

传统产业数字化转型的模式和路径

**Digital Transformation of Traditional Industries:
its Pattern and Path**

**国务院发展研究中心课题组
Workshop of the Development Research Center of
the State Council**

2018 年 3 月
March, 2018

关注 XYZResearch 官方微信，获取更多商业资讯



服务号



订阅号

前言

众所周知，全球经济发展进入了数字化转型时期。为促进我国传统产业的数字化转型变革，总结当前国内外不同行业数字化发展经验以及我国数字化发展的现状和基础，分析传统产业数字化转型的内涵和主要特征，探索数字化与传统行业转型之间的内在联系，提炼国内外不同行业数字化转型可借鉴、可复制的模式，为促进我国传统产业数字化转型提出有一系列科学的且操作性强的政策建议，国务院发展研究中心管理世界杂志社与戴尔集团从 2017 年初开始，合作开展了“传统产业数字化转型的模式和路径”课题研究。

为完成这个研究，课题组走访了 30 余家数字化转型方案供应商，一、二、三产传统产业的典型企业，研究机构，行政机构，发放国内国际调研问卷近 300 份，并对美国、韩国等国的情况进行了调研。在形成课题中期报告后，召开多轮包括了行业专家、企业高管、技术达人、政府官员在内的专家论证会，最终形成了体系化、有深度的研究成果。这个成果一言以蔽之：基于发展中心多年来在传统产业、信息化、数字化、云计算、大数据等领域的研究成果，结合国家在数字经济方面的前沿政策和技术发展趋势，分层次提出了数字化转型的国家、行业、企业战略，并给出了政策措施。

在成果发布会上，向大家发放这份报告，首先是希望各方面读者都开卷有益：政策制定者、行业管理者、IT 从业者和新闻工作者，可以从各自的角度来看待这个五万字的成果；也希望借此机会说明一个背景：传统产业的数字化转型，其中的道理好像妇孺能晓，但能用政策语言要言不烦地说清这个道理，却也大费周章。这个主题前沿、

内容丰富、“基本成理”的报告，尽管还待打磨，也已经超出了我们课题组自身的能力所及——我们幸而“得道”多助，国务院发展研究中心隆国强副主任在报告的开题、成果总结和发布等方面都给予了高屋建瓴的指导；在项目的整个研究过程中，戴尔集团大中华区总裁黄陈宏博士和吴海亮副总裁、周兵副总裁起到了基础性、枢纽性的作用；国务院发展研究中心产业经济研究部王晓明研究员给予了全方位的支持并和罗一飞一起对报告进行了统稿，发展中心办公厅来有为副主任、发展中心产业部研究室李燕副主任、工信部电子司侯建仁处长、中科院余江研究员、社科院工经所李晓华研究员、清华大学客座教授/宝钢前首席经济学家郭朝晖、工信部软件与集成电路促进中心总工程师王建平、信通院两化所副主任田洪川等对本报告的相关研究给予了多次指导。参与报告写作的还有鹿文亮、侯云仙、钟晓萍、赵华等。管理世界杂志社的王宇飞、赵鑫蕊还承担了前言以及翻译工作。另外，朴石(北京)管理咨询有限公司就数字化促进传统行业转型的国内外经验模式和支撑条件进行了相关案例调研和数据分析，他们的成果也一并体现在这个报告中。对报告提出修改意见、参与过我们的调研的还有王瑞琪、张仑、吴连、马军、王路、钟少晨、罗珂伟、韩莹莹、侯永隆、李娟等人，在此并致谢意。

苏 扬

2018年3月27日

课题组主要成员

隆国强 课题顾问 国务院发展研究中心副主任

苏 杨 课题负责人 国务院发展研究中心 管理世界杂志社

王晓明 课题协调人 国务院发展研究中心 产业经济研究部

罗一飞 课题合作单位负责人 朴石（北京）管理咨询有限公司

王宇飞 课题组成员 国务院发展研究中心 管理世界杂志社

赵鑫蕊 课题组成员 国务院发展研究中心 管理世界杂志社

鹿文亮 课题组成员 赛迪顾问有限公司

侯云仙 课题组成员 赛迪顾问有限公司

钟晓萍 课题组成员 朴石（北京）管理咨询有限公司

赵 华 课题组成员 朴石（北京）管理咨询有限公司

摘 要

近年来，由于云计算、大数据、人工智能等 IT 技术迅速发展并与传统行业实现快速融合，一场由数字化转型带来的产业变革正在蓬勃发展。在此背景下，国务院发展研究中心管理世界杂志社组织开展了“传统产业数字化转型的模式和路径”专题研究。研究成果由 6 个部分组成。

第一章主要探讨了传统产业数字化转型的内涵，从数字化转型的背景及定义、数字化体系框架结构及分析、数字化的应用领域、数字化转型的机制与价值、数字化转型程度的评价标准等几个方面进行了深入浅出的说明。本部分给出了本报告中数字化转型的定义：利用新一代信息技术，构建数据的采集、传输、存储、处理和反馈的闭环，打通不同层级与不同行业间的数据壁垒，提高行业整体的运行效率，构建全新的数字经济体系。从业务流程来看，数字化转型对行业能够带来以下价值：①IT 系统快速迭代，提升业务敏捷度；②优化生产过程，提高生产效率；③延伸产业链长度，扩展服务环节。

第二章主要探讨了传统产业数字化转型的国际经验和启示，深入细致的研究了英德美日韩等国家数字化转型的国家战略和企业数字化实践，总结了不同行业数字化推进的特征。

数字化转型是迈向数字经济社会的重要手段，是 IT 技术与社会深度融合的重要进程，广泛应用于第一产业，第二产业和第三产业。

第三章就论述了我国传统产业数字化转型的实践，从汽车、石化、服装、家电等行业领域对行业数字化实践取得的成就和存在的不足进行了总结分析，概括了我国传统产业数字化转型存在的主要问题。

基于以上分析，第四章总结提出了我国传统产业数字化转型的主要模式和支撑条件，并提出一个重要观点：逐步推进我国传统产业的数字化转型，首先必须转变企业数字化的管理和建设方式，需要一套全新的、科学的理论体系为指导，以企业架构理论驱动管理提升，使数字化转型从局部规划和设计向全局规划和顶层设计转变，这样才可能“全业务数字化”、“全渠道数字化”、“全产业数字化”。

第五章首先从国家、行业、企业三个维度提出了推进我国传统产业数字化转型的战略。结合产业实际，国家层面要加强传统产业数字化转型的前瞻性思考和战略性部署，形成数字和产业的“双轮驱动”，打造一个引领、两个环境、一个保障的国家数字化转型菱形战略。“一个引领”即是发挥国家在数字化转型升级方面的重大引领作用，两个环境是指综合基础设施环境和制度建设环境，一个保障是指要将人才教育纳入推进数字化转型发展的国家战略，从基础教育、职业教育、职业培训等方面全面提升保障力度。行业层面要以做数字化转型平台为核心，强化数据驱动能力，以 IT 架构转换为手段，实现从信息的标准化到知识的自动化、标准化和平台化，形成以平台数字化赋能战略和产业数字化转型战略为主线的促进行业发展的十字战略。企业层面，要根据企业规模实力、行业属性、所处阶段的不同，分别实施引

领/跟随战略或开放/封闭战略。其次，从经济性、适用性、普惠性等维度提出了数字化转型的基本原则。最后，根据传统产业行业信息化特点、信息化阶段的不同，提出了数字化转型分步实施的路径，可以概括为以下四个阶段：第一阶段（2018-2020）：数字化转型试点，第二阶段（2021-2025）：中小企业进行数字化转型，第三阶段（2026-2030）：企业内到行业的集成，第四阶段（2031-2035）：构建完整的生态系统。

第六章从构建数字经济的战略体系、完善数字化基础设施建设、形成一整套制度保障体系、形成大中小企业协同发展的数字化产业格局、构建开放、协同、融合的数字化生态体系等八个方面提出了传统产业数字化转型的主要措施。

综上，本研究力图从数字化转型的各个维度进行一个全景的描绘，对国际经验中符合我国技术现状和产业实际的部分进行重点应用，对我国企业实践中存在的问题进行深入剖析，力图从国家、行业、企业三个层面提出卓有成效的发展战略，使我国企业在推进数字化转型中有经验可循，有政策可用，有方案可落地，有效果可预期。

Summary

In recent years, due to the rapid development of IT technology such as cloud computing, big data, and artificial intelligence, and the rapid integration with traditional industries, an industry transformation brought about by digital transformation is booming. Under this background, the Development Research Center of the State Council Management World Magazine carried out a specific study on the "Model and Path of Digital Transformation of Traditional Industries." The achievement of this study is comprise of 6 parts.

The first chapter mainly discusses the connotation of the digital transformation of traditional industries, from the background and definition of digital transformation, the framework and analysis of digital system framework, the application of digitalization, the mechanism and value of digital transformation, and the evaluation standards of digital transformation degree. In this section, the definition of digital transformation in this report is given in this section: Using the Next-Generation Information Technology to Build a Closed-Loop of Data Collection, Transmission, Storage, Processing, and Feedback to Open Data Between Different Levels and Different Industries Barriers to improve the overall operating efficiency of the industry and build a new digital economy system. From the perspective of business processes, digital transformation can bring the following values to the industry: (1) Iterative IT systems, improve business agility; (2) optimize the production process and increase production efficiency; (3) extend the length of the industry chain, expand services Link.

The second chapter mainly discusses the international experience and enlightenment of the digital transformation of traditional industries. It thoroughly studies the national strategies and digitalization of digitalization in the United States, Japan, and Korea, and summarizes the characteristics of digitalization in different industries. We look

forward to these experiences. The summary can provide a useful reference for the digital transformation of Chinese traditional industries.

Digital transformation is an important approach to the digital economy society. It is an important process of deep integration of IT technology and society. It is widely used in the primary industry, the secondary industry and the tertiary industry. The third chapter discusses the practice of digital transformation in China's traditional industries, summarizes and analyzes the achievements and deficiencies in the digital industry practice in the automotive, petrochemical, clothing, and home appliance industries, and summarizes the existing digital transformation of traditional industries in China. main problem. Based on the above analysis, the fourth chapter summarizes and proposes the major modes and supporting conditions for the digital transformation of China's traditional industries, and puts forward an important point: To gradually promote the digital transformation of China's traditional industries, we must first change the digital management and construction methods of enterprises. With a new and scientific theoretical system as a guide, enterprise architecture theory drives management and upgrades, enabling digital transformation from local planning and design to overall planning and top-level design, and finally to the track of sustainable development.

The fifth chapter first proposes the strategy of promoting the digital transformation of China's traditional industries from the three dimensions of the country, industry, and enterprise. Combining with the actual industry, the national level must strengthen forward-looking thinking and strategic deployment of the digital transformation of traditional industries, form a “two-wheel drive” of digital and industry, and create a national digital transformation diamond strategy that leads, two environments and one guarantee. “One lead” is to give play to the country’s major leading role in digital transformation and upgrading. The two environments refer to the integrated infrastructure environment and institutional construction environment. One guarantee is to incorporate talent education into the national strategy of promoting digital

transformation and development. Basic education, vocational education, vocational training and other aspects have comprehensively enhanced the protection. At the industry level, we must take the digital transformation platform as the core, strengthen the data-driven capability, and use IT architecture transformation as a means to realize the automation, standardization, and platformization of information from the standardization of information to knowledge, and form a platform digitalization strategy and digital transformation strategy for the industry. A cross strategy to promote the development of the industry as the main line. At the enterprise level, it is necessary to implement lead/following strategies or open/closed strategies, respectively, based on the scale of the company's strength, industry attributes, and stages. Second, the basic principles of digital transformation are proposed from the dimensions of economy, applicability, and inclusiveness. Finally, based on the characteristics of informatization in traditional industries and the different stages of informationization, we propose a step-by-step implementation path for digital transformation, which can be summarized in the following four stages: First stage (2018-2020): Pilot for digital transformation, second stage (2021-2025): Digital transformation of SMEs, Phase 3 (2026-2030): Integration within the company to the industry, Phase 4 (2031-2035): Building a complete ecosystem. The sixth chapter proposes eight aspects: building a strategic system for the digital economy, improving digital infrastructure construction, forming a complete system security system, forming a digital industry structure for the coordinated development of large and medium-sized enterprises, and constructing an open, collaborative, and integrated digital ecosystem. The major measures for the digital transformation of traditional industries.

In summary, this study seeks to make a panoramic depiction of the various dimensions of digital transformation, and to focus on the application of parts of international experience that conforms to China's technological status and industrial reality, and conducts in-depth analysis of problems existing in China's corporate practice, and strives to Countries, industries, and enterprises have put forward

effective development strategies at three levels, so that Chinese enterprises have experience in advancing digital transformation, policies are available, plans can be implemented, and the results can be expected. In the context of a new era, let traditional industries Can take advantage of the opportunities of digital transformation to rejuvenate and promote the healthy, steady and sustainable development of China's economy.

目 录

第一章 传统产业数字化转型的内涵	1
一、数字化转型的背景及定义	1
1、数字化转型的背景	1
2、传统产业数字化转型的内涵	2
3、本报告中数字化转型的定义	3
二、数字化体系框架结构及分析	4
1、数字化体系框架结构	4
2、数字化转型核心技术分析	6
3、数字化转型的模式变革	9
4、数字化 IT 支撑体系	10
三、数字化的应用领域	12
四、数字化转型的机制与价值	14
1、IT 系统快速迭代，提升业务敏捷度	14
2、优化生产过程，提高生产效率	15
3、延伸产业链长度，扩展服务环节	16
五、数字化转型程度的评价标准	17
1、数字化 IT 架构	17
2、数字化的投入	17
3、数字化与行业的结合程度	18
第二章 传统产业数字化转型的国际经验	19
一、主要国家数字化发展战略	19
1、英国数字化国家战略	19
2、德国数字化国家战略	21
3、美国数字化国家战略	22
4、日本数字化国家战略	24
5、韩国数字化国家战略	26
二、不同行业数字化推进的特征	28
三、典型行业应用的实践	31
1、制造业	31
2、服装行业	37
3、石化行业	41
4、食品行业	43
5、医疗健康行业	47
四、国际经验启示	52
1、立足本国实际从国家战略高度推进数字化	52
2、推进不同行业的数字化进程需要因“业”制宜	53
3、行业领先企业是推进数字化转型的“领头羊”	53
4、灵活、开放地推进企业的数字化转型	54

第三章 我国传统产业数字化转型的实践	55
一、现状描述	55
二、行业实践	56
1、汽车行业	56
2、石化行业	58
3、服装制造业	60
5、家电行业	64
6、食品行业	65
三、企业案例	65
1、上汽大众	65
2、宝钢集团	74
3、海澜之家	75
4、12306 网络平台	75
5、美的集团	77
6、伊利集团	79
四、存在问题	83
1、缺乏统一架构的 PaaS 平台导致 IT 应用的敏捷开发和个性化开发不足	83
2、私有云和公有云的安全问题还有待解决	83
3、越来越多的数据和流量的负荷和处理面临压力	84
4、“数据孤岛”尚未打通	85
5、云化过程中数据迁移带宽问题	85
6、生态圈建设需加强	86
第四章 传统产业数字化转型的主要模式和支撑条件	87
一、数字化转型发展的主要模式	87
1、基于底层架构的 IT 系统升级模式	87
2、数据驱动模式	88
二、传统产业数字化发展的支撑条件	90
1、企业架构转型	90
2、IT 基础设施	91
3、新型 IT 基础架构	92
4、安全防护体系	92
5、数字化平台	93
6、人才教育	94
7、制度保障	96
第五章 我国传统产业数字化转型的战略和路径	98
一、数字化转型战略	98
1、国家	98
2、行业	100
3、传统企业	100
二、数字化转型原则	101
1、数字化转型要考虑经济性	101

2、数字化转型要体现适用性.....	102
3、数字化转型要体现普惠性.....	102
三、数字化转型路径.....	103
第一阶段（2018-2020）：数字化转型试点.....	103
第二阶段（2021-2025）：中小企业进行数字化转型.....	104
第三阶段（2026-2030）：企业内到行业的集成.....	104
第四阶段（2031-2035）：构建完整的生态系统.....	105
第六章 传统产业数字化转型的主要措施.....	106
一、构建数字经济的战略体系.....	106
二、完善数字化基础设施建设.....	106
三、形成一整套制度保障体系.....	107
四、探索教育和人才培养机制.....	107
五、打造自主可控的数字化赋能平台.....	108
六、塑造促进产业数字化转型的创新体系.....	108
七、形成大中小企业协同发展的数字化产业格局.....	109
八、构建开放、协同、融合的数字化生态体系.....	109
参考文献.....	110

第一章 传统产业数字化转型的内涵

一、数字化转型的背景及定义

1、数字化转型的背景

近年来，随着从经济视角研究数字化问题的增多，数字经济开始升温，2017 年 3 月，数字经济首次写入政府工作报告，数字经济是随着信息技术发展而产生的一种新的经济形态。在世界范围内，数字经济已成为全球经济的重要内容，是全球经济发展的主线，并在逐步推动产业界和全社会的数字转型。G20 杭州峰会发布的《二十国集团数字经济发展与合作倡议》指出，“数字经济”中的“数字”根据数字化程度的不同，可以分为三个阶段：信息数字化 (Information Digitization)、业务数字化 (Business Digitization)、数字转型 (Digital Transformation)。数字转型是目前数字化发展的新阶段，指数字化不仅能扩展新的经济发展空间，促进经济可持续发展，而且能推动传统产业转型升级，促进整个社会转型发展。

目前，世界主要国家和企业纷纷开启了数字化转型之路。OECD“2015 经合组织数字经济展望”报告显示，截至 2015 年，80%的 OECD 成员国家都制定了国家战略或者部门政策，构建了数字经济国家战略框架。少数几个没有整体战略的国家，也已经

在考虑制定或审查相关战略，或者已经发布了一些具体领域的战略和政策。

各国政府均希望通过发展数字经济，全面促进经济社会健康发展。各国战略的重点包括：发展通信基础设施；发展 ICT 部门；加强电子政府服务；推动商业部门及中小企业应用 ICT；重点关注卫生医疗、交通运输及教育部门；提升民众数字素养；加强数字身份、隐私和安全；解决诸如网络监管、气候变化等方面的全球挑战。

2、传统产业数字化转型的内涵

从具体内容上来看，不同国家和不同行业，对数字化转型也会有不同的定义与内涵。美国早在 2003 年便在 PLM（生命周期管理）体系中提出了“数字化双胞胎”（Digital Twin）的概念，并于 2014 年 Michael Grieves 教授撰写的“Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Republication”白皮书中进行了详细的阐述。2006 年，美国一次自然科学基金在 Austin 研讨会上提出 CPS，它是搜索快速有效，开发以计算机信息为中心物理和工程系统科学基础和技术，其目的是引领新一代相互依存，高效和高性能“全球虚拟本地物理”的工程系统。德国的数字化转型具体以德国“工业 4.0”为代表，“工业 4.0”时代意味着智能化时代，其特征为“物理-信息系统”，具体体现为“智能工厂”，即智能机器，数据存储信息实时传输，生产设施交互控制

等。日本的数字化发展战略源于 2009 年制定了《2015 年 I-Japan 战略》，该战略着力于 3 个领域的重点应用，即通过电子政务推进政府透明、廉洁、高效；通过电子医疗保健建立居民的个人电子健康档案；通过教育和人力资源领域建设，提高学生学习的积极性，培养信息技术人才。后续日本政府与德国政府联合签署《汉诺威宣言》，加强 9 大领域紧密合作以联手推动第 4 次工业革命，主要包括 9 大合作领域：物联网与工业 4.0 领域等领域，全面推进工业的数字化进程。英国与近期提出《英国数字化战略》主要包括连接性，技能与包容性，数字化部门，宏观经济，网络空间，数字化治理，数字经济等七方面的战略任务。

埃森哲在《数字化颠覆：实现乘数效应的增长》报告中指数，数字技术已无处不在，带来空前的变革。**灵便组织、数据驱动、主动颠覆和数字化风险成为托起企业数字化的四大基石，带动企业快速成长。**目前，数字经济占据了全球 GDP 的 22%，并仍在快速增长。预计，该比例将在 2020 年达到 25%。

3、本报告中数字化转型的定义

虽然不同国家战略中对数字化及数字化转型的定义有所区别各有侧重，但核心内容大体相同，综合上述定义，给出本报告中数字化转型的定义：**利用新一代信息技术，构建数据的采集、传输、存储、处理和反馈的闭环，打通不同层级与不同行业间的数据壁垒，提高行业整体的运行效率，构建全新的数字经济体系。**

在数字化浪潮的推进下，新一代信息技术包括云计算、大数据、物联网和移动互联网快速发展，其中未来工业发展所依托的核心技术称之为 CPS，即信息物理系统或网络物理系统。它指的是由嵌入式传感器、处理器、执行器与物理设备（包括人）形成的无缝交互的“智能联网系统”，将控制、传感、联网和计算能力深度整合到每个物理单元中，通过信息网络系统与物理实体单元的交互，实现对物理世界的泛在感知、全面互联、分析优化、精准控制。同样的信息物理系统对于农业和服务业同样适用，物联网、互联网与智能终端等新技术的出现，推动了数据采集、数据传输和人机交互的发展。**在信息技术的支持下，必将实现各行业数据的整合与发展，从而推动以数字化为特征的数字经济进入崭新的发展阶段。**

二、数字化体系框架结构及分析

1、数字化体系框架结构

根据数字化转型的定义，数字化转型是传统行业与 IT 行业的深度融合，其本质通过促进数据的流动来提升产业的效率。目前各行各业正在经历数字化转型，全面的数字化将为行业的生产者、决策者和消费者带来更好的体验和更高的效率，而行业之间或产业之间的数字化沟通，可以在更大程度上提升产业的社会经济的运行效率。

从产业角度来看，经济社会可以分为农业、工业和服务业三大产业。从 IT 架构来看，主要分为三个层次：（1）物理层，物理层主要由传感器、网络和其他硬件基础设备构成，负责数据的采集、传输和生产执行；（2）平台层，平台层提供数据的存储、计算能力，由大数据平台和云计算平台构成；（3）数字层，数字层由数据汇聚而成，构成数字资产，为产业底层的物理层通过数字化技术到虚拟空间的一个映射，可以在数字端虚拟整个产业的生产过程。三个层次与传统行业结合，实现了数据在行业内部的流动，构成完整的 CPS 系统，并且使行业间的协作成为了可能。

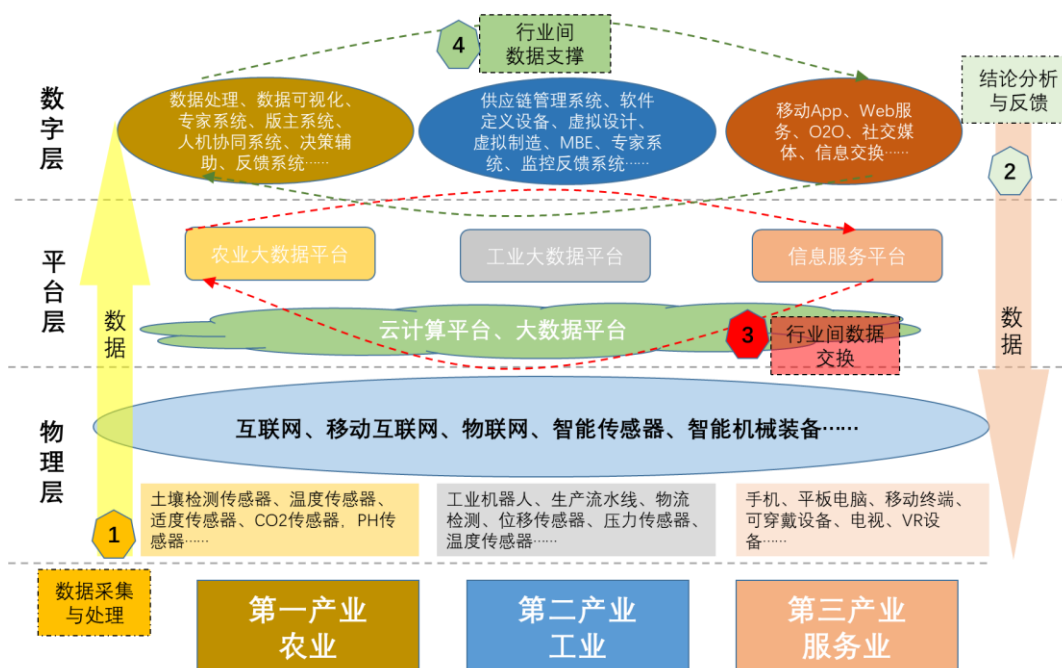


图 1 数字化体系架构

2、数字化转型核心技术分析

物联网。IDC 数据显示，到 2020 年，预计中国物联网所产生的市场价值将达到 3610 亿美元，这意味着，中国物联网在未来五年内年复合增长率为 14.4%，而其中约 1/3 的物联网应用来自于制造业。“中国制造 2025”加速了制造业在物联网和人工智能领域的投入。此外，据麦肯锡的报告显示，人工智能领导下的自动化将为中国经济注入生产力，根据中国人工智能的部署速度，其未来每年将为 GDP 贡献 0.8~1.4 个百分点。物联网作为数字化体系架构的物理层，其快速发展意味着数字化体系架构的快速构建与完善。数以亿计的传感器成为物理世界数字化的基础，物联网成为物理世界通向数字世界的通道。面对众多的物联网传感器，如何经济、安全地实现物联网传感器、设备和终端的连接，对于用户而言至关重要。这需要具有强大处理能力的网关将不同协议的数据实现标准化。**物联网的协议标准化、安全性在数字化转型中尤为重要，只有协议互通才能够保证数据的融合，只有保证安全，企业才会有动力推动数字化进程。**

云计算。“互联网+”加速了中国云计算市场的发展。中桥调研咨询的数据显示，在过去 3 年，中国云计算得到了快速普及与发展，目前约有 80% 的企业用户将 IT 运行在混合云环境中。云计算的目标用户已由最初的新兴初创企业发展到囊括不同规模

和不同行业的众多企业级用户，并且这些企业用户将云作为 IT 的核心支撑，逐步用云计算替代传统的数据中心，实现“IT 云化”。从传统数据中心向云计算转化，可以节约大量 IT 基础设施建设，节约成本，快速搭建需要的应用，及时应对业务变革。**最重要的是“IT 云化”可以大幅度提升 IT 基础实施的灵活性和可扩展性，这对数字化转型的作用尤为重要。数字化体系中对数据的处理和存储能力有较高的要求，但同时具有不确定性和突发性，利用弹性的云计算架构，可以既满足弹性计算的需求，又满足低成本的需求。**混合云是未来云计算的发展必然，利用私有云来保证数据的安全，还可以利用公有云来补充外部计算能力。

雾计算。分布广泛的传感器、智能终端等每时每刻都在产生大量的数据。尽管云计算拥有“无限”的计算和存储资源池，但云数据中心往往是集中化的且距离终端设备较远，当面对大量的分布广泛的终端设备及所采集的海量数据时，云不可避免地遇到了三大难题：一是网络拥塞，海量的原始数据不间断地涌入核心网络，造成核心网络拥塞；二是高延迟，终端设备与云数据中心的较远距离将导致较高的网络延迟；三是可靠性无法保证，由于从终端到云平台的距离远，通信通路长，因而风险大。因此，作为云计算的延伸扩展，雾计算（Fog Computing）的概念应运而生。雾计算是一种分布式的计算模型，作为云数据中心和物联网设备/传感器之间的中间层，它提供计算、网络和存储设备，让基于云的服务离物联网设备和传感器更近。雾计算主要使用边缘网络

中的设备，可以是传统网络设备，如网络中的路由器、交换机、网关等，也可以是专门部署的本地服务器。这些设备的资源能力都远小于一个数据中心，但是它们庞大的数量可以弥补单一设备资源的不足。在物联网中，雾可以过滤、聚合用户消息，匿名处理用户数据以保证隐秘性，初步处理数据以便实时决策，提供临时存储以提升用户体验，而云则可以负责大运算量或长期存储任务，与雾计算优势互补。**雾计算以其广泛的地理分布、带有大量网络节点的大规模传感器网络、支持高移动性和实时互动以及多样化的软硬件设备和云在线分析等特点，迅速被物联网和人工智能应用领域的企业所接受并获得广泛应用，例如，M2M、人机协同、智能电网、智能交通、智能家居、智能医疗、无人驾驶等应用。**

大数据。随着移动互联网、移动终端和数据传感器的出现，数据正以超出想象的速度快速增长。近几年，数据量已经从 TB 级别跃升到 PB 乃至 ZB 级别。2014 年全球数据总量为 6.2ZB，2015 年全球数据总量达 8.6ZB。目前全球数据的增长速度在每年 40%左右，以此推算，到 2020 年，全球的数据总量将达到 40ZB。在巨大的市场需求下，大数据以爆炸式的发展速度蔓延至各行各业，随着各国不断加大对其的扶持力度，加之资本的青睐及投资，使全球大数据市场规模保持着高速增长态势。2015 年全球大数据市场规模达到 421 亿美元，同比增长了 47.7%。以此增速进行推算，到 2020 年，全球大数据市场规模将突破 3000 亿美元。数

据量的爆发式增长，为行业的发展提供更多的机会，但同时，如何从海量的数据挖掘更多的价值成为另一个难题。大数据技术的发展能够解决这一难题，充分利用数据的价值。**大数据的发展具有行业特性，与行业的数字化转型密不可分，大数据的发展可以反映行业的数字化程度。**

3、数字化转型的模式变革

数字化转型是技术与商业模式的深度融合，IT 技术是数字化转型的工具与手段，模式变革则是数字化转型的最终结果。在传统行业中，虽然一直推进 IT 技术与传统行业的融合，但往往 IT 技术与业务是相对独立的两套体系，所谓的信息化大多是将传统业务模式交由 IT 系统来完成，即将业务从线下搬到了线上，利用 IT 技术提升沟通效率、降低沟通成本。而数字化转型带来的技术与商业的深度融合，将贯穿到整个业务领域，甚至会重构业务架构体系，不同行业间的关系更为密切，跨行业合作与竞争成为常态。以汽车行业为例，美国大型汽车制造商利用技术集群中的现有知识以及良好的合作伙伴关系，推动新技术、新流程在庞大的汽车市场中应用。美国具有已建成的技术中心如硅谷，且美国是全球十大 IT 公司中八家的发源地，这些公司相互合作创造了能为汽车产业所用的技术集群，此外美国还具有大批受过高等教育的劳动力，可以为数字工厂的建设提供高素质人才；德国数字化汽车发展中的一个决定性因素是所谓的“中型公司”，即中

等规模且常为家族所有的公司，只有这些公司投身彻底的创新并采纳工业 4.0 流程，才能在这项德国开创的事业中取得成功，从而稳固德国的经济福祉；日本企业与企业之间，企业与银行之间在政府的协调下精诚合作，日本汽车工业的大多数零部件企业都属于某个围绕着总装厂而形成的集团，日本汽车集团与零部件企业在长期合作中建立了一种特殊关系，汽车集团向零部件企业提供各种支持，包括资金、技术、设备、原材料、人员等，同时在汽车集团的组织下，成立各种协调组织，如丰田汽车集团的“协力会”，日产汽车公司的“宝会”等，这些组织进行协调生产分工，开展技术、信息交流，解决相互间的各种问题和矛盾，促进汽车整车和零部件企业的协调发展，整车厂商和零部件厂商一旦形成供给关系，一般不易受到干扰，形成“集团化”现象。**以上架构形成的不同集团，规模逐渐增大，关联日益增多，管理难度及风险控制难度对于传统行业来说是无法接受的，但数字化架构促进数据的流动，使复杂的体系能够平稳的运行。**

4、数字化 IT 支撑体系

计算能力：超级计算机（超算中心）、国家脑工程。超级计算能力和应用水平关乎一个国家或地区在信息技术领域国际竞争的成败，也是国家创新体系的重要组成，已经成为世界各国特别是大国争夺的战略制高点。由美国国家科学基金会资助的位于德克萨斯州高级计算中心的“Stampede”超算中心主要用于可视

化工具、教育、先进计算以及数据管理；欧盟下一代超级计算机 DEEP（Dynamical Exascale Entry Platform）于 2016 年在德国尤利希超级计算中心使用，运算能力为每秒 500 亿次浮点运算；日本正在建造名为“人工智能桥接云基础设施”（ABCI）的超级计算机。从 2013 年开始，美国、欧盟、日本就相继发布“脑计划”研究战略。美国的“脑计划”主要任务是绘制动物大脑的神经网络和活动图谱；欧盟的“人脑计划”主要是模拟人脑的各种功能，用超级计算机来实现人脑信息平台的整合。

5G 通信基础设施建设。2010 年，欧盟委员会在《欧洲 2020 战略》中提出“欧洲数字化议程”旗舰计划，推进高速互联网的全面普及。2016 年 7 月 7 日，欧盟委员会发布了“5G Manifesto for timely deployment of 5G in Europe（《欧盟 5G 宣言——促进欧洲及时部署第五代移动通信网络》）”，认为 5G 将有望成为“数字化”革命的关键使能器，快速推进垂直行业（重点有交通、物流、汽车、医疗、能源、媒体、信息娱乐）及公共行业（重点有智慧城市、公共安全、教育）的“数字化”。2016 年 7 月，美国联邦通信委员会一种通过开放更多频谱的决定，这一规定将把 24GHz 以上频率用于移动宽带，使美国成为“世界上首个将这一频谱用于提供下一代无线服务的国家”，美国最大的无线运营商 Verizon 在 7 月宣布完成了 5G 技术规范的制定和外场测试，将在 2017 年提供 5G 商用，随后，美国第四大电信运营商 T-Mobile US 也宣布正在急速开展 5G 相关实验，在一个月时间内先后与爱立信、三

星、诺基亚等国际大型设备商达成合作，T-mobile 表示，将在 2020 年前利用 600MHz 及高频段建立一个全国性的 5G 网络。2017 年 7 月，德国发布 5G 国家战略：大量敷设光纤，充分共享公共基础设施；700MHz 分配给运营商，用于运营商早期实现 5G 全覆盖，3.4~3.8GHz 被认为将在 5G 中扮演重要角色，运营商利用这段频谱可以使用 100MHz 以上的信道带宽，覆盖和容量优势明显，主要用于城区 Small Cells 部署；做 5G 应用的市场领导者，2025 年实现千兆社会（Gigabit Society）目标。**5G 将推动六大领域数字化转型，包括：智能交通和运输、工业 4.0、智慧农业、智能电网、智慧医疗、媒体和内容创新等。**

三、数字化的应用领域

数字化转型是迈向数字经济社会的重要手段，是 IT 技术与社会深度融合的重要进程，广泛应用于第一产业，第二产业和第三产业。

在种植业中，利用物联网技术检测土地成分，利用传感器检测温度、湿度、风力等参数，收集参数构建农业大数据平台，帮助管理者进行决策，对于农作物选择、播种时机、灌溉量等参数基于设定，如遇到病虫害等灾害，可以快速发现并调用专家系统给出治疗方案，治疗方案通过信息化途径推动给同样的情况，并记录详细数据已被后续检索。播种和收割过程大规模采用自动化

机械,减少人力劳动,提高效率。在销售领域提供产品追溯服务,提升消费者的信赖程度。

在养殖业中,以乳制品产业为例,通过为奶牛装上传感器,进行近实时数据采集分析、处理,实现精细化运营,保证乳制品生产全流程的监控、管理、优化。同时,通过基于云的乳业生命周期管理平台,实现了乳制品生产流程自动化管理,通过物联网和大数据分析,对每头奶牛从食料、喂养、健康、牛奶质量和产量进行全流程监控分析,实现精细化和自动化乳业生产。将云的整体业务管理和雾端的优化农场间协作以及奶源监控管理紧密连接起来,在提高乳制品生命周期管理效率的同时,提升了协同和协作效率,加速企业业务创新的速度。

在制造业中,以 GE 的 Predix 为例,GE 的 Predix 物联网 PaaS 平台,结合智能仿真技术,实现了“数据双胞胎”。基于云计算,GE 实现了飞机发动机生产过程中的调优,同时,基于终端信息采集,GE 实现了飞机飞行过程中的“自愈”。GE Predix 作为物联网 PaaS 平台,还助力制造企业将大数据、物联网和人工智能转化为智能制造能力,实现数据创新。GE Predix 平台,融合云计算和雾计算以及“数字双胞胎”,帮助制造企业实现“虚拟-现实”的设计生产融合,并为其提供云计算服务。

在交通行业中,可通过传感器搜集信息,进行实时数据分析和交通部署,以提高公共安全。通过雾计算,智能交通控制系统

中的一个雾节点可以共享收集到的交通信息，以缓解高峰时段的交通拥堵、定位交通事故，并可以通过远程控制缓解交通拥堵区域的交通状况。同时，在每个用户的电话和公共交通中，基于雾计算的应用程序允许用户在没有持续网络连接的情况下，共享并通过附近的用户下载内容。此外，自动化车辆的安全系统、道路上的监控系统以及公共交通的票务系统，都可以从传感器和视频数据中收集大量信息。聚合后的数据将传输到云上，根据用户的需求进行数据提取和分析，再基于雾计算实现边缘数据实时分析，从而为用户快速提供精准信息，以保障公共交通的畅通和安全。

四、数字化转型的机制与价值

数字化转型利用全新的 IT 技术，将传统行业的生产流程转化为定量的数据，构建信息物理系统（CPS），便可以通过数字处理技术，来虚拟实际的物理空间，从而来设计业务模式和生产模式。对产品进行生命周期数字化，及时对数据分析处理，与下一代产品形式闭环，推动产品快速迭代。从业务流程来看，数字化转型对行业带来的价值主要体现在三个方面：

1、IT 系统快速迭代，提升业务敏捷度

传统 IT 系统构建的烟囱式架构，系统复杂度较高，灵活度较差，还存在数据孤岛问题。当业务出现较大变革，传统 IT 架构难以快速更新，影响业务敏捷度。全新的 IT 架构由云平台、大数据平台和 DevOps 构成，底层由硬件提供商提供服务器、存

储、网络等基础硬件，中间层构建 PaaS 平台，并结合具体行业，提供针对行业的解决方案。新架构的最大优势在于层次分工明确，每一层均交由专业的供应商来完成，能够保证每一层的稳定可靠。对于企业而言，企业仅需要关心顶层应用即可，将更多精力投入业务创新中，有助于企业的转型发展。基于顶层的敏捷开发，能够帮助企业应对快速变化的企业需求，当业务有需求时，IT 可以迅速响应，快速更新 IT 服务内容，实现在线状态下快速更新。目前，开发运维一体化概念已经被越来越多的用户所接受，运维环节并入开发环节，将 IT 服务并入业务创新，能够适应新时代下快速变更的业务发展。

2、优化生产过程，提高生产效率

无论对于工业还是服务业，提高效率意味着能够在单位时间内创造更多的价值，而优化流程、提升流程管理能力，是提高效率的重要手段之一。工业领域对于效率的提升最为敏感，高效的生产流程带来的竞争优势也最为明显。数字化构建信息物理系统为提高效率创造了诸多可能。数字化加速产品设计，提高设计效率。数字化最先应用于产品设计领域，全新的计算机辅助设计应用已经在运动鞋、衣服、汽车、家电等领域大量应用，通过 CAD 软件，可以提高设计效率，降低设计成本。在而在投产前，通过模拟的方式来建造虚拟工厂，优化生产工业和流程，可以提高工厂流水线设计效率，缩短调试周期，杜绝未知风险，提高产业化

能力。产品监测与反馈能够及时调整生产参数，不断优化生产过程，预测位置风险，不断修正生产参数，避免误差放大。

3、延伸产业链长度，扩展服务环节

传统产业中，工业与服务业的关联有限，产品销售后，除简单的售后外，产品的生命周期基本结束。造成这种产业间的断层的主要原因在于不同产业间的数据孤岛，数据的隔绝直接导致业务的隔绝。而数字化转型则意味着打通产业壁垒，推动数据流动。向产业链上游延伸，可以追溯到产品的生产源头，通过区块链、物联网等手段，可以追溯农产品的原产地，追溯上游配件的供应商。这些数据对于产品的评估、升级的把控、以及供应链管理至关重要，有利于资源的合理配置，避免供应链断裂和供应链风险等问题。向产业下游延伸，可以将工业与服务业对接。利用物联网、大数据、互联网和智能终端等设备，直接获取用户对产品的反馈信息，一方面可以接入金融产品，推动产品的销售，另一方面可以增加产品后续的服务内容，提升产品价值。

21 世纪，随着计算机和互联网技术的迅速发展，数字化资产越来越重要。通过互联网技术快速高效地为客户提供定制化的产品和服务，借助销售管理系统和制造管理系统实现定制产品订单的生成、排产、制造和精度跟踪，这些都离不开产品研发、制造、服务的数字化。

五、数字化转型程度的评价标准

不同行业的业务流程差异较大，数字化转型的具体路径也会有差别，但数字化转型的根本目的都是深化数据采集、增加数据沟通和提高生产效率。其具体的表现就是数字化的 IT 架构、数字化的投入和数字化与行业的结合程度。因此，将上述三个维度作为数字化发展程度的评价标准。

1、数字化 IT 架构

传统 IT 向新型 IT 发展，是数字化转型的基础，因此，可以通过 IT 架构来判断数字化转型的程度。数字化转型的过程中，IT 架构的演进一般遵循：传统 IT 架构>私有云或公有云>混合云>混合云平台+敏捷开发，最终的架构为混合云平台+敏捷开发。根据企业 IT 架构的类型，可以评价企业 IT 架构所处的数字化转型阶段。

2、数字化的投入

除 IT 架构外，还应该考虑企业对于数字化投入的力度和方向。通常在传统企业或者转型初期的企业中，大量的投入被用于购买 IT 硬件产品、系统的运维，随着转型的深入，逐步向软件和服务来发展。最终的数字化阶段，企业的 IT 投入应该以完全购买服务及解决方案为主，硬件变成以租代购，软件云化。因此，服务、解决方案与企业的业务发展最为密切，也将是企业数字化转型中最重要的投入。

3、数字化与行业的结合程度

资金投入对企业数字化转型尤为重要，但资金投入数量并不是绝对的评价标准，投入金额需要与具体行业数字化水平与当前的 IT 技术相匹配，才能够起到积极的作用。这里用 IT 投入与效率提升作为评价参数，把投资回报周期作为数字化与行业结合程度的重要标准。如果回收周期过长，则意味着数字转型过于激进，由于技术迭代所带来的风险过高。如果回收期过短，则意味着转型力度不足，属于小规模技术提升，并没有深入业务进行改革，长期不断更新才能实现成功转型。而恰当的投资回报周期，需要领导者对于数字化转型的远见，在财务合理的周期内，分阶段、有计划的部署新的 IT 架构，并逐步将 IT 系统与业务系统进行融合，最终实现业务流程的数字化。

第二章 传统产业数字化转型的国际经验

一、主要国家数字化发展战略

1、英国数字化国家战略

2017 年 3 月 1 日，英国政府出台《英国数字化战略》（《UK Digital Strategy》），以连接性、技能与包容性、数字化部门、宏观经济、网络空间、数字化治理、数字经济七大方面为主要战略任务，旨在通过建造一流的数字化基础设施、实施先进的技能培训以及有效的监管，使英国成为开展先进研究、试验或实施新技术以及推进数字化业务的领先国家，并成为将英国建设为一个现代化、具备动态的全球性贸易大国计划的有机组成部分。

该战略的主要任务及英国政府的相应政策措施：

（1）打造世界一流的网络基础设施。该战略报告将宽带和移动连接视为第四大公用事业，为使公众能获益于更快的网络连接，英国将召开新的商业连接论坛，整合商业组织、各地政府和通讯供应商的力量，共同制定详细方案；英国将通过新的 4 亿英镑数字化基础设施投资基金，促进光纤供应商市场的发展；针对下一代移动连接，英国已最新发布 5G 战略。

（2）使公众掌握必备的数字化技能。鼓励公共、私有和第三部门之间进行合作，以协调一致的方式填补数字化技能鸿沟：资助相关项目来探索填补数字化鸿沟的新方法，利用图书馆提升

数字化普惠能力，新成立数字化普惠委员会以促进公私部门的合作，投资 110 万英镑以支持数字化普惠能力建设。

（3）推进数字化业务发展。为推动数字化部门的经济价值的提升，英国政府将采取支持创新（制定有效的税收结构、大力培养技术工人、制定适应技术发展的监管政策等）；支持数字化企业（促进成果转移转化、支持自动驾驶汽车和物联网等新兴技术发展等）；扩大采购范围（基于数字化市场平台设立以人为中心、设计引领、数字驱动及开放的采购与合同方案）；实现全国数字化增长（支持和发展数字化集群，鼓励针对社会公益的数字化创新）等具体措施。

（4）引导英国企业实现数字化转型。英国预算投资 1300 万英镑成立生产委员会，提升企业参与数字化业务和经济生产的能力。同时，引导企业重点开展维护自身网站、在线销售商品、利用云、后台功能数字化四项核心数字化业务来增强企业竞争力。

（5）提供安全的网络空间环境。英国致力于培养个人与企业的网路安全技能，采取了包括开展国家级课外培训课程（初中学生）、制定高等教育及学位级网络学员制度、实施重新培训计划（已就业人员）等措施降低民众面临的网络风险。

（6）继续保持电子政务全球领先地位。通过正确的文化导向和工作场所建设，大幅提升公务人员的技术能力以更好地进行公民数字化服务；在政府数字化产品方面，着力打造政府在线身

份认证(GOV.UK Verify)、在线支付(GOV.UK Pay)及在线通知(GOV.UK Notify)这三大平台。

(7) 释放数据的经济潜能。据 2016 年《英国经济中大数据与物联网的价值》报告预测, 2015 至 2020 年间数据将为英国经济提供高达 2410 亿英镑的价值。为此, 英国政府将采取包括任命政府首席数据官、与科研院所合作打造数据共享环境、向更多部门开放数据等措施进一步完善政府数据的管理与使用。

2、德国数字化国家战略

“工业 4.0”是德国联邦政府《高技术战略 2020》中的十大未来项目之一, 其内涵是以“物理-信息系统”为特征、以“智能工厂”为具体体现的智能化时代。与此相联系, 德国政府于 2016 年 5 月在其《德国数字化战略 2025》中提出了迈向数字化的十项行动计划, 包括在德国经济的核心领域推进智能网联, 强化数据安全和数据保护, 利用工业 4.0 加强德国制造业的地位, 利用数字化技术使研发和创新达到具有竞争力的水平等。这些行动计划全面服务于德国国家数字化战略的落地, 具体来说主要体现在法律规章明晰化、职能部门支撑、智力支持、人才培养等方面。

法律规章明晰化方面, 从数字化的视角审查国家法律框架, 同时致力于欧洲法律框架的现代化, 为数据的使用建立一个清晰的法律框架; 推行加密方案和认证方案, 增强数据安全; 为数字化平台引进重要的透明化责任和信息责任。

职能部门支撑方面，创建数字化职能部门作为数字化战略 2025 的控制中心并建立现代化的数字机构作为联邦政府决策的智囊，高效支持数字化战略实施。

智力支持方面，德国国家工程院和联邦教育部在战略以及相关政策上给予大力支持。

人才培养方面，德国政府推出“数字型知识社会”教育战略，使教育参与者能够掌握数字化授课的技能；同时继续扩展针对高校创业的扶持项目，使数字化技术跨越专业限制实现与经济发展的融合。

3、美国数字化国家战略

2012 年 5 月，白宫发布了一项数字化战略计划，主要目标是抓住数字化机遇，建立 21 世纪的平台，从根本上改变联邦政府为内外部客户提供服务的方式，并鼓励全民创新。在此基础上，以“以信息为中心建设共享平台、以客户为中心建立安全隐私平台”为原则，政府采取了一系列相关配套措施来加速其数字化战略落地。以美国先进制造战略发展为例，美国联邦政府及各州政府在研发预算支持、智力支持、贷款支持、税收优惠等方面给予强有力的政策支持，以增强美国制造业的创新能力及全球竞争力。

研发预算支持方面，美国在先进制造领域的投入不断加大。2013 年，美国先进制造研发预算为 22 亿美元；2014 年投入 29 亿美元用于先进制造研发，支持创新制造工艺、先进工业材料和

机器人等技术研发；2015、2016 年预算资金分别为 22、24 亿美元；2017 年，美国预算 20 亿美元用于直接支持国家科学基金会及其他政府机构的先进制造业研发活动。

智力支持方面，引导建立制造业创新机构组成的国家制造业创新网络。2014 年 10 月，美国先进制造伙伴计划(AMP, Advanced Manufacturing Partnership)在其《加速美国先进制造业》报告中提出优先发展先进传感器、控制和制造平台技术(ASCPM)，可视化、信息化和数字化的制造技术(VIDM)及先进材料制造(AMM)三个领域。以此为契机，先进制造技术协会(AMTech)、制造业联盟(MForesight)、制造业扩展合作联盟(MEP)、智能制造创新研究所(IMII)等旨在激活美国制造业发展、增强美国创新能力的机构和组织纷纷成立并发挥了积极作用。

贷款优惠方面，实施贷款计划支持行业创新，实现数字化。联邦政府计划投资 250 亿美元用于先进技术车辆制造(ATVM)贷款计划，支持汽车整车和零部件制造商更新设备、新建或扩建制造设施及相关工程的集成。例如，福特汽车公司获得 59 亿美元的贷款，升级改造了伊利诺斯州等 6 个州的工厂；日产用 14 亿美元的贷款，通过重组生产设施建成了美国最大的先进电池制造工厂。目前，美国国内汽车制造业正通过引入数字化智慧工厂来实现每年 320 亿元的成本节约，约占行业可计算生产成本的 20%。

税收优惠方面，加大税收抵免政策力度，降低企业成本。联邦政于 2014 年 6 月实施了国家税收服务计划（IRS）使企业更易享受到研发税收抵免优惠政策；密歇根州经济增长委员会自 1995 年成立以来提供了 120 亿美元的高科技税收抵免；佐治亚州经济发展部通过加大税收优力度等措施帮助汽车企业降低货物运输成本。

4、日本数字化国家战略

安倍政府特别强调“科学技术创新能力是重振经济的原动力”，日本政府从 2013 年开始每年制定《科学技术创新综合战略》（以下简称《战略》）。《战略 2013》提出从“智能化、系统化、全球化”的角度推动科技创新；《战略 2014》提出重点聚焦信息通信（如信息安全、大数据分析、机器人、控制系统技术等）、纳米（用于开发元件、传感器及具备新功能的先进材料）和环保三大跨领域技术；《战略 2015》则重点阐述了科研资金改革、借助物联网和大数据库培育新产业等内容，并计划在 2016 年投入 147 亿日元用于制造技术、230 亿日元用于纳米材料、916 亿日元用于信息通信领域的技术创新。

在《战略》的指导下，日本政府高度重视高端制造业的发展，把信息通信、节能等产业作为国家重点培育领域，尤其是加强了对制造业信息化、信息物理融合系统、大数据、3D 打印机等项目的资助和研究。

为了推动制造业的转型升级，扭转制造业在国民经济中占比较低的局面，日本政府主要从战略角度、推动企业间合作、人才培养、加强国际合作等方面采取了重要行动：

（1）推动工业价值链 IVI（Industrial Value Chain Initiative）的发展，建立日本制造的联合体，从技术角度推动智能制造。

（2）以工业机械、中小企业为突破口，通过机器人革命计划协议会来探索企业合作的方式；利用 IoT 推进实验室与其他领域进行创新业务的合作，以促进企业的互联制造，通过物理生产系统创造实现企业的价值。

（3）数字化人才培育，开展制造业企业员工的数字化技能培训以及技能提升工程，探索通过研修将大学教授和学生纳入工作平台的人才培养机制。

（4）加强与先进国家的紧密合作，联手推动第 4 次工业革命。2017 年 3 月 19 日，日本政府与德国政府联合签署《汉诺威宣言》，主要在物联网与工业 4.0 领域的网络安全、社会组织合作；日本产业技术综合研究机构（NEDO）与德国人工智能研究中心（DFKI）在人工智能领域缔结合作备忘录，两国政府从资金层面加强对日德企业间合作研发的扶持等 9 个领域进行深度合作。

5、韩国数字化国家战略

在 1997 年国内金融危机爆发之后，韩国就将数字经济作为振兴和发展本国经济的新动力，大刀阔斧地改革科技政策，大力发展信息网络业为主的高科技产业，实现了工业经济向数字经济的转型。

韩国在国家层面相当重视数字经济的发展，近 20 年始终将其置于国家战略高度。早在 1999 年，韩国就发布了题为《21 世纪网络韩国》的报告，宣告韩国发展数字经济的战略规划诞生；2010 年，发布《IT 融合发展战略》，主要围绕加强 IT 融合创新力量、培养 IT 融合零配件产业、开创 IT 融合市场、建立 IT 融合基础设施四个方面提升高新技术产业的发展；2012 年，韩国国家科学技术委员会就大数据未来发展环境发布重要战略规划；2013 年，在时任总统朴槿惠“创意经济”战略的指引下，韩国未来创造科学部提出国家级大数据发展计划以及《第五次国家信息化基本计划(2013-2017)》；2014 年，韩国政府出台的《物联网基本规划》提出了“超连数字革命领先国家”战略，意图通过提升相关软件、设备、零件、传感器等技术的竞争力，培育出一批能主导服务及产品创新的中小企业、中间企业。

具体措施方面，韩国主要着力于预算支持、法律完善、智力和管理支持、人才培养等方面。

预算支持方面，资金投入力度不断加大。韩国 2015 年的 ICT 预算中将包括大数据、物联网、5G 网络、软件产业等在内的预算资金提高了 14.4%，总额达 6444 亿韩元；《2015 年国家情报化实行计划》对大数据的相关预算比上年增加 54%，进一步为开发大数据尖端技术提供资金保障。

法律完善方面，推动数据共享的同时注重数据安全与保护。韩国未来创造科学部与放送通信委员会对个人信息领域限制适当修订，制定了促进大数据产业发展，同时兼顾个人信息保护的数据共享标准。

智力和管理支持方面，政府部门、私人企业及其他第三方机构加强合作，对促进数字化战略发展落地提供管理能力上的高效支持。例如，韩国曾成立了由政界、产业界、学术界及科研机构的 39 名高层人士组成的“韩半岛信息化促进本部”社团法人，来推动韩国数字化信息网络产业的发展。

人才培养方面，注重提升全民的数字素养，消除同发达国家的数字鸿沟。韩国政府投入大量资金用于重点培养数字化信息网络领域的高级专门人才、支援大学尖端设备与师资人力、设立奖学金鼓励优秀人才出国深造、对现有产业人员及高学历失业人员进行再培训等措施，对国家数字化战略落地储备人才智力。

二、不同行业数字化推进的特征

满足消费者多样的、高质量的需求成为推动各类行业进行数字转型最为重要的因素；云计算、大数据、人工智能等 IT 技术迅速发展及与传统行业快速融合，加快了传统行业的转型升级和提质增效，也催生出由数字化转型带来的产业变革。但是，不同行业在生产流程或环节、终端产品或服务所面向的人群、所处的政策环境、技术水平要求等方面具有显著差异，使得该行业推进数字化的过程会展现出相异的特征和轨迹。下文将以汽车、轻工、石化、食品、健康医疗等行业为例分别讨论。

汽车行业将更为注重研发能力的提升与生产过程的优化，通过 MBE 的虚拟仿真设计和制造、基于工业大数据平台和相关供应链管理 SCM 的集成，实现缩短研发周期、供应链和整车制造过程的无缝对接、及设备健康管理等在内的系列优化，实现智能产品、智能生产、智能服务以提高生产敏捷性，满足消费者的个性化需求。目前，汽车行业的数字化发展呈现出一些新的趋势：汽车产品将普遍体现出智能网联特征，动力系统也将持续向电动化转型；大规模定制很可能成为汽车生产制造的主导方式，一些其他方式也存在长期发展潜力；平台经济、分享经济模式兴起，智能交通体系不断完善。

轻工行业中以家电行业为例，家电生产商将积极探索互联工厂，缩短产品研发周期，提升工厂的自动化程度和生产效率，快

速满足用户的个性化需求，实现从大规模制造到大规模定制的智能转型。而实现这些目标可能的途径是建设互联工厂用机器人替代工人、建设精密装配机器人社区实现并联式生产、通过系统APS自动根据客户订单排产来满足用户个性化定制最佳体验、生产上通过通用化和标准化的不变模块与个性化的可变模块来实现高度柔性生产。

化工行业则追求产品向数控化和智能化方向发展，流程制造业向数字化、可视化、自动化、网络化、集成化为特征的集成制造发展，变革其规模定制生产方式和生产型服务业的生产模式和产业形态。可能遵循的路径是积极开发供应链一体化、物联网、大数据和云计算等先进的信息技术手段，以信息化带动工业化；生产过程控制装备的数字化、网络化；与供应商、客户、合作伙伴实现协同业务的网络化、全球化，提高对市场动态多变的适应能力和竞争能力。

食品行业由于与消费者的健康、安全息息相关，因而其突出特征在于生产过程的实时监控以及事后的质量可追溯。食品行业在生产过程监控方面可应用物联网和/或大数据对产品从生产到加工的全流程监控分析，实现精细化、自动化生产；对于可追溯体系的侧重既使得食品企业能够取信于消费者，又能获得实现产品质量持续改进所需的系统完整的信息集成，以更好地满足消费者需求。

服务业更侧重于定制化（小批量生产或个性化单件定制），极为关注用户的体验。因而，为了应对消费者个性化但又日益分散化的需求，服务业可以努力的方向是转向网络选择更广泛的供应商，获取更详细的客户洞见，推出更丰富更复杂的产品，以更精准地满足消费者需求。同时，还可以通过向消费者提供覆盖线下、线上和移动等各类平台的无缝、便利和个性化的用户体验，实现服务的快速反应。

医疗健康行业在个性化、定制化方面的需求比服务业更进一步，同时兼具了食品行业对安全、健康的要求。该行业可以通过平台打通生产与计划资源，实现生产与供应链对用户需求的快速响应。借助平台，医疗健康行业中的企业可以实现与用户的无缝对接，通过用户交互及用户行为分析，形成满足用户健康需求的个性化定制方案；实现产品生产、交付的全过程透明可跟踪，提升用户体验。

不同行业借助于信息产业技术向着数字化转型，但行业中的有机构成——企业，由于缺乏预算与资源（33%）、缺乏专业技能（31%）、缺乏上级的支持与赞助（29%）、缺乏正确的技术（29%）等原因，使得数字化的推进在不同行业的深度不一。目前数字化程度最高的三个行业分别为通信（Telecommunications）、科技（Technology）、媒体和娱乐（Media and entertainment），

数字化程度最低的三个行业依次为保险（Insurance）、私人卫生保健（Private healthcare）、公共卫生保健（Public healthcare）¹。

三、典型行业应用的实践

1、制造业

（1）汽车制造业

汽车行业快速的数字化进程正使之从传统硬件为主的行业转变为以软件和解决方案为中心的行业，消费者不断升级的数字化生活方式以及对于新颖创新服务的需求提升直接推动了汽车行业的数字化转型。据测算，伴随着数字化进程的加速以及技术水平的进步，到 2020 年汽车行业的数字化支出有望达到 820 亿美元²。数字化以及物联网、技术合作、软件功能和定制化解决方案将是未来十年汽车行业的主要发展方向，而数字零售、出行即服务（MaaS）、车联网与自动驾驶汽车、工业 4.0、互联供应链将成为汽车行业全新的竞争模式和商业模式。基于此，汽车企业纷纷抓住数字化转型的机遇，从产品研发、制造技术、服务等领域推进数字化。

1）美国通用汽车公司（GM）

在汽车产品研发方面，通用公司是最早利用虚拟化技术的汽车公司之一。设计师借助于虚拟化软件提供的三图形流水线部件

¹ Dell Digital Future Research

² 弗若斯特沙利文最新的研究报告《汽车行业的数字化转型》

在自身左、前、地面上的投影，再加上被当做第四面墙的单独的桌面系统，就可以设计出一台汽车；工作人员带上头盔式显示器，数据手套或者立体滤色眼镜等显示设备，就可以在大屏幕上看到和真实汽车一样大小的三维立体图，而且可以绕着虚拟的车来回走动观察。

在汽车制造技术方面，凭借在电池、电动汽车和动力控制装置等方面的突破，GM 在汽车电气化领域的领先地位日益提升。同时，通用汽车还积极推动高效节能技术的进步，包括直喷技术、可变气门正时系统、涡轮增压技术、六档变速箱、柴油发动机以及优化的空气动力学设计等；2017 年 10 月，GM 引进了 LIDAR 解决方案来开发下一代的自动驾驶汽车³。

在汽车服务方面，GM 于 2016 年正式推出“个人移动”（Personal Mobility）服务品牌 Maven。使用 Maven 后，用户只需要使用智能手机而非车钥匙，就可以与实现与车辆的互联。用户可以通过使用专有手机应用程序按位置或车辆类型搜索并预订车辆。该程序还支持车辆启动，控制空调温度等远程操作功能。用户可以通过使用苹果 Carplay、安卓 Auto、安吉星、SiriusXM 车载卫星收音机以及 4G LTE 无线网络在车内享受智能生活。

2）日本丰田汽车公司（Toyota）

³ <http://www.gm.com/mol/m-2017-oct-1009-lidar1.html>.

汽车产品研发方面，丰田秉持自动驾驶技术是实现“交通事故零伤亡”的手段之一。为了能够实现在市销车辆上得到广泛应用，丰田正在加速研发自动驾驶技术。2016 年秋天，丰田发布了新型自动驾驶实验车 Highway Teammate。该车基于“Mobility Teammate Concept”这一理念开发，旨在追求“人与车朝着同一个方向，有时互相守护，有时互相帮助，构建心灵相通的伙伴关系”，目前已经实现了在高速公路上从入口到出口自动行驶。丰田正在积极推进该技术的研发，力争到 2020 年应用在车辆上⁴。

汽车制造技术方面，丰田生产模式（TPS）在丰田汽车工厂引入大数据技术进行分析优化管理，在计算机环境中对整个生产过程进行仿真、评估和优化，最终实现自动化、智能化、互联化的生产制造。广汽丰田在总装车间中导入“SPS(精细的零件分拣)系统”，分离零件区和装配区，极大地简洁化了工厂。

汽车服务方面，丰田公司在 2016 年与微软合资成立了一家名为 Toyota Connected 的新公司，由微软提供 Azure 云服务，为用户带来精准的、有情景的、直接的服务；近期，丰田也推出了一项名为“Smart Device Link（SDL）”的服务，通过连接汽车与智能手机的方式实现利用车载显示屏操作智能手机应用程序的生活方式⁵。

⁴ <http://www.toyota.com.cn/technology/zdjs.php>.

⁵ <http://www.toyota.com.cn/active/2017/sdl/>

3) 德国宝马汽车公司 (BMW)

汽车产品研发方面，2002 年宝马提出高效动力策略，逐步实现耗油量和排放量显著降低的同时，性能和驾驶乐趣大幅提高；2011 年，BMW 正式发布出行新纪元的 BMW i 子品牌，车身使用轻重量、高强度的碳纤维增强复合材料制造，预示着豪华汽车将进入“碳纤维”时代。2015 年，BMW 7 系基于 BMW i 的碳纤维车身科技打造了 Carbon Core 高强度碳纤维内核，BMW 7 系首次实现量产的碳纤维、钢、铝智能轻量化车身结构，被视为汽车产品设计和制造的一次科技飞跃，将这种原本属于航空航天领域的顶尖科技实现大规模量产，展现了宝马集团在智能轻量化结构领域的科技优势，也体现了未来车型研发的一种趋势。

汽车制造技术方面，BMW 于 2014 年引入智能化能量管理数据系统 (iEMDS)，使工厂可以不间断地测量机器人和生产设备的能量消耗，并把相关数据上传到公司大数据网络。这些智能仪表可以提前识别出过度消耗的偏差值；分析数据还可以预防个别机器人和生产设备的损毁，确保了车辆生产所需的一流品质。因而工厂不仅能实现生产线低能耗高产出，还能保证产品品质。采用了该系统，2013 年 BMW 车辆生产的能量消耗水平较 2006 年下降了 31%；预计到 2020 年，生产每辆车的能量消耗将至少降低 45%。

汽车服务方面，2016 年 3 月，BMW Connected 互联应用在美国上市。这一应用是将一个车联网的功能集成在一个 App 里，用户可以通过该 APP 实现远程查看车辆状态、控制开关门、行程规划、设置提醒等功能。面对互联网和数字化潮流，宝马与时俱进，提供的价值正转向涵盖移动应用与出行服务的新价值体系。BMW 的云端互联涵盖了四大功能：旅程管理、车辆服务、高档出行服务、生活方式及娱乐服务，其中后两项应用专为中国用户开发⁶。

（2）其他制造业

以通用电气公司（GE）为例。

面对工业 4.0 给传统制造业带来的机会和挑战，GE 把“卓越工厂”和“数字化服务”作为其数字化转型的战略目标，提高自身数字化设计生产效率的同时，为全球用户提供能够实现数字化转型的物联网 PaaS 平台。GE Predix 工业大数据分析和物联网 PaaS 操作平台，不仅能实时监控包括飞机引擎、涡轮、核磁共振仪在内的各类机器设备，同步捕捉它们在运行过程中高速产生的海量数据，还能对这些数据进行分析和管理，做到对机器的实时监测、调整和优化，从而提升运营效率。此外，Predix 还提供安全的数据存储环境，确保在各种云环境中都能与各种应用实现无缝操作。通过 Predix，GE 一方面提高产品科技水平，实现了销售产品向

⁶ <http://www.bmw.com.cn/zh/topics/experience/bmw-news/news-2017-04.html.html>

销售服务的转型；另一方面实现了整个传统业务范围的外延，由发动机等传统工业领域延伸至智慧城市、大数据等数字工业领域。GE Predix 作为物联网 PaaS 平台，凝聚了各行各业产业上下游优质应用开发团队和资源，助力用户将大数据、物联网和人工智能转化为智能制造能力，实现数据创新。

为了更好地数字化机器设备与软件数据合二为一，GE 提出基于 Pivotal Cloud Foundry 的工业 4.0 平台的解决方案：（1）通过全业务流程数字化，数字双胞胎，提高 GE 设计生产效率，实现制造业服务转型。（2）通过应用开发，提高用户收益，优化 GE 机械数字化水平，实现服务转型。（3）Predix 作为全球智能化转型的物联网 PaaS 平台，为各行业用户提高功能数字化和智能化服务。

GE for GE	GE for Customers	GE for World
Productivity: Brilliant Manufacturing	Apps: Service Transformation	Platform: Operating System
		
• Digital thread • Digital twin • Services transformation	• Outcomes for customers • Optimize GE machines • Industrial apps portfolio	• Enable industrial companies • Industrial-focused security • Predix industrial operating system

基于 Pivotal Cloud Foundry 的 GE Predix 平台，通过运用物联网和人工智能帮助 GE 通过全业务流程数字化提高效率，实现从销售产品到销售服务的转身，同时也实现由提供传统服务到多元化服务的转变；另一方面，有助于 GE 产业上下游优质资源凝聚力，持续提高科技含量和竞争力。具体来说，（1）助力 GE

优化制造产业链价值，使开发商快速地将物联网资源迅速转化成新的生产要素，加速制造业智能升级，优化产业结构；（2）给 GE 带来跨界新业务增长空间，由发动机等传统工业领域转型至智慧城市、大数据等数字工业领域；（3）确保 GE 充分运用人工智能、大数据、物联网、云计算等新科技，实现设计、生产、运维全业务流程数字化和智能化运营效率的大幅提升，并提高其自身的科技含量和服务水平。

2、服装行业

服装行业越来越体现出个性化特征，因而在前端运用大数据分析动态掌握消费者多样、变化的服装需求，在后端通过高效的数字供应链支撑愈发多元和个性化的产品结构，以“品牌+平台”的商业模式来精准地满足消费者需求，从而占据价值链的制高点。服装行业推进数字化进程，高效的数字化供应链管理是助力优异市场表现的重要途径。通过对门店销售数据的分析，快速调整补单情况，有效减少存货量；对货物资源统筹规划，搭建起多品牌货物统一收发货、物流跟踪及结算管理的管控平台，提升对供应链的管控效率，打造出主动感知、实时可视、以客户为中心的数字化供应链。

（1）耐克（Nike）

Nike 作为世界领先的运动服装和用品厂商，将全公司数字化和全业务流程数字化作为数字化转型的重点，来增强其在数字

时代的竞争力。在这个过程中，Nike 也面临两个重要挑战：如何让 Nike 上千设计人员和工程师通过数字化 3D 设计，将 IT 转化为创新能力和新的生产效率，将创意和设计能力转化为业务增长和利润，及如何将虚拟体验和增强体验融入数字化 3D 设计，通过互动提高从设计、测试、优化、生产、供应链管理到用户使用体验的全周期效率。

为此，其提出了打造下一代数字化设计、定制 VR/AR 工作站、数字化设计平台虚拟环境进行创作的解决方案。

针对 Nike 数字化 3D 设计转型需求，Nike 联合 Meta 和 Ultrahaptics，将新一代数字化 3D 设计工作站、数字化设计平台、Meta 虚拟现实和增强现实技术与 Ultrahaptics 空中感应技术相融合，打造新一代数字化设计；并根据实际需求定制 VR/AR 工作站，通过多核处理器、大内存、GPU 和 NVIDIA 技术满足数字化 3D 设计对多线程和高显卡性能要求，运用工作站优化器对各种应用和负载实时监控，实现一键设计系统优化；针对设计人员的设计习惯，将互动数字笔、声控指令与虚拟和增强现实相融合，用触摸平板数字化的工作区取代传统的输入设备，让设计者能更为准确、轻松地将创意转化为设计。

通过数字化转型，使 Nike 提高了个性化设计生产效率，降低供应链成本，优化高端市场个性化体验，提升了企业竞争力。

(1) 缩短从“创意”到“产品/服务”周期。新一代数字化设计使 Nike

的设计周期减少 50%。（2）针对专业运动员、明星签名版和限量版等高端运动商品，全新数字化 3D 设计通过明星与设计者互动、互动影像和空中感应、虚拟/增强体验，提高高端产品创意、设计、功能、材料、生产和服务协作效率，成为 Nike 持续提高数字化竞争力的核心技术。（3）新一代数字化设计平台，让设计师们不受工具的限制，打破框架，持续提升设计创新能力，吸引全球优质高端设计创造人员，提升 Nike 在数字经济的设计实力。

（2）哥伦比亚（Columbia）

Columbia 成立于 1938 年，是北美最大户外运动用品制作和分销商之一。技术创新是保证 Columbia 在数字时代业务快速增长的关键。随着用户对户外商品种类多样化和需求多元化的趋势，Columbia 需要针对不同用户群的典型需求，将文化、社交、移动，以及个性化需求等多元素融入产品设计，来缩短测试、建模、设计及生产周期。

进一步激发新的业务发展潜力，Columbia 面临如下挑战：数据量爆炸式增长，已有 IT 平台无法满足将用户、市场、产品通过深度分析转化为生产营销策略的需求；公司规模不断扩大和产品种类快速增加，使得传统设计和运营管理流程已无法满足公司和业务的发展速度；业务运行在传统小型机 ERP 系统，成本高，可扩展性差，系统升级扩展和应用开发部署的周期长，且服

务器、存储、网络分层部署管理，运维复杂，故障排除周期长，业务连续稳定面临挑战。

Columbia 从大数据分析平台、基于云的 3D 设计室及现代化 IT 三个方面入手进行了数字化转型。（1）Columbia 全球业务的发展基于戴尔科技全闪存解决方案使用了先进的大数据分析平台，大大缩短了批量分析的 ETL（数据抽取、转换、加载）周期，满足数字化转型过程对于批量分析的需求，同时也满足了实时大数据分析性能需求。（2）引入多云管理平台，实现对跨已有 IT 资源和云的资源统一管理；同时，基于混合云 3D 设计实验室融合了 3D 功能和数字化设计流程，实现根据用户体验优化设计。（3）借助开放、超融合架构的现代化 IT，以及跨全闪存、服务器、数据保护的集中自动化管理，通过应用 SLA（Service Level Agreement）和 QoS（Quality of Service），让 Columbia 实现负载优化和 IT 自动化管理。

Columbia 的数字化转型，（1）确保了现在及未来批量分析和大数据实时分析性能。全闪存系统降低了占地耗能和管理成本，也大幅降低了软件许可开支和未来系统升级采购需求。（2）缩短产品从“创意”到“生产”，到“上市”上市的周期，同时满足了业务安全连续和数据保护的需求。（3）现代化 IT 为 Columbia 带来近 50% 的 IT 成本节约；同时负载优化、动态配置 IT 资源及自动化管理，帮助 Columbia 释放更多 IT 资源用于业务创新。

3、石化行业

石化行业作为典型的流程型制造行业，环节复杂、安全防护要求高、生产装置精密性强及管理难度大；在一系列油品加工移动过程中，涉及大量过程数据的实时采集与分析、生产现场设备与物料的监控、生产调度优化及能源合理供应等问题，因而经营管理精细化、生产执行精益化、操作控制集中化、设备管理数字化、巡检安防及时化、供应链协同化对该行业的提质、增效、升级作用将极为显著。未来石化行业数字化发展的趋向主要在网络高速化（全覆盖的无线网络和先进的传感技术支撑的全面感知能力）、三维可视化（三维虚拟技术实现工厂环境的可视化以及立体监控、侵入式交互、协同式管理）、业务集成化（通过应用集成平台实现业务一体化和协同化）、应用智能化（搭建四层一体的智能化应用体系奠定智能工厂的基础）。

（1）Marathon Petroleum Company（Marathon）⁷

石油天然气企业面临的最重大挑战是如何在勘探油气资源时保障雇员的安全。传统的解决方案并不能完全保障勘探人员及时离开危险环境并/或上报危险境况。埃森哲（Accenture）联合 Aero Scout, Cisco, Industrial Scientific 开发了名为“埃森哲生命安全解决方案（Accenture Life Safety Solution）”的新技术来自动上报危险气体暴露风险并消除管理安全风险的人为因素。

⁷ http://www.iiconsortium.org/case-studies/Accenture-Marathon_Oil_case_study.pdf

该方案是一个集成了服务、技术和过程的综合方案。在雇员进行勘探时，当监测到反常气体后，装置会立即对勘探人员做出预警同时将气体浓度、人员位置等信息通过装置中所带有的综合 Wi-Fi 包通过无线基础设施发送给 24/7 控制面板。如果勘探人员没有对预警做出回应，控制面板会通知营救队伍，并近似精确地给出勘探人员的位置。这个解决方案最大的特征是确保装置所发出的所有报告都会得到回应，以迅速、准确地记录勘探人员的各种信息和状况并及时做出应对。

Accenture	AeroScout	Cisco	Industrial Scientific
Industry-specific experience	Exciter hardware	Wireless infrastructure	iNet™ - Gas Detection as a Service
Integrated business processes	Integrated Wi-Fi tags		Multi-gas detector
Project management	Operator interface		
Unprecedented design process			

这个方案能够为石油天然气公司提供一个更为全面和有效的安全保障项目，它在以下几个方面具有优势：完善 24*7 的安全监控与及时回应、更为精确的安全事件报告、通过个人位置监控改进兼容性、最优化的更为有效的集合程序、驱动安全运营过程改进的能力、改进的承包管理及更好的维护计划及其他技术效益等。

（2）Columbia Pipeline Group（Columbia Pipe）⁸

⁸ http://www.iiconsortium.org/case-studies/GE_Gas_Columbia_Pipeline_Case_Study.pdf
42

美国页岩气开发潮出现之后，页岩气开发企业每年用于维护、扩建、更新输送管道的投资高达 400 亿美元，但如何更快、更安全地将页岩气输送到市场仍然是页岩气开发企业面临的重要挑战。页岩气开发企业迫切需要更为灵活、综合全面的管道解决方案来促进实时的跨州管道输送。

Columbia Pipe 是一家运营着 15000 英里管道输送网络的页岩气开发商，于 2015 年采用了通用电气公司（GE）的智慧管道解决方案（Intelligent Pipeline Solution）。该方案结合了 GE 的软件和硬件技术，以及埃森哲的数据集成专业技能，通过在 GE 的产业软件平台 Predix®运行，使用大数据来监控 15000 英里长的天然气输送管道网络，简化其运行和计划过程。

该方案主要通过从安装在管道节点上的设备上收集数据，再和外部数据进行同步，然后传递给客户指定的信息并进行风险评估，来帮助管道运营者主动对市场做出反应。GE 认为这种新的系统将帮助像 Columbia Pipe 这样的客户在正确的时间做出正确的决策，来保障其资产安全。借助该系统，客户可以将其维修团队派往最需要的地方，并加速其对问题的反应时间。

4、食品行业

食品行业的典型特征是消费者的定制化、安全健康需求，因而对生产加工流程及实时监控有很高的要求，同时质量的可追溯更是消费者重视的需求和功能。为此，食品企业可以通过数字化

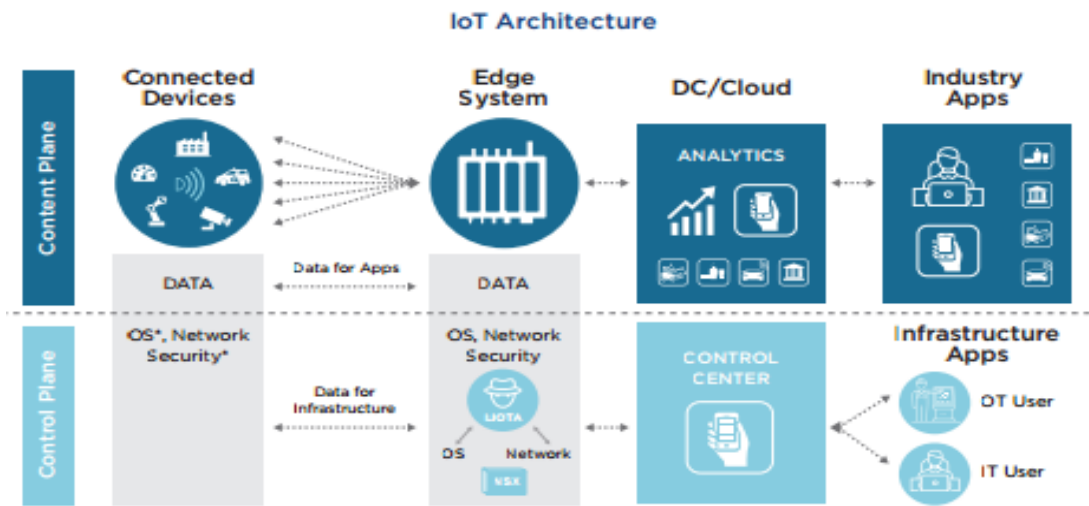
转型，建立完善的质量可追溯体系：各种生产、加工和物流数据通过控制系统与数据采集和识别装置，通过条码读写器及 RFID（无线射频）进行数据采集并识别，实现工艺、设备和关键控制节点的实时联系，以系统、全面的数据链实现全过程可视化的追溯体系。

（1）Chitale Dairy（Chitale）

Chitale 创建于 1939 年，每年销售牛奶约 6 千万升。Chitale 致力于运用云计算、物联网、大数据分析等新技术实现数字化运营，在不增加农场占地和奶牛数量前提下，将牛奶产出提高 10 倍以上。但在实际生产运营过程中，奶牛工作人员手动记录奶牛信息（饲养状况、健康状况等）的过程繁琐，造成数据准确率低；如果和简单快速部署和运维云计算，快速分配 IT 资源，实现 IT 自动化管理，以降低 IT 开支；数据整合、清理周期长或者大数据分析延迟导致业务风险增加等问题都给 Chitale 的精细化、自动化生产和运营带来了挑战。

基于此，Chitale 从消除数据孤岛、实现资源池化和自动化管理、大数据平台批量分析等角度提出了数字化解决方案（1）通过利用虚拟化实现私有云，消除数据孤岛，提高 IT 资源利用率，保证业务安全连续性。（2）通过软件定义数据中心，提高移动应用开发部署和移动终端管理效率。同时，根据不同应用 SLA 和制定资源，快速满足不同应用 SLA 需求。（3）现代化 IT 支

撑 OpenStack 和 Hadoop 技术，支撑 Chitale 通过批量分析提高运营效率，实现精细化生命周期决策和执行效率。



数字化解决方案,使(1)Chitale 的硬件购置成本降低了 50%,服务器部署时间从三周减少到几个小时,物理服务器从 10 台合并到 3 台,降低了电力、冷却和空间;同时,也大幅度降低软件许可开支。(2) Chitale 基于软件定义数据中心可快速根据不同业务需求配置资源,同时让合作农场实现个性化权限和资源管理;(3) 现代化 IT 提高移动应用和物联网应用开发部署效率,保证边缘计算和云计算的数据分析效率,通过对每头牛生命周期喂养和管理,优化了农场之间的协作与奶源监控管理,提高了每种乳制品生命周期管理效率。

(2) Nestlé (雀巢)

雀巢是世界上最大的食品饮料公司，拥有 2000 多个品牌。从全球知名品牌，到各地最受欢迎的本土产品，雀巢的业务遍布

全球 191 个国家。无论从便捷、健康还是愉悦的角度考虑，雀巢都致力于并且创建可信赖的产品、体系和服务，以满足消费者的需求，并为提升消费者的生活质量做出贡献。

随着消费者对安全问题越来越敏感，对于生产食品饮料产品的雀巢来说，在生产、加工、包装、物流到销售各个环节中确保产品的绝对安全对于企业的持久、长远发展有至关重要的影响。以位于瑞士的雀巢科诺尔芬根生产厂灌装奶粉为例，从奶粉灌装机到抽真空/充氮设备及封盖机，其结构形式均由雀巢公司依据自己的全球标准而确定，并由雀巢公司自己采购。这对所有机器和软件的整体协调及集成任务提出了更高要求——必须通过大量的检测设备以保证产品的绝对安全。首先需要对到货的空罐实施严格的检测，接着在灌装的后续流程中检测密封性，再到除掉罐体表面可能留存的奶粉后立即对罐体表面打印日期，最后加装塑料顶盖。经过进一步检测后封闭输送带，以确保不会有未经检验的奶粉罐再进入输送带。

为了解决整个灌装线的安全检测问题，克朗斯（Krones）提供了一套 IT 集成解决方案。克朗斯为科诺尔芬根生产厂的两条听装线和两条袋装线分别安装了一套订单管理系统和一套 LDS 生产线记录系统，这两套系统可以与上位的雀巢生产执行系统进行信息交换。功能强大的克朗斯 IT 解决方案基于的是一个 Wonderware 平台。雀巢的 MES 系统负责管理全部内容（包括相

应的订单参数），而克朗斯 IT 方案实现从订单管理系统到 MES 系统所需要的接口，将订单数据分配给一层机器平面上的各台机器。通过整合其他厂家提供的机器，形成所需要的基础数据，与雀巢的生产执行系统进行交互，及时、准备地指导整个灌装流程，确保机器尽可能高的利用率；同时，实施功能强大的订单管理，能够减少废品。实现高效又非常简单的操作引导。

Krones 的订单管理系统为雀巢在日后的生产和报表检索方面提供了一系列实用的功能：容器的送进按照目标数量，可以节省材料和时间；通过采用按照罐容或者听的数量组织生产，可以及时停止容器和产品的供应；生产持续进行，直到奶粉储罐被彻底排空，可以实现飞速的产品转换，也即可以同时完成多个订单；通过实施“午夜转换”，可确保奶粉听上的日期标签与后续的箱喷码在午夜时间转换时相一致；为了实现无故障贴标和后续的文字自动检验，集成了各种不同的打印系统，在日常生产中为每位操作人员提供帮助和引导，从而最大限度地提高内部生产流程的效率。同时，功能强大的 LDS 生产线记录系统为这套整体解决方案提供了补充，它不仅能用于设备的显示，也能为雀巢公司在故障分析和整体报表方面提供有益帮助。

5、医疗健康行业

医疗健康行业在个性化、定制化方面的要求比服务业更高，同时兼具了食品行业对安全健康、可追溯的要求。该行业可以通

过平台打通生产与计划资源，实现生产与供应链对用户需求的快速响应。借助平台，医疗健康行业中的企业可以实现与用户的无缝对接，通过用户交互及用户行为分析，形成满足用户健康需求的个性化定制方案；实现产品生产、交付的全过程透明可跟踪，提升用户体验。

（1）Partners HealthCare（Partners）

云计算、物联网、移动互联网、大数据等信息化技术让慢性病服务可以足不出户，在优化预防、诊断、治疗，医疗卫生业务流程的同时，也加速医药医疗科研和临床的协作效率，推动了医疗卫生服务模式和管理模式的深刻变革。总部位于波士顿的 **Partners HealthCare** 致力于为医疗卫生行业提供协作网络平台和服务，将电子病例(EHR)生态平台与临床大数据和机器深度学习技术融合，加速“研究成果”到“临床方案”转化，提高从诊断、临床、医疗、教学、科研以及住家医疗服务全流程医疗协作效率。

在这个过程中，**Partners** 也面临海量数据增长、提高大数据分析效率的挑战。预计到 2020 年，人类将会产生超过 2314EB 的医疗数据。对于 **Partners**，数据量快速猛增使传统存储无论在容量、性能、管理和使用效率方面都遇到了极大挑战。此外，传统数据孤岛以及大数据分析性能导致数据 ETL 周期长，分析效率低下。随着物联网和远程智能终端的快速普及，**Partners** 需要

新一代大数据分析平台，保证跨数据中心和边缘计算实现快速数据分析。

基于此，其数字化是提出了“合作数据湖”和全闪存的医疗大数据平台服务的解决方案。具体来看，首先针对“合作数据湖”的 PB 级存储和数十 PB 存储可扩展性需求，以及海量数据高并发处理、大数据共享和大数据分析需求提供了数据湖方案，Partners 通过数据湖为研究人员和临床医生提供了数据共享、数据管理和数据分析工具，推进从科研到临床的价值转化过程。同时，解决方案以全闪存与数据湖融合，及横向可扩展存储架构，确保业务发展过程中大数据分析效率；应对智慧医疗物联网应用和穿戴智能终端应用需求，数据湖保证了从中心到边缘以及云的横向可扩展。

数字化解决方案助力 Partners（1）大幅度提高数据共享和数据管理效率。“合作数据湖”提供 13 种灵活的部署方式让 Partners 可针对医学研究、医院和临床服务，选择最为经济实用的部署方式。基于数据湖的云存储在降低存储开支以及线性升级扩展方面有着显著优势，满足激增处理和查询过程中对于高并发处理性能的要求，确保业务持续稳定安全。（2）保证海量大数据分析效率。Partners 通过对海量电子病历数据分析和开发建模等大数据分析提高个性化救治效率。同时。Partners 数字化平台将大数据、机器深度学习和物联网等先进的技术手段实现智慧医疗，能为患

者提供优质医疗服务体验以及加速医学科研和临床上的创新举措。

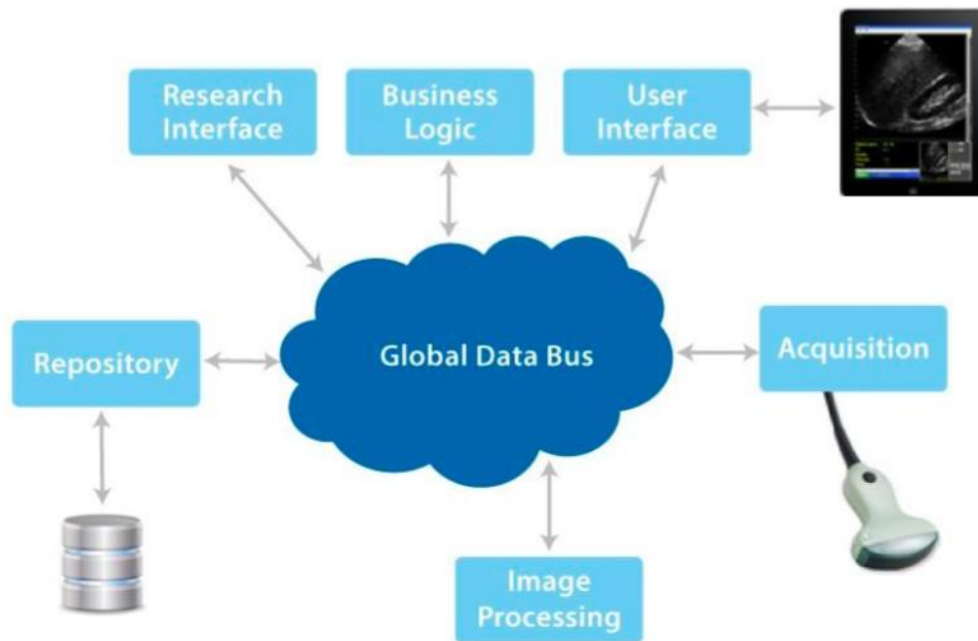
（2）BK Medical（BK）⁹

现代超声波医疗系统在诊断和治疗方面发挥着重要作用。虽然设计之初就希望其便于移动和使用，但该系统对于位置、配套系统等要求极高，该系统需要及时、准确地将患者身体的健康情况成像和进行信息传递。为了确保更为高效、准确的信息传递，进行信息维护并提高医疗卫生的质量和实践能力，BK Medical 决定进行一项跨年度的研究项目来研究其超声波医疗系统能在多大程度上既不失去目前的功能同时拓展到多样的其他系统之中。

在这个过程中，BK 同样面临着如何实现数字化转型的挑战。超声波医疗系统是一个大范围分布的体系，确保同时地维护或者强化其运行和可靠性的能力是一项实实在在的挑战，BK 为此投入了大量资源，并在患者看护体系中提供了更多的综合性来促进医生决策的改进。此外，该系统分布的部分过程要求明确现有独立的系统能在多大程度上既保留现有的功能、可靠性和运行表现，由能被解构为组成要素或构成元件。再者，将一个集中的、紧密联系的、独立的系统转化为一个分散的系统将显著影响开发方法。

⁹ http://www.iiconsortium.org/case-studies/RTI_BK_Medical_case_study.pdf

分支开发团队需要更多的自动化来演进和开发新的、适合的特征。最后，这种结构性的方法需要同时满足系统和开发者的要求。



为了更好地解决数据类型以及如何在系统中使用的问题，BK 引入了 RTI 的数字化解决方案——Connex DDS-based Global Data Bus。DDS 方案在独立开发 app，实施塞入、展示和评估专利、商业化硬件结构，良好地控制表现以及在分散的系统中提供及时的回应与行动等方面具有相当的灵活性和适应性。由于 DDS 的灵活性，未来发布所需要的综合性的安全保障需要能够通过独立地开发某些特性来得到满足，RTI 的 Connex DDS Secure 能够很容易地顺利添加到任何遗留系统里。由于医院或者医疗卫生保护的提供者建立自己的通信基础设施，其供应商需要不断使自己的系统结构适应不断出现的新需求，而 BK 采用的“以数据为中

心”的方法能够确保他们的分散系统能够引领超声波系统的技术及与工业 IoT 融合的方式。

四、国际经验启示

1、立足本国实际从国家战略高度推进数字化

在数字经济时代，数字化业务部门具有巨大的创造经济价值的潜能。例如英国政府预计到 2025 年，数字化部门为英国提供的价值将达到 2000 亿英镑。在这一趋势推动下，技术先进的发达国家纷纷将数字化发展战略上升到国家战略的高度。英德美日韩等国家尤其注重顶层设计，并从法律规章的明晰与完善、设立职能部门支撑、研发预算支持、创建科研机构予以智力支持、人才培养、公众普及与培训、贷款支持、税收优惠、推动国际合作等方面配套以相关政策支持，加速其数字化国家战略的落地。

发达国家在推动数字化国家战略方面具有共识，但英德美日韩各国在推进本国数字化战略的过程中所前进的方向及采取的措施又具有不同的特点。例如，日本政府就表示无需追随美、德“先进制造”“工业 4.0”的概念，而应认清日本制造业的优势，深入探讨最适合日本的策略，并根据实际需要转型以充分享受日本的优势。**因此，对于中国来说，也需要立足中国数字化发展的实际，综合考虑“中国制造”的优势与不足，积极推进数字化战略在我国的落地。**

2、推进不同行业的数字化进程需要因“业”制宜

云计算、大数据、人工智能等 IT 技术迅速发展并与传统行业快速融合，带来了传统行业的转型升级和提质增效。但不同行业具有各自的行业特征，在考虑从顶层推进行业的数字化进程时，需要考虑到行业中生产者和消费者的特征及需求，从而以适当的政策扶持、经济激励来助力行业数字经济的发展。

汽车行业出现了平台经济、共享经济的新商业模式，大规模定制也很可能成为汽车生产制造的主导方式；化工行业则追求产品向数控化和智能化方向发展；服装行业、食品行业与医疗健康行业均出现了个性化、定制化的需求，同时也有各自不同的侧重。因此，在助推不同行业实现数字化转型时需要因“业”制宜。

3、行业领先企业是推进数字化转型的“领头羊”

推动典型行业完全实现数字化并非易事。行业是一个小市场，里面有新进入者，也有既得利益者——具有垄断力量的领头企业，因而在推进行业的数字化转型时既会面临阻挠者，也会有主动变革者。主动变革者将会是行业数字化转型的领军者。无论是 GM、Toyota、BMW，NIKE，Nestlé 还是 GE、TopGolf，都是行业中的成长性、盈利性、持久性和前瞻性的领先的商业领袖。**它们自身紧紧抓住数字化转型的机遇，通过推进全业务流程的数字化来提高从（设计、测试、优化、）生产、（加工、）供应链管理到用户使用体验的全周期效率，既可以不断满足消费者多样的、个**

性化需求以提升自身的竞争力,也对业内其他企业起到示范作用,能带动一批效仿者,也能淘汰一批落后者,从而使整个行业更加具有活力,在数字经济时代取得卓越绩效。

4、灵活、开放地推进企业的数字化转型

在数字时代,由于产品和业务生命周期极大缩短,市场变化的速度加快,非传统竞争者增加,企业如何实现自身的数字化转型并保持持续的竞争力是一个极为重要的话题。典型企业推进数字化转型的方式灵活多样,既有 GM、BMW、NIKE、Columbia、Chitale 等公司的全业务流程的数字化模式,也有 Nestlé、GE、Columbia Pipe 等企业对自身业务的一部分流程进行数字化转型的模式。因此,企业自身积极主动追求数字化转型时,在资金、管理水平、技术等条件尚未准备充足的条件下,可以从核心部门或核心业务入手,实现核心运营的数字化,以便提高短期竞争力。**从长远来说,企业需要逐步实现全业务流程的数字化,以降低运营成本,提高精细化管理的水平,增强自身在数字经济时代的持久竞争力。**

第三章 我国传统产业数字化转型的实践

一、现状描述

近年来，我国经济发展进入新常态，进入增速换挡、结构优化和动力转换的新阶段，这一阶段对我国产业未来发展产生了深远影响。一是国内消费市场的升级，带动了传统行业升级以适应市场需求；二是传统扩张型增长模式难以为继。我国传统行业正面临“大爆炸式颠覆”和“挤压式颠覆”的双重威胁，很多传统企业缓慢进入其生命周期的衰退期，从缓慢的营收增速下降以及获利能力承压开始，经历相当长时期后，企业运营最终难以为继甚至被新的崛起者所替代，随着中国经济的不断成熟与全球化，挤压式颠覆对我国传统行业的冲击日趋明显，传统行业迫切需要探寻新的增长机会和模式。

然而，随着信息技术的发展，数字化为这些传统行业带来一丝曙光。过去的十年里，我国云计算、大数据、人工智能等 IT 技术迅速发展，数字技术呈指数级增长，技术创新和商业创新呈现大爆炸的形态。中国已经是最大的数字化消费市场，崛起的新兴数字行业、企业在金融服务、通讯、出行和物流等领域对传统的市场规则 and 传统行业、企业形成巨大冲击，中国经济正经历由传统经济向数字经济的转型，数字化所带来的新的理念和商业模式加快了我国传统行业数字化转型。

我国传统行业中的诸多企业积极响应国家实施的制造强国战略和中国制造 2025 行动，紧握数字化发展机遇，进行了诸多实践。华为中兴、沈阳机床、海尔、格力、三一重工、联想、中石化、宝钢等一大批行业领军企业都在纷纷设立相关研究院，加大技术开发投入，通过技术创新来引领行业的发展。与此同时，我国一些工业平台化发展已经出现雏形，中国航天、宝钢、中船重工、中国电子等大型国有企业已经建立了企业级的工业互联网平台，也涌现出一批依托工业电商平台创新的微观主体和新型模式。

二、行业实践

1、汽车行业

2017 年，中国汽车产销分别完成 2901.5 万辆和 2887.9 万辆，全年呈现较快增长，产销总量再创历史新高。汽车产业的发展达到了崭新的高度。我国汽车行业数字化在经历了 2009、2010 年的快速扩张，2011-2015 年的深度调整后，2016 年励精图治、探索创新，得到了长足稳定的发展。汽车作为精密的机械电子产品，大量的信息技术在我国汽车产品本身以及汽车生产、制造、销售、维修、服务等关键环节中得到深度应用，并发挥着举足轻重的作用。

通过对我国企业数字化发展情况进行评估发现，我国企业产业在设计、研发和制造环节，仍然远低于国外领先汽车企业。以

大众为代表的汽车企业，多年前已经开始投入巨资对自身的数字化能力进行改造。建立从研发、设计、生产、销售以及售后服务为一体的数字化运作体系。通过数字化 IT 架构，打通每个环节的信息交互，利用市场反馈和调研数据指导新产品的研发和设计，斥巨资打造的模块化平台可以对需求快速响应，快速推出市场需求的车型，在制造环节，利用 MES、ERP 等信息系统提升管理效率和生产的弹性，大量应用工业机器人提升生产效率和产品质量。用汽车产业中的每万名工人对应的机器人应用台数来衡量汽车制造的自动化水平。国内汽车产业在 200 台以下，而欧美等世界先进国家都在 1000 台以上。从这个数字来看，中外仍然存在较大差距。在设计和研发环节，我国起步较晚，发展落后，差距跟为明显。继续推进我国汽车产业数字化转型已迫在眉睫、势在必行。

我国汽车行业数字化随着 2015 年“互联网+"的概念提出之后，汽车行业竞争日趋激烈，当前，汽车行业竞争的焦点也是数字化技术的竞争。汽车行业数字化应用除了促进汽车产品技术创新外，也促使整个产业链在数字化产业支撑下向智能化、网联化和共享化趋势迈进，让产业链不断衍生，促进汽车企业向上下游拓展。在自动驾驶环节，大量互联网科技公司进入汽车行业，推动自动驾驶汽车快速发展，在自动驾驶领域，我国处于世界第一梯队。数字化为汽车后市场发展开拓了巨大空间。当车辆接入到网络中，信息实现共享，共享出行、汽车租赁、汽车金融和汽车保险等领

域迎来新的发展机遇。在这一领域，我国起步较晚，但市场巨大，发展条件良好，具有巨大的发展潜力。

2、石化行业

石化行业作为典型的流程型行业，数字化改造对其提质、增效、升级作用显著。

（1）石化行业数字化需求

石化行业数字化需求主要在经营管理精细化、生产执行精益化、操作控制集中化、设备管理数字化、巡检安防及时化、供应链协同化等方面。

石化行业数字化架构体系

石化行业数字化架构体系以信息基础设施与运维平台为基础，形成了三层一体的架构体系：以 ERP 为核心的经营管理层，以 MES、APC、LIMS、PIMS 为重点的生产执行层，以 DCS、SCADA、PLC、实时数据库为支撑的操作控制层，涵盖研发设计、工艺设计、生产执行、计划排产、运行优化、执行监控、数据采集、操作控制、生产调度、设备管理、安全防护等多个环节。

通过装置、生产线及车间之间的横向集成，以及管理、生产、控制等业务流程间的纵向集成，实现经营管理的规范化、生产运行的精细化、操作控制的集中化。

（2）石化行业数字化未来发展趋势预判

网络高速化

全面感知能力是智能工厂建设的核心能力，需要全覆盖的无线网络和先进的传感技术支撑。因此无处不在的高速网络接入，是实现智能化的基础保障。网络包含两方面：一是全覆盖的、高带宽的工业 4G 网，实现远程数据采集、无线视频监控、人员定位、智能巡检、无线抄表及生产现场设备运行状态的实时监测等应用；二是工业无线测控网络，配合相应 WIA-PA 无线适配器，实现对相对分散的计量、监测数据的低成本采集和传输。

三维可视化

利用三维虚拟技术，实现工厂环境的可视化以及立体监控、侵入式交互、协同式管理，使设计到制造之间的不确定性降低，使生产过程在三维虚拟工厂中得以检验，提前发现设计和生产工艺中存在的不足，缩短从设计到生产的转化时间。同时，满足面向资产、综合管理的三维应用需求，为数字工厂完整解决方案提供基础支撑：一是设备管理的三维应用，集成现有工艺、设备状态、视频及各建设阶段数据，实现设备部件级、毫米级的工厂模型管理；二是地下管线三维 GIS 可视化应用，管道及周边环境信息的收集及数字化改造，实现对长输管线的全天候监控，提升应急处置能力。

业务集成化

基于企业服务总线 ESB 的应用集成平台，通过多业务的有效集成与优化整合，实现业务一体化和协同化。一方面，ESB 通过标准的适配器和接口来完成服务之间的相互操作，提升信息共享水平；另一方面，ESB 与实时数据总线 OPC、数据集成总线配合，支撑企业应用集成和业务集成，扩展企业运营数据仓库的数据集成范围及共享范围，实现生产、经营数据的融合，实现数据标准化管理。

应用智能化

结合地理信息系统（GIS）、电子标签（RFID）、云计算、物联网等先进技术，搭建四层一体的智能化应用体系——全面感知及智能数据采集的传感终端层、可靠安全传输的网络层、信息共享的智能平台层、分析决策的智能应用层，实现装置数字化、网络高速化、数据标准化、应用集成化、感知实时化，为智能工厂奠定基础。目前中石化全自动立体仓库、智能巡检、智能管线等智能化应用已逐步开展。

3、服装制造业

让数字化引领纺织服装产业升级，是一个可行的解决途径。从现有路径来看，纺织服装业推进数字化，势必将从产品设计智能化、关键工序智能化、供应链优化管控等方面，推进重点行业智能制造单元、智能生产线、智能车间、智能工厂建设。同时还要积极培育新型生产方式，结合汽车、机床、通信设备、纺织等

行业特点，推进重点行业智能制造应用示范，不断探索大规模个性化定制、云制造等新型制造模式。

《中国制造 2025》提出的智能制造是两化深度融合的主攻方向，智能化装备是纺织工业智能制造的重要方面。可以说，数字化是我国纺织服装行业转型升级的切入点和抓手，同时也是纺织服装企业提高企业竞争力、实现效益型发展的重要途径。

据了解，纺织服装业经过多年的竞争后，已经进入饱和期，传统制造方式严重阻碍了企业向前发展，市场要求企业必须进行转型升级。智能制造可以减少人手、降低成本、提升效率和准确性，推进制造环节的智能化是企业可持续发展的必要途径。如果企业不向智能制造转型，将会被市场淘汰。

另外，国内劳动力成本的不断上涨也促使纺织服装业不得不向智能化转型。因此，提升数字化制造水平，首先应该从发展智能化装备入手，研发基于信息化架构下的智能化与数字化高端纺织装备设计技术平台，开展纺织装备工程工业设计，实现各工序生产设备的数字化智能控制，从而达到各种纺织品及设备在线自动检测和设计的数字化以及生产营销管理产业链实现全过程数字化智能管理，促使纺织产业实现智能制造，并以此引领纺织服装产业升级¹⁰。

4、信息服务业

¹⁰文章链接：中国智能制造网 <http://www.gkzhan.com/news/Detail/59659.html>

在中国，围绕消费者提供的 ICT（Information and Communication Technology，信息和通信技术）服务，不断升级。埃森哲相关研究表明，中国消费者所期待的复合型数字化服务呈现以下发展趋势：

（1）内容与服务的整合与融合

网络平台与设备间的融合与整合。运营商向用户提供融合的固网宽带、移动宽带和 Wifi 服务，已经成为市场的主流。由于种种原因进展迟缓的三网融合，在政府大力推进信息服务消费的举措下，亦有逐渐加速的迹象。以此为基础，数字化消费者所拥有的不同数字化设备之间的整合与融合，也在不同方向上逐渐推进：韩国的这一比例仅为 39%，排第四；日本为 31%，排第七；美国 28%，位居第十二名。

★数字化内容在不同设备平台上的自由流动。在中国，生态系统中的不同参与者，包括智能手机厂商、智能电视厂商以及应用和内容提供商，都在致力于实现这一整合，优化消费者体验。它们从跨设备平台的操作系统开发入手，并且以此为基础实现内容的自由流动与按需获取。

（2）计费的整合

类似于服务与内容的整合，当前按照产品和服务分类而形成的计费方式也与未来相关应用的继续发展和丰富难以适应。未来的整合与融合的计费，也应当是从消费者所实现的应用和价值出

发，并将计费单位从单个用户转变为家庭等更加合理的单位，从而实现计费领域从用户平均营收（ARPU）向家庭平均营收（ARPH）和应用平均营收（ARPA）的转变。

当今的数字化消费者已不满足被动单向地接受来自供应商的内容和服务。他们具有更强的自我意识，要求更高的互动性并更积极地参与其中：一方面是内容和服务自身的互动性特征。他们希望自己的声音被倾听，对自己所购买和消费的服务与内容施加自己的影响，并把自己的观点和评论和与自己具有类似背景和经历的人分享。本次数字化消费者调研中。每天都会生成音视频UGC的消费者在中国消费者当中占到16%，相较于全球其他地区（比如韩国为14%、美国为10%、日本为7%），中国数字化消费者显示出对于UGC更强的兴趣与偏好。

另一方面，中国消费者也显示出对互动性渠道的强烈偏好。本次调研给出了10种应用和服务，包括社交网络、电子书、影视节目、新闻、音频视频剪辑、个人视频/图片、大型网络游戏、体育比赛、小型游戏和3D电视。当被问及在这10种应用和服务里每天都使用的有哪些时，53%的中国消费者选择了社交网络，位居第一；44%的人选择电子书，排第二；39%的人选择影视节目，排第三；38%的人选择新闻，排第四。像微博和微信这类互动平台，为数字化内容与服务提供商带来巨大价值。

5、家电行业

中国家电行业是中国企业中率先发展，并迅速形成行业规模、行业升级以及产业整合的一个行业。2016 年，我国家电行业虽然遭遇产品销量增速放缓，但整体保持稳定增长态势，产品结构持续优化、环境健康类产品快速增长。目前，中国家电行业在进入重组阶段，业务会从粗放型向精细化方向发展，数字化在这个过程中发挥着及其重要的作用。

在数字化的浪潮推动下，中国家电行业进入消费升级期，向数字化生态圈转型，数字化建设投入力度达到前所未有的水平。家电行业营销模式也逐渐转型，线上市场颇具亮点，渠道业务呈现电商化，使得线上销售规模大幅增加。尤其是在双十一期间，线上市场销售大幅上涨。与此同时，中国家电行业市场的业务内涵也在发生转变，正从价格比拼向商品、服务、物流以及互联网金融等全面覆盖。目前，核心家电企业纷纷整合产业链资源，依托信息技术，建立开放式研发平台，以开放的心态推进研发模式的创新。

我国家电业的技术改造若继续向纵深发展，使“智能制造”等不断改变着家电生产厂的面貌。数字化、智能化的科技革命将在更深层次影响家电业的产业变革。

6、食品行业

近几年，中国的食品行业市场发展迅速且存在灵活多变的特点。食品行业在开发中国消费者需求的同时，也接受其数字化的特点。接受数字化的这类食品企业通过网络销售，强调服务创新以构筑忠实的顾客群。这种数字化优先策略使他们利用其客户数据打造个性化的购物体验和其他服务创新。

三、企业案例

1、上汽大众

上汽大众汽车有限公司宁波分公司（以下简称“宁波工厂”）自 2012 年 1 月开工建设一期项目，包含冲压、车身、油漆和总装四大工艺，于 2015 年初达到 30 万辆车/年生产能力。二期项目于 2014 年 5 月启动，目前已完成二期一线的建设与投产，达到 30JPH（即 15 万辆/年）生产能力。二期二线的项目建设正在进行中。

（1）数字化制造技术应用情况

1) 智能装备应用情况

●自动化情况

宁波工厂在生产制造领域引入了较多的自动化工艺设备。例如，冲压车间全自动高速拆垛系统，可实现不停机更换垛料，线尾双 KUKA 机器人放料，整线实现自动化。车身车间机器人在

线测量技术，能对每一台车身尺寸进行 100%精确监控。油漆车间机器人自动喷涂技术和空腔注蜡技术，实现了 100%机器人自动喷涂，保证油漆表面质量和车身防腐性能。总装车间自动化底盘合装设备，能有效提升装配效率、降低人工成本。

宁波工厂在物流领域率先尝试了 AGV 与机械手结合的技术方案。前风窗零件在物流仓库智能编组，AGV 自动运输补货，在排序区域通过机械手智能识别排序，并最终通过 AGV 自动运输上线的多流程结合的自动化解决手段。项目中使用了全向行走的 AGV，智能识别和抓取机械手等技术。同时将生产系统与物流系统相结合，尝试不同物流流程之间的设备系统、同流程的不同设备之间相互配合。待该项目 2018 年实施后，仓库到排序区将不再需要配料工、排序工人、上线工人，实现厂内物流多流程的自动化智能化。

●智能装备技术

上汽大众宁波工厂在智能设备技术应用方面也有一定的成果，主要体现在 ISRA 智能视觉系统和 RFID 技术的应用。

ISRA 智能视觉系统。ISRA 智能视觉系统是应用于车身车间的一套视觉识别定位系统，它通过机器人手臂上的摄像头对零件定位孔拍照，计算出零件在空间的实际位置，然后指示机器人按照零件的实际位置去抓取零件，确保零件的装配精度。通过 ISRA 智能视觉系统能够消除传统安装技术在零件制作和运输过

程中产生的累积误差，确保零件的装配精度，提升车身一致性，稳定整车车身质量。

RFID 技术。通过采用 RFID 技术读取车辆的条码以获得信息，随后相应设备会根据车辆具体信息将指令发送给相关工位的机器人和工厂的生产控制系统，命令设备做出相应操作。例如，在前底板定位焊工位，通过识别 RFID 信息，自动焊装设备收到指令，焊装不同车型的后底板总成（对应不同的后桥结构）；在侧围内板总成与底板的合拢工位，RFID 技术与机器视觉系统相结合，精准实现侧围内板总成与底板的合拢；在车顶安装工位，机器人通过识别 RFID 信息，实现多种车顶形式的装配。

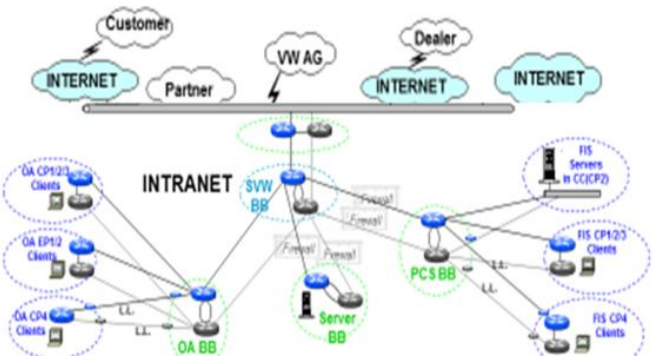
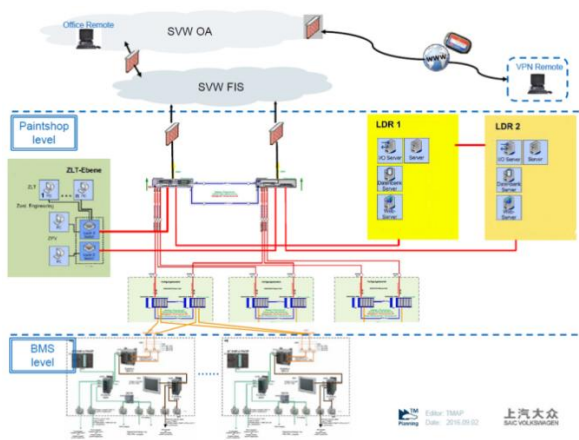
2) 网络互联建设水平

在宁波工厂建设之初，公司建立了一系列网络互联基础设施。例如，将生产设备以及生产信息网络通过车间级的网络互联，集成应用于生产设备和 ANDON 上位监控系统（SCADA）。生产设备和工艺设备建立了工业以太网网络，PLC 及 RFID、PC 互连，并与上层的监控系统连接，实现对生产设备的可视化管理和生产控制。

在设备层，通过 Profinet 总线网络的覆盖，实现设备层的各控制元件、传感器、驱动设备之间实时的互联。PLC 与各类传感器，各类驱动设备之间通过 Profinet 进行数据通讯，实现 PLC 对设备的监控。

在车间层，通过基于 TCP/IP 的工业以太网将各 PLC、客户端、服务器连接在一起，实现车间级的信息互联。通过车间级网络，底层设备的数据被采集至服务器内。同时，服务器中的数据（如设备状态，故障信息，生产信息等）通过网络显示在 PC、显示屏、平板等客户端上。

在企业层，通过公司级的 FIS 和 OA 网络，将工厂、车间网络集成到整个公司网络之中，实现 OT 与 IT 之间的融合。来自 ERP 的生产订单自动传递至车间设备实现柔性生产。在公司总部办公室就可访问异地工厂的 SCADA 系统，掌握异地工厂的生产信息和设备状态。



图（1） 车间级网络互联平台 图（2）企业级网络互联平台

3）运营管理系统应用水平

公司运营管理系统应用主要体现在研发系统与制造系统对接、生产运营管理系统、流程管理系统、环保与能源运营管理系统等方面。

●研发系统与制造系统对接

上汽大众通过统一的产品数据管理系统平台来实现研发与制造环节有效对接。该系统平台功能覆盖从研发到制造各个领域，为同步工程小组提供数据支持平台和在线信息交互工具，支持小组内协同及工作组之间的协同。通过系统进行协同工作，便捷关联项目信息和设计信息，提升协同效率。数据管理系统具备数据格式转换功能，可以将不同格式的产品数据转换成通用中性文件或其它 CAX 数据文件，从而实现信息在各部门间的有效传递。



图（3）统一的产品数据管理系统平台

●生产运营管理系统

宁波工厂的生产运营管理系统主要有 FIS 系统和 Eco EMOS 系统，可实现信息实时采集、上传、存储以及指令下发，控制整车生产全过程。FIS 系统主要功能是生产信息流转、生产控制和质量控制（缺陷管理）。同时，总装车间高精枪螺栓数据采集管理系统，从工位至中控室服务器数据通讯采用 AP 无线网络，与工厂 FIS 系统建立数据通讯；Eco EMOS 生产监控系统处于中央监控层，通过深度分析产品生产过程、PLC 数据采集，实

现生产过程可视化与设备运行状态实时监控。通过分析 Eco EMOS 系统收集的数据,可以发现设备瓶颈点,从而进一步优化,减少停线时间。此外,该系统还具有实时信息反馈、生产数据分析、设备管理、订单管理、网络安全通道防护等优势。

●流程管理系统

宁波工厂通过多种工作在线平台,实现流程管理互联化、标准化、透明化。在项目工作领域中,“项目 FMEA 管理系统”通过进行新项目或工艺更改的 FMEA 分析流程管理,实现上汽大众总部规划部门、产品设计部门和各生产工厂工艺管理部门之间的信息互联互通;在日常工作领域,“上汽大众管理文档在线”通过搭建公司文件系统管理平台,实现公司手册、程序文件、工作指导书、记录表样以及内控权限等信息的统一管理,各部门工作流程标准化、透明化;在员工发展领域,“员工职业发展系统”通过将员工职位层级评价和绩效考评体系标准化、透明化,实现员工与领导层之间的信息传递,同时记录并明确员工发展路径。

●环保与能源运营管理系统

宁波工厂通过建设环保与能源管理系统,着力实现绿色工厂愿景。通过覆盖车间所有能源的智慧能源管理平台,管理人员可实时查看工厂范围内水、电、气用量,及时发现波动情况,调整能源供应参数并记录能源消耗量。同时通过数据分析,发现车间及各辅助单体的用能规律,预测未来能源消耗。目前,宁波工厂

已实现纯水制备能力 110 m³/h、中水制备能力 60 m³/h、废水物化系统处理能力 110m³/h 和废水生化系统处理能力 150 m³/h，公司环保运营系统自动化率达 80%。

4) 基于模型的企业(MBE)开展情况

●数字化工艺

通过 AP(Arbeitsplan，以下简称“AP”)系统贯穿产品全生命周期，记录和优化整车、动力总成、零部件生产过程，实现工艺数字化。AP 系统数据结构清晰，能够发现各生产工位的增值时间与隐藏浪费，为进一步优化生产工艺、提升劳动生产率打下基础。另一方面，AP 系统也为规划、物流、制造等部门提供了统一工作平台，实现各部门间信息共享。例如，物流部门可直接在 AP 系统中获取实时工艺信息，以此为基础进行线边物流规划。此外，AP 系统还与多达十几个系统有直接接口，可以进行不同数据调用，方便多部门系统整合和获取。

●数字化车间与数字化工厂三维建模

上汽大众建立了支持工艺规划、三维布局规划和仿真优化的数字化工厂规划平台，着力推进涵盖汽车制造各个工艺内容的数字化工厂应用，构建标准资源库。通过数字化工厂规划平台，宁波工厂在建造之初就进行了工厂布局设计分析、产品装配设计分析、制造工艺优化验证、工厂运行状态仿真。在建设过程中，宁波工厂实现了厂房基建、生产线模型、工艺设备、机器人的三维

建模。在计算机建模的基础上，规划部门还对宁波工厂生产制造过程和生产设备配置方案进行了仿真模拟、验证和优化。

5) 工业互联网平台应用水平

目前工业互联网在上汽大众的应用方向主要有以下几个：数据分析平台的应用，可以采集工业数据，进行数据分析和挖掘，对质量、设备、生产等领域提供改进和提供意见；在数据分析的基础上，考虑应用人工智能技术，实现生产的改进。

上汽大众基于 **HANA** 技术，建立了面向整车生产的生产系统和供应链的报表中心，可以对生产情况和供应链进行监控和分析。生产报表中心实时抽取各生产业务系统的数据，在报表中心数据库进行汇总，建立模型，对生产情况、质量情况、物流情况进行分析和展示。基于此套系统，各工厂对生产、质量和物流情况可以实时掌握，并对其进行分析。

同时，通过建立供应链监控平台，抽取了 **ERP**、生产系统、仓库管理系统、运输管理系统等各种业务数据。通过进一步整合，对库存、供应商、订单等核心指标进行监控和分析，从而全面掌握供应链的运行情况。

(2) 实施数字化战略后的效果

在宁波工厂的建设过程中，面向工厂规划和生产过程的数字化工厂建设理念得到应用，建立起包括工艺规划、三维布局规划

和仿真优化的数字化规划平台。通过这一平台，规划部门及时整合产品、工艺、工装设备的数据信息，使预规划工作效率更高，方案评价更准确直观，投资估算更准确。同时，各规划专业部门可以在同一平台上并行工作，提高方案规划一致性，减少规划中可能存在的多专业布局规划方案的冲突和干涉，降低现场施工阶段的返工风险，缩短工厂规划的时间。平台的搭建还提升异地和跨国沟通的便利性，各部门可以进行规范方案的远程讨论，降低出差沟通成本。

智能设备的广泛应用使工厂生产过程控制能力得到显著提高。通过自动化识别与探测系统的应用，宁波工厂实现了车型、零部件、车身焊点和油漆膜厚等各项参数的自动识别。一旦有生产环节发生异常，设备即可实时报警，避免缺陷车下线，从根本上保证产品质量和客户满意度。同时，通过网络互联和信息存储，宁波工厂实现了车辆缺陷信息的自动存档，其中车辆关键信息的存储期限可达 15 年或更久。保证了在车辆生产过程中和用户使用过程中，一旦发生异常，可实现产品全生命周期可追溯。

在流程管理方面，数字化技术的应用简化公司各项工作流程，使公司管理流程电子化、透明化，审批流程可视化、可监督，显著降低管理成本、提高内控监管能力。

2、宝钢集团

2010 年宝钢提出“信息在系统中共享、流程在系统中贯通、业务在系统中协同、资源在系统中利用、权力在系统中受控、知识在系统中传承”的信息化建设目标和打造“数字化宝钢”的发展战略。

“数字化宝钢”即将宝钢企业实体以“数字化”的方式支撑所有的经营活动的运作，从而促进企业发展目标的实现。在过去的二十建设发展中：

（1）建信息化，引样板企业

从 1978 年 12 月宝钢打下企业建设的第一根桩开始，宝钢的信息化建设也随之开始。宝钢从日本成套引进手工的生产管理模式和生产制造过程的自动控制技术。之后宝钢引入一家样板企业，学习和借鉴吸收该企业的管理理念，结合自身实际情况，建设了适合自己的管理流程和规范，再利用 IT 手段讲这些规范、流程固定到日常生产。

（2）企业网络构建

宝钢迅速发展和推广 OA、ERP、CRM、SCM、HR 等各种应用系统。宝钢认为 VPN（Virtual Private Network）已成为全新的非接触沟通模式，具有高性价比、高性能，所以宝钢决定采用 VPN 技术构建企业网络信息化平台。近些年，宝钢正在致力于

打造宝钢工程数字化设计云，集成 VSAN、VDI 和 GPU，基于宝数云，宝钢全面实现宝钢工程数字化，引领了钢铁制造行业的发展。

3、海澜之家

海澜之家向“服务型制造”企业转型背后的重要支撑就是其全面的数字化战略。在前端运用大数据分析动态掌握消费者多样、变化的服装需求、在后端通过高效的数字供应链支撑愈发多元和个性化的产品结构。海澜之家的数字化战略并非着眼于生产运营上的小修小补，而是通过数字化战略实现了“品牌+平台”这一轻资产的商业模式，逐步占据产业价值链的制高点

数据驱动这一特点在供应链的数字化转型上体现得最为明显，数字领军者建立起智能数据模型来自动收集和分析来自供应商、自身库存、物流环节的信息，打造出主动感知、实时可视、以客户为中心的数字化供应链，海澜之家的优异市场表现很大程度上得益于高效的数字化供应链，该供应链模式可通过对门店销售数据的分析，快速调整补单情况，有效减少存货量；对货物资源统筹规划，搭建起多品牌货物统一收发货、物流跟踪及结算管理的管控平台，提升对供应链的管控效率。

4、12306 网络平台

12306 网络平台一直以来面临着春运购票高峰期挑战，在2012 年春运后，12306 网站承包单位铁科院开始进行大胆的改革，

与 VMware/Pivotal 展开合作，并在合作伙伴资拓宏宇(上海)公司的支持下尝试使用数据网格技术- Pivotal Gemfire。由此开始，12306 利用该技术，开始采取春运应对措施，使其顺利挺过了高峰售票期。

(1) 部署数百个 Pivotal Gemfire 节点，提高 12306 核心系统的性能

目前 12306 售票网站使用 Pivotal Gemfire 节点构建了 5 大集群，有“余票查询集群”，“订单查询集群”，“票价计算集群”，“实名制核查集群”和“用户登陆集群”。这些集群采取分布式模式部署在不同区域的 3 个数据中心。

(2) 使用“混合云”的基础架构

由于春运期间客流量大幅增加，12306 的访问量提升数十倍甚至百倍。在 12306 改造初期已经考虑此问题，需要构建一个能提供弹性扩展的“云平台”来支撑季节性的需求。在经过谨慎评估后，采用“分布式”内存网格计算平台来解决此问题。

在以往的春运期间，12306 售票系统部署 Gemfire 集群在 2 个数据中心，提供服务。在 2015 年春运购票高峰之前，考虑到超大并发会造成网络流量大以及阻塞的问题，今年特别在阿里云建立一个数据中心，由阿里云提供“虚拟机”的租赁服务，将基于 Gemfire 实现余票查询功能的系统以及 Web 服务部署在这些虚拟

机上，以分流“余票查询”请求，解决因为高峰期超高并发造成的网络阻塞问题，以进一步提高服务品质。

12306 混合云架构的成功服务模式 - 3 个数据中心协同合作提供优质服务，按需采购云服务的模式，不但顺利解决高峰期的网络流量和系统资源问题，而且降低了在 IT 方面资金的投入。此举给政府部门和企业单位提供了新的思路。

5、美的集团

美的集团是家电行业巨头，早在 2010 年，其年营业收入就突破了千亿大关，达 1103 亿元。同其它家电企业一样，美的集团过去一直以大规模生产、低成本优势取胜。然而，近年来美的集团也面临了诸如疲软的国外市场、不断上涨的人工成本等挑战，同时也面临消费升级所带来的机遇。美的集团管理层意识到，在数字经济时代，以前规模效应换取成本优势的发展模式不可持续，需要探索新动能，保持集团市场领先地位。美的集团在 2011 年果断实施数字化转型。

（1）重构 IT 系统、推进数字化制造

从 2011 年底开始，美的就开始做 IT 治理的集中制、全面重构系统，并确定了 632 战略（六大运营平台，三大管理平台以及两大门户和集成技术平台）。随后，美的投资十多个亿，进行全面重构系统，实现了集团级的企业标准和语言。同时，美的还投入将近 20 亿在 632 战略的周边系统。此外，美的集团还投入超

过 5000 人的规模去实现三年信息化的转型和基础（业务+IT），实现了流程端到端拉通，数据端到端的拉通。

在生产线上，美的投入 70 亿元在自动化、信息化领域，目前美的的平均自动化率达到 17%（家用电器制造业行业平均自动化率为 7.9%）。美的已经进入到涉及智能工厂制造标准的深度，包含设备自动化、生产透明化、物流智能化、管理移动化、决策数据化等 5 个维度。美的计划投资 50 亿元用于生产线智能改造，投资 40 亿元人民币将工厂往 C2M 转化，未来除了可以提升生产效率，还可以实现满足用户一对一个性化的定制的生产需求。

（2）数字化成绩

美的集团对数字化转型的投入巨大，并且在初期也经历了转型的阵痛。为给数字化转型蓄力，美的在转型初期开始逐步压缩产品生产线、关停生产基地，将精力全部集中在转型上。在给数字化项目投入大量资金的同时，集团在 2012 年遭遇了少见的营收骤降。当年美的营收 1027 亿元，较 2011 年下跌 314 亿元（营收降幅达 23%）。

所幸的是，美的集团始终坚定信念、实施转型。美的集团的坚持在不久后便得到回报。2015 年，受上游房地产和全球经济大环境影响，整个中国家电行业都经历了一段相对“黑暗”的阶段，全行业普遍遇到了销售收入下降，利润下滑甚至亏损的问题。甚

至连少数千亿级的龙头企业都不能幸免，但美的集团在 2015 年依然实现了 17.5% 的收入增长和 25% 的盈利增长，成为当年唯一一家在国内市场销售额呈现增长的上市家电企业。

美的集团之所以能在逆境中独善其身，靠的就是数字化转型所带来的“内力”提升，以下是美的集团数字化转型五年的成绩单：

- 劳动成本下降：美的集团的员工总数从 2011 年最高 19.6 万人，降至 9.3 万人
- 生产要素投入未增加：自 2011 年以来，美的集团没有再花钱购买土地、厂房等生产要素类资产
- 现金流由负转正：2011 年美的集团的现金流是负数，2015 年则坐拥 700 亿现金
- 营收微涨，利润猛增：2015 年美的集团的营收达 1384 亿元，虽然比 2011 年只增加了 40 亿元（3%），但利润却从 66 亿元翻倍提升到 136 亿元（106%）。

6、伊利集团

乳业龙头企业伊利集团围绕数字化做了诸多实践。这些实践也正体现了伊利正在拥抱互联网、全面信息化的三个方向：做深、做广和做实。围绕这三个方向，伊利已和全球著名的 IT 管理咨询机构德勤开展了信息化方面的战略研究和合作，确立了“建立全球领先的数字化食品生态系统”的战略目标和具体规划，并已

开始实施推进。据了解，接下来伊利将打造一个“全球化、网络化、智能化、敏捷化”的产业链一体化平台，通过运用数字化和互联网技术，不断推动业务的创新和服务的升级，致力实现全产业链的可视化和信息化。

（1）做深：乳业全产业链的数字化

以企业追溯体系为例，在 10 多年前，伊利集团就开始建设婴幼儿奶粉追溯体系。多年来，随着信息技术的不断发展，伊利的追溯体系也随之升级，从最早的数字码追溯，到一维码追溯，到二维码追溯，目前已经实现了开放式的手机追溯。

目前，伊利已经建立了完善的产品追溯程序，从每头牛耳朵上的数码耳标，到原奶收购车辆的 GPS 跟踪，再到原奶入厂后的随机条形码、生产过程的产品批次信息跟踪表、关键环节的电子信息记录系统、质量管理信息的综合集成系统和覆盖全国的 ERP 网络系统，伊利已实现了产品信息可追溯的全面化、及时化和信息化。

多年乳业全产业链数字化的耕耘，基于伊利对“链上思维”的深刻认知——未来的产品不仅是一个实体，更是一个过程，是一个链条，在这个链条上需要更好的提供可视化信息。

（2）做广：与互联网巨头“云端”“地下”互通

实业企业的互联网战略，关键在于“云端”、“地下”的互通，这离不开与互联网企业的合作。伊利与中国目前的互联网三巨头腾讯、百度和阿里巴巴都达成了全面合作关系，将这些互联网巨头“线上”的优势与伊利“线下”的优势结合了起来。

近年，伊利先后与三大互联网企业达成战略合作。伊利和腾讯在大数据及健康产业、核心营销资源深度运用等领域开展合作，并就 O2O 领域的合作展开探讨；伊利联手百度开通国内食品行业、中国乳业第一直达号，推出了伊利企业介绍、参观工厂报名、乳业相关知识三个服务板块，让消费者实时查看产业链动态；伊利还和天猫超市开展电子商务领域的深入合作，共同致力快消品电子商务的最新实践。

据了解，伊利早已运用了成熟的物联网技术。伊利是最早实践“智慧物流”的企业之一，通过信息平台的搭建和运用，实现供应链信息的共享和互动。从供应端到客户端实现系统化应用，陆续导入 CRM、APS、TW、二维码、GPS、电子采购平台、EOS 电子订单等一系列“高大上”的信息技术手段，全程实现高效、灵活、透明管控。

这些物联网的运用，都在随时提供着产业链上各种形式方方面面的数据，伊利强大完备的数据系统与三大互联网企业的云计算优势相结合，让云端与地面结合后在大数据方面的合作成为可能。

（3）做实：“数字化+牛奶”的产品不断推出

说起“数字化牛奶产品”，有些人可能有些陌生。其实它早已走到我们身边。比如市场广受欢迎的金典有机奶，实现了“全程可追溯系统”，将中国有机食品产业带入“可追溯时代”。通过这个系统，消费者可在金典官网查询到有机奶的五大环节——有机牧场、原奶检验、无菌生产、成品检验、认证查询。这个系统上线后，市场评价很好，产品销量也表现很好。这就是“数字化+牛奶”的重要体现方式之一。

伊利同时也是第一个将“牛奶”和“微信”结合起来的企业。通过与腾讯合作的“听好声音，喝安慕希，抢百万微信红包”互动活动，让消费者手指一点，实现牛奶到家。这个活动吸引到近 500 万消费者参与，互动次数突破 5800 万次。

“实业企业不能排斥互联网思维，但也不能固化互联网思维。我们提倡‘互联网观感’。”伊利集团董事长潘刚认为，要去感观互联网，经过系列感观后，并和自身行业、企业的特点结合起来，就自然会形成更加合乎实际的经营思维和决策。

四、存在问题

1、缺乏统一架构的 PaaS 平台导致 IT 应用的敏捷开发和个性化开发不足

通过与很多企业交流发现，大量企业都有庞大的自我 IT 应用的开发人员，还有庞大的外包人员。每一个 IT 应用，其实都在单独和重复开发很多相同的功能，每一个应用部署都很耗时，很难自动扩展。“如何把这些共同的功能统一起来，开发一个 PaaS 平台或者引入一个 PaaS 平台”成为所有企业都在思考的问题。

但是，如果每一个企业都去开发一个 PaaS 平台的话，大家也都是在做重复的工作，各企业 PaaS 架构是碎片化的，各自打造的 PaaS 平台的成果也是参差不齐的。因此缺乏一个统一架构的 PaaS 平台，以及由此带来的公共的、标准化的服务和面向每一个领域的专业化服务。这样的结果还导致不能使得不同的企业，例如软件开发商、系统集成商等更加聚焦于应用的开发。

2、私有云和公有云的安全问题还有待解决

在安全方面，企业普遍认为上云以后没有以前安全。

其核心的原因，一是在云化以后，由于数据分散，导致数据的泄露和非法的访问风险加大。二是原来每一个应用都运行在不同的服务器上，都是物理隔离的，上了云以后，全部从物理隔离到了逻辑的虚拟的隔离，这样安全的边界就变得越来越模糊，漏

洞也会被放大，虚拟机和虚拟机之间缺乏必要的防护。三是从应用的角度来讲，企业希望快速、敏捷地提供应用，但安全匹配又跟不上。四是从管理的角度，企业都希望资源提供更敏捷，这是云计算最大的优势，但是授权有可能是静态的，匹配有难度。这也是云计算时代在安全方面面临的挑战。

客观地来讲，公有云比中小企业私有云更安全，因为没有一个小企业能够有这么庞大的安全投资和灵活的安全服务。为了应对云化以后的安全，关键就是要构建一个全栈的安全体系，包括物理安全、网络安全、主机安全、应用安全和数据安全，同时要让全局可视化，这也是云带来的优势。另一个方面，基于大数据和人工智能，实现实时的、智能的感知和预防。最后，要选择一些可信的合作伙伴。

3、越来越多的数据和流量的负荷和处理面临压力

当前的数据中心，是用一个传统的架构，把网络分三层，最下层连接服务器。这样的网络架构，按目前的能力，只能支持百Tbps 级的容量，而且还面临单点故障风险和功耗的问题。在大型的数据中心里面，维护几十万对的光纤非常困难。

在数字经济背景下，这不是企业面向未来应对大数据流量和大量的数据存储以及计算所需要的数据中心应该具备的能力。如果把云的理念用于数据中心架构，从 Scale up 的方式，变成 Scale out 的方式，就可以实现 Pbps 级超大容量，并大幅度地减少光纤。

但这个方案现在还没有真正实现，运用云的理念，用一个分布式的架构，去替代现在的数据中心架构将是解决这一难题的有效路径。

4、“数据孤岛”尚未打通

在企业中，由于开发时间或开发部门的不同，往往有多个异构的、运行在不同的软硬件平台上的信息系统同时运行，这些系统的数据源彼此独立、相互封闭，使得数据难以在系统之间交流、共享和融合，从而形成了“数据孤岛”。随着数字化不断深入，企业内部、企业与外部信息交互的需求日益强烈，包括产业链上的其它上下游企业和用户等，急切需要对已有的信息进行整合，联通“数据孤岛”，共享行业信息。而基于平台的数据整合和流动对于数据的分析汇聚能力更强、传输效率更高。数据将不只是对生产活动的记录，更多进入到业务深度的融合。企业可以在产品开发周期、产品质量、资源消耗以及企业柔性生产能力等方面形成其核心优势，能够准确进行生产决策，提升对客户的服务能力。同时消费者可以直接参与产品设计，进而满足产品和服务定制化需求。

5、云化过程中数据迁移带宽问题

如何解决云化的过程中数据的迁移、私有云和公有云之间的迁移、公有云和公有云之间的迁移的带宽问题是数字化转型不可避免的一个问题。亚马逊通过特快专递，让企业把一个装有数据

的盒子快递到亚马逊，每 50TB 收费 200 美金。如果从云上把这个数据拷下来，收费是一千到两千美金，靠盒子运输既不够安全也不方便，所以站在企业的角度考虑，就更需要运营商按需提供带宽，这样才能够快速地实现公有云和私有云之间的海量数据迁移。

6、生态圈建设需加强

出于数字化转型的需要，很多企业都建设了自己的生态圈，但存在的问题是真正参与的企业数量很少。其原因是各家企业的生态圈都是以自我为中心的，这必然会导致不同企业之间的生态圈有相互冲突。

事实上，到底谁接入谁的生态圈，最终还是要看哪家企业更为强势。比如像滴滴打车这样的颠覆性应用，其他企业只能接入，而代理商通常只能接入到厂商的生态圈中去。

第四章 传统产业数字化转型的主要模式和支撑条件

一、数字化转型发展的主要模式

以上分析可知，企业数字化转型过程中存在数据孤岛、信息烟囱、互联互通、数据断层等问题，表面上来看是技术问题所致，但究其本源是则更多是管理问题。因此，我国传统企业数字化转型中若不能从管理上革新，仅在技术上着力，将会在困境中不能自拔。要解决这一问题，逐步推进企业的数字化转型，首先必须转变企业数字化的管理和建设方式，需要一套全新的、科学的理论体系为指导，以企业架构理论驱动管理提升，使数字化转型从局部规划和设计向全局规划和顶层设计转变，最终走上可持续发展的轨道。**因此企业架构的转型和革新是企业数字化转型的首要条件，在此基础上，不同阶段、不同行业、不同规模实力、不同技术领域的企业数字化转型一般有以下两种模式。**

1、基于底层架构的 IT 系统升级模式

基于底层架构的 IT 系统由云平台、大数据平台和 DevOps 构成。底层由硬件提供商提供的服务器、存储、网络等基础硬件构成。新的 IT 系统对基础设施提出新的需求，高效稳定的 IT 基础设施。中间层构建 PaaS 平台，并结合具体行业，提供针对行业的解决方案。位于顶层的敏捷开发，能够帮助企业应对快速变化的企业需求，当业务有需求时，IT 可以迅速响应，快速更新 IT 服务内容，实现在线状态下快速更新。数字化加速产品设计，

优化生产过程，提高生产效率，进而降低企业成本。基于新架构的 IT 系统能应对大规模、更复杂的流量，对复杂行业的应对性更强。新架构的最大优势在于层次分工明确，每一层均交由专业的供应商来完成，能够保证每一层的稳定可靠。对于企业而言，企业仅需要关心顶层应用即可，将更多精力投入业务创新中，有助于企业的转型发展。

2、数据驱动模式

数据驱动模式可以从三个维度来说明。

一是通用性（数据可重用）。传统工业是建立在模拟信号基础上，而数字信号是在模拟信号的基础上经过采样、量化和编码而形成的，这样就可以实现利用 IT 的高通用性解决工业数据非标的问题。

二是标准性（互操作）。随着包括硬件、网络、操作系统、数据库系统、应用软件、数据格式、数据语义等不同层次的互操作的实现，基于运行环境、体系结构、应用流程、安全管理、操作控制、实现技术、数据模型等的的数据驱动模式即能达成，能够达到平台或编程语言之间交换和共享数据的目的，可以将传统产业非标的数据标准化。

三是敏捷性（流程的再组织、自组织和重构）。敏捷性包括两个层面的含义，一是数据信息的标准化到知识的自动化，二是企业业务的标准化到集成化。

一方面，数据信息的标准化到知识的自动化。数字化背景下，首先，IT 基础设施成本的降低和网络安全的加强使得企业有动力利用新的 IT 架构，这就解决了数据存放问题，其次，随着 IT 架构的升级，解决底层连接问题，能够实现将非标的产业数据进行标准化处理，第三，将数据信息进行知识化处理，使得数据信息具备了知识的通用性和可重复使用的特征，实现知识的集成应用。第四，在上述背景下，通过基础数据的连接和异构处理、企业既有知识库的管理（手册、资料等）、专家经验的描述和数据与知识的模型化可以实现知识的自动化，知识自动化通过把各种工业技术体系模型化，然后将模型移植到智能设计与制造平台上，并通过平台，来驱动各种软件，包括设计、仿真、计算、试验、制造系统等，实现敏捷生产和制造，进而驱动企业业务流程重构和组织再造。

另一方面，业务的标准化到集成化。对产业本身来说，数字化对产业的全生命周期进行标准化集成重构，通过互联网、移动物联网等带来的低成本感知、高速移动连接、分布式计算和高级分析，使得信息技术和工业系统进行深度融合，从而给工业带来深刻变革，创新企业的研发、设计、生产、制造、运营、营销和服务全生命周期的模式。这些不同的创新应用模式为不同行业的工业企业带来更快的速度、更高的效率和更高的洞察力。具体体现在智能化生产、网络协同、个性化定制、远程服务、平台化应用等诸多应用场景中。

二、传统产业数字化发展的支撑条件

要实现传统产业模式、业态的深刻变革，全面推动数字化转型，除了从企业架构的转型入手，实现企业战略和业务的全局规划和顶层设计，还需要借助云计算、大数据、物联网、雾计算等新一代信息技术来转变企业的技术架构。**因此，企业架构、IT 基础设施、新型 IT 基础架构、安全防护体系、数字化平台以及人才教育等支撑条件将成为企业数字化转型的基石。**

1、企业架构转型

结合国内典型企业数字化转型案例，可以发现，企业架构转型主要按照以下三个层次展开：

一是思维与战略重构：企业将清晰的战略目标、强大的资源整合能力、独特的创新能力、海纳百川的人才聚合能力等核心能力嵌入到产业价值链的关键环节中。

二是模式转型：从内部管控的流程模式转变成外部用户服务的流程模式。先从运营转型开始，过渡到商业模式的转型和组织结构的转型。

三是信息化升级：商业和技术的双轮驱动，借助先进 IT 技术和解决方案实现数字化重构，支撑业务转型和数字化重构。

2、IT 基础设施

IT 基础设施属于核心层的产品和技术支撑。主要包括服务器、存储、网络以及数据中心相关的其他 IT 设备。在 IoT 技术的支撑下，越来越多的设备具有采集数据的功能，这就对于数据的传输、计算和存储产生了新的需求。在计算层面，海量的数据需要更加强大的计算能力，并行计算、异构计算、GPU 加速等技术被广泛应用，计算能力显著提升。而面对大量的终端设备，边缘计算成为解决数据处理延迟和数据传输拥堵的重要解决方案。数据存储是数字化转型的重要环节，存储设备为数据的存储提供支撑，不仅要满足数据的容量需求和分析处理需求，还应该确保数据的安全性。数字化转型需要连接多样化的设备，这就对网络的容量、稳定性提出了新的要求，机器与机器的连接还需要极低的延迟，以确保系统的稳定运行。目前，IoT 技术快速发展，海量设备正在连接到网络中，多种类、多层次的网络根据不同的需求而采用。窄带网络可以提供的带宽有限，但在覆盖范围和设备功耗方面具有较大优势，适合共享单车、传感器等分布广泛、设备数量巨大的应用群体。5G 网络提供高速率和极低的延时，适用于汽车、自动化设备的联网需求。数字化转型将直接影响数据中心的发展，中小型数据中心数量减少，大型数据中心规模逐步扩大，与位于用户附件的边缘计算数据中心快速兴起，分别从计算能力和实时性方面支撑业务发展。在人工智能、大数据技术的推动下，未来数据中心将大量应用 GPU、FPGA 等专用加速芯

片，根据业务需求提供专业加速服务，实现计算能力的提升与功耗的降低。

3、新型 IT 基础架构

数字化转型对 IT 基础架构提出新的需求，需要新型 IT 基础架构进行支撑。新型的 IT 基础架构以云架构为核心，提供丰富的连接能力和灵活的横向扩展能力。底层的软硬件基础设施通过云的形式进行组织部署，统一对外提供服务。云架构统一管理内部计算、存储和网络能力，优化基础设施利用效率，并且提供统一管理能力，提升管理效率。云架构提供丰富的接口，连接多样化的设备，提供输入输出能力，以便适应不同的应用。随着业务规模的提升，新型的 IT 基础架构具有灵活扩展能力，能够弹性扩展计算和存储，实现 IT 能力的快速部署。最后，通过 PaaS 云平台对外提供服务，可以应对未来灵活多变的业务形态。行业应用基于 PaaS 平台进行开发，应用与 IT 基础设施之间通过丰富的接口进行交互，业务更新不需要底层应用进行升级改动，满足敏捷开发的需求，提升了业务灵活性。

4、安全防护体系

安防体系是实现数字化转型的保障。数字化转型的安全威胁一方面来自 DDoS、网络应用和 DNS 基础架构攻击等，它们可以轻而易举的突破传统防御。对于迁移至混合云与私有云基础架构的金融服务机构，它们需要配备能够在其混合数据中心与托管

环境下充分发挥作用的安全服务，并且重点关注网络性能与弹性。安全在推动企业实现数字化转型中是一大前提。

在数字化转型的推动下，数据量不断增加，数据的交换也日益频繁，数据安全问题在数字化转型进程中逐渐凸显。为了确保数据的安全，世界主要国家纷纷出台战略与政策。我国于 2014 年专门成立“中央网络安全和信息化领导小组”，着眼国家安全和长远发展，统筹协调涉及经济、政治、文化、社会及军事等各个领域的网络安全和信息化重大问题，推动国家网络安全和信息化法治建设。

另一方面来自不规范的管理风险，管理能力不足将会给数字化转型带来巨大风险。对于新型业务形态，管理规范欠缺，管理能力和经验不足，人为的管理疏忽会导致系统不稳定、数据泄露等风险，此类风险的危害程度甚至高于技术上的风险。提升管理能力，建立健全的 SLA 体系，才能够确保数字化转型的安全平稳推进。

5、数字化平台

这里的数字化平台主要是指服务不同行业的数字化解决方案。每个行业都形成自身特有的数字化平台，将催生全新的产业生态系统。包括不同行业的数据处理平台化和云化、数据系统动态优化、数据实时开放与共享等平台 and 垂直行业应用。**首先是数据处理平台化和云化。**随着数字化转型战略的推进，各大行业围

绕其产业链环节，如生产、营销和使用都会形成海量的大数据，这些数据的采集、存储、传输、计算、处理和交换等都是在一个数据平台上进行的。这个平台可能是企业自己建立的云系统，也可能是第三方建立的云系统；其次是数据系统动态优化平台。产业链上的各个主体都可以借助数据建模、大数据分析和云平台计算等途径实现生产、配输、消费等决策优化，以及生产、研发、物流、人力资本、商业模式、融资；此外还有数据实时开放与共享平台。数字化网络化技术的不断渗透，使得产业链上的任何一方垄断数据来源和处理能力都变得困难和低效。因此，建立开源的数据平台和共享的数据处理能力成为一种客观需要。谁拥有优先接入和使用这些平台数据和处理能力，谁就可能在竞争中占据主动。在平台完善的基础上将形成丰富的垂直行业应用。如何挖掘数据中的价值，充分发挥数字化架构的优势，将数字化与企业的业务深入融合，离不开丰富的垂直行业应用。在硬件及平台的基础上，结合特定行业需求，有针对性地开发特殊行业应用，在平台上形成垂直应用集群，构建全新的产业生态。一方面通过专业应用来提升生产效率，另一方面还可以灵活运用多种应用来满足日益变化的业务需求。

6、人才教育

国际上的大国纷纷开始了数字化基础和战略资源的提前布局，例如成立相应的研究机构，开展研究项目，开发研究平台，培养数字化科研人才等。世界主要国家已经将人才培养纳入推进

大数据安全发展的重要议程，英国政府在《英国数据能力战略》中对人才的培养做出了转向部署，包括在初级、中等教育中加强数据和计算机课程，全面评估大学开设的数据分析学科，通过奖学金、项目资助的形式支持高校培养满足当前和未来数据分析需求的人才，强化“数据学科”学科，推进数据分析行业发展，以高等学府作为依托构建大数据研究中心；澳大利亚在《公共服务大数据战略》中强调政府机构与大专院校合作培养分析技术专家，同时计划将各类大数据分析技术纳入现行教育课程中，强化人才储备；法国在《政府大数据五项支持计划》中提出引进数据科学家教育项目；美国在《大数据研究和发展计划》战略中，提出要扩大大数据技术开发和应用所需人才的供给，鼓励研究性大学开设交叉学科研究生课程，培养下一代数据科学家和工程师。“2016年10月，德国政府推出“数字型知识社会”教育战略，战略确立未来10-20年五大行动领域为：数字化设施、数字化教育培训、法律框架、教育机构和组织的数字化战略、国际化。德国希望通过这一举措能够使教育参与者能够掌握数字化的授课的技能，并且保障不断更新线上数字化教育课程。联邦—州数字化协定规定，未来5年联邦教育部将加大对数字化教育的资金投入，包括对教师的培训，设备的维护，校园的数字化建设等。德国联邦政府和州政府通过鼓励中小學生参加计算机类的竞赛来培养有信息技术天赋的学生，提高中小学教师的多媒体使用技能”。数字化技术必须越过专业限制，继续扩展针对高校创业的扶持项目，以促

进顶尖技术与经济界的融合，并使其在德国和欧洲得到应用，提供在线教学课程，如大型开放式网络课程(massive open online courses, MOOCs)等，通过与工会和雇主协会建立联系，为数字化培训创造优越的条件。要特别关注中小型企业，使其能够长期、可持续地为员工提供职业培训，同时也要扩展培训的功能，使所有人都能根据个人的条件在线接受培训，并对数字化信息和在线课程的质量进行评估。

7、制度保障

提高制度和政策灵活性，完善数字化转型政策体系。着力提高税收、社会保障等政策的灵活性，探索按小时缴纳社会保险的办法，个人和法人必须依法纳税；调整数字经济模式下的财税政策，规范交易行为，保护交易双方和政府的合法权益；修改现有涉及数字经济的相关法规，提高社会经济政策的灵活性；健全就业统计指标体系，完善统计口径和调查方法，建立数字经济就业新形态和创业情况的统计监测指标，更加全面地反映就业创业情况。

大力扶持数字经济发展，通过创业带动就业。政府在用地、税收、社会保障等方面给数字经济创业者政策支持，支持专业的服务机构在人力资源、办公软件、财务和法律等专业知识、信息化等方面提供专业服务，帮助创业者降低创业成本。鼓励金融机

构为数字经济创业者提供资金支持，提供减免利息税等优惠政策。加快制定电子商务税费优惠政策。

发展平台型经济，促进灵活就业。建立健全平台经济社会信用体系和信用评价制度，降低企业信用认证成本。创新平台型组织的管理模式，积极采用和推广“政府管平台，平台管企业”的模式。制定平台企业统计分类和标准，开展平台经济统计监测。

培训数字化工作技能，提高重点人群新的就业能力。政府要在新思维、新技能和新技术等方面提供数字技能培训。试点推广“互联网+”创业培训新模式，大规模开展开放式在线培训。提高重点人群适应数字经济的就业能力。

第五章 我国传统产业数字化转型的战略和路径

一、数字化转型战略

1、国家

推进数字化转型,从国内来看,国家层面已制定了很多战略,如《“宽带中国”战略及实施方案》、《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、《中国制造 2025》等,这些战略侧重于 ICT 基础设施建设和具体的行业发展。另外,《国家信息化发展战略纲要》从信息化发展的角度统揽全局,进行了总体部署。总体来看,现有战略侧重于经济,对数字时代经济社会协同发展,尤其是社会转型中由数字化引致的深层次问题还需要加强研究、廓清认识,比如平台经济体监管、人工智能的伦理困境等,必须加强传统产业数字化转型的前瞻性思考和战略性部署,形成数字和产业的“双轮驱动”,打造一个引领、两个环境、一个保障的国家数字化转型菱形战略。

一个引领。发挥国家在数字化转型升级方面的重大引领作用,着力激发社会创造力和市场活力,加快新旧动能接续转换,大力促进数字化转型发展。推动实施“宽带中国”战略,促进宽带网络等信息基础设施全面布局;积极实施“互联网+”行动,促进数字技术与传统产业深度融合创新;促进大数据发展,提高资源配置效率,增强经济发展内生动力;推动政务信息系统整合共享,

着力提升政府治理和服务能力；积极开展数字经济国际合作，以合作共赢拓展经济发展新空间。

两个环境。通过国家战略引领，打造数字化转型发展环境，一是要继续夯实综合基础设施，针对不同行业数字化转型业务需求，在计算能力、存储能力以及稳定性、安全性方面的软硬件基础设施进一步完善。二是加快数字化发展有关制度建设，推动数字经济法律“立改废释”，优先解决旧制度与新业态之间的矛盾，解决数字化转型过程中面临的深层次问题。探索构建包容创新的审慎监管制度，推进多元治理体系建设，积极构建新型协同监管机制，强化数字治理手段建设。积极提高政府服务能力和水平，优化对数字经济领域市场主体的审批服务，建立健全创业创新政务服务体系。

一个保障。将人才教育纳入推进数字化转型发展的国家战略，从基础教育、职业教育、职业培训等方面全面提升支持力度，通过国家战略引领全面培养能够满足当前和未来数字化转型需求的人才，强化人才储备；促进顶尖数字化技术与产业界的融合，要特别关注中小型企业，使其能够长期、可持续地为员工提供职业培训，同时也要扩展培训的功能，使所有人都能根据个人的条件适时接受培训，通过人才教育战略的实施全面提升国家数字化转型发展的保障能力。

2、行业

围绕两化融合，以做数字化转型平台为核心，强化数据驱动能力，以 IT 架构转换为手段，实现从信息的标准化到知识的自动化、标准化和平台化，形成以平台数字化赋能战略和产业数字化转型战略为主线的促进行业发展的十字战略。

平台数字化赋能战略。围绕数字闭环，构建现代数字技术体系，构筑人工智能等前沿颠覆性技术比较优势，促进数字技术与垂直行业技术深度融合，着力突破机器人、智能制造、能源互联网等交叉领域，带动大数据、云计算、人工智能等群体性重大共性技术变革。通过完善信息服务配套体系，打造数字化平台，提升行业数字化转型发展供给能力。

产业数字化转型战略。围绕业务闭环，利用最新 ICT 技术探索改变企业传统的商业模式。通过数字化拓展产品和服务，把传统后端服务进行拓展，用数字化产品替代原有的产品和服务，创造新的数字化产品和服务。通过数字化手段，实现组织重构、生产流程再造、商业模式创新、新产品制造等，针对行业特点，提供适合各个行业转型发展的数字化解决方案。

3、传统企业

引领/跟随战略。以自身拥有数字化能力的、能发展出平台能力的以及能发展出集成能力的大型企业为引领带动行业数字

化转型发展；自身没有数字化能力，只能借助外部力量的中小企业，以行业领军企业为标杆，结合自身业务特点，实施跟随战略。

开放/封闭战略，针对能够打开对外联结实施水平分工的企业实施数字化转型开放战略，充分发挥各自企业比较优势，将数字化转型发展所需的 IT 架构、企业组织架构、业务流程、业务模式和员工能力等方方面面的资源和经验对外开放，使更多企业受益数字化转型的成果。针对产业链进行垂直型分工的企业实施封闭战略，考虑该类型企业数据信息安全和体系相对独立的特性，对其数字化转型实施个性化有针对性的转型战略。

二、数字化转型原则

1、数字化转型要考虑经济性

经济性为数字化转型的前提条件之一，同时也是数字化转型的最终目标。数字化转型需要 IT 投入、需要业务的整合，这就需要企业牺牲短期的利益来保证转型的推进。企业进行数字化转型要对资本投入和回报进行衡量。如果回收周期过长，则意味着数字转型过于激进，由于技术跌倒所带来的风险过高。如果回收期过短，则意味着转型力度不足，属于小规模技术提升，并没有深入业务进行改革，长期不断更新才能实现成功转型。但是数字化转型带来的部分效益在短期内是无法量化衡量的，需要企业分阶段、有计划的部署新的 IT 架构，并逐步将 IT 系统与业务系统进行融合。此外，对于一些中小型企业、传统企业，通常会面临

资金预算的不足、人员能力的不足等关键问题，而目前各种数字化解决方案提供商，包括硬软件企业等的出现，也推动数字化转型的成本进一步降低，提升经济性，进而加速企业的数字化转型进程。

2、数字化转型要体现适用性

针对企业所在的行业和发展阶段，采用适宜的技术手段对其实施数字化转型升级，不管是传统的企业（金融、制造业等），还是创新型企业（互联网、新零售等），想要在数字化转型的浪潮中存活，必须关注一个闭环：通过对所有计算、应用、联网产生的海量数据进行深入挖掘和分析，实现敏捷开发和持续交付的目的，从而不断优化和加速改进业务，业务的创新将催生新的应用和智能设备，实现业务转型；而这些应用和设备所产生的数据又能带来新的洞悉。新的 IT 基础架构、业务模式等的重构要考虑不同行业的企业实现数字化转型的不同需求，体现不同行业的适应性。

3、数字化转型要体现普惠性

对于传统企业尤其是传统的中小企业而言，数字化转型已经不再是一道选择题，而是一道生存题。针对没有数字化能力的中小企业，在数字化转型浪潮中，一定要体现普惠性，因此国家和行业要在基础设施、安全防护体系、数字化平台、人才教育、制度保障等方面向中小企业倾斜和提供支持，使更多中小企业能够

以较小的成本压力、较合宜的转型速度实现数字化转型，使其能够享受数字化转型的成果，又能符合企业经济性指标，从而实现企业数字化转型的经济性提升。

三、数字化转型路径

传统产业数字化转型应当根据行业信息化特点逐步推进，不同行业所处的信息化阶段有所不同，其发展进程和推进速度也会略有不同，因此，传统产业数字化转型的路径可概括为以下四个阶段：

第一阶段（2018-2020）：数字化转型试点

在一些内部条件能够支撑的企业进行数字化转型试点，该阶段以企业 IT 转型为主，部署数字化 IT 基础设施，提升数据采集处理能力。IT 基础设施及新型 IT 架构是数字化转型的基础。数字化 IT 基础设施需要满足数据采集、传输、处理、存储和反馈的需求，最典型的特点即传感器、物联网和云计算架构的广泛应用。传感器集成到生产的每个环节，采集生产过程的数据，通过物联网、移动互联网等网络传输到数据中心，数据中心通常采用云架构对外提供存储和计算服务，具有行业通用的标准接口和协议，以便提高系统的扩展性、灵活性和稳定性。服务器针对大数据、人工智能等应用进行优化，提升数据的处理能力，不断应对新技术的演进和业务的发展需求。

第二阶段（2021-2025）：中小企业进行数字化转型

在完成第一阶段基于云架构的数字化 IT 基础设施建设后，随着国家数字化转型战略的实施和典型行业数字化转型实践深入，针对外部条件能够支撑的中小企业进行 IT 和业务双转型。可以率先通过开放 API 的方式取代传统 IT 架构，后续逐步将企业业务功能与云平台整合，通过 PaaS 和 SaaS 的方式实现业务功能。而对于中小企业来说，甚至可以直接购买 PaaS 云平台 and SaaS 云应用，通过购买服务的方式降低前期硬件投入成本。业务上云最大风险在于安全，应该从技术、管理和监督三个维度同时治理。从技术层面，根据业务安全需求，尽量选择技术成熟的服务方案和服务能力强、技术实力雄厚的服务商，选取敏捷开发架构，不断提升产品安全性。从管理层面，制定规范管理制度，加强内部服务管理，制定完善的管理流程并严格执行，杜绝重大事故。对于购买服务应签订 SLA 等级协议，保证业务稳定运行。从监管层面，引入第三方监管体系，接受政府机关、行业协会以及其他第三方监管机构的监督管理，一方面确保业务开展合理、合规，另一方面可以从多维度确保系统的安全性。

第三阶段（2026-2030）：企业内到行业的集成

大部分中小企业完成 IT 架构和业务双转型后，企业内部各部门之间数据孤岛已经消除，在企业内部，数据将贯穿整个产品周期，包括产品的售后服务，最终形成反馈，指导新一轮的业务

开展，构成数据闭环。而在整个行业中，数字化转型将帮助企业清楚认识到自身及行业服务能力的分布，将行业内部的服务能力交易成为可能，消除供给和需求之间的信息不对称，提升行业资源利用效率，促进供给侧结构性改革。在行业之间，加强行业之间的数据流动，构建跨行业服务平台，将用户需求与全行业相匹配，从而实现任务的精细化分工，提升每个环节的专业化和高效化。促进行业垂直应用的开发，利用云平台对行业知识进行沉淀、复用和重构，封装成为功能模块，直接对外提供服务，实现企业内部到行业的集成。

第四阶段（2031-2035）：构建完整的生态系统

当云平台上的基础功能模块经过复用、沉底和重构后，将大大降低行业应用的开发难度，此时，开放整合第三方资源便成为了可能，进入构建完整的生态系统阶段。在此阶段，开放云平台、第三方应用开发者和企业用户共同构建了完整的生态系统。平台为开发者提供开发工具和运行环境，应用开发者基于平台开发大量应用，企业用户购买应用并根据自身业务需求向开发者提出新的需求，以便其对应用进行迭代开发，由此构成相互促进、双向迭代的生态系统。在此生态系统中，整个产业的发展通过数字化基础架构向全社会开放，不再是产业体系内的闭环，大量的第三方的资源利用自身优势进入产业发展环节，带来大量的创新机会，从而推动整个产业的快速发展。

第六章 传统产业数字化转型的主要措施

一、构建数字经济的战略体系

突出前瞻性，要从三十年、五十年的长远眼光，深入思考数字化转型对科技、经济、文化、社会带来的影响；强调全局性和战略性，不仅从经济性出发，还要纳入社会、安全等视角进行综合考量；考虑可操作性，画出数字化转型的路线图，列出任务清单，推动问题逐条解决。清晰明确各部门任务清单，统筹协调，使部门之间形成数字化转型的合力。

二、完善数字化基础设施建设

加快信息基础设施建设，积极投入云计算、大数据等基础设施建设，科学规划全国云计算数据中心选址布局，统筹云计算数据中心发展，积极探索跨区域共建共享机制和模式；同时引入“云制造”领域，促进企业生产效率提升与商业模式创新，加快城乡工业宽带网络升级改造，推进全国基础设施物联网络建设，提升软硬件基础设施水平。突破信息传输、存储、交互等一批关键技术，制定企业数字化转型水平评级体系。搭建数字化发展公共平台，建立公用的数据库和知识库，支持骨干企业研发适应数字化发展环境下的安全技术和产品，组织开展应用示范，增强安全技术支撑和服务能力。推动制定和完善数字化环境下信息安全的标准规范和管理政策，不断健全安全防护体系，切实保障数据信息

安全。率先推动交通、汽车、农业、纺织服装业等重点行业的数字化改造，提升基础设施使用效率。

三、形成一整套制度保障体系

完善法律法规。填补数字化领域法律法规空白。推动相关部门加快制定数字经济关键规则，包括数据的权属、流通、跨境以及数字版权、数字货币、隐私保护等方面的规则。研究人工智能、物联网、区块链等领域的规则，参与全球数字贸易规则制定，构建完整的数字经济法律，让数字化转型整体系统架构有一整套制度保障。**管理体制的变革。**各级政府要按照数字化转型的需要加快行政管理职能的转变，结合实际，突出数字化转型相关管理和服务重点。建议中央政府加强数字经济各体系的宏观管理，进一步减少和下放具体管理事项，把更多的精力转到制定战略规划、政策法规和标准规范上，维护国家法制统一、政令统一和市场统一。地方政府要确保中央方针政策和国家法律法规的有效实施，加强对本地区数字经济相关事务的统筹协调，强化执行和执法监管职责，做好面向行业和服务企业的服务与管理，维护市场秩序并提供数字化发展所需的公共服务。

四、探索教育和人才培养机制

建立数字化为核心的新经济体系，推进实体经济与金融科技人才的融合。充分发挥用人主体在人才培养、吸引和使用中的主导作用，全面落实国有企业、高校、科研院所等企事业单位和社

会组织的用人自主权。统筹数字化产业发展和人才培养开发规划，加强产业人才需求预测，加快培育重点行业、重要领域数字化专业人才。注重人才创新意识和创新能力培养，探索建立以能解决问题带来效益为导向的数字化人才培养机制，完善产学研用结合的协同育人模式。吸取德国双元制和职业教育培训的经验，建立完整的职业教育培训体系。以新型 IT 架构为基础，发挥企业创新能力，围绕行业平台、企业用户和应用开发者打造完整的数字化产业生态，进行数字化推广。

五、打造自主可控的数字化赋能平台

围绕数字闭环、业务闭环等行业数字化转型发展的两个战略，推动相关部门以问题为导向，以技术为核心，以产业为依托，以关键工程和重大项目为抓手，加大投资力度，加快自主可控的数字化赋能平台建设。比如搭建舆情监控平台、数字技能培训平台、社会治理平台、网络安全监测平台等，解决数字化转型过程中的行业和企业发展的关键和共性问题，实现数字化转型的普惠共创发展。

六、塑造促进产业数字化转型的创新体系

从行业数字化转型角度塑造全面创新格局，发挥数字化引领创新先导作用，推进技术、产业、管理全面创新。激发创新主体活力，构建各类主体广泛参与、线上线下结合的开放创新网络。优化创新体制，打造国家科技基础设施和创新资源开放

共享平台，优化数字经济创新成果保护、转化和分配机制。在行业层面，建设制造业创新中心，分类分库建设覆盖企业、行业、产品、市场、研发等数据资源的行业数据库，构建从产品设计、生产制造到售后服务全链条的创新体系。

七、形成大中小企业协同发展的数字化产业格局

打造基于的大型制造企业数字化转型平台和面向中小企业的数字化赋能平台，通过大企业建平台和中小企业用平台双轮驱动，推动数字化资源协同和对接，培育一批基于数字化平台的虚拟产业集群，进一步开放合作，促进产业链各环节良性互动发展，逐步形成大中小企业各具优势、竞相创新、梯次发展的数字化产业格局。

八、构建开放、协同、融合的数字化生态体系

随着行业数字化转型的深化，以物联网、云计算、大数据等为代表的新一代信息技术的进步和新型基础设施的逐步完善，各个细分行业围绕数字化关键技术、能力和基础设施不断进行突破。移动互联网、云计算、大数据、物联网等与智慧城市、交通、能源、教育、医疗、制造、旅游等行业实现深度融合，将进一步形成更加开放、融合、协同发展的数字化生态体系。

参考文献

- 1、安筱鹏:从工业云到工业互联网平台演进的五个阶段，中国国际工业博览会工业互联网产业发展(上海)论坛，2017.11.08.
- 2、《中国制造 2025》.
- 3、借鉴德国工业 4.0 推动中国制造业转型升级，国务院发展研究中心,2017 年.
- 4、2017 年汽车蓝皮书，国务院发展研究中心产业经济研究部.
- 5、麦肯锡：中国的数字化转型-互联网对生产力与增长的影响，2014 年 7 月
- 6、中国信通院：中国数字经济发展白皮书（2017 年）
- 7、中国信通院：物联网白皮书（2016 年）
- 8、工业互联网产业联盟（AII）：中国工业大数据技术与应用白皮书（2017 年）
- 9、中国经济的数字化转型：人才与就业（中国数字人才现状与趋势研究报告），清华经管学院/中国社科院/领英中国.
- 10、发现新动能：中国制造业如何制胜数字经济，埃森哲/国家工业信息安全发展研究中心/中国量化融合服务联盟.

11、Embracing a Digital Future : Vanson Bourne research findings & benchmark methodology,Dell Technologies

12、华为 2017 白皮书：全球联接指数（2017 年）.

13、智能创新升级，加速“云”到“雾”的延伸——戴尔人工智能和物联网解决方案.

14、传统行业数字化转型带来的机遇,百度文库.

15、2018 年传统企业如何实现数字化转型？第七届中国云计算标准和应用大会.

16、德国数字战略 2025.

17、2017 中国数字化转型最佳解决方案 TOP100，互联网周刊 China Internet Week，2017 年 12 期.

18、数字化转型——企业需要属于自己的路线图[J]. 钱晓伦. 智慧工厂. 2017(08)

19、数字化转型不得不说的那些梗[J]. 邢帆. 中国信息化. 2017(09)

20、数字化转型决胜秘诀[J]. Meade Monger. IT 经理世界. 2016(07)

21、数字化转型:重回原点[J]. 栗建. IT 经理世界. 2015(15).

22、战略、企业文化、领导力 数字化转型中的非技术性因素
[J]. 云晴,吴秀玲. 通信企业管理. 2016(11)

23、传统企业数字化转型的五大战略思考[J]. 施南德,欧高
敦,华强森. 中国制衣. 2015(08).