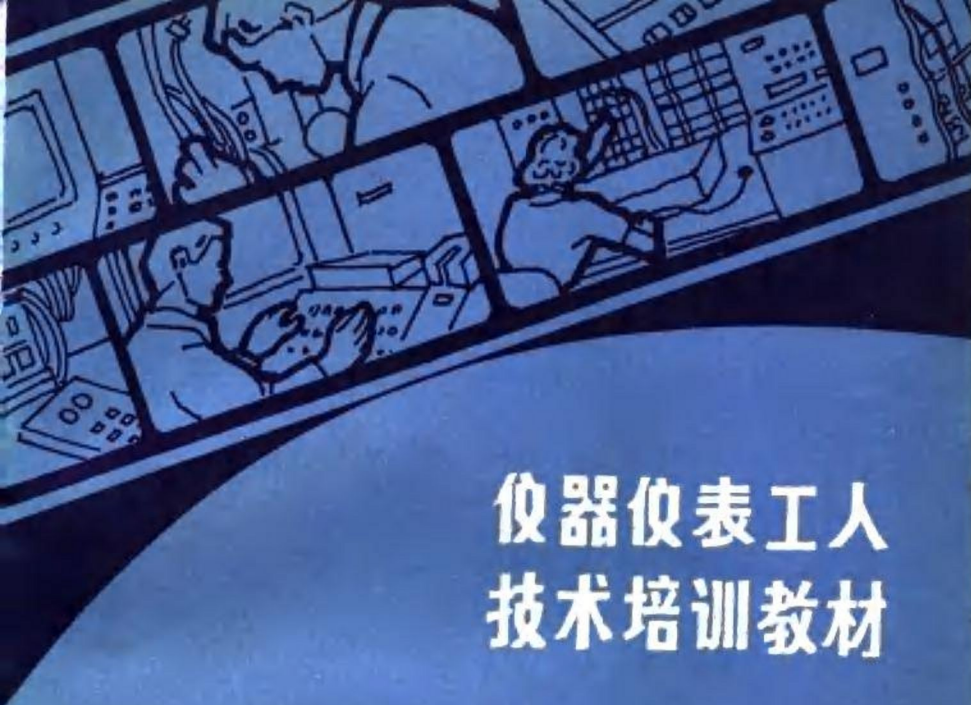




仪器仪表工人 技术培训教材

宝石轴承测量

机械工业部仪器仪表工业局统编

.3

本书是为仪器仪表工业宝石轴承制造类各工种工人培训需要而编写的。

本书内容有：测量和测量误差概述，测量用的几何光学知识，外形几何尺寸的测量，槽的几何形状和孔径的检测，宝石轴承的缺陷分析及其检验方法，表面光洁度的测量，宝石轴承的自动分选，宝石轴承材料物理化学性能的测试，宝石轴承材料的光学检测，宝石轴承加工中使用的磨料磨具检测等。每章末均附有复习题。

本书由苏州晶体元件厂主编，由董融、胡人俊、钱中青同志编写，陈铁君、斜淮波、周良振同志审稿。

宝石轴承测量

机械工业部仪器仪表工业局统编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $11 \frac{1}{2}$ · 字数 249 千字

1986 年 12 月北京第一版 · 1986 年 12 月北京第一次印刷

印数 001—700 · 定价 2.15 元

*

统一书号：15033·6301

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全中国仪器仪表行业有关的企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

IV

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局

工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年十二月

目 录

前 言

绪 论	1
-----	---

复习题	5
-----	---

第一章 测量和测量误差概述	6
---------------	---

1-1 测量器具和测量方法的分类	6
------------------	---

一、测量器具的分类	6
-----------	---

二、测量方法的分类	7
-----------	---

1-2 量具和量仪	10
-----------	----

一、测量器具的基本度量指标	10
---------------	----

二、测量工具和测量方法的选择	12
----------------	----

1-3 误差简介	15
----------	----

一、测量误差	15
--------	----

二、精密度、准确度、精确度	17
---------------	----

1-4 误差分类	18
----------	----

一、偶然误差	18
--------	----

二、系统误差	26
--------	----

三、粗误差	31
-------	----

1-5 测量结果的处理	33
-------------	----

一、直接测量系列的测量结果处理	33
-----------------	----

二、间接测量系列的测量结果处理	36
-----------------	----

1-6 影响测量的各种因素	39
---------------	----

一、正确的选用测量器具	39
-------------	----

二、正确选用测量基面	39
------------	----

三、考虑标准件的选用	42
------------	----

四、测量力对测量结果的影响	42
---------------	----

五、客观条件对测量结果的影响	44
----------------	----

V

六、主观条件的影响	45
复习题	46
第二章 测量用的几何光学知识	47
2-1 光波和光线	47
一、光波	47
二、光线	49
2-2 几何光学基本原理	51
一、光线的直线传播原理	51
二、光线的独立作用	52
三、光的反射定律	52
四、光的折射定律	55
五、光的可逆定理	57
六、光的全反射	59
2-3 光的色散	61
2-4 成象的基本原理	61
一、透镜	62
二、透镜要素	64
三、透镜的物象关系	65
2-5 眼睛与测量	72
一、眼睛	72
二、空间深度感觉和双眼立体视觉	76
复习题	78
第三章 外形几何尺寸的测量	79
3-1 测量中使用的量具和量仪	79
一、直线游标量具	79
二、千分量具	83
三、百分表	88
四、体视显微镜和投影仪	90
3-2 外形尺寸的测量	91
一、外径测量	91

三、高度和槽深度的测量	92
3-3 形状公差和位置公差的测量	94
一、形位公差和误差	95
二、形位误差检测原则	96
三、形位公差测量	97
复习题	119
第四章 槽的几何形状和孔径的检测	121
4-1 宝石轴承槽孔型式及其对仪表的影响	121
一、槽孔的型式	121
二、对仪表的影响	123
4-2 槽孔几何形状投影检测仪器及工具	125
一、投影检测用仪器	125
二、投影检测用的辅助工具和材料	135
4-3 投影检测法	143
一、油浸检测原理	143
二、检测方法和操作步骤	145
三、检测项目	147
四、投影检测法的测量误差	149
4-4 轴承孔径的塞规检测法	150
一、塞规概述	151
二、宝石轴承孔用塞规	156
三、孔径的检验	158
复习题	158
第五章 加工缺陷的检验	159
5-1 宝石轴承的缺陷	160
一、材料残留的缺陷	160
二、加工缺陷	162
5-2 轴承工作表面缺陷的形成	166
一、平面磨削加工缺陷的成因	167
二、锥形槽加工和缺陷的成因	167

三、球形槽加工和缺陷的成因	168
四、孔加工和缺陷的成因	168
5-3 宝石轴承加工缺陷的检验方法	169
一、检测仪器	169
二、检验方法	173
复习题	177
第六章 表面光洁度的测量	178
6-1 表面光洁度	178
一、概述	178
二、表面光洁度对仪表装配和使用的影响	181
6-2 表面光洁度检测	182
一、比较法	182
二、光切法	183
三、干涉法	199
四、接触法	200
复习题	201
第七章 宝石轴承的自动分选	202
7-1 检验自动化	202
一、检验自动化的意义	202
二、自动检验的分类	203
三、自动检验的基本过程	203
7-2 测量装置	205
一、机械式	205
二、电气式	206
三、气动式	213
7-3 自动上料装置	216
一、料仓式上料装置	217
二、料斗装置	220
7-4 宝石轴承自动分选	225

一、宝石轴承外径和高度的自动分选	225
二、通孔宝石轴承孔径的自动检测	226
三、通孔宝石轴承孔长尺寸的自动检测	229
复习题	231
第八章 宝石轴承材料物化性能测试	232
8-1 密度的测定	232
一、流体静力称量法	233
二、比重瓶法	235
8-2 机械性能测定	236
一、硬度测定	237
二、抗压强度测定	243
三、抗张强度测定	245
四、抗折强度测定	248
8-3 摩擦系数测定	250
8-4 导电性、介电系数和介质损耗的测定	255
一、导电性测定	255
二、介电系数和介质损耗测量	259
8-5 热性能测定	261
一、热容测定	262
二、导热性测定	263
三、热膨胀系数的测定	264
8-6 化学稳定性测试	270
一、粉末法	271
二、重量法	272
复习题	273
第九章 宝石轴承材料的光学检测	274
9-1 折射率的测定	274
一、最小偏向角法	275
二、用折射计测定	278

X

9-2 透光性测定	284
一、透过率测定	284
二、散射物的观察	294
9-3 光学均匀性检测	295
一、干涉法	296
二、光束畸变的观察	298
9-4 晶体光轴测定	300
一、光轴和一轴晶	300
二、刚玉晶体光轴测定	300
三、X射线定向	312
9-5 材料缺陷检测	314
一、滑移、双晶和镶嵌结构检测	315
二、位错检测	318
9-6 激光特性测定	323
一、激光能量和总体效率检测	323
二、激光发散度检测	326
三、激光阈值的检测	328
复习题	329
第十章 宝石轴承加工中使用的磨料磨具检测	331
10-1 磨料磨具的基本知识	331
10-2 磨料的基本性能测定	338
一、粒度组成及测定方法	338
二、强度测定	345
三、磨料颗粒形状的鉴别	348
10-3 宝石轴承加工用磨具的检测	348
一、金刚石刀片的检验	348
二、金刚石磨轮的检验	350
三、金刚石钻头的检验	351
四、金刚石磨杆的检验	353
复习题	354

绪 论

仪器仪表是实现四个现代化必不可少的技术装备，工业越是现代化，仪器仪表的使用就越重要和越普遍，对仪器仪表的质量要求也就越高。仪器仪表元件是仪器仪表中具有独立功能的最基本的单元，因此，仪表元件的质量直接影响着仪器仪表的性能。宝石轴承则是电工仪表三大基础元件之一，并广泛应用于其他各类仪器仪表。

一、宝石轴承测量的任务、内容和重要性

任何测量，都是一个被测的量与另一个作为标准单位的量相比较的过程，测量结果用被测的量与标准单位的比值来表示。也就是说，被测的量大小是以标准单位的若干倍或者是标准单位的几分之几来表示。

宝石轴承测量是轴承的被测参数与测量标准相比较的过程。它的任务与技术测量所规定的一样，包括：规定合理的测量器具（量具和量仪）；拟定测量方法和利用测量工具实现这些方法；正确地分析处理所测得的数据，并采取相应的措施，以提高测量精度；有效地和尽量地采用自动测量技术和复式测量装置，以便减少测量时间，及免除主观误差（特别是读数误差）对测量结果的影响。

宝石轴承（包括钟表宝石轴承及技术仪表宝石轴承），一般按轴承材料和轴承几何形状进行分类，按材料不同可分为刚玉轴承、玛瑙轴承和微晶玻璃轴承；按几何形状不同可分为端面宝石轴承、通孔宝石轴承和槽形宝石轴承（球形轴承和

锥形轴承)。在宝石轴承制造过程中,为了统一地评定它的质量,满足仪器仪表制造中对轴承所提出的精度、生产率和预防性的要求,1980年第一机械工业部在1961年电工专业标准“电工测量仪表用轴承”的基础上,制定了仪器仪表用端面、通孔和槽形宝石轴承部标准。按照部标,宝石轴承测量的内容可归纳为:宝石轴承外形几何尺寸测量,槽的几何形状和孔径检测,宝石轴承缺陷检测,表面光洁度测量和宝石轴承的自动分选等方面。除此以外,宝石轴承测量的内容还包括轴承材料的有关性能,例如密度、硬度、电学、热学和光学性能的测量,以及宝石轴承加工用的磨料、磨具的检测等。

宝石轴承具有许多优点,诸如摩擦系数小、硬度高、耐磨耗和化学性能稳定,因此,它作为仪器仪表的活动系统支承元件,提高了仪器仪表的精密度、灵敏度和可靠性,而被广泛地应用于电工、热工、气象、航空、航海等精密仪器仪表中。

确切地说,宝石轴承仅仅是宝石元件的一种。近年来随着科学技术发展和对宝石材料性能的深入研究,宝石所具有的优良的光学性能、热学性能和电学性能逐渐被认识和利用,其它宝石元件也发展得很快,广泛地用于仪器仪表、电子、纺织、化工、医学和宇航等领域,例如精密量具的测量头、集成电路的基片、耐磨损和抗化学腐蚀的流体运动系统的喷嘴、新型电光源灯管、固体激光器的工作物质、以及红外和微波输出窗口等。

正由于宝石轴承及其它宝石元件如此广泛地应用,又涉及了许多重要的科学技术领域,因此对它们的质量也必然要提出较高的要求。如何保证它们的质量,满足现代科学技术发展需要,也就显得更为迫切和重要。只有准确的测量才能保证生产的正常进行,控制产品质量和预防废品;只有准

确的测量才有可能为改进产品质量、扩大产品用途作出切合实际的结论。测量是发展宝石轴承及其它宝石元件制造技术的必要条件，是使生产合理化的基础。

测量工作也是衡量一个国家经济和科学技术发展的重要尺度之一。测量的精度和水平愈高，标志着一个国家的生产技术和科学的水平愈高。当然，对宝石轴承及其它宝石元件的制造来说也不例外。生产和科学技术的发展，推进了测量技术的发展，同时，测量技术的发展又促进了生产和科学技术的向前发展。事实上，科学中的大部分发现，都是借助测量而完成的，测量使人们发现了许多自然界中的规律，例如，人们对电磁场的认识，光的波长测定，以及对宇宙空间的探索都说明了这一点，没有测量和相应的测量仪器是什么也实现不了的。

二、测量技术的起源和发展

测量起源于很古老的时代，自从人类学会使用劳动工具，并用工具改造周围环境时起，就开始应用测量技术了，例如建造茅舍，用兽皮裁剪衣服，制造最简单的劳动工具都需要作简单的测量。

起初，测量的目的只是为了决定两个或几个量的大小。测量的方法只是凭眼睛看，靠人体感觉，例如用手托物体来估计重量，根据行走时间的长短来估计距离远近和面积大小。随后，测量开始有目的地要找出某一个量是另一个量的若干倍或儿分之几，并由没有测量单位和量具到出现表示单位的量具。长度方面最初用人体的一部分（如肘、脚掌等）为测量单位。体积方面最初用一把或一捧作为测量单位，之后用椰子壳作为体积的量具。重量方面则用石头或金属制成各种形式的砝码作为重量的量具。然而所有这些测量单位都有它的缺点，因为人体中的肘、脚掌等大小是随人而异，也因为

这些单位是非常不统一的，在随后的贸易与文化的交流中起着阻碍作用。

直到十八世纪末，由于欧洲工业的发展，要求统一长度单位，1791年法国以通过巴黎的地球子午线的四千万分之一作为长度单位“米”，首先制成了全国统一的“米尺”标准，称为档案米尺。十九世纪以后由于国际之间的贸易与科学文化交流的需要，各国要求建立世界统一的米制标准尺，于是在1889年由国际计量大会通过采用铂铱合金制成的“X型”“米原器”作为国际统一的公制长度标准，它接近档案米尺。

长度测量在我国具有悠久的历史。早在商朝时期（至今约3100~3600年）已有象牙制成的尺。到秦朝已统一了度量衡制度。公元九年（西汉末王莽始建国元年）已制成了可测车轮轴径、板厚和槽深的铜质的卡尺，其最小读数值为一分。

到二十世纪初，由于工业生产和科学技术的发展，发现地球子午线有变化，米原器的金属结构也不够稳定，各国科学家开始研究用自然标准来代替实物标准，于是在1960年第十一届国际计量大会上通过“米”的新定义是：“一米等于氪⁸⁶同位素在真空中由能级 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 之间过渡时，所发出澄黄谱线的1650763.73个波长的长度，此波长为0.6057微米”，精度为 1×10^{-8} 。

1959年，我国正式确定采用国际米制作为我国的基本计量单位，接着又制订标准具和摄谱仪，配合氪⁸⁶灯管，建立了我国长度基准。

随着激光技术的发展，特别是甲烷稳定的激光系统（波长为3.39微米）和碘稳定的激光系统（波长为0.633微米）的出现，大大地提高了波长的稳定性，因而它们均有可能取代氪⁸⁶成为长度基准。随着光速测量精度的提高，甚至可以

用光速来定义米,一米等于平面电磁波在真空中 $1/299792458$ 秒内所经过的距离。

与科学发展的同时,有必要测量各种新出现的量以及在科学与技术中开始起着重要作用的一些量。在十七世纪中出现了测量空气压力用的气压表,测量空气中水分用的湿度计,测量温度用的温度计,测量水压用的水压计。十八世纪有了测量力的测力计,测量热量的卡路里计,并开始了某些光学量的测量。十九世纪初,产生了功和功率的概念,出现了测量它们的基本单位:呎[⊖]、磅、马力。十九世纪中,开始了电学测量,光学计量也有了新进展。十九世纪末和二十世纪初,则出现了X光射线测量、放射性的测量,以及分子及原子物理方面的测量。

近年来,随着各种物理和电子传感器的发展,控制技术和信息处理技术的进步,电子学已成为测量技术的支柱。装有微型计算机的“智能仪器”,以及将测量功能分成标准化的单元,然后按特殊需要组成最佳结合的称为组合系统的出现,为测量技术的应用开辟了新的广阔的道路。目前测量不仅应用于地震、气象预报和防止公害等方面,也应用到与人民生活密切相关的许多方面,如“家庭测量”或“生活测量”仪器出现了。如今,在任何一个科技领域中,测量都起着重大的作用,在科学技术各部门及至人类日常生活中都不能没有测量。

复 习 题

1. 什么叫测量? 宝石轴承测量的任务和内容是什么?
2. 简述宝石轴承的分类及其性能。

⊖ 呎为英尺。

第一章 测量和测量误差概述

测量是否正确，是指测量结果的可靠性或精确程度如何。它与测量方法、所用的测量器具以及操作者的技术水平等有关。而对测量误差的分析和估算，则是测量过程中一个极为重要的问题。测量误差估算得过小，则会严重影响产品的质量；测量误差估算得过大，又会造成生产上的浪费。本章主要介绍测量工具和测量方法的分类及其选择原则，介绍测量误差基本知识及提高测量准确度的基本方法。

1-1 测量器具和测量方法的分类

一、测量器具的分类

测量器具是测量仪器和测量工具的总称。通常把具有传动放大系统的比较复杂的测量器具，称为测量仪器。例如，光学比较仪等。把没有传动放大系统的测量器具，称为测量工具或称量具。例如，千分尺、各种量规等。

测量器具一般可以分为：

1. 定值量具 是用来测量某一测量单位的倍数或分数值的量具，如没有刻度的米尺，量块及角度样板等。其中量块是控制尺寸的最基本的量具，是从标准长度到零件之间尺寸传递的媒介，也就是零件加工时长度尺寸的标准。量块主要用来检定和校准精密量具，调整相对测量量具的零位。量块是成套供应的，一套中有各种不同尺寸的量块，其尺寸编组有一定的规定。

2. 变值量具 是用来在一定范围内测量某一被测量单位的任何倍数或分数值的量具,如刻度尺、千分尺、量角器、百分表等。

3. 量规 没有刻度的测量工具,用来测量某一固定值,而仅能判断零件是否超出极限尺寸,是合格品还是尺寸过大或过小的废品。通常量规是成对使用,用来控制最大、最小极限尺寸,这种量规称为极限量规。

4. 检验夹具和检验自动机 它是由测量器具和定位元件等构成的组合体。检验夹具和检验自动机可使测量工作半自动化或自动化,使测量更为方便,提高测量效率。

测量器具根据用途、型式及构造又可分为:

1. 附游标的刻度量具,如游标卡尺等。
2. 千分尺式测量工具及仪器。
3. 杠杆机械式仪器,如微分比较仪、卡规、指示式千分尺等。
4. 杠杆式光学仪器,如光学比较仪等。
5. 投影仪器,如投影仪等。
6. 干涉仪器,如干涉显微镜等。
7. 气动式仪器,有低压及高压式。
8. 电动式仪器,有电接触式、感应式、电容式及光电式等。

测量器具也可根据测量的对象或部分给予分类,根据它同时能测量的参数多少,又可分为单式量具和复式量具。

二. 测量方法的分类

任何测量方法都可以分为:

1. 绝对测量和相对测量

绝对测量 是指获得的数值为被测尺寸的绝对值的测