



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

DIANQI XINXI
JISHU JICHU

电气信息 技术基础

夏安邦 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

TN1/17

2008

DIANQI XINXI
JISHU JICHU

电气信息 技术基础

编著 夏安邦
主审 郑顾平 张世琪



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

Electrical Engineering

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书围绕信息论的主要概念,系统地讨论了在企业信息化和社会信息化中经常碰到的技术问题和理论问题,主要包含信息采集、传输、管理、集成、分析和决策,信息系统规划和安全等方面的内容;同时,运用这些理论和技术对电力行业中常见的信息系统进行了介绍和分析。本书吸收了计算机软件、网络和通信、现代管理、自动化等领域与信息化有关的成果,列举了一些例子和信息处理方案以帮助读者理解课程内容。

本书可作为高等学校电气信息类专业教材,也可作为相关专业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气信息技术基础/夏安邦编. —北京:中国电力出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5852 - 9

I. 电... II. 夏... III. ①电子技术—高等学校—教材
②信息技术—高等学校—教材 IV. TN G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 112401 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.25 印张 567 千字

定价 36.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

自从 1948 年香农 (Shannon) 发表信息论的奠基之作《通信的数学理论》以来, 经过了半个多世纪, 现在信息论已经伸展到各个学科, 成为一门基础科学。信息论经历了狭义信息论、一般信息论已经向广义信息论发展, 成为对当今社会发展、经济建设和人类生活具有重大影响的学科之一。

20 世纪 50 年代信息论的理论框架逐渐形成并开始影响人类社会。首先与信息论结合的专业是自动控制、通信和计算机, 随后是生物、机械、经济、管理、地理、建筑等几乎所有的学科领域。随着计算机运算能力的不断提高, 信息技术总是伴随计算机应用向各个领域渗透。由于计算机与信息处理有不可分割的关系, 有些人常常误认为信息技术就是计算机应用。其实不然, 这两者的关系, 如同材料和工具的关系。信息作为一种资源, 是被加工的材料, 计算机是处理信息的工具。信息技术与任何领域的结合都不能简单地理解为计算机技术在该领域的应用。当信息技术与各个领域结合时, 首先关注的是把该领域的研究对象转变为信息资源时所产生的影响和值得研究的问题, 然后才是如何用计算机对它们进行处理。本书主要讨论电气工程和信息技术结合所产生的理论问题和技术问题, 而应用背景是电力、制造、电子等企业的信息系统。

本书共分为 9 章, 第 1 章绪论, 主要介绍信息、信息论、电力信息技术的基本概念。第 2 章预备知识, 讨论学习电气信息技术所需要的基础, 包括自动控制、计算机网络和通信、数据库、计算机软件、管理工程等方面的内容。本书不可能全面讲述有关学科的全部知识, 仅介绍学习本课程必须要掌握的知识, 如果读者已经学习过有关课程, 就具备了这样的知识; 对于没有学习有关课程的读者, 我们只希望他们掌握和理解第 2 章讲的内容就可以了, 而不要求他们从头系统地学习有关的学科知识。第 3 章到第 8 章是本书的主体, 比较系统地讨论了信息采集、信息传输、信息管理、信息集成、信息分析和决策、信息系统规划和安全等 6 个方面的理论问题和技术问题。第 9 章结合电力行业的实践介绍了目前电力行业正在使用的信息系统。

本书由东南大学夏安邦教授编写。博士生喻洁编写了第 9 章 15 万字的初稿, 并提供了很多有用的资料, 促进了本书与电力信息系统的结合。本书由华北电力大学郑顾平担任主审, 并提出了许多宝贵意见, 在此表示衷心的感谢。另外, 本书在编写过程中得到了东南大学电气工程系和东南大学教务处的支持, 在此也表示衷心的感谢。

最后特别感谢国家 863 计划 CIMS 主题的专家和长期研究企业信息化的专家, 为本书提供了大量的编著资料。

由于信息技术处在迅速发展之中, 与信息技术密切相关的计算机技术、网络和通信技术、管理工程等也在不断发展, 尽管我们在编写本书时尽量吸收了有关技术的最新成果, 但

是本书实际上不可能为电气信息技术的内容打上句号。此外，本书企图包含的最新成果是否能够经受住时间的考验，也还需要读者在今后的工作中把握。本书作者根据自己 20 年来对信息系统的研究和参与企业信息系统建设的经验，本着从无到有的想法编写了本教材，力求勾画出电气信息技术学科基础的轮廓。限于编者的水平和经验，书中的不足和疏漏在所难免，希望广大读者和专家不吝赐教。联系地址：abxia2004@yahoo.com.cn。

夏安邦

2006 年 8 月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 基本概念	1
1.2 电力信息化工程	6
1.3 电气信息技术	13
1.4 本课程的目标和任务	17
小结	17
复习思考题	18
第2章 预备知识	19
2.1 自动控制	19
2.2 计算机网络和通信	30
2.3 数据库系统	41
2.4 计算机软件	58
2.5 企业管理工程	71
小结	78
复习思考题	79
第3章 信息采集	81
3.1 信号测量	81
3.2 传感技术	95
3.3 现场数据采集	106
3.4 电磁兼容	116
3.5 其他信息的采集	124
小结	130
复习思考题	131
第4章 信息传输	132
4.1 数据通信	132
4.2 接口和接口电路	137
4.3 信号转换	149
4.4 数据链路控制	151
4.5 工业网络总线	156

4.6 无线传输技术	162
小结	169
复习思考题	170
第5章 信息管理	171
5.1 管理模型和管理流程	171
5.2 业务体系和信息系统	175
5.3 信息模型和数据库	181
5.4 功能模型	189
5.5 业务流程管理	199
小结	206
复习思考题	206
第6章 信息集成	207
6.1 系统集成和信息集成	207
6.2 异构数据库的集成	213
6.3 数据交换格式	220
6.4 基于Web服务的集成	226
6.5 企业应用集成 EAI	241
6.6 制造网格	246
小结	250
复习思考题	250
第7章 信息分析和决策	252
7.1 决策的概念	252
7.2 模型和模型库	254
7.3 系统建模	259
7.4 时间序列分析	266
7.5 人工智能和知识管理	270
7.6 决策支持系统	282
小结	285
复习思考题	285
第8章 信息系统的规划和安全	287
8.1 信息系统规划	287
8.2 系统设计	292
8.3 信息安全和保密	298
8.4 通信与网络安全	304
8.5 软件质量管理	307

小结	314
复习思考题	314
第9章 电力信息系统	315
9.1 电力供应链	315
9.2 处理现场信息的系统	318
9.3 处理管理信息的系统	332
9.4 处理工程信息的系统	341
9.5 处理社会信息的系统	348
小结	359
复习思考题	360
参考文献	361

第1章 绪 论

1.1 基 本 概 念

20 世纪 50 年代信息论的理论框架逐渐形成并开始影响人类社会。首先与信息论结合的专业是自动控制、通信和计算机。到了 20 世纪后期,随着计算机运算能力的极大提高,信息技术伴随计算机技术一起向各个领域渗透。由于计算机与信息处理有不可分割的关系,以至于一些人误认为信息技术就是计算机技术;其实不然,这两者的关系,如同材料和工具的关系。信息作为一种资源,是被加工的材料,计算机是加工信息的工具。信息技术与任何领域的结合都不能理解为计算机技术在该领域的应用。当信息技术与各个领域结合时,首先关注的是把该领域的研究对象转变为信息资源时所产生的影响和值得研究的问题,然后才是如何用计算机对它们进行处理。电气信息技术是从信息论的角度研究电气工程的技术框架所发生的变化,而不是单纯地介绍计算机技术在电气工程中的应用。

1.1.1 信息和信息论

1. 信号、数据和信息

信号是传递消息的一种方式或者媒介。以技术语言描述,信号是通过信道传输的一种信息载体,是消息的基本组成部分。在电气系统和通信系统中,载负信息的电流、电压、无线电波等的物理量称为电信号,简称为“信号”。任何通信方式均须由信号载荷信息,经不同的频率变换、调制或编码成适当的形式,以适于各种不同信道的传输。

数据是指任何描述物体、概念、情况或形势的文章、图形、声音、数字、字母和符号。数据可以在物理介质上记录、保存或传输,并通过外围设备被计算机接收,经过处理而获得结果。数据是信息的载体,约定是数据传递信息的基础,没有约定的数据是一组不能表达信息的符号,在技术上被称为乱码。

信息是一个广泛而抽象的概念,是世界上一切事物状态和特征的反映和描述形式。信息普遍存在于自然界、人类社会、人们的认识及思维过程中。人们通过约定描述信息,通过感官获得信息,通过信息区别不同的事物及其变化。从应用的角度看,信息就是消息,是人类交流思想、情感、意见的基本工具。信息需要三个条件才能发生作用,即约定、发出者和接收者。它们被称为信息作用的三要素。约定是联系信息发出者和接收者或者使接收者达成共识的纽带,没有约定人们无法相互理解和沟通,也就无所谓信息。信息需要依附在其他物质上才能存在和传播,这些物质称为信息的载体。信号和数据是本书所讨论的主要信息载体。由于信息及其载体具有共生性,如果没有特别说明,本书并不强调信号、数据和信息的区别。一般来讲,当涉及信息采集、传播和通信时本书使用“信号”表达信息,当涉及信息管理、处理和决策时本书比较多地使用“数据”来表达信息。

2. 信息论

研究信息的产生、获取、变换、传输、存储、处理及应用的学科叫信息论。信息论是 20 世纪中叶从通信问题中总结和开拓出来的理论。它以通信系统的信息传输问题为主要研究对象,研究通信系统的数学规律及最佳工作规律。信息论是概率论与随机过程和通信技术

相结合的交叉学科。学术界认为信息论的奠基之作是 1948 年香农 (Shannon) 的《通信的数学理论》。现在信息论已经伸展到各个学科,而成为一门基础科学。电气信息技术就是电气技术和信息论结合而产生的一门新学科。

信息论的研究范围可以划分为三个层次:

(1) 狭义信息论,以编码理论为中心,主要研究信息系统模型、信息的量度、信道容量和编码理论。

(2) 一般信息论,主要研究通信问题,包括噪声理论、信号滤波及预测、信息调制及处理等。

(3) 广义信息论,主要研究以计算机信息处理为中心的信息处理的基本理论,包括语言、文字的处理,图像识别、学习理论等及其各种应用。

3. 信息的性质

在科学技术活动中,不同的学科领域对信息的理解有所不同。在通信领域,认为信息是附加在数据上的一种约定;在管理学界,信息是管理活动的特征、发展情况的情报和资料的统称;在信息管理学领域,信息是表达客户决策活动和业务过程的数据;而对于哲学家来说,信息是事物存在方式和运动状态的表现形式。

在抽象概念上信息具有以下性质:

(1) 表达性,不能表达事实的符号不是信息,没有任何价值;

(2) 时效性,从信源发出信息到接收者收到信息的间隔越短,使用信息越及时,信息的有效性越强;

(3) 等级性,按照管理层次可以分为战略信息、战术信息和作业信息,按照加工深度分为一次信息、二次信息、三次信息;

(4) 价值性,同样的信息对于不同的接受者和使用目的价值是不同的;

(5) 传递性,信息可以传递,正常的传递过程不会让信息减少或者消失;

(6) 共享性,信息可以为所有接收者共享。

4. 信息的度量

信息量是度量信息多少的一个物理量,它从数量上反映具有确定概率的事件发生时所传送的信息多少。信息的度量与它所代表的事件发生的概率有关。哈特莱 1928 年在《信息的传输》一文中提出了对信息的度量方法。对于一个通信系统来说,在收到任何消息之前,接收端所了解的某消息发送的概率称为先验概率;收到某个消息后,接收端所了解的该消息发送的概率叫做后验概率。通信接收(新得到)的信息量,随着先验概率的增加而减少,随着后验概率的增加而增加,通常定义为

$$\text{接收的信息量} = \log \left(\frac{\text{后验概率}}{\text{先验概率}} \right) \quad (1-1)$$

对于式 (1-1),若选择对数的底为 2,则信息量的单位是比特 (bit),这就是目前常用的信息量单位。对于离散信息源而言,如果它可能发出的消息数为 k ,每个消息出现的概率分别是 $p(1), p(2), \dots, p(k)$ 。根据式 (1-1),当没有噪声或其他干扰时,接收端能够准确接受信息,后验概率为 1,那么第 i 个消息出现一次所携带的信息量为

$$\log \frac{1}{p(i)} = -\log p(i) \quad (1-2)$$

假定信息源输出一个有 n 个消息的序列, 把第 i 个消息出现的位置记为 x , 则第 i 个消息将出现 $np[i(x)]$ 次, 于是从第 i 个消息得到总的信息量为

$$I_x = -np[i(x)]\log p[i(x)] \quad (1-3)$$

当信息源发出 n 个消息, n 个消息的总信息量为

$$I_a = \sum_{x=1}^n I_x = -n \sum_{x=1}^n p[i(x)]\log p[i(x)] \quad (1-4)$$

每个消息的平均信息量为

$$I = - \sum_{x=1}^n p[i(x)]\log p[i(x)] \quad (1-5)$$

香农 (Shannon) 把式 (1-5) 表达的平均信息量称为信源的信息熵 H , 即

$$H = - \sum_x p[i(x)]\log p[i(x)] \quad (1-6)$$

式 (1-6) 所得到的信息熵是信源的平均信息量, 它与热力学和统计力学中关于系统熵的计算公式完全一样。但应当指出, 信息熵 H 是代表信源的不确定程度, 而信息量则是排除这种不确定性的程度。两者在数字上相当, 但在含义上有所区别。一个信源, 不论它是否输出符号, 只要这些符号具有某些概率特性, 必存在熵值 H ; 而信息量则只有当信源输出的符号被接收者收到后才有意义。

1.1.2 信息社会

按照《词海》的解释, 信息社会就是后工业社会。后工业社会 (Post Industrial Society) 是西方未来学家及社会学家关于继工业社会之后社会性质的一种理论, 主要代表人物有贝尔 (Daniel Bell) 和布热津斯基 (Zbigniew Brzezinski) 等。他们认为这一社会的特点是大多数劳动力从第一、二产业转向第三产业; 专业人员和技术人员在就业人员中的比重迅速增长; 技术的重大发展主要靠科学家进行理论探索, 而不是靠技术人员的实践经验。认为科学知识正在代替私有制而成为社会阶级结构形成的基础, “脑力劳动” 的优秀人物正在代替资本家。这种理论过于强调科学技术的重要性, 而忽略了生产力与生产关系的辩证关系。但是它预见了信息社会将到来这一客观事实。

21 世纪的人类社会是信息社会, 我们的生活环境是网络经济环境。目前还不能从科学的角度用精辟的语言为信息社会下一个定义, 并把信息社会的特点概括出来, 只能从自己的感受看一看社会正在发生的变化, 以及这些变化对社会生产力产生的影响。第一, 社会信息化进一步缩短了地球的时空。随着交通工具的改进, 特别是飞机的出现和速度提高, 使我们感到地球变小了, 小说中 80 天环游地球的幻想, 现在可以在几十个小时内实现。在信息社会中, 通过互联网我们可以在几分钟甚至更短的时间内, 到地球上自己想去的的地方, 然后返回。因此, 人与人的交往变得十分方便, 知识传播的速度达到高峰, 距离不再是文化、科技和知识交流的障碍。重大事件一发生, 便以光速传播到世界各地。第二, 由于信息共享, 世界已经很少有产品的秘密能保持较长时间了, 特别是在商业上, 新技术或新产品一问世, 其奥秘很快就被揭示出来。新产品独占市场的周期越来越短, 不断创新成为推动企业发展的力量。第三, 由于信息交流和复制太方便、容易, 真的、假的、对的、错的、有用的、无用的信息往往交织在一起, 信息的收集和分析成为十分重要的问题。企业应该有专门的部门或者专门人员进行信息分析, 才能从浩瀚的信息海洋中找到自己的航程。第四, 信息技术成为一门新兴技术, 得到人们空前的关注和飞速

发展,正向世界的各个角落、知识的各个领域渗透。我们必须接受这样的变化,用新的眼光来看这个日新月异的世界。

信息社会对电气工程究竟产生了一些什么影响呢?这些影响可以总结为:信息技术将与电气技术融合在一起,充实电气工程理论体系,完善企业电气化和电力企业自动化的运行模式,目标是通过集成构造企业的创新环境,提高企业的核心竞争力,可以从下面两个方面来分析这个问题。

一方面电气技术作为现代工业和现代社会的支撑技术,它应该支持和适应现代工业和社会的信息化。过去,提高生产能力、扩大生产规模是企业发展的主要手段,电气技术的主要目标是提高工业化和自动化水平。生产能力的提高在降低了产品成本的同时使市场对某种产品的需求很快饱和,使每个企业都感受到同行的巨大压力。随着社会的信息化,科技转化为产品的速度加快,企业的创新能力大大提高,使市场竞争进入到一个新的阶段。扩大生产规模和降低生产成本只能为企业解决一时的困难,不再是企业制胜的法宝;取而代之的是满足市场需求和产品持续创新。电气技术不仅是工业化的基础,而且还应该适应信息社会中企业的发展,核心是支持在企业内部形成创新机制,更具体一点讲就是与其他技术更紧密地结合,为企业构造支持快速开发新产品和参与市场竞争的信息环境。

另一方面,电力系统本身也存在信息化的问题。电气技术与信息技术的结合,促使电气信息工程专业诞生和发展。电气信息工程专业应该研究和支持信息技术对电力系统传统概念的挑战、理论框架的改变和综合技术的应用。近几年在社会信息化浪潮的冲击下,电力系统的经营理念已经在发生变化,如出现了电力市场、电力供应链、需求侧管理、客户关系管理、呼叫中心、商业智能等新概念,信息化使这些概念成为可操作的信息系统。目前电力系统内部已经有各种各样的信息系统,由于没有系统的理论指导,所建立的信息系统实际上是星罗棋布的信息孤岛,不可能构成支持企业持续创新的信息环境。电气信息技术的基本目标是支持企业持续创新。在信息社会中企业最大的利润在于技术的独占或者垄断,电力企业应该利用电气信息技术,构造持续创新的环境,形成自己的核心竞争力。

1.1.3 信息科学

信息科学是研究信息的有关理论、技术与方法的知识体系,亦叫广义信息论。它是在信息论、控制论、计算机技术、仿生学、人工智能和系统工程的基础上发展起来的。信息论和控制论是信息科学的理论基础,仿生学和人工智能是信息科学的重要实现途径,计算机和电子技术是信息科学的基本技术手段,系统工程则提供设计信息处理系统的基本方法。信息科学一词是1973年提出来的。它的任务是研究信息的性质,研究信息的获取、转换、传输、加工、利用和控制的一般规律,设计和制造各种信息处理设备,进而实现部分脑力劳动的机械化、自动化,把人类的智能充分开发出来。

信息科学是研究信息现象及其转化规律的科学。具体地说,信息科学是以信息为基本研究对象,以信息运动过程和转化规律为基本研究内容,以信息科学方法论为基本研究方法,以扩展人的信息处理能力为基本研究目标的科学。信息科学一方面把人类的认知和实践过程作为自己的研究来源,另一方面又利用这些研究成果来增强人们认识世界和优化世界的能力。后者实际已是信息技术的研究范畴。

以信息为主要研究对象,是信息科学区别于一切传统科学的根本所在。

信息科学的研究内容主要包括信息的基础理论和基本原理两个方面。前者主要研究信息

的概念、定义、性质和功能,信息—能量—物质的关系以及信息的描述、分类和度量;后者主要研究信息识别、信息提取、信息变换、信息传输、信息交换与分配、信息存储与检索、信息处理与再生、信息转化和信息反作用(即利用信息实现对系统的调节、控制、优化、适应和学习)等原理。这些范畴中涉及到信息论、控制论和系统论的内容。因此,信息论、控制论和系统论是现代信息科学的三大理论基础。

信息科学的发展历史可以划分为四个阶段:早期信息论、香农信息论、工程信息论、近代信息论或广义信息论。早在1924年奈魁斯特和孔夫谬勒分别发现了电信的传输速率与信道带宽有比例关系,1928年哈特莱推广了他们的思想,给出了信息定量的概念。1945年赖斯发表了《随机噪声的数学分析》一文,应用统计学对噪声进行了定量分析,1948年香农在前人大量工作的基础上,发表了著名的论文《通信的数学理论》,奠定了信息论的基础。后来,香农又发表了10篇论文,提出了保密机制模型,维纳和科尔莫哥洛夫发展了滤波理论、汉明和戈雷等创立了纠错编码理论,费舍尔提出了信号检测和估值理论。这些工作开创了工程信息论的新纪元。20世纪70年代以来,信息科学进入近代信息论的发展阶段,信息社会概念的出现给信息科学提出了新的课题。

首先要拓宽狭义信息的含义和范围:除了进一步研究传统的语法信息之外,还要加强对语义信息和语用信息的研究;除了进一步研究客观信息之外,还要加强对主观信息的研究。其次是需要加强对信息网络和信息系统的研究,强化多种信息应用的集成。第三是促进人工智能的研究,更大程度地利用计算机代替人的脑力劳动,除了按照仿生学概念模拟人的听觉、视觉、触觉、感觉、语言、识别能力等之外,还要进入社会的组织和管理、商品的生产 and 流通,甚至于政治、文化等领域,对这些领域产生影响。

1.1.4 信息技术

信息技术是利用自动控制、电子技术、计算机和通信等手段实现信息的采集、识别、变换、传输、管理、集成、控制、分析和决策等应用技术的总称,是在信息科学的基本原理和方法的指导下扩展人类信息处理功能的技术。其主要支柱是通信(Communication)技术、计算机(Computer)技术和控制(Control)技术,即“3C”技术。

具体来讲,信息技术主要包括以下几个方面:

(1) 感测与识别技术,其作用是扩展人获取信息的感觉器官功能。它包括信息识别、信息提取、信息检测等技术,这类技术的总称是“传感技术”。

(2) 信息传递技术,主要功能是实现信息快速、可靠、安全的转移。各种通信技术都属于这个范畴。

(3) 信息处理与再生技术,信息处理包括对信息的编码、压缩、加密等,在此基础上,还可形成一些新的更深层次的决策信息,这称为信息的“再生”。

(4) 信息管理技术,利用计算机的存储功能保存信息,数据库理论是信息管理的基础。

(5) 信息集成技术,利用分布式计算技术和通信技术实现信息流通和交互,达到信息共享。

(6) 信息使用技术,这是信息过程的最后环节,包括控制技术、预测和决策等。

1.1.5 信息系统

信息系统就是对组织的管理、决策和运行中产生的信息进行收集、传输、处理、存储、检索的一组相互关联的组件。无论社会组织的种类、形式和功能如何,它们都对应一定形式

的信息系统。组织的管理和控制离不开信息、信息的传递及信息处理，信息系统的状况如何，关系到组织全局是否协调一致和组织的整体效率。从商业角度来说，信息系统是用于解决环境提出的挑战性的、基于信息技术的组织管理方案。目前“信息系统”这个词一般特指基于计算机技术的信息系统，是以计算机软件、硬件、存储和通信等技术为基础的人/机系统。

现实中存在大量的信息，客观过程中存在着各种各样的信息系统，能否对这些信息进行有效的科学管理，采用先进的技术手段进行处理，将直接影响客观过程的发展。在计算机出现以前，信息管理工作是由人工来完成的。这种传统的信息处理至今在有些地方仍然有效。然而，在信息量较大、计算比较复杂的情况下，人工处理往往难以胜任，使用机械式的信息处理装置可以替代部分手工劳动。当今的各种活动是在客观条件极为复杂的情况下进行的，涉及的信息量巨大，为制定科学决策需要对大量信息进行复杂的计算和快速处理，人工和机械的信息处理方式已经不再是完全有效的方式。电子计算机的出现，使得信息系统的信息处理逐步实现了自动化。

1973年约瑟夫·哈林顿提出的计算机集成制造的原理极大地推动了信息系统概念的发展，使信息系统从对事务的管理扩展为对全部制造过程所有资源的管理。他认为组织中的各项活动表现为物流、资金流、事务流和信息流的流动，信息流是其他各种流的表现，又对其他流具有控制和协调的作用。为了管理这种信息流，需要建立信息系统。组织可以通过信息系统来指挥各种活动。信息系统通常由输入、处理、输出、反馈四个部分组成，具有信息采集、存储、加工处理、传输、输出、人机交互等基本功能。在信息系统发展过程中，先后出现过电子数据处理系统、事务处理系统、管理信息系统、决策支持系统、人工智能系统等类型，在实际的组织中信息系统还可以分成为不同管理层次（例如战略层、管理层、执行层）和不同职能领域（例如生产、销售、采购等）服务的子系统。

1.2 电力信息化工程

1.2.1 信息化工程

1. 信息化的概念和内涵

从不同角度看，信息化有着不同的表述。从社会发展来看，信息化是指在信息技术革命的驱动下，由工业社会和工业经济向信息社会和知识经济发展或演变的过程；从生产力发展来看，信息化是指发展以网络化、智能化工具为代表的新生产力；从涉及范围来看，信息化是指信息技术对各行各业、各个领域、各个层面的渗透、交叉和融合。我们

可以从五个方面来理解信息化的内涵，如图1-1所示。

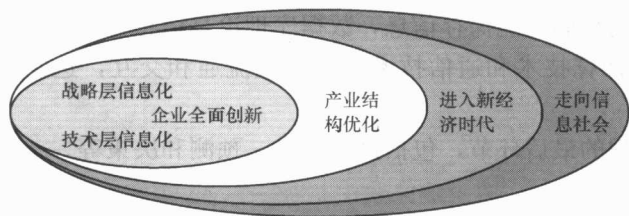


图 1-1 信息化的广义内涵

(1) 信息化是社会发展的新阶段，这是从社会发展的最高层次认识信息化，它概括了信息化的全部内涵。

(2) 信息化是经济发展的新形态，经济是社会的基础，经济

的转型是推动社会发展转型的前提和条件,而信息技术革命又是经济发展转型的原动力。

(3) 信息化是产业发展的新结构,经济是由产业构成的,产业结构的创新与优化是经济转型的内在原因。在信息技术革命推动下,一方面催生了信息产业等新兴产业,成为新的主导产业或支柱产业;另一方面,用信息技术等高新技术改造和提升传统产业,实现了信息化和知识化,成为新经济的重要组成部分。

(4) 信息化是企业创新发展的新途径,新时代企业面临更加严峻的挑战,惟有创新才有发展。今天的企业创新是全方位、整体性的,而信息化就是企业创新的整体解决方案。

(5) 信息化是信息技术广泛应用的概括称谓,主要有产品信息化、企业信息化、产业信息化、国民经济信息化、社会生活信息化。

2. 企业信息化的要点

企业信息化是指信息法人利用现代信息技术,开发企业信息资源,调动人力资源信息潜能,并建立与之相适应的组织模式,推进企业现代化,提高企业的经济效益和竞争力的过程。企业信息化的要点如下:

(1) 信息法人是主体。在信息社会中法人的内涵将发生变化:作为一种组织,将会出现虚拟化,其中人员、场所可能是不固定的,其人员通过国际互联网可以联系到世界各地,其地址将仅仅是一个网址,称这样的法人为信息法人;在法人的独立财产方面,信息法人的财产不拘泥于物质形态的资产,更大比重的资产将是无形资产——信息。

(2) 现代信息技术是基础。信息技术是应用信息科学的原理与方法来研究同信息有关的技术的统称。具体是指有关信息的产生、检测、变换、存储、传递、处理、显示、通信等技术(提取、传递、处理)和计算机技术(存储、分析、控制)。

(3) 以信息为战略资源。知识经济时代,信息和知识将成为经济活动的战略资源。企业信息化也就是逐步以信息为战略资源的过程。

(4) 调动人力资源的信息潜能是关键。进入信息社会以后,在信息化企业中将成为信息人。信息人就是能够使用和维护先进的信息技术,对信息资源做出科学的判断,并实施创造性开发利用使信息增值的劳动人。信息人力资源是信息资源的重要载体。

(5) 建设学习型组织。“学习型组织”就是一种适应企业信息化的组织模式。这种组织模式既注重个人潜能的挖掘,又强调团队精神的发挥,同时要求企业的每一个成员都要不断学习,以适应不断变化的外部环境。

(6) 企业信息化的方向是构造创新环境,提高竞争力。企业信息化的根本动力是生产力的蓬勃发展,信息法人实行企业信息化的目的就在于通过集成构造企业创新的环境,增强企业市场竞争力,使企业经济效益大幅度提高。

(7) 企业信息化是一个过程。企业信息化的范围很大,不可能一步到位、全面实施。每个企业要根据自身的需求来规划企业信息化进程,在总体规划下分步实施。企业内部和外部环境不断变化,对企业信息化会不断提出新要求,随着技术和实践的发展,企业信息化的模式也在发展变化,由此决定了企业信息化是一个动态的发展过程。

3. 企业信息化的建设内容

企业信息化建设的基本内容(以制造企业为例)在技术上包括五个方面:

(1) 工程设计信息化。它包括产品的市场分析、方案设计、技术设计、工艺设计、市场营销四个阶段的信息化,涉及到基础技术、主体技术、支撑技术和应用技术四个层次。通过信息化使

传统的工程设计技术转变为现代设计技术。其主要特点是：设计过程数字化；设计过程自动化和智能化；动态多变量优化和多目标优化；网络化并行设计和协同设计；虚拟设计与仿真；面向集成制造和分布式经营管理的设计方法；微机电系统的设计；面向生态环境的绿色设计等等。

(2) 经营管理信息化，主要有面向决策过程的管理，如决策支持系统 (DSS)、数据挖掘技术 (DM)、在线数据分析技术 (OLAP) 以及专家系统 (ES) 等；面向经营管理，如制造资源计划 (MRPII)、企业资源计划 (ERP)、供应链管理 (SCM)、经营流程重组 (BPR) 等；面向质量管理，如全面质量管理 (TQM)、质量功能配置 (QFD)、在线质量检验、质量认证、可靠性技术等；其他管理，如办公自动化 (OA)、虚拟企业管理等。

(3) 生产制造信息化，主要有物料处理的信息化，如材料生产过程自动化、计算机辅助工艺规划 (CAPP)、计算机辅助装配、精密和超精密加工、特种加工等过程的信息化；生产过程管理与控制，如车间管理与控制、计算机数字控制 (CNC)、柔性制造系统 (FMS)、检测监控系统等；其他，如快速原型制造、虚拟制造 (VM) 等。

(4) 商务活动信息化，主要有电子商务 (EC)、客户关系管理 (CRM)、电子数据交换 (EDI) 等。

(5) 支撑环境信息化，企业内部网 (Intranet)，含网络、数据库；企业间网 (Extranet)；互联网络 (Internet) 等；还有相关的软环境。

4. 企业信息化的关键技术

(1) 三维 CAD 技术。CAD 是设计人员在计算机系统的辅助下，根据产品的设计、制造程序进行设计的技术，是传统设计方法与计算机技术的有机结合。设计人员通过人一机交互操作方式进行产品构思，产品总体设计，技术设计，零部件设计，零件的强度、刚度、热特性的分析计算和零件加工信息（工程图样或数控加工信息等）的输出，以及技术文档和有关技术报告的编制等。CAD 系统一般分为二维 CAD 系统和三维 CAD 系统。

(2) 现代企业管理与电子商务技术。现代管理技术在资源集成、信息集成、功能集成、过程集成和企业间集成的基础上，在集成化管理与决策信息系统的支持下，通过全面、合理、系统地管理企业和生产过程，最大限度地发挥企业内外部资源、技术和人员的作用，大幅度提高企业经济效益和市场竞争力。

网络时代，电子商务充分利用新型通信方式来传递信息，通过面向客户和配件供应商的网络化和数字化服务，将合作伙伴、配件供应商、客户和企业连接起来，实现即时信息共享，提高企业内外部的管理效率和质量。

(3) 流程工业 MES 技术。制造（生产）执行系统 (MES) 是流程工业企业综合自动化系统 ERP/MES/PCS (Process Control System) 框架结构中的关键层，其纽带作用及与上下层的连接关系对综合自动化系统是非常重要的。MES 系统向上连接 ERP、SSM (Sales Service Management)、SCM 等模块，横向连接 P/PE (Product/Process Engineering) 等模块，向下连接控制层，处于核心地位。

(4) 信息系统集成技术。企业信息系统的核心是集成，就是通过接口实现不同功能系统之间的数据交换和功能互连。集成意味着通过连接所有必须的系统和异构功能实体来方便跨越组织界限的信息流、控制流和物料流的传递，目的是改进企业内部的通信、合作与协调，从而将企业组成一个协调的整体，达到提高生产效率、柔性和管理能力的目的。

(5) 网络化制造技术。网络化制造是指制造企业利用网络技术开展产品设计、制造、销

售、采购和管理等一系列活动的总称。其核心是利用计算机网络,特别是 Internet,跨越不同企业之间存在的空间差距,通过企业之间的信息集成、业务过程集成和资源共享,对企业开展异地协同设计制造、网上营销、供应链管理等提供技术支撑环境和手段,实现产品商务的协同、产品设计的协同、产品制造的协同和供应链的协同,从而缩短产品的研制周期,降低研制费用,提高整个产业链和制造群体的竞争力。

(6) 数控装备技术。数控机床是第三次产业革命的重要内容,它不但是机电工业的重要基础装备,还是汽车、石化、电子和现代医疗装备等产业现代化的主要手段。高效的数控机床给制造业带来了现代化的生产方式以及高倍率的效益增长,这是促进国民经济发展的巨大源动力。特别是数控技术在制造业的扩展与延伸所产生的辐射作用和波及效果,足以给机械制造业的产业结构、产品结构、制造方式及管理模式等带来深刻的变化。数控装备技术的发展趋势是:高速、高效、高精度和高可靠性;五轴联动加工和复合加工机床;智能化和网络化;虚拟轴机床;新的技术标准与规范。

1.2.2 信息集成的哲理

1973 年美国的约瑟夫·哈林顿 (Joseph Harrington) 博士针对企业所面临的激烈市场竞争提出了一种组织企业生产的哲理,后来大家称之为计算机集成制造 CIM (Computer Integrated Manufacturing) 的哲理。CIM 哲理的基本观点主要为如下两条。

(1) 系统论:企业的各种生产经营环节不可分割,需要统一考虑;

(2) 信息论:整个制造或生产过程实质上是信息的采集、传递和加工处理的过程。

这两个基本观点紧密联系在一起,表达了企业信息化的基本原理。如果把第一个观点用信息集成来表达,那么企业信息化的主要内容就可以概括为生产信息的采集、管理、传递、加工处理和集成。CIM 是用全局观点(系统的观点)对待企业的全部生产经营活动,包括市场分析、接受订单、产品设计、生产计划、生产管理、加工制造、质量控制、销售和售后服务等。传统的电气工程研究对象是与电有关的一切技术,包括强电和弱电,目标是降低成本和提高劳动生产力。随着社会的发展和变化,信息技术向电气工程渗透,电气信息技术就是以信息论的观点,重新审视和修订传统电气工程的理论体系,使它符合信息社会的要求。

如果企业还是以扩大生产规模而不管市场需求作为主导思想,那就不符合 CIM 哲理。企业追求的目标应该是全局优化和最高利润,而不仅是生产了多少产品。众所周知,如果企业生产的产品不被市场接受,生产出来的产品卖不出去,那么生产越多亏本越多。信息集成是支持企业全局优化,提高利润的重要手段。今天信息技术的发展使企业按照 CIM 哲理组织生产成为可能。信息集成主要是通过计算机技术(包括硬件、软件)、企业流程重组、企业管理和数据的规范化来实现的。因此,CIM 的通俗解释是“以计算机为工具,通过信息集成实现现代化的生产制造,求得企业的总体效益”。在信息社会中,企业想求得生存和发展,想在日益激烈的市场竞争中立于不败之地,就要用 CIM 哲理组织生产。要达到企业的全局优化,不仅要正确对待加工制造过程的自动化问题,实现设计过程、管理和决策过程信息化,更加重要的是企业文化、思想观念、运行机制、管理体制都必须作相应的深刻变革。因此,CIM 哲理是一种组织现代生产的哲理。

1.2.3 电力企业信息信息的分类

1. 根据信息来源分类

把电力的生产过程和使用过程转化为信息处理过程,首先要研究如何定义和采集包括电