

石油化工大专院校统编教材

互换性与测量技术基础

展学舜 主编



轻工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了机械几何量的互换性、我国公差与配合方面的最新标准，阐述了测量技术的基础知识、基本原理和方法，反映了国内外一些新的测量技术。其内容主要有：互换性与标准化的基本概念，测量技术基础，尺寸公差与光滑圆柱体结合的互换性，形位公差与测量，表面粗糙度与测量，量规与光滑工件尺寸的检验，滚动轴承与结合件的互换性，螺纹（包括管螺纹）结合的互换性，圆柱齿轮传动的互换性，尺寸链以及圆锥和角度公差，键和花键公差等。

每章都编有学习指导、思考与练习，最后附有综合运用全书知识的综合性例题。

本书可供高等专科学校机械类各专业作为教材，职大、业大和中专等学校的同类专业也可选用。并可供工厂的机械工程师及长度计量、机械检验人员参考。

石油化工大专院校统编教材 互换性与测量技术基础

展学舜 主编

*

经加工出版社出版
北京京辉印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 18¹/₄印张 455千字 印1—2,800
1990年9月北京第1版 1990年9月北京第1次印刷
ISBN 7-80043-150-9/TH·021 定价：3.95元

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等专科学校机械类各专业的一门重要技术基础课程。在教学中，本课程起着联系基础课及其它技术基础课与专业课的桥梁作用，也起着联系设计类课程与制造工艺类课程的纽带作用。在内容上，本课程不仅将标准化与计量学两个领域的有关部分有机地结合在一起，而且涉及机械设计、机械制造、质量控制和生产组织管理等许多方面。

本书注意加强基础，突出应用，力求反映国内外的最新成就。在公差与配合方面，全书基本上按我国最新标准编写，着重讲清其基本概念和基本理论，阐明公差与配合的实质，而不是简单地论述公差标准；全书本着学以致用原则，在给出选用公差与配合的基本原则和方法之后，结合石油化工机械和通用机械等列举了大量的应用实例。在测量技术方面，着重阐明测量技术的基础知识和常用测量器具的工作原理；对于典型零件和典型几何量的测量，则重点讲清其测量原理，以有助于理解其相应的公差概念；至于具体测量仪器的构造和使用方法，则留在实验指导书中介绍；另外，书中简要介绍了一些新的测量技术，以使学生开阔眼界，拓宽思路。

在内容编排上，注意了知识的系统性，力求条理化，尽量做到层次分明，重点突出。

为便于学生学习和复习，各章后除思考与练习题之外，还编写了学习指导。文中小字部分是作为加深或拓宽的内容，可供学生自学。

本书由上海石油化工专科学校展学舜主编。第一、二、三、五、六、九章和附录B由展学舜编写，第四、八章和附录A、C由北京石油化工专科学校郑茵薇编写，第七章由辽阳石油化工专科学校姜万成编写，第十章由抚顺石油学院夏成林编写。

本书由同济大学过馨葆副教授、上海交通大学张鄂教授、北京化工学院崔立本副教授审稿，并提出了修改意见。另外，在编写过程中，李国志、和国良、奚佩华、钱玉良和童继生等同志帮助做了许多工作，特表感谢。

由于我们的水平有限，书中难免有缺点和错误之处，热忱欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 互换性	1
§ 1-2 加工误差和公差	2
§ 1-3 互换性生产的基础和技术保证	3
§ 1-4 优先数和优先数系	5
§ 1-5 本课程的性质与任务	6
第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合	8
§ 2-1 基本术语及定义	8
§ 2-2 公差与配合的标准化	14
§ 2-3 公差与配合的选用	28
§ 2-4 公差与配合旧国标简介及新旧国标代换	39
第三章 测量技术基础	46
§ 3-1 测量的基本概念	46
§ 3-2 长度基准和量值传递	48
§ 3-3 测量器具	50
§ 3-4 测量误差和测量数据处理	59
第四章 形状和位置公差	73
§ 4-1 概述	73
§ 4-2 形位公差带	77
§ 4-3 形位公差与尺寸公差的关系	25
§ 4-4 形位公差的标注	92
§ 4-5 形位公差的选用	98
§ 4-6 形位误差的检测	104
第五章 表面粗糙度	118
§ 5-1 概述	118
§ 5-2 表面粗糙度的评定	119
§ 5-3 表面粗糙度的选用和标注	122
§ 5-4 表面粗糙度的测量	128
第六章 光滑工件尺寸的检验	132
§ 6-1 用通用测量器具测量检验	132
§ 6-2 光滑极限量规	134
第七章 滚动轴承与结合件的互换性	141
§ 7-1 滚动轴承的公差	141
§ 7-2 滚动轴承配合及其选用	142

第八章 螺纹结合的互换性	149
§ 8-1 概述	149
§ 8-2 螺纹互换性特点	150
§ 8-3 普通螺纹的公差配合及其选用	155
§ 8-4 管螺纹公差	161
§ 8-5 梯形螺纹公差	167
§ 8-6 螺纹的测量	171
第九章 圆柱齿轮传动的互换性	176
§ 9-1 概述	176
§ 9-2 齿轮误差与侧隙的评定指标	178
§ 9-3 渐开线圆柱齿轮精度标准	191
§ 9-4 齿轮整体误差测量简介	203
第十章 尺寸链	208
§ 10-1 概述	208
§ 10-2 完全互换法解尺寸链	211
§ 10-3 大数互换法解尺寸链	218
§ 10-4 解尺寸链的其它方法	223
附录 A 综合例题	227
附录 B 圆锥和角度公差	233
附录 C 键和花键公差	239
附录 D 各章附表	245
参考文献	284

第一章 绪 论

§ 1-1 互 换 性

一、互换性的意义和作用

随着国民经济和科学技术的发展,对机械、设备不仅要求产量大、品种多,而且要求质量好、成本低。为了适应这种形势和要求,除了不断改进和完善产品结构、采用先进的设备与工艺方法制造之外,还经常采取分工协作的方式组织生产,即将组成机器的各种零部件分散在各个专业工厂或车间按规定的要求制造,最后集中到一个工厂或车间进行装配。装配时,在制成的一批同规格零部件中任取一件,不附加任何修配,便能顺利地与其它零部件安装在一起而组成一台机器,并且能够达到规定的使用性能要求。之所以能这样,是因为这些零部件在使用功能上具有能在同规格的范围彼此互相替换的性能。

零部件所具有的不经任何挑选或修配便能在同规格范围内互相替换使用的特性叫做互换性。

零部件的互换性应包括几何参数、材料的机械性能和其它物理及化学性能等参数的互换性。但本教材仅讨论几何参数的互换性。

按照互换性的原则组织生产,在社会主义现代化建设中具有重要的技术和经济意义。

在设计方面,零部件具有互换性,就可以最大限度地采用标准件、通用件,从而大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期。

在制造方面,互换性有利于组织协作生产,专业化生产,以利于采用先进工艺和高效率的专用设备,直至用计算机辅助制造,实现加工过程和装配过程机械化、自动化,从而大幅度地提高劳动生产率,提高产品质量,降低生产成本。

在新产品试制中,尽可能多地采用具有互换性的通用零部件,可缩短试制周期,而且能把精力集中在关键零部件的研制上,有利于提高产品质量,减少试制费用。

在设备维修方面,互换性也是很重要的。计划维修或机器在使用中因零件损坏而停顿,用具有互换性的备件迅速更换,可以缩短修理时间,提高机器的利用率和延长使用寿命。

总之,互换性在提高劳动生产率、产品质量和经济效益等方面都具有十分重要的意义。因此,互换性已成为现代机器制造业中被广泛遵守的一项原则。但是,应当指出,在实际生产中不能要求所有的零部件都具有互换性。对于不同的机器,应该根据其生产批量、零部件的通用性和精度高低等,要求具有互换性的零部件数量有多有少,要求互换性的程度有高有低。

二、互换性的类型

互换性按其互换的程度可分为完全互换性(又称绝对互换性)和不完全互换性(又称有限互换性)两种类型。

零部件在装配或更换时，若不经任何附加的挑选、调整或修配，且装配后产品的精度与使用性能都在允许的范围内，则称其为完全互换性。完全互换性简称互换性。

采用完全互换性的优点很多，但并不是说在任何情况下都有利。当装配精度要求很高时，若采用完全互换性，势必对零件的制造精度要求很高，结果使得加工困难、成本增加，甚至无法加工。这时，可将零件的制造精度适当降低，使其便于加工。而在零件完工后，再通过测量将零件按实际尺寸的大小分为若干组，使各组组内零件间实际尺寸的差别减小，装配时按对应组进行（如大孔与大轴相配，小孔与小轴相配）。这样，既可保证装配精度和使用要求，又能解决加工上的困难，降低成本。但此时，仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，故称为不完全互换性。

一般而言，零部件需厂际协作时应采用完全互换性；部件或构件在同一厂内制造和装配时，可采用不完全互换性。

在单件小批生产，特别是重型和精密机械零件的制造中，为了减少成本，往往需要降低零件的制造精度，同时在装配时采取对某零件进行辅助加工或用其它方法来达到装配精度，以保证使用要求。此时，该零件已不具有互换性。

§ 1-2 加工误差和公差

一、加工误差

在机械加工中，由于受到“机床—夹具—刀具—工件”工艺系统的误差、弹性变形、热变形及工件和刀具的定位安装误差等多种因素的影响，完工后零件的实际形状和尺寸等几何参数对其理想参数都存在着一程度的差异，这种差异通常称为加工误差。如图 1-1 所示的轴套，其理想形状如双点划线所示，假如实际形状为粗实线所示，它们之间的差值就是加工误差。

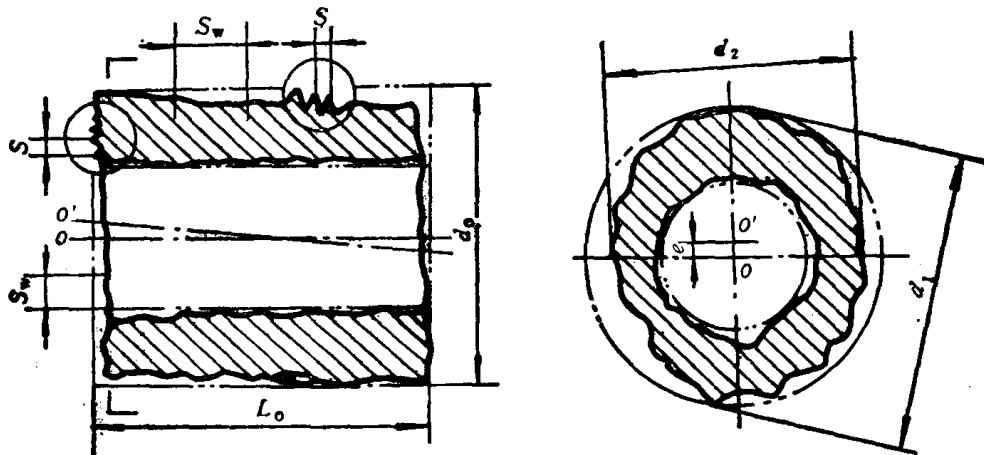


图 1-1 零件的几何参数误差

根据误差的形态，可把零件的加工误差分为尺寸误差、几何形状误差和位置误差三大类。

1. 尺寸误差

完工后零件的实际尺寸与规定尺寸的差值，即为尺寸误差。如图 1-1 所示轴套外径的实际尺寸 d_1 、 d_2 与规定的外径 d_0 的差值，就属于尺寸误差。

所谓标准，就是指为了取得国民经济的最佳效果，对需要协调统一的具有重复性特征的物质（如产品、零部件等）和概念（如术语、规则、方法、代号、量值等），在总结科学试验和生产实践的基础上，由有关方面协调制订，经主管部门批准后，在一定范围内作为活动的共同准则和依据。

所谓标准化，就是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程。这个过程包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制订和贯彻标准，以后还要修订标准等等。

标准的种类繁多，标准化的范围极其广泛。按标准化对象的特征，技术标准大致可归纳为基础标准、产品标准、方法标准、卫生标准、安全与环境保护标准等几种。基础标准是指在一定范围内作为其它标准的基础，被普遍使用、具有广泛指导意义的标准，如计量单位、优先数系、机械制图、公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、零件结构要素等标准。

标准化的影响也是多方面的。标准化是组织现代化大生产的重要手段，是实现专业化协作生产的前提，是科学管理的重要组成部分。标准化也是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的技术纽带，是使整个社会经济活动合理化的技术基础。标准化又是发展对外贸易，搞好国际间的技术交流，提高产品在国际市场上竞争力的技术保证。因此，搞好标准化，对于高速度发展国民经济，提高产品和工程建设质量，搞好环境保护和安全生产，改善人民生活等，都有着重要作用。

标准化可以按不同级别制订和发布。我国技术标准分为国家标准、部标准（专业标准）和企业标准三级。国家标准是指由国家标准总局批准、发布，在全国范围内实施的标准，其代号为GB。部标准是指由国务院各部（委）的标准化主管机构批准、发布，在该系统范围内实施的标准。企业标准是指由企（事）业自行制订的标准，如工厂标准、行业标准等，这类标准只在企（事）业内部具有约束力。

从世界范围看，有国际标准和地区性标准。随着生产的发展，国际间的技术交流和经济贸易越来越频繁，1926年成立了国际标准化协会（简称ISA）。第二次世界大战后，1947年重建国际标准化协会，改名为国际标准化组织（简称ISO）。现在，这个世界上最大的标准化组织已经成为联合国甲级咨询机构。70年代以来，标准化进入了一个新的发展阶段，这个阶段的最大特点是标准的国际化。据统计，ISO已制订了约8000个国际标准。这些标准，除一部分是协调各国标准的妥协性产物外，大部分都集中了许多国家的先进经验和现代科学技术成就。因此，积极采用国际标准的国家越来越多。

自1978年我国重新参加国际标准化组织以来，陆续修订了我国的标准，修订的原则是：在立足于我国生产实际的基础上，考虑到生产发展的需要，采用国际公差制。例如：《公差与配合》、《形状和位置公差》、《表面粗糙度》等国家标准都按这一原则进行了修订。

有了先进的公差标准，设计机械产品时也合理地选定了公差，至此，是否就能说零部件就一定具有互换性了呢？不能，还必须按照标准和技术要求进行测量与检验，经检验合格的零部件才具有互换性。可见，测量技术是实现互换性生产的技术保证。

必须指出，测量与检验的目的不仅仅在于判断工件是否合格，还有其积极的一面，这就是根据测量与检验的结果，分析产生废品的原因，以便改进工艺，从而减少或消除废品。

随着生产和科学技术的发展，对测量的精确度和效率提出越来越高的要求。产品质量的提高，有赖于测量精确度的提高；生产效率的提高，在一定的程度上也有赖于测量效率的提高。

§ 1-4 优先数和优先数系

在产品设计和制订技术标准时，涉及到很多技术参数，而且这些数字在生产各环节中往往不是孤立的。当选定一个数值作为某产品的参数指标后，这个数值就会按一定的规律向一切相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。例如，化工生产中需要各种不同流量和扬程的离心泵，当泵的流量和扬程一旦确定，则其电动机的功率和转速也随之确定，而且必然会影响到其零部件（轴、轴承、键、联轴器等）的尺寸和材料规格以及生产这些零部件所需的刀具、量具、夹具和机床等的有关参数数值。显然，这种技术参数的传播，在生产实际中是极为普遍的现象，并且跨越行业和部门的界限。由于工程技术上的参数数值如此互相关联，不断传播，如果随意取值，势必给组织生产、协作配套和设备维修带来很大困难。因此，为了既能满足使用上对产品的多种需要，又能简化生产，必须从全局出发，对各种技术参数加以协调、简化和统一。优先数和优先数系正是进行这种协调、简化和统一的一种科学的数值制度。

现在普遍采用的优先数系是一种十进制几何级数，即级数的项值中包括 $1, 10, 100, \dots, 10^N$ 和 $0.1, 0.01, \dots, 1/10^N$ 这些数 (N 为正整数)。按 $1 \sim 10, 10 \sim 100, \dots$ 和 $1 \sim 0.1, 0.1 \sim 0.01, \dots$ ，划分区间，称为十进段。级数的公比 $q = \sqrt[r]{10}$ ，这里 r 为每个十进段内的项数。我国标准 GB 321—80《优先数和优先数系》与国际标准采用的优先数系相同，规定的 r 值有 5, 10, 20, 40, 80 五种，分别采用国际代号 R5、R10、R20、R40、R80 表示。五种优先数系的公比如下：

$$R5 \text{ 系列} \quad q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$$

$$R10 \text{ 系列} \quad q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$$

$$R20 \text{ 系列} \quad q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40 \text{ 系列} \quad q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$$

$$R80 \text{ 系列} \quad q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0292 \approx 1.03$$

R5、R10、R20和R40是常用系列，称为基本系列，而R80则作为补充系列。R5系列中的项值包含在R10系列之中，R10的项值包含在R20之中，R20的项值包含在R40之中，R40的项值包含在R80之中。

优先数系中的任何一项项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值，一般是无理数，不便于实际应用。因此实际应用的都是其近似值，根据取值情况可分为以下三种：

1. 计算值：取五位有效数字，它对理论值的相对误差小于 $1/20000$ ，供精确计算用。
2. 常用值：取三位有效数字，它对计算值的最大相对误差为 $+1.26\%$ 和 -1.01% 。通常所称的优先数就是这种常用值（见附表1-1）。
3. 化整值：是将基本系列中的常用值作进一步圆整后所得的数值。例如，对R10系列中的 3.15，有第一化整值 3.2 和第二化整值 3。化整值系列中规定的所有化整值中，对计算值的最大相对误差为 $+1.5\%$ 和 -5.36% ，故化整值一般不宜采用。

另外，为了使优先数系有更大的适应性，可从基本系列中每隔几项选取一个优先数，组成新的系列，此即派生系列。例如，经常使用的派生系列 $R_{\frac{10}{3}}$ ，就是从基本系列R10中每逢三项取出一个优先数组成的，当首项为 1 时， $R_{\frac{10}{3}}$ 系列为：1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00, ... 其公比 $q =$

$$(10 \sqrt[3]{10})^{\frac{1}{3}} = 1.2589^{\frac{1}{3}} \approx 2.$$

优先数系的优点很多，主要有：相邻两项的相对差均匀，疏密适中，而且运算方便，简单易记；同一系列中任意两项的理论值之积、商，任意一项理论值之整数（正或负）乘方，仍为此系

列中的一个优先数理论值。因此，优先数系得到了广泛应用，并成为国际上统一的数值制度。在产品设计中应尽可能使各参数，首先是决定产品功能的主参数符合优先数。

§1-5 本课程的性质与任务

本课程是机械类各专业的一门重要技术基础课，在教学计划中起着联系基础课及其它技术基础课与专业课的桥梁作用，也是联系机械设计类课程与机械制造工艺类课程的纽带。

本课程是从“精度”或“误差”方面去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，除了进行运动分析、结构设计、强度和刚度计算之外，还要进行精度设计。这是因为机器的精度直接影响机器的工作性能、振动、噪声和寿命等。而且，工业越发展，对机械精度的要求越高，对互换性的要求也越高，机械加工就越困难，这就必须处理好机器的使用要求与制造工艺之间的矛盾。因此，随着机械工业的发展，本课程的重要性越来越显得突出。

学生在学完本课程后应达到下列要求：

1. 掌握互换性和标准化的基本概念；
2. 了解本课程所介绍的各个公差标准的基本内容，掌握其特点和应用原则；
3. 初步学会根据机器和零件的功能要求选用合适的公差与配合，并能正确地标注到图样上；
4. 掌握一般几何参数测量的基础知识；
5. 了解各种典型零件的测量方法，学会使用常用的计量器具。

各类公差在国家标准的贯彻上都有严格的原则性和法规性，而在其应用上却具有较大的灵活性，涉及的问题很多；测量技术又具有较强的实践性。因此，学生通过本课程的学习，只能获得机械工程师所必须具有的互换性与测量技术方面的基本知识、基本技能和基本训练，而牢固掌握和熟练运用本课程的知识，则有待于后续有关课程的学习以及毕业后的实际工作锻炼。

学生在学习本课程前应具备一定的理论知识和生产实际知识，即能够读图，懂得图样标注的基本方法，了解机械加工的一般知识，熟悉常用机构的原理等。

学 习 指 导

学习本章后，应明确互换性的基本概念，了解互换性在工业生产中的作用及意义，了解标准化和测量技术在工业生产中的作用，掌握优先数系的概念和形成规律；概括地了解零件加工误差的基本形态和几何精度设计中必须考虑的主要问题，初步了解本课程的任务和基本内容。

本章重点是互换性的基本概念、在工业生产中的作用和意义及其应用场合。

要实现互换性生产，离不开标准化和测量技术。因此，标准化（主要是其中的基础标准）和测量技术是本课程的两大组成部分。这两部分内容，既有联系，又自成体系，本课程把它们有机地结合在一起。在学习中要抓住各类公差的基本原理和规律；至于测量技术，主要通过实验来掌握其原理和基本操作方法。而通过本章的学习，只要求了解标准化和测量技术的基本情况和作用。

由于加工误差是不可避免的，为保证零件的使用性能，设计时必须合理地选定公差。培养这方面的能力，是学习本课程的主要目的之一。但在本章的学习中，只要求学生概括地了解零件各种加工误差的特征及限制它们的公差项目。在以后有关章节中，将分别对这些内容进行较深入的讨论。

思 考 题

- 1-1 什么叫互换性？完全互换性与不完全互换性有何区别？
- 1-2 按互换性原则组织生产有哪些优越性？是否在任何情况下都有利？
- 1-3 标准化、测量技术与互换性有何关系？
- 1-4 以R10系列为例，说明优先数系是怎样形成的。

第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合

光滑圆柱体结合是机器制造中应用最广泛的一种结合，它由孔与轴构成。其公差与配合标准是机械工业中一项重要的基础标准。它不仅是机械产品设计、工艺和检验的共同依据，而且是广泛组织协作和专业化生产的重要依据，同时又是制订定值刀具和量具、标准件以及其它机械产品精度标准的基础。

本章主要阐述公差与配合的基本概念、公差与配合国家标准的构成规律和基本内容，并讨论公差与配合选用的基本原则和方法。

§ 2-1 基本术语及定义

一、孔与轴

1. 孔

孔主要指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

2. 轴

轴主要指圆柱形的外表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

由定义可知，这里的孔和轴是广义的，既可以是圆柱形的，也可以是非圆柱形的。例如，图 2-1 中由标注尺寸 D_1 、 D_2 、 \dots 、 D_6 所确定的部分皆为孔，而由 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 所确定的部分皆为轴。

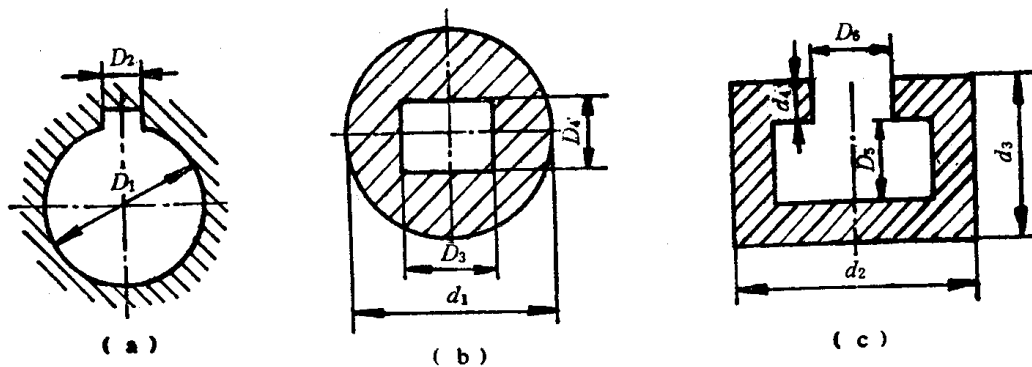


图 2-1 孔与轴

从装配关系看，孔与轴是包容和被包容的关系，孔是包容面，轴是被包容面。在加工过程中，孔随加工尺寸变大，轴随加工尺寸变小。

二、有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸

尺寸是用特定单位表示长度值的数字。尺寸包括直径、半径、宽度、深度及中心距等，它由数字和长度单位共同组成。但是，在技术图纸中和一定范围内，已注明共同单位（如在尺寸标注中，以 mm 为通用单位）时，可以只写数字而不写单位。

2. 基本尺寸

基本尺寸是设计时给定的尺寸。孔的基本尺寸用大写字母 D 表示，轴用小写字母 d 表示。

设计者根据零件的强度、刚度、结构和工艺等要求，用计算、试验或类比法确定基本尺

寸。为了减少定值刀具、量具及工艺装备的规格，基本尺寸应采用标准尺寸（见附表2-1）。

3. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量所得到的尺寸。

由于形状误差的存在，同一零件的相同表面上不同部位的实际尺寸不一定相等。用不同精度的测量器具所量得的同一部位的尺寸也不一定相同。

4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个极限值，它以基本尺寸为基数来确定。两个极限值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、最小极限尺寸分别用 D_{max} 、 D_{min} 表示，轴的分别用 d_{max} 、 d_{min} 表示。由于在检验测量过程中存在着测量误差，所以极限尺寸并不等于验收允许的尺寸极限值，而是它的公称值。

三、有关偏差与公差术语及定义

1. 尺寸偏差

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差，简称偏差。

这里所说的“某一尺寸”可以是最大极限尺寸、最小极限尺寸，也可以是实际尺寸。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差，用代号ES（用于孔）、es（用于轴）表示；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差，用代号EI（用于孔）、ei（用于轴）表示；实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。上偏差与下偏差统称极限偏差。

偏差可以为正、负或零值，使用时除零值外，必须标上相应的“+”或“-”号。

2. 尺寸公差

允许尺寸的变动量称为尺寸公差，简称公差。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值，通常用 T 表示。其中 T_h 为孔公差， T_s 为轴公差。

基本尺寸、极限尺寸、极限偏差及公差之间的相互关系如图2-2所示。

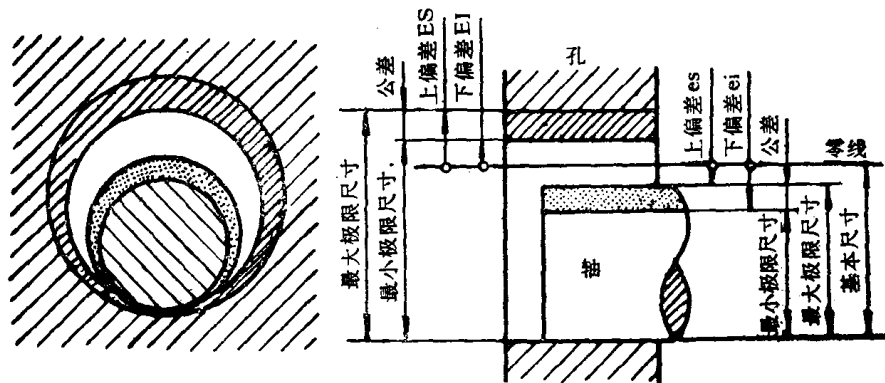


图 2-2 公差与配合示意图

3. 尺寸公差带与公差带图

由于公差及偏差的数值比尺寸数值小得太多，不使用同一比例表示，故采用公差与配合图解，这种图简称公差带图（图2-3）。

公差带图中，用以确定偏差起始位置的一条基准直线称为零线，即零偏差线。通常，零线代表基本尺寸。正偏差位于零线上

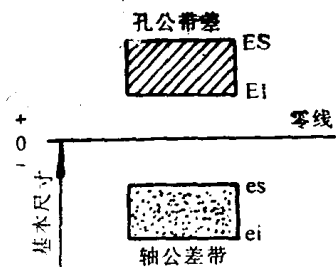


图 2-3 公差带图

方, 负偏差位于零线下方。偏差的单位可用微米或毫米, 但在同一公差带图中, 必须统一。基本尺寸的单位一律用毫米。

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称为尺寸公差带, 简称公差带。通常, 孔的公差带用斜线表示, 轴的公差带用网点表示。

公差带由公差带的大小和位置两个因素决定。前者是指在与零线垂直的方向上的公差带的宽度, 后者是指公差带相对于零线的位置。为了使公差带标准化, 公差与配合国家标准相应提出了标准公差和基本偏差两个概念。

4. 标准公差

标准公差是指国标中表列的、用以确定公差带宽度的任一公差 (附表 2-2), 用 IT 表示。

5. 基本偏差

基本偏差是指国标中表列的、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偏差 (附表 2-3、2-4、2-5)。

例 2-1 已知基本尺寸 $D=d=30\text{mm}$, 孔的极限尺寸 $D_{\max}=30.021\text{mm}$ 、 $D_{\min}=30.000\text{mm}$, 轴的极限尺寸 $d_{\max}=29.980\text{mm}$ 、 $d_{\min}=29.967\text{mm}$ 。求孔与轴的极限偏差及公差。

解:

$$\text{孔的上偏差 } ES = D_{\max} - D = 30.021 - 30 = +0.021\text{mm}$$

$$\text{孔的下偏差 } EI = D_{\min} - D = 30.000 - 30 = 0$$

$$\text{轴的上偏差 } es = d_{\max} - d = 29.980 - 30 = -0.020\text{mm}$$

$$\text{轴的下偏差 } ei = d_{\min} - d = 29.967 - 30 = -0.033\text{mm}$$

$$\text{孔的公差 } T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |30.021 - 30.000| = 0.021\text{mm}$$

$$\text{或 } T_h = |ES - EI| = |+0.021 - 0| = 0.021\text{mm}$$

$$\text{轴的公差 } T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |29.980 - 29.967| = 0.013\text{mm}$$

$$\text{或 } T_s = |es - ei| = |-0.020 - (-0.033)| = 0.013\text{mm}$$

公差带图如图 2-4 所示。

用基本尺寸和极限偏差表示时, 可写为: $\phi 30_0^{+0.021}$ (孔) $\phi 30_{-0.033}^{-0.020}$ (轴)。

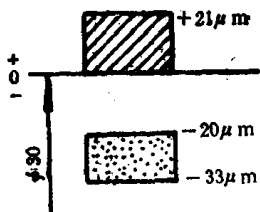


图 2-4 例 2-1 的公差带图

四、有关配合的术语及定义

1. 配合

配合是指基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

配合指的是一批孔、轴的装配关系, 而不是指单个孔与单个轴的相结合的关系。配合的性质 (松紧程度) 取决于孔与轴公差带之间的相对位置。

2. 间隙或过盈

间隙或过盈是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时称作间隙, 用 X 表示; 为负时称作过盈, 用 Y 表示。

3. 配合的种类

按孔与轴公差带之间的相对位置关系, 配合可以分为以下三大类:

1) 间隙配合

间隙配合是指具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上(图2-5)。其极限值为最大间隙(X_{max})和最小间隙(X_{min})。它们的平均值叫做平均间隙(X_{av})。

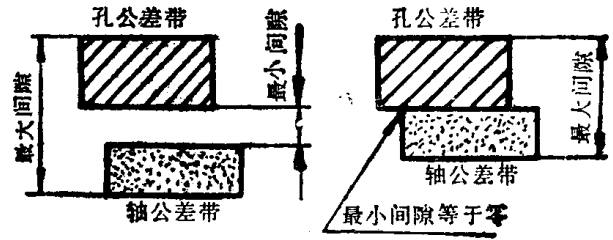


图 2-5 间隙配合

2) 过盈配合

过盈配合是指具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之下(图2-6)。其极限值为最大过盈(Y_{max})和最小过盈(Y_{min})。它们的平均值叫做平均过盈(Y_{av})。

3) 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙也可能具有过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠(图2-7)。其极限值为最大间隙(X_{max})和最大过盈(Y_{max})。它们的平均值是间隙,还是过盈,这要取决于平均值的符号,为“+”号时是间隙,为“-”号时是过盈。

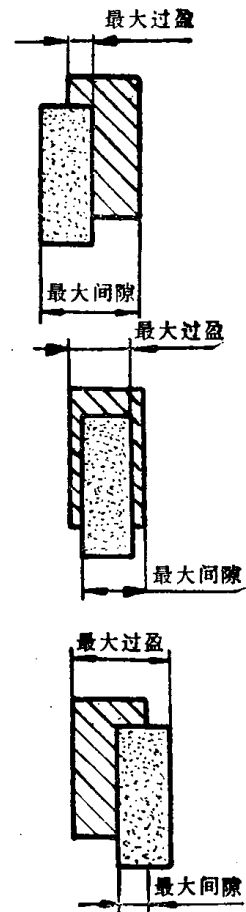


图 2-7 过渡配合

4. 配合公差

配合公差是允许间隙或过盈的变动量,用 T_f 表示。它反映配合松紧的变动范围。

配合公差,对间隙配合,等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值;对过盈配合,等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值;对过渡配合,等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对

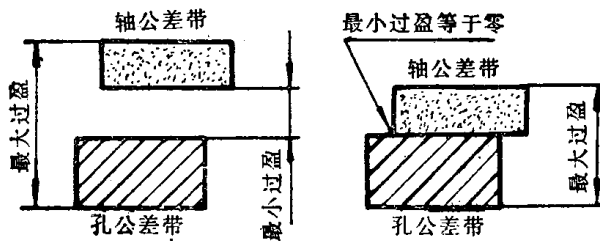


图 2-6 过盈配合

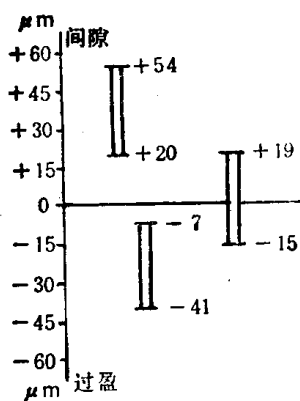


图 2-8 配合公差带图

值。但是,不论哪类配合,配合公差均等于相配合的孔公差与轴公差之和。所以,设计时可根据配合公差来确定孔和轴的公差。

为了直观地表示配合的间隙和过盈的变化范围,可绘制配合公差带图(图2-8)。配合公差带全部在零线(间隙或过盈为零的线)以上的是间隙配合,全部在零线以下的是过盈配合,跨于零线两侧的是过渡配合。配合公差带上、下两端的坐标值,代表极限间隙或极限过盈(图2-8中配合公差带的两端坐标值是下述三例中求解出的极限间隙或极限过盈)。

例 2-2 计算孔 $\phi 30_{-0.021}^{+0.021}$ 与轴 $\phi 30_{-0.033}^{+0.020}$ 配合的极限间隙、平均间隙及配合公差,并画出其公差带图和配合公差带图。

解:

最大间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 30.021 - 29.967 = +0.054\text{mm}$
 或 $X_{\max} = ES - ei = +0.021 - (-0.033) = +0.054\text{mm}$
 最小间隙 $X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 30.000 - 29.980 = 0.020\text{mm}$
 或 $X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.020) = -0.020\text{mm}$
 平均间隙 $X_{\text{av}} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} = \frac{+0.054 + (+0.020)}{2} = +0.037\text{mm}$
 配合公差 $T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |+0.054 - (+0.020)| = 0.034\text{mm}$
 或 $T_f = T_h + T_s = 0.021 + 0.013 = 0.034\text{mm}$

公差带图见图2-9(a)。配合公差带图见图2-8。

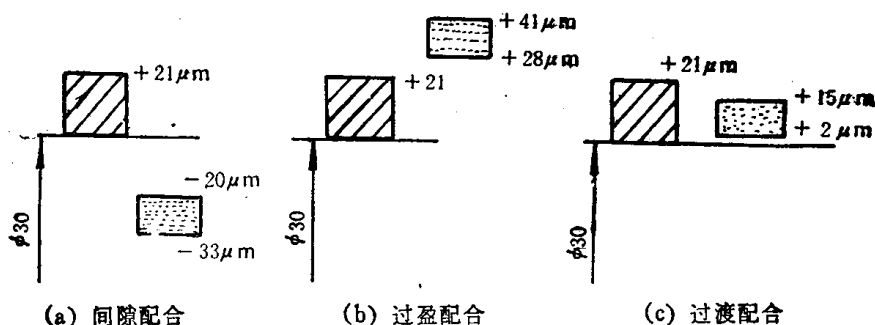


图 2-9 例2-2、2-3、2-4的公差带图

例 2-3 计算孔 $\phi 30_{-0.021}^{+0.021}$ 与轴 $\phi 30_{+0.028}^{+0.041}$ 配合的极限过盈、平均过盈及配合公差，并画出其公差带图和配合公差带图。

解:

最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 30.000 - 30.041 = -0.041\text{mm}$
 或 $Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.041) = -0.041\text{mm}$
 最小过盈 $Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = 30.021 - 30.028 = -0.007\text{mm}$
 或 $Y_{\min} = ES - ei = +0.021 - (+0.028) = -0.007\text{mm}$
 平均过盈 $Y_{\text{av}} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} = \frac{-0.041 + (-0.007)}{2} = -0.024\text{mm}$
 配合公差 $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = |-0.007 - (-0.041)| = 0.034\text{mm}$
 或 $T_f = T_h + T_s = 0.021 + 0.013 = 0.034\text{mm}$

公差带图见图2-9(b)。配合公差带图见图2-8。

例 2-4 计算孔 $\phi 30_{-0.021}^{+0.021}$ 与轴 $\phi 30_{+0.015}^{+0.002}$ 配合的极限间隙或极限过盈、它们的平均值及配合公差，并画出其公差带图和配合公差带图。

解:

最大间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 30.021 - 30.002 = +0.019\text{mm}$
 或 $X_{\max} = ES - ei = +0.021 - (+0.002) = +0.019\text{mm}$
 最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 30.000 - 30.015 = -0.015\text{mm}$
 或 $Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.015) = -0.015\text{mm}$
 平均间隙或过盈 $\frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} = \frac{+0.019 + (-0.015)}{2} = +0.002\text{mm}$ (平均间隙)