

## 内 容 简 介

本书不仅阐述了数字经济框架体系，还全面、系统、深入地阐述了数字化转型的基本概念、技术体系、策略方法、应用案例及发展趋势，可帮助读者掌握数字经济及数字化转型的基本概念和系统知识，提升读者对数字化转型基本原理的认知。此外，书中还阐述了数字化转型的实现路径、云化的数字平台应用案例、数字化转型的发展趋势、元宇宙及其发展趋势，可帮助读者建立数字化转型的系统化思维方法，并通过体验更多的实践案例产生认知的飞跃，从而更好地完成企业的数字化转型与个人数字化素养的提升。

全书由3篇12章组成。第1篇数字化转型的概念与框架体系，包括第1章科技范式的转变驱动产业变革，第2章数字新时代已经开启，第3章数字化转型的概念、内涵及框架体系；第2篇数字化转型的技术体系，包括第4章云计算技术及其发展，第5章大数据和AI，第6章5G和物联网，第7章区块链，第8章信息安全技术及其发展；第3篇数字化转型的策略、案例及发展趋势，包括第9章数字化转型的策略、方法及实现路径，第10章数字平台场景应用案例，第11章数字化转型的发展趋势，第12章元宇宙的概念及其发展趋势。

本书内容兼顾普及性和专业性，力求将理论、技术、策略与实践相结合，尽可能照顾不同层次的读者。本书不仅适合作为企业管理人员、CIO、CTO、IT从业人员、政府相关工作人员日常学习和工作的参考书，还可作为大专院校相关专业的教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字化转型认知与实践 / 雷万云，韩向东著. —北京：清华大学出版社，2023.7

ISBN 978-7-302-64153-7

I . ①数… II . ①雷… ②韩… III . ①产业经济—转型经济—数字化—研究—中国 IV . ① F269.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 133959 号

责任编辑：杨如林

封面设计：杨玉兰

版式设计：方加青

责任校对：徐俊伟

责任印制：

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈：010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者：

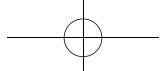
经 销：全国新华书店

开 本：188mm×260mm 印 张：21.25 字 数：599 千字  
(附白皮书)

版 次：2023 年 7 月第 1 版 印 次：2023 年 7 月第 1 次印刷  
定 价：99.00 元

---

产品编号：100535-01



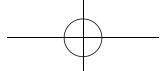
## 前　　言

纵观人类社会发展的历史，无一不是科技发展推动的结果。技术改变社会，推动产业变革与历史进步。基础科学的进步，是解决社会发展共性问题的钥匙，是推动人类文明进步的动力。当今世界正迎来新一轮的科技革命和产业变革，科学应该再次成为人们真正的信仰。

数字经济是继农业经济、工业经济之后的一种新的经济发展形态。一般意义上讲，数字经济是指以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，促进公平与效率更加统一的新经济形态。

近年来，5iABCD（5G、物联网、人工智能、区块链、云计算、大数据）等新技术以Cloud 2.0为代表的融合新技术加速创新，是信息与通信技术（ICT）范式的转变，在Cloud 2.0数字平台上产生“核聚变”，从而驱动产业变革与企业数字化转型。新技术赋能千行百业，与企业业务、社会产业融通形成的“核裂变”推动着万物互联迈向万物智能的数字新时代，进而释放出数字经济爆发式增长的新动能。Cloud 2.0融合新技术日益融入经济社会各领域发展的全过程，数字经济发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有，其正在成为重组全球要素资源，重塑全球经济结构，改变全球竞争格局的关键力量，世界经济的数字化转型已是大势所趋。

风劲帆满图新志，砥砺奋进正当时。习近平总书记深刻指出：“发展数字经济意义重大，是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择。”“我们一定要抓住先机、抢占未来发展制高点。”促进数字经济和实体经济深度融合，要加快推进数字产业化和产业数字化，赋能



传统产业转型升级。

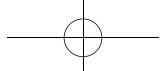
如何认识和把握当今世界科技发展新趋势、新特点？如何牢牢抓住和把握新科技革命的历史机遇？我国企业又该如何适应数字新时代的发展？如何实现我国传统企业的数字化转型和跨越发展，并科学、系统地向数字新时代迈进？对这些问题的讨论正是本书的主旨。本书将系统地阐述 5iABCD 等新科技革命推进产业变革和企业数字化转型的实践之道。

路非自行不知远，事非亲历不知难。为了抓住机遇，找准数字化转型的策略、方法及实现路径，社会各界必须正确理解数字化转型的概念内涵和基本框架，从而避免因为滥用而成为空洞的口号和浮躁的炒作，空洞的口号会阻碍而不是协助人们达到数字化转型的既定目标。科技引领产业变革，错过了数字化转型的时机，错过的可能就是一个数字新时代。本书作为一本全面、系统、普及化论述数字化转型概念、技术和架构、策略方法以及应用案例的数字化转型体系的专著，力求为所有对数字技术和数字化转型感兴趣的读者理清思路、提高数字化素养。

本书主要内容由数字化转型的概念与框架体系，数字化转型的技术体系，数字化转型的策略、案例及发展趋势 3 篇组成。第 1 篇包括第 1 章科技范式的转变驱动产业变革，第 2 章数字新时代已经开启，第 3 章数字化转型的概念、内涵及框架体系；第 2 篇包括第 4 章云计算技术及其发展，第 5 章大数据和 AI，第 6 章 5G 和物联网，第 7 章区块链，第 8 章信息安全技术及其发展；第 3 篇包括第 9 章数字化转型的策略、方法及实现路径，第 10 章数字平台场景应用案例，第 11 章数字化转型的发展趋势，第 12 章元宇宙的概念及其发展趋势。

本书是笔者基于对云计算等新一代 ICT 技术十多年来研究和企业数字化转型实践的经验，以及元年科技的云计算、大数据、AI 及数字化转型、财务领域的专家们对新 ICT 技术和企业数字化的跟踪研究的基础上所编写的一本关于数字化转型的专著。第 1 篇首先论述了由科技革命引发产业变革，进而引发数字新时代的社会变革的历史脉络；其次以数字化维度研读国家“十四五”规划、党的二十大精神，系统地阐述了数字经济框架体系、数字化创新发展场景及其价值意义。在此基础上，深入浅出地论述了数字化转型的概念内涵和框架体系，帮助读者进一步掌握数字经济及数字化转型的基本概念和系统知识。第 2 篇对数字化转型的关键技术 5iABCD 进行了概念性和体系性的描述，帮助读者掌握数字化转型的基础技术，提升读者对数字化转型基本原理的认知，从而得到一个新的认知飞跃。第 3 篇对数字化转型的策略、方法及实现路径，云化的数字平台应用场景、案例以及数字化转型的发展趋势，包括元宇宙的概念及发展趋势进行了论述，并进一步表明数字化转型演进的最高境界是一切皆可云、一切皆服务的数字化服务的发展新趋势。这样使读者更进一步建立数字化转型的系统思维，体验更多的案例实践，从而在认知方面产生质的飞跃，这将对数字化转型从业者和读者的职业生涯大有裨益。

本书的编写很大程度上兼顾了普及性和专业性，力求将理论、技术与实践相结合，尽可能照顾不同层次读者的需求。



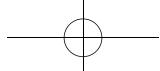
本书各章节都经过精心的设计和安排，具有较强的逻辑性和实践性，并力求做到全面性、系统性和普及性。如果您是企业管理人员，可以通过阅读第1篇和第3篇来思考企业数字化转型战略和管理策略，把握如何成功地实现企业数字化转型、商业模式和服务模式创新，提升企业数字化竞争力，以适应数字新时代的发展趋势。如果您是企业的CIO或IT服务人员，可以系统获取数字化技术知识和解决方案，以科学的策略和方法帮助企业数字化转型向云演进，同时将更深刻地体会如何基于Cloud 2.0技术融合的数字平台来开展企业数字化建设，并及早规划自己的职业生涯。如果您是数字化价值链上的一家解决方案公司或者是从事数字化技术开发、服务的IT人员，通过对本书的学习，您可以更好地定位自己在产业链中的角色，了解数字化发展态势、商业模式和技术架构，从而进一步定位自己公司的产品、技术或服务。如果您是政府部门的领导或工作人员，通过对本书关键章节的学习来为规划数字政府、智慧城市、区域或行业发展、标准制定和政府监管提供帮助。如果您是大专院校的学生，可以从书中获取现有课本中无法获取的知识，培育系统思维能力，完善自己的知识结构并及早做好职业规划，为走向社会提供良好的帮助。总之，本书是为所有迈入数字新时代的过程中需要工作、学习及生活的不愿意落伍的人们提供帮助的、值得阅读的参考书。

本书著者为雷万云博士和北京元年科技股份有限公司（以下简称元年科技）总裁、元年研究院院长韩向东。雷万云博士和元年科技韩向东编写了本书大纲和各章节的主要内容要点，雷万云博士对全书各章节内容进行了优化和统稿，并撰写了前言和致谢。元年科技总裁韩向东，元年科技副总裁、元年研究院学术委员会委员李彤博士，元年科技副总裁、元年研究院学术委员会委员贾小强对元年科技的技术和解决方案及元年方舟数字平台应用场景案例等章节进行了优化和统稿。本书第1篇由雷万云、元年科技韩向东、中国海外产业发展协会福建分会秘书长郑燕惠编写；第2篇由雷万云编写；第3篇的第9章由元年科技的韩向东、余红燕、季献忠、张亚东、贾小强、严建成编写，第10章由元年科技的李彤、季献忠、郑永明、鲁湘、李凯、许彬编写，第11章由雷万云、中国民航信息网络股份有限公司首席客户代表王静、元年科技季献忠编写，第12章由雷万云和元年科技的季献忠、路艳编写。

数字化转型是一个跨学科的复杂系统，并且由于时间仓促，编写者众多，书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

雷万云 博士

2023年5月于北京



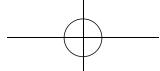
# 目 录

## 第1篇 数字化转型 的概念与框 架体系

- 第1章 科技范式的转变驱动产业变革 / 2**
- 1.1 新科技革命正在引发产业革命 / 2
  - 1.2 新时期科技革命的主要特点 / 4
    - 1.2.1 新科技革命与产业变革的关系 / 5
    - 1.2.2 充分认识科技革命带来产业变革发展的新机遇 / 6
  - 1.3 历次工业革命的演进 / 6
    - 1.3.1 第一次工业革命 / 8
    - 1.3.2 第二次工业革命 / 8
    - 1.3.3 第三次工业革命 / 9
    - 1.3.4 三次工业革命对社会的冲击 / 10
  - 1.4 第四次工业革命已经到来 / 12
    - 1.4.1 经济爆发式增长和就业困境 / 13
    - 1.4.2 企业不改变就灭亡 / 14
    - 1.4.3 放眼国家和全球 / 15
    - 1.4.4 前所未有的社会变革 / 16
    - 1.4.5 无孔不入的技术 / 17
    - 1.4.6 权衡公共信息与个人信息 / 18

**第2章 数字新时代已经开启 / 19**

- 2.1 数字经济的框架体系 / 19
  - 2.1.1 “加快数字化发展 建设数字中国”是国家的重要战略举措 / 19
  - 2.1.2 数字经济体系 / 20



2.1.3 数字化服务应用场景作为发展数字经济的重要手段 / 21

2.1.4 数字技术赋能千行百业 / 22

## 2.2 数字经济发展的新特点、新趋势 / 22

2.2.1 平台化、共享化引领经济发展新特征、新趋势 / 23

2.2.2 新技术与产业融合催生新业态 / 23

2.2.3 新技术与产业融合释放数字经济增长新动能 / 23

2.2.4 全球创新体系以开放协同为导向加快重塑 / 24

2.2.5 基础设施加速实现数字化、网络化、智能化升级 / 24

2.2.6 国家和地区的核心竞争力延伸至信息空间 / 24

2.2.7 数字技能和素养推动消费者能力升级 / 24

2.2.8 数字经济发展红利走向“普惠化” / 25

2.2.9 智慧城市有实质性发展 / 25

2.2.10 社会治理体系的数字化程度持续提升 / 25

## 2.3 党的二十大报告中的数字经济思想学习体会 / 25

2.3.1 以数字化发展推进中国式现代化 / 26

2.3.2 数字化加快构建新发展格局，着力推动高质量发展 / 28

2.3.3 数字化构建高水平社会主义市场经济体制 / 30

2.3.4 数字化实施科教兴国战略 / 30

2.3.5 数字化推进法治中国建设 / 31

2.3.6 数字化推进健康中国建设 / 33

2.3.7 推动数字化与绿色发展融合，促进人与自然和谐共生 / 35

2.3.8 数字化推进国家安全体系和能力现代化 / 37

2.3.9 以智慧党建深入推进新时代党的建设新的伟大工程 / 39

## 2.4 落实党的二十大精神、推进数字经济发展的重要举措 / 42

2.4.1 加强关键核心技术攻关，构建安全可控的信息技术体系 / 43

2.4.2 加快新型数字基础设施建设，夯实数字经济发展根基 / 43

2.4.3 推进制造业数字化转型，促进产业结构优化升级 / 44

2.4.4 推进数字产业化，增强经济发展新动能 / 45

2.4.5 加强数字经济治理，营造良好发展生态 / 45

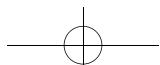
# 第3章 数字化转型的概念、内涵及框架体系 / 47

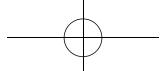
## 3.1 新型冠状病毒感染加速数字化转型 / 47

3.1.1 本次新型冠状病毒感染反映出国家需要通过数字新基建夯实基础 / 47

3.1.2 本次新型冠状病毒感染反映出产业链和供应链的安全问题 / 48

3.1.3 本次新型冠状病毒感染反映出我国政企的数字化转型任重道远 / 48





### 3.2 企业数字化转型的概念和内涵 / 49

- 3.2.1 企业数字化转型的概念 / 49
- 3.2.2 企业数字化转型的内涵 / 49
- 3.2.3 企业数字化转型的实质 / 50
- 3.2.4 企业数字化转型的五个转变 / 51

### 3.3 企业面对数字化转型的难点和痛点 / 52

- 3.3.1 缺乏高层次的数字化战略 / 53
- 3.3.2 缺失数字化转型的企业文化 / 53
- 3.3.3 缺乏数字化人才 / 53
- 3.3.4 没有合适的技术平台 / 53
- 3.3.5 没有系统设计能力 / 53

### 3.4 Cloud 2.0 数字平台赋能产业、企业数字化转型 / 53

- 3.4.1 云计算构建 IT 新架构，打造企业数字化力 / 54
- 3.4.2 大数据作为云的数据底座，与云融合为一体化的数字平台 / 55
- 3.4.3 人工智能推动各行业智能化升级 / 60
- 3.4.4 区块链构建下一代企业社会合作机制和组织形式 / 61
- 3.4.5 物联网迈向万物互联的世界 / 63
- 3.4.6 5G 发展加速产业变革和企业数字化转型 / 64
- 3.4.7 Cloud 2.0 数字平台框架 / 65
- 3.4.8 华为的数字化转型框架 / 66

### 3.5 企业数字化转型的行动建议 / 67

- 3.5.1 数字化转型要做成“一把手”工程 / 68
- 3.5.2 统一思想，形成数字化转型的公司文化 / 68
- 3.5.3 选好工具，云平台助力数字化转型 / 68
- 3.5.4 以客户体验为入口，以服务客户为核心 / 68
- 3.5.5 他山之石，华为数字化转型的行动思考 / 69

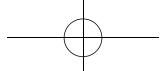
## 第4章 云计算技术及其发展 / 74

### 4.1 云计算概述 / 74

- 4.1.1 云计算基本概念 / 74
- 4.1.2 云计算的关键技术综述 / 84
- 4.1.3 深入理解云计算 / 86
- 4.1.4 云计算发展历程 / 87

### 4.2 数字化服务的基础平台 PaaS / 94

- 4.2.1 深入理解 PaaS / 94



4.2.2 PaaS 的细分领域 / 96

4.2.3 PaaS 是企业数字化能力的承载平台 / 97

4.2.4 Docker 等容器技术 / 98

#### 4.3 混合云——数字化转型的最佳解决方案 / 99

4.3.1 混合云的概念及认知 / 99

4.3.2 混合云的参考架构 / 100

4.3.3 混合云的数据架构 / 100

4.3.4 混合云的主要功能 / 103

4.3.5 混合云的优势及对数字化转型的价值 / 104

### 第 5 章 大数据和 AI / 106

#### 5.1 大数据的概念及发展概述 / 106

5.1.1 从不同角度对大数据的理解 / 106

5.1.2 大数据相关的技术综述 / 110

5.1.3 大数据发展历程 / 113

5.1.4 大数据的发展趋势 / 114

5.1.5 大数据关键技术 / 116

#### 5.2 AI 的概念及发展概述 / 119

5.2.1 AI 的概念 / 119

5.2.2 AI 发展历程 / 120

5.2.3 AI 三要素 / 125

5.2.4 AI 应用现状和未来发展趋势 / 127

5.2.5 AI 关键技术 / 128

### 第 6 章 5G 和物联网 / 136

#### 6.1 5G 概述 / 136

6.1.1 5G 发展概述 / 136

6.1.2 5G 网络发展加速企业数字化 / 138

#### 6.2 物联网：迈向万物互联的世界 / 139

6.2.1 物联网概述 / 139

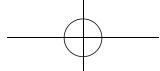
6.2.2 物联网的重要价值 / 141

6.2.3 物联网的应用场景 / 142

6.2.4 物联网发展策略 / 143

6.2.5 5G 促进物联网大发展 / 144

#### 6.3 5G 和物联网在智慧医疗建设方面的典型应用场景 / 145



## 目 录

- 6.3.1 5G 智慧医疗 / 145
- 6.3.2 远程医疗新机会 / 146
- 6.3.3 5G 及物联网在公共卫生、疫情防控方面的应用 / 147

## 第7章 区块链 / 149

### 7.1 深入理解区块链 / 149

- 7.1.1 比特币发展概况 / 149
- 7.1.2 区块链的概念 / 150
- 7.1.3 区块链主要特性 / 151
- 7.1.4 区块链发展历程 / 152
- 7.1.5 理性看待区块链 / 153
- 7.1.6 区块链主要类型 / 154

### 7.2 区块链的价值意义 / 155

- 7.2.1 减少交易中间环节，促进降本增效 / 155
- 7.2.2 助力数字资产确权，激发创新活力 / 155
- 7.2.3 缩短了信任的距离，拓展协作空间 / 156
- 7.2.4 驱动互联网革命，加快价值传递 / 156
- 7.2.5 强化诚信体系约束，净化市场环境 / 156

### 7.3 区块链的应用场景 / 156

- 7.3.1 明确应用场景特征 / 156
- 7.3.2 不断推进技术突破 / 157
- 7.3.3 聚焦业务创新方向 / 157
- 7.3.4 区块链技术在医药大健康行业的创新应用 / 158

### 7.4 区块链应用发展策略 / 160

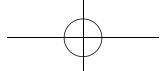
- 7.4.1 加速区块链标准规范落地 / 160
- 7.4.2 构建区块链产业孵化环境 / 160
- 7.4.3 出台区块链产业引导政策 / 160
- 7.4.4 包容审慎监管区块链发展 / 161

### 7.5 区块链的未来发展趋势 / 161

## 第8章 信息安全技术及其发展 / 163

### 8.1 信息安全管理概述 / 163

- 8.1.1 信息安全的概念与研究对象 / 163
- 8.1.2 信息安全管理发展历程 / 165
- 8.1.3 信息安全发展趋势 / 166



### 第3篇 数字化转 型的策略、 案例及发 展趋势

## 8.2 信息安全关键技术综述 / 167

- 8.2.1 密码学技术 / 167
- 8.2.2 计算机安全技术 / 173
- 8.2.3 网络安全技术 / 187
- 8.2.4 应用安全技术 / 196
- 8.2.5 数据库安全技术 / 203
- 8.2.6 新安全技术 / 210

## 第9章 数字化转型的策略、方法及实现路径 / 226

### 9.1 数字化转型的框架及策略 / 226

- 9.1.1 数字化转型的框架模型 / 226
- 9.1.2 数字化转型的关键行动指南 / 231

### 9.2 企业向云演进的方法与路径 / 235

- 9.2.1 应用 IaaS, 迁移私有云应用 / 235
- 9.2.2 采购 SaaS 解决部门级应用 / 236
- 9.2.3 构建混合云的企业级 PaaS 平台 / 237

### 9.3 从 BI 到数据科学、AI 的演进 / 239

- 9.3.1 BI 技术的发展演进趋势 / 239
- 9.3.2 BI 工具的核心定位是服务于管理决策 / 239
- 9.3.3 AI+BI 解决方案及企业智慧大脑建设主张 / 240

### 9.4 从财务共享到“业财资税”一体化的全面数字化转型演进策略 / 241

- 9.4.1 重塑财务共享边界 / 242
- 9.4.2 建设四大中心机构 / 243
- 9.4.3 对企业建设财务共享中心的建议 / 246

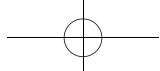
### 9.5 元年科技的数据治理策略和方法 / 248

- 9.5.1 数据治理整体方法论 / 248
- 9.5.2 元年科技场景化数据治理方法 / 250
- 9.5.3 元年科技的数据治理策略与建议 / 253

## 第10章 数字平台应用场景案例 / 255

### 10.1 基于混合云的开放式企业数字化平台 / 255

- 10.1.1 基于混合云的企业数字化平台架构 / 255
- 10.1.2 元年方舟企业数字化 PaaS 平台 / 257
- 10.1.3 混合云的应用趋势 / 267
- 10.1.4 PaaS 平台是数字化的基础 / 268



## 10.2 元年方舟低代码平台在某集团公司全渠道对账项目中的实践 / 270

- 10.2.1 项目背景 / 270
- 10.2.2 项目目标 / 271
- 10.2.3 项目痛点 / 272
- 10.2.4 解决方案 / 272
- 10.2.5 成果和收益 / 273
- 10.2.6 低代码平台在某集团公司全渠道对账项目的价值 / 273

## 10.3 元年共享交易平台 / 274

### 10.4 数据智能平台 / 275

- 10.4.1 数智运营中心的系统框架设计 / 276
- 10.4.2 嵌入AI智能分析工具，实现AI+BI的增强分析能力 / 278

## 10.5 AI在企业场景中的应用案例 / 279

- 10.5.1 无代码的自动化平台 / 279
- 10.5.2 可落地的多应用场景 / 280

## 第11章 数字化转型的发展趋势 / 282

### 11.1 “平台+服务”——企业数字化建设新模式 / 282

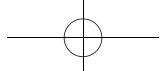
- 11.1.1 “平台+服务”成为大企业数字化转型IT建设新模式 / 282
- 11.1.2 混合云——云计算的后浪，在数字化转型过程中占主导地位 / 283
- 11.1.3 云原生实现应用和基础设施解耦，加速业务创新 / 285
- 11.1.4 数据成为企业战略资源，数据底座支撑数据治理 / 285
- 11.1.5 人工智能深入到全业务过程，云边结合加速渗透 / 286
- 11.1.6 工业物联网应用深化给生产运行、维护带来更多价值 / 287

### 11.2 数字化力——数字时代企业的新动能 / 288

- 11.2.1 数字化力概念表述企业的数字化能力水平 / 288
- 11.2.2 数字化力的三维度量 / 289
- 11.2.3 数字化力的底层驱动 / 290
- 11.2.4 数字化力的构建方法 / 291
- 11.2.5 数字化力对企业的价值创造 / 292
- 11.2.6 打造数字化力的行动建议 / 296

### 11.3 数字化服务——做强做优做大数字经济的新路径 / 297

- 11.3.1 数字化服务是数字经济发展新模式 / 298
- 11.3.2 推进数字化服务，做强做优做大数字经济 / 298
- 11.3.3 我国数字化服务产业现状简析 / 301
- 11.3.4 他山之石，美国数字化服务产业发展概况 / 302



11.3.5 我国数字化服务发展策略建议 / 302

## 第12章 元宇宙及其发展趋势 / 304

12.1 元宇宙及其演进 / 304

12.1.1 元宇宙到底是什么 / 305

12.1.2 从数字“化身”到“孪生” / 306

12.2 元宇宙的本质 / 309

12.3 元宇宙技术分析 / 310

12.3.1 技术系统分析 / 310

12.3.2 技术演化分析 / 312

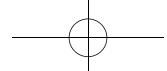
12.4 元宇宙应用场景及领先公司分析 / 313

12.4.1 元宇宙的应用场景 / 313

12.4.2 元宇宙的领先公司 / 315

12.5 元宇宙发展趋势 / 317

参考文献 / 321



# 第1篇

## 数字化转型的概念 与框架体系





# 第1章

## 科技范式的转变驱动产业变革

纵观人类社会历史的发展，无一不是科技发展推动的结果。技术改变社会，推动产业变革与历史进步。基础科学的进步，是解决社会发展共性问题的钥匙，是推动人类文明进步的动力。当今世界正迎来新一轮的科技革命和产业变革，科学应该再次成为人们真正的信仰。

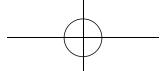
当前，以云计算、大数据、人工智能和5G为代表的新一代信息与通信技术(Information and Communications Technology, ICT)的发展，加快催生了新一轮科技革命和产业变革，推动企业数字化转型，人们正在感受数字新时代的脚步。那么，如何认识和把握当今世界科技发展的新趋势、新特点？如何牢牢抓住和把握新科技革命的历史机遇？我国政府、企业及个人又如何适应数字新时代的发展、构建新发展格局、实现中国式的现代化？我国传统企业如何实现数字化转型和跨越发展，并科学、系统地向数字新时代迈进？对这些问题的讨论正是本书的旨意，也是本篇的主题。本章首先系统地阐述新科技革命与推进产业变革的关系。

### 1.1 新科技革命正在引发产业革命

人们把科学革命与技术革命总称为科技革命。科学革命主要指科学理论、方法、思维方式等发生了巨大的突破性进展，即科学的理论范式发生了根本性变革。技术革命主要指技术体系原理的根本性变革。

科学革命、技术革命和产业革命之间有一定的基本关系。一般来讲，科学革命是技术革命的基础与理论前提，科学革命一般不会直接引发产业变革。技术革命则能够直接对生产力与生产方式产生影响，成为推动产业革命爆发的直接驱动力。

所谓21世纪的新科技革命，是当今科技前沿领域以生命科技为基础，同时以融合信息科技为代表的最有可能取得突破性进展的新科技成就。它本质上是20世纪后半叶科技革命的延续与拓展，与科学革命相关且重点聚焦于技术革命，同时影响到新的产业变革。我们中国人都在学习马克思理论，马克思认为，产业革命就是指生产力的革命。最初的产业革命实际上是指发生于18—19世纪的英、美、日等发达国家，并引发世界范围内的机器大工业生产替代手工工业生产的革命性变革。所谓产业变革一般指社会物质生产部门结构的革命或变革，是技术革命的成果在生产中的广泛应用，当社会经济运行模式和生产方式发生变革时，才意味着产业变革的发生。但从目前来看，更多的人将产业革命等同于工业革命。



新一代信息技术正在驱动着工业革命和企业数字化转型，推动数字经济蓬勃发展。信息技术创新的热点前沿领域包括区块链、大数据、人工智能、云计算、5G、工业互联网和物联网等。这些技术的基础性、引领性和创新性特征明显，对于激发、赋能和提速数字经济发展至关重要，其意义已经远远超出技术和工具层面，形成了全方位的、战略性的影响，如图1-1所示。这一系列新一代信息技术我们可以概括地称之为“5iABCD”。

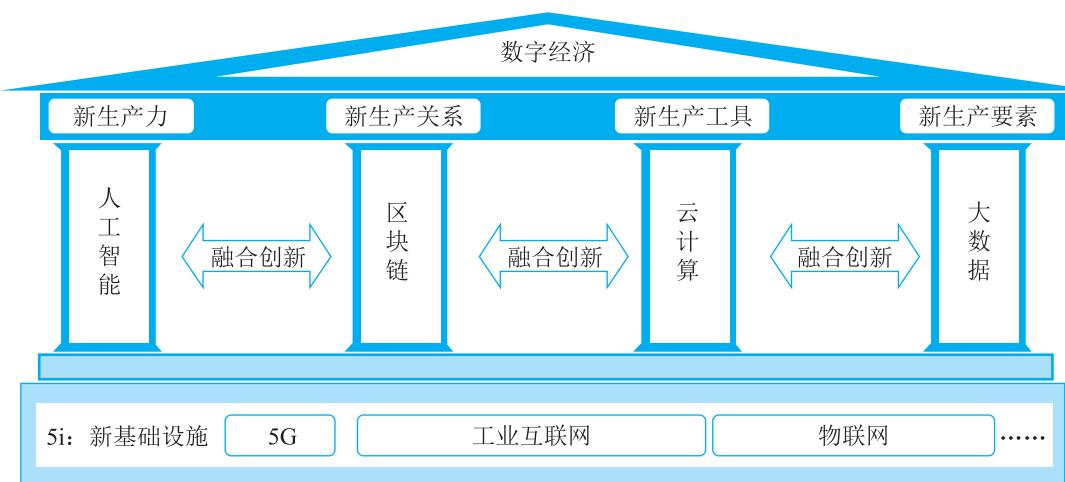


图1-1 数字经济关键创新技术示意图

- “5i”，代表5G、工业互联网（Industrial Internet）和物联网（Internet of things）。

当然，5i在这里不仅仅代表着5G、工业互联网和物联网，也包括业已成熟和普及的互联网。5i技术主要解决连接的问题，推动人类社会进入万物泛在智能互联的新阶段，为经济社会全面数字化转型奠定了坚实基础，在发展数字经济中发挥新型基础设施的作用。

- “A”，代表人工智能（Artificial Intelligence，AI）。

人工智能不断突破人类体力、脑力的极限，承担大量高危险、高负荷、高精度、高算力的劳动，完成许多“不可能完成的任务”。展望未来，人工智能将无所不在，并在众多领域代替人力劳动，形成超人类生产力，在产业变革、数字经济中发挥着新生产力的作用。

- “B”，代表区块链（Block Chain）。

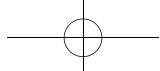
区块链是可直接改变人类社会合作模式、组织结构、运转机制的颠覆性技术，为解决陌生人信任问题、数字资产确权问题、对等公平合作问题提供了有力的创新手段，在发展数字经济中发挥着重构数字经济新型生产关系的作用。

- “C”，代表云计算（Cloud Computing）。

云计算是主流的计算和存储方式，是处理业务、汇聚数据、分析数据最主要的平台工具，也是支撑大数据、人工智能等技术发展的重要支撑平台，逐渐成为支撑数字产业化、产业数字化的通用工具。用云量成为度量数字经济活跃程度的重要指标。

- “D”，代表大数据（Big Data）。

大数据技术使人们采集汇聚数据、分析利用数据的能力得到了空前提升，促进了数据



资源日益成为同土地、资本一样重要的新型生产要素。它是未来的新型“石油”，将成为发展数字经济的关键生产要素。

5iABCD 技术之间是彼此关联的，并不断呈现出集成、融合与创新的趋势，技术之间的界限也在被不断突破。从处理数据的角度看，物联网技术收集海量数据，5G 技术低时延传输海量数据，云计算技术存储和处理海量数据，大数据技术组织海量数据，AI 技术智能化应用海量数据，区块链技术形成可信数据并促进数字资产确权；工业互联网技术促进了新技术与制造业的深度融合，如图 1-2 所示。

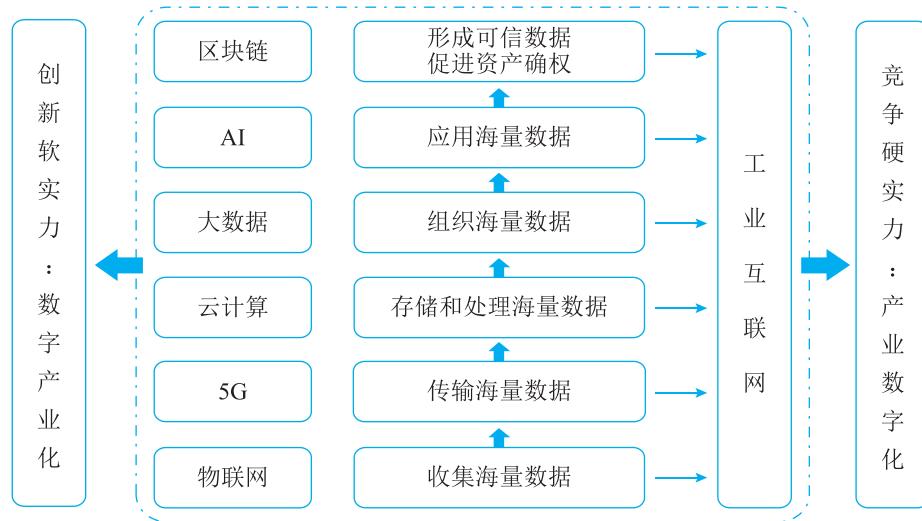
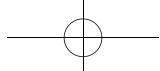


图 1-2 关键信息技术逻辑关系

新一代信息技术的发展引发技术范式的转变，成为驱动产业变革、企业数字化转型和发展数字经济的原动力。国家正在抓住这一机遇，通过新基建和《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》（以下简称“十四五”规划）推进新一代信息技术的发展，推进数字产业化、产业数字化。我们正在步入数字新时代，迎接美好新未来。

## 1.2 新时期科技革命的主要特点

首先，基础科学与新兴高技术领域出现跨界融合与交叉分化的发展态势，这是由于新兴学科以及前沿技术领域的不断出现与创新引起的。新的科技发展模式正在形成，实现从基础科学到应用技术产业领域发展的新境界。例如，新一轮信息技术与脑科学、数学等学科领域的交叉融合将会极大地推动人工智能、机器人技术产业的发展，同时对人类在新时期揭示大脑的秘密也具有重要的促进作用。其次，科技革命的发展更加注重绿色服务化与生态文明化。正所谓“绿水青山就是金山银山”，工业化的进程虽然带来了生产力的巨大变革，但其负面影响特别是对环境与资源方面的影响日益明显，人类在 21 世纪面临的发展问题



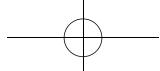
更为严峻和迫切，这就要求科技要向绿色化、智能化、生态化的方向发展。未来的科技革命将注重生态环境的修复保护与自然资源的合理利用，致力于开发新能源等绿色技术产品。

第四次工业革命具有一些明显的特征。首先是生产方式将发生根本性变革，数字智能化将成为主流的模式。21世纪信息技术革命仍具有主导性地位，其本质就是包括信息化、数字化、智能化的一场技术革命，这些信息化技术与生产管理方式的深度融合形成协同创新，它不仅会引发传统产业的转型升级，推动新兴产业的发展，更重要的是会引发生产方式、生产组织模式，甚至人类思维模式的全方位变革。其次，能源结构将以可再生能源的互联网配置为主。新时期能源技术革命的关键就是要使可再生能源成为能源结构的主体，同时新能源技术本身也是众多技术的融合点。新一轮产业变革的能源是以诸如风能、太阳能、潮汐、地热等可再生能源为主体，同时以“可再生能源—新型互联网通信技术”为核心模式，并且产生新的能源储备技术，实现资源的合理利用与经济社会的持续发展。

### 1.2.1 新科技革命与产业变革的关系

首先，科技革命与产业变革有直接的因果联系，但科技革命只有在合理的社会体制和经济条件下才能引发产业变革，这从第一、二次工业革命中均可以明显体现出来。第一次工业革命是以力学为理论基础，蒸汽机的发明则是理论的实际应用，由此引发机器大工业生产等变革，而力学理论早在17世纪的科学革命中已经奠定。第二次工业革命，科技与产业的关联效应更加明显，热力学、电磁理论等直接推动了内燃机及电动机等产业革命。产业变革的直接动力来自科技革命，但并非任何科技革命都一定会引发产业变革。例如，哥白尼的天文学革命并未引发产业变革；古希腊的希罗发明了一种类似于蒸汽机的动力机器，完全可算是一场技术革命，但未能引起产业变革，这也是出于一定的社会经济原因。21世纪，随着国际科技合作交流的日益深化，经济全球化进一步加深，各主要发达国家对新一轮科技革命的到来都高度重视，这就为即将到来的产业变革奠定了良好的经济制度、社会制度和环境条件的基础。欧洲、美洲、亚洲等具有良好社会制度及科技发展土壤的国家，将会成为新一轮产业变革的重点爆发区域。

其次，新一轮产业变革的重要推动力不仅仅来自前沿技术的突破，更多的是来自人类日益增长的精神文明需求与开拓高级绿色工业文明的需要。诸如新能源、信息技术、生命科学等前沿科技领域正处于大规模爆发前的酝酿期，必然引发相关领域的产业变革。同时，21世纪科技发展迅猛，随着人类物质生活的极大丰富，精神文明需求愈发成为引领产业变革的重要动力。产业变革更多地表现为人类深入认识自然环境、适应自然以永续发展的迫切需要。与历次工业革命不同的是，新一轮产业变革更加注重绿色生态的发展方向，改变了以往单纯追求经济发展的生产方式，向着人与自然生态系统和谐的可持续发展的绿色工业转变。新一轮产业变革能够解决以往产业变革所不能解决的问题，如环境恶化、资源枯竭、人口增长等现实问题。新一轮产业变革的动力从某种程度上正是应人们迫切改变这一现状的需要而产生的，产业变革的直接动力表现得更加迫切与明显，这种需求与动力甚至



引领相关技术领域发生变革。例如，21世纪发展潜力巨大的生命科学将是解决生态系统恶化、开拓绿色产业文明的直接手段，基于目前迫切的现实需求，生物工程技术会重点在农业、医药卫生等领域展开推进，引发技术变革。因此，21世纪新科技革命与产业变革表现为更加复杂的互动关系，而不仅仅是直接的线性推进关系。在此情形下，应注重战略性新兴产业的发展，并加强科技政策与产业政策的协调互动，共同推动国家的科技进步。

### 1.2.2 充分认识科技革命带来产业变革发展的新机遇

在新一轮科技革命背景下，科技政策与产业政策应相互协调共同支持国家的发展战略，以此来抓住机遇，实现综合国力的提升。对当今国家科技实力的提升与社会经济的增长来说，科技政策与产业政策有着不可或缺的重要作用。科技政策要以产业发展为基础，以企业创新为主体，以市场需求为导向，努力突破能提升经济发展的关键技术；产业政策要积极引导、协调科技政策的实施，在新一轮科技革命与产业变革中抓住机遇，实现综合国力的提升。

第一次工业革命诞生于英国，英国因此获得“日不落”帝国的称号；第二次和第三次工业革命都诞生于美国，美国由此走上了百年巅峰之路。2013年，德国率先向世界推出“工业4.0国家战略”，与美国争夺全球新工业革命的主导权，由此可以看出，这是一场未来之战。

时代浪潮汹涌澎湃，企业脚步一日千里。如今的制造不再是简单的流水线生产和机械式复制，工业4.0的到来，更加凸显了科技的力量。无论是美国的工业互联网、德国的工业4.0还是中国制造2025，其核心都是智能制造。智能制造是无比复杂的巨系统，是互联网和物联网对工业的颠覆和再造。推进智能制造，是全球工业发展的必由之路，也是中国制造转型升级的主攻方向；打造智能工厂，是加速传统制造迈向智能制造的现实需要，也是中国制造由大变强的蜕变之旅。

## 1.3 历次工业革命的演进

我们正站在技术革命的风口，新技术革命将从根本上改变人们的工作和生活方式。从规模、范围和复杂性上讲，新技术革命带来的转变将不同于人类以前所经历的任何时期。我们还不知道它将如何展开，但有一点是清楚的：它的反应必将是综合的和全面的，涉及全球政治经济体系内的所有利益相关者，将覆盖从国家发展、社会与科技进步、经济发展到大众生活的方方面面。

为了进一步让读者有一个系统认知，下面简要回顾一下历次工业革命的演进过程。图1-3展示了历次工业革命的演进。

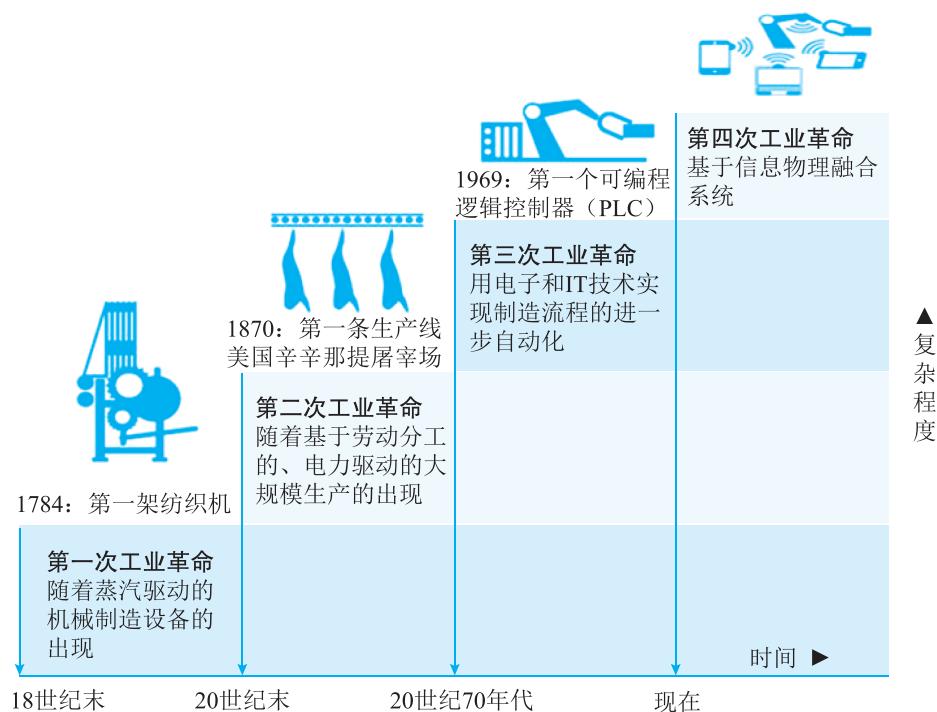
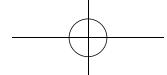


图 1-3 历次工业革命的演进

工业革命有时又称产业革命。工业革命开始于 18 世纪 60 年代，当时在英国的进展已经很显著了。通常认为它发源于英格兰中部地区，是指资本主义工业化的早期历程，即资本主义生产完成了从工场手工业向机器大工业过渡的阶段。工业革命是以机器取代人力，以大规模工厂化生产取代个体工场手工生产的一场生产与科技革命。由于机器的发明及运用成为这个时代的标志，因此历史学家称这个时代为“机器时代”(the Age of Machines)。18 世纪中叶，英国人瓦特改良蒸汽机之后，由一系列技术革命引起了从手工劳动向动力机器生产转变的重大飞跃，随后向英国乃至整个欧洲大陆传播，19 世纪传至北美。一般认为，蒸汽机、煤、铁和钢是促成工业革命技术加速发展的四项主要因素。英国是最早开始工业革命也是最早结束工业革命的国家。

工业革命是由资本主义经济发展的客观要求所决定的。

(1) 资产阶级革命废除了封建制度，消除了不利于资本主义发展的种种束缚，为工业革命创造了重要的政治前提。

(2) 消除农业中的封建制度和小农经济，为资本主义大工业的发展提供了充分的劳动力和国内市场（以英国的圈地运动为代表）。

(3) 资本主义的原始积累过程，提供了资本主义大工业所必需的大量自由劳动力和巨额的货币资本（殖民）。

(4) 资本主义工场手工业的长期发展，为大机器生产的出现准备了技术条件。