

高职高专“十一五”规划教材·机电类

公差配合与技术测量

主 编 赵美卿 王凤娟

副主编 曹义忠 陈萍

187mm×1092mm—116—152 北京 32 页：1995 年 1—3000 册

冶金工业出版社

2008

2008

1800825220(010) : 晋康 (1150001)号 44 街大西四京北 址址 县什金

前 言

“公差配合与技术测量”是高职高专机械类专业的技术基础课，具有联系各门基础课和专业课的作用。

本书针对高职高专教育的培养目标和对本毕业生的基本要求，由从事高职高专教育教学工作且具有丰富教学经验的教师编写。在编写过程中，力求做到基本概念、术语和定义准确、清楚、易懂，叙述详略得当，加强实用性内容，并着重突出了常见几何参数公差要求的标注、查表、解释以及对几何量的一般常用检测方法和数据处理的内容，全书图、例较多，大部分例题和习题或是生产中的实例或与生产实际紧密结合。每章都配有较多的习题供读者选做。

随着技术的迅猛发展，国家的标准也在不断地更新和修订，为了保证本教材的先进性，本书采用了最新的国家标准。对涉及到得概念、术语、定义均严格按标准给出，并强调相互之间的区别与联系。

本书由赵美卿、王凤娟任主编，曹义忠、陈萍任副主编，王丽、陈丽参加编写。

由于编者水平所限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1章 绪论	1	2.5 常用尺寸段公差与配合选用	29
1.1 互换性的基本概念	1	2.5.1 基准制的选用	29
1.1.1 互换性的含义	1	2.5.2 公差等级的选用	30
1.1.2 互换性的分类	1	2.5.3 配合种类选择	32
1.1.3 互换性在机械制造中的作用	2	2.5.4 各种配合的特征及应用	34
1.2 标准与标准化	2	2.5.5 公差与配合选择综合示例	38
1.2.1 标准与标准化含义	2	习题	40
1.2.2 标准的分类	3	第3章 测量技术基础	43
1.2.3 标准的级别	3	3.1 概述	43
1.3 优先数和优先数系	4	3.1.1 测量的概念	43
1.3.1 数值标准	4	3.1.2 检验	43
1.3.2 优先数和优先数系的概念	4	3.1.3 长度基准与尺寸传递	43
1.3.3 优先数系	4	3.1.4 量块的基本知识	44
1.4 零件的加工误差和公差	6	3.2 计量器具与测量方法分类	47
1.4.1 加工误差和公差的概念	6	3.2.1 计量器具的分类	47
1.4.2 误差与公差的区别	7	3.2.2 计量器具的度量指标	47
1.5 测量技术发展概况	8	3.2.3 测量方法分类	48
1.6 本课程的任务	8	3.3 新技术在长度计量中的应用	49
习题	9	3.3.1 长度测量光栅装置原理	49
第2章 极限与配合	10	3.3.2 激光测长机原理	50
2.1 基本术语和定义	10	3.4 测量误差和数据处理	52
2.1.1 孔和轴	10	3.4.1 测量误差的基本概念	52
2.1.2 有关尺寸的术语及定义	10	3.4.2 测量误差的种类和特性	53
2.1.3 有关偏差和公差的术语及定义	12	3.4.3 关于测量精度的几个概念	57
2.1.4 零线和公差带图解	12	3.4.4 测量结果的数据处理	58
2.1.5 有关配合的术语及定义	13	3.5 用普通计量器具检测	59
2.2 极限与配合的国家标准	17	3.5.1 误差与误收	59
2.2.1 标准公差系列	17	3.5.2 验收极限与安全裕度 A	60
2.2.2 基本偏差系列	19	3.5.3 计量器具的选择原则	61
2.3 国标中规定的公差带与配合	26	习题	63
2.3.1 一般、常用和优先公差带	26	第4章 形状和位置公差及检测	65
2.3.2 常用和优先配合	27	4.1 概述	65
2.4 一般公差、线性尺寸的未注公差	28		

4.1.1 几何要素及其分类	65	5.3.1 表面粗糙度符号	108
4.1.2 形位公差项目及其符号	66	5.3.2 表面粗糙度代号	108
4.1.3 形位公差的标注方法	67	5.3.3 表面粗糙度在图样上标注时 应注意以下几点	111
4.1.4 形位公差带	70	5.4 表面粗糙度参数的选择	112
4.2 形状和位置公差及其功能要求	72	5.4.1 表面粗糙度技术要求的 内容	112
4.2.1 形状公差的功能要求 及公差带	72	5.4.2 表面粗糙度评定参数的 选择	112
4.2.2 形状或位置公差的功能 要求及公差带	73	5.4.3 表面粗糙度评定参数值的 选择	112
4.2.3 位置公差的功能要求及 公差带	74	5.5 表面粗糙度的测量	114
4.3 公差原则	78	5.5.1 比较法	114
4.3.1 有关术语定义	78	5.5.2 光切法	114
4.3.2 独立原则(IP)	79	5.5.3 干涉法	114
4.3.3 包容要求(ER)	80	5.5.4 针描法	115
4.3.4 最大实体要求(MMR)	80	习题	115
4.3.5 最小实体要求(LMR)	82	第6章 光滑极限量规	117
4.3.6 可逆要求(RR)	83	6.1 概述	117
4.4 形位误差的评定与检测	85	6.1.1 工作量规	117
4.4.1 形状和位置误差及其评定	85	6.1.2 验收量规	117
4.4.2 形状和位置误差的检测	88	6.1.3 校对量规	117
4.5 形位公差的选择	93	6.2 量规尺寸公差带	118
4.5.1 形位公差项目的选择	93	6.2.1 工作量规基本尺寸	118
4.5.2 形位公差值的选择	94	6.2.2 工作量规公差带	118
4.5.3 公差原则和公差要求的 选择	97	6.2.3 验收量规公差带	119
4.5.4 基准的选择	98	6.2.4 校对量规公差带	120
4.5.5 未注形位公差的规定	98	6.3 量规设计	120
习题	99	6.3.1 量规设计的原则及其结构	120
第5章 表面粗糙度及其检测	103	6.3.2 量规极限偏差	122
5.1 概述	103	6.3.3 量规的其他技术要求	123
5.1.1 表面粗糙度的定义	103	习题	124
5.1.2 表面粗糙度对零件性能的 影响	103	第7章 滚动轴承的互换性	125
5.2 表面粗糙度的评定	104	7.1 滚动轴承的精度等级及其应用	125
5.2.1 主要术语及定义	104	7.1.1 概述	125
5.2.2 评定参数	105	7.1.2 滚动轴承的精度等级	125
5.3 表面粗糙度的标注	108	7.1.3 滚动轴承精度等级的选用	125

7.1.4 滚动轴承的内径、外径公差带 及其特点	125	9.2 花键联接	149
7.2 轴和外壳孔与滚动轴承的配合	127	9.2.1 花键联接的特点	149
7.2.1 轴和外壳孔的公差带	127	9.2.2 矩形花键的主要参数和 定心方式	149
7.2.2 轴和外壳孔与滚动轴承配合 的选用	128	9.2.3 矩形花键的公差与配合	150
7.2.3 配合表面的形位公差和表面 粗糙度要求	131	9.2.4 矩形花键的形位公差和 表面粗糙度	152
习题	133	9.2.5 图样标注	153
第 8 章 螺纹的公差配合及测量	134	习题	154
8.1 概述	134	第 10 章 圆柱齿轮传动的精度及 测量	155
8.1.1 螺纹的分类和使用要求	134	10.1 圆柱齿轮传动的基本要求	155
8.1.2 普通螺纹的基本牙型和 几何参数	134	10.1.1 传递运动的准确性	155
8.2 普通螺纹几何参数对互换性的 影响	136	10.1.2 传动平稳性	155
8.2.1 螺距误差的影响	136	10.1.3 载荷分布的均匀性	155
8.2.2 牙侧角偏差的影响	137	10.1.4 侧隙的合理性	155
8.2.3 螺纹中径误差的影响	137	10.2 齿轮的主要加工误差	156
8.2.4 保证普通螺纹互换性的 条件	137	10.2.1 几何偏心	156
8.3 普通螺纹的公差与配合	138	10.2.2 运动偏心	156
8.3.1 螺纹公差带	138	10.2.3 刀具误差	156
8.3.2 普通螺纹公差和配合的 选用	140	10.2.4 机床传动链误差	156
8.3.3 螺纹在图样上的标注	141	10.3 圆柱齿轮误差项目及检测	157
8.4 普通螺纹的检测	142	10.3.1 影响传递运动准确性的误差 (第 I 公差组)及测量	157
8.4.1 综合检测	142	10.3.2 影响传动平稳性的误差 (第 II 公差组)及测量	160
8.4.2 单项测量	143	10.3.3 影响载荷分布均匀性的误差 (第 III 公差组)及测量	162
习题	144	10.3.4 影响齿轮副侧隙的偏差及 测量	163
第 9 章 键和花键的公差与配合	147	10.4 渐开线圆柱齿轮精度及标注	165
9.1 键联接	147	10.4.1 精度等级	165
9.1.1 概述	147	10.4.2 精度等级的选择和确定	169
9.1.2 平键联接的公差带和配合 种类	147	10.4.3 侧隙及齿厚极限偏差的 选择及确定	170
9.1.3 平键联接的形位公差和表面 粗糙度选用及图样标注	148	10.4.4 检验项目的选择和 确定	172
		10.4.5 齿坯精度	172

10.4.6	图样标注	175
10.4.7	综合应用举例	175
	习题	177
第 11 章	尺寸链	179
11.1	概述	179
11.1.1	尺寸链的含义及其特性	179
11.1.2	尺寸链的组成	180
11.1.3	尺寸链的分类	181
11.2	尺寸链的确立与分析	181
11.2.1	尺寸链的确立	181

11.2.2	尺寸链的分析及尺寸链 计算要解决的问题	183
11.3	尺寸链的计算方法	183
11.3.1	极值法(完全互换法)	184
11.3.2	统计法(不完全互换法, 概率法,大数法)	185
11.3.3	分组法	188
11.3.4	修配法	189
11.3.5	调整法	190
	习题	190
参考文献		192

第1章 绪论

1.1 互换性的基本概念

1.1.1 互换性的含义

所谓互换性,即事物之间可以相互替换的性能。人们在日常生活中,经常会遇到这种情况:自行车的螺钉损坏了或丢失了,买一个同规格的合格品换上,自行车便能很快恢复其原有的使用功能;灯泡坏了,买个同规格的换上即可达到照明目的。而在购买螺钉和灯泡时,人们并不需要去考虑新旧零件和物品是否是同一生产厂家生产的。螺钉和灯泡等零件和物品之所以能如此方便地被人们所使用,是因为他们都是按互换性要求生产的,即这些零件和物品具有相互替换的性质。

在机械制造业中,互换性是指按规定技术要求制造的同一规格的零部件,能够彼此相互替换而效果相同的性能。零部件的互换性包括几何量、机械性能和物理化学性能等方面的互换性。本课程仅讨论几何量的互换性。

1.1.2 互换性的分类

互换性按其互换的程度可分为完全互换(绝对互换)和不完全互换(有限互换)。

1.1.2.1 完全互换

完全互换指零部件在装配前,不做任何选择;在装配时,不需调整和修配;装配后,满足使用要求。例如,螺母、螺栓、齿轮和滚动轴承的内外圈等零件都具有完全互换性。

1.1.2.2 不完全互换

不完全互换也称有限互换,指零部件在装配前,允许有附加的选择;装配时,允许有附加的调整;装配后,能满足使用要求。不完全互换可以用分组互换法、调整法或其他方法来实现。当零件的装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件的公差很小,加工困难,加工成本很高,甚至无法加工。这时可根据精度要求、结构特点和生产批量等具体条件,用各种不同形式的不完全互换法进行加工。

(1) 分组互换法。分组互换是将零件的加工公差适当放大,使之便于加工,加工完毕后,对零件逐个测量,并按实际尺寸的大小将零件分成若干组,使同组零件间的实际尺寸差别减少,装配时按对应组进行装配,即大孔与大轴相配,小孔与小轴相配。此时,组内零件可以互换,但组与组之间的零件无法互换。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能减少加工难度,降低成本。

(2) 修配法。修配互换是待零部件加工完毕后,装配时对某一特定的零件按所需要的尺寸进行调整,以满足装配要求和使用要求。如普通车床尾架部件中的垫板,其厚度需在装配时再进行修磨,以满足头尾架顶尖等高的要求。

(3) 调整法。调整法是指待零部件加工完以后,在装配时,用调整的方法,改变某零

件在机器中的尺寸和位置,以满足其功能要求。如机床导轨中的镶条,装配时可沿导轨移动方向调整其位置,以满足间隙要求。

对于标准部件,互换性又分为外互换和内互换。外互换是指部件与其相配件之间的互换性。例如,滚动轴承内圈内孔与轴的配合,外圈外圆与壳体孔之间的配合。内互换是指部件内部组成零件之间的互换性。例如,滚动轴承内外圈滚道与滚动体外圆之间的配合。滚动轴承的内互换因其组成零件的精度要求高,加工困难,故采用不完全互换,而其外互换采用完全互换。生产中究竟采用完全互换还是不完全互换,要由产品的复杂程度、精度要求、生产规模的大小以及生产设备和技术水平等因素决定。

1.1.3 互换性在机械制造中的作用

互换性是现代机械制造业进行专业化生产的前提条件。只有机械零件具有了互换性,才可能将一台机器中的成千上万个零部件,进行高效率的、分散的专业化生产,然后集中起来进行装配。它不仅能显著地提高生产效率,而且也能有效地保证产品质量,降低生产成本。

从设计方面看,由于零部件具有互换性,可以最大限度地采用标准件、通用件,从而简化计算和绘图等工作,缩短设计周期,并有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

从制造方面看,互换性有利于组织专业化生产,这样,由于产品单一、数量多、分工细,可广泛采用高效专用加工设备,甚至计算机辅助制造,实现加工过程的机械化、自动化,提高产量和质量,降低生产成本。

从装配方面看,由于零部件具有互换性,不需辅助加工和修配,从而减轻劳动强度,缩短装配周期,并可按流水作业方式进行装配工作,便于采用自动装配,大大提高装配生产率。

从使用方面看,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部件,减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续而持久地运转,提高设备的利用率。

因此,互换性已成为现代机械制造业中被广泛遵循的重要原则。但是,应该指出,互换性原则不是在任何情况下都适用,有时零件只能采用单个配制才符合经济原则。

1.2 标准与标准化

在实行互换性生产过程中,必须要求各分散的工厂和车间等局部生产部门和生产环节之间,在技术上保证一定的统一,以形成一个协调的整体。而标准化正是实现这一要求的一项重要技术手段。因此,在现代工业社会化生产中,标准化是广泛实现互换性生产的前提和基础。

1.2.1 标准与标准化含义

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。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。由此可见,标准化包括制定、发布、贯彻实施以及不断修订标准的全部活动过程,其核心内容是贯彻实施标准。

1.2.2 标准的分类

标准的范围非常广泛,种类繁多,涉及人类生活各个方面。

按性质不同,标准分为技术标准和管理标准两类。通常所说的标准,大都指技术标准。按标准化对象的特征,技术标准分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准和环境标准等,如图 1-1 所示。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,被普遍使用并具有广泛指导意义的标准,如计量单位、优先数系、机械制图、极限与配合、形状和位置公差及表面粗糙度等标准。

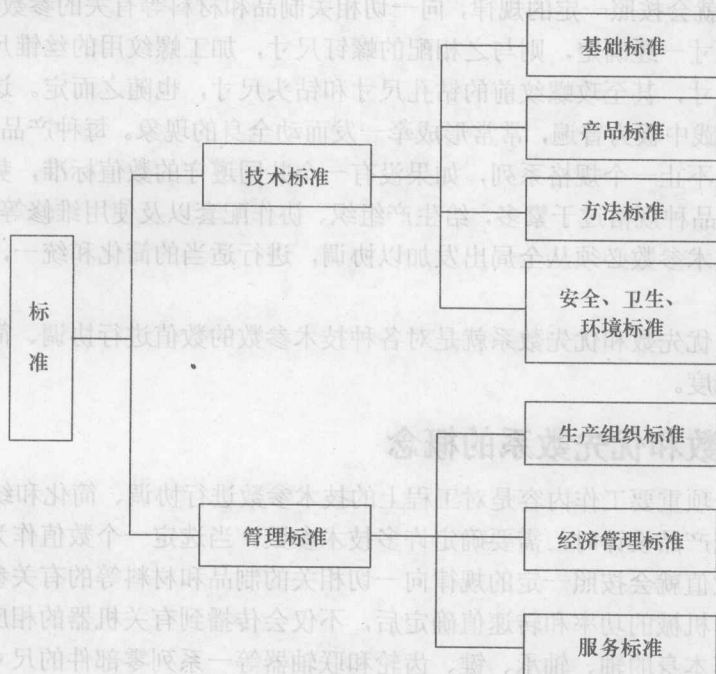


图 1-1 标准分类

1.2.3 标准的级别

标准制定的范围不同,其级别也不一样。我国将标准分为 4 个级别,分别为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。在全国范围内统一制定的标准为国家标准;在全国同一行业内制定的标准为行业标准;在省、自治区、直辖市范围内制定的标准为地方标准;在企业内部制定的标准为企业标准。后 3 个级别的标准不得与国家标准相抵触,遵循程度为国家标准大于行业标准大于地方标准大于企业标准,依次递减。

从世界范围看,有国际标准和国际区域性标准两级。国际标准是指由国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)制定发布的标准。国际区域性标准是指由国际地区(或国家集团)性组织,如欧洲标准化委员会(CEN)和欧洲电工标准化委员会(CENELEC)等制定发布的标准。我国于 1978 年恢复参加 ISO 组织后,陆续修订了自己的标准。

总之,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,是整个社会经济合理化的技术基础。现代化程度越高,对标准化的要求也越高。标准化也是联系科研、设计、生产和使用的纽带,是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争力的技术保证。搞好标准化工作,对提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、改善人民生活 and 高速发展国民经济等都有重要的作用。

1.3 优先数和优先数系

1.3.1 数值标准

在设计机械产品时,需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为某种产品的参数指标时,这个数值就会按照一定的规律,向一切相关制品和材料等有关的参数指标传播扩散。例如,螺孔的尺寸一经确定,则与之相配的螺钉尺寸,加工螺纹用的丝锥尺寸和检验内螺纹的螺纹塞规尺寸,甚至攻螺纹前的钻孔尺寸和钻头尺寸,也随之而定。这种技术参数的传播,在生产实践中极为普遍,常常形成牵一发而动全身的现象。每种产品不止一种参数,而每一种参数又不止一个规格系列,如果没有一个共同遵守的数值标准,势必造成产品的数值杂乱无章,品种规格过于繁多,给生产组织、协作配套以及使用维修等带来很大困难。因此,对各种技术参数必须从全局出发加以协调,进行适当的简化和统一,实现数值系列的标准化。

实践证明,优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值制度。

1.3.2 优先数和优先数系的概念

标准化的一项重要工作内容是对工程上的技术参数进行协调、简化和统一。

在进行机械产品设计时,需要确定许多技术参数。当选定一个数值作为某产品的参数指标后,这个数值就会按照一定的规律向一切相关的制品和材料等的有关参数指标传播扩散。例如,动力机械的功率和转速值确定后,不仅会传播到有关机器的相应参数上,而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮和联轴器等一系列零部件的尺寸和材料的特征参数上,进而传播到加工和检验这些零部件的刀具、夹具、机床和量具等参数上。这种技术参数的传播,在实际生产中非常普遍,并且跨越行业和部门的界限。因此,工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过反复传播以后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,给组织生产、协作配套及使用和维修等带来很大的困难。为此,对各种技术参数必须从全局出发,加以协调。

优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值标准。GB/T 321—1980《优先数和优先数系》就是其中的一个重要标准。在确定机械产品的技术参数时,应尽可能地选用该标准中的数值。

1.3.3 优先数系

国家标准 GB/T 321—1980 规定了 5 个不同公比的十进制近似等比数列,作为优先数系。各数列分别用 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 和 R_{80} 表示,依次称为 R_5 系列、 R_{10} 系列、 R_{20} 系列、 R_{40} 和 R_{80} 系列,它们的公比分别是:

R₅ 系列 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$

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

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

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

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

可见, 优先数系的 5 个数列的公比都是无理数, 在实际应用中均采用理论公比经化整后的近似值。

1.3.3.1 基本系列

优先数系中的 R₅、R₁₀、R₂₀、R₄₀ 4 个系列是常用系列, 称为基本系列。该系列各项数值见表 1-1。系列无限定范围时, 用 R₅、R₁₀、R₂₀、R₄₀ 表示; 系列有限定范围时, 应注明界限值。如 R₅(1.60, ...) 表示以 1.60 为下限的 R₅ 系列; R₁₀(..., 8.00) 表示以 8.00 为上限的 R₁₀ 系列; R₄₀(2.00, ..., 10.00) 表示以 2.00 为下限、10.00 为上限的 R₄₀ 系列。

1.3.3.2 补充系列

R₈₀ 系列仅在参数分级很细或不能满足需要时才采用, 称为补充系列。其代号表示方法与基本系列相同。

1.3.3.3 派生系列

实际应用中, 当 R₅、R₁₀、R₂₀、R₄₀ 和 R₈₀ 5 个系列不能满足要求时, 还可采用派生系列。派生系列是从 R₅、R₁₀、R₂₀、R₄₀、R₈₀ 5 个系列中, 每隔 P 项取值导出的系列。其公比为:

$$q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$$

代号为 R_{r/p}, 其中 r 代表 5、10、20、40、80。例如 R_{20/3} 表示从 R₂₀ 系列中, 每隔 3 项取值导出的系列, 该系列为..., 1, 2, 4, 8, 16...; R_{10/3}(..., 10, ...) 表示含有项值 10 并向两端无限延伸的派生系列; R_{20/4}(112, ...) 表示以 112 为下限的派生系列; R_{5/2}(1, ..., 10000) 表示以 1 为下限、10000 为上限的派生系列。

在标准化工作中, 许多参数都是按优先数系确定的。本课程中涉及到的尺寸分段、公差分级和表面粗糙度参数系列等也是按优先数系制定的。优先数系在工程技术领域被广泛应用, 已成为国际上统一的数值制。

表 1-1 优先数基本系列(摘自 GB/T 321—1980)

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

续表

基本系列(常用值)				计算值
R ₅	R ₁₀	R ₂₀	R ₄₀	
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	3.9811
			4.25	4.2170
		4.50	4.50	4.4668
			4.75	4.7315
4.00	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	6.3096
			6.70	6.6834
		7.10	7.10	7.0795
			7.50	7.4989
6.30	8.00	8.00	8.00	7.9433
			8.50	8.4140
		9.00	9.00	8.9125
			9.50	9.4406
	10.00	10.00	10.00	10.0000

1.4 零件的加工误差和公差

1.4.1 加工误差和公差的含义

在零件的加工过程中，几何量误差是不可避免的，要使同一规格零件的几何量参数完全一样是不可能，也是没必要的。实践证明，只要将零件实际几何量的变动控制在一定范

围内,即可实现互换性。这里,几何量允许的变动范围称为公差。公差越小,几何量精度越高,加工难度越大;反之,几何量精度越低,加工难度越小。公差可以控制误差,从而保证互换性的实现。

在加工过程中,由于各种因素的影响,零件的实际几何参数不可能做得绝对准确,即与理想几何参数完全一致,二者之间的差异,称为几何量误差,它包括以下几个方面。

1.4.1.1 尺寸误差

零件加工后的实际尺寸与理想尺寸之差称为尺寸误差。

1.4.1.2 几何形状误差

零件的几何形状误差分为如下3种。

(1) 宏观几何形状偏差。宏观几何形状偏差指零件整个表面范围内的形状与理想形状之间的差异。通常由机床—刀具—夹具—工件组成的工艺系统的误差所造成。如孔、轴横截面的理想形状是正圆形,若加工后实际形状为椭圆形或其他非正圆形,则存在形状误差,如图1-2(a)所示。宏观几何形状偏差通常称作形状误差。

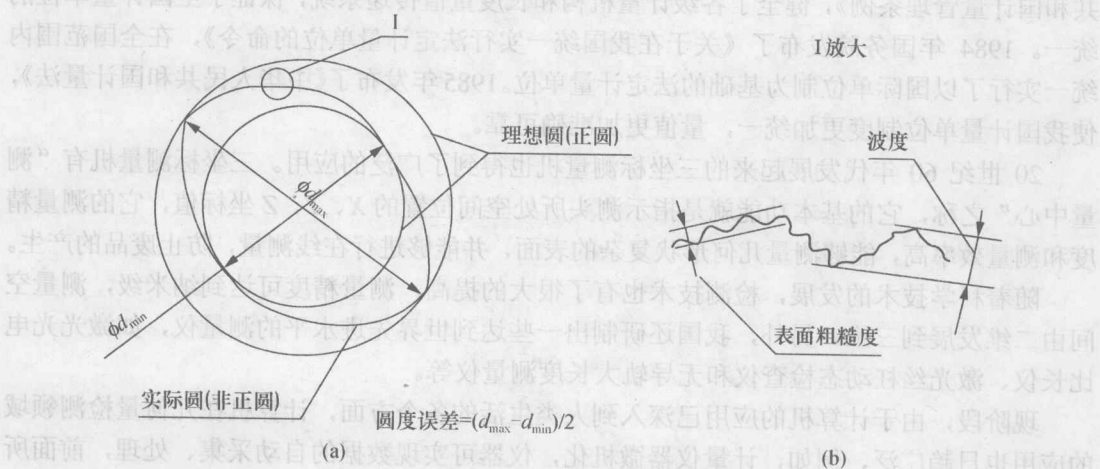


图1-2 几何形状误差

(2) 微观几何形状误差。微观几何形状误差是加工后,刀具在工件表面上留下的许多微小的高低不平的波形。如图1-2(b)所示。微观几何形状误差通常称作表面粗糙度。

(3) 表面波度。表面波度是介于宏观和微观之间的几何形状误差,主要是由加工过程中的振动引起的,表面呈明显的周期波形,如图1-2(b)所示。

1.4.1.3 相互位置误差

相互位置误差是指加工后,零件各表面或中心线之间的实际位置与其理想位置之间的差值,如两个平面之间的平行度和垂直度等。

1.4.2 误差与公差的区别

加工误差是在零件加工过程中产生的,是不可避免的,是客观存在的,它的大小受到加工过程中的各种因素的影响。公差则是允许零件的尺寸、几何形状和相互位置的最大变动量。它是由设计人员根据零件的功能要求给定的。对于同一个零件,规定的公差值越大,零件越容易加工,反之则越不容易加工。所以在满足零件功能要求的前提下,应尽量规定

较大的公差值,以便于加工。

零件加工后的误差值若在公差范围之内,则为合格件,若超出公差范围,则为不合格件。所以,公差也是允许的最大误差。

1.5 测量技术发展概况

测量技术是保证零件、部件精度的重要手段,是实现互换性生产的基本技术措施。测量技术的发展与机械加工精度的提高是相辅相成的,一方面,高的加工精度依赖于先进的测量技术来体现和验证;另一方面,加工精度的提高又促进了测量技术的发展。

检测和计量在我国有悠久的历史,早在商朝时期就有了象牙制成的尺,秦朝统一了度量衡制度,西汉时期制成了铜质卡尺。但由于长期的封建统治,检测技术和计量手段都处于落后的状态,直到解放后这种落后的局面才得以改变。1959年国务院发布了《关于统一计量制度的命令》,确定采用米制为我国长度计量单位。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》,健全了各级计量机构和长度量值传递系统,保证了全国计量单位的统一。1984年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,在全国范围内统一实行了以国际单位制为基础的法定计量单位。1985年发布了《中华人民共和国计量法》,使我国计量单位制度更加统一,量值更加准确可靠。

20世纪60年代发展起来的三坐标测量机也得到了广泛的应用。三坐标测量机有“测量中心”之称,它的基本功能就是指示测头所处空间位置的 X 、 Y 、 Z 坐标值,它的测量精度和测量效率高,能够测量几何形状复杂的表面,并能够进行在线测量,防止废品的产生。

随着科学技术的发展,检测技术也有了很大的提高,测量精度可达到纳米级,测量空间由二维发展到三维。另外,我国还研制出一些达到世界先进水平的测量仪,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪和无导轨大长度测量仪等。

现阶段,由于计算机的应用已深入到人类生活的各个方面,计算机在几何量检测领域的应用也日趋广泛,例如,计量仪器微机化,仪器可实现数据的自动采集、处理,前面所说的三坐标测量机都配有相应的测量软件;计算机辅助精度设计,利用计算机来完成公差数据的管理、相关零件公差的分配和各种公差的选取等;另外,还有计算机辅助专用量具设计,由计算机来完成大量公差数据的查找、计算及画图工作,减轻了人们的劳动量,提高了工作效率。

1.6 本课程的任务

本课程是机械类、近机类各专业的一门重要技术基础课,是联系设计课程与工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。它包含了公差和检测两大方面内容,公差部分主要通过课堂教学来完成,检测部分主要通过实验教学来完成。

学生在学习本课程前,应具备一定的理论和生产实践知识,能读图,懂得图样标注法,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。学生学完本课程后应达到以下要求:

(1) 掌握互换性与标准化的基本概念及有关术语定义;

(2) 基本掌握有关公差标准的主要内容和主要规定;

- (3) 会查用有关公差表格,并能对公差配合要求进行正确标注和解释;
- (4) 具有初步选用公差与配合的能力;
- (5) 掌握测量技术的基本知识,会选用和使用测量器具,具有对典型几何量实施检测的能力;
- (6) 掌握光滑极限量规的设计原则和基本方法。

总之,本课程的任务在于使学生获得机械工艺技术人员所必须具备的几何量公差与检测的基本知识和技能。后续课程的学习及毕业后的工作实践,还会进一步加深学生对本课程的理解。

习 题

1-1 判断题

1. 不经挑选、调整和修配就能相互替换、装配的零件,装配后能满足使用性能要求,就是具有互换性的零件。 ()
2. 互换性原则中适用于大批量生产。 ()
3. 为了实现互换性,零件的公差应规定得越小越好。 ()
4. 国家标准中,强制性标准是一定要执行的,而推荐性标准执行与否无所谓。 ()
5. 企业标准比国家标准层次低,在标准要求上可稍低于国家标准。 ()
6. 厂外协作件要求不完全互生产。 ()
7. 装配时需要调整的零、部件属于不完全互换。 ()
8. 优先数系包含基本系列和补充系列,而派生系列一定是倍数系列。 ()
9. 产品的经济性是由生产成本唯一决定的。 ()
10. 保证互换的基本原则是经济地满足使用要求。 ()

1-2 填空题

1. 实行专业化协作生产必须采用_____原则。
2. 所谓互换性原则,就是同一规格的零件制成后,在装配时应_____,装成的机器应能满足_____。
3. 完全互换法一般适用于_____,分组互换法一般适用于_____。

1-3 思考题

1. 互换性在机械制造业中有什么作用?
2. 什么是公差?它和误差的关系是什么?
3. 何谓标准?何谓标准化?互换性生产与标准化的关系是什么?
4. 写出 R_{10} 系列 0.1~100 的优先数。
5. 本课程的主要任务是什么?

第2章 极限与配合

2.1 基本术语和定义

2.1.1 孔和轴

2.1.1.1 孔

孔主要指工件圆柱形成的内表面,也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形的内表面部分(由两平行平面或切面形成的包容面)。

2.1.1.2 轴

轴主要指工件的圆柱形外表面,也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱外表面部分(由两平行平面或切面形成的被包容面)。

从工艺上看,随着工件表面材料的去除,孔的尺寸不断加大,轴的尺寸不断减小,而且在测量方法上,孔与轴的尺寸也有所不同。

在公差与配合标准中,孔是包容面,轴是被包容面,孔与轴都是由单一的主要尺寸构成,如圆柱形的直径、轴的键槽宽和键的键宽等,如图2-1所示。

孔和轴具有广泛的含义,不仅表示通常的概念,即圆柱体的内、外表面,而且也表示由两平行平面或切面形成的包容面、被包容面。由此可见,除孔、轴以外,类似键连接的公差与配合也可直接应用公差与配合国家标准。

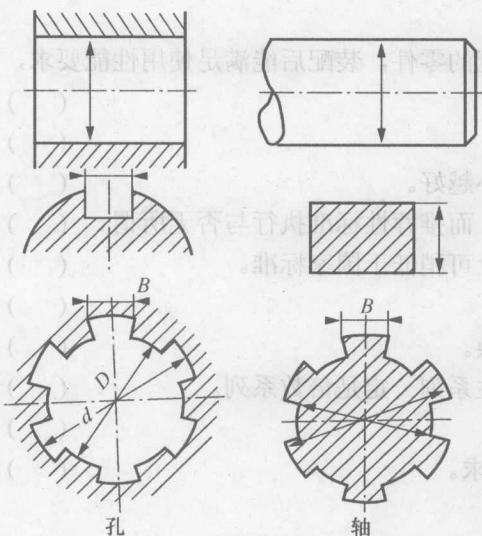


图2-1 孔和轴

2.1.2 有关尺寸的术语及定义

2.1.2.1 尺寸

尺寸是用特定单位表示长度值的数字。一般是指两点之间的距离,如直径、宽度、高度和中心等。

在机械制造中一般常用毫米(mm)作为特定单位。在书写或标注尺寸时,通常只写数字,不写单位。

2.1.2.2 基本尺寸(D, d)

孔用 D 表示,轴用 d 表示。它是由设计者根据零件的使用要求,通过强度和刚度等的计算及结构设计,经过圆整而给出的尺寸。基本尺寸一般采用标准值。基本尺寸的标准化可以缩减定值刀具、量具、夹具的规格和数量。图样上标注的尺寸通常均为基本尺寸。

2.1.2.3 实际尺寸(D_a , d_a)

实际尺寸是通过测量所得的尺寸(D_a , d_a)。但由于加工误差的存在,即使在同一零件上,测量的部位不同、方向不同,其实际尺寸也往往不相等,况且测量时还存在着测量误差,所以实际尺寸并非真值。

2.1.2.4 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个极限值。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。孔和轴的最大极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示,最小极限尺寸分别用 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。极限尺寸是在设计中确定基本尺寸的同时,考虑加工经济性并满足某种使用要求而确定的,如图 2-2 所示。

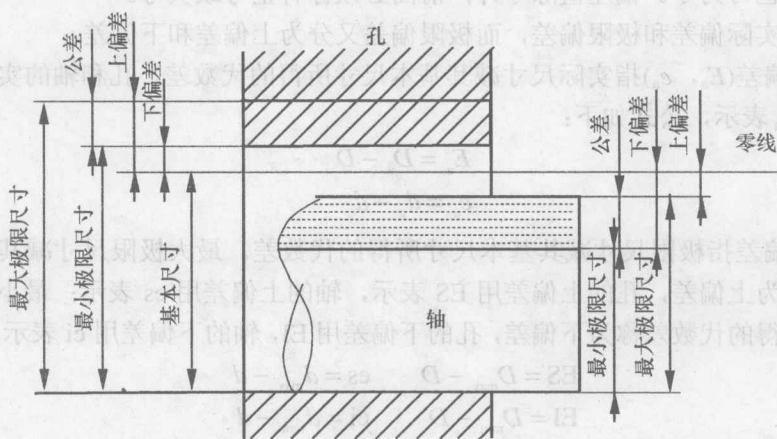


图 2-2 公差与配合示意图

2.1.2.5 实体状态与实体尺寸

实体状态可分为最大实体状态(MMC)与最小实体状态(LMC)。

最大实体状态与最大实体尺寸(MMS)指孔或轴在尺寸公差范围内,允许占有材料是最多时的状态,在此状态下的尺寸为最大实体尺寸。对于孔为最小极限尺寸($D_{\min}$),对于轴为最大极限尺寸($d_{\max}$)。

最小实体状态与最小实体尺寸(LMS)指孔或轴在尺寸公差范围内,允许占有材料是最少时的状态,在此状态下的尺寸为最小实体尺寸。对于孔为最大极限尺寸($D_{\max}$),对于轴为最小极限尺寸($d_{\min}$)。

2.1.2.6 作用尺寸

孔的作用尺寸(D_{fe})即在配合面全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,如图 2-3(a)所示。

轴的作用尺寸(d_{fe})即在配合面全长上,与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,如图 2-3(b)所示。

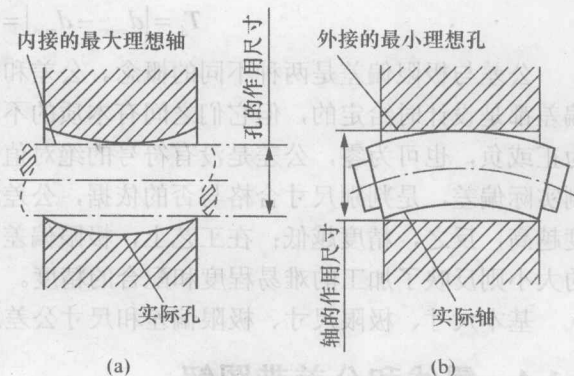


图 2-3 孔或轴的作用尺寸