIPV（光伏建筑一体化）等新形式新业态的成熟应用，让光伏产业多点开花。

四是做好服务职责，持续招商引资。建议政府做好对企业的服务工作，统筹规划光伏制造产业基地的建设，加快产业园区水、电、气、暖、路、网等基础设施的完备，加强与企业之间的沟通，帮助企业解决实际困难，缩短项目审批流程，加快审批速度，不断激发市场活力，带动企业的积极性，吸引正反银浆、EVA 胶膜等产业链配套环节企业的入驻，不断完善省内光伏制造链条。

总的来说，山西省作为我国中部省份之一，承接东西，连接南北，是华北、华东、华中区域的重要能源供应基地，依靠得天独厚的光照资源禀赋以及长期以来在光伏发电、光伏制造领域的深厚积累，“十四五”期间将是山西省光伏产业发展的战略机遇期，在争做能源革命排头兵的庄严承诺下，山西省光伏产业必将蓬勃发展。

## 6.风险提示

- 1、新能源消纳不及预期风险；
- 2、原材料价格波动风险；
- 3、技术更新替代风险；
- 4、海外市场政策变动风险等。

### 分析师承诺：

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

### 投资评级的说明：

——报告发布后的 6 个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准。其中，A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准。

——股票投资评级标准：

买入： 相对强于市场表现 20% 以上  
增持： 相对强于市场表现 5~20%  
中性： 相对市场表现在-5%~+5%之间波动  
减持： 相对弱于市场表现 5% 以下

——行业投资评级标准：

看好： 行业超越市场整体表现  
中性： 行业与整体市场表现基本持平  
看淡： 行业弱于整体市场表现

### 免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

### 山西证券研究所：

#### 太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层  
电话：0351-8686981  
<http://www.i618.com.cn>

#### 北京

北京市西城区平安里西大街 28 号中海  
国际中心七层  
电话：010-83496336

