



国之重器出版工程
制造强国建设

智能制造新模式应用系列

Intelligent Manufacturing Terminology

智能制造术语解读

中国电子信息产业发展研究院 

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



国之重器出版工程

制造强国建设

智能制造新模式应用系列

智能制造术语解读

Intelligent Manufacturing Terminology

中国电子信息产业发展研究院 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

随着工业转型升级潮流的到来,智能制造产业蓬勃发展,有关智能制造的术语层出不穷,难免让人困惑。为解决这些困惑,本书围绕智能制造展开相关术语的全面解读,致力于阐述工业名词在新工业时代的意义,澄清概念本源,让读者正确地理解正在发生的工业转型升级。

本书包含 62 个智能制造的术语,用一种历史视角去审视各种术语的来龙去脉,详细阐述术语的定义、发展现状及其涉及的技术能解决的问题等,使读者能更好地理解这么多爆发性的术语。

本书对当下中国各地升腾发展的创新中心和如火如荼的工业转型升级,有一定的借鉴意义。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

智能制造术语解读 / 中国电子信息产业发展研究院编. —北京: 电子工业出版社, 2018.6

ISBN 978-7-121-33835-9

(智能制造新模式应用系列)

I. ①智… II. ①中… III. ①智能制造系统—名词术语 IV. ①TH166-61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 046165 号

责任编辑: 郭穗娟

印 刷: 固安县铭成印刷有限公司

装 订: 固安县铭成印刷有限公司

出 版: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 710×1 000 1/16 印张: 21 字数: 468 千字

版 次: 2018 年 6 月第 1 版

印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 88.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询方式: (010)88254502, guosj@phei.com.cn。

中国电子信息产业发展研究院（赛迪集团）是直属国家工业和信息化部的一类科研事业单位。

成立二十多年来，一直致力于面向政府、面向企业、面向社会提供研究咨询、评测认证、媒体传播与技术研发等专业服务。形成了政府决策与软科学研究、传媒与网络服务、咨询与外包服务、评测与认证服务、软件开发与信息技术服务五业并举发展的业务格局。

研究院总部设在北京，并在上海、重庆、广州、深圳、海南、云南等地设有分支机构。现有员工 2000 余人，其中各类专业技术人员 1200 余人（含高级职称人员 110 人）。



《国之重器出版工程》

编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈 因	郑立新	马向晖	高云虎	金 鑫
李 巍	李 东	高延敏	何 琼	刁石京
谢少锋	闻 库	韩 夏	赵志国	谢远生
赵永红	韩占武	刘 多	尹丽波	赵 波
卢 山	徐惠彬	赵长禄	周 玉	姚 郁
张 炜	聂 宏	付梦印	季仲华	



专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：

于 全 中国工程院院士

王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授

王建民 清华大学软件学院院长

王哲荣 中国工程院院士

王 越 中国科学院院士、中国工程院院士

尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授

邓宗全 中国工程院院士

甘晓华 中国工程院院士

叶培建 中国科学院院士

朱英富 中国工程院院士

朵英贤 中国工程院院士

邬贺铨 中国工程院院士

刘大响 中国工程院院士

刘怡昕 中国工程院院士

刘韵洁 中国工程院院士

孙逢春 中国工程院院士

苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原
机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



屈贤明 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任

项昌乐 “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长

柳百成 中国工程院院士

闻雪友 中国工程院院士

徐德民 中国工程院院士

唐长红 中国工程院院士

黄卫东 “长江学者奖励计划”特聘教授

黄先祥 中国工程院院士

黄 维 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长

董景辰 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员

焦宗夏 “长江学者奖励计划”特聘教授



序

澄清概念，大步转型

新工业革命的浪潮正在扑面而来，全世界都感受到了制造业的热浪。德国的国家战略“工业 4.0”、日本提出来的“社会 5.0”、美国“先进制造伙伴计划”，都是对工业的国家战略地位的强力支撑。在这一轮工业浪潮中，由于数据作为全新的动力和引擎，使得这一轮工业革命跟以前有着很大的不同。它试图改变传统世界在资本、机器和社会分工上的固有体系，将人类智慧从资本和技术垄断的束缚中解放出来。

党的十九大提出中国制造要向全球的中高端价值链转移，这是一场重要的攻坚战。为此，中国制造业面临着创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化这四个重要的转变。在整个工业产业转型升级的过程中，中国面临的现实情况是，既有原有的工业积累不足的问题，也有新工业革命及其技术的发展带来的挑战。

智能制造是《中国制造 2025》的主攻方向，承载了中国工业转型升级的众多期望。新工业革命带来的内容很多，新能源、新材料、3D 打印、纳米技术、生物医药等，都是智能制造非常重要的技术支撑。而真正影响企业转型最普遍、最主要的四大支柱技术应该是网络化、大数据、机器人、人工智能。这四大普适技术将极大地推动企业走向智能制造转型升级。

在谈到企业转型时，除了前述的向创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化方面的转化，我认为还需要另外四个方面的考量：一是理念的转型，理念和战略都要从过去以生产为中心，转到以客户为中心；二是能力的转型，这包括硬能力和软能力，其中“软能力”尤为重要；三是管理的转型，即强调数据驱动在管理（包括事务和人的管理）中的作用；四是企业生态的转型，如数字供应链、数字生态系统，包括重新定义行业的边界等。

在这个转型的过程中，我们发现大量的新概念不断地涌现，而原有的一些概念也在进化，并产生了新的含义。在“智能制造”的“屋檐”下，各种技术的边界、行业的边界、企业的边界都变得模糊，恰恰在这个时候，澄清概念的边界反而显得特别重



要。由林雪萍、赵敏、宁振波、黄昌夏四人组成的《智能制造术语解读》编写组，用了近两年的时间，与各行业的实践者、研究者们一起，收集并编写了 62 个相关词条，这是一件很有意义的事情。

智能制造对中国制造业乃至世界制造业而言都是一个新的命题。作为一个全新的制造范式，它也是一个复杂的系统工程。深入了解它的技术支撑和要素构成，对于希望转型升级的企业选择合适的路径，是非常有帮助的。本书非常有创意地以“智能制造八字诀”，将智能制造分为“物标组制，研链解智”八个类别，从不同角度分别对所涉及的术语，进行阐述。这八字诀也呼应了企业转型所需要的“理念、能力、管理、生态”四个基本要素。而且，这也在提醒我们关注智能制造的多样性，智能制造是一个长期的实践过程，不太可能一蹴而就。

对中国工业界而言，无论是国家战略政策的制定，还是企业创新竞争力的提升，都需要仔仔细细地掂量自身成长和发展的基础，从自己最擅长的地方，找出合适的路径，切入转型升级的轨道中。单纯依靠技术，是不太可能解决当下的问题的，一定要有一个立体维度的、多样性的、生态性的视角。

这本书也是众创之作，每个作者的行业和专业背景都不一样，有些定义看上去也未必严谨，但作为百花齐放的一部分，可为从事智能制造的企业家、工程师、研究人员提供参考。若要更深入地理解智能制造，还要靠来自一线的工程和研究实践。如何丰富和深化这些概念，使得人们在全新的工业升级浪潮中，认识这些概念在生产上、管理上的意义，并且积极有效地推动企业创新能力的提升，也是中国制造在转型升级的过程中面向本国甚至面向全球工业提交的另一份答卷。

李培根

中国工程院院士



前言

命名赋予力量，概念廓清边界

对新生儿，父母首先就是给孩子命名，这意味着生命之旅开始有了归属。对一块普通的石头，伟大的雕塑家米开朗琪罗看见了它焕发的力量，把它刻画出来，命名为《大卫》。从此，坚强勇猛的青年“大卫”名扬天下，成为青春力量的代表，也成为思想解放的经典“代言人”。

这就是命名的神奇：显身具形，瞬间有力。命名使得一切似乎隐身的事物显出身形，为人所见；而概念的阐述，则使得万物轮廓清晰，有章可循，运行有道。

如今，随着各种关于工业转型升级思潮的传播，我们正处在一个概念层出不穷的时代。德国重新定义了虚拟与物理世界的融合，化繁取简，于是“工业 4.0”横空出世，天下纷纷解读；美国公司看见了设备资产管理的价值，人机融合，概而述之，于是“工业互联网”广泛流行，各路豪杰纷纷联盟拥护；中国工业万千使命待兴，综合国情之后，《中国制造 2025》呼啸而出，成为一种澎湃向前的社会洪流的大背景。而各种科技如大数据、移动互联网、人工智能、物联网等的快速发展，推动了产业之间的融合。“智能制造”成为一座巨大的建筑顶层，各行业跨界人士纷至沓来。传统上的自动化、信息化、机械电子、互联网等众多不相关的产业界人士，都聚到一个屋檐下，操着自己的语言，讲述着看似一致却又相差千里的故事。

一时间，各种新旧概念的解读纷纷登场。每个人都在用自己的故事作为拼块，解释和补充着这个工业世界。有的解读新奇，百口自辩“横看成岭侧成峰”；有的虽属旧概念，却是抖擞精神正当时。

是否需要一种基本的语境体系，让隐形之物显身，让边界明晰？

定义新概念，阐述旧名词，凸显时代的内涵，这正是《智能制造术语解读》一书的目标。早在 2015 年，面向工业转型升级的微信公众号“知识自动化”的术语项目研究小组就开始着手词条的解读工作，面向社会征集新旧术语，进行解释。在这个焕



然一新有时却又歧义难辨的制造业黄金时代，为身边的事物重新命名，为有名之物重新定义概念，也是一件快乐而有趣的事情。本书从制造业的源头重新梳理正在发生的一切，从而清除各种概念之间的差异，尽量让所有人对概念的感知能够达到均衡有序，以便各界人士的交流能够更加高效而畅通。

这个词条的解读工作启动之后，断断续续进行了两年多。根据每个术语的特点，寻找相关行业人士，包括一线的实践者，既要保证一定的专业水准，又要尽量保持一定的可读性。词条解读完之后，还要找同行专家进行审定。有些词条也陆陆续续地发布在“知识自动化”公众号上，得到不少鼓励，质疑的意见也不少，主要是关于这些词条的权威性。实际上，这些词条显然不是最专业的解读；更专业、权威的解读，还有待国家的专业机构去落实。以民间人士的能力而言，我们只是希望将专业的术语变得有趣易懂，保障严谨的学术性并不是我们所擅长的。一开始我们就希望能让业界在面对新一轮的工业转型升级时，从基本概念上入手。

让人欣喜的是，这项术语解读工作得到了中国电子信息产业研究院（赛迪）的认可，期望我们把这个词条的解读工作系统地进行整理并汇编成书。这使得原来自由而略为散漫的解读工作变得紧张而有序起来。我们成立了四人编写组，邀请了宁振波、赵敏和黄昌夏，并依靠众多编审专家的力量，一起对词条重新归类，整理了 62 条词汇（更多其他的词条，请参见微信公众号“知识自动化”的“工业百条”栏目）。希望能够让各行各业的人士相互理解，最终合力推动中国成为制造强国。

在此，特别感谢机械工程学会宋天虎监事长一直以来对此项工作的支持，广泛联络专家，提供很多宝贵建议；感谢中航信息化“老兵”黄迪生高工从一开始就陪伴着这些词条的陆续发布，给出了很多细致的修改建议。最后感谢电子工业出版社的编辑郭穗娟和赛迪的员工对稿件进行了认真和细心的审读修改，给出了大量细致的意见。再次表示真诚的感谢！

词条定义随着实践而更加丰富多彩。让我们从本书开始启程，更新它的内涵，赋予它力量，寻找适合您心中的答案。

主编：林雪萍

中国电子信息产业发展研究院第二届学术委员会智能制造分委会委员

南山工业书院创始人

2018 年 1 月于北京

随着工业转型升级潮流的到来，智能制造产业蓬勃发展，有关智能制造的术语层出不穷，难免让人困惑。为解决这些困惑，本书围绕智能制造展开相关术语的全面解读，致力于阐述工业名词在新工业时代的意义，澄清概念本源，让读者正确地理解正在发生的工业转型升级。



目 录

绪论 八字诀看懂智能制造/1



- 【物】边缘计算 (Edge Computing) /5
- 【物】系统之系统 (SoS) /11
- 【物】工业物联网/工业互联网 (IIoT/ Industrial Internet) /14
- 【物】工业互联网平台 (Industrial Internet Platform) /19
- 【物】设备维护、维修和大修 (MRO) /24
- 【物】生产物流 (Production Logistics) /27
- 【物】智能材料 (Smart Material) /31
- 【物】产品孤儿 (Product Orphan) /36



- 【标】基于模型的系统工程 (MBSE) /43
- 【标】工业 4.0 参考架构模型 (RAMI 4.0) /48
- 【标】管理壳 (Administration Shell) /54
- 【标】开放组织架构框架 (TOGAF) /60
- 【标】工业价值链 (Industry Value-Chain Initiative) /66
- 【标】基于模型的企业 (MBE) /70



【标】OPC 统一构架 (OPC UA) /75

【标】三体智能模型/80

【组】

字篇

【组】熵 (Entropy) /87

【组】智慧院所 (Smart Institute) /91

【组】首席数字官 (Chief Digital Officer) /96

【组】二元制教育 (Dual VETs) /102

【组】合乐制 (Holacracy) /108

【组】制造业 USA (Manufacturing USA) /112

【组】国防部高级预研局 (DARPA) /117

【组】弗劳恩霍夫协会 (Fraunhofer Society) /123

【组】工匠精神 (Artisan Spirit) /127

【组】企业架构 (Enterprise Architecture) /132

【制】

字篇

【制】测试床 (Test Bed) /139

【制】运营技术 (Operational Technology) /143

【制】增材制造 (Additive Manufacturing) /147

【制】数字化设计与制造 (Digital Design & Manufacturing) /150

【制】增强现实/虚拟现实 (AR/VR) /154

【制】机器人操作系统 (Robot Operating System) /158

【制】软件定义制造 (Software-Defined Manufacturing) /166

【研】

字篇

【研】六西格玛设计 (DFSS) /173



【研】构型管理 (Configuration Management) /177

【研】面向制造的设计 (DFM) /183

【研】发明问题解决理论 (TRIZ) /187

【研】正向设计/192

【研】创成式设计 (Generative Design) /197

【链】

字篇

【链】工业 4.0 (Industrie 4.0) /203

【链】服务型制造 (Service-Oriented Manufacturing) /209

【链】制造数据采集 (Manufacturing Data Collection) /215

【链】数字主线 (Digital Thread) /220

【链】飞机构型定义、控制和制造资源管理 (DCAC/MRM) /223

【链】交互式电子技术手册 (IETM) /228

【解】

字篇

【解】制造执行系统 (MES) /235

【解】高级计划与排程 (APS) /240

【解】制造运营管理 (MOM) /244

【解】产品全生命周期管理 (PLM) /249

【解】数字化工厂 (Digital Factory) /254

【智】

字篇

【智】赛博物理系统 (CPS) /260

【智】智能制造 (Intelligent Manufacturing) /265

【智】数字孪生 (Digital Twin) /269

【智】知识自动化 (Knowledge Automation) /275



- 【智】知识盈余 (Knowledge Surplus) /279
- 【智】工业软件 (Industrial Software) /283
- 【智】工业大数据 (Industrial Big Data) /289
- 【智】故障预测与健康管理 (PHM) /293
- 【智】人工智能 (AI) /298
- 【智】区块链 (Block Chain) /303
- 【智】智能传感器 (Smart Sensor) /307
- 【智】智造单元 (SMU) /310

参考文献/315

后记/319