

基于“校企合作”人才培养模式
模具设计与制造示范专业教改新教材

模具零件 公差配合的选用

MUJU LINGJIAN GONGCHA PEIHEDE XUANYONG

熊建武 宋炎荣 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



基于“校企合作”人才培养模式
模具设计与制造示范专业教改新教材

模具零件公差配合的选用

主 编	熊建武	宋炎荣	
副主编	周 进	易 杰	张 源
参 编	简忠武	张腾达	谢冬和
	王端阳	张立安	
主 审	尹韶辉	陈国平	



机械工业出版社

本书系统地介绍了公差与配合的基本术语和定义、模具零件的误差及其测量、模具零件的几何公差及其选用、模具零件的表面粗糙度及其选用、光滑极限量规及其使用、冲压模具零件公差配合的选用、注射成型模具零件公差配合的选用、压缩成型模具零件公差配合的选用、压注成型模具零件公差配合的选用、模具装配及几何公差的选用等内容。

本书可作为职业技术学院和成人教育院校模具设计与制造专业、机械设计与制造专业的教材,也可作为机电一体化、数控技术应用等机械制造类相关专业的教材,还可供从事模具设计与制造的工程技术人员、模具生产管理人员和中等职业学校的教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具零件公差配合的选用/熊建武,宋炎荣主编.

—北京:机械工业出版社,2012

基于“校企合作”人才培养模式模具设计与制造示范
专业教改新教材

ISBN 978-7-111-37736-8

I. ①模… II. ①熊…②宋… III. ①模具-零部件
-公差-配合-高等职业教育-教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第046583号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王莉娜

版式设计:霍永明 责任校对:陈秀丽

封面设计:赵颖喆 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年7月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·17.75印张·435千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37736-8

定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部关于职业教育教学改革的意见、职业教育的特点和模具技术的发展以及对职业院校学生的培养要求,在借鉴德国二元制教学模式、总结近几年各院校模具设计与制造专业教学改革经验的基础上编写的,是湖南工业职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、湖南晓光汽车模具有限公司、株洲职工大学、株洲职业技术学院、益阳职业技术学院、祁东县职业中等专业学校、岳阳市长城职业技术学院等院校联合湖南晓光汽车模具有限公司、益阳广益科技发展有限公司、湖南维德科技发展有限公司开展基于工作过程导向课程体系重构与项目课程教学模式改革、中国职教学会《高职院校模具设计与制造专业建设的研究与实践》课题研究、模具设计与制造特色专业建设的成果之一。

本书以培养学生从事模具设计与制造的基本技能为目标,按照基于工作过程导向的原则,在行业企业、同类院校进行调研的基础上,重构课程体系,拟定典型工作任务,重新制订课程标准,按照由简到难的顺序编写,以便学生一边学习公差与配合等专业基础知识,一边合理选用模具零件的公差与配合,以充分调动学生的学习积极性,使学生学有所成。

本书以通俗易懂的文字和丰富的图表,系统地介绍了公差与配合的基本术语和定义、模具零件的误差及其测量、模具零件的几何公差及其选用、模具零件的表面粗糙度及其选用、光滑极限量规及其使用、冲压模具零件公差配合的选用、注射成型模具零件公差配合的选用、压缩成型模具零件公差配合的选用、压注成型模具零件公差配合的选用、模具装配及几何公差的选用等内容。

本书由熊建武(全国机械职业教育教学指导委员会模具专业委员,湖南省模具设计与制造学会副理事长,湖南省职业技能鉴定专家委员会模具设计与制造专业委员会副主任委员,湖南省职业技能鉴定专家委员会钳工专业委员会委员,湖南工业职业技术学院教授、高级工程师)、宋炎荣(湖南铁道职业技术学院高级工程师)任主编,湖南工业职业技术学院周进、易杰,湖南晓光汽车模具有限公司张源任副主编,湖南工业职业技术学院简忠武,株洲职工大学张腾达,祁东县职业中等专业学校王端阳、益阳广益科技发展有限公司张立安参与编写。株洲职业技术学院谢冬和,熊建武负责全书的统稿和修改。尹韶辉(日本宇都宫大学博士、湖南大学教授、博士研究生导师、湖南大学国家高效磨削工程技术研究中心微纳制造研究所所长)、湖南维德科技发展有限公司陈国平任主审。湖南省模具设计与制造学会理事长、湖南大学叶久新教授、湖南省模具设计与制造学会副理事长、株洲时代集团时代电气有限公司贾庆雷高级工程师对本书提出了许多宝贵意见和建议。

由于编者水平有限,书中错误和缺点在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

课题一 公差与配合的基本术语和

定义 1

1-1 互换性与标准化 1

1-2 优先数与优先数系 3

1-3 零件的加工误差与公差 4

1-4 极限与配合 5

复习与思考题 35

课题二 模具零件的误差及其测量 37

2-1 模具零件的误差及其测量技术 简介 37

2-2 常用的计量器具和测量方法 41

2-3 测量误差和数据处理 53

2-4 光滑工件尺寸的检验 60

复习与思考题 64

课题三 模具零件的几何公差及其

选用 65

3-1 模具零件的几何公差概述 65

3-2 模具零件的形状公差 69

3-3 模具零件的方向公差、位置公差、 跳动公差 72

3-4 模具零件的公差原则 78

3-5 模具零件几何公差的选用 82

3-6 模具零件几何公差值的检测 87

复习与思考题 88

课题四 模具零件的表面粗糙度及其

选用 91

4-1 表面粗糙度及国家标准 91

4-2 模具零件表面粗糙度数值的 选用 96

4-3 模具零件表面粗糙度的测量 98

复习与思考题 99

课题五 光滑极限量规及其使用 100

5-1 光滑极限量规公差带 100

5-2 工作量规的设计 104

复习与思考题 109

课题六 冲压模具零件公差配合的选

用 110

6-1 冲压模具基本结构组成 110

6-2 冲裁模具零件公差配合的选用 112

6-3 弯曲模具零件公差配合的选用 134

6-4 拉深模具零件公差配合的选用 134

复习与思考题 135

课题七 注射成型模具零件公差配合的

选用 141

7-1 塑料注射成型模具的基本结构 141

7-2 塑料注射成型模具零件公差配合 的选用 149

复习与思考题 200

课题八 压缩成型模具零件公差配合的

选用 202

8-1 压缩成型模具的结构与分类 202

8-2 压缩模凸凹模零件公差配合的 选用 210

8-3 压缩模导向机构零件公差配合 的选用 216

复习与思考题 219

课题九 压注成型模具零件公差配合的

选用 221

9-1 压注成型模具的结构与分类 221

9-2 压注模零件公差配合的选用 230

复习与思考题 234

课题十 模具装配及几何公差的选用 236

10-1 装配尺寸链及解算 236

10-2 模具的装配要求及几何公差的 选用 252

复习与思考题 257

附录 258

附录 A 轴的极限偏差 258

附录 B 孔的极限偏差 263

附录 C 几何公差有关符号	267	附录 K 冲裁和拉深件未注公差尺寸的 偏差	272
附录 D 几何公差值 (直线度、平面度) (摘自 GB/T 1182—2008)	267	附录 L 冲压模具零件表面粗糙度对 照表	272
附录 E 几何公差值 (圆度、圆柱度) (摘 自 GB/T 1182—2008)	267	附录 M 常用和优先的基孔制配合特征 及其在塑料模具中的应用	273
附录 F 几何公差值 (平行度、垂直度、 倾斜度) (摘自 GB/T 1182— 2008)	268	附录 N 塑料注射模模架技术条件 (摘自 GB/T 12556—2006)	273
附录 G 几何公差值 (同轴度、对称度、圆 跳动和全跳动) (摘自 GB/T 1182— 2008)	269	附录 O 塑料注射模模架精度检查项目 与检查方法	274
附录 H 各种基本偏差的应用	269	附录 P 塑料模具成型部位转接圆弧未 注公差尺寸的极限偏差	275
附录 I 常用优先配合的特性	270	附录 Q 塑料模具成型部位未注角度和 锥度公差尺寸的极限偏差	275
附录 J 冲压模具零件之间的常用配 合	271	参考文献	276

课题一

公差与配合的基本术语和定义

【项目内容】

公差与配合的基本术语和定义。

【学习目标】

掌握公差与配合的基本术语和定义。

【主要知识点】

1. 互换性、公差、误差的基本概念。
2. 有关标准化、优先数系的术语及定义。
3. 极限与配合的基本术语及其定义。
4. 确定公差等级和极限偏差的方法。

互换性是现代化生产的基本技术经济原则。现代化的机械工业，首先要求机械零件具有互换性，从而才有可能将一台机器中的成千上万个零部件分散到不同的车间、工厂进行高效率的专业化生产，然后又集中到一个工厂进行装配。因此，零部件的互换性为生产的专业化创造了条件，有利于降低产品成本、提高产品质量。



1-1

互换性与标准化

一、互换性

1. 互换性的意义

在机械制造行业中，零件的互换性是指在同一规格的一批零部件中，可以不经选择、修配或调整，任取一件都能装配在机器上，并能达到规定的使用性能要求。能够保证具有互换性的生产，称为遵守互换性原则的生产。

互换性可分为广义的互换性和狭义的互换性。广义的互换性是指机器的零件在各种性能

方面都具有互换性,如零件的几何参数、物理性能和化学性能等。狭义的互换性是指机器的零部件只满足几何参数方面的要求,如尺寸大小、几何形状、位置和表面粗糙度的要求。本课程只介绍零件几何参数方面的互换性。

2. 互换性的分类

互换性按其互换程度可分为完全互换和不完全互换。

(1) 完全互换 完全互换是指同一规格的一批零部件装配前不经选择,装配时也不需修配和调整,装配后即可满足预定的使用要求。完全互换一般用于大批量生产的零部件,适合于任何场合,如螺栓、圆柱销等标准件的装配。

(2) 不完全互换 当装配精度要求很高时,若采用完全互换将使零件的尺寸公差很小,加工困难、成本很高,甚至无法加工。为了便于加工,这时可将其制造公差适当放大,在完工后,再用量仪将零件按实际尺寸分组,按组进行装配。这样,既能保证装配精度与使用要求,又能降低成本。此时,仅是组内零件可以互换,组与组之间不可互换,因此称不完全互换。不完全互换一般用于生产批量小、装配精度高的零部件。

3. 互换性的作用

按互换原则组织生产,是现代化生产的重要原则之一,其优点如下:

1) 在设计方面,有利于最大限度采用标准件、通用件,大大简化绘图和计算工作,缩短设计周期,便于计算机辅助设计(CAD)。

2) 在加工制造方面,可合理地进行生产分工和专业化协作,便于采用高效专用设备,尤其对计算机辅助制造(CAM)的产品,不但产量和质量高,且加工灵活性大、生产周期短、成本低、便于装配自动化。

3) 在使用、维修方面,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能连续持久地运转,提高了机器的使用寿命。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面均具有重大意义。互换性生产对现代化建设也具有十分重要的意义。

二、标准化与计量

为实现互换性,国家标准把公差数值标准化,以满足相互联系的各个生产环节之间互相衔接的要求,进而形成一个共同的技术标准,将产品和技术要求统一起来。标准化和计量是实现互换性生产的基础,是组织现代化生产的重要手段。

1. 标准化的意义与分类

(1) 标准化的意义 标准化是组织现代化生产的重要手段,是实行科学管理的基础,也是对产品的基本要求之一。通过标准化的实施,可获得最佳的社会经济效益。标准化是个总称,它包括系列化和通用化的内容。

标准是指由一定的权威组织对经济、技术和科学中重复出现的共同技术语言和技术事项等方面规定出来的统一技术准则,是相关行业及从业人员共同遵守的技术依据,简而言之即是技术法规。

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。标准化程度的高低是评定产品的指标之一,是一项重要的技术政策。

标准一经颁布,即成为技术法规。标准是为标准化而规定的技术文件。

(2) 标准的分类 按照适用领域、有效作用范围和发布权力不同,标准一般分为:国

际标准,如 ISO、IEC 分别为国际标准化组织和国际电工委员会制定的标准;区域标准(或国家集团标准),如 EN、ANST、DIN 分别为欧共体、美国、德国制定的标准;国家标准,如 GB 为中国国家标准;行业标准(或协会、学会标准),如 JB、YB 分别是中国机械行业标准和冶金行业标准;地方标准和企业(公司)标准。

中国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

2. 计量工作

自新中国成立以来,我国逐步统一计量制度,建立了各种计量器具的传递系统,颁布了计量条例和计量法,使机械制造业的基础工作沿着科学、先进的方向迅速发展,促进了企业计量管理和产品质量水平的不断提高。

目前,计量测试仪器制造工业已有了长足的进步和发展,其产品不仅满足了国内工业发展的需要,而且还出口到国外市场。我国已能生产机电一体化测试仪器产品,如激光丝杠动态检查仪、三坐标测量机、齿轮整体误差检查仪等一批达到或接近世界先进水平的精密测量仪器。



1-2

优先数与优先数系

制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接、间接地影响与其配套的系列产品的参数值。如螺母直径数值影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。这种技术参数的传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格,形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难,因此必须把实际应用的数值限制在较小范围内,并进行优选、协调、简化和统一。凡在科学数值分级制度中被确定的数值,称为优先数。按一定公比由优先数所形成的十进制几何级数系列,称为优先数系。

为使产品的参数选择能遵守统一的规律,国家标准《优先数和优先数系》(GB/T 321—2005)中规定,以十进制等比数列为优先数系,并规定了五个系列,它们分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,其中前四个系列作为基本系列,R80 为补充系列,仅用于分级很细的场合。各系列的公比如下:

$$R5: q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60;$$

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

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

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

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

优先数系的五个系列中,任一个项值均为优先数。按公比计算得到的优先数的理论值,除 10 的整数幂外,都是无理数,工程技术上不能直接应用,实际应用的都是经过圆整后的近似值。

优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列 (摘自 GB/T 321—2005, R80 略)

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.0	10.0	10.0	10.0
			2.12				4.75				

优先数的主要优点是,相邻两项的相对差均匀,疏密适中,运算方便,简单易记;在同一系列中,优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。因此,优先数系得到了广泛的应用。

在制定各项公差标准中,优先数系得到了广泛的应用。公差标准的许多数值,都是按照优先数系制定的。例如,国家标准《极限与配合》中的公差等级系数就是按照 R5 优先数系确定的,而尺寸分段采用了 R10 优先数系。



1-3

零件的加工误差与公差

一、加工误差

工件加工时,任何一种加工方法都不可能把工件做得绝对准确,一批完工工件的尺寸之间会存在着不同程度的差异。由于工艺系统误差和其他因素的影响,甚至在相同的加工条件下,一批完工工件的尺寸也是各不相同的。通常称一批工件的尺寸变动为尺寸误差。制造技

术水平的提高,可以减少尺寸误差,但永远也不能消除尺寸误差。

从满足产品使用性能要求来看,也不要求一批相同规格的零件尺寸完全相同,而是根据使用要求的高低,允许存在一定的误差。加工误差包括下列几种情况,如图 1-1 所示。

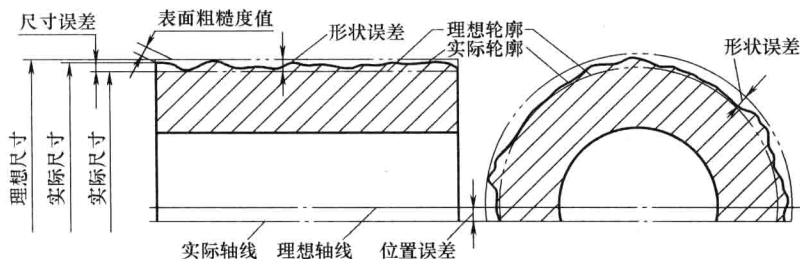


图 1-1 圆柱表面几何参数误差

1. 尺寸误差

尺寸误差是指一批工件的尺寸变动,即加工后零件的实际尺寸和理想尺寸之差,如直径误差、孔距误差等。

2. 形状误差

形状误差是指加工后零件的实际表面形状对于其理想形状的差异(或偏离程度),如圆度、直线度等。

3. 位置误差

位置误差是指加工后零件的表面、轴线或对称平面之间的相互位置对于其理想位置的差异(或偏离程度),如同轴度、位置度等。

4. 表面粗糙度

表面粗糙度是指零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

二、公差

公差是指允许尺寸、几何形状和相互位置误差变动的范围,用以限制加工误差。它是由设计人员根据产品使用性能的要求给定的。规定公差的原则是在保证满足产品使用性能的前提下,给出尽可能大的公差。它反映了一批工件对制造精度的要求和经济性要求,并体现加工的难易程度。公差越小,加工越困难,生产成本越高,所以公差值不能为零,应是绝对值。

规定公差 T 的大小顺序,应为 $T_{\text{尺寸}} > T_{\text{位置}} > T_{\text{形状}} > \text{表面粗糙度误差}$ 。



1-4

极限与配合

一、极限与配合的基本术语和定义

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、制造、检测

和维修,必须对标准的基本概念、术语及定义作出统一规定。

1. 基本术语和定义

(1) 尺寸要素 由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状称为尺寸要素。

(2) 孔和轴

1) 孔。孔通常指工件圆柱形内尺寸要素,也包括非圆柱形内的尺寸要素(由两平行平面或切平面形成的包容面)。

2) 轴。轴通常指工件圆柱形外尺寸要素,也包括非圆柱形外尺寸要素(由两平行平面或切平面形成的包容面)。

从装配关系讲,孔为包容面,在它之内无材料,且越加工越大;轴为被包容面,在它之外无材料,且越加工越小。

由此可见,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,而且也包括由平行平面或切平面形成的包容面。如图 1-2 所示的各表面, D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各尺寸确定的各组平行平面或切平面所形成的包容面都称为孔; d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各尺寸确定的圆柱形外表面和每组平行平面或切平面所形成的被包容面都称为轴。因而,孔、轴分别具有包容和被包容的功能。

如果两平行平面或切平面既不能形成包容面,也不能形成被包容面,则它们既不是孔也不是轴。图 1-2 所示是由 L_1 、 L_2 和 L_3 各尺寸确定的各组平行平面和切平面。

(3) 有关尺寸的术语

1) 尺寸。尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值,如直径、长度、宽度、高度、中心距等。在机械制造中,常用毫米、微米作为其特定单位。

2) 公称尺寸。由图样规范确定的理想形状要素的尺寸称为公称尺寸,一般要符合标准尺寸系列。孔的公称尺寸用“ D ”表示,轴的公称尺寸用“ d ”表示。

公称尺寸可以在设计中根据强度、刚度、运动、工艺、结构、造型等不同要求来确定。它只表示尺寸的基本大小,并不一定是在实际加工中要求得到的尺寸。

3) 实际尺寸。通过测量获得的某一孔、轴的尺寸为实际尺寸。由于存在测量器具、方式、人员和环境等因素造成的测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值,且同一表面不同部位的实际尺寸往往也不相同。孔的实际尺寸用“ D_a ”表示,轴的实际尺寸用“ d_a ”表示。

4) 极限尺寸。尺寸要素允许的尺寸的两个极端称为极限尺寸,尺寸要素允许的最大尺寸称为上极限尺寸,尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸。孔的上、下极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 表示,轴的上、下极限尺寸分别用 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

设计时规定极限尺寸是为了限制工件尺寸的变动,以满足使用要求。在一般情况下,完工零件的合格条件是实际尺寸均不得超出上、下极限尺寸,其表达式如下:

对于孔: $D_{\max} \geq D_a \geq D_{\min}$;

对于轴: $d_{\max} \geq d_a \geq d_{\min}$ 。

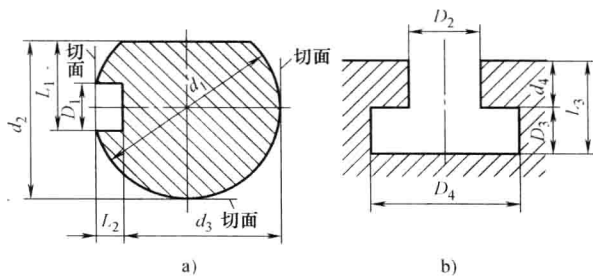


图 1-2 孔和轴

5) 最大实体状态和最大实体尺寸。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 (MMC)。在最大实体状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸 (MMS) 或最大实体极限 (MML)。它是孔的下极限尺寸 ($D_{\min}$) 和轴的上极限尺寸 ($d_{\max}$) 的统称。

6) 最小实体状态和最小实体尺寸。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 (LMC)。在最小实体状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸 (LMS) 或最小实体极限 (LML)。它是孔的上极限尺寸 ($D_{\max}$) 和轴的下极限尺寸 ($d_{\min}$) 的统称。

最大和最小实体状态都是设计规定的合格零件的材料量所具有的两个极限状态, 如图 1-3 所示。

(4) 有关偏差和公差术语

1) 偏差。偏差是某一尺寸 (实际尺寸、极限尺寸等) 减其公称尺寸所得的代数差。

① 实际偏差。实际偏差是实际尺寸减去其公称尺寸所得到的代数差。

孔的实际偏差: $E_a = D_a - D$;

轴的实际偏差: $e_a = d_a - d$ 。

② 极限偏差。极限偏差是极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差, 包括上极限偏差和下极限偏差。

上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差, 以公式表示如下:

孔的上极限偏差: $ES = D_{\max} - D$;

轴的上极限偏差: $es = d_{\max} - d$ 。

下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差, 以公式表示如下:

孔的下极限偏差: $EI = D_{\min} - D$;

轴的下极限偏差: $ei = d_{\min} - d$ 。

完工零件尺寸合格性的条件也常用偏差的关系表示如下:

对于孔: $ES \geq E_a \geq EI$;

对于轴: $es \geq e_a \geq ei$ 。

极限尺寸与极限偏差的关系如图 1-4 所示。

2) 尺寸公差。尺寸公差简称公差, 是指上极限尺寸减下极限尺寸之差, 或上极限偏差减下极限偏差之差, 以公式表示如下:

孔的公差: $T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$;

轴的公差: $T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$ 。

公差是指允许尺寸的变动范围, 是无符号的绝对值, 不允许为零。尺寸公差是允许的尺寸误差。

尺寸误差是一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏差范围。当加工条件一定时, 尺寸误差表征了加工方法的精度。尺寸公差则是设计规定的误差允许值, 体现了设计者对加工方法精度的要求。通过对一批零件的测量, 可以估算出其尺寸误差, 而公差是设计给定的, 不能通过测量得到。

公差与极限偏差之间既有区别又有联系, 它们都是由设计规定的。公差表示对一批工件

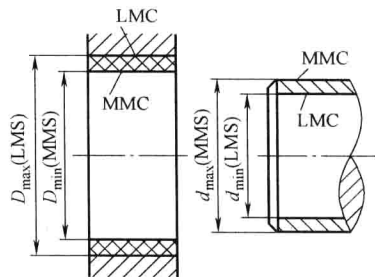


图 1-3 最大和最小实体状态

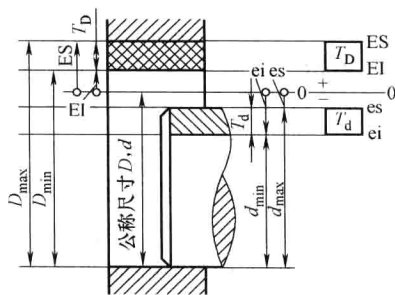


图 1-4 极限尺寸、公差与偏差

尺寸均匀程度的要求, 即其尺寸允许的变动范围, 是工件的尺寸精度指标, 但不能根据公差来逐一判别工件的合格性。极限偏差表示工件尺寸允许变动的极限值, 原则上与工件尺寸无关, 但上、下极限偏差又与精度有关。极限偏差是判别工件尺寸是否合格的依据。

两者之间的联系是, 工件尺寸公差是工件尺寸的上、下极限偏差之代数差的绝对值, 所以确定了两极限偏差也就确定了公差。

例 1-1 某孔的公称尺寸为 $D = 50\text{mm}$, 上极限尺寸 $D_{\max} = 50.089\text{mm}$, 下极限尺寸 $D_{\min} = 50.050\text{mm}$, 试计算该尺寸的上、下极限偏差和公差。

解 $ES = D_{\max} - D = (50.089 - 50)\text{mm} = +0.089\text{mm}$

$$EI = D_{\min} - D = (50.050 - 50)\text{mm} = +0.050\text{mm}$$

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI = (50.089 - 50.050)\text{mm} = 0.039\text{mm}$$

3) 零线与公差带。由于公差与偏差的数值与尺寸数值相比差别很大, 不使用同一比例尺表示, 故采用公差与配合图解 (简称公差带图) 来表示, 如图 1-5 所示。

以公称尺寸为零线, 以适当的比例画出两极限偏差, 以表示尺寸允许变动的界限即范围, 称为公差带图。

①零线。零线是在极限与配合图解中, 表示公称尺寸的一条直线, 以其为基准确定公差与偏差 (见图 1-5)。通常, 零线以水平方向绘制, 正偏差位于其上, 负偏差位于其下。偏差多以微米 (μm) 为单位进行标注。

②公差带。在公差带图解中, 由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域, 称为公差带。

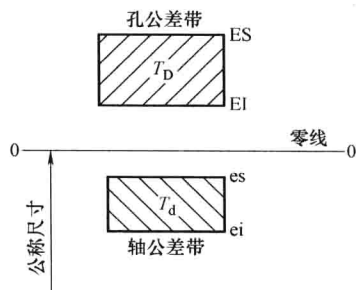


图 1-5 公差带图

在国家标准中, 公差带包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个参数。公差带大小取决于公差数值的大小, 公差带相对于零线的位置取决于基本偏差的大小。大小相同而位置不同的公差带, 它们对工件的精度要求相同, 而对尺寸的大小要求不同。因此, 必须既给定公差数值以确定公差带的大小, 又给定一个极限偏差 (上极限偏差或下极限偏差) 以确定公差带位置, 才能完整地描述公差带。

4) 标准公差 (IT)。标准公差是指大小已标准化的公差值, 亦即《极限与配合》国家标准极限与配合制中所规定的任一公差, 用 IT 表示。

5) 基本偏差。基本偏差是指《极限与配合》国家标准极限与配合制中, 确定公差带相对于零线位置的两个极限偏差。标准规定, 一般以靠近零线的那个极限偏差作为基本偏差。若公差带对称地分布在零线上时, 其上、下极限偏差都可作为基本偏差。

2. 有关配合的术语和定义

(1) 配合 配合是指公称尺寸相同并且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的松紧程度, 如图 1-6 所示。

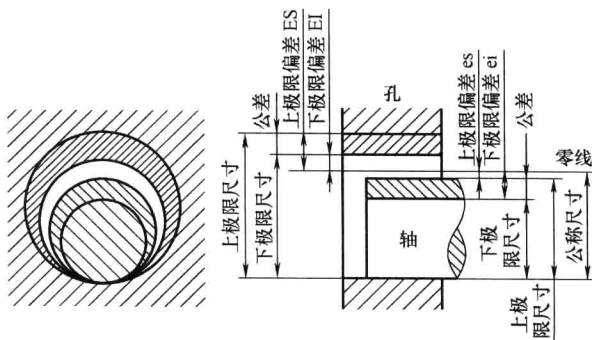


图 1-6 公差与配合示意图

(2) 间隙和过盈 在孔与轴的配合中, 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正时, 称为间隙, 用“ X ”表示, 其中“+”号代表间隙, 数值代表间隙量的大小; 当孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负时, 称为过盈, 用“ Y ”表示, 其中“-”代表过盈, 数值代表过盈量的大小, 如图 1-7 所示。

(3) 配合的种类 根据孔轴公差带之间的关系, 配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三类。

1) 间隙配合。具有间隙 (包括最小间隙等于零) 的配合称为间隙配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之上, 如图 1-8 所示。

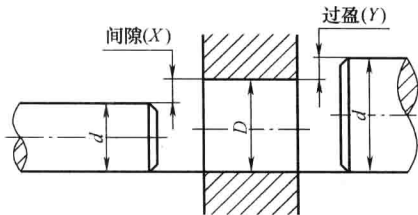


图 1-7 间隙和过盈

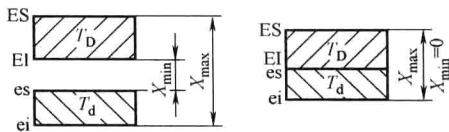


图 1-8 间隙配合

由于孔和轴的实际尺寸在各自的公差带内变动, 装配后每对孔轴间的间隙 (松紧程度) 也是变化的。当上极限尺寸的孔与下极限尺寸的轴配合时, 得到最大间隙, 用 $X_{\max}$ 表示; 反之, 得到最小间隙, 用 $X_{\min}$ 表示。最大间隙和最小间隙统称为极限间隙, 其值可用下式计算

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

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

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙, 用 X_{av} 表示。实际生产中, 平均间隙更能体现其配合性质, 它是最大间隙与最小间隙的平均值, 即

$$X_{av} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2$$

例 1-2 试计算孔 $\phi 30^{+0.033}_0$ mm 与轴 $\phi 30^{-0.020}_{-0.041}$ mm 配合的极限间隙和平均间隙, 并画出公差带图。

解 最大间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = +0.033 \text{ mm} - (-0.041) \text{ mm} = +0.074 \text{ mm}$;

最小间隙 $X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (-0.020) \text{ mm} = +0.020 \text{ mm}$;

平均间隙 $X_{av} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2 = (+0.074 + 0.020) \text{ mm} / 2 = +0.047 \text{ mm}$ 。

其尺寸公差带图如图 1-9 所示。

2) 过盈配合。具有过盈 (包括最小过盈等于零) 的配合称为过盈配合。此时, 孔的公差带在轴的公差带之下, 如图 1-10 所示。

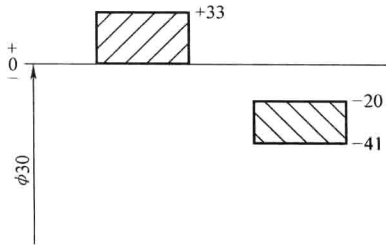
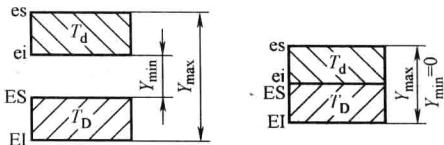
图 1-9 间隙配合尺寸公差带图 (偏差单位为 μm)

图 1-10 过盈配合公差带图

同样, 装配后每对孔轴间的过盈也是变化的。当上极限尺寸的孔与下极限尺寸的轴配合时, 得到最小过盈, 用 $Y_{\min}$ 表示; 反之得到最大过盈, 用 $Y_{\max}$ 表示。最大过盈和最小过盈统称为极限过盈, 其值可用下式计算

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

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

过盈配合的平均松紧程度称为平均过盈, 用 Y_{av} 表示。实际生产中, 平均过盈更能体现其配合性质, 它是最大过盈与最小过盈的平均值, 即

$$Y_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2$$

例 1-3 试计算孔 $\phi 30^{+0.033}_0$ mm 与轴 $\phi 30^{+0.056}_{+0.035}$ mm 配合的极限过盈和平均过盈, 并画出公差带图。

解 最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = 0 - (+0.056) \text{ mm} = -0.056 \text{ mm}$;

最小过盈 $Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = +0.033 \text{ mm} - (+0.035) \text{ mm} = -0.002 \text{ mm}$;

平均过盈 $Y_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2 = [(-0.056) \text{ mm} + (-0.002) \text{ mm}]/2 = -0.029 \text{ mm}$ 。

其尺寸公差带图如图 1-11 所示。

3) 过渡配合。可能具有间隙或过盈的配合称为过渡配合。此时, 孔的公差带与轴的公差带相互交叠, 如图 1-12 所示。它是介于间隙配合与过盈配合之间的一类配合, 但其间隙或过盈都不大。

在过渡配合中, 每对孔轴间的间隙或过盈也是变化的。当上极限尺寸的孔与下极限尺寸的轴配合时, 得到最大间隙, 用 $X_{\max}$ 表示; 反之, 得到最大过盈, 用 $Y_{\max}$ 表示, 其值可用下式计算

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

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

在过渡配合中, 平均间隙与平均过盈为最大间隙与最大过盈的平均值, 所得值为正, 则为平均间隙; 所得值为负, 则为平均过盈。即

$$X_{av} (\text{或 } Y_{av}) = (X_{\max} + Y_{\max})/2$$

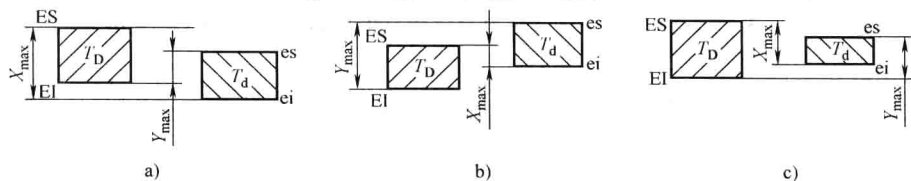


图 1-11 过盈配合尺寸公差带图
(偏差单位为 μm)

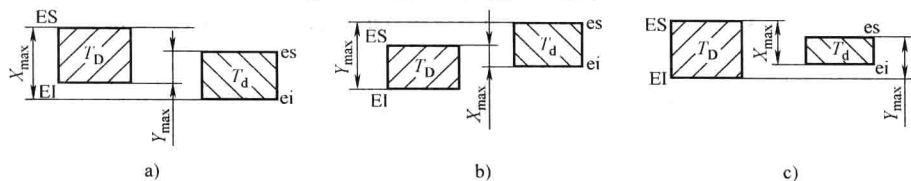


图 1-12 过渡配合公差带图

例 1-4 试计算孔 $\phi 30^{+0.010}_{-0.023}$ mm 与轴 $\phi 30^0_{-0.021}$ mm 配合的极限间隙 (或过盈) 和平均间隙 (或过盈), 并画出公差带图。

解 最大间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = +0.010 \text{ mm} - (-0.021) \text{ mm} = +0.031 \text{ mm}$;

最大过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es = -0.023 \text{ mm} - 0 = -0.023 \text{ mm}$;

平均间隙 $X_{av} = (X_{\max} + Y_{\max})/2 = [+0.031 \text{ mm} + (-0.023) \text{ mm}]/2 = +0.004 \text{ mm}$ 。

其尺寸公差带图如图 1-13 所示。

(4) 配合公差 配合公差是指组成配合的孔与轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量,用代号 T_f 表示。它是设计人员根据机器配合部位使用性能的要求,对配合松紧变动的程度给定的允许值。它反映配合的松紧变化程度,表示配合精度,是评定配合质量的一个重要的综合指标。在数值上,它是一个没有正负号,也不能为零的绝对值。它的数值用公式表示为

对于间隙配合

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

对于过盈配合

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

对于过渡配合

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

将最大、最小间隙和最大、最小过盈分别用孔、轴极限尺寸或极限偏差换算后代入上式,则得三类配合的配合公差共同公式为

$$T_f = T_D + T_d$$

此式说明配合精度(配合公差)取决于相互配合的孔和轴的尺寸精度(尺寸公差)。配合公差反映装配精度的高低,而零件的制造公差反映加工的难易程度,两者之间矛盾的协调,正是精度设计所要解决的问题。

(5) 配合公差带图 配合公差的特性也可用配合公差带来表示。配合公差带的图示方法,称为配合公差带图。配合公差带图能直观反映配合的特性,其大小和位置反映了设计精度和使用要求,其特点如下:

1) 零线代表间隙或过盈等于零;零线以上的纵坐标为正值,代表间隙;零线以下的纵坐标为负值,代表过盈。

2) 符号“ I ”代表配合公差带,配合公差带上、下端线所对应的纵坐标值,表示孔、轴配合的极限间隙或极限过盈。当配合公差带 I 完全处在零线上方时,是间隙配合;当配合公差带 I 完全处在零线下方时,是过盈配合;当配合公差带 I 跨在零线上时,是过渡配合。

3) 配合公差带图直观地反映配合的性质和配合的精度。

配合公差带图如图 1-14 所示。

例 1-5 试计算例 1-2、例 1-3、例 1-4 三组配合的配合公差,并画出配合公差带图。

解 ①例 1-2 中的配合为间隙配合,配合公差为

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = | +0.074\text{mm} - (+0.020)\text{mm} | = 0.054\text{mm}$$

②例 1-3 中的配合为过盈配合,配合公差为

$$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = | -0.002\text{mm} - (-0.056)\text{mm} | = 0.054\text{mm}$$

③例 1-4 中的配合为过渡配合,配合公差为

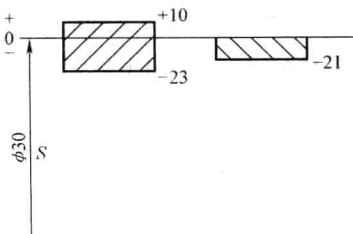


图 1-13 过渡配合尺寸公差带图(偏差单位为 μm)

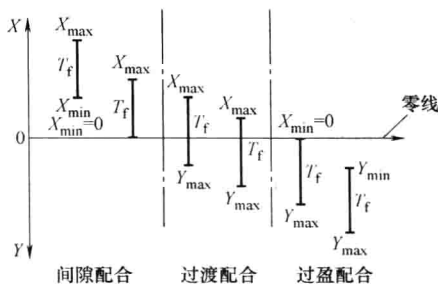


图 1-14 配合公差带图