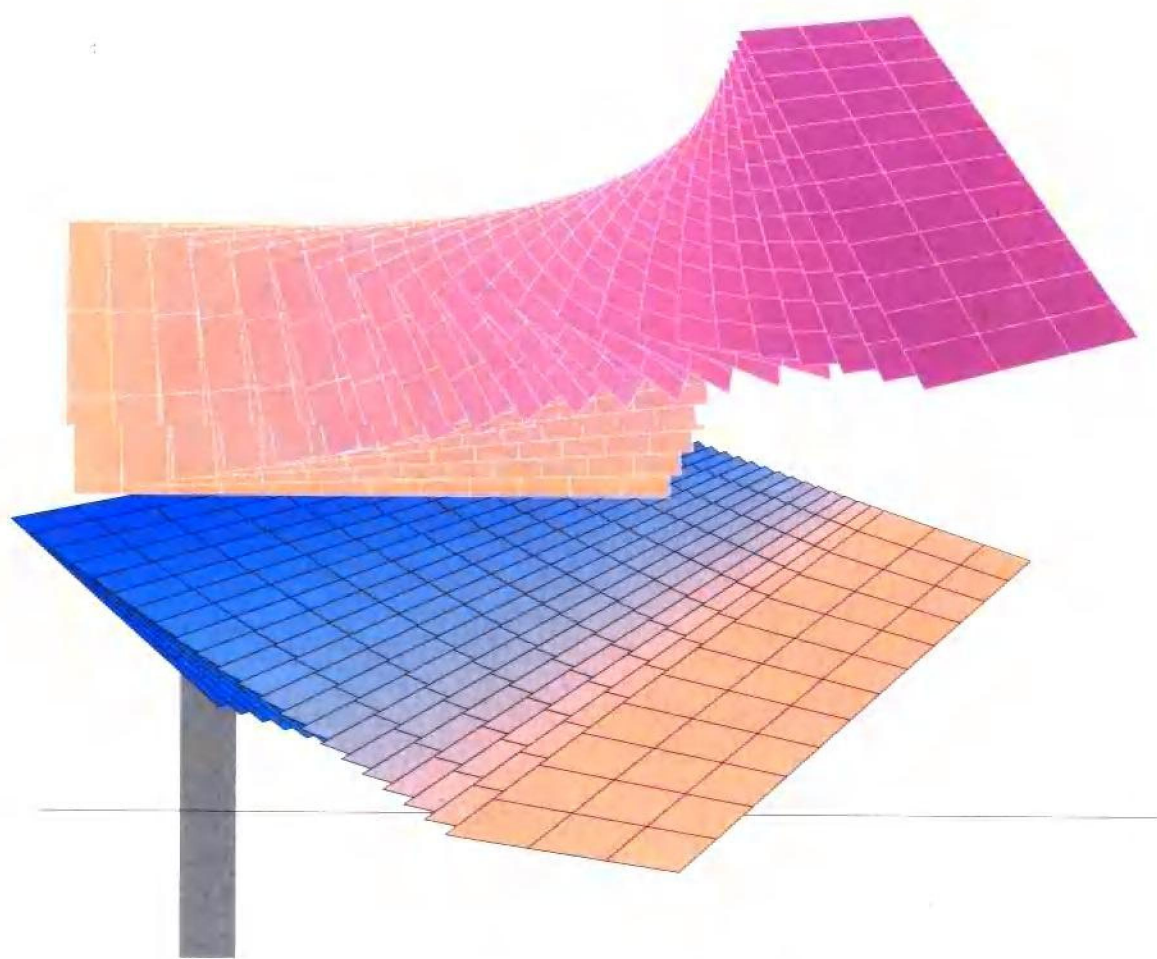


高等院校选用教材系列

机械工程测量学

郑叔芳 吴晓琳 主编



科学出版社

内 容 简 介

本书由南京航空航天大学等9所高校集体编写,是一项教学改革成果。它整合了机械工程类专业的“互换性及技术测量”和“机械工程测试技术基础”两门课程的体系和教学内容,并根据测量技术的发展趋势,增加了计算机辅助测试技术和测量理论内容。全书共分5篇,17章。第一篇机械工程测量基础,系统地讲述了机械工程测量的基本概念和原理、测量误差及数据处理;第二篇测量标准及互换性,讲述了各类公差标准及互换性;第三篇测量系统,简述了测量系统的基本组成和种类,重点讲述了各类传感器和计算机辅助测试;第四篇测量理论,讲述了测量系统的数学模型、可测性理论、测试确定性理论及测试可靠性理论;第五篇测量应用,主要介绍了几何量测量、力测量和振动测量。本书是高等院校机械类专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程测量学/郑叔芳,吴晓琳主编.-北京:科学出版社,1999

(高等院校选用教材系列)

ISBN 7-03-007300-2

I. 机… II. ①郑… ②吴… III. 机械工程-技术测量-高等学校-教材
IV. TG8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 02750 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999年9月第一版 开本:787×1092 1/16

1999年9月第一次印刷 印张:34 1/2

印数:1—5 100 字数:792 000

定 价: 45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

《机械工程测量学》是教学改革的成果,也是集体智慧的结晶。

设计、工艺、测试是机械工程的三大技术支柱。机械工程测试方面的课程主要有“互换性及技术测量”和“机械工程测试技术基础”两门。前者于 50 年代初由原苏联引进,40 余年来,虽几经沉浮,但课程体系基本未变。后者在 70 年代后期恢复高考、修订机械类专业教学计划时开始设置,出版了几种版本的教材,体系基本相同。经过几十年的教学,普遍认为两门课在体系内容上存在一些问题。如两门课内容既有重复,又有遗缺,与其他课程也有重复之处。近年来电测技术尤其是计算机辅助测试技术的发展,使问题更为突出,教学改革的需要日益迫切。

我们从 70 年代末开始,在多年教学科研实践的基础上,逐步形成了“计算机辅助测试”的理论体系。1986、1987 年先后在“中国计算机学会七届年会”、“中国航空学会测试专业委员会学术会议”上进行了交流,得到与会同行的肯定和支持,教材入选国务院电子信息办主编的全国计算机应用教材系列,1993 年已由科学出版社出版,为机械工程测试的教学内容和教材的改革打下了基础。

1996 年,各方面条件成熟,校教改项目“面向二十一世纪的机械工程测试教学”立项。(1998 年入选江苏省教委教改项目。)对两门课程的内容进行改革,建立了统一的体系,共用一本教材《机械工程测量学》,编写了大纲,并在局域网环境下改革两门课的实验。1996 年 10 月,在全国高校机械工程测试技术研究会华东分会理事会上介绍了教改内容和教材大纲,得到与会全体理事的肯定和支持,决定当年 12 月在南京航空航天大学由华东分会理事会召集会议,讨论审定教材大纲,由九所高校分工集体编写。这次会议得到研究会总会的支持,总会理事长施雄茂教授到会,予以热情鼓励,发表了重要意见。

教材分工如下:南京航空航天大学郑叔芳教授编写第一、十一、十二、十三、十四章及第九、十、十五章个别小节,浙江大学虞文华副教授编写第二、五章,南京航空航天大学吴晓琳副教授编写第三、四章及第七章部分小节,南昌航空工业学院赖尚丁副教授编写第六章,南京建筑工程学院郑风琴副教授编写第七章部分小节,合肥工业大学濮少文高工编写第八章,江苏石油化工学院华同曙和烟台大学施宇清老师编写第九章,南京航空航天大学杨圣副教授编写第十章,浙江大学严拱标教授和丁启全副教授编写第十五章,南昌航空工业学院王长坤副教授编写第十六章,江西大学熊瑞文教授编写第十七章。第三至七章由吴晓琳副教授主编,全书由郑叔芳教授主编,施雄茂教授和上海交通大学洪迈生教授主审。

谨向两位主审、向编写者和教学科研实践中的众多合作者、向对编写者教学科研工作和本书的出版给予指导、支持、关怀并付出辛劳的领导和同志们致以深深的谢意。

本书有的内容可能超过本科教学要求,在其节号前加“*”号,供参考。

主要符号表

$A(\omega)$	幅频特性	n	空气折射率
$\tilde{A}$	模糊集 A	$P(A)$	事件 A 的概率
C_n	极值法修正系数	p	一阶导数算子
C_p	概率法修正系数	$p(x)$	随机变量 x 的概率密度函数
D	方差	$R(t)$	可靠率
	孔的基本尺寸	$r(n, \alpha)$	狄克逊系数
$D_{\max}$	孔的最大极限尺寸	S	特征系数
$D_{\min}$	孔的最小极限尺寸	s	自由度
d	轴的基本尺寸		灵敏度
$d_{\max}$	轴的最大极限尺寸		复数, $s = \sigma + j\omega$
$d_{\min}$	轴的最小极限尺寸	T	温度
$\frac{dy}{dx}$	y 对 x 的一阶导数	t	时间
	y 对 x 的一阶布尔差分	v	残差
$d(\tilde{A}, \tilde{B})$	模糊集 A 与 B 的海明距离	w	加权系数
ES	孔的上偏差	$w(t)$	窗函数
EI	孔的下偏差	X	间隙
es	轴的上偏差	Y	过盈
ex	轴的下偏差	Z_c	肖维勒系数
$E[\quad]$	求数学期望	Z_g	格拉布斯系数
$\mathcal{F}[\quad]$	傅里叶变换	$\mathcal{Z}[\quad]$	Z 变换
f	频率	α	置信概念
$H(j\omega)$	频率特性	Δ	测量误差
$H(s)$	传递函数	$\delta(t)$	单位冲激(脉冲)函数
$H(z)$	冲激传递函数	ϵ	置信限
$H(x)$	信号 x 的信息熵	ζ	阻尼比
$h(t)$	单位冲激(脉冲)响应	λ	波长
$I(x)$	信号 x 的信息量	$\lambda(t)$	失效率
J	目标函数	μ	数学期望, 均值
K	比例系数	$\mu_{\tilde{A}}(x)$	x 对模糊集 $\tilde{A}$ 的隶属函数
k	相对分布系数	ν	自由度
$\mathcal{L}[\quad]$	拉普拉斯变换	$\rho_{x,y}$	随机变量 x 与 y 的相关系数
$N(\mu, \sigma)$	正态分布, 均值 μ , 均方差 σ	σ	均方差, 标准误差
		$\sum$	求和运算

$\Phi_{xx}(j\omega)$ 自功率谱密度函数

$\Phi_{xy}(j\omega)$ 互功率谱密度函数

$\phi_{xx}(\tau)$ 自相关函数

$\phi_{xy}(\tau)$ 互相关函数

$\phi(j\omega)$ 相频特性

ω 角频率, $\omega = 2\pi f$

目 录

第一篇 机械工程测量基础

第一章 概论	1
§ 1.1 机械工程测量学的任务与对象	1
§ 1.2 机械工程测量的主要要求及其指标	3
§ 1.3 机械工程测量学的内容	6
§ 1.4 机械工程测量学的发展	8
第二章 测量误差及数据处理	11
§ 2.1 测量误差及其分类	11
2.1.1 测量误差的基本概念	11
2.1.2 测量误差的来源	12
2.1.3 测量误差的分类	13
§ 2.2 粗大误差及其剔除	14
2.2.1 粗大误差剔除的拉依达准则	14
2.2.2 粗大误差剔除的肖维勒准则	14
2.2.3 粗大误差剔除的格拉布斯准则	15
2.2.4 粗大误差剔除的狄克逊准则	16
§ 2.3 系统误差及其修正	20
2.3.1 系统误差的特点	20
2.3.2 恒值系统误差的辨识和修正	20
2.3.3 变值系统误差的辨识和修正	21
§ 2.4 随机误差及其处理	25
2.4.1 随机误差的分布	25
2.4.2 正态分布随机误差的评定	28
2.4.3 随机误差的削弱方法	31
§ 2.5 测量误差的评价指标	32
2.5.1 测量误差的传统评价指标	32
2.5.2 测量误差评价指标与各类测量误差的关系	32
2.5.3 测量误差的新评价指标	32
§ 2.6 测量误差的综合	34
2.6.1 测量误差的传递	34
2.6.2 测量误差综合的参数法	35
2.6.3 测量误差综合的分布法	38

第二篇 测量标准及互换性

第三章 概念及原理	40
------------------------	----

§ 3.1	质量保证体系	40
3.1.1	质量保证体系系列标准的产生	40
3.1.2	ISO 9000 系列标准的制定及基本内容	41
3.1.3	世界各国采用和执行 ISO 9000 系列标准的概况	42
§ 3.2	互换性原则	43
3.2.1	互换性种类	43
3.2.2	互换性生产的作用	43
3.2.3	互换性简史	44
§ 3.3	标准化原则	45
3.3.1	标准的种类	45
3.3.2	标准的级别	46
3.3.3	标准化的经济效益	47
§ 3.4	优化原则	48
3.4.1	优先数系的起源	48
3.4.2	优先数系的原理及数学特征	49
3.4.3	优先数系的使用特点	51
第四章	尺寸公差标准及检测	53
§ 4.1	基本概念	53
4.1.1	基本术语与定义	54
4.1.2	公差制度及公差标准的发展概况	58
§ 4.2	公差与配合的标准化	59
4.2.1	尺寸公差的标准化	60
4.2.2	基本偏差的标准化	62
4.2.3	配合的标准化	70
§ 4.3	公差与配合的选用	71
4.3.1	公差与配合的选用原则和方法	72
4.3.2	基准制的选择	72
4.3.3	公差等级的选择	73
4.3.4	配合的选择	75
§ 4.4	公差与配合的计算机辅助设计	79
§ 4.5	光滑工件尺寸的检测	82
4.5.1	光滑工件的测量验收	82
4.5.2	光滑极限量规	84
第五章	形状和位置公差及形状和位置误差测量	89
§ 5.1	概述	89
§ 5.2	形状和位置误差	90
5.2.1	形状误差	90
5.2.2	位置误差	91
5.2.3	基准的建立和体现	93
§ 5.3	形状和位置公差	94
5.3.1	形状公差	95

5.3.2	位置公差	98
5.3.3	跳动公差	102
§ 5.4	形位公差和尺寸公差之间的关系	104
5.4.1	相关要求	104
5.4.2	独立原则	108
§ 5.5	形位公差的选用	108
§ 5.6	形位误差的检测	111
5.6.1	与理想要素比较原则	111
5.6.2	测量坐标值原则	114
5.6.3	测量特征参数原则	114
5.6.4	测量跳动原则	115
5.6.5	控制实效边界原则	115
第六章	表面粗糙度标准及其测量	116
§ 6.1	基本概念	116
6.1.1	零件表面形貌误差	116
6.1.2	表面粗糙度对零件使用性能的影响	116
6.1.3	表面粗糙度的基本术语和评定基准	117
§ 6.2	表面粗糙度评定参数	118
6.2.1	与高度特性有关的评定参数	118
6.2.2	与间距特性有关的评定参数	119
6.2.3	与形状特性有关的评定参数	119
§ 6.3	表面粗糙度标准及其选用	120
6.3.1	表面粗糙度评定参数数值	120
6.3.2	表面粗糙度特性代号及其在图样上的标注	120
6.3.3	表面粗糙度参数值的选择	122
§ 6.4	表面粗糙度的检测	123
6.4.1	比较法	123
6.4.2	光切法	123
6.4.3	干涉法	124
6.4.4	针描法	125
第七章	典型零件的结合及互换性	126
§ 7.1	典型零件结合的特点及互换性要求	126
§ 7.2	滚动轴承与轴、外壳孔配合的互换性及标准	126
7.2.1	滚动轴承的精度等级及其应用	126
7.2.2	滚动轴承与轴、外壳孔的配合特点	128
7.2.3	轴、外壳孔公差带的选用	129
§ 7.3	圆锥结合的互换性、标准及检测	133
7.3.1	圆锥结合的特点及基本参数	133
7.3.2	圆锥各参数误差对互换性的影响	135
7.3.3	圆锥公差及给定方法	136
7.3.4	圆锥配合	138
7.3.5	圆锥测量	140

§ 7.4	键结合的互换性、标准及检测	142
7.4.1	平键结合的互换性、标准及检测	142
7.4.2	矩形花键结合的互换性、标准及检测	145
§ 7.5	螺纹结合的互换性、标准及检测	149
7.5.1	概述	149
7.5.2	普通螺纹的互换性特点	151
7.5.3	中径总公差和作用中径	153
7.5.4	普通螺纹精度设计	154
7.5.5	梯形螺纹公差	159
7.5.6	机床梯形螺纹丝杆和螺母的公差	161
7.5.7	螺纹测量	166
§ 7.6	渐开线圆柱齿轮传动的互换性及标准	169
7.6.1	齿轮传动的使用要求	169
7.6.2	影响齿轮传动的误差和公差	170
7.6.3	渐开线圆柱齿轮精度标准的应用	187

第三篇 测量系统

第八章	测量系统的组成	197
§ 8.1	概述	197
8.1.1	测量系统的基本组成	197
8.1.2	测量系统的分类	198
§ 8.2	机械测量系统	199
8.2.1	游标类量具	199
8.2.2	螺旋测微类量具	201
8.2.3	齿轮齿条传动类量具	201
8.2.4	杠杆传动类量具	203
8.2.5	扭簧传动式量具	203
§ 8.3	光学机械测量系统	204
8.3.1	光学机械测量系统的种类和组成	205
8.3.2	几何光学测量系统	206
8.3.3	干涉光学测量系统	211
§ 8.4	气动测量系统	213
8.4.1	气动测量系统的组成和分类	213
8.4.2	气动测量部件	218
§ 8.5	电测系统	220
8.5.1	电测系统的组成	221
8.5.2	电测系统的分类	222
第九章	传感器	224
§ 9.1	概述	224
9.1.1	传感器的定义和作用	224
9.1.2	传感器的组成和分类	224

9.1.3	对传感器的要求	226
9.1.4	传感器的发展	226
§ 9.2	传感器的性能和指标	227
9.2.1	传感器的静态特性	227
9.2.2	传感器的动态特性	230
§ 9.3	电阻式传感器	232
9.3.1	电位计式传感器	232
9.3.2	电阻应变式传感器	234
§ 9.4	电感式传感器	237
9.4.1	变磁阻式电感传感器	237
9.4.2	涡流式电感传感器	238
9.4.3	差动变压器式电感传感器	240
§ 9.5	电容式传感器	241
9.5.1	电容式传感器的工作原理	242
9.5.2	电容式传感器的等效电路	244
§ 9.6	压电式传感器	245
9.6.1	压电式传感器的工作原理	245
9.6.2	压电式传感器的测量电路	246
9.6.3	压电式传感器的应用	248
§ 9.7	半导体传感器	249
9.7.1	霍尔式传感器	249
9.7.2	固态图像传感器	250
§ 9.8	激光传感器	252
9.8.1	激光的特性	252
9.8.2	激光干涉测长技术	252
9.8.3	激光全息干涉测量技术	257
9.8.4	激光衍射测量技术	257
9.8.5	激光准直测量技术	258
§ 9.9	光纤传感器	259
9.9.1	光纤传感器的分类	259
9.9.2	光纤的传光原理	260
9.9.3	光纤传感器的应用	261
9.9.4	光纤传感器的特点	263
§ 9.10	数字式传感器	264
9.10.1	编码盘	264
9.10.2	光栅	265
9.10.3	感应同步器	267
9.10.4	细分技术	269
§ 9.11	传感器的选用	274
第十章	计算机辅助测试	277
§ 10.1	概述	277
10.1.1	典型组成	277

10.1.2	应用实例	278
10.1.3	CAT 的特点	282
10.1.4	CAT 与先进制造技术	283
10.1.5	CAT 的发展	283
§ 10.2	CAT 系统体系结构	284
10.2.1	第一代 CAT 体系结构	284
10.2.2	第二代 CAT 体系结构	285
10.2.3	分布式 CAT 体系结构	285
10.2.4	内含式 CAT 系统结构	288
10.2.5	微型化 CAT 系统结构	289
§ 10.3	CAT 系统接口	289
10.3.1	模拟量转换	289
10.3.2	接口	291
§ 10.4	CAT 总线	295
10.4.1	概述	295
10.4.2	GP-IB 总线	296
*10.4.3	CAMAC 总线	302
*10.4.4	VXI 总线	307
§ 10.5	CAT 软件	319
10.5.1	CAT 平台	319
10.5.2	CAT 程序语言	320

第四篇 测量理论

第十一章	测量系统与信号的数学模型	323
§ 11.1	概述	323
11.1.1	测量过程的信号与系统	323
11.1.2	物理系统与数学模型	325
11.1.3	近似性与指导性	325
11.1.4	时域、复域和频域	327
§ 11.2	静态确定性模型	328
11.2.1	模拟量与数字量	328
11.2.2	单变量与多变量	328
11.2.3	布尔量与布尔代数	329
§ 11.3	动态确定性模型	330
11.3.1	单变量连续模型	330
*11.3.2	单变量离散模型	348
*11.3.3	多变量连续模型	355
*11.3.4	多变量离散模型	356
§ 11.4	静态随机模型	357
11.4.1	单连续随机变量及其函数	357
11.4.2	单离散随机变量及其函数	359
11.4.3	多连续随机变量及其函数	361

11.4.4	多离散随机变量及其函数	362
* § 11.5	动态随机模型	362
11.5.1	时域模型——相关函数	362
11.5.2	频域模型	364
* § 11.6	模糊集模型	365
第十二章	可测性理论	369
§ 12.1	基本概念	369
12.1.1	测试模型与测试集	369
12.1.2	可测性	370
12.1.3	可测性指标	371
§ 12.2	模拟系统测试模型	372
12.2.1	模拟系统可测性	372
12.2.2	欠约束测试模型	373
12.2.3	过约束测试模型	375
§ 12.3	数字系统测试模型	375
12.3.1	数字系统可测性	375
12.3.2	通路敏化法	376
12.3.3	布尔差分法	377
* § 12.4	模糊系统测试模型	382
12.4.1	模糊系统模型	382
12.4.2	模糊测试模型	383
12.4.3	模糊测试与专家系统	386
第十三章	测试确定性理论	388
§ 13.1	基本概念	388
§ 13.2	判决理论	391
13.2.1	判决过程及其模型	391
13.2.2	最大概率判决准则	393
13.2.3	最小平均代价判决准则	394
* 13.2.4	抽检判决	397
§ 13.3	估值理论	408
13.3.1	静态估值	408
* 13.3.2	动态估值	411
第十四章	测试系统可靠性理论	417
§ 14.1	基本概念	417
§ 14.2	可靠性计算	419
§ 14.3	元件的降额和筛选	422
14.3.1	元件的降额	422
14.3.2	元器件的筛选	422
§ 14.4	自检技术	423
14.4.1	自检的目的	423
14.4.2	自检的技术指标	423

14.4.3	自检方法	424
§ 14.5	容错技术	425
14.5.1	硬件冗余	425
14.5.2	信息冗余	427
14.5.3	时间冗余	430
§ 14.6	抗干扰技术	430
14.6.1	概念	430
14.6.2	干扰的来源和种类	431
14.6.3	干扰方式	432
14.6.4	抗干扰措施	433

第五篇 测量应用

第十五章	几何量测量	436
§ 15.1	几何量模拟式电测量仪	436
15.1.1	模拟式电测量仪的组成	436
15.1.2	电动测微仪	437
§ 15.2	几何量数字式电测量仪	444
15.2.1	数字式电测量仪的组成	444
15.2.2	数模式电测量仪实例——一种光栅式齿轮单面啮合检查仪	448
§ 15.3	测量坐标系和自由度	453
15.3.1	测量坐标系	453
15.3.2	测量自由度	455
§ 15.4	机械坐标系	457
15.4.1	以机械平面为主构成机械坐标系	457
15.4.2	以机械轴线为主构成机械坐标系	457
§ 15.5	光学坐标系	459
15.5.1	光学坐标系的组成	459
15.5.2	光学坐标系的设计和建立	462
15.5.3	光学坐标系测量	465
15.5.4	激光坐标系	469
§ 15.6	三坐标测量机	470
15.6.1	概述	470
15.6.2	机械结构及测量系统	472
15.6.3	测量数据处理	476
15.6.4	数控机床的三坐标测量	480
第十六章	力测量	481
§ 16.1	力传感器	481
16.1.1	常用的测力方法	481
16.1.2	弹性变形式力传感器	481
16.1.3	电容式力传感器	485
§ 16.2	多维力测量	486

16.2.1	多维测力仪的结构和原理	486
16.2.2	多维力测量的测量误差	490
§ 16.3	测力仪的动力学分析	491
16.3.1	测力仪的动力学系统	492
16.3.2	测力仪的动特性	492
16.3.3	测力仪动态测量误差的补偿	494
第十七章	振动测量	496
§ 17.1	概述	496
§ 17.2	拾振器	496
17.2.1	惯性式拾振器的工作原理与动力学模型	497
17.2.2	压电式加速度计	499
17.2.3	磁电式速度计	501
17.2.4	拾振器的正确选择	502
§ 17.3	振动分析仪器与测量系统	503
17.3.1	模拟式频率分析仪	504
17.3.2	模拟数字混合式分析仪	506
17.3.3	数字式频谱分析仪	507
§ 17.4	机械阻抗试验	507
17.4.1	机械阻抗的基本概念	508
17.4.2	机械阻抗实验方法	508
习题		517
参考文献		532

第一篇 机械工程测量基础

第一章 概 论

机械工程测量学是研究机械工程测量的客观规律的一门科学。机械工程测量的任务与要求,决定了机械工程测量的方法和内容,从而也决定了机械工程测量学的特点和理论体系。本章论述了机械工程测量学的理论体系及与此相应的本书各章内容和相互关系,介绍了机械工程测量学与其他学科和课程的关系。随着机械工程的发展,机械工程测量和机械工程测量学也在不断发展,本章最后对此作了论述和展望。

§ 1.1 机械工程测量学的任务与对象

机械工程测量的对象是机械系统及其组成部分。现代机械系统的主要组成部分是:

- (1) 各种机械零件、机构和部件;
- (2) 模拟电路、电器;
- (3) 数字电路、器件。

将电路电器也作为机械工程测量对象是由于:

(1) 现代机械的主要特点是机电一体化。各种机械化、自动化装置无不与电有关。目前已难以找到不带电的现代机械。

(2) 机械量电测的传感器在机械工程测量中广泛应用。一旦机械量通过传感器转换为电量,测量系统面临的便是电量的变换、分析与处理。

(3) 较复杂的现代机械多带有自检、自诊断系统,它们主要由电子元器件组成。

测量是确定量值的实验过程。确定量值即给定某一量的特定值是某个单位或某个基准量的多少倍。如测量轴的外径是用量具进行一次实验,以确定该轴外径是毫米的多少倍。

在机械工程中,与测量密切相关的过程还有:

试验。 试验是对产品的特性或性能进行测量、定量或分类所实施的实验。测量的对象是某个量,而试验的对象则是特性或性能,特性或性能也可能是个量(如以绝缘电阻表示的绝缘性能),也可能是量之间的关系(如材料的应力应变曲线),或由量间接求得的量(如由幅频特性求得系统的通频带)。

测试。 测试是一种科学的产品试验方法,按照技术规范,采用专门的测试系统,模拟

使用环境和工作条件,以获得产品的性能、可靠性等质量参数。测试的概念和试验比较接近,也可认为是测量和试验的总称。

计量。 计量是实现单位统一和量值准确可靠的测量。可见计量也是一种测量,但有其特定的目的,是为了保证测量结果的单位统一和量值准确可靠。如在不同地点不同时间测量长度为若干毫米,要有一整套计量体系来确保这不同地点不同时间的“毫米”有相同的(允许有一定误差)量。计量可称作为测量的测量。

检验。 检验是对产品或服务的特性进行测量、检查、试验,并将结果与规定的要求进行比较以确定其符合性的过程。检验的基本手段是测量,测量数据是检验结论的主要依据。由于测量数据的不可避免的误差,检验结论也可能错误,可能漏检,也可能虚检。

故障诊断。 故障诊断是识别产品故障状况的过程,包括故障检测、故障隔离和故障辨识:

(1) 故障检测,指对产品的性能或状态进行测试,根据测试结果和一定的判断规则,确定产品有无故障。

(2) 故障隔离,通过检测发现产品存在故障后,进一步确定故障发生的部位或区域。

(3) 故障辨识,确定故障件参数的量值及其偏离规定值大小。故障辨识有助于确定故障严重程度、检测出多个故障并提供参数自动补偿、自修复的可能条件。

可见故障诊断的依据也是测量,故障辨识本身就是一种测量,但是是一种较复杂、难度较大的测量。

以上这些过程,其共同的目的都是为了保证产品的质量,包括设计质量、生产质量、使用质量等,而其根据都是测量。通过测量,也只有通过测量,才能获得有关产品质量的客观的、定量的、准确的信息,通过进一步的分析、计算、判断,得出有关产品质量的结论。另一方面,这些过程也可看作是测量的延续、测量的目的。测量的主要目的是得出有关产品质量的结论。

基于以上认识,机械工程测量学的主要研究对象是机械工程范畴内的测量,同时也要论及作为测量目的或延续的一些过程,如试验、检验、故障诊断等。

测量的基本任务可归结为两方面:

1. 提供质量的根据

对测量的重视表现为对测量的投入,这是基于两个基本的认识:

(1) 质量是产品的生命。没有质量的产品,相当于没有生命的躯体,没有使用价值,也就没有交换价值。这是很浅显的道理,但往往被忽视。这是由于,从表面上看,在质量、测量上的投入不能创造价值,一个零件经过测量、检验,依旧是原来的零件,并未增加产值,如检验不合格,还会减少产值。这是一些追求短期利益的人忽视质量的客观原因。

(2) 测量是质量的根据。质量表现为一定的数量界限。质量是个定量的概念,要定量,就必须通过测量。质量问题是由于各种参数偏离规定值,即由于误差造成的。测量的任务是确定误差的大小。但测量本身也有误差,也存在质量问题。认识测量误差的规律,在此基础上确定、控制、减小测量误差,是机械工程测量学的一项重要任务。

2. 提供信息

测量是提供机械工程设计、制造、研究所需信息的主要手段。

设计是一种主观活动。设计是否成功,关键在于主观产生的设计图纸、资料等是否符合客观实际情况。而判断主客观是否一致的主要手段,便是测试。通过测试获取大量客观信息,以验证设计的正确性。重要产品如飞机,要经过一系列地面、飞行试验,测量大量数据进行分析计算,才能设计定型。

制造过程不断改变加工对象的尺寸、形状、性能等。改变到什么程度,是否符合图纸和技术条件要求,主要是依靠测量获取在制品的信息,作为下一步制造活动的依据。要加工到多少精度,首先要能测量到多少精度。

机械工程科学研究的基本任务是认识机械工程的客观运动规律,其主要方式是:

(1) 测试,通过大量试验数据,归纳分析得出规律性结果。如研究各种参数对加工质量和效率的影响,主要的手段是试验。

(2) 理论分析计算,得出结论。但这种结论一般都需要经过试验验证,才会得到公认。

综上所述,测试是保证机械工程质量,认识机械工程客观规律的基本手段。因此,测试与设计、工艺共为机械工程的三大技术支柱。三者互相依存,密切相关。设计及其标准是测试的依据和对象,而测试为设计提供客观根据,是保证设计质量的基本手段,测试也是监控制造过程、确保实现设计意图的基本手段。工艺方法及其过程确定了测试的内容和要求。测试是保证工艺质量,有时也是实现工艺过程的基本手段。要加工到某个精度,首先要能测试到这个精度。测试也是认识工艺过程规律、改进发展工艺方法的基本手段。

§ 1.2 机械工程测量的主要要求及其指标

在对机械工程测量的各项要求中,质量要求是最重要的。测量的基本任务是认识质量、控制质量,测量首先要确保自身的质量。

对机械工程测量的性能要求主要有四个方面:

1. 静特性

静特性是在静态下测量系统(或元件)的输出量 y 与输入量(被测量) u 的关系。静特性可表示为函数 $y=f(u)$ 及其图形。函数可较完整地反映静特性,但函数往往较复杂,使用不便,且有时不能简洁、明确地表示静特性。因此常用函数的一些主要参数来表示静特性。

理想的静特性是输出量 y 和输入量 u 呈线性关系,且过坐标原点,即

$$y=Ku \quad (1.1)$$

K 为常数。但实际的测量系统都有各种形式的非线性。以下介绍的各种静特性性能指标,大都与非线性有关。

1) 灵敏度 s

当输入量 u 有一个增量 du 时,引起输出量 y 发生相应的增量 dy ,则定义灵敏度 s 为