

第1章 信息化发展

广义的信息技术可以追溯到 3500 ~ 5000 年前人类语言的形成和使用，信息技术持续经历了文字的创造、印刷术的发明、电脉冲和电磁的发现与应用、计算机技术发展、新一代信息技术应用等历程。可以看出，信息技术的发展历程，伴随着人类信息沉淀的丰富、信息传播高效以及信息应用的泛化，信息技术发展的价值侧重点由传播转型到知识沉淀，进而演进到以模拟和预测为主要特征的知识自动化应用。自 20 世纪 90 年代以来，电子信息技术不断创新，伴随着信息产业持续发展，信息网络广泛普及，信息化成为全球经济社会发展的显著特征，并逐步向一场全方位的社会变革演进。

进入 21 世纪，信息技术与经济社会发展深度融合，孕育了一系列的重大发展突破，互联网开辟了无限广阔的信息空间，成为信息传播和知识扩散的崭新的重要载体，加剧了各种文化、思想的相互交流和融合。近年来，随着以大数据、人工智能等为代表的新一代信息技术的高速发展和深化应用，数据成了继土地、劳动力、技术和资本后，经济与社会发展的新型生产要素，正在孕育和促进新一轮的科技革命和产业革命，成为经济社会高质量发展和人类命运共同体的重要驱动因素。

在新一代信息技术的推动下，人类社会正在加速进入全新发展时期，以智能化、网络化、数字化等为典型特征的新模式、新经济、新业态等正在加速形成，电子政务、消费互联网、工业互联网、智能制造和智慧城市等正在深刻影响人们的生产、消费和生活方式等。随着数据广泛链接和共享、数字孪生广泛建设，重新定义了信息空间的内涵，基于已发生的信息快照已经无法满足人们对美好生活的需求。对物理世界的模拟、未来的预测以及物理社会的优化，将成为新的核心关注点，个性化需求的高效满足成为发展的主要方向之一。

信息化继工业化后，正在催生一场新的人类社会革命，其影响更加广泛、变革更加深入，已经成为世界各国的关注焦点和共同选择：①信息化的发展水平代表一个国家的信息能力，信息产业成为国家核心竞争力的新战略高地，信息技术成为国家间竞争的核心聚焦；②数字经济、数字人才成为区域经济社会发展的重要支点，这不仅需要各类组织持续强化信息技术人才的业务能力建设，也需要更加关注业务技术人才的信息技术能力建设，从而形成立体化、多元化的新型人才体系；③作为数字化转型主体的计算机信息系统工程是一项复杂的社会和技术工程，无论是内容、规模、深度和广度，还是技术、工具、业务和流程，都在不断地发展和创新。

1.1 信息与信息化

信息是指音讯、消息、信息系统传输和处理的对象，泛指人类社会传播的一切内容。人通过获得、识别自然界和社会的不同信息来区别不同事物，得以认识和改造世界。在一切通信和控制系统中，信息是一种普遍联系的形式。信息化是指在国家宏观信息政策指导下，通过信息技术开发、信息产业的发展、信息人才的配置，最大限度地利用信息资源以满足全社会的信息



需求，从而加速社会各个领域的共同发展以推进信息社会发展的过程。

1.1.1 信息

信息（Information）是物质、能量及其属性的标示的集合，是确定性的增加。它以物质介质为载体，传递和反映世界各种事物存在方式、运动状态等的表征。信息不是物质，也不是能力，它以一种普遍形式，表达物质运动规律，在客观世界中大量存在、产生和传递。

1. 信息的定义

1948年，数学家香农（Claude E. Shannon）在题为《通信的数学理论》的论文中指出：“信息是用来消除随机不定性的东西”。创建一切宇宙万物的最基本单位是信息。香农还给出了信息的定量描述，并确定了信息量的单位为比特（bit）。1比特的信息量，在变异度为2的最简单情况下，就是能消除非此即彼的不确定性所需要的信息量。这里的“变异度”是指事物的变化状态空间为2，例如大和小、高和低、快和慢等。

同时，香农将热力学中的熵引入了信息论。在热力学中，熵是系统无序程度的度量，而信息与熵正好相反，信息是系统有序程度的度量，表现为负熵，计算公式如下：

$$H = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i)$$

式中， x_i 代表 n 个状态中的第 i 个状态； $P(x_i)$ 代表出现第 i 个状态的概率； H 代表用以消除系统不确定性所需的信息量，即以比特为单位的负熵。

信息的目的是用来“消除不确定的因素”。信息由意义和符号组成，指以声音、语言、文字、图像、动画、气味等方式所表示的实际内容。信息是抽象于物质的映射集合。

2. 信息的特征与质量

香农关于信息的定义揭示了信息的本质，同时，人们通过深入研究，发现信息还具有很多其他的特征，主要包括客观性、普遍性、无限性、动态性、相对性、依附性、变换性、传递性、层次性、系统性和转化性等。

获取信息可以满足人们消除不确定性的需求，因此信息具有价值，而价值的大小决定于信息的质量，这就要求信息满足一定的质量属性，主要包括精确性、完整性、可靠性、及时性、经济性、可验证性和安全性等。应用的场合不同，信息的侧重面也不一样。例如，对于金融信息而言，其最重要的特性是安全性；而对于经济与社会信息而言，其最重要的特性是及时性。

1.1.2 信息系统

信息系统是由相互联系、相互依赖、相互作用的事物或过程组成的具有整体功能和综合行为的统一体。在经济与社会活动中，经常使用“系统”的概念，例如，经济领域中的业务系统和金融系统，自然界中的水利系统和生态系统等。从数学角度来看，系统是一个集合，是由许多相互作用、相互依存的事物（集合元素）为了达到某个目标组成的集合。

1. 信息系统及其特性

简单地说, 信息系统就是通过输入数据, 然后进行加工处理, 最后产生信息的系统。面向管理和支持生产是信息系统的显著特点, 以计算机为基础的信息系统可以定义为: 结合管理理论和方法, 应用信息技术解决管理问题, 提高生产效率, 为生产或信息化过程以及管理和决策提供支撑的系统。信息系统是管理模型、信息处理模型和系统实现条件的结合, 其抽象模型如图 1-1 所示。

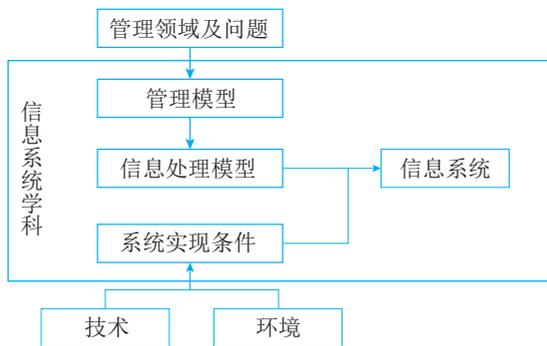


图 1-1 信息系统抽象模型

管理模型是指系统服务对象领域的专门知识, 以及分析和处理该领域问题的模型, 又称为对象的处理模型; 信息处理模型指系统处理信息的结构和方法。管理模型中的理论和分析方法, 在信息处理模型中转化为信息获取、存储、传输、加工和使用的规则; 系统实现条件指可供应用的计算机技术和通信技术、从事对象领域工作的人员, 以及对这些资源的控制与融合。

信息系统的组成部件包括硬件、软件、数据库、网络、存储设备、感知设备、外设、人员以及把数据处理成信息的规程等。从用途类型来划分, 信息系统一般包括电子商务系统、事务处理系统、管理信息系统、生产制造系统、电子政务系统、决策支持系统等。

2. 信息系统生命周期

信息系统是面向现实世界人类生产、生活中的具体应用, 是为了提高人类活动的质量、效率而存在的。信息系统的目的、性能、内部结构和秩序、外部接口、部件组成等由人来规划, 它的产生、建设、运行和完善构成一个循环的过程, 这个过程遵循一定的规律。另外, 信息系统建设周期长、投资大、风险大, 比一般技术工程有更大的难度和复杂性, 其在使用过程中, 随着生存环境的变化, 需要不断维护和修改, 当它不再适应的时候就要被淘汰, 由新系统代替老系统。为了工程化的需要, 有必要把这些过程划分为具有典型特点的阶段, 每个阶段有不同的目标、工作方法, 阶段中的任务也由不同类型的人员来负责。这个过程称为信息系统的生命周期。

软件在信息系统中属于较复杂的部件, 可以借用软件的生命周期来表示信息系统的生命周期。软件的生命周期通常包括: 可行性分析与项目开发计划、需求分析、概要设计、详细设计、编码、测试、维护等阶段。

信息系统的生命周期可以简化为：系统规划（可行性分析与项目开发计划），系统分析（需求分析），系统设计（概要设计、详细设计），系统实施（编码、测试），系统运行和维护等阶段，如图 1-2 所示。

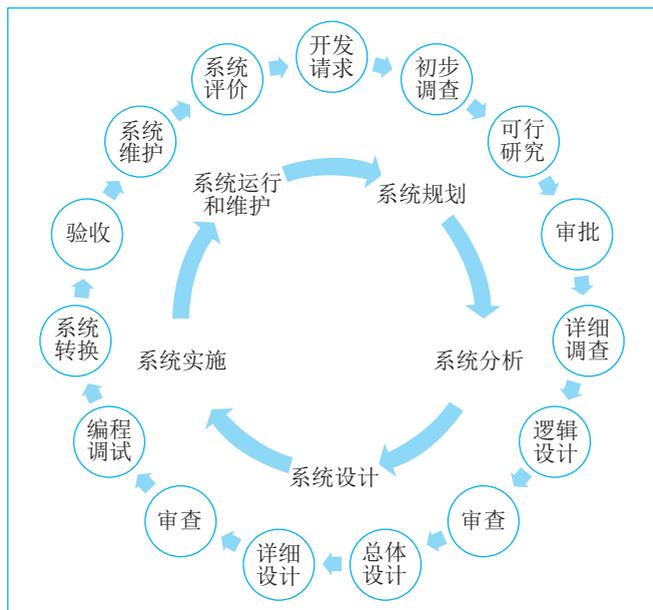


图 1-2 信息系统的生命周期示意图

1.1.3 信息化

信息化是一个过程，与工业化、现代化一样，是一个动态变化的过程。信息化是指培养、发展以计算机为主的智能化工具为代表的新的生产力，并使之造福于社会的历史过程。与智能化工具相适应的生产力，称为信息化生产力。信息化是以现代通信、网络、数据库技术为基础，将所研究对象各要素汇总至数据库，供特定人群生活、工作、学习、辅助决策等，是和人类息息相关的各种行为相结合的一种技术。使用该技术后，可以极大地提高行为的效率，并且可以降低成本，为推动人类社会进步提供技术支持。

1. 信息化内涵

信息化在不同的语境中有不同的含义。信息化用作名词时，通常指信息技术应用，特别是促成应用对象或领域（比如政府、企业或社会）发生转变的过程。例如，“企业信息化”不仅指在企业中应用信息技术，更重要的是通过深入应用信息技术，促进企业的业务模式、组织架构乃至经营战略发生革新或转变。信息化用作形容词时，常指对象或领域因信息技术的深入应用所达成的新形态或状态。例如，“信息化社会”指信息技术应用到一定程度后达成的社会形态，它只有充分应用信息技术才能达成。综上所述，信息化是推动经济社会发展转型的一个历史性过程。在这个过程中，综合利用各种信息技术，支撑改善人类的各项政治、经济、社会活动，

并把贯穿于这些活动中的各种数据有效、可靠地进行管理，经过符合业务需求的数据处理，形成信息资源，通过信息资源的整合与融合，促进信息交流和知识共享，形成新的经济和社会形态，推动各方面的高质量发展。

信息化的核心是要通过全体社会成员共同努力，在经济和社会各个领域充分应用基于信息技术的先进社会生产工具（表现为各种信息系统或软硬件产品），提高信息时代的社会生产力，并推动生产关系和上层建筑的改革（表现为法律、法规、制度、规范、标准、组织结构等），使国家的综合实力、社会的文明程度和人民的生活质量全面提升。信息化内涵主要包括：

- 信息网络体系：包括信息资源、各种信息系统、公用通信网络平台等。
- 信息产业基础：包括信息科学技术研究与开发、信息装备制造、信息咨询服务等。
- 社会运行环境：包括现代工农业、管理体制、政策法律、规章制度、文化教育、道德观念等生产关系与上层建筑。
- 效用积累过程：包括劳动者素质、国家现代化水平和人民生活质量的不断提高，精神文明和物质文明建设不断进步等。

2. 信息化体系

信息化代表了一种信息技术被高度应用，信息资源被高度共享，从而使得人的智能潜力以及社会物质资源潜力被充分发挥，个人行为、组织决策和社会运行趋于合理化的理想状态。1997年召开的首届全国信息化工作会议，对信息化和国家信息化定义为：“信息化是指培育、发展以智能化工具为代表的新的生产力并使之造福于社会的历史过程。国家信息化就是在国家统一规划和组织下，在农业、工业、科学技术、国防及社会生活各个方面应用信息技术，深入开发并广泛利用信息资源，加速实现国家现代化进程。”国家信息化体系包括信息技术应用、信息资源、信息网络、信息技术和产业、信息化人才、信息化政策法规和标准规范6个要素，这6个要素的关系构成了一个有机的整体，如图1-3所示。

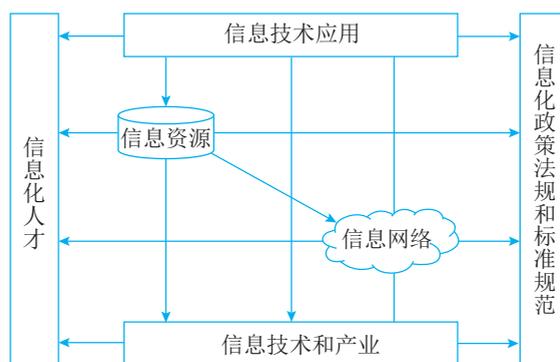


图 1-3 国家信息化体系

3. 信息化趋势

信息化是信息产业发展与信息技术在经济与社会各方面扩散基础上，不断运用信息技术改



造传统的经济、社会结构，通往如前所述的理想状态的一段持续的过程。随着数字化、网络化、智能化持续深化，信息化成为重塑国家竞争优势的重要力量。信息化跟各行业、领域、业务现代化在更广范围、更深程度、更高水平上实现融合发展，新一代信息技术向组织各领域加速渗透，促进组织数字化转型步伐加快，并驱动经济与社会的高质量发展。

1) 组织信息化趋势

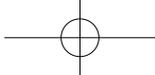
各行业领域组织的信息化是国家经济与社会信息化的基础，指组织在产品的设计、开发、生产、管理、经营等多个环节中广泛利用信息技术，并大力培养信息人才，完善信息服务，加快建设组织信息系统。组织的信息化建设体现了组织在通信、网站、电子商务方面的投入情况，在客户和服务对象资源管理、质量管理体系方面的建设成就等。信息化建设日渐成为组织影响力、生产、销售、服务等各环节的核心支撑，并随着信息技术在组织中应用的不断深入，其价值显得越来越重要，未来甚至许多组织必须依托信息化建设才能生存。

组织信息化除驱动和加速组织转型升级和生产力建设外，还呈现出产品信息化、产业信息化、社会生活信息化和国民经济信息化等趋势和方向。产品信息化包含两层含义：①产品中各类信息比重日益增大、物质比重日益降低，其物质产品的特征向信息产品的特征迈进；②越来越多的产品中嵌入了智能化元器件，使产品具有越来越强的信息处理功能。产业信息化指农业、工业、服务业等传统产业广泛利用信息技术，大力开发和利用信息资源，建立各种类型的产业互联网平台和网络，实现行业内各种资源、要素的优化与重组，从而实现产业的升级。社会生活信息化指包括市场、科技、教育、军事、政务、日常生活等在内的整个社会体系采用先进的信息技术，建立各种互联网平台和网络，大力拓展人们日常生活的信息内容，丰富人们的精神生活，拓展人们的活动时空等。国民经济信息化指在经济大系统内实现统一的信息大流动，使金融、贸易、投资、计划、营销等组成一个信息大系统，生产、流通、分配、消费等经济的四个环节通过信息进一步连成一个整体。国民经济信息化是世界各国急需实现的目标。

2) 国家信息化趋势

党中央、国务院一直高度重视信息化工作。2016年8月中共中央办公厅、国务院办公厅颁布的《国家信息化发展战略纲要》强调国家信息化发展战略总目标是建设网络强国，分“三步走”：第一步到2020年，核心关键技术部分领域达到国际先进水平，信息产业国际竞争力大幅提升，信息化成为驱动现代化建设的先导力量；第二步到2025年，建成国际领先的移动通信网络，根本改变核心技术受制于人的局面，实现技术先进、产业发达、应用领先、网络安全坚不可摧的战略目标，涌现一批具有强大国际竞争力的大型跨国网信企业；第三步到21世纪中叶，信息化全面支撑富强民主文明和谐的社会主义现代化国家建设，网络强国地位日益巩固，在引领全球信息化发展方面有更大作为。当前，我国全面部署了“构建产业数字化转型发展体系”重大任务，明确我国信息化进入加快数字化发展、建设数字中国的新阶段。

《“十四五”国家信息化规划》明确了：建设泛在智联的数字基础设施体系，建立高效利用的数据要素资源体系，构建释放数字生产力的创新发展体系，培育先进安全的数字产业体系，构建产业数字化转型发展体系，构筑共建共治共享的数字社会治理体系，打造协同高效的数字政府服务体系，构建普惠便捷的数字民生保障体系，拓展互利共赢的数字领域国际合作体系和



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新兴产业。

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）是指计算机系统上的程序及其文档，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，交换机只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。

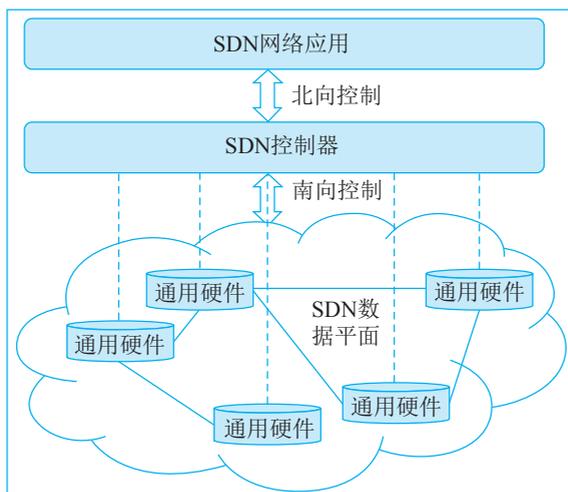


图 2-1 SDN 体系架构图

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

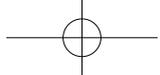
第五代移动通信技术（5th Generation Mobile Communication Technology, 5G）是具有高速率、低时延和大连接特点的新一代移动通信技术。

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



第3章 信息系统治理

信息系统治理（IT 治理）是组织开展信息技术及其应用活动的重要管控手段，也是组织治理的重要组成部分，尤其在以数字化发展为重要关注点的新时代，组织的数字化转型和组织建设过程中，IT 治理起到重要的统筹、评估、指导和监督作用。信息技术审计（IT 审计）作为与 IT 治理配套的组织管控手段，是 IT 治理不可或缺的评估和监督工具，重点承担着组织信息系统发展的合规性检测以及信息技术风险的管控等职能。

3.1 IT 治理

新时代的信息技术与各领域发展进入到了深度融合的发展新阶段，成为各类组织实现治理体系与能力现代化，构建敏捷运行管理体系，打造高质量的生产与服务系统，洞察社会与市场变化等高质量发展的必要过程。组织如何从其信息系统投资中获得真正的价值；如何将信息技术战略与组织战略相融合；如何从组织治理的高度，对组织数字化能力做出制度安排；如何从战略投资、组织管理变革的角度，降低 IT 的风险；如何利用国内外信息技术开发利用的最佳实践和重要成果，加快组织的信息化、数字化工作推进等。这些都是 IT 治理所关注的问题。

3.1.1 IT治理基础

IT 治理是描述组织采用有效的机制对信息技术和数据资源开发利用，平衡信息化发展和数字化转型过程中的风险，确保实现组织的战略目标的过程。

1. IT 治理的驱动因素

组织信息系统建设和运行需要制订总体规划，但制订 IT 资源统一规划存在很多问题：①信息系统应用已有相当的基础，但多年来分散开发或引进的信息系统，形成了许多“信息孤岛”，缺乏共享的、网络化的信息资源，系统集成难题一直无法解决；②信息资源整合目标空泛，没有整合“信息孤岛”的措施，数据中心建设和数据集中管理等规划缺乏可操作性，尤其是缺少数据标准化建设方面的建设规划。这些问题的出现，表明组织在 IT 资源方面没有做到有效统一规划，如何解决这些问题成为了组织发展的一个重要课题。

IT 资产作为组织资产的重要组成部分，IT 治理自然就是组织治理结构中不可分割的一部分。IT 治理是指组织在开发利用信息技术过程中，为鼓励组织所期望的组织行为而明确决策权归属和责任担当的框架，其目标是通过 IT 治理的决策权和责任影响组织所期望的组织行为。随着新时代的发展，数字特征成为组织发展的一项关键特征，组织的高质量发展对 IT 的依赖越来越强，IT 治理对组织愈发重要，为确保 IT 治理的有效，组织高层管理者需要投入越来越多的时间和精力。

随着组织在 IT 方面的投资越来越大，组织的 IT 战略要与组织战略相一致，才能确保组织核心竞争力的建设与保持；要尽可能地保持开放性和长远性，以确保系统的稳定性和延续性；

要认真分析组织的战略与 IT 支撑之间的影响度，并合理预测环境变化可能给组织战略带来的偏移，在规划时留有适当的余地。组织目标变化太快，很难保证 IT 与组织目标始终保持一致，因此需要多方面的协调，保证 IT 治理继续沿着正确的方向走，这也是 IT 投资者真正关心的问题。IT 治理要从组织目标和数字战略中抽取信息需求和功能需求，形成总体的 IT 治理框架和系统整体模型，为进一步系统设计和实施奠定基础，保证信息技术开发应用符合持续变化的业务目标。

高质量的 IT 治理能够使组织的 IT 管理和应用决策与组织期望的行为和业务目标相一致，这就需要组织 IT 治理机构对组织 IT 发展进行科学规划并确保其有效实施。驱动组织开展高质量 IT 治理因素包括：①良好的 IT 治理能够确保组织 IT 投资有效性；② IT 属于知识高度密集型领域，其价值发挥的弹性较大；③ IT 已经融入组织管理、运行、生产和交付等各领域，成为各领域高质量发展的重要基础；④信息技术的发展演进以及新兴信息技术的引入，可为组织提供大量新的发展空间和业务机会等；⑤ IT 治理能够推动组织充分理解 IT 价值，从而促进 IT 价值挖掘和融合利用；⑥ IT 价值不仅仅取决于好的技术，也需要良好的价值管理，场景化的业务融合应用；⑦高级管理层的管理幅度有限，无法深入到 IT 每项管理当中，需要采用明确责权利和清晰管理去确保 IT 价值；⑧成熟度较高的组织以不同的方式治理 IT，获得了领域或行业领先的业务发展效果。

IT 治理的内涵主要体现在 5 个方面：① IT 治理作为组织上层管理的一个有机组成部分，由组织治理层或高级管理层负责，从组织全局的高度上对组织信息化与数字化转型做出制度安排，体现了治理层和最高管理层对信息相关活动的关注；② IT 治理强调数字目标与组织战略目标保持一致，通过对 IT 的综合开发利用，为组织战略规划提供技术或控制方面的支持，以保证相关建设能够真正落实并贯彻组织业务战略和目标；③ IT 治理保护利益相关者的权益，对风险进行有效管理，合理利用 IT 资源，平衡成本和收益，确保信息系统应用有效、及时地满足需求，并获得期望的收益，增强组织的核心竞争力；④ IT 治理是一种制度和机制，主要涉及管理和制衡信息系统与业务战略匹配、信息系统建设投资、信息系统安全和信息系统绩效评价等方面的内容；⑤ IT 治理的组成部分包括管理层、组织结构、制度、流程、人员、技术等多个方面，共同构建完善的 IT 治理架构，达到数字战略和支持组织的目标。

2. IT 治理的目标价值

组织治理驱动和调整 IT 治理。同时，IT 治理能够提供关键的输入，成为战略计划的一个重要组成部分，是组织治理的一个重要功能。IT 治理将帮助组织建立以组织战略为导向、以实现 IT 与业务匹配为重心、以价值交付为成果、以绩效管理为控制手段的 IT 管理体制，正确定位 IT 团队在整个组织的作用，最终能够针对不同业务发展要求，统一规划 IT 资源、整合信息资源、有效规避风险、制定并执行组织发展战略。IT 治理就是要明确有关 IT 决策权的归属机制和有关 IT 责任的承担机制，以鼓励 IT 应用的期望行为的产生，以联接战略目标、业务目标和 IT 目标，从而使组织从 IT 中获得最大的价值。组织实施 IT 治理的使命通常包括：保持 IT 与业务目标一致，推动业务发展，促使收益最大化，合理利用 IT 资源，恰当理清与 IT 相关的风险等。

IT 治理主要目标包括：与业务目标一致、有效利用信息与数据资源、风险管理。

(1) 与业务目标一致。IT 治理要从组织目标和数字战略中抽取信息与数据需求和功能需求，形成总体的 IT 治理框架和系统整体模型，为进一步系统设计和实施奠定基础，保证信息技术开

发利用跟上持续变化的业务目标。

(2) 有效利用信息与数据资源。目前信息系统工程超期、IT 客户的需求没有满足、IT 平台不支持业务应用、数据开发利用效能与价值不高、信息技术与业务发展融合深度不够等问题突出,通过 IT 治理对信息与数据资源的管理职责进行有效管理,保证投资的回收,并支持决策。

(3) 风险管理。由于组织越来越依赖于信息网络、信息系统和数据资源等,新的风险不断涌现,例如,新出现的技术没有管理,不符合现有法律和规章制度,没有识别对 IT 服务的威胁等。IT 治理重视风险管理,通过制定信息与数据资源的保护级别,强调对关键的信息与数据资源,实施有效监控和事件处理。

3. IT 治理的管理层次

IT 治理要保证总体战略目标能够从上而下贯彻执行,治理层主要集中在最高管理层(如董事会)和管理执行层。然而,由于 IT 治理的复杂性和专业性,治理层必须依赖组织的基层来提供决策和评估所需要的信息。基层依据组织总体目标采用相关的原则,提供评估业绩的衡量方法。因此,好的 IT 治理实践需要在组织全部范围内推行。管理层次大致可分为三层:最高管理层、执行管理层、业务与服务执行层。

最高管理层的主要职责包括:证实 IT 战略与业务战略是否一致;证实通过明确的期望和衡量手段交付 IT 价值;指导 IT 战略、平衡支持组织当前和未来发展的投资;指导信息和数据资源的分配。执行管理层的主要职责包括:制定 IT 的目标;分析新技术的机遇和风险;建设关键过程与核心竞争力;分配责任、定义规程、衡量业绩;管理风险和获得可靠保证等。业务及服务执行层的主要职责包括:信息和数据服务的提供和支持;IT 基础设施的建设和维护;IT 需求的提出和响应。

3.1.2 IT 治理体系

IT 治理用于描述组织在信息化建设和数字化转型过程中是否采用有效的机制使得信息技术开发利用能够完成组织赋予它的使命。IT 治理的核心是关注 IT 定位和信息化建设与数字化转型的责权利划分,如图 3-1 所示。IT 治理体系的具体构成包括 IT 定位:IT 应用的期望行为与业务目标一致;IT 治理架构:业务和 IT 在治理委员会中的构成、组织 IT 与各分支机构的 IT 权责边界等;IT 治理内容:投资、风险、绩效、标准和规范等;IT 治理流程:统筹、评估、指导、监督;IT 治理效果(内外评价)等。

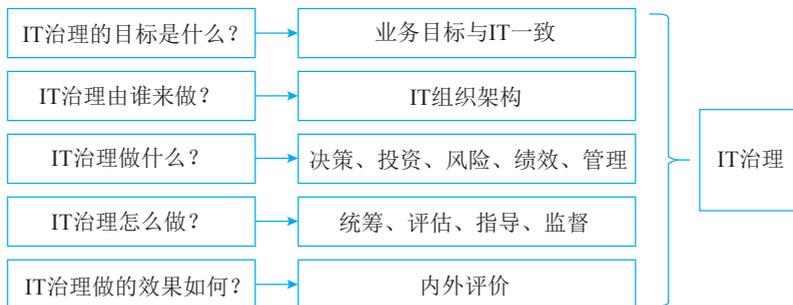


图 3-1 IT 治理体系的构成

1. IT 治理关键决策

有效的 IT 治理必须关注五项关键决策，如图 3-2 所示，包括 IT 原则、IT 架构、IT 基础设施、业务应用需求、IT 投资和优先顺序。IT 原则驱动着 IT 整体架构的形成，而 IT 整体架构又决定了基础设施，这种基础设施所确定的能力又决定着基于业务需求应用的构建，最后，IT 投资和优先顺序必须为 IT 原则、整体架构、基础设施和应用需求所驱动。然而，这些决策中又有独特问题，即 IT 治理需要确定每个决策由谁来负责输入，以及由谁来负责做出决策。

IT原则的决策		组织高层关于如何使用IT的陈述	
IT架构的决策 组织从一系列政策、关系以及技术选择中捕获的数据、应用和基础设施的逻辑，以达到预期和商业、技术的标准化和一体化	业务应用需求决策 为购买或内部开发IT应用确定业务需求	IT投资和优先顺序决策 关于应该在IT的哪些方面投资以及投资多少的决策，包括项目的审批和论证技术	
	IT基础设施决策 集中协调、共享IT服务可以给组织的IT能力提供基础		

图 3-2 关键的 IT 治理决策

IT 决策过程中，需要关注各类关键问题，如图表 3-1 所示。

表 3-1 IT 决策的关键问题

关键决策	关键问题
IT 原则	组织的运行模型是什么？ IT 在业务中的角色是什么？ IT 期望行为是什么？ 如何投资 IT
IT 架构	组织的核心业务流程是什么？ 它们之间有什么样的关系？ 哪些信息在驱动着这些核心流程？ 数据必须如何整合？ 哪些技术性能应当在组织范围内得到标准化，以支持 IT 效率，方便流程标准化和整合？ 哪些行为应当在组织范围内标准化以支持数据整合？ 哪些技术选择能够指引组织 IT 新计划的方法
IT 基础设施	哪些基础设施对实现组织的战略目标来说是最关键的？ 对于每个能力集，哪些基础设施服务应该在组织级实现，这些服务的水平需求是什么？ 应当如何定价基础设施服务？ 如何保持基础技术的不断更新？ 哪些基础设施服务应当外包
业务应用需求	新业务应用的市场和业务流程机会是什么？ 如何设计实验以评估业务应用成功与否？ 如何在架构标准上满足业务需求？ 应当在什么时候将一个业务需求从例外转换为标准？ 谁拥有每个项目的成果并且发起组织变革以确保其价值
IT 投资和优先顺序	哪些流程变革或者强化对组织来说在战略上是最为重要的？ 当前的以及在提议中的 IT 投资组合是如何分配的？ 这些投资组合同组织的战略目标一致吗？ 组织级的投资相对于业务单位的投资哪个更重要？ 实际投资情况会影响它们的相对重要性吗

2. IT 治理体系框架

IT 治理体系框架是实现组织 IT 治理的有效保障，缺乏良好的 IT 治理体系框架，IT 治理的过程将会变得盲目和无序。IT 治理体系框架以组织的战略目标为导向，架起了组织战略与 IT 的

桥梁，实现了 IT 风险的全面管理以及 IT 资源的合理利用。IT 治理体系框架具体包括：IT 战略目标、IT 治理组织、IT 治理机制、IT 治理域、IT 治理标准和 IT 绩效目标等部分，形成一整套 IT 治理运行闭环，如图 3-3 所示。

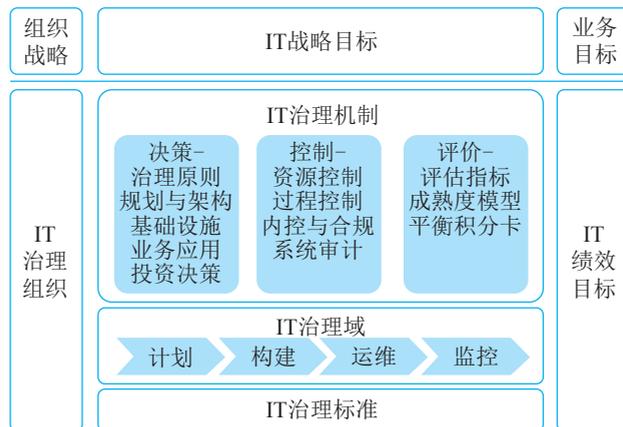


图 3-3 IT 治理体系框架

(1) IT 战略目标。IT 战略目标是指为实现 IT 价值和目标，使组织从 IT 投入中获得最大收益，而针对 IT 与业务关系、IT 决策、IT 资源利用、IT 风险控制等方面制定的目标。

(2) IT 治理组织。IT 治理组织是界定组织中各相关主体在各自方面的治理范围、责权利及其相互关系的准则，它的核心是治理机构（如 IT 治理委员会等）的设置和权限的划分。各治理机构职权的分配以及各机构间的相互协调，它的强弱直接影响到治理的效率和效能，对 IT 治理效率起着决定性的作用。

(3) IT 治理机制。IT 治理机制是 IT 治理决策机制、执行机制、风险控制机制、协调机制的综合体，各机制之间是相辅相成、相互促进的关系。有效的决策机制能保障 IT 决策与组织的业绩目标和战略目标相匹配；有效的执行机制能保证 IT 治理的良好运作，有效的风险控制机制能降低 IT 活动的风险，实现信息技术开发利用的价值效益；有效的协调机制能有力地发挥 IT 治理的协调效应。

(4) IT 治理域。IT 治理域是在 IT 治理的规则之下，对组织的 IT 资源进行整合与配置，根据 IT 目标所采取的行动。以科学、规范的做法交付面向业务的高质量 IT 服务，确保信息化“高效做事情”、数字化“敏捷的决策”。IT 治理域内容包括 IT 信息系统的计划、构建、运维与监控等。

(5) IT 治理标准。IT 治理标准包括 IT 治理基本规范、IT 治理实施参照、IT 治理评价体系和 IT 治理审计方法等方面，作为组织实施 IT 治理最佳实践和对标依据。

(6) IT 绩效目标。IT 绩效目标关注 IT 价值的实现，评价 IT 规划与 IT 构建过程中是否满足业务需求以及构建过程中的工期、成本、质量是否达到目标。

3. IT 治理核心内容

IT 治理本质上关心：①实现 IT 的业务价值；② IT 风险的规避。前者是通过 IT 与业务战略

并鼓励双向沟通可营造有效变革的环境，让变革更容易被采用和接受。

项目团队成员和项目经理需要和干系人共同合作，解决抵制变革等相关的问题，提高客户成功采纳或接受变革的可能性。提倡在项目早期开始，进行沟通与变革相关的愿景和目标，争取各方对变革的认同。在整个项目期间，向组织内所有层级的人员说明变革的收益和变更对工作过程的影响。

同时，项目团队成员和项目经理需要掌握变革的节奏，试图在太短的时间内进行过多的变革，会因变革饱和而受到抵制。为了加强变革效果、促进收益，项目团队成员和项目经理还需要在变革实施后开展一些活动，强化变革效果，避免再次回到变革前的初始状态。认识并解决干系人在整个项目生命周期内接受变革的需要，有助于将变革整合到项目工作中，促进项目的成功。

6.4.2 项目生命周期和项目阶段

1. 项目生命周期和项目阶段

项目生命周期指项目从启动到完成所经历的一系列阶段，这些阶段之间的关系可以顺序、迭代或交叠进行。它为项目管理提供了一个基本框架。项目生命周期适用于任何类型的项目。项目的规模和复杂性各不相同，但不论其大小繁简，所有项目都呈现包含启动项目、组织与准备、执行项目工作和结束项目 4 个项目阶段的通用的生命周期结构，如图 6-6 所示。

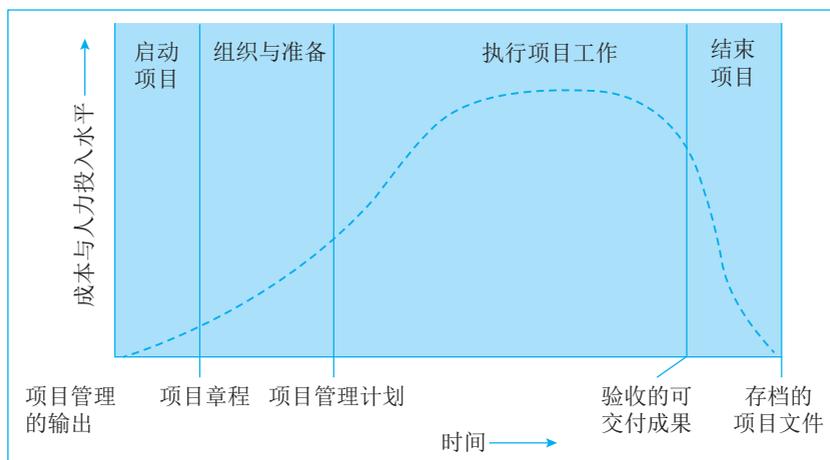


图 6-6 通用项目生命周期结构中典型的成本与人力投入水平

通用的生命周期结构具有的特征：①成本与人力投入在开始时较低，在工作执行期间达到最高，并在项目快要结束时迅速回落。这种典型的走势，如图 6-6 所示。②风险与不确定性在项目开始时最大，并在项目的整个生命周期中随着决策的制定与可交付成果的验收而逐步降低；做出变更和纠正错误的成本，随着项目越来越接近完成而显著增高，如图 6-7 所示。

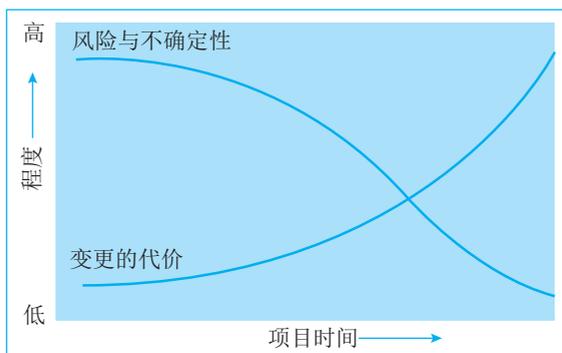


图 6-7 项目风险与不确定性随时间的变化趋势

上述特征在几乎所有项目生命周期中都存在，但是程度有所不同。

在通用生命周期结构的指导下，项目经理可以确定需要对哪些可交付成果施加更为有力的控制，或者哪些可交付成果完成之后才能完全确定项目范围。大型复杂项目尤其需要这种特别的控制。在这种情况下，项目经理需要将项目工作正式分解为若干阶段并根据项目特点采取合适的方法进行控制。

2. 项目生命周期类型

在项目生命周期内的一个或多个阶段通常会对产品、服务或成果进行开发，开发生命周期可分为预测型（计划驱动型）、迭代型、增量型、适应型（敏捷型）和混合型多种类型，采用不同的开发生命周期的项目会呈现出不同的项目生命周期的特点。

(1) 预测型生命周期。采用预测型开发方法的生命周期适用于已经充分了解并明确确定需求的项目，又称为瀑布型生命周期。预测型生命周期在生命周期的早期阶段确定项目范围、时间和成本，对任何范围的变更都要进行严格管理，每个阶段只进行一次，每个阶段都侧重于某一特定类型的工作，如图 6-8 所示。

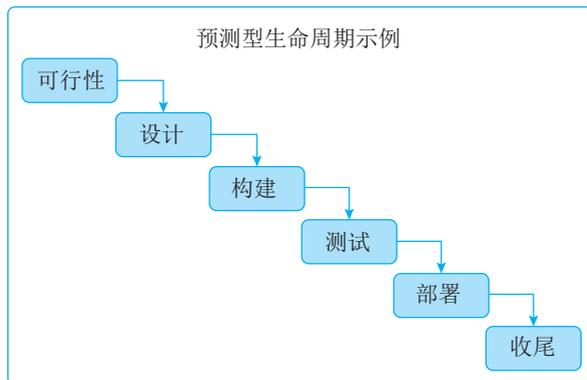


图 6-8 预测型生命周期

高度预测型项目范围变更很少，干系人之间有高度共识。这类项目会受益于前期的详细规划，但有些情况（如增加范围、需求变化或市场变化）会导致某些阶段重复进行。

(2) 迭代型生命周期。采用迭代型生命周期的项目范围通常在项目生命周期的早期确定，但时间及成本会随着项目团队对产品理解的不断深入而定期修改，如图 6-9 所示。

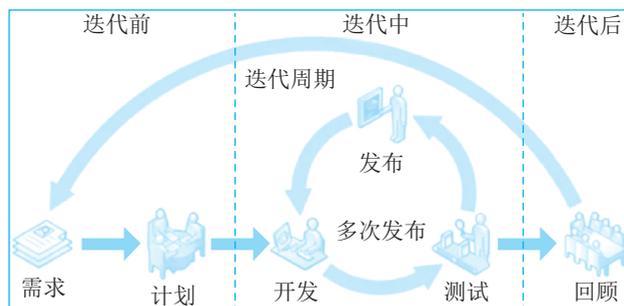


图 6-9 迭代型生命周期

(3) 增量型生命周期。采用增量型生命周期的项目通过在预定的时间区间内渐进增加产品功能的一系列迭代来产出可交付成果。只有在最后一次迭代之后，可交付成果具有了必要和足够的功能，才能被视为完整的，如图 6-10 所示。

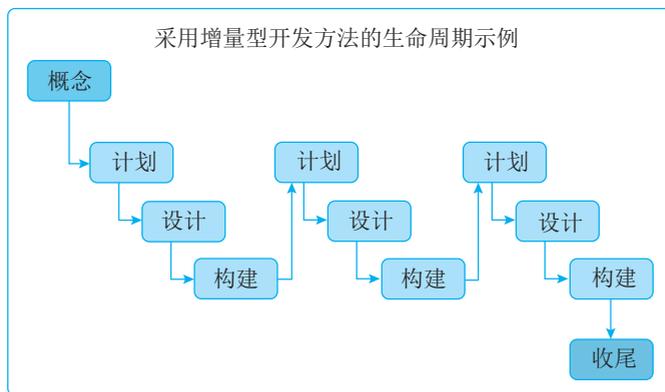


图 6-10 增量型生命周期

迭代方法和增量方法的区别：迭代方法是通过一系列重复的循环活动来开发产品，而增量方法是渐进地增加产品的功能。

(4) 适应型生命周期。采用适应型开发方法的项目又称敏捷型或变更驱动型项目，适合于需求不确定，不断发展变化的项目。在每次迭代前，项目和产品愿景的范围被明确定义和批准，每次迭代（又称“冲刺”）结束时，客户会对具有功能性的可交付物进行审查。审查时关键干系人会提供反馈，项目团队会更新项目待办事项列表，以确定下一次迭代中特性和功能的优先级，如图 6-11 所示。适应型项目生命周期的特点是先基于初始需求制定一套高层级计划，再逐渐把需求细化到适合特定规划周期所需的详细程度。

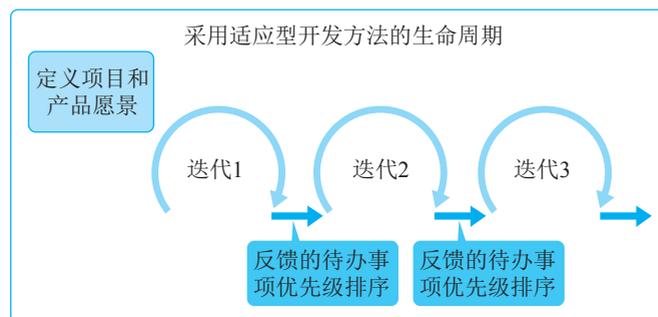


图 6-11 适应型生命周期

(5) 混合型生命周期。混合型生命周期是预测型生命周期和适应型生命周期的组合。

项目生命周期具有复杂性和多维性。特定项目的不同阶段往往采用不同的生命周期，项目管理团队需要确定项目及其不同阶段最适合的生命周期。各生命周期的联系与区别如表 6-6 所示。开发生命周期需要足够灵活，才能够应对项目包含的各种因素。

表 6-6 各生命周期之间的联系与区别

预测型	迭代型与增量型	适应型
需求在开发前预先确定	需求在交付期间定期细化	需求在交付期间频繁细化
针对最终可交付成果制订交付计划，然后在项目结束时一次交付最终产品	分次交付整体项目或产品的各个子集	频繁交付对客户有价值的各个子集
尽量限制变更	定期把变更融入项目	在交付期间实时把变更融入项目
关键干系人在特定里程碑点参与	关键干系人定期参与	关键干系人持续参与
通过对基本已知的情况编制详细计划来控制风险和成本	通过用新信息逐渐细化计划来控制风险和成本	随着需求和制约因素的显现而控制风险和成本

6.4.3 项目管理过程组

项目管理过程组是为了达成项目的特定目标，对项目管理过程进行的逻辑上的分组。项目管理过程组不同于项目阶段：①项目管理过程组是为了管理项目，针对项目管理过程进行逻辑上的划分；②项目阶段是项目从开始到结束所经历的一系列阶段，是一组具有逻辑关系的项目活动的集合，通常以一个或多个可交付成果的完成为结束标志。

项目管理过程可分为以下五个项目管理过程组：

- 启动过程组：定义了新项目或现有项目的新阶段，启动过程组授权一个项目或阶段的开始。
- 规划过程组：明确项目范围、优化目标，并为实现目标制订行动计划。
- 执行过程组：完成项目管理计划中确定的工作，以满足项目要求。
- 监控过程组：跟踪、审查和调整项目进展与绩效，识别变更并启动相应的变更。
- 收尾过程组：正式完成或结束项目、阶段或合同。

一个过程组的输出通常成为另一个过程组的输入，或者成为项目或项目阶段的可交付成果。例如，需要把规划过程组编制的项目管理计划和项目文件（如风险登记册、责任分配矩阵等）及其更新，提供给执行过程组作为输入。各过程组在项目或阶段期间的重叠关系如图 6-12 所示。

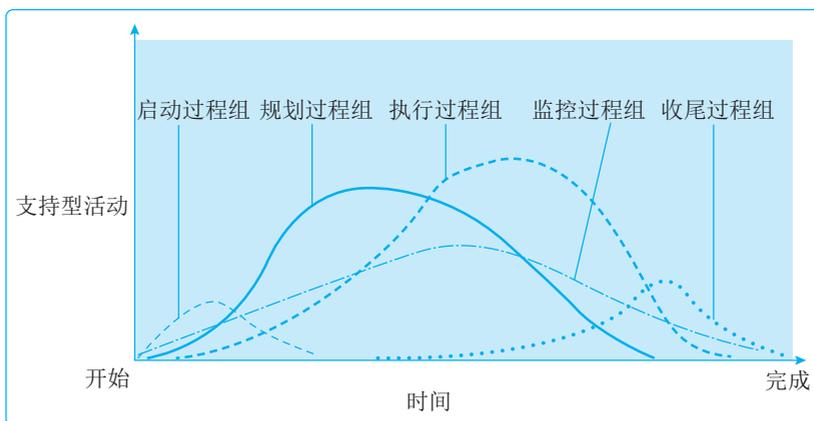


图 6-12 项目阶段中过程组的相互作用

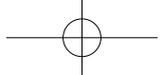
过程组中的各个过程会在每个阶段按需要重复开展，直到达到该阶段的完工标准。在适应型和高度适应型生命周期中，过程组之间相互作用的方式会有所不同。

1. 适应型项目中的过程组

(1) 启动过程组。在采用适应型生命周期的项目上，启动过程通常要在每个迭代期开展。适应型项目非常依赖知识丰富的干系人代表，他们要能够持续地表达需要和意愿，并不断针对新形成的可交付成果提出反馈意见。因此应该在项目开始时识别出这些关键干系人，以便在开展执行和监控过程组时与他们频繁互动，获得的反馈意见能够确保项目交付出正确的成果。同时，随着项目进展，优先级和情况会动态变化，项目制约因素和项目成功的标准也会变化。因此，需要定期开展启动过程，频繁回顾和重新确认项目章程，以确保项目在最新的制约因素内朝最新的目标推进。

(2) 规划过程组。在高度复杂和不确定的项目中，在采用适应型生命周期的项目上，应该让尽可能多的团队成员和干系人参与到规划过程，以便依据广泛的信息开展规划，降低不确定性。高度预测型项目范围变更很少，干系人之间有高度共识，这类项目会受益于前期的详细规划。适应型项目生命周期的特点是先基于初始需求制订一套高层级的计划，再逐渐把需求细化到适合特定规划周期所须的详细程度。预测型和适应型生命周期在规划阶段的主要区别在于做多少规划工作，以及什么时间做。

(3) 执行过程组。在敏捷型或适应型项目生命周期中，执行过程通过迭代对工作进行指导和管理。每次迭代都是在一个很短的固定时间段内开展工作，然后演示所完成的工作成果，有关的干系人和团队基于演示来进行回顾性审查。这种演示和审查有助于对照计划检查进展情况，确定是否有必要对项目范围、进度或执行过程做变更。进行回顾性审查，有利于及时发现和讨



第11章 项目成本管理

项目成本管理是为了项目在批准的预算内完成，对成本进行规划、估算、预算、融资、筹资、管理和控制的过程。项目成本管理重点关注完成项目活动所需资源的成本，但同时也考虑项目决策对项目产品、服务或成果的使用成本、维护成本和支持成本的影响。例如，减少设计审查的次数可降低项目成本，但可能增加由此带来的产品运营成本。

项目成本管理应考虑干系人对成本的要求，不同的干系人会在不同的时间，用不同的方法测算项目成本。在很多组织中，预测和分析项目产品的财务效益是在项目之外进行的，此时，项目成本管理需要考虑这些项目外的预测和分析工作，因此，项目成本管理还需使用其他过程和许多通用财务管理技术，如投资回报率分析、现金流贴现分析和投资回收期分析等。

11.1 管理基础

11.1.1 重要性和意义

1. 项目成本管理的作用和意义

项目管理主要受范围、时间、成本和质量的约束，项目成本管理在项目管理中占有重要地位。项目成本管理就是要确保在批准的预算内完成项目。虽然项目成本管理主要关心的是完成项目活动所需资源的成本，但也必须考虑项目决策对项目产品、服务或成果的使用成本、维护成本和支持成本的影响。例如，较少的设计审查次数有可能降低项目成本，但同时就有可能增加客户的运营成本。广义的项目成本管理通常称为“生命期成本管理”。生命期成本管理经常与价值工程技术结合使用，用于降低成本，缩短时间，提高项目可交付成果的质量和绩效，并优化决策过程。

项目成本管理应当考虑项目干系人的需要，不同的项目干系人可能在不同的时间以不同的方式测算项目的成本。例如，物品的采购成本可以在做出承诺、发出订单、送达、货物交付时，实际成本发生时或者为了会计核算的目的记录实际成本时，再进行测算。

就某些项目，特别是小项目而言，成本估算和成本预算之间的关系极其密切，以致可以将其视为一个过程，由一个人在较短的时间内完成。但本章我们还是将其作为不同的过程进行介绍，因为其所用的工具和技术各不相同。

2. 项目成本管理的重要性

项目成本管理是在项目实施过程中，通过相关技术和方法，尽量使项目实际发生的成本控制在预算范围之内。如果项目建设的实际成本远远超出批准的投资预算，就很容易造成成本失控。

3. 项目成本失控的原因

发生成本失控的原因主要包括：

(1) 对工程项目认识不足。①对信息系统工程成本控制的特点认识不足，对难度估计不足；②工程项目的规模不合理，一个大而全的项目往往工期很长，工程实施的技术难度高，技术人员的投入跟不上工程建设需要，而且建设单位各部门对信息系统的接受能力和观念的转变跟不上信息系统建设的需要；③工程项目设计及实施人员缺乏成本意识，导致项目设计不满足成本控制要求；④对项目成本的使用缺乏责任感，随意开支，铺张浪费等。

(2) 组织制度不健全。①制度不完善；②责任不落实，缺乏成本控制的责任感，在项目各个阶段和工作包没有落实具体的成本控制人员；③承建单位项目经理中没有明确的投资分工，导致对投资控制领导、督查不力等。

(3) 方法问题。①缺乏用于项目投资控制所需要的有关报表及数据处理的方法；②缺乏系统的成本控制程序和明确的具体要求，在项目进展不同阶段对成本控制任务的要求不明确，在项目进展的整个过程中缺乏连贯性的控制；③缺乏科学、严格、明确且完整的成本控制方法和工作制度；④缺乏对计算机辅助投资控制程序的利用；⑤缺乏对计划值与实际值进行动态的比较分析，并及时提供各种需要的状态报告及经验总结等。

(4) 技术的制约。①由于进行项目成本估算发生在工程项目建设的早期阶段，对项目相关信息了解不深，项目规划设计不够完善，不能满足成本估算的需求；②采用的项目成本估算方法不恰当，与项目的实际情况不符或与所得到的项目数据资料不符；③项目成本计算的数据不准确或有漏项，从而导致计算成本偏低；④设计者未对设计方案进行优化，导致项目设计方案突破项目成本目标；⑤物资或设备价格的上涨，大大超过预期的浮动范围；⑥项目规划和设计方面的变更引起相关成本的增加；⑦对工程施工中可能遇见的风险估计不足，导致实施成本大量增加等。

(5) 需求管理不当。项目需求分析出现失误，项目范围变更频繁。

11.1.2 相关术语和定义

1. 项目成本概念及其构成

在项目中，成本是指项目活动或其组成部分的货币价值或价格，包括为实施、完成或创造该活动或其组成部分所需资源的货币价值。具体的成本一般包括直接工时、其他直接费用、间接工时、其他间接费用以及采购价格。项目全过程所耗用的各种成本的总和为项目成本。

2. 产品的全生命周期成本

产品的全生命周期成本为人们认识和管理项目成本提供了一个广阔的视野，即不仅要考虑项目全生命周期成本，也要考虑项目的最终产品的全生命周期成本，这有助于人们更精确地制订项目财务收益计划。产品的全生命周期成本就是在产品或系统的整个使用生命期内，在获得阶段（设计、生产、安装和测试等活动）、运营与维护及生命周期结束时对产品的处置所发生的全部成本。要求在项目过程中不应只关心完成项目活动所需资源的成本，也应该考虑项目决策

对项目最终产品的使用和维护成本的影响。对于一个项目而言，产品的全生命期成本考虑的是权益总成本，即开发成本加上维护成本。例如，一个组织可能在一到两年内完成一个项目，该项目是要建立和实现新的客户服务系统。但是新系统可以使用10年，项目经理应当估计整个生命期内（即10年）的成本和收益。在进行项目净现值分析时要参考整个10年的成本和收益，高级管理人员和项目经理在进行财务决策时，需要考虑产品整个生命期的成本。

3. 成本的类型

- 可变成本：随着生产量、工作量或时间而变的成本为可变成本。可变成本又称变动成本。
- 固定成本：不随生产量、工作量或时间的变化而变化的非重复成本为固定成本。
- 直接成本：直接可以归属于项目工作的成本为直接成本，如项目团队差旅费、工资、项目使用的物料及设备使用费等。
- 间接成本：来自一般管理费用科目或几个项目共同担负的项目成本所分摊给本项目的费用，形成了项目的间接成本，如税金、额外福利和保卫费用等。
- 机会成本：利用一定的时间或资源生产或交付一种产品或服务，而失去利用这些资源生产或交付其他最佳替代品的机会就是机会成本，泛指一切在做出某一选择后同时失去其他选择，其他选择中最大的损失。
- 沉没成本：指由于过去的决策已经发生的，而不能由现在或将来的任何决策改变的成本。沉没成本是一种历史成本，对现有决策而言是不可控成本，会很大程度上影响人们的行为方式与决策，在投资决策时应该尽量排除沉没成本的干扰。

4. 应急储备和管理储备

应急储备是包含在成本基准内的一部分预算，用来应对已经接受的已识别风险，以及已经制定应急或减轻措施的已识别风险。应急储备通常是预算的一部分，用来应对那些会影响项目的“已知-未知”风险。例如，可以预知有些项目可交付成果需要返工，却不知道返工的工作量是多少，可以预留应急储备来应对这些未知数量的返工工作。可以为某个具体活动建立应急储备，也可以为整个项目建立应急储备，还可以同时建立。应急储备可取成本估算值的某一百分比、某个固定值或者通过定量分析来确定。

管理储备是为了管理控制的目的而特别留出的项目预算，用来应对项目范围中不可预见的工作。管理储备用来应对会影响项目的“未知-未知”风险。管理储备不包括在成本基准中，但属于项目总预算和资金需求的一部分，使用前需要得到高层管理者审批。当动用管理储备资助不可预见的工作时，就要把动用的管理储备增加到成本基准中，此时会导致成本基准的变更。

5. 成本基准

成本基准是经批准的按时间安排的成本支出计划，并随时反映了经批准的项目成本的变更（所增加或减少的资金数目），被用于度量和监督项目的实际执行成本。

11.1.3 管理新实践

在项目成本管理的新实践中，通过对挣值管理（EVM）的扩展，引入挣得进度（ES）这一

之后，把适量的管理储备移入成本基准中。

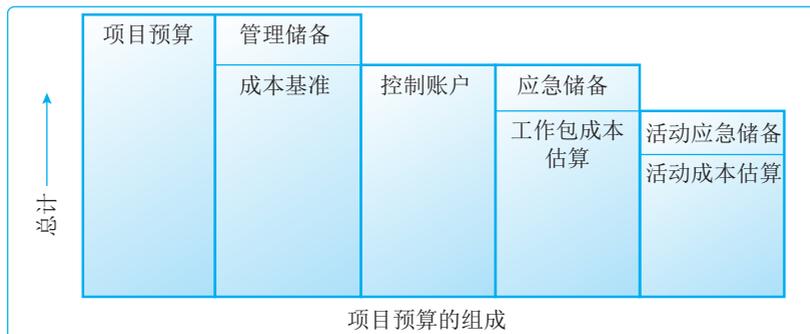


图 11-4 项目预算的组成

由于成本基准中的成本估算与进度活动直接关联，因此就可按时间段分配成本基准，得到一条 S 曲线，如图 11-5 所示。对于使用挣值管理的项目，成本基准指的是绩效测量基准。

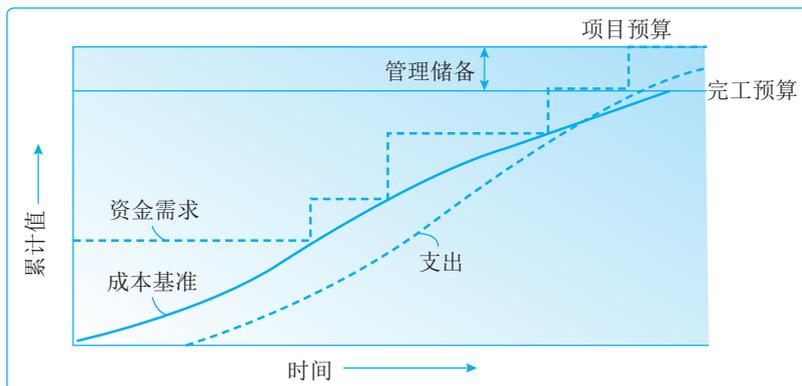


图 11-5 成本基准、支出与资金需求

2. 项目资金需求

根据成本基准，确定总资金需求和阶段性（如季度或年度）资金需求。成本基准中包括预计支出及预计债务。项目资金通常以增量的方式投入，并且可能是非均衡的，呈现出图 11-4 中所示的阶梯状。如果有管理储备，则总资金需求等于成本基准加管理储备。在资金需求文件中，也可说明资金来源。

3. 项目文件（更新）

可在制定预算过程更新的项目文件主要包括：

- 成本估算：更新成本估算，以记录任何额外信息。
- 项目进度计划：项目进度计划可能记录了各项活动的估算成本。
- 风险登记册：记录在本过程中识别的新风险于风险登记册中，并通过风险管理过程进行管理。



第17章 项目干系人管理

项目干系人管理包括识别能够影响项目或会受项目影响的人员、团体或组织，分析干系人对项目的期望和影响，制定管理策略有效调动干系人参与项目决策和执行。项目干系人管理过程能够支持项目团队的工作。

17.1 管理基础

17.1.1 管理的重要性

每个项目都有干系人，他们会受到项目积极或消极的影响，或者能对项目施加积极或消极的影响。有些干系人影响项目工作或成果的能力有限，但有些干系人可能对项目及其期望成果有重大影响。项目经理和团队管理干系人的能力决定着项目的成败。为提高项目成功的概率，尽早开始识别干系人并引导干系人参与。当项目章程被批准、项目经理被委任，以及团队开始组建之后就可以开展相关管理工作。

干系人满意度应作为项目目标加以识别和管理。有效引导干系人参与的关键是重视所有干系人并保持持续沟通（包括团队成员），理解他们的需求和期望、处理所发生的问题、管理利益冲突，并促进干系人参与项目决策和活动。

为了实现项目收益，识别干系人和引导干系人参与的过程需要迭代开展。虽然在项目干系人管理中仅对这些过程讨论一次，但是，应该经常开展识别干系人、排列其优先级以及引导其参与项目等相关活动。至少要在以下时点开展这些活动：①项目进入其生命周期的不同阶段；②当前干系人不再与项目工作有关，或者在项目的干系人群体中出现了新的干系人成员；③组织内部或更大领域的干系人群体发生重大变化。

17.1.2 管理新实践

当前新技术快速发展，“干系人”一词的外延正在扩大，从传统意义上的员工、供应商和高层管理者扩展到涵盖各式群体，包括监管机构、环保人士、金融组织、媒体，以及那些自认为是干系人的人员（他们认为自已会受项目工作或成果的影响）。

项目干系人管理的发展趋势和新兴实践主要包括：

- 识别所有干系人，而非在限定范围内。
- 确保所有团队成员都涉及引导干系人参与的活动。
- 定期审查干系人群体，可与单个项目风险的审查工作并行开展。
- 应用“共创”概念，咨询受项目工作或成果影响最大的干系人，视其为合作伙伴。
- 关注干系人有效参与程度的正面与负面价值。正面价值是干系人（尤其是强大干系人）

对项目的更积极支持所带来的效益；负面价值是因干系人未有效参与而造成的真实成本，包括产品召回、组织信誉损失或项目信誉损失等。

17.2 项目干系人管理过程

17.2.1 过程概述

项目干系人管理的过程包括：

- 识别干系人：定期识别干系人，分析和记录他们的利益、参与度、相互依赖性、影响力和对项目潜在的影响。
- 规划干系人参与：根据干系人的需求、期望、利益和对项目的潜在影响，制定项目干系人参与项目的方法。
- 管理干系人参与：与干系人进行沟通和协作，以满足其需求与期望，并处理问题，以促进干系人合理参与。
- 监督干系人参与：监督项目干系人关系，并通过修订参与策略和计划来引导干系人合理参与项目。

项目实际进展中，以上各个过程会相互交叠和相互作用。表 17-1 概括了项目干系人管理的各个过程。

表 17-1 项目干系人管理过程

过程	输入	工具与技术	输出
识别干系人	<ul style="list-style-type: none"> ● 立项管理文件 ● 项目章程 ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 协议 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 数据收集 ● 数据分析 ● 数据表现 ● 会议 	<ul style="list-style-type: none"> ● 干系人登记册 ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新） ● 项目文件（更新）
规划干系人参与	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目章程 ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 协议 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 数据收集 ● 数据分析 ● 决策 ● 数据表现 ● 会议 	干系人参与计划
管理干系人参与	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 专家判断 ● 沟通技能 ● 人际关系与团队技能 ● 基本规则 ● 会议 	<ul style="list-style-type: none"> ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新） ● 项目文件（更新）

(续表)

过程	输入	工具与技术	输出
监督干系人参与	<ul style="list-style-type: none"> ● 项目管理计划 ● 项目文件 ● 工作绩效数据 ● 事业环境因素 ● 组织过程资产 	<ul style="list-style-type: none"> ● 数据分析 ● 决策 ● 数据表现 ● 沟通技能 ● 人际关系与团队技能 ● 会议 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作绩效信息 ● 变更请求 ● 项目管理计划（更新） ● 项目文件（更新）

17.2.2 裁剪考虑因素

因为项目的独特性，项目经理可以根据需要裁剪项目干系人管理过程。裁剪时应考虑的因素主要包括：

- 干系人多样性：现有多少干系人？干系人群体中的文化多样性情况？
- 干系人关系的复杂性：干系人群体内的关系有多复杂？干系人或干系人群体加入的网络越多，与其相关的信息或误传网络就越复杂。
- 沟通技术：有哪些可用的沟通技术？为了实现该技术的最大价值，目前采用什么支持机制？

17.2.3 敏捷与适应方法

频繁变化的项目更需要项目干系人的有效互动和参与。为了开展及时且高效的讨论并制定决策，适应型团队会直接与干系人互动，而不是通过层层的管理级别。客户、用户和开发人员在动态的共创过程中交换信息，干系人参与和满意程度更高。在整个项目期间保持与干系人群体的互动，有利于降低风险、建立信任和及时做出项目调整，从而节约成本，提高项目成功的可能性。

为加快组织内部和组织之间的信息分享，敏捷型方法提倡高度透明。例如，邀请所有干系人参与项目会议和审查，或将项目工件发布到公共空间，其目的在于让各方之间的不一致和依赖关系，或者与项目有关的其他变化问题，都尽快浮现。

17.3 识别干系人

识别干系人是定期识别项目干系人，分析和记录他们的利益、参与度、相互依赖性、影响力和对项目成功的潜在影响的过程。本过程的主要作用是，使项目团队能够建立对每个干系人或干系人群体的适度关注。本过程应根据需要在整个项目期间定期开展。识别干系人过程的数据流向如图 17-1 所示。

识别干系人管理过程通常在编制和批准项目章程之前或同时首次开展，之后在项目生命周期过程中必要时重复开展，至少应在每个阶段开始时，以及项目或组织出现重大变化时重复开展。每次重复开展识别干系人管理过程，都应通过查阅项目管理计划组件及项目文件，来识别有关的项目干系人。

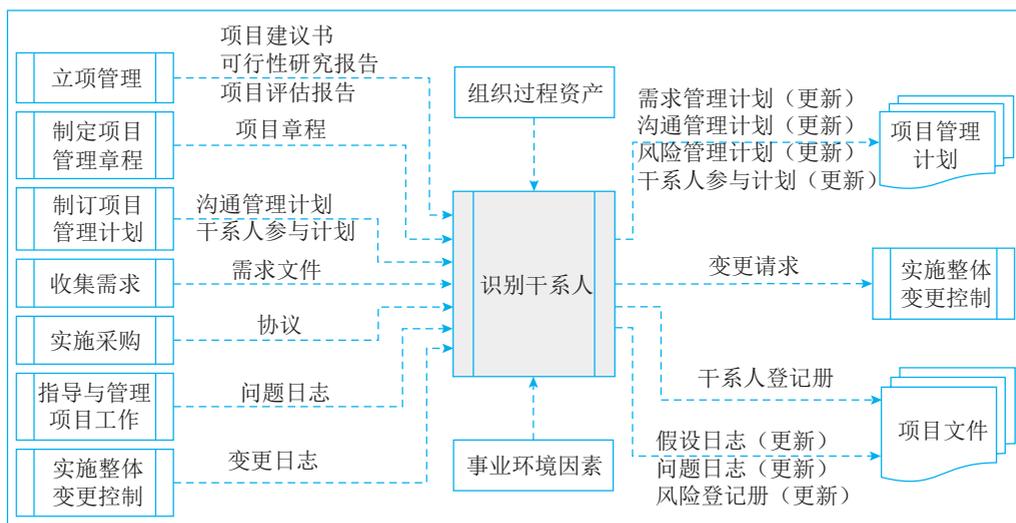


图 17-1 识别干系人过程的数据流向图

17.3.1 输入

1. 立项管理文件

立项管理阶段经批准的结果或相关的文件可用于识别干系人的依据。立项管理从业务视角描述必要的信息，并且据此决定项目的期望结果是否值得所需投资。组织高层管理者通常使用立项管理文件作为决策依据。一般情况下，立项管理会包含业务需求和成本效益分析，以论证项目的合理性并确定项目边界。立项管理一般由市场需求、组织需要、客户要求、技术进步、法律要求、生态影响、社会需要等一个或多个因素引发。

2. 项目章程

项目章程会列出关键干系人清单，还可能包含与干系人职责有关的信息。

3. 项目管理计划

在首次识别干系人时，项目管理计划并不存在；不过，一旦编制完成，可作为识别干系人输入的项目管理计划组件主要包括：

- 沟通管理计划：沟通与干系人参与之间存在密切联系。沟通管理计划中的信息是了解项目干系人的主要依据。
- 干系人参与计划：确定有效引导干系人参与的管理策略和措施。

4. 项目文件

首次识别干系人的输入并不包括所有项目文件，要在整个项目期间定期识别干系人。项目经历启动阶段以后，将会生成更多项目文件，用于后续的项目阶段。可作为识别干系人过程输入的项目文件主要包括：