



马德成 编著

机械零件测量技术 及实例

本书具有测量原理透彻、测量技术先进的特点

采用最新国家技术标准将公差与测量密切结合

取材全面，内容丰富，注重实用

给本科、高职高专、中专技校学生传授具有实用价值的测量技能

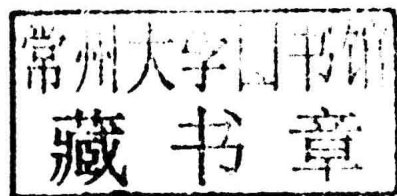
为工厂企业质量检测人员提供实践性很强的测量技术参考



化学工业出版社

机械零件测量 技术及实例

马德成 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械零件测量技术及实例/马德成编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-122-14665-6

I. ①机… II. ①马… III. ①机械元件-测量技术
IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142852 号

责任编辑: 王 烨

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 297 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 46.00 元

版权所有 违者必究

FOREWORD

前言

机械零件测量技术是现代工业发展的基础，而且与科技创新、高新技术发展及提高我国工业产品在国际市场竞争能力，有着密切关系，正如门捷列夫所言“没有测量，就没有科学”。

当前已出版的测量技术书籍，在数量上和内容上，都远不能满足工业产品质量高效准确检测的需求。为此，结合本人长期从事工厂技术检测的经验积累和在高职高专教学科研成果，同时广泛调研吸收了工厂企业现场工人在测量技术上的很多既简易又准确的创新测量方法，编著了《机械零件测量技术及实例》，奉献给广大读者朋友。

本书具有测量原理透彻、测量技术先进的特点，并采用国家最新颁布的技术标准，书中将“公差”与“测量”密切结合，通过强化测量，加深对公差的理解；切实讲透公差，让读者明确测量的目的。

本书取材全面、内容丰富、注重实用、深入浅出、精讲易懂，有较强的系统性，具有很好的实用价值，既可作为机械类本科、高职高专及中专技校学生的阅读资料，也可有关工厂企业质量检测人员提供实践性很强的测量技术参考。

在编写本书的过程中，得到了许多同行专家和工厂企业领导的大力支持和帮助，并由马菊芳高级工程师作全面审阅，在此一并表示感谢。

由于作者水平所限，书中疏漏不妥之处难免，敬请读者指正。

马德成

2012. 3. 18

CONTENTS

目录

绪论

- 0.1 互换性在生产中的作用 / 3
- 0.2 技术测量与互换性生产的关系 / 3
- 0.3 测量几何参数的计量基准 / 3
- 0.4 测量方法类型 / 4
- 0.5 测量器具分类 / 4
- 0.6 测量器具基本度量指标 / 4

第 1 章

测量技术基本知识

- 1.1 几何参数测量基础知识 / 9
 - 1.1.1 测量四要素 / 9
 - 1.1.2 测量四原则 / 9
 - 1.1.3 测量长度基准及量值传递 / 9
- 1.2 量块组测量 / 10
 - 1.2.1 量块长度 / 10
 - 1.2.2 量块精度 / 10
 - 1.2.3 量块组合测量实例 / 10
- 1.3 测量误差 / 12
 - 1.3.1 测量误差的概念 / 12
 - 1.3.2 测量误差的分类 / 12
 - 1.3.3 随机误差的数据处理 / 13
 - 1.3.4 测量结果确定的实例 / 14

- 1.4 尺寸验收极限 / 15
 - 1.4.1 误收与误废 / 15
 - 1.4.2 验收极限 / 15
 - 1.4.3 确定验收极限的实例 / 16

第2章

极限与配合及其生产上的应用

- 2.1 极限与配合 / 21
 - 2.1.1 偏差与公差 / 21
 - 2.1.2 配合 / 23
 - 2.1.3 配合公差 (T_f) / 29
 - 2.1.4 配合的基准制 / 29
- 2.2 确定孔、轴合格性实例 / 30
 - 2.2.1 例题一 / 30
 - 2.2.2 例题二 / 31
 - 2.2.3 例题三 / 32
 - 2.2.4 例题四 / 32
 - 2.2.5 例题五 / 33
 - 2.2.6 例题六 / 33

第3章

用光滑极限量规检测孔、轴

- 3.1 量规的基本知识 / 37
 - 3.1.1 量规的作用 / 37
 - 3.1.2 量规的分类 / 38
- 3.2 量规设计 / 38
 - 3.2.1 量规设计原则 / 38
 - 3.2.2 量规公差带 / 38
- 3.3 量规尺寸设计计算实例 / 40
 - 3.3.1 例题一 / 40
 - 3.3.2 例题二 / 43

第4章

解尺寸链

4.1 尺寸链的组成 / 49

4.1.1 尺寸链及其特性 / 49

4.1.2 尺寸链的环 / 49

4.2 尺寸链的建立 / 50

4.2.1 确定封闭环 / 50

4.2.2 查找组成环 / 50

4.3 极值法解尺寸链 / 51

4.3.1 极值法基本公式 / 51

4.3.2 极值法解尺寸链计算的形式 / 52

4.4 概率法解尺寸链 / 52

4.4.1 基本公式 / 52

4.4.2 概率法解尺寸链的计算形式 / 53

4.5 解尺寸链用于生产的实例 / 55

4.5.1 用极值法解尺寸链实例 / 55

4.5.2 用概率法解尺寸链实例 / 58

第5章

用有关计量器具测量尺寸及角度实例

5.1 用游标卡尺测量 / 65

5.1.1 游标卡尺的读数原理 / 65

5.1.2 用游标卡尺测量孔、轴尺寸实例 / 65

5.2 用螺旋测微千分尺测量 / 66

5.2.1 螺旋测微千分尺的读数原理 / 66

5.2.2 用螺旋测微千分尺测量轴径的实例 / 67

5.3 用内径千分表测量内孔尺寸 / 68

5.3.1 内径千分表的工作原理 / 68

5.3.2 用内径千分表测量孔径尺寸实例 / 68

5.4 用万能测长仪测量外尺寸 / 71

5.4.1 万能测长仪的读数原理 / 71

5.4.2 用万能测长仪测量工件尺寸实例 / 71

5.5 用经纬仪测量大尺寸 / 72

- 5.5.1 用经纬仪测量大直径实例 / 72
- 5.5.2 用经纬仪测量大长度实例 / 73
- 5.6 用万能工具显微镜测量 / 74**
 - 5.6.1 万能工具显微镜的测量原理 / 74
 - 5.6.2 用万能工具显微镜测量零件尺寸实例 / 74
- 5.7 用三坐标测量机测量零件的曲线轮廓尺寸 / 75**
 - 5.7.1 悬臂式三坐标测量机的测量原理 / 75
 - 5.7.2 用三坐标测量机测量带有曲面的零件轮廓实例 / 75
- 5.8 用万能量角器测量角度 / 77**
 - 5.8.1 万能量角器的构造及使用方法 / 78
 - 5.8.2 用万能量角器测量 $0^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的角度实例 / 78
- 5.9 用水平仪测量角度 / 79**
 - 5.9.1 水平仪测量角度的原理 / 80
 - 5.9.2 用水平仪测量零件倾角的实例 / 80
- 5.10 用正弦尺间接测量角度 / 81**
 - 5.10.1 正弦尺简介 / 81
 - 5.10.2 用正弦尺测量外圆锥体的锥角实例 / 81
 - 5.10.3 用正弦尺测量圆锥体的锥度 / 82
 - 5.10.4 用正弦尺测量圆锥的大端或小端直径实例 / 83
 - 5.10.5 用正弦规测量锥度的实例 / 84
- 5.11 用圆柱测量燕尾槽、V形槽的角度实例 / 84**
 - 5.11.1 用圆柱测量燕尾槽角度 / 84
 - 5.11.2 用圆柱测量V形槽的角度 / 85
- 5.12 用标准钢球或用圆锥量规测量圆锥角的实例 / 86**
 - 5.12.1 用标准钢球测量内圆锥的圆锥角 / 86
 - 5.12.2 用圆锥量规检验圆锥角的合格性 / 87
- 5.13 用机械比较仪或立式光学计测量轴径实例 / 87**
 - 5.13.1 用机械比较仪测量轴径 / 87
 - 5.13.2 用立式光学比较仪测量轴径 / 89
- 5.14 其他测量方法 / 91**
 - 5.14.1 圆弧形机件半径的测量实例 / 91
 - 5.14.2 两圆柱轴线中心距测量的实例 / 92

第6章

几何公差（形状、方向、位置、跳动公差）的测量

- 6.1 几何公差有关术语 / 97

6.1.1	零件的要素 / 97
6.1.2	几何公差及其公差带 / 98
6.1.3	局部实际尺寸和作用尺寸 / 99
6.1.4	理想边界 / 99
6.2	形状公差及其检测技术 / 100
6.2.1	形状公差及形状公差项目 / 100
6.2.2	各项形状公差带的定义、形状公差值的标注、检测方法 / 101
6.3	方向公差的项目及其公差带的定义、方向公差的标注和检测方法 / 106
6.3.1	平行度 / 106
6.3.2	垂直度 / 110
6.3.3	倾斜度 / 114
6.4	位置公差及其检测技术 / 114
6.4.1	位置公差及位置公差项目 / 114
6.4.2	同轴度 / 115
6.4.3	对称度 / 115
6.4.4	位置度 / 117
6.5	跳动公差 / 119
6.5.1	圆跳动 / 119
6.5.2	全跳动 / 121
6.6	几何误差检测和误差评定实例 / 122
6.6.1	直线度的检测和评定方法 / 122
6.6.2	用平晶干涉法测量平面度实例 / 123
6.6.3	用打表法测量平面度误差实例 / 124
6.6.4	用水平仪检测平面度及平面度误差的评定方法 / 124
6.6.5	圆度误差的检测及评定方法 / 125
6.6.6	圆柱度误差的测量和评定 / 129
6.6.7	轮廓度误差的测量 / 130
6.6.8	平行度误差检测实例 / 130
6.6.9	垂直度误差的测量实例 / 131
6.6.10	倾斜度误差的测量实例 / 132
6.6.11	同轴度误差的测量实例 / 133
6.6.12	对称度误差测量实例 / 135
6.6.13	位置度误差测量实例 / 135
6.6.14	跳动误差的测量实例 / 139
6.6.15	综合思考题训练 / 141
6.7	独立原则和相关要求 / 142
6.7.1	独立原则 / 142
6.7.2	相关要求 / 143

第 7 章

表面结构要求

- 7.1 表面结构要求的主要参数 / 151
- 7.2 表面结构要求符号 / 151
- 7.3 表面结构要求在符号中注写的位置 / 151
- 7.4 表面结构代号 / 152
- 7.5 表面结构要求在图样中的标注规定 / 152
- 7.6 表面结构要求在图样中的简化注法 / 154
- 7.7 表面结构要求在零件图上标注示例 / 155
- 7.8 表面结构要求的检测实例 / 156
 - 7.8.1 用光切法测量表面结构要求 / 156
 - 7.8.2 用光学干涉显微镜测量表面结构要求 / 159
 - 7.8.3 用针描法测量表面结构要求 / 160
 - 7.8.4 用印模法测量表面结构要求 / 162
 - 7.8.5 动态主动在线测量表面结构要求 / 163

第 8 章

普通螺纹的公差及检测实例

- 8.1 普通螺纹旋合性分析 / 167
 - 8.1.1 影响螺纹旋合性的主要参数 / 167
 - 8.1.2 普通螺纹旋合的合格条件 / 169
- 8.2 普通螺纹的公差与配合标准 / 170
 - 8.2.1 普通螺纹公差带 / 170
 - 8.2.2 普通螺纹在图样上的标注 / 174
 - 8.2.3 判断内、外螺纹旋合合格与否的实例 / 175
- 8.3 普通螺纹的测量实例 / 176
 - 8.3.1 普通螺纹的单项测量 / 176
 - 8.3.2 普通螺纹的综合测量 / 186

第9章

齿轮传动的测量实例

- 9.1 齿轮偏心误差的测量 / 191
 - 9.1.1 齿轮齿圈径向跳动的测量 / 191
 - 9.1.2 齿轮公法线长度变动的测量 / 193
- 9.2 齿距误差的测量 / 195
 - 9.2.1 周节误差和周节累积误差的测量 / 195
 - 9.2.2 基节偏差的测量 / 201
- 9.3 齿形误差测量实例 / 203
 - 9.3.1 用单圆盘式渐开线检查仪测量齿形误差 / 204
 - 9.3.2 用万能渐开线检查仪测量齿形误差 / 204
- 9.4 齿轮接触精度的测量实例 / 205
 - 9.4.1 轴向齿距偏差的测量 / 205
 - 9.4.2 接触线误差的测量 / 206
- 9.5 齿厚偏差的测量实例 / 207
 - 9.5.1 齿厚偏差的测量 / 207
 - 9.5.2 公法线平均长度偏差的测量 / 208
- 9.6 圆柱齿轮啮合测量 / 209
 - 9.6.1 单面啮合综合测量 / 209
 - 9.6.2 齿轮双面啮合综合测量 / 212
- 9.7 齿轮整体误差的测量 / 213
- 9.8 齿轮测量自动化 / 215

附录

- 附录1 尺寸公差等级的应用、各种加工方法能达到的公差等级 / 219
- 附录2 普通螺纹基本尺寸 / 220
- 附录3 常用孔、轴极限偏差数值表 / 221



绪论

- 0.1 互换性在生产中的作用 / 3
- 0.2 技术测量与互换性生产的关系 / 3
- 0.3 测量几何参数的计量基准 / 3
- 0.4 测量方法类型 / 4
- 0.5 测量器具分类 / 4
- 0.6 测量器具基本度量指标 / 4

0.1

互换性在生产中的作用

互换性是指同一规格的一批机械零部件中，任取一件，不需选择、调整或修配，就能满足装配和使用要求。

采取互换性生产，可以最大限度采用先进的生产工艺，极大地提高生产效率和产品质量，降低产品成本。由于零部件具有互换性，给机器使用维修带来了方便，确保尽快恢复机器的正常运转。

0.2

技术测量与互换性生产的关系

机械零件在加工过程中，不可避免地会有一定的误差，如果采取正确的测量技术，把机械零件几何参数的误差控制在一定的范围内，就能满足机械零件的互换性要求。

技术测量是进行科学实验的重要手段，门捷列夫说过“没有测量，就没有科学。”测量技术的提高是科学技术发展的重要保证。产品质量是通过测量技术而鉴定的，离开了精确的测量，产品质量就得不到准确的结论。许多科学领域的突破，测量技术往往是关键。在实际生产中，尤其是武器制造，都要求有高精度的测量技术。例如发射卫星，若有千分之二的测量误差，卫星就会偏离轨道一百多公里，真是偏之以毫，差之千里。

0.3

测量几何参数的计量基准

机械零件几何参数的测量、要求统一科学的自然不变的基准，1983年第十七届国际计量大会正式通过长度计量单位米的新定义：“1米是光在真空中，

1/2999724558秒的时间内所经过的距离。”

0.4

测量方法类型

按是否能获得测量的读数值,可分为直接测量和间接测量;按被测得值与标准值的关系,可分为绝对测量和相对测量;按反映被测参数的多少,可分为单项测量和综合测量;按测量在加工过程中的先后,可分为主动测量和被动测量、中间测量和验收测量;按测量过程中,被测件与测头所处的相对动静状态,可分为动态测量、静态测量;按影响测量精度的因素是否改变,可分为等精度测量和不等精度测量。

0.5

测量器具分类

测量器具分为量具、量规、量仪等。

量具有:单值量具,如量块;多值量具,如线纹尺;标准量具,如量块、标准线纹尺等。

量规是没有刻度的专用计量器具,用来检验工件实际尺寸和形位误差的综合结果。它能判断工件是否合格,但不能确定工件的具体尺寸数值。常用的有光滑极限量规,包括通规和止规,另外还有螺纹综合量规等。

量仪能将被测量转换成可以观察得到的指示值或相关信息,常用的有游标卡尺、螺旋测微千分尺等。另外,具有放大系统的仪器有光学测长仪、双管显微镜、电动轮廓仪、三坐标测量仪等。

0.6

测量器具基本度量指标

① 分度间距——计量器具上两相邻刻线之间的距离。

② 分度值——每一分度间距所表示的被测量的数值。

③ 示值范围——所显示的最小值至最大值的范围。

④ 测量范围——所能测出的最小值至最大值的范围。

⑤ 示值误差——测量获得的示值与被测量的真值的代数差。

⑥ 示值变动——在相同测量条件下，同一测量方法多次重复测量，所得到的示值读数的最大差值。

⑦ 灵敏度——计量器具对被测量变化敏感反映的能力。例如被测量变化 Δx ，引起示值变化 ΔL ，则该计量器具的灵敏度 $S = \frac{\Delta L}{\Delta x}$ 。

⑧ 灵敏限——计量器具对被测量微小变化的敏感能力，也就是示值可觉察到的被测量最小变化值。

⑨ 回程误差——对同一被测量，计量器具正反行程示值之差的绝对值。

⑩ 修正值——修正值与示值误差绝对值相同，而符号相反。采用修正值的目的是为了消除系统误差。

⑪ 不确定度——对被测量的真值不能肯定的程度。这是由于测量器具的示值误差、回程误差等因素造成的测量的量值不完全可以确定的综合指标。一般用误差限来表示，如外径千分尺的不确定度为 ± 0.004 。

