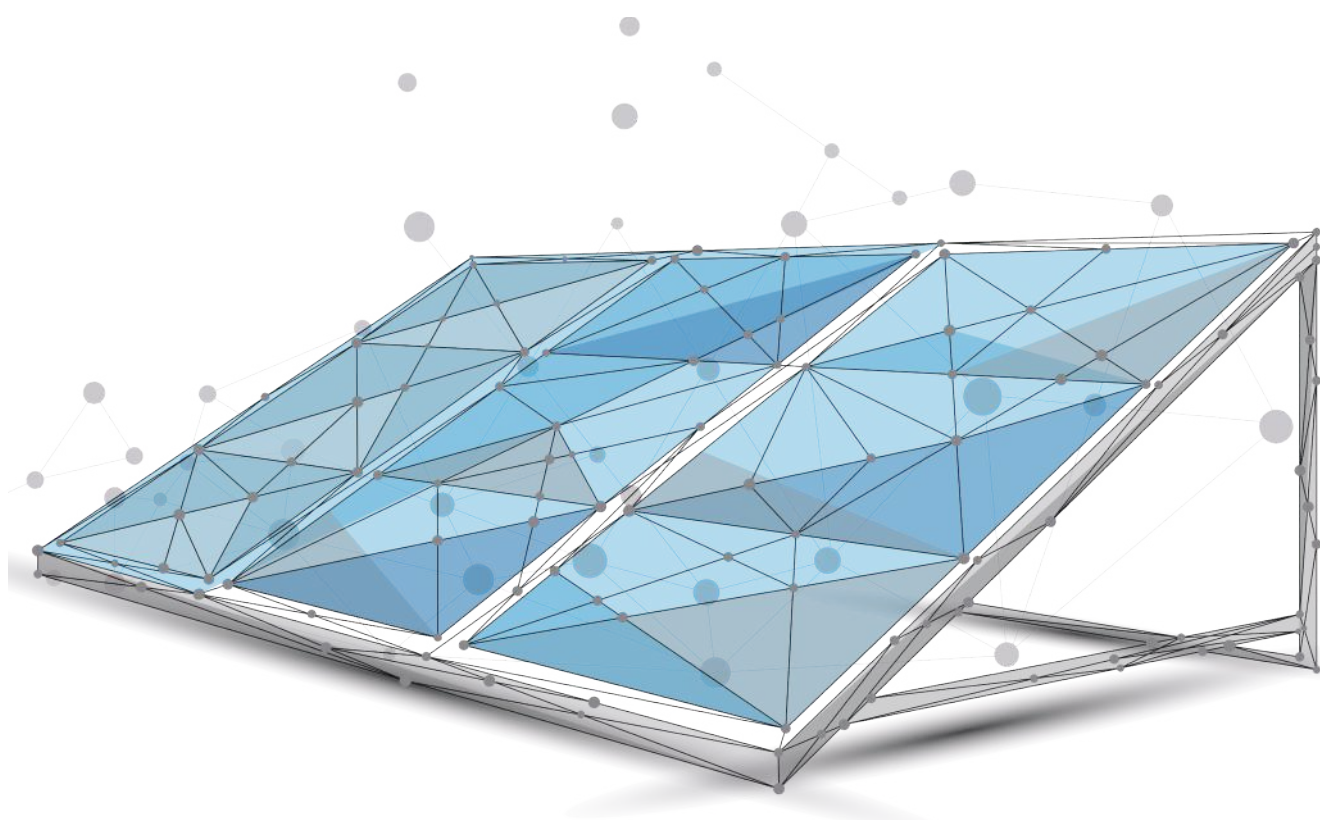


2024 年光伏行业供应链 数字化建设白皮书

撰写单位



二零二四年五月

更多免费行业报告

并购家

www.ipopo.cn

并购家 免费行业报告网

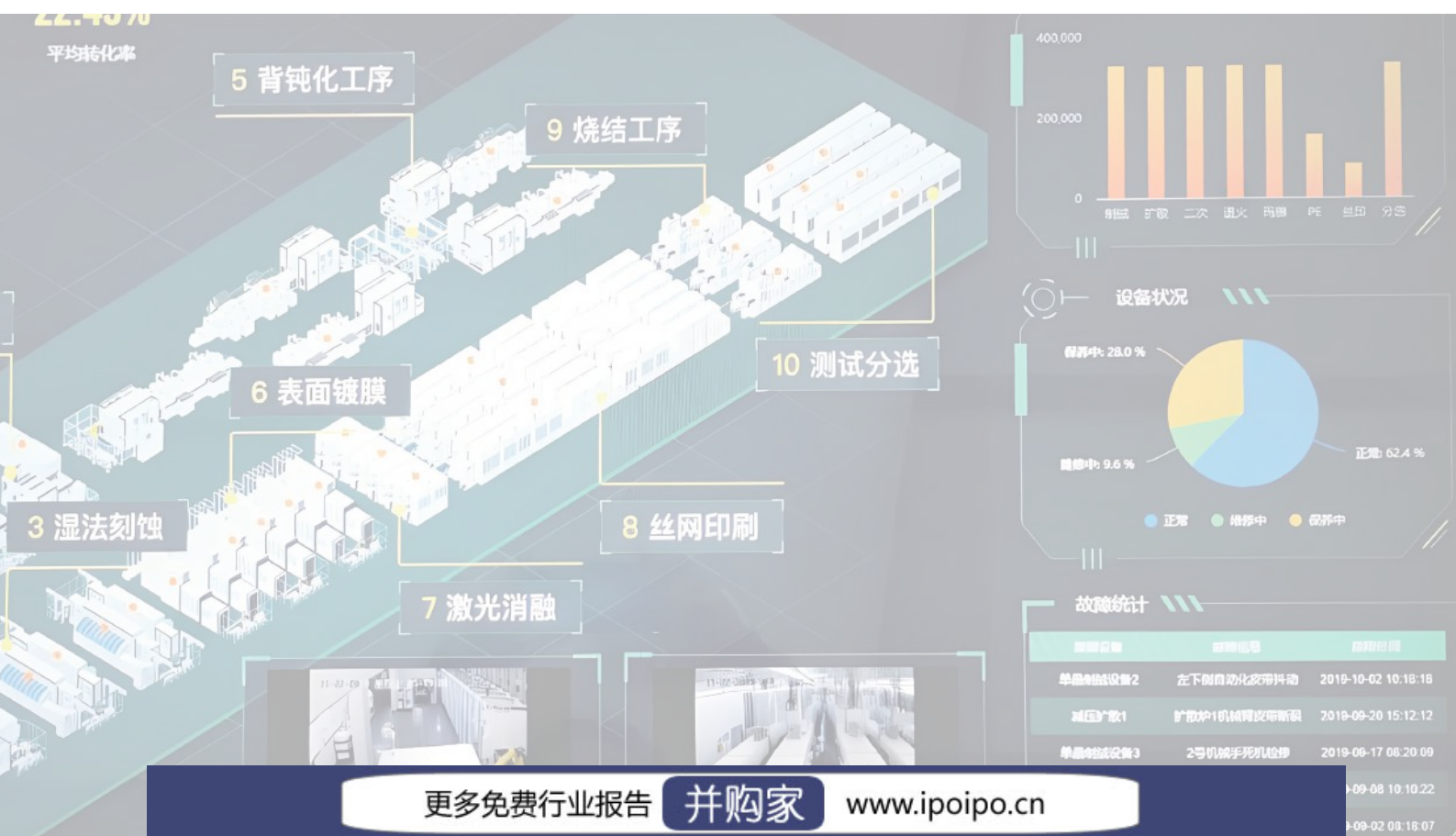
IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

前言

当前，光伏行业作为清洁能源的重要组成部分，正面临着前所未有的发展机遇和挑战。随着全球对于可持续发展和绿色能源的日益重视，光伏产业的发展潜力巨大，但同时也面临着产能过剩、供应链管理复杂化、成本控制、效率提升等多方面的挑战。在这样的背景下，供应链数字化建设成为推动光伏行业发展的重要手段之一。

大东时代智库（TD）是一家专注于能源与数字变革的研究咨询机构。作为数字化领域的深耕者，大东时代智库（TD）在 2024 年年初对国内 29 家主要光伏行业的供应链数字化建设情况进行调研，为编撰本书打下良好的基础。

大东时代智库（TD）编撰本书的目的，在于深入探讨光伏行业供应链数字化建设的现状、面临的挑战、可尝试的解决方案以及未来的发展趋势，希望以此为行业提供一定的参考价值，帮助企业在激烈的市场竞争中获得优势，实现可持续发展。



CONTENTS

目录

第一章 光伏行业概况P1

一、需求端：

新增装机量显著增长，增速或放缓

二、技术端：

技术显著突破，经济性提高

三、供给端：

产能过剩，价格下降，库存水平较高

第二章 光伏行业供应链数字化建设情况.....P5

一、光伏行业供应链数字化建设历程

二、光伏企业供应链数字化建设现状

三、当前光伏企业供应链数字化需求

第三章 光伏行业供应链数字化建设难点.....P15

一、物料编码问题

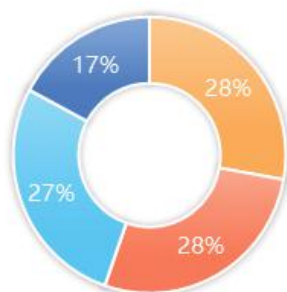
二、MRP"跑不通"

三、系统集成、流程梳理难度较大

第四章 光伏供应链数字化建设趋势预测.....P21

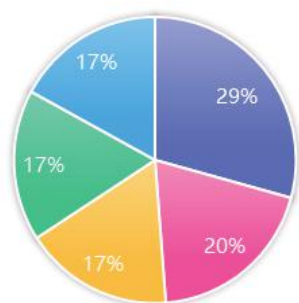
调研企业样本如下

营收规模



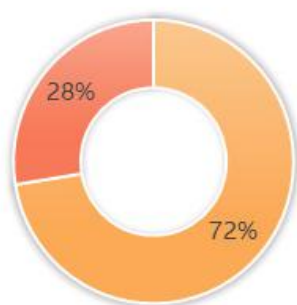
■ 20亿-200亿 (含) ■ 未披露 ■ 500亿以上 ■ 200亿-500亿 (含)

各类企业占比



■ 组件 ■ 硅片 ■ 硅料 ■ 电池片 ■ 逆变器

上市情况



■ 已上市 ■ 未上市

说明：含垂直一体化企业

01

光伏行业概况



随着全球对可再生能源需求的增加以及环境保护意识的提高，各国政府相继出台支持政策，光伏行业于 21 世纪以来迎来快速成长期。

光伏行业是技术密集型和资金密集型双密集型的行业，技术创新带来降本增效。近年，光伏市场规模不断扩大，产业链不断完善和优化。中国光伏企业在装机容量和产量、技术创新和产业升级、政策支持和市场发展、产业链完整性等方面均展现出领先全球的特征。

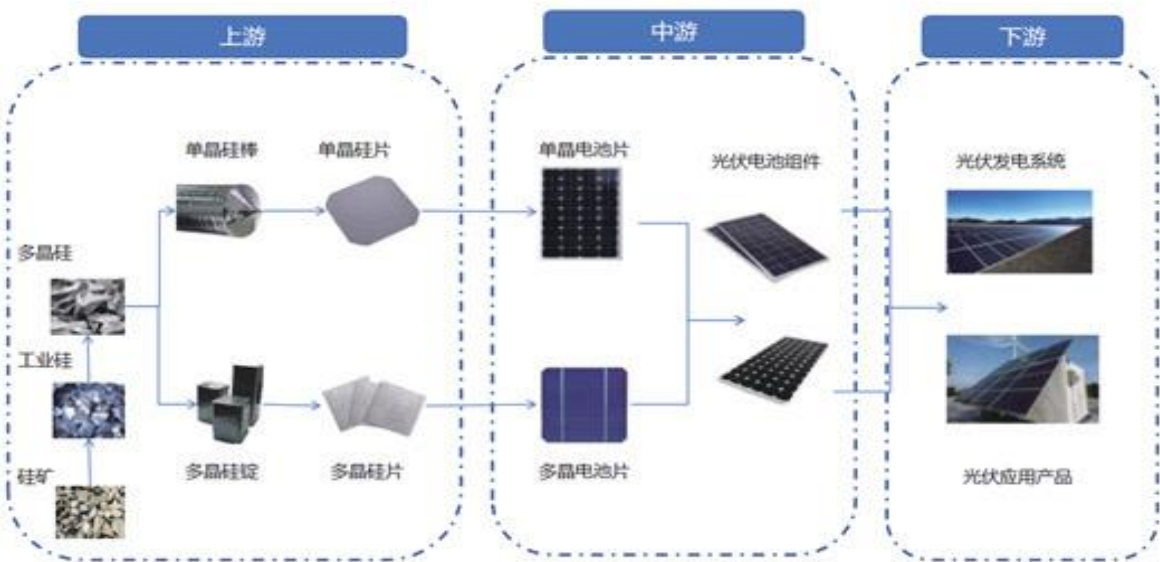
目前，光伏行业出现增速放缓、产能过剩、市场竞争激烈、价格下行、价格利润空间被压缩、行业洗牌加速、部分企业库存高企等现象和挑战，但行业依

然受到技术创新和市场需求的驱动，整体展现出稳定向好的发展趋势。

一、需求端：
新增装机量显著增长，增速或放缓

国际可再生能源机构（IRENA）数据显示，2023 年光伏新增装机量为 345.5GW，中国占比 62.77%，达到 216.9GW，同比增长 148.1%，创下历史新高。能源署 (IEA) 预测到 2030 年全球光伏累计装机量有望超过 1000GW。但对于未来增速的预测，集邦咨询

中国光伏行业发展阶段		发展概况
1970-2004 年	缓慢发展期	国内民用太阳能电池厂陆续建立
2004-2012 年	快速成长期	中国太阳能电池产量以超过 100% 的年均增长率快速发展，2007 年至 2010 年连续四年产量世界第一。
2013-2018 年	高速发展期	多种补贴政策出台，光伏新增装机容量实现显著增长。
2019 年至今	平价上网期	随着技术进步和产业链成本优化，光伏发电的成本大幅度降低，全球光伏需求大幅上升。



图：光伏产业链图谱

(TrendForce) 预计 2024 年全球光伏新增装机量的中性预期为 474GW，同比增长 16%，远低于 2023 年增速。Wood Mackenzie 全球太阳能部门负责人也表示，2024 年到 2028 年预计将保持 2023 年的平均速度。全球太阳能光伏市场增长走势为典型的 S 形曲线。从 2024 年开始，行业将经过拐点，增长呈现出较为缓慢的情况。

二、技术端： 技术显著突破，经济性提高

全球光伏行业正在经历快速的技术进步，近年行业聚焦于对高效、低成本光伏技术的持续探索并成效显著，光伏产品经济性显著提高，行业迎来良好的发展机遇。

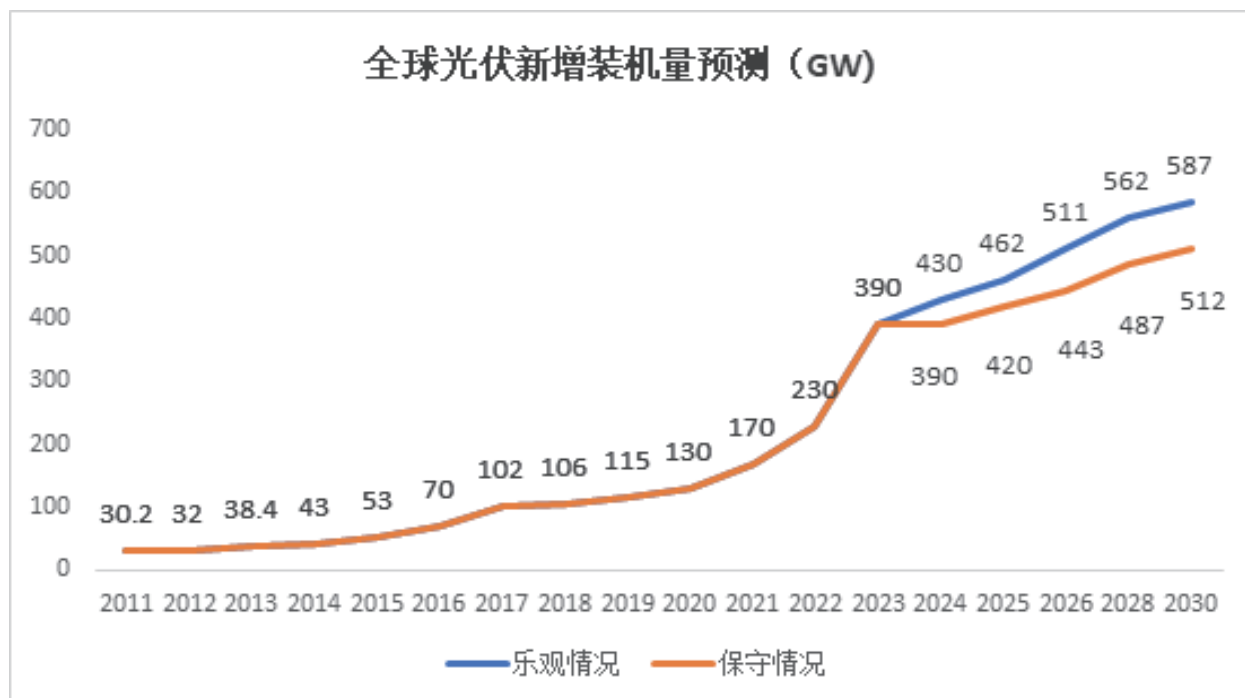
2023 年，光伏行业技术发展集中在提高转换效率、推广新型电池技术以及优化系统设计等方面。这些进展不仅提升光伏系统的性能，也为光伏产业的可持续发展奠定坚实的基础。比如，TOPCon（隧道氧化层钝化接触）技术的应用显著提高太阳能电池的效率，成为 2023 年最引人注目的技术创新之一，产量达到 105-115GW，显示出该技术在市场上的广泛接受和应

用。自 2023 年 8 月以来，N 型组件在国内光伏组件招投标中迅速起量，9-12 月单月 N 型组件招标占比均为 70% 左右。

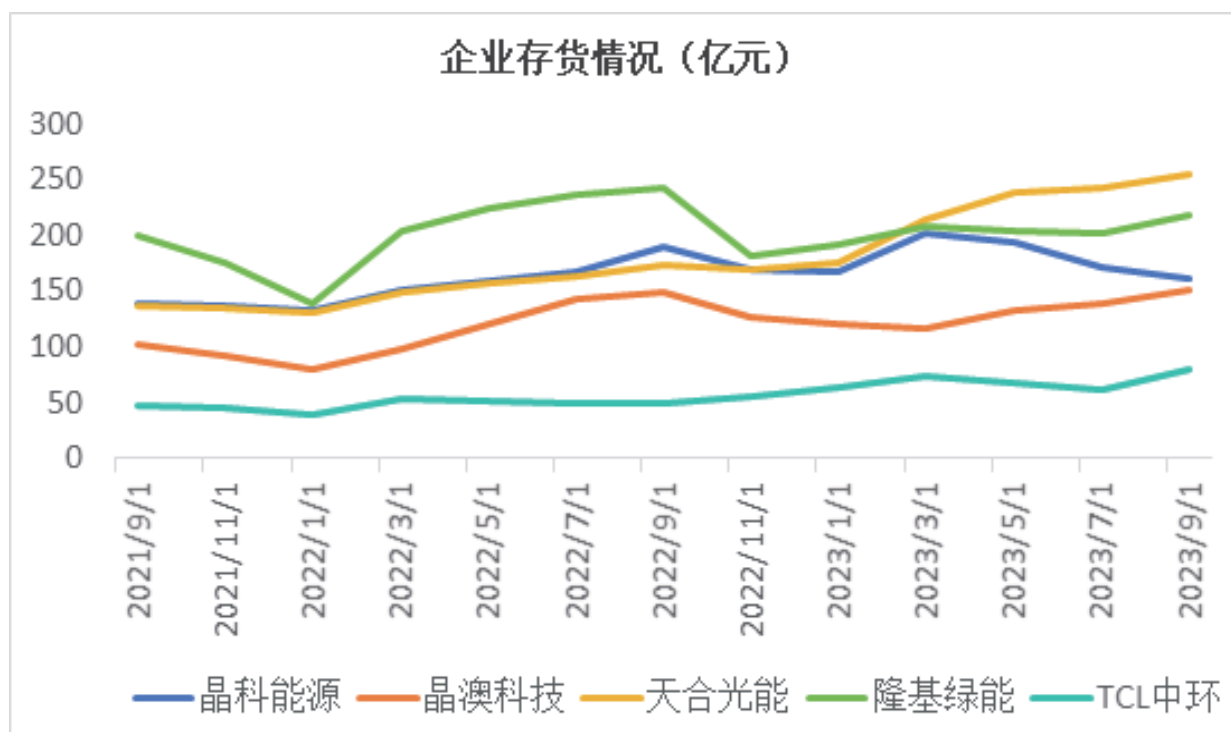
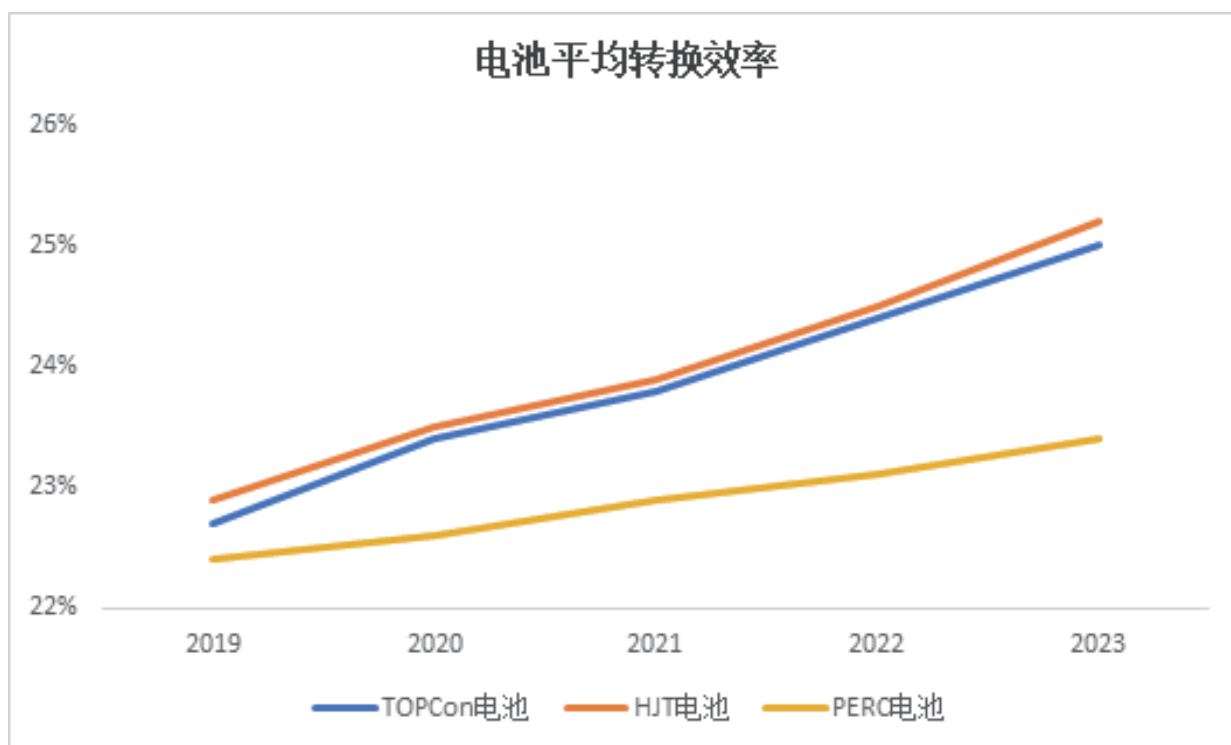
三、供给端： 产能过剩，价格下降，库存水平较高

光伏行业产量持续增加，但增速已经放缓，全行业产能过剩，进入去产能周期。CPIA 数据显示，2023 年我国光伏产业规模持续扩大，多晶硅、硅片、电池、组件等主要制造环节产量同比增长均超过 64%，行业总产值超过 1.75 万亿元，同比增长约 17.1%。

2023 年以来，我国光伏行业产品价格整体下行。硅料价格的下降是明显的信号。各方公开资料显示，2023 年年初到 2024 年年初，硅料价格至少下降 50%~70%。国际能源署发布的报告称，2023 年太阳能光伏组件现货价格同比下降近 50%。另外，部分光伏企业库存高企，处于主动去库存阶段。财报数据显示，2023 年多家光伏企业存货金额处于高位，特别是下游组件企业。



数据来源：中国光伏行业协会，大东时代智库 (TD) 整理



02

光伏行业 供应链数字化建设情况



一、光伏行业供应链数字化建设历程

1970 年到 2004 年，中国光伏行业处于缓慢发展期，宁波、开封等地陆续成立民用太阳能电池厂。2001 年，无锡尚德太阳能电力有限公司成立。100% 控投无锡尚德的尚德电力公司迅速发展，2005 年在纽约证券交易所上市。这一时期最先成长起来的尚德电力，也成为光伏行业最早一批的数字化探索者，是光伏行业第一个上线 ERP、MES 的企业。

2013 年到 2018 年，中国光伏行业进入高速发展期。这一时期得益于补贴等多种政策的扶持，光伏新增装机容量实现显著增长。2013 年左右，中国光伏产业经历显著的产能扩张。以晶科能源为例，2013 年，晶科能源营收额与出货量的双双创新高，达到 2 吉瓦。这一年，晶科能源进行增资，用于年产 1000MW 电池及 100MW 组件生产线项目的扩建。2014 年晶科能源上线 ERP，并在各生产基地上线 MES。这一时期，正泰新能、东方希望等也在供应链数字化建设方面各有

成果。

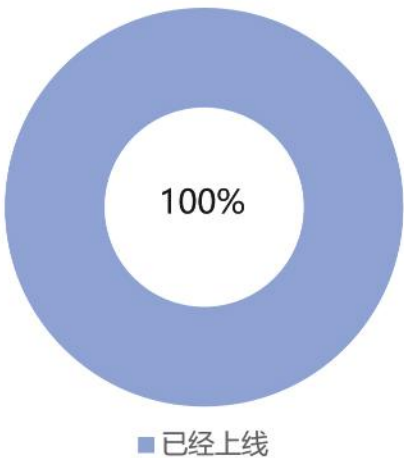
2019 年至今，中国光伏行业迈入平价上网期，光伏企业之间的竞争加剧，技术迭代加速，产业链价格持续下跌，落后产能加速淘汰、市场份额加速向头部企业集中，价格战和成本控制成为关键因素，行业进入竞争淘汰阶段。竞争的压力使得更多光伏企业加入供应链数字化建设队伍。2023 年 12 月，隆基绿能嘉兴基地被认定为全球光伏行业首个“灯塔工厂”。也是在这一阶段，部分光伏龙头企业针对供应链管控中存在的痛点，与数字化服务商一直制定专门的数字化方案，并于近年取得较大突破，在业内引发效仿。

二、光伏企业供应链数字化建设现状

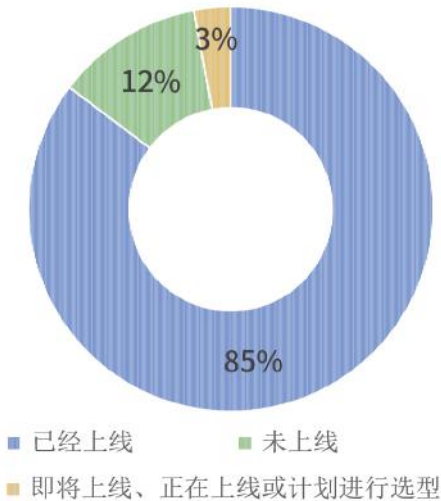
2024 年年初，大东时代智库 (TD) 对国内 29 家主要光伏企业的供应链数字化建设情况进行调研，以下是调研结果：

中国光伏行业发展阶段		供应链数字化建设重要事件
1970-2004 年	缓慢发展期	这一时期最先成长起来的尚德电力，成为光伏行业第一个上线 ERP、MES 的企业
2013-2018 年	高速发展期	晶科能源、正泰新能、东方希望等大力开展供应链数字化建设
2019 年至今	平价上网期	供应链数字化建设取得突破

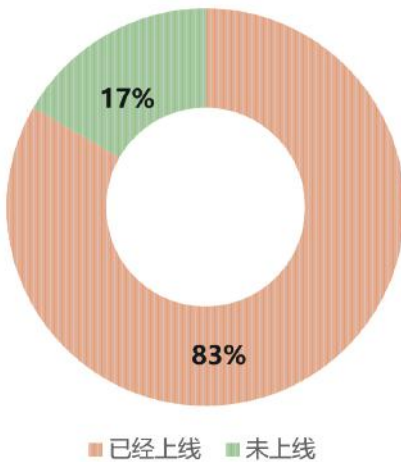
主要光伏企业 ERP 上线情况



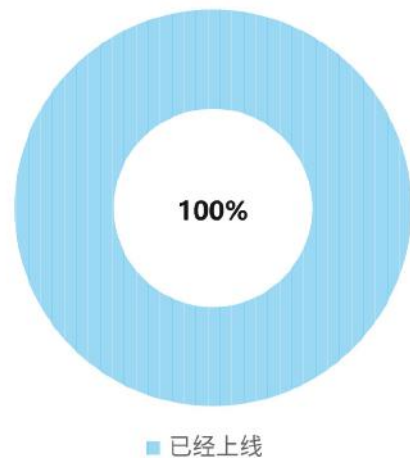
主要光伏企业上线 MES 情况



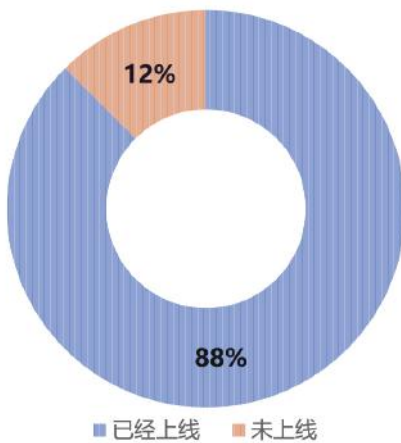
主要组件企业上线 MES 情况



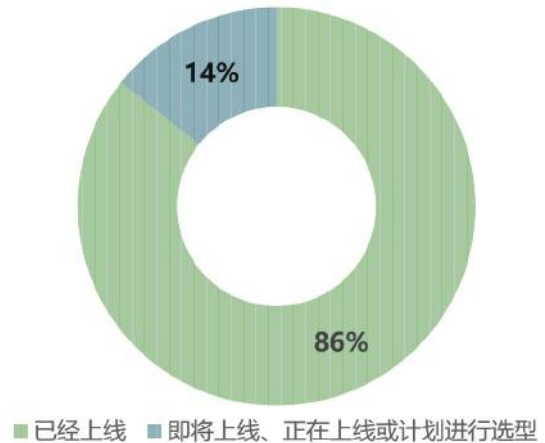
主要电池片企业上线 MES 情况



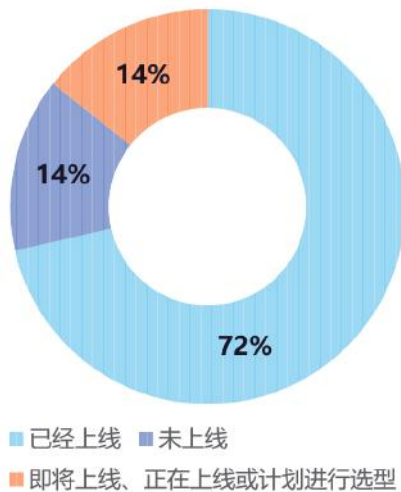
主要硅片企业上线 MES 情况



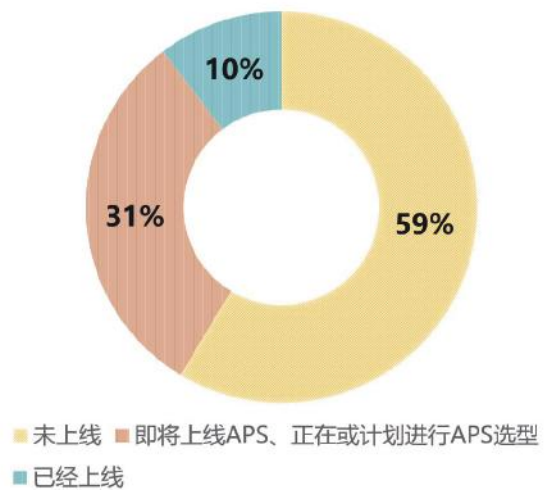
主要硅料企业上线 MES 情况



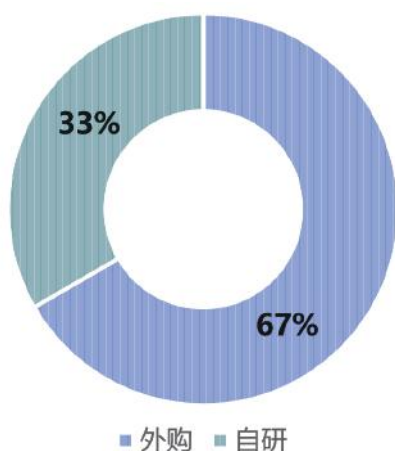
主要逆变器企业上线 MES 情况



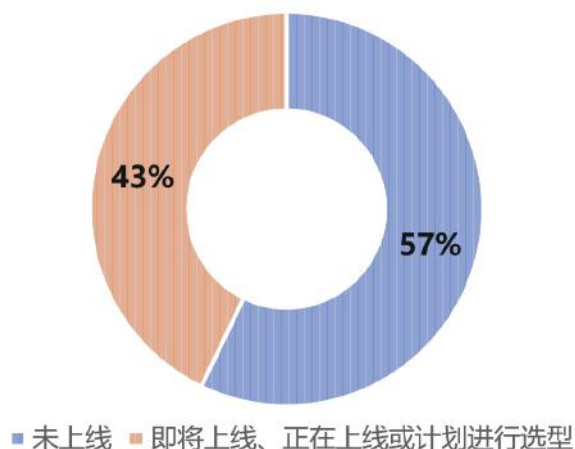
主要光伏企业上线 APS 情况



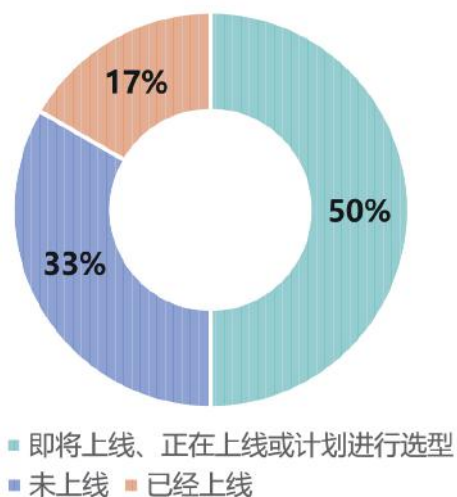
已上线 APS 光伏企业软件来源



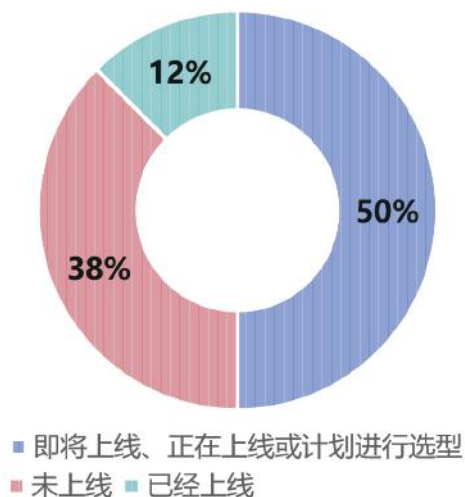
主要电池片企业上线 APS 情况



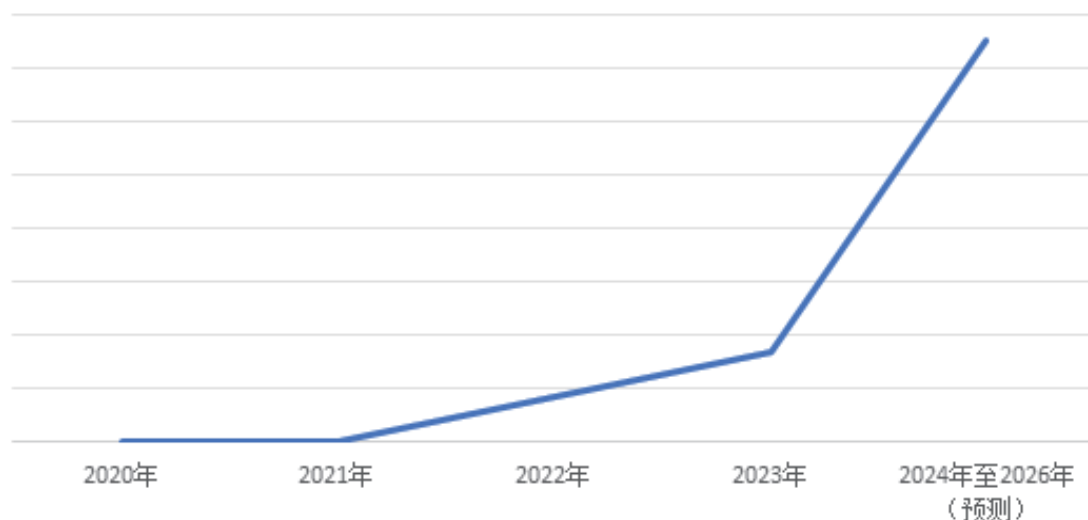
主要组件企业上线 APS 情况



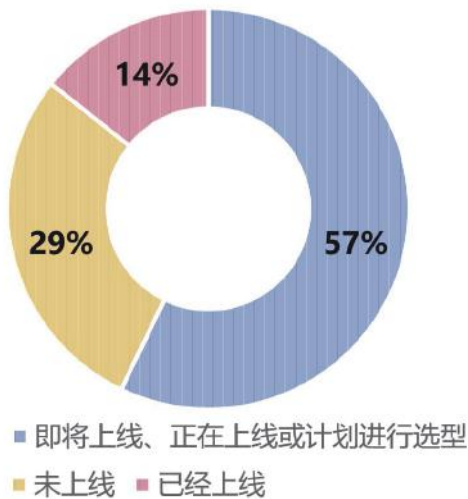
主要硅片企业上线 APS 情况



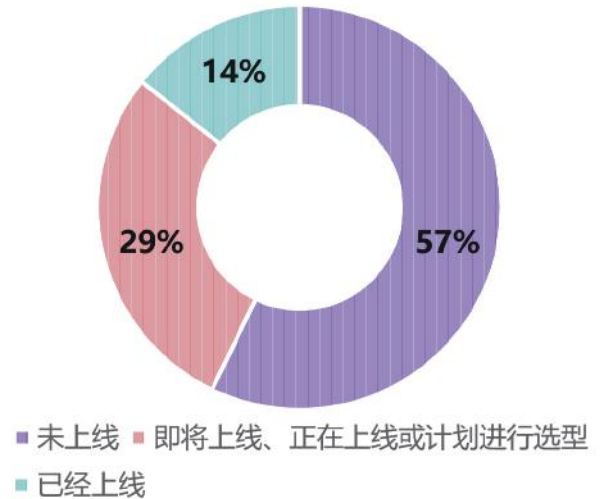
近年上线APS光伏企业数量趋势



主要硅料企业上线 APS 情况



主要逆变器企业上线 APS 情况



由以上调研结果可见，目前光伏行业龙头企业已经基本完成 ERP 和 MES 等供应链基础信息系统的上线，目前正处于重点关注 APS（Advanced Planning and Scheduling，高级计划与排程）的阶段。APS 当前在光伏行业获得较多关注。本次调研中，有光伏企业数字化部门负责人表示，从 2023 年开始，光伏 CIO 圈子里面讨论 APS 的频率明显增加。

数字化建设之后，目前光伏企业对供应链数字化建设的需求已经较为集中，按照集中程度高低排序如下：

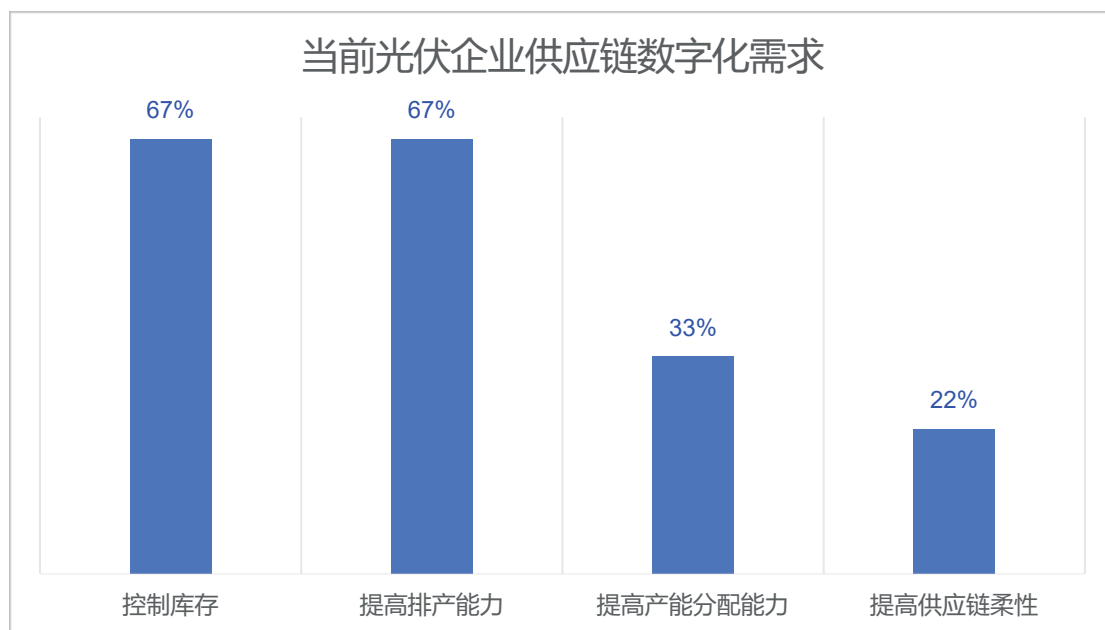
1. 控制库存：

建立更有效的供应链管控机制

如第一章中所讲，我国光伏企业目前面临较大的库存压力。在调研中，多家光伏企业提到希望通过提高供应链数字化水平来降低库存。光伏行业确实面临着严峻的供应链管理的挑战，除供应商管理策略、库存管理策略、技术创新和生产工艺优化等传统的库存控制方法，数字化和智能化技术在企业建立更有效的

三、当前光伏企业供应链数字化需求

调研中，大东时代智库（TD）发现，经历过多轮



控制库存的供应链管控机制过程中可以起到的作用，被给予越来越高的期待。数字化作用于库存管控的方法是多种多样的。以APS系统为例，APS可以通过预测、计划、协同和主动消耗库存等多种方式控制库存。

1) 优化需求预测和管理：APS系统可利用历史销售数据、市场趋势和其他相关信息进行需求预测，对需求预测进行合理调整后生成生产计划，从源头上避免过量、过早采购，减少库存积压。

2) 采用分层计划模式：APS系统可以结合JIT（Just-in-Time，准时制生产）和TOC（约束理论），通过运用供应链结构原理，为不同层级制定精细的备料策略。这一策略旨在最大限度地满足生产需求的同时，最大限度地减少库存。

3) 提高供应链协同水平：可通过提高APS系统通过与供应链中的其他系统的集成程度和供应链各环节协同水平，让供应商第一时间接受到需求变化，赢得最多的缓冲时间，从而降低库存；通过供应链可视化，能及时发现供应链瓶颈，从而提高供应链响应速度，最终提升存货周转率。

4) 主动消耗库存：APS系统可实时跟踪物料库存

状态，根据库存水平的变化动态调整生产计划，以满足客户需求并保持库存在一个理想的水平。

2. 提高排产能力：

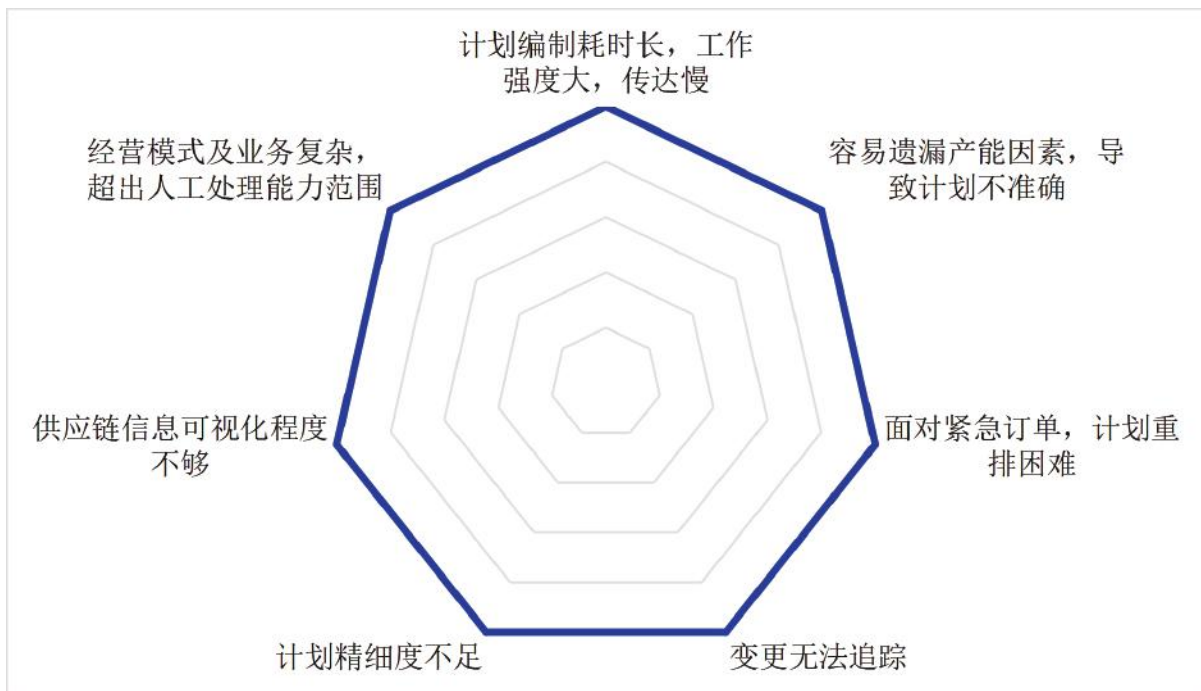
提高排产效率和精度，降低人工排产成本

本次调研结果显示，目前大部分光伏龙头企业还是采用传统的人工排产的模式。人工排产具有灵活性和适应性，可以根据实际情况对生产计划进行调整和优化，更好地适应市场需求和变化，以及应对突发事件。另外，人工排产方便进行个性化处理，能够考虑到生产的特殊需求和复杂情况，如部分产品工艺复杂等。但另一方面，人工排产也存在明显的瓶颈（如下图）。

也正是因为人工排产的缺陷，有些光伏企业排产部门人数一直随着产能扩张而增长，人力成本不断攀升。调研中，某光伏企业表示近年订单持续增长，计划扩产，估算之后发现如果继续采用人工排产，扩产之后排产部门人员需要由原来的4人增加到15人。

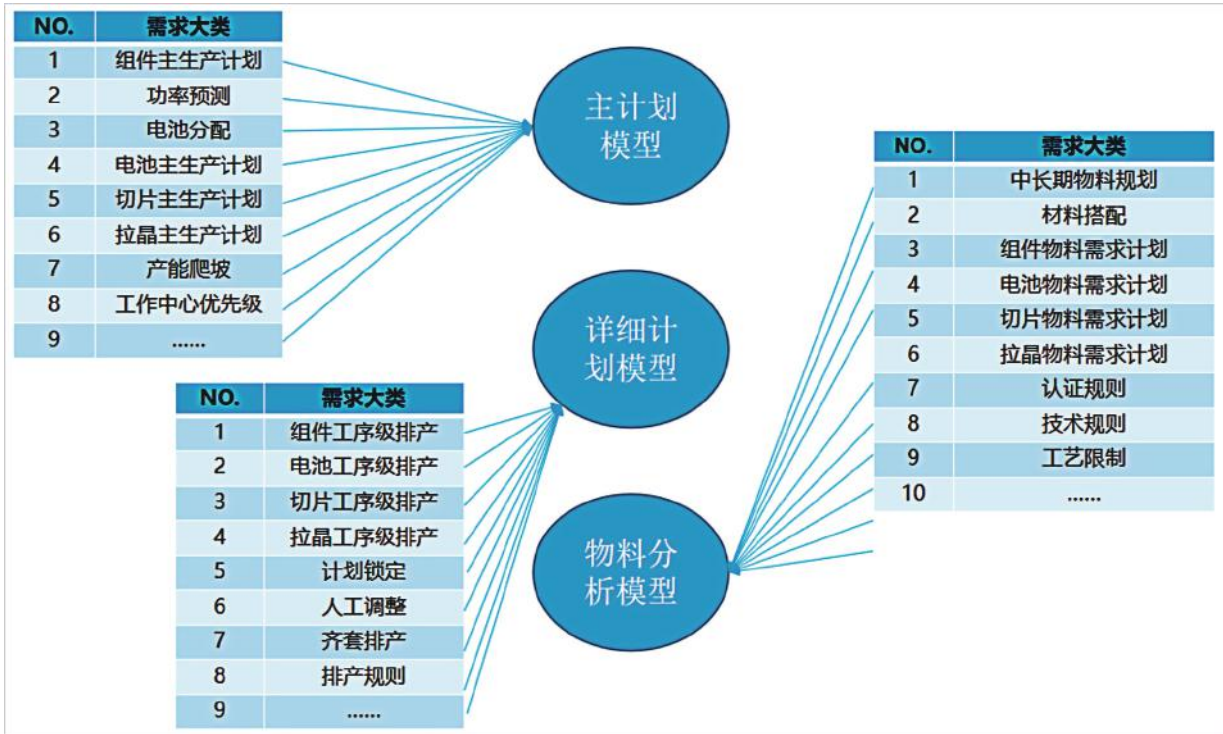
排程计算是APS的核心功能。APS服务商通过管理企业需求、梳理企业业务流程和逻辑，根据企业不同产品类别、不同产线、不同业务场景等，为其建立

人工排产的瓶颈



多个不同的 APS 运算模型，将 APS 与 ERP、MES 等日常需要进行数据交换的系统进行集成，将 ERP 中需求、主数据、工艺数据、BOM 数据、库存数据、产线产能、人工情况等数据统一导入 APS，APS 平台使用以上运算模型进行运算，确定最佳的生产计划和调度安排，依次产生计划、工单、交期等，并下发给 MES 等系统执行。

得益于算法和模型的加持，APS 排产的效率和精准度远高于人工排产。比如，在国内 APS 领军企业深圳市微优微科技有限公司（以下简称“VUV”）为国内知名光伏逆变器 B 企业实施的 APS 案例中，上线 APS 之后，排产部门人均效率提升 4 到 5 倍；之前人工只能排 3-5 天的计划，APS 可以排出一个月的计划；可以排出 4 天的短期精细计划，可以精确到秒。



图：各业务场景对应模型分类

APS平台

生产推送

2024-03-22 - 2024-03-29

Q 多条件查询

新增 删除 保存 刷新 清空 打印 导出

NO.	客户单号	销售订单号	项目行号	序号	客户名称	国家	所属区域	旧料号	SAP料号	物料描述	平台	功率	订单数量	采购类型	发货类型	交货日期	结束日期	处理状态
1	STC-202402049	0020022330	10	2009K RST-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001010128	101012000800	X1-IES, X1-IES- X1-IES	5KW	1	自制生产	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
2	STC-202402049	0020022330	20	2009K RST-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001060208	106020000100	T-BAT-SYS-HV-1 HS50B	0	1	自制生产	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
3	STC-202402049	0020022330	30	2009K RST-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001020128	102012020300	T-BAT-SYS-HV-1 HS50	0	1	自制生产	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
4	STC-202402049	0020022330	50	2009K REV-010	毛里求斯	亚洲-一区	9402.00095.00	102007000100	T-BAT-SYS-HV-1 HS36	0	6	自制生产	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
5	STC-202402049	0020022330	60	2009K RST-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001060204	106024000500	T-BAT-SYS-HV-1 HS36主	0	1	自制生产	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
6	STC-202402049	0020022330	70	2009K RST-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001040048	104004002402	电表 1 三相 DDSL 电表	0	2	外部采购	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
7	STC-202402049	0020022330	80	2009K REV-010	毛里求斯	亚洲-一区	0000001040048	104004001102	电表 1 三相 DTSU 电表	0	2	外部采购	...	2024-04-15	2024-03-28	已处理	...	
8	STC-202403065	0020022441	10	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9050.00121.00	104002002500	Pocket 4G V3.0 WIFI 3.1	0	40	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
9	STC-202403065	0020022441	20	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	0000001060158	106015000000	BMS Parallel Box BMS Pa	0	25	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
10	STC-202403065	0020022441	30	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9052.00009.00	106005000100	BMS PARALLEL BMS Pa	0	40	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
11	STC-202403065	0020022441	40	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9602.00009.00	105001001400	EV CHARGER, > EV Cha	22KW	30	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
12	STC-202403065	0020022441	50	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9602.00006.00	105001001000	EV CHARGER, > EV Cha	11KW	80	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
13	STC-202403065	0020022441	60	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9602.00008.00	105001001200	EV CHARGER, > EV Cha	11KW	550	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
14	STC-202403065	0020022441	70	2009K GL-010	捷克斯拉夫共和国	欧洲-一区	9052.00011.00	106011009600	Triple Power LFP 电池	0	60	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
15	STC-202403145	0020022477	50	2009K B-010	罗马尼亚	欧洲-三区	101002021800	X1-Hybrid G4.3, X1-Hyb	7.5KW	20	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...		
16	STC-202403145	0020022477	60	2009K B-010	罗马尼亚	欧洲-三区	101002021800	X1-Hybrid G4.3, X1-Hyb	7.5KW	2	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...		
17	STC-202403145	0020022477	100	2009K B-010	罗马尼亚	欧洲-三区	9318.00078.03	101004020400	X3-HYBRID G4.3 X3-Hyb	6KW	1	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
18	STC-202403145	0020022477	110	2009K B-010	罗马尼亚	欧洲-三区	9318.00080.03	101004020600	X3-HYBRID G4.3 X3-Hyb	8KW	10	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	
19	STC-202403145	0020022477	120	2009K B-010	罗马尼亚	欧洲-三区	9318.00080.03	101004020600	X3-HYBRID G4.3 X3-Hyb	8KW	1	自制生产	...	2024-04-18	2024-03-28	已处理	...	

显示第 1 - 200 条记录 | 按表头 275 号记录

首页 上一页 2 下一页 尾页 共2页

图：APS平台产销推单、拆单界面

APS平台工艺路线数据界面														
Q 多条件查询														
工厂	物料编码	物料描述	组件数量	工序编号	工序描述	工艺路线描述	用途	状态	标准文本	基础数量	标准人工工时	实际人工工时	机器折旧工时	其他制造费用
1	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	10	附件加工	自制	1	4	1	31	31.000	31.000	31.000	2022-06-01 00:00 31.000
2	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	20	覆胶	自制	1	4	1	28	28.000	28.000	28.000	2022-06-01 00:00 28.000
3	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	30	逆变器组装	自制	1	4	1	103	103.000	103.000	103.000	2022-06-01 00:00 103.000
4	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	40	逆变器老化	自制	1	4	1	21600	21600.000	21600.000	21600.000	2022-06-01 00:00 21600.000
5	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	50	逆变器测试	自制	1	4	1	361	361.000	361.000	361.000	2022-06-01 00:00 361.000
6	9001	101001000100	X1-Hybrid-3.0-D-E 瓦片: 1	60	逆变器包装	自制	1	4	1	55	55.000	55.000	55.000	2022-06-01 00:00 55.000
7	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	10	附件加工	自制	1	4	1	31	31.000	31.000	31.000	2022-06-01 00:00 31.000
8	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	20	覆胶	自制	1	4	1	28	28.000	28.000	28.000	2022-06-01 00:00 28.000
9	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	30	逆变器组装	自制	1	4	1	103	103.000	103.000	103.000	2022-06-01 00:00 103.000
10	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	40	逆变器老化	自制	1	4	1	21600	21600.000	21600.000	21600.000	2022-06-01 00:00 21600.000
11	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	50	逆变器测试	自制	1	4	1	361	361.000	361.000	361.000	2022-06-01 00:00 361.000
12	9001	101001000101	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	60	逆变器包装	自制	1	4	1	55	55.000	55.000	55.000	2022-06-01 00:00 55.000
13	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	10	附件加工	自制	1	4	1	31	31.000	31.000	31.000	2022-06-01 00:00 31.000
14	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	20	覆胶	自制	1	4	1	28	28.000	28.000	28.000	2022-06-01 00:00 28.000
15	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	30	逆变器组装	自制	1	4	1	103	103.000	103.000	103.000	2022-06-01 00:00 103.000
16	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	40	逆变器老化	自制	1	4	1	21600	21600.000	21600.000	21600.000	2022-06-01 00:00 21600.000
17	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	50	逆变器测试	自制	1	4	1	361	361.000	361.000	361.000	2022-06-01 00:00 361.000
18	9001	101001000200	X1-Hybrid-3.7-D-E 瓦片: 1	60	逆变器包装	自制	1	4	1	55	55.000	55.000	55.000	2022-06-01 00:00 55.000
19	9001	101001000201	X1-Hybrid G3.1, X1-Hyb 1	10	附件加工	自制	1	4	1	31	31.000	31.000	31.000	2022-06-01 00:00 31.000

图：APS平台工艺路线数据界面

APS平台产能数据界面														
Q 多条件查询														
工厂	物料编码	物料描述	旧物料编码	产线名称	优先级	节拍	单位	物料状态	换线时间	单位	产线人数	生产管理	生产数量	生产时间
54	9001	101001002201	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00048.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
55	9001	101001002201	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00048.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
56	9001	101001002301	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00049.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
57	9001	101001002301	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00049.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
58	9001	101001002401	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00050.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
59	9001	101001002401	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00050.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
60	9001	101001002501	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00051.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
61	9001	101001002501	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00051.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
62	9001	101001002601	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00052.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
63	9001	101001002601	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00052.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
64	9001	101001002701	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00053.01	A3	5	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
65	9001	101001002701	X1-Hybrid G3.1, X1 9311.00053.01	A4A5	4	149	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
66	9001	101001002800	X1-Hybrid-5.0-N-E: 9311.00054.00	A3	5	75	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
67	9001	101001002800	X1-Hybrid-5.0-N-E: 9311.00054.00	A4A5	4	75	sp	通市预警-1800	1800	sp	1800	通市预警-1800	1800	1800
68	9001	101001002900	X1-Hybrid-3.0-D-E: 9311.00055.00	A3	5	75	sp	在研	1800	sp	1800	在研	1800	1800
69	9001	101001002900	X1-Hybrid-3.0-D-E: 9311.00055.00	A4A5	4	75	sp	在研	1800	sp	1800	在研	1800	1800
70	9001	101001003000	X1-Hybrid G3 X1-Hy 9311.00056.00	A3	5	75	sp	小批量	1800	sp	1800	小批量	1800	1800
71	9001	101001003000	X1-Hybrid G3 X1-Hy 9311.00056.00	A4A5	4	75	sp	小批量	1800	sp	1800	小批量	1800	1800

图：APS平台产能数据界面

APS平台计划订单界面														
Q 多条件查询														
工厂	物料	客户订单号	计划订单	销售订单	行项目	序号	物料编码	物料描述	数量	工单类型	单位	生产管理员	交付日期	BOM版本
1	9001	否	1600004215-00012				2030051411100	PCBA X1-SMAR	100	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-11 42	M999
2	9001	否	1600004215-00013				2030051411300	PCBA X1-SMAR	100	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-11 42	M999
3	9001	否	1600004217-00005				202003051601	PCBA T-BAT-5.8	300	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-11 42	M998
4	9001	否	M2403280002-0000				204006140700	PCBA POCKET	2400	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-03 01	Y100
5	9001	否	M2403280002-0000				504006140700	PCBA POCKET	2400	物料工单	PCS	SMT	2024-04-03 01	Y100
6	9001	否	1600004025-00015				201015012800	PCBA X1-Hybrid	40	物料工单	PCS	PCBA	2024-03-26	
7	9001	否	1600004053-00015				201015012800	PCBA X1-Hybrid	560	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-03	
8	9001	否	1600004218-00015				201015012800	PCBA X1-Hybrid	120	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-11	
9	9001	否	1600004243-00013				201001050101	PCBA X1-Hybrid	2400	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-04	
10	9001	否	1600004243-00005				201001050201	PCBA X1-Hybrid	2400	物料工单	PCS	PCBA	2024-04-04	

图：APS平台计划订单界面



图：排产模型-资源甘特图

3. 提高产能分配能力：

满足多工厂管理、建立全球供应链主计划

“垂直一体化”是当前光伏企业一大趋势，越来越多光伏龙头企业加入一体化大战。在当前形势之下，垂直一体化的好处很多（如下图）。近年，实行垂直一体化的光伏企业净利与营收皆有明显成长。

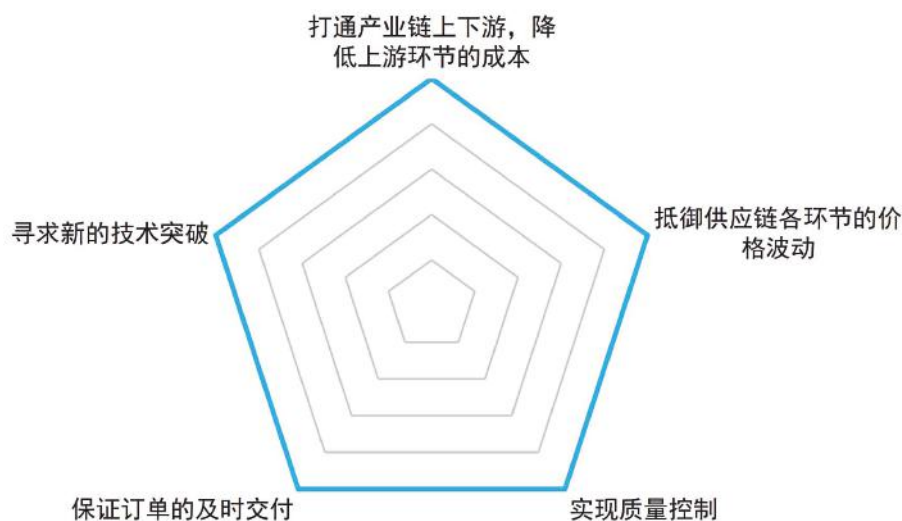
另外，在全球物流供应链紊乱与贸易战频发的新形势下，出海建厂成为近年光伏业发展趋势，光伏企业从营销全球化向生产全球化转变，目的地已从东南亚为主拓展至美国、中东、印尼等市场。这一转变是应对国际形势变化和提升产业竞争力的必然选择。

不过，垂直一体化、生产全球化都需要光伏企业在技术和管理上具备较高的能力，也对供应链管理能

力提出更高的要求，尤其是多工厂管理模式下的产能分配能力等。垂直一体化模式下，在组件订单交付过程中，光伏企业内部的订单、产能以及关键物料的协同十分复杂。多工厂管理模式下，需要优化供应链计划模式和技术，综合协同多个工厂的产能分布、设备状态、库存、运输等情况，迅速制定有效的产能分配方案、优化分单策略，实现协同采购和排产，以达成资源的最优配置和生产效率的最大化，难度还是较大的。比如，分配组件基地时，要考虑产品认证、追溯等条件；分配电池基地时，要考虑碳足迹、专料（比如涉及新疆的硅片）、电池色号（比如只有某些基地才能生产黑色电池）等。

调研中，有光伏企业数字化负责人表示，将筹划以

垂直一体化的好处



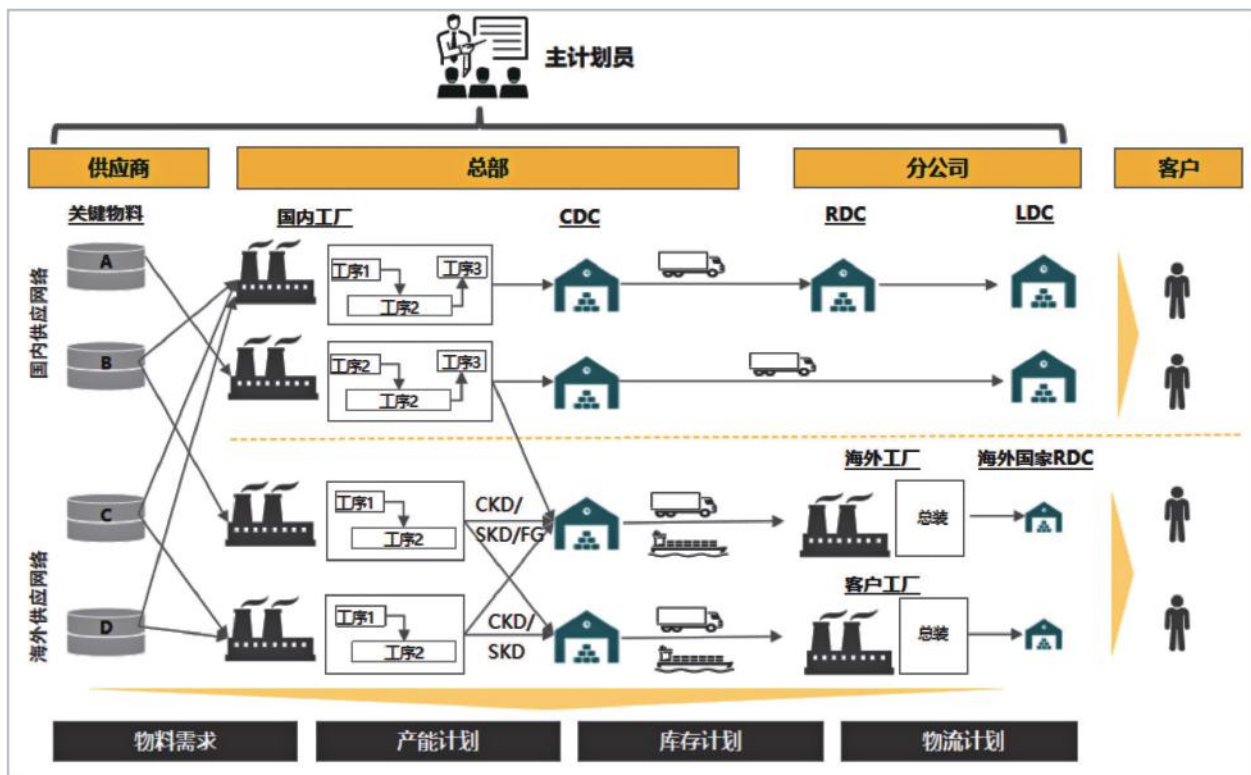
APS 为核心的多工厂协同系统。在这种模式之下，APS 可以通过共享各工厂的模型和数据，通过数据交换进行排程，实现多工厂之间的协同排产。虽然各个工厂可能独立运作，但它们的生产计划和调度是通过 APS 系统进行协调和协作的，以确保整个生产过程的顺利进行。APS 系统通过其高级的计划与排程功能，能够在考虑多种约束条件的基础上，实现对多个工厂之间产能的有效分配和优化。这不仅提高产能利用率，还能确保生产的灵活性和响应速度，满足快速变化的市场需求。

4. 提高供应链柔性:应对光伏产品需求多种多样,产品参数多,定制化程度高的状况

市场对光伏产品的需求是多元化的，不同地区、不同类型的项目对光伏产品的需求各不相同。随着全球低碳经济的可持续发展，组件的需求也呈现出多样化。光伏产品的参数很多。以光伏组件为例，其技术参数包括机械参数、电气参数、温度额定值参数、极限参数、相关认证等。这些参数共同决定组件的性能和应用范围。不同客户的订单，可能在参数选择上大

不相同，从而导致较为严重的产品多样性。另外，光伏行业的定制化程度正在不断提高。例如，跟踪支架的定制化程度较高，需要根据项目当地的情况进行针对性的设计，而光伏建筑一体化（BIPV）的发展也体现光伏产品向定制化方向发展的趋势。以上这些特征，决定光伏企业对能实现快速定制的柔性生产能力的需求会越来越高。

随着产品个性化定制时代的到来，柔性作业车间的生产路径需要足够灵活，以更好地应对多品种、小批量、交货期变化、增减单、订单产品种类变更、紧急插单等订单变化情况，及其他需求或产能变化的生产状况。APS 可根据企业实际情况构建多目标部分柔性作业排程模型及采用自适应排产策略。构建一个多目标部分柔性作业排程模型需要考虑多个优化目标和约束条件，同时要能够应对生产过程中的不确定性和动态变化。通过综合运用多种算法和技术，可以有效地解决这一问题。如此构建起来的 APS，在接收到需求变化后几分钟之内重新安排生产和采购计划。



图：全球供应链主计划

03

光伏行业 供应链数字化建设难点



一、物料编码问题：

仅凭物料编码无法进行供需平衡计算

确保一物一码，是企业做好数字化建设的前提条件。但本次调研结果显示，目前光伏行业物料编码管理中存在“一物多码”“一码多物”、不便于处理替代料管理等一系列问题。光伏企业仅凭物料编码无法进行供需平衡计算。

光伏行业产品参数众多，产品规格不统一，客户在选型规格和安装设计方面需求各异，定制化需求多、物料种类繁多，非标准物料较多，物料关系复杂等这些特征，增加光伏行业制定及执行合理物料编码方法的难度。以非标准物料较多为例来分析，可以窥见这些问题产生的原因。

1. 技术进步不断“催生”新物料

光伏行业一直经历着快速的技术进步和产业升级，随着技术的不断进步和新材料的应用，新材料不断涌现，使物料管理的难度进一步加大。例如，超轻薄光伏电池的发明是基于技术的突破而非材料，但这种创新同样导致新的非标准物料的出现。

2. 行业发展太快，标准制定和执行难跟上

标准化是推动行业发展的重要手段，但在实际操作中仍面临诸多挑战。光伏行业产业链条长，面对的是全球市场，市场主体多，需要规范的方面多，标准化工作难度大。要紧跟光伏行业高速发展的节奏，快速、统一制定并执行标准，是比较困难的。目前，光伏行业已经存在一系列产品及材料相关的国际和国家标准及团体标准，但还不齐全，仍在不断发展和完善中。

尽管光伏行业标准正在逐步统一和完善，但仍存在不少挑战和问题。需要国际组织、行业组织、各国政府以及企业共同努力，通过持续的研究、讨论和修订，推动光伏产业标准体系的进一步统一和完善。

由此可见，光伏行业要从根源上解决标准化等问题，还需要克服较多困难。相较而言，目前通过技术手段来解决物料编码问题，是更高效的方式。比如，VUV 针对光伏行业物料编码问题，提出“物料属性 + 料号”的解决方案。这里的“物料属性”是成品、半成品、材料的各种认证信息，包含材质、规格、颜色、用途之类。比如，产地认证是基于认证类型、产品型号、公司名称、车间信息、有效期等验证排产产地是否符合认证。材料认证是基于认证类型、产品型号、材料

光伏行业标准举例

发布方	发布时间 / 实施时间	内容
中国光伏行业协会	2024 年 3 月 1 日	涵盖晶体硅光伏电池用浆料等多个方面的 16 项标准
晶澳科技等	2022 年 9 月	《晶体硅光伏电池电极剥离强度测试方法》
中国国家标准化管理委员会	2019 年 6 月	《太阳能电池用硅单晶片》（GB/T 26071-2018）等
工信部	2023 年 12 月	《太阳能光伏产业综合标准化技术体系（2023 版）》（征求意见稿）
国际标准化组织（如 IEC）和国际行业组织（如 SEMI）	/	IEC 62788-1-6、IEC 62805-1 和 IEC 62805-2

分类、材料属性、材料搭配关系、有效期等验证材料搭配是否符合认证。目前，VUV 已经在多家光伏企业的 APS 项目中成功使用“物料属性 + 料号”的方案，帮助光伏企业解决“一物多码”“一码多物”、不便于处理替代料管理等物料管理问题。

二、MRP"跑不通"

MRP 是指物料需求计划 (Material Requirements Planning)。目前，大部分企业是在 ERP 里面跑 MRP。MRP 根据订单、物料清单 (BOM)、库存和主生产计划 (MPS)、库存信息，计算物料需求和生产需求，

生成相应的材料的需求数量和需求日期以及生产订单。MRP 结果是生产排产、采购的根据。

但大东时代智库（TD）在本次调研中发现，因为上述所讲的物料编码问题、需求不准、光伏行业特殊的“逆向求解”做法等原因，目前较多光伏企业存在 MRP 跑不了、跑不准的问题。

一)关于需求不准

调研中，有光伏企业表示，目前存在需求不准、客户需求变化快的问题，生产、采购等供应链各环节较难应对，希望找到缓解的方法。光伏行业需求变化大的问题，是由光伏行业的发展特征决定的。光伏行业客户的需求受到太多因素的影响，比如技术进步、成本下降、价格波动、同行竞争、全球经济环境和各地区政策的变化等。

目前光伏企业 MRP 所用到的需求数据，一般是销售预测需求（月度、年度）和实际订单需求被企业的需求管理机制处理过的结果，讲“需求不准”，其实是在讲销售预测需求不准及需求管理机制的问题。VUV 认为，销售预测需求的问题可以通过构建算法引擎等方式改善，但借助数字化，实现供应链端到端的高效协同，是更重要的解决销售预测需求问题和需求管理机制问题的有效途径。

1. 构建算法引擎,改善销售预测需求

主要是对企业历史销售数据进行清理、分析，构建销售需求算法引擎。根据业务场景和销售特征，自行选择数据输入、数据处理方法和算法模型，进行销售预测。

2. 数字化助力需求管理、产销协同

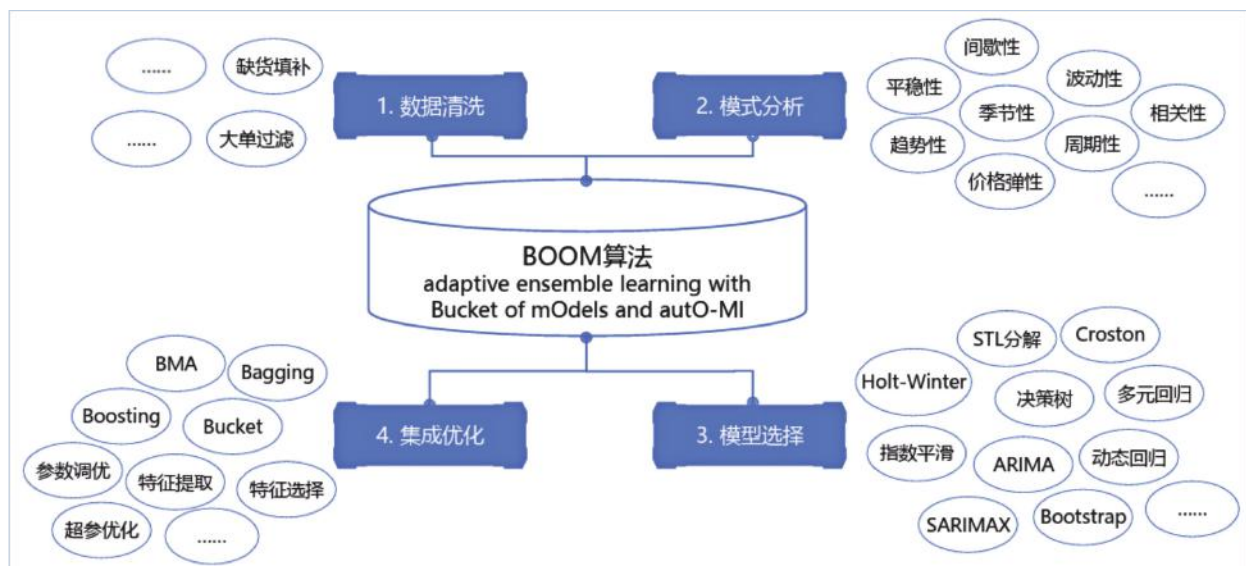
需求管理、产销协同的目的是结合产能、物料供应情况等对订单需求进行评估，筛选修正，结合订单需求所需要的生产资源、物料供应等方面的供应能力，结合财务目标，最终给出最终的计划排产需求。需求管理包含几个关键的动作，比如预测和订单的冲减、预测拆分、对需求做分类和优先级分级，为后续计划排产建立基本逻辑等。在此过程中，数字化可发挥的作用是多方面的，比如：

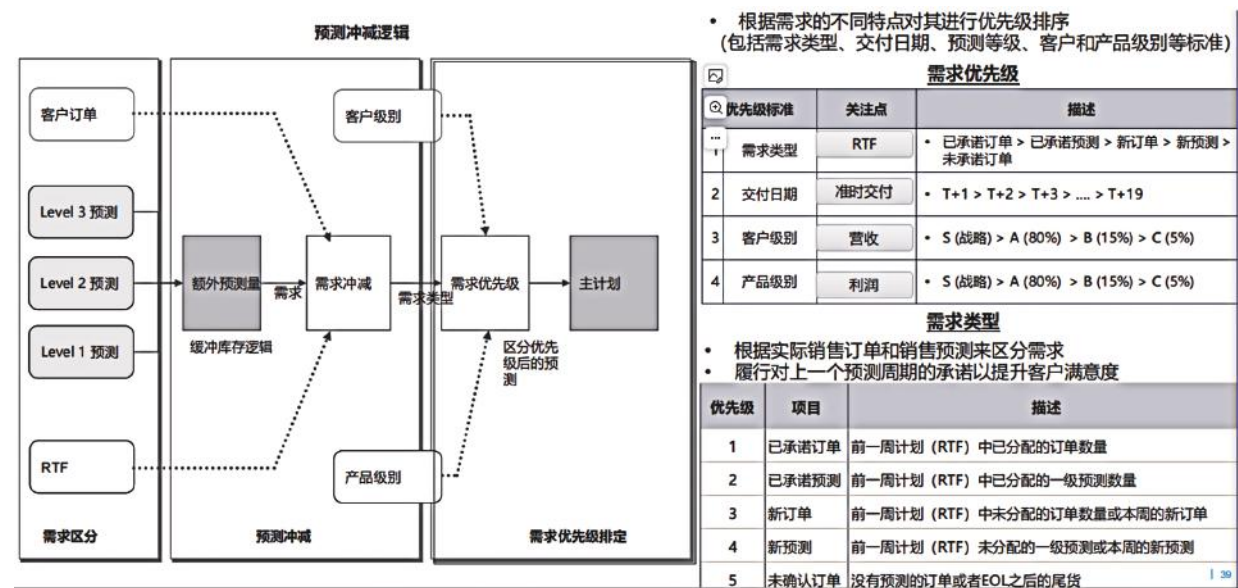
1) 预测和订单的冲减、需求优先级分级

预测冲减的逻辑要能支持比较复杂的场景要求，比如可能要考虑客户级别、产品级别，也可能要考虑不同 BU 之间，跨合同、跨方案的冲减等。也可以根据需求的不同特点（包括需求类型、交付日期、预测等级、客户和产品级别等标准），对需求进行优先级排序。

2) 以 APS 的高效计算引擎进行 S&OP 会议的数据分析、收集，完成初步的供需匹配，输出可执行的出货计划、安全库存计划、关键物料储备计划等。

3) 提供多场景的供需模拟计划分析





二) 关于“逆向求解”

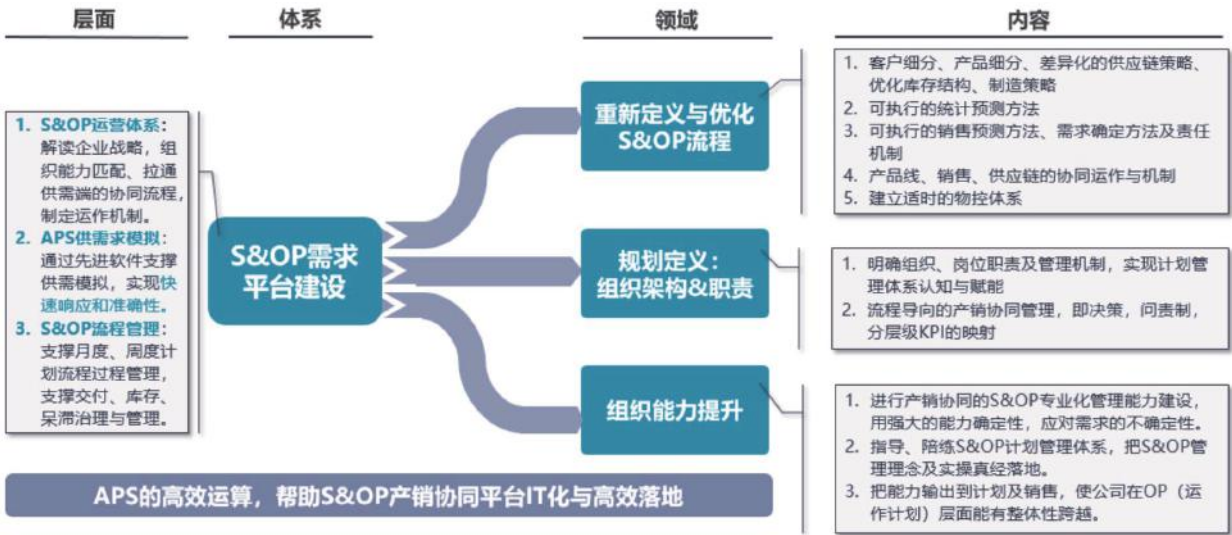
与电子产品 BOM 基本上是事前确定的做法不同，很多光伏组件的 BOM 是事中或事后才能真正定下来，一般是先选好核心材料电池，对电池功率进行预测，再根据功率分配落档，最后才搭配好其他材料，往往 BOM 还有替代料方案，这就是光伏行业的“逆向求解”现象。到实际排产时，会以瓶颈物料去碰齐套，哪套方案能先齐套，就按照哪个方案确定 BOM。

针对这种情况，VUV 制定基于瓶颈部件和总装的“正向+逆向”主计划协同方案，搭配“物料属性+料号”方案，在 APS 计算中使用，提高齐套命中率。

三、系统集成、流程梳理难度较大

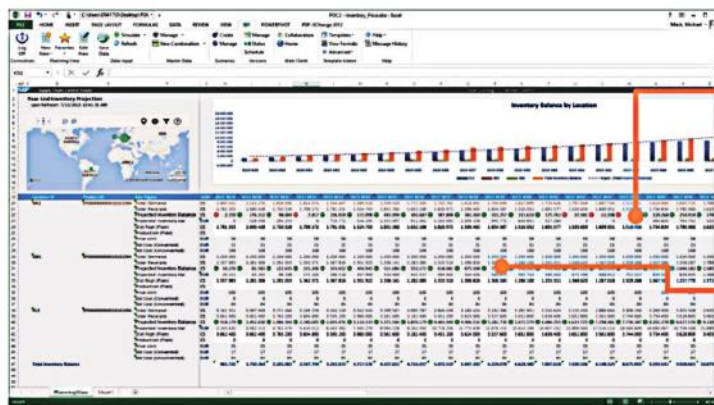
如第二章所讲，从数字化建设水平来讲，目前光伏行业龙头企业还处于基本完成 ERP 和 MES 等供应链基础信息系统上线的阶段。对于这些系统的使用，光伏企业还需要进一步改善系统数据质量和标准。在当前的数据基础之上进行系统集成，往往存在难度，需要对已有系统数据进行规范管理。

另外，清晰、合理的业务流程是企业能否成功进行数字化建设的关键。光伏企业特别是龙头企业往往都有业务范围广、产品和物料种类多、工厂多、营收



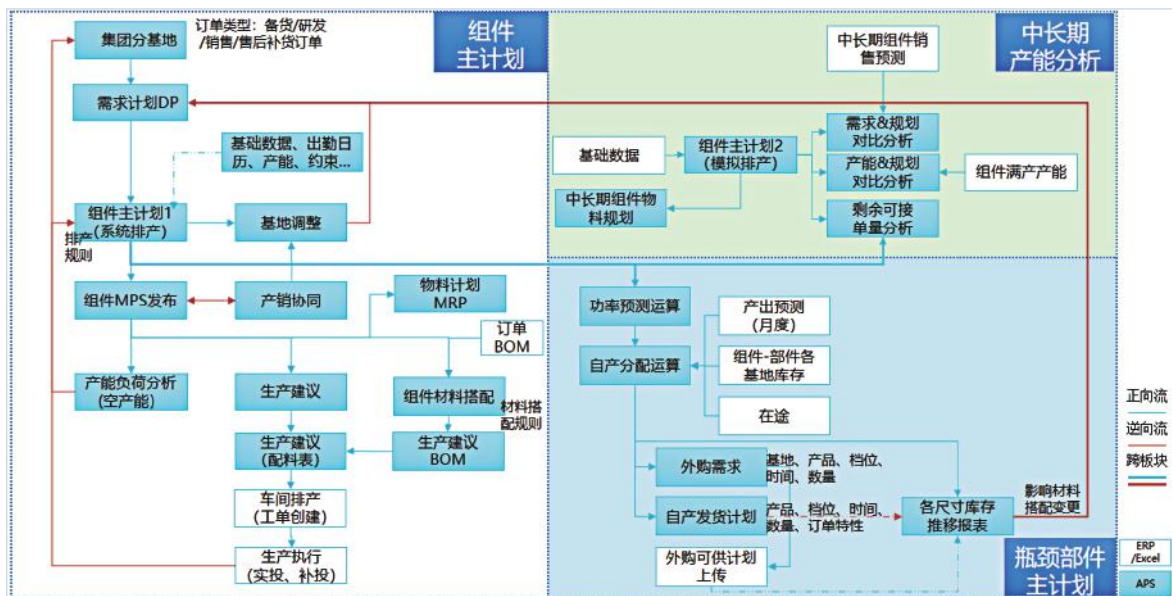
场景计划与对比

快速的What-if 场景计划与分析，助力更好决策



模拟调整后的需求或供应信息对年末预期库存的影响

快速模拟价格变动对库存价值的影响



图：光伏组件“逆向求解”



图：物料属性+料号”方案在APS计算中的使用，可提高齐套命中率

光伏分层计划的建议分析

- 组件-电池-切片-拉晶当前的计划就属于分层计划，属于**工序维度的分层**
- 主生产计划和车间详细生产计划，属于**时间维度的分层**，
- 主生产计划侧重**整体平衡**，车间详细计划侧重**局部灵活**
- 直筒式计划更适用于简单不可分解的业务，漏斗式计划适用于有必要**化繁为简**的业务
- 从技术角度分析，制造业企业多**目标多维度**的生产计划，现有**算力不够**实现不了可落地的目标，AI也只是局部优化，如：拉晶计划直接到4800多炉台，系统调整不了，可以等同于宣布失败

【直筒式计划】存在的问题：

1.难以应对不确定性：

通常基于一定的假设和预测，当这些假设不成立或预测出现偏差时，计划可能无法有效执行。导致一系列大量有序或无序的，甚至反复的变更。如：组件计划良率，计划每天跟实际变，变高一变低一变高

2.资源分配可能不合理：

某些阶段或任务得到过多的资源，而其他阶段或任务则资源不足。容易顾此失彼，如：询单做的重，结果一旦不理想，直接影响全局。

【漏斗式计划】的优势：

1.灵活性高：

计划分层过滤后，各层信息量减少，可以在各自框架内对供需独立进行灵活的调整，能够更好地适应变化或突发情况。

2.重点突出：

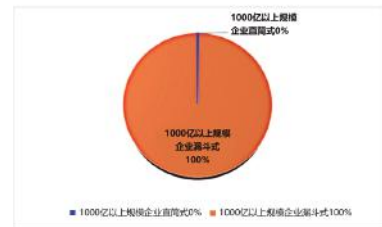
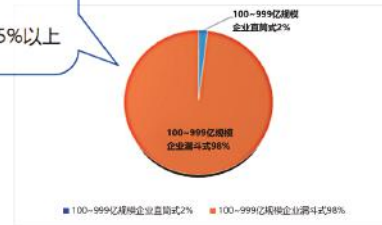
分层后目标分解，可以确保各层子目标得到足够的关注和支持。

3.持续创新：

分层后各周期较短，更容易成功，后期允许更多的探索和尝试，如车间详细排程可侧重与设备互联互通，实时派工等等

直筒型企业，特点是：

- 1.工艺稳定
- 2.机型较少
- 3.制造达成率95%以上



体量大的特点，业务流程长且繁琐。在帮助光伏企业进行供应链数字化建设时，数字化服务商需要有较强的流程梳理能力。比如，VUV 表示，某光伏组件企业库存高企，VUV 在为其进行供应链数字化建设时，深入梳理发现一个重要原因是因为这家企业一直使用的是“直筒式计划模式”。

所谓“直筒式计划模式”，也称为直线式计划模式，是一种相对简单的生产计划安排方式。每个生产阶段或生产环节都有固定的时间和资源分配，生产过程中的各个环节按照预定的顺序进行。直筒式计划模式的优点在于简单明了。它适用于生产流程相对固定、生产周期较短、产品种类较少的情况，可以快速响应客户需求，方便抢单。但这种模式难以应对不确定性，通常基于一定的假设和预测，当这些假设不成立或预测出现偏差时，计划可能无法有效执行，导致一系列

大量有序或无序的，甚至反复的变更。会出现资源分配不合理，某些阶段或任务得到过多的资源，而其他阶段或任务则资源不足，容易顾此失彼，直接影响全局。

VUV 针对该企业的情况，建议其改用“漏斗式计划模式”。漏斗式计划模式则是一种更为灵活的生产计划安排方式。在这种模式下，生产计划按照生产流程的不同阶段进行划分，每个阶段都有不同的时间和资源分配。随着生产的进行，计划逐渐从宽到窄，形成一个漏斗状的结构。漏斗式计划模式的优点在于其灵活性和适应性。它可以根据生产过程中的实际情况进行调整和优化，对于生产周期较长、产品种类较多、生产过程中存在较多变化的情况，漏斗式计划模式能够更好地应对。此外，漏斗式计划模式还能更好地反映生产过程中的瓶颈环节和关键资源，有助于企业更好地进行资源分配和管理。

04

光伏供应链 数字化建设趋势预测



一、OTD “落地” 光伏行业

VUV 认为，APS 将顺应光伏供应链发展的需要进一步改进。近年越来越多客户希望构建以 APS 为核心的、从需求预测到出货的整套供应链全流程管控，类似汽车行业已经很成熟的 OTD（订单履行全流程），OTD 可能会成为 APS 的行业趋势。VUV 也会以此为契

机，树立标杆、拓宽市场。OTD（订单履行全流程）是制造型企业，尤其是面向终端消费市场的制造型企业的核心运营流程之一。它涉及从接收订单到交付产品给客户的整个流程，包括多个子业务流程和一个治理机制。OTD 的业务框架

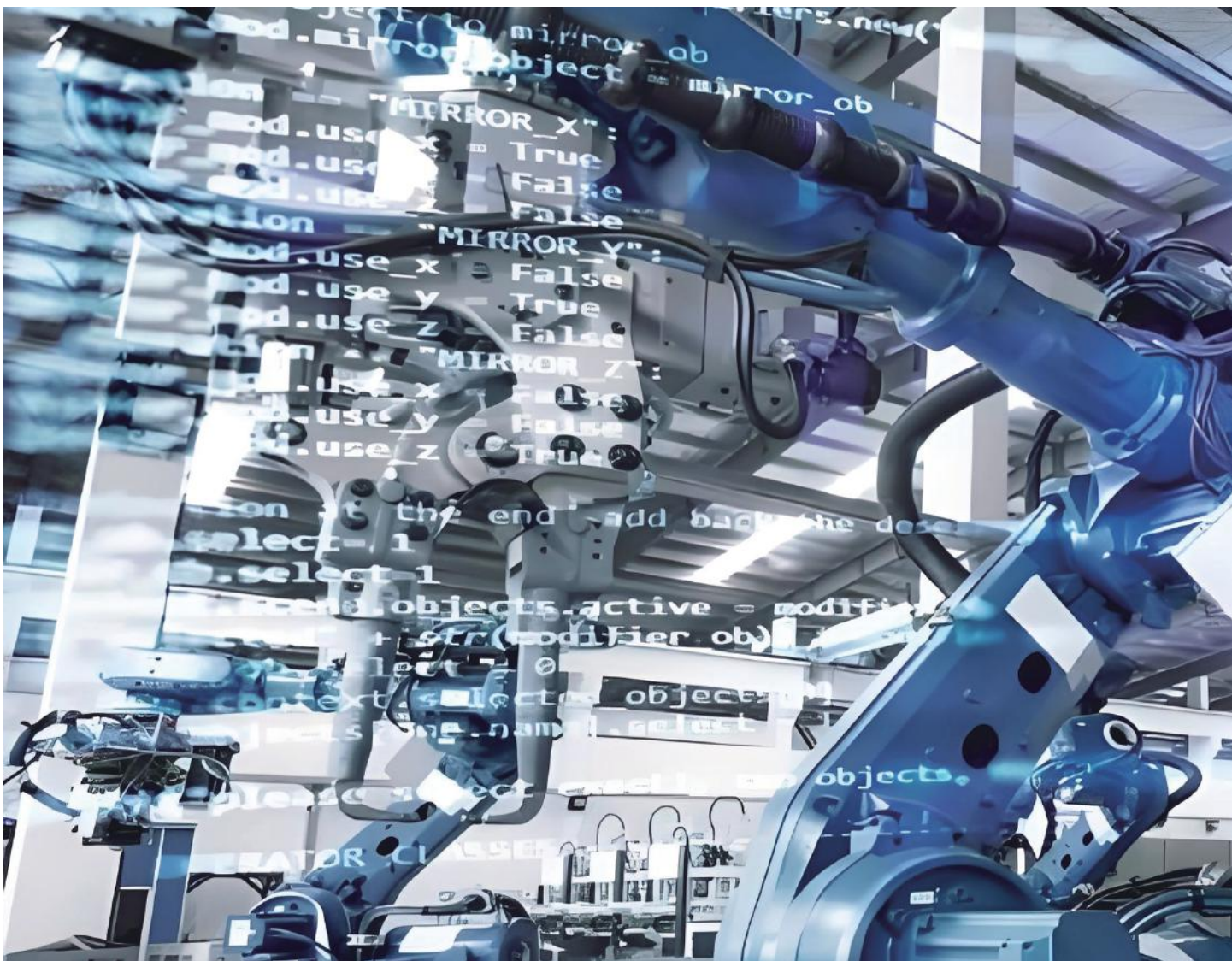
可以概括为“6+1”，其中 6 个子业务流程分别为：

1. 新产品导入与工程数据管理：涉及新产品的导入、技术数据的创建和管理，确保产品设计和数据在整个流程中的准确性和一致性。

2. 线索管理与销售预测：管理销售线索，预测未来的销售需求，以制定生产计划和采购计划，确保能够满足客户的需求。

3. 订单管理：包括订单的接收、验证和处理，确保订单信息的准确性和有效性，并将订单转化为生产计划。

4. 生产计划、排产与执行：根据订单需求制定生产计划，安排生产顺序和时间表，确保按时交付产品。



5. 采购与入厂物流：采购所需的零部件和原材料，并确保它们按时到达生产线，以支持生产计划的执行。

6. 商品发运与出厂物流：将生产完成的产品按照交付计划进行配载、发货和运输，确保产品按时到达客户手中。

而 1 个治理机制指的是订单履行体系的运行监控与体系治理。通过定义相关的 KPI（关键绩效指标），对 OTD 的运行进行实时监控，分析 KPI 的预实或差距，以推动 OTD 的持续改善和优化。

二、人工智能将成为光伏行业数字化建设重要引擎

AI 技术在不同场景的应用将是未来光伏供应链建设的重点。以 VUV 为例，2023 年 VUV 推出的新一代供应链计划排产平台，已经在融合数百家客户落地场景和国内外先进 APS 算法技术的基础上，加入 AI 技术的深度应用，将为市场带来更高的价值。

AI 大模型为企业数字化转型带来崭新的动力和巨大的可想象空间。比如，对于供应链环节的工业软件而言，AI 大模型进一步发展，将与其形成互补关系，共同解决光伏供应链难题。AI 大模型具有极大规模、高度复杂结构和强大计算能力，能够处理大规模、高维度的数据，并实现复杂的智能任务，帮助工业软件提高效率、精度。



作者



肖婵

大东时代智库 (TD)

xiaochan@dadongtimes.com

大东时代智库 (TD) 黄靖怡及微优微谢量、唐建兵对本书亦有贡献

欢迎您提出问题、评论与建议

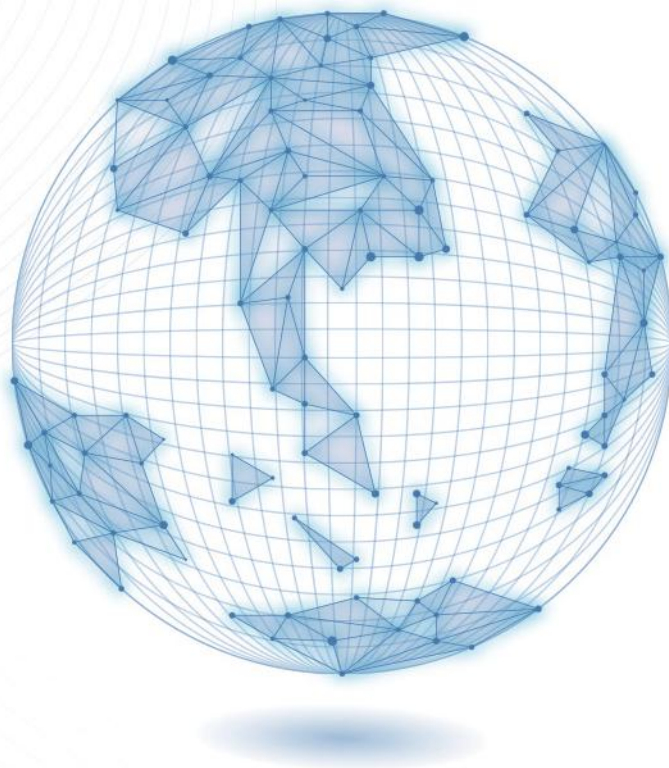
www.dadongtimes.com

本报告仅为一般性建议参考。

读者不应在缺乏具体的专业建议的情况下，擅自根据报告中的任何信息采取行动。

大东时代（深圳）信息咨询有限公司将不对任何因采用报告信息而导致的损失负责。

© 2024 大东时代（深圳）信息咨询有限公司版权所有。



大东时代（深圳）信息咨询有限公司

广东省深圳市宝安区新安中粮商务公园 2 栋 503
电话：0755-27220921
邮编：518100
www.dadongtimes.com



大东时代智库 (TD) 公众号

深圳市微优微科技有限公司

地址：深圳市宝安区前进二路智汇创新中心 A 座 515
电话：0755-29179897
邮编：518100
www.vuv-tech.com



微优微科技微信公众号