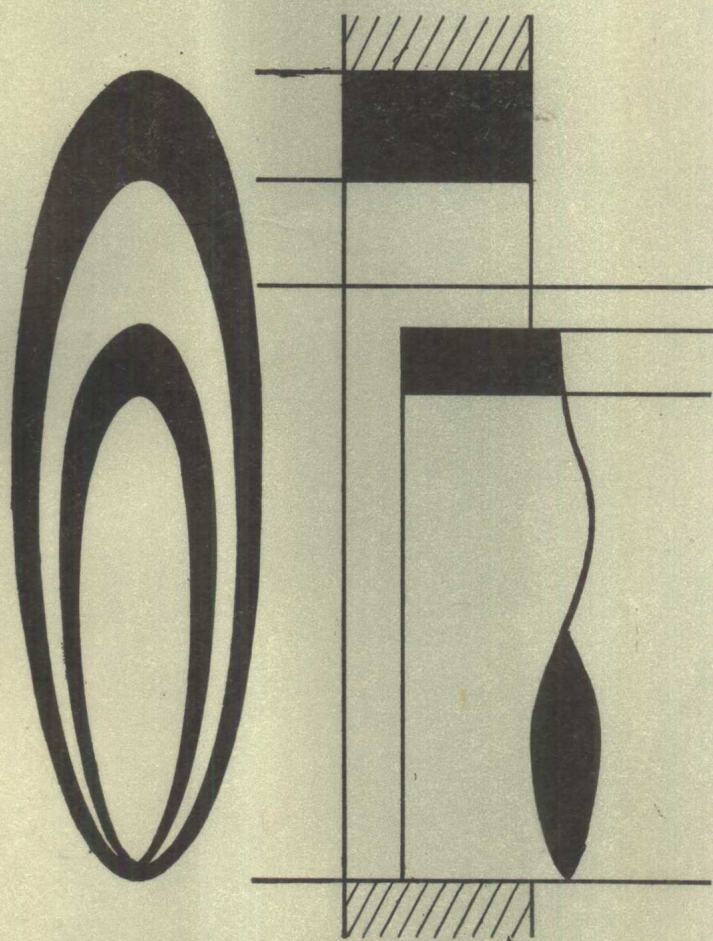


公差配合与 技术测量



中国铁道出版社

公差配合与
技术测量

中
国

801

版
社

公差配合与技术测量

王广涛 张运祥 王素茹 编
罗韵琴 王芸篇

中国铁道出版社

1982年·北京

公差配合与技术测量

王广涛 张运祥 王素茹 编
罗韵琴 王芸篇

中国铁道出版社出版

责任编辑 何生泰 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 16.25 字数: 403千

1982年12月 第1版 1982年12月 第1次印刷

印数: 0,001—35,000册 定价: 1.70元

内 容 简 介

机械工业的高度专业化协作性生产，对产品的互换性提出了更高的要求。公差配合与技术测量知识的研讨就成为生产人员、技术人员以及科研人员的主要课题之一。本书在阐述公差配合与技术测量知识的过程中，采用了最新的各项公差配合标准，包括新近颁布的和即将颁布的国家标准及有关部颁标准，内容较新较全。全书共十一章，即：绪论、圆柱结合的公差与配合、技术测量基础、形状和位置公差、表面光洁度、滚动轴承的公差与配合、单键与花键的公差配合、螺纹的公差与配合、圆锥的公差与配合、圆柱齿轮传动公差、尺寸链。本书可作高等院校机械类专业教材，也可供工程技术人员学习参考。

前 言

《公差配合与技术测量》一书采用了最新颁布的各项公差标准，如：《公差与配合》、《形状和位置公差》、《键联结》、《普通螺纹》、《渐开线圆柱齿轮精度制》等，对有待颁布的新标准，则根据送审稿的内容作了介绍，如《光滑工件尺寸的检验》、《光滑极限量规》、《滚动轴承配合》，有的则介绍了国际标准的梗概，如圆锥公差制，内容较新，便于学习掌握各项公差标准。在技术测量方面，阐述了测量的基本知识。书中选用了机械配件实例进行分析，便于理解。

参与编写本书的有：北方交通大学王广涛（第一、四、九章）、大连铁道学院王芸篇（第二、六章）、大连铁道学院张运祥（第三、十一章）、北方交通大学罗韵琴（第五、七、八章）、西南交通大学王素茹（第十章）。由王广涛任主编，张运祥任主审。

铁道部科技局、工业总局、华东交通大学、兰州铁道学院、长沙铁道学院、北方交通大学、北京二七机车工厂和北京二七车辆工厂职工大学、南京浦镇工厂职工大学等单位的代表参加了这本书的审稿会议，提出了宝贵的意见；在搜集资料的过程中，得到一机部标准化所、郑州机械研究所、洛阳轴承研究所、中国计量科学研究院、资阳机车工厂、大连热力机车研究所等单位的热情支援。对此，谨向他们表示谢意。

欢迎读者对本书提出批评指正意见。来信请寄北京市西直门外北方交通大学王广涛收。

编 者

一九八一年十二月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 互换性的基本概念	1
第二节 我国标准化与计量工作的发展	2
第三节 优先数与优先数系列	2
第四节 误差与公差	4
第五节 公差与配合的术语和定义	4
第二章 圆柱结合的公差与配合	12
第一节 概 述	12
第二节 标准公差	13
第三节 基 准 制	17
第四节 基本偏差	18
第五节 常用公差带与配合	31
第六节 未注公差尺寸的极限偏差	33
第七节 公差与配合的选用	34
第八节 新旧国标对照	41
第九节 配制配合	46
第三章 技术测量基础	50
第一节 技术测量的基本任务	50
第二节 长度基准与尺寸传递系统	50
第三节 计量器具与测量方法的分类	54
第四节 计量器具的主要参数	55
第五节 量 规	56
第六节 测量误差及数据处理	65
第七节 光滑工件尺寸的检验及计量器具的选择原则	77
第四章 形状和位置公差	83
第一节 形状和位置公差的项目	83
第二节 形位公差的几项基本原则	99
第三节 形位误差的检测	107
第四节 形位公差的选用	118
第五章 表面光洁度	128
第一节 基本概念	128
第二节 表面光洁度的评定及选用	129
第三节 表面光洁度的检验方法	133
第六章 滚动轴承的公差与配合	136

第一节 概 述	136
第二节 滚动轴承互换性的特点	136
第三节 滚动轴承与配合件的公差配合	141
第七章 单键与花键的公差配合	151
第一节 单键联结概述	151
第二节 单键联结的公差配合及测量	152
第三节 花键联结概述	155
第四节 矩形花键联结的公差配合及测量	156
第八章 螺纹的公差与配合	164
第一节 螺纹联结概述	164
第二节 几何参数对螺纹联结互换性的影响	166
第三节 普通螺纹公差与配合	170
第四节 梯形螺纹公差	174
第五节 螺纹的测量	181
第九章 圆锥的公差与配合	183
第一节 概 述	183
第二节 圆锥公差	184
第三节 圆锥工件的检验	188
第四节 圆锥公差国际标准介绍	189
第十章 圆柱齿轮传动公差	193
第一节 对齿轮传动的使用要求	193
第二节 齿轮加工误差的来源及其特性	194
第三节 齿轮加工误差及齿轮精度的检验组	194
第四节 齿轮传动的安装误差	211
第五节 渐开线圆柱齿轮精度制 (JB179—81)	213
第六节 圆柱齿轮传动公差 (JB179—60) 简介	220
第十一章 尺 寸 链	230
第一节 尺寸链的基本概念	230
第二节 用极值法解尺寸链	234
第三节 用概率法解尺寸链	240
第四节 尺寸链的其它解法	243

第一章 绪 论

第一节 互换性的基本概念

互换性在工业生产中具有重要意义。例如：在铁路上的机车车辆，不论它们是哪个工厂生产出来的，不论它们是哪个路局管辖的，它们都能联挂在一起。为什么呢？这就是因为车钩具有互换性的缘故；又如在内燃机车制造厂中，在进行内燃机车总装配时，任取一个合格的零部件就能装得上，装好以后机车就能开动起来；在内燃机务段修理柴油机时，发现已经磨坏了的汽缸套，只要换上一个新的，柴油机又可以正常工作了。这些例子说明互换性对制造、使用、维修等部门都是必不可少的。

机械制造中要求按照规定的几何、物理及其它质量参数的公差来制造机器的各个组成部分，使之能够更好地满足互换和使用的需要，这是机械制造的一个主要任务。

互换性不仅决定于尺寸、形状等几何参数，也决定于其它一系列物理及其它质量参数，所以尺寸互换性是功能互换性的一部分内容。要使产品具有尺寸互换性，并不需要产品在一切方面都具有完全相同的尺寸，而只是需要它们彼此接近到一定程度就能保证互换了。允许尺寸变动的范围就称为尺寸公差。

在现代化大生产中，为了提高生产率、保证产品质量、降低成本，就要进行专业化协作性生产，即分散制造、集中装配。而要进行专业化协作性生产就必须保证互换性原则的实现。所谓互换性原则，就是机器中的零件或部件按规定的精度要求制造，在装配时不需辅助加工及修配就能装成机器，并完全符合规定的性能要求。

按照互换性原则来制造零部件以保证机器配合要求的方法，叫完全互换法。此外，还可以采用不完全互换法，即在装配时有调整或进行分组装配。

当配合精度要求很高时，采用完全互换将使零件公差很小，加工困难，成本很高，甚至无法加工。这时可以将零件的制造公差适当地放宽，而在装配前将其测量分组，使每组零件之间的差别减小，然后按相应的分组进行装配，就解决了加工困难的问题，称为分组装配法。

在装配时，通过移动或更换某些零件的位置和尺寸来获得要求的精度，称为调整法。如装配时使用垫片组和车床小刀架楔铁等，都起到调整作用。

至于使用钳工修配就谈不上互换性的问题了。这就称为修配法或不互换法。

一般来讲，大量生产和成批生产都采用完全互换，而在精度要求很高时，则采用不完全互换；对单件和小批生产，特别是对重型机器制造，则多半采用不完全互换或修配法。

机械制造中不仅零件要求具有互换性，而且部件也要求具备互换性。部件与相配件间的互换性称为外互换，例如滚动轴承内圈内孔与轴的配合；外圈外径和机座孔的配合。部件内部组成零件间的互换性称为内互换，例如滚动轴承内圈外径、外圈内径与滚动体直径配合的互换性。为了使用方便，滚动轴承的外互换是采用完全互换；而其内互换，则因其精度要求很高，加工困难，采用分组装配，为不完全互换。

第二节 我国标准化与计量工作的发展

现代化大生产的特点是采用分散制造、集中装配的专业化生产。而这种采用互换性原则的生产方式是靠标准化与计量工作两方面来做保证的。为适应我国机械工业迅速发展的需要，1955年成立了国家计量局，1959年统一了全国的计量制度，1977年又颁布了《中华人民共和国计量管理条例》，这对全国计量单位的统一，有了更好的保证。与此同时，我国大力发展量具量仪的制造业，开展计量科学的研究工作，研制出许多先进的计量器具。例如：激光比长仪、激光平面干涉仪、激光丝杠动态检查仪、齿轮单面啮合检查仪、精密光栅分度头、投影式万能工具显微镜等等。在制定标准方面，1959年制定了《公差与配合》国家标准，随后又制定了螺纹、齿轮、花键等国家标准或部标准，以及光洁度、《形状与位置公差》国家标准。1978年我国正式参加了国际标准化组织（简称ISO），所以此后修订的标准都是采用了“在立足我国生产实际的基础上，向ISO标准靠拢”的原则。例如新的《公差与配合》、《形状和位置公差》国家标准都是按照这个原则制定的。

第三节 优先数与优先数系列

在制定工业标准的表格以及在进行产品设计时，都会遇到选择数值系列的问题。那么应该选取什么样的数值系列呢？人们发现选取等比级数要比等差级数优越得多。假如一个生产塑料容器的工厂，它出产的十种型号的产品的容积分别是1、2、3、4、5、6、7、8、9、10升，那么就会出现9升和10升两种容器价格差异不大的现象。因为如果两者的尺寸是按比例设计的，假定其直径之比为 $\sqrt[3]{10/9} = 1.03$ ，那么两种容器的实际生产成本几乎是一样的，所以两种规格的价钱也就相差无几了，因此人们多选购10升的。而对于小型号来说，又会出现有人认为1升过小，2升过大，而要求生产中间尺寸的容器。为了满足实际需要，该厂修改了十种型号的容量，它们分别为1、1.5、2、2.5、3、4、5、6、8、10升，这样就大致上满足了实际需要，产品滞销现象也就没有了。再分析一下这些容器的容量之间的关系，就会发现它们大致上是按公比为1.25的几何级数排列起来的。在生产上这样的例子是很多的，象照相机的光圈数值和快门速度数值；电阻的数值；机械制造中标准长度的数值和标准直径的数值等等，都是按几何级数排列的。在几何级数中选取公比是多少合适呢？人们发现以 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ 等做为公比使用起来方便有利，于是就称这样的几何级数为优先数系列。

因此在工业标准化、设计等方面涉及选择数值系列时，必须使用优先数系列，选择一个单值时必须挑选优先数系列的某一项值。

优先数系列的基本系列有以下四种公比的数列：

$$R 5: q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6,$$

$$R 10: q_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.2589 \approx 1.25,$$

$$R 20: q_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.1220 \approx 1.12,$$

$$R 40: q_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.0593 \approx 1.06.$$

优先数系列具有以下公比的补充系列

$$R 80: q_{80} = \sqrt[80]{10} = 1.02936 \approx 1.03.$$

范围为 1 到 10 的优先数系列在表 1—1 中列出。

优先数基本系列

表 1—1

基 本 系 列 (常用值)				计 算 值
R 5	R 10	R 20	R 40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.0000
			1.06	1.0593
		1.12	1.12	1.1220
			1.18	1.1885
	1.25	1.25	1.25	1.2589
			1.32	1.3335
		1.40	1.40	1.4125
			1.50	1.4962
1.60	1.60	1.60	1.60	1.5849
			1.70	1.6788
		1.80	1.80	1.7783
			1.90	1.8836
	2.00	2.00	2.00	1.9953
			2.12	2.1135
		2.24	2.24	2.2387
			2.36	2.3714
2.50	2.50	2.50	2.50	2.5119
			2.65	2.6607
		2.80	2.80	2.8184
			3.00	2.9854
	3.15	3.15	3.15	3.1623
			3.35	3.3497
		3.55	3.55	3.5481
			3.75	3.7584
4.00	4.00	4.00	4.00	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
	5.00	5.00	5.00	5.0119
			5.30	5.3088
		5.60	5.60	5.6234
			6.00	5.9566
6.30	6.30	6.30	6.30	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
			7.50	7.4989
	8.00	8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.414
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4406
10.00	10.00	10.00	10.00	10.0000

优先数系列的一个有趣而且有价值的特性是：由于 10 的 10 次方根 (≈ 1.2589) 与 2 的立方根 (≈ 1.2599) 非常接近。因此 R10 系列中每一个连续的第三项几乎准确地等于前面一个

相应项的两倍。对于 R_{20} 系列来说, 每一个连续的第六项几乎准确地等于前面一个相应项的两倍。

在优先数系列中, 任何一个项值均为优先数。优先数系列中任意两项的积或商都为优先数, 任意一项之整数乘方或开方亦都为优先数。同时还可以看到: 在 R_{40} 系列中包含有 R_{20} 系列的数值; 在 R_{20} 系列中含有 R_{10} 系列的数值; 在 R_{10} 系列中含有 R_5 系列的数值。

优先数系列中的数值, 可以向两头无限延伸: 所有大于10的优先数, 均可用10、100、1000、…等乘以表1—1中的数值求得; 所有小于1的优先数, 可用0.1、0.01、0.001、…等乘以表1—1中优先数求得。

当有需要时, 可采用派生系列。在基本系列中, 可依次隔2、3、4…等几个项数选取优先数值, 则导出派生系列。例如: 在 R_5 系列中每隔一项选取一项, 则有得到 $R_{5/2}$ 系列; 在 R_{40} 系列中每隔5项选取一项, 则可得到 $R_{40/6}$ 系列。

优先数系列在各项公差标准中得到了广泛的应用, 公差标准的许多数值, 都是按照优先数系列选定的。例如, 《公差与配合》国家标准中的标准公差值就是按 R_5 优先数系列确定的, 而尺寸分段是按 R_{10} 优先数系列确定的。

第四节 误差与公差

要制造绝对准确的零件是不可能的, 也是不必要的。为了满足零件的互换性要求, 必须对其几何参数加以限制, 允许它在一定的范围内变化。

零件的几何参数的精度, 是指加工后零件实际几何参数数值对理论几何参数数值近似的程度。实际几何参数数值与理论几何参数数值的差别越小, 即误差越小, 则加工精度越高。故零件加工精度的高低, 是用误差的大小来表示的。“精度”与“误差”这两个概念, 是评定零件几何参数的两种着眼点, 实质上是一致的。

零件的几何参数误差, 可以分为三类: 一、几何形状误差。它包括宏观几何形状误差——形状误差; 中间几何形状误差——波度; 微观几何形状误差——表面光洁度。二、位置误差。三、尺寸误差。

公差是允许几何参数的变化范围。尺寸公差是允许尺寸变动的范围, 形状公差是零件上要素的形状允许的变动范围, 位置公差是要素的位置允许的变动范围。对于以上各种公差的确切定义, 在以后的章节中将详细叙述。

所以误差是加工过程中产生的, 公差是设计者给定的。当零件的误差在公差范围内, 它就是合格件; 当零件的误差超出了公差范围, 它就是不合格件。

第五节 公差与配合的术语和定义

(一) 孔和轴

孔: 主要指圆柱形的内表面, 也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

轴: 主要指圆柱形的外表面, 也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

孔具有内表面的属性, 它形成包容的状态, 该部分之内没有材料, 例如一个长方孔, 则可以把它分解为两个单一尺寸的“孔”。而轴具有外表面的属性, 它可以形成被包容的状态, 该部分之外没有材料。

(二) 尺 寸

尺寸：用特定单位表示长度值的数字。在机械制造中，一般用毫米或微米做为单位。

基本尺寸：设计给定的尺寸（图 1—1）。它是设计者经过计算确定的。该尺寸应符合标准长度、标准直径。通常用 L 表示孔的尺寸，用 l 表示轴的尺寸。

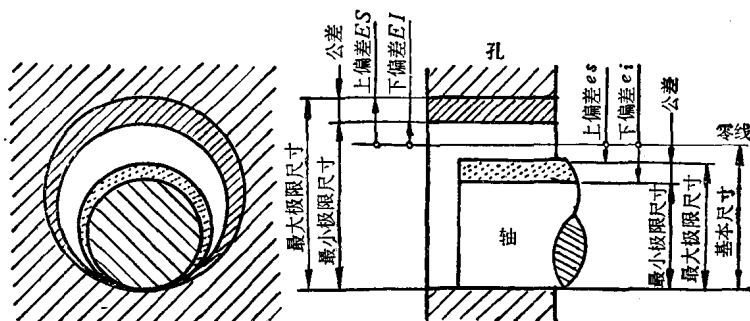


图 1—1 公差与配合示意图

实际尺寸：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。由于工件存在着形状误差，所以不同部位的实际尺寸并不相等。

极限尺寸：允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值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。可以用 L_{max} 表示孔的最大极限尺寸； L_{min} 表示孔的最小极限尺寸； l_{max} 表示轴的最大极限尺寸； l_{min} 表示轴的最小极限尺寸。

孔或轴的作用尺寸：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；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（图 1—2）。

对于一个具体零件来说，孔（或者轴）的不同部位的实际尺寸可能不同，但是其作用尺寸只有一个，它是在装配时起作用的一个尺寸。任何孔的作用尺寸都不大于实际尺寸的最小值；任何轴的作用尺寸都不小于实际尺寸的最大值。可以用 L_w 表示孔的作用尺寸，用 l_w 表示轴的作用尺寸。

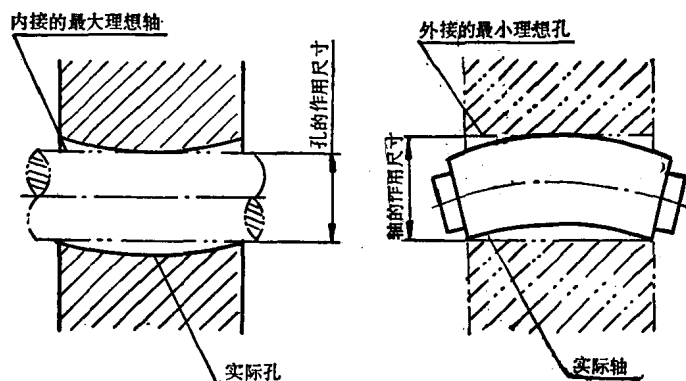


图 1—2 孔或轴的作用尺寸

(三) 尺寸公差与偏差

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。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；上偏差与下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为实际偏差。偏差可以为正、负或零值。用以下符号表示各个偏差。

ES 孔的上偏差 es 轴的上偏差
 EI 孔的下偏差 ei 轴的下偏差

则有

$$\begin{aligned} L_{\max} - L &= ES & l_{\max} - l &= es \\ L_{\min} - L &= EI & l_{\min} - l &= ei \end{aligned}$$

尺寸公差（简称公差）：允许尺寸的变动量。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值的绝对值。孔公差用 T_h 表示，轴公差用 T_s 表示，则有

$$\begin{aligned} T_h &= |L_{\max} - L_{\min}| = |L_{\min} - L_{\max}|, \\ T_h &= |ES - EI| = |EI - ES|, \\ T_s &= |l_{\max} - l_{\min}| = |l_{\min} - l_{\max}|, \\ T_s &= |es - ei| = |ei - es| \end{aligned}$$

公差是个绝对值，而公差值又不允许为零。所以任何关于零公差与负公差的说法，都是错误的。

（四）零线：在公差与配合图解（简称公差带图）中，确定偏差的一条基准直线，即零偏差线。通常零线表示基本尺寸（图 1-3）。

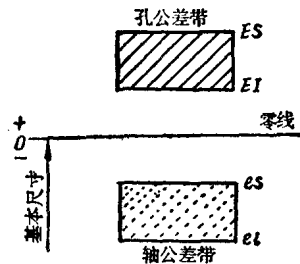


图 1-3 公差带图

尺寸公差带（简称公差带）：是在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。

（五）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。

间隙或过盈：孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙、为负时是过盈。

间隙配合：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 1-4）。

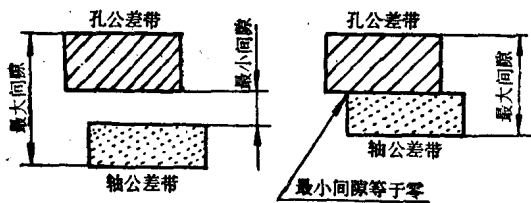


图 1-4 间隙配合

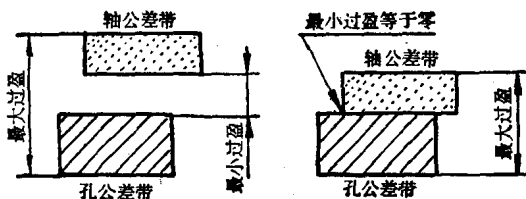


图 1-5 过盈配合

过盈配合：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 1-5）。

过渡配合：可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠（图 1-6）。

最小间隙：对间隙配合，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。用 $X_{\min}$ 表示最小间隙，则有

$$X_{\min} = L_{\min} - l_{\max}$$

最大间隙：对间隙配合或过渡配合，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。用 $X_{\max}$ 表示最大间隙，则有

$$X_{\max} = L_{\max} - l_{\min}$$

最小过盈：对过盈配合，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。用 $Y_{\min}$ 表示最小过盈，则有

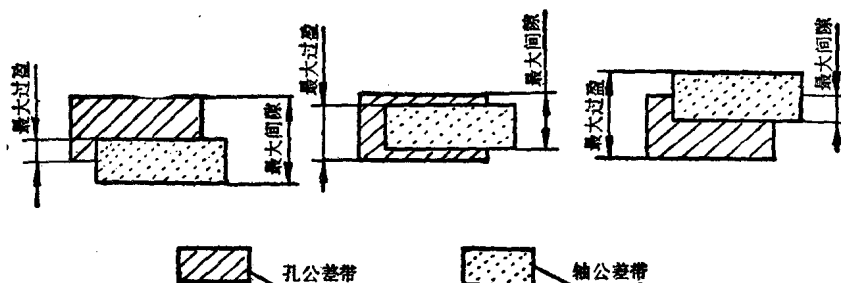


图 1-6 过渡配合

$$Y_{\min} = L_{\max} - l_{\min}$$

最大过盈：对过盈配合或过渡配合，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。用 $Y_{\max}$ 表示最大过盈，则有

$$Y_{\max} = L_{\min} - l_{\max}$$

配合公差：允许间隙或过盈的变动量。配合公差对间隙配合，等于最大间隙与最小间隙代数差的绝对值；对过盈配合，等于最小过盈与最大过盈之代数差的绝对值；对于过渡配合，等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。配合公差用 T_f 表示，则有

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |X_{\min} - X_{\max}|,$$

$$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = |Y_{\max} - Y_{\min}|,$$

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |Y_{\max} - X_{\max}|$$

配合公差亦等于孔公差与轴公差之和。

$$T_f = T_h + T_s$$

它可以由前面三个公式中任何一个推导而得到，例如：

$$\begin{aligned} T_f &= |X_{\max} - X_{\min}| \\ &= |(L_{\max} - l_{\min}) - (L_{\min} - l_{\max})| \\ &= |(L_{\max} - L_{\min}) + (l_{\max} - l_{\min})| \\ &= |T_h + T_s| = T_h + T_s \end{aligned}$$

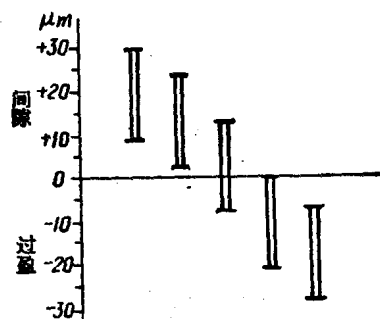


图 1-7 配合公差带

配合公差可以用图来表示（图 1-7）。配合公差带完全在零线以上是间隙配合，完全在零线以下是过盈配合；跨在零线两侧是过渡配合。配合公差带两端的坐标值代表极限间隙或极限过盈，上下两端之间的距离是配合公差值。

例 1 已知零件的基本尺寸 $L=50\text{mm}$ ，上偏差 $ES=+0.008\text{mm}$ ，下偏差 $EI=-0.008\text{mm}$ ，求最大极限尺寸 $L_{\max}$ ，最小极限尺寸 $L_{\min}$ 及公差 T_h 。

解：

$$L_{\max} = L + ES = 50 + 0.008 = 50.008 \text{ (mm)},$$

$$L_{\min} = L + EI = 50 - 0.008 = 49.992 \text{ (mm)},$$

$$T_h = |ES - EI| = |0.008 - (-0.008)| = 0.016 \text{ (mm)}$$

或者 $T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |50.008 - 49.992| = 0.016 \text{ (mm)}$

例 2 已知 $L = l = 50\text{mm}$ ， $L_{\max} = 50.025\text{mm}$ ， $L_{\min} = 50\text{mm}$ ， $l_{\max} = 49.975\text{mm}$ ， $l_{\min} = 49.959\text{mm}$ ，求 $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 、 T_h 、 T_s 及 T_f 。

解: $X_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = 50.025 - 49.959 = 0.066(\text{mm})$,

$$X_{\min} = L_{\min} - l_{\max} = 50 - 49.975 = 0.025(\text{mm})$$

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |50.025 - 50| = 0.025(\text{mm})$$

$$T_s = |l_{\max} - l_{\min}| = |49.975 - 49.959| = 0.016(\text{mm})$$

$$T_f = T_h + T_s = 0.025 + 0.016 = 0.041(\text{mm})$$

或者

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.066 - 0.025| = 0.041(\text{mm})$$

例3 已知 $L = l = 50\text{mm}$, $L_{\max} = 50.025\text{mm}$, $L_{\min} = 50\text{mm}$, $l_{\max} = 50.050\text{mm}$, $l_{\min} = 50.034\text{mm}$, 求 $Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ 、 T_h 、 T_s 及 T_f 。

解: $Y_{\max} = L_{\min} - l_{\max} = 50 - 50.050 = -0.050(\text{mm})$,

$$Y_{\min} = L_{\max} - l_{\min} = 50.025 - 50.034 = -0.009(\text{mm})$$

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |50.025 - 50| = 0.025(\text{mm})$$

$$T_s = |l_{\max} - l_{\min}| = |50.050 - 50.034| = 0.016(\text{mm})$$

$$T_f = T_h + T_s = 0.025 + 0.016 = 0.041(\text{mm})$$

或者 $T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}| = |(-0.050) - (-0.009)| = 0.041(\text{mm})$

例4 已知 $L = l = 50\text{mm}$, $L_{\max} = 50.025\text{mm}$, $L_{\min} = 50\text{mm}$, $l_{\max} = 50.018\text{mm}$, $l_{\min} = 50.002$, 求 $X_{\max}$ 、 $Y_{\max}$ 、 T_h 、 T_s 和 T_f 。

解: $X_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = 50.025 - 50.002 = 0.023(\text{mm})$,

$$Y_{\max} = L_{\min} - l_{\max} = 50 - 50.018 = -0.018(\text{mm})$$

$$T_h = |L_{\max} - L_{\min}| = |50.025 - 50| = 0.025(\text{mm})$$

$$T_s = |l_{\max} - l_{\min}| = |50.018 - 50.002| = 0.016(\text{mm})$$

$$T_f = T_h + T_s = 0.025 + 0.016 = 0.041(\text{mm})$$

或者

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.023 - (-0.018)| = 0.041(\text{mm})$$

在图1—8中画出了例2、例3、例4的公差与配合图解。图1—9是它们的配合公差带图。

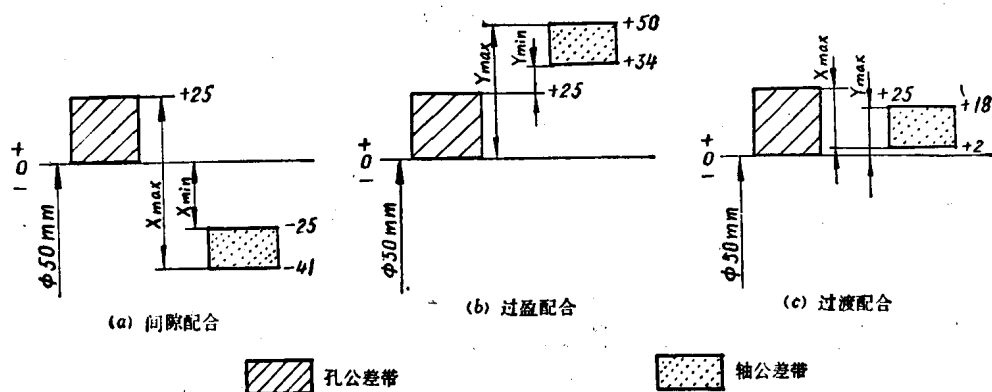


图1—8 例题的公差与配合图解

(图中单位除注明者外均为微米)

(六) 最大实体状态与最小实体状态

最大实体状态(简称MMC)和最大实体尺寸:孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态,称为最大实体状态。在此状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸,它是孔的最小极限尺寸

和轴的最大极限尺寸的统称。

最小实体状态（简称LMC）和最小实体尺寸：孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态，称为最小实体状态。在此状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸，它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。

（七）极限尺寸判断原则（即泰勒原则）

它包括两方面的要求：（一）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。（二）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。

在图 1—10 中表示出用泰勒原则判断孔和轴是否合格的情况。

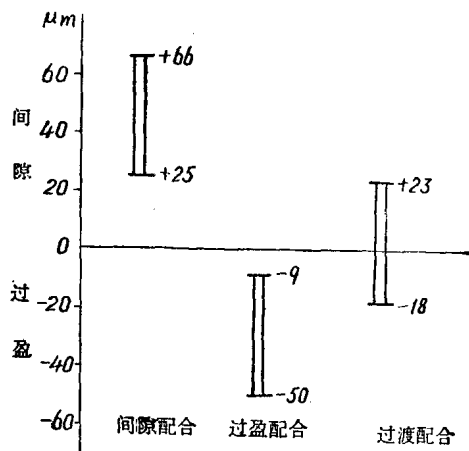


图 1—9 例题的配合公差带图

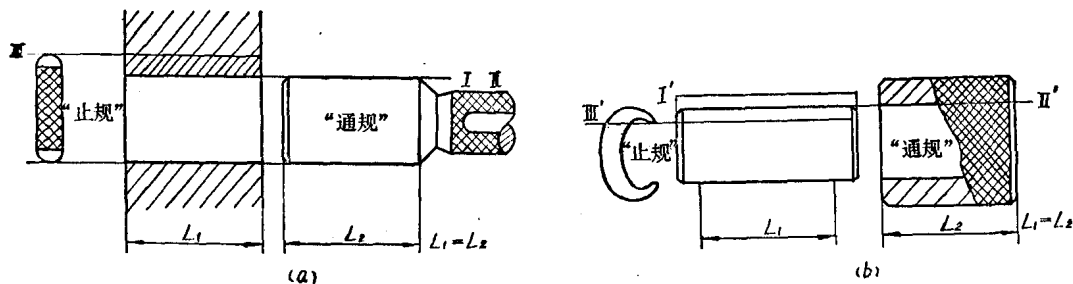


图 1—10 极限尺寸判断原则示意图

I —— 孔的基本尺寸；II —— 孔的最小极限尺寸；III —— 孔的最大极限尺寸；I' —— 轴的基本尺寸；II' —— 轴的最大极限尺寸；III' —— 轴的最小极限尺寸； L_1 —— 孔和轴的配合长度； L_2 —— “通规”的工作面长度

如果要检验一个孔，首先用一个塞规（通规）来检验，该塞规的外径原则上应等于孔的最小极限尺寸，其长度应等于配合长度，并且应具有完整的表面，当这个塞规能通过零件时就可以断定孔的作用尺寸不会小于孔的最小极限尺寸，即符合了泰勒原则的第一项要求。然后，再用一个两点状的片状塞规（止规）来检验，该片状塞规的尺寸原则上应等于孔的最大极限尺寸，当片状塞规不能通过零件时，一般说可以断定孔的实际尺寸不会大于其最大极限尺寸，即符合了泰勒原则的第二项要求。当该孔同时满足了以上两项要求时就属于合格件。

如果要检验一根轴，那么首先用一个环规（通规）来检验，该环规的内径原则上应等于轴的最大极限尺寸，其长度等于配合长度，并具有完整的表面。当被检验的轴能从该环规通过时，就符合了泰勒原则的第一项要求。其次，再用一个卡规（止规）来检验。该卡规的尺寸原则上应等于轴的最小极限尺寸。当被检验的轴不能进入该卡规时，就符合了泰勒原则的第二项要求。如果该轴同时满足了以上两条要求时，它就属于合格件。

在孔的极限尺寸中，例如 $\phi 20^{+0.021}_0$ ，形状误差可能的极端情况见图 1—11。在轴的极限尺寸中，例如 $\phi 20_{-0.013}^0$ 形状误差可能的极端情况见图 1—12。

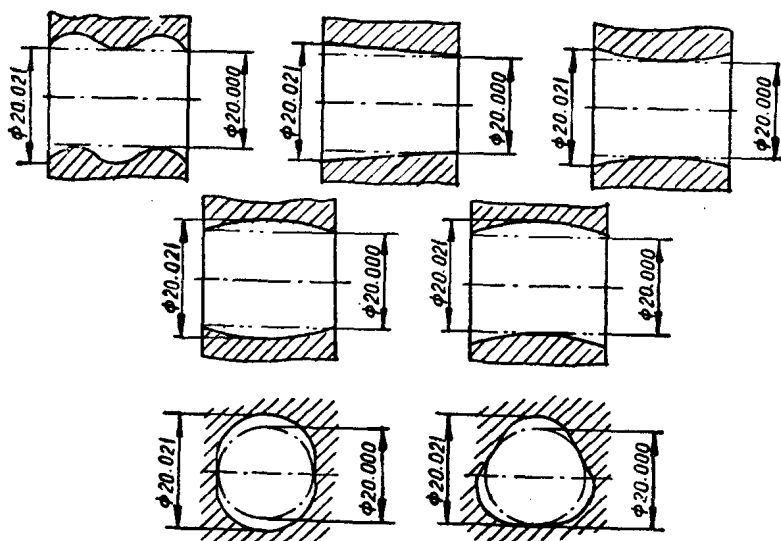


图 1-11 在孔的极限尺寸中，形状误差可能的极端情况

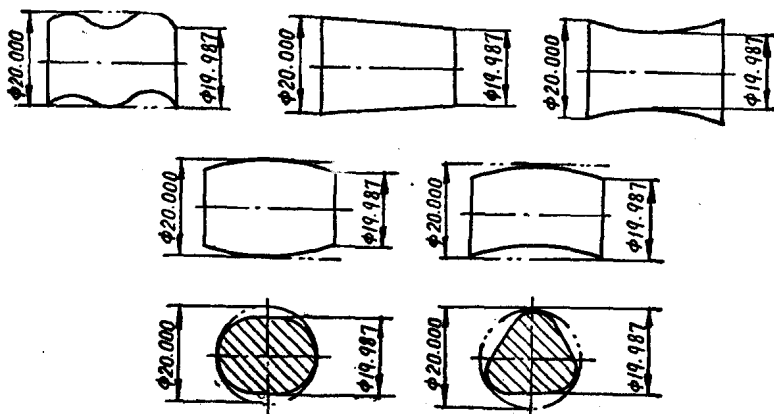


图 1-12 在轴的极限尺寸中，形状误差可能的极端情况

习 题 一

1. 机械制造中互换性生产的重要意义是什么？
2. 什么是完全互换？什么是不完全互换？它们各应用在什么场合？
3. 采用优先数系有何意义？ $R5$ 、 $R10$ 、 $R20$ 、 $R40$ 、 $R80$ 系列是什么意思？
4. 求下列轴孔的上偏差、下偏差、公差、最大间隙（或过盈）、最小间隙（或过盈）、配合公差，并画出公差与配合图解。基本尺寸均为30mm。

- (1) $L_{\max} = 30.052 \text{ mm}$, $L_{\min} = 30 \text{ mm}$;
 $l_{\max} = 29.935 \text{ mm}$, $l_{\min} = 29.883 \text{ mm}$.
- (2) $L_{\max} = 30.033 \text{ mm}$, $L_{\min} = 30 \text{ mm}$;
 $l_{\max} = 29.980 \text{ mm}$, $l_{\min} = 29.959 \text{ mm}$.