制造业数字化转型路线图

（2021）

中国电子技术标准化研究院

2021年9月

制造业数字化转型路线图

（2021）

中国电子技术标准化研究院
2021 年 9 月

特别鸣谢

工业和信息化部信息技术发展司

编写单位（排名不分先后）

中国电子技术标准化研究院
北京兰光创新科技有限公司
震兑工业智能科技有限公司
北京云道智造科技有限公司
海尔卡奥斯物联生态科技有限公司
腾讯云计算（北京）有限责任公司
上海麦杰科技股份有限公司
上海宝信软件股份有限公司
北京亚控科技发展有限公司
浙江中控技术股份有限公司
中国电子信息产业发展研究院
中国工业互联网研究院
北京科技大学
京东科技集团
用友网络科技股份有限公司
北京东方国信科技股份有限公司
中国科学院沈阳自动化研究所
研祥智能科技股份有限公司
中铝信息科技有限公司
西安电子科技大学智能制造与工业大数据研究中心
广西产研院人工智能与大数据应用研究所有限公司
浪潮通用软件有限公司
阿里云计算有限公司
北京元工国际科技股份有限公司
上海麦汇信息科技有限公司
山西华益慧联科技有限公司
红云红河集团红河卷烟厂
四川省智能制造创新中心
锱云（上海）物联网科技有限公司

版权所有，引用请注明出处

致　　谢

本白皮书编写过程中受到社会各界专家、企业及科研单位的关注和大力支持，在此特别感谢朱铎先、宁振波、赵敏、安筱鹏、陈志列等诸位专家对白皮书编写提供的宝贵修改意见。

编　委

赵新华　中国电子技术标准化研究院　　院　长

孙文龙　中国电子技术标准化研究院　　副院长

编写组

于秀明	贾　超	侯莹莹	苍天竹	张　羽	王永霞	王　栋
俞文光	贺海星	钱华山	王蔚林	张海平	谭伟亮	安　成
张瀚文	刘高升	李业亭	张　瑞	姚　磊	袁晓庆	王程安
杜玉琳	杨梦培	李　航	于　涛	张友明	蔡少宏	陶　元
张　舒	甘　霖	徐　博	王　挺	姚培福	孔宪光	刘海涛
王腾江	卢子晟	张澄宇	靳春蓉	徐健华	苏俊魁	何　毅
吴　畏	王　凯					

内容摘要

为贯彻落实《关于深化新一代信息技术与制造业融合发展的指导意见》，凝聚制造业数字化转型共识，推动制造业生产方式和企业形态根本性变革，提升制造业数字化、网络化、智能化发展水平，中国电子技术标准化研究院联合相关单位共同编写了《制造业数字化转型路线图》。研究内容旨在为政、产、学、研、用各方组织开展制造业数字化转型工作提供参考，服务于我国制造业数字化建设和推广，为构建可持续发展的制造业数字化转型生态作出贡献。

本报告以政府侧和企业侧需求为导向，以“如何推进制造业数字化转型”问题为出发点，聚焦数字化转型的概念、维度、原则、实践、标准、抓手等方面，给出制造业数字化转型的基本方法论。回答制造业数字化转型**“是什么”、“转什么”、“怎么转”、“转到哪”、“用何转”、“抓什么”**等问题。

第一章　概念综述。简要介绍了数字化转型的发展背景、对转型的认识，回答制造业数字化转型“是什么”的问题。本章面向的主要读者为推动制造业数字化转型的各级政府、工业和信息化主管部门以及制造业企业。

第二章　转型维度。聚焦到企业层面数字化转型，从业务模式、技术范式、组织方式、文化意识四个维度重点分析了转型的具体内容，给出了“业务为基、技术为翼、组织为骨、文化为魂”的制造业数字化转型体系，回答企业转型“转什么”的问题。面向的主要读者为制造业企业及从事数字化转型的研究人员。

第三章　转型原则。给出了企业开展数字化转型自始至终需要坚持的六项基本原则，回答企业转型“怎么转”的问题。面向的主要读者为制造

业企业管理层及数字化转型实施人员。

第四章　进阶实践。给出了企业践行数字化转型的四个类别，并结合转型维度构建了制造业数字化转型的通用能力“海星”象限模型，给出了进阶实践的目标、特征和能力要素。选取典型行业的转型案例，从痛点分析、方法工具和转型成效方面论述了制造业数字化转型四个类别的建设实践。回答企业转型“转到哪”的问题。面向的主要读者为制造业企业数字化转型实施人员。

第五章　标准引领。以“数据驱动、工具转化、流程再造、决策变革、生态重构、持续改进”的制造业数字化转型标准化路线为指引，在已开展标准化工作、标准化需求的基础上形成标准框架，提出了引导和规范企业数字化转型的重点标准方向。回答企业转型“用何转”的问题。面向的主要读者为制造业数字化转型领域相关标准研究人员。

第六章　转型落地。按照“企业主体、因地制宜、以评促建、分类支持”的原则，从地方政府推动制造业数字化转型的视角，给出转型落地的主要工作抓手。回答政府推进制造业数字化转型“抓什么”的问题。面向的主要读者为各级政府及工业和信息化主管部门。

我们深知，数字化转型没有标准答案，对数字化转型的理解也因人而异，具体到某个行业、某个企业而言，其数字化转型的方式方法、模式路线、重点难点也不尽相同。本报告的研究旨在从宏观层面给出一个较为通识的转型路线，具体到特定行业领域还需制定差异化的转型路线图。希望通过本报告的发布能够使更多的企业、专家了解我们的研究，共同为我国制造业数字化转型发展贡献力量。

目　录

一、概念综述

1.1 背景趋势…… 1

1.2 转型认识…… 8

二、转型维度

2.1 业务模式：从“产品中心”向“客户中心”转变…… 14

2.2 技术范式：从“人智驱动”向“数智驱动”转变…… 17

2.3 组织方式：从“传统组织”向“柔性组织”转变…… 19

2.4 文化意识：从“执行文化”向“人本文化”转变…… 20

三、转型原则

3.1 战略引领：数字化转型不是可选题而是必选题…… 23

3.2 顶层挂帅：数字化转型需坚持“一把手”工程…… 24

3.3 标准先行：数字化转型第一要务是实现标准化…… 24

3.4 数字思维：比“机器换人”更重要是“数字换脑”…… 24

3.5 分步实施：数字化转型需要分阶段“私人定制”…… 25

3.6 持续改进：数字化转型只有进行时没有完成时…… 25

四、进阶实践

4.1 单点应用——“数字化投入如何快速给我带来收益？”…… 27

4.2 局部优化——“我的企业还需要哪些环节数字化改造？”…… 32

4.3 体系融合——“所有业务都值得数字化手段升级一遍！”…… 37

4.4 生态重构——“我未来将是一家什么样的企业？”…… 42

五、标准引领

5.1 标准化基础…… 46

5.2 标准化需求…… 46

5.3 标准体系框架 …… 47
5.4 重点标准研制 …… 51
六、转型落地
6.1 筑基础：拓展数字基础布局 …… 53
6.2 育企业：把握企业主体地位 …… 54
6.3 固链群：串产业链结集群网 …… 54
6.4 强保障：强化政策服务保障 …… 55
参考文献

1.1 背景趋势

1.1.1 内因驱动

伴随着历次工业革命与科技变革演进，全球制造业先后进行了四次大规模迁移，形成了以西欧、东欧、北美、日本及亚洲东部沿海为核心的世界五大工业区。当前，新一代信息技术加速创新、快速迭代、群体突破，第四次工业革命席卷而来，主要工业区日益受到能源、劳动力、产业结构等因素限制，纷纷遇到发展困境，总结起来可以概括为**“四个不可逆”**。

一是不可逆的人口老龄化。人口老龄化是经济社会发展进步的必然产物，是不可逆转的客观发展趋势。目前，世界主要工业区都出现了人口增长率下降，老龄化严重。日本 65 岁以上非劳动力人口比例高达 28.4%，已经进入超高龄社会；德国达到 20.4%，位居欧洲第一；中国预计“十四五”期间将达到 14%，进入深度人口老龄化社会。老龄化将加剧适龄劳动者短缺，带来许多新的生存发展问题。

二是不可逆的经济全球化。一段时间以来，西方一些国家出现了逆全球化思潮，形形色色的保护主义声音不绝于耳，各种排外的主张甚嚣尘上。在全球疫情蔓延的背景下，一些国家为了转移国内矛盾，逆全球化的言行愈演愈烈。纵观国际经贸发展史，深刻验证了“相通则共进，相闭则各退”的历史规律，经济全球化是不可逆转的历史大势，为世界经济发展提供了强劲动力。

三是不可逆的 GDP 增速低迷。近年来发达国家 GDP 增长平均下降到了 1%，发展中国家下降放慢到 2.1%，一些国家甚至是负增长。经济下行是主要工业国家都面临的问题，这种经济下行压力是“新常态”，是在较长时间内很常见的形势，短期很难看到大幅度改善的迹象。

四是不可逆的制造业产能过剩。自 2009 年金融危机以后，产能与实际生产的差距一直很大，除了个别产品造得很慢造不出来，90% 以上的产

品是过剩的。这就意味着很多企业产品卖不出去，生产设备不能满负荷生产，市场竞争越来越激烈，制造业的利润越来越低，全球制造企业的生存与发展都面临着极大的压力。

全球各主要经济体都在寻找如何摆脱这些发展困境的方法，美国、英国、德国、日本和中国等主要工业国家，都陆续推出一系列国家战略，虽然时间不同、侧重不同，但都不约而同地把目光**聚焦到数字化转型领域，**有意支持和引导各类市场主体探索数字化转型的新模式、新业态，鼓励开展技术创新和产业应用，**为经济发展注入“强心剂”，加快形成经济发展新的增长点。**

1.1.2 政策引领

国际看，各主要经济体纷纷出台数字化战略，期望利用数字化转型增强传统产业竞争力。德国积极践行“工业 4.0”出台《“创新德国”未来一揽子研究计划》，投资科学、研究和未来技术，同时借助德国人工智能战略提升德国和欧洲人工智能技术的竞争力；**美国**发布《关键与新兴技术国家战略》，在通信及网络技术、数据科学及存储、区块链技术、人机交互等领域构建技术同盟，保持世界领导者地位；**欧盟**委员会提出了“2030 数字罗盘”计划，为未来十年欧洲成功实现数字化转型指明了方向；**英国**发布《国家数字战略》，旨在进一步推动数据在政府、企业、社会中的使用，并通过数据的使用推动创新，提高生产力，创造新的创业和就业机会；**法国**发布《使法国成为突破性技术主导的经济体》报告，遴选出法国有领先潜力且需要国家集中战略支持的市场，并开发与数字化解决方案相适应的技术和服务；**日本**发布《科学与技术基本计划第六版》，适应新形势并推进数字化转型，构建富有韧性的经济结构，在世界范围内率先实现超智能社会 5.0；**韩国**政府提出了《基于数字的产业创新发展战略》，以“数字 + 制造业”为核心，提高韩国优势制造业中产业数据利用率，增强韩国制造

业的竞争力。

表 1　世界各主要经济体数字化战略布局

国家或组织	政策	目标
美国	《关键与新兴技术国家战略》（2020 年 10 月）	美国要成为关键和新兴技术的世界领导者，并构建技术同盟，实现技术风险管理。其中包括通信及网络技术、数据科学及存储、区块链技术、人机交互等。
加拿大	《重启、复苏和重新构想加拿大人的繁荣：构建数字化、可持续和创新性经济的宏伟增长计划》（2020 年 12 月）	创造包容性增长轨道，投资数字和物理的战略性基础设施，成为数字和数据驱动的经济。
欧盟	“2030 数字罗盘”计划（2021 年 3 月）	一是拥有大量能熟练使用数字技术的公民和高度专业的数字人才队伍。 二是构建安全、高性能和可持续的数字基础设施。到 2030 年，生产出欧洲第一台量子计算机等。 三是致力于企业数字化转型。到 2030 年，四分之三的欧盟企业应使用云计算服务、大数据和人工智能。 四是大力推进公共服务的数字化。到 2030 年，所有关键公共服务都应提供在线服务；所有公民都将能访问自己的电子医疗记录。
英国	《国家数据战略》（2020 年 9 月）	推动数据在政府、企业、社会中的使用，并通过数据的使用推动创新，提高生产力，创造新的创业和就业机会，改善公共服务。
德国	《“创新德国”未来一揽子研究计划》（2020 年 6 月）	投资科学、研究和未来技术： 至 2025 年，增加对人工智能的投入从原计划的 30 亿欧元到 50 亿欧元。借助《德国人工智能战略》为欧洲人工智能网络和“人工智能欧洲制造”的竞争力奠定基础。

国家或组织	政策	目标
法国	《使法国成为突破性技术主导的经济体》（2020 年 2 月）	遴选出法国有领先潜力且需要国家集中战略支持的市场，包括数字医疗、发展健康数据基础设施与服务；利用健康数据提供诊断预测、预防、个性化随访等数字化解决方案与服务；开发与数字化解决方案相适应的新型保健设备和医疗设备。
俄罗斯	《关于 2030 年前俄罗斯联邦国家发展目标的法令》（2020 年 7 月）	数字化转型部分设立了 4 项指标： 1. 经济和社会领域关键部门达到“数字化成熟”，包括卫生、教育以及国家管理； 2. 在具有社会重要意义的大众服务中，能够以电子形式提供的服务占比提高到 95%； 3. 宽带接入互联网的家庭比例提高到 97%； 4. 信息技术领域的国内解决方案投资增加到 2019 年的 4 倍。
日本	《科学与技术基本计划第六版》（2021 年 3 月）	适应新形势并推进数字化转型，构建富有韧性的经济结构，在世界范围内率先实现超智能社会 5.0。
新加坡	《数字服务计划及标准（DSS）》（2020 年）	全球范围内率先实现全城市的数字孪生建设。
韩国	《基于数字的产业创新发展战略》（2020 年 8 月）	通过制定“数字 + 制造业”创新发展战略，将重点放在韩国的优势产业制造业上，提高制造业中产业数据（产品开发、生产、流通、消费等产业活动全过程中产生的数据）的利用率，以增强韩国主力产业的竞争力。
阿根廷	《国家科技创新 2030 战略规划》（2020 年 11 月）	科学技术交叉融合方面，加大对跨领域交叉学科的支持，增加和创造跨领域技术的发展和效益。

国内看，我国政府高度重视数字经济与实体经济融合，产学研用基本形成数字化转型共识。习近平总书记极具前瞻性、创造性地作出了建设“数字福建”的战略决策，提出了“数字化、网络化、可视化、智慧化”的数字福建建设目标，开创了中国数字化转型的应用实践先河。2015年，习近平总书记在第二届世界互联网大会开幕式上首次提出推进“数字中国”建设，2017年党的十九大把“数字中国”建设提到了国家战略高度，并明确提出要加快建设“数字中国”。2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中，数字化独占一篇，位列第五“加快数字化发展 建设数字中国”，成为未来五年乃至十五年数字化转型发展的行动纲领。**国家发改委**等17部门联合发起“数字化转型伙伴行动”，推行普惠性“上云用数赋智”服务，培育数字经济新业态。**工信部**将出台“两化融合‘十四五’规划”“制造业数字化转型行动计划”，制定行业数字化转型路线图，面向原材料、消费品、安全生产等重点行业领域，培育一批平台和解决方案。**国务院国资委**组织实施国有企业数字化转型专项行动计划，突破关键核心技术，培育数字应用场景，打造行业转型样板。**浙江省**全面实施数字经济“一号工程”，提出要全面推进数字化改革，成为浙江新发展阶段全面深化改革的总抓手。印发《浙江省数字化转型标准化建设方案》，以标准化支撑数字化转型，推动浙江省加快转入高质量发展轨道；**江苏省**推出“关于推动传统制造业数字化转型的建议”，提高制造业设计、制造、管理和服务水平，推动生产方式向数字化、柔性化、智能化转变；**广东省**推进《制造业数字化转型实施方案（2021—2025年）》，“一企一策、一行一策、一园一策、一链一策”支持全省数字化转型；**山东省**实施《数字山东2021行动方案》，打造一批制造业标杆企业、园区、平台及解决方案；**福建省**着力打造“数字应用第一省”，加快建设国家数字经济创新发展试验区（福建）。印发“数字丝路”建设实施方案，为“一带一路”沿线国家和地区的数字化转型升级、数字

产业发展提供新动能。

1.1.3 行业发展

随着新一代信息技术的快速发展，数字化、网络化、智能化已在包括制造业、能源、交通、医疗、教育等几乎所有传统行业中逐渐渗透，并在每个行业中形成了自身的发展趋势，智能制造、智慧能源、无人驾驶、智慧课堂等一系列新模式新业态，正在成为各行各业的新发展主题。行业竞争表现出新的发展形态，一家企业的竞争对手不再只有传统工业企业的老牌竞争者。在数字时代，具备冒险精神的技术型新贵公司（如消费电子领域的小米、汽车行业的特斯拉等）和数字巨头企业（如腾讯、阿里巴巴等），正不断改进商业模式，利用各种数字技术优势，将数据视为差异化资源，把数据分析作为企业核心竞争力，突破传统工业的狭隘边界，成为制造业企业更强大的竞争对手。同时，在行业发展中，并非所有关系都是竞争和对抗，在全新的商业场景中，越来越多的关系将转变为和谐共生、合作共赢。而对制造业企业来说，加快数字化转型进程无疑是增强自身优势、掌握发展主动权的重要手段。

一些企业和研究机构针对数字化转型发展形势纷纷开展研究，**华为**发布《行业数字化转型方法论白皮书》，强调数字化转型是企业战略，强调新一代数字技术深入应用和物理世界与数字世界融合。**阿里云**发布的《新一代数字化转型》中，重视数字驱动，并将数字化转型按照平台、产业链、生态协同相关指标进行分级。**麦肯锡**数字化转型报告，数字化已经极大地改变了组织的运作方式。要想建立数字文化，做到真正的转型，只有通过改变领导团队和一线员工的思维方式和技能来实现。**德勤** 2020 年发布《国企数字化转型全面提质增效》，认为“数字化转型”是运用新兴技术重新想象商业、组织面向未来的一个发展过程。**埃森哲**提出数字化转型是手段不是目的，转型的初心是帮企业解决问题创造价值。以终为始，企

业首先要清楚自己业务或管理的瓶颈所在，有针对性地引入数字技术予以改造。**IDC** 认为数字化转型分为领导力转型、运营模式转型、工作资源转型、全方位体验转型、信息与数据转型五个方面。

表 2　国内外研究机构对制造业数字化转型认识梳理

单位	时间	报告名称	核心内容
华为	2019	行业数字化转型方法论	通过新一代数字技术的深入运用，构建一个全感知、全联接、全场景、全智能的数字世界，进而优化再造物理世界的业务，对传统管理模式、业务模式、商业模式进行创新和重塑，实现业务成功。
德勤	2020	国企数字化转型全面提质增效	“数字化转型”是运用新兴技术重新想象商业、组织面向未来的一个发展过程。
华为 / IDC	2019	拥抱变化，智胜未来——数字平台破局企业数字化转型	针对企业数字化遇到的四重困境，IDC 提出数字化转型三个能力的提升，并通过构建数字化平台助力数字化能力建设。
美国工业互联网联盟	2020	工业数字化转型白皮书	驱动因素：市场、监管、网络效应 关键技术：边缘计算、超链接、数据安全、人工智能等。
阿里云	2019	新一代数字化转型白皮书	在数字化的商业形态和生产运营方式下，数据成为企业最核心的资产，以新技术发现和驱动新的商业场景和业务增量，用数字化技术相匹配的战略模式和机制，确保数字化转型的成功。
埃森哲	2020	中国企业数字转型指数	以智能化运营和数字化创新两大核心数字化能力为维度，对企业的数字化能力成熟度进行评估。

单位	时间	报告名称	核心内容
新华三集团	2020	数字化转型实现之道 数字化转型与实践	“数字大脑计划”，通过人工智能、区块链、数字孪生等技术，助力业务管理的智能决策和业务创新，从而发掘和创造新的商业机会。
普华永道	2020	新形势下，企业如何进行数字化转型	企业数字化转型的“一个不变和四个变”，通过对外部形势的再研判以及对数字化企业的特征分析，帮助传统企业厘清数字化道路上的发展误区。

1.2 转型认识

1.2.1内涵

制造业数字化转型是产业数字化的重要方向。“十四五”规划中对产业数字化作出了清晰的描述，指出要“深化研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等环节的数字化应用，培育发展个性定制、柔性制造等新模式，加快产业园区数字化改造。”制造业数字化转型是利用新一代信息技术，加速数据的自动流动，实现制造业全要素、全产业链、全价值链的全面连接，推动制造业企业形态、生产方式发生根本性变革的程度和过程。既包括企业内部研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等各环节的数字化技术和工具的应用，也包括企业间供应链产业链数字化协同以及文化、教育、服务等制造业数字化生态构建。

第五篇　第十五章　第三节　推进产业数字化转型

实施“上云用数赋智”行动，推动数据赋能全产业链协同转型。在重点行业和区域建设若干国际水准的工业互联网平台和数

字化转型促进中心，**深化研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等环节的数字化应用，培育发展个性定制、柔性制造等新模式，加快产业园区数字化改造**。深入推进服务业数字化转型，培育众包设计、智慧物流、新零售等新增长点。加快发展智慧农业，推进农业生产经营和管理服务数字化改造。

——引自《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

数字化转型与传统信息化的主要区别在于：一方面传统信息化主要含义是“流程”的信息化，而数字化的主要含义是构建“业务数字化、数字资产化、资产服务化、服务业务化”闭环，通过数字化技术能力反哺业务。因此信息化主要负责部门是IT部门，而数字化，主要对象部门为业务部门，并且是“一把手”工程，须从企业最高领导人转型开始。另一方面，传统信息化更多关注的是人和流程，而数字化强调的是人、物理世界、数字世界的连通与联动，在数字世界构建一个第三维数字空间，数字空间的数据和模型控制物理世界的实体，也就是产品的整个生产制造过程，最终服务于人，这是制造业数字化转型的核心。

1.2.2 过程

推进制造业数字化转型可以形象地比喻为**“育珠、串链、结网”**三个方面。“育珠”即培育数字化企业。利用数字化手段重塑企业的业务模式、技术范式、组织方式和文化意识，降低企业研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等过程中的不确定性，提升企业竞争力。“串链”即构建数字化供应链产业链，增强供应链产业链的弹性和韧性，抵御断链、移链等

风险，保障可持续发展。“结网”即打造制造业数字化生态，通过建设数字化基础设施，提供全面的数字化配套服务，打造数字化集群，构建数字化网络生态，承接高频并发创新落地，发展新模式新业态。

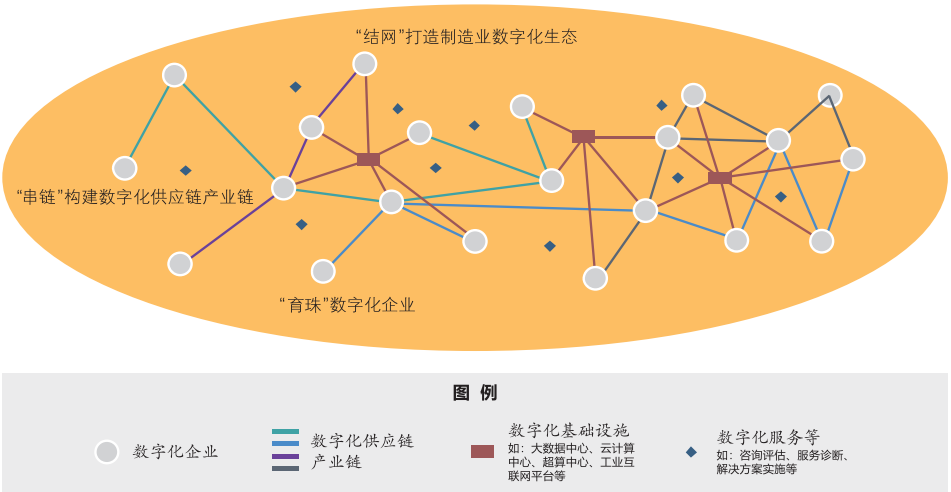


图1 制造业数字化转型生态

“育珠”—培育数字化企业。企业数字化转型是制造业数字化转型的重要基石。企业生产和发展的根本目标是要实现可持续盈利，**一方面，**要坚持创新驱动，拓展新的价值增长点。约瑟夫·熊彼特[①]认为，所谓创新就是要“建立一种新的生产函数”，就是要把一种从来没有的关于生产要素和生产条件的“新组合”引进生产体系中去，包括：引进新技术；引进新产品；开辟新市场；控制原材料或半成品的新的供应来源。在数字化时代，数据将成为新的生产要素，成为进入到生产体系中的新变量，这将为

① 约瑟夫·熊彼特（1883—1950 年），美籍奥地利经济学家，当代资产阶级经济学界主要代表人物之一，被誉为“创新理论”鼻祖。代表作有《经济发展理论》《资本主义、社会主义与民主》。

企业带来新的业务经营模式和业务增长点。**另一方面，**要不断降低企业自身生产成本、管理成本、交易成本。数字化转型的过程，也是加快数字技术与企业研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等环节深度融合的过程，通过构建数字化样机，实施智能制造，建设工业互联网平台，实现降低企业各类经营成本的目的。

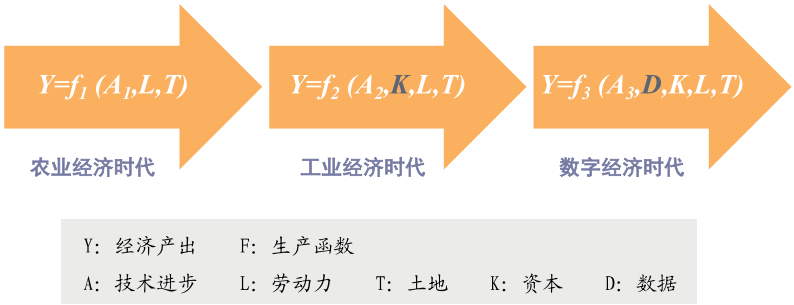


图2 生产函数变迁

“串链”— 构建数字化供应链产业链。在企业数字化转型的基础上，“串珠成链”，构建自主、完整并富有韧性和弹性的供应链产业链，是制造业数字化转型的关键。**一方面，**要提升供应链数字化管理水平。德勤报告显示，80% 的企业认为，数字供应链未来 5 年将占据主导地位，16% 的企业认为数字供应链已经占据统治地位。将与供应链建设运行有关的数据形成有价值的资源，通过数字化运营进行精准分析、科学决策，提供最优化方案。积累沉淀形成数据资产，提升数字化供应链创新能力和价值。**另一方面，**要加强产业链数字化配套升级。通过优化产业结构布局，突破产业边界与上下游的产业进行融合，强化产业协作、风险预警与应急处理能力，形成更灵活稳定的产业链。

“结网”— 打造数字化生态。在数字化供应链产业链基础上，“织链结网”构建数字化生态。数字化生态建设即是制造业数字化转型的要素保障。数字化生态需要各级政府、企业、科研院所、用户等利益相关方共同

打造，以数字化企业为主体，发挥数字化基础设施的枢纽作用，汇聚数字化生态建设参与者各方物质、资金、信息、人才等要素流通的核心数据，通过数字化、网络化、智能化的技术和服务手段，驱动数据资源在利益相关方之间形成闭环流动。加强数据、流程、组织和技术等要素的协同创新，全面推进数字化转型升级。

制造业数字化转型的基础和实施主体是企业，本报告重点聚焦培育数字化转型企业开展研究。

1.2.3 挑战

制造企业的数字化转型目标是在不断变革发展的内外部环境中，保持更强健、更持续的生命力和竞争力。要实现转型目标，认清目前存在的问题和困难是重中之重。主要包括以下几个方面：

跨界融合难。缺乏跨部门、跨领域以及跨企业的协调融合能力，转型企业的潜能不能最大化，变革的速度也受限。企业内部业务战略的数字化转型，需要同时跨多个部门，分工、组织、协调等都异常困难。产业层面的数字化转型，更是需要供应链产业链上下游企业之间联合协作、合作共赢。而在分工日益精细化的今天，这种新的跨界融合往往较难实现。

战略规划少。缺乏明确的战略转型和实施路线图。企业或组织数字化转型缺乏整体性的战略规划，导致对未来数字化的方向与愿景不甚明晰，对企业当前数字化水平认知不足，从而无法客观地判断两者间的差距，确定所需补强的能力。战术上，价值链的单个环节迈的步伐大，但其他环节没有加入，最终导致达不到最终转型效果。

创新协作弱。数字化意味着企业亟需提升创新能力。市场经济就是要创造并进而破坏既有的经济结构，这个创造和破坏的过程主要不是通过价格竞争，而是依靠创新竞争实现的。创新的业务模式，必然打破旧有格

局，也面临着人员、技术、现有设备等历史包袱的挑战。数字化的集成，需要在现有基础之上实现多个系统的协作融合，推动创新应用。

人才文化缺。数字人才的短缺是企业数字化转型中面临的一大短板，仅仅掌握信息技术的专才将不再适用。同时，数字化转型也是文化重塑的过程。除了技术的更新，更重要的是敏捷、试错、反思、学习、尊重、平等、用户导向等适合数字化时代的新文化，只有自上而下形成共识，以人为本、服务于人、激发全员主动性才能转型成功。

针对存在的这些数字化转型挑战，对于如何开展适合企业实际情况的数字化转型进阶实践，本报告从转型维度、原则、实践及标准等方面，将给出参考建议。

培育满足市场需求和行业发展的核心业务是企业生存发展的关键，数字化时代需要企业时刻保持更加敏锐的嗅觉与洞察力，保持资源要素配置的弹性和敏捷度，加速传统业务的“因势而变”和新业务的“顺势而为”，弥合快速变化的外部环境带来的“盈利鸿沟”。这需要企业组织方式和技术范式更加灵活和适配，更需要企业文化意识上形成强大的“向心力”，确保行动上的一致性。

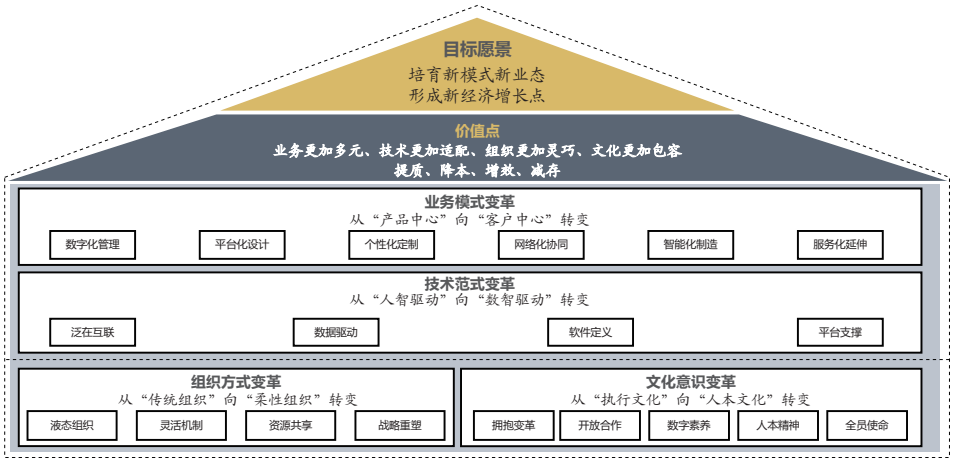


图3 “业务为基、技术为翼、组织为骨、文化为魂”的转型体系

2.1 业务模式：从“产品中心”向“客户中心”转变

在传统封闭的工业技术体系下，制造业商业价值的创造以产品为中心，关注的是产品质量和制造效率的提升。随着商业模式向平台化、共享型转变，产品和服务的内在逻辑也发生变化，“产品即服务、服务即产品”的模式更加凸显。传统业务模式中，往往只有最终的销售环节面向客户。市场对于产品多样化、个性化需求的提升，要求企业实时洞察、满

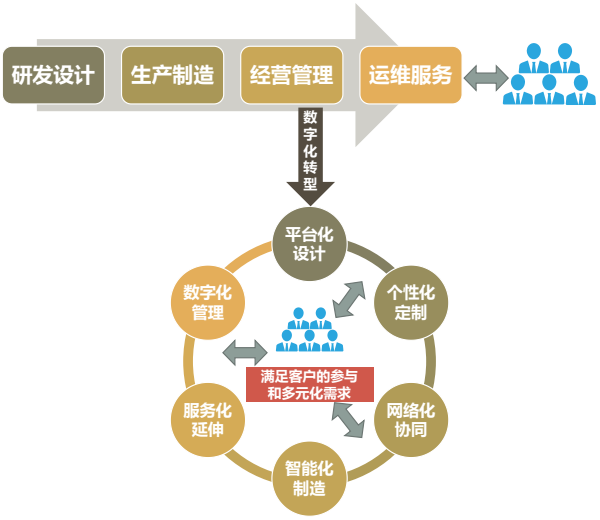


图4 业务模式变革

足客户需求，为客户提供积极的体验，并以客户的视角来看待并优化整个业务，加速从“以产品为中心”转向“以客户为中心”，从规模化转向个性化。这将倒逼企业从产品“运营商”转变为客户“运营商”，从交付产品模式向运营产品模式转变，为客户参与产品的设计、生产、制造、服务等全生命周期打造良好的体验环境，提升产品的内生力，提高客户粘性和忠诚度，进而提高企业利润。业务模式的变革是企业开展数字化转型的出发点和落脚点，是转型价值的直接体现。主要表现为以下方向：

数字化管理。如何通过数字化手段创新业务管理模式，提升产品和服务的质量、打造极致的客户体验，是每个数字化时代企业都需要解决的问题。企业基于对生产运营中产生的数据进行挖掘和利用，将自身业务通过数字化手段呈现、优化和管理，为企业的战略决策、运营管理、市场服务等业务活动提供指导，提升企业精准服务的能力和行业竞争力，成为企业培育新模式、新业态的强大引擎。

平台化设计。平台化是一种实现连接和共享的架构方式，是提升研发设计效率和质量的有效手段。通过运用云计算、数字孪生等技术，将产品在物理空间内的信息进行数字化、可视化表达，模拟分析产品在不同工况下的状态，得到对应的参数数据，并通过平台企业整合供需双方和设计资源，开展集成化、轻量化、协同化、敏捷化设计，基于先验数据对物理实体的孪生预测，大幅降低企业试错成本，推进新技术产业化和新产品落地。

个性化定制。面对更加多样化、个性化及快速变化的客户需求，通过客户交互定制平台和资源平台为客户提供个性化定制体验，推进敏捷开发、柔性制造、精准交付等模式，增强客户全流程参与度，提升客户体验满意度。利用互联网精准对接客户个性化需求这一特点，实现企业研发、生产、服务和商业模式之间的数据贯通，促进供给与需求的精准匹配，实现制造企业和客户价值的共同创造。

网络化协同。伴随着产品分工日益细化，产品复杂程度日趋提升，业务集成的广度和深度大幅拓展，依靠单个企业、单个部门也无法覆盖企业的业务创新和生产活动。通过网络化平台整合分散的生产、供应链和销售资源，实现跨部门、跨层级的业务互联与分工合作，推动生产方式由线性链式向网络协同转变，促进企业资源共享、业务优化和效率提升。

智能化制造。以数字化为核心，以数据驱动为基础，采用智能化手段突破生产制造中的瓶颈问题。利用生产制造环节的自感知、自学习、自决策、自执行、自适应，对生产现场“人机料法环”多源异构数据的全面采集和深度分析，发现并消除导致效率瓶颈与产品缺陷的深层次原因，减少制造过程中的不确定性，不断提高生产效率及产品质量，提质降本降耗增效。

服务化延伸。企业依托平台实现对产品售后使用环节的数据打通，深度挖掘工业数据及其背后价值，探索基于产品使用行为大数据分析、产品增值服务、产品远程运维等新型业务模式，实现从“产品”到“产品＋服务”的转变，同时依靠用户数据驱动产品的持续优化变革，实现企业沿价值链向高附加值环节延伸。

2.2 技术范式：从“人智驱动”向“数智驱动”转变

数字化技术促进了人与物、物与物、人与人之间的连接，突破了传统物理层面连接方式和数量的限制，泛在连接和跨域协作形成了海量的数据资产。数据作为新的生产要素将为企业的生产、组织和运营带来了新的价值创造。基于对海量工业数据的采集、分析、治理及共享，并综合大数据、云计算、数字孪生等技术积累的专家经验、建立的知识库、沉淀的工

模式	定义	感知	分析	决策	执行
人智	企业运用数字孪生、大数据等信息技术、不断将工艺知识、工业经验、机理模型等进行数字化沉淀，充分实现物理空间在信息空间的映射，但仍然依赖人进行决策。	通过传感器、RFID等方式采集数据。	通过上下限、坏值剔除等方式进行数据筛选，并转换成有逻辑的信息展示，人基于经验和机器状态进行决策。		人操作机器、软件等执行。
		机器 / 人	数据 / 人		机器 / 人
辅智	企业建立知识库、专家系统等，机器基于数据分析模型，识别出未知问题提示人进行决策。	面向已知问题的数据采集。	建立知识库、专家系统等，机器基于已有的知识进行决策处理，并通过数据分析模型等对未知问题进行识别，提示人进行处理。		已知问题机器自动执行，未知问题人操作机器控制。
		机器 / 人	数据 / 人		机器 / 人
混智	企业建立机理模型、数据分析模型以及模型间的关系，机器对未知问题给出决策建议。	以需求为导向的数据采集，异构数据融合。	建立机理模型、数据分析模型以及模型间的关系，个体模型能在信息空间进行协作：已知问题机器基于知识库决策处理，未知问题由机器基于模型给出建议，达到人机协同。		已知问题机器自动执行，未知问题由机器驱动人共同执行。
		机器 / 人	数据 / 人		机器 / 人
数智	企业建立高级模型分析，进行多对象多目标分析，机器能够自主处理未知问题。	基于业务需求，自主调整数据采集的数量、频率、内容。	建立高级模型分析，模型间通过特征关联、协同推演等方式进行多对象多目标分析：已知问题机器基于知识库决策处理，未知问题机器可根据物理空间的变化自主处理。		已知问题机器自动执行，未知问题机器自动控制。
		机器	数据 / 人		机器 / 人

图5 技术范式变革（——引自《信息物理系统建设指南（2020）》）

艺机理模型，推动生产决策从“人智”不断发展为机器“辅智、混智”，并向“数智”演进，提升资源优化配置效率。技术范式的转型变革主要表现为以下方向：

泛在互联。依靠低成本的传感器网络，建立全面、实时、高效的数据采集体系，提升异构工业数据的网络互通能力，支撑多元工业数据的采集，实现企业对工业现场“哑设备、哑岗位”的数字化改造，推动工业设备跨协议互通、跨设备互联、跨域互理解进程，实现数字化转型背景下的全要素全面连接。

数据驱动。通过生产经营等各流程数据的自由流动，实现科学决策和对资源配置的优化，从而达到全要素生产率提高的目的。在数据接入层、传输层、存储处理层和业务分析层，需要具备较为全面的数据运算、分析、统计、展现功能的集成化软硬件工具，以数据驱动企业的创新、生产和决策。

软件定义。软件是构建数据自由流动的规则体系。软件定义的核心是实现“硬件资源的软件化”，提升资源的弹性和灵活性。同时软件定义打破了传统的生产流程，通过重构一个虚拟制造空间，实现研发、设计、仿真、实验、制造、服务全流程在虚拟空间的运行，推动制造过程快速迭代、持续优化和效率提升。

平台支撑。平台是连接多方参与的信息服务共享载体，是全要素连接的枢纽，是资源配置的核心。通过平台承载数字化模型和工业 APP，企业可以更高效地实现工业知识的沉淀、传播、复用和价值创造，拓展竞争新赛道，布局产业新方向，整合平台生态资源，实现更广泛、更深层次的价值网络拓展。

2.3 组织方式：从“传统组织”向“柔性组织”转变

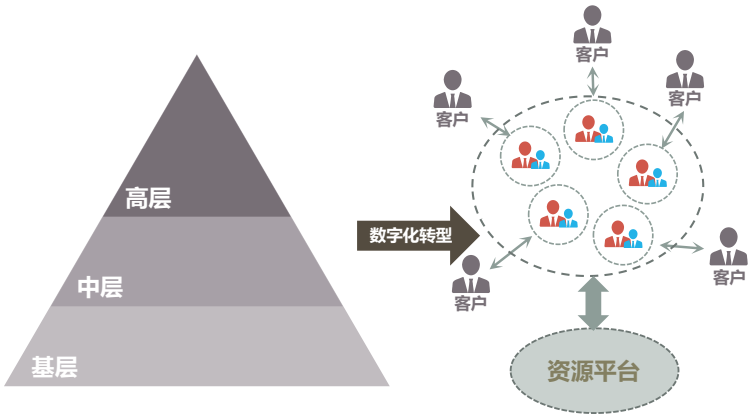


图6 组织方式变革

新业务和新技术的创新实现，需要组织结构、人员结构和行为方式等相应作出调整，支撑新业务新技术的应用落地。传统的“层级式”组织架构，信息从上至下传递效率低，很难适应快节奏的市场变化以及客户对于生产全流程参与的需求。数字化时代，信息的传递更需要“广播式”，每个人都可以成为信息发布的节点，这需要管理者构建新型组织方式为员工提供开放共享、沟通协作的平台，减少信息壁垒，实现降本增效。组织方式的转型变革主要表现为以下方向：

液态组织。液态组织是一种能够自我组织、自我适应的组织形态，在液态组织中，每个员工都成为组织网络上的一个节点，带动企业资源围绕市场变化和客户需求而不断改变自己的组织和驱动方式，提高企业快速响应外部环境变化的敏捷性。液态组织的持续动力不是利益而是思想，企业将从管理走向治理，从以流程为核心，追求有序和高效，走向以人为本，关注成长的动力和可持续性。

灵活机制。高效灵活是企业内部组织结构变革的关键目标。管理者需

要提供更加灵活的管理制度，按照业务板块来划分组织，形成小巧灵动的“特种部队”，绑定职能部门与业务团队的业绩关系，激发组织协同，激励每一位员工主动参与经营，以更快地响应市场、响应产品、更充分地利用有限的资源，从而最大程度地创造价值，降低运行成本，提高运行效率和效益。

资源共享。企业将工艺、知识、创意等技术能力资源以数字化形态置于企业的资源平台中，形成可以共享的资源库，汇聚知识基础、沉淀核心能力、发挥知识洞察价值，服务于每一个“节点员工”、每一支“特种部队”，加速技术成果的产业化。同时聚集技术团队和需求方于同一平台，把共享资源可视化、可量化、可交易化，使共享平台有效运转，助力企业永续经营，同时提升孵化培育能力。

战略重塑。在要素资源配置更加灵活的趋势下，“闭门造车”将会错失用户，无法生存。企业管理者需要树立与客户共同定义新产品、与客户共同创造新业务、与客户共享新价值的企业经营战略，利用灵活的组织和平台资源围绕企业战略自组织、自涌现，让客户需求直达产品研发、设计、生产和服务的创造过程，用企业能力满足用户需求，为用户创造新价值。

2.4 文化意识：从“执行文化”向“人本文化”转变

德鲁克有一句名言：“文化能把战略当早餐吃掉”。法国凯捷咨询公司曾对 8 个国家 340 家企业中 1700 名经理人进行过调研，62%的人认为企业文化是数字化转型第一障碍，由此可见，企业文化在数字化转型中的重要性和建设难度。传统的数字化转型更着重于技术、管理等，而忽视了企业运行的基础要素“人”在数字化转型中发挥的重要作用。企业通过从上至下推行数字化理念，最终的目标是培养企业全员从数字化角度思考问题，用数字化工具解决问题的逻辑，形成企业的数字化文化。企业文化意识的

转型变革主要表现为以下方向：

拥抱变革。企业进行数字化转型的目的就是以高效灵活的战略、组织和运营应对时代的不确定性，这就需要整个组织具备拥抱变革的精神和勇气。在数字化转型过程中，最难的不是具体技术的应用，而是对现有组织、流程、习惯、利益进行变革时存在的困难。数字化转型是企业提升自身竞争力、实现更好发展的必由之路，企业全员一定要从企业大局出发，从企业长远发展出发，培养拥抱变革的文化。

开放合作。在企业内部，要形成真诚、开放、合作的企业文化，通过齐心合力和共同努力，创造更有竞争力的产品和服务，提升企业竞争力。在企业外部，也要发扬开放合作精神，与客户和上下游合作伙伴紧密合作，共建和谐共生的生态圈，构建富有竞争力和可持续性发展的商业模式，为社会的繁荣、进步，为数字经济的蓬勃发展，作出应有的贡献。

数字素养。数据已成为数字经济时代的关键生产要素，算法也成为一种新型生产力。在推进数字化转型过程中，除了重视数据以外，还要提升全员数字素养，在数字优先和数据驱动决策的理念下，充分利用数字化手段和方法，有效地发现、获取、利用数据，优化与提升制造与服务效率与质量。如通过数字孪生技术，在虚拟环境中进行设计、优化产品与管理，减少物理世界因反复试验而造成的物质与时间浪费。

人本精神。人是企业数字化转型的设计者和执行者，是企业文化的核心，也是事关企业数字化转型成功与否的决定性因素。如果仅仅停留在“机器换人”视角、停留在人工智能等纯技术环节，而没有帮助、激发“人”这个企业中最具价值的主体，就会本末倒置，数字化转型很难取得理想的实施效果。树立人为核心、机器服务于人的意识，合理利用自动化、数字化、网络化、智能化等技术手段，解放人的体力与脑力，赋能与拓展人的能力，发挥协同优势，促进人与企业的创新。

全员使命。企业全体员工需要对数字化转型的意义有深刻的认识和充分的理解，数字化转型绝非仅仅是企业领导层甚至是信息化部门的事情，需要全员的共同努力，只有全员深刻理解数字化转型的重大意义并在日常工作中认真践行，群策群力，才能成功实现企业数字化转型。

图7 制造业数字化转型原则

3.1 战略引领：数字化转型不是可选题而是必选题

疫情期间，在传统业务受到极大冲击被迫按下“暂停键”之时，企业全面数字化转型却按下了“快进键”。疫情下实现业务增长的要么是“数字化原住民”企业，要么是“数字化新移民”企业，而那些“数字化贫民”企业则面临着束手无策甚至被迫倒闭的困境。越来越多的制造企业直观、深切地感受到数字化转型带来的显著优势，不再踌躇于“要不要”转型，更加深入思考“转什么”、“怎么转”。数字化转型不能只停留在技术手段上的改进，而要上升为关乎企业未来生存发展的经营战略层面加以部署，以数字化转型战略引领企业转型升级。

3.2 顶层挂帅：数字化转型需坚持“一把手”工程

数字化转型是企业战略层面的转型，这就从客观上需要企业“一把手”从整个企业发展的视角进行取舍，不可能交由执行层“越俎代庖”。同时，数字化转型涉及组织、流程、业务、部门协作等一系列变革，涉及员工思想转变、管理优化、利益再分配等方方面面，没有“一把手”强有力的支持，只靠业务部门修修补补，往往举步维艰，最终将无疾而终归于失败。更为重要的是，数字化转型实际上是“一把手”的一场自我革命之旅，“一把手”要有自我否定的勇气，摒弃路径依赖，重塑对企业发展与生存的认知。

3.3 标准先行：数字化转型第一要务是实现标准化

国家层面，标准上的持续高速突破为我国实现 3G 跟跑、4G 并跑、5G 领跑奠定了坚实的基础。同样的经验也适用于数字化时代。通过术语定义、参考架构、评估模型等基础性标准的规范，新概念和新技术才能得以真正的实施，凝聚行业共识形成合力加速数字化转型，避免出现“先乱后治”的发展怪圈。企业层面，在着手实施数字化改造之前，需要企业在企业内部率先完成标准化，编制起一套企业内部的数据字典，建立统一的数据标准体系，为实现企业内各类数据的互联互通互理解提供保障。

3.4 数字思维：比“机器换人”更重要是“数字换脑”

数字化转型不是简单的“机器换人”，技术赋能不等于技术万能。盲目追求新技术、新设备、新模式的应用，只会是为了数字化而数字化、为了转而转。任何再智能、再先进的技术和手段归根结底都是服务于人的需求。麦肯锡研究报告显示一般企业数字化转型失败率达 80%，其中，文化

是企业认为影响数字化转型有效性的最大障碍。企业需高度重视全员数字化素养的培育，把数字优先思想贯穿到企业精神文化、制度文化和物质文化建设全过程，激发全员在面对实际问题时，从“能用、会用”向“想用、爱用”数字化手段转变的能动性。

3.5 分步实施：数字化转型需要分阶段“私人定制”

数字化转型没有针对所有行业和企业的“标准答案”，每一家企业在数字化进程中都需要探索属于自己的转型之路。在实施转型前，企业首先要拥有顶层战略规划和长远清晰的转型目标，而在制定具体的转型路线和实施计划过程中，更需要企业结合自身发展情况以及在数字化转型中遇到的难点痛点作为转型切入点，个性化地制定符合企业和行业特点的数字化转型实施计划。在转型过程中，企业通过分阶段推进数字化转型计划，在实施过程中不断对路线图进行优化和完善，从而由点及面地推行企业数字化转型。

3.6 持续改进：数字化转型只有进行时没有完成时

数字化转型不是一个短期上线的实施项目，而是一个持续迭代的系统工程。由于行业属性、企业规模和数字化基础等因素不同，不同企业可能处于数字化转型的不同阶段，但都需不断进行“目标 - 方案 - 执行 - 改进”的循环往复。数字化转型虽是一条曲折崎岖的道路，但也是一条越走越宽、越走越平坦的道路。数字化转型也并非想象中那么难，不是推倒之前的投入从头开始，企业正在做的一切有关智能制造、工业互联网、两化融合的实践，只要能够有利于提质、降本、增效、减存，为客户创造价值、为企业带来新的经济增长点，皆为践行数字化转型。

企业数字化转型路径既非一蹴而就也非千篇一律，但却有规律可循。综合大量行业数字化转型的实践案例，本章归纳出制造业企业数字化转型基础通用的**单点应用、局部优化、体系融合、生态重构**四个层面的实践路径，并在业务模式、技术范式、组织方式、文化意识四个转型维度提炼了其中具有通用性、普适性的关键能力要素，结合转型驱动的不同执行源动力，构建了制造业数字化转型的**通用能力“海星”象限图**。值得注意的是，数字化转型的四个层面之间并非互相隔离，而是存在应用基础、交叉和升级的关系。

制造业数字化转型通用能力“海星”象限，旨在帮助开展不同转型实践的企业精准定位自身数字化转型能力的发展状态，明确转型提升的具体

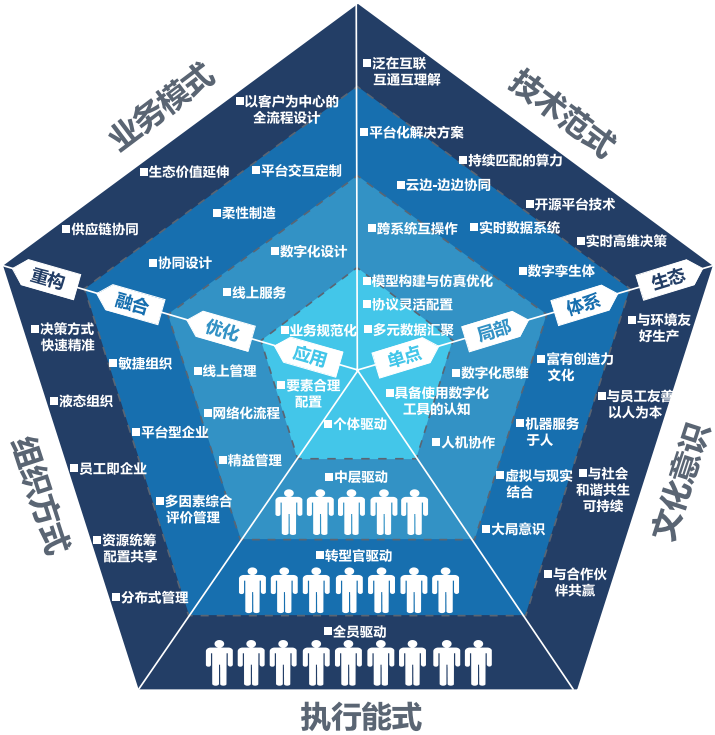


图8 制造业数字化转型通用能力“海星”象限

发展方向和进阶路径，企业可以对照自身在数字化转型过程中达到的能力状态，判断自身数字化转型的综合水平，并明确下一步提升的具体方向和路径。同时在实践中不断提升转型认识、明确转型目标，提升企业数字化战略推进的信心，**定制适合企业自身发展的“专属”转型之路**。

进阶实践可以指导企业转型的发展方向，落地实施还需要形成具体的、可执行的数字化转型建设方案，将理论与方法转化成切实的业务价值，从而帮助制造业企业实现数字化转型的价值目标。本章结合制造业企业发展现状以及未来趋势，在每一进阶实践部分梳理总结了行业典型的转型实施成功案例，以供企业在寻求适合自身发展的数字化转型进阶路径上提供实施性参考。

4.1 单点应用——“数字化投入如何快速给我带来收益？”

4.1.1 实践描述

单点应用的目标是实现企业关键业务环节的数字化表达，关注点在于通过数字化工具和设备投入，实现某一环节的数据汇聚和互联互通互操作，基于数据解决实际遇到的单点问题。

单点应用的主要特征体现在企业研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等某个环节的数字化实践应用上。单点应用的突破点需要抽象出高频重复、成本低、收益大且相对独立的业务场景，把握数据这一核心驱动要素，从采集、汇聚、分析到沉淀，将数据的价值融合到企业关键环节活动中，从流程驱动转向数据驱动。单点应用对于数字化能力基础薄弱或数字化资金投入能力有限的企业，能够帮助其在短期内投入最小成本收获较大价值，带来明显收益或困境改观。

4.1.2 能力要素

单点应用转型实践在“海星”象限中的数字化能力要素主要体现在以下五个方面：

业务域：结合公司战略要求，在研发、生产、销售、供应链（采购、仓储、物流）、设备、安环、质量等环节中实施数字化改造，加强运营精细化管理，减少重复提升效率，利用数字化方法实现业务流程化、行为标准化、控制过程化、决策程序化，推动业务规范化建设。

技术域：通过多元数据汇聚、协议灵活配置、数字化建模仿真等赋能技术，实现关键环节业务产线的自动化改造，把握数据对生产运营中关键环节的重要作用，实现关键业务线数据实时采集与互联互通，产品设计和生产服务的数字化等。

组织域：尝试在各部门的职能范围内实现岗位调整、清晰权责、职权优化与业务匹配高效运行，实现组织优化重组，要素合理配置。推动管理指标数据化、措施具体化、考核定量化，奖惩有依据，实现规范化管理。

文化域：以企业生产经营中关键环节的数字化单点应用实践为契机，提升此环节相关人员的数字化基本认知以及对数字化工具和设备的使用能力，逐步养成使用数字化方法的工作习惯，进而实现企业内部更大范围人员的数字素养提升。

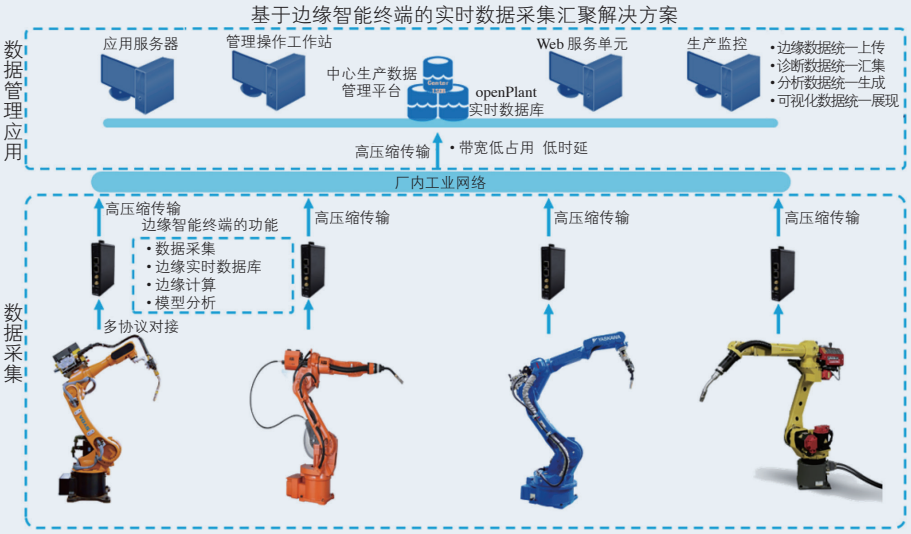
执行域：该阶段以企业内部分员工个体实践为主要驱动，员工在处理具体问题时，考虑尝试或已熟练使用数字化手段优化组织、技术、业务等环节，解决实际问题。

4.1.3 案例说明

案例 1 基于边缘智能终端的数据采集汇聚解决方案

痛点解决：某车厂焊装车间进行焊装机器人实时数据采集：在焊装车身、车体、地板、车门、侧围等焊接环节，应用工业物联网边缘智能终端，解决焊机、焊接机器人厂家品牌较多、协议对接困难、焊机无法联网、人工抄录数据效率低下、数据分析不准确的问题。

方法工具：采用上海麦杰边缘智能终端与来自不同厂家生产的焊接机器人进行协议对接，采集焊接电流、电阻、热量值等与焊接质量相关的实时数据，先将所采集实时数据在边缘端进行数据预处理和分析，再将需要的数据或分析结果上传到厂级实时数据服务器。麦杰边缘智能终端内置可灵活配置对接协议的采集服务软件和边缘实时数据库，因此，全量数据可以保存在边缘端，只需上传部分必要数据至厂级服务器端即可，该方案将单体实时计算模型下沉，减轻了中心端存储压力和实时 IO 压力，在很大程度上降低了上层服务器的计算压力，



麦杰边缘端 openPlant® 实时数据库和中心端 openPlant® 实时数据库间的数据交互采用高压缩比的数据传输，对网络带宽占用少。

应用成效：焊接机器人实时数据汇聚之后，可解决焊装车间焊点质量追溯的数据来源问题，灵活的协议对接解决了工厂设备繁多、控制器协议和接口种类不一的问题，数据联网率从 10% 提高到 90% 以上；一部分计算分析下沉到边缘端，使数据分析效率和实时性实现质的提升，人力投入减少 80% 以上；由于带宽占用低，利用厂内原有工控网络带宽即可满足要求，节省了网络重复建设费用。

案例 2 基于智能生产联动系统的设备互联与数据互通解决方案

痛点解决：解决热处理行业车间生产设备型号多样、货物数据存在“信息孤岛”的问题。

方法工具：中控技术研发与部署面向热处理制造车间的智能生产存发联动系统，完成对设备的互联与集中监控，通过设备数据字典，实现数据的车间级共享，具有客户联动，库炉联动，智能配送等功能。采用 PLC 作为输送系统控制主站，通过现场总线对自动堆垛设备、穿梭车 RGV 和相应设备进行数据采集和控制。系统针对热处理生产过程的高温环境，采用了孔洞识别技术、实时定位技术，可对待制品、半成品、成品的存放位置进行实时记录，便于工作人员掌握实时工况，及时有针对性的进行计划调整。

应用成效：系统实现了生产与物流的全自动协同作业，使晚间无人值守成为可能；设备快速搬运缩短了劳动时间，劳动生产率提高 20%，同时避免了之前人工作业时，疏忽而导致的错误，降低差错率，产品质量提升 5%；作业人数显著降低，生产效率提高，综合成本降低约 10%。

案例3 基于Simdroid平台的数字化建模仿真解决方案

痛点解决：使用数字化建模仿真解决传统LNG储罐结构设计复杂，研发周期长，投资大及可靠性低的问题。

方法工具：云道智造针对超大容积LNG储罐，基于自主研发的Simdroid平台开发了专用的LNG储罐全三维建模与仿真App，为储罐设计与建造建立了数字化设计的标准化过程及方法。该仿真软件实现了LNG全容储罐快速精确建模，以及在各种设计工况下的高效计算与组合，通过仿真获取温度、内力、应力、变形等结果，提取产品性能的评价数据，交由管理者进行决策。

应用成效：在研发设计环节，实现全参数化自动建模，帮助客户高效应对大型LNG储罐设计与建造的挑战，减少工程投资，缩短建设周期；具有面向设计需求的结果呈现与校核，并自动生成计算报告，保障产品的安全和可靠性。

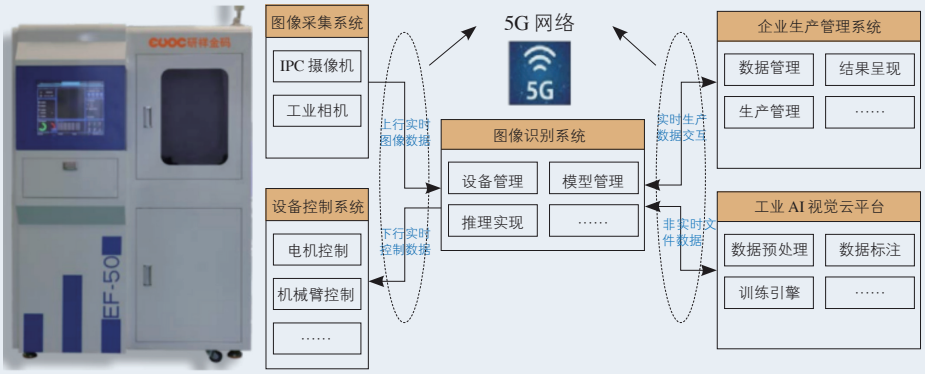
案例4 基于机器视觉的AI VISION+5G智能化检测解决方案

痛点解决：智慧屏、智能电视、液晶面板、显示屏等缺陷检测以及整机功能检测存在产品微小缺陷，人工不易察觉，受人眼感知差异，检测标准不一致，检测数据无法进行实时统计、反馈和追溯，无法对产线进行准确合理调度及维护等问题。

方法工具：研祥面向智慧屏、智能电视、液晶面板、显示屏智能化检测以及智能产线管理需求，开发了高精度机器视觉检测系统和高速信号自动对接系统，将边缘端设备与后端数据引擎通过5G连接，数据引擎对数据进行存储、计算、挖掘和管理，并通过深度学习技术和数据建模技术，实现图像识别、质量缺陷和端口功能检测；通过工业互联网平台，实现现场生产资源的精细化实时管理追溯产品生产数

据，实现生产过程的信息透明化和信息共享，实现生产的各个环节通过网络联动，产品故障诊断及预测，返修、维修等跟踪，从而实现智能生产与调度管理的高效协同，提升企业智能化管理水平。

应用成效：系统以产品质量检测为切入点，通过机器视觉和人工智能技术，快速检测产品点缺陷、线缺陷和面缺陷，检测准确率≥97.5%，快速检测产品端口功能，包括 WIFI、HDMI、VGA、YpbPr、ATV/DTV、AV IN/OUT、LAN、USB、蓝牙等，检测准确率≥99.8%。系统在液晶面板和家电行业国家智能制造示范产线应用，企业生产效率提升 30%，产品质量提升 20%。



4.2 局部优化——“我的企业还需要哪些环节数字化改造？”

4.2.1 实践描述

开展局部优化的目标是借助数字化的手段，将过去局限于某个设备、系统或业务环节的数据进行系统性集成管理，打破信息孤岛，实现跨部门、跨系统和跨业务环节的集成优化，从而达到降本增效的目的。

局部优化以企业关键业务为核心，实现相关多业务环节和流程系统的集成。基于关键设备和业务系统的数据集成共享，开展业务流程优化设计和组织架构调整，形成数据驱动的系统建设、集成、运维和持续改进机制。局部优化对传统的已建立的规则和工业实践发起挑战，是数字化新方案对既有方案的改造升级。局部优化对于具备一定数字化基础的企业，有助于进一步深入开展业务数字化，积累数字化实践经验，为企业的全面数字化打下扎实基础。

4.2.2 能力要素

局部优化转型实践在“海星”象限中的数字化能力要素主要体现在以下五个方面：

业务域：对整个业务流程进行数字化的打通，以客户需求为导向，提升产品增值服务品质、拓展延伸服务价值链，实现线上线下服务协同，为公司业务的转型升级提供新模式，发展新业态。

技术域：利用模型构建、仿真优化、能力输出、数据融合的科学管理和 MES、ERP、PLM 等系统，通过数据跨系统自由流动完成各体系互操作数字化发展，破除“部门墙”、“数据篱”、“流程档”，实现跨部门的系统互通、数据互联，全线打通数据孤岛，实现系统的集成发展。

组织域：推动公司利用线上管理系统，通过管理信息数据的汇聚和流通，实现网络化组织管理流程。配合业务流程的打通和技术系统的集成，优化组织方式和结构，实现快速、高效的精益管理模式。

文化域：通过企业数字化系统集成，使员工的数字化理念进一步加深，逐步增强员工在工作实践中的数字化思维，提升数字化方法解决问题的能力，初步达到人机协作的生产经营状态。

执行域：该阶段以企业内中层管理人员组织实践为主要动力，中层管理者对某条业务线或某一领域进行数字化改造，推动以系统集成为特征的

局部优化落地实践。

4.2.3 案例说明

案例 5 基于生产运行管控集成系统的优化解决方案

痛点解决：某钢帘线公司生产优化项目，解决钢帘线成品良品率低和数字机床运维效率低的问题。

方法工具：东方国信通过 IoT 物联网系统，实现机床设备实时数据的远程联网采集，结合协议转换、工业大数据分析以及大数据场景模型构建与预测等技术手段，将数据整合进各业务系统，打破了系统之间的隔离，完成对设备运行及生产全过程的无缝实时监控，通过对关键 KPI 指标的实时监测，及时获取生产、工艺、设备、质量等维度的运行状态，为生产管控提供有效抓手。通过大数据建模，预判钢帘线断丝等问题，为各级管理人员提供预测吨平断丝次数的辅助决策，提高工作效率。同时，亦可根据预测结果及时更改投放产线，减少产线断丝次数，减少操作人员工作压力，提高产品产量。

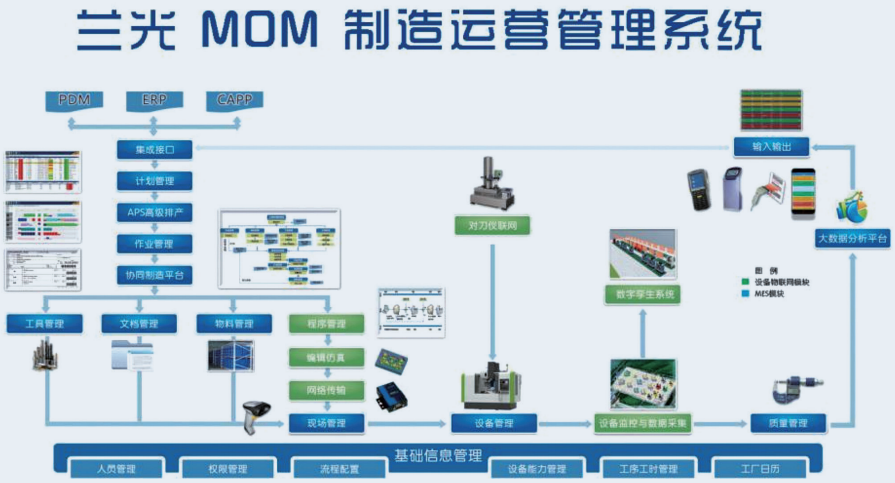
应用成效：通过工业模型与工业 APP 的深化应用，持续优化生产制造过程，实现 OEE 指标平均提高 8%，产品损耗率降低 8%。通过历年检测数据构建断丝预测模型，通过机器学习自动测算原材料断丝指数，降低产品断丝率 15%，提升成品良品率 5%。

案例 6 基于 MOM 制造运营管理系统的效率提升解决方案

痛点解决：离散制造企业往往具有批量小、周期紧、管理复杂、利润率低等特点，在生产中普遍存在计划变更频繁、交期不准、效率不高、质量不稳、生产过程不透明、管理不科学等问题，影响了企业

竞争力。

方法工具：兰光创新以人本精神为指导思想，以“六维智能”为理论框架，以提质增效为核心，研发出了平台化MOM制造运营管理系统。除了通过技术手段优化生产管理提升运营效率，兰光MOM还特别突出强调人的价值，始终将人放在中心位置，体现系统帮助人、服务人的思想。通过“六维智能”，即计划排产智能、过程协同智能、设备互联互通智能、资源管理智能、质量管控智能、管理决策智能等技术手段，将生产者从重复繁重工作中解放出来，极大地减少了他们体力与脑力劳动；通过协同制造等管理思想减少各种工作等待，有效地提升设备利用率，有助于工人获得更多工时和奖金；通过数据流驱动业务流，生产过程透明，任务提前预知，各岗位工作职责清晰，有效避免以往各种扯皮与推责等现象；量化可视化管理方式可以使高效能员工绩效得到及时展现；通过整体上的科学化、精益化、高效化运营，企业经济效益得到明显提升，工人待遇大为改善，工作氛围愉悦融洽，逐渐建成与数字化转型相匹配的企业文化。

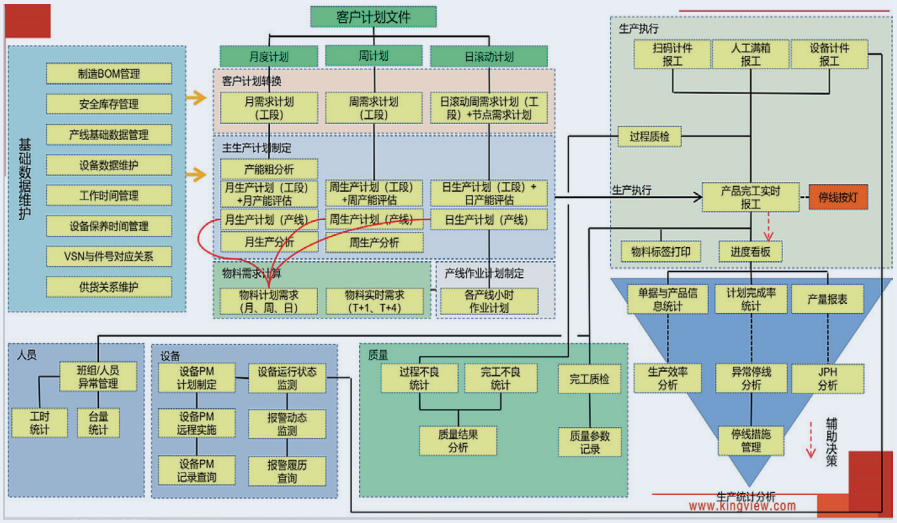


应用成效：目前，兰光 MOM 已经在航空航天、机械制造等上百家企业得到应用，企业生产效率提升 30% 以上，成本降低 20% 以上，并可显著提升产品质量。

案例 7 基于智能排产信息化平台的效率提升解决方案

痛点解决：某汽车集团，依靠传统的人工安排生产计划效率低下，已经无法应对现阶段小批量多品种的市场需求，车间的柔性生产得不到保证，生产过程信息不透明，导致管理人员不能及时掌握生产状态，企业生产效率严重受限。

方法工具：亚控科技通过建立汽车生产信息化平台，以 APS 为核心进行动态排产，自动分解客户需求，依次制定月、周、日生产计划，优化调度工厂的制造资源，合理安排工厂的生产计划。ASL 作业计划下发到车间产线，与 MES 联动，依托设备层数字化设备 + 条码



系统进行自动化完工报工与入库统计，完成实时计划执行与进度联动反馈。精准的实时看板＋安灯系统，搭建工厂的生产信息化、可视化体系。通过报表、图形化、流程化的全景式分析，随时随地查看工厂运行动态，为管理层提供决策支撑。

应用成效：通过该生产信息化平台，实现以用户为中心全流程无缝化交互，自动响应用户个性化订单，计划排产把人工 2-4 小时优化到 10-20 分钟，大大降低了工厂对经验丰富的计划员的依赖程度；提高了计划的控制与响应能力，大幅降低了在制品库存；依据实时数据采集与信息集成，实现车间生产状态“透明化”，整体提升了工厂的运行效率；实现业务流与自动化报表支持，极大地提高了管理效率。

4.3 体系融合——“所有业务都值得数字化手段升级一遍！”

4.3.1 实践描述

开展体系融合的目标是通过工业互联网平台汇集各要素资源，形成支撑能力，关注点在于平台建设，以实现企业全链条业务的优化和协同共享。

体系融合体现在多个环节的协同优化，数字技术应用深入整个企业生产经营全过程，行业级工业互联网平台在此阶段涌现。平台作为该阶段数字化转型的关键基础设施，一方面将管理知识、工艺机理、专家经验等沉淀封装形成可复用、可移植的微服务组件、工业 APP，并结合海量数据分析和决策优化，实现机理模型结合数据科学的智能化，突破原有知识边界和封闭知识体系，带来新的知识；另一方面通过人、机、物的全面互联，打通企业研发设计、生产、供应、销售、服务等各个业务环节，实现各方面资源要素的连接与整合，推动资源的高效配置与内外部的协同优化。体

系融合对于数字化基础能力较好或平台型企业，是实现全链条业务协同的重要方式。

4.3.2 能力要素

体系融合转型实践在“海星”象限中的数字化能力要素主要体现在以下五个方面：

业务域：根据为客户创造价值和公司发展愿景，在平台交互定制、协同设计制造等方面夯实平台功能的全面运用，着力实现所有设备资产、生产过程、管理运营和商业活动等所有业务线的融合贯通。

技术域：深入应用云计算、大数据、物联网、数字孪生等赋能技术，构建工业互联网平台，实现全业务链条数据的互联互通互理解，发展研发、生产、制造、运营及服务的云边协同、边边协同的应用模式，形成平台化解决方案。

组织域：在企业各层面实现岗位优化与专业化整合，构建设计研发质量、生产经营效益等多因素综合评价管理体系，实现灵活快速、持续优化的敏捷型组织架构，推进向平台型企业的转型。

文化域：实现企业数字素养的进一步夯实和富有创造力文化的建设形成。通过虚拟与现实结合的方式提升员工数字化思维，深化机器服务于人的理念，达到文化意识与生产力的高度融合促进。

执行域：该阶段以企业内专门负责数字化转型的管理者（转型官）为主要动力，推动以平台赋能为特征的体系融合落地实践。

4.3.3 案例说明

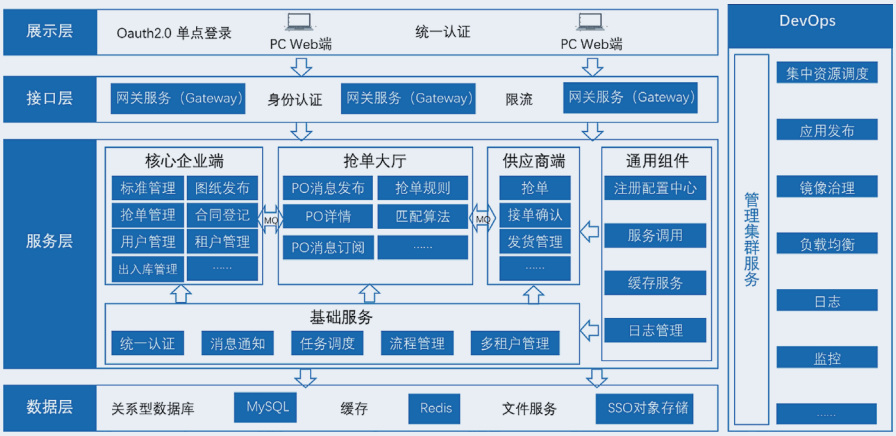
案例 8 基于船舶制造供应链协同平台的效率提升解决方案

痛点解决：效率是企业生存发展之本，然而船舶总装制造企业供

应链环境复杂，上下游间存在大量信息“孤岛”，特别是物料采购品类繁多、供应商众多，但是船厂、供应商及第三方物流之间协同效率却较低，协同生产管理受到严重阻碍，影响供应链整体供给能力。打造供应链协同供应体系成为船舶总装制造数字化转型升级迫切需求。

方法工具：震兑工业通过构建供应链协同平台，围绕船厂设计部、采购部、企划部、总装部、集配部等部门之间以及船厂与供应商之间的协同需求，提供需求量导入、需求量分包、发起抢单、抢单大厅、抢单审核、备货量更新以及基础数据管理、系统管理等功能。其中，核心企业端包括标准管理、图纸发布、抢单管理、合同登记、结算管理、到货预警、出入库管理、租户管理、用户管理等；供应商端包括抢单、接单确认、发货管理、库存管理、结算管理、用户管理等。

应用成效：供应链协同平台作为面向核心企业及其供应商采购、物流、配送协同管理的平台，通过云上系统和多租户模式，实现了物料的线上抢单业务流程，供应商协同纳入线上系统，也实现了物料采购管理由传统线下单源向线上多源采购的转型，提升了协同效率，引入了竞争机制，并有效规避了风险。



案例 9 基于 xIn3Plat 平台的生产现场智能安防管理解决方案

痛点解决：在生产制造企业改造、更新、重组做大做强的过程中，随着生产规模不断扩大、生产工艺不断革新以及技术管理不断进步，传统的依靠人工方式为主的生产安全管理模式，已经不能适应现代企业生产秩序安全高效的需要。例如：生产检维修过程中三方挂牌操作费时费力，效率低下；现场危险区域作业缺乏实时监测，存在重大隐患；生产区域进出人员安全规范无法进行无感甄别，对于已进入作业区的人员难以进行持续的有效跟踪。

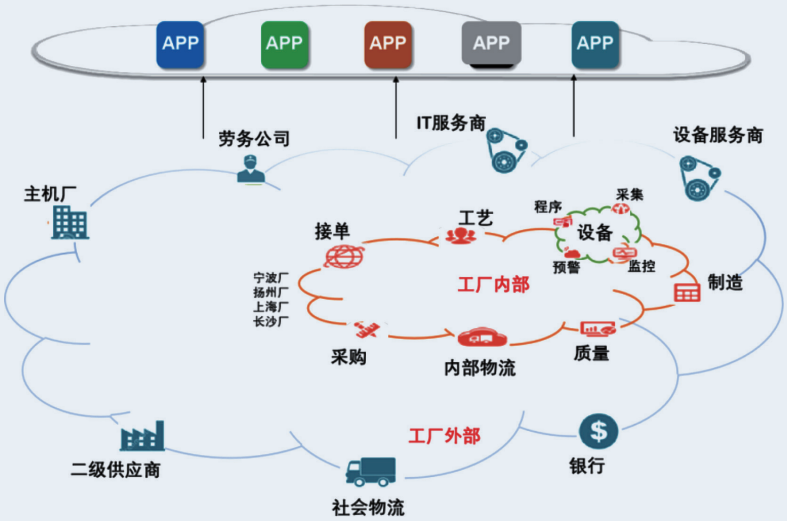
方法工具：宝信软件以“工业互联网 + 安全生产”融合发展理念为指导，基于工业互联网平台 xIn3Plat，打造生产现场智能安防管理解决方案。将物联网、人工智能、AR 作业等先进技术与安全生产业务流程深度融合，围绕人员、设备、生产、仓储、物流、环境等方面，运用移动互联、传感设备、电子 ID 识别、地理空间及人员定位等技术手段，实现了生产现场安全场景可视化，重点区域及危险作业的全过程远程监控数字化、智能化，通过电子挂牌、消防联控等融合应用，满足企业安全预防和安全保护要求，改变过去依靠人工管理的局面，从静态分析向动态感知、事后应急向事前预防、单点防控向全局联防的转变，提升安全管理水平和管理的精度，提高生产安全管理中的统计、分析能力，提升现场安全管理和应急响应的效率。

应用成效：实现生产现场机组区域生产安全管理的信息化和智能化，改变过去依靠人工管理的局面，提升安全管理水平和精度。具体成效体现在缩短挂牌时间，大定修挂牌时间减少 50%，现场作业授权及电子挂牌正确率达到 100%；现场人员区域识读率 99% 以上；现场作业记录全部数字化，减少了现场手工填写工作量，缩短作业时间 50% 以上；有效减少欠维护和过维护，保障设备可用性，降低运维成本。

案例10 基于用友精智工业互联网平台的协同制造解决方案

痛点解决：某汽车零部件有限公司是一家汽车一级配套企业，汽配行业特点是产业链协同要求高，产品种类多、数量大、追溯难，同时需要精细化管理。如何保证从主机厂到一级配套企业再到二级配套企业的物流、信息流、资金流高效敏捷是一个很大的挑战。

方法工具：基于精智工业互联网平台，通过智能物流与仓储，智能调度工具，产业链协同的构建，实现简单、准确、高效的沟通，充分发挥员工效用，实现工厂透明化，提升物流运转效率，优化库存。通过智能网联，提升工厂互联网化，整合已有ERP、HR、OA等系统，提升财务处理效率，减少过程监控统计作业量；联接工厂机器人、焊机、AGV等设备1800多台，实现工厂少人化生产。通过智能报表管控，制造档案网络化，批次追溯，参数监控等智能工具，实现产品制造过程透明化，实时监控产品加工的每一道工序，提升过程监控时效性。解决方案在公司的四家属地工厂进行了推广，用户反馈应用效果良好；应用模式在汽车零部件行业有较强的可推广性。



应用成效：通过精智工业互联网平台，实现了信息共享，提高了沟通效率，降低沟通成本，不用重复录入，减少了出错概率。实现全业务流程的互联网化，智能化，透明化，数据实时化，实现了全部零部件的全流程质量追溯。员工反映工作强度大大降低，普通员工也能对整个车间物流现场了如指掌，提升物流效率与运转质量，更能确保车间的交期与质量。在产量增加 22% 的情况下，却实现了人员减少 31%，缺陷率从 3‰降低到 1‰。

4.4 生态重构——“我未来将是一家什么样的企业？”

4.4.1 实践描述

生态重构的目标在于通过依托工业互联网平台等各类创新载体，打通企业内部、供应链、产业链上下游的信息链、创新链、价值链，实现企业与企业间泛在互联、深度协同、弹性供给、高效配置，开辟多种新型合作路径和商业模式，建立一致价值观企业生态群。重点关注产业生态价值的延伸创造、与合作伙伴和谐共生的可持续发展文化理念。

不断涌现的新技术与新商业模式颠覆了原有的企业竞争格局，企业的持续发展正从竞争逻辑向共生逻辑转变，从单打独斗向合作共进、合作共享、合作共赢的新生态转型。不断挖掘自身优势，转变发展方式，变革发展生态，形成在产业链供应链中极有价值的独特定位，是企业通过数字化转型拥抱变革、应对环境复杂性和不确定性的发展根本。在产业层面，政府（链长）发挥主导和带动作用；头部大型企业（链主）以雄厚的实力和资源控制能力搭建生态平台，吸引企业聚集，在生态内发挥调控作用；中小企业充分发挥自身专业化程度和协作能力的优势，激发市场活性，广泛参与分工；充分发挥企业主体作用，形成高效的产业生态运行模式，打造有机协同，优势互补、合作共赢、持续发展的健康生态。

4.4.2 能力要素

生态重构转型实践在“海星”象限中的数字化能力要素主要体现在以下五个方面：

业务域：以场景化解决方案为撬动的支点，通过对行业的深度理解，提炼行业共性，形成基于痛点需求的全局性创新业务模式，实现以客户为中心的全流程设计，供应链上下游弹性协同，生态价值不断延伸。

技术域：充分释放大数据、云计算、物联网、人工智能等新一代信息技术的基础赋能作用，实现人、物、信息的全方位多层次泛在互联互通互理解。持续匹配的算力提升了数据之间的贯通性、场景之间的连通性以及价值的互通性，实现实时高纬决策，进而打破行业的传统边界。

组织域：重塑企业转型战略，通过构建敏捷型、扁平化的组织结构，实现分布式管理，平台赋能统筹配置优势资源，形成个体及团队自驱动、自组织的管理生态，以支持快速精准的决策方式。

文化域：建立与环境友好生产、与社会和谐共生的绿色健康生态，构建企业友善的员工关系、鼓励个人价值与企业价值的共同实现，拥抱不确定性，以数字素养为基础，打造以人为本、开放合作的企业文化精神。

执行域：该阶段以企业全部员工自发积极拥抱数字化为主要驱动，发挥每一位员工的数字化能动性，每一位员工都将成为企业价值文化的践行者与传播者，企业形态与属性将被重新定义。

4.4.3 案例说明

案例 11 基于海尔智家“三翼鸟”场景品牌的共享生态解决方案

痛点解决：传统家电产业增长面临瓶颈，在向智慧家庭产业转型过程中面临用户需求日益场景化、服务化、个性化，催生了衣食住娱、康养、教育等服务资源的链接整合需求。

方法工具：品牌上，海尔智家在2020年9月发布了“三翼鸟”场景品牌，从家电单品升级到厨房、阳台等12大空间场景的智慧化、服务化解决方案。技术上，构建了贯通用户、企业前中后台、外部生态伙伴的智慧家庭数字基础设施。一是打造海尔智家大脑3.0，用“云+端”方式实现家庭全场景的智慧感知、交互、控制，用软件定义方式实现服务可定制，可升级；二是打造海尔智家体验云，把线下实体店和线上用户资源统和起来，实现用户需求与平台服务无缝对接；三是打造卡奥斯工业互联网平台，大力推进端对端的生产流程再造，实现产销协同。业务上，海尔智家加速推动“场景替代产品、生态覆盖行业”，与1万+合作伙伴共同打造了衣物的“洗护存搭购”、饮食的“吃买存做洗改+健康”等产业生态，持续吸引跨品类、跨行业、跨领域的生态资源方融入，共享生态价值。

应用成效：2020年，三翼鸟场景方案有效带动成套产品销量同比增长41%，其中高端智慧成套销量同比增长63.2%。；体验云平台平均日活120.6万，同比增长546%，帮助线下3万家店实现线上化，完成了100%的乡镇店覆盖；已建成16家互联工厂，海尔中德园区荣获全球唯一德国工业4.0奖，海尔中央空调互联工厂获得国家智能制造标杆企业荣誉称号。

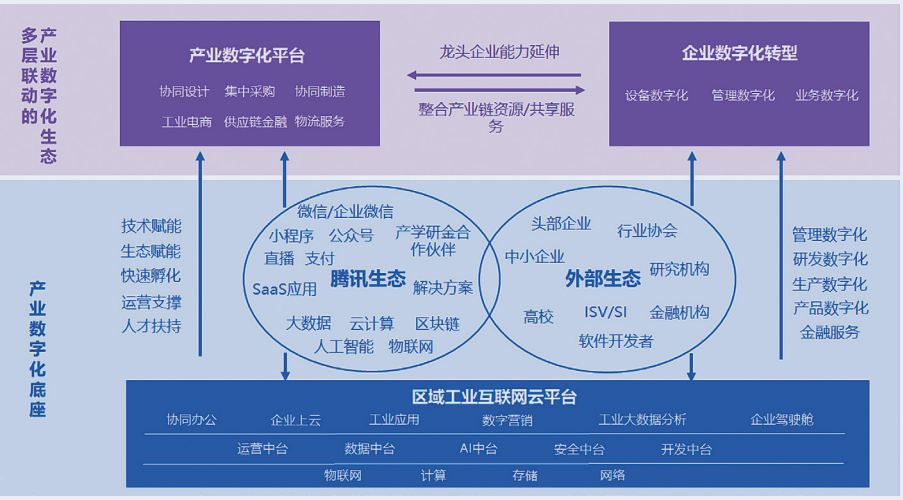
案例12 基于WeMake工业互联网平台的生态共建者解决方案

解决痛点：腾讯WeMake工业互联网平台定位工业互联网的“连接器”、“工具箱”与“生态共建者”，作为国家级双跨平台之一，将自身20多年积累的数字技术能力以及集团生态资源由平台作为统一出口对外输出，发挥工业互联网平台在全面连接、数据汇聚、SaaS化服务、便捷访问等方面的优势，贴身服务好制造业的数字化转

型工作。

方法工具：WeMake 平台以自研的云计算、大数据、AIoT、5G、安全等新一代数字技术为底座，开放工业 AI、移动协同、工业营销三大数字引擎，并充分集成集团资源与生态合作伙伴能力，推出面向“研、产、供、销、服”五大领域的行业解决方案与服务。构建资本、生态与产业的“连接器”，实现资本对接、生态对接、产业对接，创建优秀创新生态。

应用成效：将数字技术以平台化的方式输出给全行业，规模化降低企业云化、数字化、移动化与智能化的门槛：助力企业、产业及地方区域立足全局，以数据驱动企业的整体数字化决策与创新；充分发挥连接能力，全力提升企业端到端协同办公效率，携手 100 家合作伙伴，打造 1000 个行业解决方案，帮助企业实现上下游产业链的全面数字化与互联互通；智慧营销服务让企业有能力全域触达到消费者，获得精准的用户洞察，推进千人千面的个性化服务。



五、标准引领

制造业数字化转型标准是统一转型认识、打通转型通道、提升转型效率、增强转型效果的重要工具，对于解决企业数字化转型升级中的问题、推进转型进阶起到重要作用。为加快企业数字化转型的顶层设计、全局把握和持续发展，必须坚持标准先行，以标准需求为导向，建立健全制造业数字化转型的标准框架，明确重要标准的研制方向。

5.1 标准化基础

制造业数字化转型标准化工作是一项综合性、系统性、全面性的工作。涉及标准涵盖范围广、种类多，与两化融合、智能制造、工业互联网等方向的标准化工作存在一定重合领域，为了充分汲取经验和成果，本文梳理了目前已经开展的标准化工作，国内围绕通用技术主要开展了云计算（GB/T 35301-2017、GB/T 36325-2018、GB/T 37732-2019 等）、大数据（GB/T 35589-2017、GB/T 37721-2019、GB/T 38666-2020 等）、人工智能（GB/T 5271.31-2006 等）、工业云（GB/T 37700-2019、GB/T 37724-2019 等）、区块链（计划号 20173824-T-469、20201612-T-469 等）、智能制造（GB/T 39116-2020、GB/T 39117-2020 等）、信息物理系统（GB/T40020-2021、GB/T40021-2021）等方面的标准化工作，国标主要集中在全国信息技术标准化技术委员会（TC28）和全国信息安全标准化技术委员会（TC260）技术归口。

5.2 标准化需求

随着制造业数字化转型的不断深入，在已开展标准化工作的基础上，结合制造业企业的数字化转型能力进阶状态和实践案例，总结出目前突出存在的痛点问题包括：**数据资源全生命周期管理、数字化企业的业务流程和决策管理、数字化供应链、数字化转型的支撑工具以及转型服务与评价**。因此，制造业数字化转型标准化需求应包含以下五个分类：

- **数据要素类：**对数据采集汇聚、互联互通互理解、共享融合、治理确权等方面的标准化需求，为企业数字化转型的核心驱动要素—数据，提供基础性、全局性的全生命周期数据流转标准框架。
- **数字化企业类：**对企业数字化转型过程中业务和管理方面的标准化需求。针对业务流程中的新模式、新业态的发展，决策管理中的战略、组织、决策和供应链的数字化智能化建设，形成标准或指南，指导企业业务流程和决策管理的变革创新工作。
- **数字化工具类：**对支撑企业数字化转型操作实现方面的标准化需求，针对数据互联互通互理解工具、知识图谱、机理模型库、平台应用及开发环境等方面形成标准或指南，支撑指导企业数字化转型的具体建设、操作工作。
- **数字化供应链：**对数字化转型企业内部及企业间各环节链接的标准化需求，针对供应链上下游的协同稳定、可信度以及风险规避等方面形成标准或指南，指导数字化供应链的规划、建设工作。
- **服务与评价类：**对数字化转型持续发展的服务与评估评价的标准化需求，针对促进和支撑数字化转型的持续快速发展，对服务外包、多维度转型效果的评估评价、数字化人才培训等方面形成标准或指南，指导相关建设工作。

5.3 标准体系框架

5.3.1 构建思路

标准体系是根据使用目的，系统性设计的所需标准的合理组成方案和建立的标准资源的集合，主要包括标准体系框架、标准体系表和标准实体。本报告给出制造业数字化转型标准体系框架的设计参考。

标准体系[①]可划分为三种类型：**技术型**（如云计算、区块链、CPS 等），主要以技术的应用和操作为重点；**产品型**（如工业互联网平台），主要侧重于技术应用和产品服务方面；**过程型**（如两化融合、智能制造等），涵盖范围广、类型多，侧重多个维度分析发展演进过程。基于以上分类特点，制造业数字化转型的标准体系可归属于过程型标准体系。

对于过程型标准体系的构建方法，国际著名标准化理论与实践家魏尔曼最早提出了标准体系三维架构的思想，从多个角度对科学、工程和标准化等概念进行讨论，论述了标准化的目的和作用、标准化的领域和内容，提出了标准化三维空间的概念。此模型采用了时间维、逻辑维、知识维构成的三维架构，三个属性维是相对独立的，三者相互结合而构成的空间立体区域就是标准体系的内容范围。根据魏尔曼三维模型设计方法，得出制造业数字化转型标准体系三维架构。

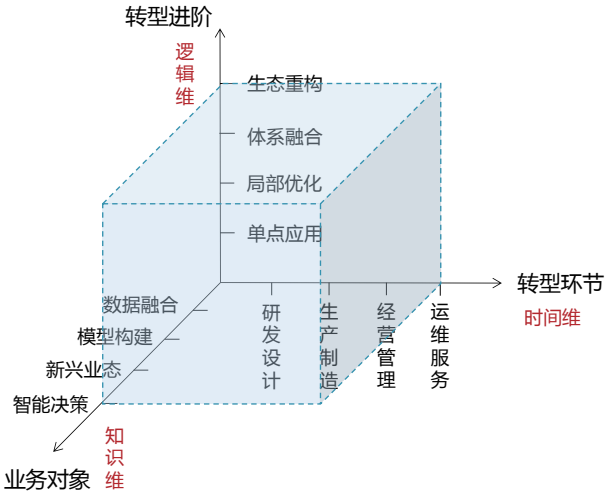


图9 制造业数字化转型标准体系三维架构

①《标准学 — 标准的科学理论》给出了对标准体系的分类、特点、应用和建设的方法论。

- **逻辑维 — 转型进阶：**逻辑上包含制造业数字化转型进阶层次，结合第四章进阶实践部分内容，归纳提炼形成不同层面标准的过程。目标是支撑转型进阶水平的不断提升。
- **知识维 — 业务对象：**从数字化知识发展、沉淀、应用，支持转型升级的角度，划分了不同层次。目标是标准对象范围的逐步上升。
- **时间维 — 转型环节：**对应制造业企业运行的关键环节，可根据实际情况发展不断扩充细化。目标是涵盖技术、管理、服务、工具等类型的标准。

根据三维架构中的三个主体目标，对制造业数字化转型践行过程的范围进行了限定，并依据发展过程形成标准化工作思路。其中包含的标准类别和内容都涵盖在三维模型的虚线长方体内。

5.3.2 标准框架

基于制造业数字化转型标准体系构建方法以及标准化需求分析结果，本报告给出了制造业数字化转型标准框架结构建议。本标准框架由基础共性、通用技术、数据要素、数字化工具、数字化企业、数字化供应链、服务与评价、安全和应用领域九部分组成。围绕“**数据驱动、工具转化、流程再造、决策变革、生态重构、持续改进**”的标准化路线，引导支撑企业开展数字化转型工作。基础共性是转型认识和实施的**基础**，安全是转型实施的**保障**，通用技术是转型实施的**赋能**，数据要素是转型的**驱动**，数字化工具是转型实施的**手段**，数字化企业是转型设计及实施的主体，实现业务数据化和数据业务化，数字化供应链是转型各环节的**链接**，服务与评价支撑转型的**持续改进**，应用领域是标准落地推广的**具体方向**。

1. **基础共性标准：**用于统一制造业数字化转型术语、相关概念及通用要求，为其他各部分标准的制定提供支撑。主要包括术语定义、人才培训要求、测试评估规范等方面的标准。

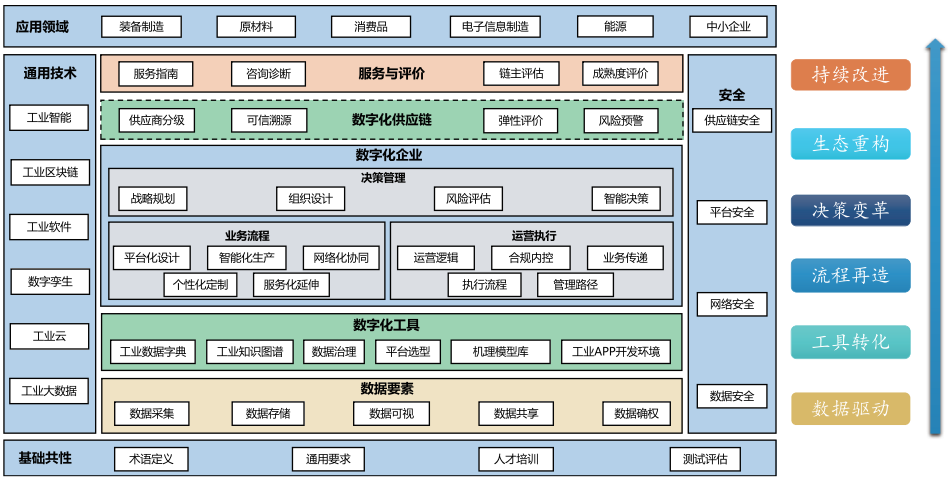


图10 制造业数字化转型标准框架

2. **通用技术标准：**用于指导制造业数字化转型中所使用的通用技术。主要包括工业大数据、工业云、工业区块链、工业智能、数字孪生、工业软件等方面的标准。

3. **数据要素标准：**用于为制造业数字化转型的核心要素数据的全生命周期流动运转提供规范和引导。主要包括数据采集、数据存储、数据可视、数据共享和数据确权等方面的标准。

4. **数字化工具标准：**用于指导制造业数字化转型中使用到的支撑工具。主要包括工业数据字典规范、工业知识图谱、数据治理框架、平台选型指南、机理模型库规范和工业 APP 开发环境要求等方面的标准。

5. **数字化企业标准：**包含业务流程、运营执行和决策管理三部分。

业务流程（业务数据化）主要用于规范制造业数字化转型业务流程的变革。包括平台设计、个性定制、网络协同、智能生产和服务延伸等方面的标准。

运营执行（运营数据化）主要用于规范制造业数字化转型运营流程的变革。包括运营逻辑、合规内控、管理路径、执行流程、智能执行和业务

传递等方面的标准。

决策管理（数据业务化）主要用于规范制造业数字化转型决策管理的变革。包括战略规划、组织设计、风险评估、智能决策等方面的标准。

6.**数字化供应链标准：**用于为制造业数字化转型中供应链数字化提供规范和引导。主要包括供应链弹性稳定评价、风险预测预警、供应商分级和可信溯源等方面的标准。

7.**服务与评价标准：**用于指导制造业数字化转型的持续改进。主要包括服务指南、服务咨询诊断、“链主”企业评估和企业成熟度评价等方面的标准。

8.**安全标准：**用于指导实现制造业数字化转型的安全保障。主要包括数据安全、网络安全、平台安全和供应链安全等方面的标准。

9.**应用领域：**用于指导制造业数字化转型的标准落地推广的具体领域。主要包括装备制造、原材料、消费品、电子信息制造、能源和中小企业六大领域的应用。

5.4 重点标准研制

以标准框架为基础，通过研究分析制造业数字化转型领域已有标准，结合管理、业务、技术等转型维度的发展趋势，提出直接反映数字化转型特征，并能引导和规范企业数字化转型的**四个重点标准方向**，以指导具体标准的立项和制定。对尚未纳入标准研制方向但在上述标准框架中列出的，是下一步开展标准工作的重点研究方向。

一、数据基础类：工业互联网平台数据字典、工业设备接入数据字典；

二、技术应用类：工业 APP 可视化开发环境通用要求、工业 APP 接口规范、平台开放应用编程接口规范、工业微服务接口基本要求、异构协议兼容适配指南、微服务参考框架等；

三、业务指南类：工业互联网平台选型指南、中小企业数字化转型应用指南、工业互联网平台应用实施的数字化管理、智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化延伸方面的指南等；

四、服务与评价类：工业互联网平台供应链弹性评价指南、供应商分级分类指南、工业企业上云效果评价、工业 APP 测试规范等。

为更好的服务地方各级政府部门推动制造业数字化转型落地，结合地方实际情况，加快数字化转型进程，按照**“企业主体、因地制宜、以评促建、分类支持”**的原则，提出了地方推进数字化转型的参考实施方案，协同推进数字产业化和产业数字化。

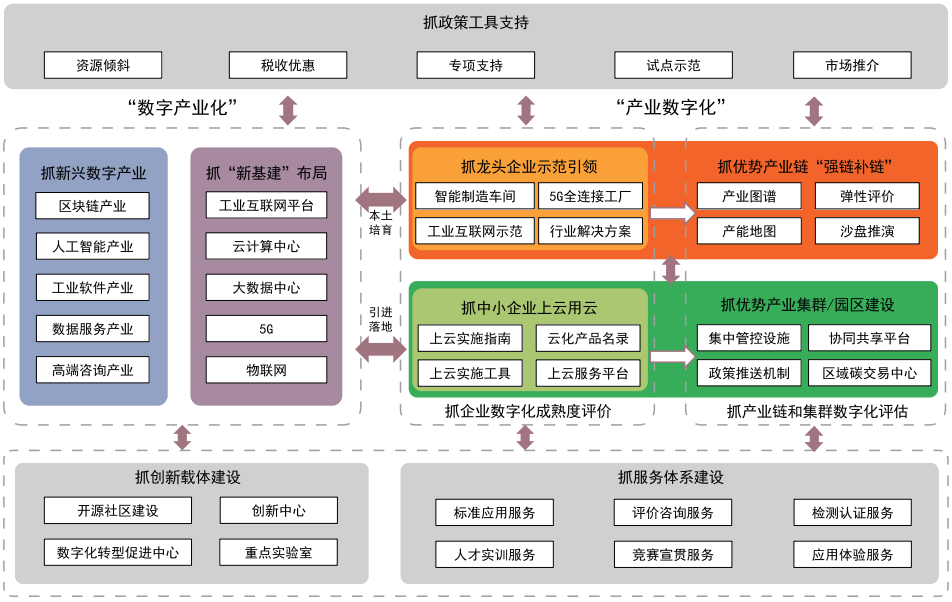


图11 推进制造业数字化转型实施总体思路

6.1 筑基础：拓展数字基础布局

一是抓“新基建”建设。加快推进5G网络设施建设，支持运营商以共建共享共用新模式开展5G基站建设。统筹部署大数据中心、云计算中心等新算力基础设施。做强国家级跨行业跨领域工业互联网平台，持续动态培育省级平台。推进物联网基础设施建设，打造固移融合、宽窄结合的物联接入能力，形成地区一体化的物联感知体系，筑牢数字化建设基底。

二是抓新兴数字产业。推动工业软件等关键产业创新突破，加快建立工业软件核心技术体系和评测标准。发展以数据为核心的服务产业，实现工业设备数据采集互联互通，打造数据资源池，提供工业数据资源分类分级、数据资产与算法库管理等服务。发展数字化转型高端咨询产业，深化人工智能、区块链产业集群建设，赋能制造业数字化转型。

6.2 育企业：把握企业主体地位

三是抓企业成熟度评价。开展企业数字化水平评估摸底，推广工业数据分类分级、采集、汇聚、共享和智能制造能力成熟度评估、数字化转型咨询诊断评估，全面摸查当地企业数字化能力水平和需求，“以评促建、分类支持”引导企业开展数字化升级，因地制宜进行政策扶持。

四是抓龙头企业示范引领。结合企业数字化评估诊断结果，聚焦重点龙头骨干企业，“一企一策”制定数字化转型升级路线，重点培育智能制造车间、5G 全连接工厂、工业互联网标杆等样板企业，吸引各类资源要素向龙头企业集聚，为当地中小企业赋能，并参与更广范围市场化竞争。

五是抓中小企业上云用云。针对中小企业数字化转型，以工业设备和业务系统上云为突破口，制定工业设备上云实施指南、业务系统云化迁移实施指南，培育设备上云公共服务平台，提供方便快捷的设备上云数据字典工具软件。采用“云服务券”方式引导上云用云，汇聚并提供中小企业云化产品名录。

6.3 固链群：串产业链结集群网

六是抓优势产业链“强链补链”。围绕当地龙头企业发展需求，开展产业链图谱分析、产能地图绘制工作，针对优势产业链实施“一链一策”，优化地方产业链结构与空间布局，建立供应链预警沙盘推演模型。开展产

业链“链主”企业评价及弹性评估，构建高效协同、安全稳定并富有弹性和韧性的新型产业链供应链体系。

七是抓优势产业集群和园区建设。完善园区配套设施建设，引导工业互联网平台等新型基础设施与产业集群、工业园区对接。建立集中式能源管控中心，有条件地区或超大型产业集群、园区建立“碳交易”中心和碳排放榜单机制，以加快实现“碳中和”推动集群数字化转型。探索建立数字化转型公共服务及政策支持推送机制，推动从“企业找服务”向“服务找企业”转变。

6.4 强保障：强化政策服务保障

八是抓专项政策支持。强化省、市、县（区）联动，鼓励各地“因地制宜”制定差异化的政策措施，形成政策合力。创新资金使用和资源管理方式，充分发挥税收优惠、要素倾斜的政策引导和资金扶持作用。以“揭榜挂帅”、“创新竞赛”等形式，加快建设示范应用项目，建立“政府引导、市场主导”的数字经济发展模式，提高企业市场开拓能力。

九是抓创新载体建设。培育一批重点领域国家实验室，新一代信息技术信创中心，支持建立国产化软硬件技术孵化、适配平台和验证测试环境。开展数字化转型促进中心创建工作，催生一批数字化转型支撑技术与产品，开发一批转型解决方案，探索转型标准和规范，帮助企业提升转型能力、降低转型成本，激发转型积极性。支持开源社区、开发者社区建设，推广协同创新应用。

十是抓服务体系建设。聚焦数字经济产业创新需求，精准布局关键技术、资源条件、科技服务等通用型高层次重大平台，构建创新型全链条服务体系。培育一批重点领域国家级实验室、产业咨询服务机构和工程实训基地，提供政策宣贯、标准应用、人才实训、检测认证、咨询评价和竞赛组织等服务。

参考文献

[1] 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，2021.03.

[2] 《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》，国务院国资委办公厅，2020.08.

[3] 《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023年）》（工信部信管〔2020〕197号），2020.12

[4] 《广东省制造业数字化转型实施方案（2021—2025年）》，2021.5.

[5] 安筱鹏 . 重构：数字化转型的逻辑 [M]. 电子工业出版社，2019.

[6] 朱铎先，赵敏 . 机·智 [M]. 机械工业出版社，2018.

[7] 胡虎，赵敏，宁振波等 . 三体智能革命 [M]. 机械工业出版社，2016.

[8] 华为行业数字化转型方法论白皮书（2019）. 华为技术有限公司，2019.

[9] 新华三数字化转型与实践 . 新华三集团，2020.

[10] 新形势下，企业如何进行数字化转型 . 普华永道，2020.

[11] 拥抱变化，智胜未来 — 数字平台破局企业数字化转型 . IDC& 华为，2019.

[12] 施展 . 溢出：中国制造未来史 [M]. 中信出版社，2020.

[13] 施展 . 枢纽：3000年的中国 [M]. 广西师范大学出版社，2018.

[14] 朱铎先，赵敏：智能制造根源："四难一希望"，走向智能论坛。

[15] 全国信息技术标准化委员会 . 信息技术标准化指南（2019）. 电子工业出版社，2019.12.

[16] 中国电子技术标准化研究院 . 信息物理系统建设指南（2020）[M]. 2020.

[17] 中国信息物理系统发展论坛 . 信息物理系统白皮书（2017）[M]. 2017.

[18] 中国电子技术标准化研究院 . 信息物理系统（CPS）典型应用案例集 [M]. 北京：电子工业出版社，2019.

[19] 中国电子技术标准化研究院 . 工业互联网平台标准化白皮书（2018）[M]. 2018.

[20] European Commission. Industry 5.0-Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. 2021.

[21] European Commission. 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade. 2021.

[22] DIN and DKE Roadmap. German Standardization Roadmap Industrie 4.0.2020.

[23] Industrial Internet Consortium. Digital Transformation in Industry White Paper. 2020.7.

[24] IEEE Digital Reality. Digital Transformation-An IEEE Digital Reality Initiative White Paper. 2020.

[25] Fujitsu Future Insights. Digital Transformation in Manufacturing. 2020.

[26] Venkat Venkatraman. The Digital Matrix: New Rules for Business Transformation through Technology. 2017.

中国电子技术标准化研究院

通信地址：北京市东城区安定门东大街 1 号
中国电子技术标准化研究院（100007）
联 系 人：苍天竹
联系方式：010-64102836
邮　　箱：cangtz@cesi.cn