



普通高等教育“十五”国家级规划教材

工程测试技术

华中科技大学 康宜华 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TB22

11

普通高等教育“十五”国家级规划教材

工程测试技术

主 编 康宜华
参 编 武新军 何岭松
主 审 史铁林



机械工业出版社

本书总结了编写者多年的教学经验和教学研究成果,主要介绍了信息论的基本内容、信号的分类和时频域分析方法、各种典型传感器的原理及其应用技术、工程测试信号的处理技术等内容,最后用7个工程案例对全书知识重点进行了综合和应用分析,具有实战价值。

本书可作为高等工科院校相关专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

欲获得与本教材相关的网络资源,请访问精品课程网址:<http://202.114.4.28/jpkc/gcesjs/index.htm>。

图书在版编目(CIP)数据

工程测试技术/康宜华主编.—北京:机械工业出版社,2005.5
普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 7-111-16564-0

I.工… II.康… III.工程测量—高等学校—教材 IV.TB22

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第049085号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:邓海平

责任编辑:闫晓宇 版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:洪汉军

北京原创阳光印业有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年7月第1版第1次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·12.25印张·303千字

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

当今社会已逐步进入信息化时代，信息科学和技术成为 21 世纪重大科技领域之一。测试技术不仅在科学发现中发挥重大作用，而且已渗透到我们日常生活的方方面面，如 IC 卡智能水表、楼宇安防系统等。工程测试技术则涉及到工业生产的各方面，应用范围广阔。

在本科教学中，工程测试技术得到了广泛重视，成为各高校的专业基础课和必修课程，也是按大类招生后机械大类的专业平台课程。根据专业和教学特点的不同，许多出版社先后组织出版了多种教材。本教材结合现代最新技术，经过多次教学实践和教学改革后形成，沉淀了近 20 年的教学经验和成果。20 世纪 90 年代中期，随着计算机多媒体技术的普及和应用，康宜华教授、史铁林教授应用多媒体技术开展了基于 PowerPoint 的多媒体教学法研究，建立了多媒体电子教案，使教学内容、手段和方法提升到新的台阶。20 世纪 90 年代后期，Internet 开始普及时，何岭松教授应用国家攀登计划项目“Java 设备远程监测技术”的研究成果，建立了“工程测试技术基础网上虚拟实验室”，取得了良好的教学效果，获得了国内外的高度评价。进入 21 世纪，虚拟仪器技术开始进入实验教学领域，何岭松教授将承担国家自然科学基金项目的研究成果转化为教学资源，开发出以拥有自主知识产权的可重构虚拟仪器技术为基础的测试技术创新实验室。长期的教学实践，使得这门课程的教学日臻完善，也逐步形成了特色。

本书所有编者根据自己在故障诊断、无损检测、工程测控等领域的丰硕研究成果，提出了以工程案例和实验为主线的测试技术教学法，建立了计算机化、可视化、实验化测试技术课程实践教学体系。这些教学改革取得了良好的教学效果，并获得好评。“工程测试网上虚拟教学的研究与实践”1998 年获华中科技大学教学成果一等奖；“机械工程测试技术课程网络化教学探索”2001 年获国家级教学成果二等奖；工程测试技术课程两次获湖北省优质课程，2003 年又被评为湖北省精品课程。本教材充分总结了这些成果。

工程测试是实践性较强的课程。本教材在阐述基本原理的同时更注重实践技术的传播，追求通俗易懂，强调分析问题和解决问题的能力，因此例题和案例分析较多。本教材在内容上未追求“广而全”，而是根据我们的教学体会，精讲了一部分内容、概述了一部分内容、又放弃了部分内容，让学生有更多的空间去思考和探究。

本教材第 1、2 章由康宜华教授编写，第 3 章由武新军副教授编写，第 4、5 章由武新军副教授和康宜华教授合作编写，第 6 章由何岭松教授和武新军副教授合作编写，全书由康宜华教授统稿，史铁林教授审稿。电子教案内容由何岭松教授主要完成，康宜华教授、武新军副教授、王俊峰高级工程师、朱文凯工程师、喻红工程师等参加了部分的工作。

在教材编写和教学研究中，始终得到了杨叔子院士、卢文祥教授、杜润生教授的指点和帮助，课程建设得到华中科技大学教务处的一贯支持，教材的出版获得机械工业出版社的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于该课程的教学仍在不断改革和发展之中，教材编写和内容有不妥和不足之处，恳请各位读者批评指正。有什么问题和建议，请发电子邮件至：wxjkyh@263.net。

欲获得与本教材相关的网络资源，请访问精品课程网址：<http://202.114.4.28/jpkc/gccsjs/index.htm>。

编 者
于华中科技大学

目 录

前言

第 1 章 绪论	1	3.2.4 光敏电阻	52
1.1 课程内容	1	3.2.5 磁敏电阻	53
1.2 信息论	3	3.2.6 气敏电阻	54
1.3 信息	4	3.3 电感式传感器	55
1.4 信息量	7	3.3.1 可变磁阻式	55
1.5 信息获取	7	3.3.2 涡流式	57
1.6 工程测试技术的发展	11	3.3.3 互感式	58
1.7 本教材的学习方法	14	3.4 电容式传感器	59
第 2 章 信号分析基础	15	3.4.1 极距变化型	60
2.1 信息的分类	15	3.4.2 面积变化型	61
2.1.1 确定性与非确定性信号	15	3.4.3 介质变化型	61
2.1.2 能量信号与功率信号	18	3.5 压电式传感器	62
2.1.3 时域有限信号与频域有限信号	18	3.5.1 压电效应及压电传感器	62
2.1.4 模拟与数字信号	18	3.5.2 电荷放大器	64
2.1.5 因果与非因果信号	19	3.6 磁电式传感器	65
2.2 信号分析中的函数和运算	19	3.6.1 动圈式	66
2.2.1 信号分析中的常用函数	19	3.6.2 磁阻式	66
2.2.2 信号分析中的运算	22	3.7 半导体传感器	67
2.3 时域分析方法	25	3.7.1 霍尔元件	67
2.3.1 统计分析	25	3.7.2 光电池	71
2.3.2 波形特征量分析	30	3.7.3 光电管	72
2.4 信号的频域分析方法	31	3.7.4 PSD 光传感器	72
2.4.1 MATLAB 简介	32	3.8 数字式传感器	73
2.4.2 周期信号的频谱分析	32	3.8.1 光电开关	73
2.4.3 非周期信号的频谱分析	34	3.8.2 光栅传感器	74
2.4.4 卷积定理和帕斯瓦尔定理	38	3.8.3 光电式脉冲编码器	76
2.4.5 采样信号的 FT 和采样定理	40	3.8.4 固态图像传感器	77
2.4.6 离散傅里叶变换及其快速算法	42	3.8.5 磁栅传感器	79
第 3 章 传感器原理及应用基础	45	3.8.6 感应同步器	81
3.1 引言	45	3.8.7 旋转变压器	82
3.1.1 传感器的定义和组成	46	3.9 流量传感器	83
3.1.2 传感器的分类	46	3.9.1 容积式流量计	84
3.2 电阻式传感器	47	3.9.2 压差式流量计	84
3.2.1 变阻器式	47	3.9.3 涡流流量计	86
3.2.2 应变式	48	3.9.4 电磁流量计	87
3.2.3 热电阻式	50	3.9.5 超声流量计	88
		3.10 生物化学传感器	90

3.10.1	离子选择性电极	90	5.6	DSP 应用系统设计	150
3.10.2	气体传感器	91	5.6.1	DSP 应用系统的设计过程	150
3.10.3	生物传感器	92	5.6.2	DSP 应用系统的开发工具	152
3.10.4	生物化学传感器的发展前景	95	5.6.3	DSP 芯片的发展	152
3.11	其他类型传感器	96	5.6.4	DSP 的典型应用	153
3.11.1	热电偶	96	第 6 章 工程测试案例分析		155
3.11.2	热辐射温度传感器	97	6.1	引言	155
3.11.3	光纤传感器	99	6.2	轴心轨迹测量	156
3.11.4	IP 传感器	101	6.2.1	问题的提出	156
3.12	总结	104	6.2.2	测量方法	156
3.12.1	传感器的特性指标	104	6.2.3	讨论	159
3.12.2	传感器的选用	105	6.3	桩基应力波检测方法	159
3.12.3	传感器的新发展	108	6.3.1	问题的提出	159
第 4 章 模拟信号处理		110	6.3.2	桩基应力波反射法检测原理	160
4.1	概述	110	6.3.3	讨论	162
4.2	信号的放大	111	6.4	楼宇安防系统	163
4.3	电桥	112	6.4.1	问题的提出	163
4.3.1	电桥的变换原理	113	6.4.2	SAS 的构成	163
4.3.2	电桥的基本特性	113	6.4.3	讨论	166
4.4	调制	115	6.5	IC 卡智能水表	166
4.4.1	幅度调制	115	6.5.1	问题的提出	166
4.4.2	频率调制	118	6.5.2	工作原理	166
4.5	滤波	121	6.5.3	讨论	168
4.5.1	滤波器分类	121	6.6	测试技术在汽车安全气囊中的应用	168
4.5.2	理想滤波器	122	6.6.1	问题的提出	168
4.5.3	实际滤波器	124	6.6.2	机械式安全气囊	168
第 5 章 数字信号处理		128	6.6.3	电子式安全气囊	169
5.1	概述	128	6.6.4	讨论	171
5.2	A/D 和 D/A 转换	129	6.7	气体温度测量	171
5.2.1	A/D 转换	129	6.7.1	问题的提出	171
5.2.2	D/A 转换	134	6.7.2	测量方法	172
5.2.3	采样频率的选择	136	6.7.3	讨论	174
5.3	数字信号处理的窗函数	138	6.8	计算机虚拟仪器技术	174
5.3.1	信号的截断及能量泄漏	138	6.8.1	虚拟仪器的概念	174
5.3.2	常用窗函数	139	6.8.2	虚拟仪器的构成	176
5.4	数字信号滤波	142	6.8.3	虚拟仪器典型单元模块	179
5.4.1	数字滤波器	142	6.8.4	常用的虚拟仪器开发系统介绍	181
5.4.2	数字滤波器与模拟滤波器比较	143	6.8.5	虚拟仪器的前景	183
5.4.3	数字滤波器的实现	144	习 题		185
5.5	数据压缩	146	参考文献		190



第 1 章

绪 论

1.1 课程内容

在学习这门课时，首先应该了解本课程的基本内容和范畴。在网上检索一下，可以找到很多相关的词条：系统测试、集成测试、软件测试、通讯测试、犯罪心理测试、精密测试、动态测试、光电测试等等，那么，工程测试技术讲述哪方面的内容呢？它包括下列三个层次的内容。

首先，本课程是通常意义即广义的测试。测试是具有试验性质的测量、为确定被测对象量值而进行的实验过程。在这里，试验是对未知事物的探索性认识过程，因此测量是一个动态过程，而非静止现象。测试是研究客观事物变化规律的方法（手段），是从客观事物中摄取有关信息的认识过程，它运用专门的设备，通过合适的实验方法和必要的数据处理，求得所研究的有关信息的量值。测试也是人类认识自然、掌握自然规律的实践途径之一，是科学研究中获得感性材料、接受自然信息的途径，是形成、发展和检验科学理论的实践基础。测试属于信息科学范畴，因而被称为信息探测工程学，与信息论、信息、信息量和信息获取等密切相关。

其次，本课程研究的是工程问题，是以传感器为基础的一类工程测试，它与用游标卡尺进行的尺寸测量和软件测试等有着区别。工程测试通常以研究动态的物理量为主，即该物理量是随时间或空间坐标而变化的量，不同于物体的长、宽、高、体积、重量等量值，后者的大小不会因时间的改变而变化，是一类静态的物理量。

再次，本课程侧重于技术的介绍，讲究的是实际应用，因而追求的是理论和方法的理解和运用，不希望出现深奥的理论。

下面先看一例，从中体会工程测试技术的内涵。

例 1-1 汽车 ABS 系统

随着世界和我国汽车工业的迅猛发展,行驶的安全性日益成为人们选购汽车的重要依据。目前广泛采用的防抱死制动系统(简称 ABS, Anti-Lock Brake System)使人们对安全性要求得以充分的满足。

在没有 ABS 时,如果紧急刹车,刹车片将抱死车轮,这会产生:①轮胎与地面是滑动摩擦,而汽车的制动力来自于轮胎与地面的摩擦力,因滑动摩擦系数小于静滑动摩擦系数,刹车的距离会变长;②前轮抱死时,前轮赖以转向的地面附着力已达极限,转动方向盘虽然带动车轮转动,但汽车仍会沿原来的方向滑行,这样,即使转动方向盘,一旦前方有障碍,也无法避免与之相撞;③如果后车轮被抱死拖滑,车轮犹如“浮在”地面上,此时如有侧向力作用,汽车极可能发生“甩尾”,严重时导致“激转”。

ABS 通过控制刹车油压的收放对车轮进行控制,工作过程是抱死-松开-抱死-松开的循环,使车辆处于临界抱死的间隙滚动状态。车轮在地面上是滚动而非滑动,概括起来 ABS 的优点如下:

- 1) 制动时保持方向稳定性;
- 2) 制动时保持转向控制能力;
- 3) 缩短制动距离;
- 4) 减少轮胎磨损;
- 5) 减少驾驶员紧张情绪。

1. ABS 的基本组成

ABS 都是由传感器、电子控制器和执行器三大部分组成,如图 1-1 所示。其中传感器主要是车轮转速传感器,执行器主要指制动压力调节器。车轮转速传感器是 ABS 中最主要的一个传感器,常简称为轮速传感器,其作用是对车轮的运动状态进行检测,获得车轮转速(速度)信号。电子控制器的主要作用是接收轮速传感器等输入信号,计算出轮速、参考车速、车轮减速度、滑移率等,并进行判断、输出控制指令,控制制动压力调节器等进行工作。制动压力调节器是主要执行器,其作用是接受电子控制器的指令,驱动调节器中的电磁阀动作,调节制动系的压力,使之增大、保持或减小,实现制动系压力的控制功能。制动压力调节循环的频率可达 3~20Hz,各制动轮缸的制动压力能够被独立地调节。

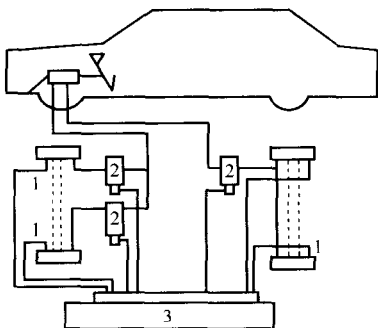


图 1-1 ABS 工作原理
1—车轮速度传感器 2—压力调节器 3—电子控制器

随着汽车性能要求的提高,在 ABS 的基础上又发展出电子制动力分配(简称 EBD, Electric Brake-force Distribution)和电子稳定程序(简称 ESP, Electronic Stability Progsam)等技术,使得车辆行驶更加安全可靠。

2. 历史回顾

制动防抱死系统的实用始于 20 世纪 40 年代,首先用在火车上,20 世纪 40 年代末成功地应用在飞机上。早期系统大多是机械的,利用惯性飞轮探测车轮是否抱死,减少制动力。20 世纪 50 年 ABS 开始应用于汽车工业。20 世纪 60 年代开始在 ABS 中应用电磁传感器探测车轮转速,其他部分为复杂的机械系统,不经济,所以处于进退两难的境地。

20世纪70年代,电子技术的迅速发展为ABS的发展打下了坚实的基础。20世纪70年代初期,ABS制造厂家采用分离元件的电子电路,到了中期ABS开始应用大规模集成电路,到了末期微处理器被引入了ABS中。

20世纪80年代以后,ABS在技术上得到了很大发展,体积逐步减小,重量逐步减轻,控制和诊断功能不断增强。ABS液压控制系统和控制器与控制阀体集成为一体,控制器已普遍采用以16位微处理器为核心的单片机,同时采用通用的诊断协议接口。

20世纪90年代,ABS进一步简化结构、提高性能、降低成本,并以此为基础作为必备的安全装备在各种不同车型上广泛采用。到目前为止,在时装行业里流行的是“less is more(越少越精致)”,而在汽车行业里流行的则是“more is more(越多越精致)”,ABS已是新车的标准配备。

从这一例中我们不难发现,在工业化或民用工程中,传感器和测试技术有时是某一系统的关键性问题。ABS如果没有了测速传感器,其他工作也就失去了灵魂和方向。

另一方面,现代工业往往是许多领域技术的集成,如机、电、液、气的一体化,是相辅相成、相得益彰的,不能有偏废。正如这门课程的学习,涉及到多方面的知识,没有“哪个更重要”,而是“每个都需要”。

最为显著的是,计算机技术的突飞猛进,带来各行业技术的超速发展。信息技术已成为不仅是工业,而且是日常生活中不可或缺、密不可分的组成成份。

1.2 信息论

信息论(Information Theory)和信息的研究是一个探索的过程。由于其发展速度很快,加之认识的不断深入,到目前为止,仍未能有明确的界定。因此,本书中不给出直接的定义,仅罗列下列信息论的解释。从中可以发现,不同的领域、不同的专家群,对信息论的定义均有所侧重,说法不一。读者可在比较中学习和领会。

上海辞书出版社《辞海》(1979年版)有如下论述。

【信息论】利用数学方法,研究信息的计量、传送、变换和储存的一门学科。信息是指对消息接受者来说预先不知道的报道。如广播天气预报时,收听者预先不知道明天是阴、雨或晴,则这报道对收听者来说包含信息。假如所广播的是已知的昨天天气,那就没有信息了。天气预报愈详细,则信息的分量愈多。假如广播时有外界干扰,则广播的信息受到损失。通过数学计算可以确定消息的信息量,借此又可以评定传送系统的质量。信息论的任务在于解决通信上的两个基本问题:提高传送消息的效能和保证传送消息的完整。因此信息论对通信技术有重大意义。在计算技术、自动控制和遗传学等方面也有应用。

上海辞书出版社《辞海》(1989年版)又有如下论述

【信息论】研究信息及其传输的一般规律的科学。狭义指通信系统中存在的信息传递和处理的共同规律的科学,即研究概率性语法信息的科学。广义指应用数学和其他有关科学的方法,研究一切现实系统中存在的信息传递和处理及信息识别和利用的共同规律的科学。一

般认为,美国科学家香农(Claude Elwood Shannon, 1916—)于1948年出版的《通信的数学理论》一书是信息论正式诞生的标志。它从理论上阐明通信系统的数学模型和度量概率信息的公式,为概率信息的定量研究提供了理论根据。信息论揭示的规律具有高度的普遍性,被迅速应用于生物学、生理学、心理学、语言学 and 经济学等不同领域,产生和形成信息科学。20世纪70年代以来,信息论突破狭义的范围,发展成为一门研究语法、语义、语用信息的科学。

湖北人民出版社《最新社科知识手册》(1987年版)有如下论述。

【信息论】一门独立的边缘学科,在西方始于本世纪^①四十年代,到六十年代有了迅速的发展,目前已广泛地运用于科学技术、教育、经济及生产、管理等许多领域和部门,并取得显著成果。近几年来,我国也开始重视信息研究,信息概念已在自然科学和社会科学中广泛地被采用,它的重要性也在不断地被阐明。所谓信息,简单地讲,就是音信和消息,即指语言、数据、文件、图像、文字、符号等。信息具有三个基本属性,即信息对物质的依赖性,信息的传递性,信息的确定性,它的运动过程如图1-2所示。

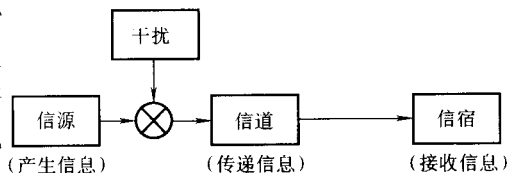


图 1-2 信息的运动过程

信息论除研究信息的本质外,还着重研究如何运用数学工具去描述和度量信息的方法,研究传递信息、处理信息的基本原理等,它同控制论一起,成为现代科学的理论基础。

自然人获得信息的方式有两种:一种是直接的,即通过自己的感觉器官,耳闻、目睹、鼻嗅、口尝、体触等直接了解外界情况;一种是间接的,即通过语言、文字、信号等的传递而获得信息。迄今为止,人类社会已经发生过4次信息技术革命。“仓颉造字”可算是第一次信息技术的革命;印刷术的发明是第二次重大的信息技术变革;电报、电话、电视等现代通信技术的创造与发明和电子计算机、现代通信技术的应用成为第三、第四次信息技术革命的代表。

信息论可以分成两种:狭义信息论与广义信息论。显然,广义信息论包括了狭义信息论的内容,但其研究范围却比通信领域广泛得多,是狭义信息论在各个领域的应用和推广,因此它的规律也更一般化,适用于各个领域。广义信息论,也称为信息科学。

1.3 信息

关于信息的本质和特点,是信息论研究的首要内容和解决其他问题的前提。

信息是什么?迄今为止还没有一个公认的定义。到20世纪80年代中叶,关于信息的定义有134种之多。英文信息一词(Information)的含义是情报、资料、消息、报导、知识的意思,所以长期以来人们就把信息看作是消息的同义语,简单地把信息定义为能够带来新内容、新知识的消息。随后人们发现,信息的含义要比消息、情报的含义广泛得多。不仅消

(^①) 此处指20世纪——编者注

息、情报是信息，指令、代码、符号语言、文字等，一切含有内容的信号都是信息。众说纷纭，还是看一看字典上的解释。

上海辞书出版社《辞海》（1989年版）论述如下。

【信息】①音讯；消息。李中《暮春怀故人》诗：“梦断美人沉信息，目穿长路倚楼台。”（注：这是中国人找到的最早的信息字眼。）②通信系统传输和处理的对象，泛指消息和信号的具体内容和意义。通常须通过处理和分析来提取。信息和物质、能量被称为构成系统的三大要素。信息的量值与信息的随机性有关，如在接收端无法预估消息或信号中所蕴含的内容或意义，即预估的可能性越小，信息量就越大。（注：1979年版《辞海》未收，1989年版收入时添加在“信都”、“信鸽”之间；1982年第九次修订重排的《四角号码新词典》也未收。）

上海辞书出版社《简明社会科学词典》（1982年版）论述如下。

【信息】作为日常用语，指音信，消息。作为科学术语，可以简单地理解为消息接受者预先不知道的报道，但在不同的学科中有不同的涵义。信息论的奠基人、美国数学家香农认为：信息是组织程度，能使物质系统有序性增强，减少破坏、混乱和噪音。控制论的创始人维纳认为：“信息是有秩序的量度。”一个系统的组织程度越高，它所提供的信息量越大。不同事物有不同的特征，会给人们带来不同的信息，人们正是通过获得和识别自然界和社会的不同的信息来区别不同的事物，才得以认识世界和改造世界。信息概念在目前已被广泛应用到各个领域，除了电信通讯以外，遗传密码是一种生物信息，计算机程序是一种技术信息，市场是一种社会信息等等。在一切通讯和控制系统中，信息是一种普遍联系的形式。它同材料、能源一起，被称为现代科学技术的三大支柱。苏联科学家研究结果表明：一个国家总的信息流的平均增长同其工业潜力的平方成正比。有人预测未来的社会将是信息社会，其影响最终将比十九世纪由农业社会转向工业社会更为深刻。

湖北人民出版社《最新社科知识手册》（1987年版）论述如下。

【信息】客观世界充满着各种信息。如上下课的铃声，电信局拍发和接收的电报，书报杂志上的文章、消息，电台播放的新闻、乐曲，五颜六色的图画，色香味俱全的水果等等，其中都包含着信息。信息，并不是指事物本身，而是指用来表明事物或通过事物发出的消息、情报、指令、数据、信号中所包含的东西。不同的事物有不同特征，会给人们带来不同的信息，人们通过不同的信息来区别不同的事物，以认识世界和改造世界。信息的传递要依赖物质，它不能脱离物质而独立存在。获取信息要消耗能量，驾驭能量又需要信息。在一切通讯和控制系统中，信息是一种普遍联系的形式。它同材料、能源一起，被称为现代科学技术的三大支柱。有人预测，未来的社会将是信息社会，其影响最终将比十九世纪由农业社会转向工业社会更为深刻。信息的特征是：（1）可扩充性。随着时间的变化，大部分信息将不断扩充。（2）可压缩性。人对信息进行加工、整理、概括、归纳就可以使之精炼，从而浓缩。（3）可替代性。信息的利用可以代替资本、劳力和物资材料，减少它们的耗费。（4）可传播性。这是信息的本质特征。（5）可扩散性。由于传输的渠道多样，使信息得以迅速散布开来，保密也就极难维持了。（6）可分享性。信息与实物不同，它不能交易，但可以分享。

汉语大词典出版社《图书情报词典》(1990年版)论述如下。

【信息】①一般指数据、消息中所包含的意义，它可以使消息中所描述的事件的不肯定性减少。涉及人与人之间的消息交换，人与自动机、自动机与自动机、动物界与植物界、细胞与细胞、机体与机体之间的信号交换等。是事物的一种普遍属性，也是物质存在的方式和物质运动的规律与特点。在某些外语中，“信息”与“情报”是同一个词，但情报只是人类社会特有的现象，它建立在一定的语义基础上，并隶属于信息这一大范畴。自然界、人类社会、思维领域中都存在着大量的自然信息、生物信息、社会信息等。人类自古以来就不断通过感官摄取信息，通过头脑处理信息，通过科学研究和创造性思维产生新的信息，通过语言、文字、图画等交流信息，并根据所积累的信息去进一步认识世界和改造世界。因此，信息既是主观与客观相互联系、作用的媒介，又是物质世界与精神世界相互作用、联系的桥梁。从一定意义上来说，它同物质、能源一起，成为人类社会的三大支柱。参见“知识”。②即“消息”。

可以得出的结论是

(1) 信息是客观存在的 物质中有信息存在。比如“石头”，它们的物质结构和硬度等都是信息，这些信息来源于“石头”；但是由石头组成的金字塔的其他信息就不是直接来源于“石头”。取两张 A4 复印纸，其中一张用激光打印机打印文字，另一张仍为“白纸”。从“物质”角度将两者加以区别，有字的那一张比无字的仅仅多了一些“墨粉”。再取两张软磁盘，将其中一张格式化后拷入上述文字，另一张仍为未格式化的新磁盘。从“物质”角度分析，这两张磁盘的“质量”完全相同。接着，将这些文字上传到网上，其他网友点击后，可以在自己的显示器上“读”到它。再看它的“源头”，原来只是我们头脑中的一种“观点”，可以用嘴“说”出来，也可以用笔“写”下来，更可以用手指敲击计算机键盘来“打”出它。最后，当你看了它，无论你接受不接受，总会在你的头脑中留下它的“印象”，日后还可以“记忆”起它。这个“它”是什么？是“信息”。“它”是墨粉在纸面上的不同排列与组合？是软磁盘某区域磁性物质的不同磁化状态？是显示器偏转电极对轰击荧屏的电子流的控制？还是人脑细胞的营养成分？显然都不是！

(2) 信息不是物质 尽管信息的载体是物质的，比如上述文字，能够被我们所“看”、“听”，若是盲文，还可以“摸”，但这仅仅是“它”借助于某一种特定“物质”（载体）的“表达”形式，而不是“它”的本身。尽管信息的产生、存在和流通，依赖于物质和能量，但信息不是物质。如英国萧伯纳曾说过的一样，“倘若你有一个苹果，我也有一个苹果，而我们彼此交换这些苹果，那么你和我仍然是各有一个苹果。但是，倘若你有一种思想，我也有一种思想，而我们彼此交流这些思想，那么我们每个人将有两种思想。”苹果是“物”，交换中必须易手，而思想不是“物”而是“信息”，交流过程中它不会易手。

自然物质有形，独立于信息，具有分子原子结构，分解后可以在门捷列夫的《化学元素周期表》中找到相应的位置，遵守质能守恒定律，可以进行可控实验。信息无形，独立于物质（包括人类及动植物的精神、意识、思维，包括（磁、电等作用力或能量）场、数、规律、印迹（烙印、影响）等），能在不同的物质（介质）中复制、加工、传播。

本课程研究的是信号，它是信息的一种载体，是物质，且具有能量，如心电图测得的微弱心电信号、机械振动信号、光电信号、磁电信号等。

1.4 信息量

关于信息量，汉语大词典出版社《图书情报词典》（1990年版）给出如下定义。

【信息量】（Amount of Information, Information Content）具有确定概率的事件发生时所传送的信息的量度。通常用受信体被消除的不肯定性的大小来表示。设事件为 X_i ，事件发生的概率为 $p(X_i)$ ，则受信体从该事件获得的信息量 $I(X_i)$ 为 $p(X_i)$ 的倒数的对数，即

$$I(X_i) = \log \frac{1}{p(X_i)} = -\log p(X_i)$$

当对数底为“2”时，其单位为比特（bit）；当底为“3”时，单位为铁特（tet）；当底为“e”时，单位为奈特（nat）；当底为“10”时，单位为笛特（det）。

信息量是信息论中量度信息多少的一个物理量。它从量上反映具有确定概率的事件发生时所传递的信息。

信息的量度与它所代表的事件的随机性或各外部事件发生的概率有关，当事件发生的概率大，事先容易判断，有关此事件的消息排队事件发生的不确定程度小，则包含的信息量就小，反之则大。从这一点出发，信息论利用统计热力学中熵的概念，建立了对信息的量度方法。在统计热力学中，熵是系统的无序状态的量度，即系统的不确定性的量度。维纳说：“信息量的概念非常自然地属于统计学的一个古典概念——熵。正如一个系统中的信息量是它的组织化程度的度量，一个系统的熵就是它的无组织程度的度量；这一个正好是那一个的负数。”这说明信息与熵是一个相反的量，信息是负熵，它表示系统获得后无序状态的减少或消除，即消除不定性的多少。

实际上，信息量可比作“火车车皮数”（载体），与车厢内乘客、货物无关。所不同的是，它在传输过程中，会衰减、受外界干扰而换“车皮”（失真）。

1.5 信息获取

自然人通过五官获得信息。从《说文解字》来看，将“信”分解为“人言”两字，“息”则分解为“自心”。于是，对自然人而言，信息一词，可以进一步解释为：“尽管听人所言，还须经自心体会”，也即“见仁见智”、“盲人摸象，各有所得”。苹果落地，牛顿获得的不仅仅是苹果的色、香、味，而是对落地原因的深入思考，想到了自由落体而推出万有引力。因而，自然人的信息获取具有个性和感情。

电磁波大量地传递各种信息，但仅凭我们自身的器官是不能感受出来的。《老子》说“天下万物生于有，有生于无”，自然人对信息的获取习惯上以“耳听为虚，眼见为实”为准则。由于五官功能上的限制，也即，传感器功能的限制，很多信息人类感觉不到。这些信息，并不因为我们不能获得而不存在。许多事实已说明我们的五官认识信息是有局限的，知识领域不同，反映出的意义范畴不尽相同。

从工程的角度来看，信息的获取具有重大意义。从下面的例子中，举一反三，我们会深

有体会。

例 1-2 军事观察

聚焦信息战前沿——“信息获取”(参考解放军报 2003 年 12 月 17 日第 11 版)。

从古至今,信息获取在军事斗争中就一直有其特殊的重要战略地位。而今,以夺取制信息权为核心,信息获取技术已经成为现代信息战争的重要技术基础,并且必将对未来战争的进程和结局产生难以估量的重要影响。

1. 夺取“信息优势”的先机

以往的战争中,“兵马未动,粮草先行”;而信息时代的战争,“兵马未动,信息先行”。据有关报道,美国国防部 1999~2002 财年《国防报告》对“信息优势”作了这样的界定:“信息优势是指保证己方不间断地收集、处理和分发大量信息,在把正确的信息以正确的形式、正确的时间和地点提供给正确的人的同时,削弱或剥夺敌人的这种优势。”(注:信息是有方向性的!)

先敌了解。现代电子技术和信息技术的空前发展,把人的智能与机器的功能紧密结合起来,全面系统地提高了信息获取与处理、运筹谋划、计划组织、控制协调等指挥活动的时效性,几乎能够近实时地了解战场情况,从而大大缩短了指挥决策周期。

先敌发现。信息获取是指通过各种途径为获取所需信息而实施的一切行动。(注:工程测试仅能成为其中的途径,而行动则由控制去做,因而常常是测控不分家!)现代条件下,战场信息获取的“触角”(注:传感器是工程测试的主要内容之一。)几乎伸向了作战行动所涉及的各个领域,在如此多维战场空间中,在“单向透明”的战场上,从单兵到统帅部都力争在“第一时间”发现敌方的行动和部署,以夺取主动权。

先敌行动。伊拉克战争前夕,通过星罗棋布的卫星、预警机、侦察机、直升机以及海上、水下侦察舰船等,构成了完备的信息获取系统及预警系统,为美军此后的作战行动提供了强有力的信息支持。

2. 铸造“传感新军”的利器

“速则乘机,迟则生变”。现代战场情况瞬息万变,战机稍纵即逝,发现即摧毁,暴露就可能意味着灭亡。即战场主动权、制胜权,在很大程度上取决于谁能夺得“先机”,而“先机”的夺得又必须依赖于“感知”的获得。所以,军事传感器已成为信息获取和战场“感知”的核心技术之一。

战场感知的“触角”。战场“感知”是随着信息技术、特别是信息探测、传感技术的发展以及新军事革命理论的深化而产生的新概念。现代军事传感器的发展,能使战场变得格外“透明”,这场技术革命率先始于 20 世纪 70 年代初的美国、西欧各国和苏联的军队中,如今在世界各国已得到高度重视。

信息作战的“灵魂”。如今战场重点已转向如何获取信息、怎样传递和运用所获得的信息达成掌控“透明战场”和精确打击上。军事传感器在现代战场上的作用及独到的探测能力,使信息获取的内涵、范围以及技术的实现都发生了根本性变化,使作战平台的效能随之倍增,被人们喻为现代信息作战的“灵魂”。

未来战场的“新军”。军事传感技术在现代战场上的广泛应用,使作战平台的自动化、武器装备的系统化和攻击方式的精确化程度日益提高,其作用和发展前景备受青睐。目前,

世界各国都十分重视以传感器为代表的信息获取技术的开发利用，将信息获取技术列入对其国防实力有极大影响的重点发展技术之列，迅速构建和开发集声、光、电、磁等高新技术手段于一体的信息获取体系。

3. 掌控“透明战场”的法宝

如今，“发现者的胜利”，已成为现代战争一大神话。而信息获取技术的每一次重大变革或延伸，都会为战场的“发现”提供强有力的支持，使战场“单向透明”和军事革命产生新的飞跃。所以，信息获取技术正以其非凡的“魔力”，掌控“透明战场”。

化夜为昼巧施全天候信息“魔法”。自古至今，众多军事家都十分重视利用夜幕的掩护，夺取在白天无法取得的战果，创造了许多神话般的战例。而在夜视侦察器材空前发达的今天，采用 CCD 电荷耦合器件的全天候信息影像技术，不仅可以发现并获取目标所表现出来的外在特征，而且能够实现红外、可见光和紫外多光谱、多波段成像；利用合成孔径成像雷达、逆合成孔径成像雷达等技术，还能使信息获取在空地一体和全天候气象条件下进行，从而实现全天候信息影像。

多信源手段展示“如来”神功。信息获取技术种类之多、形状之多样、制作之精巧、隐蔽之巧妙、获取能力之强大，都已超出了人们的想象。可以说，大千世界，天上地下，甚至包括虚拟网络空间的一切信源，都将难以逃出信息获取技术的“如来之手”。

微型化、隐形化演绎“天兵天将”。具有微型、隐形特点的信息获取手段，既可为飞机、火炮和步兵武器投放，也可由人工放置，令人防不胜防。利用纳米技术制造的“迷你”卫星，用一枚小型运载火箭就能发射数百颗，而且可按不同轨道编织“天网”，窥视地球。

4. 编织“天罗地网”的金梭

现代军事信息获取系统，按运载装备平台的活动空域分为地面观测、空中观测、海上观测和航天观测等几类；按信息获取手段的使用分为雷达、电视、光学、照相、声纳、微波、红外和激光等；还包括计算机、网络信息获取手段，从而使信息获取超越了时空和单一手段的局限，构成了一张从太空、空中、地面、海上和水下的多层次、全方位、全天候、全时段、立体化的信息获取“天罗地网”。

全时空全频段感知。目前，航天信息获取技术的发展及其在军事领域的广泛应用，开辟了继陆、海、空三维有形战场空间之后的第四维空间，即全时空、全频域的“感知”空间，成为各国竞相发展的制高点。由于侦察卫星在近地轨道上运行不受外动力、国界和气候条件的限制，因此它具有全球作战态势、全球弹道导弹发射“感知”能力；对敌雷达和通信设备性能部署信息和舰船（潜艇）、地面情报信息“一览无余”等优势，可为作战部队提供可靠的全球定位保障和一体化的战略、战役预警。

“空中窥视”更具机动灵活性。空中侦察装备素来是军事侦察装备发展的重点。海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争以及伊拉克战争的经验表明，航空侦察具有及时、准确、灵活、机动性好等优点，恰好弥补了航天侦察技术的缺陷和不足。

地海空天系统交织。这是一种灵活、机动、抗干扰、生存能力很强的信息获取力量。各种地面传感器，可组成立体的战场信息获取网；船载传感器及其信息获取装备可组成海上探测系统，担负海上截收可识别的电子信号；而陆基、海基信息获取系统同天基、空中信息获取系统相互交链，则实现了数据融合和信息共享。

5. 构成“战略威慑”的要素

透过近几场大小局部战争可以清晰地看到：战争几乎都是在“单向透明”的情况下进行的，军事对抗中强大与弱小的区分，主动进攻与被动挨打局面的形成，很大程度上取决于谁能把最先进的科技手段运用到作战之中。人们已深刻认识到，信息是一种极为重要的战略资源，它同武力威慑紧密配合、相辅相成，综合运用可转化和形成最有效和灵活的军事威慑。

有效使用作战能力。在信息获取技术和手段的保障下，指挥官由于比敌方更清楚地了解战场情况，因而能驾驭战略部署的各个阶段和各个环节，在作战任务的确定与预演、兵力兵器的配置、机动与作战、战斗毁伤评估等方面胜敌一筹，从而在战略上赢得主动。

制造新的“战争阻力”。信息获取技术在实现信息对抗空间向自己一方“透明”的同时，又在给对方制造新的“战争阻力”。据国外有关资料统计，现代战争中所需信息的65%以上是通过信息获取技术设备获取的。战略信息获取系统主要由一些探测和预警系统组成，可为一个或多个战区内40%~60%的重要目标和军事行动，提供实时、全天候的连续信息获取。

与日俱增的战略威慑。今天，信息获取不仅已成为掌控战争主动权、形成战略威慑的主要因素之一，而且还是国家保持竞争优势、维系国际战略相对平衡、遏制世界大战爆发的重要因素。当前，世界各军事强国均在加强以航天侦察为重点的军事侦察和探测技术相关系统的开发，加强战场信息感知能力的建设。随着战争形态的演变，特别是信息战时代的到来，信息获取技术装备在军事斗争中的地位和作用正在迅速上升，必将成为重要的国防威慑力量和遏制战争的战略资源，同时，也正在成为战场综合实力的“倍增器”和战场决胜的有力“杠杆”。

再来看看我国“十五”863计划信息获取与处理技术主题的总体目标，不难发现信息获取的研究内容。

863计划的总体目标：大力开展高分辨力多维空间信息获取前沿技术研究，突破多维高分辨力集成光学对地观测系统、高分辨力实用先进SAR系统、超宽带雷达成像探测等方面的前沿关键技术与系统集成技术，开发轻小型星载有效载荷，掌握自主的先进小卫星对地观测系统技术，为我国空间技术的进步和对地观测能力的快速提高提供重大技术支撑。同时，本主题将面向国家重大需求，结合宽带信息网、高性能计算等信息基础设施的建设和发展，系统性地开展对地观测数据的量化处理、网络化共享与集成应用等关键技术研究，构建我国国家空间信息处理平台。从整体上提高我国空间信息获取、处理与应用能力，实现多维多源精细空间信息一体化获取、空间信息的量化处理、空间信息的网络化共享与应用三个方面的重大突破，推动我国遥感信息资源的社会化与应用产业化。

下面以2003年11月24~26日在合肥召开的中国科学院信息获取（Information Acquisition）学术研讨会纪要，再对信息获取作一诠释。

1) 信息获取科学与技术是一门正在迅速发展的学科，其科学内涵需要在学科发展中逐步明确和完善，目前可以初步定义为“信息获取科学是在自然科学范畴内研究被测对象的信号转换、数据融合和信息提炼机理与规律的一门自然科学。信息获取技术是实现信号转换、数据融合和信息提炼的方法和手段。”信息获取的基本过程是一个多层的信号转换、融合和