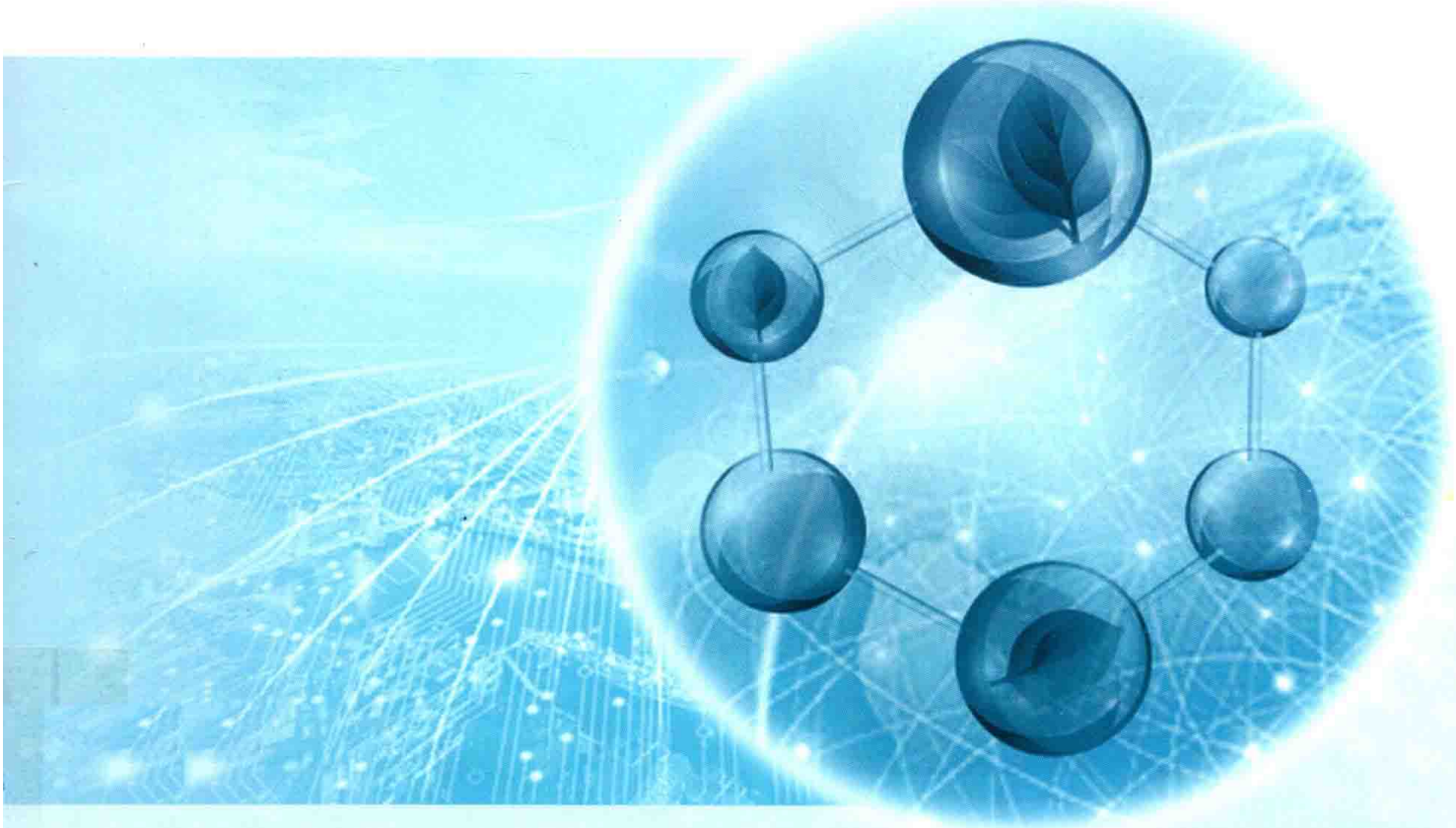
普通高等教育“十三五”环境工程类专业基础课规划教材
“互联网+”创新教育教材

环境信息系统

主编 祝 颖

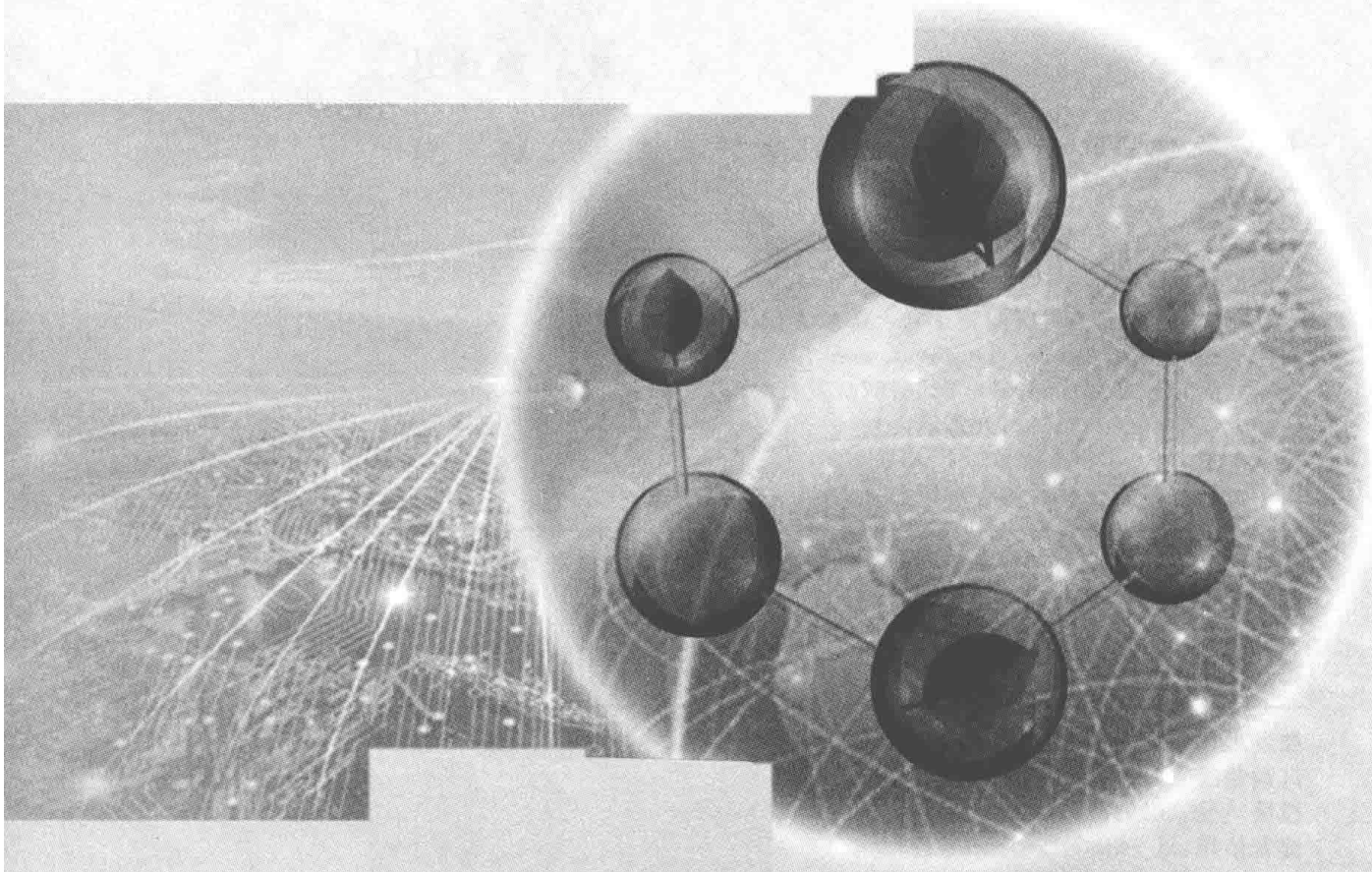


西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS
国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

普通高等教育“十三五”环境工程类专业基础课规划教材
“互联网+”创新教育教材

环境信息系统

主编 祝 颖 副主编 刘言正 闫霞霞



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS
国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

环境信息系统 / 祝颖主编 . —西安:西安交通大学出版社,2021.1
普通高等教育“十三五”环境工程类专业基础课规划教材
“互联网+”创新教育教材
ISBN 978-7-5693-0899-0

Ⅰ. ①环… Ⅱ. ①祝… Ⅲ. ①环境信息-信息系统-高等学校-教材 Ⅳ. ①X32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 226464 号

书　　名 环境信息系统
主　　编 祝　颖
责任编辑 魏照民　崔永政

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 1 号　邮政编码 710048)
网　　址 http://www.xjtupress.com
电　　话 (029)82668357　82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传　　真 (029)82668280
印　　刷 陕西金德佳印务有限公司

开　　本 787mm×1092mm　1/16　**印张** 11.25　**字数** 237 千字
版次印次 2021 年 1 月第 1 版　2021 年 1 月第 1 次印刷
书　　号 ISBN 978-7-5693-0899-0
定　　价 35.00 元

如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248　(029)82665249
投稿热线:(029)82668133
读者信箱:xj_rwjg@126.com
版权所有　侵权必究

编写委员会

学 术 指 导：彭党聪　李安桂　任勇翔

编委会主任：刘立忠

编委会副主任：张建锋　韩　芸　金鹏康　刘　雄　崔海航

编委会秘书：朱陆莉

编　　委（按姓氏笔画排序）：

王旭东　王俊萍　王登甲　石　辉　刘立忠

杜红霞　杨　毅　吴蔓莉　金鹏康　胡　坤

祝　颖　聂麦茜　高　湘　郭瑞光　崔海航

总　序

随着我国经济的持续高速发展，人们的生活水平和生活质量不断提高，对环境的期望和要求也不断提高，这为我国高等环境教育事业的发展带来了前所未有的机遇和挑战。根据教育部环境科学与工程类教学指导委员会的统计，截至2017年，全国高校已设立了600多个环境科学与工程类专业点，为我国环境事业的发展培养了一大批建设和管理人才。

大学本科专业教学分为基础知识教学与专业知识教学。基础知识教学不仅为专业教学提供基础，而且能拓展学生的知识范围，为跨专业学习和未来职业教育奠定了良好的基础。环境科学与工程类专业的基础知识覆盖数学、物理学、化学（无机化学、分析化学、有机化学、物理化学）、生态学、环境学、环境化学、环境微生物学（或生物学）、工程力学、流体力学、电工电子学等多门学科，为环境科学与工程的核心概念、基本原理、基本技术和方法奠了定基础，是专业学习的重要内容。教育部最新颁布的《普通高等学校环境科学与工程类专业教学质量国家标准》也特别强调了专业基础知识教学在提高专业教学质量中的核心和重要地位。而基础课教材作为基础知识教学内容的载体，在本科专业教学活动中起着十分重要的作用。

“互联网＋”是利用信息通信技术以及互联网平台，使互联网与传统产业（或知识）进行融合，从而创造新的发展业态（或生态）。将“互联网＋”应用于教材和教学活动是高等学校本科教学的发展趋势。

针对我国经济发展面临的环境问题和环境科学与工程类专业发展的特点，进一步夯实学生的专业基础，根据学科发展和现代互联网教学发展的需要，由西安建筑科技大学环境与市政工程学院牵头，组织环境科学、环境工程、水质科学与技术等环境科学与工程类专业的教师编写了“普通高等教育‘十三五’环境类专业基础课规划教材‘互联网＋’创新教育系列教材”。该系列教材将互联网与传统纸质教材进行深度融合，将“互联网＋”纸媒教材的模式应用于环境科学与工程类专业基础知识教学领域，打造开放性、立体化教材，创造新的基础知识教

学发展生态，使学生的学习不受时间、空间限制，从而大幅提高学习效率，为互联网背景下我国环境科学与工程类专业基础知识教学提供新的探索和尝试。

编委会

2018 年 2 月 5 日

前　言

近些年来我在从事环境信息系统的教学中发现：目前的环境信息系统教材对学科体系性和学术性的强调偏重，学生理解起来深奥晦涩；教学内容陈旧，教学方法单一，教学内容与培养目标不相适应，无法达到提高课程教学质量的目的。为了摒除这些陈弊，使教材让学生能看懂、能研习，使学生不只是得到必需的科学知识，而且能够获得宝贵的学习和研究方法，所以编写一本与教学内容和培养目标相适应的教材已经迫在眉睫。

本教材共分为六章，重点介绍建设环境信息系统的基础知识、系统设计典型案例以及支撑的相关软件等。第 1 章信息、系统和环境，主要介绍信息、信息系统和环境信息系统及其构成之间的相互关系；第 2 章环境信息系统的开发，讲述了环境信息系统的建设和设计的原则、过程、步骤等关键问题；第 3 章介绍了环境信息系统设计中的地图和制图基础；第 4 章介绍了环境信息如何采集、处理和管理，环境信息和空间信息；第 5 章对信息系统中的常用工具与软件平台的特点及使用作了较为详细的介绍；第 6 章运用典型案例向读者介绍和分析了环境信息的设计与实现过程，阐述了环境信息系统的设计特点、设计方案和系统发布等。

全书由祝颖主编，刘言正和闫霞霞担任副主编。闫霞霞参与了第 1、2 章的编写工作，曹宁参与了第 3 章的编写工作，李育倍参与了第 4 章的编写工作，邵波参与了第 5 章的编写工作，仝全领参与了第 6 章的编写工作。全书由祝颖负责审校定稿。

鉴于编者水平有限，书中疏漏和错误在所难免，敬请各位读者提出宝贵意见和建议。

编　者

2018 年 6 月

目　录

第 1 章　信息、系统与环境

1.1　基本概念 …… (1)

1.2　环境信息系统基础 …… (9)

1.3　环境信息系统的应用和发展 …… (11)

习题 …… (13)

第 2 章　环境信息系统的开发

2.1　环境信息系统建设概述 …… (14)

2.2　系统的可行性分析 …… (16)

2.3　环境信息系统设计 …… (21)

2.4　环境信息系统的界面设计及测试 …… (32)

2.5　环境信息系统维护 …… (36)

习题 …… (38)

第 3 章　环境信息系统制图基础

3.1　地图基本概念 …… (40)

3.2　地图符号 …… (47)

3.3　地图概括 …… (49)

3.4　地图编制 …… (53)

习题 …… (60)

第 4 章　环境信息的获取与组织管理

4.1　环境信息的数据库基础 …… (62)

4.2　环境空间信息获取 …… (73)

4.3　环境遥感信息获取与处理 …… (84)

习题 …… (90)

第 5 章　环境信息系统实现的软件支持

5.1　数据库软件系统 …… (91)

5.2　地理信息软件系统 …… (101)

5.3　遥感信息处理软件系统 …… (117)

5.4　应用开发设计系统 …… (122)

习题 …… (130)

第 6 章　环境信息系统实例

6.1 水环境信息系统 …… (132)
6.2 大气环境信息系统 …… (147)
6.3 湿地环境信息系统 …… (158)
习题…… (167)
参考文献…… (168)

第 1 章　信息、系统与环境

日常生活中，不论在职业上还是在个人生活中，我们都经常与各种各样的信息系统打交道。随着越来越多的人在个人生活和职业工作中逐渐地依赖于信息系统(information system，IS)，在信息系统中的投资急剧增加。将来，我们将更加依赖信息系统。了解信息系统的潜力并将这种知识应用于工作中，将会使个人工作更加成功，从而也能使所在团体实现其目标，社会达到更高的生活质量。因此，对信息及其相关活动因素进行科学的计划、组织、控制和协调，实现信息资源的充分开发、合理配置和有效利用，既是信息科学的重大应用课题，也是管理科学的新兴研究领域。

1.1　基本概念

信息，指音讯、消息、通信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。1948 年，数学家香农在题为《通讯的数学理论》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万能单位是信息。(见图 1.1)

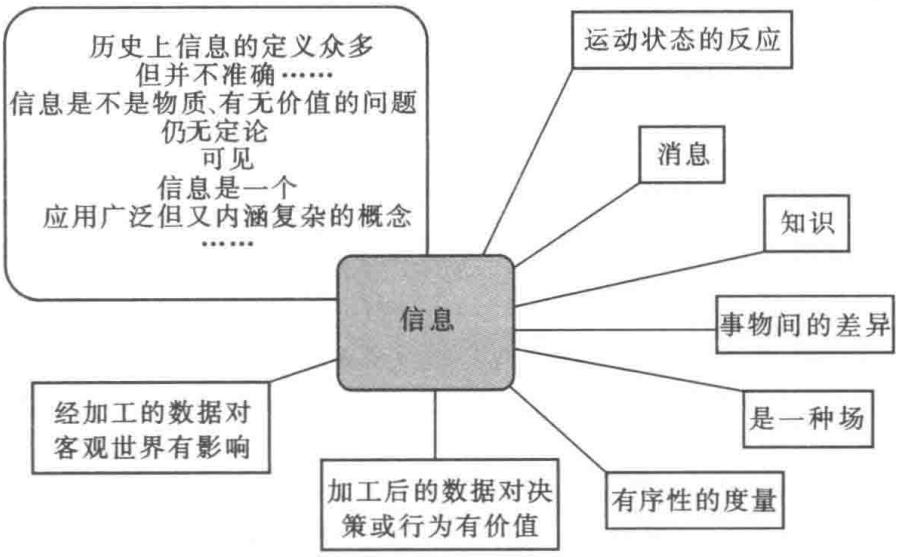


图 1.1　信息的基本概念

1.1.1 信息的概念

现在的世界是信息的世界，信息无处不在，如何给信息下一个明确的定义并不是一件容易的事。按照我国信息科学专家提出的信息分层定义和建立信息的定义，可以根据不同的条件区分不同的层次给出信息的定义。最高层次是信息在哲学本源意义上的层次，即无约束条件的层次。

在哲学本源的层次上，我们可以将信息明确地定义为：信息是某一事物运动的状态和方式在其他事物运动状态和方式上的反应。

认识论层次上的信息是这样定义的：信息是认识所感知的或者所表述的事物运动的状态和方式及其意义。

信息的存在不以主体的存在为转移，即使主体不存在，信息同样可以存在。从这个意义上讲，信息就是事物内部结构和外部联系的运动方式和状态。信息在主观上可以接受和利用，并作用于人们的行动。从这个意义上来讲，信息是主体所感知或主体所表述的事物的运动状态及其变化方式。（见图 1.2）

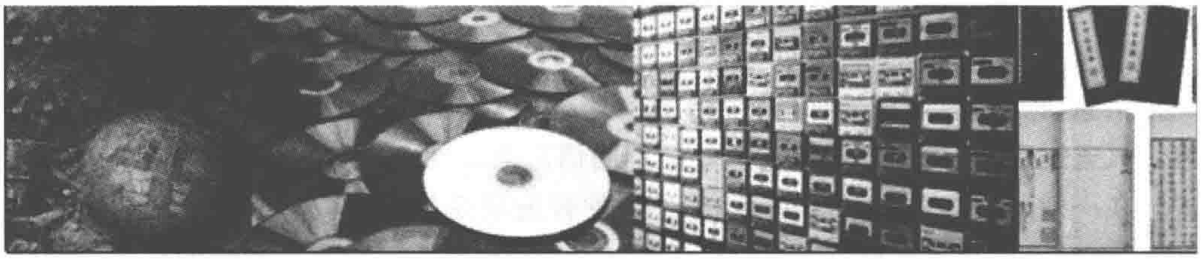


图 1.2 信息

对于数据库系统和管理信息系统，信息一般被定义为有组织的、可以形式化描述的数据，前者的侧重点在这些数据的语法形式上，后者不再重视数据的语法性，但要考虑其语义和语用特性。

1.1.2 信息与数据的关系

数据(data)是事实或观察的结果，是对客观事物的逻辑归纳，是用于表示客观事物未经加工的原始素材。

信息是一种被加工而形成的特定的数据。形成信息的数据对接受者来说具有确定的意义，它对接受者当前和未来的活动产生影响并具有实际的价值，即对决策和行为有现实或潜在的价值。

(1)并非任何数据都表示信息，信息是消化了的数据。

(2)信息是更直接反映现实概念的，而数据则是信息的具体体现，所以信息不随载荷它的物理设备而改变，而数据则不然，它在计算机化的信息系统中和计算机系统有关。

(3)信息从数据中加工、提炼而来,是用于帮助人们正确决策的有用数据。

(4)信息对决策有价值。

一定量的数据包含一定量的信息,但并不是数据量越大信息量就越大。

信息与数据的关系如图 1.3 所示。

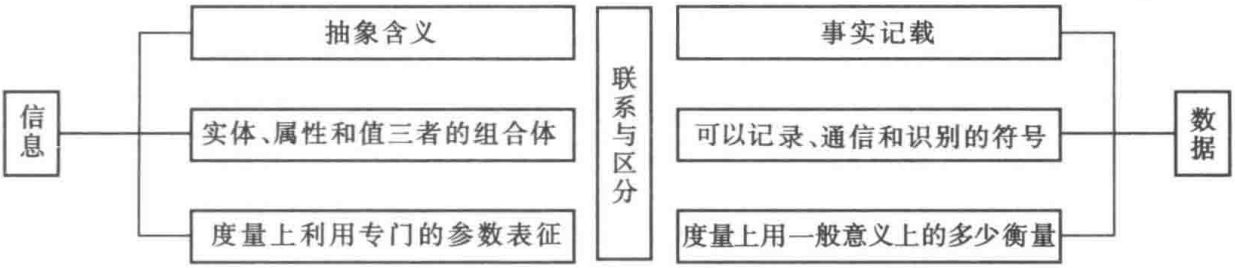


图 1.3　信息与数据

1.1.3　信息与物质、能量的关系

能量是信息运动的动力。但信息效用的大小并不由其消耗能量的多少决定。物质是信息存在的基础。信息是一切物质的基本属性,认知主体对于客观物质世界的反映都是通过信息来实现的。但信息不是物质,也不是意识,而是物质与意识的中介。(见图 1.4)

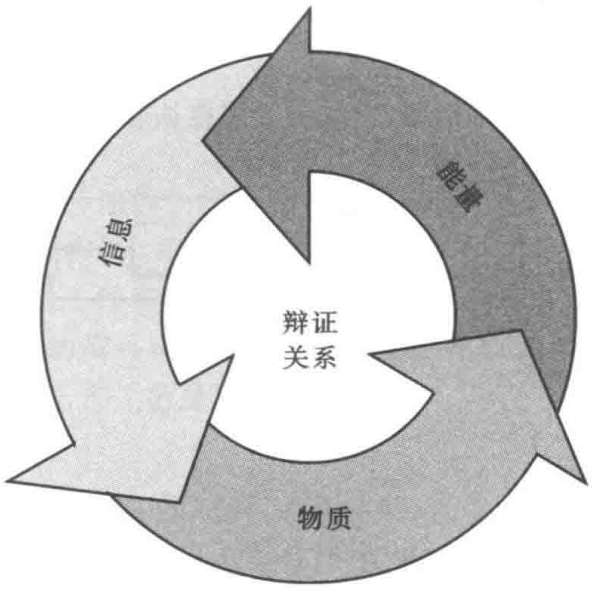


图 1.4　信息与物质、能量的关系

1.1.4 信息的特征、分类及功能

1. 信息的特征

所谓信息的特征，就是指信息区别于其他事物的本质属性。信息的基本特征包括以下 10 点：

1）普遍性

信息是事物运动的状态和方式，只要有事物存在，只要有事物的运动，就会有其运动的状态和方式，就存在着信息。无论在自然界、人类社会，还是在人类思维领域，绝对的“真空”是不存在的，绝对不运动的事物也是没有的。因此，信息是普遍存在的。信息与物质、能量一起，构成了客观世界的三大要素。

2）表征性

信息不是客观事物本身，而只是事物运动状态和存在方式的表征。一切事物都会产生信息，信息就是表征所有事物属性、状态、内在联系与相互作用的一种普遍形式。宇宙时空中的事物是无限的，表征事物的信息现象也是无限的。由于信息反映客观事物的运动状态和方式，因而真实性是信息最本质的特征，不具备真实性的信息就是虚假信息、有害信息。

3）动态性

客观事物本身都在不停地运动变化，信息也在不断发展更新。事物运动状态及方式的效用会随时间的推移而改变。因此，在获取与利用信息时必须树立时效观念，不能有一劳永逸的想法。

图 1.5 是信息运动的一种模型，它反映了信息从客体进入主体，经过在主体中的运动再作用于客体的运动过程。

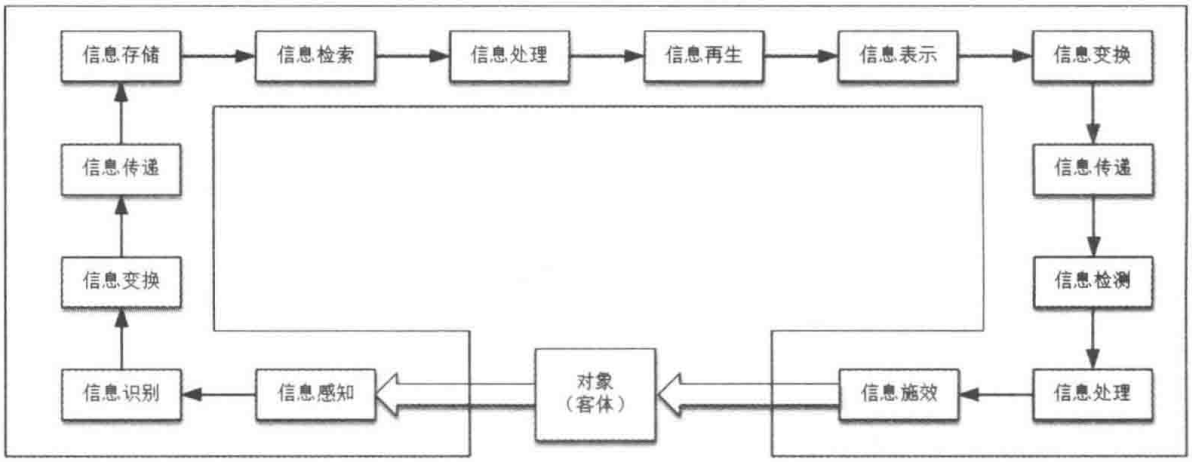


图 1.5 信息运动模型

从图 1.5 可以看出，信息的运动过程就是不断地了解和控制对象，使它逐渐地由初始运动状态和运动方式转移到最终的运动状态和运动方式。只有当上述所有过程

都发挥正常作用，主体才能从本体意义上的信息中提取认识论意义上的信息，并从中形成有关客体对象的正确认识，在这个基础上再生出反应主体意志的信息，并通过它的反作用实现对客体的变革。

4）相对性

客观上信息是无限的，但相对于认知主体来说，人们实际获得的信息（实得信息）总是有限的。并且，由于不同主体有着不同的感受能力、不同的理解能力和不同的目的性，从同一事物中获取的信息（语法信息、语义信息和语用信息）必定各不相同，即实得的信息量是因人而异的。

5）依存性

信息本身是看不见、摸不着的，它必须依附于一定的物质形式（如声波、电磁波、纸张、化学材料、磁性材料等）之上，不可能脱离物质单独存在。这些以承载信息为主要任务的物质形式称为信息的载体。信息没有语言、文字、图像和符号等记录手段便不能表述，没有物质载体便不能存储和传播，但其内容并不因记录手段或物质载体的改变而发生变化。

6）传递性

信息可以通过多种渠道、采用多种方式进行传递。信息从时间或空间上的某一点向其他点移动的过程被称为信息传递。信息传递要借助于一定的物质载体，因此，实现信息传递功能的载体又称为信息媒介。一个完整的信息传递过程必须具备信源（信息的发出方）、信宿（信息的接收方）、信道（媒介）和信息四个基本要素。传递信息需要时间，因而接收者得到的信息总是滞后于信源。信息的传输载体和传输手段决定了信息传递的速度和效率。

7）可干扰性

信息是通过信道进行传递的。信道既是通信系统不可缺少的组成部分，同时又对信息传递有干扰和阻碍作用。任何不属于信源而加之于其信号上的附加物都称为信息干扰。例如噪声就是一种典型的干扰。产生噪声的因素很多，有传输设备发热引起的热噪声、不同频率的信号相互干扰产生的调制噪声、不同信道相互干扰产生的串扰噪声、外部电磁波冲击产生的脉冲噪声等。

8）可加工性

信息可以被分析或综合，也可以被扩充或浓缩，也就是说人们可以对信息进行加工处理。所谓信息加工，是指对信息进行整理、变换、排序、分解、计算、提炼、分析、综合、可视化等处理，将信息从一种形式变换成另一种形式。经过加工的信息将更符合人们对信息的内容、形式和实效等方面的需要，更适于人们对信息的再利用。如果在信息加工过程中没有任何信息量的增加或损失，并且信息内容保持不变，那么就意味着这个信息加工过程是可逆的，反之则是不可逆的。实际上，信息加工都是不可逆的过程。

9)层次性

信息反映的内容具有不同的抽象层次，既有蕴含丰富意义的高抽象度信息，也有内容简单和直观的具体信息。例如，环境保护战略规划、生态环境系统、节能减排等属于高抽象度信息，而一台声级计在某段时间内得到的环境噪声数据则属于简单的具体信息。不同层次的信息，其用途和加工处理方式一般也不同，因而根据层次性可以更好地把握和分析信息。

10)共享性

信息区别于物质的一个重要特征是它可以被共同占有，共同享用，也就是说，信息在传递过程中不但可以被信源和信宿共同拥有，而且还可以被众多的信宿同时接收利用。如一条新闻通过互联网可以被众多在线者同时浏览。物质交换遵循易物交换原则，失去一物才能得到一物，但信息交换的双方不仅不会失去原有信息，而且还会增加新的信息。在信息化工作中要充分利用广播电视技术、互联网技术、通信技术和计算机技术，充分发挥信息的可共享性，使其可以广泛地传播扩散，供全体接收者共享。

2. 信息的分类

(1) 按照信息发生的领域，可将信息划分为物理信息、生物信息和社会信息；

(2) 按照信息的表现形式，可将信息划分为消息、资料和知识；

(3) 按照主体的认识层次，可将信息划分为语法信息、语义信息和语用信息。

3. 信息的功能

信息的功能是信息属性的体现，主要表现为：

(1)信息是认识客体的中介；

(2)信息是人类思维的材料；

(3)信息是科学决策的依据；

(4)信息是有效控制的灵魂；

(5)信息是系统秩序的保证；

(6)信息是社会发展的资源。

1.1.5 语法信息的度量、语义信息的度量、语用信息的度量

1. 语法信息的度量

语法信息是事物运动及其变化方式的外在形式，不涉及这件形式的含义和效用，只考虑表示符号和符号之间的结合方式所包含的信息。语法信息是信息问题最基本的层次，研究信息度量的问题首先是从语法信息开始的，目前也最为成功。

早在香农建立信息论以前，哈特莱在“信息传输”一文中就提出了一种信息度量方法，指出了信息数量的大小仅与发信者在字母表中对字母的选择方式相关，而与

信息的语义无关，并给出了信息的度量公式

$$I = \log S^n = n\log S \tag{1-1}$$

式中：S 是字母表字母的数目；n 是信息选择的字母数目。香农接受了哈莱特关于信息的形式化思想，并把他的信息度量推广到更有意义的范围。

香农对信息的研究基于一个简单的通信模型，即信息传递系统。它由信源（发信者）、信道（信息传递的物理通道）和信宿（收信者）组成。信息从信源发出，经过信道传输，最后由信宿接收。

在信息传递过程中，收信者在收到信息以前不知道信息的具体内容（否则，信息传递就没有意义）。对收信者来说，是一个从不知到知，从不确定到确定的过程。从通信的过程来看，收信者的所谓“不知”就是不知道发送者将发送描述何种运动状态的消息。例如，发电报时，报文“母病愈”是对母亲身体健康状态的一种描述. 而母亲身体健康情况会表现出不同的状态。可见，收信者在看到报文以前，对母亲的健康状况存在“不确定性”。一旦看到报文以后，只要报文清楚，在传递过程中没有出现错误，那么原来的“不确定性”就被消除了。所以，通信过程是一种从不确定到确定的过程，是消除不确定性的过程。消除了不确定性，收信者就获得了信息。显然，信息的测度与不确定性的程度有关。从数学的角度看，不确定性就是随机性，大小与概率有关。

2. 语义信息的度量

为了描述语义信息，首先必须建立“含义”的表征方法。“含义”的表征可以采用逻辑真实度的方法来描述。设立一个“状态逻辑真实度”参量，记为 t，$0 \leqslant t \leqslant 1$。定义为

$$t = \begin{cases} 1 \text{ 状态逻辑为真} \\ 1/2 \text{ 状态逻辑不定} \\ t \in (0,1) \text{ 状态逻辑模糊} \\ 0 \text{ 状态逻辑为伪} \end{cases} \tag{1-2}$$

若随机事件 X 的状态为 $X = \{x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n\}$，各状态的概率为 $P = \{p_1, p_2, p_3, \cdots, p_n\}$，各状态的逻辑真实度为 $T = \{t_1, t_2, t_3, \cdots, t_n\}$，则事件 X 的语义信息结构为

$$\mathrm{S} = \begin{Bmatrix} X \\ T \\ P \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n \\ t_1, t_2, t_3, \cdots, t_n \\ p_1, p_2, p_3, \cdots, p_n \end{Bmatrix} \tag{1-3}$$

于是，可以得到以下语义信息度量公式

$$H(X,T) = K\sum_{i=1}^{n} t_i p(x_i)\frac{1}{\log p(x_i)} = -K\sum_{i=1}^{n} t_i p(x_i)\log p(x_i) \tag{1-4}$$

3. 语用信息的度量

与在语义信息的度量中引入状态逻辑真实度的方式类似，可以采用效用度的概

念来处理状态效用的表征问题。设状态效用度参量为 u，且满足

$$u=\begin{cases}1 \text{ 状态效用最小}\\ u\in(0,1) \text{ 状态效用模糊}\\ 0 \text{ 状态效用最小}\end{cases} \tag{1-5}$$

若随机事件 X 的状态为 $X=\{x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n\}$，各状态的概率为 $P=\{p_1,p_2,p_3,\cdots,p_n\}$，各状态的效用度为 $U=\{u_1,u_2,u_3,\cdots,u_n\}$，则事件 X 的语用信息结构为

$$S=\begin{Bmatrix}X\\U\\P\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}x_1,x_2,x_3,\cdots,x_n\\u_1,u_2,u_3,\cdots,u_n\\p_1,p_2,p_3,\cdots,p_n\end{Bmatrix} \tag{1-6}$$

可以得到语用信息度量公式

$$H(X,U)=K\sum_{i=1}^{n}u_ip(x_i)\frac{1}{\log p(x_i)}=-K\sum_{i=1}^{n}u_ip(x_i)\log p(x_i) \tag{1-7}$$

1.1.6 信息管理的意义、发展、进展

信息管理的意义有以下几点：开发信息资源，提供信息服务；合理配置信息资源，满足社会信息需要；推动信息产业的发展，促进社会信息化水平的提高。

古代信息管理时期的特点如下：信息交流活动是自发的、无组织的；信息记载材料是天然的；信息记录方法是手工的。

由于信息活动主要集中在个体层次上，社会信息量不大，信息管理活动是零星的、片断的，主要是对信息载体进行封闭式的物理管理。

管理手段：以解决文献资料的收集、整理、保存与传播报道为主要任务，以人力和手工为主并辅以部分机械化作业，主要管理者是图书馆员。

图书馆源于保存记事的习惯。早在公元前 3000 年时，巴比伦的神庙中就收藏有刻在胶泥板上的各类记载。最早的图书馆是希腊神庙的藏书之所和附属于希腊哲学书院（公元前 4 世纪）的藏书之所。我国的图书馆历史悠久，起初称作“府”“阁”“观”“台”“殿”“院”“堂”“斋”“楼”，如：西周的盟府，两汉的石渠阁、东观和兰台，隋朝的观文殿，宋朝的崇文院，明代的澹生堂，清朝的四库全书七阁等。“图书馆”是一个外来语，于 19 世纪末从日本传到我国。据《在辞典中出现的“图书馆”》说，“图书馆”一词最初在日本的文献中出现是 1877 年的事；而最早在我国文献中出现，当推《教育世界》第 62 期中所刊出的一篇《拟设简便图书馆说》，时为 1894 年。

藏书阁是中国古代供藏书和阅览图书用的建筑。中国最早的藏书建筑建于宫廷，如汉朝的天禄阁、石渠阁。宋朝以后，随着造纸术的普及和印本书的推广，民间也建造藏书楼。建于明朝嘉靖四十年（1561 年）的浙江宁波天一阁，是中国现存最古老的藏书楼，为面宽六间的两层楼房，楼上按经、史、子、集分类列柜藏书，楼下为阅览图书和收藏石刻之用。建筑南北开窗，空气流通。书橱两面设门，既可前后取书，又可