

测量技术

机械电子工业部
机电行业专业管理人员岗位培训教材

唐家驹 主编

机械工业出版社

49

机械电子工业部

机电行业专业管理人员岗位培训教材

测 量 技 术

唐家驹 主编



机械工业出版社

本书是机电工业企业主管技术检验管理人员和技术检验管理专业人员培训用专业课教材,是根据《测量技术》编写大纲编写的。

本书系统地介绍了在工业企业中广泛应用于测量技术的原材料检测、工艺检测和产品检验、能源参数以及经营管理项目的测量,涉及到了几何量、温度、力学、电磁、化学、光学、声学、时间频率、无线电和放射性等领域。

本书适用于中专和大专层次,可作为大、中专班及专业证书班、岗位培训班教材,亦可以供企业技术检验管理人员、计量管理人员参考。

测量技术

唐家驹 主编

*

责任编辑:李卫东 责任校对:丁丽丽

封面设计:姚毅 版式设计:吴静霞

责任印制:尹德伦

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张 14 1/8 ·字数 310 千字

1991年7月北京第一版·1991年7月北京第一次印刷

印数 0,001—8,000 ·定价:6.50元

*

ISBN 7-111-02787-6/TH·287

前 言

把提高从业人员本岗位需要的工作能力和生产技能作为重点，广泛地开展岗位培训，这是成人教育的一项重大改革，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。

为了搞好机械电子行业的岗位培训，我们首先抓了岗位培训的基础建设工作，即制定和编写了机械电子行业企业生产经营系统十四类主管专业管理人员和一般专业管理人员的岗位规范(《机械工业企业专业管理人员岗位业务规格》机械工业出版社 1987年11月出版)、培训计划和教学大纲(《机电工业企业专业管理人员培训计划和教学大纲》机械电子工业部教育司1989年7月印发)。

在此基础上，我们聘请了二百多位专家、教授及有丰富实际工作经验的同志编写了相应的培训教材。这套教材分中专(对应一般专业管理人员)、大专(对应主管专业管理人员)两个层次编写，共85种，其中基础课和专业基础课20种，专业课65种。

这套教材的编写体现了岗位培训直接有效地为经济建设服务的指导思想，突破了普教教材编写模式的束缚，符合成人教育的特点，突出了岗位培训的特色。

这套教材也可用于“专业证书”培训。

编写这套岗位培训教材是一项巨大的工程，值此教材出版之际，谨向参加这套教材编写、审稿工作的同志及为这套教材出版付出辛勤劳动的同志表示衷心感谢！同时，真诚地

希望关心和应用这套教材的单位和同志提出批评和建议，以便今后修改时参考，使之更加适应岗位培训的需要。

机械电子工业部
教育司
1989年5月

编 者 的 话

随着我国社会主义四个现代化建设事业的蓬勃发展,需要加速工业企业的技术进步。测量技术是工业企业重要基础技术之一。保证产品质量、降低能耗、提高企业经济效益,都需要强化测量技术工作。

在工业企业中测量技术工作应用范围很广,进厂的原材料检测、加工过程中工艺检测和监控、产品检验、能源参数和经营管理项目的测量等都属于测量技术范畴。测量技术的应用涉及到几何量、温度、力学、电磁、化学、光学、声学、时间频率、无线电和放射性等领域。可以说,测量技术用于企业每个部门、每个环节、每个阶段,离开测量技术,企业一切生产活动和科学技术研究都要停止。

本教材主要适用于机械系统工业企业技术管理人员,使他们对测量技术有一个全面了解,便于进一步做好技术检验工作。本书内容安排上考虑到机械工业企业技术检验的范围,以几何量检验为主,兼顾到温度、力学、电磁、化学等检验技术,并且对计量学的基础理论也应有所了解。本教材适用于中专和大专层次,可作为大专班、中专班、专业证书班和岗位培训班教材,亦可以供企业技术检验管理人员、计量管理人员在工作中作参考。

本书理论联系实际,重在应用,通俗易懂,每章后面都有思考题,以便于自学。

本书由陕西机械学院唐家驹主编,并编写第一章、第二

章、第三章、第五章中的长度测量、形位误差测量、齿轮测量；杨国珍编写第四章、第九章；徐守轩编写第五章中的概述、角度测量、表面粗糙度测量和螺纹测量；高宗海编写第六章、第七章和第八章。全书由陈家汉高级工程师主审。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1990年11月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 常用计量名词术语	1
一、量与量值	1
二、测量、计量与测试	2
三、检定、比对与校准	4
四、定度与分度	5
五、量值传递与检定系统	5
§ 1-2 测量方法分类	6
一、直接测量与间接测量	6
二、绝对测量与相对测量	7
三、接触测量与非接触测量	8
四、单项测量与综合测量	9
五、被动测量与主动测量	9
六、静态测量与动态测量	10
七、等精度测量与不等精度测量	10
八、补偿测量与调换测量	11
§ 1-3 产品检验	12
一、检验的概念	12
二、检验方式分类	12
§ 1-4 检验员素养和任务	19
一、检验员素养	19
二、检验员任务	22
思考题	23
第二章 计量单位制	24
§ 2-1 概述	24

一、法定计量单位的内容	24
二、推行法定计量单位的目标和要求	24
§ 2-2 计量单位演变过程	26
一、早期的计量	26
二、米制的起源	27
三、国际单位制的建立	27
四、法定计量单位的产生	28
§ 2-3 量纲和单位制	29
一、量纲	29
二、物理量	32
三、单位制	34
§ 2-4 法定计量单位的构成	36
一、SI 的基本单位	37
二、SI 的辅助单位	37
三、SI 中具有专门名称的导出单位	37
四、SI 词头	39
五、SI 单位的 10 进倍数和分数单位	41
六、国家选定的非国际单位制单位	41
七、法定计量单位的优越性	41
§ 2-5 法定计量单位使用方法	44
一、总则	44
二、法定计量单位的名称	44
三、法定计量单位和词头的符号	45
四、法定计量单位和词头的使用规则	47
五、常见错误使用法定计量单位举例	50
思考题	51
第三章 测量误差及数据处理	53
§ 3-1 测量误差基础知识	53
一、测量误差的概念	53
二、测量误差的表示方法	54

VIII

三、误差的来源	55
四、测量误差的分类	57
五、精度评定	59
§ 3-2 测量误差的基本性质	62
一、随机误差性质	62
二、系统误差性质	75
三、粗大误差性质	83
§ 3-3 测量数据处理	89
一、误差合成	89
二、测量数据处理	93
三、不确定度	96
思考题	97
第四章 计量器具的特性及选择	99
§ 4-1 计量器具的概念及分类	99
一、计量器具的概念	99
二、计量器具的分类	99
§ 4-2 计量器具的特性	100
一、计量器具静态特性	100
二、计量器具动态特性	103
§ 4-3 计量器具的选择	108
一、计量器具选择的依据	108
二、工业检测分类	111
三、测量能力指数 M_{Lr} 值的计算	114
四、计量器具选择举例	131
思考题	137
第五章 几何量测量	138
§ 5-1 概述	138
一、几何量测量的概念	138
二、几何量单位的特点	139

§ 5-2 长度测量	142
一、长度的量值检定系统	142
二、量块检定	142
三、线纹尺检定	162
四、外尺寸测量	169
五、内尺寸测量	172
§ 5-3 角度测量	174
一、角度单位	175
二、角度块检定	177
三、多面棱体检定	182
四、绝对测量	189
五、相对测量	191
§ 5-4 表面粗糙度测量	195
一、表面粗糙度基本概念	195
二、表面粗糙度常用术语	196
三、表面粗糙度常用评定参数	200
四、表面粗糙度标注代号	203
五、光切测量法	205
六、干涉测量法	209
§ 5-5 形位误差测量	213
一、形位误差基本概念	213
二、直线度误差测量	214
三、平面度误差测量	222
§ 5-6 螺纹测量	231
一、螺纹基本概念	231
二、螺纹综合测量	237
三、螺纹单项测量	243
§ 5-7 圆柱齿轮测量	257
一、齿轮基本概念	257

二、齿轮单项测量	260
三、齿轮综合测量	269
思考题	272
第六章 温度测量	275
§ 6-1 概述	275
一、温度的基本概念	275
二、温标	275
三、温度量值检定系统	278
§ 6-2 接触式测温法	278
一、膨胀式测温法	280
二、电阻测温法	283
三、热电测温法	288
§ 6-3 非接触式测温法	298
一、热辐射测温原理	299
二、亮度测温法	301
三、颜色测温法	303
四、全辐射测温法	305
思考题	306
第七章 力学测量	308
§ 7-1 概述	308
一、力学测量的内容	308
二、力学测量的单位制换算	308
§ 7-2 质量测量	308
一、质量的概念	308
二、质量的量值检定系统	310
三、衡量方法	310
四、容量测量	316
五、密度测量	319
§ 7-3 力值测量	323

一、力的概念	323
二、力值量值检定系统	324
三、力值测量原理	325
四、力值测量方法	325
§ 7-4 硬度测量	326
一、硬度的基本概念	326
二、硬度的测量方法	327
§ 7-5 压力与真空测量	330
一、压力与真空的基本概念	330
二、压力量值检定系统	331
三、压力与真空的测量方法	331
§ 7-6 流量测量	339
一、流量的基本概念	339
二、流量的测量方法	339
三、常用流量计性能比较	346
思考题	348
第八章 电磁测量	349
§ 8-1 概述	349
一、电磁测量的内容	349
二、电学量值检定体系	349
§ 8-2 直流电量的测量	351
一、模拟式测量法	352
二、数字式测量法	363
三、直流比较测量法	365
§ 8-3 交流电量的测量	377
一、交流指示测量法	377
二、交流比较测量法	385
思考题	397
第九章 化学测量	399

§ 9-1 标准物质	399
一、标准物质的定义	399
二、标准物质的分类	399
三、标准物质的特点	400
四、标准物质在化学测量中的作用	401
§ 9-2 粘度测量	402
一、基本概念	402
二、粘度的测量	404
§ 9-3 热量测量	409
一、基本概念	411
二、反应热的测量	414
三、反应热的计算和盖斯定律	418
§ 9-4 酸度测量	420
一、基本概念	420
二、重要的电极	431
三、溶液 pH 值测量	434
思考题	437
主要参考文献	438

第一章 绪 论

§1-1 常用计量名词术语

统一我国计量名词、术语及定义是计量工作的一项基础性建设。这样做，有利于国民经济各行业中形成共同语言、普及计量知识，促进计量技术与计量管理交流，加速计量事业发展。为了逐步地统一我国计量名词术语，原国家计量局组织制定了《常用计量术语及定义》，作为国家技术法规的形式于1982年5月17日批准颁发。其代号为JJG1001—82。

现就其中主要内容进行阐述。

一、量与量值

1. (可测的) 量

量就是现象、物体和物质的可以定性区别和定量确定的一种属性。

世界上有着各种各样物质，它们都具有不同的物理性质和化学性质。人们在认识自然、改造自然的过程中，需要识别不同物质的不同性质，因此，不仅要定性区别，而且还要定量地进行描述。

人们在实践中逐渐形成了一些概念，如由物体的轻重形成了重量的概念，由距离的长短形成了长度的概念，由物质的多少形成了质量和物质量的概念，由物体的冷热形成了温度的概念等等。这些现象都是反映物体的固有属性，既能定性区别，又能定量确定。对于有些现象如酒的味道，气体香、

臭，可定性区别，但尚不能定量确定，这些现象，就不能称为“量”，只能叫“性质”。当能够定量确定时，这些“性质”就能转化成可测的量。定性是定量的基础，定量是定性的进一步发展和完善。

“量”是计量学研究的基本对象。

2. 量值

量值就是由数值和计量单位的乘积所表示的量的大小。

要确定一个量的大小和程度，首先要选择一个标准的量（计量单位），然后将被测量和计量单位进行比较，从而确定被测量。如以 1 m 为长度的计量单位，一个房子的宽度为 1 m 的 4.5 倍，其房子的宽度就是 4.5 m，可见“量值”是数值和计量单位的乘积。

量的纯数部分，即量值与计量单位的比值为量的数值。

二、测量、计量与测试

1. 测量

测量就是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。

测量的目的是确定量值，测量对象是被测的量，测量本身是一个实验过程，就是被测量和已知的计量单位进行比较的过程。

测量在生产和科学发展中起着重要作用。门捷列夫曾形象地指出：“科学从测量开始……”。测量是人们揭示自然界物质运动，从数值上描述物质世界，从而改造客观世界的重要手段。测量就是生产力，它也是人们生活中不可缺少的重要环节。如果没有测量，社会一切活动将会停止。

2. 计量

计量这个词，在国际上和国内已经用了近 40 年，但是至今在国内还没有统一的想法。编者认为，从狭义理解，计量

是统一准确的测量；从广义理解，计量是计量学、计量技术与计量管理的统称。

计量学是研究测量、保证测量统一和准确的科学。具体来说，计量学是研究计量单位与计量单位制，计量基准及标准的建立、保存和使用，物理常数、标准物质准确确定等，它是计量技术的理论基础。

计量技术是应用计量学和其它现代科学发展的新理论和新技术，对物质世界的微观和宏观状态及其运动规律进行观察、测量、分析、综合和监控，成为现代科学研究和生产的中枢。计量技术研究各种信息的获得、采集、传输和处理，信息的存储与显示技术、测量方法的选择、数据处理与误差分析等。计量技术涉及到国民经济各个领域，一般分为：长度、热学、力学、电磁学、光学、声学、化学、无线电、时间频率、放射性等十大计量技术。

计量管理是在国民经济的大系统中，各级政府技术监督管理部门和其它部门的各级计量机构，贯彻国家计量法规，运用现代科学管理，加强监督管理，为保证计量制度统一和量值统一、以提高产品质量和经济效益所采取的一系列措施。

3. 测试

测试就是具有试验性质的测量。

测试的范围是很广的，在科学研究过程中，对一种新事物往往是在探索过程中进行测量的。有的测试项目可用现有的计量器具，而有的测试项目需要研究一些新的测试技术、测试方法或测试装置才能解决。例如，近 20 多年来，所研究的激光、光栅、超导新技术在精密计量中的应用，使测量的精度达到 nm 级，就是探索性的测量，也就是测试。从历史发展来说，人们要获得对客观物质在数量方面的认识，一般都