



高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材



互换性与几何量测量技术

主编 张 帆 宋绪丁
主审 张仁杰



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

TG801/66

2007

高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材

互换性与几何量测量技术

主编 张 帆 宋绪丁

主审 张仁杰

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

本书按教学规律阐述了机器或机械零、部件的互换性和检测技术的基本知识,介绍了几种典型机械零件公差与配合的基本原理和方法以及国家标准在设计中的应用。全书共分 11 章,前 5 章阐述互换性的基本概念、测量技术基础、尺寸精度、形状和位置精度、表面粗糙度等机械零件公差与配合的基础知识;第 6~10 章阐述滚动轴承、圆锥配合、键和花键、螺纹结合以及圆柱齿轮等典型零件的精度设计基础知识;第 11 章主要阐述长度尺寸链的基本概念及计算。书中各章附有相关习题,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书内容新颖,按照 2006 年底颁布的国家标准编写。

本书适用于高等工科院校、职工大学机械类和近机械类各专业的“互换性与技术测量”课程教学,也可供从事机械设计、制造、标准化和计量测试等工作的各类工程技术人员参考使用。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与几何量测量技术/张帆,宋绪丁主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2007. 11

高等学校机械设计制造及自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1851 - 7

I. 互… II. ① 张… ② 宋… 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. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 082244 号

策 划 马乐惠

责任编辑 许青青 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24.5

字 数 578 千字

印 数 1~4000 册

定 价 30.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1851 - 7/TH · 0074

XDUP 2143001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦 力 王建中 巨永锋 孙 强 陈在平 李正明
吴 斌 杨马英 张九根 周玉国 党宏社 高 嵩
秦付军 席爱民 穆向阳

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉 李荣正 余健明
段晨东 郝润科 谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋 刘晓婷 朱建公 朱若燕 何法江 李鹏飞
麦云飞 汪传生 张功学 张永康 胡小平 赵玉刚
柴国钟 原思聪 黄惟公 赫东锋 谭继文

项目策划：马乐惠

划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

“互换性与几何量测量技术”是高等院校机械类、仪器仪表类和机电类各专业必修的主干技术基础课程之一，也是一门与机械工业发展紧密联系的基础学科。本课程不仅将标准化领域的有关部分结合在一起，而且涉及机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等许多方面。

本教材是根据国家教育部“关于组织实施《面向 21 世纪高等工程教学内容的课程体系改革计划》的通知”，结合编者多年的教学实践经验以及对课程建设和改革的探索编写而成的。

本教材具有以下特点：

(1) 在内容上重视基础知识的讲述，力求反映国内外的最新科研成果，严格遵循最新的国家标准和国际标准，尽量做到少而精，便于教学和学生自学。

(2) 为了加强对学生综合设计能力的培养，本教材突出了基本知识和基本理论的系统性、实用性和科学性，注重基本理论与生产设计、制造、检验等实践活动的有机结合，使学生在打好坚实的理论基础的同时，提高解决实际问题的能力。

(3) 本教材全部采用 2006 年底前颁布的国家标准，同时注重国际标准(ISO)与国家标准(GB)的对比，以使學生逐渐适应我国加入 WTO 后对机械制造业的新要求。

本教材在编写过程中得到了长安大学教务处、教材供应中心、工程机械学院的大力支持，在此一并致谢！

由于编者水平有限，书中难免会有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 本课程的研究对象、任务及基本特点	1
1.1.1 本课程的研究对象	1
1.1.2 本课程的任务	2
1.1.3 本课程的基本特点	2
1.2 互换性	3
1.2.1 互换性的概念	3
1.2.2 互换性的分类	4
1.2.3 互换性的作用	5
1.2.4 互换性的实现	6
1.3 标准化与优先数系	6
1.3.1 标准	6
1.3.2 标准化	8
1.3.3 优先数系和优先数	9
1.4 极限与配合标准以及检测技术的发展	12
1.4.1 极限与配合标准的发展概况	12
1.4.2 检测技术的发展概况	13
习题 1	14
第 2 章 测量技术基础	15
2.1 概述	15
2.2 基准与量值传递	15
2.3 计量器具和测量方法	17
2.3.1 计量器具和测量方法的分类	17
2.3.2 计量器具和测量方法的常用术语	18
2.4 测量误差和数据处理	19
2.4.1 测量误差的基本概念	19
2.4.2 测量误差的来源	20
2.4.3 测量误差的分类和特性	21
2.4.4 测量精度	24
2.5 等精度测量列的数据处理	25
2.5.1 系统误差、随机误差和粗大误差的处理	25
2.5.2 测量列中综合误差的数据处理	28
2.6 计量器具的选择	32
2.6.1 计量器具的选择原则	32
2.6.2 光滑极限量规	32
2.6.3 光滑工件尺寸的检验	36
习题 2	41

第3章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	43
3.1 圆柱结合的使用要求	43
3.2 基本术语及定义	44
3.2.1 孔与轴的定义	44
3.2.2 有关尺寸的术语与定义	45
3.2.3 有关尺寸偏差与公差的术语和定义	46
3.2.4 有关配合的术语和定义	49
3.3 标准公差系列	54
3.3.1 标准公差因子	55
3.3.2 标准公差等级	56
3.3.3 尺寸分段	57
3.4 基本偏差系列	59
3.4.1 基本偏差代号及其特点	59
3.4.2 孔和轴的基本偏差	61
3.4.3 极限与配合的表示及其应用举例	65
3.5 圆柱结合的尺寸精度设计	69
3.5.1 极限与配合标准的适用条件	69
3.5.2 配合制的选用	70
3.5.3 标准公差等级的选用	71
3.5.4 配合的选用	73
3.5.5 线性尺寸的未注公差的选用	86
3.6 尺寸精度的检测	88
3.6.1 用通用计量器具测量	88
3.6.2 用光滑极限量规检验	95
习题3	99
第4章 形状和位置公差与检测	103
4.1 概述	103
4.1.1 零件的形位误差及其对零件使用性能的影响	103
4.1.2 形位公差的研究对象	104
4.1.3 形位公差的项目和符号	106
4.2 形位公差在图样上的表示方法	107
4.2.1 形位公差框格和基准代号	107
4.2.2 被测要素的标注方法	109
4.2.3 基准要素的标注方法	111
4.2.4 特殊表示方法	114
4.3 形位公差带	116
4.3.1 形位公差的含义和形位公差带的特征	116
4.3.2 形状公差带	118
4.3.3 轮廓度公差带	120
4.3.4 基准	121
4.3.5 定向公差带	123
4.3.6 定位公差带	128
4.3.7 跳动公差带	133

4.4 公差原则与公差要求	136
4.4.1 有关公差原则的术语及定义	137
4.4.2 独立原则	141
4.4.3 包容要求	142
4.4.4 最大实体要求	145
4.4.5 最小实体要求	153
4.4.6 可逆要求	159
4.5 形位公差的选择	163
4.5.1 形位公差特征项目的选用	163
4.5.2 公差原则和公差要求的选择	166
4.5.3 基准要素的选用	167
4.5.4 形位公差值的选择	170
4.5.5 形位公差选用和标注的实例	176
4.6 形位误差及其检测	178
4.6.1 形状误差的评定	178
4.6.2 位置误差的评定	191
4.6.3 形位误差的检测原则	199
习题 4	201
第 5 章 表面粗糙度	209
5.1 表面粗糙度的基本概念	209
5.1.1 表面粗糙度的定义	209
5.1.2 表面粗糙度对机械零件使用性能的影响	209
5.2 表面粗糙度的评定	211
5.2.1 基本术语	211
5.2.2 评定参数	213
5.3 表面粗糙度的参数值及其选用	215
5.3.1 表面粗糙度的参数值	215
5.3.2 表面粗糙度的选用	216
5.4 表面粗糙度的符号和代号及其注法	222
5.4.1 表面粗糙度的符号	222
5.4.2 表面粗糙度的代号及其注法	222
5.4.3 表面粗糙度的图样标注	225
5.5 表面粗糙度的检测	226
习题 5	230
第 6 章 滚动轴承与孔、轴配合的互换性	232
6.1 滚动轴承的组成、分类及代号	232
6.2 滚动轴承的公差等级及其应用	236
6.2.1 滚动轴承的公差等级	236
6.2.2 滚动轴承的应用	239
6.3 滚动轴承内径与外径的公差带及其特点	239
6.3.1 滚动轴承内径和外径公差的规定(GB/T 307.1—94)	239
6.3.2 滚动轴承平均直径公差带的特点	241
6.4 滚动轴承与孔、轴结合时配合的选用	243

6.4.1 滚动轴承与轴颈、外壳孔配合的选用依据	243
6.4.2 轴颈和外壳孔几何精度的确定	246
习题 6	252
第 7 章 圆锥配合的互换性与检测	254
7.1 概述	254
7.1.1 圆锥配合的特点	254
7.1.2 圆锥配合的种类	254
7.1.3 常用术语及定义	255
7.1.4 锥度与锥角系列	255
7.2 圆锥公差	258
7.2.1 有关圆锥公差的术语及定义	258
7.2.2 圆锥公差值和给定方法	260
7.3 圆锥配合	263
7.3.1 圆锥配合的特征	263
7.3.2 有关圆锥配合的术语及定义	264
7.3.3 圆锥配合的确定	266
7.4 锥度的测量	268
习题 7	271
第 8 章 键和花键的互换性与检测	272
8.1 概述	272
8.1.1 键联结的用途	272
8.1.2 键联结的分类	272
8.2 平键联结的互换性	273
8.2.1 普通平键联结的结构和几何参数	273
8.2.2 普通平键的公差与配合	274
8.3 矩形花键联结的互换性	276
8.3.1 矩形花键的几何参数和定心方式	277
8.3.2 矩形花键联结的公差与配合	278
8.4 键和花键的检测	281
8.4.1 单键的检测	281
8.4.2 花键的检测	282
习题 8	283
第 9 章 螺纹结合的互换性与检测	284
9.1 螺纹结合的基本概念	284
9.1.1 螺纹的种类	284
9.1.2 螺纹结合的使用要求	284
9.1.3 普通螺纹的基本牙型及主要参数	285
9.2 影响螺纹互换性的因素	289
9.2.1 中径偏差的影响	289
9.2.2 螺距偏差的影响	290
9.2.3 牙侧角偏差的影响	291
9.2.4 螺纹作用中径和螺纹中径合格性的判断原则	293

9.3 普通螺纹公差	294
9.3.1 普通螺纹公差带	295
9.3.2 螺纹的旋合长度与公差精度等级	297
9.3.3 保证配合性质的其他技术要求	298
9.3.4 螺纹公差与配合的选用	298
9.3.5 螺纹的标记	299
9.4 普通螺纹精度的检测	301
9.4.1 单项测量	301
9.4.2 综合检验	302
习题 9	303
第 10 章 渐开线圆柱齿轮传动的互换性与检测	305
10.1 齿轮传动的使用要求	305
10.2 影响渐开线圆柱齿轮传动质量的因素	307
10.2.1 影响传递运动准确性的因素	307
10.2.2 影响齿轮传动平稳性的因素	310
10.2.3 影响载荷分布均匀性的因素	312
10.2.4 影响齿轮副侧隙的因素	313
10.3 评定齿轮精度的偏差项目及齿轮侧隙参数	314
10.3.1 评定齿轮精度的必检偏差项目及齿轮侧隙参数	314
10.3.2 评定齿轮精度的可选用偏差项目	320
10.4 渐开线圆柱齿轮的精度标准	325
10.4.1 精度等级	325
10.4.2 齿轮各项偏差的计算公式及允许值(公差)	326
10.4.3 齿轮精度等级在图样上的标注	329
10.5 圆柱齿轮公差的选用	330
10.5.1 齿轮精度等级的选用	330
10.5.2 最小侧隙和齿厚偏差的确定	332
10.5.3 齿轮偏差项目的确定	335
10.5.4 齿轮副和齿轮坯公差的确定	336
10.5.5 齿轮公差选用示例	341
10.6 齿轮精度检测	345
10.6.1 齿轮径向跳动的测量	345
10.6.2 齿距的测量	345
10.6.3 齿廓偏差的测量	347
10.6.4 齿向和螺旋线偏差的测量	348
10.6.5 公法线长度的测量	349
10.6.6 齿厚的测量	349
10.6.7 单面啮合综合测量	350
10.6.8 双面啮合综合测量	351
习题 10	351
第 11 章 尺寸链基础	353
11.1 尺寸链的基本概念	353
11.1.1 尺寸链的定义	353

11.1.2 尺寸链的构成	353
11.1.3 尺寸链的特征	355
11.1.4 尺寸链的种类	356
11.1.5 尺寸链图	357
11.1.6 尺寸链的作用	358
11.2 尺寸链的解算	359
11.2.1 极值法解尺寸链	359
11.2.2 概率法解尺寸链	367
11.2.3 尺寸链的其他解法	375
习题 11	377
参考文献	379

第1章 绪 论

1.1 本课程的研究对象、任务及基本特点

1.1.1 本课程的研究对象

“互换性与几何量测量技术”是机械工程一级学科各专业的一门主干技术基础课，它将“机械设计和制造工艺”系列课程紧密地联系起来，成为架设在技术基础课、专业课和实践教学课之间的桥梁。本课程的主要研究对象是如何进行几何参数的精度设计，即如何通过有关的国家标准，合理解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾，以及如何运用质量控制方法和测量技术手段，保证有关的国家标准的贯彻执行，以确保产品质量。精度设计是从事产品设计、制造、测量等工作的工程技术人员所必须具备的能力。

本课程是从“精度”与“误差”两个方面来分析研究机械零件及机构的几何参数的。设计任何一台机器，都要进行机械的运动设计、结构设计和精度设计。所谓运动设计，也称为系统设计，是指机器的总体设计和部件设计，它要满足机器运动学方面的要求，如机构、机器的轨迹、速度或加速度等。结构设计也称为参数设计，是指机械的零件设计，它要满足机器或部件中零件强度、刚度方面的要求，如构件的长度或截面积、零件的直径和寿命等。精度设计主要是指保证机器或部件工作时的精度方面的要求，使产品功能与经济效益能产生好的综合效应。

机械精度设计包括总体精度设计和具体结构精度设计。前者主要是指机器或机构的主要参数其精度的确定以及相应各部件的精度要求；后者指部件精度设计计算和零件精度设计计算。本课程侧重于具体结构精度设计，其中，最主要讲述的是机械零件精度设计。

在机械工程中，人们常常要将转动变为直线运动，或者将直线运动转变为转动。例如，冲压机将电动机的转动变为冲压运动的直线运动，而内燃机却将燃油爆炸产生的直线运动变为转动。

在运动设计中，要实现这一功能可以采用很多机构，其中曲柄滑块机构最为普遍，如图1-1所示。根据运动学方面的知识，我们可以求出曲柄滑块机构的各构件的长度和运动学方程。例如，活塞的运动行程 $X_c = r \cos \varphi +$

$\sqrt{L^2 - r^2 \sin^2 \varphi}$ ，其中， r 为曲柄长度， L 为连杆长度， φ 是曲柄与运动直线间的夹角。根据这个运动学方程，亦可求出活塞的速度和加速度。

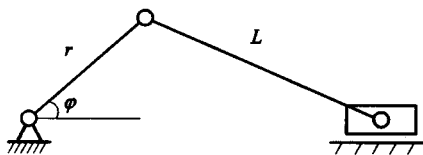


图1-1 曲柄滑块机构

在结构设计中,要保证曲柄连杆机构的每一个零件的强度和刚度要求,即求出各个零件的截面积或直径。这里以活塞销为例,经过对活塞销的受力分析画出应力图,再经过强度计算可以求出活塞销的直径为 $\phi 8.78$ 。

精度设计阶段主要包括以下三个方面的内容:第一,确定活塞销的直径,使其满足国家标准的直径系列要求;第二,根据活塞销与连杆和活塞的关系,选用适当的间隙配合;第三,规定活塞销的尺寸精度、形状和位置精度、表面粗糙度。首先,按 GB 2822《标准尺寸》可将活塞销的尺寸圆整为 $\phi 10$ 。以活塞销与连杆的配合为例,应该取间隙配合,如果间隙取得大,则振动、噪声大,如果间隙取得小,则磨损大,取 $\phi 10 \text{ H6/h5}$ 较为合适。最后按国家标准确定活塞销的长度和直径的精度、零件圆柱面相对于两端面的位置精度、圆柱面本身的形状精度以及各个表面的表面粗糙度。

通过上述的例子可以看到几何量精度设计在机械设计过程中的位置。因此,本课程的研究对象是机械或仪器零、部件的几何参数的精度设计及检测原理。更具体地说,就是如何通过有关国家标准,合理解决产品使用要求与制造工艺之间的矛盾,以及如何运用质量控制方法和测量技术手段,保证有关国家标准的贯彻执行,以确保产品质量。几何参数精度设计是从事产品设计、制造、测量等工程技术人员所必须具备的能力。

1.1.2 本课程的任务

本课程旨在培养学生掌握产品精度设计和质量保证的基本理论、知识和技能,为进一步应用国家标准和控制产品质量奠定基础,其基本要求如下:

- (1) 掌握互换性和标准化的基本概念;
- (2) 掌握几何量精度设计的基本理论和方法;
- (3) 根据使用要求正确选用国家标准极限与配合;
- (4) 能读图,读懂图中每一个要素,同时能正确使用国家标准来标注图,并能标注好图样;
- (5) 掌握几种典型几何量的检测方法,并会使用常用的计量工具。

总之,本课程的任务是使学生掌握机械工程师必须掌握的机械精度设计和检测方面的基本知识和基本技能。此外,在后续课程中,例如机械零件设计、工艺设计、毕业设计中,学生都应正确、完整地把本课程的知识应用到工程实际中。

1.1.3 本课程的基本特点

本课程由几何量精度设计及检测两部分组成。前者属于标准化范畴,主要研究几何参数的精度设计;后者属于工程计量学范畴,主要研究几何量测量技术的基本原理、测量方法、测量误差及数据处理。此外,本课程从“精度”和“误差”的观点出发,研究零、部件几何参数的互换性。因此,本课程的特点是:概念性强,定义、术语多,涉及面广,符号、代号多,标准、规定多,实践性强,对具体工程存在标准原则和合理应用的矛盾等。尽管本课程概念很多,涉及面广,但各部分都围绕着以保证互换性为主的精度设计问题来介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等。因此,在学习时应注意及时总结归纳,找出它们之间的关系。学生要认真按时完成作业,认真做实验和写实验报告。几何量精度设计在课堂上完成,检测部分在实验中完成。

附：加工误差与公差

由于本课程主要介绍加工误差与公差，下面首先给出其基本概念。

任何一台机器的零件都是按一定的工艺过程通过加工而得到的。由于加工设备与工艺方法不完善，因此不可能做到使零件的尺寸和形状都绝对符合理想状态，设计参数与实际参数之间总是有误差的。为了保证零件的使用性能及制造的经济性，设计时必须合理地提出几何精度要求，即规定公差值，把加工误差限制在允许的范围内。

1) 加工误差

在加工过程中，始终存在着误差，这就是误差公理。加工工件时，必然会产生误差，只要误差的大小不影响机器的使用性能，是允许存在一定的误差的。加工误差分类如下：

(1) 尺寸误差：指加工后一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏差范围，如直径误差、长度误差等。当加工条件一定时，尺寸误差表征该加工方法的精度。例如，磨某一零件所得到的尺寸偏差正态分布曲线即表征该磨床的加工精度。

(2) 形状误差：指零件上几何要素的实际形状相对其理想形状的偏离量，如圆度误差、直线度误差等。它是从整个形体来看在形状方面存在的误差，故又称为宏观几何形状误差。

(3) 位置误差：指零件上几何要素的实际位置相对其理想位置的偏离量，如同轴度误差、垂直度误差等。

(4) 表面粗糙度：指加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何特性。其特点是具有微小的波形，故又称为微观几何形状误差。

(5) 表面波度：是指介于宏观和微观几何形状误差之间的一种表面形状误差。其特点是峰谷和间距要比表面粗糙度大得多，并且在零件表面呈周期性变化。通常认为波距在1~10 mm 范围内的表面形状误差属于表面波度。

上述各项误差统称为几何参数误差。

2) 公差

公差是指允许工件尺寸、几何形状和相互位置变动的范围，用来限制加工误差，即公差是用来控制误差的，以保证零件的使用性能。由于误差产生的原因及其对零件使用性能的影响不同，因此在精度设计时，规定公差的原则和方法也不同。公差来源于误差产生规律，反过来控制误差；误差则直接产生于生产实践中。只有一批零件的加工误差控制在产品性能所允许的变动范围内，才能使零、部件具有互换性。可见，公差是保证零、部件互换性的基本条件。

1.2 互 换 性

在进行机械零件几何精度设计的过程中，应遵循互换性原则、经济性原则、匹配性原则和最优化原则。

1.2.1 互换性的概念

关于互换性的实例，我们在日常生活和工作中经常遇到。例如自行车、手表、汽车和拖拉机等的零件坏了，可以迅速换上一个新的，并且在更换与装配后，能很好地满足使用

要求。之所以能这样方便,就是因为这些零件都具有互换性。

国家标准 GB 3935.1—83 对互换性是这样定义的:互换性是某一产品(包括零件、部件、构件)与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。由此可见,要使产品能够满足互换性的要求,不仅要使产品的几何参数(包括尺寸、宏观几何形状、微观几何形状)充分近似,而且要使产品的机械性能、理化性能以及其他功能参数充分近似。

在机械行业中,互换性的含义可阐述如下:机械制造中的互换性是指按规定的几何、物理及其他质量参数的公差来分别制造机器的各个组成部分,使其在装配与更换时不需辅助加工及修配便能很好地满足使用和生产上的要求。

显然,互换性应该同时具备三个条件:第一,不经选择;第二,不需辅助加工和修配;第三,满足规定的功能要求。

机械制造中要使零件具有互换性,不仅要求决定零件特性的技术参数的公称值相同,而且要求将其实际值的变动限制在一定范围内,以保证零件充分近似,即应按“公差”来制造。公差是允许的实际参数值的最大变动量。

当前,互换性原则已经成为组织现代化生产的一项重要技术经济原则。它已经在生产资料和生活资料的各部门被普遍、广泛地采用。

按西方人的观点,互换性的应用最早出现在美国南北战争时期。1798 年,美国开始进行互换性的研究,应用极限验规制造了枪。但是,俄国的应用似乎更早一些,1760 年,俄国土里斯基兵工厂应用互换性进行生产。1912 年,日本应用互换性进行生产。1931 年,我国沈阳兵工厂应用互换性进行生产。然而,早在中国的战国时代就开始应用互换性了。秦始皇兵马俑出土的弩机(扳机)和青铜铍、铜人、铜车马就是用互换性的方法生产出来的。

1.2.2 互换性的分类

1. 按参数特性或使用要求分类

按参数特性或使用要求分类,互换性可分为几何互换性和功能互换性。

1) 几何互换性

几何互换性是指按规定几何参数的公差来保证成品的理论几何参数与实际几何参数充分近似而达到的互换性。几何互换性为狭义互换性,即通常所讲的互换性,有时也局限于指保证零件尺寸配合要求的互换性。

2) 功能互换性

功能互换性是指按规定功能参数的公差所制造的产品达到的互换性。功能参数除包括几何参数外,还包括其他一些参数,如材料机械性能参数以及化学、光学、电学和流体力学等参数。功能互换性为广义互换性,往往着重于保证除尺寸配合要求以外的其他功能要求。例如,在内燃机中铝活塞环就不能代替铸铁活塞环。

2. 按零、部件互换性程度分类

按零、部件互换性程度分类,互换性可分为完全互换和不完全互换。

1) 完全互换

完全互换也称为绝对互换,即满足互换性条件的互换,是指同种零、部件加工好以后,不需经过任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上便具有彼此互相替换的性能。完全

互换性包括概率互换性(大数互换性),这种互换性以一定置信水平为依据(例如置信水平为95%、99%等),使同种的绝大多数零、部件加工好以后不需经任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上即具有彼此互相替换的性能。

2) 不完全互换

不完全互换也称为有限互换,是指同种零、部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上才具有彼此互相替换的性能。不完全互换性按实现方法的不同又可分为以下几种。

(1) 分组互换:是指同种零、部件加工好以后,在装配前要先进行检测分组,然后按组进行装配,仅仅同组的零、部件可以互换,组与组之间的零、部件不能互换。例如有些滚动轴承内、外圈滚道与滚动体的结合,活塞销与活塞销孔、连杆孔的结合,都是分组互换的。

(2) 调整互换:是指同种零、部件加工好以后,在装配时要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置方能满足功能要求。例如,燕尾导轨中的调整镶条在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求;圆锥齿轮在装配时,要调整两组调整垫片,以保证圆锥齿轮转动时,假想中的分度圆锥在作纯滚动。

(3) 修配互换:指同种零、部件加工之后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小方能满足功能上的要求。例如,普通车床尾座部件中的垫板在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头、尾顶尖中心的等高要求。

从使用要求出发,人们总希望零件都能完全互换,实际上大部分零件也能做到。但有些情形,如受限于加工零件的设备精度、经济效益等因素,要做到完全互换就显得比较困难或不够经济,这时就只有采用不完全互换方法了。

3. 按标准部件或机构分类

按标准部件或机构分类,互换性可分为外互换和内互换。

1) 外互换

外互换是指部件或机构与其外部配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承座孔的配合。

2) 内互换

内互换是指部件或机构内部组成零件的互换性。例如,滚动轴承内、外圈滚道直径与滚珠(滚柱)直径的装配。

为了使用方便,滚动轴承的外互换为完全互换;其内互换因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。

一般而言,不完全互换只限于部件或机构制造厂内部的装配。至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

采用完全互换、不完全互换或者修配,要由产品精度要求与复杂程度、产量大小、生产设备和技术水平等一系列因素决定。

1.2.3 互换性的作用

广义来讲,互换性已经成为国民经济各个部门生产建设中必须遵循的一项原则。现代机械制造中,无论大量生产还是单件生产,都应遵循这一原则。任何机械的生产,其设计过程都是从整机到部件再到零件。无论设计过程还是制造过程,都要把互换性的原则贯彻

始终。

从使用方面来看,若零件具有互换性,则在其磨损或损坏后,可用另一新的备件代替。例如,汽车和拖拉机的活塞、活塞销、活塞环等就应有这样的备件。由于备件具有互换性,因而不仅维修方便,而且使机器的维修时间和费用显著减少,可保证机器工作的连续性和持久性,从而显著提高了机器的使用价值。例如,在发电厂要迅速排除发电设备的故障,继续供电;在战场上要立即排除武器装备的故障,继续战斗。在这些场合保证零、部件的互换性是绝对必要的,而且互换性所起的作用也很难用价值来衡量。

从制造方面来看,按互换性原则组织生产是提高生产水平和进行文明生产的有效途径。装配前,由于零、部件具有互换性,不需辅助加工和修配,因此能减轻装配工的劳动量,缩短装配周期,并且可以使装配工作按流水作业方式进行,甚至进行自动装配,从而使装配生产率大大提高。在加工过程中,由于零件各几何参数都规定了公差,因此同一部机器上的各个零件可以同时分别加工。用得极多的标准件还可由专门车间或工厂单独生产。这些标准件产品单一,数量多,分工细,可采用高效率的专用设备甚至采用计算机辅助加工。这样,产量和质量必然会得到提高,成本也会显著降低。

从设计来讲,由于采用的是按互换性原则设计和生产的标准零件和部件,因此可简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,并且便于用计算机进行辅助设计。这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改进都有重大作用。

随着科学技术的发展,现代制造业已由传统的生产方式发展到利用数控技术(NC, CNC)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助制造工艺(CAPP)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等进行现代化生产。这些先进制造技术无一不对互换性提出了严格的要求,也无一不遵循互换性原则。所以,互换性是现在和今后生产中不可缺少的生产原则和有效的技术措施。

1.2.4 互换性的实现

在制造业实现互换性,就要严格按照统一的标准进行设计、制造、装配、检验等。因为现代制造业分工细,生产规模大,协作工厂多,互换性要求高,因此必须严格按标准协调各个生产环节,才能使分散、局部生产部门和生产环节保持技术统一,使之成为一个有机的生产系统,以实现互换性生产。

1.3 标准化与优先数系

1.3.1 标准

标准是指根据科学技术和生产经验的综合成果,在充分协商的基础上,对技术、经济和具有相关特征的重复性事物由主管机构批准,以特定形式颁布统一的规定,作为共同遵守的准则和依据。

标准也可以说是对重复性事物或概念所做的统一规定。例如,对纸而言,有8开、16开、32开;对图纸而言,有A0、A1、A2、A3、A4、A5。又如,对机械制图投影象限的选择,中国取第一象限,日本取第三象限,英国取第一和第三象限。这都是大家公认的标准。