

JIXIE JINGDU SHEJI YU JIANCE
BIAOZHUI
YINGYONG SHOUCHE

机械精度设计与检测 标准应用手册

张琳娜 赵凤霞 郑鹏 主编



化学工业出版社

机械精度设计与检测 标准应用手册

张琳娜 赵凤霞 郑鹏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本手册包括几何精度设计基础和几何精度检测基础两大部分，标准新，实用性强。其中，几何精度设计部分主要阐述了极限与配合、形状和位置精度、表面粗糙度、典型结合件、典型传动件等精度设计中的基本概念、基本原则及应用要点；几何精度检测部分主要阐述了几何精度检测中的基础知识、原理以及数据处理的方法等。具体内容包括极限与配合，几何精度，表面粗糙度，圆锥的公差与配合，螺纹的公差与配合，键和花键的公差与配合，齿轮的精度制，滚动轴承和滑动轴承的公差与配合，铸件公差和冲压件的公差，尺寸链，新一代 GPS 标准体系，测量技术基础，光滑工件尺寸的检验，几何误差的检测，角度与锥体的检测，螺纹的检测，齿轮精度检测。

本书可供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的工程技术人员参考使用，也可供大专院校机械类、仪器仪表类、近机类有关专业的师生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械精度设计与检测标准应用手册/张琳娜, 赵凤霞,
郑鹏主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-122-19701-6

I. ①机… II. ①张…②赵…③郑… III. ①机械-精
度-设计-手册②机械-加工精度-质量控制-手册 IV. ①TH
122-62②TH161-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 022709 号

责任编辑: 张兴辉
责任校对: 蒋 宇

文字编辑: 项 激
装帧设计: 王晓宇

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: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 38½ 字数 1076 千字 2015 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: 168.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来，随着 ISO/TC213 的成立及产品几何技术规范 GPS（ISO/TC213: Dimensional Geometrical Product Specification and Verification，简称 GPS）的不断完善和发展，机械精度设计与检测相关国家标准的更新发展很快。为了满足现场工程技术人员掌握和应用最新的机械精度设计与检测标准的需要，宣传先进的 GPS 标准体系及理念，填补该领域缺少相应的标准应用工具书的缺憾。本手册面向科研生产一线的工程技术人员和工科院校的有关师生，着重对机械产品几何精度设计、制造和检测中常用的基础标准、实用的技术数据和相关的标准资料及应用要点进行了分析和介绍。

本手册突出体现了以下几点：

(1) 手册着重对机械精度设计与检测中常用的系列基础标准、实用的技术数据及相关的标准应用资料进行了系统的分析、归纳和提炼，内容丰富、重点突出，便于读者正确、合理、方便地应用；

(2) 手册所涉及的国家标准均采用 2012 年年底颁布的最新国家标准，内容新颖，准确可靠；

(3) 手册理论联系实际，提供了一些结合实际的应用实例，指导读者正确运用；

(4) 将编者近年来围绕国家自然科学基金项目“基于 GPS 的几何误差数字化测量认证理论及方法研究”（50975262）的最新研究成果融入其中，追踪国际标准化组织（ISO）在产品几何技术规范 GPS 领域的重大变革以及我国标准化战略计划进展，反映了国内、外最新成就。

本手册包括几何精度设计基础和几何精度检测基础两大部分。其中，几何精度设计基础部分主要论述了极限与配合、形状和位置精度、表面粗糙度、典型结合件、典型传动件等精度设计中的基本概念、基本原则及应用要点；几何精度检测基础部分主要对几何精度检测中的基础知识、原理以及数据处理的方法等进行了论述。

本手册主要由全国产品几何技术规范标准化技术委员会（SAC/TC240）的专家和多年来从事该领域研究及有关标准的制定、修订的专业技术人员负责编写。参加本手册编撰的人员有：张琳娜（SAC/TC240 副主任委员）、赵凤霞、郑鹏、方东阳、陈磊、雷文平等；任冠青、祁继超、张坤鹏、高方、宋相征、贾遨宇、王玉霞、梁成成、张志永等参与了手册图表及相关内容的编撰整理工作。本手册由张琳娜、赵凤霞、郑鹏任主编；SAC/TC240 专家赵卓贤教授、吴迅高工任主审。

由于编者水平有限，书中难免存在不当之处，欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 互换性概论

1.1 互换性概论	1
1.1.1 互换性的含义	1
1.1.2 互换性的分类	1
1.1.3 互换性的作用	1
1.2 优先数和优先数系	2
1.2.1 术语和定义	2
1.2.2 系列的种类和代号	2
1.2.3 优先数系的主要特性 (GB/T 17963—2005)	4
1.2.4 应用原则	6

第 2 章 极限与配合

2.1 极限与配合的基础 (GB/T 1800.1—2009)	7
2.1.1 术语和定义	7
2.1.2 公差、偏差和配合的代号及表示	9
2.2 标准公差和基本偏差系列 (GB/T 1800.1—2009)	10
2.2.1 标准公差系列 (GB/T 1800.1—2009)	10
2.2.2 基本偏差系列 (GB/T 1800.1—2009)	12
2.2.3 公称尺寸大于 3150~1000mm 的标准公差和基本偏差 (GB/T 1801—2009)	13
2.2.4 孔、轴极限偏差表 (GB/T 1800.2—2009)	13
2.3 公差带与配合的标准化	45
2.3.1 公称尺寸至 500mm 公差带与配合的规定	45
2.3.2 公称尺寸大于 500~3150mm 公差带与配合的规定	47
2.3.3 公称尺寸至 18mm 轴、孔公差带的规定 (GB/T 1803—2003)	47
2.4 未注公差的线性和角度尺寸的公差 (GB/T 1804—2000)	54
2.4.1 适用范围	54
2.4.2 总则	54
2.4.3 一般公差的公差等级和极限偏差数值	54
2.4.4 一般公差的图样表示法	55
2.4.5 线性和角度尺寸的一般公差的概念和解释	55
2.5 尺寸精度及配合的设计	55
2.5.1 尺寸精度及配合的设计方法	55
2.5.2 尺寸精度及配合的设计	56
2.5.3 应用示例分析	66
2.6 尺寸公差与配合的注法 (GB/T 4458.5—2003)	68

2.6.1	在零件图中的标注方法	68
2.6.2	在装配图中的标注方法	69
2.6.3	角度公差的标注方法	70

第3章 几何公差

3.1	几何公差的定义及标注 (GB/T 1182—2008)	71
3.1.1	几何公差各项目及有关符号	71
3.1.2	几何公差的研究对象——几何要素	71
3.1.3	公差带	73
3.1.4	几何公差图样标注的基本规则	73
3.1.5	几何公差的定义	78
3.1.6	应用示例	91
3.2	基准和基准体系 (GB/T 17851—2010)	92
3.2.1	术语定义	92
3.2.2	基准和基准体系的标注	92
3.2.3	基准的建立和体现	94
3.2.4	基准的应用	98
3.2.5	基准目标	100
3.3	几何公差与尺寸公差的关系	102
3.3.1	术语定义	102
3.3.2	独立原则	102
3.3.3	相关要求	104
3.4	几何公差的公差值及其选用 (GB/T 1184—1996)	119
3.4.1	几何公差的注出公差值	119
3.4.2	形位公差的未注公差值	127
3.5	几何公差的设计	130
3.5.1	几何公差项目的选用	130
3.5.2	基准的确定	130
3.5.3	注出几何公差值的选用原则	131

第4章 表面粗糙度及其检测

4.1	表面粗糙度的术语、定义及参数 (GB/T 3505—2009)	132
4.1.1	术语及定义	132
4.1.2	表面评定的流程图	137
4.1.3	GB/T 3505—2009 与 GB/T 3505—1983 的基本术语与参数符号比较	137
4.2	表面粗糙度的参数及其数值 (GB/T 1031—2009)	138
4.2.1	评定表面粗糙度的参数及其数值系列	138
4.2.2	取样长度的数值和选用	138
4.2.3	规定表面粗糙度要求的一般规则	138
4.2.4	评定表面粗糙度参数的补充系列值	139
4.3	技术产品文件中表面结构的表示法 (GB/T 131—2006)	139

4.3.1	表面结构的符号和代号	139
4.3.2	在图样和其他技术产品文件中的位置	142
4.3.3	标注示例	142
4.3.4	表面结构要求的图形标注的演化	142
4.4	表面粗糙度的选择与应用	145
4.4.1	评定参数的选用	145
4.4.2	评定参数值的选用原则	146
4.4.3	表面粗糙度的选用实例	147
4.5	表面粗糙度的检测	151
4.5.1	比较法	151
4.5.2	光切法	151
4.5.3	干涉法	152
4.5.4	针描法	152
4.5.5	扫描隧道显微镜	153
4.5.6	原子力显微镜	154

第 5 章 圆锥的公差与配合

5.1	圆锥的锥度与锥角系列 (GB/T 157—2001)	156
5.1.1	术语及定义	156
5.1.2	一般用途的锥度与锥角系列	157
5.1.3	特定用途的圆锥	157
5.2	圆锥公差 (GB/T 11334—2005)	158
5.2.1	术语及定义	158
5.2.2	圆锥公差	158
5.2.3	圆锥直径公差所能限制的最大圆锥角误差	160
5.2.4	圆锥公差按给出圆锥的理论正确圆锥角和圆锥直径公差时的标注	160
5.3	圆锥配合 (GB/T 12360—2005)	162
5.3.1	圆锥配合的特征	162
5.3.2	圆锥配合的一般规定	163
5.3.3	圆锥角偏离基本圆锥角时对圆锥配合的影响	163
5.3.4	内圆锥或外圆锥的圆锥轴向极限偏差的计算	164
5.3.5	基准平面间极限初始位置和极限终止位置的计算	167
5.4	圆锥的尺寸和公差注法 (GB/T 15754—1995)	168
5.4.1	圆锥的尺寸注法	168
5.4.2	圆锥的公差注法	168
5.4.3	基本锥度法	170
5.4.4	公差锥度法	170

第 6 章 螺纹的公差与配合

6.1	螺纹结合互换性的基本概念 (GB/T 14791—1993)	172
6.1.1	螺纹结合中的术语及定义	172

6.1.2	螺纹几何要素误差对螺纹互换性的影响	176
6.2	普通螺纹	178
6.2.1	普通螺纹的基本牙型 (GB/T 192—2003)	178
6.2.2	普通螺纹的直径与螺距系列 (GB/T 192—2003)	178
6.2.3	普通螺纹的基本尺寸 (GB/T 196—2003)	182
6.2.4	普通螺纹的公差 (GB/T 197—2003)	184
6.2.5	普通螺纹的极限偏差 (GB/T 2516—2003)	193
6.2.6	普通螺纹的管路系列 (GB/T 1414—2003)	203
6.2.7	普通螺纹的优选系列 (GB/T 9144—2003)	203
6.2.8	普通螺纹的中等精度、优选系列的极限尺寸 (GB/T 9145—2003)	204
6.2.9	普通螺纹的粗糙精度、优选系列的极限尺寸 (GB/T 9146—2003)	204
6.3	管螺纹	209
6.3.1	55°密封管螺纹 (GB/T 7306—2000)	209
6.3.2	55°非密封管螺纹 (GB/T 7307—2001)	214
6.3.3	60°密封管螺纹 (GB/T 12716—2011)	214
6.4	我国常用螺纹标准	218

第 7 章 键与花键的公差与配合

7.1	平键的公差与配合	220
7.1.1	普通型平键 (GB/T 1096—2003)	220
7.1.2	平键键槽的剖面尺寸 (GB/T 1095—2003)	222
7.1.3	导向型平键 (GB/T 1097—2003)	223
7.1.4	薄型平键键槽的剖面尺寸 (GB/T 1566—2003)	223
7.1.5	薄型平键 (GB/T 1567—2003)	225
7.2	楔键的公差与配合	227
7.2.1	普通型楔键 (GB/T 1564—2003)	227
7.2.2	楔键键槽的剖面尺寸 (GB/T 1563—2003)	229
7.2.3	钩头型楔键 (GB/T 1565—2003)	229
7.3	半圆键的公差与配合	232
7.3.1	半圆键键槽的剖面尺寸 (GB/T 1098—2003)	232
7.3.2	普通型半圆键 (GB/T 1099.1—2003)	232
7.4	切向键及其键槽 (GB/T 1974—2003)	232
7.4.1	尺寸与公差	232
7.4.2	技术条件	232
7.4.3	标记	232
7.5	矩形花键的公差与配合 (GB/T 1144—2001)	237
7.5.1	矩形花键的系列与基本尺寸	237
7.5.2	公差与配合	237
7.5.3	检验规则	238
7.5.4	标记	239
7.5.5	矩形花键综合通规和单项止规的尺寸公差带和数值表	240
7.6	直齿渐开线花键的公差与配合 (GB/T 3478.1—2008)	242

7.6.1	术语、代号和定义	242
7.6.2	渐开线花键的基本参数	245
7.6.3	渐开线花键的尺寸系列	245
7.6.4	渐开线花键的公差等级与公差	246
7.6.5	渐开线花键的配合	246
7.6.6	渐开线花键的检验	252
7.6.7	渐开线花键的参数标注	252

第8章 齿轮的精度制

8.1	轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值 (GB/T 10095.1—2008)	255
8.1.1	轮齿同侧齿面偏差的术语及定义	255
8.1.2	齿轮精度制的构成	258
8.2	径向综合偏差与径向跳动的定义和允许值 (GB/T 10095.2—2008)	271
8.2.1	径向综合偏差与径向跳动的术语及定义	271
8.2.2	齿轮精度制的构成	272
8.3	侧隙和齿厚极限偏差 (GB/Z 18620.2—2008)	276
8.3.1	侧隙的术语及定义	276
8.3.2	最小法向侧隙的确定	277
8.3.3	齿厚及齿厚偏差	278
8.3.4	公法线长度及公法线长度偏差	279
8.3.5	最大侧隙	279
8.4	齿轮副和齿轮坯的精度 (GB/Z 18620.3—2008)	280
8.4.1	齿轮副的精度	280
8.4.2	齿轮坯的精度	281
8.5	圆柱齿轮精度设计	284
8.5.1	齿轮精度等级的选用	284
8.5.2	最小侧隙和齿厚偏差的确定	285
8.5.3	检验项目的选择	285
8.5.4	齿坯及箱体精度的确定	285
8.5.5	齿轮精度设计实例	285
8.6	我国新旧齿轮精度制的差异分析	286
8.6.1	GB/T 10095—1988 对圆柱齿轮规定的公差组及评定指标	286
8.6.2	GB/T 10095.1, 2—2008 对单个齿轮规定的评定指标	287
8.6.3	GB/T 10095—1988 与齿轮精度制新国标的对照	287
8.6.4	新旧国家标准的异同点分析	289

第9章 滚动轴承的公差与配合

9.1	滚动轴承的公差	290
9.1.1	滚动轴承的公差定义 (GB/T 4199—2003)	290
9.1.2	滚动轴承的通用技术规则 (GB/T 307.3—2005)	293
9.1.3	向心轴承公差 (GB/T 307.1—2005)	294

9.1.4	推力轴承公差 (GB/T 307.4—2012)	302
9.1.5	仪器用精密轴承公差 (GB/T 5800.1—2012)	305
9.1.6	滚针轴承公差 (GB/T 5801—2006)	308
9.1.7	滚轮滚针轴承公差 (GB/T 6445—2007)	309
9.2	滚动轴承与轴和壳体孔的配合	310
9.2.1	滚动轴承配合的特点	310
9.2.2	滚动轴承与轴和外壳的配合 (GB/T 275—1993)	310

第 10 章 滑动轴承的公差与配合

10.1	滑动轴承公差	315
10.1.1	铜合金整体轴套 (GB/T 18324—2001)	315
10.1.2	卷制轴套 (GB/T 12613.1—2011)	316
10.1.3	粉末冶金轴承 (GB/T 2685~2687—1981)	318
10.1.4	剖分式无翻边薄壁轴瓦 (GB/T 3162—1992)	319
10.1.5	剖分式带翻边薄壁轴瓦 (GB/T 7308—2008)	322
10.1.6	轧机油膜轴承 (GB/T 13345—1992)	325
10.2	滑动轴承的配合与间隙	325

第 11 章 铸件公差和冲压件公差

11.1	铸件公差 (GB/T 6414—1999)	328
11.1.1	术语与定义	328
11.1.2	尺寸公差	328
11.1.3	铸造公差	330
11.2	冲压件公差	331
11.2.1	冲压件尺寸公差	331
11.2.2	冲压件角度公差	333
11.2.3	冲压件未注公差尺寸极限偏差	334
11.2.4	冲压件形状和位置未注公差	336

第 12 章 尺寸链

12.1	尺寸链的基本概念	338
12.1.1	尺寸链的术语和定义	338
12.1.2	尺寸链的分类	339
12.1.3	尺寸链环的特征符号	339
12.2	尺寸链的计算方法	341
12.2.1	计算参数	341
12.2.2	计算公式	341
12.2.3	尺寸链的计算种类	342
12.2.4	装配尺寸链的计算方法	343
12.2.5	装配尺寸链计算顺序	344

12.2.6	相对不对称系数 e 与相对分布系数 k 的取值	344
12.3	尺寸链计算示例	345
12.3.1	完全互换法计算示例	345
12.3.2	装配尺链计算示例	347

第 13 章 新一代 GPS 标准体系

13.1	产品几何技术规范 (GPS) 概述	351
13.1.1	GPS 概述	351
13.1.2	GPS 标准体系的起源与发展	351
13.2	新一代 GPS 标准体系的构成及规律分析	352
13.2.1	新一代 GPS 体系的结构	352
13.2.2	新一代 GPS 体系构成规律及矩阵模型分析	353
13.2.3	新一代 GPS 体系的应用特点分析	354
13.3	新一代 GPS 体系的理论基础及关键技术	355
13.3.1	新一代 GPS 体系的系统流程及结构模型	355
13.3.2	新一代 GPS 体系的数字化描述基础	355
13.3.3	新一代 GPS 体系的对偶性及操作技术	359
13.3.4	新一代 GPS 体系的不确定度构成及其关系	362
13.3.5	新一代 GPS 测量不确定度的评定与管理	364

第 14 章 测量技术基础

14.1	测量的基本概念	368
14.1.1	测量及测量四要素	368
14.1.2	检验、计量、测试与测量	368
14.2	测量基准和尺寸传递系统	368
14.2.1	测量基准和尺寸传递系统	368
14.2.2	量块	369
14.2.3	线纹尺	374
14.3	测量方法和计量器具	376
14.3.1	测量方法分类	376
14.3.2	计量器具的分类	377
14.3.3	计量器具的基本度量指标	377
14.4	测量误差及数据处理	378
14.4.1	测量误差的基本概念	378
14.4.2	随机误差的特性及评定	379
14.4.3	系统误差的发现与消除	390
14.4.4	粗大误差的判别与剔除	395
14.4.5	测量结果的数据处理实例	397
14.4.6	误差的合成与分配	399
14.5	测量不确定度	406
14.5.1	概述	406

14.5.2	测量不确定度的定义	407
14.5.3	标准不确定度的评定	407
14.5.4	测量不确定度的合成	408
14.6	测量技术中的基本原则简介	410
14.6.1	阿贝测长原则	410
14.6.2	闭合原则	410
14.6.3	最小变形原则	410
14.6.4	最短测量链原则	410
14.6.5	基准统一原则	410
14.6.6	重复原则	410
14.6.7	随机原则	411

第 15 章 光滑工件尺寸的检测

15.1	光滑工件尺寸的检验	412
15.1.1	光滑工件尺寸的检验 (GB/T 3177—2009)	412
15.1.2	用通用计量器具检验长度尺寸的方法及示例	420
15.2	量规及公差	437
15.2.1	光滑极限量规 (GB/T 1957—2006)	437
15.2.2	功能量规 (GB/T 8069—1998)	441

第 16 章 角度与锥体的检测

16.1	概述	451
16.1.1	角度的单位	451
16.1.2	角度的基准	451
16.1.3	角度的测量方法	451
16.2	角度的相对测量	452
16.2.1	用角度量块及多面棱体测量角度	452
16.2.2	用直角尺测量角度 (GB/T 6092—2004)	456
16.2.3	用正弦量角规测量角度	458
16.2.4	用角度样板和量规检验角度	459
16.3	角度的绝对测量	462
16.3.1	用万能量角器测量角度	462
16.3.2	用水平仪测量角度	462
16.3.3	用光学分度头测量角度	465
16.3.4	用分度台测量角度	466
16.3.5	用精密测角仪测量角度	468
16.3.6	用经纬仪测量角度	471
16.4	角度的间接测量	472
16.4.1	用正弦规测量角度 (GB/T 22526—2008)	472
16.4.2	用圆柱或圆球测量燕尾角度	474
16.4.3	用圆柱测量 V 形槽角度	474

16.4.4	用圆球测内、外锥体角度	475
16.4.5	用万能工具显微镜测量锥体角度	475
16.5	小角度测量	476
16.5.1	用自准直仪测量小角度	476
16.5.2	用激光小角度干涉仪测量小角度	476
16.6	角度测量的几种新技术简介	477
16.6.1	圆光栅	477
16.6.2	圆磁栅	478
16.6.3	感应同步器	479
16.6.4	角编码器	480
16.6.5	环形激光	481

第 17 章 几何误差检测

17.1	几何误差的检测规定 (GB/T 1958—2004)	482
17.1.1	几何误差检测基础	482
17.1.2	形状误差及其评定	484
17.1.3	位置误差及其评定	484
17.1.4	几何误差的检测方案	485
17.2	直线度误差检测	514
17.2.1	直线度误差检测 (GB 11336—2004)	514
17.2.2	基于新一代 GPS 的直线度误差检测中的术语和参数 (GB/T 24631.1—2009)	519
17.2.3	基于新一代 GPS 的直线度误差检测中的规范操作集 (GB/T 24631.2—2009)	520
17.2.4	直线度误差检测的国家标准对比分析	522
17.3	平面度误差检测	522
17.3.1	平面度误差检测 (GB/T 113316—2004)	522
17.3.2	基于新一代 GPS 的平面度误差检测中的术语和参数 (GB/T 24630.1—2009)	527
17.3.3	基于新一代 GPS 的平面度误差检测中的规范操作集 (GB/T 24630.2—2009)	529
17.3.4	平面度误差检测的国家标准对比分析	530
17.4	圆度误差检测	530
17.4.1	圆度误差检测	531
17.4.2	基于新一代 GPS 的圆度误差检测中的术语和参数 (GB/T 24632.1—2009) ...	537
17.4.3	基于新一代 GPS 的圆度误差检测中的规范操作集 (GB/T 24632.2—2009) ...	539
17.4.4	圆度误差检测的国家标准对比分析	540
17.5	圆柱度误差检测	542
17.5.1	基于新一代 GPS 的圆柱度误差检测中的术语和参数 (GB/T 24633.1—2009)	542
17.5.2	基于新一代 GPS 的圆柱度误差检测中的规范操作集 (GB/T 24633.2—2009)	546

第 18 章 螺纹的检测

18.1 螺纹的检测方法	547
18.1.1 综合检验	547
18.1.2 单项测量	547
18.2 检测螺纹用的量规	548
18.2.1 检测圆柱螺纹用的量规	548
18.2.2 检测圆锥螺纹用的量规	552
18.3 螺纹的单项测量	553
18.3.1 圆柱螺纹的单项测量	553
18.3.2 圆锥螺纹的单项测量	560
18.3.3 丝杠的测量	563

第 19 章 齿轮精度的检测

19.1 圆柱齿轮的测量基础	568
19.1.1 术语和定义	568
19.1.2 测量基准的要求	568
19.1.3 不同测量方向偏差值的换算	568
19.2 齿轮偏差检验	569
19.2.1 齿距偏差检验	569
19.2.2 齿廓偏差检验	572
19.2.3 螺旋偏差检验	575
19.2.4 切向综合偏差检验	576
19.2.5 径向综合偏差检验	578
19.2.6 径向跳动检验	579
19.3 整体偏差检验	580
19.3.1 整体偏差检验	580
19.3.2 测量方法和测量仪器	580
19.3.3 测量条件和测量位置	581
19.3.4 测量不确定度	581
19.3.5 测量结果处理	582
19.4 替代项目的检验	584
19.4.1 公法线检验	584
19.4.2 基节偏差的检验	585
19.4.3 接触线偏差的检验	586
19.4.4 轴向齿距偏差的检验	587
19.4.5 螺旋线波度偏差的检验	589
19.4.6 齿厚检验	591
19.4.7 齿轮副接触斑点的检验	593
19.4.8 齿轮副侧隙的检验	594
19.5 GB/T 13924—2008 与 GB/Z 18620.1~4—2008 的差异性分析	594

19.5.1	GB/T 13924 与 GB/Z 18620.1~4 之间的联系	594
19.5.2	GB/T 13924 与 GB/Z 18620.1~4 的差异性	595

标准索引

参考文献

第 1 章 互换性概论

1.1 互换性概论

1.1.1 互换性的含义

互换性是指同一规格的一批零件或部件中,不需任何挑选或附加修配、调整,任取其一装在机器上,并能满足机械产品预定使用性能要求的一种特性。

由此可见,互换性表现在产品零、部件装配过程的三个阶段:装配前,不需挑选;装配时,不经修配或调整;装配后,满足预定的使用要求。

当前,互换性原则是许多工业部门产品设计和制造中应遵循的重要原则。它不仅涉及产品制造中零、部件的可装配性,而且还涉及机械设计、生产及其使用的重大技术和经济问题。

1.1.2 互换性的分类

根据使用要求以及互换的参数、程度、部位或范围的不同,互换性可分为不同的种类。

(1) 按决定参数或使用要求分类

按决定参数或使用要求,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

几何参数互换性是指通过规定几何参数极限范围以保证产品的几何参数值充分近似所达到的互换性。此为狭义的互换性,即通常所讲的互换性,有时也局限于反映保证零件尺寸配合或装配要求的互换性。

功能互换性是指通过规定功能参数的极限范围所达到的互换性。功能参数既包括几何参数,也包括其他一些参数,如材料物理力学性能参数、化学、光学、电学、流体力学等参数。此为广义互换性,往往着重于保证除几何参数互换性或装配互换性以外的其他功能参数的互换性要求。

(2) 按程度分类

按互换性的程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

若零件在装配或更换时,不需选择、辅助加工或修配,则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可以采取其他技术手段来满足装配要求,例如分组装配法,就是将零件的制造公差适当放大,使之便于加工,而在零件

完工后装配前,用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别较小,装配时按相应组进行(即大孔与大轴相配,小孔与小轴相配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能减少加工难度、降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故这种互换性称为不完全互换性。

(3) 按部位或范围分类

对标准部件或机构来说,互换性又可分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机械与其相配件间的互换性,例如滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与机座孔的配合。内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性,例如滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠(滚柱)直径的装配。

为使用方便,滚动轴承的外互换采用完全互换,而其内互换则因其组成零件的精度要求高,加工困难,故采用分组装配,为不完全互换。一般地说,不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配。至于厂外协作件,即使批量不大,往往也要求完全互换。究竟是采用完全互换,还是不完全互换,或者部分地采用修配调整,要由产品精度要求与其复杂程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平等因素决定。

1.1.3 互换性的作用

互换性在机械制造中有很重要的作用。

从设计方面看,由于产品中采用了具有互换性的零部件,尤其是采用了较多的标准零件和部件(如螺钉、销钉、滚动轴承等),这就使许多零部件不必重新设计计算,从而大大减轻了计算与绘图的工作量,简化了设计程序,缩短了设计周期。尤其是还可以应用计算进行辅助设计,这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改善都有很大作用。

从制造方面看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零部件具有互换性,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工的劳动量,因而缩短了装配周期;而且,还可使装配工作按流水作业方式进行,以实现自动装配,这就使装配生产效率显著提高。加工时,由于按标准规定公差加工,同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制

造。各专业厂由于产品单一，产品数量多，分工细，即可采用高效率的专用设备，甚至采用计算机进行辅助加工，从而使产品的数量和质量明显提高，成本也必然显著降低。

从使用方面看，如果一台机器的某零件具有互换性，则当该零件损坏后，可以很快地用一备件来代替，从而使机器维修方便，保证了机器工作的连续性和持久性，延长了机器的使用寿命，提高了机器的使用价值。

综上所述，在机械制造中组织互换性生产，大量地应用具有互换性的零部件，不仅能够显著提高劳动生产率，而且在有效保证产品质量和提高产品可靠性、降低成本等方面都具有重大的意义。所以，使零部件具有互换性是机械制造中重要的原则和有效的技术措施。

但怎样才能使零件具有互换性呢？或者实现互换性的保证条件是什么？其保证条件主要有两点：一是零件必须按一定的公差加工制造；二是必须按一定的标准检验。

1.2 优先数和优先数系

为了保证互换性，必须合理地确定零件公差，公差数值标准化的理论基础，即为优先数系和优先数。现行的优先数和优先数系国家标准主要有：

GB/T 321—2005《优先数和优先数系》

GB/T 19763—2005《优先数和优先数系的应用指南》

GB/T 19764—2005《优先数和优先数化整值系列的选用指南》

1.2.1 术语和定义

1.2.1.1 优先数系

优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ ，且项值中含有10的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号R5、R10、R20、R40和R80表示，称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列和R80系列。

优先数系的系列和理论公比，一般以 R_r 及 q_r ($q_r = \sqrt[r]{10}$)表示，其中 r 取5、10、20、40或80，是系列中1~10、10~100等各个十进段内项值的分级数。

1.2.1.2 优先数

优先数系中的任一个项值均为优先数。

优先数系因其公比 $\sqrt[r]{10}$ 为无理数，各项值的理论值也为无理数，根据项值取值的精确程度，可分为以下四种。

① 优先数的理论值 $(\sqrt[5]{10})^N$ 、 $(\sqrt[10]{10})^N$ 等理论等比数列的连续项值，其中 N 为任意整数。理论值一般是无理数，不便于实际使用。

② 优先数的计算值 优先数的计算值是对理论值取五位有效数字的近似值，计算值对理论值的相对误差小于1/20000。在作参数系列的精确计算时可用来代替理论值。

③ 优先数的常用值 优先数的常用值即通常所称的优先数。它是为了便于实际应用而对计算值进行适当圆整后统一规定的数值。

④ 优先数的化整值 优先数的化整值是对R5、R10、R20、R40和R80系列中的常用值作进一步圆整后所得的值，只在某些特殊情况下才允许采用。

1.2.1.3 优先数的序号

表明优先数排列次序的一个等差数列，它从优先数1.00的序号0开始计算。

1.2.2 系列的种类和代号

1.2.2.1 基本系列

R5、R10、R20和R40四个系列，是优先数系中的常用系列，称为基本系列（见表1-1）。各系列的公比为

$$R5 : q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.60$$

$$R10 : q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.2589 \approx 1.25$$

$$R20 : q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40 : q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.0593 \approx 1.06$$

表1-1中列出了1~10这个十进段内基本系列的项值，大于10和小于1的优先数，可按十进延伸方法求得。表中的序号 N 是优先数在R40系列中序号 N_{40} 的简写。

优先数系是一个在两个方向不受限制的无穷数列，但实际应用的只是其中的一小段，取值范围由实际需要确定。实际使用时，系列无限定范围可用R5、R10系列等代号表示；系列有限定范围，则应注明界限值。例如：

R10 (1.25, ...)——以1.25为下限的R10系列；

R20 (... , 45)——以45为上限的R20系列；

R40 (75, ..., 300)——以75为下限，300为上限的R40系列。

1.2.2.2 补充系列

R80系列称为补充系列（见表1-2），它的公比为： $q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.0292 \approx 1.03$ ，仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时，才可考虑采用。