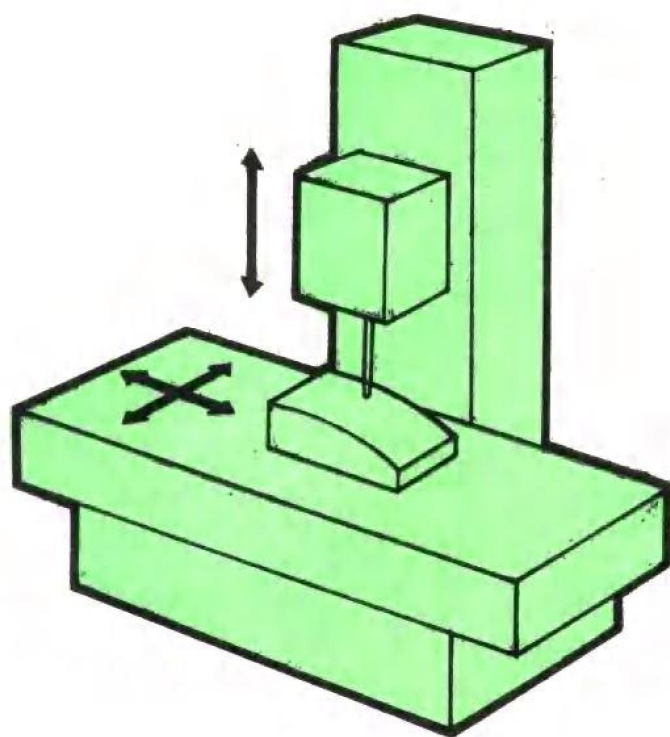


高等工业学校教材

互换性与测量技术基础

程东寿 申铁固 潘文光 编著



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以互换性原理为主线,力求简要、系统、通俗地阐述各章的基本内容:第一章互换性概论;第二章测量技术基础;第三章圆柱体的公差与配合;第四章光滑极限量规;第五章形状和位置公差;第六章表面粗糙度;第七章圆柱螺纹结合的公差与配合;第八章滚动轴承的公差与配合;第九章键和花键的公差与配合;第十章渐开线圆柱齿轮公差;第十一章尺寸链。

本书可作为高等工业院校机械类、机电类各专业的教材,并可供工程技术人员参考。

互换性与测量技术基础

出 版: 上海交通大学出版社
(淮海中路 1984 弄 19 号)

发 行: 新华书店上海发行所

印 刷: 立信梅李印刷联营厂

开 本: 787×1092(毫米) 1/16

印 张: 17

字 数: 416,000

版 次: 1989 年 6 月 第 1 版

印 次: 1989 年 7 月 第 1 次

印 数: 1—8,500

科 目: 195—262

ISBN7-313-00471-0/TH·11

定 价: 2.85 元

前 言

本书是根据全国高校《互换性与测量技术基础》课程教学大纲的基本要求，并在总结最近几年教学经验的基础上编写而成的一本技术基础课教材，书中全部采用我国最新的国家标准。

本书以互换性原理为主线，力求简要、系统、通俗地阐述各章的基本内容，以达到建立互换性的基本概念，了解公差与配合标准及其应用。对于测量技术基础，重点阐述与测量有关的基本概念、典型仪器的测量原理与方法，其目的仍在加深对互换性原理的理解，培养应用的能力。各章后均附有习题，以帮助读者自我检查和复习。

本书可作为高等工业院校机械类、机电类各专业的教材，并可供工程技术人员参考。

本书第一、二、三章由华东工学院程东寿编写并负责统稿；第四、七、十、十一章由申铁固编写；第五、六、八、九章由潘文光编写；刘鳌化老师负责全书的审查与校定工作。在编写过程中，还得到了东南大学范德梁老师和上海机械学院施云鹤老师的帮助和指导。

由于我们的理论水平和教学经验所限，本书的缺点和错误在所难免，恳请读者指正和帮助。

编 者

1988年3月于南京

目 录

第一章 互换性概论	1
第一节 互换性	1
第二节 标准化	2
第三节 公差与配合的基本概念	3
习题一	13
第二章 测量技术基础	15
第一节 测量技术的基本概念	15
第二节 长度基准与尺寸传递	15
第三节 测量方法分类	19
第四节 测量器具的分类及基本度量指标	21
第五节 长度测量中常用的测量器具	23
第六节 测量误差的基本知识	32
第七节 测量器具的选择	45
习题二	47
第三章 圆柱体的公差与配合	48
第一节 概述	48
第二节 标准公差系列	48
第三节 基本偏差系列	52
第四节 常用尺寸段的公差与配合	66
第五节 公差与配合的选择	71
习题三	79
第四章 光滑极限量规	82
第一节 概述	82
第二节 光滑极限量规的设计	83
第三节 光滑极限量规的使用	88
习题四	89
第五章 形状和位置公差	90
第一节 基本概念	90
第二节 形状公差和误差	94
第三节 位置公差和误差	98
第四节 公差原则	112
第五节 形位误差的检测	122
第六节 形位公差值的选用原则和未注公差的规定	128
第七节 位置量规的设计原理及其应用	130

习题五	139
第六章 表面粗糙度	142
第一节 基本概念	142
第二节 表面粗糙度的评定标准	143
第三节 零件表面粗糙度的选择	151
习题六	152
第七章 圆柱螺纹结合的公差与配合	154
第一节 概述	154
第二节 螺纹主要几何参数误差对互换性的影响	156
第三节 普通螺纹的公差与配合标准	162
第四节 机床梯形螺纹丝杠、螺母的精度和公差	168
第五节 螺纹的检测	176
习题七	178
第八章 滚动轴承的公差与配合	180
第一节 概述	180
第二节 滚动轴承的精度等级及其选用	180
第三节 滚动轴承的直径公差及特点	181
第四节 滚动轴承与轴和孔的配合	184
第五节 滚动轴承配合的选用	186
习题八	190
第九章 键和花键的公差与配合	192
第一节 键联结	192
第二节 花键联结	196
习题九	201
第十章 渐开线圆柱齿轮公差	202
第一节 概述	202
第二节 齿轮误差项目及其检测	203
第三节 齿轮副误差项目及其检测	218
第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用	224
习题十	236
第十一章 尺寸链	239
第一节 尺寸链的基本知识	239
第二节 尺寸链的分析与计算	244
第三节 保证装配精度的其他方法	256
第四节 位置尺寸链简介	260
习题十一	262

第一章 互换性概论

第一节 互换性

一、互换性的概念

随着现代生产技术和和管理技术的进步,生产力的发展,对产品质量要求和复杂程度的提高,大量生产的出现,特别是商品生产的发展,就不能只由一个工厂来完成某一产品的全部生产过程,必须组织专业化的协作生产。

例如,一辆东风牌汽车,有上万个零件、部件组成,由上百个工厂、车间协作生产,然后集中到主装配厂进行装配。若以1988年产量十二万六千辆计算,一分多钟就可装配一辆汽车。至于像滚动轴承那样的精密部件,每天在一个工厂中将生产几十万套。由此可见,现代化生产具有规模大、分工细、协作广的特点,这就要求在生产活动中必须遵循一定的生产原则,这个原则就是现代工业生产的互换性原则。

所谓互换性是指:在规格相同的一批零件中,不需作任何挑选或辅助加工(如钳工修配)或调整就可装上机器(或部件),并满足技术标准规定的质量指标和使用性能。例如,一批规格为M12-6H的螺母,如果都能与其相配的M12-6g螺栓自由旋合,并且满足原定的连接强度要求,则这批螺母就具有互换性。

互换性原则也可用于某些部件上,滚动轴承作为部件而互换,就是一个例子。

零(部)件的互换性应包括几何参数、机械性能和理化性能等方面的互换性。根据本课程的教学任务,我们仅讨论零(部)件的尺寸、形状和位置等几何参数方面的互换性。

二、互换性的种类

按照互换范围的不同,有完全互换性和不完全互换性之分。当不限定互换范围时,称为完全互换性,它在机械制造中得到广泛的应用。由于某种特殊原因只允许零件在一定范围内互换时,称为不完全互换性,也称有限互换性。例如,当机器上某些部位的装配精度要求很高时,若采用完全互换性,则相配零件的精度要求也要高,这将导致加工困难(甚至无法加工)或制造成本过高。为此,生产中往往把零件精度适当降低,以便于制造。然后,再根据实测尺寸的大小,将制成的相配零件各分成若干组,使每组内的尺寸差别比较小。最后,再把相应组的零件进行装配,这样既解决了零件加工困难,又保证了装配的精度要求。但是,这时零件的互换范围,就被限定在各分组内。

三、互换性的作用

互换性是现代工业生产发展的客观需要,是实现标准化的保证,在四化建设中具有十分重要的意义。

从产品的设计上看,在进行产品设计和产品系列设计时,由于零、部件具有互换性,有

利于最大限度采用标准件、通用件，因而可以大大简化设计、计算、绘图等工作，缩短设计周期，做到用尽可能多的标准件、通用件装配成不同品种的产品，以满足社会的需求。

从产品的制造上看，互换性是提高生产水平和文明程度的强有力的手段。因为，只有当零件具有互换性后，才能在标准化的基础上，合理地进行生产分工和组织专业化生产，并尽可能地采用先进的工艺方法和高生产率的专用设备；装配时，则无需任何附加的挑选和修配，易于实现机械化、自动化。例如，汽车装配流水线。

在机器的维护和修理方面，互换性也有其重要意义。当机器零件在磨损或损坏、丢失后，可立即用另一新的储备件换上，使机器或仪器的维修时间和费用显著减少，保证了机械产品工作连续性和持久性，亦即提高了产品的使用价值。在某些情况下，互换性起的作用很难用价值计算。例如在战场上要求立即更换武器中损坏的零件，使武器迅速地重新投入战斗；发电厂要求迅速地排除机器故障继续发电等等。

总之，在改善产品的制造和使用的经济指标、提高质量、可靠性以及寿命等方面，互换性具有特别的意义。

第二节 标 准 化

在机械制造中，标准化是广泛实现互换性生产的前提，而公差与配合等互换性标准都是重要的基础标准。

一、标 准

标准是指为了取得国民经济最佳效果，在总结实践经验和充分协商的基础上，有计划地对人类生活和生产活动中具有多样性和重复性的事物，在一定范围内做出统一规定，并经一定的标准程序，以特定的形式颁发的技术法规。

简单说来，标准就是评定一切产品质量好坏的技术依据。

按标准化对象的特征，标准大致可分为以下几类：

1. 基础标准：以标准化共性要求和前提条件为对象的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合、零件结构要素等标准。
2. 产品标准：以产品及其构成部分为对象的标准。如机电设备、仪器仪表、工艺装备、零部件、毛坯、半成品及原材料等基本产品或辅助产品的标准。产品标准包括产品品种系列标准和产品质量标准。前者规定产品的分类、型式、尺寸和参数等；后者规定产品的质量特征和使用性能指标等。
3. 方法标准：以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象的标准。如设计计算方法、工艺规程、测试方法、验收规则及包装运输方法等标准。
4. 安全与环境保护标准：专门为安全与环境保护目的而制订的标准。

为了保证基层标准和上级标准的统一、协调一致，我国标准按行政体系分为三级：国家标准、部标准(专业标准)和企业标准。

国家标准是指对全国经济、技术发展有重大意义而必须在全国范围内统一的标准；部标准是指对一个部经济、技术发展有重大意义，而必须在部范围内统一的标准；企业标准是指部以下的机构制订发布或不发布的标准。

二、标准化

现代工业生产的特点是生产社会化程度越来越高，分工越来越细，仅依靠孤立的产品标准，难以保证产品的质量，只有形成产品质量整个系统的各个方面都遵循标准、准则、规章、计划等，才能保证和提高产品质量。

标准化是指制订标准，贯彻标准，以促进经济全面发展的整个过程。

标准化的目的，是要通过制订标准来体现的。所以，制订标准和修订标准是标准化的基本任务。

标准化所起的作用是多方面的。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必要前提，是科学管理的重要组成部分。标准化同时是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的技术纽带，是整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易，提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。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，提高劳动生产率，搞好环境保护和安全卫生，改善人民生活等，都有着重要作用。

由上述可知，现代工业都是建立在互换性原则基础上的。为了保证机器(或兵器)零件几何参数的互换性，就必须制订和执行统一的互换性公差标准。其中包括公差与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、各种典型的连接件和传动件的公差与配合标准等等。这类标准是用保证一定的制造公差的办法来保证零件的互换性和使用性能的。所以，公差标准被认为是机械制造中最重要的技术基础标准。

第三节 公差与配合的基本概念

为了正确掌握公差与配合标准及其应用，统一设计、工艺、检验等人员对公差与配合标准的理解，应明确规定有关公差与配合的基本概念、术语及定义。基本概念、术语和定义的统一也是国际标准化的重要内容之一。

一、有关尺寸的术语及其定义

1. 孔和轴

在公差与配合标准中，孔与轴这两个术语有其特殊含义，它关系到标准的应用范围（见图1-1）。

孔：主要指圆柱体的内表面，也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

轴：主要指圆柱体的外表面，也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

在花键与键槽的结合中，键槽相当于孔，键相当于轴。

从装配关系讲，孔是包容表面，轴是被包容表面。从加工过程看，随着对余量的切削，

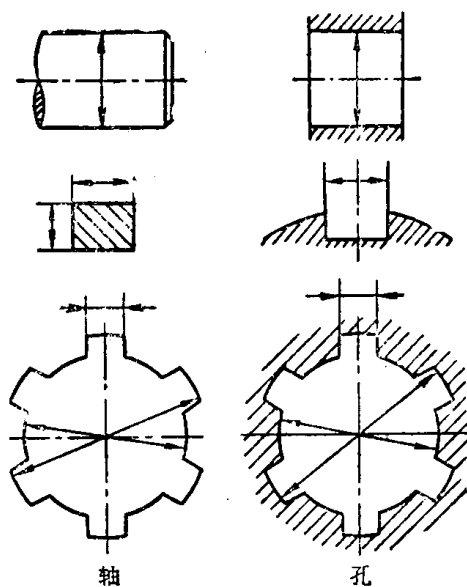


图1-1 孔与轴

孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。

公差与配合标准中的孔、轴都是由单一的主要尺寸构成。例如，圆柱体直径、键与键槽的宽度。

2. 尺寸

用特定单位表示长度的数字称为尺寸。从尺寸的定义可知，尺寸指的是长度的值，由数字和特定单位两部分组成，如20mm、40μm等。被表示的“长度”是较为广泛的概念，其实质为线性的两点间距离的度量。因此，“长度”除包括圆的直径和圆弧的半径外，也包括一般所指的长度、宽度、高度和中心距等，但不包括角度。

3. 基本尺寸

设计给定的尺寸，称为基本尺寸。

孔的基本尺寸以 D 表示；轴的基本尺寸以 d 表示(如图1-2)。

基本尺寸是设计中根据强度、刚度或结构需要进行计算，并按标准尺寸(GB2822-81)选取。在公差与配合标准中，基本尺寸是极限尺寸和极限偏差计算的起始尺寸。孔、轴配合面的基本尺寸相同。

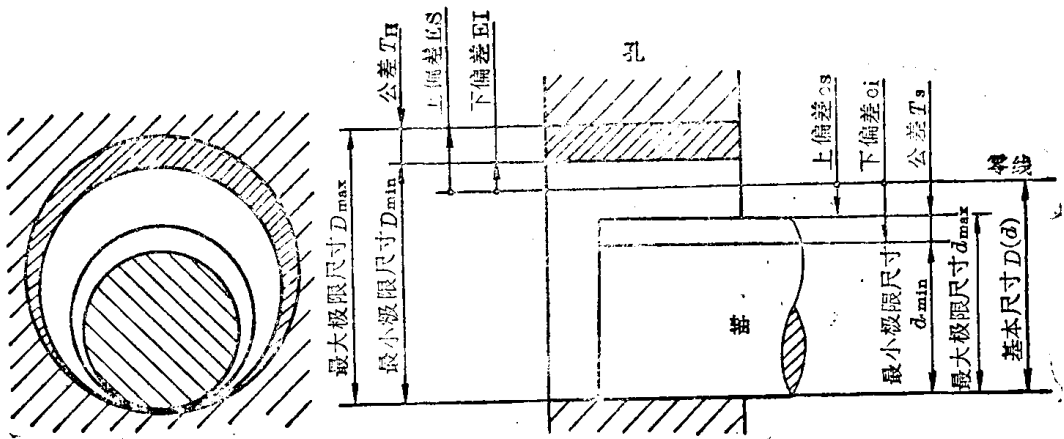


图1-2 公差与配合示意图

基本尺寸的标准化可减少定值刀具、量具、夹具等的规格数量。

由于有制造误差，要满足孔和轴的配合要求，工件加工所得的实际尺寸一般不等于其基本尺寸。

4. 实际尺寸

通过测量所得的尺寸，称为实际尺寸。

孔的实际尺寸以 D_a 表示；轴的实际尺寸以 d_a 表示。

由于存在测量误差，实际尺寸不一定是被测尺寸客观存在的真值。

由于加工误差的存在，同一零件同一几何要素上各不同部位的实际尺寸不相同(图1-3)。

测量器具与被测要素实现两点接触的测量方法，称为两点法。两点法测量所得的尺寸，称为局部实际尺寸。

由于形状误差的存在，影响了孔、轴结合的实际状态，

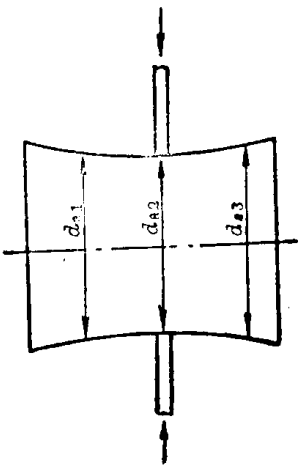


图1-3 实际尺寸

结合中真正起作用的尺寸并非实际尺寸，而是作用尺寸。

5. 作用尺寸

在结合面的全长上，与实际孔内接的最大理想轴的尺寸，称为孔的作用尺寸，如图1-4(a)所示。

在结合面的全长上，与实际轴外接的最小理想孔的尺寸，称为轴的作用尺寸，如图1-4(b)所示。

孔的作用尺寸以 D_m 表示；轴的作用尺寸以 d_m 表示。

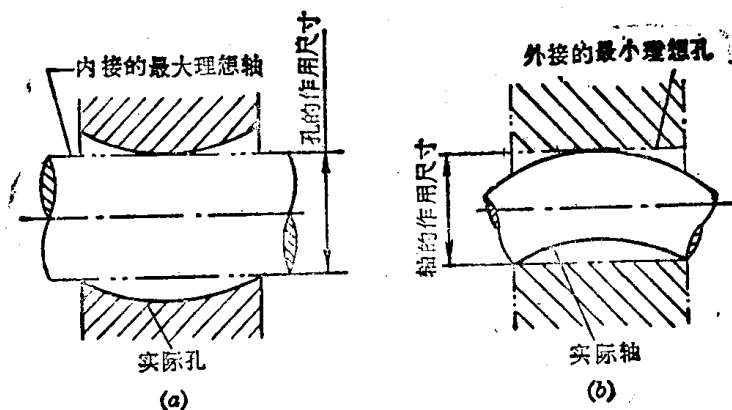


图1-4 作用尺寸

由图1-4可以看出，当零件存在形状误差，例如，轴线存在直线度误差时，装配中真正起作用的尺寸是实际尺寸与形状误差的综合。因此，不能根据孔、轴实际尺寸的相对关系判别它们能否自由装配或装配后的松紧情况。一般说来，孔的作用尺寸小于或等于其实际尺寸($D_m \leq D_a$)；而轴的作用尺寸大于或等于其实际尺寸($d_m \geq d_a$)。只有当孔的作用尺寸大于轴的作用尺寸($D_m > d_m$)时，两者才能自由装配。

作用尺寸是根据孔、轴的实际形状定义的理想参数。所以，不同零件的作用尺寸是不同的，但某一实际孔或轴的作用尺寸却是唯一的。

为了保证使用要求，应对实际尺寸与作用尺寸的变动范围加以限制。为此，规定了极限尺寸。

6. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值，称为极限尺寸。其中较大的一个，称为最大极限尺寸；较小的一个，称为最小极限尺寸。极限尺寸是以基本尺寸为基数确定的。

孔的最大和最小极限尺寸分别用 D_{max} 和 D_{min} 表示，轴的最大和最小极限尺寸分别用 d_{max} 和 d_{min} 表示(见图1-2)。

孔与轴的极限尺寸，除可按其本身数值大小特征分类外，还可按工件实体大小(占有材料多少)来分类。

7. 最大实体尺寸和最小实体尺寸

孔、轴具有允许的材料量为最多时的状态，称为最大实体状态(MMC)；孔、轴具有允许的材料量为最少时的状态，称为最小实体状态(LMC)。

孔、轴处于最大实体状态时的尺寸，称为最大实体尺寸(MMS)，即孔的最小极限尺寸 D_{min} 或轴的最大极限尺寸 d_{max} ；孔、轴处于最小实体状态时的尺寸，称为最小实体尺寸(LMS)，

即孔的最大极限尺寸 $D_{\max}$ 或轴的最小极限尺寸 $d_{\min}$ (见图1-5)。

最大实体尺寸即合格工件的“起始尺寸”；最小实体尺寸是合格工件的“终止尺寸”。

最大实体状态和最小实体状态是设计规定的合格工件材料量的两个极限状态。

由于任何孔、轴都有形状误差，新国标对如何根据极限尺寸来判断孔、轴是否合格，作了原则的规定，称为极限尺寸判断原则。

8. 极限尺寸判断原则(泰勒原则)

这个原则规定：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。在任何位置上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(见图1-6)。

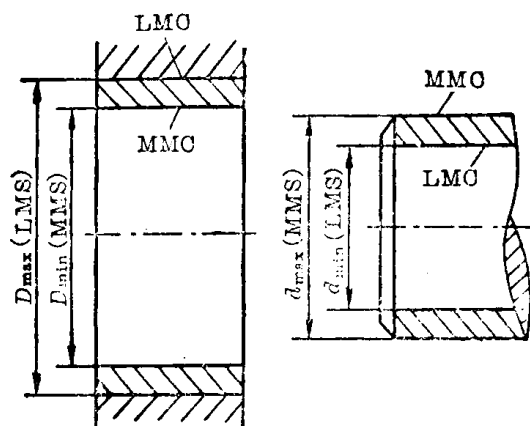


图1-5 最大实体尺寸和最小实体尺寸

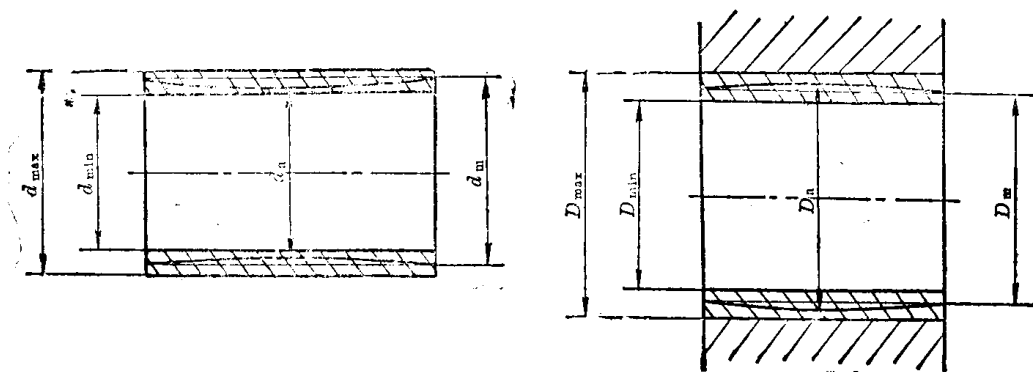


图1-6 泰勒原则

因此，孔、轴的合格条件为：

对于孔 $D_m \geq D_{\min}$

$D_a \leq D_{\max}$

对于轴 $d_m \leq d_{\max}$

$d_a \geq d_{\min}$

标准规定，对于有配合要求的零件，其尺寸必须符合极限尺寸判断原则。

而在一般情况下，完工零件的尺寸合格条件是其任一局部实际尺寸都在最大和最小极限尺寸之间。即：

孔的尺寸合格条件 $D_{\max} > D_a > D_{\min}$

轴的尺寸合格条件 $d_{\max} > d_a > d_{\min}$

合格就是具有互换性。

二、有关偏差与公差术语及其定义

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，称为尺寸偏差(见图1-2)，简称偏差。

“某一尺寸”包含极限尺寸和实际尺寸等意思，故尺寸偏差有极限偏差和实际偏差之分。

(1) 实际偏差

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为实际偏差，或以公式表示为：

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差} \quad e_a = d_a - d$$

实际偏差具有与实际尺寸相同的性质。用实际偏差代替实际尺寸主要是为了计算方便。

由于实际尺寸可能大于、小于或等于其基本尺寸，所以，实际偏差可以为正值、负值，也可以为零。在利用实际偏差进行计算时，必须带有正、负号。

(2) 极限偏差

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为极限偏差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为上偏差，或以公式表示为：

$$\text{孔的上偏差} \quad ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上偏差} \quad es = d_{\max} - d$$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为下偏差，或以公式表示为：

$$\text{孔的下偏差} \quad EI = D_{\min} - D$$

$$\text{轴的下偏差} \quad ei = d_{\min} - d$$

极限偏差具有与极限尺寸相同的性质。用极限偏差代替极限尺寸主要是为了计算和图样标注的方便。

根据极限尺寸和基本尺寸的关系不同，极限偏差可以为正、负或零。

在一般情况下，完工零件的尺寸合格条件也可以用偏差的关系来表达，即任一实际偏差都在上、下偏差之间，或以公式表示：

$$\text{孔的尺寸合格条件} \quad ES > E_a > EI$$

$$\text{轴的尺寸合格条件} \quad es > e_a > ei$$

(3) 基本偏差

用以确定公差带相对零线位置的上偏差或下偏差，称为基本偏差。标准规定，一般以靠近零线的那个极限偏差作为基本偏差。以图1-7中孔的公差带为例，当孔的公差带在零线上方时，其下偏差(EI)为基本偏差；在零线下方时，上偏差(ES)为基本偏差；对称地跨在零线上时，其上、下偏差中的任一个，都可作为基本偏差。

2. 尺寸公差(简称公差)

允许尺寸的变动量，称为尺寸公差，简称为公差。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，或以公式表示：

$$\text{孔的公差} \quad T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$$

$$\text{轴的公差} \quad T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$$

因为公差仅表示尺寸允许变动的范围，所以是绝对值，而不是代数值。公差没有正、负之分。应当指出，所谓“正公差”、“负公差”和“零公差”的说法都是不妥当的。

公差与极限偏差是既有区别，又有联系的两个主要概念，两者都是设计规定的。公差等于上、下极限偏差之差的绝对值。但公差的大小表示了对一批零件要求的尺寸均匀程度，即

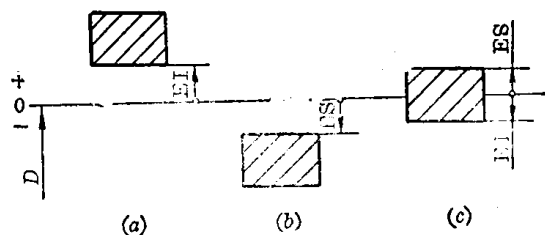


图1-7 基本偏差

其允许的差异,是绝对值;极限偏差大小则表示了每个零件尺寸(偏差)大小允许变动的界限,是代数值。公差大小表示了对零件加工精度高低的要求,但不能根据公差判断零件尺寸是否合格。极限偏差是判断零件尺寸合格与否的依据。

3. 公差带

由代表两极限偏差或两极限尺寸的两平行直线所限定的区域,称为尺寸公差带,简称公差带。

取基本尺寸作为零线(偏差为零),用适当比例画出以两极限偏差表示的公差带,称为公差带图,如图1-8所示。

通常,零线水平安置,且取零线以上为正偏差,零线以下为负偏差。在公差带图上,极限偏差的数值多以微米(μm)为单位标注。

公差带大小取决于公差的大小,公差带相对零线的位置取决于基本偏差的大小。相同大小的公差带,可以随基本偏差的不同而具有不同的位置,他们对零件的精度要求相同而对尺寸大小的要求不同,只有既给定公差带大小,又给定一个基本偏差(上偏差或下偏差),以确定公差带位置,才能完整地描述一个公差带,表达设计要求。

公差带大小和公差带相对零线的位置是构成公差带的两个要素。

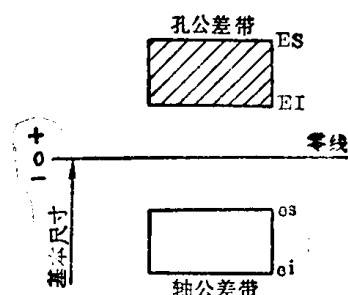


图1-8 公差带图

三、有关配合的术语及其定义

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,称为配合。

上述配合的定义可以从两方面来理解:

(1) 配合的条件。首先,要有一孔一轴相结合,才能形成配合。其次,相结合的孔和轴,两者的基本尺寸应相同,如图1-9所示。

(2) 配合的性质。从机器上各种孔轴结合部位的使用要求来看,对孔轴装配后有不同的松紧要求,反映装配后松紧程度和松紧变化程度的配合性质,定义以相互结合的孔和轴公差带之间的关系来确定。

根据孔和轴公差带之间的相互位置关系,或者说形成间隙或过盈的不同,配合可分为间隙配合、过渡配合和过盈配合三类。

2. 间隙配合

(1) 间隙

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差,当此差值为正值时,称为间隙。故规定,间隙数值的前面必须标上“+”号。间隙用 X 表示。

间隙的存在,是相配合的孔与轴之间允许发生相对运动的基本条件。

(2) 间隙配合

具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合,称为间隙配合。

从孔、轴公差带相对位置看,孔的公差带在轴的公差带以上,就形成间隙配合,如图1-9所示。

由此可知,保证了在孔、轴公差带范围内任何一对孔、轴之间的结合都具有间隙。

(3) 最小间隙

对于间隙配合,孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差,称为最小间隙。最小间隙以 $X_{\min}$ 表示。最小间隙是间隙配合中处于最紧状态时的间隙。用公式可表示为:

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

(4) 最大间隙

对于间隙配合,孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差,称为最大间隙。最大间隙以 $X_{\max}$ 表示。最大间隙是间隙配合中处于最松的状态时的间隙,用公式表示为:

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

最大间隙和最小间隙统称为极限间隙。它是表示间隙配合松紧程度的两个特征值。有时,也用平均间隙 X_m 来表示间隙配合的松紧程度。

平均间隙是最大间隙和最小间隙的平均值,即

$$X_m = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}$$

3. 过盈配合

(1) 过盈

孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差,当此差值为负值时,称为过盈。国标规定,在过盈数值的前面必须标上“-”号。过盈用 Y 来表示。

由于过盈的存在,将轴压入孔内后,轴与孔便连成一体,可用于零件之间传递载荷或固定位置。

(2) 过盈配合

具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合,称为过盈配合。

从孔、轴公差带相对位置看,孔的公差带在轴的公差带以下,就形成了过盈配合,如图1-10所示。

因此,保证了在孔、轴公差带范围内任何一对孔、轴结合都具有过盈。

(3) 最小过盈

对于过盈配合,孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差,称为最小过盈。最小过盈是过盈配合中处于最松状态时的过盈。用公式表示为:

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

(4) 最大过盈

对于过盈配合,孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差,称为最大过盈。

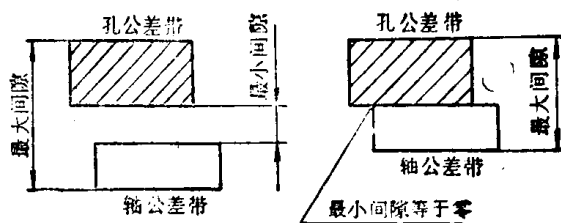


图1-9 间隙配合

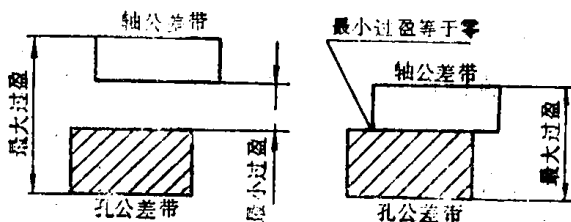


图1-10 过盈配合

最大过盈是过盈配合中处于最紧状态时的过盈。用公式表示为:

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

最大过盈和最小过盈统称为极限过盈,是表示过盈配合松紧程度的两个特征值。有时,也用平均过盈来表示过盈配合的松紧程度。

平均过盈 Y_m 是最大过盈和最小过盈的平均值,即:

$$Y_m = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2}$$

4. 过渡配合

可能具有间隙也可能具有过盈的配合,称为过渡配合。

从孔、轴公差带位置看,孔的公差带与轴的公差带相互交叠,在孔与轴的公差带范围内,当孔的尺寸大于轴的尺寸时,具有间隙;当孔的尺寸小于轴的尺寸时,具有过盈。如图1-11列出了可能发生的三种不同的孔、轴公差带交叠形式。

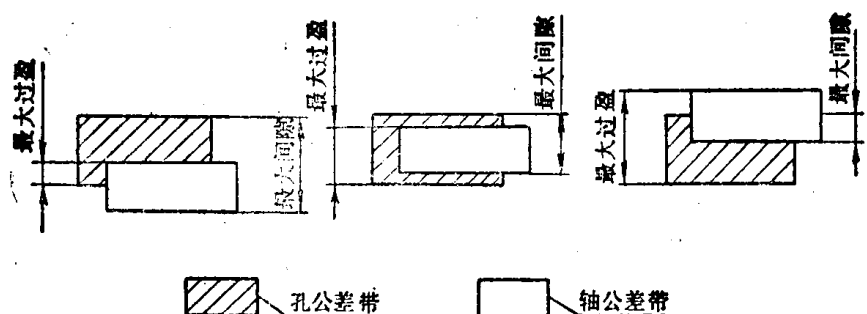


图1-11 过渡配合

最大间隙表示在过渡配合中最松的状态;最大过盈表示在过渡配合中最紧的状态。最大间隙和最大过盈是表示过渡配合松紧程度的两个特征值。

由于最大过盈等于负的最小间隙,最小过盈等于负的最大间隙。所以,过渡配合的平均松紧程度,可能表示为平均间隙,也可能表示为平均过盈,即:

$$X_m = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} = (+)$$

$$Y_m = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} = (-)$$

5. 配合公差

允许间隙或过盈的变动量,称为配合公差。

配合公差用 T_f 表示。配合公差越大,配合时形成的间隙或过盈可能出现的差别也越大,也就是配合后产生的松紧差别的程度越大,即配合的精度越低。相反,配合公差越小,间隙或过盈可能出现的差别也越小,其松紧差别的程度越小,则配合的精度越高。

对于间隙配合,配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值。用公式表示为:

$$\begin{aligned} T_f &= |X_{\max} - X_{\min}| = |(ES - ei) - (EI - es)| \\ &= T_h + T_s \end{aligned}$$

对于过盈配合,配合公差等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值。用公式表示为:

$$T_f = |Y_{min} - Y_{max}| = |(ES - ei) - (EI - es)|$$

$$= T_h + T_s$$

对于过渡配合，配合公差等于最大间隙与最大过盈的代数差的绝对值。用公式表示为：

$$T_f = |X_{max} - Y_{max}| = |(ES - ei) - (EI - es)|$$

$$= T_h + T_s$$

因此，各类配合的配合公差都等于相互配合的孔公差和轴公差之和。它说明了配合精度的高低，是由相互配合的孔和轴的精度所决定。配合公差是设计时体现机器配合部位使用性能的要求，而孔和轴的公差是制造时允许尺寸变动范围的大小，也就是体现加工难易的程度。故配合精度越高，孔和轴的加工越难，其制造成本也越高。

6. 配合公差带图

三类配合的两个特征值(极限间隙或极限过盈)和配合公差之间的关系，可以用配合公差带图来表示，见图1-12。

在配合公差带图中，零线表示间隙或过盈等于零。零线以上的纵坐标为正值，代表间隙；零线以下的纵坐标为负值，代表过盈。符号Ⅱ代表配合公差带，当配合公差带完全处于零线上方时，是间隙配合；完全在零线下方时，是过盈配合；跨在零线上时，是过渡配合。配合公差带的上、下两端的纵坐标值，代表孔、轴配合的极限间隙或极限过盈。

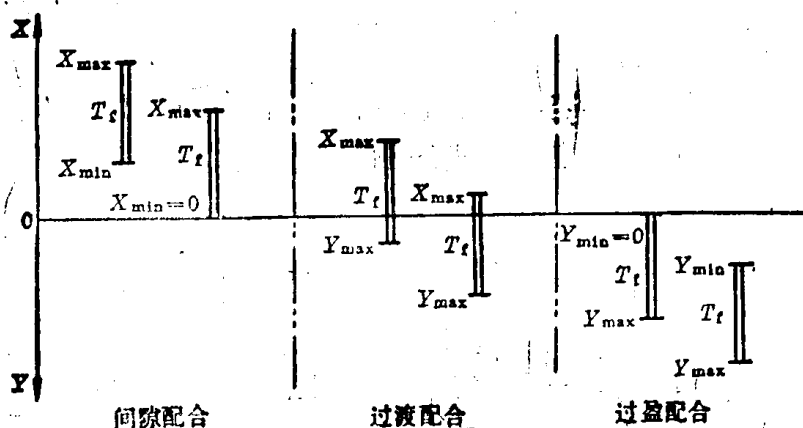


图1-12 配合公差带图

配合公差带的大小取决于配合公差的大小，表示配合的精度；配合公差带相对零线的位置取决于极限间隙或极限过盈的大小，表示配合的松紧。

一对具体孔、轴所形成的结合是否满足使用要求，即是否合用，要看它们装配以后的实际间隙 X_a 或实际过盈 Y_a 是否在设计规定的极限间隙或极限过盈范围之内。

因此，结合的合用条件如下：

对于间隙配合 $X_{max} > X_a > X_{min}$

对于过盈配合 $Y_{max} > Y_a > Y_{min}$

对于过渡配合 $X_a < X_{max}$ 或 $Y_a < Y_{max}$

根据孔、轴的实际尺寸与结合的实际间隙或实际过盈的关系和孔、轴的极限尺寸与配合的极限间隙或极限过盈的关系，从图1-13可知，合格的孔、轴所形成的结合一定合用，而形成合用结合的孔、轴则不一定都合格。图1-14所示的结合是合用的($X_{max} > X_a > X_{min}$)，孔是合格的($D_{max} > D_a > D_{min}$)，但轴不合格($d_a < d_{min}$)。

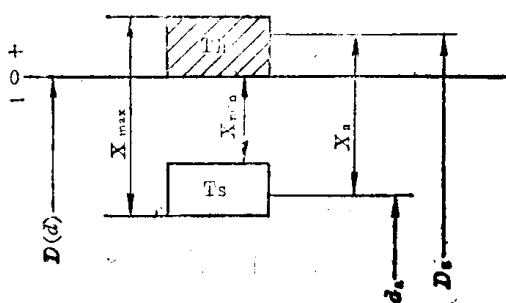


图1-13 孔轴合格结合一定合用

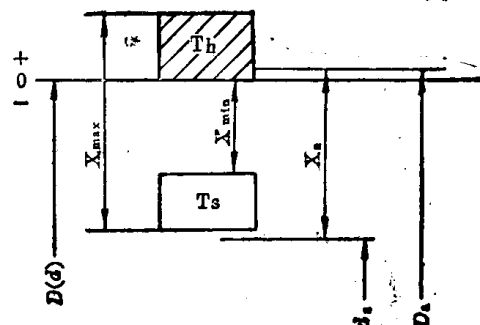


图1-14 结合合用孔轴不一定都合格

四、有关基准制的术语及其定义

为了满足不同使用性能的要求，标准规定了一定数量不同性质的配合。如前所述，不同性质的配合可由改变孔与轴公差带之间的关系来达到。从理论上讲，任何一种孔的公差带和任何一种轴的公差带都可以形成一种配合。但为了简化起见，标准对孔与轴公差带之间的相互位置关系，规定了两种制度，即基孔制和基轴制。

1. 基孔制

基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度，称为基孔制，如图1-15(a)所示。

基孔制配合中的孔，称为基准孔，它是配合的基准件。标准规定，基准孔以下偏差为基本偏差，其数值为零，上偏差为正值，即其公差带偏置在零线上侧。

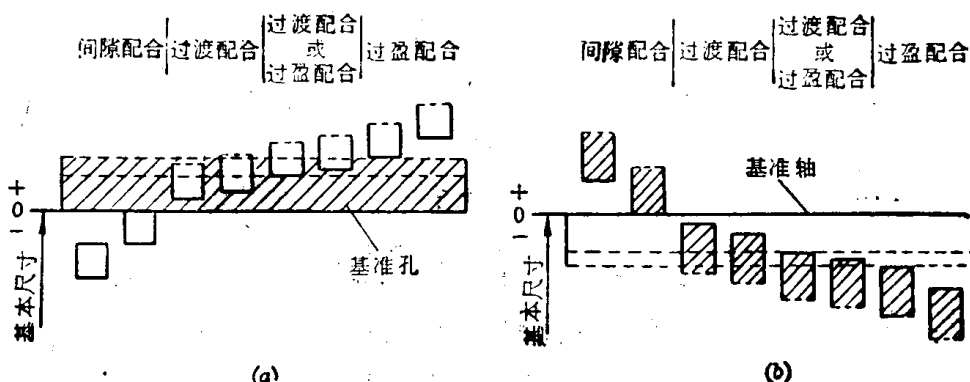


图1-15 基孔制与基轴制

基孔制配合中的轴为非基准件，如图1-15(a)所示。当轴的基本偏差为上偏差且为负值或零值的，是间隙配合；基本偏差为下偏差且为正值时，若孔与轴公差带相交叠为过渡配合；相错开为过盈配合。另外，在图1-15(a)中，轴的另一极限偏差用一条虚线段画出，以表示其位置由公差带大小来确定。而孔的另一极限偏差用两条虚线段画出，以示意其位置随公差带大小而变化的范围。这样，随着孔与轴的另一极限偏差线位置之间的关系不同，在过渡配合与过盈配合之间，出现了配合类别不确定的“过渡配合或过盈配合”区。

2. 基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度，