

EEME



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

互换性与技术测量

主 编 刘 璇

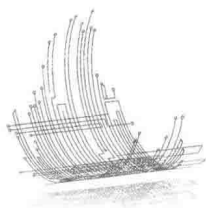
副主编 刘鹏鑫 丁海娟 张 韬

主 审 杨培中



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

应用型本科精品规划教材



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

互换性与技术测量

主 编 刘 璇

副主编 刘鹏鑫 丁海娟 张 韬

主 审 杨培中



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书根据最新的几何产品技术规范标准编写而成,全书共分 11 章,主要内容包括:概论、尺寸基本术语及测量基础、公差与配合、几何公差检测、表面粗糙度测量、角度、锥度测量、螺纹误差测量、齿轮误差测量、键和花键的公差配合及测量、滚动轴承的公差与配合、机械零件精度设计实例等。

本书可作为工科高等院校包括高职高专机械类、近机类、仪器仪表类专业“互换性与技术测量”课程教学与实验教材使用。本书可单独使用,也可与上海交通大学出版社出版的《互换性与技术测量习题解析》配套使用,满足教学、实验、题库的全面需求,还可供生产企业和计量、检验机构的专业人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量 / 刘璇主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2016
ISBN 978-7-313-14649-6

I. ①互… II. ①刘… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材 ②零部件-测量技术-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 052026 号

互换性与技术测量

主 编: 刘璇

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 昆山市亭林印刷责任有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 384 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-14649-6/TG

定 价: 48.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 17

印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-89424-149-8

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512-57751097

《卓越机电工程师》系列教材

编写指导委员会成员

(排名不分先后)

何亚飞(上海第二工业大学)

胡 雄(上海海事大学)

李荣斌(上海电机学院)

王世明(上海海洋大学)

王朝立(上海理工大学)

鞠全勇(金陵科技学院)

夏妍春(上海第二工业大学)

薛士龙(上海海事大学)

王廷军(上海电机学院)

许晓彦(上海海事大学)

胡庆松(上海海洋大学)

邬建江(上海电气集团上海电机厂有限公司)

沈尧荣(上海电气集团上海重型机器厂有限公司)

周 平(江苏万工科技集团)

总 序

随着制造业将再次成为全球经济稳定发展的引擎,世界各主要工业国家都加快了工业发展的步伐。从美国的“制造业复兴”计划到德国的“工业 4.0”战略,从日本的“智能制造”到中国的《中国制造 2025》发布,制造业正逐步成为世界各国经济发展的重中之重。我国在不久的将来,将从“制造业大国”走向“制造业强国”,社会和企业对工程技术应用型人才的需求也将越来越大,从而也大大推进了应用型本科教育的改革。

本套“卓越机电工程师系列教材”的编辑和出版就是为了迎接制造业的迅猛发展对工程技术应用型人才培养所提出的挑战。同时,我们也希望它能够积极地抓住当前世界范围内工程教育改革和发展的机遇。

参加编写这套教材的教师无不在高等职业教育领域工作多年,尤其在工程实践和教学中饶有心得体会。首先,我们将教材的编写内容聚焦在“机电”工程领域。传统意义上讲,这似乎是两大机电类工程技术领域,但从今天“工业 4.0”意义上来讲,其内涵将会在机械制造理论与技术、机电一体化技术、电子与微电子技术、传感器与测量技术、高端装备制造与应用、智能制造技术、控制通讯与网络、计算机与软件及“云”服务技术等各个方面将融为一体。因此,这套“卓越机电工程师系列教材”将对于现在和未来从事于制造业的工程型、技术型人才来说是不可或缺的重要参考资料之一。

其次,我们要求教材的编写内容做到“必要、前沿、实用”。应用型人才也必须掌握相应领域的基础理论知识。因此,在这套教材中,我们要求涉及必要的基础理论,但以“够用”为度,重“叙述”少“推导”;为了适应时代发展的需要,应用型人才还必须掌握本领域的最新技术。在这套教材中,我们还要求介绍最前沿的发展技术和最新颖的机电产品,让学生了解现代制造业的发展态势;为了突出本科工程教育的应用型特点,我们要求本套教材内容的选择要面向工程、面向技术、面向实际、面向地区经济发展的需求。能让学生缩短上岗工作时间、快速适应以及胜任工作岗位的挑战应该是这套教材编写的特色和创新之所在。

本系列教材的编者非常感谢上海交通大学出版社。感谢他们做了充分的策划和出版方面的支持。我们愿意和出版社一起,响应《关于加快发展现代职业教育的决定》号召,为“试点推动、示范引领”做出我们绵薄的贡献。鉴于编者们的学识,我们非常欢迎广大同仁们在使用后提出建议、意见和批评,我们一定会认真分析,不断提高这套教材的水平,为迎接应用型本科教育春天的到来提供正能量。

何亚飞

2015 年 12 月 6 日于上海

前 言

《互换性与技术测量》是高等工科院校包括高职高专机械类、近机类、仪器仪表类专业的重要技术基础课,是联系机械设计和机械制造工艺等课程的桥梁和纽带。

近年来,学生在《互换性与技术测量》课程的学习过程中普遍反映:标准多,概念杂,章节内容关联性不强,学习目的性不明确,课内实验远离生产实际,因而学习积极性不高。针对这一现状,本书采用新颖的编书思路,提出有效的解决措施:

(1) 明确课程任务:① 总结各章节的学习目标和教学要点;② 以企业一线产品的检测为实例,在每章首次课中将检测任务布置下去,使学生明确企业的需求和课程的关联性,意识到此门课对于未来就业和发展的意义。

(2) 培养学生零件测量和产品检测的专业技能。结合企业需求,拟定合理的检测流程,将检测流程分解,贯穿入本书各大章节的授课任务中,可最大限度的激发和调动学生的学习积极性,并做到持之以恒。既可使学生明确各个章节对于完成整个检测任务的重要性,缺一不可,保证出勤率;又可将全书内容以一个检测对象为主体进行有机结合,使学生完整系统的掌握零件的检测过程,达到适应产品质量检测岗位的要求。

(3) 培养学生具备产品的综合设计能力。零件测量和产品检测是学完这门课所具备的专业基础技能,而综合应用全书理论知识,对产品进行综合设计是学生能力的一个提升,对学生来讲是一个挑战,非常有必要。

本书由刘璇任主编,刘鹏鑫、丁海娟等任副主编。全书共包含概论和10章内容。其中,概论和第1、2、3、4章为刘璇编写,第5、6、7章为刘鹏鑫编写,第8、9、10章为丁海娟编写,实验指导书由张韬老师编写,由刘璇对全书内容进行统稿,由杨培中教授进行主审。在编写过程中,李光霞老师、胡应松老师等参与了修改工作,李庆军老师等参与了实验部分的编写和校对工作,并提出了许多宝贵的意见,在此向他们表示感谢。

本书尤其感谢苏州万工集团有限公司的大力支持,对于顺利完成实验部分的编写提供了无私的帮助,在此表示深深地谢意。

受编者的水平所限,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请读者及同行批评指正。

编者

2016年7月

目 录

概论	1
0.1 总体的检测任务	2
0.2 结合企业生产实际的检测流程	2
0.3 企业的检测方法和评定标准	3
第1章 尺寸基本术语及测量基础	5
1.1 基本术语与定义	6
1.1.1 尺寸基本术语	6
1.1.2 偏差、公差术语	8
1.1.3 常用尺寸孔、轴的公差与国家标准	9
1.2 测量技术基础	25
1.2.1 测量技术的基本概念	25
1.2.2 计量器具与测量方法的分类	26
1.2.3 游标卡尺和千分尺的基本结构与原理	28
1.2.4 测量误差及数据处理	31
第2章 公差与配合	38
2.1 配合基本术语和定义	39
2.1.1 配合的术语及其定义	39
2.1.2 配合公差	41
2.1.3 配合代号	43
2.2 配合制	44
2.2.1 基孔制和基轴制	44
2.2.2 优先配合和常用配合	45
2.3 公差与配合在图样上的标注	48
2.3.1 公差在零件图上的标注	48
2.3.2 配合在装配图上的标注	48
2.4 公差与配合的选用	49
2.4.1 配合制的选用	49

2.4.2	公差等级的选用	51
2.4.3	配合种类的选用	54
2.4.4	公差配合选择综合示例	57
2.5	光滑工件尺寸的测量与检验	59
2.5.1	指示计测量内孔尺寸	59
2.5.2	量规的作用与分类	60
2.5.3	量规的设计	61
第3章	几何公差检测	70
3.1	概述	71
3.1.1	几何误差的产生及影响	71
3.1.2	零件的几何要素及分类	72
3.1.3	几何公差的特征项目和符号	73
3.2	形状公差	74
3.2.1	形状公差与公差带	74
3.2.2	形状误差的评定原则	77
3.3	方向、位置和跳动公差	77
3.3.1	基准及分类	77
3.3.2	方向公差与公差带	79
3.3.3	位置公差与公差带	84
3.3.4	跳动公差与公差带	88
3.4	公差原则	91
3.4.1	与公差原则有关的常用术语	91
3.4.2	公差原则	96
3.5	几何公差标准及未注几何公差值的规定	103
3.5.1	几何公差标准	103
3.5.2	未注几何公差值规定	107
3.6	几何公差的选择	108
3.6.1	几何公差项目的选择	109
3.6.2	公差原则的选择	109
3.6.3	几何公差值的选择	110
3.6.4	基准要素的选择	112
3.7	几何公差的标注	112
3.7.1	公差框格	112
3.7.2	被测要素的标注	113
3.7.3	基准要素的标注	113

3.7.4 理论正确尺寸的标注	114
3.8 几何误差的检测	114
3.8.1 几何误差的检测原则	115
3.8.2 检测器具	116
3.8.3 几何误差的检测方法	118
第4章 表面粗糙度测量	128
4.1 概述	129
4.1.1 表面粗糙度的概念	129
4.1.2 表面粗糙度对零件使用性能的影响	130
4.2 表面粗糙度基本术语及评定	130
4.2.1 基本术语和定义	130
4.2.2 表面粗糙度评定参数及其数值	133
4.2.3 测得值与极限值比较的规则	135
4.3 表面粗糙度的选择及其标注	135
4.3.1 表面粗糙度评定参数的选择	135
4.3.2 表面粗糙度评定参数值的选择	136
4.3.3 表面粗糙度符号、代号在图样上的标注	138
4.4 表面粗糙度的测量	146
4.4.1 比较法	146
4.4.2 针描法	147
4.4.3 光切法	147
第5章 角度、锥度测量	151
5.1 概述	152
5.1.1 圆锥结合的特点	152
5.1.2 圆锥配合的种类	152
5.1.3 圆锥的主要几何参数	153
5.2 圆锥配合误差分析	154
5.2.1 圆锥直径误差对基面距的影响	154
5.2.2 圆锥角误差对基面距的影响	155
5.2.3 圆锥形状误差对其配合的影响	156
5.3 圆锥公差与配合	156
5.3.1 圆锥公差的有关术语	156
5.3.2 圆锥公差项目	156
5.3.3 圆锥公差的给定方法	158
5.3.4 圆锥配合标准	158

5.4	圆锥的尺寸及公差标注	160
5.4.1	圆锥的尺寸标注	160
5.4.2	圆锥公差的标注	160
5.4.3	相配合的圆锥的公差注法	163
5.5	角度、锥度的测量	163
5.5.1	比较测量法	164
5.5.2	直接测量法	165
5.5.3	间接测量法	166
第6章	螺纹误差测量	168
6.1	概述	170
6.1.1	螺纹的种类及应用场合	170
6.1.2	普通螺纹的基本牙型及几何参数	170
6.2	螺纹误差对螺纹互换性的影响	172
6.2.1	螺距误差对互换性的影响	172
6.2.2	牙型半角误差对互换性的影响	173
6.2.3	螺纹中径误差对互换性的影响	175
6.2.4	螺纹中径合格性判断原则	175
6.3	普通螺纹的公差与配合	176
6.3.1	普通螺纹的公差带	176
6.3.2	螺纹旋合长度及其配合精度	180
6.3.3	普通螺纹的标记	181
6.4	梯形螺纹公差	182
6.4.1	梯形螺纹的基本参数	183
6.4.2	梯形螺纹的公差	184
6.5	普通螺纹的检测	189
6.5.1	螺纹的综合检验	189
6.5.2	螺纹的单项测量	190
第7章	齿轮误差测量	192
7.1	概述	193
7.1.1	齿轮传动的使用要求	193
7.1.2	齿轮加工误差的来源及其特点	194
7.2	齿轮误差的评定指标和检测	195
7.2.1	主要影响传递运动准确性的指标项目及检测	195
7.2.2	主要影响运动平稳性的指标项目及检测	198
7.2.3	主要影响载荷分布均匀性的项目及测量	201

7.2.4	主要影响齿侧间隙的项目及检测	202
7.3	齿轮副的误差项目及评定	205
7.3.1	齿轮副中心距极限偏差	205
7.3.2	齿轮副轴线平行度偏差	205
7.3.3	齿轮副的接触斑点	206
7.4	渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	207
7.4.1	齿轮精度等级	207
7.4.2	精度等级的选择	208
7.4.3	齿轮检验项目的选用	209
7.4.4	齿轮坯的精度	210
7.4.5	齿轮齿面和齿轮坯基准面的表面粗糙度	211
7.4.6	齿轮精度等级在图样上的标注	212
7.4.7	综合应用举例	212
7.4.8	有关齿轮测量误差的其他参数	215
第8章	键和花键的公差配合及测量	222
8.1	概述	222
8.1.1	键连接的用途	222
8.1.2	键连接的分类	222
8.2	平键连接的公差与配合	223
8.2.1	平键连接的结构和主要几何参数	223
8.2.2	平键连接的公差与配合	224
8.2.3	平键连接公差与配合的选用与标注	225
8.3	矩形花键连接的公差与配合	226
8.3.1	矩形花键的主要几何参数和定心方式	226
8.3.2	矩形花键连接的公差与配合	227
8.3.3	矩形花键的形位公差	228
8.3.4	矩形花键表面粗糙度要求	229
8.3.5	矩形花键的图样标注	230
8.4	平键和矩形花键的检测	230
8.4.1	平键的检测	230
8.4.2	花键的检测	232
第9章	滚动轴承的公差与配合	233
9.1	概述	233
9.2	滚动轴承的精度等级及其应用	234
9.3	滚动轴承与轴和外壳孔的配合及选择	235

9.3.1 配合的要求及其特点	235
9.3.2 与滚动轴承配合的轴颈及外壳孔的公差带	235
9.3.3 滚动轴承配合的选择及标注	236
9.3.4 轴颈和外壳孔的几何公差与表面粗糙度	240
9.3.5 滚动轴承配合选用举例	240
第 10 章 机械零件精度设计实例	243
10.1 机械精度设计概述	244
10.1.1 计算法	244
10.1.2 试验法	244
10.1.3 类比法	244
10.2 轴类零件的精度设计	244
10.2.1 尺寸公差的确定	246
10.2.2 几何公差的确定	247
10.2.3 表面粗糙度的确定	248
10.2.4 轴类零件精度设计与标注实例	249
10.3 齿轮类零件精度设计	250
10.3.1 齿坯精度设计	250
10.3.2 齿轮啮合精度设计	251
10.3.3 齿轮精度设计实例	251
10.4 箱体类零件精度设计实例	254
10.4.1 油缸体精度设计实例	254
10.4.2 拨动叉几何精度设计实例	255
10.4.3 减速箱体几何精度设计实例	256
参考文献	258

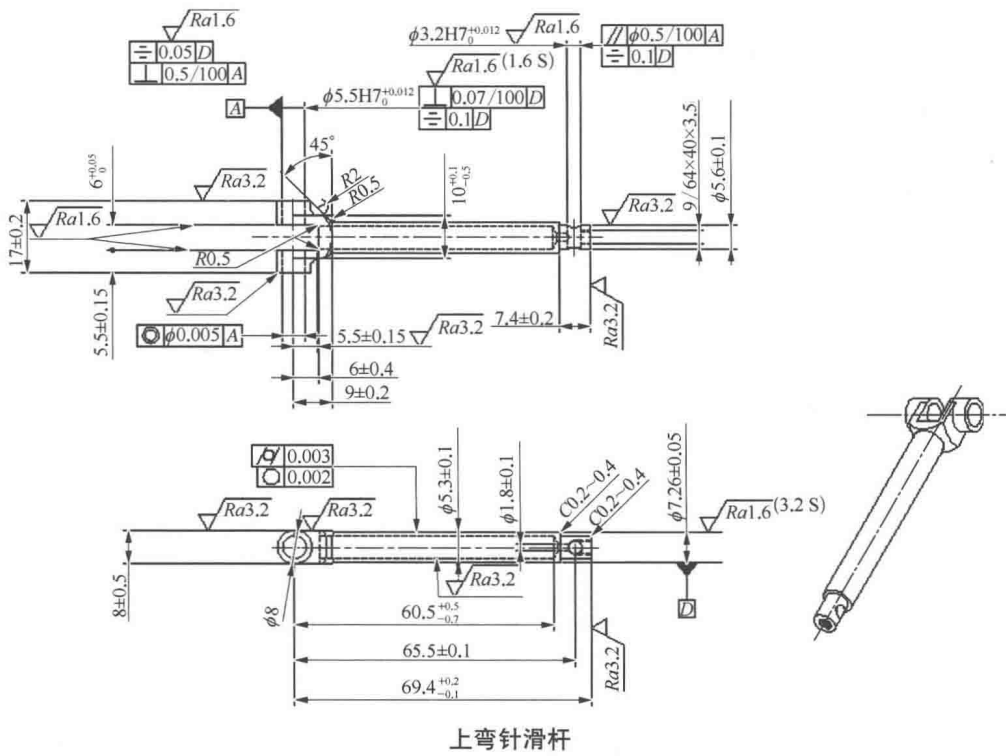
概 论

【本章学习目标】

- ★ 明确总体的检测任务；
- ★ 了解结合企业生产实际的检测流程；
- ★ 了解企业的检测方法和评定标准。

【本章教学要点】

知 识 要 点	能 力 要 求	相 关 知 识
总体的检测任务	明确检测零件的结构及功用	零件检测的重要性
结合企业生产实际的检测流程	掌握零件的检测流程；将检测流程分解贯穿入全书各个章节	了解全书各个章节的重要性
企业的检测方法和评定标准	掌握企业部门检测成绩表的制作及填写方法	了解企业的检测质量评定标准



0.1 总体的检测任务

以某缝纫机的上弯针滑杆为检测对象,结合企业目前的需求,拟定相应的检测流程,经企业实际生产验证完全合理。

在首次课堂教学中,通过检测任务的布置,学生可明确本课程的重要性及其对于未来就业和发展的重要意义,最大限度地激发和调动学生学习此门课程积极性。

将此检测流程分解,贯穿于本书各章节的授课任务。既可使学生明确各个章节对于完成整个检测任务的重要性,从而端正学习态度,保证出勤率;又可将全书内容以一个检测对象为主体进行有机结合,使学生完整系统地掌握零件的检测过程,培养零件测量和产品检测的专业技能,达到适应产品质量检测岗位的要求。

0.2 结合企业生产实际的检测流程

序号	检 查 项 目	序号	检 查 项 目
1	无裂痕	22	宽 17 ± 0.2
2	无毛刺、刀痕、伤痕	23	宽 $10^{+1}_{-0.5}$
3	无铁锈、变色	24	槽位置 5.5 ± 0.15
4	无铁屑、污物、异物附着	25	槽深度 6 ± 0.4
5	孔径 $\phi 5.5H7^{+0.012}_0$ (孔 A)	26	形状 9 ± 0.2
6	孔(A)对 $\phi 5.5H7$ 孔同轴度 $\phi 0.005$	27	轴径 $\phi 5.6\pm0.1$
7	孔径 $\phi 3.2H7^{+0.012}_0$	28	长度 7.4 ± 0.2
8	槽宽 $6^{+0.05}_0$	29	形状 8 ± 0.5
9	螺孔 $9/64\times 40$	30	孔径 $\phi 5.3\pm0.1$
10	轴径 $\phi 7.26\pm0.005$ (轴 D)	31	孔径 $\phi 1.8\pm0.1$
11	轴圆柱度 0.003	32	倒角 $2-C0.2\sim C0.4$
12	轴圆度 0.002	33	形状 $3-R0.5$
13	孔(A)对轴(D)垂直度 $0.07/100$	34	$\phi 5.6$ 与 $\phi 7.26$ 连接处镀层膜落确认
14	槽宽对孔(A)垂直度 $0.5/100$	35	$\phi 3.2$ 孔面倒角不可确认
15	$\phi 3.2H7$ 孔对孔(A)平行度 $\phi 0.5/100$	36	EP/ICr 被膜厚度 0.06 以上
16	$\phi 5.5H7$ 孔对轴(D)对称度 0.1	37	表面处理 EP/ICr(硬质镀铬)
17	$\phi 3.2H7$ 孔对轴(D)对称度 0.1	38	表面粗糙度 $3.2SRa3.2$
18	槽对轴(D)对称度 0.05	39	表面粗糙度 $1.6SRa3.2$
19	孔心距 5.5 ± 0.1	40	表面粗糙度(槽两面) $Ra3.2$
20	先端位置 $69.4^{+0.2}_{-0.1}$	41	表面粗糙度($\phi 3.2$ 孔) $Ra3.2$
21	$\phi 5.3$ 孔深度 $60.5^{+0.5}_{-0.7}$		
材质:热处理检查结果			
1	材质 SCr420	3	硬度 700 Hv 以上
2	热处理局部渗碳淬火回火	4	硬化层 $0.05\sim 0.25$

0.3 企业的检测方法和评定标准

部品检查成绩表

型号

品名

序号	检 查 项 目	测 定 结 果										项目判定	不良数/ <i>n</i>	最终判定等级		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			A	S2	S1
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																

续 表

序号	检 查 项 目	测 定 结 果										项目判定	不良数/ <i>n</i>	最终判定等级			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			A	S2	S1	
材质：热处理检查结果																	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
记 事：														纳入数			
														一部 返品			
														非误 造数			
														合格数			
														检查日			

检查员：

判定：合格

第 1 章 尺寸基本术语及测量基础

【本章学习目标】

- ★ 掌握有关尺寸、偏差及公差的基本概念；
- ★ 了解标准公差、基本偏差的概念及其系列特点；
- ★ 会查标准公差表和基本偏差表；
- ★ 了解外圆和长度测量常用量具和测量方法；
- ★ 掌握测量误差及数据处理的方法
- ★ 根据要求选用合适规格的外圆和长度测量量具

【本章教学要点】

知 识 要 点	能 力 要 求	相 关 知 识
基本术语	掌握孔、轴、偏差、公差等基本术语,能通过相关术语之间的关系进行必要的计算;能够绘制尺寸公差带图	公差带的画法
常用尺寸孔、轴的公差与国家标准	了解标准公差各等级数值的确定方法;了解轴、孔基本偏差的确定方法;了解基本偏差系列的特点;能够正确标注零件尺寸;会查标准公差表和基本偏差表,并确定零件极限尺寸和极限偏差;了解线性尺寸的一般公差	标准公差系列的由来
外圆和长度测量常用量具和测量方法	掌握游标卡尺和千分尺的规定、结构、读数原理和使用方法,能够根据测量要求选用合适规格的量具	计量器具的分类及选择;常用的测量方法;其他常用计量器具
测量误差及数据处理	了解测量误差的分类;了解测量误差产生的原因;掌握数据处理的基本方法,并能够根据测量结果判定零件是否合格	不确定度的评定方法

【导入检测任务】

如图所示为上弯针滑杆对其外圆和长度进行检测,图中有外圆尺寸轴径 $\phi(7.26 \pm 0.005)\text{mm}$ 和 $\phi(5.6 \pm 0.1)\text{mm}$,长度尺寸孔深度 $60.5^{+0.5}_{-0.7}\text{mm}$ 、颈宽 $10^{+0.1}_{-0.5}\text{mm}$ 、槽位置 $5.5 \pm 0.15\text{mm}$ 、槽形状 $8 \pm 0.5\text{mm}$ 和孔两端宽 $17 \pm 0.2\text{mm}$ 等的标注,请同学们主要从以下几方面进行学习:

- (1) 分析图纸,搞清楚精度要求。
- (2) 理解以上外圆和长度尺寸的标注含义。