



关于 TCL 中环新能源科技股份有限公司
申请向不特定对象发行可转换公司债券的
第二轮审核问询函的回复

TCL 中环新能源科技股份有限公司董事会：

普华永道中天会计师事务所(特殊普通合伙)(以下简称“我们”或“普华永道”)接受 TCL 中环新能源科技股份有限公司(以下简称“TCL 中环”或“贵公司”)委托，审计了贵公司的财务报表，包括 2022 年 12 月 31 日及 2023 年 12 月 31 日的合并及公司资产负债表，2022 年度及 2023 年度的合并及公司利润表、合并及公司现金流量表、合并及公司股东权益变动表以及财务报表附注(以下简称“申报财务报表”)。我们按照中国注册会计师审计准则的规定执行了审计工作，并分别于 2023 年 3 月 28 日和 2024 年 4 月 25 日出具了报告号为普华永道中天审字(2023)第 10127 号和普华永道中天审字(2024)第 10127 号的无保留意见的审计报告。

按照企业会计准则的规定编制申报财务报表是贵公司管理层的责任。我们的责任是在实施审计工作的基础上对申报财务报表发表审计意见。

贵公司于 2023 年 8 月 4 日收到深圳证券交易所《关于 TCL 中环新能源科技股份有限公司申请向不特定对象发行可转换公司债券的第二轮审核问询函》(审核函(2023)120132 号)(以下简称“第二轮审核问询函”)。我们以上述我们对贵公司申报财务报表所执行的审计工作为依据，对贵公司就第二轮审核问询函中提出的需由申报会计师进行说明的问题所作的回复，提出我们的意见，详见附件。



普华永道

附件：普华永道就 TCL 中环对第二轮审核问询函需由申报会计师进行说明的问题所做回复的专项意见

普华永道中天
会计师事务所(特殊普通合伙)



注册会计师


倪靖安



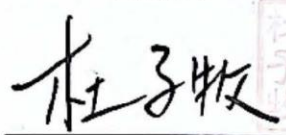
注册会计师


刘雨鸥



中国·上海市
2024年5月13日

注册会计师


杜子牧



普华永道就 TCL 中环对第二轮审核问询函需由申报会计师进行说明的问题所做回复的专项意见

问题 2. 根据申报材料，项目二为 N 型 TOPCon 高效电池生产，该类型产品的目前市占率较低，发行人未明确 N 型电池的技术储备情况、是否具备相应优势、是否存在市场推广风险等。

请发行人补充说明：（1）发行人光伏电池组件业务的具体构成情况，前期电池片主要采取外购而非自产的原因，本次募投开展电池片业务的合理性；（2）现有 2GW PERC 光伏电池产线与 500MW N 型 TOPCon 高效电池示范线的关系，是否为简单的改造升级，N 型 TOPCon 高效电池是否属于新业务、新产品；（3）目前在 N 型 TOPCon 高效太阳能电池的核心技术积累情况，如包括但不限于专利、核心技术、人员情况，相对其他厂商的优劣势情况；（4）采用 TOPCon 电池的叠瓦组件正在进行各项认证的进展情况，下游销售的布局情况，未来销售上相对于竞争对手的优劣势；（5）结合目前及未来 N 型 TOPCon 高效电池的市占率、公司 N 型 TOPCon 高效电池的竞争优势、公司在手订单、意向性或框架性合同情况等，量化分析本次募投项目产能规划合理性，是否存在产能消化风险。

请发行人补充披露（5）相关风险。

请保荐人核查并发表明确意见，会计师核查（5）并发表明确意见。

一、发行人说明

（一）发行人光伏电池组件业务的具体构成情况，前期电池片主要采取外购而非自产的原因，本次募投开展电池片业务的合理性

1、发行人光伏电池组件业务的具体构成情况

公司光伏电池组件业务为光伏组件的研发、生产和销售。2021 年、2022 年及 2023 年，组件业务销售收入分别为 611,852.13 万元、1,084,183.20 万元和 930,860.34 万元，整体增长较快。报告期内，公司组件产品主要为 PERC 电池叠瓦组件。

2、前期电池片主要采取外购而非自产的原因

(1) 公司组件业务发展迅速，但前期组件规模仍然较小，自产电池的规模效应不足

公司拥有行业领先、知识产权充分保护的叠瓦技术，组件产品具有高能量密度、抗阴影遮挡等的显著优势，报告期内，组件业务规模从小到大，快速增长，并逐渐成为公司主要的业务板块之一。2023 年末，组件产能从 2020 年末的 5GW 增长至 18GW；尽管快速增长，报告期前期组件产能规模仍较小，自主生产电池规模效应不足。

(2) PERC 电池技术成熟，市场竞争充分

电池片是光伏组件核心部件。报告期内，PERC 是市场主流的电池技术，2021-2023 年，PERC 电池的市场占比分别为 91.2%、88.0%和 73.0%，但是，PERC 电池自上世纪 80 年代被发明出来、2006 年开始产业化、2012 年后快速普及，已历经多年发展，技术及产业化已较为成熟，尤其实验室光电转换效率于 2019 年达到峰值 24.16%之后至今再无创新高，表明 PERC 电池技术的提升空间已有限。

综上，相较于光伏一体化厂商，公司组件业务起步较晚，报告期初组件规模仍较小，考虑到 PERC 电池技术成熟、市场竞争充分，公司优先采用外购 PERC 电池配套组件产品的发展策略具有合理性。

3、本次募投开展电池片业务的合理性

(1) 随着公司组件业务规模迅速扩大，电池片对外采购规模随之增大，开展电池片业务有助于更好保障自主供应

受益于叠瓦组件产品性能优异、具有知识产权充分保护，报告期内，公司组件业务规模快速增长。为满足市场需求，抢占市场份额，实现成为全球 Tier 1 高效组件供应商的战略发展目标，公司持续加快组件产品的产能建设。截至 2023 年末，公司组件产能为 18.0GW，规划至 2025 年末达到 36.0GW，进入行业前列。电池为组件的核心部分，公司当前电池产能为 2.2GW，主要通过对外采购电池片解决，电池片配套缺口随着组件产能增加而持续扩大，预计至 2025 年末，公司自有电池片配套缺口将达 33.8GW。因而，公司通过本次募投项目开展电池业务可更好保障未来电池片的自主供应，更好实现产品品质及成本把控，完善对组件

产品的配套能力。

(2) TOPCon 电池作为正处于爆发式发展初期的新一代电池技术，技术水平要求高，提升空间大，可充分发挥公司综合技术优势

PERC 电池技术成熟，提升空间已有限，发展具有更高光电转换效率的下一代电池技术势在必行。TOPCon 电池技术是基于选择性载流子原理的隧穿氧化层钝化接触太阳电池技术，光电转化效率高，理论效率可达 28.7%，目前实验室光电转换效率已超过 26%，显著高于 PERC 电池，且未来提升空间仍然巨大；除光电转化效率高之外，TOPCon 电池还具有双面率高、衰减低、温度系数低、弱光效应好等优势；相比异质结等其他 N 型电池，TOPCon 电池整体投资成本低，且部分生产设备可与 PERC 生产设备原理相似，PERC 人才及部分关键设备可支撑技术迭代，因而，TOPCon 电池成为被行业看好的下一代电池技术。2022 年是 TOPCon 产业化的元年，根据 CPIA 统计数据，2020 年和 2021 年，包括 TOPCon 在内的 N 型电池合计市场占比均不到 4%；而 2022 年，TOPCon 电池市场占比快速提升到 8.3%，其他 N 型电池市场占比合计则不超过 1%；2023 年 TOPCon 电池的市场份额快速提升至 23.0%，CPIA 预计 2024 年起，其市场份额超过 50%。

自主配套电池有助于控制组件产品的性能和品质、降低成本，提升产品综合竞争力，公司结合电池技术的发展趋势，在掌握 PERC 电池工艺技术及产业化的基础上，选择重点开发 N 型 TOPCon 电池配套叠瓦组件的差异化发展路线。与 PERC 电池相比，TOPCon 电池的不同工艺主要是制备超薄氧化硅和重掺杂的多晶硅层，上述工艺亦是 TOPCon 电池的核心工艺，涉及材料生长、退火、湿法刻蚀等工艺，技术壁垒高，与半导体器件工艺具有更多的相似性，公司凭借在 N 型硅片的领先优势、在半导体器件的技术沉淀、行业领先水平的 PERC 电池工艺与量产经验，发展 TOPCon 电池业务可进一步体现公司综合技术优势，增强 TOPCon 电池叠瓦组件产品差异化及竞争力，并推动 TOPCon 电池技术进步和应用。

2022 年，公司已建设完成自动化、智能化水平行业领先的年产能 2GW G12 电池工程示范线，产品性能优异，为大规模电池片生产奠定人才、技术及管理基础。为把握新一代电池技术的发展机遇，推动电池技术的提升和应用，公司积极投入 N 型 TOPCon 电池技术的研究和产业化。截至目前，公司在包括 N 型 TOPCon

高效电池在内的光伏电池的设计、制造等方面积累了多项核心技术，且在 2GW PERC 光伏电池产线基础上已完成 500MW N 型 TOPCon 高效电池示范线的改造升级，实现批量生产。公司 N 型 TOPCon 高效太阳能电池产品性能先进，光电转化效率达 26.8%，且具有贵金属耗用量小、成本较低的明显优势。

(3) 充分发挥公司各产品、业务协同能力和优势，提升价值链

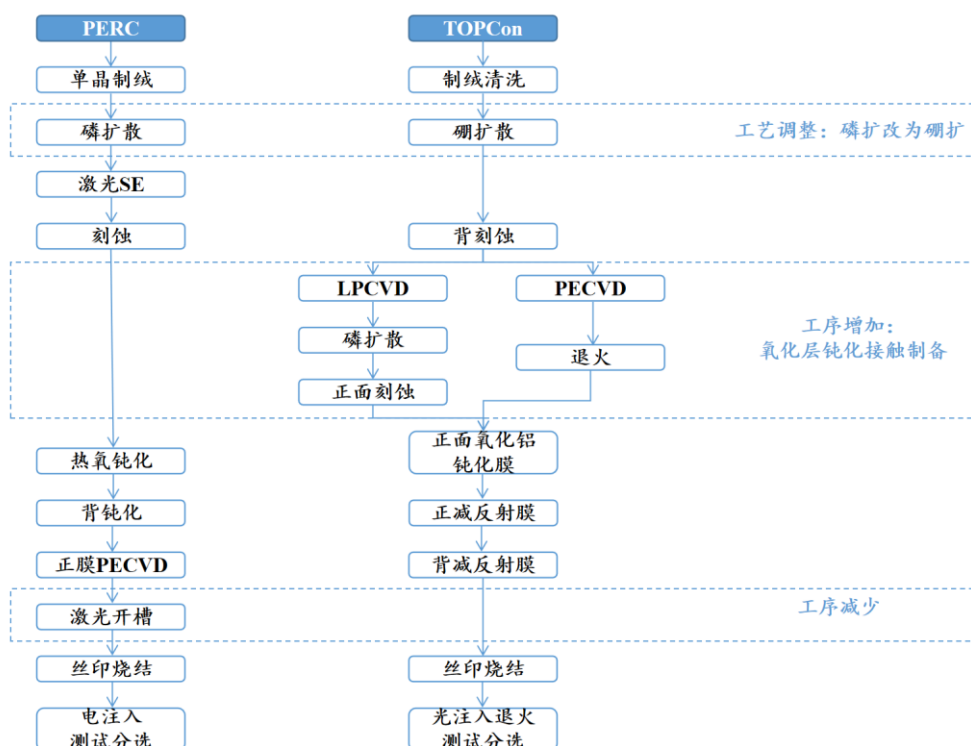
公司拥有领先的硅片及组件的研发能力、先进的生产制造技术，可以更好地拉通 TOPCon 电池的核心原材料、生产、下游应用等环节，充分发挥大尺寸 N 型硅片、TOPCon 电池和叠瓦组件在研发、生产等方面的协同优势，展现“N 型硅片-TOPCon 电池片-叠瓦组件”组合优势，最终形成并输出市场领先的组件产品，进一步推进产业链纵深化发展。

综上所述，公司准确把握电池技术发展趋势，充分发挥自身在半导体技术的历史积淀和工业 4.0 的制造优势，更好实现已有业务的协同和配套，本次募投开展电池片业务具有合理性。

(二) 现有 2GW PERC 光伏电池产线与 500MW N 型 TOPCon 高效电池示范线的关系，是否为简单的改造升级，N 型 TOPCon 高效电池是否属于新业务、新产品

2020 年，公司针对光伏电池、组件产业的未来发展和技术迭代风险，建立 PERC/TOPCon 工程试验线，并进一步探讨可持续升级的工厂设计模型。TOPCon 电池产线和 PERC 电池产线是并列的工程试验线，虽然 TOPCon 电池与 PERC 电池的技术原理基础有部分相似，但不是在 PERC 电池产线上做简单升级。2022 年公司建设完成自动化、智能化水平行业领先的年产能 2GW PERC 电池量产示范线，并于 2023 年建成 500MW N 型 TOPCon 示范线建设，公司在该示范线基础上进行 TOPCon 电池工艺路线的验证，并已实现批量生产。同时，未来项目二实施后，TOPCon 电池将全部内部配套用于生产叠瓦组件产品，TOPCon 产品并不直接对外销售。因此，从产品大类范畴及实际业务线角度来看，项目二生产的 TOPCon 电池不属于公司新业务、新产品。

TOPCon 和 PERC 工艺比较



(三) 目前在 N 型 TOPCon 高效太阳能电池的核心技术积累情况，如包括但不限于专利、核心技术、人员情况，相对其他厂商的优劣势情况

1、人员

公司技术团队在光伏行业经验丰富，引领了光伏行业多次的技术变革。在电池方面，公司拥有一支超过 360 余名具有光伏材料、工艺、自动化、IT 等专业知识背景的专业技术团队，涵盖工艺、动力、质量、生产、设备自动化、工业 4.0 等部门，团队在光伏电池结构及工艺、自动化智能化生产制造及质量控制等方面具有丰富的行业经验，能够满足 N 型 TOPCon 高效太阳能电池开发迭代、大规模量产的需要。

2、专利

公司在包括 N 型 TOPCon 高效电池在内的光伏电池的设计、制造等方面领域已完成了技术储备，积累了多项核心技术。截至 2023 年 12 月 31 日，公司已经获得电池相关授权专利 100 项，其中发明专利 15 项，实用新型专利 85 项；在上述电池专利中，N 型 TOPCon 高效电池相关授权专利为 53 项，包括 5 项发明

专利和 48 项实用新型。上述专利覆盖电池的结构设计、工艺、加工设备等关键环节。

3、核心技术及优劣势

当前，公司掌握的 N 型 TOPCon 电池核心技术主要体现在：

(1) N 型电池对硅片在氧含量和分布、少子寿命、机械性能和电性能等方面均有不同的要求，公司可以为客户提供“光伏硅片 Total Solution”，适配光伏电池各种不同的工艺路线。截至目前，公司硅片品种超过 1,300 种，其中超 800 种是 N 型硅片，覆盖 TOPCon、HJT 及 IBC 不同光伏电池领域的应用，并已实现厚度 110 μm 的超薄 N 型硅片量产。公司从事 N 型硅片量产十余年，掌握行业领先的 N 型大尺寸硅片技术，可为 N 型 TOPCon 电池提供最佳的匹配硅片，使电池及下游组件产品实现更高的功率输出；

(2) 公司已掌握 PERC 电池全流程工艺技术，即包含制绒、磷扩散、激光 SE 加工、碱抛、前后氧化钝化、正背镀膜以及背面激光开槽、丝网印刷及烧结电注入等。与 PERC 电池相比，N 型 TOPCon 电池关键薄膜结构为隧穿氧化层与多晶硅层，因其有不同的沉积方式而出现 LPCVD、PECVD 和 PVD 等不同的工艺技术路线。公司坚持开发不同于行业的工艺路线，对隧穿氧化层及多晶硅层进行系统研究，充分发挥上述两种薄膜最佳沉积方式的优势。相比于单一的沉积方式路线，公司采用不同沉积方式相结合，实现上述薄膜钝化与掺杂的最佳搭配，以实现更优的光电转化效率，并且未来还具有更大的开拓空间；

(3) 金属化是光伏电池片制备的关键工艺之一，当前主要通过银浆制作太阳能电池电极，因而探索金属化的升级优化有助于降低电池成本。公司自主开发并掌握铜制程工艺，以替代对贵金属银的使用，显著降低电池的非硅成本；

(4) 持续将工业 4.0 与电池生产技术融合，提升电池生产过程的自动化智能化水平，提高电池产品的一致性和稳定性，实现更高的生产效率。

基于上述公司掌握的核心技术，相对其他厂商，公司 N 型 TOPCon 电池将在光电转化效率、产品稳定性及一致性、成本控制等方面呈现优势；劣势则是公司在 N 型 TOPCon 电池规模化量产步伐落后于部分行业先行厂商。

（四）采用 TOPCon 电池的叠瓦组件正在进行各项认证的进展情况，下游销售的布局情况，未来销售上相对于竞争对手的优劣势

1、采用 TOPCon 电池的叠瓦组件正在进行各项认证的进展情况

在质量管理方面，由于各国对组件产品均有技术标准和规范要求，为进入全球各个主要市场，公司需掌握各个国家和地区的技术标准和规范要求，组件产品需通过各项行业认证，证明其质量优异，方才具有进入市场的资格。通常需要第三方对认证产品进行性能测试，测试后各方面性能参数符合相关认证标准后，方可取得认证证书。企业获得相关认证后，只要性能参数符合其要求，当地客户一般不再做特殊认证。

截至目前，公司采用 PERC 电池的各系列组件产品已完成德国莱恩 TÜV 认证、德国德凯 DEKRA 认证、欧盟 CE 认证、中国 CGC 金太阳认证、中国 CQC 绿色认证、中国 PCCC 认证等多项第三方权威机构认证。

截至目前，采用 TOPCon 电池的叠瓦组件均已完成德国权威机构莱恩 TÜV 认证，适用中国市场的 CQC 认证及 CGC 认证、适用欧洲市场的 CE 认证等覆盖目标市场的全部主流第三方认证。

2、叠瓦组件特点、下游销售的布局情况，未来销售上相对于竞争对手的优劣势

（1）叠瓦组件与其他组件的区别与联系

光伏组件是将一定数量的电池片采用串并联的方式连接，并经过严密封装后形成的光伏发电设备。因电池片切割及封装方式不同，有全片、半片和叠瓦及多分片组件等各类型产品。叠瓦组件与其他类型组件的主要区别与联系如下：

① 区别

叠瓦是一种特殊的电池片封装工艺，不同于目前市场全片、半片组件的封装工艺。全片组件是将完整电池片进行串联封装而成，而半片组件是将整片电池切割分片 1/2，用焊带连接电池小条，电路排布采用上下两部分串联、中间并联的设计；叠瓦组件则创新性地整片电池激光切割成 N 个电池条（一般 N=5/6/7），用柔性导电胶叠瓦式地串联电池小条，并采用电池组按串作串并联电路进行排布。

② 联系

与其他常规组件发电原理一致，均以电池为核心原材料，利用半导体硅材料的光生伏特效应产生电流。

(2) 叠瓦组件的技术及工艺的优劣势

叠瓦组件独特的串并联设计封装方式具有明显的技术及工艺优势，体现如下：

① 高密度封装工艺优势

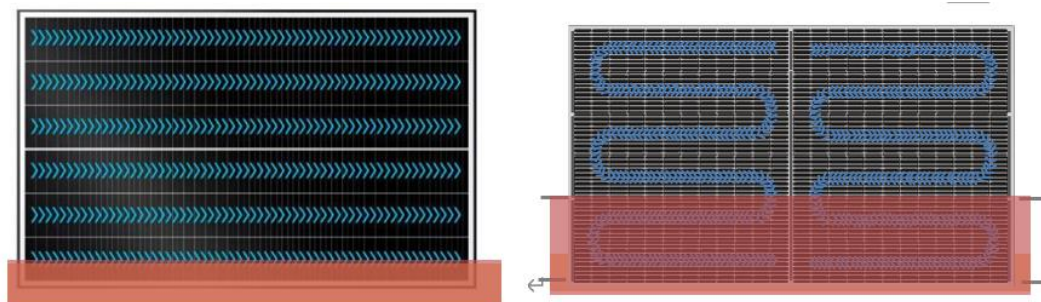
叠瓦组件采用高密度叠瓦封装工艺，将电池片切割成多份电池条，电池条之间通过导电胶进行叠片互联，电池条与电池条之间负间距，最大限度的提升组件有效受光面积，因而，在同等尺寸版型下，叠瓦组件转换效率更高。

② 电路设计优势

A、叠瓦组件单串工作电流显著低于常规组件的单串工作电流，可降低内部损耗，降低组件工作温度，提升输出功率，发电量更大；

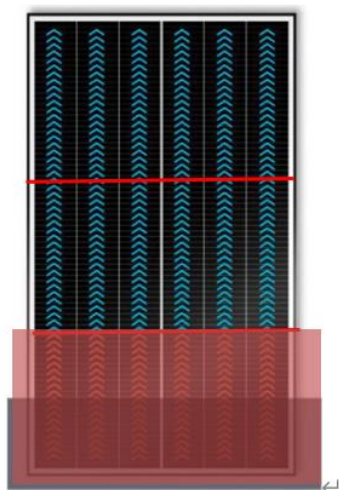
B、当组件在户外运行发生热斑现象时，热斑处电池变成“电阻”单元消耗组件电能。叠瓦组件单串工作电流低，使得叠瓦组件热斑处温度（90℃左右）低于常规组件热斑处温度（140℃左右）约 50℃，组件温度是影响组件封装材料长期可靠性的重要参数，温度越高越不利于封装材料长期可靠性。叠瓦组件可以最大限度降低组件温度升高带来的性能失效，抗热斑能力强于常规组件；

C、叠瓦组件全并联及三分体的电路设计，在阴影遮挡条件下（由于电站地形或者装机容量要求等原因，电站实际安装中，不可避免有阴影遮挡产生），叠瓦组件比常规组件有发电量优势。在阴影遮挡条件下，尤其横装方案的叠瓦组件比常规半片组件有发电量的优势。在横向安装条件下，常规半片组件发生阴影遮挡时会被遮挡区域所在的 1/3 区域不发电，即降低 33.3%发电能力；叠瓦组件发生阴影遮挡时，功率损耗与阴影面积呈线性关系，损耗视遮挡面积大小而定，损耗整体小。在竖向安装条件下，常规半片组件发生阴影遮挡时，被遮挡区域所在的一半区域不发电，即降低 50%发电能力；叠瓦组件发生阴影遮挡时，被遮挡区域所在的 1/3 区域不发电，即降低 33.3%发电能力。

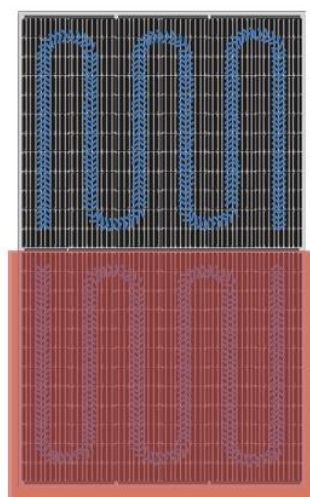


横向安装：叠瓦组件功率损耗与阴影呈线性关系

常规半片组件功率损耗33.3% \leftarrow

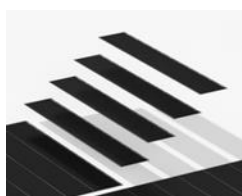


竖向安装：叠瓦组件功率损耗33.3%

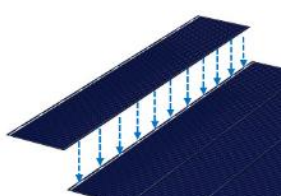


常规半片组件功率损耗50% \leftarrow

③ 粘接设计优势



激光切割分片



导电胶叠片互联



导电胶叠片互联

叠瓦组件将电池片激光切割成 N 个电池条，通过柔性导电胶将电池条进行粘结。单个电池条宽度是整个电池片的 1/N，导电胶的树脂胶体柔韧性使得叠瓦电池串柔性表现优异，在制程过程中不易产生破片、隐裂等不良，叠瓦电池串柔性表现优异。

公司应用的导电胶材料可经过严苛可靠性测试及自主开发的大电流安全性测试。导电胶印刷使用位置被电池条覆盖，可避免紫外线对树脂胶体的直射，为

导电胶的胶体材料的长期可靠性提供有利保障。因而，叠瓦组件使用导电胶的粘接方式，在保证电路流通的基础上，产品可靠性性能更好，耐候性能更优异。

由于导电胶特殊的粘接方式以及电池宽度很窄，使得叠瓦组件在受外力时，一方面，树脂胶体的柔韧性会将外力进行缓冲释放，不易对电池片造成损坏，有效减少后期运输施工造成的隐裂，提高电流持续性，从而提升发电性能，延长使用寿命；另一方面，即使外力对电池片造成了损坏，很窄的电池条宽度会限制隐裂纹的扩散，减少隐裂区域。电池隐裂发展被限制在更小的区域，大大提升长期发电能力。叠瓦组件抗隐裂能力强，可提升组件长期可靠性。

④ 抗热斑性能强

电池裂片、阴影遮挡和灰尘都会影响组件性能，导致黄变、背板脆裂和二级管失效。公司叠瓦组件采用小切片以及全并联电路设计最大限度降低了组件温度升高带来的性能失效。电池出现严重裂纹或者被严重遮挡时，叠瓦组件的工作温度比常规半片组件低 40-50 摄氏度。

⑤ 系统匹配性强

叠瓦组件特殊的电路设计，可以自由设计单串串联电池条的宽度、电池条的数量。单串串联的单个电池条宽度越窄（电池片切割份数越多），单串电流越小，组件短路电流越小，均可以很好匹配集中逆变器或组串逆变器。

⑥ 系统成本低

公司组件产品的开压较低，在同一项目上组串可以更多，因而，可以有效减低光伏系统成本。以某光伏项目采用的 545W 叠瓦双玻组件为例，产品的开压比竞品低 2V，在同一个项目上组串可以比竞品组件多串 2 块，降低 3% 系统端 BOS 成本。

叠瓦组件的技术与工艺劣势则主要体现在：叠瓦组件生产过程中将电池切得面积更小，片数更多，后续对电池小条的抓取、粘结对生产设备的精度提出更高要求，这需要公司有很高的自动化水平以保障良率。

（2）下游销售布局情况

公司叠瓦组件产品优势明显，受到超过 200 项已授权国际专利和专利申请的
保护，可以满足下游户用屋顶、工商业屋顶、山地、水面、平原、戈壁等不同
场景的应用需求。优异的性能和完善的专利保护，推动报告期内公司叠瓦组件业
务增长快速，公司组件的主要客户为地面电站及分布式电站的投资、建设与运营
等各类主体。

公司叠瓦组件已拥有全球多项第三方权威机构认证，具有优异的产品性能，
形成以国内为主的销售布局，并通过参股公司 Maxeon 销往超过 60 个国家和地
区。

公司采用直销的销售模式，通过展会、专项技术交流会、专业论坛等方式进
行品牌推广和提升，持续推动“专注叠瓦，引领未来”的产品形象，传播公司产
品高功率、高效率、高可靠性、引领低碳新未来的理念。为快速高效为客户提供
全面优质服务，提升客户满意度，公司建立覆盖国内华北、西北、华东、华中、
华南、西南等区域的销售团队，并针对重要客户提供专项服务，为地面站及分布
式业务等不同类型客户提供全面解决方案。

(3) 销售相对于竞争对手的优劣势

公司销售上相对竞争对手的优势体现在：对于国内市场，“五大六小”发电
集团是未来中国新能源的主要发电主体，根据其十四五规划，可再生能源的装机
规模目标在 485GW 以上。公司与“五大六小”发电集团等主要电力生产主体保
持稳定的合作关系，主要通过参与投标的方式进行销售，产品及服务获得客户广
泛认可；对于海外市场，Maxeon 完善的海外产业布局 and 全球供应链体系、成熟
的海外客户服务经验及系统化产品体系，以及较高的品牌认可度和渠道优势，将
进一步协助公司未来海外业务的加速发展。

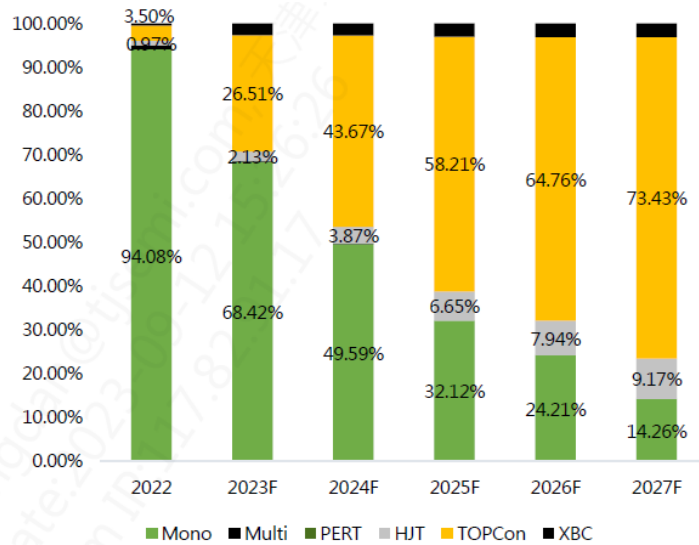
公司销售上相对于竞争对手的劣势则主要体现在目前组件产能规模较小，业
务规模、品牌知名度等仍在不断建设和积累中。

**(五)结合目前及未来 N 型 TOPCon 高效电池的市占率、公司 N 型 TOPCon
高效电池的竞争优势、公司在手订单、意向性或框架性合同情况等，量化分析本
次募投项目产能规划合理性，是否存在产能消化风险**

1、N 型 TOPCon 高效电池市占率将持续提升，为项目二产能规划的消化提供市场基础

目前，光伏电池以 P 型的 PERC 为主流工艺技术，2023 年 PERC 电池的市场占有率为 73%，但效率提升面临瓶颈，光电转换效率更高的 N 型电池逐渐受到重视和应用。因可拥有更高的光电转化效率潜力空间、具有较低的投资成本、且生产线可由 PERC 电池产线升级而成等优势，N 型 TOPCon 电池将更有望成为下一代主流电池技术路线。根据 CPIA 数据，2023 年，TOPCon 电池市场占比由 2021 年的不到 4%提升至 23%，并在技术趋势、降本增效的驱动下持续替代旧有产能。根据 TrendForce 预测，预计至 2024 年、2025 年和 2027 年，TOPCon 电池的市场占比分别为 43.67%、58.21%和 73.43%，呈现快速上升趋势。结合 PV Infolink 光伏电池市场需求的预测，预计 2027 年 N 型 TOPCon 电池市场容量将达到 456.73-508.87GW，超过 PERC 电池成为市场主要电池生产工艺。TOPCon 电池快速上升的市场需求，为项目二产能消化提供良好的市场基础，有助于保障项目规划产能的消化。

2022年-2027年各类电池技术市场占比变化趋势



数据来源：TrendForce

2024-2027年TOPCon电池市场容量预测

单位：GW

项目	2024E	2025E	2027E
乐观：全球光伏组件需求（A）	521	572	660
保守：全球光伏组件需求（B）	447	505	592
电池与组件的容配关系（C）	1.05	1.05	1.05
乐观：全球电池片需求（D=A*C）	547	601	693
保守：全球电池片需求（E=B*C）	469	530	622
TOPCon电池市场占比（F）	43.67%	58.21%	73.43%
乐观：全球TOPCon电池需求（G=D*F）	238.87	349.84	508.87
保守：全球TOPCon电池需求（H=E*F）	204.81	308.51	456.73

数据来源：PV Infolink、中国光伏行业协会（CPIA）

2、公司 N 型 TOPCon 高效电池具有较好的竞争优势及发展基础，有助于保障项目二产能规划消化

目前，N 型 TOPCon 虽然市场需求快速增长，但尚处于市场发展初期，整体技术和工艺仍在发展中，市场竞争格局尚未形成。公司发展 N 型 TOPCon 高效电池具有较强的竞争优势和基础，主要体现在：

（1）技术优势

截至目前，公司 N 型硅片品种超过 800 种，覆盖 TOPCon、HJT 及 IBC 不同光伏电池应用，并已实现厚度 110 μm 的超薄 N 型硅片量产。公司掌握行业领先的 N 型大尺寸硅片技术可为 N 型 TOPCon 电池提供最佳的硅片匹配基础。

在 N 型 TOPCon 电池方面，公司坚持开发不同于行业的工艺路线，结合关键结构隧穿氧化层及多晶硅层的最佳沉积方式，实现对上述薄膜钝化与掺杂的最佳搭配，实现更高的光电转化效率且未来具有更大的开拓空间；公司开发并掌握铜制程工艺，替代银以显著降低电池的非硅成本，并通过自主开发积累更多 knowhow，为持续升级做好储备。公司在 N 型 TOPCon 高效电池的设计、制造等方面领域已完成了技术储备，积累了多项核心技术。截至 2023 年 12 月 31 日，公司已经获得电池相关授权专利 100 项，其中发明专利 15 项，实用新型专利 85 项；在上述电池专利中，N 型 TOPCon 高效电池相关授权专利为 53 项，包括 5 项发明专利和 48 项实用新型，覆盖了电池的结构设计、工艺、加工设备等关键环节。

（2）先进制造优势

公司重视生产制造的智能化水平，一直以来积极将工业 4.0 先进高效制造水平应用于全流程的生产制造当中，持续提升产品性能、一致性及柔性制造能力、生产效率，并降低综合成本。2022 年，公司已建设完成自动化、智能化水平行业领先的年产能 2GW G12 电池工程示范线，产品性能优异，为大规模电池片自动化生产奠定基础。

（3）完善的上下游环节优势

公司主营业务覆盖硅片、电池片、组件及光伏电站等光伏的上下游核心环节。公司在 210mm 大尺寸硅片、N 型硅片以及薄片化硅片方面具有显著的竞争优势，稳居行业领先地位；光伏叠瓦组件产品具有性能优异、知识产权保护的差异化竞争优势，组件业务近年来发展迅速。公司拥有领先的硅片及组件的研发能力、先进的生产制造技术，可以进一步拉通 TOPCon 电池的核心原材料、生产制造和下游应用环节，充分发挥大尺寸 N 型硅片、TOPCon 电池和叠瓦组件在研发、生产

等方面的协同优势及配套能力，最终形成并输出市场领先的组件产品。

综上，公司 N 型 TOPCon 高效电池具有较好的竞争优势和发展基础，有效保障项目二产能规划的消化。

3、公司组件在手订单充足，未来产能消化风险低

公司生产的电池片为组件产品进行配套，不单独对外进行销售。公司组件产品以国内市场为主，并通过参股公司 Maxeon 销往全球超过 60 个国家和地区。

报告期内，得益于优异产品和良好的销售布局，公司组件产品新签合同持续增长，2020 年-2022 年，新签合同金额分别为 30.6 亿元、78.0 亿元和 145.3 亿元；2023 年，公司组件新签合同金额达 143.24 亿元，对应组件 10.01GW，随着组件价格在下探后企稳，下游终端市场装机需求预计还将进一步增长，公司将持续获取组件订单，保持增长。报告期内，公司组件销量复合增长率为 30.95%，基于谨慎原则，假设未来 3 年按每年 30% 的订单增长率测算，2024 年、2025 年和 2026 年公司每年订单量分别为 13.00GW、16.90GW 和 21.97GW(此处仅用于测算未来公司组件订单，不构成公司盈利预测或业绩承诺，投资者不应据此进行投资决策)。项目二建成后 TOPCon 电池产能将新增 25GW，电池总产能为 27GW。考虑到项目二建设期为 2 年，1 年后全面达产（预计 2026 年产能可达 25GW），因此，预计公司未来订单需求量能较为有效覆盖公司本次募投项目产能。

综上所述，随着下游光伏装机需求持续增长及公司加大对组件业务布局，公司组件业务快速发展，当前在手订单充足，公司 N 型 TOPCon 高效电池具有较好的竞争优势及发展基础，本次募投项目产能规划具有合理性，不存在较大的产能消化风险。

4、本次募投项目产能规划显著解决产能配套缺口，具有合理性

项目二建成达产后将形成年产 25GW 的 N 型 TOPCon 高效电池产能，可为公司叠瓦组件产品进行配套。

受益于组件产品性能优异、具有知识产权充分保护，报告期内，公司组件业务规模从小到大快速增长，并逐渐成为公司主要的业务板块之一。为满足市场需求，抢占市场份额，实现成为全球 Tier 1 高效组件供应商的战略发展目标，公司

持续加快组件产品的产能建设。截至 2023 年末，公司组件产能为 18.0GW，预计至 2025 年末，规划达到 36GW，进入行业前列。在组件产销规模快速成长的背景下，电池作为组件的核心部分，公司当前电池产能为 2.2GW，主要通过对外采购电池片解决，电池配套缺口随着组件产能增加而持续扩大，预计扩产目标达成后，公司自有电池片配套缺口为 33.8GW。公司结合电池技术的发展趋势，充分发挥自身在半导体领域的技术积淀，坚持差异化技术路线，重点开发下一代 N 型 TOPCon 高效太阳能电池，将具有高光电转化效率、贵金属耗用低、综合低成本的优势。因而，项目二建成达产后自有电池产能达 27.2GW，将很好地匹配组件产能，匹配缺口缩小至 8.8GW，显著解决产能匹配问题。

单位：GW

序号	项目	2022 年末 产能	2023 年末产 能	预计 2025 年 末产能	项目二达产后
1	电池产能	2.0	2.2	2.2	27.2
1.1	PERC 电池	2.0	1.7	1.7	1.7
1.2	TOPCon 电池	-	0.5	0.5	25.5
2	组件产能	12.0	18.0	36.0	36.0
3	自有电池配套组件 的产能缺口	10.0	15.8	33.8	8.8

综上所述，随着下游光伏装机需求持续增长及公司加大对组件业务布局，公司组件业务快速发展，当前的在手订单充足，公司 N 型 TOPCon 高效电池具有较好的竞争优势及发展基础，同时，项目二建成后将更好匹配公司组件规划产能，本次募投项目产能规划具有合理性，不存在较大的产能消化风险。

（六）补充披露（5）相关风险

发行人已在募集说明书“第三节 风险因素”之“三、其他风险”中对本问题（5）相关风险补充披露如下：

“2、产能消化的风险

本次募投项目达产后，可以更好配套单晶生产和光伏组件业务。年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目达产后将新增 35GW 硅片产能，相对于 2023 年末硅片产能的扩产比例为 22.58%，先进硅片产能获得显著提升，可以更好地配套持续扩大的先进晶体产能。目前，公司叠瓦组件产品的核心部件电池主

要系对外采购，随着组件业务迅速发展，自产电池的配套缺口扩大。TCL 中环 25GW N 型 TOPCon 高效太阳能电池工业 4.0 智慧工厂项目产品为 TOPCon 电池，TOPCon 电池属于下一代的市场主流电池，建成投产将有助于公司把握光伏电池升级换代的历史机遇，为公司迅速发展的叠瓦组件业务形成配套。尽管公司已经过充分的市场调研和可行性论证，但新增产能的消化需要依托未来光伏整体市场容量的进一步扩大、G12 大尺寸硅片产品市场占有率的持续提升和组件的市场开拓，如果相关产业政策发生重大不利调整、行业出现同行业参与者增加、同质化产能扩产过快或下游需求出现波动而导致竞争加剧、重大技术替代、下游客户需求偏好发生转变或出现其他重大不利变化，则可能导致市场需求增长不及预期以及产品推广不利，公司如在客户开发、技术发展、经营管理等方面不能与扩张后的业务规模相匹配，将可能面临新增产能不能完全消化的风险。”

二、申报会计师核查程序和核查意见

（一）核查程序

针对上述问题（5），申报会计师执行了如下核查程序：

查阅《2020-2021 年光伏产业报告》《2022-2023 年中国光伏产业发展路线图》、《2023-2024 年中国光伏产业发展路线图》、PV Infolink 关于光伏产业链的分析预测，获取 2023 年公司组件新签合同清单并进行抽样检查，获取并了解发行人管理层对目前及未来 N 型 TOPCon 高效电池的市占率、公司 N 型 TOPCon 高效电池的竞争优势的说明，查阅发行人对于募投项目产能规划的合理性以及产能消化风险的分析。

（二）核查意见

针对上述问题（5），经核查，申报会计师认为：

发行人关于本次募投项目产能规划具有合理性及不存在较大的产能消化风险的分析与我们在核查过程中了解的信息在所有重大方面未发现不一致之处。

问题 3. 根据申报材料，截至 2023 年 3 月 31 日公司配套的光伏硅片已建成的产能为 128GW，截至 6 月 24 日公司 2023 年硅片整体框架订单量近 130GW；182mm 和 210mm 的大尺寸硅片市占率由 2021 年的 45%快速增长至 2022 年的 82.8%。

请发行人补充说明：结合公司 G12 大尺寸硅片目前的在手订单、意向性或框架性合同情况，以及目前大尺寸硅片市占率较高的现状及前景，说明年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目产能规划合理性，是否存在产能消化风险。

请发行人补充披露相关风险。

请保荐人和会计师核查并发表明确意见。

一、发行人说明

（一）结合公司 G12 大尺寸硅片目前的在手订单、意向性或框架性合同情况，以及目前大尺寸硅片市占率较高的现状及前景，说明年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目产能规划合理性，是否存在产能消化风险

1、G12 大尺寸硅片目前在手订单充足，能有效保障公司产能消化

公司作为光伏行业领军企业，已建立完善的供需体系、良好的产品生态，拥有广泛的客户群体，向诸多大中型光伏下游企业提供产品服务。公司主要客户为获得更优惠的价格、持续稳定的供应保障及新电池产品的研发支持，往往通过与公司签订半年以上框架采购合同锁定硅片当期的采购量。在供应链整体稳定情况下，客户的长单框架采购量完成率一般可以保持在 80%以上。截至 2024 年 3 月末，公司需要在 2024 年内执行的硅片整体框架合同订单量为 43.06GW，覆盖了公司部分硅片产能；2024 年采用短期执行订单进行采购的客户有所增加，2024 年 1-3 月新签执行订单为 34.95GW，假设未来新签订单量保持平稳，以上述 2024 年 1-3 月新签执行订单为基础静态测算，则预计全年订单约为 139.8GW。报告期内，公司硅片销量复合增长率为 40.91%，基于谨慎原则，假设未来 2025 年和 2026 年均按 25%的订单增长率测算，2025 年和 2026 年公司每年订单量分别为 174.75 GW 和 218.44GW（此处仅用于测算未来公司硅片订单，不构成公司盈利

预测或业绩承诺，投资者不应据此进行投资决策)。年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目建成后公司硅片产能将新增 35GW，实现硅片总计产能 181GW。考虑到项目建设期为 1.5 年，1 年后全面达产（预计 2026 年产能可达 35GW），因此，预计公司未来订单需求量能有效覆盖公司本次募投项目产能。

2、当前最大尺寸规格 210mm 系列硅片将日益成为光伏硅片主流尺寸

当前，光伏硅片产品不存在强制性的行业标准，硅片企业依靠自身技术进度、产品制造和服务持续满足下游电池制造厂商的需求。为促进产品质量提升、统一市场规范、促进技术创新和应用，就硅片领域，国家出台了相应的推荐性国家标准，行业自律组织国际半导体产业协会以及中国光伏行业协会均发布了相关技术规范，并根据行业变化进行不定期修订。作为硅片龙头企业，公司是硅片相关标准和技术规范的重要制定单位，并不断通过自身的技术创新持续推动行业技术标准的提升。

光伏硅片产品主要标准

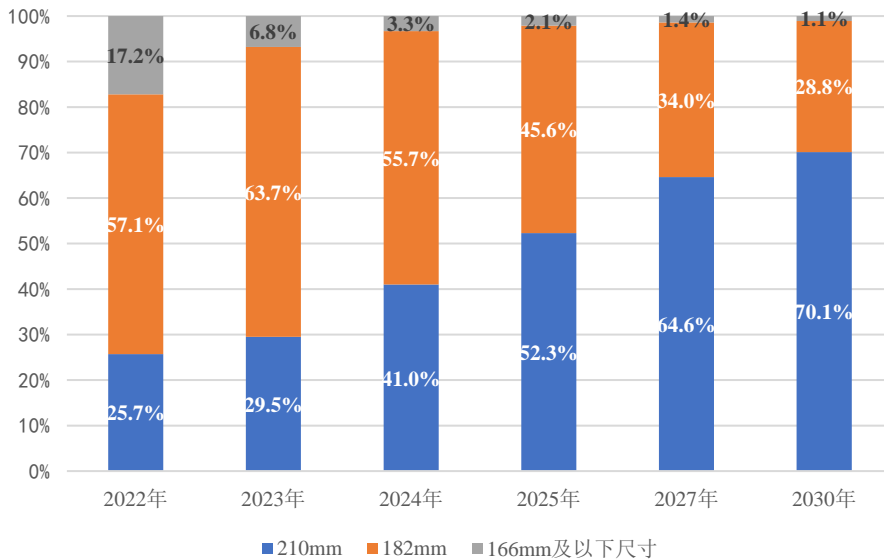
标准或规范	发布单位	发布时间	主要内容
《太阳能电池用硅单晶片》 (GB/T26071-2018)	国家标准化 管理委员会	2018 年 9 月 17 日	对产品分类、理化性能，外形尺寸、电学性能、晶向及晶向偏离度、表面质量、试验方法、检验规则、检验结果判定、标志包装运输贮存等内容进行规定。
《太阳能电池用硅片规范》(SEMI PV22-0321)	国际半导体 产业协会	2021 年 3 月	对外形尺寸、电学性能、化学特性、晶体特征、表面质量等内容进行规定。
《光伏晶体硅片规范》(T/CPIA 0037-2022)	中国光伏行 业协会	2022 年 3 月 30 日	对光伏电池片用光伏晶体硅片的要求、检验方法、检验规则、包装、运输、贮存、质量证明书等进行规定。
《光伏硅片绿色设计产品评价技术规范》(T/CESA 1074-2020 T/CPIA 0021-2020)	中国电子工 业标准化技 术协会和中 国光伏行业 协会	2020 年 3 月 10 日	对光伏用晶体硅片绿色设计产品的评价要求、评价方法，以及产品生命周期评价报告的编制方法等进行规定。

上述标准和规范均为推荐性标准或团体标准，尚无强制性。随着技术发展和市场充分竞争，行业企业逐渐产生新的尺寸和规格，并在发展中淘汰不经济不适

用的尺寸。

大尺寸硅片可以有效提升产品通量和产出，降低单位生产成本，进而降低度电成本。光伏硅片领域企业通过不断开发和提升晶体生产和硅片切割等相关技术，产出更大尺寸硅片产品。历史上，先后出现 156.75mm、157mm、158.75mm、163mm、166mm、182mm、210mm 等尺寸的硅片，其中 210mm 系列硅片是当前最大的尺寸规格，在此基础上生产制造的光伏电池具有比其他尺寸更大的发电功率，可进一步减低光伏系统 BOS 成本，将成为未来主流的光伏硅片尺寸。210mm 硅片自 2019 年下半年由发行人推出之后，上下游产业链快速协同响应，市场占比快速上升。根据 CPIA 数据和预测，2021 年 210mm 硅片占比超过 10%，2022 年快速增长至 25.7%，受益于其在降本增效方面的独特优势，未来 210mm 硅片占比仍将快速扩大，2025 年将达 52.3%成为市场主流尺寸，2030 年占大部分的市场份额达 70.1%，小尺寸将被市场逐渐淘汰出局。根据硅片新增市场容量测算，预计 210mm 大尺寸硅片在 2025 年和 2027 年需求分别可达近 320GW 和 460GW，呈快速上升趋势。发行人本次募集资金项目建成投产将有助于满足光伏装机对 200mm 硅片不断增长的市场需求，进一步加快行业进入 210mm 硅片时代。

2022年-2030年光伏硅片尺寸的趋势



数据来源：中国光伏行业协会（CPIA）

2024-2027年210mm硅片市场容量预测

单位：GW

项目	2024E	2025E	2027E
乐观：全球硅片需求（A）	560	615	710
保守：全球硅片需求（B）	481	543	636
210mm硅片市场占比（C）	41.0%	52.3%	64.6%
乐观：全球210mm硅片需求（D=A*C）	229.6	321.6	458.7
保守：全球210mm硅片需求（E=B*C）	197.2	284.0	410.9

数据来源：PV Infolink，中国光伏行业协会（CPIA）

3、年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目产能规划合理，产能消化风险低

围绕公司“实施光伏材料全球领先战略，保持综合实力全球 TOP1”的战略发展目标，结合下游终端光伏装机的需求增长前景，截至到 2023 年末，硅片晶体产能达 183GW，其中 210mm 尺寸占比超过 90%，保障公司在 2024 年及之后的整体市场保持行业领先的地位。

公司依托光伏行业技术沉淀，具备强大的客户产品和工艺 Design in 能力，硅片对外销售市场占有率多年保持第一。公司在大尺寸、N 型和薄片化方面具有显著的竞争优势，截至目前，公司硅片产品超过 1,300 种，覆盖不同外形、在氧含量和分布、少子寿命、机械性能和电性能等各个方面，可应用于 PERC、TOPCon、HJT、IBC 等各类电池，形成 Total solution 产品供应体系，公司目前已经与国内外知名光伏厂商建立了稳固的合作关系，可以充分拓展现有销售渠道，扩大市场份额，保障持续扩大的产能消化。同时，公司通过长期合作等方式与重要原材料供应商建立长期合作关系，在保证采购产品质量的前提下，保障供应渠道稳定畅通，为新增产能提供原材料保障。

本次募投项目年产 35GW 高纯太阳能超薄单晶硅片智慧工厂项目建成达产后，拟为晶体产能形成年产 35GW 的 210mm 大尺寸硅片切割配套产能，显著解决硅晶体与硅片切割的产能缺口，可更好地实现硅片业务的规模效应，进一步巩固和提升发行人在光伏行业的领先地位。

截至 2023 年末，公司硅片产能为 155GW，小于晶体产能 183GW，存在 28GW 的产能配套缺口。假设项目一于 2024 年内建成达产，将使得硅片配套晶体的缺口缩小至 6GW，显著解决匹配缺口的问题。

单位：GW

序号	项目	2022 年末产能	2023 年末产能	假设 2024 年，项目一达产后
1	晶体	140	183	187
2	硅片	123	155（注）	181
2.1	210mm 硅片	102	136（注）	166
3	硅片配套晶体的缺口	17	28	6

注：2023 年末硅片新增产能主要是 DW 三期和 DW 四期产能的释放以及项目一释放的部分产能 9GW。

公司是 210mm 大尺寸硅片的首创者和引领者，210mm 硅片产品的市场占有率一直超过 50%。按照公司规划，在不考虑本次募投项目的产能情况下，2023 年末公司 210mm 硅片产能为 124GW；根据第三方机构预测，预计 2024 年行业对 210mm 硅片的需求为 197.2-229.6GW，对应公司 210mm 硅片产能与市场需求的比例为 54.01%-62.88%。假设本次募投项目 2024 年建成达产，将新增 35GW 的 210mm 硅片产能，则公司 2024 年末 210mm 总产能达 166GW，对应公司 210mm 硅片产能与 2025 年 210mm 市场需求的比例为 49.44%-55.99%，因而，本次募投项目的建设有助于巩固公司在 210mm 大尺寸硅片的市场地位。

截至目前，尚缺乏公开披露较为准确的关于 210mm（G12）光伏硅片产能统计数据。根据公开资料，同行业上市公司明确披露过兼容生产 210mm（G12）光伏硅片的公司主要有晶科能源、弘元绿能、京运通、阿特斯和双良节能，天合光能将进入硅片环节。鉴于晶科能源提及其自 2021 年 4 月起应用 210mm 单晶硅片技术批量生产 210mm 单晶硅片，因此在此之前的硅片项目不在统计范围；由于通过 IPO、发行股票和可转债等方式完成融资实施的募投资金项目确定性高，统计上述企业通过资本市场融资进行建设的产能作为新增产能。据此，经统计上述公司 2020 年以来通过 IPO、发行股票和可转债等方式完成融资实施的晶体规划项目设计产能合计达 145GW。由于上述公司并未披露该等产能是否全部是用于 210mm（G12）产品（仅提及产品有涵盖 210mm），而相关设备实际可向下兼容生产 182mm、166mm 等尺寸产品，且自身生产技术水平、品质及良率控制、

成本控制以及经营策略、下游客户需求等因素将影响其硅片设备的实际生产规格，因此上述统计产能并不代表着全部是 210mm 硅片的产能，仅作为同行业涵盖 210mm 产品的上市公司 210mm 硅片潜在规划产能情况的参考。考虑项目建设期普遍 1-2 年，假设顺利建成后全部投产 210mm 产品，将在 2025 年形成新增产能 145GW，占 2026 年 210mm 需求（以前文关于 2025 年和 2027 年 210mm 市场需求预测值的平均值作为 2026 年需求值）的比例为 37.17%-41.73%。公司在硅片领域坚持自主技术创新，引领光伏硅片领域技术突破和变革，已形成卓越的技术研发和生产制造能力以及领先的规模优势，在 210mm 大尺寸硅片领域一直保持超过 50%的领先市场地位，同行业参与者的扩产对公司产能消化不存在重大影响。

公司名称	发行公告时间	募投项目名称	规划产能 (GW)
晶科能源	2023/4/18	二期 20GW 拉棒方棒加工项目一阶段 10GW 工程建设项目	20
弘元绿能	2022/2/25	包头年产 10GW 单晶硅拉晶及配套生产项目	10
弘元绿能	2021/1/25	年产 8GW 单晶硅拉晶生产项目	8
京运通	2022/8/11	乐山 22GW 高效单晶硅棒、切片项目	22
天合光能	2023/2/9	年产 35GW 直拉单晶项目	35
阿特斯	2023/5/20	年产 10GW 拉棒项目	10
双良节能	2023/8/4	双良硅材料(包头)有限公司 40GW 单晶硅二期项目(20GW)	20
双良节能	2022/7/25	双良硅材料(包头)有限公司 40GW 单晶硅一期项目(20GW)	20
合计			145

综上所述，公司 G12 大尺寸硅片目前在手订单充足，行业内 210mm 硅片市场占比不断上升并预计将在 2025 年占据光伏硅片主要份额，同时，项目一建成后更好匹配公司晶体规划产能，本次募投项目产能规划具有合理性，不存在较大的产能消化风险。

（二）请发行人补充披露相关风险

发行人已在募集说明书“第三节 风险因素”之“三、其他风险”中对本问题相关风险补充披露了产能消化相关风险，相关内容详见问题 2 之“补充披露

(5) 风险”。

二、申报会计师核查程序和核查意见

(一) 核查程序

查阅《2022-2023 年光伏产业报告》《2022-2023 年中国光伏产业发展路线图》《2023-2024 年中国光伏产业发展路线图》、PV Infolink 关于光伏产业链的分析预测报告、行业相关标准和技术规范、同行业上市公司公告，获取截至 2024 年 3 月 31 日发行人需要在 2024 年内执行的 G12 大尺寸硅片在手订单、框架性合同清单并进行抽样检查，获取并了解发行人管理层对目前大尺寸硅片市占率较高的现状及前景的说明，查阅发行人对于募投项目产能规划的合理性以及产能消化风险的分析。

(二) 核查意见

发行人关于本次募投项目产能规划具有合理性及不存在较大的产能消化风险的分析与我们在核查过程中了解的信息在所有重大方面未发现不一致之处。