

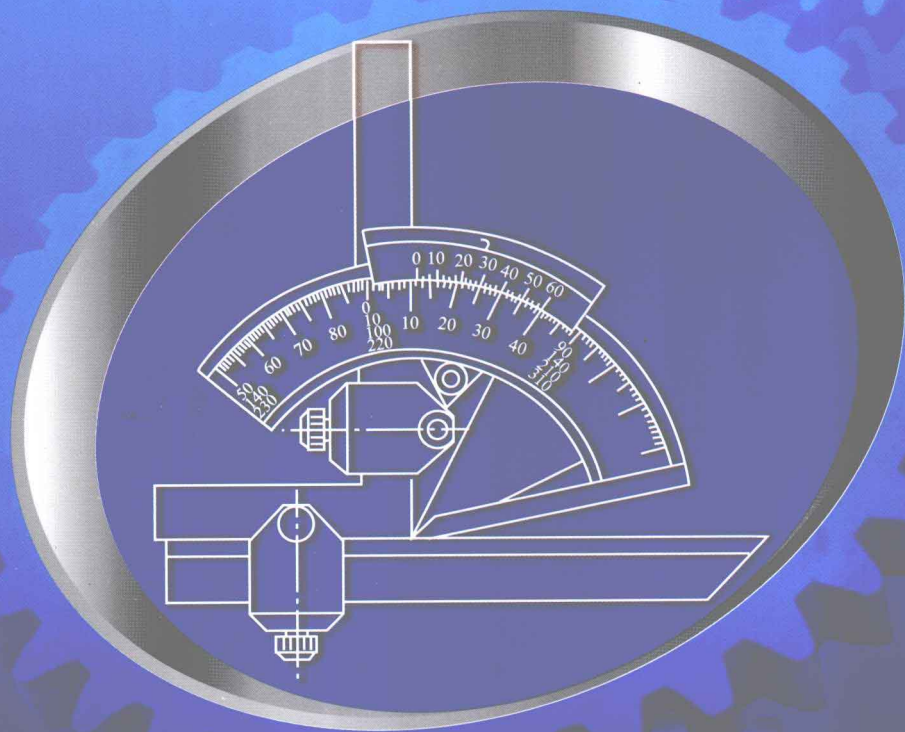


高职高专“十一五”规划教材

互换性与技术测量

HUHUANXING YU JISHU CELIANG

余诚英 主编



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

互换性与技术测量

余诚英 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是为了适应高等职业教育发展需要,并结合我国高等职业教育机械类专业的教学要求而编写。本书集作者多年来的教学与改革经验,力求满足广大读者的需要,适应对外开放与交流、合作的要求,贯彻了最新的国家标准。

全书共分十二章,主要内容包括极限与配合,测量技术基础,形位公差,表面粗糙度,圆锥连接的互换性,滚动轴承的互换性,键、花键连接的互换性,螺纹连接的互换性,圆柱齿轮的互换性,尺寸链等。书中充实了尺寸和形位精度标注及检测的内容,以及针对性强的实例,每章末还配备了联系实际的思考与练习。

本书可作为高职高专院校机械类各专业的教材,也适合机械工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/余诚英主编. —北京:化学工业出版社, 2010.2
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-07376-1

I. 互… II. 余… III. ①零部件-互换性-高等学校:技术学校-教材②零部件-测量-技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 000599 号.

责任编辑:韩庆利
责任校对:顾淑云

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 装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 381 千字 2010 年 2 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: 26.00 元

版权所有 违者必究

前 言

伴随着世界科学技术的迅猛发展和我国的改革开放,我国的经济建设水平也迅速提高,人们的思想观念也在发生着巨大的变化,职业教育发展非常迅速,本教材正是为了适应这种需要,并结合我国高等职业教育机械类专业的教学要求而编写。

《互换性与技术测量》是机械类各专业的一门专业基础课程,课程内容在生产实际中有着大量的运用,但在其他课程中鲜有介绍,学生普遍缺乏这方面知识。随着经济全球化的到来,我国各项标准逐步与国际接轨,掌握标准化知识已成为时代的需要。这有利于开阔学生的眼界和知识面,对将来从事工程技术与管理工作的非常有益,符合企业对人才知识结构的要求。同时它起着桥梁的作用,对学生学习其他专业课程影响极大。学习本课程,是为了获得机械工程技术人员的公差配合与检测方面的基本知识、基本技能。随着后续课程的学习和实践知识的丰富,将会加深对本课程内容的理解。

本书集编者多年来的教学与改革经验,力求满足广大读者的需要,适应对外开放与交流、合作的需要。在编写本教材时,注重体现工程应用性,从学生的实际出发、从社会的需要出发,组织教材,明确学习内容、目的、要求和方法,层层递进,强调对知识的综合运用和能力培养,并将其贯穿于全书始终。

本书由余诚英任主编。参加本书编写的有余诚英(第1章、第2章、第4章、第5章、第8章、第9章、附录)、是丽云(第3章、第6章)、王军(第7章)、陈婷(第10章、第11章、第12章)。

在本书的编写过程中,得到了无锡机电高等职业技术学校的领导和有关部门的支持和帮助,参考了许多教授、专家的有关文献,对此我们表示衷心的感谢!

本书有配套电子教案,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如果有需要,可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

限于各种主、客观因素,书中难免还会存在一些不足,恳请广大读者提出宝贵意见和建议,以便今后进一步改进。谨此深表感谢。

编者

2009年11月

目 录

第1章 绪论

1.1 互换性概述	1
1.2 标准及标准化	2
1.3 优先数和优先数系	3
1.4 本课程的任务及要求	6
思考与练习	6

第2章 孔与轴的极限与配合

2.1 概述	7
2.2 极限与配合的基本词汇	7
2.3 极限与配合的国家标准	13
2.4 公差与配合的选用	18
2.5 线性尺寸的未注公差	26
思考与练习	27

第3章 测量技术基础

3.1 测量的基本概念	29
3.2 尺寸传递	30
3.3 测量器具与测量方法的分类	31
3.4 常用测量器具及使用	34
思考与练习	56

第4章 形状和位置公差

4.1 概述	57
4.2 形位公差的标注	59
4.3 形状公差及公差带	61
4.4 位置公差及公差带	65
4.5 公差原则	74
4.6 形位公差的选用	82
4.7 未注形位公差的规定	85
思考与练习	85

第5章 表面粗糙度

5.1 概述	88
5.2 表面粗糙度的评定	89
5.3 表面粗糙度的符号及其标注	93

5.4 表面粗糙度的选用	95
思考与练习	98
第6章 检验和技术测量的规程及原则	
6.1 检验和测量的规程	99
6.2 检验和测量的基本原则	100
6.3 测量基准面和定位方式的选择	105
6.4 测量误差与数据处理	106
思考与练习	113
第7章 零件的检验和测量	
7.1 尺寸公差测量	115
7.2 形位公差测量	117
7.3 表面粗糙度的测量	124
思考与练习	128
第8章 光滑极限量规	
8.1 概述	129
8.2 极限尺寸的判断原则	130
8.3 量规公差带	131
8.4 光滑极限量规的设计	133
思考与练习	137
第9章 尺寸链	
9.1 概述	138
9.2 尺寸链的计算	141
9.3 保证装配精度的其他措施	147
思考与练习	148
第10章 滚动轴承的公差与检测	
10.1 概述	150
10.2 滚动轴承的分类及公差等级	150
10.3 滚动轴承内径与外径的公差带及特点	152
10.4 滚动轴承与轴和外壳孔配合的选用	156
10.5 轴颈和外壳孔几何精度的确定	159
思考与练习	161
第11章 圆锥、螺纹及花键的公差与检测	
11.1 圆锥的公差配合及检测	162
11.2 螺纹公差与检测	171
11.3 键和花键的公差与配合	182
思考与练习	188

第 12 章 直齿圆柱齿轮的公差与检测

12.1 概述 190

12.2 齿轮加工误差及齿轮误差项目 192

12.3 齿轮副误差及其评定指标 201

12.4 渐开线圆柱齿轮精度标准 202

思考与练习 209

附录

附录 1 极限与配合 210

附录 2 常用滚动轴承 218

附录 3 螺纹 221

参考文献

第1章

绪 论

1.1 互换性概述

1.1.1 互换性的概念

零件的互换性是指在同一规格的一批零、部件中,可以不经任何挑选、调整或附加修配,任取一件都能装配在机器上,并能达到规定的使用性能要求,零部件具有的这种性质称为互换性。这样,当某个产品设备上的某个零件损坏了,就不需使整个设备作废,而可取另一相同的备件装上继续使用。在日常生活中,使用的螺钉、电灯泡、钟表、自行车等等这些产品都是按一定标准生产制造的,都具有互换性。

零、部件的互换性通常包括几何参数(如尺寸、形状位置、表面质量)、力学性能(如强度、硬度、塑性、韧性)、理化性能(如磁性、化学成分)的互换,本课程仅讨论几何参数的互换。所谓几何参数,一般包括尺寸大小,几何形状(宏观、微观),以及相互的位置关系等。

1.1.2 互换性的意义

互换性生产对我国现代化建设具有非常重大的意义。现代化的机械工业,首先要求机械零件具有互换性,从而才有可能将一台机器中的各个零、部件,分散到不同的车间、工厂进行高效率的专业化生产,然后又集中到一个工厂进行装配。

(1) 设计 可充分利用前人的经验,最大限度采用标准零部件,简化设计和绘图工作,便于CAD。零、部件在几何参数方面的互换性体现为公差标准,公差标准是机械设备制造业中的基础标准,为机器的标准化、系列化、通用化提供了技术条件,从而缩短了机器设计周期,促进新产品的高速发展。

(2) 制造 当零件具有互换性,可以采用分散加工、集中装配,有利于组织专业化生产,采用先进工艺和高效率的专用设备,有利于CAM,实现加工过程和装配过程机械化、自动化,可大大提高生产效率。装配时,不需辅助加工和修配,既减轻工人的劳动强度,又缩短装配周期,从而既保证了产品质量,又可以提高劳动生产率和降低成本。

(3) 使用和维修 利用互换性可以在最短时间内及时更换损坏的零部件,减少机器的维修时间和费用,并提高设备的利用率和使用价值。

1.1.3 互换性的分类

(1) 互换性按互换程度的不同 可分为完全互换和不完全互换。

① 完全互换性:指在同规格的零、部件中,任取其一,不需任何选择、修配或调整,就能装在机器上,并且满足产品的使用要求。

② 不完全互换性:将加工好的零件,根据实测尺寸的大小,把相配合的零件各分为若干组,使每组内的尺寸差别比较小,然后再按相应组进行装配,以满足其使用要求。例如:

$\phi 50^{+0.039}_0$ 孔分为: 50~50.013; 50.013~50.026; 50.026~50.039

$\phi 50^{-0.02}_{-0.05}$ 轴分为: 49.95~49.96; 49.96~49.97; 49.97~49.98

然后将大孔与大轴, 小孔与小轴配合, 即零件的互换范围限制在同一分组内。这种仅是组内零件可以互换, 组与组之间不可互换, 叫分组互换法。分组互换既可保证装配精度与使用要求, 又可降低成本。

在机器装配时, 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。如普通车床尾座部件中的垫板, 其厚度需在装配时再进行修磨, 以满足头尾座顶尖等高的要求。

在装配时, 用调整的方法, 改变某零件在机器中的尺寸和位置, 以满足其功能要求, 称为调整法。如机床导轨中的镶条, 装配时可沿导轨移动方向调整其位置, 以满足间隙要求。

分组互换法、修配法和调整法都属于不完全互换。一般大量生产和成批生产都采用完全互换法生产。精度要求很高, 如轴承工业, 常采用分组装配, 即不完全互换法生产。而小批和单件生产, 如矿山、冶金等重型机器业, 则常采用修配法或调整法生产。

(2) 对标准部件或机构来说 互换性又分为外互换与内互换。

① 外互换是指部件或机构与其装配件之间的互换性, 例如, 滚动轴承内圈内径与轴的配合, 外圈外径与轴承孔的配合。

② 内互换是指部件或机构内部组成零件之间的互换性, 例如, 滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动体的装配。

为方便起见, 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, 即使产量不大, 往往也要求完全互换。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。

1.2 标准及标准化

零件在加工过程中, 由于机床的振动、刀具的逐渐磨损、进给运动的不准确、装夹及受热变形等等因素的影响, 使制造所得的几何参数不可避免地会产生误差。要求具有互换性的零件, 其几何参数是否必须制成绝对准确, 完全一样呢? 事实上这是不可能的, 也没有必要。实际上, 只要零、部件的几何参数保持一定的变动范围, 就能达到互换的目的。

1.2.1 机械加工误差

(1) 加工精度 指机器加工后, 零件几何参数(尺寸、几何要素的形状和相互间的位置、轮廓的微观不平度等)的实际值与设计的理想值相一致的程度。

(2) 加工误差 指实际几何参数对其设计理想值偏离程度。加工误差越小, 加工精度越高。

1.2.2 公差的概念

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, 这些要求是用公差的形式标注给出的。

(1) 公差 零件实际几何参数值所允许的变动量。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度允许值等。换言之, 公差是允许的最大误差。

公差用来控制加工中的误差, 以保证互换性的实现。零件的几何量误差过大, 必然

会影响零件的使用功能和互换性，但实践证明，只要将这些误差控制在一定的范围内，则零件的使用功能和互换性都能得到保证。要使零件具有互换性，就应按“公差”制造。因此研究零件几何量的误差及其控制范围——公差，是零部件设计与制造的一个重要内容。

(2) 加工误差与公差的区别 误差在加工中产生，而公差是在设计中给定。

(3) 公差标准 为零件的加工制造所制定的极限与配合等技术标准。

1.2.3 标准和标准化

(1) 标准 标准是对重复性事物和概念所作的统一规定，它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

标准的范围极广，种类繁多，涉及人类生活的各个方面。

本书标准一般是指技术标准，它是指对产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定，是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。标准在一定范围内具有约束力。在世界范围，企业共同遵守的是国际标准（ISO）。我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

对需要在全国范围内统一的技术要求，制定国家标准，代号为 GB；对没有国家标准而又需要在全国某个行业内统一的技术要求，可制定行业标准，如机械标准（JB）；对没有国家标准和行业标准而又需要在某个范围内统一的技术要求，可制定地方标准（DB）和企业标准（QB）。

本课程所研究的标准，如极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等属于国家基础标准，具有最一般的共性，是通用性最广的标准。

(2) 标准化 标准化是指标准的制定、发布和贯彻实施的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制定和贯彻标准，以后还要修订标准等等。标准化是以标准的形式体现的，也是一个不断循环、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，是国家现代化水平的重要标志之一。它对人类进步和科学技术发展起着巨大的推动作用。

为了和国际标准化组织 ISO/TC 213 的工作对口，我国也成立了“全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会”（SAC/TC 240），其工作范围包括：修订极限与配合、形状和位置公差、粗糙度以及技术制图在内的技术标准，并制定检验这些几何量的技术规范。即称为“产品几何量技术规范与认证”，简称 GPS。它有利于当代制造技术的发展，也有利于计算机辅助公差设计（CAT）和计算机辅助测量的进一步完善。

1.3 优先数和优先数系

1.3.1 数值标准化

制定公差标准以及设计零件的结构参数时，都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关，还直接、间接地影响与其配套系列产品的参数值。如：螺母直径数值，影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。由参数值间的关联产生的扩散称为“数值扩散”，为满足不同的需求，产品必然出现不同的规格，形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难。故需对数值进行标准化。

1.3.2 优先数系

(1) 优先数系是一种科学的数值制度 它是一种无量纲的分级数系, 适用于各种量值的分级, 它又是十进制的几何级数, 它对于标准化对象的简化起着重要作用, 是国际上一项统一的重要基础标准。我国标准 GB321—2005 与国际标准 ISO 推荐 R5、R10、R20、R40、R80 系列, 其公比为: $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$ 的等比数列, $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。其含义是在同一等比数列中, 每隔 r 项的后项与前项的比值增大 10 倍。例如 $r=5$, 设首项为 a

$a \quad aq_5 \quad a(q_5)^2 \quad a(q_5)^3 \quad a(q_5)^4 \quad a(q_5)^5$
 $a(q_5)^5/a=10 \quad \text{故 } q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6$

R5 系列	$q_5 \approx 1.60$
R10 系列	$q_{10} \approx 1.25$
R20 系列	$q_{20} \approx 1.12$
R40 系列	$q_{40} \approx 1.06$
R80 系列	$q_{80} \approx 1.03$

R5 系列 1.00 1.60 2.50 4.00 6.30 10.00

R10 系列 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00 10.00

R5, R10, R20, R40 为基本系列, R80 为补充系列, 仅在参数分级很细, 基本系列不能适应实际情况时, 才考虑采用。

19 世纪末, 法国的雷诺 (C·Renard) 为了对气球上使用的绳索规格进行简化, 做出这样的规定, 为了纪念雷诺, 故把优先数又取名 R 数系。

(2) 优先数系中的任一个项值称为优先数 根据 GB 321 的规定, 优先数和优先数系适用于各种量值的分级, 特别是在确定产品的参数或参数系列时, 必须按该标准的规定最大限度地采用, 这就是“优先”的含义。

各系列项值从 1 开始, 可向两边延伸。(1~10, 10~100, ..., 1~0.1, 0.1~0.01, ...)。大于 10 的优先数, 均可用 10 的整数幂乘以表中的优先数求得。

10.0	16.0	25.0	40.0	63.0	100.0
0.10	0.16	0.25	0.40	0.63	1.00

优先数系中按公比计算得到的优先数的理论值, 除 10 的整数幂外, 都是无理数, 工程技术上不能直接应用。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:

- ① 计算值: 取五位有效数字, 供精确计算用。
- ② 常用值: 即经常使用的通常所称的优先数, 取三位有效数字。

国家标准规定的优先数系分档合理, 疏密均匀, 有广泛的适用性, 简单易记, 便于使用。常见的量值, 如长度、直径、转速及功率等分级, 基本上都是按一定的优先数系进行的。本课程所涉及的有关标准里, 诸如尺寸分段、公差分级及表面粗糙度的参数系列等, 基本上采用优先数系。

(3) 派生系列 为了优先数系有更大的适应性, 可以从 R_r 系列中, 每逢 p 项选取一个优先数, 组成新的系列——派生系列。在 R10 系列中从某一项开始, 每后数 3 项取一项, 假如从 1 开始, 就可得到 1、2、4、8、..., 假如从 1.25 开始, 就可得到 1.25、2.5、5.0、10、...。以符号 $R_{r/p}$ 表示, 公比 $q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$ 。如 R10/3 系列, 公比 $q_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$ 。

还有复合系列、移位系列等, 如 R5 R20/3 R10(10、16、25、35.5、50.0、71.0、100、

125、160) 属于复合系列; 移位系列也是一种派生系列, 它的公比与某一基本系列相同, 但项值与基本系列不同, 如项值从 25.8 开始的 R80/8 系列, 是项值从 25.0 开始的 R10 系列的移位系列。

(4) 优先数系的代号表示方法 系列无限定范围时, 用 R5、R10、R20、R40、R80 表示。系列有限定范围时, 应注明限值。

如 R10 (125……) —— 以 125 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;

R10/3 (……80……) —— 含有项值 80, 并向两端无限延伸。

1.3.3 优先数系的主要特征

① 从 R5~R80, 前一数系的项值均包含在后一数系之中。

② R_r 系列中的项值均可按 10 进法向两端无限延伸。

③ 同一系列中任意相邻两优先数常用值的相对差近似不变 (R5 系列约为 60%, R10 系列 25%, R20 系列 12%, R40 系列 6%, R80 系列 3%), $\frac{n_{j+1}-n_j}{n_j}=C$ 。

1.3.4 优先数系的优点

1. 经济合理的数值分级制度

产品的参数从小到大有很宽的数值范围, 经验和统计表明, 数值按等比数列分级, 能在较宽的范围内, 以较少的规格, 经济合理地满足需求。这就要求用“相对差”反映同样“质”的差别, 而不能像等差数列那样只考虑“绝对差”。例如, 对轴颈分级, 在 10mm 不符合需要时, 如用 12mm, 则两级之间绝对差为 2mm, 相对差为 20%。但对 100mm 来说, 加大 2mm 变成 102mm, 相对差只有 2%, 显然太小。而对直径为 1mm 的轴来说, 加大 2mm 变成 3mm, 相对差为 200%, 显然太大。等比数列是一种相对差不变的数列, 不会造成分级疏的过疏, 密的过密的不合理现象, 优先数系正是按等比数列制定的。因此, 它提供了一种经济、合理的数值分级制度。

2. 统一、简化的基础

一种产品或零件往往同时在不同场合, 由不同的人员分别进行设计和制造, 而产品的参数又常常影响到与其有配套关系的一系列产品有关参数。如果没有一个共同遵守的选用数据的准则, 势必造成同一产品的尺寸参数杂乱无章, 品种规格过于繁多。优先数系是国际上统一的数值制度, 为统一、简化产品参数提供了基础。

3. 广泛的适应性

优先数包含有各种不同公比的系列, 因而可以满足较密和较疏的分级要求。由于较疏系列的项值包含在较密系列中, 在必要时可以插入中间值, 使较疏的系列变成较密的系列, 而原来的项值保持不变, 与其他产品间配套协调关系不受影响, 这对发展产品品种是很方便的。

由于优先数的积或商仍为优先数, 这就更进一步扩大了优先的适用范围。例如, 当直径采用优先数, 圆周速度、圆柱体的面积和体积, 球的面积和体积等也都是优先数。优先数适用于能用数值表示的各种量值的分级, 特别是产品的参数系列。如长度、直径、面积、体积、载荷、应力、速度、时间、功率、电流、电压、浓度等等, 凡是在数值上具有一定自由度的参数系列, 都应最大限度地选用优先数。

4. 简单易记、计算方便

优先数系是十进等比数列，其中包含10的整数幂。只要记住一个十进段内的数值，其他的十进段内数值可由小数点的位移得到。所以只要记住R10中的10个数值，就可解决一般用途。

1.4 本课程的任务及要求

本课程的研究对象就是几何参数的互换性。主要研究机械零件的几何精度，研究零件间的相互配合及机械零件的几何参数的测量技术。所要解决的主要问题是零部件的互换性生产问题及产品质量如何保证的问题。通过本课程的学习，学生应达到以下要求：

① 建立互换性的基本概念，掌握有关公差标准的基本内容、特点和表格的使用，能根据零件的使用要求，初步选用其公差等级、配合种类、形位公差及表面质量参数值等。并能在图样上进行正确的标注。

② 建立技术测量的基本概念，了解常用测量方法与测量器具的工作原理，通过实验，初步掌握测量操作技能，并分析测量误差与处理测量结果。会设计光滑极限量规。

总之，本课程的任务是使学生获得互换性与测量技术的基本理论、基本知识和基本技能，了解互换性和测量技术学科的现状和发展，具有继续自学并结合工程实践应用、扩展的能力。以便为顺利过渡到专业课程的学习打下一定的基础。

本课程的特点：理论推导少、术语定义多、符号代号多、图表多。要注意借助图表理解定义并记忆。

思考与练习

1. 什么叫互换性？为什么说互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守原则？列举互换性应用实例。
2. 按互换程度来分，互换性可分为哪两类？它们有何区别？
3. 什么叫公差、标准和标准化？它们与互换性有何关系？
4. 为什么要制定《优先数和优先数系》的国家标准？优先数系是一种什么数列？它有何特点？有哪些优先数的基本系列？什么是优先数的派生系列？
5. 下面两列数据属于哪种系列？公比为多少？
 - (1) 机床主轴转速为 200, 250, 315, 400, 500, 630, …, 单位 r/min
 - (2) 表面粗糙度 R 的基本系列为 0.012, 0.025, 0.050, 0.100, 0.20, …, 单位为 μm 。
6. 试写出 R10 从 250 到 3150 的优先数系。
7. 试写出 R10/3 从 0.012 到 100 的优先数系的派生系列。
8. 试写出 R10/5 从 0.08 到 25 的优先数系的派生系列。

第 2 章

孔与轴的极限与配合

2.1 概 述

为使零件具有互换性，必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置，以及表面特征技术要求的一致性。就尺寸而言，互换性要求尺寸的一致性，是指要求尺寸在某一合理的范围之内，在此范围内，既要保证相互结合的尺寸之间关系，以满足不同的使用要求，又要在制造上经济合理，由此形成“极限与配合”的概念。

在机器制造业中，“极限”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾，而“配合”则反映零件组合时相互之间的关系。

圆柱体的结合（配合），是孔、轴最基本和普遍的形式。为了经济地满足使用要求，保证互换性，应对尺寸公差与配合进行标准化。尺寸公差与配合的标准化是一项综合性的技术基础工作，是推行科学管理、推动企业技术进步和提高企业管理水平的重要手段。它不仅可防止产品尺寸设计中的混乱，有利于工艺过程的经济性、产品的使用和维修，还利于刀具、量具的标准化。机械基础国家标准已成为机械工程中应用最广、涉及面最大的主要基础标准。

随着我国科技的进步，为了满足国际技术交流和贸易的需要，并逐步与国际标准（ISO）接轨。国家技术监督局不断发布实施新标准，同时代替旧标准。我国目前已初步建立并形成与国际标准相适应的基础公差体系，可以满足经济发展和对外交流的需要。

- ① GB/T 1800.1—1999《极限与配合 基础 第1部分：词汇》
- ② GB/T 1800.2—1999《极限与配合 基础 第2部分：公差 偏差和配合的基本规定》
- ③ GB/T 1800.3—1999《极限与配合 基础 第3部分：标准公差和基本偏差数值表》
- ④ GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》
- ⑤ GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带和配合的选择》
- ⑥ GB/T 1803—2003《极限与配合 尺寸至 18mm 孔轴公差带》
- ⑦ GB/T 1804—2000《一般公差 线性角度尺寸的未注公差》

2.2 极限与配合的基本词汇

为了正确理解和贯彻实施国家标准，必须深入、正确地理解以下各种术语含义以及它们之间的区别和联系。

2.2.1 有关“尺寸”的术语和定义

（1）尺寸 用特定单位表示长度值的数字。它由数字和长度单位（如 mm）组成。

在机械制造中一般常用毫米作为特定单位。如图 2-1 中 $\phi 20$ 、 $\phi 30$ 、50 都是以 mm 为单位的尺寸。尺寸表示长度的大小，包括直径、长度、宽度、高度、厚度及中心距、圆角半

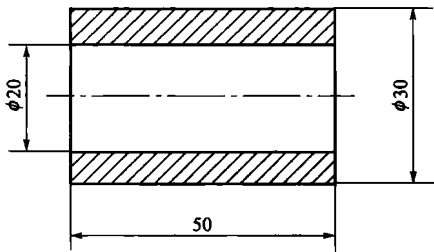


图 2-1 尺寸表示

径等。

(2) 基本尺寸 (D 、 d) 设计时给定的尺寸 (图 2-2), 通常根据使用要求, 由刚度、强度计算或工艺结构等方面的考虑, 并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸。通过它应用上下偏差可算出极限尺寸, 它是确定偏差位置的起始尺寸, 一般要求符合标准的尺寸系列, 以减少刀具、量具、夹具等的规格和数量。孔 (D) 轴 (d) 配合的基本尺寸相同。

(3) 实际尺寸 (D_a 、 d_a) 通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差, 所以实际尺寸并非尺寸的真值。又由于被测工件形状误差的影响和测量误差的随机性, 工件上同一表面不同部位的实际尺寸往往是不同的。

局部实际尺寸: 任何两相对点之间测得的尺寸。

(4) 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值。它们是以基本尺寸为基数来确定的。界限值大者称为最大极限尺寸 ($D_{\max}$ 、 $d_{\max}$), 界限值小者称为最小极限尺寸 ($D_{\min}$ 、 $d_{\min}$)。

如不考虑形状误差的影响, 则合格零件应符合:

$$D_{\max} > D_a > D_{\min} \quad d_{\max} > d_a > d_{\min}$$

(5) 最大实体状态 (MMC) (Maximum Material Condition) 与最大实体尺寸 (MMS) (Maximum Material Size) 孔或轴在尺寸极限范围内, 具有允许的材料量为最多时的状态称为最大实体状态, 在最大实体状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸。孔和轴的最大实体尺寸分别以 D_M 和 d_M 表示。如图 2-2 可见: $D_{\min} = MMS$, $d_{\max} = MMS$ 。

(6) 最小实体状态 (LMC) (Least Material Condition) 与最小实体尺寸 (LMS) (Least Material Size) 孔或轴在尺寸极限范围内, 具有允许的材料量为最少时的状态称为最小实体状态, 在最小实体状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸。孔和轴的最小实体尺寸分别以 D_L 和 d_L 表示。如图 2-2 可见: $D_{\max} = LMS$, $d_{\min} = LMS$ 。如:

$$\begin{aligned} \text{孔 } \phi 50^{+0.039}_0 \quad & MMS = \phi 50 \quad LMS = \phi 50.039 \\ \text{轴 } \phi 50^{-0}_{-0.025} \quad & MMS = \phi 50 \quad LMS = \phi 49.975 \end{aligned}$$

(7) 作用尺寸 零件的实际尺寸与形位误差的综合状态下的尺寸。

孔的作用尺寸: 在配合面的全长上, 与实际孔内接的最大理想轴的尺寸称为孔的作用尺寸。以 D_f 表示。

轴的作用尺寸: 在配合面的全长上, 与实际轴外接的最小理想孔的尺寸称为轴的作用尺寸。以 d_f 表示。

如图 2-3 可见: $D_f < D_a$ $d_f > d_a$

(8) 极限尺寸判断原则 (泰勒原则) 孔或轴的作用尺寸不允许超过其最大实体尺寸

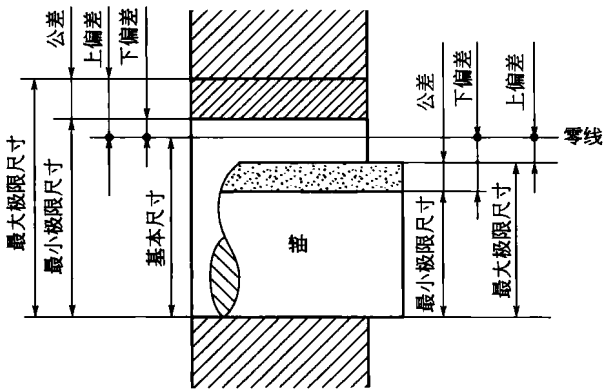


图 2-2 极限与偏差示意图

(MMS), 在任何位置的实际尺寸不允许超过其最小实体尺寸 (LMS)。

对泰勒原则的理解:

① 孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔, 其作用尺寸应不小于最小极限尺寸; 对于轴, 其作用尺寸应不大于最大极限尺寸。

② 孔或轴在任何位置的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔, 其实际尺寸应不大于最大极限尺寸; 对于轴, 其实际尺寸应不小于最小极限尺寸。

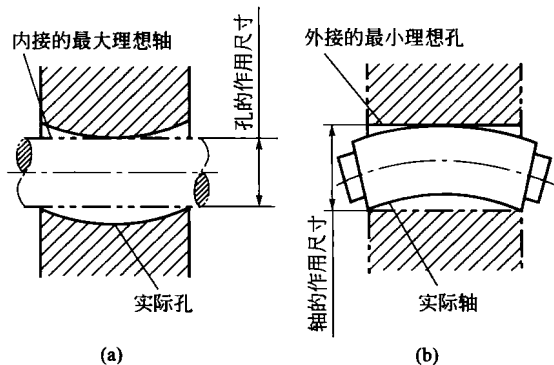


图 2-3 作用尺寸

即: 孔 $D_f > D_{\min}$ $D_a < D_{\max}$

轴 $d_f < d_{\max}$ $d_a > d_{\min}$

极限尺寸判断原则说明: 对于存在形状误差的孔和轴配合时, 如要求装配后达到要求的配合性质, 除满足实际尺寸在极限尺寸范围内这个条件外, 还必须对作用尺寸加以控制。

2.2.2 有关“偏差与公差”的术语和定义

制造零件时, 为了使零件具有互换性, 要求零件的尺寸在一个合理范围之内, 由此就规定了极限尺寸。制成后的实际尺寸, 应在规定的最大极限尺寸和最小极限尺寸范围内。

1. 尺寸偏差 (简称偏差)

尺寸偏差是指某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。(deviation)

(1) 极限偏差 极限尺寸减基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差 (upper deviation); 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差 (lower deviation)。上偏差与下偏差统称为极限偏差。

(2) 实际偏差 实际尺寸减基本尺寸所得的代数差。

孔: $ES = D_{\max} - D$ $EI = D_{\min} - D$ $Ea = D_a - D$

轴: $es = d_{\max} - d$ $ei = d_{\min} - d$ $ea = d_a - d$

零件标注尺寸时, 上偏差 ES(es) 标注在基本尺寸的右上方, 下偏差 EI(ei) 标注在基本尺寸的右下方。由于极限尺寸可大于、等于或小于基本尺寸, 所以极限偏差可以是正、负或是零值, 标注时要注意符号。例如:

$$\phi 10 \begin{smallmatrix} +0.008 \\ -0.012 \end{smallmatrix} \quad \phi 20 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix} \quad \phi 30 \pm 0.05$$

2. 尺寸公差 (简称公差)

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。(Tolerance)

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值, 也等于上、下偏差之代数差的绝对值。公差取绝对值, 不存在负值, 也不允许为零。

孔公差: $T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$

轴公差: $T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

三者之间的关系:

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |(D + ES) - (D + EI)| = |ES - EI|$$

例 2-1 基本尺寸为 $\phi 50\text{mm}$, 最大极限尺寸为 $\phi 50.008\text{mm}$, 最小极限尺寸为 $\phi 49.992\text{mm}$, 试计算偏差和公差。

解 上偏差=最大极限尺寸-基本尺寸
 $=\phi 50.008-\phi 50=+0.008\text{mm}$
 下偏差=最小极限尺寸-基本尺寸
 $=\phi 49.992-\phi 50=-0.008\text{mm}$
 公差=最大极限尺寸-最小极限尺寸
 $=\phi 50.008-\phi 49.992=0.016\text{mm}$
 或 公差=上偏差-下偏差 $=+0.008-(-0.008)=0.016\text{mm}$

3. 公差带图

由于公差或偏差的数值与基本尺寸相差太大，不便于同一比例表示；同时为了简化，在分析有关问题时，不画出孔轴的结构，只画出放大的孔轴公差区域和位置。采用这种表达方法的图形，称为公差带图，或称为公差与配合图解。

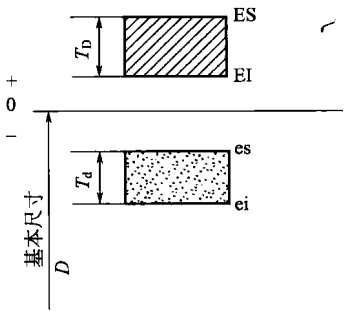


图 2-4 公差带图

如图 2-4 所示，公差带图由零线与公差带组成。
 零线：在公差带图中，确定偏差位置的一条基准直线，称为零偏差线（简称零线）。通常零线位置表示基本尺寸位置，正偏差位于零线的上方，负偏差位于零线的下方。
 公差带：在公差带图中，由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸与最小极限尺寸的两条平行直线所限定的区域。

例 2-2 $\phi 50^{+0.039}_0$ 的孔分别与 $\phi 50^{-0.025}_{-0.050}$ ， $\phi 50^{+0.018}_{+0.002}$ ， $\phi 50^{+0.059}_{+0.043}$ 轴配合，作出其公差带图。

- 解** 如图 2-5 所示：
- ① 画零线；
 - ② 画出上下偏差位置；
 - ③ 标注出上下偏差值；
 - ④ 在孔公差带上画上斜线使之与轴公差带区别。

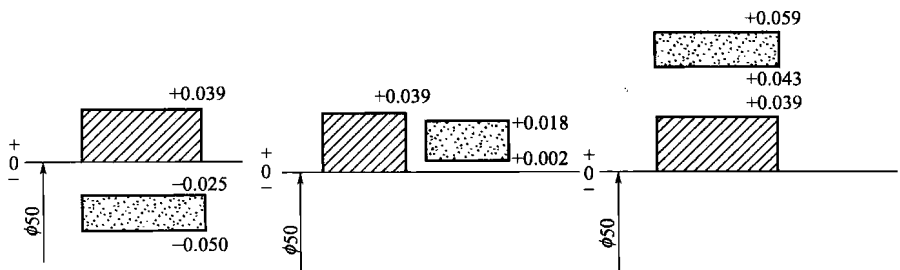


图 2-5 例 2-2 图

公差带图包含了“公差带大小”与“公差带位置”两个要素，前者由标准公差确定，后者由基本偏差确定。

4. 标准公差 (IT)

国家标准表列的用以确定公差带大小的任一公差。

5. 基本偏差

国家标准规定的用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差，一般为靠近零线的那个极限偏差。当公差带位于零线以上时，其基本偏差为下偏差；当公差带位于零线以下