



高职高专**机械设计与制造**专业规划教材

公差配合与技术测量

主 编 金 莹

副主编 张娟荣

程联社 徐家忠



赠送
电子课件

本书特色

- ✿ 结构严谨，图文并茂，实用性强
- ✿ 融“教、学、做”为一体，工学结合
- ✿ 理论知识详简得当，配备大量实例习题，易于掌握
- ✿ 以项目为导向，以任务为驱动，培养学生的职业技能为主线

清华大学出版社

高职高专机械设计与制造专业规划教材

公差配合与技术测量

主 编 金 莹

副主编 张娟荣 程联社 徐家忠

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书按项目教学法、任务引领思路进行编写,注重培养学生分析问题、解决问题的能力,强调职业技能实际应用能力的培养。全书共分5个项目,内容包括:认识公差与测量、光滑圆柱公差配合及其检测、形位公差及其检测、表面粗糙度及其检测、常用典型结合的公差及其检测。项目下设有工作任务,并根据任务特点配有一定的练习题,以加强应用理论知识解决实际问题能力的训练。另外,书中附有必要的、数据、图表以供查阅。

本书可作为高职高专院校机械类各专业教学用书,也可供机械行业工程技术人员及计量、检验人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量/金莹主编. —北京:清华大学出版社, 2014

(高职高专机械设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-37145-8

I. ①公… II. ①金… III. ①公差—配合—高等职业教育—教材 ②技术测量—高等职业教育—教材
IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 148325 号

责任编辑:秦 甲

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.5 字 数:374 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版 印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:059065-01

前言

“公差配合与技术测量”是高等职业院校机械类各专业重要的技术基础课，是联“系机械设计”和“机械制造技术”等课程的桥梁和纽带，其相关内容涉及机械工程技术人员和管理人员必备的基本知识和技能。

为了适应高职高专职业教育的发展趋势，按照高等职业教学要求，结合高职教育人才培养模式、课程体系和教学内容等相关改革的要求，培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质高技能专门人才，我们编写了本书。本书由从事高等职业教育教学工作多年、具有丰富教学经验的教师编写而成。在编写过程中力求做到突出高职特色，本着强调基础、注重能力、突出应用、力求创新的总体思路，优化整合课程内容，删去不必要的内容。全书共分 5 个项目，内容包括：认识公差与测量、光滑圆柱公差配合及其检测、形位公差及其检测、表面粗糙度及其检测、常用典型结合的公差及其检测。

本书在编写过程中突出了以下特点。

- (1) 采用项目教学与创新思维方式相结合，突出项目化。
- (2) 降低学习起点，理论以够用为度，突出实践性。增强知识的可用性和实用性，加强动手能力及思维能力的培养及训练。
- (3) 全部采用 2009 年颁布的最新国家标准，在叙述基本概念的基础上，重点强调标准的应用能力。
- (4) 为了便于自学和提高应用能力，书中为每个任务都配置了一定数量的练习题，以加强运用理论知识解决实际问题能力的训练。

本书由咸阳职业技术学院金莹任主编并负责统稿，咸阳职业技术学院张娟荣、程联社、徐家忠任副主编。具体编写分工如下：项目一由张娟荣编写；项目二、五由金莹编写；项目三由杨凌职业技术学院程联社编写；项目四由陕西国防工业职业技术学院徐家忠编写。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

项目 1 认识公差与测量	1
任务 1.1 认识互换性、公差及标准化	1
任务提出	1
任务分析	2
知识准备	2
1.1.1 互换性	2
1.1.2 标准与标准化的概念	4
1.1.3 优先数和优先数系	5
1.1.4 零件的加工误差与公差	7
任务实施	7
练习与实践	8
任务 1.2 技术测量与检验	9
任务提出	9
任务分析	9
知识准备	9
1.2.1 概述	9
1.2.2 计量单位和标准器具	10
1.2.3 计量器具、度量指标及 测量方法	14
1.2.4 测量误差与数据处理	17
1.2.5 常用量具及使用方法	24
1.2.6 计量中应用的新技术	29
任务实施	35
练习与实践	37
项目 2 光滑圆柱公差配合及其检测	40
任务 2.1 孔、轴的尺寸测量及公差与 配合	40
任务提出	40
任务分析	41
知识准备	41
2.1.1 极限与配合的基本术语 及定义	41
2.1.2 公差与配合的国家 标准	48
2.1.3 公差带与配合的选用	60
任务实施	69
练习与实践	71
任务 2.2 光滑工件尺寸的检验	75
任务提出	75
任务分析	75
知识准备	76
2.2.1 工件验收原则、安全 裕度与尺寸验收极限	76
2.2.2 计量器具的选择	78
2.2.3 光滑极限量规	80
任务实施	85
练习与实践	89
项目 3 形位公差及其检测	91
任务 3.1 形位公差	91
任务提出	91
任务分析	92
知识准备	92
3.1.1 形位公差的基本知识	92
3.1.2 公差的原则及选用	106
任务实施	126
练习与实践	127
任务 3.2 形位公差的检测	131
任务提出	131
任务分析	131
知识准备	131
3.2.1 形状误差的评定	131
3.2.2 位置误差的评定	133
3.2.3 形位误差的检测原则	134
任务实施	137
练习与实践	137

目 录

项目 4 表面粗糙度及其检测 139

任务 4.1 表面粗糙度 139

任务提出 139

任务分析 139

知识准备 140

4.1.1 表面粗糙度概述 140

4.1.2 表面粗糙度的评定 141

4.1.3 表面粗糙度评定参数的
选择及其标注 144

任务实施 150

练习与实践 150

任务 4.2 表面粗糙度的检测 153

任务提出 153

任务分析 153

知识准备 153

4.2.1 表面粗糙度常用的检测
方法 153

4.2.2 表面粗糙度的检测
程序 157

任务实施 157

练习与实践 159

项目 5 常用典型结合的公差及其 检测 160

任务 5.1 滚动轴承的公差配合与检测 160

任务提出 160

任务分析 161

知识准备 161

5.1.1 滚动轴承的精度等级及
应用 161

5.1.2 滚动轴承公差及其
特点 162

5.1.3 滚动轴承与轴及外壳孔
的配合 165

任务实施 172

练习与实践 173

任务 5.2 螺纹的公差配合与测量 175

任务提出 175

任务分析 175

知识准备 175

5.2.1 螺纹及几何参数特性 175

5.2.2 普通螺纹公差与配合 185

5.2.3 螺纹的检测 190

任务实施 193

练习与实践 195

任务 5.3 键的公差配合及检测 197

任务提出 197

任务分析 197

知识准备 198

5.3.1 平键连接 198

5.3.2 矩形花键连接 200

5.3.3 平键和矩形花键的
检测 204

任务实施 205

练习与实践 206

任务 5.4 圆柱齿轮公差与检测 207

任务提出 207

任务分析 207

知识准备 207

5.4.1 齿轮传动使用要求和
齿轮加工工艺误差 207

5.4.2 圆柱齿轮误差项目及其
检测 211

5.4.3 齿轮副的误差项目及其
检测 221

5.4.4 渐开线圆柱齿轮精度
标准及其标注 225

任务实施 235

练习与实践 239

参考文献 239

项目 1 认识公差与测量

学习目标

- 了解互换性生产的特征和意义。
- 掌握几何量的误差和公差的概念及其相互之间的关系。
- 了解标准及标准化的含义。
- 了解优先数系的特点及其应用意义。
- 掌握互换性的概念、互换性的类型及互换性在设计、制造、使用和维修等方面的重要作用。
- 掌握测量的基础概念和测量方法的分类。
- 了解常用计量器具的分类及用途。
- 掌握使用游标卡尺和外径百分表对零件的实际尺寸进行测量的方法。

任务 1.1 认识互换性、公差及标准化

任务提出

当我们去工厂的装配车间时，仔细观察就会发现，工人师傅在装配时，对同一规格的一批零件或部件，不经任何挑选、调整或辅助加工，任取其一进行装配就能满足机械产品的设计使用性能要求。我们会问，这是为什么？自行车及配件如图 1-1 所示，试对该自行车的高效制造、使用与维修如何实现互换性原则进行概括阐述。



图 1-1 自行车及配件

另外，现代制造业的特点是规模大(产品批量大和零部件品种多)、分工细、协作单位多、零件互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接，必须有一种手段，使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一，成为一个有机的整体，以实现互换性生产。怎样要求互换性产品的技术参数规范、简化，并具有权威的标准？

任务分析

自行车是我们日常生活中极其常见的一种交通工具，也是传动式机械，它的传动装置包括主动齿轮、被动齿轮、链条及变速器等。齿轮比与传动比决定着自行车的使用效率。通过脚踩脚踏板驱动中间圆盘的轴，在链条传动下的飞轮带动后轮转动，驱动前轮前进。

自行车由 25 个部件和 150 多种零件装配而成，其中标准零部件有轴承、链轮、键、弹簧、螺丝、螺帽、密封圈、垫片等，非标准件有前轴、后轴、车架、前叉、车把、鞍座等。在这些零部件中，轴承是由专业化的轴承厂制造，键、弹簧、螺丝、螺帽、密封圈、垫片等由专业化的标准件厂生产，非标准件一般由各机器制造厂加工。

最后要求各个合格零部件在装配车间或装配生产线上，不需要选择、修配即可装配成满足预定使用功能的自行车。当自行车使用一定周期后会出现零部件(如轴承、键、链轮、链条等)损坏现象，要求迅速更换、修复且满足使用功能，即遵循互换性原则。

现代制造业的特点是规模大、分工细、协作单位多、零件互换性要求高，必须有一种手段使生产部门统一起来，标准化正是满足这种需要的主要手段和途径。

知识准备

1.1.1 互换性

1. 互换性的概念

在机械和仪器制造工艺中，互换性是指同一规格的零件或部件，不需做任何挑选、调整或修配，就能装到机器上去，并符合规定的设计性能要求，满足机器的正常使用。

能够保证产品具有互换性的生产，就称为遵循互换性原则的生产。互换性原则已经成为组织现代化生产的一项极其重要的技术经济原则，它已广泛地应用在现代化大批量的生产中，并且能取得巨大的社会效益。从灯泡、电动车、汽车到电视机、计算机，以及各种军工产品的生产，都按照互换性的原则进行生产。

2. 互换性的分类

从广义上讲，零部件的互换性通常包括几何参数(如尺寸)、机械性能(如硬度、强度)以及理化性能(如化学成分)等方面。本书仅讨论几何参数的互换性。几何参数互换是指零件的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性。

互换性按其互换程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。

1) 完全互换

完全互换是指一批零部件装配前无须选择，装配时也无须修配与调整，装配后可直接使用。螺母、螺栓、滚动轴承、圆柱销等标准件的装配大都属此类情况。

2) 不完全互换

不完全互换则允许零部件在装配前进行预先分组或在装配时采取调整等措施。对于不完全互换性，可以采用分组装配法、调整法或其他方法。当装配精度要求很高时，若采用

完全互换法生产,将使零件的生产公差很小,造成零件加工困难,成本很高。此时可采用不完全互换法进行生产,将其制造公差适当放大,以便于加工。在完工后,测量零件实际尺寸,按大小分组后按组进行装配。此时,仅是同组内零件可以互换,组与组之间零件不可互换,因此,也叫分组装配法。若在装配时允许用补充机械加工或钳工修刮办法来获得所需的精度,称为修配法。用移动或更换某些零件以改变其位置和尺寸的办法来达到所需的精度,称为调整法。

一般大量生产和成批生产,如在汽车、拖拉机的装配生产中大都采用完全互换法生产。不完全互换法只限于部件或机构在制造厂内装配时使用。精度要求很高的生产,如轴承工业,常采用分组装配法,即不完全互换法生产。小批和单件生产,如矿山、冶金等重型机器,也常采用不完全互换法生产。因为在这种情况下,完全互换会导致加工困难或制造成本过高。为此,生产中往往把零部件的精度适当降低,以便于制造;然后再根据实测尺寸的大小,将制成的相配零部件各分成若干组,使每组内尺寸差别比较小;最后再把相应的零部件进行装配。这样既解决了零部件的加工困难,又保证了装配的精度要求。这就是应用了不完全互换法中的调整法。

一般来说,使用要求与制造水平、经济效益没有矛盾时,采用完全互换;反之,采用不完全互换。不完全互换常用在零部件制造厂内部,而厂外协作则往往要采用完全互换。究竟采用哪种方式为宜,要由产品精度、产品复杂程度、生产规模、设备条件及技术水平等一系列因素决定。

3. 互换性的作用

互换性原则被广泛采用,因为它不仅仅对生产过程发生影响,而且还涉及产品的设计、使用、维修等各个方面。

从设计上看,按互换性原则进行设计,就可以最大限度地采用标准件、通用件,大大减少计算、绘图等设计工作量,缩短设计周期,并有利于产品品种的系列化和多样化,有利于计算机辅助设计(CAD)。

从制造上看,零部件具有互换性,就可以采用“分散加工、集中装配”的生产方式。这样有利于引进专业化生产,使零部件成本降低,实现生产、装配方式的机械化和自动化,减轻工人的劳动强度,缩短生产周期,从而保证产品质量,提高劳动生产率和经济效益。

从装配上看,互换性有利于装配过程的机械化、自动化,可实现高效益的装配,即流水线和自动线的装配。

从维护上看,当机器的零部件突然损坏或需要按计划定期更换时,便可在最短时间内用备件加以替换,从而提高了机器的利用率,延长了机器的使用寿命,大大提高了经济效益。

从管理上看,因为互换性有利于系列化、标准化的设计制造,可大量采用标准件和通用件,因此可使得生产管理和仓库管理方便、简化。

综上所述,互换性对提高劳动生产率、保证产品质量、增加经济效率都具有重大的意义。它不仅适用于大批量生产,即使是单件小批生产,为了快速组织生产及经济性,也常常采用已经标准化了的零部件。因此,互换性原则是组织现代化生产的极其重要的技术经济原则。

1.1.2 标准与标准化的概念

现代化生产的特点是规模大、品种多、分工细和协作广，为使社会生产高效率地运行，必须通过标准化使产品的品种规格简化，使各分散的生产环节相互协调和统一。几何量的公差与检测也应纳入标准化的轨道。标准化是实现互换性的前提。

1. 标准

1) 标准的含义

标准是指为了在一定范围内获得最佳秩序，经协商一致指定并由公认机构批准，共同使用和重复使用的一种规范性文件。标准是以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的而制定的。它通过一段时间的执行，要根据实际使用情况，不断进行修订和更新。

2) 标准的分类

标准的范围极其广泛，种类繁多，涉及人类生产、生活的各个领域。本书中研究的公差标准、检测标准，大多属于国家基础标准。

按性质不同，标准分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类。

按适用程度不同，标准分为基础标准和一般标准两类。机械制图、公差与配合、表面粗糙度、术语、符号、计量单位、优先数系等标准，都属于基础标准。基础标准是产品设计和制造中必须采用的技术数据和语言。

按法律属性不同，标准分为强制性标准和推荐性标准两类。涉及人身安全、健康、卫生及环境保护等的标准属于强制性标准，其代号为“GB”。强制性标准颁布后，必须严格执行。其余标准属于推荐性标准，其代号为“GB/T”。

按制定的范围不同，标准分为国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企业标准五个级别。在国际上，有国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)，它们负责制定和颁布国际标准，促进国际技术统一和交流，代表了国际上先进的科技水平。我国于1978年恢复ISO组织成员资格。在全国范围内统一制定的标准称为国家标准，其代号为“GB”。在全国同一行业内制定的标准称为行业标准，各行业都有自己的行业标准代号，如机械标准的代号为“JB”等。地方标准是在某一地域范围内需统一的技术要求，其代号为“DB”。在企业内部制定的标准称为企业标准，其代号为“QB”。

2. 标准化

1) 标准化的含义

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中，对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准，达到统一，以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程。标准化是一个动态过程，它包括制定、贯彻和修改标准，而且是循环往复、不断提高的过程。

标准化是组织现代化生产的重要手段，是实现互换性的必要前提。标准化既是一项技术基础工作，也是一项重要的经济技术政策，它在工业生产和经济建设中起到重要作用，也是国家现代化水平的重要标志之一。

2) 互换性的标准化

互换性标准的建立和发展是随着制造业的发展而逐步完善的。图1-2反映出了互换性

的标准化历程。

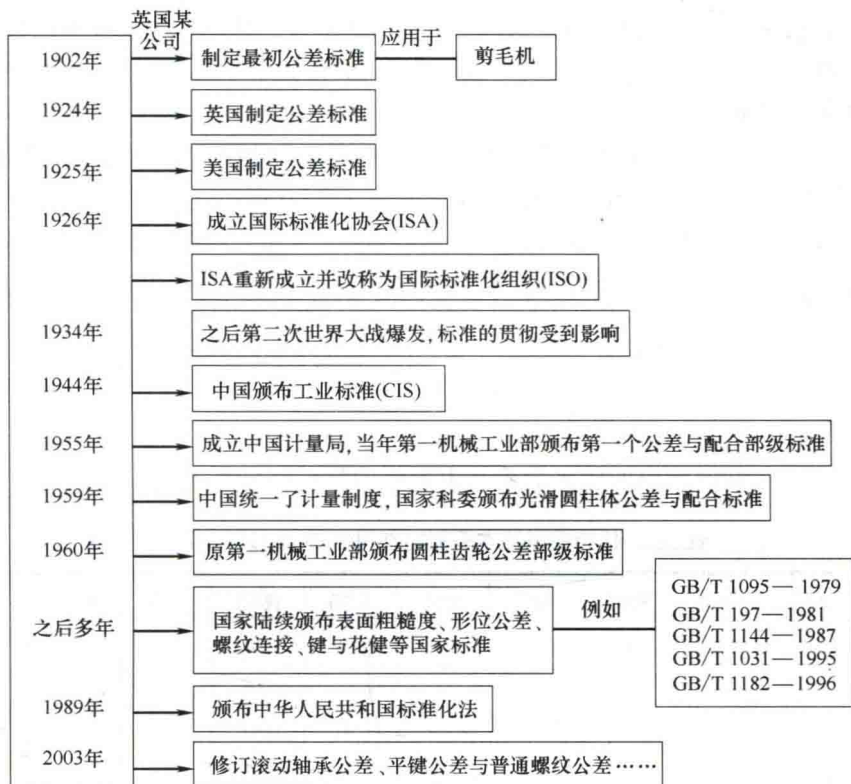


图 1-2 互换性的标准化历程

1.1.3 优先数和优先数系

在制定工业标准的表格以及在进行产品设计时，都会遇到选择数值系列的问题。为了满足不同要求，同一品种的某一参数，从大到小取不同值时(形成不同规格的产品系列)，应该采用一种科学的数值分级制度。人们由此总结了一种科学的、统一的数值标准，即为优先数和优先数系。优先数系中的任一个数值均称为优先数，优先数应适应工程数据的变化特点需要，如具备两倍和十倍关系等。《优先数和优先数系》国家标准(GB/T 321—2005)就是其中最重要的一个标准，要求工业产品设计中尽可能采用它。

优先数系是国际上统一的数值分级制度，是一种无量纲的分级数系，适用于各种量值的分级。在确定产品的参数或参数系列时，应最大限度地采用优先数和优先数系。如机床主轴转速的分级间距、钻头直径尺寸的分类等均符合某一优先数系。

产品(或零件)的主要参数(或主要尺寸)按优先数形成系列，可使产品(或零件)走上系列化，便于分析参数间的关系，减少设计计算的工作量。

优先数的主要优点是：相邻两项的相对差均匀，疏密适中，运算方便，简单易记；在同系列中，优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此，优先数系得到了广泛应用。

优先数系是在几何级数基础上形成的，但其公比值仍可以是各种各样的。那么，如何确定公比值呢？由生产实践可知，十进制和二进制的几何级数最能满足工程要求。

工程上各种技术参数的简化、协调和统一是标准化的一项重要内容。优先数系由一些

十进制等比数列构成, 其代号为 R_m , R 是优先数系创始人法国人雷诺(Renard)姓氏的第一个字母, m 代表 5、10、20、40、80 等项数。除 5 外, 其他四种都含有倍数系列。5 是为了满足分级更稀的需要而推荐的。5、10、20、40 作为基本系列, 80 作为补充系列。系列用国际通用符号 R 表示。

(1) 基本系列: R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 四个系列是常用系列, 称为基本系列。

R_5 系列的公比为 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

R_{10} 系列的公比为 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R_{20} 系列的公比为 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R_{40} 系列的公比为 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

(2) 补充系列: R_{80} 称为补充系列。

R_{80} 系列的公比为 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

GB/T 321—2005 列出的优先数系基本系列的常用值见表 1-1。

表 1-1 优先数系基本系列的常用值(摘自 GB/T321—2005)

R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}	R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}	R_5	R_{10}	R_{20}	R_{40}
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60				3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

(3) 派生系列: 实际应用中, 上述五个系列不能满足要求时, 还可采用派生系列。派生系列是从某一系列中按一定项差取值所构成的系列, 如 $R_{10/3}$ 系列, 即在 R_{10} 数列中按每隔 3 项取 1 项的数列, 其公比为 $R_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$, 如 1, 2, 4, 8, ...。

国家标准规定的优先数系分档合理、疏密均匀、简单易记, 且使用方便。常见的量值, 如长度、直径、转速及功率等分级, 基本上都是按优先数系进行的。

优先数系在工程技术领域被广泛地应用, 已成为国际上统一的数值制。本书涉及的有关标准中, 如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等, 均采用优先数系。

1.1.4 零件的加工误差与公差

为了实现互换,最好把同一规格的零部件做成“一模一样”,但事实上这是不可能的,也是不必要的。无论设备的精度和操作工人的技术水平多么高,加工零件的尺寸、形状和位置等也不可能做得绝对精确。一般而言,只要将几何参数的误差控制在一定的范围内,就能满足互换性的要求。

1. 加工精度与加工误差

加工精度是指机械加工后,零件几何参数(尺寸、几何要素的形状和相互位置,轮廓的微观不平程度等)的实际值与设计理想值相符合的程度。

加工误差是指实际几何参数对其设计理想值的偏离程度,加工误差越小,加工精度越高。

加工误差包括尺寸误差、形状误差和位置误差等。

1) 尺寸误差

尺寸误差指零件加工后的实际尺寸对理想尺寸的偏离程度。理想尺寸是指图样上标注的最大、最小两极限尺寸的平均值,即尺寸公差带的中心值。

2) 形状误差

形状误差指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异(或偏离程度)。形状误差可分为三类:宏观形状误差、微观形状误差和表面波度误差。

3) 位置误差

位置误差指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对于其理想位置的差异(或偏离程度),如同轴度、位置度等。

2. 公差的概念及作用

为了控制加工误差,满足零件功能要求,设计者通过零件图样,提出相应的加工精度要求,这些要求是用几何量公差的标注形式给出的。

零件几何参数允许的变动量称为几何量公差,简称公差。相对于各类加工误差,几何量公差分为尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度指标允许值及典型零件特殊几何参数的公差等。公差是限制误差的,用于保证互换性的实现。

制成后的零件是否满足要求,要通过检测才能判断。检测不仅用来评定产品合格与否,还用于分析产生不合格品的原因,改进生产工艺过程,预防废品产生等。事实证明,产品质量的提高,除了设计和加工精度的提高外,还必须依靠检测精度的提高。

综上所述,合理确定公差标准,采用相应的测量技术措施,是实现互换性的必要条件。

任务实施

自行车设备零部件为批量生产,首先要保证使用性能和互换性,同时要满足生产率和成本要求。在实际应用中,保证产品的使用性能和互换性要求,往往只是对产品零部件的某些关键几何量的精度设计。确切地说,零部件上只是相互结合的表面和工作面起主要作用,决定着产品的使用性和互换性以及制造成本,甚至决定着产品的生命力。从工艺观点

看,公差首先对应制造难易,配合还直接对应装配难易。

按照这一观点,决定自行车零部件几何量精度设计的主要内容是:各零部件之间配合部位的配合、几何公差及其他技术要求。对于图 1-1 所示的自行车,只有科学合理地设计、确定各处配合及工作要求的部位和表面精度,才能实现互换性原则。另外,在标准化工作中,我国从 1959 年至今已经多次颁布和修订国家标准,几乎所有参数都是按优先数系确定的,自行车中标准和非标准零部件的装配,大多处影响互换性的尺寸及公差都必须按标准的优先数系确定。

练习与实践

一、判断题(正确的打√,错误的打×)

1. 为使零件的几何参数具有互换性,必须把零件的加工误差控制在给定的范围内。 ()
2. 不完全互换性是指一批零件中,一部分零件具有互换性,而另一部分零件必须经过修配才有互换性。 ()
3. 只要零件不经挑选或修配,便能装配到机器上,就称该零件具有互换性。 ()
4. 机械制造业种的互换性生产必定是大量或成批生产,但大量或成批生产不一定是互换性生产,小批量生产不是互换性生产。 ()
5. 产品的经济性是由生产成本唯一决定的。 ()
6. 加工误差只有通过测量才能得到,所以加工误差实质上就是测量误差。 ()
7. 现代科学技术虽然很发达,但要把两个尺寸做得完全相同是不可能的。 ()

二、填空题

1. 互换性按其互换程度可分为_____与_____。
2. 按制定的范围不同,标准分为国际标准、国家标准、_____, _____和企业标准。
3. 实行专业化协作生产必须采用_____原则。
4. 完全互换法一般适用于_____, 分组装配法一般适用于_____。
5. 加工误差是指实际几何参数对其设计理想值的偏离程度,加工误差越_____, 加工精度越_____。加工误差包括_____, _____, _____和_____等。

三、简答题

1. 什么叫互换性?完全互换与不完全互换有何区别?
2. 互换性在机械制造中有何意义?
3. 什么是优先数和优先数系?其主要优点是什么?R5、R40 系列各表示什么意义?
4. 加工误差、公差、互换性三者的关系是什么?
5. 电动机的转速有:375, 750, 1500, 3000, …试判断它们属于哪个优先数系?公比是多少?



任务 1.2 技术测量与检验

任务提出

在标准温度下, 对一轴上某处直径尺寸进行等精度测量 15 次。所得数据依次为 40.039、40.043、40.040、40.042、40.041、40.043、40.039、40.040、40.041、40.042、40.041、40.041、40.039、40.043、40.041。假设测量中不存在定值系统误差, 试求该处直径尺寸的测量结果。

任务分析

零件的几何量(尺寸、形位误差及表面粗糙度等)只有经过检测才能知道其结果, 判断其是否符合设计要求。要完成此任务, 我们需要学习技术测量的基本概念、计量器具和测量方法的正确选择和使用、测量数据的误差分析和测量数据处理等相关知识。

知识准备

1.2.1 概述

1. 检测的概念

在机械制造中, 需要测量加工后的零件的几何参数(尺寸、形位公差及表面粗糙度等), 以确定它们是否符合技术要求和实现互换性。检测是测量和检验的总称。测量就是把被测的量(如长度、角度等)与具有测量单位的标准量进行比较的过程; 而检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内, 并做出合格性判断, 不一定要得出被测量的具体数值。

2. 测量的四个要素

一个完整的测量过程应包括以下四个要素。

1) 测量对象

本书涉及的测量对象是几何量, 包括长度、角度、表面粗糙度、形状和位置误差等。

2) 测量单位

长度单位有米(m)、毫米(mm)、微米(μm); 角度单位为度($^{\circ}$)、分(')、秒(")。机械制造中常用的单位为毫米(mm)。

3) 测量方法

测量方法指测量时所采用的测量原理、计量器具以及测量条件的总和。测量条件是指测量时零件和测量器具所处的环境, 如温度、湿度、振动和灰尘等。测量时的标准温度为

20℃。一般计量室的温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm (0.05 \sim 2)^{\circ}\text{C}$ ，精密计量室的温度应控制在 $20 \pm (0.03 \sim 0.05)^{\circ}\text{C}$ ，同时还要尽可能使被测零件与测量器具在相同温度下进行测量。计量室的相对湿度应控制在 50%~60% 为适宜，测量时应远离振动源，保持室内较高的清洁度等。

4) 测量精确度

测量精确度指测量结果与真值的一致程度。测量精确度的高低用测量极限误差或测量不确定度来表示。完整的测量结果应该包括测量值和测量极限误差，不知道测量精确度的测量结果是没有意义的。

测量是互换性生产过程中的重要组成部分，是保证各种公差与配合标准贯彻实施的重要手段，也是实现互换性生产的重要前提之一。为了实现测量的目的，必须使用统一的标准量，采用一定的测量方法，运用适当的测量工具，而且要达到一定的测量精确度，以确保零件的互换性。

1.2.2 计量单位和标准器具

1. 计量单位

在测量中，人们总是用数值和测量单位(在我国又称计量单位)的乘积来表示被测量的量值。所谓计量单位(unit of measurement)，是指为定量表示同种量的大小而约定的定义和采用的特定量。为给定量值按给定规则确定的一组基本单位和导出单位，称为计量单位制。

法定计量单位是指由国家法律承认、具有法定地位的计量单位。而国际单位制是我国法定计量单位的主体，所有国际单位制单位都是我国的法定计量单位。国际单位制是在米制的基础上发展起来的一种一贯单位制，其国际通用符号为“SI”。我们这里探讨的是为了进行长度测量，必须建立统一可靠的长度单位基准，即长度计量单位。目前世界各国所使用的长度单位有米制和英制两种。

1984 年，国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，决定在采用先进的国际单位制的基础上，进一步统一我国的计量单位，并发布了《中华人民共和国法定计量单位》，其中规定长度的基本单位为米(m)。米的最初定义始于 1791 年的法国。随着科学技术的发展，对米的定义不断进行完善。1983 年，第十七届国际计量大会正式通过了米的新定义：米是光在真空中 $1/299792458\text{s}$ 时间间隔内所经路径的长度。1985 年，我国用自己研制的碘吸收稳定的 $0.633\mu\text{m}$ 氦氖激光辐射来复现我国的国家长度基准。

在实际生产和科研中，不便于用光波作为长度基准进行测量，而是采用各种计量器具进行测量。为了保证量值统一，必须把长度基准的量值准确地传递到生产中应用的计量器具和工件上去。因此，必须建立一套从长度的最高基准到被测工件的严密而完整的长度量值传递系统。在技术上，从国家基准谱线开始，长度量值沿着两个平行的系统向下传递(见图 1-3)：一个是端面量具(量块)系统，另一个是线纹量具(刻度尺)系统。其中以量块为媒介的传递系统应用较广。

机械制造中常用的长度单位为毫米(mm)， $1\text{mm}=0.001\text{m}$ 。精密测量时，多采用微米(μm)为单位， $1\mu\text{m}=0.001\text{mm}$ 。超精密测量时，则用纳米(nm)为单位， $1\text{nm}=0.001\mu\text{m}$ 。在英制长度单位中，1 英寸(inch,in)= $2.54\text{cm}=25.4\text{mm}$ 。

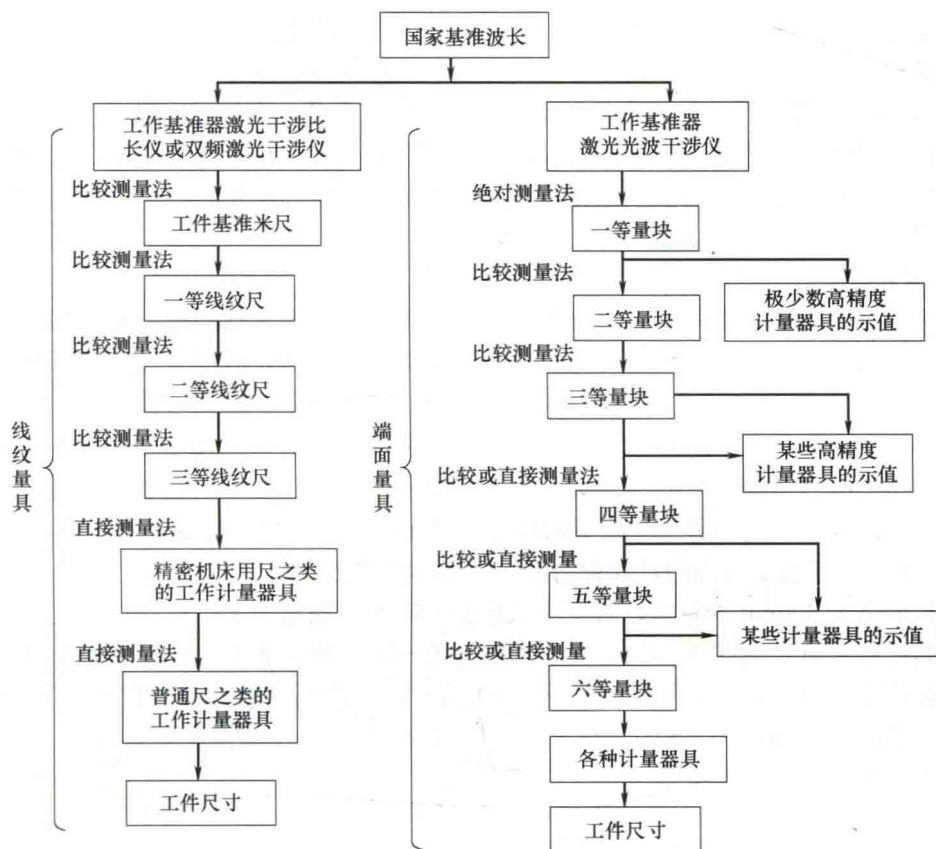


图 1-3 长度量值传递系统

2. 标准量块

1) 量块概述

量块是长度计量中最基本、使用最为广泛的实物量具之一，是长度计量中最重要的计量标准器具之一。量块是没有刻度的、截面为矩形的、平面平行的端面量具。量块用铬锰钢等特殊合金钢制成，具有线胀系数小、不易变形、硬度高、耐磨性好、工作面粗糙度值小以及研合性好等特点。

量块分为长度量块和角度量块，其形状有长方体和圆柱体两种，常用的是长方体。量块的级和等是在量块生产、检定和使用中要掌握的主要概念。量块在生产中是以级来定的，而在检定和使用中是以等来定的。量块在生产和检定中使用不同的精度概念，是根据量块的特点、使用的实际情况并考虑经济原则而制定的。因为在量块的生产中如果要求其尺寸与标称尺寸完全一致，是很难做到的，即使能够做到，也势必加大制作成本。再者，量块在使用过程中会磨损，其长度会发生变化，又会偏离其标称尺寸。

因此，在量块的生产中只要求其按照不同的级别生产就行了，而通过检定给出量块相对于标称尺寸的修正值。使用时，在标称尺寸上加上修正值就可以了。这样就大大降低了生产成本，又能满足使用要求。量块主要是按照量块长度相对于标称长度的偏差来分级的，同时各级量块对量块长度变动量和其他性能也有相应要求。根据量块国家标准的规