

中国工业设备管理交流中心

中国工控网

国际振动分析师俱乐部

工业4.0俱乐部

联袂推荐

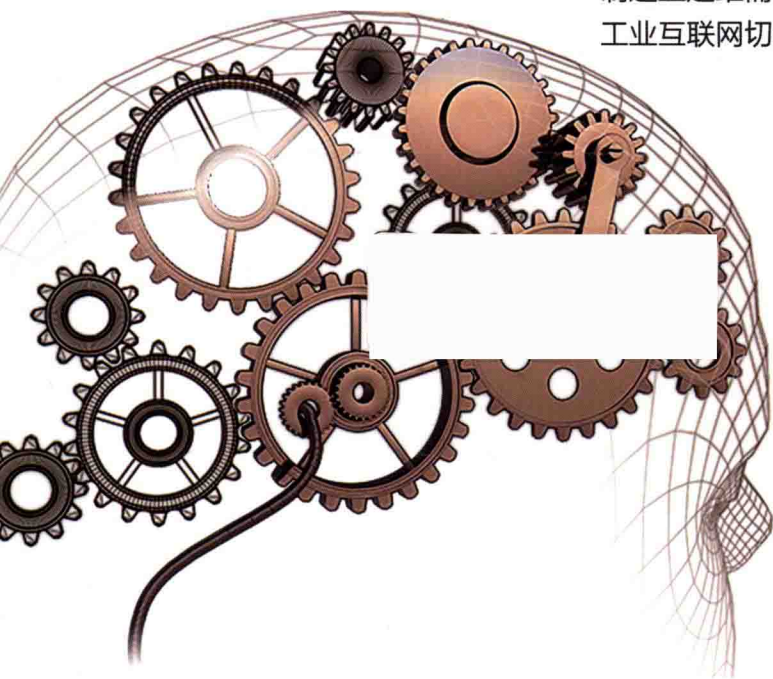
构建工业维修服务生态

数字化工厂 + 工业维修服务体系

Digital Factory+Industrial Maintenance Service Structure

杨明波 刘华 郭显昌 著

DT时代制造业运维管理的重新定义
制造业运维需求定义工业服务生态
工业互联网切入的最佳路径



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



构建工业维修服务生态

数字化工厂 + 工业维修服务体系

Digital Factory+Industrial Maintenance Service Structure

杨明波 刘华 郭显昌 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

智能制造、工业互联网已成为中国乃至世界制造业的发展方向。制造业将在数字化、智能化方面进行改造升级,制造系统的自由度将会被约束,但系统可用度要求将会更高,制造业的设备管理,尤其是设备预测性维修将会越来越重要。

本书的编写,结合了 TOC 约束生产理论、可靠性与维修性工程理论,并通过多地制造企业、工业 4.0 机构、数字化与智能化服务商进行实地调研,系统梳理了企业目标与指标之间的关联,通过信息化、互联网、管理方法的整合,为企业设备管理提升及数据生态建设提供参照和指南,也为工业维修服务商对接制造业、服务制造业提供应用策略和实施指南。本书将企业决策者的痛点(如何持续盈利)、设备管理者的难点(如何改进维修管理系统)、采购人的盲点(如何既降低成本,又降低库存,又满足生产要求)、工业维修服务商(包含备件提供者)的困惑点(如何将好的产品和服务对接到企业),通过目标和数据串联起来,从而也将各方需求串联起来,系统地提供了解决问题的理论和案例。

本书适合提供工业服务的维修服务商、数字化供应商、智能化服务商、MRO 工业品服务商、设备制造商,以及制造企业设备管理、信息化部门高层、中层管理者阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字化工厂+工业维修服务体系/杨明波,刘华,
郭显昌著. —北京:机械工业出版社,2017.7

(构建工业维修服务生态)

ISBN 978-7-111-57098-1

I. ①数… II. ①杨… ②刘… ③郭… III. ①制
造工业-工厂自动化-研究 ②制造工业-维修-生
产服务-研究 IV. ①F407.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 134631 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:李万宇

责任校对:郑婕 封面设计:鞠杨

责任印制:李昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2017 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

170mm×230mm·11.5 印张·1 插页·185 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-57098-1

定价:49.80 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

“构建工业维修服务生态” 丛书编委会

.....

杜玉河 (工业 4.0 俱乐部 秘书长)

杨明波 (工业 4.0 俱乐部工业服务研究中心 主任)

范青青 (国信支点信息科技(北京)有限公司 CEO)

朱铎先 (北京兰光创新科技有限公司 董事长)

刘长生 (空军航空维修技术学院 教授)

尤凤翔 (苏州大学机电工程学院 教授)

姚 远 (天津市设备管理协会 会长)

李小勇 (工控网(北京)信息技术股份有限公司 董事长兼 CEO)

蔡双骏 (苏州修吧网络科技有限公司 运营总监)

彭国华 (工业服务联盟 秘书长)

田路兵 (淄博索雷工业设备维护技术有限公司 总经理)

马笑潇 (观为监测技术无锡股份有限公司 董事长)

谷冬超 (广东中设智控科技股份有限公司 副总裁)

王 聪 (青岛世纪鑫源企业咨询顾问有限公司 总经理)

推荐序一

新视角决胜工业维修

认识明波先生是在一次生产型服务联盟的全国会议上，会上我分享了观为监测 | MHCC开展工业大数据设备健康预警和诊断服务的一些典型案例。之后不久，我们又在“互联网+工业维修”全国论坛上与众多创业者们一起讨论“互联网+”对工业维修行业带来的机遇。会后，明波觉得很有必要在这个开创的时代，从全新视角就工业维修做个系统的整理，我很支持他的这个想法，并相约为他的新书作序。

明波先生与工业维修产业界有着广泛的接触和交流，结合自身多年来从事设备管理咨询的实践经验，以全新视角讨论工厂数字化和工业维修，突破了传统可靠性与工业维修学科教科书式的技法传递。将时下全球正在推动的波澜壮阔的第四次工业革命——德国主导的工业 4.0、美国倡导的以智能服务为代表的工业互联网和我国正在大力推进的制造业转型升级计划《中国制造 2025》的最新机遇与 TPM 设备管理相结合，引发出传统工业维修新的生态体系、预知性维修的新发展以及大数据工业服务平台等新模式。

读者阅读本书的意义不仅在于获取直接的技术和方法，更在于新的理念和方法论的启迪以及由此引发的思考。作者在当今社会各种新概念、新思潮呈现“爆炸”之势的背景下，能够保持独立思考实属难能可贵。书中提到企业可以导入 TOC、OEE、精益生产及六西格玛等相关管理体系，并通过两化融合实现信息化条件下的新型能力建设，逐步进入到转型通道中，建立以数据为导向的管理决策系统。这对在新形势下探讨设备管理的变革是很有启发的，这种变革不是对经典设备维护思想的摒弃，而是更有条件针对设备可用性、TOC、OEE 等长期以来无法有效坚持的关键指标，重新

定好位并加以实现的新契机。

近年来，我国制造业面临人口红利和低成本优势日渐弱化、部分行业产能过剩、企业创新能力有待提高等新挑战，同时又必须满足生态环境保护以及资源有效利用水平日益提高的新要求，实现制造业转型升级既需要有前瞻科学的顶层设计又需要着眼于制造业价值链各个环节进行脚踏实地的创新实践。《中国制造 2025》规划是未来十年中国发展制造业的纲领性文件，《发展服务型制造专项行动指南》是其中“1+X”规划体系的重要组成部分。在这种时代背景下，聚焦工业服务、探讨工业维修领域的变革如何促进制造业转型升级具有积极的实践意义。

从事预测性维修行业十余年来，我深刻地感受到最近几年新一代信息技术的快速发展正在把工业运维推向一个崭新的阶段。这个阶段是以设备故障预警诊断和健康管理（PHM）、信息物理系统（Cyber-Physical Systems, CPS）、云和工业大数据为内在技术基础的智能维护阶段，其外部特征是两化深度融合后所呈现的在线化、平台化、智能化、协同化、可视化和全生命周期化。某种程度上，这“六化”也代表着我们致力于发展的服务型制造的未来。为了促进服务型制造新理念、新模式和新实践的不断诞生和快速推广，需要政界、学界和产业界的共同努力，需要“互联网+”和“+互联网”两个产业方向的努力靠拢。《数字化工厂+工业维修服务体系》一书的问世正是这种共同努力的一个结果。

相信阅读本书，制造企业的管理决策者、设备管理与维修工程师、信息化解决方案提供者，以及工业维修服务商和所有关心中国服务型制造发展的朋友们，都会获得启发并从中受益。

马笑潇

观为监测 | MHCC 董事长

推荐序二

工业服务

——企业拥抱新工业革命的入口

近年来，工业 4.0 在全球掀起了一股热潮。在国内，随着《中国制造 2025》的发布，国家层面推出了相应的各类落地政策。工业界掀起了一股创新的热潮，工业再次成为热点。

工业人一改过去的低调，用更大的热情，投入到新工业革命中来。

从智能制造，到智能产品，到智能服务等不同角度，工业人进行了相应的探讨和实践。工业人都在为中国的企业转型升级，探索相应的路径，希望借助新一代的信息技术与传统产业进行融合，找寻到新的商业模式。

工业 4.0 俱乐部工业服务研究中心组织相关成员单位及有关专家共同在工业服务领域进行了探讨，并形成了本书。本书借鉴国际先进经验，融合国内工业服务领域里的多方智慧，通过各个角度的描述，提出了在中国进行工业服务的发展路径。

在工业 4.0 背景下，企业依赖的是复杂的系统，这使得工厂数据决策与设备管理更为重要。本书从指标体系的梳理，到管理体系的建设，结合信息化与维修大数据的应用，构建了完整的工业维修服务生态，推演了工业维修服务的发展趋势。

首先第 1 章提出目标，建立企业有效产出指标体系，助力企业转型升级。梳理了不同作业线的指标管控原则和数字化建设思路，并梳理了设备管理的指标体系，本书思路与方法实践性很强。

第 2 章给出了具体的落地方法与思路，即维修与改善管理通道建设。基于有效产出与可用度目标的设备维修管理、创新管理等四大通道建设的方法和思路。

第 3 章融合信息化技术，强化落实与执行，旨在借力信息化，促进设备管理数据决策能力建设。深度分析了维修管理、备件管理在数字化建设中的关键要点，这是企

业进行数字化深度应用的基础，从而帮助企业构建完善的设备指标管控体系，支撑企业决策系统与工业维修服务的有效对接。

第4章建立以数据为中心的管理决策机制，是将前3章所涉及的数据，通过数据转化，结合企业实际情况，构建整套数据决策机制。

第5章指出如何构建基于大数据应用的工业维修服务生态。由于企业分析和解决瓶颈的能力受制于资源、技术和方法，应将社会化工业维修服务资源与企业进行对接，尤其应强调预测性维修服务生态的建立，将有利于企业突破这些瓶颈。

非常感谢这些实战型专家在本书中所进行的论述，全面总结了多年实战中的有价值的经验。相信本书将对中国工业服务的发展起到很好的推进作用。

顺势、明道、优术、践行！这是本书的写作指导思想。

随着“中国制造2025”出台，中国政府大力推进“互联网+制造”和“服务型制造”政策，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、中国工程院印发了《发展服务型制造专项行动指南》文件。为了贯彻落实《发展服务型制造专项行动指南》，工信部开展了“服务型制造万里行”活动，宣传和推动大中型机械制造业开始往服务型制造方向转型。提倡一是大力推动传统的制造业企业进行业务延伸，增加服务内容；二是通过“互联网+工业服务”的形式，大力发展工业服务产业互联网，搭建实施“服务型制造”的平台，为更多的中小型制造企业提供实施“服务型制造”转型的渠道。

互联网从消费领域向工业领域延伸，工业与互联网融合进程中，工业服务将是一个有效的关键步骤。以服务促升级，以服务促转型将会帮助企业积累新一代信息技术在工业领域进行实践的宝贵经验。

工业与互联网等新一代信息技术的融合是一种必然趋势，是企业发展的一个良好契机，也是工业投资的一个风口，更是工业领域互联网化的一个入口。

真诚期望更多工业人能从服务入手走进新工业时代。

纵览本书，既有完整前瞻的体系，更注重企业实战与落地，适合企业战略决策层、信息部门、设备管理部门、采购部门和企业管理部门阅读和参考；也适合工业服务产业互联网相关的社会化资源，包括维修服务商、MRO工业品服务商、数字化供应商等，阅读并进行实践。

杜玉河

工业4.0俱乐部 秘书长

工业 4.0 背景下工厂数据决策与 设备管理的重要性

即将到来的工业 4.0 时代

18 世纪中叶以来，人类历史上先后发生了三次工业革命。第一次工业革命所开创的“蒸汽时代”（1760—1840 年），标志着农耕文明向工业文明的过渡，是人类发展史上的一个伟大奇迹；第二次工业革命进入了“电气时代”（1840—1950 年），使得电力、钢铁、铁路、化工、汽车等重工业兴起，石油成为新能源，并促使交通的迅速发展，世界各国的交流更为频繁，并逐渐形成一个全球化的国际政治、经济体系；第二次世界大战之后开始的第三次工业革命，开创了“信息时代”（1950—），全球信息和资源交流变得更为迅速，大多数国家和地区都被卷入到全球化进程之中，世界政治经济格局进一步确立，人类文明的发达程度也达到空前的高度。第三次工业革命方兴未艾，还在全球扩散和传播。

2014 年，德国汉诺威工业博览会在当年 4 月 7 日至 11 日举行，全球 65 个国家和地区的 5000 多家厂商参展。中国以近 600 家参展商规模成为东道主德国以外的最大参展国。在为期五天的展会中，“工业 4.0”概念受到了关注。舆论认为，作为工业领域的全球领先展会，汉诺威工业博览会对推动“第四次工业革命”发挥了重要作用。

2015 年 5 月 8 日，国务院正式印发《中国制造 2025》。标志着中国正式在国家战略层面，迈向未来的工业 4.0 时代。

第四次工业革命的目标是工厂智能化

中心：让网络技术进入制造业。

背景：今后制造业将面临的形势——紧缺的资源、能源转变、员工年龄结构改变、全球化。

技术基础：网络和空间分布系统、顺畅的通信，宽带速度达 7000Mbit/s。

特点：灵活易变、高资源效率，考虑人因工程学，实现企业与顾客、业务伙伴最紧密的联系。

面向未来，中国制造业面临的挑战

如图 0-1 所示，工业 4.0 是在高度网络化的工业时代，构建于高度信息化和高度

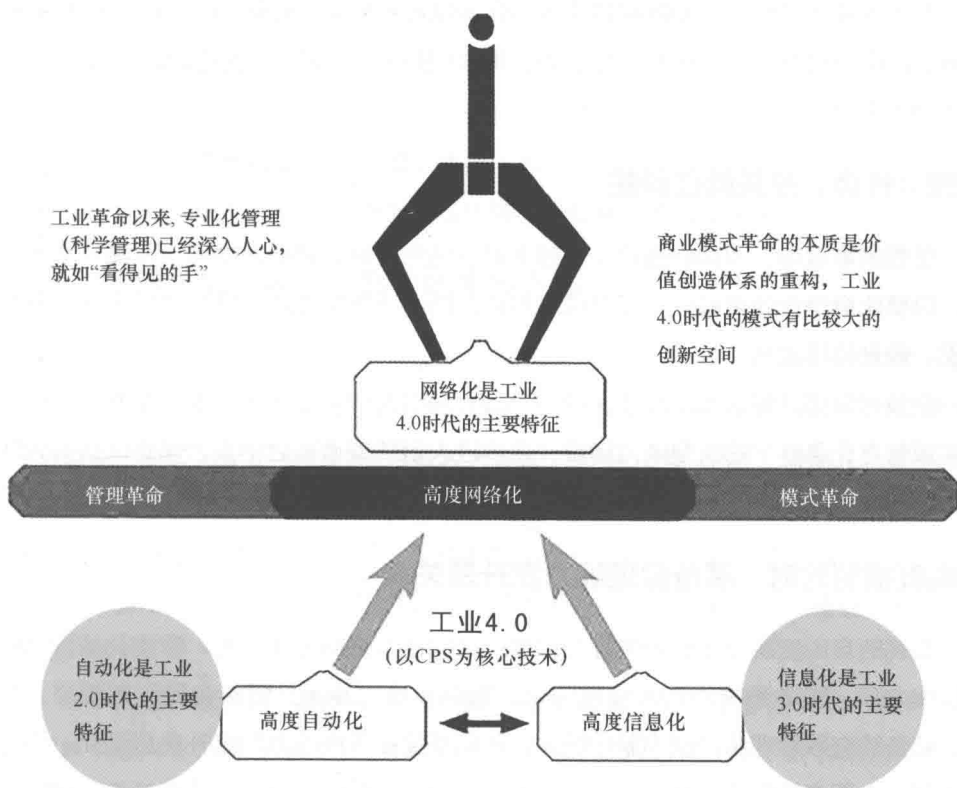


图 0-1 工业 4.0 的三个高度化^①

① 参考工业 4.0 研究院胡权的文章《工业 4.0 时代的模式变革及实践》。

自动化基础之上的生产组织方式，是由批量定制牵动，更广泛的社会协作参与的产品实现形式。这是一场全新的绿色工业革命，它的实质和特征，就是大幅度地提高资源生产率，经济增长与不可再生资源要素全面脱钩，与二氧化碳等温室气体排放脱钩。以历史视角和工业化的角度观察，我们能清晰地认识到，世界范围的第四次工业革命，即绿色革命，已经来临。

现实情况是，中国制造业虽然在全球来说具有很全的产业链，但基本上处于产业链的底端，是制造大国，而非强国。矛盾聚集点是：成本增高、人口老龄化、环境重度污染等。中国制造业面临着全球产业向第三世界转移，制造业盈利能力偏弱的现状。要改变这一现状，必然要将成本中心转变成盈利中心，提升产业自动化和信息化水平，以降低运营成本，实现转型逆袭。多数制造业企业在盈利偏弱的情况下，转型内生动力不足。

问题 = 机会，改善就是赚钱

尽管困难重重，中国制造业在管理水平上仍然有很大的提升空间。在绝大多数行业，只要比竞争对手更高效，运营成本更低，仍然可能在过剩产能调整的大潮中胜者为王，做到持续盈利。

企业可以通过导入 TOC、精益生产及六西格玛等相关管理体系，并通过两化融合实现信息化条件下的新型能力建设，逐步进入到转型通道之中去，建立以数据为导向的管理决策系统。

自由度被制约时，装备管理能力提升是关键

系统的自由度决定了管理的复杂程度。当制造系统通过数字化、智能化或管理体系优化之后，制造系统的自由度被约束，制造系统可用度^①要求会随之被提高。此时，装备的有效管理将会成为制约瓶颈，从而使装备管理能力的提升在自动化、信息化达到一定程度的制造企业，或石化、制药、冶金、电力、给排水等相关流程型制造

① 可用度 (availability)：度量系统性能好坏的指标，即系统处在正常状态的概率。可用度 (A) = $MTBF / (MTBF + MTTR)$ 。MTBF：平均故障间隔时间，MTTR：平均故障修复时间，MTBF 越大越好，MTTR 越小越好，计量单位均为分钟。

业意义重大。

提升装备管理能力的方法通常包括：

1) 以数据牵动，强调预测性维修的 T-PM[⊖]（基于约束理论的生产维护管理）理论体系的运用。这种方法需要信息化管理来牵动，工业维修及预测性维护技术服务资源作为支撑。

2) 著名设备管理专家张孝桐提出的设备管家体系，有利于制造业搭建装备管理体系，实现企业内部的人-机协调，实现装备可用度提升与运营费用的下降。

3) 以装备和零部件制造商或服务商为主体搭建工业服务互联网，向用户提供满足效率、维修性和可靠性要求的产品和服务，实现装备管理生态的整体提升。

装备管理对于支撑工业 4.0 转型升级尤为关键，本书将进行详细展开，指导制造业管理决策者、装备维修与管理人员、信息化与数字化供应商、工业维修服务商及管理咨询机构，团结起来共同打造属于数据技术（Data Technology, DT）时代的装备管理生态，为实现中国制造业的工业 4.0 转型升级奠定有力的基础。

面向工业维修服务生态的数字化转型之路

与以 GE 为代表的美国工业互联网、德国工业 4.0 比较，我国制造业水平处于 2.0 至 3.0 的水平。差距不仅仅在于物理形态，也在于知识积累的意识形态。我国大多制造业企业在知识积累中仍然存在较大差距。许多企业 TPM、精益生产的推行效果并不理想、大多不具备实施工业 4.0 转型的基础。

笔者在以往咨询经验中发现，企业内部缺乏有效的基于数据的决策管控机制，不完善的工业服务体系尤其是未建立起工业维修服务生态，严重制约了企业的价值转型进程。

庆幸的是，互联网、物联网技术背景下的大数据应用，能够改变这一制约因素。本书前 4 章内容，通过对以价值为导向的数字化工厂构建，建立以数字化为基础的数

⊖ T-PM（Theory of Constraints-Productive Maintenance），基于约束理论的生产维护管理。T-PM 讲究基于企业盈利目标相关的有效产出、运营费用、库存指标下的全员参与，是基于数据的管理决策，并以有效产出指标下的设备可用度提升和维修费用下降为目标，建设和完善事后维修、预防性维修、预测性维修、创新管理四大通道。

据决策管理，促进并加速企业内部知识积累，以提升质量和生产效率，如图 0-2 所示。本书第 5 章，则是通过数字化工厂连接互联网，通过大数据匹配适宜的工业维修服务生态资源，进而发现并处理那些隐性问题，提升产业链质量和效率，促进中国制造业价值转型。

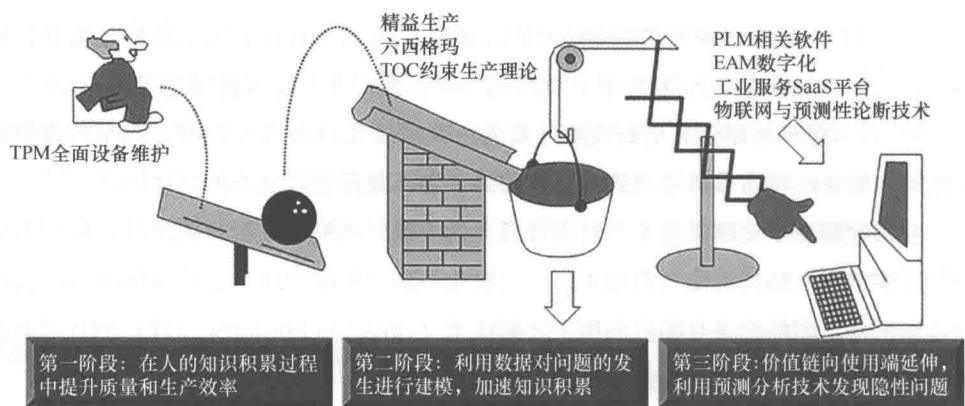


图 0-2 工业 4.0 转型的基础和内在动因

马云曾经讲过：“人类正在进入新‘能源时代’，核心资源已不是石油，而是数据—未来的数据就是生产资料，未来的生产力就是计算能力和创业者的创新能力、企业家精神。”

这种趋势不仅仅发生在商业，而且发生在包括工业的所有领域。种种迹象表明，互联网正在以前所未有的速度渗透到工业和工业维修服务领域。但遗憾的是，工业制造业并不等同于商业，企业中的个体人员，包括最高领导者都很难成为直接的需求者，企业行为是一个组织行为，绝非商业中的个体行为。企业能够建立和运行良好的数据生态，是决定工业维修服务生态资源能否有效与企业对接的基础。

工业 4.0、智能制造已成为中国乃至世界制造业发展的方向和趋势，制造业将在数字化、智能化方面进行改造升级，制造系统的自由度将会被约束，但系统可用度要求将会更高，制造业的设备管理，尤其是设备预测性维修将会越来越重要。

本书的编写，结合了 TOC 约束生产理论、可靠性与维修性工程理论，通过对北京、上海、广州、深圳等多地的制造企业、工业 4.0 机构、数字化与智能化服务商进

行实地调研，系统梳理了企业目标与指标之间的关联，通过信息化、互联网、管理方法的整合，为企业设备管理提升及数据生态建设提供参照和指南，也为工业维修服务商对接制造业、服务制造业提供了应用策略和实施指南。

感谢史丹利农业集团股份有限公司、扬智咨询集团为本书提供的相关素材。感谢工业 4.0 俱乐部、中国工控网、观为监测技术（无锡）有限公司、北京兰光创新科技有限公司、广东中设智控科技股份有限公司、国信支点信息科技（北京）有限公司、重庆景方渝企业管理咨询有限公司、淄博索雷工业设备维护技术有限公司等为本书编写提供的支持和帮助。

特别感谢著名设备管理专家张孝桐老先生为本书提供的指导。

推荐序一 新视角决胜工业维修

推荐序二 工业服务——企业拥抱新工业革命的入口

前言 工业 4.0 背景下工厂数据决策与设备管理的重要性

第 1 章 建立企业有效产出指标体系

001

制造型企业由离散作业线、流水作业线和流程作业线三种形态单一存在或组合而成，本章旨在梳理不同作业线的目标、指标管控原则和数字化建设思路，并在作业线目标和指标管控体系下，构建设备管理的指标体系。

1.1 有效产出指标

002

1.2 离散作业线有效产出指标体系及其数字化应用

005

1.3 流水作业线有效产出指标体系及其数字化应用

009

1.4 流程作业线有效产出指标体系及其数字化应用

014

1.5 有效产出指标体系下的设备管理可用度指标应用

016

第 2 章 维修与改善管理通道建设

023

基于有效产出与可用度目标的设备维修管理、改善管理四大通道建设的方法和思路。

2.1 故障机理与停机时间分析

024

2.2 事后维修通道建设	028
2.3 预防性维修通道建设	031
2.4 预测性维修通道建设	038
2.5 改善管理通道建设	072

第3章 设备管理数据决策能力建设

084

深度分析维修管理、备件管理在数字化建设中的关键要点，是企业进行数字化深度应用的基础，将有利于企业构建完善的设备指标管控体系，支撑企业决策系统与工业维修服务的有效对接。

3.1 以数据为中心，建立维修与改善管理信息化	085
3.2 盘活装备备件管理，建立互联网形态下的备件信息化	091
3.3 以信息化为抓手，建立大数据决策系统	101

第4章 建立以指标数据为中心的管理机制

105

数据的价值在于挖掘后的充分应用，通过数字化与管理深度融合，有利于企业解决基于有效产出目标相关问题的知识积累得到加速，从而实现基于数字化条件下的价值转型。

本章是将前3章所涉及的数据，通过数据转化，结合企业实际情况，构建整套数据决策机制。

4.1 维修组织管理	106
4.2 全员参与，将管理重心下移至班组	111
4.3 数据决策下的班组能力建设	122

第5章 基于大数据应用的工业维修服务生态

136

由于企业分析和解决瓶颈能力受制于资源、技术、方法的约束，将社会化工业维修服务资源与企业进行对接，尤其强调预测性维修服务生态的建立，将有利于企业突破瓶颈，助力企业转型升级。

5.1	解读工业维修服务生态	137
5.2	工业维修服务平台	141
5.3	MRO 工业服务典型分类与应用	146
5.4	工业维修服务应用模式	156
5.5	装备的维修性设计与智能化服务	160

参考文献