

246

354

TH161

y76

机械精度设计基础与质量保证

(修 订 版)

上海高校互换性与测量技术研究会编写组 编著

主 编 俞立钧

副主编 廖伽尼

主 审 过馨葆

上海科学技术文献出版社

内 容 提 要

本书是为适应现代生产和科学技术发展的需要,深化改革教学内容而编写的一本教材。本书编写组在广泛吸取兄弟院校教改经验的基础上,对教材的体系和内容进行了改革。以精度设计为主线,质量保证为目标,改变以标准为单元的传统体系。

本书力求遵循简明扼要,打好基础,学以致用,精选内容,利于教学,便于自学的原则;并与微机应用相结合。每章开头都配有教学目的与要求,章末有习题与思考题。书末附有最新主要基础标准目录供参考。

本书为高等工业大学机电类专业基础教材,适用于《互换性与测量技术》、《机械精度设计》、《质量保证和质量控制》等课程;亦可供大专、高职及有关工程技术与管理人员使用、参考,并可作为培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计基础与质量保证/上海高校互换性与测量技术研究会编写组编.—2版.—上海:上海科学技术文献出版社,2002.7

ISBN 7-5439-1833-1

I.机... II.上... III.①机械-加工精度-设计
②机械-加工精度-质量控制 IV.TH161

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032261 号

责任编辑:蔡振敏

封面设计:石亦义

机械精度设计基础与质量保证

(修 订 版)

上海高校互换性与测量技术研究会编写组 编著

主编 俞立钧 副主编 廖伽尼 主审 过馨葆

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

江苏常熟人民印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 430 000

2002年7月第1版 2002年7月第1次印刷

印数:1-5 100

ISBN7-5439-1833-1/T·691

定价:26.00 元

再 版 前 言

本教材《机械精度设计基础与质量保证》是在 1999 年 7 月版的基础上重新修订的,本版吸收了近年来新的国家标准,并列举了实际应用例子使教材内容更系统、充实。

本课程是机械学科各专业的技术基础课。它既是联系设计类和工艺类课程的纽带,也是从基础课与技术基础课程教学过渡到专业课程教学的桥梁。

本课程的教学任务是使学生获得精度设计与质量保证的基本知识及一定的实践能力,为进一步应用有关互换性标准与了解质量控制打下基础。

本课程的基本内容是研究几何参数的精度设计,即如何通过规定的国家标准合理地解决机器使用要求与制造工艺之间的矛盾,以及如何运用质量控制方法及测量技术手段保证国家技术标准的贯彻实施,从而确保产品质量。

本课程主要由“精度设计”及“质量保证”两部分组成。前者属标准化范畴,后者属计量学范畴,这两部分有一定内在联系,但又自成体系。并从“精度”或“误差”的观点来分析探讨零件和部件几何参数的互换性,并了解质量控制的主要方法以达到保证产品质量的目的。

通过“机械原理”与“机械零件”课程的教学,学生已初步具备对机器设计进行运动、结构、受力分析以及强度与刚度分析、计算的能力。在此基础上,本课程进一步使学生了解机器的精度分析和有关互换性基础标准,从而合理地进行精度设计以保证产品质量。

本课程的基本要求:

(1) 建立精度设计中互换性的基本概念,熟悉尺寸公差与配合制的基本内容及特点,了解其它公差制的主要内容及特点,知道选择公差与配合的原则与方法,懂得尺寸链的基本计算,初步掌握机械精度设计的原理与方法。

(2) 建立质量保证与测量技术的基本概念,了解常用的质量控制方法以及测量方法与测量器具的原理,学会分析测量误差与测量结果的处理。通过实验,初步掌握常用测量仪器的操作技能。

精度设计计算是从事机械产品设计制造的工程技术人员应具备的能力。但由于互换性基础标准内容广泛,标准既具有一定的约束性,使用中又存在较大的灵活性,涉及的问题多。为了达到本课程的基本要求,除在本课程的教学过程中,为培养学生具有这方面的能力打下一定的理论基础和进行初步训练外,还需要后继有关课程的教学和课程设计、毕业设计的实践来巩固和加深,特别是在毕业后工作实践中的应用和提高。

按照教育部加强基础、拓宽专业的整体思路,“看准了就大胆地试,大胆地闯”的精神,上海高校互换性与测量技术研究会组织了教材编写组,在广泛吸取兄弟院校教改经验的基础上,对教材的体系和内容进行大胆的改革尝试。全书改变了以标准为单元的教材体系,而以精度设计为主线,以质量保证为目的的新体系。全书共分八章,内容包括:互换性的基本概念;几何参数的极限与配合;互换性基础标准的应用;测量技术基础;圆柱齿轮传动的互换性;尺寸链计算基础;机构精度设计简介;质量保证与质量控制等。第七、第八两章是本课程学以致用结合点,通过对单级圆柱齿轮减速器等典型产品的功能分析和主要零件及结合

件的精度设计为例,使学生加深认识,并为培养学生进行精度设计能力打下基础。同时通过对质量体系建立过程的实例,使学生对质量控制与保证体系有一个完整的概念。各章末附有习题与思考题,书末有主要基础标准目录。

本书力求削枝强干,贯彻少而精和学以致用原则,因限于学时及篇幅,对一些发展中的内容,除必要者外,书中未作更多的介绍。

本教材按最新(至 2001 年颁布)的标准编写,可作为“互换性与测量技术”课程的教材。教材由上海高校互换性与测量技术研究会组织编写。

参加修订版工作的成员有上海大学俞立钧、徐解民;上海工程学院廖伽尼、华忆苏,同济大学过馨葆教授、上海交通大学张鄂教授审稿。在本书的修订过程中,始终得到上海高校互换性与测量技术研究会老师的大力支持和帮助,特别是得到原编写组老师的指教,在此一并表示由衷的感谢。

由于我们的水平有限,教学经验不足,特别是采用新体系教材的编写还尚属创试阶段,谬误和不当之处在所难免,恳望大家批评指正。

编 者

2002 年 5 月

目 录

第一章 互换性的基本概念	1
§ 1-1 影响现代机械产品质量的主要因素与质量保证	1
§ 1-2 机械制造中的互换性	1
§ 1-3 标准化与优先数系	2
§ 1-4 质量保证与测量技术的发展概况	5
习题与思考题	5
第二章 几何参数的极限与配合	6
§ 2-1 几何参数误差的种类	6
§ 2-2 极限与配合	7
§ 2-3 国家标准《极限与配合》的主要内容	11
§ 2-4 形状和位置公差概述	25
§ 2-5 形状公差与误差	28
§ 2-6 位置公差与误差	34
§ 2-7 形位公差的未注公差	44
§ 2-8 表面粗糙度	45
习题与思考题	50
第三章 互换性基础标准的应用	53
§ 3-1 零件几何精度设计的主要内容	53
§ 3-2 尺寸公差与配合的选用	53
§ 3-3 公差原则和相关要求的选用	68
§ 3-4 表面粗糙度的选用	82
§ 3-5 与滚动轴承相配零件的几何精度	85
§ 3-6 键与花键结合的互换性	93
§ 3-7 圆锥结合的互换性	97
§ 3-8 螺纹结合的互换性	102
习题与思考题	112
第四章 测量技术基础	116
§ 4-1 概述	116
§ 4-2 基准与量值传递	117
§ 4-3 计量器具与测量方法	118
§ 4-4 测量误差与数据处理	121
§ 4-5 计量器具的选择	131
§ 4-6 光滑极限量规	134
§ 4-7 位置量规	138

§ 4-8 在线检测与计算机质量控制	144
习题与思考题	146
第五章 圆柱齿轮传动的互换性	147
§ 5-1 齿轮传动的使用要求	147
§ 5-2 圆柱齿轮的加工误差分析	148
§ 5-3 控制齿轮加工误差的评定参数	150
§ 5-4 控制齿轮副传动和安装误差的检测参数	160
§ 5-5 国家标准《渐开线圆柱齿轮精度》及其应用	162
§ 5-6 ISO 圆柱齿轮精度制的简介与分析	176
习题与思考题	177
第六章 尺寸链计算基础	179
§ 6-1 基本概念	179
§ 6-2 完全互换法解尺寸链	183
§ 6-3 大数互换法解尺寸链	187
§ 6-4 保证装配精度的其它工艺措施	189
习题与思考题	193
第七章 机械精度设计简介和典型示例	194
§ 7-1 机械精度设计简介	194
§ 7-2 典型示例——单级传动齿轮减速器的精度设计	198
习题与思考题	209
第八章 质量保证与质量控制	211
§ 8-1 概述	211
§ 8-2 国际标准化组织与国际标准	216
§ 8-3 ISO9000 系列标准的产生与发展	217
§ 8-4 GB/T19000(ISO9000)系列标准的构成及其应用	218
§ 8-5 质量控制的主要方法	226
§ 8-6 质量认证制度	254
§ 8-7 质量体系要求	258
习题与思考题	264
附录 主要基础标准目录	265
主要参考文献	270

第一章 互换性的基本概念

目的与要求 本章学习的目的是为保证产品质量,了解影响现代机械产品质量的主要因素、几何参数误差的种类、互换性的含义及其在现代化生产和技术进步中的重要意义,了解优先数系的基本原理及其应用,重点掌握互换性与产品设计、制造、维修、检测以及生产管理方面的关系。

§ 1-1 影响现代机械产品质量的主要因素与质量保证

为了实现我国工业、农业、科学技术与国防四个现代化,迫切要求机器与仪器制造业能为国民经济各个部门提供先进可靠的机器设备和仪器仪表,同时还要求这些行业不断地提高产品质量,提高劳动生产率和降低成本。为此,就必须改进与完善产品结构,改进工艺及其装备,提高原材料的质量,以及在产品及其零、部件规格化与标准化的基础上扩大专业化与协作化生产。因此,在机器与仪器制造业中按互换性原则组织生产就具有十分重大的意义。

随着科学技术的发展和生产水平的提高,对产品几何精度的要求也越来越高。例如,作为尺寸传递媒介的 25mm 的 00 级量块,其长度极限偏差为 $\pm 0.07\mu\text{m}$,长度变动量允许值为 $0.05\mu\text{m}$ (为一般人头发直径的 $1/1500$);而体现现代科技水平的大规模集成电路,要在 1mm^2 的硅片面积上积集数以十万计的元件,其上的线条宽度约为 $1/10\mu\text{m}$,形状和位置误差则更小于 $0.05\mu\text{m}$ 。对部件和整机,也同样有几何精度要求,如一般精度的 CA6140 车床两顶尖轴心线的等高度偏差不大于 $40\mu\text{m}$,千分尺两测量砧测量面的平行度误差要求不大于 $1\mu\text{m}$,而目前高精度圆度仪主轴的旋转精度达 $0.025\mu\text{m}$ 。

现代机械产品质量,包括工作精度、可靠性、耐用性、效率等,与产品零、部件的几何精度密切有关。进行运动和强度设计后,在正确确定结构和选用材料的前提下,合理进行精度设计(选用零、部件的几何精度)是产品质量的决定因素。

此外,随着人们对质量观念的更新和质量意识的不断提高,用户对产品质量要求愈来愈高,不仅关注产品本身的质量,而且对提供产品的生产厂商是否已获取质量体系(ISO9000—GB/T19000)认证亦有所要求。

§ 1-2 机械制造中的互换性

互换性是机械制造、仪器仪表和其它许多工业产品设计和制造中的一个重要原则。使用这个原则能使上述工业部门有最佳的经济效益和社会效益。所谓机械制造中的互换性,是指同一规格的零部件按规定的几何、物理及其它质量参数的允许变动量来分别制造,使其在装配与更换时不需要任何辅助加工,便能很好地满足使用和生产上的要求。互换性的零部件在日常生活中是常见的。例如,自行车、手表和滚动轴承等零部件都具有互换性,一旦损坏,只要更换一个新的即可满足使用要求。

零部件能否互换是以它们装入机器是不是满足产品的性能要求为标志的,因此有互换性的零部件应具备两个条件:一是零部件的几何参数要达到零部件结合的要求;二是零部件的机械、物理和化学等性能满足产品的功能要求。具备第一个条件的称为几何参数互换性,此为狭义互换性,即通常所讲的互换性。具备两个条件的称为功能互换性,此为广义互换性。

由于零部件具有互换性,在装配过程中不需要任何辅助加工,这不仅减轻工人劳动,缩短装配周期,且便于组织流水线或自动线生产,从而提高劳动生产率,保证产品质量和降低生产成本。

从使用角度看,不仅维修方便,有利于获得价廉物美的产品,在许多情况下更具有明显的效益。如武器弹药的互换性能保证不贻误战机;发电设备的及时修复,可保障连续供电;汽车、轮船、交通运输机械等能迅速更换易损零件,均具有很大的经济效益和社会效益。

从设计角度看,大量采用按互换性原则设计经过实用考验的标准零部件,不仅大幅度减少设计工作量,还可采用标准化的计算方法和程序进行高效优化设计。

互换性虽然是伴随近代大规模生产,特别是军工生产而出现的,但互换性原则并不限于大批量生产。例如,单件生产的造船业采用互换性原则组织生产后,也获得了极好的经济效益和社会效益。近年发展起来的被称为机械工业生产重大改革的柔性加工系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS),可以迅速在生产线上改变产品的规格和品种,以适应小批量的多品种生产。它对互换性和标准化程度提出了更高要求。

零部件一般是由毛坯经过机械加工等工序制成的,由于加工机床和工具的不完善及受环境条件等因素的影响,使一批制成的零部件的实际几何参数(尺寸、几何形状和相互位置)与图样上的设计尺寸、理想形状和理论正确位置不完全相同。它们之间的差别,称为加工误差。由于加工误差的客观存在,故加工后的一批同规格的零部件,它们之间相对应的实际几何参数是不可能完全一样的。因此,要使零部件具有互换性,必须将加工后的零部件的实际几何参数控制在产品性能所允许的变动范围之内。这个允许变动的范围叫做公差。至于零部件的实际几何参数的变动量是否在规定公差范围之内,则要通过测量手段来判断。

§ 1-3 标准化与优先数系

一、标准化

标准化是伴随现代工业的发展而发展起来的一门新兴科学。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标准的制定、发布和实施而达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。标准是指对重复性事物和概念所作的统一规定。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。所以,标准在一定范围内具有约束力。

标准化的基本原理是一个值得探讨的理论问题。标准化的基本原理应揭示标准化的发展规律,即反映标准化内在的矛盾。由于标准化涉及面很广,其内涵与外延极其丰富且相当复杂,涉及人类各个方面。其中技术标准种类繁多,大致分成下列四类:

(1) 基础标准:在一定范围内作为其它标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合等标准。

(2) 产品标准:为保证产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。其范围包括品种、规格、技术性能、试验方法及检验规则等。

(3) 方法标准:以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定和作业等各种方法为对象制订的标准。如设计计算方法、工艺规程和测试方法等标准。

(4) 安全标准和环境保护标准:以安全与环境保护为目的而订的标准。

标准化是一门系统工程,其任务就是设计、组织和建立标准体系。在机械制造中,标准化的目的是提高产品质量,发展产品品种,加强企业的科学管理,组织现代化生产,便利协作和使用维修,巩固推广技术革新成果,提高社会劳动生产率和经济效益等。目前世界上各工业发达国家都高度重视标准化工作。

标准按不同级别颁布。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。从世界范围看,还有国际标准和区域标准。为了促进国际间工业标准的协调和统一,1947年世界各国成立了国际标准化组织,简称 ISO。1979 年我国恢复参加了 ISO 组织,并参照国际标准修订或制订了各项国家标准。这是对外开放政策的需要,有利于加强我国在国际上的技术交流,促进我国四个现代化的建设。

标准化是实现互换性生产的前提。发展互换性生产,必须将产品、零件或部件、原材料、工夹量具及机床设备的规格、质量指标、检测方法的统一和简化,制定相互协调的标准,并按照统一的术语、符号、计量单位,将它们的几何和性能参数及其公差数值注在图样上,在生产过程中加以贯彻。这样做不仅可取得最好的经济效益,并且有利于推行互换性,扩大互换的范围。

二、优先数与优先数系

在设计机械产品时,常常应用很多数字,且这些数字在生产各个环节中,往往又都不是孤立的。人们在生产实践的基础上,总结了一种合乎科学的统一的数字标准——优先数及优先数系。

优先数系是一种十进制的等比级数,在现行标准(GB321—80)中,规定了 5 个公比数系,用 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示(R80 为补充系列),其公比如下(注:优先数系还有派生系列和复合系列,在此从略):

在 1~10 之间,R5 系列有 5 个优先数,即 1;1.6;2.5;4;6.3。R10 系列有 10 个优先数,即在 R5 的 5 个优先数中再插入 1.25;2;3.15;5;8 五个数(均为比例中项),余类推。项值可从 1 开始,向大于 1 和小于 1 两个边延伸。理论优先数多为无理数,需予圆整,见表 1-1。

R5 公比为 $\sqrt[5]{10} \approx 1.6$;

R10 公比为 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$;

R20 公比为 $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$;

R40 公比为 $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$;

R80 公比为 $\sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

这种优先数系的主要优点如下:

(1) 各种相邻项的相对差相等,分档合理,疏密恰当,简单易记,有利于简化统一。

(2) 便于插入和延伸。如在 R5 系列中插入比例中项,即得 R10 系列,在 R10 系列中插入比例中项,即得 R20 系列,余类推。数系两端都可按公比任意延伸。

(3) 计算方便。理论优先数(未经近似圆整)的积、商、整数乘方仍为优先数,其对数为

等差数列,对数值的传播有利。工程中一些常数也近似为优先数,如 $\pi \approx 3.14$; $\pi/4 \approx 0.8$; $\pi^2 \approx 10$; $\sqrt{2} \approx 1.4$; $\sqrt[3]{2} \approx 1.26$ 等。例如,直径用优先数,则传播到圆面积 $A = \pi D^2/4$, 仍为优先数。

有了优先数系的标准,大家统一使用,这对互换性和标准化有很重要的意义。

表 1-1 优先数的基本系列

基本系列(常用值)					
R5	R10	R20	R40		
1	2	3	4		
1.00	1.00	1.00	1.00 1.06		
		1.12	1.12 1.18		
	1.25	1.25	1.25 1.32		
		1.40	1.40 1.50		
	1.60	1.60	1.60	1.60 1.70	
			1.80	1.80 1.90	
2.00		2.00	2.00 2.12		
		2.24	2.24 2.36		
2.50	2.50	2.50	2.50 2.65		
		2.80	2.80 3.00		
	3.15	3.15	3.15 3.35		
		3.55	3.55 3.75		
		4.00	4.00	4.00	4.00 4.25
				4.50	4.50 4.75
5.00	5.00		5.00 5.30		
	5.60		5.60 6.00		
6.30	6.30	6.30	6.30 6.70		
		7.10	7.10 7.50		
	8.00	8.00	8.00 8.50		
		9.00	9.00 9.50		
		10.00	10.00		
		10.00	10.00		

§ 1-4 质量保证与测量技术的发展概况

现代工业生产对于产品质量要求愈来愈高。以往传统的作法主要是由制成品的检验来控制产品质量。这是一种消极被动措施,远远不能适应现代科技发展的需要。必须采取积极措施,从市场预测与调研开始,对产品的开发与设计,外购件的采购,零部件制造与检测,产品的测试与验收直至产品的使用各阶段的活动全过程进行可靠且有效的质量控制,所有这些质量控制活动集成在一起称为质量保证系统。质量保证是一种调控过程,它保证产品质量符合规定的标准与规范,使与影响质量有关的各个环节和过程始终处于全面的受控状态,以确保产品质量。

从设计角度看,零件的标准化为互换性提供了可能性。但要满足其使用性能,还必须采取适当的工艺措施,对零件进行检测,以保证生产的零件为合格的产品。为使测量结果统一和可靠,相应地要建立完善的检测手段和计量管理系统,并制定技术法规监督实施。

从机械工业的发展看,几何量检测技术的发展是和机械加工精度的提高相辅相成的。加工精度的提高,一方面要求并促进测量器具的测量精度也跟随提高,另一方面,加工精度本身也要通过精确的测量来体现和验证。19世纪中叶出现了游标卡尺,当时机械加工精度可达0.1mm。本世纪初,加工精度达到0.01mm,可用千分尺测量。30年代开始成批生产光学比较仪、测长仪、光波干涉仪和万能工具显微镜等当前仍在生产中广泛使用的光学精密量仪,当时相应的机械加工精度提高到了 $1\mu\text{m}$ 左右及更小。近半个世纪精密加工的水平有了很大的提高,近来精密机床主轴的跳动误差要求不超过 $0.01\mu\text{m}$,导轨直线度要求 $0.3\mu\text{m}/\text{m}$,空气轴承的回转精度在径向和轴向都要求 $0.02\mu\text{m}$ 。这些参数的测量要用高精度的方法和仪器,如稳频激光干涉系统、各种高精度的电学量仪及机、电、光结合并配用计算机的测量系统。几何量测量技术的发展,不仅促进了机械工业的发展,而且对其它工业部门,对科学技术,对内、外贸易乃至现代社会生活的许多方面,都起着重要的推动作用。

我国计量科学和检测技术经过40多年来的努力,已达一般国际水平,全国建立了比较完善的计量机构,有统一的量值传递网,不仅可生产一般的检测仪器,还研制成功了如光电光波比长仪、双频激光干涉仪等先进量仪。

习题与思考题

1. 影响现代机械产品质量的主要因素有哪些?
2. 试述互换性的含义及其作用,实现互换性生产的基本技术措施有哪些?
3. 试述现代标准化的意义及标准的种类?
4. 优先数系有哪些优点?试述R5、R10及R20优先数系有何区别?
5. 现代测量技术的特征是什么?
6. 质量保证的目的与要求是什么?

第二章 几何参数的极限与配合

目的与要求 了解几何参数的误差与公差种类,尺寸误差的特征;了解尺寸误差、形位误差及表面粗糙度的形成及其对互换性的影响;要求理解几何参数误差与公差的基本术语及其定义,掌握它们的主要内容及其在图样上的表达方法。

§ 2-1 几何参数误差的种类

任何机械零件都是由若干个点、线、面所形成的几何实体。因此,其几何参数误差不外乎尺寸误差、表面形状误差和相互位置误差,如图 2-1 所示。图中,实际尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 不等于所要求的理想尺寸,两者之差值即为尺寸误差;外圆柱面的形状不准确为表面形状误差;外圆柱面轴线与内圆柱面轴线的重合为相互位置误差。

表现形状误差,按其产生的原因、表现形式和对产品质量影响的不同,又可以分为下列三种(图 2-1):

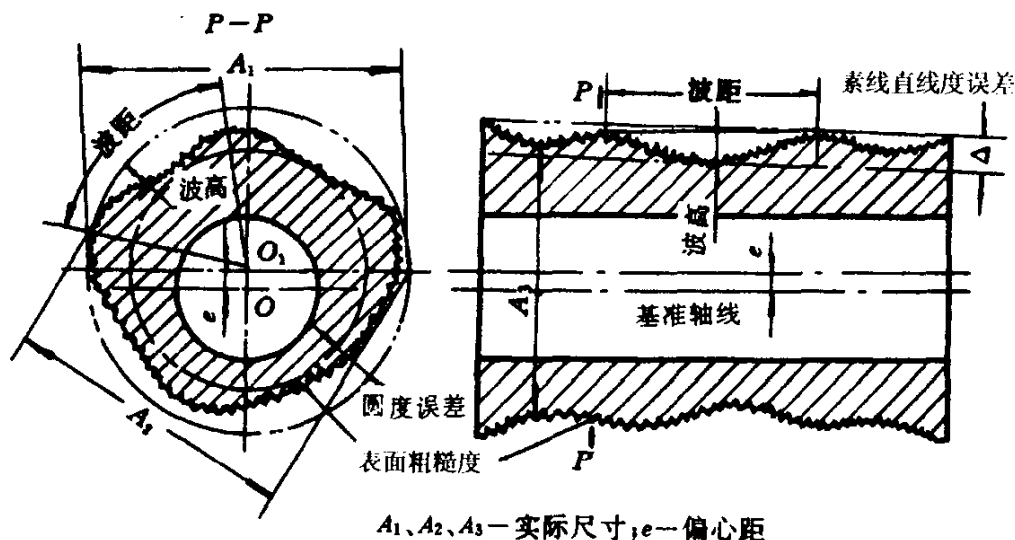


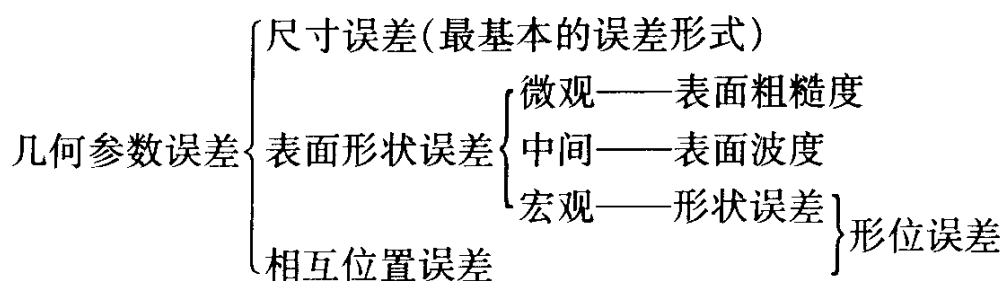
图 2-1 几何参数误差

(1) 微观形状误差:又称表面粗糙度。它是指零件在加工过程中,由于刀具在工件表面留下的刀痕,切屑分离工件表面时的塑性变形,以及工艺系统的高频振动等原因,使得工件表面存在着微小峰谷的微观形状误差。它影响零件结合松紧的不均匀性、疲劳强度、耐磨性和抗腐蚀性等性能。

(2) 中间形状误差:即表面波纹度。它具有明显的周期性的波距和波高,常见于滚动轴承套圈等零件。

(3) 宏观形状误差:简称形状误差。它主要是因为加工机床和工、夹具本身具有形状误差所致。另外,在加工中由于力变形、热变形以及较大的振动等原因,造成被加工零件的直线不直、平面不平、圆截面不圆,这些也都属于形状误差。它和相互位置误差有密不可分之处,故通常合称形位误差。它们影响零件的结合性质和密封性,加剧磨损,降低连接强度和接触刚度,直接影响整机的工作精度、可靠性和寿命等。

由上可见,机械产品的几何参数误差可分为:



§ 2-2 极限与配合

为了研究零件几何参数的互换性,正确掌握有关标准及其应用,统一设计、工艺、检验和管理对标准的理解,须对标准的基本概念、术语及定义作出统一规定。

一、“孔”、“轴”“尺寸”的术语定义

1. 孔(轴)

(1) 孔:通常,指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(有二平行平面或切面形成的包容面)。

(2) 轴:通常,指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(有二平行平面或切面形成的被包容面)。

孔、轴是由单一的尺寸构成。例如:圆柱体的直径、键和槽的宽度。如图 2-2 所示,两平行表面相对,其间没有材料形成包容状态,属于内表面,则它们中间由单一尺寸所确定的部分称为孔,如 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 是孔的尺寸。两平行表面相背,其外没有材料形成被包容形状,属于外表面,则它们中间由单一尺寸所确定的部分称为轴,如 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 是轴的尺寸。如果两部分表面同向,既不能形成包容形状,也不能形成被包容状态;即非内表面,亦非外表面;则它们由单一尺寸所确定的部分,既不是孔,也不是轴,而是作为长度,如图 2-2 中的 L_1 、 L_2 、 L_3 是长度尺寸。如对一个方孔,当用尺寸公差限制时,则应将它分解为长度和宽度两个单一的尺寸,并分别给定公差。

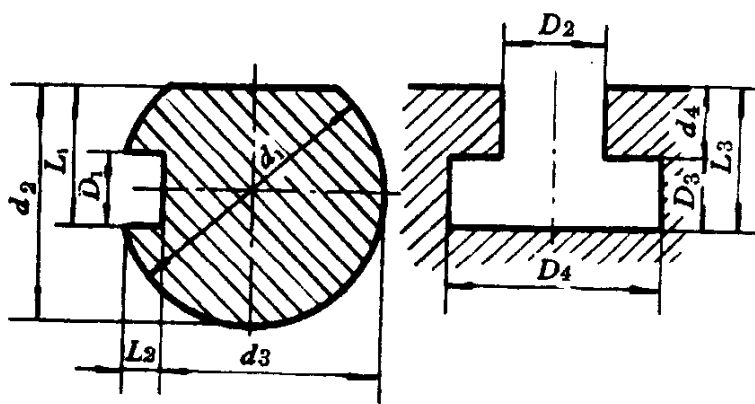


图 2-2 孔、轴的尺寸

从结合关系看,孔是包容面,轴是被包容面。从工件的加工来看,在加工过程中随着加工余量的切除,孔的尺寸由小变大,轴的尺寸由大变小。从测量上看,孔、轴的测量方法也有所不同。例如测孔用极限塞规,测轴用极限卡规或环规。

2. 尺寸

用特定单位表示长度值的数字。在机械制图中,图样上的尺寸都以 mm 为单位,故在图上标注尺寸时,单位可以省略,当用其它单位标注时,则应标明单位。

3. 基本尺寸(D 、 d)

设计给定的尺寸,即设计时根据使用要求通过计算、试验或类比而确定的尺寸,它的数

值应按标准值圆整。基本尺寸的标准化可减少定值刀具、量具及夹具的规格数量。大写字母 D 表示有关孔的代号,小写字母 d 表示有关轴的代号。

4. 局部实际尺寸(简称为实际尺寸)(D_a 、 d_a)

在实际要素的任意正截面上,两对应点之间测得的距离,称为局部实际尺寸,简称为实际尺寸。

内表面(孔)的实际尺寸以 D_a 表示;外表面(轴)的实际尺寸以 d_a 表示。实际尺寸的定义不仅适用于圆柱形内、外表面,也适用于两反向的平行平面,如平键、键槽的两侧面。实际尺寸是测得的尺寸,由于不可避免的测量误差,两对应点之间测得距离,不是真实距离,所以实际尺寸不是真正尺寸,而是该真正尺寸的近似值,即所测得的尺寸,如图 2-3 所示。

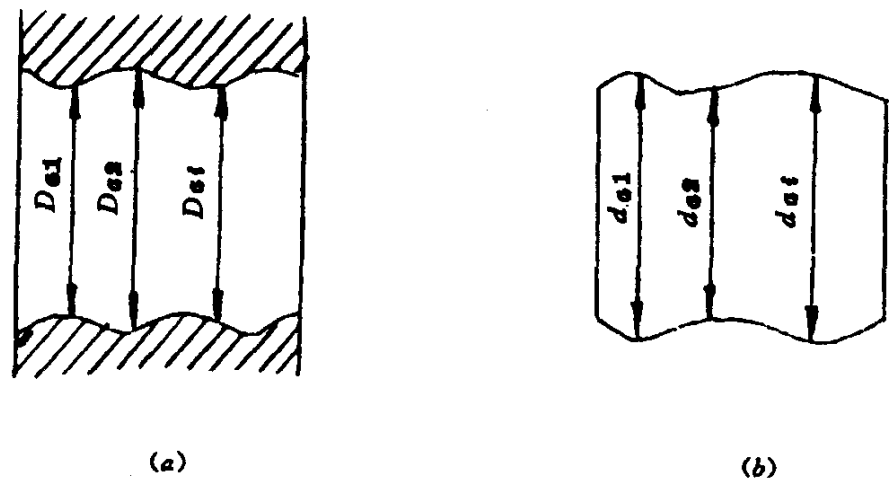


图 2-3 实际尺寸

5. 极限尺寸(D_{max} 、 D_{min} ; d_{max} 、 d_{min})

允许尺寸变化的两个极限值。两个极限值中较大的一个称为最大极限尺寸(D_{max} 、 d_{max});即孔或轴允许的最大尺寸;较小的一个称为最小极限尺寸(D_{min} 、 d_{min}),即孔或轴允许的最小尺寸,如图 2-4 所示。

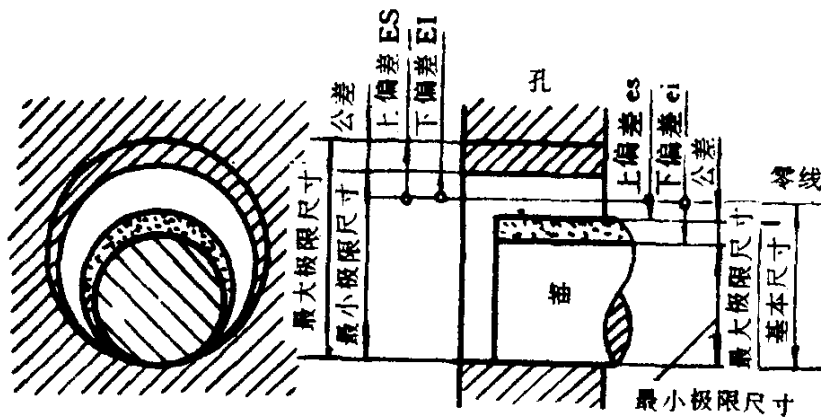


图 2-4 尺寸、偏差与公差

极限尺寸以基本尺寸为基数来确定,它是在设计确定基本尺寸的同时,为满足各种使用上的要求而提出的。

二、“极限制”、“偏差”、“公差”的术语定义

1. 极限制

经标准化的公差与偏差制度。

2. 零线

在极限与配合图解中,表示基本尺寸的一条直线,以其为基准确定偏差和公差,如图 2-5 所示。

通常,零线沿水平方向绘制,正偏差位于其上,负偏差位于其下。

3. 尺寸偏差(简称偏差)(ES、EI; es、ei)

某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减其基本尺寸所得的代数差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差(ES、es);最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差(EI、ei)。上偏差和下偏差统称为极限偏差。由此,实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差,如图 2-4 所示。

偏差可为正、负或零值。极限偏差用于限制实际偏差,它影响配合的松紧。

4. 基本偏差

在标准极限与配合制中,确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。一般为靠近零线的那个偏差。当公差带在零线上方时,基本偏差为下偏差;当公差带在零线下方时,基本偏差为上偏差。

5. 尺寸公差(简称公差)(Th、Ts)

允许尺寸的变动量,最大极限尺寸减最小极限尺寸代数差的绝对值,或上偏差减下偏差之差,如图 2-4 所示。公差用于限制尺寸误差,影响配合的精度。

即孔公差: $Th = |D_{\max} - D_{\min}| = |Es - Ei|$,

轴公差: $Ts = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$ 。

6. 标准公差(IT)与公差等级

标准极限与配合制中,所规定的任一公差。如 GB/T1800.3 表列的公差为标准公差;同一公差等级对所有基本尺寸的一组公差被认为具有同等精确程度。也就是说它是确定尺寸精确程度的等级。

7. 标准公差因子(i, I)

在本标准极限与配合制中,用以确定标准公差的基本单位,该因子是基本尺寸的函数。

在标准公差因子 i 用于基本尺寸至 500mm; I 用于基本尺寸大于 500mm 至 3150mm。标准公差与基本尺寸分段、公差等级和公差因子有关,列式表示:

$$IT = \alpha \cdot i(I),$$

$$i(I) = f(D),$$

式中: α ——公差等级系数;

$i(I)$ ——公差因子;

D ——基本尺寸。

8. 公差带

在公差带图解中,其中上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零数的位置如基本偏差来确定。

为了简化起见,在实用中常不画出孔和轴,而只画出放大的孔和轴的公差带来分析问题,这就是极限与配合的图解,简称公差带图解,如图 2-5 所示。

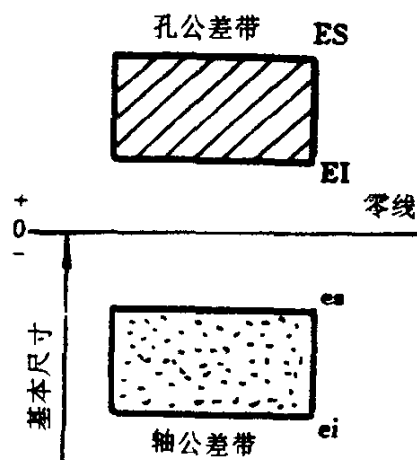


图 2-5 公差带图

三、“配合”、“配合制”的术语定义

1. 间隙与过盈

在孔和轴的配合中,孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差为正值时是间隙,用 X 表示;为负值时是过盈,用 Y 表示。

2. 配合

指基本尺寸相同,相互结合的孔和轴公差带之间的关系。这种关系决定结合零件间松紧程度。配合按其出现的间隙与过盈分为间隙、过盈与过渡配合三大类。

(1) 间隙配合

孔的公差带位于轴的公差带之上,合格件装配后保证有间隙的配合,称为间隙配合,如图 2-6 所示。其特征为最大间隙($X_{\max}$)和最小间隙($X_{\min}$), $X_{\min}$ 可以为零。其值可用下式计算:

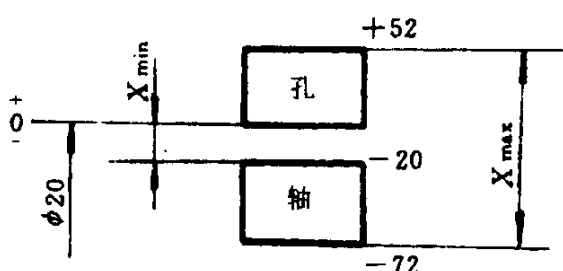


图 2-6 间隙配合

图 2-6 中, $X_{\max} = ES - ei = +52 - (-72) = +124\mu\text{m}$,
 $X_{\min} = EI - es = 0 - (-20) = +20\mu\text{m}$ 。

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

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

(2) 过盈配合

轴的公差带位于孔的公差带之上,合格件装配后保证有过盈的配合,称为过盈配合,如图 2-7 所示。其特征为最小过盈($Y_{\min}$)和最大过盈($Y_{\max}$), $Y_{\min}$ 可以为零。其值可用下式计算:

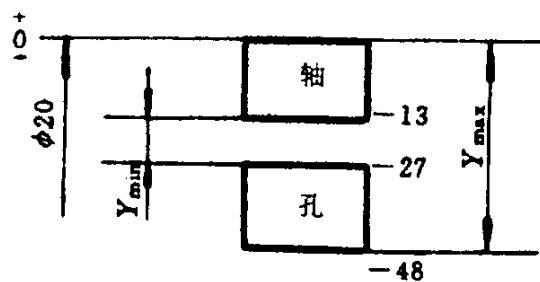


图 2-7 过盈配合

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

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

图 2-7 中, $Y_{\min} = ES - ei = -27 - (-13) = -14\mu\text{m}$,

$$Y_{\max} = EI - es = -48 - 0 = -48\mu\text{m}。$$

(3) 过渡配合

孔与轴的公差带相互交叠,合格件装配后可能有间隙,也可能有过盈的配合,称为过渡配合,如图 2-8 所示,其特征为最大间隙($X_{\max}$)和最大过盈($Y_{\max}$)。对一批零件,装配后是一部分有间隙,一部分有过盈。

图 2-8 中, $X_{\max} = ES - ei = +33 - (-8) = +41\mu\text{m}$,

$$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+13) = -13\mu\text{m}。$$

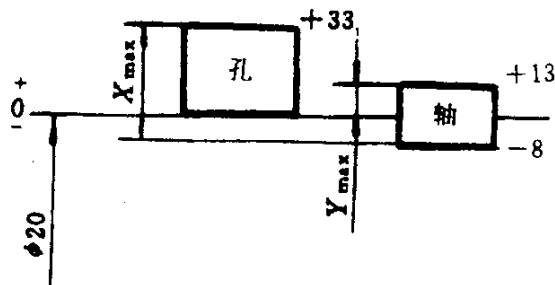


图 2-8 过渡配合

3. 配合公差

允许间隙或过盈的变动量。它表示配合松紧程度的变化范围,用代号 T_f 表示。

对于间隙配合,配合公差等于最大间隙与最小间隙的代数差的绝对值;对于过盈配合,配合公差等于最小过盈与最大过盈的代数差的绝对值;过渡配合的配合公差等于最大间隙与最大过盈代数差的绝对值,也等于孔公差(T_h)与轴公差(T_s)之和。即

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

$$= |X_{\max} - Y_{\max}| = T_h + T_s。$$

配合也可用配合公差带表示,如图 2-9 所示,它是图 2-6 ~ 2-8 所示的配合公差带,其大小和位置反映了设计精度和使用要求。它等于两个相互配合件的公差之和,也即反映两个相互配合件的工艺要求。

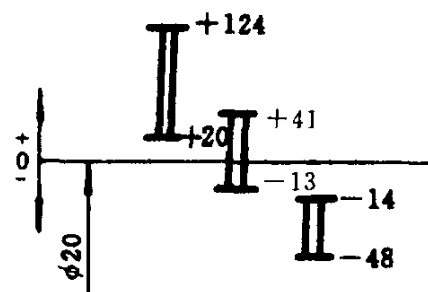


图 2-9 配合公差带图

4. 配合制

同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度。

5. 基准制

为使配合种类进一步简化,统一基准件的极限偏差,从而达到减少定值刀具、量具的规格数量。标准极限与配合规定了两种基准制。

(1) 基孔制配合:基本公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。其孔的最小极限尺寸与基本尺寸相等,孔的下偏差为零的一种配合制,如图 2-10(a)所示。基孔制配合的孔为基准孔,用 H 表示。

(2) 基轴制配合:基本公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。其轴的最大极限尺寸与基本尺寸相等,轴的上偏差为零的一种配合制,如图 2-10(b)所示。基轴制配合的轴为基准轴,用 h 表示。

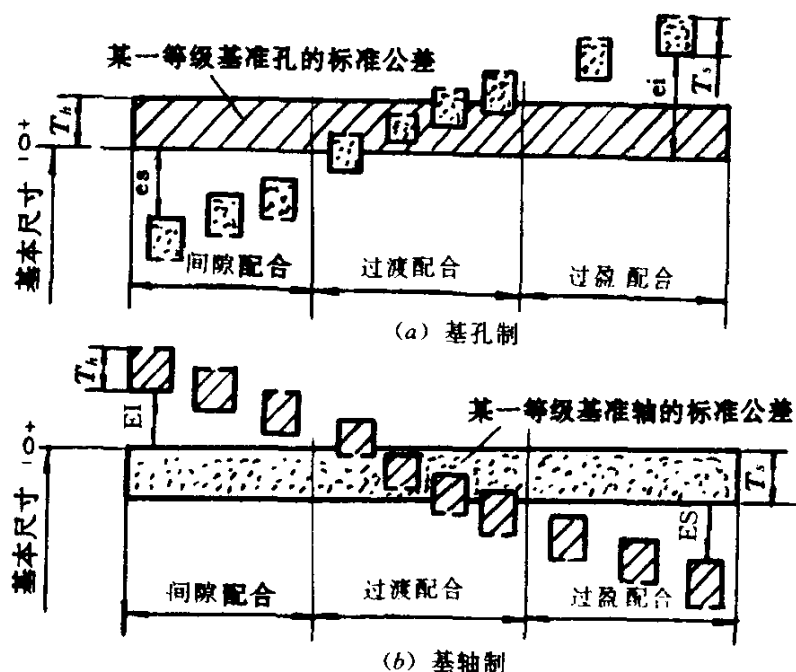


图 2-10 基孔制和基轴制公差带

§ 2-3 国家标准《极限与配合》的主要内容

为了实现互换性生产,公差与配合必须标准化。国家标准《极限与配合》(GB/T1800.3—98)是参照国际标准,按标准公差系列(公差带大小)和基本偏差系列(公差带位置)分别