

王怀奥 计宏伟 主编

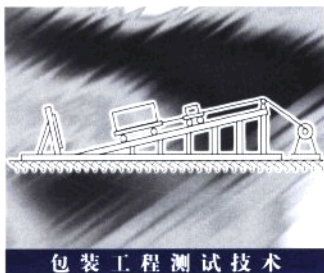
包装工程测试技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心



ISBN 7-5025-5618-4



9 787502 556181 >

ISBN 7-5025-5618-4/TS·179 定价：28.00元

销售分类建议：轻工/包装/包装技术

包装工程测试技术

王怀奥 计宏伟 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

包装工程测试技术/王怀奥, 计宏伟主编. —北京:
化学工业出版社, 2004. 7
ISBN 7-5025-5618-4

I. 包… II. ①王…②计… III. 包装-测试技术
IV. TB487

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059983 号

包装工程测试技术

王怀奥 计宏伟 主编

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 李玉峰

责任校对: 洪雅妹

封面设计: 潘峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 319 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5618-4/TS·179

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

进入 21 世纪以来,随着亚洲包装中心在中国的落成、包装工业的蓬勃发展,中国包装教育逐渐从原来所依托的不同学科中走出来,形成独立的、完整的学科、课程体系和科学的教育模式。相应的课程内容在不断更新,新的测试方法、测试手段、测试仪器不断涌现,中国国家标准也在不断地制订或修改。因此,需要有一本能够反映现代包装工程测试技术的教材。本书就是在这方面的尝试。

全书共七章,前三章着重介绍测试技术的基本理论知识,包括信号分析与处理、测试系统的特性、常用传感器和信号调理、处理、记录仪器,是测试技术的必修知识;第四章介绍包装工程典型参数的测试,包括温度、湿度、压力、质量、流量、振动等参数的测试;后三章主要介绍常用包装材料、包装容器、运输包装件的测试原理及方法。

本书由佳木斯大学、天津商学院、大连轻工学院、黑龙江八一农垦大学等院校的包装测试专业的部分教师共同编写。

本书由佳木斯大学王怀奥、天津商学院计宏伟主编。参加编写工作的有佳木斯大学王怀奥(绪论、第三章第十、第十一节、第四章、第六章)、天津商学院计宏伟(第七章)、黑龙江八一农垦大学鹿保鑫(第一章)、大连轻工学院邢浩(第五章)、佳木斯大学王桂莲(第二章、附录)、佳木斯大学陈光军(第三章第一~第九节)。

全书由哈尔滨商业大学高德教授主审。高德教授对此书的编写提出许多宝贵建议。此书在编写过程中,得到了大连轻工学院欧阳建志老师、佳木斯大学王男老师的大力帮助,在此向他们表示深切谢意。

包装工程测试技术是一门综合性技术,涉及传感、微电子、控制、计算机、数理统计、精密机械等多个学科。要求测试工作者具有深厚的多学科知识。本书在编写过程中既注意到知识的完整性与系统性,将新理论、新方法、新手段融入本书中,又尽量做到深入浅出,通俗易懂。由于目前各包装院校的培养方向、课程设置、开学课时差距较大,使用本书时可根据培养方向及教学要求有选择地讲授。

由于编者水平有限,书中错误与不妥之处,恳请各位专家、读者批评指正。

编 者

2004 年 5 月

内 容 提 要

本书系统地阐述了包装工程测试技术的基本理论、基本原理和基本方法。全书分为三部分：测试基础（信号分析与处理、测试系统基本特性、常用传感器和信号调理、处理及记录仪器）；典型参数测试（温度、湿度、物位、压力、质量、流量、振动）；包装材料、容器及运输包装件测试（纸、塑料、金属、玻璃等包装材料、容器及运输包装件的测试）。

本书可作为高等院校包装工程及相关专业的教材，也可供从事包装、食品、轻工等方面的工程技术人员和管理人员参考。

目 录

绪论	1
第一章 信号及其描述	5
第一节 概述	5
一、信号的分类	5
二、信号的描述	7
第二节 周期信号	8
一、周期信号的时域描述和频域描述	8
二、周期信号的强度表述	12
第三节 非周期信号	14
一、非周期信号的特征	14
二、非周期信号的描述——傅里叶积分	14
三、傅里叶变换的主要性质	17
第四节 随机信号	18
一、随机过程的一般关系	18
二、随机信号的分类	19
三、随机过程的主要统计参数	20
习题	24
第二章 测试系统的特性	25
第一节 测试系统及其主要性质	25
一、线性系统	25
二、线性系统的性质	26
三、测试装置的特性	27
第二节 测试系统的静态特性	27
一、非线性度	27
二、灵敏度	28
三、分辨力	29
四、回程误差	29
五、漂移	29
六、信噪比	29

第三节 测试系统的动态特性	30
一、拉普拉斯变换（拉氏变换）	30
二、传递函数	31
三、频率响应函数	32
四、脉冲响应函数	33
五、环节的串联和并联	34
第四节 常见测试系统的动态特性	34
一、一阶系统	35
二、二阶系统	37
第五节 测试系统静态特性和动态特性的测定	41
一、测试系统静态特性的测定	41
二、测试系统动态特性的测定	42
第六节 实现不失真测试的条件	44
第七节 测量误差的基本概念	45
一、真值	45
二、误差	46
三、误差的分类	46
四、测量不确定度	48
习题	49
第三章 常用传感器及信号调理、处理和记录仪器	51
第一节 传感器概述	51
一、传感器分类	51
二、传感器的性能要求	53
三、传感器的选用原则	54
四、传感器的发展趋势	56
第二节 机械式传感器	56
第三节 电阻式传感器	58
一、变阻器式传感器	58
二、电阻应变式传感器	59
第四节 电感式传感器	64
一、自感型传感器	64
二、互感型（差动变压器式）传感器	66
三、压磁式传感器	68
第五节 电容式传感器	70
一、变换原理及类型	70

二、特点与应用	73
第六节 压电式传感器	75
一、压电效应	75
二、压电材料	76
三、压电式传感器及其等效电路	77
四、测量电路	78
第七节 磁电式传感器	80
一、动圈式	80
二、磁阻式	81
三、霍尔式传感器	81
第八节 光电式传感器	83
一、光电效应及光电器件	83
二、光电式传感器的形式	85
第九节 新型传感器	87
一、热敏电阻	87
二、气敏传感器	88
三、湿敏传感器	89
四、水分传感器	89
五、集成传感器	90
六、光纤传感器	91
第十节 常用信号调理、处理仪器	91
一、电桥	92
二、放大器	94
三、调制解调器	95
四、应变仪	96
五、滤波器	98
六、模/数 (A/D)、数/模 (D/A) 转换器	100
第十一节 信号记录仪	102
一、笔式记录仪	102
二、光线示波器	104
三、磁带记录器	105
四、磁光盘记录器	105
习题	108
第四章 典型参数测试	110
第一节 温度测试	110

一、温度标准与测量方法	110
二、热电偶温度计	111
三、热电阻温度计	116
四、热辐射测温仪	119
第二节 湿度测试	123
一、湿度	123
二、干湿球湿度计	124
三、电阻式湿度计	125
四、电容式湿度计	126
五、单片智能化湿度/温度传感器	127
第三节 位移的测量	127
一、常用位移传感器	127
二、厚度测量	128
三、物位的测量	130
第四节 质量测试	135
一、测重传感器	135
二、皮带电子秤	137
三、定量电子秤	138
第五节 压力测试	139
一、压力测量弹性元件	139
二、压力传感器	141
三、真空度测试	142
第六节 流量测试	143
一、椭圆齿轮流量计	144
二、差压式流量计	145
三、涡轮流量计	146
四、电磁流量计	148
五、转子流量计(浮子流量计)	149
第七节 振动测试	150
一、振动基本知识	150
二、振动的激励	152
三、激振器	153
四、常用测振传感器	155
五、振动的测量	159
六、测振装置的校准	160
习题	161

第五章 包装材料测试	163
第一节 包装材料试验方法	163
一、相容性试验 (GB/T 16265—1996)	163
二、接触腐蚀试验 (GB/T 16266—1996)	164
三、气相缓蚀能力试验 (GB/T 16267—1996)	165
四、透湿率试验 (GB/T 16928—1997)	167
五、透油率试验 (GB/T 16929—1997)	169
第二节 纸、纸板的测试	170
一、试样的采集与处理	170
二、纸与纸板一般性能测试	171
三、纸和纸板表面性能测试——粗糙度 (GB/T 2679.4—94)	172
四、纸和纸板结构性能测试——透气性 (GB/T 458—2002)	174
五、纸与纸板强度测试	174
六、瓦楞纸板测试	180
第三节 塑料测试	183
一、拉伸强度 (GB/T 1042—92、GB 13022—91)	184
二、压缩强度 (GB/T 1041—92)	186
三、撕裂强度 (梯形撕裂法 GB/T 16578—96)	187
四、冲击强度	188
五、塑料薄膜静电性能测试 (GB/T 14447—93)	190
第四节 缓冲包装材料性能测试	191
一、试样	191
二、静态压缩试验	192
三、动态压缩试验	194
四、振动传递特性试验	196
习题	197
第六章 包装容器测试	198
第一节 纸包装容器测试	198
一、瓦楞纸箱空箱抗压强度计算	198
二、纸箱压缩试验	199
三、影响纸箱抗压强度的因素	200
四、瓦楞纸箱接合强度测试	202
第二节 塑料包装容器的测试	202
一、塑料薄膜袋测试	203
二、塑料瓶、塑料桶测试	205

三、塑料周转箱测试 (GB/T 5737—1995)	207
四、复合塑料编织袋测试 (GB 8947—1998)	209
第三节 玻璃容器测试	211
一、玻璃容器的外观缺陷及其检查方法	212
二、玻璃容器内压强度测试	212
三、热冲击强度测试	213
四、内应力测试	215
五、机械冲击强度测试	215
六、垂直载荷强度测试	217
七、水冲强度测试	217
第四节 金属容器测试	218
一、圆柱形钢桶测试 (GB 325—91)	219
二、铝质易开盖两片罐测试 (GB 9106—94)	221
三、金属喷雾罐测试 (GB 13042—91)	222
第五节 集装箱测试	223
一、铁路货运钢制平托盘测试 (GB 10486—89)	223
二、集装箱测试 (GB 3218—1982)	224
三、柔性集装袋测试 (GB/T 14461—93)	226
习题	227
第七章 运输包装件测试	228
第一节 运输包装件静态试验	228
一、温湿度调节处理	228
二、静载荷堆码试验	230
三、压力试验	232
四、喷淋试验	233
五、浸水试验	234
第二节 运输包装件冲击试验	235
一、跌落试验	235
二、水平、斜面冲击试验	238
三、可控水平冲击试验	241
第三节 运输包装件振动试验	244
一、振动试验目的	244
二、试验原理	245
三、试验仪器设备	246
四、试验程序	247

第四节 运输包装件的碰撞试验	249
一、概述	249
二、试验原理	249
三、试验设备	249
四、试验程序	250
第五节 产品脆值测试	251
一、概述	251
二、用冲击试验机测定产品脆值	251
三、缓冲跌落法测定产品脆值	254
第六节 大型运输包装件的测试	256
一、概述	256
二、试验原理	256
三、试验设备	256
四、试验方法	256
习题	260
附录 包装国家标准目录（测试部分）	261
主要参考文献	268

绪 论

一、测试技术在包装工程中的地位和作用

测试技术属于信息科学的范畴，与计算机技术、自动控制技术、通信技术构成完整的信息技术学科。测量是指确定被测对象属性量值的全部工作。因此，测试可以理解为是测量和试验的综合。

科学技术和生产的发展离不开测试，任何科学理论和工程技术都是建立在大量的试验基础上的。无论是工程研究、产品开发，还是质量监控、性能测试等，都离不开测试技术。测试技术是人类认识客观世界的手段，是科学研究的基本方法。科学的根本目的在于客观地描述自然界。科学定律是定量的定律。科学探索需要测试技术，检验科学理论和规律的正确性同样需要测试技术，可以认为精确的测试是科学的根基。

随着我国加入世界贸易组织以及亚洲包装中心在我国的建立，包装工业将迅速发展。包装生产将进一步向机械化、自动化迈进；满足各种包装需求的新型绿色包装材料、复合包装材料将不断出现；随着新型缓冲包装材料的开发，运输包装设计将进一步发展，使得体积更小，缓冲效率更高，结构更合理。这一切都需要测试技术的支撑。

二、包装测试技术的内容和任务

1. 包装测试技术的内容

(1) 测量原理 是指实现测量所依据的物理、化学、生物等学科的有关定律。例如，用压电加速度计测量包装件的振动所依据的是材料的压电效应；热电偶测量温度依据的是热电效应；超声波液位计测量物位是利用超声波反射、折射原理；测量纸张张力的压磁传感器是利用铁磁材料的压磁效应等。

(2) 测量方法 包装测试中常用的测量方法可分为：直接测量法和间接测量法；电测法和非电测法；模拟量测量法和数字量测量法；等精度测量法和不等精度测量法；接触式测量法和非接触式测量法等。不同的测量方法，其测量精度、测量成本不同。同一物理量可以用不同的测量方法，同一测量方法可以测量不同的物理量。应根据测量任务的具体要求和现场实际情况，选择合适的测量方法。

(3) 测试系统 在确定测试原理和测试方法的基础上，选择或设计测试系统。

(4) 数据处理 测量获得的大量数据, 必须加以科学地处理, 去伪存真, 去粗取精, 得到正确可靠的结果。

2. 包装测试技术的任务

(1) 检测包装材料、包装容器、包装件的性能, 评定其质量 例如, 纸板的耐破度测定; 缓冲材料的缓冲性能测定; 软包装容器的透湿度测试; 玻璃容器的内应力检测; 运输包装件的抗冲击测试等。

(2) 模拟流通环境, 检验被包装产品的可靠性 包装件的流通过程主要包括装卸、运输、贮存三个环节, 导致产品破损的因素很多, 因此, 国家标准规定, 运输包装件的基本试验是在实验室里进行的, 人工模拟流通环境或重现包装件在流通过程中可能遇到的各种危害, 从而评定包装的保护功能。

(3) 实现自动化包装 在现代包装生产中, 通过对工艺参数的测试和数据收集, 实现对设备状态的检测、质量控制和故障诊断。

(4) 为包装工程科学研究奠定基础 现代包装工程的特点是: 包装材料绿色环保化, 包装方法多样化, 包装技术现代化, 包装过程自动化, 包装结构合理化。对这些问题的研究, 须依靠必要的测试方法和测试手段。

三、测试系统的组成

任何一个物理量的测量装置, 往往是由许多功能不同的器件、元件、仪器所组成。这一装置称为测试系统。测试系统的组成如图 0.1 所示。

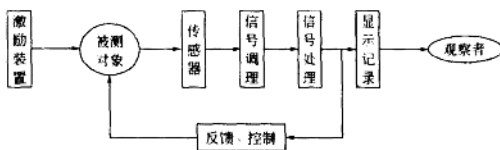


图 0.1 测试系统的组成

测试是要测量被测对象的某一物理量——信号, 而被测对象的信号有时需要在激励装置对其作用下, 才能显现出来。例如, 将包装件固定在振动台上, 通过振动台对包装件进行激励, 使包装件的振动信号显现出来。

传感器是将被测信号转换成某种电信号的器件。它包括敏感器和转换器两部分。敏感器一般是将被测量（如压力、位移、速度、加速度、温度等）转换成某种容易检测的信号, 而转换器是将这种信号变成易于传输、记录、处理的电信号。

信号的调理环节是把来自传感器的信号转换成更适合于进一步传输和处理的形式。这种信号的转换, 多数是电信号之间的转换, 如幅值放大, 将阻抗的

变化转换成电压的变化或频率的变化等。

信号处理环节是对来自信号调理环节的信号进行各种运算和分析。

信号显示、记录环节是将来自信号处理环节的信号，以观察者易于观察和分析的形式显示或存贮测试的结果。

而反馈、控制环节主要用于闭环控制系统中的测试系统。

目前测试系统的发展趋势是经 A/D 转换后采用计算机进行数据分析、处理，并经 D/A 转换控制被测对象。这样大大地提高了测试速度和精度。

四、现代测试技术的发展动向

现代测试技术，既是促进科技发展的重要技术，又是科学技术发展的结果。现代科技的发展不断地向测试技术提出新的要求，推动测试技术的发展。与此同时，测试技术不断吸取和综合各个科技领域（如物理学、化学、生物学、材料科学、微电子学、计算机科学和工艺学等）的新成就，新的测试原理、测试方法、测试手段、测试仪器不断出现。

近年来，新技术的兴起促使测试技术蓬勃发展，尤其在以下几个方面的发展最为突出。

(1) 改进电路设计，广泛采用运算放大器和各种集成电路，大大简化了测试系统，提高了系统特性。例如有效地减小了负载效应、线性误差等。

(2) 新型传感器层出不穷，并向微型化、智能化发展。目前发展最迅速的新材料是半导体、陶瓷、光导纤维、磁性材料以及所谓的“智能材料”（如形状记忆合金、具有自增殖功能的生物体材料等）。这些材料的开发，不仅使可测量大量增多，使力、热、光、磁、湿度、气体、离子等方面的一些参量的测量成为现实，也使集成化、小型化和高性能传感器的出现成为可能。此外，当前控制材料性能的技术已取得长足的进步。这种技术一旦实现，将会完全改变原有敏感元件设计的概念：从根据材料特性来设计敏感元件，转变成按照传感要求来合成所需的材料。

(3) 广泛应用信息技术，特别是计算机技术和信息处理技术。参数测量和数据处理以计算机为核心，使测量、分析、处理、打印、绘图、状态显示及故障报警向自动化、集成化、网络化方向发展；测试仪器向高精度、多功能、小型化、在线监测、性能标准化方向发展。

(4) 测量范围更宽。

五、本课程学习要求

包装工程测试技术是一门综合性技术，它以包装工程中的典型参数、包装材料、包装容器及包装件作为测试和研究的对象。通过本课程的学习，要求

做到：

(1) 了解测试技术的基本理论，包括信号分析和描述方法、信号调理和处理的基本概念和方法；

(2) 掌握测试系统静、动态特性的评价方法，具有测试系统的总体设计能力；

(3) 熟练掌握各种传感器的基本原理和适用范围，了解信号调理、处理和记录仪器的原理与特点，并能在实际测试中正确选用；

(4) 掌握包装工程中典型参数测试原理和方法；

(5) 掌握包装材料、包装容器、运输包装件的测试原理及方法；

(6) 具有实验数据处理和误差分析的能力。