



浙江省重点（系列）教材

机械检测技术

主 编 罗晓晔 王慧珍 朱红建
副主编 刘明慧 何 俊 黄 岗

- ◎ 海克斯康（HEXAGON）指定教材
- ◎ 配套提供检测实训样件
- ◎ 配套提供操作视频及教学资源库



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

浙江省重点(系列)教材

机械检测技术

主 编 罗晓晔 王慧珍 朱红建

副主编 刘明慧 何 俊 黄 岗



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械检测技术 / 罗晓晔等主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-308-09478-8

I. ①机… II. ①罗… III. ①机械—检测—高等学校—教材 IV. ①TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 270902 号

内容简介

本书以通用检测工具及三坐标检测机为蓝本, 详细介绍了机械零件的形位公差、表面粗糙度的基础知识和检测的相关技巧。全书共 14 章, 主要内容包括机械检测的基础知识、机械检测基础、几何公差量、表面粗糙度及其检测、通用测量工具及使用、坐标测量机简介、三坐标测量准备、零件坐标系、三坐标数据测量和数据处理及分析等。

全书数据均依靠最新的国家几何公差量的相关标准, 内容详细的讲解通用测量工具的使用、三坐标测量机的操作流程及完整检测实例作为补充、丰富。但本书并不局限于概念的讲解, 还着重介绍了机械检测过程的基本思路培养, 并配合应用实例的讲解、注意事项的剖析和操作技巧的指点, 以帮助读者切实掌握机械检测的方法和技巧。

针对教学的需要, 本书由浙大旭日科技配套提供全新的立体教学资源库(立体词典), 内容更丰富、形式更多样, 并可灵活、自由地组合和修改。同时, 还配套提供教学软件和自动组卷系统, 使教学效率显著提高。

本书可以作为本科、高职高专等相关院校的机械检测教材, 同时为从事工程检测的技术人员提供参考资料。

机械检测技术

主 编 罗晓晔 王慧珍 朱红建
副主编 刘明慧 何 俊 黄 岗

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 杭州半山印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16.75

字 数 407 千

版 次 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-09478-8

定 价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591



序 言

机械制造业的发展以测量技术发展为基础,测量技术的发展促进了现代制造技术的进步。测量在机械制造业占有极其重要的地位。几何量测量主要是指各种机械零部件表面几何尺寸、形状的参数测量,几何量测量是确保机械产品质量的重要措施。

作为功能最强大的测量设备,三坐标测量机已经被广泛应用于零部件生产制造的质量监控和质量验证过程,三坐标测量机是集机械、电子、计算机、软件、光学为一体的高科技、高精度的微米测量系统,它能对各种零件进行精度检测,包括尺寸、形状和相互位置,并可对连续曲面进行扫描;还可对没有图纸的复杂零件进行测绘,实现产品模型的复原和逆向工作。它的功能强大,测量精度和效率高,通用性强,能与柔性制造系统相连接,在制造业中有“测量中心”之称,是我国重点发展的新兴产业。

海克斯康很荣幸能够以这本教材作为平台,通过我们技术专家团队的倾力工作,与各位读者分享我们在产品制造的各行业,如:汽车、航空航天、模具、机床工具、国防军工和家电等重点行业的最先进的检测技术及方案的经验,为我们国家和民族整个制造业水平的提升和发展做一些工作。帮助在校学生能在踏上职业岗位之前就得到良好的实战技能教育,成为就业和职业发展的重要基础。这也是本书以业界最为通用的测量机产品及 PC DMIS 软件为案例讲解的主要原因。海克斯康多年来一直致力于在高校进行坐标测量机的技术推广与普及,先后与多所国内知名高校建立了战略合作伙伴关系,联合培养和资助有志于几何量计量领域有所发展的优秀学生,并提供良好的实习和项目开发机会,为培养国内的计量人才尽绵薄之力。

本书的作者集中了国内多年从事三坐标测量机的教学、研发和工程应用工作,对机械检测技术有独到、深刻的理解,相信本书将成为您学习机械检测技术的得力工具。

海克斯康测量技术(青岛)有限公司



前 言

机械检测技术是高等工科院校机械类相关专业的必修课程之一,也是制造业工程师最常用的、必备的基本技能。其内容涉及机械设计、机械制造、质量控制与生产管理等多方面标准及其技术知识。机械检测技术对产品质量提供保障,是生产中不可或缺的重要环节。本课程教学目的是使学生了解公差基础知识、掌握机械产品的检测项目和方法、旨在培养学生的综合设计能力。

随着信息化技术在现代制造业的普及和发展,三坐标检测技术已经从一种稀缺的高级技术变成制造业工程师的必备技能,并替代传统的检测技术,成为工程师们的日常保证产品质量的工具。广泛应用于航空航天、汽车、机械及模具等领域的产品检测、分析,是目前主流的大型测量仪器。与此同时,各高等院校的相关课程也正逐步加强对三坐标检测技术内容的教学。

本书高度融合了多位企业检测工程师多年来在实际生产检测中的丰富工程项目经验和教师多年在机械检测技术方面的教学经验。全书共分14章,主要由三部分内容组成,即机械检测基础知识(第2~3章)、表面粗糙度检测及通用测量工具检测(第4~5章)、三坐标检测基本思路与应用实例(第6、7、8、9、10、11、12、13、14章)。这种由“基础知识、通用检测技能、三坐标检测技能”构成的三位一体教学内容,充分体现了实际制造业中机械检测的有机组成。为了让读者能真正理解掌握相关的检测技术,本书提供了典型检测实例,以便读者能边学边练,扎实掌握。

此外,我们发现,无论是用于自学还是用于教学,现有教材所配套的教学资源库都远远无法满足用户的需求。主要表现在:1)一般仅在随书光盘中附以少量的视频演示、练习素材、PPT文档等,内容少且资源结构不完整。2)难以灵活组合和修改,不能适应个性化的教学需求,灵活性和通用性较差。为此,本书特别配套开发了一种全新的教学资源:立体词典。所谓“立体”,是指资源结构的多样性和完整性,包括视频、电子教材、印刷教材、PPT、练习、试题库、教学辅助软件、自动组卷系统、教学计划等等。所谓“词典”,是指资源组织方式。即把一个个知识点、软件功能、实例等作为独立的教学单元,就像词典中的单词。并围绕教学单元制作、组织和管理教学资源,可灵活组合出各种个性化的教学套餐,从而适应各种不同的教学需求。实践证明,立体词典可大幅度提升教学效率和效果,是广大教师和学生的得力助手。

本书由罗晓晔(杭州科技职业技术学院)、王慧珍(海克斯康测量技术有限公司)、朱红建(湖南信息职业技术学院)、刘明慧(广东省电子商务技师学院)、何俊(黑龙江农业经济职业学院)、黄岗(杭州科技职业技术学院)、潘常春(浙大旭日科技开发有限公司)、崔久涛(海克斯康测量技术有限公司)、范利勤(海克斯康测量技术有限公司)、祝书钊(海克斯康测量技术有限公司)、季徐利(海克斯康测量技术有限公司)、廖鲁(海克斯康测量技术有限公司)、刘春艳(海克斯康测量技术有限公司)、叶献忠(三丰精密量仪有限公司)、李斌(三丰精密量仪有限公司)等编写,可以作为本科、高职高专等相关院校的机械检测教材,同时为从事工程检测技术人员提供参考资料。限于编写时间和编者的水平,书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。我们十分期望读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。请通过网站 <http://www.51cax.com> 或致电 0571—87952303 与我们交流。

杭州浙大旭日科技开发有限公司为本书配套提供立体教学资源库、教学软件及相关协助;海克斯康测量技术(青岛)有限公司、三丰精密量仪(上海)有限公司为本书提供了素材,特别是海克斯康高层领导给予的关注和支持,在此表示衷心的感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。

编 者

2012 年 1 月

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 机械检测的意义	1
1.1.1 互换性的作用	1
1.1.2 互换性的实现条件	2
1.2 标准化	2
1.2.1 标准化及其作用	2
1.2.2 优先数和优先数系	2
1.3 产品几何量技术规范(GPS)	4
1.3.1 产品几何量技术规范概念	4
1.3.2 产品几何量技术规范的作用	4
1.3.3 新一代 GPS 体系简介	4
1.4 测量技术	5
1.4.1 测量技术	5
1.4.2 测量技术的发展	5
1.4.3 坐标测量技术的诞生	5
1.5 本课程的性质与主要内容	6
习 题	6
第 2 章 机械检测基础	7
2.1 测量基础知识	7
2.2 测量基准与量值传递	8
2.2.1 长度基准与量值传递系统	8
2.2.2 角度基准与量值传递系统	9
2.3 计量器具	10
2.3.1 计量器具的分类	10
2.3.2 计量器具的度量指标	11
2.4 测量方法	12
2.5 测量误差	14
2.5.1 测量误差的概念	14
2.5.2 测量误差的来源	14
2.5.3 测量误差的分类	15

2.5.4 测量精度	16
习 题	17
第3章 极限与配合	18
3.1 极限与配合的基本术语及定义	18
3.1.1 要素	18
3.1.2 孔和轴	19
3.1.3 尺寸	19
3.1.4 偏差与公差	20
3.1.5 配合与基准制	21
3.2 标准公差系列	25
3.2.1 标准公差因子	25
3.2.2 公差等级及数值	26
3.2.3 基本尺寸分段	27
3.3 基本偏差系列	27
3.3.1 基本偏差代号	27
3.3.2 轴的基本偏差	28
3.3.3 孔的基本偏差	30
3.3.4 尺寸公差表查法介绍	30
3.3.5 尺寸公差与配合代号的标注	31
3.4 常用尺寸公差带与配合	33
3.4.1 优先和常用的公差带	33
3.4.2 优先和常用配合	34
3.4.3 线性尺寸的未注公差(一般公差)	35
3.5 公差与配合的选用	36
3.5.1 基准制的选用	37
3.5.2 公差等级的确定	38
3.5.3 配合种类的确定	40
习 题	43
第4章 几何量公差	44
4.1 几何公差概述	44
4.1.1 几何要素	44
4.1.2 形位公差种类	45
4.1.3 基准	46
4.1.4 形位公差标注方法	46
4.1.5 形位公差带	48
4.2 形位公差及公差带的特点分析	49
4.2.1 形状公差及公差带	49

4.2.2	轮廓度公差及公差带	52
4.2.3	定向公差及公差带	53
4.2.4	定位公差及公差带	56
4.2.5	跳动公差及公差带	59
4.3	公差原则	61
4.3.1	有关公差原则的术语及定义	61
4.3.2	独立原则	63
4.3.3	相关原则	63
4.4	几何公差的选用	65
4.4.1	几何公差项目选择	65
4.4.2	基准选择	66
4.4.3	公差原则选择	66
4.4.4	几何公差值选择	67
4.5	形位误差的评定与检测	70
4.5.1	形位误差的评定	70
4.5.2	形位误差的检测原则	72
习 题		72
第 5 章 通用测量器具及使用方法		73
5.1	测量器具	73
5.1.1	测量器具简介	73
5.1.2	测量器具分类	73
5.2	通用测量仪器的使用及维护	79
5.2.1	基准量具	80
5.2.2	游标类量具	81
5.2.3	螺旋类量具	85
5.2.4	指示表	86
5.2.5	角度量具	88
5.2.6	量规	92
5.2.7	辅助量具	93
5.3	测量工具的日常维护和保养	94
习 题		95
第 6 章 表面粗糙度及其检测		97
6.1	概 述	97
6.1.1	表面粗糙度的概念	97
6.1.2	表面粗糙度对零件使用性能和寿命的影响	98
6.2	表面粗糙度的评定	98
6.2.1	主要术语及定义	98

6.2.2 表面粗糙度的评定参数	101
6.3 表面粗糙度的选择及其标注	104
6.3.1 评定参数的选择	104
6.3.2 评定参数值的选择	104
6.3.3 表面粗糙度的符号	106
6.3.4 表面粗糙度的标注	112
6.4 表面粗糙度的检测	115
6.4.1 比较法	115
6.4.2 光切法	116
6.4.3 干涉法	116
6.4.4 感触法	117
6.5 表面粗糙度理论与标准	118
6.5.1 表面粗糙度标准的产生和发展	118
6.5.2 表面粗糙度标准发展的迫切性	118
习 题	119
第 7 章 坐标测量机简介	121
7.1 三坐标测量简介	121
7.1.1 三坐标测量概述	121
7.1.2 三坐标测量机的组成	123
7.1.3 三坐标测量机的分类	129
7.2 三坐标测量机的主机	130
7.2.1 三坐标测量机的标尺系统	130
7.2.2 三坐标测量机的结构材料	131
7.3 测量机常用结构形式	132
7.3.1 直角坐标测量机的常用结构形式	132
7.3.2 非直角坐标测量机的结构形式	135
7.4 测量机的控制系统	137
7.4.1 手动型测量机	137
7.4.2 机动型测量机	138
7.4.3 数控型测量机	138
7.5 三坐标测量机的应用	139
习 题	141
第 8 章 三坐标测量准备	142
8.1 测量流程介绍	142
8.2 测量规划	143
8.2.1 测量规划内容	143
8.2.2 装夹方案设计	144

8.2.3 分析零件图纸	145
8.3 测头定义与校验	146
8.3.1 测头的定义	146
8.3.2 校验测头的目的	146
8.3.3 测头校验的工作原理	148
8.3.4 测头补偿原理	149
8.3.5 校验测针的工作步骤及结果	149
习 题	150
第 9 章 零件坐标系	151
9.1 概述	151
9.1.1 坐标系的定义	151
9.1.2 测量机坐标系	152
9.2 坐标系基准	153
9.3 3-2-1 法建坐标系	155
9.3.1 3-2-1 法的应用及原理	155
9.3.2 典型案例	156
9.4 迭代法建坐标系	158
9.4.1 迭代法建坐标系的原理	158
9.4.2 典型案例	159
9.5 最佳拟合建坐标系	161
9.5.1 最佳拟合建坐标系原理	161
9.5.2 典型案例	161
习 题	162
第 10 章 三坐标数据测量	163
10.1 三坐标测量	163
10.2 手动测量	165
10.2.1 手动测量遵循原则	165
10.2.2 手动测量元素	166
10.3 自动测量	167
10.3.1 有图纸时使用自动测量	168
10.3.2 有 CAD 数模使用自动测量	172
10.4 扫 描	172
10.4.1 扫描原理	172
10.4.2 扫描的应用	173
10.4.3 扫描的测量方式	173
10.4.4 扫描的过程	175
10.4.5 主要的扫描方法介绍	175

10.4.6 扫描结果·····	176
10.5 元素构造·····	177
10.5.1 元素构造在测量中的应用·····	177
10.5.2 特征元素构造·····	177
习 题·····	183
第 11 章 数据处理及分析 ·····	184
11.1 测量误差评价·····	184
11.1.1 尺寸误差评价·····	184
11.1.2 形状误差评价·····	185
11.1.3 位置误差评价·····	189
11.1.4 误差计算及数据处理·····	189
11.2 报告输出·····	190
11.2.1 文本报告·····	190
11.2.2 图片报告·····	191
11.2.3 图文报告·····	192
11.3 数据统计分析·····	193
习 题·····	194
第 12 章 三坐标测量机的维护与保养 ·····	195
12.1 三坐标测量机结构特点及安装·····	195
12.1.1 测量机结构特点·····	195
12.1.2 测量机安装地点选择·····	196
12.1.3 三坐标测量机安装注意事项·····	196
12.2 检测操作要点及注意事项·····	197
12.3 机器的维护和保养·····	199
12.3.1 气路的工作原理及维护保养·····	199
12.3.2 三坐标测量机的维护和保养·····	202
习 题·····	204
第 13 章 机械检测的发展及新技术 ·····	205
13.1 机械检测的发展方案·····	205
13.1.1 机械检测的现状和问题·····	205
13.1.2 机械检测的发展导向·····	205
13.2 数字化检测·····	206
13.2.1 数字化检测概念及特点·····	206
13.2.2 数字化检测实现及基本流程·····	206
13.2.3 数字化检测的优势及发展·····	207

第 14 章 综合应用实例	209
14.1 标准块测量	209
14.1.1 公差测量准备及分析	210
14.1.2 坐标系建立及数据测量	217
14.1.3 公差评价及报告评价输出	223
14.2 工程案例:雷达天线罩	230
14.3 工程案例:曲线轮廓度检测	232
14.4 工程案例:螺旋压缩杆	233
14.4.1 转子测量难点及 Quindos 处理原理	234
14.4.2 Quindos 软件测量步骤	238
习 题	242
附 录	243
国家标准选摘	243
附表 A-1 参考的部分国家标准	243
附表 A-2 各级量块的精度指标(摘自 JJG146—2003)	244
附表 A-3 各等量块的精度指标(摘自 JJG146—2003)	244
附表 A-4 直线度和平面度的未注公差值(摘自 GB/T 1184—1996)	245
附表 A-5 垂直度未注公差值(摘自 GB/T 1184—1996)	245
附表 A-6 对称度未注公差值(摘自 GB/T 1184—1996)	245
附表 A-7 圆跳动的未注公差值(摘自 GB/T 1184—1996)	245
附表 A-8 直线度、平面度(摘自 GB/T 1184—1996)	245
附表 A-9 圆度、圆柱度(摘自 GB/T 1184—1996)	246
附表 A-10 平行度、垂直度、倾斜度(摘自 GB/T 1184—1996)	246
附表 A-11 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动(摘自 GB/T 1184—1996)	247
附表 A-12 $R\alpha$ 参数值与取样长度 l_r 值的对应关系(摘自 GB/T 1031—2009) ...	247
附表 A-13 R_z 参数数值与取样长度 l_r 值的对应关系(摘自 GB/T 1031—2009)	
.....	247
附表 A-14 公称尺寸至 3150mm 的标准公差数值(摘自 GB/T 1800.1—2009)	
.....	248
附表 A-15 轴的基本偏差数值(摘自 GB/T 1800.1—2009)	249
附表 A-16 孔的基本偏差数值(摘自 GB/T 1800.1—2009)	251
参考文献	253



第 1 章 概 论

本章内容主要介绍机械检测的意义,互换性、标准化机产品几何量技术规范的概念,标准参数选取的依据优先数系和优先数,测量技术的发展,坐标测量技术。

1.1 机械检测的意义

现代化的机械制造,企业为提高生产效率,往往采用流水线作业进行生产装配,随着传送带的运动,产品的各部位的零部件被拼装。装配时,工人不需对零部件进行选择,都能被装上。那么,是如何保证每个零件都能被装上?

我们都知道,无论如何复杂的机械产品,都是由大量的通用标准零件和少数专用零件组成。对于这些通用标准零件可以由不同厂家生产制造。这样,产品生产商就只需生产关键的专用零件,不仅可以大大减少生产成本,还可以缩短生产周期,及时满足市场需求。同样的疑问,不同厂家生产的零件,是如何解决之间装配问题?

零部件之所以能实现组合装配,因为这些产品零件都具有互换性。在日常生活中,有许多现象涉及互换性,例如:汽车、自行车或手表、电脑中的部件损坏,通过更换新部件便能重新使用;灯泡坏了,只要换个新的就行;仪器设备掉了螺钉,按相同规格更换就可以。

1.1.1 互换性的作用

互换性是指机械产品中同一规格的一批零件(或部件),任取其中一件,不需作任何挑选、调整或辅助加工就能进行装配,必能保证满足机械产品的使用性能要求的一种特性。

互换性给产品的设计、制造和使用维修带来了很大的方便。

设计方面,由于大量零部件都已标准化、通用化,只要根据需要选用即可,从而大大简化设计过程,缩短设计周期,同时有利于产品多样化和计算机辅助设计。

制造方面,互换性有利于组织大规模专业化协作生产,专业化生产又有利于采用高科技和高生产率的先进工艺和装备,实现生产过程机械化、自动化,从而提高生产率、提高产品质量、降低生产成本。

使用维修方面,零部件具有互换性,可以及时更换损坏的零部件,减少机器的维修时间和费用,延长机器使用寿命,提高使用价值。

互换性的分类方法很多,按互换性程度,可分为完全互换和不完全互换。

若零件在装配或更换是,不需选择、调整或辅助加工,则其互换性为完全互换;当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制作公差很小,加工困难,成本增加。这时将零件加工精度适当降低,使之便于加工,加工完成后,通过测量将零件按实际尺寸的大小分为若干组,两个相同组号的零件相装配,这样既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难、降

低成本。仅同一组内零件有互换性,组与组之间不能互换的特性,称为不完全互换性。

1.1.2 互换性的实现条件

既然现代化的生产是按专业化、协作化组织生产的,必须面临保证互换性的问题。其实,生产时,只需将产品按相互的公差配合原则组织生产的,遵循了国家公差标准,将零件加工后各几何参数(尺寸、形状、位置)所产生的误差控制在一定的范围内,就可以保证零件的使用功能,实现互换性。

公差是零件在设计时规定尺寸变动范围,在加工时只要控制零件的误差在公差范围内,就能保证零件具有互换性。因此,建立各种几何参数的公差标准是实现零件误差的控制和保证互换性的基础。

而对零件尺寸误差的控制则必须通过机械检测来实现,通过对产品尺寸、性能的检测判断产品具有合格。

合理确定公差与正确进行检测,是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件。

1.2 标准化

1.2.1 标准化及其作用

标准化是以科学、技术和经验的综合成果为基础,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准,达到统一,在一定的范围内获得最佳秩序和社会效益的活动。

标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

各标准中的基础标准则是生产技术活动中最基本的,具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性,因而是通用性最广的标准。例如,极限与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等。

在机械制造中,标准化是实现互换性生产、组织专业化生产的前提条件;是提高产品质量、降低产品成本和提高产品竞争能力的重要保证;是消除贸易障碍,促进国际技术交流和贸易发展,使产品打进国际市场的必要条件。随着经济建设和科学技术的发展,国际贸易的扩大,标准化的作用和重要性越来越受到各个国家特别是工业发达国家的高度重视。

总之,标准化在实现经济全球化、信息社会化方面有其深远的意义。

1.2.2 优先数和优先数系

机械产品总有自己一系列技术参数,在设计中常会遇到数据的选取问题,几何量公差最终也是数据的选取问题,如:产品分类、分级的系列参数的规定;公差数值的规定等。对各种技术参数值协调、简化和统一是标准化的重要内容。优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的科学数值制度。优先数和优先数系标准是重要的基础标准。

国家标准 GB/T321—2005《优先数和优先数系》给出了制定标准的数值制度,也是国际上通用的科学数值制度。

优先数系是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$,分别用 R5、R10、R20、R40、R80 表示,其中前 4 个为基本系列,R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。

按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数次幂外,都是无理数,工程技术上不便

直接使用,实际应用的都是经过圆整后的近似值。根据圆整的精确程度,可分为:计算值:对理论值取 5 位有效数字,供精确计算;常用值:即经常使用的优先数,取 3 位有效数字。

表 1-1 中列出了 1~10 范围内基本系列的常用值和计算值。可将表中所列优先数乘以 10,100,⋯,或乘以 0.1,0.01,⋯,即可得到所需的优先数,例如 R5 系列从 10 开始取数,依次为 10,16,25,40,⋯。

表 1-1 优先数系的基本系列(摘自 GB321—2005)

基本系列(常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00 1.25	1.00 1.12 1.25 1.40	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
			1.12	1.1220
			1.18	1.1885
			1.25	1.2589
			1.32	1.3335
			1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60 2.00	1.60 1.80 2.00 2.24	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
			1.80	1.7783
			1.90	1.8836
			2.00	1.9953
			2.12	2.1135
			2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50 3.15	2.50 2.80 3.15 3.55	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
			2.80	2.8184
			3.00	2.9854
			3.15	3.1623
			3.35	3.3497
			3.55	3.5481
			3.75	3.7581
4.00	4.00 5.00	4.00 4.50 5.00 5.60	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
			4.50	4.4668
			4.75	4.7315
			5.00	5.0119
			5.30	5.3088
			5.60	5.6234
			6.00	5.9566

续表 1.1

基本系列(常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
6.30	6.30 8.00	6.30 7.10 8.00 9.00	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
			7.10	7.0795
			7.50	7.4980
			8.00	7.9433
			8.50	8.4140
			9.00	8.9125
			9.50	9.4405
10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000

优先数系中的所有数都为优先数,即都为符合 R5、R10、R20、R40 和 R80 系列的圆整值。在生产中,为满足用户各种需要,同一种产品的同一参数从大到小取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。公差数值的标准化,也是以优先数系来选数值。

1.3 产品几何量技术规范(GPS)

1.3.1 产品几何量技术规范概念

产品几何量技术规范(GPS, geometrical product specification)是一套有关工件几何特性的技术规范,它是覆盖产品尺寸、几何公差和表面特征的标准,贯穿于几何产品的研究、开发、设计、制造、检验、销售、使用和维修等整个过程。

1.3.2 产品几何量技术规范的作用

GPS 的发展与应用有多种原因,最根本的是使产品的一些基本性能得到了保证,主要体现在:

- (1)功能性 组成汽车的零件能够满足一定的几何公差要求,汽车才能够良好地工作。
- (2)安全性 发动机的曲轴表面通过磨削加工能够达到规定的表面粗糙度要求,因疲劳断裂损坏发动机的危险就会大大降低。
- (3)独立性 保证压缩机气缸的表面粗糙度要求,就可以直接保证机器的使用寿命。
- (4)互换性 互换性作为 GPS 的最初应用,其目的是有利于机器或设备的装配和修理。

1.3.3 新一代 GPS 体系简介

新一代 GPS 是国际上近几年才提出的、正在研究与发展中的、引领世界制造业前进方向的、基础性的新型国际标准体系,是实现数字化制造和发展先进制造技术的关键。这一标准体系与现代设计和制造技术相结合,是对传统公差设计和控制实现的一次大的改革。

新一代 GPS 以数学作为基础语言结构,用计量数学为根基,给出产品功能、技术规范、制造与检验之间的量值传递的数学方法,它蕴含工业化大生产的基本特征,反映了技术发展的内在需要,为产品技术评估提供了“通用语言”,为设计、产品开发及计量测试人员等建立了一个交流平台。