

互换性与技术测量

刘 巽 尔 主 编

中央广播电视大学出版社

互换性与技术测量

刘巽尔 主编

中央广播电视大学出版社

内 容 简 介

本书介绍几何量的互换性与测试技术的基本概念。内容包括：公差与配合、表面粗糙度、形状和位置公差、角度和锥度公差、螺纹公差、键与花键公差、圆柱齿轮公差等最新标准以及尺寸链计算的基本方法。本书结合实例，深入浅出地进行阐述，比较适于函授和自学。

与本书配合的还有《互换性与技术测量实验》和《互换性与技术测量学习指导》（附有习题）。

本书系电大机械类专业基础课教材，亦可供高等工科院校机械类专业的师生以及工程技术人员参考。

互换性与技术测量

刘巽尔 主编

*

中央广播电视大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
八九九二〇部队印刷厂印装

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张18.5 千字474
1983年8月第1版 1984年5月第1次印刷
印数 1—83,000
书号15300·6 定价1.65元

前 言

《互换性与技术测量》是高等工科院校机械类各专业的一门重要的技术基础课。本书是为了满足中央广播电视大学和我院学生学习本课程的需要，在1981年我院自编教材《互换性与技术测量》的基础上，结合近几年来我国标准化工作的新进展和三年来新条件下的教学实践，经过充实和修改重新编写而成的。

本书全部按我国最新的国家标准进行编写，并着重于对基础公差标准中有关基本概念的理解和测量误差的分析计算。各种常用计量器具的原理和使用方法，将分别在实验指导书中结合实验进行介绍。关于公差标准的应用，本书只作原则介绍，这方面的知识还需要在各后续课程和实际工作中进一步学习和提高。

为了帮助学生自学，我们还编写了《互换性与技术测量学习指导》。此辅导材料对该课程的大部分章节提出了基本学习要求，对各章的重点和难点进行了进一步的分析和解释，并附有若干应用实例；还编入了相当数量的思考题，供学生检查学习效果之用；还编入了该课程的习题和实验报告。

本书由北京工业学院刘巽尔副教授主编。第一、二、四、六、十一章由刘巽尔执笔，第三、五、九章由郭振英执笔，第七、八、十章由侯明国执笔。各章分别由严钦勇副教授和林洪桦副教授审阅。

由于我们的理论水平不高，教学经验有限，而且编写时间紧促，书中的错误和缺点在所难免，望读者批评指正。

编者

1984. 3

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
1.1 互换性的概念	(1)
1.2 互换性的重要性	(2)
1.3 我国标准化与计量测试工作的概况	(3)
第二章 基本术语和定义	(4)
2.1 尺寸	(4)
2.2 偏差	(7)
2.3 公差与公差带	(9)
2.4 配合	(10)
2.5 举例	(14)
第三章 测量技术基础	(17)
3.1 测量技术概述	(17)
3.2 长度基准与尺寸传递	(18)
3.3 量块和多面棱体	(18)
3.4 测量方法的种类及其特点	(22)
3.5 计量器具(测量器具)分类及其技术性能指标	(24)
3.6 常用长度计量仪器的原理与特性	(26)
3.7 测量误差的基本概念	(40)
3.8 随机误差	(42)
3.9 测量误差的来源及其减少措施	(48)
3.10 测量误差的合成	(54)
3.11 计量器具的选择和验收极限的确定	(60)
第四章 公差与配合	(62)
4.1 概述	(62)
4.2 公差与配合国家标准的构成	(63)
4.3 公差与配合国家标准的应用	(79)
4.4 公差与配合旧国家标准简介	(88)
4.5 光滑极限量规	(89)
4.6 验收极限的确定和计量器具的选择	(94)
4.7 滚动轴承的公差与配合	(97)
第五章 表面粗糙度	(104)
5.1 表面粗糙度对零件功能的影响	(104)

5.2	表面粗糙度国家标准的构成	(106)
5.3	表面光洁度国家标准 (GB1031-68) 简介	(112)
5.4	表面粗糙度的选择	(113)
5.5	表面粗糙度的测量	(116)
第六章 形状和位置公差		(121)
6.1	形位公差的研究对象、种类及其标注方法	(121)
6.2	形状公差	(128)
6.3	位置公差之一——定向公差	(138)
6.4	位置公差之二——定位公差	(147)
6.5	位置公差之三——跳动公差	(154)
6.6	公差原则	(157)
6.7	形位误差的检测原则	(168)
6.8	未注公差的规定和形位公差值的选用原则	(169)
第七章 锥度和角度公差		(172)
7.1	概述	(172)
7.2	圆锥的几何参数及锥度系列	(172)
7.3	角度和斜度的几何参数及其标准系列	(175)
7.4	圆锥公差	(177)
7.5	未注公差角度的极限偏差	(181)
7.6	锥度和角度的测量	(182)
第八章 螺纹的公差与配合		(184)
8.1	概述	(184)
8.2	螺纹的加工误差及其对互换性的影响	(187)
8.3	普通螺纹的公差与配合标准及其应用	(194)
8.4	梯形螺纹公差	(201)
8.5	机床梯形螺纹丝杠、螺母精度	(204)
8.6	螺纹的测量	(212)
第九章 键和花键的公差与检验		(215)
9.1	键联结公差与检验	(215)
9.2	花键联结的公差与检验	(219)
9.3	矩形花键国际标准 (ISO14-1982) 简介	(223)
第十章 渐开线圆柱齿轮和齿轮副公差		(227)
10.1	概述	(227)
10.2	齿轮副误差及其公差项目	(229)
10.3	单个齿轮的误差及其公差项目	(233)
10.4	齿轮公差标准及其应用	(247)
10.5	JB179-60简介	(263)
10.6	圆柱齿轮的测量	(266)

第十一章 尺寸链	(274)
11.1 基本概念	(274)
11.2 极值法解尺寸链	(276)
11.3 概率法解尺寸链	(281)
11.4 讨论	(287)
主要参考书目	(288)

第一章 绪 论

1.1 互换性的概念

人类的历史是向自然界作斗争，并且不断取得胜利的历史，也就是生产力发展的历史。而生产力发展的必然结果是导致社会的分工。不同的生产力水平，要求有与之相适应的生产方式。在当前社会化的大生产的条件下，按照专业化协作的原则进行生产，已经是提高产品质量，降低生产成本，从而提高经济效益的必由之路了。

在生产水平低下的情况下，社会的主要经济形态是自然经济。一家一户，或一个手工业工场，就可以完成某些产品的全部生产过程。但是，随着生产力的发展，不仅出现了阶级的对立，而且由于对产品质量要求和复杂程度的提高，科学技术的进步，大量生产的出现，特别是商品生产的发展，就不可能也不应该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。

例如在汽车制造业中，汽车上的成千上万个零件是分别由几百家工厂生产的。汽车制造厂只负责生产若干主要的零件，并与其他工厂生产的零件一起装配成汽车。为了顺利地实现这种专业化的协作生产，各工厂生产的零件或部件，都应该有适当的、统一的技术要求。否则，就可能在汽车厂装配时发生困难，或者不能满足对产品的技术性能的要求。

这种在不同工厂、不同车间、由不同工人生产的相同规格的零件或部件，可以不经选择、修配或调整，就能装配成满足预定使用性能要求的机器或仪器，则零件或部件所具有的这种性能就称为互换性。能够保证产品具有互换性的生产，就称为遵循互换原则的生产。

由此可见，互换性表现为对产品零、部件在装配过程中三个不同阶段的要求：装配前，不需选择；装配时，不需修配和调整；装配后，可以满足预定的使用性能的要求。

显然，为了使零、部件具有互换性，首先应对其几何要素提出适当的要求，因为只有保证了对零、部件几何要素的要求，才能实现其可装配性和装配后满足与几何要素（尺寸、形状等）有关的技术性能要求。这就是零件或部件的几何要素的互换性。

但是，要全面满足对产品的使用性能的要求，仅仅保证零、部件具有几何要素的互换性是不够的，还需要从零、部件的物理性能、化学性能、机械性能等各方面提出适当的要求。这些在更广泛意义上的互换性，可称为广义互换性。

有时，常常把仅满足可装配性要求的互换称为装配互换；把满足各种使用性能要求的互换称为功能互换。

当前，互换的原则已经成为组织现代化生产的一项重要技术经济原则。它已经在生产资料和生活资料生产的各部门被普遍地、广泛地采用。从手表、缝纫机、自行车，到机床、汽车、电视机，以及各种军工产品的生产，都无不在极大的规模和极高的程度上，按照互换的原则进行生产。

本课程的研究对象就是零件几何要素的互换性。

1.2 互换性的重要性

互换的要求首先是从使用上提出来的。在19世纪,为了在战争中争取时间赢得胜利,要求能迅速更换发热的枪管,以保证连续进行射击,这就产生了互换的萌芽。随着生产的发展,对生产和生活中使用的各类产品的互换要求也越来越广泛。具有互换性的产品可以在使用过程中迅速更换易损零、部件,从而保持其连续可靠地运转,给使用者带来极大的方便,获得充分的经济效益。

如前所述,为了使零件具有互换性,当然应该对其几何要素提出适当的要求。如果零件的几何要素可以制造得绝对准确,那么,当然能够满足任何规定的要求。但是,实际上任何生产过程都不可避免地存在各种误差,不可能把零件制造得绝对准确;而使用性能对零件几何要素的要求又不是绝对的,因此有必要也有可能在设计中根据具体条件规定零件各几何要素的允许误差——公差。显然,规定公差的原则应该是在保证满足使用性能要求的条件下,尽可能考虑生产过程的经济性,也就是要正确处理使用要求与生产经济性的矛盾,实现经济地满足使用要求的原则。

为了在更加广泛的范围内和更加高级的程度上实现互换性生产,还需要在不断总结生产实践经验和充分理论分析的基础上进行各种标准化的工作。标准化就是将研究对象进行科学的简化、选优和统一。所有工程技术上的各种标准都是在一定生产条件下,使用要求与生产经济性的暂时的相对的统一。它们可以在一定条件下,以尽可能少的规定,满足尽可能多的不同需要。因此,标准化程度的提高,可以大大有利于设计工作量的减少和设计质量的提高。现在,标准化对于实现互换性生产、促进科学技术水平提高的作用,已经被越来越多的人所认识。

然而,高度的标准化和正确的设计只为保证零件的互换提供了可能性,要把这种可能性转变为现实性,还需要采取适当的工艺措施。要根据设计要求,选择原材料,确定机床、刀具、夹具等工艺装备,编制工艺规程,安排装配工艺等。此外,还需要对完工零件进行检查,以确定其是否满足设计要求。这就要选择适当的测量器具和方法,并在必要时对测量结果进行适当的数据处理,对零件作出合格与否的判断。从组织上,为了保证测量结果的统一和可靠,还应建立完善的计量管理系统,设立相应的机构,制订各种计量法规并对其实施进行监督和检查。

互换程度的提高同时也给制造过程带来极大的方便。例如,可以迅速更换磨损了的刀具,保证加工过程的持续性;自动和半自动机床上原材料装夹的稳定与可靠;设备维修中易损零部件的更换等等,都是以具有互换的特性为前提的。所以,互换性也大大提高了制造过程的经济效益。

然而,对于不同的产品和某种产品的不同生产阶段,应该在何种范围内和何种程度上具有互换性,还需进行具体的分析。例如滚动轴承,作为由专业化工厂生产的高精度标准部件,它与其他零件具有装配关系的各尺寸应该具有完全的互换性。但其内、外圈和滚子等零件相互装配的尺寸,由于精度要求极高,如果也要求具有完全的互换性,就会给制造带来极大的困难,所以往往只有不完全的互换性,即采取选择装配的方法,才能取得较好的经济效果,又不影响整个轴承的使用。

1.3 我国标准化与计量测试工作的概况

解放以前，在帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山的压迫下，我国的科学技术极端落后，只在沿海若干大城市里有一些轻纺工业和修配工厂，除东北数省以外，基本上没有重工业。同时，又由于各帝国主义国家争夺割据的结果，在工业生产中采用的少量标准，亦随地区和行业的不同，分别有德、日、美、英等国的标准，根本没有也不可能有自己的国家标准。

解放以后，由于改变了束缚生产力发展的旧的生产关系，我国的工农业生产和科学技术都得到了很大的发展和提高，逐步建立起独立完整的工业体系。在生产发展的基础上，自1959年起，陆续制订出各种国家标准，如公差与配合、机械制图、优先数系、螺纹、齿轮、花键、滚动轴承、表面粗糙度、形状和位置公差、光滑极限量规等。现在已有国家标准三千多个，初步满足了工业生产的需要。近年来，随着国际技术交流的进一步开展，我国的标准化工作又有了新的提高。

在计量和测试工作方面，我国首先统一了计量制度，规定以米制（即公制）作为我国长度计量的基本制度，同时，逐步建立起各种计量基准器和各级基准的传递系统。1977年国务院公布了计量管理条例，并正积极进行计量法规的制订工作，使能以法律的形式保证计量的统一和可靠，从而促进产品质量的不断提高。现在我国已初步具备独立设计和制造各种长度计量和测试器具的能力，如丝杠动态检查仪、激光光波比长仪、齿轮整体误差检查仪等精密计量测试仪器，都已经达到或接近世界先进水平。

可以肯定，随着经济形势的进一步好转和科学技术水平的不断提高，我国的标准化工作和计量测试技术水平必将取得新的进展。

第二章 基本术语和定义

为了研究零件几何要素的互换性，必须对有关的术语作出统一的规定，并给以明确的定义。这是互换性研究的基础，也是工程技术人员必须掌握的共同语言。因此，必须深入理解各术语的含义和它们之间的区别和联系，并熟练掌握其具体应用。

2.1 尺寸 (Size)

一般说来，用特定单位表示长度值的数字就称为尺寸。

例如，在零件图样上标注圆的直径为 $\phi 30\text{mm}$ 、两轴线间距离为 45mm 、圆弧半径为 0.5mm 等，都是尺寸。在机械制图中，图样上的尺寸通常都以毫米为单位，且在标注时将单位省略。当以其他长度单位表示尺寸时，应加以标明。

有时，尺寸也可以表示角度值（例如在形状和位置公差中）。因此，在必要时可以用长度尺寸和角度尺寸加以区别，亦可称线值和角值。

2.1.1 孔和轴 (Hole and Shaft)

在机器或仪器中，最基本的装配关系是由一个零件的内表面包容另一个零件的外表面所形成的。我们规定，圆柱形的内表面称为孔，圆柱形的外表面称为轴。而且，孔也指其他内表面中由单一尺寸确定的部分；轴也指其他外表面中由单一尺寸确定的部分。也就是说，这里的孔、轴具有广泛的含义，不仅表示通常理解的概念，即圆柱形的内、外表面，而且表示其他几何形状的内、外表面中由单一尺寸确定的部分。

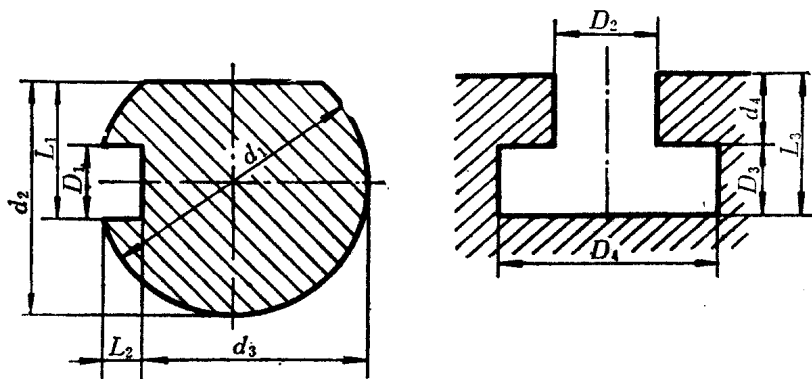


图 2-1

例如，在图 2-1 所示零件的各内表面上，由 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各单一尺寸所确定的部分都称为孔；各外表面上，由 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各单一尺寸所确定的部分都称为轴。两表面相对，其间没有材料，形成包容状态的，称为内表面；两表面相背，其外没有材料，形成被包

容状态的，称为外表面。不能简单地把内、外表面相应理解为孔、轴，而必须是它们由单一尺寸确定的那部分几何要素，才称为孔、轴。例如，由尺寸 D_1 确定的两平行平面称为孔；由尺寸 d_1 确定的一个平面和一条直线(素线)称为轴；由尺寸 d_1 确定的两条平行直线(素线)称为轴。根据零件结构形式的不同，可以由点、线、面的各种组合形成孔或轴。

如果两部分表面同向，既不能形成包容状态，也不能形成被包容状态，即既非内表面，亦非外表面，则它们中由单一尺寸确定的部分既不是孔，也不是轴，例如图2-1中由尺寸 L_1 、 L_2 和 L_3 所确定的部分。

2.1.2 基本尺寸 (Basic Size)

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。

基本尺寸可以在设计中根据强度、刚度、运动、工艺、结构等不同条件来确定。计算得到的基本尺寸应该根据规定予以标准化。

基本尺寸是计算偏差和极限尺寸的起始尺寸。它只表示尺寸的基本大小，并不是在实际加工中要求得到的尺寸。

2.1.3 实际尺寸 (Actual Size)

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。

实际尺寸是测量人员用一定的测量器具和方法，在一定的环境条件下，从测量器具的读数装置或记录器上读取的数值。由于存在器具、方法、人员和环境等因素所造成的测量误差，所以，实际尺寸不是被测尺寸客观存在的真实大小(真正尺寸，或称真值)。

由于随机性测量误差的存在，多次测量同一被测尺寸所得的实际尺寸是各不相同的。

由于加工误差的存在，不仅同一零件同一几何要素上各不同部位的实际尺寸各不相同，而且，在基本相同的条件下不同时刻加工出来的零件的实际尺寸也是各不相同的。

因此，实际尺寸是个随机变量。

一般说来，根据定义可以认为，任何人用任何测量器具和方法，在任何环境中测量所得的尺寸都可以称为被测尺寸的实际尺寸。各种测量条件所具有的误差不同，对同一被测尺寸的测量结果自然亦各不相同，所以，同一被测尺寸可以有不同的实际尺寸。例如，某尺寸用钢板尺测得为24mm，用游标卡尺测得为23.9mm，用千分尺测得为23.88mm，用测长仪测得为23.882mm，则这些不同测量结果都可以称为被测尺寸的实际尺寸。在生产实际中，应该

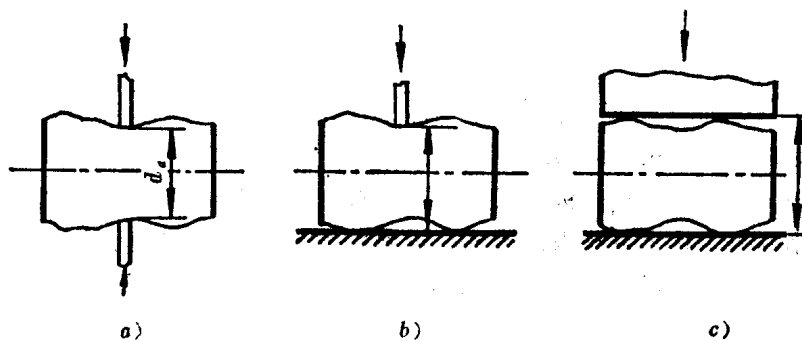


图 2-2

以在具有多大测量误差的条件下测量所得的结果,作为被测尺寸的实际尺寸,才符合经济合理的原则,将由相应的标准根据被测尺寸要求的高低作出适当的规定。

此外,由于被测要素的形状误差的存在,将使测量结果随测量器具与被测要素的接触方式的不同而不同。图 2-2 表示以三种不同的接触方式测量同一圆柱形轴的情况,显然,三种测量结果是不同的。我们把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,如图 2-2a 中的 d_a 。

2.1.4 作用尺寸 (Mating Size)

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(图 2-3a)。

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(图 2-3b)。

孔的作用尺寸以 D_m 表示;轴的作用尺寸以 d_m 表示。

作用尺寸是存在于实际孔和轴上的、判别它们装配状态的尺寸。如前所述,由于形状误差的存在,同一要素上各处的局部实际尺寸是各不相同的,因此,不能根据孔、轴的某个局部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,孔的作用尺寸总是不大于其任一局部实际尺寸($D_m \leq D_a$);轴的作用尺寸总是不小于其任一局部实际尺寸($d_m \geq d_a$)。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、轴的作用尺寸却是唯一的。

由于实际形状的多样性和实际尺寸的随机性,因此,在一般情况下,作用尺寸是不能通过计算得到的。作用尺寸是实际孔、轴的尺寸和形状的一个假想的综合参数。

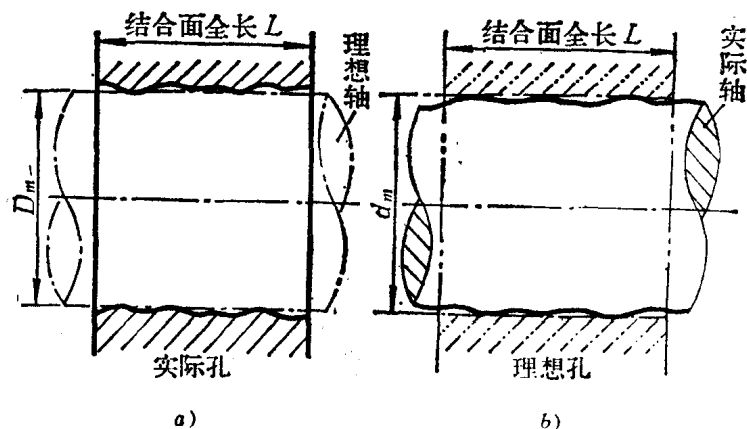


图 2-3

2.1.5 极限尺寸 (Limit of Size)

允许尺寸变化的界限值称为极限尺寸。通常规定两个界限值,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以 D_{max} 和 D_{min} 表示,轴的最大和最小极限尺寸分别以 d_{max} 和 d_{min} 表示。

设计中规定极限尺寸是为了限制加工中零件的尺寸变动,以满足预定的使用要求。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、最小极限尺寸之间,或以公式表示如下:

孔的尺寸合格条件

$$D_{\max} > D_a > D_{\min}$$

轴的尺寸合格条件

$$d_{\max} > d_a > d_{\min}$$

有时,设计规定的尺寸合格条件是孔、轴的作用尺寸和任一局部实际尺寸都在最大、最小极限尺寸之间。在这种情况下,考虑到作用尺寸与局部实际尺寸的关系,孔、轴的尺寸合格条件可以用公式表示如下:

孔的尺寸合格条件

$$D_a < D_{\max} \quad \text{且} \quad D_m > D_{\min}$$

轴的尺寸合格条件

$$d_a > d_{\min} \quad \text{且} \quad d_m < d_{\max}$$

显然,由于作用尺寸与实际孔、轴的形状误差有关,所以这种合格条件是对完工零件尺寸与形状的综合控制,称为单一要素的包容原则,亦称泰勒原则(后详)。

合格就是具有互换性。

2.1.6 最大实体尺寸和最小实体尺寸 (Maximum Material Size and Least Material Size)

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 $d_{\min}$ (图 2-4)。

最大实体状态 (MMC) 是对装配最不利的状态,即可能获得最紧的装配结果的状态;最小实体状态 (LMC) 是对装配最有利的状态,即可能获得最松装配结果的状态。

显然,最大实体状态和最小实体状态都是设计规定的合格零件的材料量的两个极限状态。

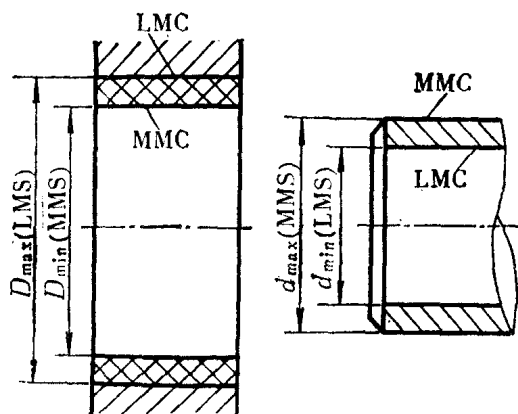


图 2-4

2.2 偏差 (Deviation)

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为偏差,或尺寸偏差。

2.2.1 实际偏差 (Actual Deviation)

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差，或以公式表示如下：

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差} \quad e_a = d_a - d$$

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。

2.2.2 极限偏差 (Limit of Deviation)

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极限偏差，简称上偏差，或以公式表示如下：

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

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

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下极限偏差，简称下偏差，或以公式表示如下：

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

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

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。

根据极限尺寸与基本尺寸的关系的不同，极限偏差也可以为正、负或零。但是，由于最大极限尺寸总大于最小极限尺寸，所以，上偏差总大于下偏差。

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，或以公式表示如下：

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

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

极限偏差与极限尺寸的关系如图 2-5 所示。

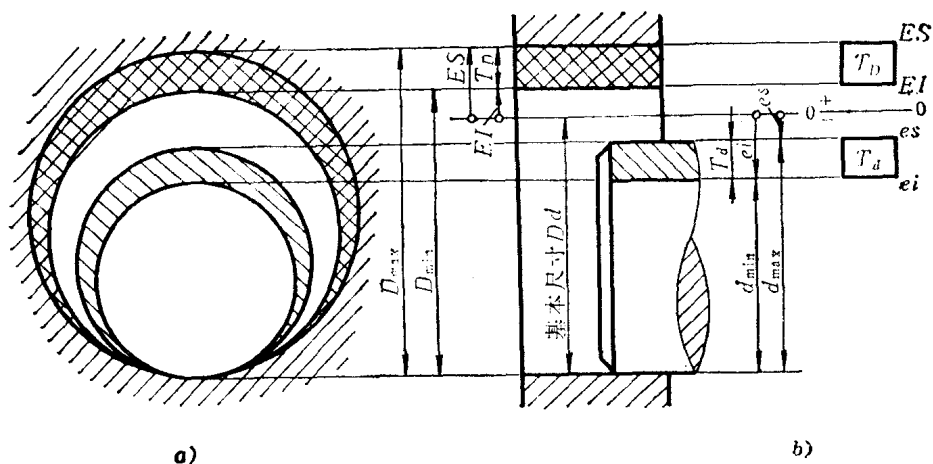


图 2-5

2.3 公差与公差带 (Tolerance and Tolerance Zone)

2.3.1 公差 (Tolerance)

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，或以公式表示如下：

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

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

因为公差仅表示尺寸允许变动的范围，即某种区域大小的数量指标，所以是绝对值，而不是代数值。公差没有正、负之分。习惯上所谓“正公差”、“负公差”的说法，都是完全错误的。

因为公差就是允许的变动量，所以一般说来，任何可以用数量来表示的特性都可以有相应的公差，如重量公差、密度公差、硬度公差、化学成分公差、线膨胀系数公差、速度公差、抗拉强度公差等等。

广义地说，公差就是允许的误差。在这个意义上的误差是指某种特性的数量指标的变动量。尺寸公差就是允许的尺寸误差。这里，尺寸误差就应该理解为一批零件的尺寸变动量。在一定加工条件下，一批零件的尺寸越分散，则尺寸误差就越大，加工方法的精度就越低；一批零件的尺寸越集中，则尺寸误差就越小，加工方法的精度就越高。公差则是设计规定的误差允许值。公差越小，允许一批零件的尺寸差异就越小，要求加工方法的精度就越高。因此，通过对一批零件进行实际测量，可以估算其尺寸误差；而公差则是在设计图样上给定的，不能通过实际测量得到。

公差与极限偏差是既有区别又有联系的两个重要概念。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，即其允许的差异，是绝对值；极限偏差的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，但不能根据公差来判断零件尺寸是否合格。极限偏差的大小原则上与对零件加工精度的要求无关，但上、下偏差之差（即公差）又与精度有关。极限偏差是判断零件尺寸合格与否的依据。

2.3.2 公差带 (Tolerance Zone)

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），用适当的比例画出以两极限偏差表示的公差带，称为公差带图，如图 2-5b 所示。

通常，零线水平安置，且取定零线以上为正偏差，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。

尺寸公差带的大小取决于公差的大小，公差带相对于零线的位置取决于极限偏差的大小。相同大小的公差带，可以随极限偏差的不同而具有不同的位置，它们对零件的精度要求相同而对尺寸大小的要求不同。只有既给定公差大小以确定公差带大小，又给定一个极限偏差（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。

公差带图是学习本课程的一个极为重要的概念和工具，必须熟练掌握。

实际上，除了尺寸公差带以外，零件几何要素的其他特性也都有各自的公差带，如形状公差带、位置公差带等等。尺寸公差带只有大小和位置两个特性，形状和位置公差带除了大小和位置以外，还有形状和方向的特性（后详）。

2.4 配合 (Fit)

2.4.1 间隙和过盈 (Clearance and Interference)

相互结合的孔与轴的尺寸差值称为间隙或过盈。孔的尺寸大于轴的尺寸时，其差值称为间隙。间隙以 X 表示。轴的尺寸大于孔的尺寸时，其差值称为过盈。过盈以 Y 表示。所以，过盈就是负间隙，间隙也就是负过盈。

孔的实际尺寸与轴的实际尺寸之差称为实际间隙或实际过盈，或以公式表示如下：

$$\text{实际间隙} \quad X_a = D_a - d_a$$

$$\text{实际过盈} \quad Y_a = d_a - D_a$$

设计给定了相互结合的孔、轴的极限尺寸以后，也就相应地确定了间隙或过盈允许变动的界限。允许间隙变动的界限值称为极限间隙；允许过盈变化的界限值称为极限过盈。

极限间隙或极限过盈亦各有两个，即最大极限间隙和最小极限间隙或最大极限过盈和最小极限过盈。它们与相互结合的孔、轴极限尺寸或极限偏差的关系可以公式表示如下：

$$\text{最大（极限）间隙} \quad X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$\text{最小（极限）间隙} \quad X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

$$\text{最大（极限）过盈} \quad Y_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$$

$$\text{最小（极限）过盈} \quad Y_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES$$

$$\text{显然,} \quad X_{\max} = -Y_{\min}, \quad X_{\min} = -Y_{\max}$$

2.4.2 配合 (Fit)

基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴的公差带之间的关系称为配合。

根据相互结合的孔、轴公差带的不同相对位置关系，可以把配合分成三类：

1. 间隙配合 (Clearance Fit)

保证具有间隙（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2-6。

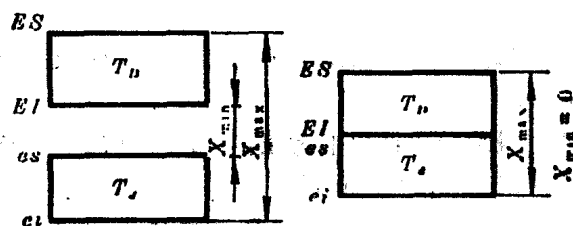


图 2-6

从孔、轴的极限尺寸或极限偏差的关系看，当 $D_{\min} \geq d_{\max}$ 或 $EI \geq es$ 时，形成间隙配合。

表示间隙配合松紧程度的特征值是最大极限间隙和最小极限间隙。有时，也用平均间隙