



教育部高等职业教育示范专业规划教材

公差配合与 技术测量

王萍辉 主编



配电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部高等职业教育示范专业规划教材

公差配合

与技术测量

主 编 王萍辉

副主编 温淑霞 蒋家旺

参 编 李秋芳 韩丽华



机械工业出版社

本教材内容包括绪论、光滑圆柱公差与配合、测量技术基础、形位公差及其测量、表面粗糙度与测量、典型零件的公差与检测、尺寸链、基本测量的实际操作等。

本教材可按 30~50 学时讲授,采用最新国家标准,侧重讲清基本概念和标准的实际应用,注重体现示范性高职教学特色,淡化理论,实用为主,力求以最少的课时带给学生所需要的公差配合与技术测量知识。

本教材编写既体现了高职高专汽车类专业特点,又适用于机电类专业,也可作为高等工科院校及中专、中技的专业教学用书,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与技术测量 / 王萍辉主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 4
教育部高等职业教育示范专业规划教材
ISBN 978-7-111-26711-9

I. 公… II. 王… III. ①公差—配合—高等学校:技术学校—教材
②技术测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 046183 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:葛晓慧 蓝伙金 责任编辑:葛晓慧 版式设计:张世琴
责任校对:陈延翔 封面设计:赵颖喆 责任印制:杨曦
唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12 印张 · 295 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26711-9

定价:21.00 元

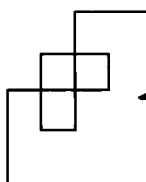
凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379756

封面无防伪标均为盗版



前 言

“公差配合与技术测量”是机械类各专业必须掌握的一门重要的技术基础课，在教学中起着联系基础课及其他技术基础课与专业课程的桥梁作用，也起着联系设计类课程与制造工艺课程的纽带作用，它紧紧围绕机械产品零部件的制造误差和公差及其关系，研究零部件的设计、制造精度与技术测量方法。

本教材既体现了高职高专汽车类专业特点，又适用于机电类专业，也可作为高等工科院校及中专、中技的专业教学用书，并可供从事机械设计、机械制造工艺、标准化计量等工作的有关工程技术人员和管理人员参考。

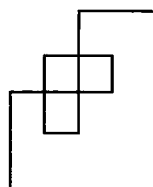
本教材在编写过程中，以贯彻互换性国家标准为主线，以讲清楚互换性与测量基本概念和标准的实际应用为前提，注重体现示范性高职高专教育的特点，淡化理论，实用为主，力求内容精练、深浅适度、重点突出、易于掌握；采用国家最新标准；注重应用能力的培养；适应面广。

本教材共分九章，内容包括绪论、尺寸公差与配合、测量技术基础、形状和位置公差及检测、表面粗糙度与测量、常用标准件的公差配合及检测、圆柱齿轮的公差与检测、常用量具及公差测量实训、尺寸链等。

本教材由北京京北职业技术学院王萍辉任主编，温淑霞、蒋家旺任副主编，北京经济管理干部学院李秋芳、包头职业技术学院韩丽华参编。第一、五章由王萍辉编写；第二、四、九章由温淑霞编写；第三、八章由蒋家旺编写；第六、七章由李秋芳、韩丽华编写。王萍辉负责统稿。

限于编者的水平，书中难免存在缺点、错误之处，恳请广大师生、读者批评指正。

编 者



目 录

| | | |
|-------------------|-----------------------|-----|
| 前言 | 第三节 位置公差及检测 | 46 |
| 第一章 绪论 | 第四节 公差原则 | 61 |
| 第一节 互换性 | 第五节 形位公差的选用 | 66 |
| 第二节 公差与检测 | 习题 | 70 |
| 第三节 标准化与优先数系 | 第五章 表面粗糙度与测量 | 74 |
| 第四节 本课程的性质与要求 | 第一节 概述 | 74 |
| 习题 | 第二节 表面粗糙度的评定 | 75 |
| 第二章 尺寸公差与配合 | 第三节 表面粗糙度的选用与标注 | 81 |
| 第一节 基本术语和定义 | 第四节 表面粗糙度的检测 | 86 |
| 第二节 常用尺寸公差与配合 | 习题 | 88 |
| 第三节 国家标准规定的公差带与配合 | 第六章 常用标准件的公差配合及检测 | 89 |
| 第四节 公差与配合的选用 | 第一节 单键的公差与检测 | 89 |
| 第五节 未标注公差尺寸的极限偏差 | 第二节 矩形花键的公差与检测 | 92 |
| 习题 | 第三节 普通螺纹联接的公差与检测 | 96 |
| 第三章 测量技术基础 | 第四节 滚动轴承的公差与配合 | 109 |
| 第一节 测量的基本概念与量值传递 | 习题 | 116 |
| 第二节 测量器具和测量方法 | 第七章 圆柱齿轮的公差与检测 | 118 |
| 第三节 测量误差 | 第一节 对齿轮传动的基本要求 | 118 |
| 习题 | 第二节 影响渐开线圆柱齿轮精度的因素 | 119 |
| 第四章 形状和位置公差及检测 | 第三节 渐开线圆柱齿轮精度的评定参数与检测 | 122 |
| 第一节 概述 | 第四节 渐开线圆柱齿轮精度 | |
| 第二节 形状公差及检测 | | |

| | | | |
|---------------------------|-----|--------------------|-----|
| 等级及应用 | 127 | 第二节 千分尺类量具 | 149 |
| 第五节 齿坯的精度与齿面 粗糙度 | 134 | 第三节 机械量仪 | 153 |
| 第六节 渐开线圆柱齿轮副 的精度 | 137 | 第九章 尺寸链 | 161 |
| 第七节 齿轮精度设计示例 | 142 | 第一节 概述 | 161 |
| 第八节 新旧国标对照 | 143 | 第二节 用极值法解尺寸链 | 163 |
| 习题 | 146 | 习题 | 168 |
| 第八章 常用量具及公差测量实训 | 147 | 附录 | 169 |
| 第一节 游标类量具 | 147 | 参考文献 | 186 |

第一章 绪 论

第一节 互 换 性

一、互换性的含义

在人们的日常生活中，有大量的现象涉及互换性。例如，灯泡坏了，可以换个新的。自行车、手表、缝纫机、汽车、拖拉机中某个零件坏了，都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。之所以这样方便，是因为这些零件都具有互换性。

什么叫互换性呢？在机械工业生产中，零部件的互换性是指机器或仪器中同一规格的一批合格零件或部件，在装配前，任取其中一件，不需做任何挑选；装配时，不需进行修配和调整；装配后，能满足机器或仪器的使用性能要求。换句话说，零部件的互换性就是同一规格的零部件按规定要求制造，能够彼此相互替换且能保证使用要求的一种特性。

二、互换性的分类

机械制造中的互换性，可分为几何参数互换性与功能互换性。

1) 几何参数互换性是指机器的零部件只在几何参数，如尺寸、形状、位置和表面粗糙度方面充分近似所达到的互换性，所以又称狭义互换性，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) 功能互换性是指机器的零件在各种性能方面都达到了互换性的要求。如几何参数的精度、强度、刚度、硬度、使用寿命、抗腐蚀性、电导性等都能满足机器的功能要求，所以又称广义互换性，往往着重于保证除尺寸配合要求以外的其他功能要求。由于本课程的内容所限，只研究几何参数方面的互换性。

在生产中，由于对产品零件精度要求及生产水平的不同，互换性可分为完全互换和不完全互换两类。

1) 完全互换（绝对互换）。具有完全互换性的零件，制造时按一定的公差要求进行加工，在装配或修配机器时，不需对该零件进行任何修配、调整或选择，任取其一即能装上，而装上后又能完全满足要求。对于一般产品的零件，按现代生产水平都是可以完全做到的，所以应用很广。但当某一产品结构复杂，装配精度要求较高，生产条件又不能完全适应时，则会采用不完全互换法。

2) 不完全互换（有限互换）。具有不完全互换性的零件，制造时可按一定公差加工，但在装配时要经过适当分组、调整或修配才能装上，而装上后也能满足要求。以分组法为例，如某机器部件要求装配精度较高，采用完全互换将使零件公差很小，加工很难，成本也高，甚至无法加工。这时，可将零件公差适当地放大，使之便于加工，而在零件加工完毕后，再用测量器具将零件按实际尺寸分为若干组，此时每组之间的零件尺寸差别减小，装配时按相

应的组进行装配（大孔装大轴，小孔装小轴）。这样既保证了装配精度要求，又使加工容易，降低了成本，实际上也是一种提高装配精度的措施。这种互换，仅组内零件可以互换，而组与组之间的零件不能互换，故称为不完全互换。

例如，在生产中获得了大量应用的滚动轴承部件，轴承内、外圈与轴或者孔的配合采用完全互换，而轴承内、外圈滚道与滚珠之间的配合，则因其组成零件的精度要求高，加工困难，通常采用分组装配，故为不完全互换。

一般地说，使用要求与制造水平、经济效益没有矛盾时，可采用完全互换；反之采用不完全互换。对于企业间协作，应采用完全互换；企业内部生产的零部件的装配，可以采用不完全互换。

究竟采用完全互换还是不完全互换，或者部分地采用修配调整，要由产品的精度要求与复杂程度、产品大小（生产规模）、生产设备、技术水平等一系列因素决定。

三、互换性的作用

互换性在产品的设计、制造、使用和维修等方面都有着极其重要的作用。

从设计方面看，按互换性进行设计，可以最大限度地采用标准件、通用件，大大减少计算、绘图等工作量，缩短设计周期，并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计。这对发展系列产品，促进产品结构、性能的不断改进，都有重大作用。

从制造方面看，互换性不仅有利于组织大规模的专业化生产，而且有利于采用先进工艺和效率的专用设备，用计算机辅助制造，还有利于实现加工和装配过程的机械化、自动化，从而减轻工人的劳动强度，提高生产率，保证产品质量，降低生产成本。

从使用维修方面看，零部件具有互换性，可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零件，因此减少了机器的维修时间和费用，保证机器能连续而持久地运转，提高了机器的使用寿命和使用价值，提高了设备的利用率。

综上所述，互换性对保证产品质量、提高生产效率和增加经济效益具有重大的意义。它不仅适用于大批量生产，即便是单件小批量生产，也常常采用已标准化了的具有互换性的零部件。因此，互换性已成为现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。

第二节 公差与检测

零件在加工过程中，不可避免地会产生各种误差。要想把同一规格的一批零件的几何参数做得完全一致是不可能的，实际上也没有必要。只要把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。

零件几何参数误差的允许范围叫做公差，用以限制误差。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差和角度公差等。

工件的误差在公差范围内，为合格件；超出了公差范围，为不合格件。公差是允许实际参数值的最大变动量，也可以说是允许的最大误差。误差是在加工过程中产生的，而公差则是由设计人员给定的。设计者的任务就在于正确地规定公差，并把它在图样上明确表示出来。显然，在满足功能要求的前提下，公差应尽量规定得大些，以方便制造和获得最佳的技术经济效益。

完工后的零件是否满足公差要求,要通过检测加以判断。检测包含检验与测量。几何量的检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内,并作出合格性判断,而不必得出被测量的具体数值;测量是将被测量与作为计量单位的标准量进行比较,以确定被测量的具体数值的过程。检测不仅用来评定产品质量,而且用于分析产生不合格品的原因,及时调整生产,监督工艺过程,预防废品产生,检测是机械制造的“眼睛”。无数事实证明,产品质量的提高,除设计和加工精度的提高外,往往也有赖于检测精度的提高。

综上所述,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和手段。

第三节 标准化与优先数系

一、标准化

现代化生产的特点是规模大、品种多、分工细和协作多,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

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。

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

标准按不同的级别颁发。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准代号为 GB,是对全国范围内需统一的技术要求。行业标准,如机械标准(JB)等,是对全国某个行业范围内统一的技术要求。地方标准代号为 DB,是在某一地域范围内需统一的技术要求。企业标准代号为 Q,是在某一企业内需统一的技术要求。

在我国,按照标准化对象的特性,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准等。基础标准是指一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用、具有广泛指导意义的标准,如《极限与配合》、《形状和位置》公差标准等。

《中华人民共和国标准化法》规定,国家标准和行业标准又分为强制性标准和推荐性标准。少量的有关人身安全、健康、卫生及环境之类的标准属于强制性标准。国家用法律、行政和经济等手段来实施强制性标准。大量的标准属于推荐性标准。推荐性国家标准代号为 GB/T,推荐标准也应积极采用。因为标准是科学技术的结晶,是多年实践经验的总结,它代表了先进的生产力,对生产具有普遍指导作用。

在国际上,有国际标准化组织(简称 ISO)和国际电工委员会(简称 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 年恢复了 ISO 组织成员资格。

2. 标准化

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。也是指制定标准、贯彻标准和修改标准的全过程,是一个系统工程。

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。要全面保证零件的互换性,不仅要合理地确定零件制造公差,还必须对影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化,如优先数系、形状与位置公差及表面质量参数的标准化、计量单位及检测规定等的标准化等。可见,在机械制造业中,任何零部件要使其具有互换性,都必须实现标准化,没有标准化,就没有互换性。

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。

二、优先数和优先数系标准

工程上各种技术参数的简化、协调和统一,是标准化的重要内容。

在制订工业标准的表格以及进行产品设计时,都会遇到选择数值系列的问题。为了满足市场需求,同一品种、同一参数,还要从大到小取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。这个系列确定得是否合理,与所取的数值如何分档、分级直接有关。

产品设计中的参数往往不是孤立的,一旦选定,这个数值就会按照一定规律,向一切有关的参数传播。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响与之配合的螺母的尺寸,螺钉旋具、板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸及加工螺栓孔的钻头、铰刀的尺寸等。这种技术参数的关联和传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

由于数值如此不断关联、不断传播,所以,机械产品中的各种技术参数不能随意确定,否则将会出现品种规格恶性膨胀的混乱局面,给生产组织、协调配套以及使用维护带来极大的困难。

为使产品的设计参数选择能遵守统一的规律,使参数选择一开始就纳入标准化轨道,必须对各种技术参数的数值作出统一规定。《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技术参数尽可能采用它。

GB/T 321—2005 中规定以十进制等比数列为优先数系,并规定了五个系列,它们分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,其中前四个系列作为基本系列,R80 为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比为

$$R5 \text{ 的公比: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$R10 \text{ 的公比: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20 \text{ 的公比: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40 \text{ 的公比: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$R80 \text{ 的公比: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

优先数系的五个系列中任一个项值均为优先数。按公比计算得到优先数的理论值,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。根据圆整的精确度,可分为计算值和常用值,即:

- 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。

表 1-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB/T 321—2005)

| 基本系列 (常用值) | | | | 计 算 值 | |
|------------|-------|-------|---------|---------|--------|
| R5 | R10 | R20 | R40 | | |
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.0000 | |
| | | 1.25 | 1.12 | 1.06 | 1.0593 |
| | | | 1.25 | 1.12 | 1.1220 |
| | | | 1.40 | 1.18 | 1.1885 |
| | | | 1.50 | 1.25 | 1.2589 |
| | 1.40 | | 1.32 | 1.3335 | |
| | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.40 | 1.4125 |
| | | | 1.80 | 1.50 | 1.4962 |
| | | | 2.00 | 1.60 | 1.5849 |
| | | | 2.24 | 1.70 | 1.6788 |
| 2.24 | | | 1.80 | 1.7783 | |
| 2.50 | | 2.00 | 2.00 | 1.80 | 1.8836 |
| | | | 2.24 | 1.90 | 1.8836 |
| | | | 2.50 | 2.00 | 1.9953 |
| | | | 2.80 | 2.12 | 2.1135 |
| | | | 3.15 | 2.24 | 2.2387 |
| | 4.00 | 2.50 | 2.50 | 2.36 | 2.3714 |
| | | | 2.80 | 2.50 | 2.5119 |
| | | | 3.15 | 2.65 | 2.6607 |
| | | | 3.55 | 2.80 | 2.8184 |
| | | | 3.55 | 3.00 | 2.9854 |
| 6.30 | | 3.15 | 3.15 | 3.15 | 3.1623 |
| | | | 3.55 | 3.35 | 3.3497 |
| | | | 4.00 | 3.55 | 3.5481 |
| | | | 4.50 | 3.75 | 3.7581 |
| | | | 5.00 | 4.00 | 3.9811 |
| | 10.00 | 4.00 | 4.00 | 4.25 | 4.2170 |
| | | | 4.50 | 4.50 | 4.4668 |
| | | | 5.00 | 4.75 | 4.7315 |
| | | | 5.60 | 5.00 | 5.0119 |
| | | | 6.00 | 5.30 | 5.3088 |
| 8.00 | | 6.30 | 5.60 | 5.6234 | |
| | | 7.10 | 6.00 | 5.9566 | |
| | | 8.00 | 6.30 | 6.3096 | |
| | | 9.00 | 6.70 | 6.6834 | |
| | | 9.50 | 7.10 | 7.0795 | |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 7.50 | 7.4980 | |
| | | 10.00 | 8.00 | 7.9433 | |
| | | 10.00 | 8.50 | 8.4140 | |
| | | 10.00 | 9.00 | 8.9125 | |
| | | 10.00 | 9.50 | 9.4405 | |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.0000 | 10.0000 | |

表 1-1 中列出了 1~10 范围内基本系列的常用值和计算值。如将表中所列优先数乘以 10, 100, …, 或乘以 0.1, 0.01, …, 即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

标准还允许从基本系列和补充系列中隔项取值组成派生系列。如在 R10 系列中每隔两项取值得到 R10/3 系列, 即 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, …, 它即是常用的倍数系列。

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、转速及功率等的分级, 基本上都是按优先数系进行的。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。

第四节 本课程的性质与要求

一、本课程的性质

“公差配合与技术测量”是机械类各专业必须掌握的一门重要的技术基础课, 在教学中起着联系基础课及其他技术基础课与专业课程的桥梁作用, 也起着联系设计类课程与制造工艺课程的纽带作用, 它以互换性内容为基础, 紧紧围绕机械产品零部件的制造误差和公差及其关系, 研究零部件的设计、制造精度与技术测量方法, 研究如何解决使用要求与制造要求的矛盾。

本课程由“公差配合”与“技术测量”两部分组成, 其基本理论是精度理论, 研究的对象是零部件几何参数的互换性, 在生产实践中应用广泛, 实践性强, 它能使学生学到有关精度理论和测量的基本知识与技能。

本课程的特点是术语定义、符号、代号、图形、表格多; 公式推导少, 经验数据、定性解释、具体规定多; 内容涉及面广, 章节之间系统性、连贯性不强。

随着科学技术的迅猛发展和生产水平的不断提高, 对机械产品的功能和质量的要求也越来越高。为了适应国民经济现代化进程的需要, 必须学习和研究互换性与测量技术中的最新科研成果。

二、本课程的要求与学习方法

1. 本课程的要求

学生在学习本课程之前, 应具有一定的理论知识和初步的生产实践知识, 能读图并懂得图样的注法; 学生完成本课程的学习任务以后, 要学会机械零件精度设计的原则和方法, 以及确保产品质量的检测技术, 初步达到:

- 1) 建立几何参数互换性与标准化的基本概念。
- 2) 掌握本课程中有关国家标准的内容和原则。认识各种几何参数有关公差标准的基本内容和主要规定。
- 3) 学会和掌握零件的精度设计内容和方法。
- 4) 会初步选用公差和配合; 对常见公差要求会正确标注、解释和查用有关表格。
- 5) 了解各种典型的测量方法, 学会正确选择、使用生产现场的常用计量器具和仪器, 能对一般几何量进行综合检测 and 数据处理。

本课程除课堂教学要讲授检测知识外,为了强化学生的检测技能,可考虑安排专用实验周。此外,为了培养学生的综合运用能力和设计能力,可考虑布置适当的大型作业。

2. 本课程的学习方法

1) 应当了解本课程的主干是各国家标准。公差标准就是技术法规,要注意其严肃性,在进行精度设计时既要满足标准规定的原则,又要根据不同的使用要求灵活选用。

2) 在学习中,应当了解每个术语、定义的实质,及时归纳总结并掌握各术语及定义的区别和联系。

3) 注意实践环节的训练,独立操作、独立思考,做到理论与实践相结合。

4) 只有在后续课程(设计类和工艺类课程)学习中,特别是机械零件课程设计、专业课课程设计和毕业设计中,才能加深对本课程学习内容的理解,初步掌握精度设计的要领。因此,要与相关课程的知识联系,使学到的公差配合理论得以举一反三,能达到实际应用的目的。

5) 应当认真独立完成作业,巩固并加深对所学内容的理解与记忆。

习 题

1-1 什么叫互换性?完全互换与不完全互换有何区别?

1-2 互换性在机械制造中有何意义?

1-3 按标准颁发级别分,标准有哪几种?

1-4 下面两列数据属于哪种系列?公比 q 为多少?

(1) 某机床主轴转速为 50、63、80、100、125、...单位为 r/min。

(2) 表面粗糙度 R_a 的基本系列为: 0.012、0.025、0.050、0.100、0.200、...单位为 μm 。

第二章 尺寸公差与配合

在机器制造业中，“公差”是用于协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾；“配合”是反映机器零件之间有关功能要求的相互关系。尺寸公差与配合是保证产品质量的首要问题。国家标准《极限与配合》是机械制造中重要的基础标准之一，它的应用几乎涉及国民经济的所有部门，在机械制造中具有重要的作用。该标准不仅适用于应用最为广泛的圆柱表面，也适用于其他非圆柱形光滑工件的尺寸。本章着重阐述《极限与配合》的基本概念及应用。

第一节 基本术语和定义

一、有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

以特定单位表示长度值的数字。例如，一根轴的长度为 50mm，则 50 就是一个尺寸，mm（毫米）就是特定长度的单位。在机械制图中毫米可以省略不写，当以其他长度单位表示尺寸时，应加以标明。

2. 基本尺寸

设计给定的尺寸。孔的基本尺寸用 D 表示，轴的基本尺寸用 d 表示。基本尺寸是在设计零件时，根据使用要求，通过刚度、强度计算或结构等方面的考虑，并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸。

3. 实际尺寸

通过测量获得的尺寸。由于测量过程存在测量误差，所以实际尺寸并非真值，而且由于表面形状误差的存在，零件同一表面不同部位的实际尺寸往往是不同的。通常任意两相对点之间测得的尺寸称为局部实际尺寸。如图 2-1 所示， d_1 、 d_2 都是轴的局部实际尺寸。除非特别指明，通常所谓实际尺寸均指局部实际尺寸。

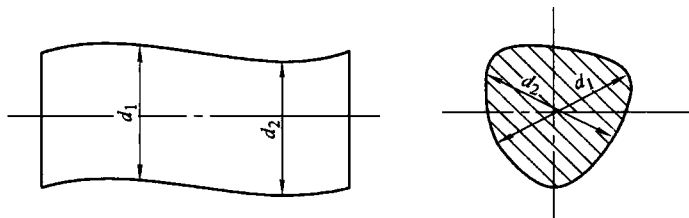


图 2-1 实际尺寸

4. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个极限值。它以基本尺寸为基数来确定。两个极限尺寸中较大的一个

称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸。孔的最大极限尺寸用 D_{\max} 表示，最小极限尺寸用 D_{\min} 表示；轴的最大极限尺寸用 d_{\max} 表示，最小极限尺寸用 d_{\min} 表示，如图 2-2 所示。设计中规定极限尺寸是为了限制零件实际尺寸的变动，实际尺寸在两个极限尺寸之间为合格，也可以等于极限尺寸。

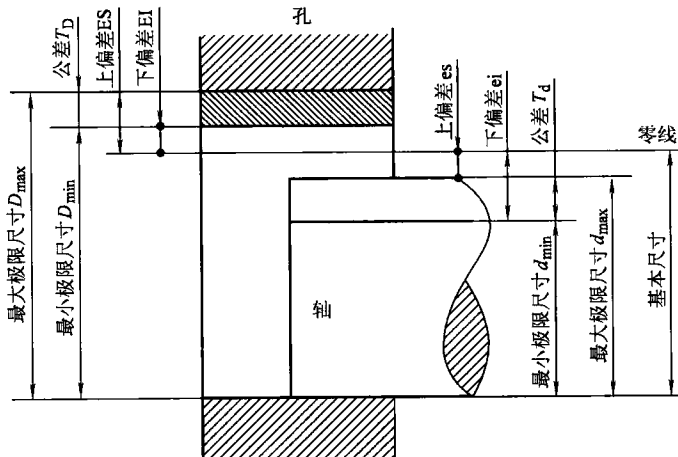


图 2-2 极限与配合示意图

二、有关公差与偏差的术语和定义

1. 尺寸偏差（简称偏差）

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。由于尺寸有实际尺寸和极限尺寸之分，所以偏差也有实际偏差和极限偏差两种。实际偏差是指实际尺寸减基本尺寸所得的代数差。极限偏差是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；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。极限偏差用于控制实际偏差，实际偏差在极限偏差之间为合格，也可等于极限偏差。

国标规定孔的上偏差用 ES 表示，轴的上偏差用 es 表示，孔的下偏差用 EI 表示，轴的下偏差用 ei 表示，如图 2-2 所示。极限偏差的计算公式如下：

$$ES = D_{\max} - D$$

$$EI = D_{\min} - D$$

$$es = d_{\max} - d$$

$$ei = d_{\min} - d$$

由于实际尺寸和极限尺寸有可能大于、小于或等于基本尺寸，所以偏差值可以为正直、负值或零，在计算和书写时必须带有正负号。

国标规定，在图样上标注极限偏差时，上偏差应标注在基本尺寸的右上方，下偏差应与基本尺寸标注在同一底线上，如 $\phi 30 \begin{smallmatrix} +0.087 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$ 。当上偏差或下偏差为零时，零值仍需标出，如 $\phi 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.039 \end{smallmatrix}$ 。当上、下偏差绝对值相等而符号相反时，如基本尺寸为 $\phi 30$ ，上偏差为 $+0.008$ ，下偏差为 -0.008 ，应标注为 $\phi 30 \pm 0.008$ 。

2. 尺寸公差（简称公差）

允许尺寸的变动量。尺寸公差等于最大极限尺寸减最小极限尺寸的差，也等于上偏差减

下偏差之差。

国标规定孔的公差用 T_D 表示, 轴的公差用 T_d 表示, 如图 2-2 所示, 公差计算式如下:

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

由于加工误差不可避免, 所以公差不能取零值, 更不能为负值。因此公差是个绝对值。

3. 公差带图及公差带

图 2-2 为极限与配合示意图, 表明了两个相互结合的孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差之间的关系。在实际应用中, 为了简便起见, 可以不必画出孔与轴的全形, 只要将有关部分放大出来就可以了, 这就是公差带图, 如图 2-3 所示。

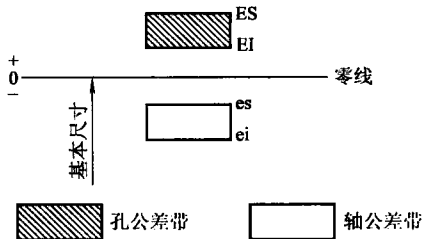


图 2-3 公差带图

在公差带图中, 表示基本尺寸并用以确定偏差的基准直线称为零偏差线, 简称零线。零线以上的偏差为正偏差, 零线以下的偏差为负偏差。

在公差带图中, 由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域叫公差带。

公差带图的作图步骤如下:

- 1) 画零线, 标“0”、“+”、“-”, 用箭头指向零线表示基本尺寸, 标上基本尺寸。
- 2) 按适当比例画出孔、轴公差带。
- 3) 标出孔、轴上、下偏差值及其他要求的数值。

分析公差带图可以得出, 公差带有“公差带大小”和“公差带位置”两个要素。公差带大小取决于公差值, 即公差带在垂直于零线方向的宽度; 公差带相对于零线的位置取决于某一个极限偏差值, 这个极限偏差值称为基本偏差。

例 2-1 已知孔轴的基本尺寸为 65mm, 孔的最大极限尺寸 $D_{\max} = 65.019\text{mm}$, 孔的最小极限尺寸 $D_{\min} = 65\text{mm}$, 轴的最大极限尺寸 $d_{\max} = 64.990\text{mm}$, 轴的最小极限尺寸 $d_{\min} = 64.977\text{mm}$, 现测得孔、轴的实际尺寸分别为 65.010mm 和 64.980mm, 求孔和轴的极限偏差、实际偏差及公差, 并画出公差带图。

解:

$$(1) \text{ 孔的极限偏差: } ES = D_{\max} - D = (65.019 - 65)\text{mm} = +0.019\text{mm}$$

$$EI = D_{\min} - D = (65 - 65)\text{mm} = 0$$

$$\text{轴的极限偏差: } es = d_{\max} - d = (64.990 - 65)\text{mm} = -0.010\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = (64.977 - 65)\text{mm} = -0.023\text{mm}$$

$$(2) \text{ 孔的实际偏差} = (65.010 - 65)\text{mm} = +0.010\text{mm}$$

$$\text{轴的实际偏差} = (64.980 - 65)\text{mm} = -0.020\text{mm}$$

$$(3) \text{ 孔的公差: } T_D = D_{\max} - D_{\min} = (65.019 - 65)\text{mm} = 0.019\text{mm}$$

轴的公差: $T_d = d_{\max} - d_{\min} = (64.990 - 64.977) \text{mm} = 0.013 \text{mm}$

(4) 公差带图如图 2-4 所示。

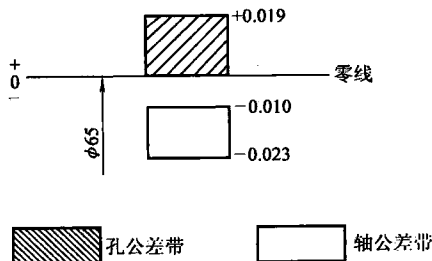


图 2-4 公差带图

三、有关配合的术语和定义

1. 配合

基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。配合反映了机器上相互结合的零件之间的松紧程度。应当注意的是组成配合的一组孔和轴其基本尺寸必须相同。根据使用要求的不同,孔和轴之间的配合有松有紧,由此配合分三类,即间隙配合、过盈配合、过渡配合。

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时叫做间隙,用 X 表示;为负时叫做过盈,用 Y 表示。

2. 间隙配合

具有间隙的配合(包括最小间隙为零的配合),此时孔公差带在轴公差带的上方,如图 2-5 所示。

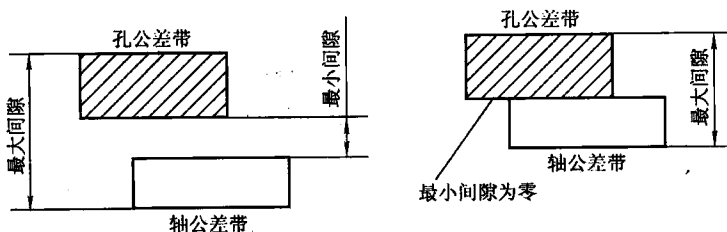


图 2-5 间隙配合公差带图

从图中可以看出,孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差,或孔的上偏差减轴的下偏差所得的代数差,称为最大间隙,用 X_{\max} 表示;孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差,或孔的下偏差减轴的上偏差所得的代数差,称为最小间隙,用 X_{\min} 表示。其计算式如下:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

由于孔、轴是有公差的,所以实际间隙的大小将随着孔和轴实际尺寸的变化而变化。

3. 过盈配合

具有过盈的配合(包括最小过盈为零的配合),此时孔的公差带在轴的公差带的下方,