# 光伏行业智能制造平台构建

文/付钰泰
长沙森辰智能科技有限公司

*生产的智能化与管理的智能化是智能制造战略两个关键的维度。推进光伏行业智能制造管理平台构建研究，是响应《中国制造2025》具体落地的探索。探讨了光伏行业现状、智能制造政策和平台构建理论，为光伏行业智能制造平台的构建提供研究方向。*

生产的智能化与管理的智能化是智能制造战略两个关键的维度。构建光伏行业智能制造管理平台，处理好光伏产业生产智能化与管理智能化的关系，使其深度融合，是实现光伏行业智能制造升级的必经之路。本文从光伏行业现状、智能制造政策和平台构建理论三方面进行探析。

## 光伏行业发展现状

我国是光伏产业大国，光伏产品出货量连续10年保持全球第一。据中国光伏行业协会统计，截至2019年年末，我国光伏行业装机总量为174 GW，年光伏发电总量为1 775亿kW·h，同比增长达到50%。2011—2018年，我国光伏发电系统新增和累计装机容量如图1所示。在装机容量高速发展的同时，光伏发电成本和电价也实现了大幅度下降，2010—2018年光伏发电平均成本降低了约70%。以上海地区2018年数据为例，装机年利用小时数分别为700 h和1 500 h时，对应的动态度电成本为0.77元和0.36元。国际能源署（IEA）预测，到2040年，光伏发电总量将超过风电和水电，成为最重要的清洁能源发电方式。

随着光伏技术的进步，以PERC（背面钝化电池）为代表的新一代高效光伏电池正逐步取代常规电池，市场前景广阔。然而为了实现光伏行业的可持续发展，仍面临着以下几方面的问题。

1）在生产制造方面。我国大部分太阳能电池制造车间仍属于劳动密集型半自动化车间，缺乏智能制造要素。

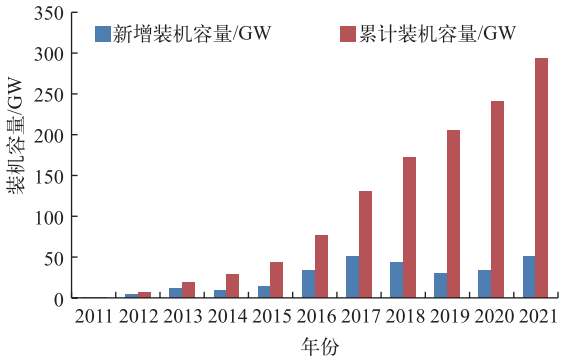


图1　我国2011—2018年光伏发电累计和新增装机容量

2）在市场需求方面。我国光伏行业企业正面临着来自发达国家加速重振制造业与发展中国家以更低生产成本承接国际产业转移的“双向挤压”，市场订单整体需求量正加速下滑。

3）在光伏产业的供应链方面。同样面临着核心工艺设备生产技术由国外企业掌控，光伏电池的销售依赖国际市场，出现“两头在外”的困境。

## 政府对智能制造的引导与现状

光伏行业在生产制造和管理方面所面临的问题，急需通过制造和管理模式的转型升级实现可持续发展，智能制造模式应运而生。智能制造贯穿于制造活动的设计、生产、管理和服务等各环节，具有信息自感知、分析自决策、控制自执行等功能的

先进制造系统。其本质是信息化和工业化的深度融合，智能制造日益成为未来制造业发展的必然趋势和核心内容。我国政府在2015年5月正式提出了“中国制造2025”战略，以应对新一轮的科技革命和产业变革。在顶层制度设计方面，我国在2015—2019年相继出台了一系列产业政策（详见表1），驱动制造向“智造”迈进。通过政府引导和企业的实践，我国智能制造已经进入全面推广应用阶段。截至2019年底，我国已建成智能工厂208个，修订了智能制造国家标准和行业标准及草案600余项。与此同时，全球主要国家在智能制造领域均提出了相关规划布局。2013年4月，德国政府在汉诺威博览会上提出“工业4.0”的概念，并将其纳入到政府高科技战略的框架下。2014年2月，美国国防部牵头成立了“数字制造与设计创新机构”。2017年3月，日本提出“互联工业”的概念和战略。

表1　我国制造业智能制造相关政策

| 发布时间 | 发布单位 | 文件名称 | 主要内容 |
|---|---|---|---|
| 2015年5月 | 国务院 | 《中国制造2025》 | 到2025年，制造业重点领域全面实现智能化，示范项目运营成本降低50%，产品生产周期缩短50%，不良率降低50% |
| 2015年7月 | 国务院 | 《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》 | 加快推动云计算、互联网、智能工业机器人等技术在生产过程中的应用，推进生产装备智能化升级和基础数据共享 |
| 2016年8月 | 工信部国标委 | 《装备制造业标准化和质量提升规划》 | 到2020年，工业基础、智能制造、绿色制造等领域标准体系基本完善，重点领域国际标准转化率力争达到90%以上 |
| 2016年9月 | 工信部财政部 | 《智能制造发展规划（2016—2020年）》 | 到2025年，智能制造支撑体系基本建立，重点产业初步实现智能转型 |
| 2017年7月 | 国务院 | 《新一代人工智能发展规划》 | 到2020年，人工智能标志性产品取得重要突破，人工智能和实体经济融合进一步深化，产业发展环境进一步优化 |
| 2017年10月 | 工信部 | 《高端智能再制造行动计划（2018—2020年）》 | 到2020年，推动建立100家高端智能再制造示范企业、技术研发中心、服务企业、信息服务平台、产业聚焦区等，带动我国再制造产业规模达到2 000亿元 |
| 2018年9月 | 工信部国标委 | 《国家智能制造标准体系建设指南（2018年版）》 | 到2019年，累计制修订300项以上智能制造标准，全面覆盖基础共性标准和关键技术标准，逐步建立起较为完善的智能制造标准体系 |
| 2019年1月 | 工信部 | 《中国人工智能与制造业融合发展白皮书（2019）》 | 推进“人工智能+制造”主要从生产现场、管理活动和融合产品三个方面切入 |
| 2020年12月 | 工信部 | 《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023年）》 | 工业互联网基础设施实现量质并进，网络化和数字化加快融合发展，增强网络安全保障性能 |

推动发展制造业向智能制造升级，是实现我国制造业从低端制造向高端制造转变的重要途径，是提升综合国力、建设世界强国的必经之路。一大批制造业企业正加速迈向智能制造。但整体而言，我国智能制造发展不够全面，创新能力不高，行业生态体系不完善，依然处于初级阶段。从管理的角度来看，智能制造在推广和应用过程中存在的问题：①制造企业智能化应用不够深入，大部分停留在自动化层面，生产管理的智能化应用较少；②部分行业缺少智能制造标杆企业，行业应用经验不足，由于行业工艺的特性，智能制造在不同行业的推行模式差异较大，因此各行业都需要有定制化智能制造方案。③智能制造资源要素缺乏。主要体现在智能制造人才匮乏，行业标准数量范围有限，核心技术与设备供应能力不足等方面。

## 平台构建体系

制造企业面对日益复杂化的产品制造现场，如何有效提高产品质量与生产效率，降低人力成本，响应定制化需求，已经成为迫在眉睫的课题。构建与实施智能制造管理平台是应对上述难题的有效办法。而平台的构建方式直接决定着智能制造的实施效果。我国在企业平台体系研究方面做了许多工作。1986年国家高技术研究发展计划中就有涉及企业平台体系的研究，并资助了相关项目的实施。20世纪90年代，我国引进了国际先进的平台体系：一是欧洲体系标准CM-OSA，该标准提出了模块化的平台构建思路；二是美国普度大学提出的企业参考体系结构（PERA），其核心要素包括设备、人员和控制系统。2000年开始，国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）陆续发布，制造企业功能层

次模型（IEC/ISO 62264）标准的各部分内容，包含企业功能层次模型定义、制造运行管理分类以及对象模型数据交换接口等标准。而后，我国参考IEC/ISO 62264标准，结合国内企业情况，提出了GB/T 20720.1和GB/T 20720.2等标准，并持续更新。

通过上述关于光伏行业现状、智能制造政策和平台构建理论的探析，为光伏行业智能制造平台的构建提供研究方向。推进光伏行业智能制造管理平台构建研究，是响应《中国制造2025》具体落地的探索。生产的智能化与管理的智能化是智能制造两个关键的维度。构建光伏行业智能制造管理平台，正确地处理好生产智能化与管理智能化的关系，使其深度融合，是实现智能制造的必经之路，具有重要的现实意义和理论意义，主要体现在如下方面。

1）参考IEC/ISO 62264标准，研究探索光伏行业智能制造三层管理平台构建。该平台的研究有助于丰富智能制造技术在光伏行业落地实施的相关知识，提供一种智能制造平台构建研究的新思路。平台将智能制造系统分解为生产现场层、数据计算层和管理决策层。分别定义各层的工作与功能，通过数据计算层使生产现场层的数据模型化，转换为正确的信息传递到管理决策层。同时管理决策层的指令和信息实时地反馈到生产现场层，平台各层之间构成闭环反馈控制，如图2所示。

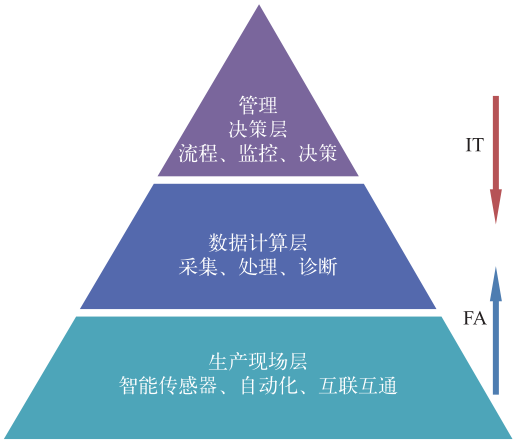


图2　智能制造分层结构图

2）为光伏行业公司探索一种降本增效的智能化解决方案，实现高质量可持续发展。传统车间物料未实现自动传输，电池片检测由人工抽检，设备平均停机待料时间长，设备运转率低。生产线需要人工添加浆料、化学药品等辅材，添加过程中存在损耗，工艺参数均为人工控制，产品质量和成本得不到有效控制。在客户需求响应速度方面，传统车间无法在线进行工艺优化管理，生产周期长。在智能化管理方面，企业管理存在信息化不足和信息化孤岛的问题，管理层的工程链和供应链不能实现连通融合管理。EA

（收稿日期：2022-08-18）

## 参考文献

[1] 李鹏，葛洪川，陈一言，等．迎接光伏发电平价上网新时代——记SNEC第13届国际太阳能光伏与智慧能源(上海)展览会暨论坛[J]．太阳能，2019(6)：24-27．

[2] 崔文华．中国光伏产业政策演进及效果评价[D]．北京：中国矿业大学，2018．

[3] 李青丽．分布式光伏发电项目成本收益分析[J]．电力与能源，2018，3(5)：667-670．

[4] 苏勇．中电光伏电池技术获重大突破[N]．中国电力报，2014-06-26(006)．

[5] 工信部，财政部．《智能制造发展规划(2016—2020年)》发布[J]．中国信息化，2016(12)：61-62．

[6] 赛迪智库．2019年中国智能制造发展形势展望[N]．中国计算机报，2019-05-27(012)．

[7] 李清，陈禹六．通用企业/集成系统参考体系结构研究[J]．中国电子科学研究院学报，2008(3)：228-234．

[8] 童建林，周有为，钟雨哲，等．基于自适应MPPT算法的光伏发电系统低压穿越的控制策略研究[J]．电气应用，2022，41(6)：39-47．