



云南通威还原炉车间 供图



晶澳科技生产车间 供图



石林光伏电站中控室及继电器室 本报记者 陈飞 摄

云南光伏产业链如何走深走精走长

本报记者 段毅

“再引进一批绿色铝硅引领性精深加工企业，加快打造中国绿色铝谷、光伏之都。”2022年云南省政府工作报告对我省绿色铝硅产业的发展定下方向和目标。2021年底，

云南省政府主要领导与中国光伏行业协会负责人及部分企业家在北京举行座谈时强调，云南省全力支持光伏产业的发展，支持企业加强科研创新，推动云南光伏产业链走

深走精走长，打造具有国际影响力的光伏产业集群和战略基地，打造“中国光伏之都”。

“走深走精走长”——为云南省进一步打造光伏产业链定下基调。



华能新能源石林光伏电站 本报记者 陈飞 摄

截至2021年底 我省有绿色硅企业18户 建成多晶硅产能5万吨 单晶硅棒93GW 单晶硅片99GW 电池片5GW 绿色硅全产业链产值突破500亿元

绿电优势吸引企业在滇布局扩能

国家发展改革委2021年1月18日发布的《西部地区鼓励类产业目录》中，云南省是西部地区唯一以绿色铝产业、绿色硅产业生产、精深加工及其应用全产业链提法列入新增鼓励类产业的省份。“这充分体现了国家对云南绿色产业发展的重视，也为我省依托绿色能源优势打造绿色制造强省提供了政策机遇。”省发展改革委有关负责人说。

云南工业经济相对薄弱，必须与兄弟省市同步走高质量发展的路子，加快动能转换，才能缩小差距。

“十三五”时期，云南抢抓绿色机遇，不断推进绿色能源与绿色先进制造业深度融合。2015年末，当隆基股份总裁李振国为新的硅片和切片厂选址考察时，云南省主要领导抛出橄榄枝，为云南省光伏产业开花结果拉开大幕。2016年，隆基股份率先布局云南光伏产业，先后在丽江、保山、楚雄、曲靖4地落子，并利用云南丰富的清洁水电资源开启“以清洁能源制造清洁能源”的先河。

云南也成为隆基的福地，此间，隆基成功跃升为中国光伏行业的龙头老

大。隆基股份楚雄基地总经理李庆新介绍：“隆基股份提出的‘清洁能源制造清洁能源’的‘solar for solar’理念已得到全行业的一致认同。作为最早入驻云南的光伏企业，目前，隆基在云南累计投资超200亿元，云南已成为隆基股份在全球最大的硅棒、硅片生产基地，也将成为隆基的光伏全产业链生产基地。”

得天独厚的水电优势和具有吸引力的政策支撑，让云南进一步吸引到晶澳科技、锦州阳光、通威集团、晶科能源和江西宇泽等一批龙头企业入驻。

在曲靖市15平方公里的硅光伏产

业园内，单晶硅棒—单晶硅片—电池片—组件—应用的全产业链布局已现轮廓，当地引入西安隆基、晶澳科技、阳光能源等行业龙头企业和配套企业，推进全链发展，蓄势打造“光伏之都”核心区。

楚雄彝族自治州打造绿色硅光伏产业聚集基地成果显著，从隆基落地禄丰破壳开始，当地围绕隆基、宇泽、晶科等光伏龙头企业，光伏制造业在楚雄州遍地开花，成为该州马力十足、极具发展前景的朝阳产业。

保山市积极打造硅材产业集群，依

托绿色硅前端产业链基础，布局绿色硅光伏全产业链配套企业和下游产业链，力争成为云南省绿色硅光伏全产业链和“光伏+”应用试点示范……

硅光伏产业在云南实现零的突破，现已基本形成工业硅—多晶硅—单晶硅棒—单晶硅片—单晶电池片—电池组件相对完善的产业链。省工信厅数据显示，截至2021年底，我省有绿色硅企业18户，建成多晶硅产能5万吨、单晶硅棒93GW、单晶硅片99GW、电池片5GW，绿色硅全产业链产值突破500亿元。

> 观点

近年来，云南省在绿色硅产业进行了战略布局，未来应在完善产业链上下功夫，加大科技创新，提高可持续发展能力。在光伏产业上可形成一体两翼、技术创新、人才共享布局。

一体两翼即构建以昆明为创新中心，以曲靖P型硅光伏、楚雄N型硅光伏为重点，辐射保山、丽江，形成中心引领、协同发展 的产业格局。技术创新即构建产学研用合作格局，强化创新能力提升和科教融合，促进科技成果转移转化，加快曲靖沾益、昭通昭阳建设绿色发展园区。人才共享即建立人才引培联盟，打造人才高地，加强国际交流合作，实现人才资源共享，以昆明高新区为中心，联动玉溪澄江，加快发展光电子产业。

通过对国内光伏产业链各工序环节碳排放情况分析，工业硅、多晶硅等上游环节，单位碳排放量较高，分别占比32.80%、25.65%。从光伏产业链条可以看出，硅基光伏产业链价值的部分在后端，高能耗高碳排在前端，而我省目前的产业链主要布局在前端。云南省应加大力度拉长、拉宽产业链后端，实现预期的产值效益。

近年来，昆明理工大学硅冶金与硅材料技术创新团队长期致力于硅材料方面的研究，并与国内外知名高校和行业领军企业进行了广泛深入的交流和合作，几乎包含了硅的全产业链各个环节。建议今后云南在光伏产业的发展中要实现产业集群绿色发展，补链强链延链；加强科技创新发展，开发低碳绿色生产和碳捕集新技术；标准引领，参与全球科技治理。要全面推行循环经济发展模式；对产业园区全面实行循环化改造；加快构建以“互联网+”为基础的智能再生资源回收利用体系；构建动脉经济和静脉经济共生的系统[开采自然资源（一次资源）、利用自然资源生产制造的产业为动脉产业，而回收、利用生产和消费活动中产生的废弃物（二次资源）生产再生资源的产业为静脉产业]。

——昆明理工大学博士生导师马文会

云南是中国太阳能资源最为丰富的省份之一，也是太阳能光伏与光热开发最早的省份之一，早在20世纪70年代就开展了太阳能的研究与应用，拥有国内第一批开展太阳能研究的大学、科研机构、国家级太阳能检测中心、制造企业，如原云南半导体器件厂。光伏下游应用空间广阔，云南省可以在应用端发力，重视光伏应用，倒逼光伏产业健全产业链，把真正绿色环保节能的技术应用千家万户、各行各业。

云南已是全国光伏提水、光伏路灯排前三位的应用市场，结合到乡村振兴，光伏还可以和绿色食品、康养旅游等产业结合，用于农业大棚、绿化、杀虫、烘干、充电、报警、森林防火、气候监测、民族特色建筑等，减少基础设施的投入和耗能。目前来看，农村分布式供电系统已经被案例证明成为精准扶贫的有效手段之一，光伏设施替代了部分农村建筑材料后并网发电，农户还可以获取长达20年乃至30年以上的收益。

在光伏和建筑的结合方面，我们还缺乏更多的示范和标准。在江苏泰州海陵区，当地正加快建设产学研用一体化的全国首个“太阳城”，城中的光伏应用示范建筑采用可回收、可降解材料，屋面安装光伏电池组件每年可发电15万千瓦时，从光伏发电到储能到直流电的应用，实现了建筑用能的自平衡，推动了光伏产业与建筑的深度融合。这样的场景应用，让处处有光伏、家家户用光伏、人人享光伏的理念成为城市名片，有利于当地城市形象和产业形象的提升。

云南的太阳能资源和水能资源在枯水期的水弱光强正好形成互补，清洁能源发电占比达到86%以上，这个数字在全国来看都是很有优势的，清洁发电占比在“十四五”期间还将明显加大。构建以新能源为主体的新型电力系统，加快“风光水火储”多能互补基地建设，建设国家绿色能源与绿色制造融合发展示范区，我们具备条件和优势，但也需要共同努力。

——云南省绿色能源行业协会会长韩莉娅

“在‘双碳’背景下，中国清洁能源发展已经进入了快车道，光伏产业将在能源转型中发挥重要作用。”云南省绿色能源行业协会会长韩莉娅表示，云南发展光伏产业具备先天禀赋，独特的能源、资源、区位等优势都被业界看好。“光伏产业分为上中下游，从目前的发展来看，云南光伏产业布局还主要聚集在硅料、单晶硅棒、硅片等上游领域，电池片、电池组件、应用系统等中下游环节落地不多。我们应进一步扩宽拓深绿色能源的内涵和外延，加大多能互补、光伏建筑一体化、光伏+农业助力乡村振兴的应用示范。云南要打造‘光伏之都’，成为具有国际影响力的光伏产业集群和战略基地，还需要进一步拉通全

产业链，在中下游产业端和应用端发力，引入更多的产业类型和配套产业，增强产业链协同效应，注重全产业链的绿色发展，实现能源与环境的协调与可持续。”韩莉娅说。

2021年9月，国家能源局公布全国676个县(市、区)列为国家整县屋顶分布式光伏开发试点。业界认为这是实现碳达峰、碳中和与乡村振兴两大国家战略的重要措施，从政策角度明确了建筑+光伏的趋势方向，建筑光伏一体化迎来巨大风口。

云南省各级政府快速响应。2021年底，宜良县屋顶分布式光伏发电项目(一期)工程建成投产并成功并网，成为全省首批28个试点县中第一个投产并

向下扎根，“光伏+”应用场景待拓展

网的项目。宜良县发展和改革局有关负责人介绍，宜良县抢抓机遇，与华润电力共同编制了《宜良县清洁能源总体规划报告》，全力推进项目建设。项目拟分3批推进，总投资约5.5亿元，规划总装机规模115兆瓦，投产运营后产值达4000万元，税收每年达500余万元，每年可节约标煤1万吨。

在“光伏+”的探索中，云南各地发挥特色：永胜县涛源镇上六村用光伏提水项目，破解了金沙江沿岸临水却缺水的困境，该项目覆盖近3万亩农经作物，近2.87万人受益。在武定县的脱贫攻坚工作中，当地大力实施村级光伏扶贫电站建设，壮大村集体经济，增加扶贫产业“造血”功能……

东南亚光伏市场潜力巨大

科技负责人表示，曲靖是晶澳沿着“一带一路”进行全球产业和垂直一体化光伏发电项目。越南是亚洲可再生能源规模电力增长最快的国家之一，也一度成为东南亚国家光伏黑马。入驻当地的中国企业相关负责人介绍：“越南拥有相对低廉的人力、电价等生产成本，在全球光伏市场上进行光伏产品进出口优势明显。此外，越南正引领东南亚光伏市场，光伏累计装机容量已位居地区首位。”

2019年底，产业链覆盖硅片、电池、组件及光伏电站的晶澳科技宣布在曲靖投产，并不断加码投资力度。晶澳

“十四五”期间，加快推动行业从高速发展向高质量发展，推动光伏与其他产业融合，不断扩大光伏应用场景区位多次强调。今年2月24日，国务院新闻办公室就推动住房和城乡建设高质量发展举行发布会，会上提出要推动农村用能革新、推广应用太阳能光热、光伏等技术产品。

李庆新表示，推动云南光伏产业链走深走精走长，要加快推进并实施千亿产业规划，积极引进硅光伏下游产业，提高硅光伏产业发展质量，完善产业链配套，促进各环节有效衔接。

去年COP15第一阶段会议期间，隆基在昆明宣布，将在2023年把云南保山隆基生产基地打造成为隆基股份首

个零碳工厂。零碳工厂将是“Solar For Solar”发展模式的最佳试验田，“未来通过这个试点先在云南推开，然后在全国乃至全球推广。”之所以选择在云南布局零碳工厂，因为云南是中国绿色能源最富集的省份，有打造零碳工厂的基础和底子。”李庆新介绍，基于光资源广泛分布和光伏发电的应用灵活性，近年来我国光伏发电在应用场景上出现与不同行业跨界融合的新趋势，“光伏+”呈现出光伏+建筑、光伏+农业、光伏+渔业、光伏+治沙等在内的光伏与各行业结合开发以及光伏与社会发展结合的多样化学模式，这些都是实现碳中和的重要路径，发展也正在政策助推中按下加速键。

一个零碳工厂。零碳工厂将是“Solar For Solar”发展模式的最佳试验田，“未来通过这个试点先在云南推开，然后在全国乃至全球推广。”之所以选择在云南布局零碳工厂，因为云南是中国绿色能源最富集的省份，有打造零碳工厂的基础和底子。”李庆新介绍，基于光资源广泛分布和光伏发电的应用灵活性，近年来我国光伏发电在应用场景上出现与不同行业跨界融合的新趋势，“光伏+”呈现出光伏+建筑、光伏+农业、光伏+渔业、光伏+治沙等在内的光伏与各行业结合开发以及光伏与社会发展结合的多样化学模式，这些都是实现碳中和的重要路径，发展也正在政策