

1. 基本属性

消费互联网依托于强大的信息与数据处理能力以及多样化的移动终端，在电子商务、社交网络、搜索引擎等行业出现规模化发展态势并形成各自的生态圈，奠定了稳定的行业发展格局。消费互联网具有的属性包括：

- 媒体属性：由自媒体、社会媒体以及资讯为主的门户网站。
- 产业属性：由在线旅行和为消费者提供生活服务的电子商务等其他组成。

这些属性影响着人们的生活方式，渗透到人们生活的各个领域中，变革消费体验等。

近年来，我国以网络购物、移动支付、线上线下融合等新业态与新模式为特征的新型消费迅速发展，特别是新冠肺炎疫情发生以来，传统接触式线下消费受到影响，新型消费发挥了重要作用，有效保障了人们的日常生活需要。

2. 应用新格局

社交网络的出现，极大地推动了社会化信息的传播效率。社交网络中每个用户实际上是一个点，一个网络上有无数的点；点与点之间相连成线，线与线之间相连成网。社交网络本身具有发散性，发散性是指信息的扩散速度。伴随社交网络出现的社交圈，并不仅仅只有发散性，还体现出一定的聚集性。社交圈会因特定的因素而聚集，从而带来了新型网络经济，如网络商城、快递、餐饮外卖、网红带货等，成就了社交网络的消费互联网的核心地位。

消费互联网不仅仅给人们带来了生活方式的变化和生活质量的提高，而且推动了社会生活的深层变革，那就是“无身份社会”的建立。互联网环境下的“无身份社会”带来了更加快捷的社会活动与经济效能，相关参与者可以不用消耗时间精力来完成共同参与者的“身份认定”，这是因为互联网搭建了更高层级的信任校验模式，其通过数据记录、存储、整合与共享等方面的能力，实现了社会活动的一定程度上的复杂校验和过程可回溯，正是这种天然模式，进一步强化了“无身份社会”的发展进程。

数字技术在消费领域的场景应用多元拓展。新冠疫情后，消费者日益习惯在数字空间进行消费、娱乐和社交，为不断拓展多元新型的数字消费场景奠定了基础。因此，消费互联网经济未来仍有广阔前景，消费领域平台组织可以充分挖掘经济与社会潜力，增加优质产品和服务供给，并为消费者实现数字化生活方式提供高效连接，创造和普及消费新场景，培育消费新行为和新需求。同时，加快发展线下向“上”融合和线上向“下”拓展的双向消费形态。

1.4 数字中国

习近平总书记在党的十九大报告中指出：加强应用基础研究，拓展实施国家重大科技项目，突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新，为建设“数字中国”等提供有力支撑。数字中国是新时代国家信息化发展的新战略，是满足人民日益增长的美好生活需要的新举措，是驱动引领经济高质量发展的新动力，涵盖经济、政治、文化、社会、生态等各领域信息化建设，主要包括宽带中国、互联网+、大数据、云计算、人工智能、数字经济、电子政务、新型智慧城市、数字乡村等内容。“迎接数字时代，激活数据要素潜能，推进网络强

国建设，加快建设数字经济、数字社会、数字政府，以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革”成为了新时代我国信息化发展的主旋律，如图 1-6 所示。

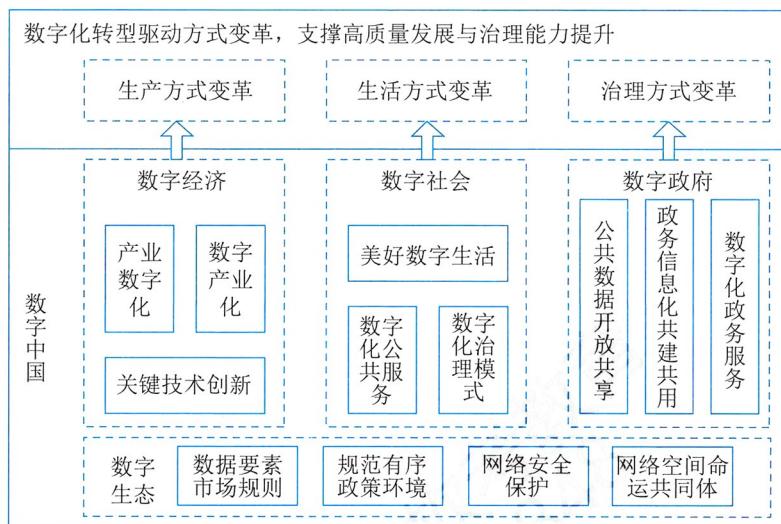


图 1-6 数字中国概览示意图

1.4.1 数字经济

数字经济是继农业经济、工业经济之后的更高级经济形态。从本质上讲，数字经济是一种新的技术经济范式，它建立在信息与通信技术的重大突破的基础上，以数字技术与实体经济融合驱动的产业梯次转型和经济创新发展的主引擎，在基础设施、生产要素、产业结构和治理结构上表现出与农业经济、工业经济显著不同的新特点。

1. 新技术经济范式

1962 年库恩在其代表作《科学革命的结构》中首先对“范式”(Paradigm)进行了定义。库恩认为：“范式是指那些公认的科学成就，在一段时间里为实践共同体提供典型的问题和解答”。1982 年，技术创新经济学家多西将这个概念引入技术创新之中，并提出了技术范式 (Technology Paradigm) 的概念，将技术范式定义为解决所选择的技术经济问题的一种模式，而这些解决问题的办法立足于自然科学的原理。从这个定义出发，云计算、人工智能、大数据等技术在与社会经济活动的融合重构中，经过技术与经济的相互促进，形成了一些相对稳定的经济新结构和新形态，如平台经济、分享经济、算法经济、服务经济、协同经济等。进而，先一步形成的经济形态触发社会其他领域的连锁变革，最终实现整个经济领域的技术经济范式转换。数字经济的技术经济范式的结构主要包括驱动力、新结构、价值创造和经济增长。

2. 主要内容构成

从产业构成来看，数字经济包括数字产业化和产业数字化两大部分。《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》给出了数字经济具体分类，分别是：数字产品制造业、数字产品服务业、

数字技术应用业、数字要素驱动业和数字化效率提升业，其中，前4类为数字产业化部分，第5类为产业数字化部分。从整体构成上看，数字经济包括数字产业化、产业数字化、数字化治理和数据价值化四个部分。

1) 数字产业化

数字产业化是指为产业数字化发展提供数字技术、产品、服务、基础设施和解决方案，以及完全依赖于数字技术、数据要素的各类经济活动，包括电子信息制造业、电信业、软件、信息技术、互联网行业等。数字产业化是数字经济的基础部分。《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》提出了强调加快推动数字产业化，培育壮大人工智能、大数据、区块链、云计算、网络安全等新兴数字产业，提升通信设备、核心电子元器件、关键软件等产业水平。构建基于5G的应用场景和产业生态，在智能交通、智慧物流、智慧能源、智慧医疗等重点领域开展试点示范。鼓励企业开放搜索、电商、社交等数据，发展第三方大数据服务产业。促进共享经济、平台经济健康发展。数字产业化发展重点包括：

- 云计算：加快云操作系统迭代升级，推动超大规模分布式存储、弹性计算、数据虚拟隔离等技术创新，提高云安全水平。以混合云为重点培育行业解决方案、系统集成、运维管理等云服务产业。
- 大数据：推动大数据采集、清洗、存储、挖掘、分析、可视化算法等技术创新，培育数据采集、标注、存储、传输、管理、应用等全生命周期产业体系，完善大数据标准体系。
- 物联网：推动传感器、网络切片、高精度定位等技术创新，协同发展云服务与边缘计算服务，培育车联网、医疗物联网、家居物联网产业。
- 工业互联网：打造自主可控的标识解析体系、标准体系、安全管理体系，加强工业软件研发应用，培育形成具有国际影响力的工业互联网平台，推进“工业互联网+智能制造”产业生态建设。
- 区块链：推动智能合约、共识算法、加密算法、分布式系统等区块链技术创新，以联盟链为重点发展区块链服务平台和金融科技、供应链管理、政务服务等领域应用方案，完善监管机制。
- 人工智能：建设重点行业人工智能数据集，发展算法推理训练场景，推进智能医疗装备、智能运载工具、智能识别系统等智能产品设计与制造，推动通用化和行业性人工智能开放平台建设。
- 虚拟现实和增强现实：推动三维图形生成、动态环境建模、实时动作捕捉、快速渲染处理等技术创新，发展虚拟现实整机、感知交互、内容采集制作等设备和开发工具软件、行业解决方案。

2) 产业数字化

产业数字化是指在新一代数字科技支撑和引领下，以数据为关键要素，以价值释放为核心，以数据赋能为主线，对产业链上下游的全要素数字化升级、转型和再造的过程。产业数字化作为实现数字经济和传统经济深度融合发展的重要途径，是新时代背景下使用数字经济发展的必由之路和战略抉择。《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》明确提出了推进产业数字化转型，实施“上云用数赋智”行动，推动数据赋能全产业链协同转型。

产业数字化发展对经济和社会各项发展都具有重要意义。从微观看，数字化助力传统企业蝶变，再造企业质量效率新优势。传统企业迫切需要新的增长机会与发展模式；快速迭代及进阶的数字科技为传统企业转型升级带来新希望；传统产业成为数字科技应用创新的重要场景。从中观看，数字化促进产业提质增效，重塑产业分工协作新格局。提升产品生产制造过程的自动化和智能化水平；降低产品研发和制造成本，实现精准化营销、个性化服务；重塑产业流程和决策机制。从宏观看，孕育新业态新模式，加速新旧动能转换新引擎。

数字科技广泛应用和消费需求变革催生出共享经济、平台经济等新业态新模式；促进形成新一代信息技术、高端装备、机器人等新兴产业，加速数字产业化形成。产业数字化具有的典型特征包括：

- 以数字科技变革生产工具；
- 以数据资源为关键生产要素；
- 以数字内容重构产品结构；
- 以信息网络为市场配置纽带；
- 以服务平台为产业生态载体；
- 以数字善治为发展机制条件。

通过产业数字化全面推动数字时代产业体系的质量变革、效率变革、动力变革，推动新旧动能转换和高质量发展。产业数字化的理解需要兼顾社会与市场两个维度，以更加全面的视角理解其内涵本质。从社会维度看，产业数字化是建立在生产工具与生产要素变革基础上的一种社会行为；从市场维度看，产业数字化是以信息网络为市场配置纽带，以服务平台为产业生态载体的资源优化过程。数字善治是社会及市场两个维度有机融合的具体体现，其既是产业数字化发展的机制条件，也是驱动产业数字化发展的重要动力机制。

在数字经济背景下，企业逐步进入数据驱动时代。随着企业对数字技术的不断利用，各类主体在组织生产、业务重构、经营管理等方面的数据化程度日益完善，数据将成为企业各类信息汇集的载体。未来以数据驱动的业务形式将成为主流，全渠道的数据盘活将成为企业的核心竞争力。因此，数据资产有效盘活与运营，将成为数字经济时代下企业的核心竞争力。企业应加深对数据的利用水平和治理水平，通过数据积累与运营，打通企业内部不同层级、不同系统之间的数据壁垒，盘活数据资产价值，实现对内支撑业务应用和管理决策；对外加强数据服务能力输出，从而提升数据潜在价值向实际业务价值的转化率，使得企业在提升市场竞争力同时也强化了运营能力，以此获得业务的高速增长。

3) 数字化治理

数字化治理通常指依托互联网、大数据、人工智能等技术和应用，创新社会治理方法与手段，优化社会治理模式，推进社会治理的科学化、精细化、高效化，助力社会治理现代化。数字化治理是数字经济的组成部分之一，包括但不限于多元治理，以“信息技术+治理”为典型特征的技管结合，以及数字化公共服务等。

数字化治理的核心特征是全社会的数据互通、数字化全面协同与跨部门的流程再造，形成“用数据说话、用数据决策、用数据管理、用数据创新”的治理机制。作为数字时代的全新治理范式，数字化治理的内涵至少包含：

- 对数据的治理：即治理对象扩大到涵盖数据要素。作为新兴生产要素和关键的治理资源，数据要素成为大国竞争的主要领域，对数据的治理成为制定数字经济规则的重要内容，数据要素的所有权、使用权、监管权，以及信息保护和数据安全等都需要全新治理体系。
- 运用数据进行治理：即运用数字与智能技术优化治理技术体系，进而提升治理能力。大数据、人工智能等新一代数字技术，可以为各领域治理进行全方位的“数字赋能”，改进治理技术、治理手段和治理模式，实现复杂治理问题的超大范围协同、精准“滴灌”、双向触达和超时空预判。
- 对数字融合空间进行治理：随着越来越多的经济社会活动搬到线上，治理场域也拓展到数字空间。未来会有越来越多的经济社会活动发生在线上，数字融合空间会以全新的方式创造经济价值、塑造社会关系，这需要适应数字融合世界的治理体系，对数字融合空间的新生事物进行有效治理。

4) 数据价值化

价值化的数据是数字经济发展的关键生产要素，加快推进数据价值化进程是发展数字经济的本质要求。近年来，数据可存储、可重用、呈现爆发增长、海量集聚的特点，是实体经济数字化、网络化、智能化发展的基础性战略资源。数据价值化包括但不限于数据采集、数据标准、数据确权、数据标注、数据定价、数据交易、数据流转、数据保护等。

数据价值化是指以数据资源化为起点，经历数据资产化、数据资本化阶段，实现数据价值化的经济过程。上述三个要素构成数据价值化的“三化”框架，即数据资源化、数据资产化、数据资本化，细化描述为：

- **数据资源化**：是使无序、混乱的原始数据成为有序、有使用价值的数据资源。数据资源化阶段包括通过数据采集、整理、聚合、分析等，形成可采、可见、标准、互通、可信的高质量数据资源。数据资源化是激发数据价值的基础，其本质是提升数据质量，形成数据使用价值的过程。
- **数据资产化**：是数据通过流通交易给使用者或者所有者带来的经济利益的过程。数据资产化是实现数据价值的核心，其本质是形成数据交换价值，初步实现数据价值的过程。
- **数据资本化**：主要包括两种方式，数据信贷融资与数据证券化。数据资本化是拓展数据价值的途径，其本质是实现数据要素社会化配置。

1.4.2 数字政府

信息技术的革新改变了人们传统的工作、学习、生活和娱乐方式，同时对政府提供信息服务，公民参与政府民主决策的方式提出了挑战。利用信息技术改进政府工作及服务的效率，形成新的工作方式，这已成为各国政府所关心的问题。数字政府的出现便是其中之一。数字政府通常是指以新一代信息技术为支撑，以“业务数据化、数据业务化”为着力点，通过数据驱动

重塑政务信息化管理架构、业务架构和组织架构，形成“用数据决策、数据服务、数据创新”的现代化治理模式。

1. 数字新特征

2022年国务院印发的《关于加强数字政府建设的指导意见》提出加强数字政府建设是适应新一轮科技革命和产业变革趋势、引领驱动数字经济和数字社会建设、营造良好数字生态、加快数字化发展的必然要求，是建设网络强国、数字中国的基础性和先导性工程，是创新政府治理理念和方式、形成数字治理新格局、推进国家治理体系和治理能力现代化的重要举措，对加快转变政府职能，建设法治政府、廉洁政府和服务型政府意义重大。

数字政府既是“互联网+政务”深度发展的结果，也是大数据时代政府自觉转型升级的必然，其核心目的是以人为本，实施路径是共创、共享、共建、共赢的生态体系。同时数字政府也被赋予了新的特征：

- 协同化：主要强调组织的互联互通，业务协同方面能实现一个跨层级、跨地域、跨部门、跨系统、跨业务的高效协同管理和服务。
- 云端化：云平台是政府数字化最基本的技术要求，政务上云是促成各地各部门由分散建设向集群集约式规划与建设的演化过程，是政府整体转型的必要条件。
- 智能化：智能化治理是政府应对社会治理多元参与、治理环境越发复杂、治理内容多样化趋势的关键手段。
- 数据化：数据化也是现阶段数字政府建设的重点，是建立在政务数据整合共享基础上的数字化的转型。
- 动态化：指数字政府是在数据驱动下动态发展不断演进的过程。

数字政府建设关键词主要包括：

- 共享：推动政务数据共享，推进政务服务事项集成化办理。数字政府，数据先行。数据共享是提升政务服务效能的重要抓手。
- 互通：国家政务服务平台持续推动与各地区、各部门政务服务业务办理系统的全面对接融合，打破地域阻隔与部门壁垒，实现更大范围内的系统互联互通，有力推动了政务服务线上线下融合互通和跨地区、跨部门、跨层级协同办理。
- 便利：数字政府，利企便民。加强数字政府建设的根本目标是更好地服务企业和群众，满足人民日益增长的美好生活需要。

2. 主要内容

《“十四五”国家信息化规划》中提出打造协同高效的数字政府服务体系，深入推进“放管服”改革、加快政府职能转变，打造市场化、法治化、国际化营商环境，坚持整体集约建设数字政府，推动条块政务业务协同，加快政务数据开放共享和开发利用，深化推进“一网通办”“跨省通办”“一网统管”，畅通参与政策制定的渠道，推动国家行政体系更加完善、政府作用更好发挥、行政效率和公信力显著提升，推动有效市场和有为政府更好结合，打造服务型政府。数字政府从面向社会大众政务服务视角来看，主要内容重点体现在“一网通办”“跨省通办”“一网统管”。

1) 一网通办

“一网通办”是依托于一体化在线政务服务平台，通过规范网上办事标准，优化网上办事流程，搭建统一的互联网政务服务总门户，整合政府服务数据资源和完善配套制度等措施，推行政务服务事项网上办理，推动企业群众办事线上只登录一次即可全网通办。“一网通办”和一窗式服务在本质上是一致的。两者均采用受办分离的模式，一窗式服务是由工作人员填报信息，“一网通办”是由个人在网上自主填写申报信息，后续均由具体业务经办部门进行审核处理。“一网通办”模式是在一窗式服务的基础上，以现在互联网技术为手段，逐步将原先政务大厅中办理的业务迁移至网上办事大厅进行申报。

“一网通办”是政务服务发展的一个阶段性目标，在各类信息共享的基础上，能进一步优化业务流程，提升政务服务水平，提高政务服务效率。它的实现需要各部门通力合作，梳理政务服务事项，优化整个业务流程，在原有各部门业务系统的基础上进行升级改造，打破部门间壁垒，实现深度的分工合作。

2) 跨省通办

“跨省通办”是一种政务服务模式。推进政务服务“跨省通办”是转变政府职能，提升政务服务能力的重要途径；是畅通国民经济循环，促进要素自由流动的重要支撑，对于提升国家治理体系和治理能力现代化水平具有重要作用。“跨省通办”从高频政务服务事项入手，2021年底前基本实现高频政务服务事项“跨省通办”，同步建立清单化管理制度和更新机制，逐步纳入其他办事事项，有效满足各类市场主体和广大人民群众异地办事需求。

“跨省通办”是申请人在办理地之外的省市提出事项申请或在本地提出办理其他省市事项申请，办理模式通常可分为全程网办、代收代办和多地联办等。

3) 一网统管

“一网统管”作为新型智慧城市推进城市治理体系和治理能力现代化的重要创新模式，自被提出后已经逐步在各地落地并发挥着重要作用。“一网统管”围绕城市治理水平的提升，主要针对各类民生诉求和城市事件，用实时在线数据和各类智能方法，及时、精准地发现问题、对接需求、研判形势、预防风险，在最低层级、最早时间，以相对最小成本，解决最突出问题，取得最佳综合效应，实现线上线下协同高效处置一件事。

“一网统管”通常从城市治理突出问题出发，以城市事件为牵引，统筹管理网格，统一城市运行事项清单，构建多级城市运行“一网统管”应用体系，推动城市管理、应急指挥、综合执法等领域的“一网统管”，实现城市运行态势感知、体征指标监测、统一事件受理、智能调度指挥、联动协同处置、监督评价考核等全流程监管。

“一网统管”建设通常强调：

- 一网：主要包括政务云、政务网和政务大数据中心等。
- 一屏：通过对多个部门的数据进行整合，将城市运行情况充分反映出来。
- 联动：畅通各级指挥体系，为跨部门、跨区域、跨层级联动、高效处置提供快速响应能力。
- 预警：基于多维、海量、全息数据汇集，实现城市运行体征的全量、实时掌握和智能预警。

- 创新：以管理需求带动智能化建设，以信息流、数据流推动业务流程全面优化和管理创新。

1.4.3 数字社会

在新一轮科技革命推动下，人类正在加速迈向数字社会。新科技革命成果不断融入生产生活，改变传统的生产生活方式，改变人们的行为方式、社会交往方式、社会组织方式和社会运行方式，深刻影响人们的思想观念和思维方式，不断创造新的产业形态、商业模式、就业形态，推动我国现代化不断向纵深发展。

1. 数字民生

随着互联网、物联网、大数据、区块链和人工智能交汇融合，集群互动形成一种呈指数级增长的信息技术体系，使得传统生产方式优化升级，在触发经济发展结构变革的同时，正以一种前所未有的势头向政治、文化、生活等民生领域延伸，将“人”与“公共服务”通过数字化的方式全面连接，将大幅提升社会整体服务效率和水平，实现数字民生。

我国持续在数字教育、数字医疗、数字就业、数字文旅等领域持续高速发展，涵盖内容既有“软件”层面的体制机制建设，又有“硬件”层面的平台系统建设。数字民生建设重点通常强调：

- 普惠：充分开发利用信息技术体系，扩大民生保障覆盖范围，助力普惠型民生建设，解决民生资源配置不均衡等问题。
- 赋能：信息技术体系与民生的深度融合赋予了民生建设新动能，促进民生保障实效指数式增长，如“互联网+教育”“互联网+医疗”“互联网+养老”“互联网+交通”等。
- 利民：信息技术体系创新拓展了公共服务场景，推动数字技术全面融入社会交往和日常生活新趋势，使民生服务日趋智慧化、便利化和人性化。

无论是打造宜居城市，还是建设美丽乡村，都离不开基于大数据的民生需求洞察，拓展民生服务渠道。数字民生体现出的正是以数字思维破解民生难题，以信息技术赋能民生治理的新时代，也是对科技助力人民幸福美好生活追求的生动诠释。

2. 智慧城市

智慧城市是运用信息通信技术，有效整合各类城市管理系统，实现城市各系统间信息资源共享和业务协同，推动城市管理和服务智慧化，提升城市运行管理和公共服务水平，提高城市居民幸福感和满意度，实现可持续发展的一种创新型城市。智慧城市从概念提出到落地实践，历经长期建设与发展，我国智慧城市建设数量持续增长。从在建智慧城市的分布来看，我国已初步形成京津冀、长三角、粤港澳、中西部四大智慧城市群。智慧城市作为一种新型城市发展形态和治理模式已被社会群体广泛认可和接受，新型智慧城市建设持续推动着城市的高质量发展，主要体现在：

- 智慧城市建设更加注重以人民为中心；
- 新技术持续赋能智慧城市的建设与发展；
- 城市治理现代化是智慧城市建设的必然要求；

- 智慧城市群区域一体化协同发展新格局逐步形成；
- 共建、共治、共享生态模式助力智慧城市高质量发展。

2020年随着新冠疫情的蔓延，越来越多的国家开始意识到智慧城市建设的重要性，城市管理者可以借助先进的信息技术来应对危机。2020年经济合作与发展组织（OECD）发布的《城市政策响应》报告中强调，数字化应用在疫情应急防控中起到关键作用，这促使许多城市将疫情防控系统长久地纳入到智慧城市应用场景中，用以监控和警惕公共卫生风险。同时，由于疫情变化仍具有不确定性，市政服务、医疗、办公、教育等模式的变革正在加速数字化转型。

1) 基本原理

智慧城市的建设与发展遵循一定的基本原理。随着智慧城市的持续迭代升级，智慧城市已经从信息化建设与信息技术产品应用阶段，演进到了信息化与城市现代化深度融合阶段，其基本原理也在发生变化。当前，随着新一代信息技术的发展与成熟应用，智慧城市关注焦点从使用信息化应用提高工作效率，转为通过数字关系计算提高决策效能；从局部信息技术应用，转为广泛互联互通环境下的综合应用创新；从强调管理体系和规范性，转为突出主动服务与精准施策等。

随着智慧城市步入新的发展阶段，以及以数字产业化和产业数字化为主旋律的数字经济高速发展，智慧城市基本原理表现为：①强调“人民城市为人民”，以面向政府、企业、市民等主体提供智慧化的服务为主要模式；②重点强化数据治理、数字孪生、边际决策、多元融合和态势感知五个核心能力建设；③更加注重规划设计、部署实施、运营管理、评估改进和创新发展在内的智慧城市全生命周期管理；④目标旨在推动城市治理、民生服务、生态宜居、产业经济、精神文明五位一体的高质量发展；⑤持续推动城市治理体系与治理能力现代化水平提升，如图1-7所示。



图1-7 智慧城市参考基本原理图

该原理确立的智慧城市核心能力建设，揭示了当前及未来一段时期智慧城市发展的重心在

于信息技术与社会发展的深度融合。智慧城市的五个核心能力要素密切关联且相互影响，但不可互为替代，均是开展新一阶段智慧城市整体、局部乃至具体项目建设、运行需要关注的核心能力要素。对核心能力要素解释为：

- 数据治理：围绕数据这一新的生产要素进行能力构建，包括数据责权利管控、全生命周期管理及其开发利用等。
- 数字孪生：围绕现实世界与信息世界的互动融合进行能力构建，包括社会孪生、城市孪生和设备孪生等，将推动城市空间摆脱物理约束，进入数字空间。
- 边际决策：基于决策算法和信息应用等进行能力构建，强化执行端的决策能力，从而达到快速反应、高效决策的效果，满足对社会发展的敏捷需求。
- 多元融合：强调社会关系和社会活动的动态性及其融合的高效性等，实现服务可编排和快速集成，从而满足各项社会发展的创新需求。
- 态势感知：围绕对社会状态的本质反映及模拟预测等进行能力构建，洞察可变因素与不可见因素对社会发展的影响，从而提升生活质量。

根据智慧城市参考基本原理，智慧城市建设与发展内容主要面向城市治理、惠民服务、生态宜居、产业发展等相关城市场景构建服务能力，为政府、企业、市民等提供服务。服务场景的构建，不仅仅需要技术与平台、基础设施等方面的共性技术支撑能力构建和数据要素支撑，也需要安全保障体系、建设运营体系的建设，同时还离不开产业环境、信息环境等环境的支撑。

2) 成熟度等级

智慧城市的建设与发展过程是一个逐渐迈向更高成熟状态的长期渐进过程，是基础设施、信息资源、网络安全、体制机制、惠民服务、城市治理等各方面能力的持续提升过程。结合成熟度理论和方法，可以构建智慧城市成熟度，实现从动态评价的角度来对城市智慧化的发展阶段进行衡量。依托科学发展规律，可将智慧城市发展成熟度划分为规划级、管理级、协同级、优化级、引领级 5 个等级，如图 1-8 所示。

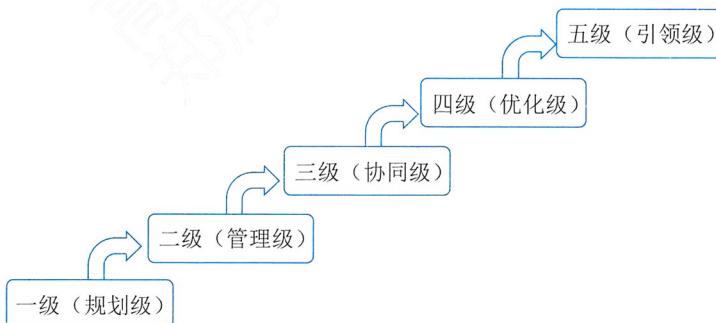


图 1-8 智慧城市成熟度等级参考模型

- 一级（规划级）：应围绕智慧城市的发展进行策划，明确相关职责分工和工作机制等，初步开展数据采集和应用，确保相关活动有序开展。
- 二级（管理级）：应明确智慧城市发展战略、原则、目标和实施计划等，推进城市基础

设施智能化改造，多领域实现信息系统单项应用，对智慧城市全生命周期实施管理。

- 三级（协同级）：应管控智慧城市各项发展目标，实施多业务、多层次、跨领域应用系统的集成，持续推进信息资源的共享与交换，推动惠民服务、城市治理、生态宜居、产业发展等的融合创新，实现跨领域的协同改进。
- 四级（优化级）：应聚焦智慧城市与城市经济社会发展深度融合，基于数据与知识模型实施城市经济、社会精准化治理，推动数据要素的价值挖掘和开发利用，推进城市竞争力持续提升。
- 五级（引领级）：应构建智慧城市敏捷发展能力，实现城市物理空间、社会空间、信息空间的融合演进和共生共治，引领城市集群治理联动，形成高质量发展共同体。

3. 数字乡村

数字乡村是伴随网络化、信息化和数字化在农业农村经济社会发展中的应用，以及农民现代信息技能的提高而内生的农业农村现代化发展和转型进程，既是乡村振兴的战略方向，也是建设数字中国的重要内容。2019年中共中央办公厅、国务院办公厅印发《数字乡村发展战略纲要》指出：立足新时代国情农情，要将数字乡村作为数字中国建设的重要方面，加快信息化发展，整体带动和提升农业农村现代化发展。进一步解放和发展数字化生产力，注重构建以知识更新、技术创新、数据驱动为一体的乡村经济发展政策体系，注重建立层级更高、结构更优、可持续性更好的乡村现代化经济体系，注重建立灵敏高效的现代乡村社会治理体系，开启城乡融合发展和现代化建设新局面。

《数字乡村发展战略纲要》明确了到2035年，数字乡村建设取得长足进展。城乡“数字鸿沟”大幅缩小，农民数字化素养显著提升。农业农村现代化基本实现，城乡基本公共服务均等化基本实现，乡村治理体系和治理能力现代化基本实现，生态宜居的美丽乡村基本实现。到21世纪中叶，全面建成数字乡村，助力乡村全面振兴，全面实现农业强、农村美、农民富。

4. 数字生活

数字生活是依托互联网和一系列数字科技技术应用为基础的一种生活方式，可以方便快捷地带给人们更好的生活体验和工作便利。数字生活主要体现在如下方面。

(1) 生活工具数字化。数字化生活时代，信息技术和产品成为极其重要的生活工具，人们将像享受空气、阳光、水一样享受数字化生活工具带来的舒适和便捷。根据摩尔定律和梅特卡夫定律，随着技术的不断创新与广泛扩散，其应用成本将显著下降，而其价值则显著增加。

(2) 生活方式数字化。在数字社会中，借助于数字化技术，每个人的工作、学习、消费、交往、娱乐等各种活动方式都将具有典型的数字化特征，数字家庭成为未来家庭的发展趋势。体现在工作更加弹性化和自主化；终身学习与随时随地学习成为可能；网络购物跻身主流消费方式；人际交往的范围与空间无限扩大等。

(3) 生活内容数字化。数字生活时代，人们工作、学习、消费和娱乐的内容具有典型的数字化特征。生活内容数字化体现在作品内容以创造、处理和分配信息为主；学习内容个性化；信息成为重要消费内容；娱乐内容数字化等。

1.4.4 数字生态

随着新一代信息技术创新和迭代速度的明显加快，其在提高社会生产力、优化资源配置等方面的作用日益凸显。营造良好数字生态，有利于充分激发数字技术的创新活力、要素潜能、发展空间，引领和驱动经济结构调整、产业发展升级、消费需求增长、治理格局优化，为加快建设数字经济、数字社会、数字政府提供良好环境和有力支撑。特别要看到，世界主要国家均把信息化作为国家战略重点和优先发展方向，通过优化数字生态加快推动数字化转型发展。《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》指出“坚持放管并重，促进发展与规范管理相统一，构建数字规则体系，营造开放、健康、安全的数字生态”。

1. 数据要素市场

随着数字经济的快速发展，数据作为数字经济的关键要素，对我国经济高质量发展的重要作用日益凸显。数据作为生产要素参与生产，需要进行市场化配置，形成生产要素价格及其体系。数据要素价格体系的建立，又是建立在数据所有制基础上的。因此谁掌握数据资产，在一定程度上就可以影响体系建立。数据作为新型生产要素，具有劳动工具和劳动对象的双重属性。首先数据作为劳动对象，通过采集、加工、存储、流通、分析环节，具备了价值和使用价值；其次，数据作为劳动工具，通过融合应用能够提升生产效能，促进生产力发展。

数据要素市场就是将尚未完全由市场配置的数据要素转向由市场配置的动态过程，其目的是形成以市场为根本调配机制，实现数据流动的价值或者数据在流动中产生价值。数据要素市场化配置是一种结果，而不是手段。数据要素市场化配置是建立在明确的数据产权、交易机制、定价机制、分配机制、监管机制、法律范围等保障制度的基础上。未来数据要素市场的发展，需要不断动态调整以上保障制度，最终形成数据要素的市场化配置。

2. 数字营商环境

良好的营商环境是一个国家或地区经济软实力和综合竞争力的重要体现。市场化、法治化、国际化、便利化的营商环境是一个国家、一个地区经济社会高质量发展的重要因素。随着数字经济蓬勃发展，与传统的营商环境相对应，数字经济时代的新型营商环境成为广泛关注的议题。2022年1月发布的《“十四五”数字经济发展规划》提出，要更加优化数字营商环境，加速弥合数字鸿沟。

国家工业信息安全发展研究中心2021年12月提出的全球数字营商环境评价指标体系。该评价体系包含5个一级指标：①数字支撑体系，包含普遍接入、智慧物流设施、电子支付设施；②数据开发利用与安全，包含公共数据开放、数据安全；③数字市场准入，包含数字经济业态市场准入、政务服务便利度；④数字市场规则，包含平台企业责任、商户权利与责任、数字消费者保护；⑤数字创新环境，包含数字创新生态、数字素养与技能、知识产权保护。

3. 网络安全保护

随着《中华人民共和国网络安全法》《中华人民共和国数据安全法》《中华人民共和国个人信息保护法》《关键信息基础设施安全保护条例》等法律法规的颁布，以及网络安全等级保护2.0标准体系的发布，使我国网络安全法律法规和制度标准更加健全。但在百年变局和世纪疫情交织叠加，国际环境日趋复杂，网络霸权主义对世界和平与发展构成威胁，全球产业链供应链

遭受冲击，网络空间安全面临的形势持续复杂多变。网络空间对抗趋势更加突出，大规模针对性网络攻击行为增加，安全漏洞、数据泄露、网络诈骗等风险增加。针对这些问题需要坚持总体国家安全观和正确的网络安全观，贯彻新发展理念，构建网络安全新格局，全面加强网络安全保障体系和能力建设。

强大的网络安全产业实力是保障网络空间安全的根本和基石。习近平总书记多次就网络安全产业作出重要指示，强调“要坚持网络安全教育、技术、产业融合发展，形成人才培养、技术创新、产业发展的良性生态”，为网络安全事业高质量发展指明方向，并提供根本遵循。

1.5 数字化转型与元宇宙

随着众多信息通信新技术的迅速发展与普及应用，信息空间成长为第三空间，并与物理空间和社会空间共同构成人类社会的三元空间。新一轮科技革命与产业革命交互演进，面向组织的战略发展、业务模式、生产管理、运行管理等全方位的数字化转型，已成为数字经济时代广大组织的必选题。以云计算、大数据、人工智能等为代表的新一代信息技术发展迅猛，成为驱动组织数字化转型的关键要素。组织需要通过深化应用数字技术，打造敏捷、韧性、创新的数字化能力，重构传统业务流程和价值链，推动实现全要素、全链条、全层级的数字化转型。随着各领域数字化转型的发展和持续深化，元宇宙这一新概念也随之流行。元宇宙本质上是对现实世界的虚拟化、数字化过程，需要对内容生产、经济系统、用户体验以及实体世界内容等进行大量改造。

1.5.1 数字化转型

数字化转型（Digital Transformation）是建立在数字化转换（Digitization）、数字化升级（Digitalization）基础上，进一步触及组织核心业务，以新建一种业务模式为目标的高层次转型。数字化转型是开发数字化技术及支持能力以新建一个富有活力的数字化商业模式，只有组织对其业务进行系统性、彻底的（或重大和完全的）重新定义，而不仅仅是IT，而是对组织活动、流程、业务模式和员工能力的方方面面进行重新定义的时候，成功才会得以实现。

1. 驱动因素

从全球视角来看，当前国际社会主要矛盾聚焦在发达国家企图垄断市场、资源和技术与发展中国家的发展愿望之间的矛盾。发达国家生产力没有飞跃式发展（第四次科技革命姗姗来迟），世界范围内市场、资源开发程度越来越充分，众多发展中国家想进一步改善人民生活，进一步参与到世界市场和资源的竞争中。纵观历史，无论是国际竞争关系、产业转型升级和新经济发展，还是当前我国社会主要矛盾变化带来的新特征、新要求，都有其发展规律和演进范式，即“生产力飞跃、生产要素变化、信息传播效率突破和社会‘智慧主体’规模扩容的叠加，将会促使人类社会生产关系的创新变革，最终引发经济与民生的深层发展”。这个范式驱动完成了原始经济到农业经济，再到工业经济的转型过程，同样会驱动工业经济向数字经济的转型。

1) 生产力飞升：第四次科技革命

科学技术是第一生产力。近代人类发展过程中，已经完成了三次科技革命，正在经历第

四次科技革命，每次科技革命都对应一个科学范式，其深刻影响着世界格局的变化，是人类社会发展的根本动力，也是国际社会主要矛盾的发源地。

第一科学范式为经验范式。它偏重于经验事实的描述和明确具体的实用性的科学研究范式。在研究方法上以归纳为主，带有较多盲目性的观测和实验。第二科学范式为理论范式。它主要指偏重理论总结和理性概括，强调较高普遍的理论认识而非直接实用意义的科学范式。第三科学范式为模拟范式。它是一个与数据模型构建、定量分析方法以及利用计算机来分析和解决科学问题的研究范式。第四科学范式为数据密集型研究范式。它针对数据密集型科学，是由传统的假设驱动向基于科学数据进行探索的科学方法转变而生成的科学范式。其研究方法是基于计算机生产实践产生的数据，按照驱动理论获得猜想与假设，完成数据自动化的计算和原理探索，即由计算机实施第一、第二、第三科学范式。第四范式通过新型信息技术的数据洞察，从大数据中自动化挖掘实践经验、理论原理并自行开展模拟仿真，完成基于数据的自决策和自优化，极大地繁荣应用科学技术。

2) 生产要素变化：数据要素的诞生

数据是与土地、劳动力、资本和技术并列的主要生产要素，表明数据将会是未来社会数字化、智能化发展的重要基础。数据是一项重要的经济资源，其对经济社会的全面持续发展、经济组织转型和参与个体生活质量非常重要且不可或缺。数据记载信息，信息融合知识，知识孕育智慧，过去人们已经持续了几十年的信息化建设，人们把智慧解构成知识，把知识分解为信息，把信息拆解为数据。随着人工智能、区块链和大数据等技术的出现，过去分散在各个环节的数据，重新归集为显性信息、知识和智慧，数据的经济价值越发凸显，因此数据对我国高质量发展的作用，与土地、设备、原材料、资本、劳动、技术同等重要，具备了单列为生产要素的现实条件。

3) 信息传播效率突破：社会互联网新格局

随着科学技术的发展，各种网络服务随之而来，互联网社交网络就是其中之一。人们的日常生活逐渐从现实社交网络转移到互联网虚拟社交网络中。互联网社交网络下，人们可以跟不在身边的朋友进行面对面的交流，还可以寻找有共同爱好的陌生人。从而形成在线社区，构成了庞大的社交网络平台，为用户提供便捷交流的渠道。

社交网络信息传输具有永生性、无限性、即时性以及方向性的特征。永生性指尽管在传播过程中可以控制信息，但它并不会被破坏或者消灭。比如：到一条信息且尚未传播该消息，但该消息实实在在地存在，信息的载体还可以继续传播。无限性是指信息可以像病毒一样无限地传播下去。即时性是社交网络信息传播的速度从通信器向接收者传播信息的时间大大缩短，甚至可以忽略。方向性意味着信息传播具有目的性，某些信息的传播仅是为了传递给特定的人。

随着互联网的发展，在互联网上传播信息已成为信息扩散的主要渠道。互联网的特性是信息可以跨越时间和地理障碍在网络上迅速传播。

4) 社会“智慧主体”规模：快速复制与“智能+”

过去，我们认为的“智慧主体”都是自然人，复制一个“智慧主体”的难度很大，需要教育、培育、培养等众多的手段方法。同时，其周期也较为漫长，培育一个自然人的“智慧主体”，往往需要超过20年的时间。漫长的复杂交互环境，以及自然环境因素等限制，都制约了

社会“智慧主体”规模的扩大与繁荣，从而使互联网的节点容量出现瓶颈，随着社会的进一步演进，这种瓶颈会阻碍人类社会的高质量建设，会影响人类社会的进一步发展和演进。

现在，社会的“智慧主体”已经不单纯是自然人，他可以是一个互联网账号、一台自动驾驶的汽车、一部智能手机，或者是工厂中的一套智能机器人。这些新兴“智慧主体”，具有不同于自然人的全量社会化活动模式，如消费选择等，但其在数据生产、数据开发利用、劳动力贡献和决策能力等方面，具备了自然人很多关键特征，在不知不觉中已经让这些新主体参与到了人们社会活动的方方面面，乃至与自然人享有同等的社会空间，如未来某一时刻无人驾驶的汽车主体与自然人道路参与主体享有同等的道路权。

新兴的“智慧主体”具备较强的可复制性、自我学习能力、更加广泛的连接能力和更加标准的交互手段等。新兴“智慧主体”规模和种类的快速扩张，会引发人类社会的深层次变革，改变自然人主体的劳动方式，劳动密集型的社会劳动逐步消退，智力密集型的社会劳动持续强化，自然人“智慧主体”甚至会全面退出生产制造过程领域，让自然人的竞争力聚焦在新兴“智慧主体”不会具备的领域。这个领域是以“服务”为典型代表，因为该领域会面对更加复杂的交互过程、更多的风险融合应对和情感因素管控等。

2. 基本原理

随着经济与社会的持续发展，同领域相关参与者因为数量的持续增多和发展水平趋于一致等，再加上我国处在中高速发展阶段，这些因素共同导致了经济与社会的竞争越来越充分、越来越激烈。随着我国社会主要矛盾从人民日益增长的物质文化同落后的社会生产之间的矛盾，转变为人民日益增长的美好生活需要和不平衡、不充分的发展之间的矛盾，以及信息时代带来的信息高效、充分且大规模传播，信息对象过程加速，乃至出现信息淹没等情况，这进一步加剧了经济与社会参与者的竞争，这表现在产品和服务的生命周期迭代越来越快，组织运行决策越来越高效，组织的转型升级周期越来越短，组织的业务发展越来越敏捷等。

传统发展视角下，组织为提升自身的竞争力，往往通过优化组织结构体系（如组织结构扁平化），提升工艺技术与装备（如应用新技术或自动化装备），降低业务成本（如人员容量、材料成本、加工成本等）等方式展开，这种优化与提升从某种程度上实现了对组织竞争力和竞争优势的保持和增强。这种发展模式下，组织通过治理和管理体系强化组织的协同性和创新力，并降低组织风险；通过减少客户个性选择驱动业务规模化发展，优化产品生产和服务交付成本。

数字经济时代，经济与社会竞争的进一步加剧，传统发展视角下的竞争力与竞争优势的保持和增强等方法，越来越难以支撑组织的发展需求，主要体现在：

- 决策瓶颈：以组织架构构建的治理与管理体系决策效率容易遇到瓶颈，并且组织规模越大、行政层级越多、决策效率效能越容易达到瓶颈。
- 变革制约：组织变革是一项系统工程，这不仅仅包括新组织、新工艺、新产品、新营销等的策划、规划和设计等，其部署落实也是一组复杂的工作，变革的效能常常受组织文化、人员技能、技术现状等方面制约，太多的变革一致性无法解决。
- 知识资产流失：组织研发或沉淀的各类经验，如使用传统的知识体系（如用文档资料管理），容易随着人员流动而流失，这是因为传统知识方法需要相关人员全部掌握。

- 需求响应延迟：组织为了有效地控制成本，最常用的方法是固化管理、工艺等，通过“简单可复制”的模式，达到一致性和成本最优化，这会导致组织对客户或服务对象的个性化需求延迟满足乃至放弃满足。

组织的数字化转型就是基于组织既有的治理与管理体系、工艺路径和产品技术、服务活动定义等，打造更加高效的决策效率、更灵活的工艺调度、更多元的产品与服务技术应用和更丰富的业务模式等。数字化转型需要组织结合信息技术的开发利用，对组织完成深层次变革，可参考模型如图 1-9 所示。

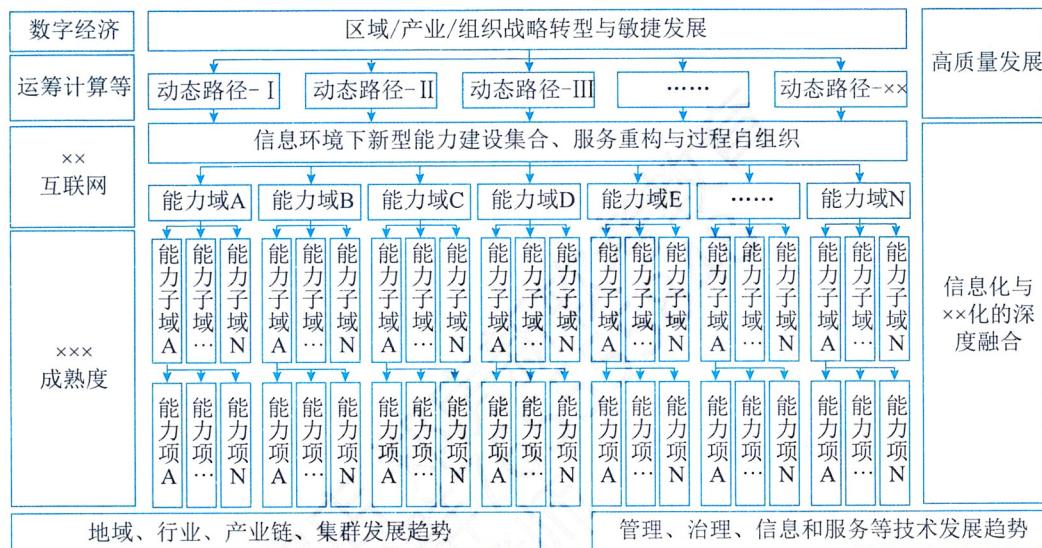


图 1-9 数字组织运行参考框架

1) 能力因子定义和数字化“封装”

实施数字化转型，组织需要把各项能力和活动进行清晰的结构化并定义，形成细化的可灵活调度和编排的能力因子，这些能力因子是有层次或可组合的，如能力域、能力子域、能力项、能力分项、能力子项等，对于数字化转型不同成熟度的组织来说，主要体现在能力因子定义颗粒度、学科性和有效性等方面。

能力因子的定义可驱动组织的管理精细化，更重要的是能够实现对这些能力因子的数字化“封装”，这种封装不只是对业务流程、工艺过程和技术内容的“包装”，而是需要向具体活动的人员、技术（含内部控制等）、资源、数据、流程（过程、动作）的模块化“封装”，打造基于数据的标准化输入与输出，形成类似信息系统中的对象、类、模块等的组件。在工业类组织中体现为数字装备、数字化管理单元、数字产品等，目的是实现“智能+”。

2) 基于“互联网+”的调度和决策

实施数字化转型，组织需要在已有治理与管理体系、工艺体系、服务体系、产品体系的基础上，通过使用“互联网+”的模式，将组织沉淀的各类知识经验进行数字化提炼，形成数字算法、模型和框架等，满足信息系统能够理解和使用的方式，让调度和决策脱离“自然人”，从

而提高调度和决策效率及其科学性。这部分工作是数字化转型中一项持续性工作，其科技含量比较高，也是组织数字化转型中的难点，主要体现在：

- 业务融合：将知识经验形成数字化调用模式，需要业务和信息技术的充分融合，需要实施这些工作的业务人员具备一定的数字技能，或者信息技术人员能够深入理解业务。
- 持续坚持：通过数字模式开展决策与调度活动，开始时的效果、效率、效能并不一定理想，这就需要组织能够持续坚持，通过持续改进活动，提升数据模式的价值。
- 文化冲突：调度与决策的科学化、敏捷化，依赖组织的知识沉淀，这就需要组织解决文化冲突，引导成员适应数字化带来的各种变化，积极贡献知识经验，消除自我成长顾虑以及驾驭数字的“恐惧”等。
- 效果判别：通常情况下，治理和管理关注判断与决策的正确性，执行操作关注过程的精确性，而使用数字模式实施决策和调度时，其精确性被凸显出来，对决策和调度的数据及应用过程提出了更高的要求，需要组织投入更多的智力资源。

3) 转型控制

数字化转型往往不是指一个结果的表达，而是一个持续的过程，组织需要能够有效管控转型过程，无论是服务组织还是工业组织，都不能一蹴而就地完成转型升级。组织需要充分借鉴信息化与工业化、信息化与领域现代化等深度融合的最佳实践，结合自身的实际情况，持续建设、优化和改进数字化转型过程。

3. 智慧转移

数字化转型基本原理揭示了个体智慧（知识、技能和经验等）由“自然人”个体，转移到组织智慧（计算机、信息系统等掌握的）的必要性和重要性。这种“智慧转移”也称“智慧移植”，需要经历系列的过程才能完成，每个组织开展此类活动的模式与方法存在差异，也可以参考图 1-10 所示的“智慧转移”模型。

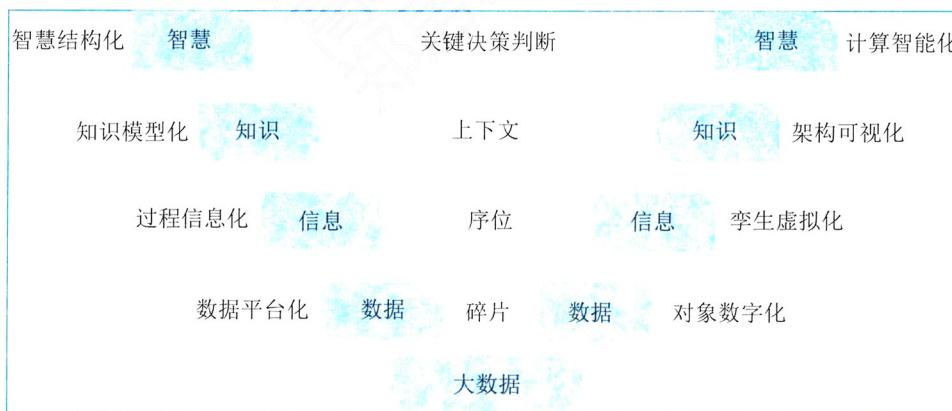


图 1-10 智慧转移的 S8D 模型

DIKW 模型很好地诠释了数据（Data）、信息（Information）、知识（Knowledge）和智慧

(Wisdom) 之间的关系，并揭示了他们的转化过程与方法。S8D 模型就是基于 DIKW 模型，构筑了“智慧—数据”“数据—智慧”两大过程的 8 个转化活动。

1) “智慧—数据” 过程

该过程通常指信息系统规划、建设、运行过程，也就是传统讲的“信息化过程”。该过程：①通过智慧结构化明确了业务体系层面的内容；②通过知识模型化定义业务活动的逻辑关系；③通过过程信息化（管理和工艺流程化）明确各执行操作系列要求；④通过数据平台化实现了数据的采集、存储和共享等。

2) “数据—智慧” 过程

该过程通常指数据的开发利用和资源管理的过程，即人们常说的“智慧化过程”，重点解决基于各类组织组成对象（人员、流程、业务、工艺、装备等）“数字关系”的“脑力替代”。该过程在大数据“筑底”后，多元化数据能够被开发利用：①通过对象数字化实现对各类对象的数字化表达；②通过孪生虚拟化完成物理对象到信息空间的映射；③通过架构可视化实现业务知识模型与经验沉淀的复用和创新；④通过计算智能化实现多元条件下的调度和决策。

数据是筑底构建可计算智慧的关键，通过“智慧—数据”过程将人类智慧形成了数据表达，并通过数据流动，提高了组织业务与工作效能，实现“体力劳动替代”。接下来通过“数据—智慧”工程，在大数据的基础上，逆变数据为计算智能，完成了智慧载体由自然人到计算机和信息系统的转移，其价值不仅仅可实现智慧的在线时效（ 7×24 无休），更可以实现“智慧挤压”（多方法多维度综合判断）和更高级别的“智慧萃取”（新智慧的生成），进一步实现智慧的可复制。这一过程也是第四科学范式的基本框架，是第四次科技革命的触发逻辑。

4. 持续迭代

组织数字化转型需要在能力因子不断细化的基础上，针对能力因子的数字化转型实施迭代，可类比为整体数字化转型与局部数字转型的关系。组织每个能力因子数字化“封装”的持续迭代主要包含四项活动，即：信息物理世界（也称数字孪生，CPS）建设、决策能力边际化（Power to Edge, PtoE）部署、科学社会物理赛博机制构筑（Cyber-Physical-Social Systems, CPSS）、数字框架与信息调制（Digital Frame and Information Modulation, DFIM），如图 1-11 所示。针对能力因子的持续迭代可以从任何一项活动开始实施四项活动，形成持续迭代闭环。

1) 信息物理世界建设

针对能力因子中的各类对象，实施数字孪生建设，并在此基础上加入该因子与其他因子之间的配置关系。组织可以通过该项活动实现能力因子相关数据挖掘与数据开发利用，从而发现新的技术和逻辑，提升各项工作效率。

2) 决策能力边际化部署

决策能力边际化是指处置执行层面的装置和人员能够基于决策算法模型等，敏捷取得更高的决策能力（权），达到敏捷响应的效果。组织可以通过该项活动实现决策权融合与调制，达到装备智能化和提高决策效能的价值效果。

3) 科学物理赛博机制构筑

科学物理赛博机制构筑是在CPS的基础上，汇聚组织内能力因子的环境因素力量（或组织维度的外部社会力量），建设高密度数据框架，参照社会运行原理，封装、解构和重构各能力因子协同关系。组织可以通过该项活动实现对各能力因子的灵活组合机制，形成能够面对各类需求的动态调度能力。

4) 数据框架与信息调制设计

组织能力因子的数字密度越高，对其可控性就越高，对应的安全可靠性也越高。组织通过优化能力因子的数字框架模型，并提升数据采集获取的精准度和及时性，能够有效地提升组织对能力因子的应急与动员能力，从而具备更加可靠的已知风险管控能力和未知风险的应对能力。



图 1-11 组织能力数字化转型及持续迭代参考模型 (CPSD 模型)

1.5.2 元宇宙

元宇宙 (Metaverse) 是一个新兴概念，是一大批技术的集成。北京大学陈刚教授对元宇宙的定义是：元宇宙是利用科技手段进行链接与创造的，与现实世界映射与交互的虚拟世界，具备新型社会体系的数字生活空间。清华大学沈阳教授对元宇宙的定义是：元宇宙是整合多种新技术而产生的新型虚实相融的互联网应用和社会形态，它基于扩展现实技术提供沉浸式体验，以及数字孪生技术生成现实世界的镜像，通过区块链技术搭建经济体系，将虚拟世界与现实世界在经济系统、社交系统、身份系统上密切融合，并且允许每个用户进行内容生产和编辑。中国社会科学院学者左鹏飞从时空性、真实性、独立性、连接性四个方面去交叉定义元宇宙。他指出：从时空性来看，元宇宙是一个空间维度上虚拟而时间维度上真实的数字世界；从真实性来看，元宇宙中既有现实世界的数字化复制物，也有虚拟世界的创造物；从独立性来看，元宇宙是一个与外部真实世界既紧密相连，又高度独立的平行空间；从连接性来看，元宇宙是一个把网络、硬件终端和用户囊括进来的一个永续的、广覆盖的虚拟现实系统。

1. 主要特征

随着虚拟现实、人工智能、数字孪生、云计算等关键技术逐步迭代发展，用户对更沉浸的虚拟世界有了更深入、更丰富的需求。元宇宙的流行是互联网发展到了一定的高度，也可以认为是互联网发展的另一阶段。元宇宙的主要特征包括：

- 沉浸式体验：元宇宙的发展主要基于人们对互联网体验的需求，这种体验就是即时信息基础上的沉浸式体验。
- 虚拟身份：人们已经拥有大量的互联网账号，未来人们在元宇宙中，随着账号内涵和外延的进一步丰富，将会发展成为一个或若干个数字身份，这种身份就是数字世界的一个或一组角色。
- 虚拟经济：虚拟身份的存在就促使元宇宙具备了开展虚拟社会活动的能力，而这些活动需要一定的经济模式展开，即虚拟经济。
- 虚拟社会治理：元宇宙中的经济与社会活动也需要一定的法律法规和规则的约束，就像现实世界一样，元宇宙也需要社区化的社会治理。

总之，元宇宙作为现实世界的孪生空间和虚拟世界，其物理属性淡化，但社会属性将会被强化，我们在现实社会中的大量特征和活动，都逐渐会在元宇宙中体现出来。

2. 发展演进

元宇宙作为多技术的集成融合和现实世界虚拟化，其发展一方面受到各类技术创新、发展和演进的影响，另一方面受经济与社会发展进程的约束。从互联网发展的基本规律和数字化转型进程来看，元宇宙首先会在社交、娱乐和文化领域发展，形成虚拟“数字人”，逐步再向虚拟身份方向演进，形成“数字人生”，此时的元宇宙偏向个体用户需求。但随着元宇宙中虚拟经济的发展和现实中组织数字化转型的深入，元宇宙向“数字组织”领域延伸，从而影响现实世界的经济与社会发展整体数字化转型升级，形成“数字生态”。之后伴随相关法律法规、标准规范的生成，网信事业的发展以及网络文明的进一步完善，元宇宙的虚拟世界形态持续迭代，形成“数字社会治理”，实现物理空间、社会空间和信息空间三元空间的协同发展新格局。

1.6 本章练习

1. 选择题

(1) 下列说法正确的是_____。

- A. 信息只存在家庭中 B. 信息只存在图书馆中
C. 信息只存在校园里 D. 信息无处不在

参考答案: D

(2) 信息的基础是_____。

- A. 数据 B. 知识 C. 事实 D. 概念

参考答案: A

(3) 工业互联网的体系不包括_____。

- A. 网络 B. 平台 C. 技术 D. 安全

参考答案: C

(4) 支撑科学研究、技术开发、产品研制的具有公益属性的基础设施属于_____。

- A. 信息基础设施 B. 融合基础设施
C. 创新基础设施 D. 网络基础设施

参考答案: C

(5) GB/T 39116《智能制造能力成熟度模型》规定了企业智能制造能力在不同阶段应达到的水平。若企业应对装备、系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享，则该企业属于_____水平。

- A. 一级（规划级） B. 二级（规范级）
C. 三级（集成级） D. 四级（优化级）

参考答案: C

(6) 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中从数字经济、数字政府、数字社会、_____四个维度出发勾勒了建设数字中国的宏伟蓝图。

- A. 数字生态 B. 数字技术 C. 数字服务 D. 数字人才

参考答案: A

(7) _____不属于智慧城市核心能力要素。

- A. 数据治理、边际决策、多元融合
B. 数据治理、数字孪生、边际决策
C. 数据管理、数字孪生、态势感知
D. 数字孪生、多元融合、态势感知

参考答案: C

(8) 智慧城市发展过程中，能够明确智慧城市发展战略、原则、目标和实施计划等，推进城市基础设施的智能化改造，多领域实现信息系统单项应用，对智慧城市全生命周期实施管理，则该智慧城市成熟度处于_____水平。

- A. 规划级 B. 管理级 C. 协同级 D. 优化级

参考答案: B

2. 思考题

(1) 请列出大数据的特点，并简要叙述大数据有哪些重要应用领域。

参考答案: 略

(2) 请简述产业数字化和数字化的关系及其意义。

参考答案: 略

(3) 请简述数字中国的时代特征及数字中国建设的重大意义。

参考答案: 略

第2章 信息技术发展

信息技术是在信息科学的基本原理和方法下，获取信息、处理信息、传输信息和使用信息的应用技术总称。从信息技术的发展过程来看，信息技术在传感器技术、通信技术和计算机技术的基础上，融合创新和持续发展，孕育和产生了物联网、云计算、大数据、区块链、人工智能和虚拟现实等新一代信息技术，成为支撑当今经济活动和社会生活的基石，代表着当今先进生产力的发展方向。

从宏观上讲，信息技术与信息化、信息系统密不可分。信息技术是实现信息化的手段，是信息系统建设的基础。信息化的需求驱动信息技术高速发展，信息系统的广泛应用促进了信息技术的迭代创新。近年来，随着新一代信息技术的发展，信息及其相关的数据成为重要生产要素和战略资源、使得人们能更高效地进行资源优化配置，持续推动传统产业不断升级、社会劳动生产率的不断提升，从而带动全球信息化发展和数字化转型，新一代信息技术已成为世界各国投资和重点发展的战略性产业。

2.1 信息技术及其发展

信息技术是以微电子学为基础的计算机技术和电信技术的结合而形成的，对声音的、图像的、文字的、数字的和各种传感信号的信息进行获取、加工、处理、存储、传播和使用的技术。按表现形态的不同，信息技术可分为硬技术（物化技术）与软技术（非物质化技术）。前者指各种信息设备及其功能，如传感器、服务器、智能手机、通信卫星、笔记本电脑。后者指有关信息获取与处理的各种知识、方法与技能，如语言文字技术、数据统计分析技术、规划决策技术、计算机软件技术等。

2.1.1 计算机软硬件

计算机硬件（Computer Hardware）是指计算机系统中由电子、机械和光电元件等组成的各种物理装置的总称。这些物理装置按系统结构的要求构成一个有机整体，为计算机软件运行提供物质基础。计算机软件（Computer Software）是指计算机系统中的程序及其文档，程序是计算任务的处理对象和处理规则的描述；文档是为了便于了解程序所需的阐明性资料。程序必须安装入机器内部才能工作，文档一般是给人看的，不一定安装入机器。

硬件和软件互相依存。硬件是软件赖以工作的物质基础，软件的正常工作是硬件发挥作用的重要途径。计算机系统必须要配备完善的软件系统才能正常工作，从而充分发挥其硬件的各种功能。硬件和软件协同发展，计算机软件随硬件技术的迅速发展而发展，而软件的不断发展与完善又促进硬件的更新，两者密切交织发展，缺一不可。随着计算机技术的发展，在许多情况下，计算机的某些功能既可以由硬件实现，也可以由软件来实现。因此硬件与软件在一定意

义上来说没有绝对严格的界线。

2.1.2 计算机网络

在计算机领域中，网络就是用物理链路将各个孤立的工作站或主机相连在一起，组成数据链路，从而达到资源共享和通信的目的。凡将地理位置不同，并具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来，且以功能完善的网络软件（网络协议、信息交换方式及网络操作系统等）实现网络资源共享的系统，均可称为计算机网络。从网络的作用范围可将网络类别划分为个人局域网（Personal Area Network，PAN）、局域网（Local Area Network，LAN）、城域网（Metropolitan Area Network，MAN）、广域网（Wide Area Network，WAN）、公用网（Public Network）、专用网（Private Network）。

1. 网络标准协议

网络协议是为计算机网络中进行数据交换而建立的规则、标准或约定的集合。网络协议由三个要素组成，分别是语义、语法和时序。语义是解释控制信息每个部分的含义，它规定了需要发出何种控制信息，完成的动作以及做出什么样的响应；语法是用户数据与控制信息的结构与格式，以及数据出现的顺序；时序是对事件发生顺序的详细说明。人们形象地将这三个要素描述为：语义表示要做什么，语法表示要怎么做，时序表示做的顺序。

1) OSI

国际标准化组织（ISO）和国际电报电话咨询委员会（CCITT）联合制定的开放系统互连参考模型（Open System Interconnect，OSI），其目的是为异种计算机互连提供一个共同的基础和标准框架，并为保持相关标准的一致性和兼容性提供共同的参考。OSI 采用了分层的结构化技术，从下到上共分物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

广域网协议是在 OSI 参考模型的最下面三层操作，定义了在不同的广域网介质上的通信。广域网协议主要包括：PPP 点对点协议、ISDN 综合业务数字网、xDSL（DSL 数字用户线路的统称：HDSL、SDSL、MVL、ADSL）、DDN 数字专线、x.25、FR 帧中继、ATM 异步传输模式。

2) IEEE 802 协议族

IEEE 802 规范定义了网卡如何访问传输介质（如光缆、双绞线、无线等），以及如何在传输介质上传输数据的方法，还定义了传输信息的网络设备之间连接的建立、维护和拆除的途径。遵循 IEEE 802 标准的产品包括网卡、桥接器、路由器以及其他一些用来建立局域网络的组件。IEEE 802 规范包括：802.1（802 协议概论）、802.2（逻辑链路控制层 LLC 协议）、802.3（以太网的 CSMA/CD 载波监听多路访问 / 冲突检测协议）、802.4（令牌总线 Token Bus 协议）、802.5（令牌环 Token Ring 协议）、802.6（城域网 MAN 协议）、802.7（FDDI 宽带技术协议）、802.8（光纤技术协议）、802.9（局域网上的语音 / 数据集成规范）、802.10（局域网安全互操作标准）、802.11（无线局域网 WLAN 标准协议）。

3) TCP/IP

Internet 是一个包括成千上万相互协作的组织和网络的集合体。TCP/IP 是 Internet 的核心。

TCP/IP 在一定程度上参考了 OSI，它将 OSI 的七层简化为四层：①应用层、表示层、会话层三个层次提供的服务相差不是很大，所以在 TCP/IP 中，它们被合并为应用层一个层次。②由于传输层和网络层在网络协议中的地位十分重要，所以在 TCP/IP 中它们被作为独立的两个层次。③因为数据链路层和物理层的内容相差不多，所以在 TCP/IP 中它们被归并在网络接口层一个层次里。

在应用层中，定义了很多面向应用的协议，应用程序通过本层协议利用网络完成数据交互的任务。这些协议主要有 FTP（File Transfer Protocol，文件传输协议）、TFTP（Trivial File Transfer Protocol，简单文件传输协议）、HTTP（Hypertext Transfer Protocol，超文本传输协议）、SMTP（Simple Mail Transfer Protocol，简单邮件传输协议）、DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol，动态主机配置协议）、Telnet（远程登录协议）、DNS（Domain Name System，域名系统）、SNMP（Simple Network Management Protocol，简单网络管理协议）等。

传输层主要有两个传输协议，分别是 TCP 和 UDP（User Datagram Protocol，用户数据报协议），这些协议负责提供流量控制、错误校验和排序服务。

网络层中的协议主要有 IP、ICMP（Internet Control Message Protocol，网际控制报文协议）、IGMP（Internet Group Management Protocol，网际组管理协议）、ARP（Address Resolution Protocol，地址解析协议）和 RARP（Reverse Address Resolution Protocol，反向地址解析协议）等，这些协议处理信息的路由和主机地址解析。

由于网络接口层兼并了物理层和数据链路层，所以网络接口层既是传输数据的物理媒介，也可以为网络层提供一条准确无误的线路。

2. 软件定义网络

软件定义网络（Software Defined Network，SDN）是一种新型网络创新架构，是网络虚拟化的一种实现方式，它可通过软件编程的形式定义和控制网络，其通过将网络设备的控制面与数据面分离开来，从而实现了网络流量的灵活控制，使网络变得更加智能，为核心网络及应用的创新提供了良好的平台。

利用分层的思想，SDN 将数据与控制相分离。在控制层，包括具有逻辑中心化和可编程的控制器，可掌握全局网络信息，方便运营商和科研人员管理配置网络和部署新协议等。在数据层，包括哑交换机（与传统的二层交换机不同，专指用于转发数据的设备），仅提供简单的数据转发功能，可以快速处理匹配的数据包，适应流量日益增长的需求。两层之间采用开放的统一接口（如 OpenFlow 等）进行交互。控制器通过标准接口向交换机下发统一标准规则，交换机仅需按照这些规则执行相应的动作即可。SDN 打破了传统网络设备的封闭性。此外，南北向和东西向的开放接口及可编程性，也使得网络管理变得更加简单、动态和灵活。

SDN 的整体架构由下到上（由南到北）分为数据平面、控制平面和应用平面，具体如图 2-1 所示。其中，数据平面由交换机等网络通用硬件组成，各个网络设备之间通过不同规则形成的 SDN 数据通路连接；控制平面包含了逻辑上为中心的 SDN 控制器，它掌握着全局网络信息，负责各种转发规则的控制；应用平面包含着各种基于 SDN 的网络应用，用户无须关心底层细节就可以编程、部署新应用。

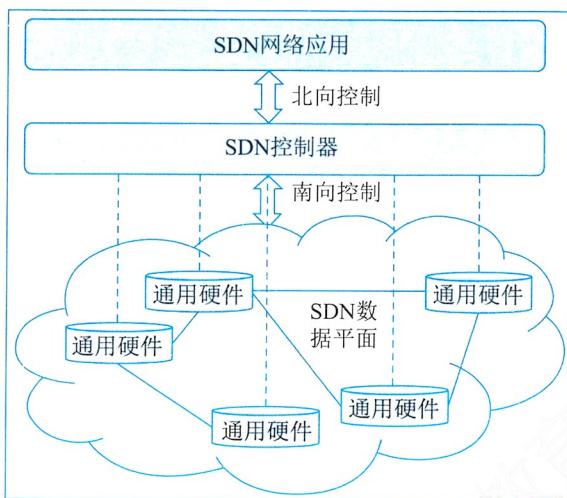


图 2-1 SDN 体系架构图

控制平面与数据平面之间通过 SDN 控制数据平面接口 (Control-Data-Plane Interface, CDPI) 进行通信，它具有统一的通信标准，主要负责将控制器中的转发规则下发至转发设备，最主要应用的是 OpenFlow 协议。控制平面与应用平面之间通过 SDN 北向接口 (NorthBound Interface, NBI) 进行通信，而 NBI 并非统一标准，它允许用户根据自身需求定制开发各种网络管理应用。

SDN 中的接口具有开放性，以控制器为逻辑中心，南向接口负责与数据平面进行通信，北向接口负责与应用平面进行通信，东西向接口负责多控制器之间的通信。最主流的南向接口 CDPI 采用的是 OpenFlow 协议。OpenFlow 最基本的特点是基于流 (Flow) 的概念来匹配转发规则，每一个交换机都维护一个流表 (Flow Table)，依据流表中的转发规则进行转发，而流表的建立、维护和下发都是由控制器完成的。针对北向接口，应用程序通过北向接口编程来调用所需的各种网络资源，实现对网络的快速配置和部署。东西向接口使控制器具有可扩展性，为负载均衡和性能提升提供了技术保障。

3. 第五代移动通信技术

第五代移动通信技术 (5th Generation Mobile Communication Technology, 5G) 是具有高速率、低时延和大连接特点的新一代移动通信技术。

国际电信联盟 (ITU) 定义了 5G 的八大指标，与 4G 的对比如表 2-1 所示。

表 2-1 4G 与 5G 主要指标对标

指标名称	流量密度 / (Tb/s · km ²)	连接数密度 / (万 · km ⁻²)	时延 / ms	移动性 / (km · h ⁻¹)	能效 / 倍	用户体验速率 / b · s ⁻¹	频道效率 / 倍	峰值速率 / Gb · s ⁻¹
4G	0.1	10	空口 10	350	1	10M	1	10
5G	10	100	空口 1	500	100	0.1 ~ 1G	3	20

5G 国际技术标准重点满足灵活多样的物联网需要。在正交频分多址 (Orthogonal Frequency

Division Multiple Access, OFDMA) 和多入多出 (Multiple Input Multiple Output, MIMO) 基础技术上, 5G 为支持三大应用场景, 采用了灵活的全新系统设计。在频段方面, 与 4G 支持中低频不同, 考虑到中低频资源有限, 5G 同时支持中低频和高频频段, 其中中低频满足覆盖和容量需求, 高频满足在热点区域提升容量的需求, 5G 针对中低频和高频设计了统一的技术方案, 并支持百 MHz 的基础带宽。为了支持高速率传输和更优覆盖, 5G 采用 LDPC (一种具有稀疏校验矩阵的分组纠错码)、Polar (一种基于信道极化理论的线性分组码) 新型信道编码方案、性能更强的大规模天线技术等。为了支持低时延、高可靠, 5G 采用短帧、快速反馈、多层 / 多站数据重传等技术。

国际电信联盟 (ITU) 定义了 5G 的三大类应用场景, 即增强移动宽带 (eMBB)、超高可靠低时延通信 (uRLLC) 和海量机器类通信 (mMTC)。增强移动宽带主要面向移动互联网流量爆炸式增长, 为移动互联网用户提供更加极致的应用体验; 超高可靠低时延通信主要面向工业控制、远程医疗、自动驾驶等对时延和可靠性具有极高要求的垂直行业应用需求; 海量机器类通信主要面向智慧城市、智能家居、环境监测等以传感和数据采集为目标的应用需求。

2.1.3 存储和数据库

1. 存储技术

存储分类根据服务器类型分为: 封闭系统的存储和开放系统的存储。封闭系统主要指大型机等服务器。开放系统指基于包括麒麟、欧拉、UNIX、Linux 等操作系统的服务器。开放系统的存储分为: 内置存储和外挂存储。外挂存储根据连接的方式分为直连式存储 (Direct-Attached Storage, DAS) 和网络化存储 (Fabric-Attached Storage, FAS)。网络化存储根据传输协议又分为网络接入存储 (Network-Attached Storage, NAS) 和存储区域网络 (Storage Area Network, SAN)。DAS、NAS、SAN 等存储模式之间的技术与应用对比如表 2-2 所示。

表 2-2 常用存储模式的技术与应用对比

存储系统架构	DAS	NAS	SAN
安装难易度	不一定	简单	困难
数据传输协议	SCSI/FC/ATA	TCP/IP	FC
传输对象	数据块	文件	数据块
使用标准文件共享协议	否	是 (NFS/CIFS...)	否
异种操作系统文件共享	否	是	需要转换设备
集中式管理	不一定	是	需要管理工具
管理难易度	不一定	以网络为基础, 容易	不一定, 但通常很难
提高服务器效率	否	是	是
灾难忍受度	低	高	高, 专有方案
适合对象	中小组织服务器 捆绑磁盘 (JBOD)	中小组织 SOHO 族 组织部门	大型组织 数据中心

(续表)

存储系统架构	DAS	NAS	SAN
应用环境	局域网 文档共享程度低 独立操作平台 服务器数量少	局域网 文档共享程度高 异质格式存储需求高	光纤通道储域网 网络环境复杂 文档共享程度高 异质操作系统平台 服务器数量多
业务模式	一般服务器	Web 服务器 多媒体资料存储 文件资料共享	大型资料库 数据库等
档案格式复杂度	低	中	高
容量扩充能力	低	中	高

存储虚拟化（Storage Virtualization）是“云存储”的核心技术之一，它把来自一个或多个网络的存储资源整合起来，向用户提供一个抽象的逻辑视图，用户可以通过这个视图中的统一逻辑接口来访问被整合的存储资源。用户在访问数据时并不知道真实的物理位置。它带给人们直接的好处是提高了存储利用率，降低了存储成本，简化了大型、复杂、异构的存储环境的管理工作。

存储虚拟化使存储设备能够转换为逻辑数据存储。虚拟机作为一组文件存储在数据存储的目录中。数据存储是类似于文件系统的逻辑容器。它隐藏了每个存储设备的特性，形成一个统一的模型，为虚拟机提供磁盘。存储虚拟化技术帮助系统管理虚拟基础架构存储资源，提高资源利用率和灵活性，提高应用正常运行时间。

绿色存储（Green Storage）技术是指从节能环保的角度出发，用来设计生产能效更佳的存储产品，降低数据存储设备的功耗，提高存储设备每瓦性能的技术。绿色存储是一个系统设计方案，贯穿于整个存储设计过程，包含存储系统的外部环境、存储架构、存储产品、存储技术、文件系统和软件配置等多方面因素。

绿色存储技术的核心是设计运行温度更低的处理器和更有效率的系统，生产更低能耗的存储系统或组件，降低产品所产生的电子碳化合物，其最终目的是提高所有网络存储设备的能源效率，用最少的存储容量来满足业务需求，从而消耗最低的能源。以绿色理念为指导的存储系统最终是存储容量、性能、能耗三者的平衡。

绿色存储技术涉及所有存储分享技术，包括磁盘和磁带系统、服务器连接、存储设备、网络架构及其他存储网络架构、文件服务和存储应用软件、重复数据删除、自动精简配置和基于磁带的备份技术等可以提高存储利用率、降低建设成本和运行成本的存储技术，其目的是提高所有网络存储技术的能源效率。

2. 数据结构模型

数据结构模型是数据库系统的核心。数据结构模型描述了在数据库中结构化和操纵数据的方法，模型的结构部分规定了数据如何被描述（例如树、表等）。模型的操纵部分规定了数据的添加、删除、显示、维护、打印、查找、选择、排序和更新等操作。

常见的数据结构模型有三种：层次模型、网状模型和关系模型，层次模型和网状模型又统称为格式化数据模型。

1) 层次模型

层次模型是数据库系统最早使用的一种模型，它用“树”结构表示实体集之间的关联，其中实体集（用矩形框表示）为结点，而树中各结点之间的连线表示它们之间的关联。在层次模型中，每个结点表示一个记录类型，记录类型之间的联系用结点之间的连线（有向边）表示，这种联系是父子之间的一对多的联系。这就使得层次数据库系统只能处理一对多的实体联系。每个记录类型可包含若干个字段，这里记录类型描述的是实体，字段描述实体的属性。每个记录类型及其字段都必须命名。各个记录类型、同一记录类型中各个字段不能同名。每个记录类型可以定义一个排序字段，也称码字段，如果定义该排序字段的值是唯一的，则它能唯一地标识一个记录值。

一个层次模型在理论上可以包含任意有限个记录类型和字段，但任何实际的系统都会因为存储容量或实现复杂度而限制层次模型中包含的记录类型个数和字段个数。在层次模型中，同一双亲的子女结点称为兄弟结点，没有子女结点的结点称为叶结点。层次模型的一个基本的特点是任何一个给定的记录值只能按其层次路径查看，没有一个子女记录值能够脱离双亲记录值而独立存在。

2) 网状模型

网状数据库系统采用网状模型作为数据的组织方式。网状模型用网状结构表示实体类型及其实体之间的联系。网状模型是一种可以灵活地描述事物及其之间关系的数据库模型。

现实世界中事物之间的联系更多的是非层次关系的，一个事物和另外的几个都有联系，用层次模型表示这种关系很不直观，网状模型克服了这一弊病，可以清晰地表示这种非层次关系。用有向图结构表示实体类型及实体间联系的数据结构模型称为网状模型。网状模型取消了层次模型的不能表示非树状结构的限制，两个或两个以上的结点都可以有多个双亲结点，则此有向树变成了有向图，该有向图描述了网状模型。

网状模型中以记录为数据的存储单位。记录包含若干数据项。网状数据库的数据项可以是多值的和复合的数据。每个记录有一个唯一标识它的内部标识符，称为码（DatabaseKey, DBK），它在一个记录存入数据库时由数据库管理系统（Database Management System, DBMS）自动赋予。DBK 可以看作记录的逻辑地址，可作记录的替身或用于寻找记录。网状数据库是导航式（Navigation）数据库，用户在操作数据库时不但说明要做什么，还要说明怎么做。例如在查找语句中不但要说明查找的对象，而且要规定存取路径。

3) 关系模型

关系模型是在关系结构的数据库中用二维表格的形式表示实体以及实体之间的联系的模型。关系模型是以集合论中的关系概念为基础发展起来的。关系模型中无论是实体还是实体间的联系均由单一的结构类型关系来表示。

关系模型的基本假定是所有数据都表示为数学上的关系，就是说 n 个集合的笛卡儿积的一个子集，有关这种数据的推理通过二值的谓词逻辑来进行，这意味着对每个命题都只有两种可

能的值：要么是真，要么是假。数据通过关系演算和关系代数的一种方式来操作。关系模型是采用二维表格结构表达实体类型及实体间联系的数据模型。

关系模型允许设计者通过数据库规范化的提炼，去建立一个信息的一致性的模型。访问计划和其他实现与操作细节由DBMS引擎来处理，而不应该反映在逻辑模型中。这与SQL DBMS普遍的实践是对立的，在它们那里性能调整经常需要改变逻辑模型。

基本的关系建造块是域或者叫数据类型。元组是属性的有序多重集（Multiset），属性是域和值的有序对。关系变量（Relvar）是域和名字的有序对（序偶）的集合，它充当关系的表头（Header）。关系是元组的集合。尽管这些关系概念是在数学上的定义的，它们可以宽松地映射到传统数据库概念上。表是关系公认的可视表示；元组类似于行的概念。

关系模型的基本原理是信息原理，即所有信息都表示为关系中的数据值。所以，关系变量在设计时是相互无关联的；反而，设计者在多个关系变量中使用相同的域，如果一个属性依赖于另一个属性，则通过参照完整性来强制这种依赖性。

3. 常用数据库类型

数据库根据存储方式可以分为关系型数据库（SQL）和非关系型数据库（Not Only SQL，NoSQL）。

1) 关系型数据库

网状数据库（以网状数据模型为基础建立的数据库）和层次数据库（采用层次模型作为数据组织方式的数据库）已经很好地解决了数据的集中和共享问题，但是在数据独立性和抽象级别上仍有很大欠缺。用户在对这两种数据库进行存取时，仍然需要明确数据的存储结构，指出存取路径。而后来出现的关系数据库较好地解决了这些问题。关系数据库系统采用关系模型作为数据的组织方式。关系数据库是在一个给定的应用领域中，所有实体及实体之间联系的集合。关系型数据库支持事务的ACID原则，即原子性（Atomicity）、一致性（Consistency）、隔离性（Isolation）、持久性（Durability），这四种原则保证在事务过程当中数据的正确性。

2) 非关系型数据库

非关系型数据库是分布式的、非关系型的、不保证遵循ACID原则的数据存储系统。NoSQL数据存储不需要固定的表结构，通常也不存在连接操作。在大数据存取上具备关系型数据库无法比拟的性能优势。

常见的非关系数据库分为：

- 键值数据库：类似传统语言中使用的哈希表。可以通过key来添加、查询或者删除数据库，因为使用key主键访问，会获得很高的性能及扩展性。Key/Value模型对于信息系统来说，其优势在于简单、易部署、高并发。
- 列存储（Column-oriented）数据库：将数据存储在列族中，一个列族存储经常被一起查询，比如人们经常会查询某个人的姓名和年龄，而不是薪资。这种情况下姓名和年龄会被放到一个列族中，薪资会被放到另一个列族中。这种数据库通常用来应对分布式存储海量数据。
- 面向文档（Document-Oriented）数据库：文档型数据库可以看作是键值数据库的升级

版，允许之间嵌套键值，而且文档型数据库比键值数据库的查询效率更高。面向文档数据库会将数据以文档形式存储。

- 图形数据库：允许人们将数据以图的方式存储。实体会作为顶点，而实体之间的关系则会作为边。比如有三个实体：Steve Jobs、Apple和Next，则会有两个Founded by的边将Apple和Next连接到Steve Jobs。

3) 不同存储方式数据库的优缺点

关系型数据库和非关系型数据库的优缺点，如表 2-3 所示。

表 2-3 常用存储数据库类型优缺点

数据库类型	特点类型	描述
关系型数据库	优点	<ul style="list-style-type: none"> ● 容易理解：二维表结构是非常贴近逻辑世界的一个概念，关系模型相对网状、层次等其他模型来说更容易理解 ● 使用方便：通用的SQL语言使得操作关系型数据库非常方便 ● 易于维护：丰富的完整性（实体完整性、参照完整性和用户定义的完整性）大大减低了数据冗余和数据不一致的概率
	缺点	<ul style="list-style-type: none"> ● 数据读写必须经过SQL解析，大量数据、高并发下读写性能不足（对于传统关系型数据库来说，硬盘I/O是一个很大的瓶颈） ● 具有固定的表结构，因此扩展困难 ● 多表的关联查询导致性能欠佳
非关系型数据库	优点	<ul style="list-style-type: none"> ● 高并发：大数据下读写能力较强（基于键值对的，可以想象成表中的主键和值的对应关系，且不需要经过SQL层的解析，所以性能非常高） ● 基本支持分布式：易于扩展，可伸缩（因为基于键值对，数据之间没有耦合性，所以非常容易水平扩展） ● 简单：弱结构化存储
	缺点	<ul style="list-style-type: none"> ● 事务支持较弱 ● 通用性差 ● 无完整约束，复杂业务场景支持较差

4. 数据仓库

传统的数据库系统中缺乏决策分析所需的大量历史数据信息，因为传统的数据库一般只保留当前或近期的数据信息。为了满足中高层管理人员预测、决策分析的需要，在传统数据库的基础上产生了能够满足预测、决策分析需要的数据环境——数据仓库。数据仓库相关的基础概念包括：

- 清洗/转换/加载（Extract/Transformation/Load, ETL）：用户从数据源抽取出所需的数据，经过数据清洗、转换，最终按照预先定义好的数据仓库模型，将数据加载到数据仓库中去。
- 元数据：关于数据的数据，指在数据仓库建设过程中所产生的有关数据源定义、目标定义、转换规则等关键数据。同时元数据还包含关于数据含义的商业信息。典型的元数据包括：数据仓库表的结构、数据仓库表的属性、数据仓库的源数据（记录系