



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

极限配合 与技术测量应用

张雪梅 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是教育部推荐的数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会联合颁发的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》中核心教学与训练项目的基本要求,并参照相关的国家职业标准和行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的。

本书主要内容有:光滑圆柱形结合的极限与配合、形状和位置公差、表面粗糙度、螺纹连接的公差与检测以及与其相关的技术测量的基本知识和基本技能等内容,所涉及的标准与规定,均采用了最新的国家标准。

本书紧紧围绕机械加工类岗位需求编写,既体现了本课程技术基础的特色,又突出了岗位所需的实用知识和技能的学习与培养。

本书可作为中等职业学校数控技术应用专业及相关专业的教学用书,也可作为有关行业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量应用/张雪梅主编. —北京:高等教育出版社,2005.7

ISBN 7-04-016979-7

I. 极… II. 张… III. ①公差:配合—专业学校—教材②技术测量—专业学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 069032 号

策划编辑	王瑞丽	责任编辑	王瑞丽	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 10.75
字 数 250 000

版 次 2005 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 7 月第 1 次印刷
定 价 14.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16979-00

出版说明

2003年12月教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合印发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。为了配合该项工程的实施,高等教育出版社开发编写了数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材。该系列教材已纳入教育部职业教育与成人教育司发布实施的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定,作为教育部推荐教材出版。

高等教育出版社出版的教育部推荐数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材(以下简称推荐系列教材),是根据教育部办公厅、国防科工委办公厅、中国机械工业联合会最新颁布的《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写的。推荐系列教材力图体现:以培养综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出的位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;职业教育以企业需求为基本依据,办成以就业为导向的教育,既增强针对性,又兼顾适应性;课程设置和教学内容适应企业技术发展,突出数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,具有一定的先进性和前瞻性;教学组织以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放的课程体系,适应学生个性化发展的需要。推荐系列教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新尝试。主要特色有:

1. 以就业为导向,定位准确,全程设计,整体优化。

2. 借鉴国内外职业教育先进教学模式,突出项目教学,顺应现代职业教育教学制度的改革趋势,适应学分制。

3. 理论基础知识教材,以职业技能所依托的理论知识为主线,综合了多门传统的专业基础课程的理论知识。知识点以必需、够用为度。

4. 理论实践一体化教材,缩短了理论与实践教学之间的距离,内在联系有效,衔接与呼应合理,强化了知识性和实践性的统一。

5. 操作训练和实训指导教材,参照国家职业资格认证标准,成系列按课题展开,考评标准具体明确,直观实用,可操作性强。

推荐系列教材既注重了内在的相互衔接,又强化了相互支持,并将根据教学需求不断完善和提高。

查阅推荐系列教材的相关信息,请登录高等教育出版社“中等职业教育教学资源网”(网址:<http://sv.hep.com.cn>)。

高等教育出版社
2004年12月

前 言

本书是数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训系列教材之一,是根据《中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》中核心教学与训练项目基本要求,并参照车工、钳工、铣工等国家职业标准中与本课程有关的部分内容编写的。

本书以几何参数互换性相关国家标准在机械加工中的应用为主线,主要内容包括极限与配合、形位公差和表面粗糙度,以及与之相关的技术测量基本知识和基本方法。本书突出了内容的实用性和实践性,主要特点如下:

1. 本书对象是中等职业学校的学生或机械加工岗位上的技术工人,知识和技能以实用为先,够用为度,内容上没有系统介绍标准的基本术语和技术测量的基本概念,而是将相关知识和技能根据生产实践过程和需要,构建了实用、适用的新体系,体现了学习领域课程的教学理念。

2. 本书知识和技能按照技术工人在岗位上的工作需求展开,其内容贴近生产实践,与生产岗位中知识和技能的需求相符,体现了行动导向的教学理念。

3. 本书设置了“相关链接”环节,补充了一些和生产实践联系紧密的相关基础理论知识,使教学具有弹性,便于学生的个性化发展以及自学能力和相关专业能力的培养。

4. 本书加强了应用示例和工程实例的分析,注重理论联系实际和应用能力的培养。

5. 本书采用最新的国家标准,可作为技术资料查阅。

本书共分4个单元,建议课时分配如下,供参考使用。

单 元	课 程 内 容	课时	实训	机动	合计
绪论		2			2
第一单元	极限与配合	20	4		24
第二单元	形状和位置公差	10	4		14
第三单元	表面粗糙度	4	2		6
第四单元	螺纹结合的公差与检测	6	2		8
机动				6	6
合计		42	12	6	60

本书由张雪梅主编,参加编写的有张毅敏和蔡霄萍。教育部聘请天津冶金职业技术学院吴联兴和北京化工大学韩叶象审阅了本书,他们对本书提出很多宝贵建议,在此一并致谢。

由于编者的水平所限,书中错误之处在所难免,敬请大家批评指正。

编者
2005年3月

目 录

绪论	1	一、零件的几何要素	70
思考与练习	4	二、形状和位置公差定义	71
第一单元 极限与配合	5	三、形状和位置公差项目和符号	71
第一节 尺寸和尺寸合格条件	6	四、形位公差的数值、基准和有关符号	72
一、尺寸	6	五、形状和位置公差的标注与识读	73
二、尺寸合格条件	8	六、形位公差的公差值	77
三、关于孔和轴定义的说明	10	第二节 形位公差公差带	79
第二节 公差和标准公差	12	一、形状和位置公差带的类型	79
一、尺寸公差	12	二、形位公差带定义、标注和解释示例	82
二、标准公差	13	第三节 形位公差和尺寸公差的关系	98
三、基本偏差	16	一、独立原则	98
四、公差带代号	22	二、相关要求	99
五、公差带中极限偏差的确定	23	三、可逆要求(RR)	104
六、一般公差——线性尺寸的未注公差	24	第四节 形状和位置误差的检测	105
七、温度条件	25	一、形状误差和位置误差	106
第三节 光滑圆柱形结合的配合	25	二、评定形位误差的五种检测原则	106
一、间隙和过盈	25	三、形位误差检测的一般步骤	108
二、配合性质	25	思考与练习	112
三、配合公差	28	第三单元 表面粗糙度	115
四、配合性质的判断	29	第一节 表面粗糙度的评定	117
五、配合公差带代号	32	一、轮廓算术平均偏差(R_a)	117
第四节 公差带和配合的选择	33	二、轮廓的最大高度(R_z)	120
一、配合制的选用	33	第二节 表面粗糙度符号、代号及其标注	123
二、公差带的选用	35	一、表面粗糙度符号	123
三、配合的选用	39	二、表面粗糙度代号	123
第五节 尺寸的测量和检验	45	三、表面粗糙度符号、代号在图样上的标注	124
一、用计量器具进行测量	45	第三节 表面粗糙度的检测	127
二、用光滑极限量规进行定性的检验	63	一、比较法	127
思考与练习	66	二、光切法	127
第二单元 形状和位置公差	69	三、感触法	128
第一节 形状和位置公差的识读	69	四、干涉法	129

思考与练习	130	二、螺纹的旋合长度	139
第四单元 螺纹连接的公差与检测		三、螺纹公差带	141
.....	132	四、螺纹公差带与配合的选用	155
第一节 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	132	第三节 螺纹的检测	156
.....	132	一、用螺纹工作量规进行综合检验	157
一、几何参数误差对螺纹互换性的影响 ...	135	二、用三针法测量螺纹中径	159
二、作用中径的意义及保证螺纹互换性的条件	137	思考与练习	159
第二节 普通螺纹的公差与配合	139	参考文献	161
一、螺纹精度等级	139		

绪 论

本书包含的主要内容是极限与配合、形状和位置公差、表面粗糙度等重要技术标准,以及与这些技术标准相关的实用技术测量知识。这些内容都是围绕如何合理地满足零件的使用性能,保证零件的互换性展开的。

按照图样要求加工出来的零件,装配时不需要经过任何选择或修配,就能达到规定的技术要求,这种性质称为互换性。例如,从一批 M12—6H 的螺母中任选一个,如果能同与其相配的 M12—6g 螺栓中的任意一个有效的旋合,并且能满足原定的连接强度要求,则这批螺母具有互换性。

在机械零件的设计、制造和使用过程中,互换性起着非常重要的作用,是机械制造业重要的技术措施和生产原则。

相关链接

互换性在制造业中的作用和意义:

(1) 从设计方面看,由于采用互换性原则设计和生产零、部件(标准件),可以简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,并便于使用计算机辅助设计(CAD)。

(2) 从制造方面看,互换性是提高生产水平、进行文明生产的有力手段。加工时,由于规定有公差,同一部机器上的各种零件可以同时分别加工,可以使用计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助工艺设计(CAPP)等先进的制造技术。标准件还可以由专门车间或工厂专门生产,可以采用高效率的专用设备,提高产品的产量和质量,显著降低生产成本。装配时,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工人的劳动强度,缩短装配周期,并可以使装配工人按流水作业方式进行工作,或者进行自动装配,从而大大提高劳动生产率。

在生产中除了完全不需要选择、辅助加工或修配就能满足使用性能要求的完全互换外,有些情况下(例如单件生产特重型或特高精度型仪器设备),还可以使用不完全互换。因为在这种情况下,完全互换会使零件的加工困难或制造成本过高。为此,在生产中可以把零件、部件的精度适当降低,便于制造。然后实际测量所加工的零件,根据大小分成若干组,每组内的尺寸差别比较小。然后再把相应组的零、部件进行装配。这样在制造过程中,仅组内零件可以互换,组和组之间的零、部件不可以互换,这就是不完全互换。通过不完全互换,解决了零、部件的加工困难问题,又降低了加工难度,降低了成本。

(3) 从使用方面看,如人们在日常生活中使用的汽车和手表的零件,生产中使用的各种设备的零件,当它们损坏以后,修理人员很快就可以用同样规格的零件换上,恢复汽车、手表和设备的功能。而在某些情况下,互换性所起的作用还很难用价值来衡量。例如在战场上,要立即排除武器装备的故障,继续战斗,这时保证零、部件的互换性是绝对必要的。

因此,在机械和仪器制造中,遵循互换性原则,不仅有利于先进制造技术的推广,显著提高劳动生产率,而且能有效地保证产品的质量、降低成本,提高企业快速反映能力,从而提高企业竞争能力。

按零件的几何参数和力学性能分,互换性可分为几何参数互换和功能互换。几何参数互换

通过对零件几何要素提出适当的要求,从而保证零件在装配中几何性质的互换,这种互换称为狭义的互换。功能互换除了对零件几何要素提出要求之外,还对零件的物理、化学性能和力学性能提出适当的要求。这是更广泛意义上的互换性,所以功能互换又称为广义互换性。本课程的内容是介绍与加工过程密切相关的几何参数互换。

极限与配合、形状和位置公差以及表面粗糙度是保证零件几何参数互换性(以下简称互换性)的重要的技术要求。国际标准化组织(ISO)制定有相关的国际标准。我国以国际标准为依据,结合我国的生产实际情况,制定有相应的国家标准。

相关链接

1. 《极限与配合》标准的产生和发展

极限与配合的概念萌芽在机械大工业生产阶段。工业革命时期,以机器为主体的工厂代替了以手工技术为基础的工场,机械制造业迅速发展。机器的制造由初期的单件生产发展到小批、大批的生产,零件加工由效率很低的“配件”方式发展到高效率的“互换性”生产,即按照分工协作的原则组织生产。这样导致了标定量规和极限量规的产生。应用标定量规,使相互配合的零件可以分开单独制造,而装配时又可以保证配合要求,零件具有了一定的互换性。极限量规的出现,使零件不必精确地按照一个确定的尺寸制造,而可以在一定的尺寸变动范围内加工。构成尺寸变动范围的最大尺寸和最小尺寸就是尺寸的极限,它由零件相互配合时的使用性能所决定。

19世纪后期,互换性的应用范围不断扩大,机器制造业的发展更加迅猛。在一些企业和公司中,开始出现有关极限与配合的规定,但都极为简单而且很不统一。随着垄断资本主义的发展,垄断企业内部开始制定统一的极限与配合标准,以扩大互换性生产的规模和控制机器备件的供应。随后,为了对外经济和战争的需要,一些国家开始制定极限与配合的国家标准,以扩大和改善军需品和武器的生产。

1926年国际标准化协会成立,并于1947年改名为国际标准化组织,简称ISO。ISO第三技术委员会(ISO/TC3)负责“极限与配合”国际标准的制定工作,一系列的极限与配合标准相继出台。随后,各国都很重视,分别制定了本国的标准。我国最早的极限与配合国家标准颁布于1959年,称为《公差与配合》国家标准。该标准颁布后,在生产中得到广泛的应用,对我国的国民经济,特别是机械工业的发展起到了重要的作用。但进入20世纪70年代后,随着机械工业的发展,我国与世界各国的技术、经济交流日益频繁,该标准已明显不适合制造业的需要。从1976年开始,我国以ISO制为依据,结合我国的具体情况,开始对原有的国家标准进行修订。1979年颁布了极限与配合制的GB 1800—1979《公差与配合 总论 标准公差与基本偏差》、GB 1801—1979《公差与配合 尺寸至500 mm 孔、轴公差带与配合》、GB 1802—1979《公差与配合 尺寸大于500 mm 至3 150 mm 常用孔、轴公差带》、GB 1803—1979《公差与配合 尺寸至18 mm 孔、轴公差带》、GB 1804—1979《公差与配合 未注公差尺寸的极限偏差》等五项国家标准。进入20世纪90年代,我国的改革开放日益深入,对外贸易不断扩大,技术和经济交流向更深、更广的程度发展。为了适应形势的发展,更好地与国际标准接轨,我国国家质量技术监督局会同有关单位从1994年开始对1979年颁布的《公差与配合》国家标准进行修订。目前,实施的“极限与配合”国家标准主要有:

GB/T 1800.1—1997《极限与配合 基础 第1部分:词汇》;

GB/T 1800.2—1998《极限与配合 基础 第2部分:公差、偏差和配合的基本规定》;

GB/T 1800.3—1998《极限与配合 基础 第3部分:标准公差和基本偏差的数值表》;

GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》;

GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带和配合的选择》;

GB/T 1803—2003《极限与配合 尺寸至18 mm 的孔、轴公差带》;

GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》;

GB/T 3177—1997《光滑工件尺寸的检测》;

GB/T 16857.2—1997《坐标计量学 第2部分:坐标测量机的性能评定》;

2.《形状和位置公差》标准的产生和发展

在现代化生产中,为了满足产品的功能要求,适应市场的需要,不仅应对零件的力学、物理、化学性能提出要求以及规定尺寸的极限与配合,还应对零件几何要素的形状、方向和位置规定合理的精度。

几何要素的形状和位置公差的理论及应用,是20世纪50年代起发展的一个新兴工程技术学科领域。1950年,美国、英国和加拿大三国联席会议首次向ISO提出统一形状和位置公差设计的概念及其表示方法的ABC提案。1958年国际标准化组织第10技术委员会第5分技术委员会(ISO/TC10/SC5)提出了形位公差框格表示法的标准推荐草案。1969年正式发布了《形状和位置公差 第1部分:概论、符号、图样表示法》国际标准。当时形位公差标准化工作,尚停留在图样标注方法研究的阶段,隶属于技术制图标准化的一部分。此后的20多年中,ISO/TC10/SC5及其各成员国在深入研究形位公差的基础理论和形位公差与尺寸公差关系的基础上,于1985年发布了《技术制图 公差标注的基本原则》(ISO 8015:1985)、《技术制图 几何公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》(ISO/DIS 2692:1996)、《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差》(ISO/FDIS 1101:2000)等一系列国际标准(或草案)。1996年6月“产品几何技术规范”技术委员会(ISO/TC213)成立,并陆续发布了GPS为总标题的多项国际标准。至此,关于几何公差的标准化研究与应用进入了一个新的发展阶段。

1978年起,我国将1974~1975年间发布的三项形位公差试行标准,修订为GB/T 1182—1980《形状和位置公差 代号及其注法》、GB/T 1183—1980《形状和位置公差 术语及定义》、GB/T 1184—1980《形状和位置公差 未注公差的规定》和GB/T 1958—1980《形状和位置公差 检测规定》等四项形状和位置公差基础性标准,以及反映尺寸和形位公差关系的国家标准GB/T 4249—1984《公差原则》。在长期、大量的宣传和贯彻工作的基础上,我国开拓了与国际标准同步发展的研究与应用工作。先后发布了GB/T 13319—2003《产品几何量技术规范(GPS) 几何公差 位置度公差注法》、GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》、GB/T 16892—1997《形状和位置公差 非刚性零件注法》、GB/T 17773—1999《形状和位置公差 延伸公差带及其注法》、GB/T 17851—1999《形状和位置公差 基准和基准体系》、GB/T 17852—1999《形状和位置公差 轮廓的尺寸和公差注法》、GB/T 1182—1996《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》、GB/T 1184—1996《形状和位置公差 未注公差值》、GB/T 4249—1996《公差原则》等多项国家标准,以及若干有关形状和位置误差检测的国家标准。

本课程的主要学习目标就是能够正确分析图样中的尺寸要求,识读公差带代号和配合公差带代号;能熟练查阅极限与配合相关标准,进行极限与配合的基本计算;正确选择和使用量具,对尺寸进行测量与检验;熟悉形位公差和形位公差带的基本内容;正确识读形位公差代号的含义,并分析形位公差带的含义;能对常见的形位公差项目进行测量;理解表面粗糙度的符号含义,熟悉表面粗糙度的评定标准,掌握零件表面粗糙度的常用测量方法;了解普通螺纹连接的公差特点,熟悉其基本检测方法。

学生在学习本课程时,应具有一定的机械基础和机械制图知识和初步的生产实践知识。本课程所包含的知识和能力是学习专业工艺课程的基础,同时课程本身具有很强的实践性。

学习本课程,应将本课程的学习与专业工艺课程的知识 and 技能有机结合起来,利用实践中所获得的感性知识来促进本课程的学习,同时也要将本课程中所学的知识和技能运用到专业工艺实践活动中,在解决实际问题的过程中,进一步加深理解和掌握本课程的内容,巩固和提高本课程中所学的知识和技能。

思考与练习

1. 用日常生活中的实例来分析和阐述互换性的意义。
2. 通过资料搜集、调查研究等方法,举例说明为什么在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施。
3. 我国积极采用国际标准,修、制定极限与配合制有什么意义?
4. 讨论本课程与以往学习的课程及目前正在学习的课程的联系。

第一单元

极限与配合

单元目标

- 能够正确地分析图样中的尺寸要求；
- 能够正确识读公差带代号；
- 熟练查阅标准公差数值和基本偏差数值表格,并计算极限偏差；
- 正确判断配合的性质,掌握配合极限的计算方法；
- 能够正确识读配合公差带代号；
- 了解选择公差和配合的基本方法；
- 正确选择和使用量具进行尺寸测量与检验。

机器与机构是由各种零件组成的。这些零件在工作过程中相对静止或运动,形成不同性质的配合,以满足特定的性能要求。如图 1-1 所示是普通车床主轴箱中间轴装配图和零件图。通过中间轴、齿轮衬套以及齿轮的配合,传递运动和动力。

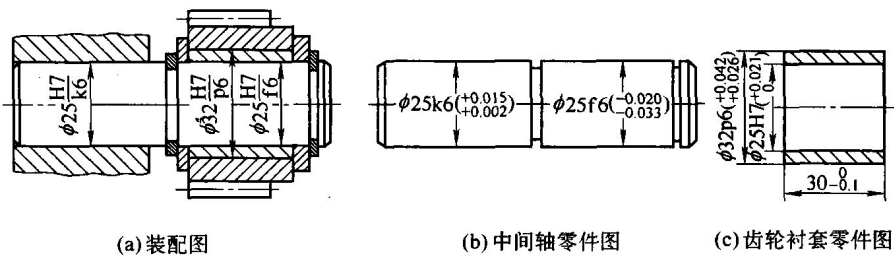


图 1-1 车床主轴箱中间轴装配图和零件图

为保证中间轴、齿轮衬套等零件装配后能达到性能要求,并具有互换性,这些零件应当满足尺寸要求。所谓的满足尺寸要求,并不是要求零件都准确地制成一个设计规定的尺寸,而是要求尺寸保持在某一个合理的范围内。对于相互配合的零件,这个范围一方面要保证相互配合的尺寸之间形成一定的关系,能够满足使用性能要求;另一方面又要在制造上经济合理。

“极限”协调了机器零件使用要求与制造经济之间的矛盾;“配合”则是反映了零件组合时相互之间的关系。因此,极限与配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况,直接影响到产品的精度、性能和使用寿命,它是评定产品质量的重要指标。

光滑圆柱形配合是众多机械连接形式中最简单、最基本的一种,应用也最为广泛。本单元我们将以光滑圆柱形配合为例,学习极限与配合的相关知识。

第一节 尺寸和尺寸合格条件

图 1-1b、c 为车床主轴箱中间轴装配图和零件图。零件图明确表达了对零件的尺寸要求,是加工和检验零件的依据。

一、尺寸

以特定单位表示线性尺寸的数值,称为线性尺寸或长度尺寸,简称为尺寸。

在机械零件中,零件的直径、长度、宽度、高度和中心距等都是线性尺寸。尺寸由数字和长度单位两部分组成。在技术图样上,长度尺寸通常都以毫米(mm)为单位进行标注。因此,单位的符号(mm)可以省略不注。采用其他单位时,则必须在数值后注写单位。

从图 1-1b、c 中可以看出,尺寸可以通过下面的形式给出:

$$\begin{array}{ccc} \phi & 25 & \begin{array}{l} +0.015 \text{——上偏差} \\ +0.002 \text{——下偏差} \end{array} \\ \text{直径} & \text{基本} & \\ \text{符号} & \text{尺寸} & \end{array}$$

其中“25”是零件的基本尺寸,+0.015 是尺寸的上偏差,+0.002 是尺寸的下偏差。基本尺寸和上、下偏差共同构成了零件的极限尺寸。

1. 基本尺寸

基本尺寸是可以用来与极限偏差(上偏差和下偏差)一起计算得到极限尺寸(最大极限尺寸和最小极限尺寸)的尺寸。

孔的基本尺寸常用 D 表示,轴的基本尺寸常用 d 表示。图 1-1b 中,中间轴两处轴的直径,其基本尺寸均可以表示为 $d=25 \text{ mm}$ 。图 1-1c 中齿轮衬套的外径属于轴的直径,其基本尺寸表示为 $d=32 \text{ mm}$;内径属于孔的直径,其基本尺寸表示为 $D=25 \text{ mm}$ 。

基本尺寸是 mm(毫米)单位的整数值或小数,如 30 mm、38.5 mm、0.5 mm 等。基本尺寸可以在机械设计中,根据强度、刚度、运动等条件计算得到,有时也可以通过试验、类比等方法直接选用。其数值建议按 GB/T 2822—1981《标准尺寸》予以标准化。

2. 极限尺寸

制造工件时,不可能准确地加工成某确定的尺寸。为了满足某种使用要求,在设计确定基本尺寸的同时,需要以基本尺寸为基数,给出尺寸允许的变动范围。

尺寸允许变动的界限值,称为极限尺寸。通常设计规定两个极限尺寸:

允许的最大尺寸,称为最大极限尺寸;

允许的最小尺寸,称为最小极限尺寸。

计算时,孔的最大极限尺寸、最小极限尺寸分别用 $L_{\max}$ 、 $L_{\min}$ 表示;轴的最大极限尺寸、最小极限尺寸分别用 $l_{\max}$ 、 $l_{\min}$ 表示。

图 1-1b(中间轴的零件图)和图 1-1c(齿轮衬套的零件图)中,没有直接标注出最大极限尺寸和最小极限尺寸,而是标注了上偏差与下偏差。上偏差与下偏差统称为极限偏差。

从图 1-2 中可以看出,极限尺寸与基本尺寸和极限偏差的关系是:

上偏差 = 最大极限尺寸 - 基本尺寸

下偏差 = 最小极限尺寸 - 基本尺寸

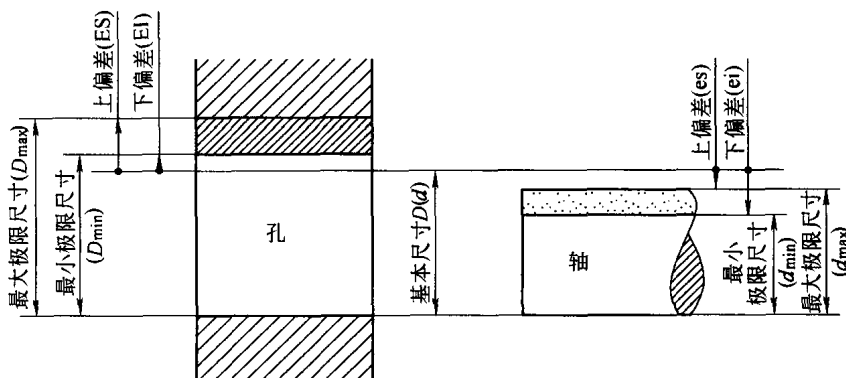


图 1-2 基本尺寸、极限尺寸与偏差

孔的上偏差和下偏差用 ES、EI 表示;轴的上偏差和下偏差用 es、ei 表示。因此极限尺寸与基本尺寸和极限偏差的关系可以表示为:

对于孔

$$D_{\max} = D + ES$$

$$D_{\min} = D + EI$$

对于轴

$$d_{\max} = d + es$$

$$d_{\min} = d + ei$$

实例分析

求图 1-1b、c 所示中间轴和齿轮衬套中各部分直径的极限尺寸。

解:

① $\phi 25_{+0.002}^{+0.015}$, 基本尺寸 $d = 25$ mm, 上偏差 $es = +0.015$ mm, 下偏差 $ei = +0.002$ mm, 因此

$$\text{最大极限尺寸 } d_{\max} = d + es = (25 + 0.015) \text{ mm} = 25.015 \text{ mm}$$

$$\text{最小极限尺寸 } d_{\min} = d + ei = (25 + 0.002) \text{ mm} = 25.002 \text{ mm}$$

② $\phi 25_{-0.033}^{-0.020}$, 基本尺寸 $d = 25$ mm, 上偏差 $es = -0.020$ mm, 下偏差 $ei = -0.033$ mm, 因此

$$\text{最大极限尺寸 } d_{\max} = d + es = [25 + (-0.020)] \text{ mm} = 24.980 \text{ mm}$$

$$\text{最小极限尺寸 } d_{\min} = d + ei = [25 + (-0.033)] \text{ mm} = 24.967 \text{ mm}$$

③ $\phi 25_0^{+0.021}$, 基本尺寸 $D = 25$ mm, 上偏差 $ES = +0.021$ mm, 下偏差 $EI = 0$ mm, 因此

$$\text{最大极限尺寸 } D_{\max} = D + ES = (25 + 0.021) \text{ mm} = 25.021 \text{ mm}$$

$$\text{最小极限尺寸 } D_{\min} = D + EI = (25 + 0) \text{ mm} = 25 \text{ mm}$$

④ $\phi 32_{+0.026}^{+0.042}$, 基本尺寸 $d = 32$ mm, 上偏差 $es = +0.042$ mm, 下偏差 $ei = +0.026$ mm, 因此

$$\text{最大极限尺寸 } d_{\max} = d + es = (32 + 0.042) \text{ mm} = 32.042 \text{ mm}$$

$$\text{最小极限尺寸 } d_{\min} = d + ei = (32 + 0.026) \text{ mm} = 32.026 \text{ mm}$$

3. 最大实体尺寸和最小实体尺寸

最大实体尺寸是孔或轴具有的材料为最多时的极限尺寸。

最小实体尺寸是孔或轴具有的材料为最少时的极限尺寸。

最大实体尺寸、最小实体尺寸是尺寸要素所具有的材料允许变动的界限。

孔的尺寸越大,其材料越少;孔的尺寸越小,其材料越多;轴的尺寸越大,其材料越大,轴的尺寸越小,其材料越少。因此如表 1-1 所示,孔的最大实体尺寸是最小极限尺寸,最小实体尺寸是最大极限尺寸;轴的最大实体尺寸是最大极限尺寸,最小实体尺寸是最小极限尺寸。

表 1-1 孔、轴的最大实体尺寸和最小实体尺寸

轴或孔	最大实体尺寸	最小实体尺寸
孔	最小极限尺寸	最大极限尺寸
轴	最大极限尺寸	最小极限尺寸

实例分析

求图 1-1b、c 所示中间轴和齿轮衬套中各部分直径的最大实体尺寸和最小实体尺寸。

分析:轴径 $\phi 25^{+0.015}_{+0.002}$ 、轴径 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$ 、轴径 $\phi 32^{+0.042}_{+0.026}$ 均为轴的尺寸,因此其“最大极限尺寸 = 最大实体尺寸”,而且“最小极限尺寸 = 最小实体尺寸”。

孔径 $\phi 25^{+0.021}_0$ 为孔的尺寸,因此其“最大极限尺寸 = 最小实体尺寸”,而且“最小极限尺寸 = 最大实体尺寸”。

即:

轴或孔	中 间 轴		齿 轮 衬 套	
	轴径 $\phi 25^{+0.015}_{+0.002}$	轴径 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$	孔径 $\phi 25^{+0.021}_0$	轴径 $\phi 32^{+0.042}_{+0.026}$
最大极限尺寸/mm	$d_{\max} = 25.015$	$d_{\max} = 24.980$	$D_{\max} = 25.021$	$d_{\max} = 32.042$
最小极限尺寸/mm	$d_{\min} = 25.002$	$d_{\min} = 24.967$	$D_{\min} = 25$	$d_{\min} = 32.026$
最大实体尺寸/mm	25.015	24.980	25	32.042
最小实体尺寸/mm	25.002	24.967	25.021	32.026

二、尺寸合格条件

加工后的零件,只有被认定为合格才能组装。

(1) 实际尺寸 实际尺寸是在允许的测量误差内,通过测量得到的某一轴或孔的尺寸。孔的实际尺寸常用 L_a 表示,轴的实际尺寸常用 l_a 表示。

实际尺寸是使用一定的测量器具和方法,在一定的环境条件下,从测量器具上获得的数值,或是经过适当的数据处理以后的结果。由于测量过程中不可避免地存在误差,因此实际尺寸中包含有允许的测量误差。所以实际尺寸往往不是被测尺寸的真实大小(真正的尺寸)。至于在实际工作中,允许的测量误差是多少,以何种精确程度的测量结果作为实际尺寸才符合经济合理的原则,则需要根据被测尺寸的精度要求和测量成本来确定。

此外,由于零件表面存在着形状上的差异,沿零件轴向不同部位的实际尺寸不相等,不同的直径方向的直径尺寸也不相等,从而得到多个测量结果,如图 1-3 所示。

一个轴或一个孔的被测表面任意两点之间的测得的距离称为局部实际尺寸。所以图 1-3 中测的 d_{a1} 、 d_{a2} 、 d_{a3} …均为局部实际尺寸。

除非特殊说明,通常所谓的实际尺寸均是指局部实际尺寸。因此同一表面不同位置、不同部位的实际尺寸也不一定相同。

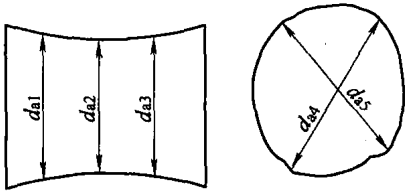


图 1-3 实际尺寸

(2) 实际偏差 实际偏差是实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

孔和轴的实际偏差分别以 E_a 和 e_a 表示。实际偏差、实际尺寸和基本尺寸之间的关系为:

对于孔
$$E_a = L_a - L$$

对于轴
$$e_a = l_a - l$$

(3) 尺寸合格条件 对于孔或轴,如果没有形状误差的影响,则其实际尺寸处处相等,影响孔和轴配合后的性质仅有尺寸一个因素。事实上,加工后的孔和轴不可避免地会存在着形状误差。形状误差和尺寸两个因素都会影响孔和轴装配后的使用性能。

① 不考虑形状误差时的尺寸合格条件 对于要求不高的配合或非配合尺寸,我们可以不考虑形状误差的影响。此时,合格零件的实际尺寸必须大于或等于最小极限尺寸,且小于或等于最大极限尺寸,即:最小极限尺寸 $\leq$ 实际尺寸 $\leq$ 最大极限尺寸。

尺寸合格的条件也可以用偏差表示。合格零件的实际偏差必须大于或等于下偏差,且小于或等于上偏差,即:下偏差 $\leq$ 实际偏差 $\leq$ 上偏差。

表 1-2 给出了不考虑形状误差时的尺寸合格条件。

表 1-2 不考虑形状误差时的尺寸合格条件

轴或孔	尺寸合格条件	
	用极限尺寸判断	用偏差判断
孔	$L_{\min} \leq L_a \leq L_{\max}$	$EI \leq E_a \leq ES$
轴	$l_{\min} \leq l_a \leq l_{\max}$	$ei \leq e_a \leq es$

图 1-1b、c 所示中间轴和齿轮衬套中各部分直径的尺寸合格条件为:

尺寸	中 间 轴		齿轮衬套	
	轴径 $\phi 25^{+0.015}_{+0.002}$	轴径 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$	孔径 $\phi 25^{+0.021}_0$	轴径 $\phi 32^{+0.042}_{+0.026}$
尺寸合格条件	$25.002 \leq l_a \leq 25.015$	$24.967 \leq l_a \leq 24.980$	$25.000 \leq L_a \leq 25.021$	$32.026 \leq l_a \leq 32.042$

② 考虑形状误差时的尺寸合格条件 实际装配中,对于相互配合的零件,其配合状态不仅与孔和轴的实际尺寸有关,还受到孔和轴的形状误差的影响。如图 1-4 所示,当轴线不直的轴与形状正确的孔配合时,轴线的弯曲会使孔与轴的实际配合比单纯考虑孔与轴实际尺寸所形成的配合稍紧。

考虑形状误差时,判断孔或轴是否合格的方法将在第二单元形状和位置公差中“形位公差

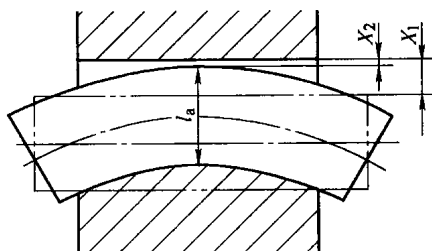


图 1-4 形状误差对配合的影响

和尺寸公差的关系”一节中介绍。

在配合的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,称为孔的作用尺寸;与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,称为轴的作用尺寸(图 1-5)。

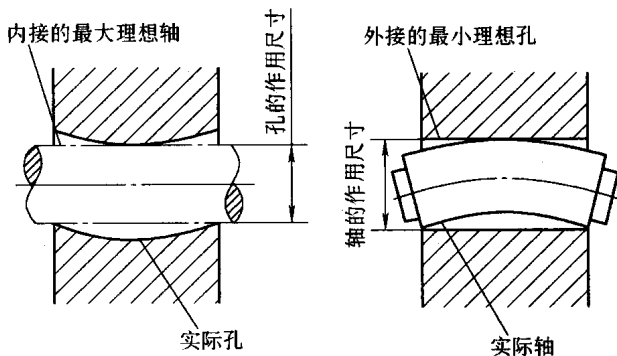


图 1-5 孔或轴的作用尺寸

国标对如何根据极限尺寸判断孔或轴是否合格作出了原则性规定,称为极限尺寸判断原则,如图 1-6 所示。

极限尺寸判断原则可以总结为:

轴或孔	极限尺寸判断原则	
孔	(1)作用尺寸不允许超过最大实体尺寸; (2)在任何位置上实际尺寸不允许超过最小实体尺寸	作用尺寸 $\geq$ 最小极限尺寸
		实际尺寸 $\leq$ 最大极限尺寸
轴	(1)作用尺寸不允许超过最大实体尺寸; (2)在任何位置上实际尺寸不允许超过最小实体尺寸	作用尺寸 $\leq$ 最大极限尺寸
		实际尺寸 $\geq$ 最小极限尺寸

三、关于孔和轴定义的说明

前面我们把光滑圆柱形的内表面和外表面称为轴和孔。在极限与配合中,轴和孔有其更广泛的含义。

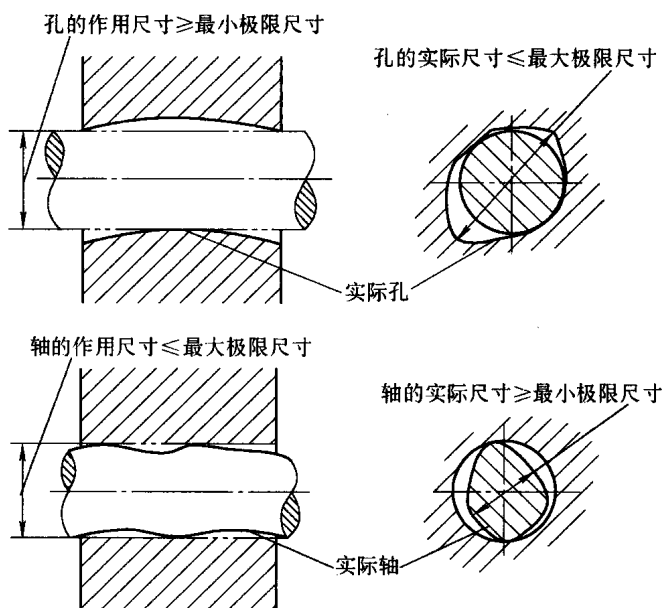


图 1-6 极限尺寸判断原则

孔:通常指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两相同的平行平表面或切面形成的包容面)。

轴:通常是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两相反的平行平表面或切面形成的包容面)。

例如在图 1-7a、b 中,由尺寸 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 和 D_5 等尺寸所确定的内表面都称为孔。它们都是由两相同的表面形成的,两表面之间没有材料而形成孔,或称为包容面。由尺寸 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 等尺寸所确定的外表面都称为轴。它们都是由两相反的表面形成的,两表面之间有材料而形成轴,或称为被包容面。

若两表面相向,两个面之间、之外都有材料,则这两个面之间既形不成轴,也形不成孔,这类尺寸是既不是轴也不是孔,例如由尺寸 L_1 、 L_2 和 L_3 等尺寸所确定的表面。

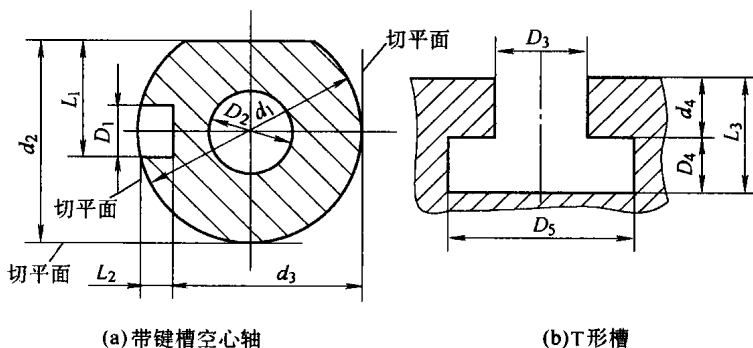


图 1-7 孔和轴