



机械科学与工程研究生教学用书

机械工程测试·信息·信号分析 (第三版)

*Measurement Information Signal
Analysis in Mechanical Engineering*

- 本书荣获2002年全国普通高等学校优秀教材奖
- 教育部学位管理与研究生教育司推荐研究生教学用书
- 2013年华中科技大学研究生高水平国际化课程评估优秀课程配套教材

卢文祥 杜润生

BOOKS FOR GRADUATE STUDENTS

华中科技大学出版社



机械科学与工程研究生教学用书

机械工程测试·信息·信号分析 (第三版)

*Measurement Information Signal
Analysis in Mechanical Engineering*

卢文祥 杜润生

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械工程测试·信息·信号分析/卢文祥,杜润生. —3版. —武汉:华中科技大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5609-9313-3

I. ①机… II. ①卢… ②杜… III. ①机械工程-测试技术 ②机械工程-信号分析 IV. ①TG806 ②TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 193507 号



机械工程测试·信息·信号分析(第三版)

卢文祥 杜润生

策划编辑:万亚军

责任编辑:姚同梅

封面设计:刘 卉

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:23.75 插页:2

字 数:465千字

版 次:1988年7月第1版 1999年5月第2版 2014年5月第3版第1次印刷

定 价:49.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书主要内容有:信号分析基础;信息论基础知识,信息与信息技术;信息转换与传输,信息探测工程的发展;模拟信号分析;数字信号分析,DFT,FFT,数字滤波;维纳滤波;同态滤波与时谱技术;信号的时频分析;信号分析设备;机械工程中的信号分析技术,模态分析、设备诊断、声谱分析等。

本书除可作为机械工程类硕士生教材外,还可作为与动态测试有关专业的本科生的选修课教材或教学参考用书,亦可供有关教师与科技人员参考。

Abstract

This book includes: basic knowledge of signal analysis and information theory, information technique, information conversion and transmission, the development of information acquisition engineering, analogue signal analysis, digital signal analysis, DFT, FFT, digital filter, Wiener filter, homomorphic filter and cepstrum, time-frequency analysis of signal, signal analysis equipment, signal analysis technique applied in mechanical engineering, modal analysis, equipment diagnosis, spectrum analysis of sound, etc.

This book can be used not only as a textbook for graduate students, but also as a reference book for the undergraduate students, teachers and technologists who are studying this subject.

序

今天,我国的教育正处在一个大发展的崭新时期,高等教育已跨入“大众化”阶段,蓬蓬勃勃,生机无限。在高等教育中,研究生教育的发展尤为迅速。党的十七大报告提出,要“努力造就世界一流科学家和科技领军人才,注重培养一线的创新人才”,强调了在建设创新型国家中教育的优先发展地位。我们可以清楚知道,研究生教育是培养创新人才的主渠道,对走自主创新道路,建设创新型国家,具有重要的战略意义。

前事不忘,后事之师。历史经验已一而再、再而三地证明:一个国家的富强,一个民族的繁荣,最根本的是要依靠自己,要以自力更生、自主创新为主。《国际歌》讲得十分深刻,世界上从来就没有什么救世主,只有依靠自己救自己。寄希望于别人,期美好于外援,只是一种幼稚的幻想。内因是发展的决定性的因素。当然,我们绝不应该也绝不可能采取“闭关锁国”、自我封闭、固步自封的方式来谋求发展,重犯历史错误。外因始终是发展的必要条件。改革开放三十年所取得的辉煌成就,谱写的中华民族历史性跨越的壮丽史诗,就是铁证。正因为如此,我们清醒看到了,自助者人助天助,只有独立自主,自强不息,走以自主创新为主的发展道路,才有可能在向世界开放中,争取到更多的朋友,争取到更多的支持,充分利用好外部的各种有利条件,来扎扎实实地、而又尽可能快地发展自己。这一切的关键就在于,我们要有数量与质量足够的高级专门人才,特别是拔尖创新人才。何况,在科技高速发展与高度发达,而知识经济已初见端倪的今天,更加如此。人才、高级专门人才、拔尖创新人才、领导人才,是我们一切事业发展的基础。

“工欲善其事,必先利其器。”自古凡事皆然,教育也不例外。教学用书是培育人才的基本条件之一。“巧妇难为无米之炊”。特别是在今天,学科的交叉及其发展越来越多越快,人才的知识基础及其要求越来越广、越来越高,因此,我一贯赞成与支持出版研究生教学用书,供研究生自己主动地选用。早在1990年,《机械工程测试·信息·信号分析》出版时,我就为此书写了个“代序”,其中提出:

一个研究生应该博览群书,博采百家,思路开阔,有所创见。但这不等于他

在一切方面均能如此,有所不为才能有所为。如果一个研究生的主要兴趣与工作不在测试与信号分析方面,他就可选择一本有关的书作为了解与学习这方面专业知识的参考……如果一个研究生的主要兴趣与工作同测试与信号分析密切相关,他更应选择一本有关的书作为主要的学习用书,寻觅主要学习线索,并缘此展开,博览群书……

这就是我赞成要为研究生编写系列的“机械科学与工程研究生教学用书”的主要原因。今天,我仍然如此来看。

还应提及一点,在教育界有人讲,要教学生“做中学”,这很有道理,但是,必须补充一句,“学中做”。既要在实践中学习,又要在学习中实践,学习与实践紧密结合,方为全面。重要的是,结合的关键在于引导学生思考、积极独立思考。我一贯认为,要造就一个人才,学习是基础,思考是关键,实践是根本,三者必须结合,缺一不可。当然,学生的层次不同,结合的方式、深度与广度就应不同,思考的深度也应不同。对研究生特别是对博士研究生,就必须是而且也应是“研中学,学中研”,就更须而且也更应是“研中思,思中研”,在研究这一实践中,甚至可以讲,研与学通过思考就是一回事了。正因为如此,“机械科学与工程研究生教学用书”就大有英雄用武之地,供学习之用,供研究之用,供思考之用。

在此,还应讲一点。作为一个研究生,来读“机械科学与工程研究生教学用书”中的某书或其他有关的书,有的书要精读,有的书可泛读。因为知识是基础,有知识不一定有力量,没有知识就一定没有力量,千万千万不要轻视知识。但是,对研究生特别是博士研究生而言,最为重要的还不是知识本身,而是以知识作为基础,努力来体悟知识所承载的思维、方法、原则与精神等内涵,体悟知识所蕴含的形而上,即《老子》所讲的不可道的“常道”,即思维能力的提高,即精神境界的升华。《庄子·天道》讲得多么好:“书不过语。语之所贵者意也,意有所随。意之所随者,不可以言传也。”这个“意”,就是知识所承载的内涵,就是孔子所讲的“一以贯之”的“一”,就是“道”,就是形而上。它比语言、比书本、比具体的知识,重要多了。当然,要能体悟出形而上,一定要有足够数量的知识作为必不可少的基础,一定要在读书去获得知识时,整体地读,重点地读,反复地读;整体地想,重点地想,反复地想。如同韩愈在《进学解》中所讲的那样,能“提其要”,“钩其玄”,这样,就可驾驭知识,发展知识,创新知识,而不是为知识所驾驭,为知识所奴役,成为计算机存储装置。

“机械科学与工程研究生教学用书”是“研究生教学用书”的延续和发展。“研究生教学用书”自从1990年问世以来,到今年已经历了不平凡的18个春秋,已出版了用书80多种,有5种已被教育部研究生工作办公室列入向全国推荐的研究生教材。为了满足当前的研究生教育培养创新人才的要求,华中科技大学出版社在已出版的机械类研究生教学用书的基础上进一步拓展,在全国范围内

约请一大批著名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地出版“机械科学与工程研究生教学用书”系列教材。

唐代大文豪李白讲得十分正确:“人非尧舜,谁能尽善?”我始终认为,金无足赤,人无完人,文无完文,书无完书。这套“机械科学与工程研究生教学用书”更不会例外。本套书出版后,这套书如何?某本书如何?这样的或那样的错误、不妥、疏忽或不足,必然会有。但是,我们又必须积极、及时、认真而不断地加以改进,与时俱进,奋发前进。我们衷心希望并真挚感谢读者与专家不吝指教,及时批评。当局者迷,兼听则明;“嚶其鸣矣,求其友声。”这就是我们的肺腑之言。

当然,在这里,还应该深深感谢“机械科学与工程研究生教学用书”的作者、审阅者、组织者与出版者(华中科技大学出版社的编辑、校对及其全体同志),深深感谢对本套研究生教材的一切关心者与支持者,没有他们,就绝不会有今天的“机械科学与工程研究生教学用书”。让我们共同努力,深入贯彻落实科学发展观,建设创新型国家,为培养数以千万计高级人才、特别是一大批拔尖创新人才、领导人才,完成历史赋予研究生教育的重大任务而做出应有的贡献。

谨为之序。

中国科学院院士
丛书主编

杨叔子

2008, 9, 14

(中秋笔)

代 序

《机械工程测试·信息·信号分析》一书是卢文祥、杜润生两位同志为机械类研究生而写的。这两位同志长期从事机械工程中的测试技术与信号分析这方面的教学与科研工作。这本书既包含了他们长期从事机械类研究生、本科生的测试技术与信号分析方面的教学工作的宝贵经验,包含了他们在这同一方面的长期的科研工作的丰硕成果,也包含了他们所在教研室的其他有关同志的科研与教学的劳动结晶,也包含了国内外有关的科学技术的成就。

我是十分支持出版本书的,因为“机械工程测试·信息·信号分析”这门课程在我校是作为机械类研究生的学位课程之一来开设的。本书主要作为与此学位课相配套的教学用书而出版,是适应当今世界潮流的。当今时代是信息革命的时代。这门学位课的开设,这本书的出版,正是这个时代的产物之一。“他山之石,可以攻玉。”微电子技术,特别是计算机技术(其中尤其是微计算机技术)的迅速发展,给机械工程、机械工业带来了极其深刻的变化。机械产品的结构与功能产生了质的跃变,机械产品由以往取代、延伸与放大人的体力的作用,跃变到还能取代、延伸与加强人的部分脑力的作用,机电一体化产品的蓬勃兴起与发展正是这一跃变的体现;机械产品的制造过程也发生了飞跃,制造过程不仅包含物质流与能量流,而且还包含了信息流,制造过程正在走向柔性化、集成化、智能化,FMS(柔性制造系统)与CIMS(计算机集成制造系统)的出现与发展正是这一趋势的体现。而这一切的关键,就在于信息的获取、传输、转换、贮存、处理与分析、利用。我支持本书出版的一个原因就是支持作者在信息时代,在我们教育改革中所作的适应当今世界潮流的努力,支持他们在采用测试、信息理论与技术改造机械工程这一传统学科的工作中尽到他们的一份努力。

我支持本书出版的另一个原因,就是支持作者为机械类研究生提供一本这方面较为系统的参考书。一个研究生应该博览群书,博采百家,思路开阔,有所创见。但这不等于他在一切方面均能如此,有所不为才能有所为。如果一个研究生的主要兴趣与工作不在测试与信号分析方面,他就可以选择一本有关的书作为了解与学习这方面专业知识的参考,本书可作为候选书之一。如果一个研究生的主要兴趣与工作同测试与信号分析密切相关,他更应选择一本有关的书作为主要学习用书,寻觅主要学习线索,并缘此展开,博览群书,这时,本书更可作为候选书之一。进而言之,这也就是我赞成为研究生编写系列教学参考书

的原因。

一本书的读者是多方面的,一个读者在读一本书时,要求又是多方面的,所以,要求一本书同时满足不同读者所有方面的要求,这是不现实的。本书作者在多年教学实践的基础上,按照1987年9月修订的教学大纲来编写本书,而且于1987年12月将完成的初稿,作为讲义,送到了许多同行手中,请他们提出宝贵意见。同行的专家,例如,西安交通大学顾崇銓教授、清华大学严普强教授、上海交通大学洪迈生副教授等等,都提出了不少宝贵意见。作者充分考虑了专家的意见,对不妥之处尽可能作了修改,这种精益求精、见善而从的精神是值得赞扬的。但对有些内容的舍取,仍有不同意见,如何解决为好,则有待于实践来检验。

作者在前言中介绍了本书的内容,从这些内容可见,的确,本书除了作为机械类研究生教学用书外,还可作为有关专业本科生教学参考书与有关科技人员工作参考书。事实上,在我校听取卢文祥同志等讲授“机械工程测试·信息·信号分析”这门课的,不仅有机械类的研究生,还有非机械类的研究生。学科就是这么交叉而发展的。

应作者之邀,写了这么一个序言,作为自己一点心意。我祝愿作者在进一步的教学与科研工作中取得更大的成就,并欢迎读者与同行对本书更多地提出批评与建议,以帮助作者进一步做好工作。

杨叔子

1988年8月14日

于华中理工大学

第三版前言

本书再版之际,我们十分怀念西安交通大学顾崇銮教授、清华大学严普强教授、哈尔滨工业大学蔡鹤皋教授、厦门大学黄长艺教授、上海交通大学洪迈生教授、太原理工大学程高楣教授、烟台大学施雄茂教授等,是他们对本书的创设与实践给予了诚挚的支持与帮助,使我们受到了极大的鼓舞与鞭策。

我们的导师杨叔子院士,不仅在本书问世之前对本项研究生课程的设置、内容、体系等给予了具体指导,而且在本书出版之后,也一直关心着研究生教学工作。正如他在华中科技大学研究生用书出版 15 周年之际所指出:“百年大计,教育为本;国家兴亡,人才为基。”“最关键的就是高级专门人才的竞争……研究生教育,重如泰山。”他的基本思想鼓舞着我们为提高研究生教育水平而加倍努力工作。

还应提出,先辈导师陈日曜教授、路亚衡教授等为祖国机械专业的教育改革与发展开创了先河,他们的宝贵遗产是我们从事教学改革的不尽源泉。

本书此次再版,将保持原有内容的体系特色,即充分体现“信息、系统、控制”论方法论在机械工程领域中的应用的基本思路,坚持理论基础与实践并重。关于信号分析基础,信息传输理论,信道频率特性,卷积、相关、数字滤波等的实践表明,运用广义信道传输理论是解决机械工程领域中实际问题的有效手段。信号的时频分析提供了非平稳、非高斯信号的处理以及非线性、非因果时变系统的理论与方法。机械设备故障诊断是信号分析理论与应用的典型实例。

本书的首次出版迄今 20 余载,受到国内教育界诸多同行老师的支持与采纳,我们十分感谢。据不完全统计:国内机械工程相关专业采用本书作为研究生教材的已有 300 余所;本书已出版印刷近 20000 册。

为了方便教学,本书还配有免费电子课件,如有需要,可与华中科技大学出版社联系(电话:027-87544529;电子邮箱:171447782@qq.com)。同时,为了方便读者理解、掌握教材内容,华中科技大学出版社即将出版与该教材配套的《机械工程测试·信息·信号分析学习指导与习题解答》(李锡文、卢文祥主编)。

我们诚恳希望同行老师及相关专业的工程技术人员对本书内容、体系提出批评意见,对本书的进一步改进提出指导意见。

编 者

2013 年 8 月

第二版前言

本书作为机械工程专业研究生教学用书,自1990年3月出版发行后,蒙全国三十余所高等院校有关专业采用。不少兄弟院校的有关导师和研究生在使用本书过程中,对本书的内容、体系等,提出了许多宝贵意见,给予了我们热心指导与帮助,特别是,上海交通大学、西安交通大学、清华大学、哈尔滨工业大学、重庆大学、浙江大学、东南大学、吉林工业大学、北京机械工业学院、江西工业大学、内蒙古工业大学、湖北工学院、长沙国防科技大学、长沙铁道学院、太原理工大学、武汉汽车工业大学、武汉钢铁学院、中国矿业大学、焦作工学院等高校的机械工程专业的教师,在此,我们谨向有关同志致以衷心的感谢。

本书于1997年获机械工业部机电类优秀教材二等奖,并获湖北省科技进步三等奖。这对我们既是鼓励又是鞭策,我们将继续努力,不断地开拓和实践。

根据多年来的教学实践与本门学科的发展情况,我们对本书进行了修订,主要情况如下:

1. 对书中有关内容体系进行了一些调整,如卷积与相关、细化技术等,调整后较有利于教学的循序渐进规律。

2. 对部分内容作了适当增删,如加强了数字信号分析内容,删减了有关模拟信号分析内容。

3. 为适应数字信号分析领域的不断扩展,增加了信号的时频分析一章。时频分析提供了非平稳、非高斯信号的处理,以及非线性、非因果、时变系统的分析理论和方法。

4. 加强了有关信号分析处理的工程应用内容,如故障诊断方面的进展和实例等,这有利于开阔思路。

对原书中的论述错误或不妥之处,作了修改,修订后的本书,错误与不妥之处仍在所难免,切望读者不吝指教。

编 者

1999年5月

于华中理工大学

第一版前言

“机械工程测试·信息·信号分析”是华中理工大学机械工程类专业硕士生的一门学位课,是以培养研究生掌握现代测试与信号分析理论与技术、提高其科学试验能力为主的课程。本门课程从1980年开设以来,经过多年探索与实践而逐步成熟。目前,选修本课程的研究生,除机械制造专业的以外,尚有锻压、液压、船舶、力学、金属学、铸工、仪表、计量标准化,以及矿业、地质勘探等专业的。实践表明,这是一门有生命力的课程,对于研究生的培养发挥了一定作用。该课程曾于1985年获得华中理工大学研究生教学研究成果奖。

本书是按照1987年9月修订的教学大纲编写的,主要论述工程测试、信息与信号分析领域的理论与技术,是从信息探测工程学的角度出发,为适应机械工程技术的新发展(自动化、智能化、精密化)而编写的一本跨学科的教材。其主要内容包括:信号分析基础;信息论基础知识,信息与信息熵,最大熵定理;信息转换与传输,信息探测工程的发展;模拟信号分析,调制、滤波与估值;数字信号分析,DFT与FFT;谱分析与谱估计,周期图法与最大熵谱分析;数字滤波,FIR与IIR滤波器;维纳滤波,预测反滤波;同态滤波与时谱技术,复时谱、功时谱、解卷积;窄带谱细化分析,ZFFT分析与Chirp-Z变换;信号分析设备,典型数字信号处理系统;机械工程中的信号分析技术,模态分析、声谱分析、机械设备故障诊断等。

本书除了可作为机械工程类硕士生教学用书外,也可作为机电一体化、仪器仪表、计量与质量管理等有关专业的教学参考用书,机械专业本科生提高用书,以及从事工程测试与信号分析的有关工程技术人员的参考用书。

本书是在杨叔子教授的指导下,由卢文祥、杜润生编写的。黄长艺教授为本课程的设置、教学内容与体系的建立等作出了重要贡献;李柱、师汉民、熊有伦、胡庆超、邓星钟、李淑珍等各位老师以及张福润、余蔚淳、黄含等同志为本课程的改革、大纲的修订、教材的编写等给予了指导和帮助;霍静娴、王治藩、赵星、赵振平、陈小鸥、丁洪、李震、潘立民等同志,为开设本课程的实验作了大量工作。在此,对他们深表感谢。

本书原稿于1987年12月作为讲义印刷后,受到了机械工程界许多博士生导师、硕士生导师的热诚关注与支持。西安交通大学顾崇銓教授,清华大学严普强教授,山西矿业学院程高楣教授,哈尔滨工业大学蔡鹤皋教授,烟台大学施雄茂教授,华中理工大学路亚衡教授、徐恕宏教授、唐泳洪教授,上海交通大学洪

迈生副教授,北京航空航天大学韩云台副教授,重庆大学雷继尧教授、梁德沛副教授,北京机械工业管理学院翁善惠副教授,江西工业大学熊瑞文副教授,西北轻工业学院除元昌副教授等,对本书提出了许多宝贵意见,给予作者极大鼓舞和鞭策。在此,对这些前辈和同行老师表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中定有不少错误之处,恳切希望各位读者给予批评指正。

编 者

1988年7月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 测试·信息·信号	(1)
1.2 测试信号分析的基本内容	(2)
1.3 测试与信号分析技术的发展概况	(2)
1.4 测试与信号分析技术在机械工业发展中的作用	(3)
第 2 章 信号分析的基础	(5)
2.1 信号的分类	(5)
2.2 系统	(14)
2.3 信号的时域分析	(18)
2.4 信号的频域分析	(30)
2.5 卷积与相关定理	(41)
第 3 章 信息论基础知识	(52)
3.1 信息与信息技术	(52)
3.2 信息论与广义通信系统	(60)
3.3 信息的定量描述——信源模型与信息熵	(64)
3.4 连续信源及最大熵定理	(70)
3.5 信息与熵的守恒定律	(78)
第 4 章 信息转换与传输	(80)
4.1 信息转换	(80)
4.2 信息传输	(110)
4.3 信息传输过程中的干扰噪声	(119)
第 5 章 模拟信号分析	(128)
5.1 调制	(128)
5.2 滤波器	(136)
5.3 估值	(145)
第 6 章 数字信号分析(I)——DFT 与 FFT	(152)
6.1 模拟信号离散化	(152)
6.2 离散傅里叶变换	(160)
6.3 快速傅里叶变换	(174)
6.4 谱分析与谱估计	(189)
6.5 现代谱分析方法——最大熵谱估计	(200)

第7章 数字信号分析(Ⅱ)——数字滤波	(206)
7.1 数字滤波与模拟滤波	(206)
7.2 离散时间系统的时域分析	(210)
7.3 Z变换	(215)
7.4 离散时间系统的 z 域分析	(221)
7.5 数字滤波器的原理与结构	(225)
7.6 数字滤波器的设计方法概述	(232)
第8章 维纳滤波	(248)
8.1 维纳滤波	(248)
8.2 反滤波	(252)
8.3 预测反滤波	(256)
第9章 同态滤波与时谱技术	(261)
9.1 同态滤波系统	(261)
9.2 解卷积同态系统	(262)
9.3 解卷积同态系统	(263)
9.4 时谱技术	(269)
第10章 信号的时频分析	(275)
10.1 短时傅里叶变换	(275)
10.2 小波变换	(281)
第11章 信号分析设备	(290)
11.1 频谱分析仪	(290)
11.2 数字信号处理系统的构成及分类	(297)
11.3 数字信号处理系统中的主要部件	(302)
11.4 微型机信号处理系统	(308)
11.5 频率细化分析方法	(314)
第12章 机械工程中的信号分析技术	(326)
12.1 信号分析中基本参数的选择	(326)
12.2 试验模态分析技术	(329)
12.3 机械设备诊断技术	(338)
12.4 声信号的测量和分析技术	(351)
参考文献	(366)

第 1 章 绪 论

1.1 测试 · 信息 · 信号

测试是人们认识客观事物的方法。测试过程是从客观事物中获取有关信息的认识过程。

测试包含测量与试验。在测试过程中,需要借助专门设备,通过合适的实验和必要的数据处理,求得所研究对象有关的信息量值。

测试科学属于信息科学范畴,所以又被称为信息探测工程学。

信息,一般可理解为消息、情报或知识。例如,语言文字是社会信息,商品报道是经济信息,遗传密码是生物信息等。然而,从物理学观点出发来考虑,信息却是物质所固有的,是其客观存在或运动状态的特征。

信息本身不是物质,不具有能量,但信息的传输却依靠物质和能量。一般说,传输信息的载体称为信号,信息蕴涵于信号之中。例如:古代烽火,人们观察到的是光信号,它所蕴涵的信息是“敌人来进攻了”;防空警笛,人们听到的是声信号,其含义则是“敌机空袭”或者“敌机溃逃”;在无线电通信中,电磁波信号运载着新闻或音乐等信息。

作为物理过程中的一个例子,一座桥梁或者一台机器,它本身具有抵抗外力的能力,这是物质的固有特性。怎样探测这一客观存在呢?当所研究的系统受到外力激励后,所发生的位移-时间历程就包含了描述该系统的固有频率和阻尼比的信息。因此,对所测得的位移-时间信号进行分析,就可以获得该系统的刚度。

信号具有能量,它描述了物理量的变化过程,在数学上可以表示为一个或几个独立变量的函数,可以取为随时间或空间变化之图形。例如:噪声信号可以表示为一个时间函数;机械零件的表面粗糙度则可表示为一个二维空间变量的高度函数。

按照信号变化的物理性质,信号可分为非电信号与电信号。例如:随时间变化的力、位移、加速度等,可称为非电信号;而随时间变化的电压、电流、电荷、磁通等,则称为电信号。非电信号与电信号可以互相转换,在工程中常常将各种非电物理量变换为电信号,以利于传输、变换和分析处理。

对信号的分析处理,是指从传感器等一次敏感元件获得初始信息,用一定的

设备和手段进行分析处理。图 1-1 表示了信息-信号的转换、传输与分析处理过程。

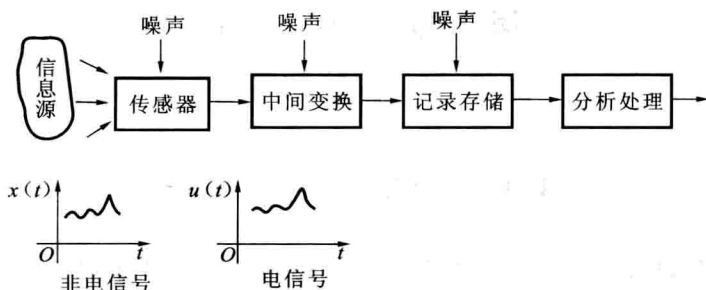


图 1-1 信息-信号的转换、传输与分析处理过程

1.2 测试信号分析的基本内容

测试信号中携带着人们所需要的有用信息,也常常含有人们不感兴趣的其它信息,后者常被称为干扰噪声,它是在测试过程中不可避免地渗入测试系统的。对测试信号的分析处理,例如,滤波、调制、变换、增强、估值等就是对信号的加工变换,其目的是:改变信号的形式,便于分析和识别;滤除干扰噪声,提取有用信息,便于对所研究的事物做出估计。

信号分析的经典方法有时域分析法与频域分析法。

时域分析又可称为波形分析,是用信号的幅值随时间变化的图形或表达式来进行分析的,可以得到任一时刻的瞬时值或信号的最大值、最小值、均值、均方根值等,也可以通过信号的时域分解,研究其稳态分量与波动分量。通过对信号的相关分析,可以研究信号本身或相互之间的相似程度;研究信号的幅值取值的分布状态,可以了解信号幅值取值的概率及概率分布情况,又称为幅值域分析。

测试信号的频域分析是把信号的幅值、相位或能量变换为以频率坐标轴表示,进而分析其频率特性的一种方法,又称为频谱分析,例如,幅值谱、相位谱、能量谱密度、功率谱密度分析等。对信号进行频谱分析可以获得更多的有用信息,是近代信息技术发展中的一个重要手段。

1.3 测试与信号分析技术的发展概况

信号分析技术已被应用于许多学科与领域,诸如通信、雷达、声呐、地震研究、遥感、生物医学、机械振动等。特别是近代电子技术、数字计算机及微型机的发展和运用,使信号分析技术得到了迅速的发展,目前它已成为信息科学技术中