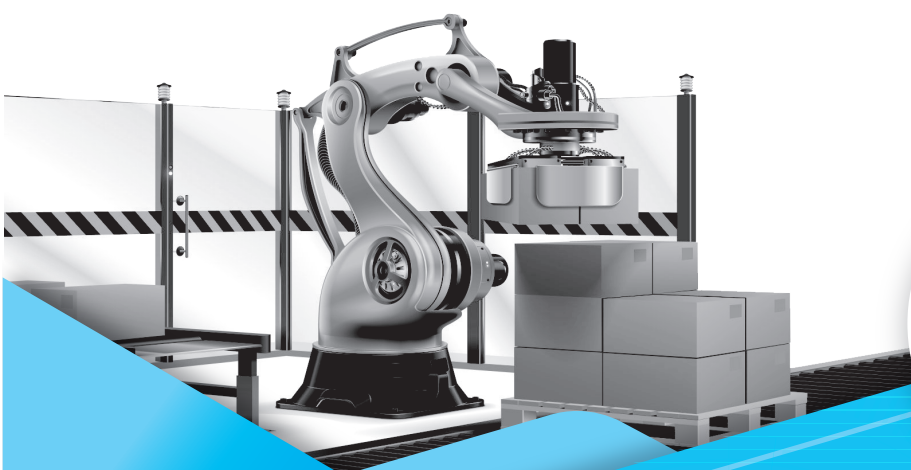


高等职业教育机电系列精品教材

公差配合与测量技术

主 编 罗 宁
副主编 王 敏 商丹丹
翟 林



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书除绪论外共分八个模块,内容包括公差配合、测量技术基础、几何公差与检测、表面粗糙度及其测量、光滑极限量规、普通螺纹公差配合与检测、滚动轴承的公差配合、渐开线圆柱齿轮传动精度设计。

本书可作为高等职业教育装备制造大类各专业的教材,也可供相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术 / 罗宁主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2021. 11

ISBN 978-7-313-24067-5

I. ①公… II. ①罗… III. ①公差—配合—高等学校—教材 ②技术测量—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 250723 号

公差配合与测量技术

GONGCHA PEIHE YU CELIANG JISHU

主 编: 罗 宁

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 三河市骏杰印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

字 数: 397 千字

版 次: 2021 年 11 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-24067-5

定 价: 55.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 19 插页 1

印 次: 2021 年 11 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0316-3662258

公差配合与测量技术是高等职业院校装备制造大类各专业的技术基础课,它与机械设计、机械制造、质量控制等方面密切相关,也是机械工程技术人员和管理人员及职业院校学生必须学习的一门综合性技术课程。

通过对公差配合与测量技术课程的学习,学生能掌握有关国家标准的内容与原则,并将零件的设计、制造精度与测量方法有机结合,与相关课程的知识体系联系起来,分析零件尺寸、位置、形状和表面质量,举一反三,做到有课本会查表(国标)、有图纸会看懂(标注)、有工具会使用、有零件会测量的“四有四会”。随着信息化、智能化时代 CAD—CAM—CAE—CAT 的发展,本书结合课程思政,为人才培养和产品质量保障及社会生产发展做好坚强后盾。

本书具有以下特点:

(1)融入思政内容。根据不同模块内容引入配套“思政课堂”,使立德树人做到润物细无声;从五千年历史到大国工匠,有史、有理、有道、有趣、有评,有故事赏析,也有专利鉴赏;结合装备制造大类各专业的特点,以讲授、分组讨论、实际测量等形式丰富学生观察微米级微观世界的方式,引起学生对微米甚至纳米精度的兴趣,激发学生的求知欲,培养探索精神,使学生对“失之毫厘,谬以千里”有深刻的体会,从而在学习、工作中保持责任心。

(2)选用现行国标。公差配合与测量技术作为唯一一门从机械产品 CAD—CAM—CAE—CAT 到产品质量监控全覆盖、精度达到纳米级的课程,需要有一本内容与时俱进的教材进行配合。本书采用现行国标,能为学生学习和工作起到很好的帮助作用。

(3)模式新颖。本书知识体系体现高职特色,以“理论知识服务于能力培养”为教学目标进行设计。其中,每个模块都设有培养目标,通过在多媒体教室或测量实训室完成具体工作任务来培养学生的职业素质,使学生掌握相应的操作能力;各模块以学生活动为中心进行设计,根据学生情况来组织教学,因材施教,培养学生自主学习、独立工作的能力。

(4)宣传全新专利技术。以主编的发明专利为原型进行实践技能训练设计,注重知识更新及应用,力求理论和实践相结合,帮助学生理解和掌握学习情境中的核心知识点,注重“做中学”“学中用”紧密结合。

本书由天津轻工职业技术学院罗宁任主编,天津轻工职业技术学院王敏、商丹丹和天津中德应用技术大学翟林任副主编,参与编写的还有天津轻工职业技术学院王称、李文强、王安、杨忠悦。

本书的建议总课时为 60 学时,具体安排如下。

名 称	学 时
绪 论	2
模块一 公差配合	10
模块二 测量技术基础	6
模块三 几何公差与检测	12
模块四 表面粗糙度及其测量	6
模块五 光滑极限量规	4
模块六 普通螺纹公差配合与检测	6
模块七 滚动轴承的公差配合	6
模块八 渐开线圆柱齿轮传动精度设计	8
总计	60

因编者时间和经验有限,本书难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正,以促进本书的完善与提高。

编 者

绪 论	1
模块一	公差配合 9
1	学习情境一 公差配合的基本术语及其定义 11
	学习情境二 公差配合标准的基本知识 21
	学习情境三 公差与配合的选用 26
模块二	测量技术基础 56
2	学习情境一 测量技术概述 57
	学习情境二 计量器具与测量方法 60
	学习情境三 测量误差及数据处理 63
	学习情境四 先进现代精密测量简介 71
模块三	几何公差与检测 77
3	学习情境一 几何公差概述 78
	学习情境二 几何误差的检测与评定 90
	学习情境三 几何公差及其公差带 100
	学习情境四 公差原则与公差要求 119
	学习情境五 几何公差的选择 143
模块四	表面粗糙度及其测量 171
4	学习情境一 表面粗糙度概述 172
	学习情境二 表面粗糙度相关术语 173
	学习情境三 表面粗糙度要求的一般规则及参数和数值的选用 177
	学习情境四 表面结构图形符号及其标注 180
	学习情境五 表面粗糙度的测量 187

模块五

5

光滑极限量规 198

学习情境一 光滑极限量规及其使用 198

学习情境二 工作量规设计 203

模块六

6

普通螺纹公差配合与检测 210

学习情境一 普通螺纹概述 211

学习情境二 影响螺纹互换性的因素及作用中径互换条件 214

学习情境三 普通螺纹的公差与配合 218

学习情境四 螺纹的测量 222

模块七

7

滚动轴承的公差配合 231

学习情境一 滚动轴承公差配合概述 232

学习情境二 滚动轴承与轴颈和外壳孔的配合 233

模块八

8

渐开线圆柱齿轮传动精度设计 248

学习情境一 齿轮传动的使用要求与加工误差 249

学习情境二 齿轮的精度指标 253

学习情境三 齿轮配合 267

学习情境四 齿坯精度 272

学习情境五 渐开线圆柱齿轮精度测量 273

参考文献 300



绪 论

在生产水平较低的自然经济形态下,一家一户或一个手工业工场就能完成某些产品的全部生产过程。在当前全球智能化生产的条件下,随着生产力和科学技术进步、商品市场发展、产品复杂程度和质量要求成为双高,就要求必须组织专业化的协作生产。按照专业协作的原则进行生产,是提高产品质量、降低生产成本、提高经济效益的必由之路。

一、公差配合的概念



思政课堂

公差的起源

零件公差产生于19世纪后期,其初衷是保证零件的互换性,起初只有尺寸公差。由于当时的设计部门和制造部门通常在一起或离得很近,因此交流起来非常方便。那时,给定的公差一般很大,因此当时设备刀具的能力对于保证产品的几何形状的“合理性”来说反而不太重要(相对于给定的公差)。当问题发生后,制造人员很容易找到设计人员,一起讨论并解决问题,并且决定今后零件该如何生产,因此只有尺寸公差也能生产出合乎设计要求的零件。而很多重要的要求并没有在图纸上表达出来,而是变成了公司专有的经验知识,因此通过这种方式完成的产品精度并不会很高。

任何机械产品的设计都包括以下三个方面。

(1)运动链的设计。运动链的设计是指根据机械应实现的运动,由运动学原理确定机械的运动传递系统,选择合适的机构和元件,以保证实现预定的动作,满足机械在运动方面的要求。

它属于机械原理课程的内容。

(2)强度链的设计。强度链的设计是指根据强度和刚度等方面的要求,确定各个零件的公称尺寸,使之工作时不致产生严重变形或遭到破坏,保证其工作稳定性和一定的使用寿命。

它属于机械设计课程的内容。

(3)精度链的设计。精度链的设计是指根据装配组件中零件与零件(或组件与组件)之间的相互位置关系和零件的功能要求,给出零件的尺寸公差、位置公差、形状公差和表面粗糙度值,以便将零件的制造误差限制在一定的范围之内,使机械产品装配后能正常地工作,并具有合理的使用寿命。

它是公差课程将要研究的内容。

机械零部件的精度在一定程度上决定了整台机械设备的精度和质量。

在机械精度设计中,几何量包括长度、角度、几何形状、相互位置几何参数和表面粗糙度。公差配合是指这些几何要素的参数值的精度范围。在实际零件上,由于制造过程的各种因素影响,这些要素所形成的尺寸、位置、形状和表面质量(零件在图纸上标注的四级精度)都存在一定的误差,公差配合设计的主要内容是使机械产品在符合功能要求的前提下,满足几何参数在一定公差范围内的互换性要求。

二、互换性概述

1. 互换性的含义

在不同工厂、车间,由不同工人生产的相同规格的零部件,无须选择、修配或调整,就能装配成满足预定使用功能要求的机器或仪器,零部件所具有的这种性能就称为互换性。能够保证产品具有互换性生产,就称为遵循互换性原则的生产。

由此可见,在零部件产品装配过程中,互换性表现为三个不同阶段的要求:装配前,无须选择;装配时,无须修配或调整;装配后,可以满足预定的使用功能的要求。

显然,为了使零部件具有互换性,应对其几何要素提出适当且统一的要求。因为只有保证了零部件的几何要素的要求,才能实现其可装配性并保证装配后满足与几何要素(尺寸、形状等)有关的功能要求。这就是零部件公差配合的互换性。

一般把仅满足可装配性要求的互换称为装配互换,把满足各种使用功能要求的互换称为功能互换。

要全面满足产品使用功能的要求,仅仅保证零部件几何参数的互换性是不够的,还需要从零部件的物理性能、化学性能和力学性能等各方面提出互换性要求。

2. 互换性的分类

互换性在生产中,按其互换的程度可分为完全互换和不完全互换。

(1)完全互换。完全互换又称为绝对互换,是指一批零件在装配或更换时,无须选择、调整与修理,装配后即可达到使用要求。

如螺栓、螺母等标准件装配大多属于此类情况,一般精度低,公差范围大,互换性高;和滚动轴承内、外圈相配合的轴径及外壳孔,都为完全互换。

(2)不完全互换。不完全互换又称为有限互换,是指同种零部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助工序处理后,才能达到功能上具有彼此相互替换的性能。

例如,精度比较高的轴承和圆锥等属于此类情况,一般精度高,公差范围小,互换性低。

根据零件满足互换要求所采取的措施不同,不完全互换又可分为分组互换、调整互换和修配互换。

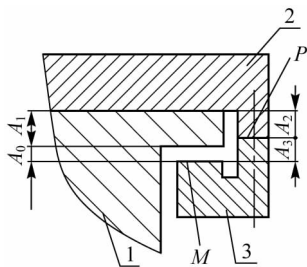
①分组互换。在完工后,需要先用测量仪将零件按实际尺寸大小进行检测分组,按组进行装配,仅是组内零件可以互换,组与组之间不可互换,这样既保证装配精度与使用要求,又降低成本。

如滚动轴承的内、外圈滚道与滚动体的装配,采用分组的方法,为不完全互换,其既能取得较好的经济效益,而又不影响整个轴承的使用。

②调整互换。调整互换是指同种零部件加工好后,装配时用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求。

例如,皮带装配和轴承装配,常用的调整件如螺纹件、斜面件和偏心件,补偿件如垫片、套筒、楔子和定位圈等,都属于调整互换。

③修配互换。修配互换是指同类零部件加工好后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小,方能满足功能要求。例如,图 0-1 中的压板 3,要保证 A_0 的精度,修配 M 面时 A_0 变大,修配 P 面时 A_0 变小。



1—床身导轨；2—溜板；3—压板。

图 0-1 溜板和床身导轨尺寸图

但轴承内、外圈和滚子等零件相互装配的尺寸,因为精度要求极高,如果也要求其具有完全互换性,就会给制造带来极大的困难,所以往往只需具有不完全互换性(即采取分组装配的方法),才能取得较好的经济效益,而又不影响整个轴承的使用。

又如,对于单件或小批量生产的大尺寸零件,常常采用配制的方法,而不按互换的原则来生产,以实现更高的经济效益。

由此可见,互换性是对重复生产零件的要求。只要按照统一的设计要求进行重复生产,就可以获得具有互换性的零件。零件的精度设计必须合理,即经济地满足功能要求。对于重复生产、分散制造、集中装配的零件,在精度设计时必须要求其具有互换性。

3. 互换性的意义

从广义上讲,互换性原则已经成为国民经济各个部门现代化生产中必须遵循的一项基本原则。现代机械制造中,无论是大批量生产还是单件生产,都应遵循这一原则。

任何机械的生产,其设计过程都是整机—部件—零件,其制造过程则是零件—部件—整机。无论是设计过程还是制造过程,都需要把互换性原则贯彻始终。

在设计方面,按互换性原则进行设计可以简化计算、绘图工作,缩短设计周期,并有利于采用计算机进行辅助设计。这对发展系列产品,促进产品结构性能的不断改进,使产品不断更新换代,满足市场需求,具有重大意义。

在制造方面,互换性是提高生产水平和进行文明生产的必要手段。互换性能促进高效率、高效益生产,便于组织社会化大生产协作,进行专门化生产,这一点在当前市场经济走向全球化方面尤为重要。由于制造者在制造中必须充分考虑互换性要求,因此,就必须尽可能选用标准化的刀具、夹具和量具,工艺尽可能保持稳定,这样才能严格地将被加工的零件控制在规定的允许误差之内,而且尽可能使其误差分布合理等。采用计算机辅助加工系统进行计算机辅助分析,使产量和质量提高,成本下降。

在使用方面,具有互换性的产品可以在使用过程中迅速更换易损零部件,从而保证其连续可靠地运转,给使用者带来极大的方便,也让使用者获得充分的经济效益。尤其在某些特定的情况下,互换性所起的作用难以用价值来衡量。

例如,发电厂要及时排除设备故障,保证继续供电;战场上要迅速排除武器装备故障,保

证战斗继续进行。在这些场合,零部件完全互换就显得尤为重要。

零部件互换程度的提高也给制造过程带来极大的好处。

例如,迅速更换磨损了的刀具保证加工过程的连续性,自动和半自动机床上稳定可靠地装夹原材料,设备维修中易损零部件的更换等,都是以具有互换的特性为前提的。所以,互换性也大大提高了制造过程中的经济效益。

由此可见,在计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)过程中,遵循互换性原则不仅能显著提高劳动生产率,进行计算机辅助分析(CAE),同时计算机辅助检测(CAT)更能有效地保证产品质量和降低成本。互换性原则是机械设计和制造过程中的重要原则,它对于产品适应市场经济的发展至关重要。

三、标准化及优先数系

1. 标准化的含义

要实现互换性,就要严格按照统一标准进行 CAD—CAM—CAE—CAT 等,而标准化是实现这一要求的一项重要技术手段。因此,在现代工业中,标准化是广泛实现互换性生产的前提和基础。

标准化是组织现代化生产的重要手段之一,是实现专业化协作生产的必要前提,也是科学化质量管理的重要组成部分。另外,标准化还是发展贸易、提高产品在国际市场上的竞争力的技术保证。现代经济技术发展表明,标准化程度客观地标志着一个国家的现代化水平,现代化程度越高,对标准化的要求就越高。

所谓技术标准(简称为标准),是指在经济、技术、科学和管理学的社会实践中,对重复性的事物和概念,在一定范围内通过科学简化、优选和协调,经一定的程序审批后所发布的统一规定。它在一定范围内具有约束力,是标准化的具体体现形式。标准化过程则是指制定(修订)、贯彻各项标准,以获得最佳经济效益和最佳社会效益的全过程。



思政课堂

公差标准

公差标准在工业革命中起过非常重要的作用。

国际:

1902 年,全世界第一个公差与配合标准(极限表)得以颁布。

1924 年,英国在全世界颁布了最早的国家标准 B. S 164—1924,紧随其后的是美国、德国、法国。

1929 年,苏联也颁布了“公差与配合”标准。

1926 年,国际标准化协会(ISA)成立,并于 1940 年正式颁布了国际“公差与配合”标准,1947 年 ISA 更名为 ISO(国际标准化组织)。

中国:

1959 年,我国正式颁布了第一个公差与配合国家标准(GB 159~174—59)。

1979 年以来,我国对旧的标准进行了两次修订:一次是 20 世纪 80 年代初期,涉及标准 GB 1800~1804—79、GB 1182~1184—80、GB 1031—83 等;另一次是 20 世纪 90 年代中期,涉及标准 GB/T 1800.1—1997、GB/T 1182—1996、GB/T 1031—1995 等。

2. 标准化的分类

所谓标准化,就是指标准的制定、发布和贯彻实施的全部活动过程。

按照适用范围不同,标准分为国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企

(1)在国际范围内制定的标准称为国际标准,用 ISO(国际标准化组织的英文简写)、IEC(国际电工委员会的英文简写)等表示。需注意,国际标准化组织成立于 1947 年,此后 ISO 代号才被使用。

(2)国家标准用 GB、GB/T 或 GB/Z 表示,如《优先数和优先数系》(GB/T 321—2005)。

(3)行业标准,如机械标准用 JB 或 JB/T 表示。

(4)地方标准用 DB 表示。

(5)企业标准用 QB 表示。

我国机械行业新的国家标准在制定时,基本上都参照了目前的国际标准。

3. 优先数与优先数系

在标准化的范畴内,各种技术参数值的简化和统一是标准化的基础。因为任一产品的技术参数都会以各种不同的形式和规律向有关产品传播。例如,胶卷的尺寸会影响相机、冲扩设备的设计,录音、录像磁带的规格又与录音机、录像机有关。优先数和优先数系就是对技术参数的数值进行简化和统一的科学的数值制度。

国家标准 GB/T 321—2005 规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 或 $\sqrt[80]{10}$, 且项值中含有 10 的整数幂的理论等比数列导出值圆整得到的一组近似等比数列。各数列分别用符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。优先数系中的任一项值均为优先数。5 个系列中,R80 为补充系列,其余 4 种为基本系列,其常用数值见附表 0-1。基本系列的公比如下。

(1)R5 的公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 。

(2)R10 的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 。

(3)R20 的公比 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 。

(4)R40 的公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 。

采用等比数列作为优先数系,可使相邻两个优先数的相对差相同,且运算简便、简单易记。选用基本系列时,应遵守先疏后密的规则,即应按照 R5、R10、R20、R40 的顺序优先采用公比较大的基本系列,以免规格过多。

优先数系在各项公差标准中得到了广泛应用,公差标准的许多数值是按照优先数系选定的。例如,在尺寸精度的国家标准中,标准公差数值就是按 R5 系列确定的,而尺寸分段是按 R10 系列确定的。优先数疏密适当,有广泛的适应性,而且简单易记,使用方便,符合标准化统一、简化和协调的原则,现已被国际标准化组织采纳为统一的标准数值制。

四、几何量的测量

先进的公差标准是实现互换性的基础,但是,仅有公差标准而无相应的检测措施,不足以保证实现互换性。必要的检测措施是保证互换性生产的手段。通过检测,几何量参数的误差控制在规定的公差范围内,零件就合格,就能满足互换性要求;反之,零件就不合格,也就不能达到互换的目的。

检测的目的不仅在于检查零件是否合格,还要根据检测的结果,分析产生废品的原因,以便设法减少废品,进而消除废品。

进行几何量参数的检测,首先要确定统一的计量单位,建立可靠的测量基准及精确的尺寸传递系统,否则零件的精度就无法保证,也不能实现互换性生产。1984年,国务院发布了《国务院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以国际单位制为基础的法定计量单位。

随着生产和科学技术的发展,对几何量参数的检测精度和检测效率提出了越来越高的要求。这样,研究各种测试理论和制造高精度的检测仪器,就日益成为保证互换性的重要手段。我国计量仪器的生产发展也很快,目前,全国拥有一批骨干仪器厂,生产了许多品种的量仪,有的已接近或达到世界先进水平,如三坐标测量机、激光丝杠动态检查仪和齿轮检测中心等。



思政课堂

中国工匠——研磨技师时辉

来自中国航天科工二院 699 厂的叶辉是一名研磨技师。当他站在《挑战不可能之加油中国》节目的舞台上展示自己高超的研磨技艺时,已经“研磨”了 22 年。

中国航天科工二院是中国导弹工业的摇篮,是我国最大的防空导弹研制生产单位。导弹零部件要求的精密程度我们甚至无法描述,人们以为这些精密工件是靠数控仪器完成的,而叶辉用一项挑战告诉我们,最严苛的标准,是靠一双手保证的。

五、本课程的性质、目标和任务

1. 本课程的性质与目标

公差配合与测量技术是一门技术基础课。它全面地讲述了机械加工中有关尺寸公差、几何公差及表面粗糙度等技术要求方面的基本知识。其主要内容包括光滑圆柱体(孔和轴)结合的公差与配合、测量技术的基本知识及常用计量器具、光滑工件尺寸的检测、几何公差(即几何误差)的检测、表面粗糙度以及普通螺纹、滚动轴承和渐开线圆柱齿轮结合的公差等。本课程的目标是培养中、高等技术应用型人才,以满足企业用人的需要。

2. 本课程的任务

本课程的任务是为制造工艺课的教学和生产实习教学打下必要的基础。通过本课程的学习,学生应了解国家标准中有关公差与配合等方面的基本术语及其定义,了解普通螺纹公差的特点,了解有关测量的基本知识,初步了解几何误差的检测方法;熟悉极限与配合标准的基本规定;理解几何公差代号含义,理解螺纹公差、滚动轴承公差及渐开线圆柱齿轮公差标记的组成及其含义,理解常用计量器具的读数原理;掌握公差与配合方面的基本内容,掌握几何公差代号的标注方法,掌握常用计量器具的使用方法。



思考与练习

1. 简述互换性及其在机械制造中的重要意义。
2. 试述完全互换与有限互换的区别,各用于何种场合。
3. 公差、检测、标准化与互换性有何关系?
4. 什么是优先数和优先数系?一般常用的钻头直径为 6 mm,如果按照优先数系,再大一号的钻头直径是多少?

附表 0

附表 0-1 优先数系基本系列(GB/T 321—2005)

基本系列(常用值)				序号 <i>N</i>			理论值的 对数尾数	计 算 值	常用值的 相对误差/%
R5	R10	R20	R40	从 0.1 到 1	从 1 到 10	从 10 到 100			
1.00	1.00	1.00	1.00	—40	0	40	000	1.000 0	0
			1.06	—39	1	41	025	1.059 3	+0.07
		1.12	1.12	—38	2	42	050	1.122 0	—0.18
			1.18	—37	3	43	075	1.188 5	—0.71
	1.25	1.25	1.25	—36	4	44	100	1.258 9	—0.71
			1.32	—35	5	45	125	1.333 5	—1.01
		1.40	1.40	—34	6	46	150	1.412 5	—0.88
			1.50	—33	7	47	175	1.496 2	+0.25
1.60	1.60	1.60	1.60	—32	8	48	200	1.584 9	+0.95
			1.70	—31	9	49	225	1.678 8	+1.26
		1.80	1.80	—30	10	50	250	1.778 3	+1.22
			1.90	—29	11	51	275	1.883 6	+0.87
	2.00	2.00	2.00	—28	12	52	300	1.995 3	+0.24
			2.12	—27	13	53	325	2.113 5	+0.31
		2.24	2.24	—26	14	54	350	2.238 7	+0.06
			2.36	—25	15	55	375	2.371 4	—0.48
2.50	2.50	2.50	2.50	—24	16	56	400	2.511 9	—0.47
			2.65	—23	17	57	425	2.660 7	—0.40
		2.80	2.80	—22	18	58	450	2.818 4	—0.65
			3.00	—21	19	59	475	2.985 4	+0.49
	3.15	3.15	3.15	—20	20	60	500	3.162 3	—0.39
			3.35	—19	21	61	525	3.349 7	+0.01
		3.55	3.55	—18	22	62	550	3.548 1	+0.05
			3.75	—17	23	63	575	3.758 4	—0.22
4.00	4.00	4.00	4.00	—16	24	64	600	3.981 1	+0.47
			4.25	—15	25	65	625	4.217 0	+0.78
		4.50	4.50	—14	26	66	650	4.466 8	+0.74
			4.75	—13	27	67	675	4.731 5	+0.39
	5.00	5.00	5.00	—12	28	68	700	5.011 9	—0.24
			5.30	—11	29	69	725	5.308 8	—0.17
		5.60	5.60	—10	30	70	750	5.623 4	—0.42
			6.00	—9	31	71	775	5.956 6	+0.73
6.30	6.30	6.30	6.30	—8	32	72	800	6.309 6	—0.15
			6.70	—7	33	73	825	6.683 4	+0.25
		7.10	7.10	—6	34	74	850	7.079 5	+0.29

(续表)

基本系列(常用值)				序号 N			理论值的 对数尾数	计 算 值	常用值的 相对误差/%
R5	R10	R20	R40	从 0.1 到 1	从 1 到 10	从 10 到 100			
			7.50	—5	35	75	875	7.498 9	+0.01
	8.00	8.00	8.00	—4	36	76	900	7.943 3	+0.71
			8.50	—3	37	77	925	8.414 0	+1.02
		9.00	9.00	—2	38	78	950	8.912 5	+0.98
			9.50	—1	39	79	975	9.440 6	+0.63
10.00	10.00	10.00	10.00	0	40	80	000	10.000 0	0

注:1. 大于 10 和小于 1 的优先数,可按 GB/T 321—2005 标准第三条 b 款所述的十进制延伸方法求得。

2. 常用值的相对误差 = $\frac{\text{常用值} - \text{计算值}}{\text{计算值}} \times 100\%$ 。

3. N 是优先数在 R40 系列中序号 N_{40} 的简写。

附表 0-2 优先数系补充系列 R80

R80				
1.00	1.60	2.50	4.00	6.30
1.03	1.65	2.58	4.12	6.50
1.06	1.70	2.65	4.25	6.70
1.09	1.75	2.72	4.37	6.90
1.12	1.80	2.80	4.50	7.10
1.15	1.85	2.90	4.62	7.30
1.18	1.90	3.00	4.75	7.50
1.22	1.95	3.07	4.87	7.75
1.25	2.00	3.15	5.00	8.00
1.28	2.06	3.25	5.15	8.25
1.32	2.12	3.35	5.30	8.50
1.36	2.18	3.45	5.45	8.75
1.40	2.24	3.55	5.60	9.00
1.45	2.30	3.65	5.80	9.25
1.50	2.35	3.75	6.00	9.50
1.55	2.43	3.85	6.15	9.75



模块一 公差配合

知识目标

掌握极限与配合的基本术语和基本概念；
熟悉配合公差带图及配合类别；
掌握公差与配合的选用。

技能目标

能正确分析图样中的尺寸精度标注,具有准确查阅孔、轴基本偏差和公差等级等各项表格数值的能力；
能准确计算尺寸偏差和公差,会用极限和偏差的方法判断零件的合格性；
能正确分析零件配合类型；
会根据要求查表选择配合类型,具有选择配合类型的计算与设计能力。

模块导读

没有公差配合要求的机器就是没有精度要求的机器,只能是一堆废铁。因此,公差配合设计是一个极其重要的环节。

公差配合设计包括零件精度,零件与零件之间、部件与部件之间的相互位置精度。零件的公差配合分为尺寸公差、形状(宏观和微观)公差以及同一零件上各要素之间的位置公差,这三者往往又是相互关联的。因此,在设计时要统一考虑。

零件在制造过程中,由于工艺系统本身存在误差,加上操作者的主观原因,最后所获得的尺寸不可能正好等于设计值,这样就存在尺寸误差。尺寸误差必须限制在尺寸公差带之内,而尺寸公差带的大小和位置是否合格又直接取决于尺寸公差的大小。

为了保证零件的互换性便于设计、制造、检测与维修,需要对零件的尺寸公差与它们之间的配合实行标准化。

对于零件的尺寸公差配合设计,主要是根据国家标准进行的。本模块介绍极限与配合国家标准的基本概念、主要内容及其应用。现行的极限与配合国家标准主要有以下几个。

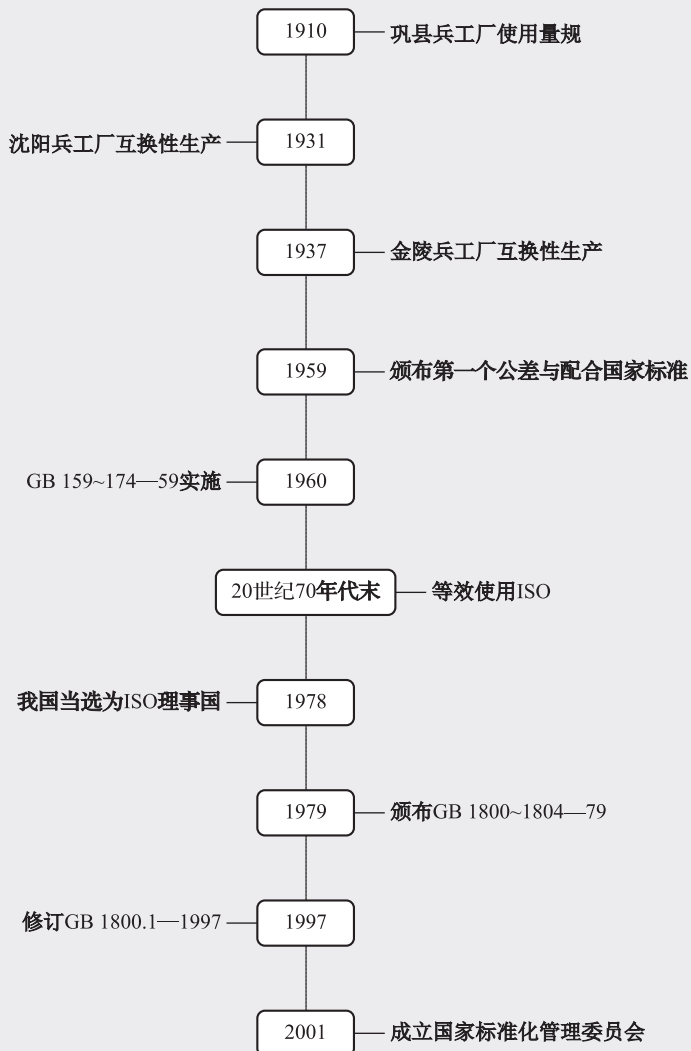
(1)《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第1部分:公差、偏差和配合的基础》(GB/T 1800.1—2020)。

(2)《产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差 ISO 代号体系 第2部分:标准公差带代号和孔、轴的极限偏差表》(GB/T 1800.2—2020)。

(3)《一般公差 未注公差的线性角度尺寸的公差》(GB/T 1804—2000)。

思政课堂

国标历史时间线



相关知识



学习情境一 公差配合的基本术语及其定义

一、孔、轴和长度

1. 孔

孔通常是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切平面形成的包容面),如图 1-1(a)所示。

2. 轴

轴通常是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切平面形成的被包容面),如图 1-1(b)所示。

3. 长度

长度是指由单一尺寸确定的既非孔又非轴的部分,如图 1-1(c)所示。

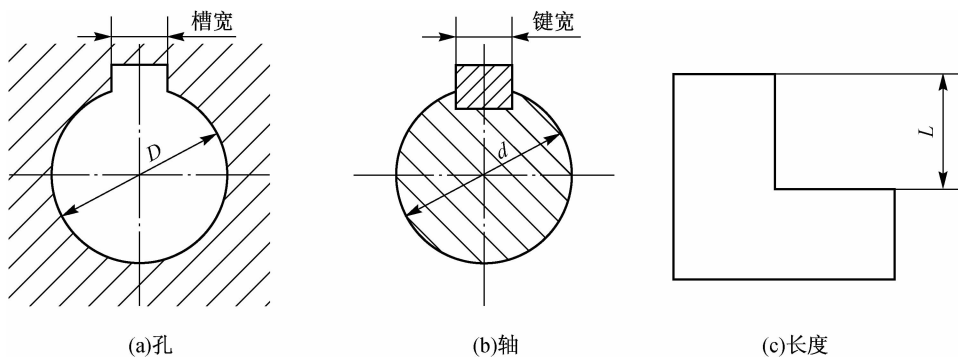


图 1-1 孔、轴和长度

二、有关尺寸的定义

1. 尺寸

尺寸是指用特定单位表示线性尺寸值的数值。在技术图样中或在一定范围内,当已注明共同单位(如在尺寸标注中以 mm 为通用单位)时,均可只写数字,不写单位。

2. 公称尺寸

公称尺寸也称为基本尺寸,是设计时给定的尺寸,它是计算极限尺寸和极限偏差的起始尺寸。孔用 D 表示,轴用 d 表示。公称尺寸是根据零件应具备的强度、刚度和结构等要求计算,并经圆整而得到的。公称尺寸可以是一个整数值或一个小数,应尽量采用优先数系中的数值。

公称尺寸一经确定,便成为确定孔和轴尺寸偏差的起始点。

3. 实际尺寸

实际尺寸是用两点法测得的尺寸。由于零件存在着形状误差,所以不同部位的实际尺寸不尽相同,故往往把它称为局部实际尺寸。

用两点法测量的目的在于排除形状误差对测量结果的影响。因为测量误差的存在,实际尺寸不可能等于真实尺寸,它只是接近真实尺寸的一个随机尺寸。孔和轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 来表示。

4. 极限尺寸

极限尺寸是允许尺寸变动的两个界限尺寸。两个界限尺寸中较大的一个称为上极限尺寸,较小的称为下极限尺寸。孔和轴的上极限尺寸与下极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 与 $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 表示。

实际尺寸的大小由加工决定,而极限尺寸是设计时给定的尺寸,不随加工而变化。

三、有关偏差、公差定义

1. 尺寸偏差

尺寸偏差简称为偏差,是指某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸)减去其公称尺寸所得的代数差。孔用 E 表示,轴用 e 表示。偏差可能为正或负,亦可为零。

尺寸偏差分为极限偏差和实际偏差。上极限尺寸与公称尺寸的代数差称为上极限偏差,孔和轴的上极限偏差分别用 ES 和 es 表示;下极限尺寸与公称尺寸的代数差称为下极限偏差,孔和轴的下极限偏差分别用 EI 和 ei 表示。上极限偏差与下极限偏差统称为极限偏差。实际尺寸与公称尺寸的代数差称为实际偏差,孔和轴的实际偏差分别用 Δ_a 和 δ_a 表示。各种偏差的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} ES &= D_{\max} - D, & EI &= D_{\min} - D \\ es &= d_{\max} - d, & ei &= d_{\min} - d \\ \Delta_a &= D_a - D, & \delta_a &= d_a - d \end{aligned} \right\} \tag{1-1}$$

上、下极限偏差可以为正、负或零。偏差值除零外,前面必须冠以正、负号。极限偏差用于控制实际偏差。实际偏差若介于上极限偏差与下极限偏差之间,则该尺寸合格。偏差和误差比较如表 1-1 所示。

表 1-1 偏差和误差比较

类别		偏差	误差
区别	1	代数值,可以为正、负或者为零	绝对值,只有正值
	2	对公称尺寸偏离程度	一批零件尺寸一致程度,和公称尺寸无关
	3	对某一零件	对一批零件
联系		都是通过测量零件实际尺寸得到的	

2. 尺寸公差

尺寸公差是上极限尺寸与下极限尺寸之差,或上极限偏差与下极限偏差之差。它是允许尺寸的变动量。尺寸公差小,表明零件精度高;尺寸公差大,表明零件精度低。

孔和轴的公差分别用 T_D 和 T_d 表示。公差与极限尺寸和极限偏差的关系为

$$\left. \begin{aligned} T_D &= D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \\ T_d &= d_{\max} - d_{\min} = es - ei \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

由式(1-2)可知,尺寸公差是一个没有符号的绝对值。

各种尺寸、偏差与公差的关系如图 1-2 所示,极限偏差和公差的比较如表 1-2 所示。

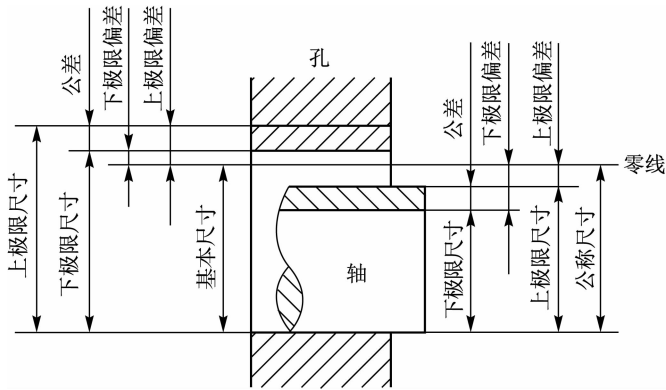


图 1-2 各种尺寸、偏差与公差的关系

表 1-2 极限偏差和公差的比较

类别		极限偏差	公差
区别	1	代数值,可以是正、负或者为零	不能为零,没有符号的绝对值
	2	公差带图中公差带位置	公差带大小
	3	用来判断零件尺寸合格性	不能用来判断零件尺寸合格性
	4	影响配合的松紧程度	影响配合松紧程度一致性
	5	偏离公称尺寸程度,用以限制实际偏差	限制尺寸误差
	6	刀具相对于工件的位置,与加工难度无关	体现了加工的难易程度和精度
联系		设计时给定的尺寸公差=上极限偏差一下极限偏差	

3. 公差带及公差带图

公差带是由上、下极限偏差所确定的一个允许尺寸变动的区域。为了说明公称尺寸、极限偏差和公差三者之间的关系,需要画出公差带图,如图 1-3 所示。

由图 1-3 可以看出,公称尺寸是公差带图的零线,是衡量公差带位置的起始点。图中 EI 和 es 是决定孔、轴公差带位置的极限偏差。 EI 和 es 的绝对值越大,孔、轴公差带离零线就越远;绝对值越小,则孔、轴公差带离零线就越近。国家标准把用以确定公差带相对零线位置的上极限偏差或下极限偏差称为基本偏差,它往往是离零线近的或位于零线的那个偏差。

公差的大小即公差值的大小,它是指沿垂直于零线方向度量的公差带宽度。沿零线方

向的宽度是画图时任意确定的,不具有特定含义。

在画公差带图时,公称尺寸以 mm 为单位标出,公差带的上、下极限偏差以 μm (或 mm) 为单位标出,单位也可以省略不标。上、下极限偏差的数值前冠以“+”或“-”号,零线以上为正,以下为负。与零线重合的偏差,其数值为零,不必标出,如图 1-4 所示。

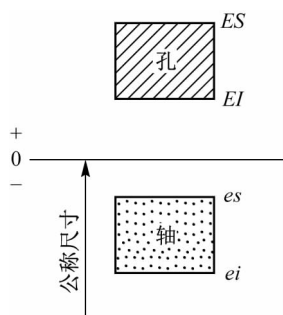


图 1-3 孔、轴公差带图

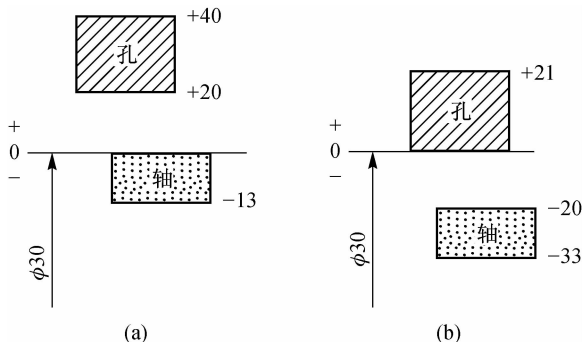


图 1-4 公差带图示例



尺寸公差带图

4. 最大、最小实体状态和最大、最小实体尺寸

(1) 最大实体状态和最大实体尺寸。提取组成要素的假定局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最大时的状态称为最大实体状态 (MMC)。确定要素最大实体状态的尺寸,称为最大实体尺寸 (MMS)。

(2) 最小实体状态和最小实体尺寸。提取组成要素的假定局部尺寸处处位于极限尺寸且使其具有实体最小时的状态称为最小实体状态 (LMC)。确定要素最小实体状态的尺寸,称为最小实体尺寸 (LMS)。

最大实体状态是对装配最不利的状态,即可能获得最紧的装配结果的状态,也是工件强度最高的状态。

最小实体状态是对装配最有利的状态,即可能获得最松的装配结果的状态,也是工件强度最低的状态。

总之,最大和最小实体状态都是设计规定的合格工件的材料量所具有的两个极限状态,如图 1-5 所示。

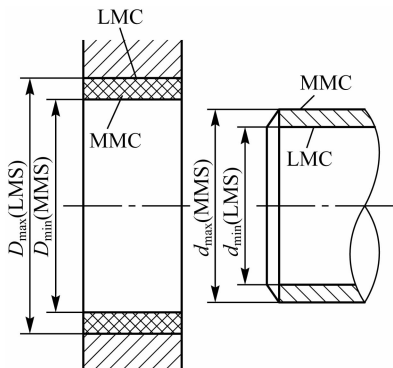


图 1-5 最大实体状态和最小实体状态

思政课堂

严肃谨慎

“君讳载,字则之,性方直严谨。”

——欧阳修《尚书工部郎中欧阳公墓志铭》

四、有关配合的定义

1. 配合

配合是指公称尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

由于配合是指一批孔、轴的装配关系,而不是指单个孔和单个轴的装配关系,所以只有用公差带关系来反映配合才比较准确。

2. 间隙或过盈

间隙或过盈是指相配合的孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差,此差值为正时称为间隙,用 X 表示;为负时称为过盈,用 Y 表示。

思政课堂

管延安——港珠澳大桥岛隧工程首席钳工

港珠澳大桥连接珠海、澳门和香港,是迄今为止世界上最长、施工难度最大的跨海大桥。工程中最大的挑战就是在茫茫大海中修建一条 5.6 km 的海底隧道。如此长度、规模的海底隧道,我国在世界范围内首次尝试,施工工艺备受考验,因此一些经验丰富的老技师都面临着全新的挑战,钳工管延安就是其中的一个。

管延安所安装的设备中有一种叫截止阀,沉管对接时,截止阀控制入水量,调节下沉速度,从而让两节隧道在深海中精准对接。同样是安装阀门拧螺丝,如果是普通设备,只需要牢固稳定就行了,但在深海中操作,要做到设备不渗水不漏水,安装接缝处的间隙必须小于 1 mm,这样的间隙无法用肉眼判断,管延安只能凭借手感来操作。

而凭着手感,精准控制 1 mm 内的间隙,从 2013 年港珠澳大桥完成第一次海底隧道对接到现在,经管延安的手安装的设备已经成功对接 16 节海底隧道,操作零失误。

3. 配合类别

1) 间隙配合

间隙配合是指具有间隙(包括最小极限间隙等于零)的配合。即使把孔做得最小,把轴做得最大,装配后仍具有一定的间隙(包括最小极限间隙等于零)。对于这类配合,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 1-6 所示。

这类配合的最大极限间隙 $X_{\max}$ 、最小极限间隙 $X_{\min}$ 和平均间隙 X_{av} 的计算公式分别为

$$\left. \begin{aligned} X_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \\ X_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es \\ X_{\text{av}} &= \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

2) 过盈配合

过盈配合是指具有过盈(包括最小极限过盈等于零)的配合。即使把孔做得最大,把轴做得最小,装配后仍具有一定的过盈(包括最小极限过盈等于零)。对于这类配合,孔的公差带在轴的公差带之下,如图 1-7 所示。

这类配合的最大极限过盈 $Y_{\max}$ 、最小极限过盈 $Y_{\min}$ 和平均过盈 Y_{av} 的计算公式分别为

$$\left. \begin{aligned} Y_{\max} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es \\ Y_{\min} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \\ Y_{av} &= \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

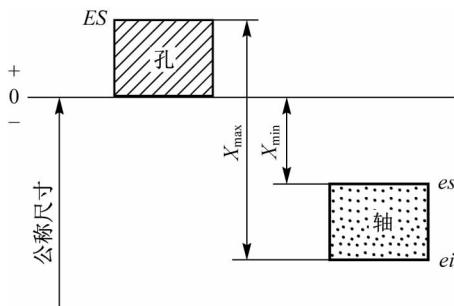


图 1-6 间隙配合

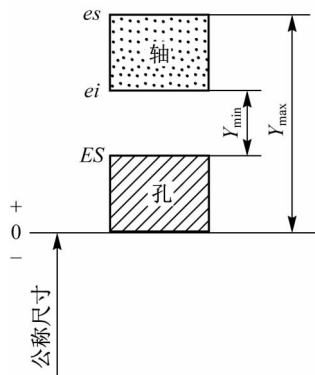


图 1-7 过盈配合



配合公差带图

3) 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。对于这类配合,孔的公差带与轴的公差带相互交叠,如图 1-8 所示。

这类配合没有最小极限间隙和最小极限过盈,只有最大极限间隙 $X_{\max}$ 和最大极限过盈 $Y_{\max}$,其计算公式为

$$\left. \begin{aligned} X_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \\ Y_{\max} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es \\ X_{av} (Y_{av}) &= \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

最大极限间隙和最大极限过盈的平均值为正时,表示平均间隙 X_{av} ;为负时,表示平均过盈 Y_{av} 。

4. 配合公差及配合公差带图

配合公差是指间隙或过盈的允许变动量,用 T_f 表示。

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:

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

从上式看出,不论是哪一类配合,其配合公差都应表示为

$$T_f=T_D+T_d$$

(1-6)

式(1-6)是一个很重要的公式,在尺寸精度设计时经常用到。该式说明配合精度要求越高,则孔、轴的精度也应越高(公差值越小);配合精度要求越低,则孔、轴的精度也越低(公差值越大)。

为了直观地表示配合精度和配合性质,国家标准提出了配合公差带图,如图 1-9 所示。

画配合公差带图的规则与画孔、轴公差带图一样,配合公差带图用一长方形区域表示。零线以上为正,表示间隙;零线以下为负,表示过盈。公差带上、下端到零线的距离为极限间隙或极限过盈,而公差带上、下端之间的距离为配合公差。极限间隙和极限过盈以 μm 或 mm 为单位。

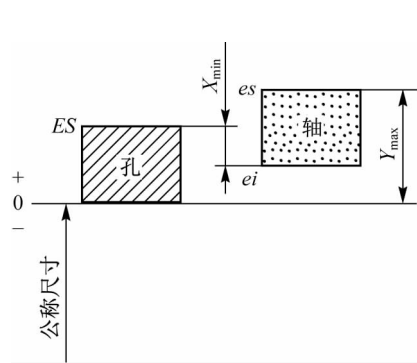


图 1-8 过渡配合

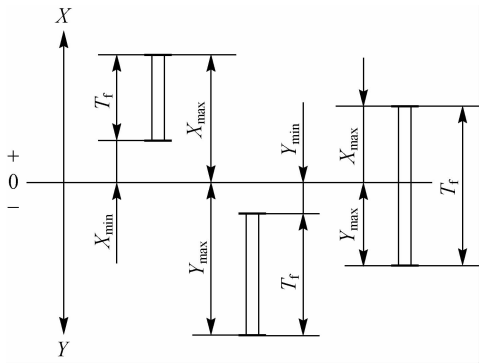


图 1-9 配合公差带图

常见的三种配合公差带分析如表 1-3 所示。

表 1-3 常见的三种配合公差带分析

应 用	间隙配合	过渡配合	过盈配合
孔轴公差带分布	孔上 轴下	孔轴 交叠	轴上 孔下
装配图表示法	$\phi 30 \begin{smallmatrix} \text{H7} (+0.021) \\ \text{g6} (-0.020) \end{smallmatrix}$	$\phi 30 \begin{smallmatrix} \text{H7} (+0.021) \\ \text{k6} (+0.002) \end{smallmatrix}$	$\phi 30 \begin{smallmatrix} \text{H7} (+0.021) \\ \text{p6} (+0.035) \end{smallmatrix}$
公差带图			

例 1-1 计算 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 孔与 $\phi 30^{+0.020}_{-0.033}$ mm 轴配合的极限间隙、平均间隙和配合公差，并画出孔、轴公差带图和配合公差带图。

解 (1) 画出孔、轴公差带图，如图 1-10(a) 所示。

(2) 计算极限间隙、平均间隙和配合公差。

$$X_{\max} = ES - ei = [21 - (-33)] \mu\text{m} = +54 \mu\text{m}$$

$$X_{\min} = EI - es = [0 - (-20)] \mu\text{m} = +20 \mu\text{m}$$

$$X_{\text{av}} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} = \left(\frac{54 + 20}{2} \right) \mu\text{m} = +37 \mu\text{m}$$

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = (54 - 20) \mu\text{m} = 34 \mu\text{m}$$

(3) 画出配合公差带图，如图 1-10(b) 所示。

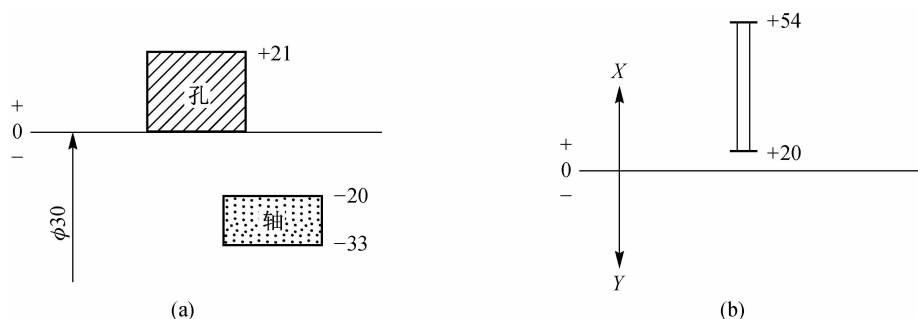


图 1-10 例 1-1 图

例 1-2 计算 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 孔与 $\phi 30^{+0.061}_{+0.048}$ mm 轴配合的极限过盈、平均过盈和配合公差，并画出孔、轴公差带图和配合公差带图。

解 (1) 画出孔、轴公差带图，如图 1-11(a) 所示。

(2) 计算极限过盈、平均过盈和配合公差。

$$Y_{\min} = ES - ei = (21 - 48) \mu\text{m} = -27 \mu\text{m}$$

$$Y_{\max} = EI - es = (0 - 61) \mu\text{m} = -61 \mu\text{m}$$

$$Y_{\text{av}} = \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} = \left(\frac{-27 - 61}{2} \right) \mu\text{m} = -44 \mu\text{m}$$

$$T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = [-27 - (-61)] \mu\text{m} = 34 \mu\text{m}$$

(3) 画出配合公差带图，如图 1-11(b) 所示。

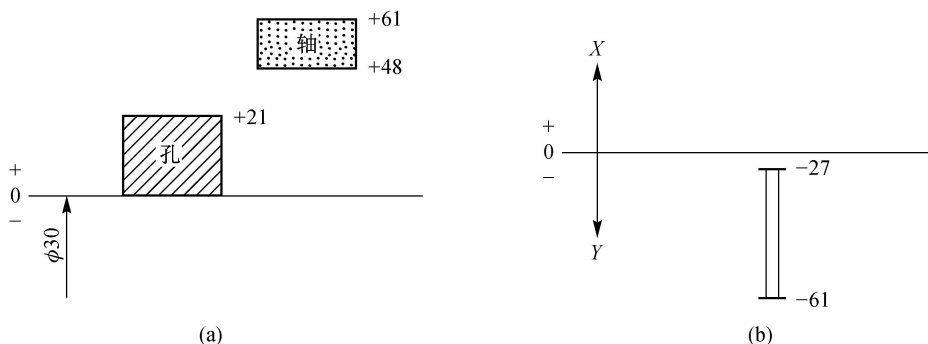


图 1-11 例 1-2 图

例 1-3 计算 $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 孔与 $\phi 30^{+0.021}_{-0.008}$ mm 轴配合的极限间隙、极限过盈、平均间隙(或平均过盈)和配合公差,并画出孔、轴公差带图和配合公差带图。

解 (1)画出孔、轴公差带图,如图 1-12(a)所示。

(2)计算极限间隙、极限过盈、平均间隙(或平均过盈)和配合公差。

$$X_{\max} = ES - ei = (21 - 8) \mu\text{m} = +13 \mu\text{m}$$

$$Y_{\max} = EI - es = (0 - 21) \mu\text{m} = -21 \mu\text{m}$$

$$Y_{\text{av}} = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} = \left(\frac{13 - 21}{2} \right) \mu\text{m} = -4 \mu\text{m}$$

$$T_f = X_{\max} - Y_{\max} = [13 - (-21)] \mu\text{m} = 34 \mu\text{m}$$

(3)画出配合公差带图,如图 1-12(b)所示。

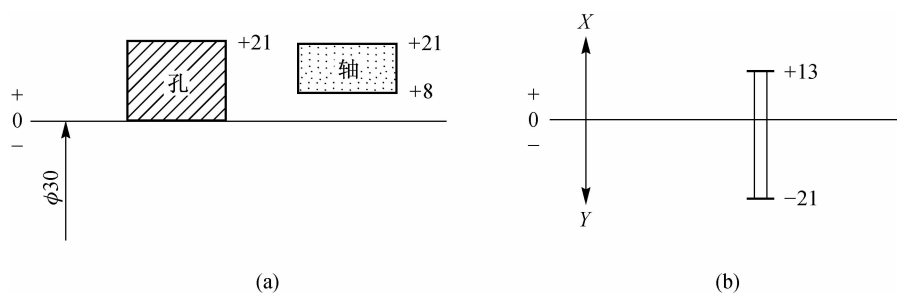


图 1-12 例 1-3 图

五、配合制(GB/T 1800.1—2020)

配合制是由线性尺寸公差代号体系确定公差的孔和轴组成的一种配合制度,孔和轴的公称尺寸相同是形成配合的前提条件。

为了以尽可能少的标准公差带形成最多种的配合制度,常将基准制分为两种——基孔制和基轴制。如有特殊需要,允许将任一孔、轴公差带组成配合。

1. 基孔制

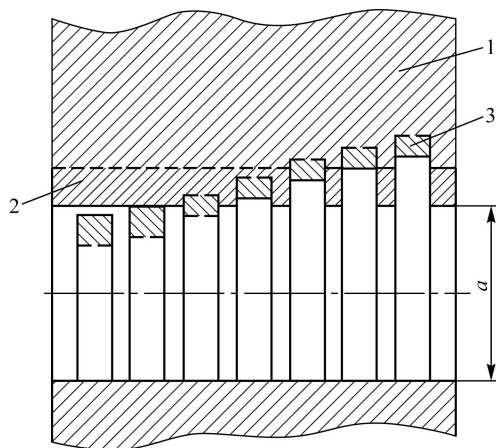
基孔制是指孔的下极限尺寸与公称尺寸相同的配合制,即基本偏差为下极限偏差 $EI=0$ 的孔,与不同公差带代号的轴相配合,得到间隙或过盈配合的一种制度。基准孔与不同的轴之间的组合如图 1-13 所示,限制公差带的虚线代表和标准公差等级有关的孔、轴另一个极限偏差。

基孔制配合示例:H7/h6, H6/k5, H6/p4。

2. 基轴制

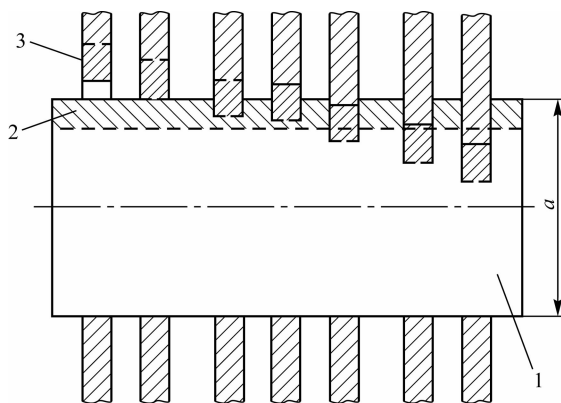
基轴制是指轴的上极限尺寸与公称尺寸相同的配合制,即基本偏差为上极限偏差 $es=0$ 的轴,与不同公差带代号的孔相配合,得到间隙或过盈配合的一种制度。基准轴与不同的孔之间的组合如图 1-14 所示,限制公差带的虚线代表和标准公差等级有关的孔、轴另一个极限偏差。

基轴制配合示例:G7/h6, H6/h6, M6/h6。



1—基准孔“H”；2—基准孔的公差带；3—不同的轴的公差带。

图 1-13 基孔制配合



1—基准轴“h”；2—基准轴的公差带；3—不同的孔的公差带。

图 1-14 基轴制配合

基孔制和基轴制中两个基准件的公差带都是按向体原则分布的,即按加工时尺寸变化的方向分布的,它们均处于工件的实体之内。基准孔的公差带在零线以上,基准轴的公差带在零线以下。

3. 基孔制和基轴制等效转换

基于工艺等价原则,在基本尺寸相同、孔和轴为同一公差或孔公差比轴公差低一级配合时,基孔制 H 形成的配合和基轴制 h 形成的配合,两者的配合性质相同,基孔制和基轴制可以等效转换,即两种基准制的同名配合应得到相同的配合性质,如图 1-15 所示。例如, $\phi 20H7/k6$ 和 $\phi 20K7/h6$ 、 $\phi 50H7/m6$ 和 $\phi 50M7/h6$ 为两种基准制的同名配合。

如图 1-16 所示, $\phi 20H7/k6$ 和 $\phi 20K7/h6$ 为等效配合,满足使用要求。

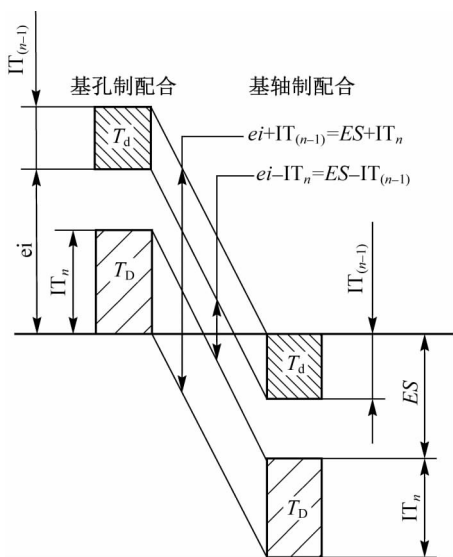


图 1-15 配合基准制等效转换

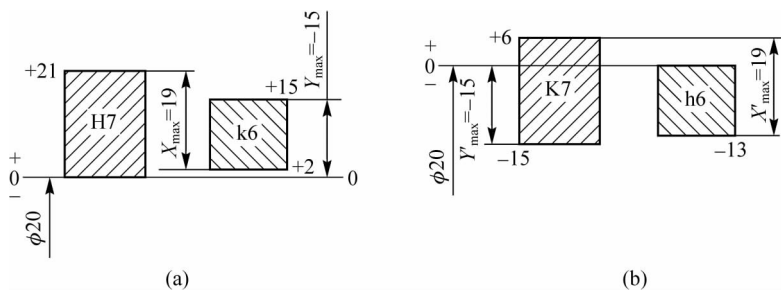


图 1-16 $\phi 20H7/k6$ 和 $\phi 20K7/h6$ 的尺寸公差带图

学习情境二 公差配合标准的基本知识

公称尺寸不大于 500 mm 的零件在产品中应用最广,因此,这一尺寸段称为常用尺寸段。为了使极限与配合实现标准化,规范尺寸精度设计,我国国家标准 GB/T 1800.1—2020 规定了两个基本系列,即标准公差系列和基本偏差系列。其中,标准公差决定公差带的大小,基本偏差决定公差带的位置。

一、基本偏差系列

1. 基本偏差

基本偏差是定义了与公称尺寸最近的极限尺寸的那个极限偏差,如图 1-17 所示。基本偏差是标准极限与配合制中用以确定公差带相对于零线位置的极限偏差(上极限偏差或下极限偏差),一般也指靠近零线的那一个。它的作用是决定孔、轴公差带相对于零线的位置。

若改变配合性质,只要改变孔或轴当中一个零件的公差带位置即可实现:采用基孔制时,改变轴的公差带位置;采用基轴制时,改变孔的公差带位置。

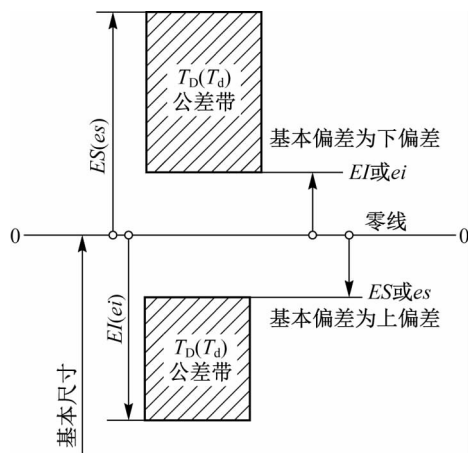
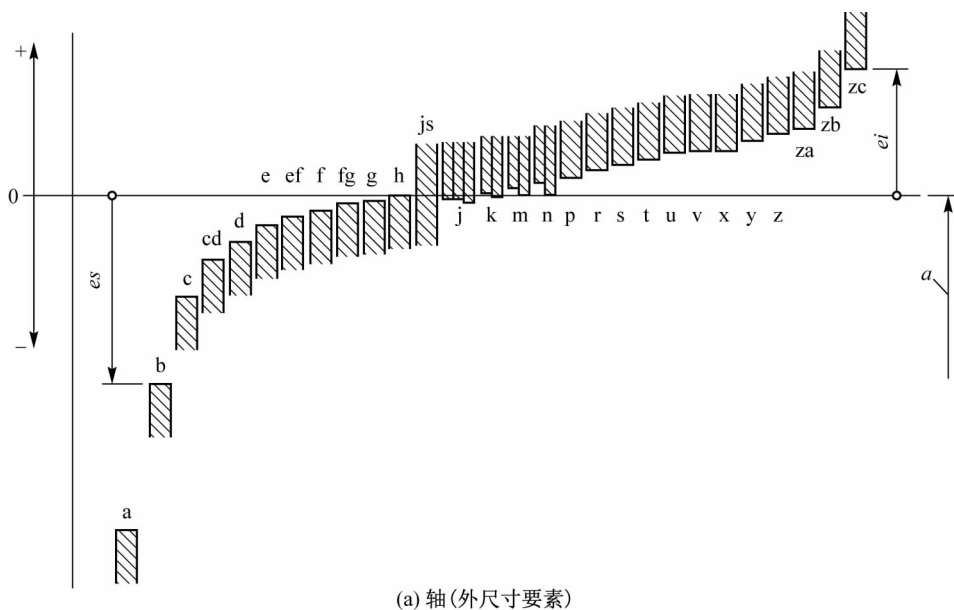


图 1-17 基本偏差示意图

2. 轴基本偏差

轴基本偏差数值来源于实践经验和统计分析,经尾数圆整得到,具体参数可查附表 1-2。

GB/T 1800.1—2020 对公称尺寸不大于 500 mm 的轴规定了 28 种基本偏差,用小写拉丁字母表示,为避免混淆不使用 i、l、o、q、w,并相应添加 *zc* 等双字母,共 28 个,即 *a, …, zc*,如图 1-18 (a)所示。



(a) 轴 (外尺寸要素)

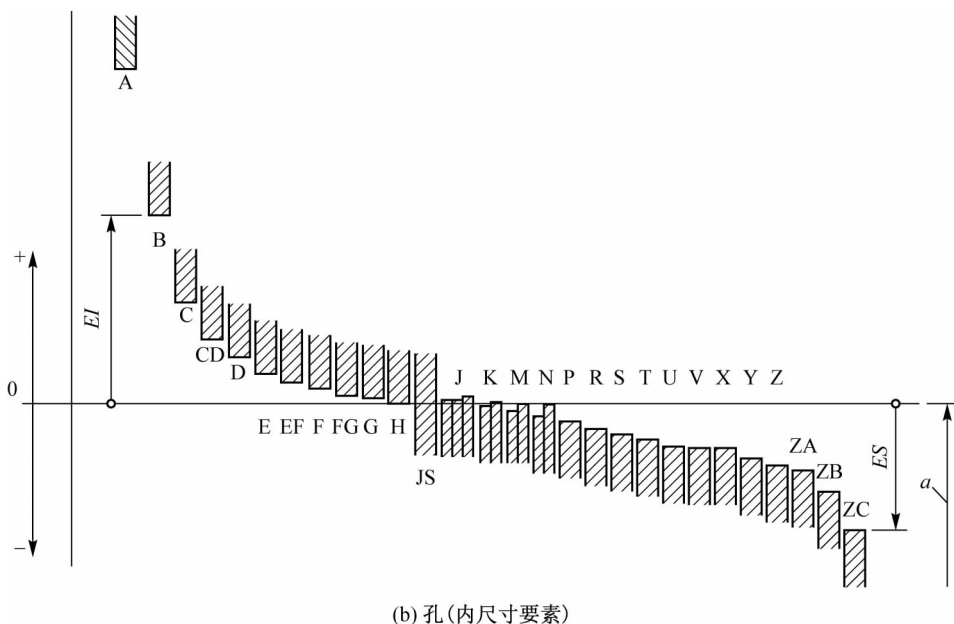


图 1-18 轴、孔基本偏差示意图

轴的基本偏差一般是靠近零线的那个极限偏差,即 $a \sim h$ 的基本偏差为位于零线下方的上极限偏差 ($-es$), $k \sim zc$ 的基本偏差为位于零线上方的下极限偏差 ($+ei$)。公差带的另一极限偏差“开口”,表示其公差等级未定,可通过公式完成计算。

$$ei = es - IT \text{ 或 } es = ei + IT$$

在基本偏差有正负之分,位于公称尺寸(零线)之上时,用“+”号;位于公称尺寸(零线)之下时,用“-”号。

基本偏差系列中, $H(h)$ 基本偏差为零; $JS(js)$ 相对于零线对称,上极限偏差 $ES(es) = +IT/2$,下极限偏差 $EI(ei) = -IT/2$,上、下极限偏差均可作为基本偏差。

当选用轴的基本偏差时,和基准孔 H 相配合,可以形成以下三种配合规律。

- (1) h 轴与基准孔相配时,可得到间隙配合。
- (2) $j \sim n$ 轴与基准孔相配时,基本上得到过渡配合。
- (3) $p \sim zc$ 轴与基准孔相配时,基本上得到过盈配合。

3. 孔基本偏差

GB/T 1800.1—2020 对公称尺寸不大于 500 mm 的孔规定了 28 种基本偏差,除了 JS 与 js 相同,也表示相对于零线对称分布的公差带,其极限偏差为 $\pm IT/2$ 以外,其余 27 种基本偏差的数值都是由相应代号的轴的基本偏差的数值按照一定的规则(即呈反射关系)换算得到的。孔基本偏差用大写拉丁字母 $A, \dots, ZC$ 表示,如图 1-18(b)所示。为避免混淆,不能使用 I, L, O, Q, W 这些字母,数值见附表 1-3。

(1) 通用规则。从图 1-18(b)可知,在孔的基本偏差系列中, $A \sim H$ 的基本偏差为下极限偏差, $J \sim ZC$ 的基本偏差为上极限偏差。一般同一字母的孔的基本偏差与轴的基本偏差相对于零线是完全对称的,即孔与轴的基本偏差对应(例如 A 对应 a)时,两者的基本偏差的绝对值相等,而符号相反。可表示为

$$EI = -es \text{ 或 } ES = -ei$$

(2)特殊规则。

①公称尺寸 $>3\sim 500$ mm,标准公差等级大于 IT8 的孔的基本偏差 N,其数值(ES)等于零。

②在公称尺寸 $>3\sim 500$ mm 的基孔制或基轴制中,当给定某一公差等级的孔要与更精一级的轴相配(如 H7/p6 和 P7/h6),并要求具有同等的间隙或过盈时,计算的孔的基本偏差应附加一个 Δ 值,即同名代号的孔与轴的基本偏差的符号相反,而绝对值相差一个 Δ 值。即

$$ES = -ei(\text{计算值}) + \Delta$$

其中, Δ 是公称尺寸段内给定的某一标准公差等级 IT 与更精一级的标准公差等级的差值,如 $\Delta = IT_n - IT_{n-1} = IT7 - IT6$ 。

注意:特殊规则仅适用于公称尺寸大于 $3\sim 500$ mm、标准公差等级小于或等于 IT8 的孔的基本偏差 K、M、N 和标准公差等级小于或等于 IT7 的孔的基本偏差 P~ZC。

二、标准公差系列

GB/T 1800.1—2020 在公称尺寸不大于 500 mm 内规定了 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT17、IT18 共 20 个标准公差等级,在公称尺寸 $500\sim 3\ 150$ mm 内规定了 IT1~IT18 共 18 个标准公差等级,见附表 1-1。其中,IT01 等级最高,依次降低,IT18 等级最低。

标准公差的大小,即标准公差等级的高低,决定了孔、轴的尺寸精度和配合精度。在确定孔、轴公差时,应按标准公差等级取值,以满足标准化和互换性的要求。

应当指出的是,对同一公称尺寸的零件,可由其公差值的大小来判定精度等级的高低和加工的难易程度;而对于不同公称尺寸的零件,则不能以此判定;反之,同一公差等级中,不同公称尺寸的公差值,应认为它们具有相同的精度等级和同等的加工难易程度。

例 1-4 查孔的基本偏差数值表和标准公差数值表,确定 $\phi 30D7$ 孔的上、下极限偏差。

解 先查孔的基本偏差数值表(附表 1-3),确定孔的基本偏差数值。公称尺寸 $\phi 30$ mm 处于 $>24\sim 30$ mm 尺寸分段内,基本偏差为下极限偏差,D 的偏差数值为 $+65\ \mu\text{m}$,于是 $EI = +65\ \mu\text{m}$ 。

查标准公差数值表(附表 1-1),确定孔的上极限偏差。公称尺寸 $\phi 30$ mm 处于 $>18\sim 30$ mm 尺寸分段内,IT7 级对应的公差数值为 $21\ \mu\text{m}$,因为

$$T_D = ES - EI$$

故有

$$ES = EI + T_D = (65 + 21)\ \mu\text{m} = +86\ \mu\text{m}$$

例 1-5 查表确定 $\phi 30M7$ 孔的上、下极限偏差。

解 先查孔的基本偏差数值表(附表 1-3),确定孔的基本偏差数值。孔的公称尺寸 $\phi 30$ mm 处于 $>24\sim 30$ mm 的尺寸分段内,因孔的公差等级为 IT7 级,应属于等级小于或等于 IT8 级这一栏内,M 的偏差数值为

$$ES = -8 + \Delta$$

Δ 值可在附表 1-3 的最右端查出, $\Delta = 8\ \mu\text{m}$,由该表知,M 为上极限偏差,即

$$ES = (-8 + 8)\ \mu\text{m} = 0$$

查标准公差数值表(附表 1-1),确定孔的下极限偏差。因 IT7 级对应的公差为 $21\ \mu\text{m}$, 于是

$$EI = ES - T_D = (0 - 21)\ \mu\text{m} = -21\ \mu\text{m}$$

例 1-6 查表确定 $\phi 30\text{U7}$ 孔的上、下极限偏差。

解 先查孔的基本偏差数值表(附表 1-3),确定孔的基本偏差数值。孔的公称尺寸 $\phi 30\ \text{mm}$ 处于 $>24\sim 30\ \text{mm}$ 的尺寸分段内, U 的基本偏差为上极限偏差,当公差等级大于 IT7 级时,数值为 $-48\ \mu\text{m}$,但这不符合本题的要求。按题意该孔的公差等级为 IT7 级,应属于小于或等于 IT7 级这一栏内,故应按表中的说明,即“在大于 IT7 级的标准公差等级的基本偏差数值上增加一个 Δ 值”,在该表右端查出 $\Delta = 8\ \mu\text{m}$,于是 U 的上极限偏差数值应为

$$ES = -48 + \Delta = (-48 + 8)\ \mu\text{m} = -40\ \mu\text{m}$$

因为 IT7 级对应的公差数值为 $21\ \mu\text{m}$,所以

$$EI = ES - T_D = (-40 - 21)\ \mu\text{m} = -61\ \mu\text{m}$$

三、公差带与配合在图样上的标注

1. 公差带代号

国家标准规定,孔、轴公差带由公称尺寸、基本偏差代号与公差等级代号组成,并且采用同一号的字体书写。零件图上的标注如图 1-19(a)(b)所示。

2. 配合代号

配合代号由相配合的孔、轴公差带代号组成,写成分数形式。分子为孔的公差带代号,分母为轴的公差带代号。装配图上的标注如图 1-19(c)所示。

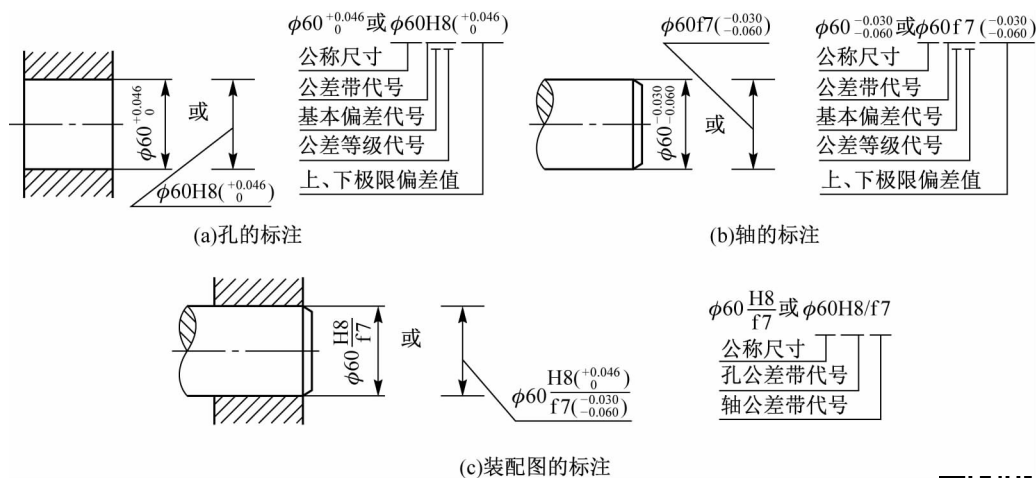


图 1-19 公差带与配合的标注

在零件图上只标公差带代号或极限偏差数值,或两者同时标注(此时上、下极限偏差标在公差带代号后面,并用括号括上),如图 1-19(c)所示。

但也有例外,如滚动轴承内圈与轴的配合、外圈与机座孔的配合,无须标出轴承的公差带代号,只标轴和机座孔的公差带代号,如图 1-20 所示。

这是因为滚动轴承是一个标准部件,它的尺寸精度另有专门的标准规定,由专门工厂制



零件及部件的
公差标注

造,无须另行设计。滚动轴承的特殊性表现在滚动轴承外圈是基轴制。在图 1-20 中,外圈和机座孔的配合中机座孔的公差为 $\phi 100H7$,滚动轴承内圈是基孔制,内圈和轴的配合中轴的公差为 $\phi 55j6$ 。

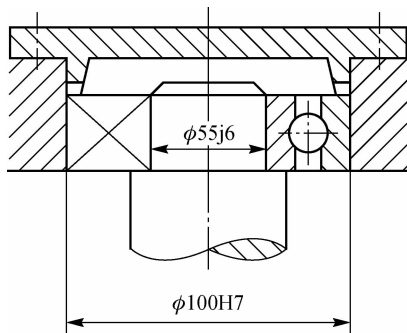


图 1-20 孔、轴与轴承配合的标注



学习情境三 公差与配合的选用

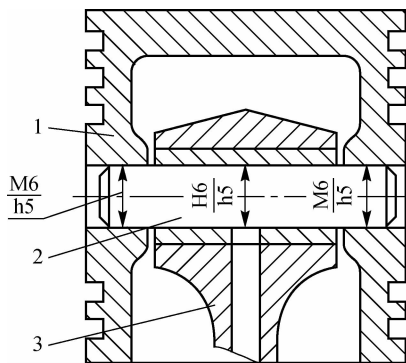
公差与配合的选用主要包括三个方面的内容:一是基准制的选用;二是公差等级的选用;三是配合的选用。本节将分别讲述其选用原则。

一、基准制的选用

基孔制和基轴制是两种平行的配合制度,在一定的条件下,同名配合的性质相同。国家标准规定基准制的目的是获得一系列不同配合性质的配合,以满足零件配合需要,又不致使实际选用的零件极限尺寸数目繁杂,以便于制造,从而获得良好的技术效果和经济效益。因此,基准制的选择主要应考虑零件结构、加工工艺、装配工艺以及经济性。也就是说,所选择的基准制应当有利于零件的加工、装配和降低制造成本。

国家标准推荐优先选用基孔制,因为加工轴所用的刀具一般为非定值刀具,同一把刀可加工不同尺寸的轴件。采用基孔制可减少刀具和量具的品种、规格、数量,降低孔的加工成本。显然,基孔制是经济合理的选择。但并不是在所有情况下基孔制都是最好的选择,如在以下几种情况下就应当采用基轴制。

(1)在同一公称尺寸的轴上,同时安装几个不同配合的孔件时,采用基轴制。如图 1-21 所示,活塞连杆机构中,活塞销需要同时与活塞和连杆形成不同的配合。销轴两端活塞孔的配合为 $M6/h5$,销轴与连杆孔的配合为 $H6/h5$,显然它们的配合是不同的,应当采用基轴制,这样销轴各部位的直径尺寸是相同的($h5$),以便于



1—活塞; 2—活塞销; 3—连杆。

图 1-21 活塞连杆机构中的配合

加工。活塞孔和连杆孔则分别按 M6 和 H6 加工,这样装配时也比较方便,不致将连杆孔表面划伤。相反,如果采用基孔制,由于活塞孔和连杆孔尺寸相同,为了获得不同的配合,销轴的尺寸势必应当两端大中间小。这样的销轴较难加工,且装配时容易将连杆孔表面划伤。

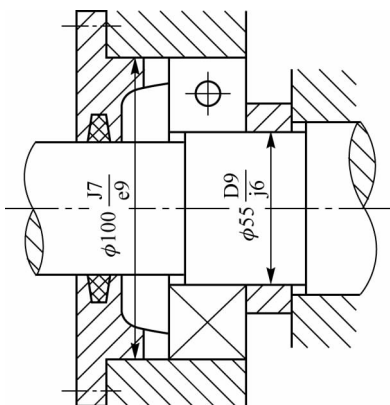


图 1-22 轴承盖与孔、轴承挡圈与轴的配合

配合分别为 $\phi 100\text{J7/e9}$ 和 $\phi 55\text{D9/j6}$,它们既不是基孔制也不是基轴制。轴承孔的公差带 J7 是由轴承外圈的基轴制配合决定的,轴的公差带 j6 是由基孔制配合决定的。

二、公差等级的选用

选用公差等级是为了解决零件使用要求与制造经济性之间的矛盾。

公差等级选用的基本原则:在满足使用要求的前提下,尽量选用较低的公差等级。公差等级越高,加工难度越大,生产成本也随之增加;反之,成本将相应降低。在确定公差等级时要注意以下几个问题:

(1)一般非配合尺寸要比配合尺寸的精度低。

(2)遵守工艺等价原则——孔、轴的加工难易程度应相当。在公称尺寸等于或小于 500 mm 时,孔的公差等级比轴要低一级;在公称尺寸大于 500 mm 时,孔、轴的公差等级相同。这一原则主要用于中高精度(公差等级小于或等于 IT8)的配合。

(3)在满足配合要求的前提下,孔、轴的公差等级可以任意组合,不受工艺等价原则的限制。如图 1-22 所示,轴承孔的连接可靠性主要靠螺钉连接来保证,它的配合要求很松,对配合精度要求很低,相配合的孔件和轴件既没有相对运动,又不承受外界负载,所以轴承盖的配合外径采用 IT9 是经济合理的。孔的公差等级 IT7 是由轴承的外径精度决定的,如果轴承盖的配合外径按工艺等价原则采用 IT6,反而是不合理的设计。因为这样做势必要提高制造成本,同时对提高产品质量又起不到任何作用。同理,轴承挡圈的公差等级为 IT9,轴颈的公差等级为 IT6 也是合理的。

(4)与标准件配合的零件,其尺寸精度由标准件的精度要求所决定。如图 1-22 所示,与轴承配合的孔和轴,其尺寸精度由轴承的精度等级来决定;与齿轮孔相配合的轴,其配合部分的尺寸精度由齿轮的精度等级所决定。

(5)用类比法确定尺寸精度时,可参考各公差等级的应用范围和公差等级的应用选择实例,如表 1-4 和表 1-5 所示。

表 1-4 公差等级的应用范围

应用范围	公差等级																			
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
量块	—	—	—																	
量规			—	—	—	—	—	—	—											
配合尺寸							—	—	—	—	—	—	—	—	—					
特别精密零件 的配合				—	—	—	—													
非配合尺寸 (大制造公差)														—	—	—	—	—	—	—
原材料公差										—	—	—	—	—	—	—				

注：“—”表示应用的公差等级。

表 1-5 公差等级的应用选择实例

公差等级	应用条件说明	应用举例
IT01	用于特别精密的尺寸传递基准	特别精密的标准量块
IT0	用于特别精密的尺寸传递基准及宇航工业中极个别特别重要的精密配合尺寸	校对检验 IT6 级轴用量规的校对量规。 特别精密的标准量块、个别特别重要的精密机械零件尺寸
IT1	用于精密的尺寸传递基准、高精度测量工具、极个别特别重要的精密配合尺寸	校对检验 IT7~IT9 级轴用量规的校对量规。 高精度标准量规、个别特别重要的精密机械零件尺寸
IT2	用于高精度的测量工具，特别重要的精密配合尺寸	检验 IT6~IT7 级工件用量规的尺寸制造公差，校对检验 IT8~IT11 级轴用量规的校对量规。 个别特别重要的精密机械零件的尺寸
IT3	用于精密测量工具、小尺寸零件的高精度的精密配合及与 4 级滚动轴承配合的轴颈和外壳孔径	检验 IT8~IT11 级工件用量规和校对检验 IT9~IT13 级轴用量规的校对量规。 与特别精密的 4 级滚动轴承内圈孔（直径不大于 100 mm）相配合的机床主轴、精密机械和高速机械的轴颈；与 4 级向心球轴承外圈外径相配合的外壳孔径；航空工业及航海工业中导航仪器上特别精密的个别小尺寸零件的精密配合件
IT4	用于精密测量工具、高精度的精密配合和 4 级、5 级滚动轴承配合的轴颈和外壳孔径	检验 IT9~IT12 级工件用量规和校对检验 IT12~IT14 级轴用量规的校对量规。 与 4 级轴承孔（孔径大于 100 mm）及与 5 级轴承孔相配合的机床主轴，精密机械和高速机械的轴颈；与 4 级轴承相配合的外壳孔；柴油机活塞销及活塞销座孔径，高精度（1~4 级）齿轮的基准孔或轴；航空及航海工业所用仪器中特别精密的孔径

(续表)

公差等级	应用条件说明	应用举例
IT5	用于机床、发动机和仪表中特别重要的配合,在配合公差要求很小、形状精度要求很高的条件下,这类公差等级使配合性质比较稳定,相当于旧国标中最高精度(1级精度轴的公差),故它对加工要求较高,一般机械制造中较少应用	检验 IT11~IT14 级工件用量规和校对检验 IT14~IT15 级轴用量规的校对量规。 与 5 级滚动轴承相配合的机床箱体孔;与 6 级滚动轴承孔相配合的机床主轴,精密机械及高速机械的轴颈,机床尾架套筒,高精度分度盘轴颈,分度头主轴,精密丝杠的基准轴颈,高精度镗套的外径等;发动机中主轴外径,活塞销外径与活塞的配合,精密仪器中轴与各种传动件轴承的配合;航空、航海工业的仪表中重要的精密孔的配合;5 级精度齿轮的基准孔及 5 级、6 级精度齿轮的基准轴
IT6	广泛用于机械制造中的重要配合,配合表面有较高的均匀性要求,能保证相当高的配合性质,使用可靠,相当于旧国标中 2 级精度轴和 1 级精度孔的公差	检验 IT12~IT15 级工件用量规和校对检验 IT15~IT16 级轴用量规的校对量规。 与 6 级滚动轴承相配合的外壳孔及与滚动轴承相配合的机床主轴轴颈;机床制造中,装配式齿轮、蜗轮、联轴器、带轮、凸轮的孔径,机床丝杠支承轴颈,矩形花键的定心直径,摇臂钻床的立柱等,机床夹具的导向件的外径尺寸;精密仪器、光学仪器、计量仪器中的精密轴;航空、航海仪器仪表中的精密轴;无线电工业、自动化仪表、电子仪器、电动机械中的特别重要的轴,以及手表中特别重要的轴;导航仪器中主罗经的方位轴、微电动机轴;电子计算机外围设备中的重要尺寸;医疗器械中牙科直车头、中心齿轴及 X 射线机齿轮箱的精密轴等;缝纫机中重要轴类尺寸;发动机中的气缸套外径、曲轴主轴颈、活塞销、连杆衬套、连杆和轴瓦外径等;6 级精度齿轮的基准孔和 7 级、8 级精度齿轮的基准轴,以及特别精密(1 级、2 级精度)齿轮的顶圆直径
IT7	应用条件与 IT6 相类似,但它要求的精度可比 IT6 稍低些,在一般机械制造中应用相当普遍,相当于旧国标中的 3 级精度轴或 2 级精度孔的公差	检验 IT14~IT16 级工件用量规和校对检验 IT16 级轴用量规的校对量规。 机床制造中,装配式青铜蜗轮轮缘孔径,联轴器、带轮、凸轮等的孔径,机床卡盘座孔、摇臂钻床的摇臂孔、车床丝杠的轴承孔等,机床夹头导向件的内孔(如固定钻套、可换钻套、衬套、镗套等);发动机中的连杆孔、活塞孔、铰制螺栓定位孔等;纺织机械中的重要零件,印染机械中要求较高的零件;精密仪器、光学仪器中精密配合的内孔;手表中的离合器压簧等;导航仪器中主罗经壳底座孔、方位支架孔;医疗器械中牙科直车头、中心齿轮轴的轴承孔及 X 射线机齿轮箱的转盘孔;电子计算机、电子仪器、仪表中的重要内孔,自动化仪表中的重要内孔;缝纫机中重要零件的内孔;电动机械中重要零件的内孔;7 级、8 级精度齿轮的基准孔和 9 级、10 级精度齿轮的基准轴
IT8	用于机械制造中,属中等精度。在仪器仪表及钟表制造中,由于公称尺寸较小,所以属较高精度范畴。在配合确定性要求不太高时,是应用较多的一个等级,尤其是在农业机械、纺织机械、印染机械、自行车、缝纫机、医疗器械中应用最广	检验 IT16 级工件用量规。 轴承座衬套沿宽度方向的尺寸配合;手表中跨齿轴、棘爪拨针齿轮与夹板的配合;无线电仪表工业中的一般配合;电子仪器仪表中较重要的内孔;计算机中变速齿轮孔和轴的配合;医疗器械中牙科直车头钻头套的孔与车针柄部的配合;导航仪器中主罗经粗刻度盘孔的月牙形支架与微电动机汇电环孔等;电动机制造中铁心与机座的配合;发动机活塞油环槽宽、连杆轴瓦内径;低精度(9~12 级精度)齿轮的基准孔和 11~12 级精度齿轮的基准轴,6~8 级精度齿轮的顶圆

(续表)

公差等级	应用条件说明	应用举例
IT9	应用条件与 IT8 相类似,但要求精度低于 IT8 时用,比旧国标 4 级精度公差值稍大	机床制造中,轴套外径与孔、操作件与轴、空转带轮与轴、操纵系统的轴与轴承等的配合;纺织机械、印染机械中的一般配合零件;发动机中机油泵内孔、气门导管内孔、飞轮与飞轮套圈衬套、混合气预热阀轴、气缸盖孔径、活塞槽环的配合等;光学仪器、自动化仪表中的一般配合;手表中要求较高零件的未注公差尺寸的配合;单键连接中键宽配合尺寸,打字机中的运动件配合
IT10	应用条件与 IT9 相类似,但要求精度低于 IT9 时用,相当于旧国标的 5 级精度公差	电子仪器仪表中支架的配合;导航仪器中绝缘衬套孔与汇电环衬套轴;打字机中铆合件的配合尺寸;闹钟机构中的中心管与前夹板,轴套与轴的配合,手表中尺寸小于 18 mm、要求一般的未注公差尺寸及大于 18 mm、要求较高的未注公差尺寸;发动机中油封挡圈孔与曲轴带轮毂
IT11	用于配合精度要求较低,装配后可能有较大的间隙,特别适用于要求间隙较大,且有显著变动而不会引起危险的场合,相当于旧国标的 6 级精度公差	机床上法兰盘止口与孔、滑块与滑移齿轮、凹槽等;农业机械、汽车厢体部件及冲压加工的配合零件;钟表制造中不重要的零件,手表制造用的工具及设备中的未注公差尺寸;纺织机械中较粗糙的活动配合,印染机械中要求较低的配合;磨床制造中的螺纹连接及粗糙的活动连接;不作为测量基准用的齿轮顶圆直径公差
IT12	配合精度要求很低,装配后有很大的间隙,适用于基本上没有配合要求的场合。要求较高的未注公差尺寸的极限偏差,比旧国标的 7 级精度公差值稍小	非配合尺寸及工序间尺寸;发动机分离杆;手表制造中工艺装备的未注公差尺寸;计算机行业切削加工中未注公差尺寸的极限偏差;医疗器械中手术刀刀柄的配合;机床制造中扳手孔与扳手座的连接
IT13	应用条件与 IT12 相类似,但比旧国标的 7 级精度公差值稍大	非配合尺寸及工序间尺寸;计算机、打字机中切削加工零件及圆片孔、两孔中心距的未注公差尺寸
IT14	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸,相当于旧国标的 8 级精度公差	在机床、汽车、拖拉机、冶金、矿山、石油化工、电动机、仪器仪表、造船、航空、医疗器械、钟表、自行车、缝纫机、造纸与纺织机械等设备中对切削加工零件未注公差尺寸的极限偏差,多用此等级
IT15	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸,相当于旧国标的 9 级精度公差	冲压件、木模铸造零件、重型机床制造,当尺寸大于 3 150 mm 时的未注公差尺寸
IT16	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸,相当于旧国标的 10 级精度公差	打字机中浇铸件尺寸;无线电制造中箱体外形尺寸;手术器械中的一般外形尺寸公差;压弯延伸加工用尺寸;纺织机械中构件尺寸公差;塑料零件尺寸公差;木模制造和自由锻造尺寸公差
IT17	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸,相当于旧国标的 11 级精度公差	塑料成型尺寸公差;手术器械中的一般外形尺寸公差
IT18	用于非配合尺寸及不包括在尺寸链中的尺寸,相当于旧国标的 12 级精度公差	冷作、焊接尺寸公差

(6)在满足设计要求的前提下,应尽量考虑工艺的可行性和经济性。各种加工方法所能达到的精度公差等级可参照表 1-6。

表 1-6 各种加工方法所能达到的精度公差等级

加工方法	公差等级																	
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
研磨	—	—	—	—	—	—	—											
珩磨						—	—	—	—									
圆磨							—	—	—	—								
平磨							—	—	—	—								
金刚石车							—	—	—									
金刚石镗							—	—	—									
拉削							—	—	—	—								
铰孔								—	—	—	—	—						
车									—	—	—	—	—					
镗									—	—	—	—	—					
铣										—	—	—	—					
刨、插												—	—					
钻												—	—	—	—			
滚压、挤压												—	—					
冲压												—	—	—	—	—		
压铸													—	—	—	—		
粉末冶金成型								—	—	—								
粉末冶金烧结									—	—	—	—						
砂型铸造、气割																		—
锻造																	—	

注：“—”表示可达到的公差等级。

(7)表面粗糙度是影响配合性质的一个重要因素,在选择尺寸公差等级时,应同时考虑表面粗糙度的要求。公差等级与表面粗糙度的对应关系如表 1-7 所示。

表 1-7 公差等级与表面粗糙度的对应关系

公差等级	公称尺寸 /mm	表面粗糙度 <i>Ra</i> 值不大于/ μm		公差等级	公称尺寸 /mm	表面粗糙度 <i>Ra</i> 值不大于/ μm		公差等级	公称尺寸 /mm	表面粗糙度 <i>Ra</i> 值不大于/ μm	
		轴	孔			轴	孔			轴	孔
IT5	≤ 6	0.2	0.2	IT8	≤ 3	0.8	0.8	IT11	≤ 10	3.2	3.2
	$> 6 \sim 30$	0.4	0.4		$> 3 \sim 30$	1.6	1.6		$> 10 \sim 120$	6.3	6.3
	$> 30 \sim 180$	0.8	0.8		$> 30 \sim 250$	3.2	3.2		$> 120 \sim 500$	12.5	12.5
	$> 180 \sim 500$	1.6	1.6		$> 250 \sim 500$	6.3	6.3	IT12	≤ 80	6.3	6.3
IT6	≤ 10	0.4	0.4	IT9	≤ 6	1.6	1.6		$> 80 \sim 250$	12.5	12.5
	$> 10 \sim 80$	0.8	0.8		$> 6 \sim 120$	3.2	3.2		$> 250 \sim 500$	25	25
	$> 80 \sim 250$	1.6	1.6		$> 120 \sim 400$	6.3	6.3				
	$> 250 \sim 500$	3.2	3.2		$> 400 \sim 500$	12.5	12.5				

(续表)

公差等级	公称尺寸/mm	表面粗糙度 Ra 值不大于/ μm		公差等级	公称尺寸/mm	表面粗糙度 Ra 值不大于/ μm		公差等级	公称尺寸/mm	表面粗糙度 Ra 值不大于/ μm	
		轴	孔			轴	孔			轴	孔
IT7	≤ 6	0.8	0.8	IT10	≤ 10	3.2	3.2	IT13	≤ 30	6.3	6.3
	$> 6 \sim 120$	1.6	1.6		$> 10 \sim 120$	6.3	6.3		$> 30 \sim 120$	12.5	12.5
	$> 120 \sim 500$	3.2	3.2		$> 120 \sim 250$	12.5	12.5		$> 120 \sim 500$	25	25

三、配合的选用

1. 配合选择考虑因素

零件的配合选择时主要从以下几个方面考虑。

1) 配合件之间相对运动

- (1) 有相对转动或滑动时,应采用间隙配合。
- (2) 不许有相对运动时,应采用过盈配合。
- (3) 在传递转矩时必须通过键将孔、轴连接起来,采用间隙配合或过渡配合。

2) 间隙和过盈修正

在选择配合时,还应考虑材料力学性能、运动速度高低、所受载荷特性和零件形状误差等,这些都会影响间隙或过盈的性质。

表 1-8 列举了影响间隙或过盈的因素及修正意见,仅供选择配合时参考。

表 1-8 间隙或过盈修正表

具体情况	过盈应增或减	间隙应增或减
材料许用应力小	减	—
有冲击载荷	增	减
工作时孔的温度高于轴的温度	增	减
工作时孔的温度低于轴的温度	减	增
配合长度较大	减	增
零件形状误差较大	减	增
装配时可能歪斜	减	减
旋转速度较高	增	增
有轴向运动	—	增
润滑油黏度较大	—	增
表面粗糙度较大	增	减
装配精度较高	减	减
孔的材料线膨胀系数大于轴的材料	增	减
孔的材料线膨胀系数小于轴的材料	减	增
单件小批生产	减	增

3) 工作时的温度变化

工作时的温度与装配时的温度相差比较大,在选择配合时必须充分考虑装配间隙或过盈的变化,如钢制气缸孔工作温度 $t_D = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$,铝合金活塞轴工作温度 $t_d = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$,考虑到线膨胀系数 α_d 、 α_D 不同,要加上铝合金活塞轴的热胀冷缩增量进行分析。

4) 配合件定心要求

当定心要求比较高时,应采用过渡配合,如滚动轴承与轴颈的配合。

5) 装配变形对配合性质的影响

与壳体孔过盈配合的薄壁筒形零件,在装配时容易产生变形。例如,轴套与壳体孔的配合需要有一定过盈,以便轴套固定;轴套内孔与轴颈的配合要保证有一定的间隙。轴套在压入壳体孔后,轴套内孔在压力下会产生收缩变形,使孔径缩小,导致轴套内孔与轴颈的配合性质发生变化,使机构不能正常工作。在这种情况下要选择较松的配合,以补偿装配变形对间隙的减少量。另外,也可以采取一定的工艺措施改善配合,如轴套内孔的尺寸留下一定的余量,先将轴套压入壳体孔,再加工内孔。

6) 应尽量选用优先配合

为了保证配合的种类一致性,GB/T 1800.1—2020 同时规定了基孔制、基轴制优先选用的配合,生产实际中尽量从优先项选取就可满足普通工程机构需要。这种选择可避免工具(如铰刀)和量具不必要的多样性。

这两种配合制对于零件的功能没有技术性的差别,因此应基于经济因素选择配合制。通常情况下,应优先选择基孔制 20 种配合,如图 1-23 所示。基轴制配合仅用于那些特定应用中,可以优先从带来切实经济利益的 21 种中选用(见图 1-24),如需要在没有加工的拉制钢棒的单轴上安装几个具有不同偏差的孔的零件。

基准孔	轴公差带代号														
	间隙配合					过渡配合					过盈配合				
H6	g5 h5					js5 k5 m5	n5 p5								
H7	f6 g6 h6					js6 k6 m6	n6	p6 r6 s6	t6 u6 x6						
H8	e7 f7 h7					js7 k7 m7	s7 u7								
	d8 e8 f8 h8														
H9	d8 e8 f8 h8														
H10	b9 c9	d9	e9	h9											
H11	b11 c11	d10	h10												

图 1-23 基孔制优先配合

基准轴	孔公差带代号														
	间隙配合					过渡配合				过盈配合					
h5	G6 H6					JS6 K6 M6	N6 P6								
h6	F7 G7 H7					JS7 K7 M7	N7	P7 R7 S7 T7 U7 X7							
h7	E8 F8 H8														
h8	D9	E9	F9	H9											
h9	E8 F8 H8														
	D9	E9	F9	H9											
	B11	C10	D10	H10											

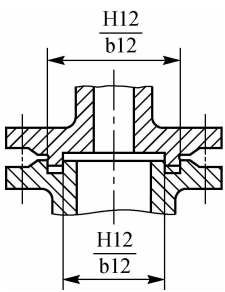
图 1-24 基轴制优先配合

当优先和常用配合都不能满足要求时,可由孔、轴的一般公差带自行组合。表 1-9 给出了优先选用的说明,表 1-10 给出了基孔制配合的应用实例,供学习和工程实践中参考。

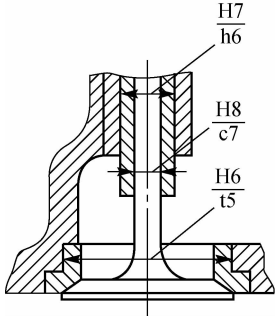
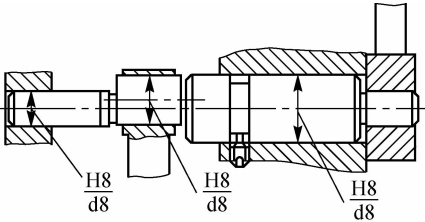
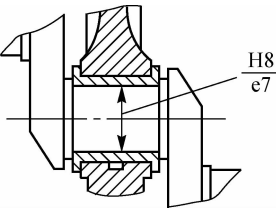
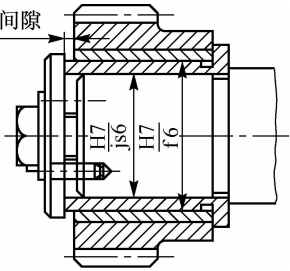
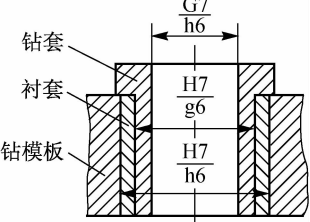
表 1-9 优先配合选用说明

优先配合		说 明
基 孔 制	基 轴 制	
H11/c11		间隙非常大,用于很松的、转动很慢的动配合,要求大公差与大间隙的外露组件,要求装配方便的、很松的配合
	D9/h9	间隙很大的自由转动配合,用于精度要求不高或温度变动很大、转速高或轴颈压力大的配合部位
H8/f7	F8/h7	间隙不大的转动配合,用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动,也用于装配比较容易的中等定位配合
H7/g6	G7/h6	间隙很小的滑动配合,用于不希望自由转动,但可以自由移动和滑动并精密定位的配合,也可以用于要求明确的定位配合
H7/h6、 H8/h7、 H9/h9、	H7/h6、 H8/h7、 H9/h9、	均为间隙定位配合,零件可自由装拆,而工作时一般相对静止不动。在最大实体条件下的间隙为零,在最小实体条件下的间隙由公差等级决定
H7/k6	K7/h6	过渡配合,用于精密定位
H7/n6	N7/h6	过渡配合,允许有较大过盈的精密定位
H7/p6	P7/h6	过盈定位配合,即小过盈配合,用于定位精度特别重要,而对内孔承受压力无特殊要求,不依靠配合的紧固性传递摩擦负载,能以最好的定位精度达到部件的刚性要求和对中性要求
H7/s6	S7/h6	中等压力压入配合,适用于一般钢件,或用于薄壁件的冷缩配合,用于铸铁件可得到最紧的配合

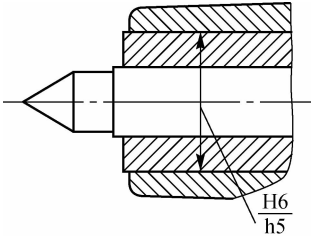
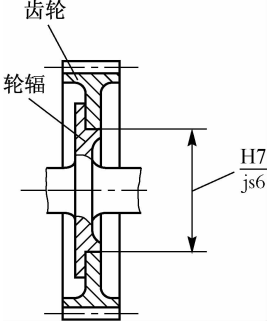
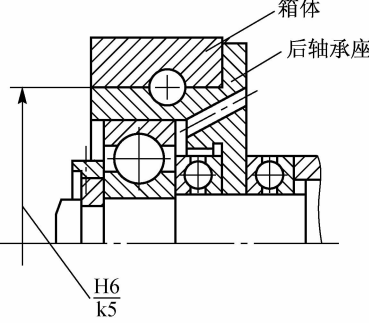
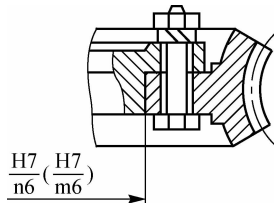
表 1-10 基孔制配合应用实例

配 合	基本偏差	配合特性	应用实例
间隙配合	a、b	可得到特别大的间隙,很少应用	 管道法兰连接用的配合

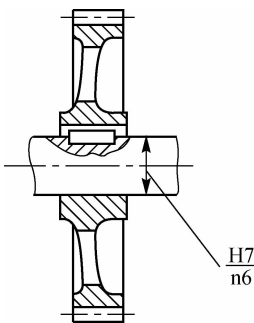
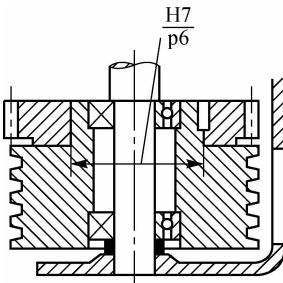
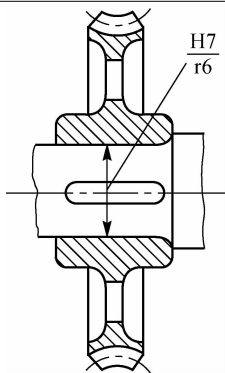
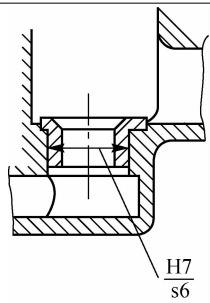
(续表)

配合	基本偏差	配合特性	应用实例
间隙配合	c	可得到较大的间隙,一般适用于缓慢、松弛的动配合。用于工作条件较差(如农业机械),受力变形,或为了便于装配而必须保证有较大的间隙时的配合,推荐配合为 H11/c11。其较高等级的配合适用于轴在高温工作的紧密动配合,例如,内燃机排气阀和导管的配合 H8/c7	 内燃机排气阀和导管的配合
	d	一般用于 IT7~IT11 级,适用于松的转动配合,如密封盖、滑轮、空转带轮等与轴的配合,也适用于大直径滑动轴承配合,如透平机、球磨机、滚轧成型和重型弯曲机,以及其他重型机械中的一些滑动轴承	 C616 车床尾座中偏心轴与尾座体孔的结合
	e	用于 IT7~IT9 级,通常适用于要求有明显间隙、易于转动的支承配合,如大跨距支承、多支点支承等配合。高等级的 e 轴适用于高速、重载支承,如涡轮发电机、大功率电动机及内燃机的主要轴承、凸轮轴支承、摇臂支承等处的配合	 内燃机主轴承
	f	多用于 IT6~IT8 级的一般转动配合,当温度影响不大时,被广泛用于普通润滑油(或润滑脂)润滑的支承,如齿轮箱、小电动机、泵等的转轴与滑动轴承的配合	 轴承配合
	g	配合间隙很小,制造成本高,除很轻负载的精密装置外,不推荐用于转动配合。多用于 IT5~IT7 级,最适合不回转的精密滑动配合,也用于插销等定位配合,如精密连杆轴承、活塞及滑阀、连杆销等处的配合	 钻套与衬套的配合

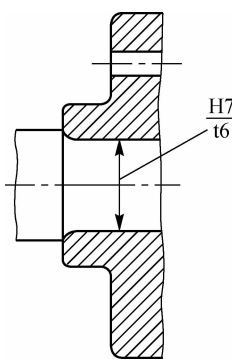
(续表)

配合	基本偏差	配合特性	应用实例
间隙配合	h	多用于 IT4~IT11 级,广泛用于无相对转动的零件,作为一般的定位配合。若没有温度变形影响,也可用于精密滑动轴承的配合	 H6/h5 车床尾座体孔与顶尖套筒的配合
过渡配合	js	为完全对称偏差 ($\pm IT_n/2$),平均状态为稍有间隙的配合,多用于 IT4~IT7 级,要求间隙比 h 轴小,并允许略有过盈的定位配合,如联轴器的配合,可用手或木槌装配	 齿轮 轮辐 H7/js6 齿轮内圈与钢轮辐的配合
	k	平均状态为没有间隙的配合,适用于 IT4~IT7 级,推荐用于稍有过盈的定位配合,一般用木槌装配,如为了消除振动用的定位配合	 箱体 后轴承座 H6/k5 某车床主轴后轴承座与箱体孔的配合
	m	平均过盈量较小的过渡配合。适用于 IT4~IT7 级,一般可用木槌装配,当过盈量最大时,要用小压力压入	 H7/n6 (H7/m6) 蜗轮青铜轮缘与铸铁轮辐的配合

(续表)

配合	基本偏差	配合特性	应用实例
过盈配合	n	平均过盈比 m 轴稍大, 很少有间隙, 适用于 IT4~IT7 级, 用木槌或压力机装配, 推荐用于紧密组件的配合, H6/n5 为过盈配合	 冲床齿轮与轴的配合
	p	与 H6 或 H7 的孔配合时是过盈配合, 与 H8 的孔配合时则为过渡配合。非铁制零件为较轻的压入配合, 易于拆卸。铸铁或钢组件装配是标准压入配合	 卷扬机的绳轮与齿轮内圈的配合
	r	铁制零件为中等压力压入配合, 非铁制零件为轻压入的配合, 可以拆卸。与 H8 孔配合, 直径大于 100 mm 时为过盈配合, 直径小于 100 mm 时为过渡配合	 蜗轮与轴的配合
	s	用于钢和铁制零件的永久性和半永久性装配, 可产生相当大的结合力。当用弹性材料, 如轻合金时, 配合性质与铁制零件的 p 轴相当。例如, 套环压装在轴上、阀座等配合。尺寸较大时, 为了避免损伤配合表面, 需用热套法或冷轴法装配	 水泵阀座与壳体的配合

(续表)

配合	基本偏差	配合特性	应用实例
过盈配合	t、 u、 v、 x、 y、 z	过盈量依次增大,除 u 外,一般不推荐	 联轴器与轴的配合

7) 生产批量大小

(1) 大批量生产时,通常采用调整法加工。如在自动机上加工一批轴件和一批孔件时,将刀具位置调至被加工零件的公差带中心,这样加工出的零件尺寸大多数处于极限尺寸的平均值附近,它们形成的配合松紧趋中。

(2) 在单件小批生产时,多用试切法加工。在实际加工过程中,由于工人存在担心出废品的心理,因而当零件的尺寸刚刚由 $D_{\max}/d_{\max}$ 最大实体尺寸一方进入公差带内时,工人就立即停车不再加工,这样多数零件的实际尺寸分布在最大实体尺寸一方,由它们形成的配合也就趋紧。

在选择配合时,一定要根据以上情况适当调整,以满足配合性质的要求。

2. 用类比法选择配合

类比法就是根据所设计机器的使用要求,参照同类型机器中所用的配合,加以修正来确定配合的一种方法。

类比法简便实用,目前在生产实际中被普遍采用。但是注意在选择配合时,一定要查明各种情况,然后在此基础上进行适当修正,切不可生搬硬套。



思政课堂

大国工匠——配件班班长李盛强

曾获得火车头奖章的中车株洲电力机车有限公司电气设备分公司的配件班班长李盛强,是个爱动脑筋、敢想敢干的装配钳工高级技师。高压接地球形座产品的加工一直以来都是令人头疼的问题。因为钻孔深度深、孔的直径小,在加工过程中经常断钻头,或钻出的孔飘斜,导致加工质量无法保证,每批次产品都有报废的,多次改进都未能完全解决问题。李盛强积极研究,利用自己的技能知识,在球形座钻模上大胆改革,最终解决了这一存在多年的难题。此项技术改革获得了湖南省总工会铜点子奖。

四、线性尺寸的一般公差

构成零件的所有几何要素总是具有一定的尺寸和几何形状。由于尺寸误差和几何特征(形状、方向、位置)误差的存在,为保证零件的使用功能就必须对它们加以限制,否则将会损害其功能。

对功能上无特殊要求的要素可给出一般公差。一般公差可应用在线性尺寸、角度尺寸、形状和位置等几何要素上。为了明确而统一地处理这类尺寸的公差要求问题,国家标准 GB/T 1804—2000 规定了线性尺寸一般公差的等级和极限偏差。

线性尺寸和角度尺寸的一般公差是指在车间普通工艺条件下,机床设备可保证的尺寸公差。在正常维护和操作情况下,它代表车间正常的加工精度。

线性尺寸的一般公差主要用于较低精度的非配合尺寸。采用一般公差的线性尺寸,在正常车间加工精度得到保证的条件下,一般可不用检验。

线性尺寸的一般公差规定了 4 个公差等级,即 f(精密级)、m(中等级)、c(粗糙级)、v(最粗级)。每个公差等级都规定了相应的极限偏差,线性尺寸的极限偏差数值见附表 1-4;倒圆半径和倒角高度尺寸的极限偏差数值见附表 1-5。

规定图样上线性尺寸的未注公差时,应考虑车间的一般加工精度,由相应的技术文件或标准做出具体的规定。

采用 GB/T 1804—2000 规定的一般公差,应在图样标题栏附近或技术要求、技术文件(如企业标准)中注出本标准号及公差等级代号。例如,选用中等级时,标注为 GB/T 1804—m。

该标准规定的线性尺寸未注公差,适用于金属切削加工的尺寸,也适用于一般冲压加工的尺寸。非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸可参照采用。

五、极限与配合国家标准的应用

正确合理地选择和应用极限与配合是机械设计中的关键环节,是关系到产品使用性能和制造成本的一项重要工作。几乎所有机器中的零件连接都少不了孔、轴结合的形式,这种结合的意义不仅在于把零件组装到一起,更重要的是要保证机器的正常工作。为此,孔、轴的结合特性应与机器的使用要求相适应,这也是孔、轴的极限与配合的含义。如果极限与配合选用不当,将会影响机器的使用性能,甚至不能正常工作。例如,测绘制造的机械产品,其所用的材料、零件的尺寸和结构形状完全与原机械产品一样,但使用性能远不及原机械产品优良。只有经过反复试验,修改所选用的公差与配合后,产品的技术性能才能达到原机械产品的水平。这样的实例在生产实践中是经常遇到的。

极限与配合国家标准的应用主要是两个方面的内容:一是根据产品使用性能要求所提出的极限间隙(或极限过盈),设计者选择适当的公差配合,即确定配合代号;二是工艺人员根据图样上的配合代号,通过查表确定孔、轴的极限偏差和零件的公差数值,以便合理地确定工艺系统和工艺过程。

1. 根据极限间隙(或极限过盈)确定公差与配合

根据极限间隙(或极限过盈)确定公差与配合的步骤如下。

1) 由极限间隙(或极限过盈)求配合公差 T_f

配合公差 T_f 的计算公式为

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

2) 根据配合公差 T_f 求孔、轴公差

由式(1-6)可知,查标准公差数值表(附表 1-1),即可得到孔、轴的公差等级。如果在公差表中找不到两个相邻或相同等级且公差之和恰为配合公差的孔、轴公差等级,则可通过计算确定孔、轴的公差等级,计算公式为

$$IT_D + IT_d \leq T_f \quad (1-7)$$

式中, IT_D 为孔的标准公差值, IT_d 为轴的标准公差值。

同时考虑到孔、轴精度匹配和工艺等价原则,孔和轴的公差等级应相同或孔比轴低一级,切不可为满足式(1-7)要求的关係而用任意两个公差等级进行组合。

3) 确定基准制

选择时应从结构、工艺、经济等方面来综合考虑确定。

4) 由极限间隙(或极限过盈)确定非基准件的基本偏差代号

(1) 基孔制配合中非基准件的基本偏差代号的确定如下。

① 间隙配合轴的基本偏差为上极限偏差 es , 且为负值, 其公差带在零线以下, 如图 1-25 所示。由图 1-25 可知, 轴的基本偏差 $|es| = X_{\min}$ 。由 $X_{\min}$ 查轴的基本偏差表便可得到轴的基本偏差代号。

② 过盈配合轴的基本偏差为下极限偏差 ei , 且为正值, 其公差带在零线以上, 如图 1-26 所示。由图 1-26 可知, 轴的基本偏差 $|ei| = ES + |Y_{\min}|$ 。根据计算结果查轴的基本偏差表便可得到轴的基本偏差代号。

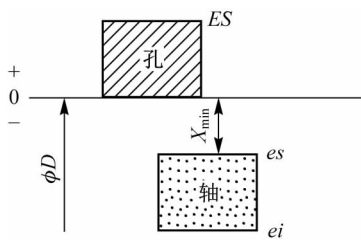


图 1-25 基孔制间隙配合的孔、轴公差带图

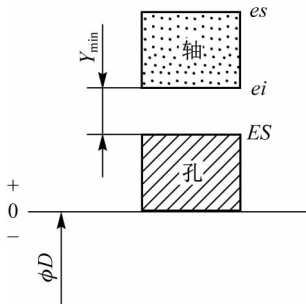


图 1-26 基孔制过盈配合的孔、轴公差带图

③ 过渡配合轴的基本偏差为下极限偏差。但从轴的基本偏差表可以看出, 其值有正有负, 有时也为零, 如图 1-27 所示。由图 1-27 可知, 轴的基本偏差均为 $ei = ES - X_{\max} = T_D - X_{\max}$ (也可直接计算轴的上极限偏差 $es = |Y_{\max}|$ 和下极限偏差 $ei = T_D - X_{\max}$, 根据基本偏差的概念选取)。

当根据已知条件计算出轴的基本偏差数值而查取轴的基本偏差代号时, 如果表中没有哪一个代号的数值与计算出的数值相同, 则应按下述原则近似地选取一个代号。

对于间隙配合或过盈配合

$$X'_{\min} \geq X_{\min} \text{ 或 } |Y'_{\min}| \geq |Y_{\min}|$$

对于过渡配合

$$X'_{\max} \leq X_{\max}$$

式中, $X'_{\min}$ 、 $Y'_{\min}$ 和 $X'_{\max}$ 分别为由所取基本偏差代号形成的最小间隙、最小过盈和最大间隙。

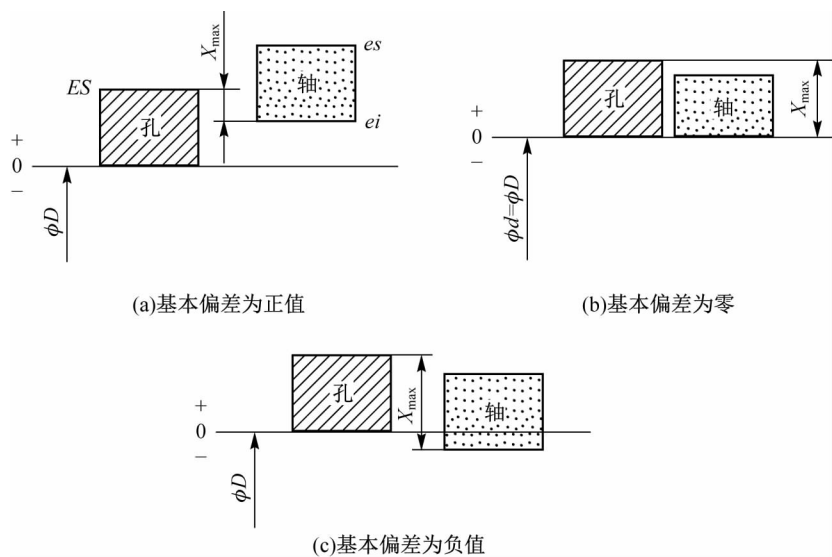


图 1-27 基孔制过渡配合的孔、轴公差带图

(2) 基轴制配合中非基准件的基本偏差代号的确定如下。

① 间隙配合孔的基本偏差为下极限偏差, 且为正值, 其公差带在零线以上, 如图 1-28 所示。根据孔的基本偏差 $EI = X_{\min}$ 查取孔的基本偏差代号。

② 过盈配合孔的基本偏差为上极限偏差, 且为负值, 其公差带在零线以下, 如图 1-29 所示。孔的基本偏差为 $ES = Y_{\min} + ei$ 。可按计算出的 ES 查孔的基本偏差表, 获取孔的基本偏差代号。

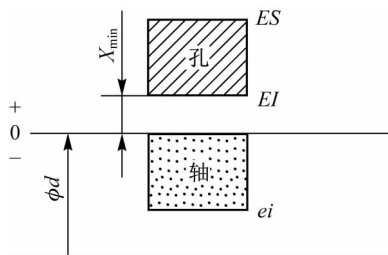


图 1-28 基轴制间隙配合的孔、轴公差带图

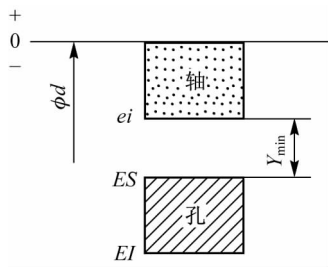


图 1-29 基轴制过盈配合的孔、轴公差带图

③ 过渡配合孔的基本偏差为上极限偏差, 但其值有正也有负, 有时也为零, 如图 1-30 所示。由图可知, 孔的基本偏差为 $ES = X_{\max} - T_d$ 。按计算出的 ES 值查孔的基本偏差表, 即可获得孔的基本偏差代号。

当取近似代号时, 所遵守的原则与基孔制相同。

5) 验算极限间隙或极限过盈

首先按孔、轴的标准公差计算出另一极限偏差, 然后按所取的配合代号计算极限间隙或极限过盈, 检验计算结果是否符合由已知条件限定的极限间隙或极限过盈。如果验算结果不符合设计要求, 可采用更换基本偏差代号或变动孔、轴公差等级的方法来改变极限间隙或极限过盈的大小, 直至所选用的配合符合实际要求为止。

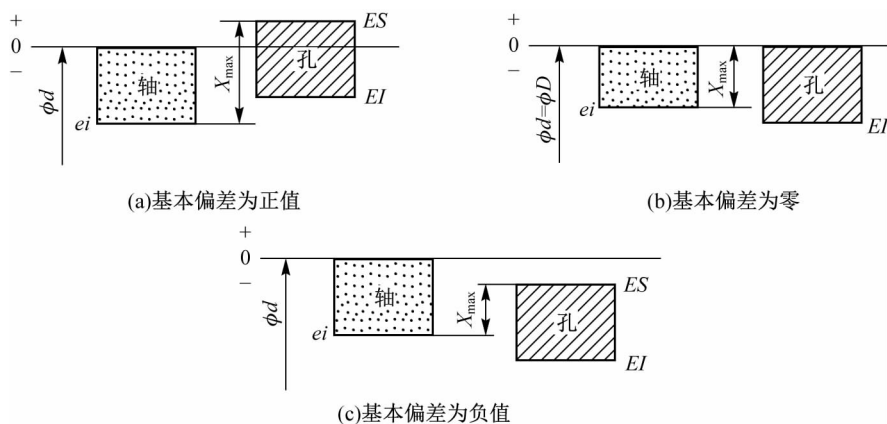


图 1-30 基轴制过渡配合的孔、轴公差带图

例 1-7 孔、轴的公称尺寸为 $\phi 30$ mm, 要求配合间隙为 $X_{\min} = +20 \mu\text{m}$, $X_{\max} = +55 \mu\text{m}$ 。试确定公差配合。

解 (1) 计算配合公差。

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = (55 - 20) \mu\text{m} = +35 \mu\text{m}$$

(2) 查附表 1-1 确定孔、轴的公差等级。

$$IT_7 + IT_6 = (21 + 13) \mu\text{m} = 34 \mu\text{m} < 35 \mu\text{m}$$

故孔用 IT7, 轴用 IT6。

(3) 假定采用基孔制。

(4) 查轴的基本偏差代号。

根据 $es = -X_{\min} = -20 \mu\text{m}$, 查附表 1-2 确定轴的基本偏差代号为 f。

(5) 验算极限间隙。

先画出孔、轴公差带图(见图 1-31), 并计算出孔、轴的其他各极限偏差, 可得

$$X'_{\min} = +20 \mu\text{m}, \quad X'_{\max} = +54 \mu\text{m}$$

故所选配合 $\phi 30\text{H}7/\text{f}6$ 是合适的。

请读者考虑采用基轴制时的公差配合。

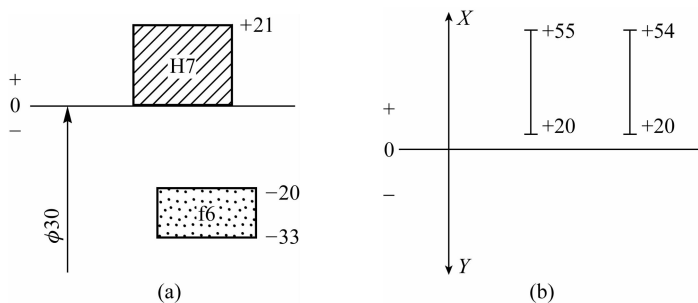


图 1-31 例 1-7 图

例 1-8 孔、轴的公称尺寸为 $\phi 30$ mm, 配合要求为 $Y_{\min} = -26 \mu\text{m}$, $Y_{\max} = -63 \mu\text{m}$ 。试确定公差配合。

解 (1) 计算配合公差。

$$T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = [-26 - (-63)] \mu\text{m} = +37 \mu\text{m}$$

(2)查附表 1-1 确定孔、轴的公差等级。

$$IT7 + IT6 = (21 + 13) \mu\text{m} = 34 \mu\text{m} < 37 \mu\text{m}$$

故孔用 IT7, 轴用 IT6。

(3)假定采用基轴制。

(4)查孔的基本偏差代号。

因为这是一个过盈配合, 所以孔的基本偏差应为上极限偏差, 即为

$$ES = Y_{\min} + ei = [-26 + (-13)] \mu\text{m} = -39 \mu\text{m}$$

查孔的基本偏差数值表(附表 1-3)可得孔的基本偏差代号为 U(其值为 $-41 \mu\text{m}$)。

(5)验算极限过盈。

先画出孔、轴公差带图, 如图 1-32 所示, 并计算出孔、轴的其他各极限偏差, 可得

$$Y'_{\min} = -27 \mu\text{m}, \quad Y'_{\max} = -61 \mu\text{m}$$

符合设计要求, 所以选取的配合代号为 $\phi 30 \text{U7/h6}$ 。

请读者考虑采用基孔制时的公差配合。

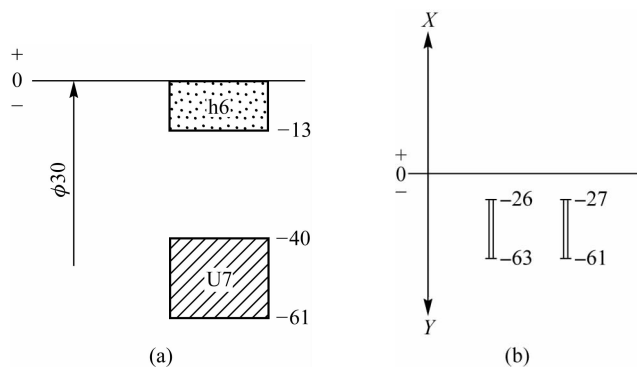


图 1-32 例 1-8 图

例 1-9 孔、轴的公称尺寸为 $\phi 30 \text{ mm}$, 配合要求为 $X_{\max} = +20 \mu\text{m}$, $Y_{\max} = -16 \mu\text{m}$ 。试确定公差配合。

解 (1)计算配合公差。

$$T_f = X_{\max} - Y_{\max} = [20 - (-16)] \mu\text{m} = +36 \mu\text{m}$$

(2)查附表 1-1 确定孔、轴的公差等级。

$$IT7 + IT6 = (21 + 13) \mu\text{m} = 34 \mu\text{m} < 36 \mu\text{m}$$

故孔用 IT7, 轴用 IT6。

(3)假定采用基孔制。

(4)查轴的基本偏差代号。

因为已知条件给定的是最大间隙和最大过盈, 所以这是一个过渡配合。轴的基本偏差为下极限偏差, 其值为

$$ei = T_D - X_{\max} = (21 - 20) \mu\text{m} = +1 \mu\text{m}$$

查轴的基本偏差数值表(附表 1-2)可取轴的基本偏差代号为 k(其值为 $2 \mu\text{m}$)。

(5)验算最大间隙和最大过盈。

先画出孔、轴公差带图, 如图 1-33 所示, 并计算出孔、轴的其他各极限偏差。经验算

可得

$$X'_{\max} = +19 \mu\text{m}, \quad Y'_{\max} = -15 \mu\text{m}$$

符合设计要求,所以选取的配合代号为 $\phi 30\text{H}7/\text{k}6$ 。

请读者考虑采用基轴制时的公差配合。

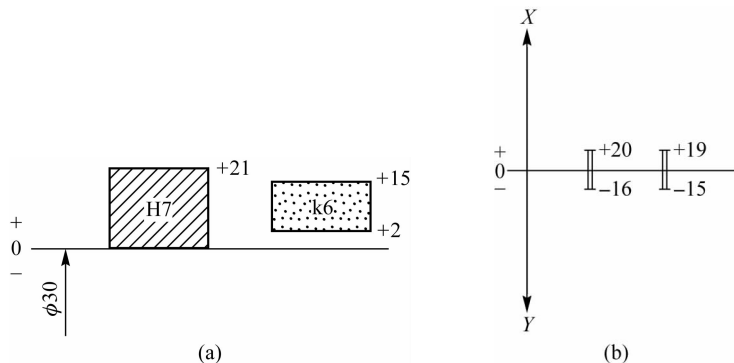


图 1-33 例 1-9 图

2. 根据配合代号确定孔、轴的公差和极限偏差

工艺人员在制定工艺过程时,必须根据图样给定的配合代号求得孔、轴的公差和极限偏差。其步骤如下。

- (1) 根据孔、轴公差等级查标准公差值。
- (2) 查非基准件的基本偏差值。
- (3) 计算另一极限偏差的数值。
- (4) 画公差带图,并计算极限间隙或极限过盈和配合公差。

例 1-10 已知某孔、轴的配合代号为 $\phi 30\text{H}7/\text{t}6$,试确定孔、轴的公差和极限偏差。

解 (1) 根据孔、轴公差等级查附表 1-1,得

$$\text{IT}7 = 21 \mu\text{m}, \text{IT}6 = 13 \mu\text{m}$$

(2) t 为非基准件的基本偏差(下极限偏差)代号,查附表 1-2 得其数值 $ei = +41 \mu\text{m}$ 。

(3) 根据(1)(2)可得孔、轴的另一极限偏差为

$$ES = EI + \text{IT}7 = +21 \mu\text{m}, es = ei + \text{IT}6 = +54 \mu\text{m}$$

(4) 画公差带图,如图 1-34 所示。由公差带图可知这是一个过盈配合。

$$Y_{\min} = ES - ei = -20 \mu\text{m}$$

$$Y_{\max} = EI - es = -54 \mu\text{m}$$

配合公差为

$$T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = 34 \mu\text{m}$$

工艺人员可根据孔、轴公差数值和极限偏差数值选择加工设备,制定工艺过程。

车床尾座装配识读练习:通过分析确定图 1-35 所示 C6132 型车床尾座有关部位的配合选择。

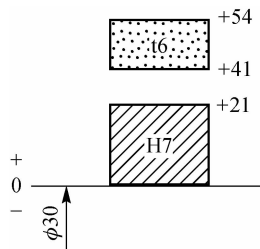


图 1-34 例 1-10 图

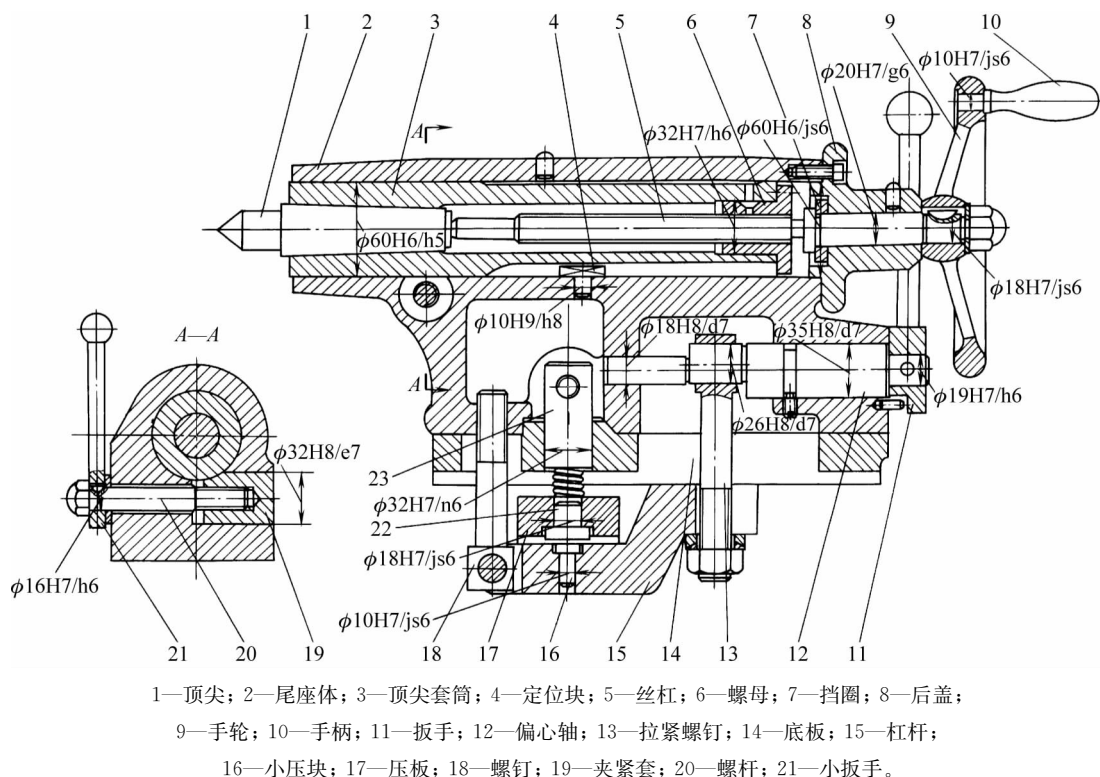


图 1-35 车床尾座装配图



技能训练

实训一 外圆和长度测量

一、实训任务

用游标卡尺和千分尺测量零件的尺寸。

二、实训步骤

1. 游标卡尺的使用

- (1) 将零件被测表面和游标卡尺的测量面擦干净。
- (2) 校对游标卡尺的零位,若零位不能对正,记下此时的数值,测量后将零件的各测量数值减该数值即为零件尺寸。
- (3) 用游标卡尺测量标准量块,根据测量数值掌握游标卡尺量爪和工件接触的松紧程度。
- (4) 根据零件的图纸标注要求选择合适的游标卡尺和深度游标卡尺。
- (5) 若测量外圆,应在圆柱体不同截面、不同方向测量 3~5 次,记下读数;若测量长度,可沿圆周位置测量几次,记录读数。

- (6) 测量外圆时,可用不同分度值的计量器具测量,对结果进行比较,判断测量的准确性。
 (7) 剔除粗大误差的实测值后,将其余数据取平均值并和图纸要求比较,判断其合格性。

2. 千分尺的使用

- (1) 将零件被测表面和千分尺的测量面擦干净。
- (2) 校对外径千分尺的零位。
- (3) 根据零件的图纸标注要求选择合适规格的千分尺。
- (4) 如果测量外圆,应在圆柱体不同截面、不同方向测量 3~5 次,记下读数;若测量长度,可沿圆周位置测量几次,记录读数。
- (5) 剔除粗大误差的实测值后,将其余数据取平均值并和图纸要求比较,判断其合格性。

实训二 判断活塞和气缸的配合类型并完成尺寸偏差设计

一、实训任务

图 1-36 所示为铝合金活塞和钢制气缸装配图,要求间隙为 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$,缸径为 $\phi 135 \text{ mm}$,气缸孔工作温度 $t_D = 110^\circ \text{C}$,活塞轴工作温度 $t_d = 180^\circ \text{C}$,活塞和气缸材料的线膨胀系数分别是 $\alpha_D = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_d = 24 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 。设计符合尺寸精度要求的活塞轴和气缸孔尺寸偏差。

二、实训步骤

- (1) 确定基准制,优先选用基孔制。
- (2) 遵守工艺等价原则,确定孔、轴公差等级。按照公称尺寸小于或等于 500 mm 时,孔的公差等级比轴要低一级,选定气缸 8 级,活塞 7 级,符合工程精度要求: $T_f = X_{\max} - X_{\min} = (0.2 - 0.1) \text{ mm} = 0.1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m}$ 。
- (3) 计算由热变形引起的间隙变化量。计算公式为
$$\Delta L = L[\alpha_1(t_1 - 20^\circ \text{C}) - \alpha_2(t_2 - 20^\circ \text{C})]$$
- (4) 确定轴的基本偏差。根据 $X_{\min} = EI - es$, $T_d = es - ei$, 确定 es, ei , 并将热补偿量考虑进去。考虑到 $t_d > t_D$, $\alpha_d > \alpha_D$, 故对轴需要增加 ΔL 。

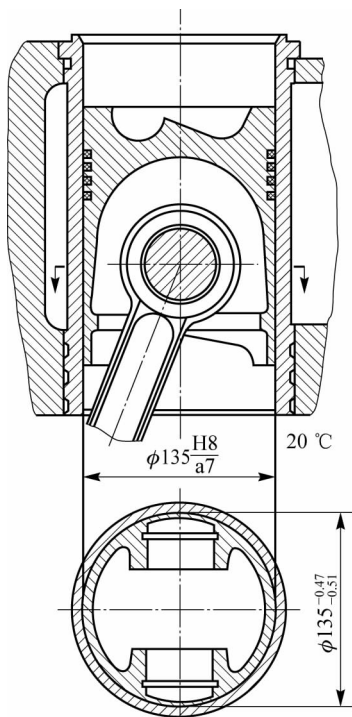


图 1-36 铝合金活塞和钢制气缸装配图

实训三 分析新型对数螺线型面连接的配合性质并判断配合代号

一、实训任务

分析确定图 1-37 所示对数螺线型面连接轴(新型连接技术,《对数螺线轴 $\alpha=16.284$ 在普通车床的应用》专利号:2011103119765.8)和图 1-38 所示对数螺线型面连接孔的无键连接配合性质,并查表确定配合代号。

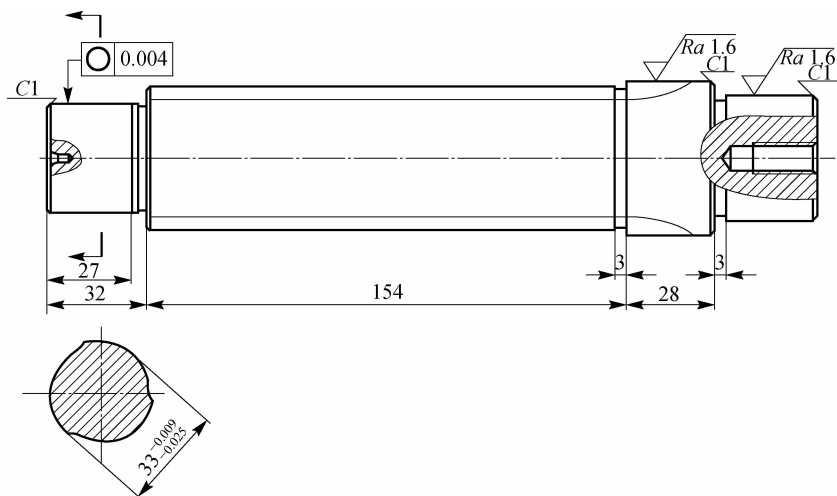


图 1-37 新型对数螺线型面连接轴

二、实训步骤

- (1) 读懂图 1-37 所示新型对数螺线型面连接轴的结构,确定其尺寸精度。
- (2) 读懂图 1-38 所示新型对数螺线型面连接孔的结构,确定其尺寸精度。
- (3) 分别根据对数螺线型面连接轴和对数螺线型面连接孔的尺寸精度查表确定公差代号,画出公差带图,确定配合性质。

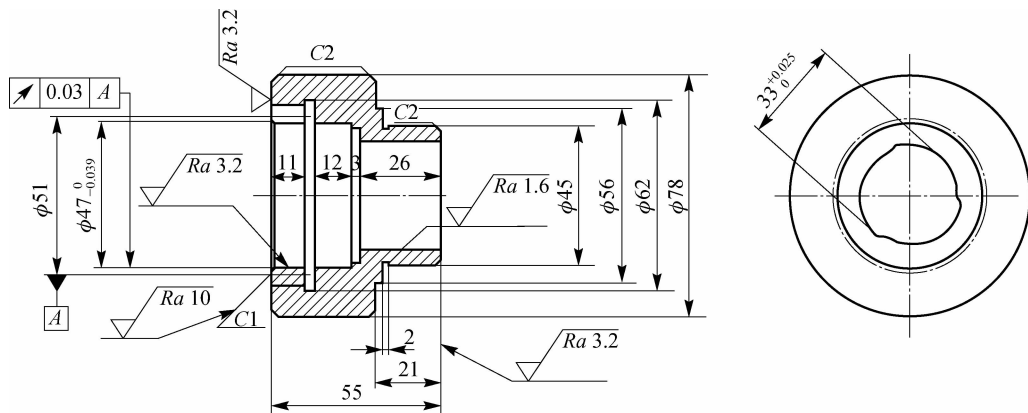


图 1-38 新型对数螺线型面连接孔



思考与练习

1. 零件的实际尺寸越接近其公称尺寸,是否表示它们的精度就越高? 为什么?
2. 一批零件的尺寸公差为 0.025 mm,完工后经检测发现,这批零件的实际尺寸最大与最小之差为 0.020 mm。能否说明这批零件的尺寸都合格? 为什么?
3. 按 $\phi 50H7$ 加工一批零件,完工后经检测知道,最大的实际尺寸为 50.03 mm,最小的实际尺寸为 50.01 mm。这批零件的尺寸是否都合格? 为什么?
4. 什么是一般公差? 在图样中如何标注?
5. 查表计算下列配合的极限间隙或极限过盈,并画出孔、轴公差带图,说明各属于哪种配合。
 - (1) $\phi 20H8/f7$ 。
 - (2) $\phi 18H7/r6$ 。
 - (3) $\phi 50K7/h6$ 。
 - (4) $\phi 40H7/js6$ 。
 - (5) $\phi 30T7/h6$ 。
 - (6) $\phi 25H7/p6$ 。
6. 按下列条件确定公差配合,并写出配合代号。
 - (1) $D(d)=\phi 30$ mm, $X_{\min}=107$ μm , $T_f=44$ μm 。
 - (2) $D(d)=\phi 50$ mm, $T_f=44$ μm , $ei=+9$ μm 。
 - (3) $D(d)=\phi 20$ mm, $Y_{\max}=-48$ μm , $ei=+35$ μm , $ES=+21$ μm 。
 - (4) $D(d)=\phi 45$ mm, $es=0$, $T_D=25$ μm , $Y_{\max}=-50$ μm , $Y_{\min}=-9$ μm 。
 - (5) $D(d)=\phi 25$ mm, $EI=0$, $T_d=13$ μm , $X_{\max}=+74$ μm , $X_{\min}=+40$ μm 。
 - (6) $D(d)=\phi 15$ mm, $EI=0$, $T_d=11$ μm , $Y_{\max}=-12$ μm , $X_{\max}=+17$ μm 。
7. 更正下列标注的错误。
 - (1) $\phi 60 \begin{smallmatrix} -0.052 \\ 0.033 \end{smallmatrix}$ 。
 - (2) $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}$ 。
 - (3) $\phi 50 \frac{f7}{H8}$ 。
 - (4) $\phi 60H8 \begin{smallmatrix} +0.032 \\ 0 \end{smallmatrix}$ 。
8. 根据已经提供的数据填写表 1-11 的空白处。

表 1-11 数据表

序 号	公称尺寸/mm	极限尺寸/mm	极限偏差/ μm	公差值/ μm	尺寸标注/mm
1	轴 $\phi 30$		$es=-20$ $ei=-33$		
2	轴 $\phi 40$				$\phi 40 \begin{smallmatrix} -0.009 \\ -0.034 \end{smallmatrix}$
3	轴 $\phi 50$	50.015 49.990			
4	孔 $\phi 60$		$ES=$ $EI=0$	60	

(续表)

序 号	公称尺寸/mm	极限尺寸/mm	极限偏差/ μm	公差值/ μm	尺寸标注/mm
5	孔 $\phi 70$	70.015 69.985			
6	孔 $\phi 80$		$ES=$ $EI=+36$	35	

9. 判断下列两个孔哪个精度高。
 $\phi 20 \pm 0.01$ 、 $\phi 130^{+0.039}_{+0.014}$ 。
10. 根据哪些因素来考虑对配合松紧的修正？

附 表 1

附表 1-1 公差尺寸至 3 150 mm 的标准公差数值(摘自 GB/T 1800.1—2020)

公称尺寸/mm		标准公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	标准公差数值																			
		μm													mm						
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1 000	1 250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注：1. 公称尺寸大于 500 mm 的 IT5~IT1 的标准公差数值为试行的。
2. 公称尺寸小于或等于 1 mm 时，无 IT18~IT14。

附表 1-2 轴的基本偏差数值

单位: μm

公称尺寸 /mm		基本偏差数值													下极限偏差 ei		
		上极限偏差 es													IT5 和 IT6		
大于	至	所有公差等级													IT6	IT7	IT8
		a ^a	b ^a	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			
—	3	−270	−140	−60	−34	−20	−14	−10	−6	−4	−2	0	偏差=±IT _n /2, 式中, <i>n</i> 是标准公差等级数	−2	−4	−6	
3	6	−270	−140	−70	−46	−30	−20	−14	−10	−6	−4	0		−2	−4		
6	10	−280	−150	−80	−56	−40	−25	−18	−13	−8	−5	0		−2	−5		
10	14	−290	−150	−95	−70	−50	−32	−23	−16	−10	−6	0		−3	−6		
14	18																
18	24	−300	−160	−110	−85	−65	−40	−25	−20	−12	−7	0		−4	−8		
24	30																
30	40	−310	−170	−120	−100	−80	−50	−35	−25	−15	−9	0		−5	−10		
40	50	−320	−180	−130													
50	65	−340	−190	−140		−100	−60		−30		−10	0		−7	−12		
65	80	−360	−200	−150													
80	100	−380	−220	−170		−120	−72		−36		−12	0		−9	−15		
100	120	−410	−240	−180													
120	140	−460	−260	−200					−43		−14	0		−11	−18		
140	160	−520	−280	−210													
160	180	−580	−310	−230										−13	−21		
180	200	−660	−340	−240													
200	225	−740	−380	−260		−170	−100		−50		−15	0		−16	−26		
225	250	−820	−420	−280													
250	280	−920	−480	−300		−190	−110		−56		−17	0		−18	−28		
280	315	−1 050	−540	−330													
315	355	−1 200	−600	−360		−210	−125		−62		−18	0		−20	−32		
355	400	−1 350	−680	−400													
400	450	−1 500	−760	−440		−230	−135		−68		−20	0					
450	500	−1 650	−840	−480													
500	560					−260	−145		−76		−22	0					
560	630																
630	710					−290	−160		−80		−24	0					
710	800																
800	900					−320	−170		−86		−26	0					
900	1 000																
1 000	1 120					−350	−195		−98		−28	0					
1 120	1 250																
1 250	1 400					−390	−220		−110		−30	0					
1 400	1 600																
1 600	1 800					−430	−240		−120		−32	0					
1 800	2 000																
2 000	2 240					−480	−260		−130		−34	0					
2 240	2 500																
2 500	2 800					−520	−290		−145		−38	0					
2 800	3 150																

(续表)

公称尺寸 /mm		基本偏差数值															
		下极限偏差 <i>ei</i>															
大于	至	IT4 至 IT7	≤IT3, >IT7	所有公差等级													
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130
14	18										+39	+45		+60	+77	+108	+150
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	188
24	30								+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50								+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80						+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120						+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160						+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1 000
180	200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1 150
200	225						+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1 250
225	250						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1 050	+1 350
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1 200	+1 550
280	315						+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1 000	+1 300	+1 700
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1 150	+1 500	+1 900
355	400						+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1 000	+1 300	+1 650	+2 100
400	450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1 100	+1 450	+1 850	+2 400
450	500						+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1 000	+1 250	+1 600	+2 100	+2 600
500	560	0	0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600							
560	630						+155	+310	+450	+660							
630	710	0	0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740							
710	800						+185	+380	+560	+840							
800	900	0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940							
900	1 000						+220	+470	+680	+1 050							
1 000	1 120	0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1 150							
1 120	1 250						+260	+580	+840	+1 300							
1 250	1 400	0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1 450							
1 400	1 600						+330	+720	+1 050	+1 600							
1 600	1 800	0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1 200	+1 850							
1 800	2 000						+400	+920	+1 350	+2 000							
2 000	2 240	0	0	+68	+110	+195	+440	+1 000	+1 500	+2 300							
2 240	2 500						+460	+1 100	+1 650	+2 500							
2 500	2 800	0	0	+76	+135	+240	+550	+1 250	+1 900	+2 900							
2 800	3 150						+580	+1 400	+2 100	+3 200							

a 公称尺寸 ≤ 1 mm 时,不使用基本偏差 a 和 b。

附表 1-3 孔的基本偏差数值
附表 1-3(a) 孔 A~M 的基本偏差数值单位: μm

公称尺寸 /mm		基本偏差数值																		
		下极限偏差 EI												上极限偏差 ES						
大于	至	所有公差等级												IT6	IT7	IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8
		A ^a	B ^a	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K ^{c, d}		M ^{b, c, d}		
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	在>IT7的标准公差等级的基本偏差数值上增加一个 <i>i</i> 值	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ		-4+Δ	-4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ		-6+Δ	-6
10	14	+290	+150	+95	+70	+50	+32	+23	+16	+10	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ		-7+Δ	-7
14	18																			
18	24	+300	+160	+110	+85	+65	+40	+28	+20	+12	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ		-8+Δ	-8
24	30																			
30	40	+310	+170	+120	+100	+80	+50	+35	+25	+15	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ		-9+Δ	-9
40	50	+320	+180	+130																
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ		-11+Δ	-11
65	80	+360	+200	+150																
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ		-13+Δ	-13
100	120	+410	+240	+180																
120	140	+460	+260	+200					+43		+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ		-15+Δ	-15
140	160	+520	+280	+210																
160	180	+580	+310	+230																
180	200	+660	+340	+240		+170	+100		+50		+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ		-17+Δ	-17
200	225	+740	+380	+260																
225	250	+820	+420	+280																
250	280	+920	+480	+300																
280	315	+1 050	+540	+330		+190	+110		+56		+17	0	+25	+36	+55	-4+Δ		-20+Δ	-20	
315	355	+1 200	+600	+360																
355	400	+1 350	+680	+400																
400	450	+1 500	+760	+440																
450	500	+1 650	+840	+480		+230	+135		+68		+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ		-23+Δ	-23	
500	560																			
560	630																			
630	710																			
710	800					+290	+160		+80		+24	0				0		-30		

(续表)

公称尺寸 /mm		基本偏差数值																	
		下极限偏差 <i>EI</i>											上极限偏差 <i>ES</i>						
大 于	至	所有公差等级											IT6	IT7	IT8	≤IT8	>IT8	≤IT8	>IT8
		A ^a	B ^a	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K ^{c,d}		M ^{b,c,d}	
800	900					+320	+170		+86		+26	0	在>IT7的标准公差等级的基本偏差数值上增加一个 <i>i</i> 值				0		-34
900	1 000																		
1 000	1 120					+350	+195		+98		+28	0					0		-40
1 120	1 250																		
1 250	1 400					+390	+220		+110		+30	0					0		-48
1 400	1 600																		
1 600	1 800					+430	+240		+120		+32	0					0		-58
1 800	2 000																		
2 000	2 240					+480	+260		+130		+34	0					0		-68
2 240	2 500																		
2 500	2 800					+520	+290		+145		+38	0				0		-76	
2 800	3 150																		

- a 公称尺寸≤1 mm时,不适用基本偏差 A 和 B。
- b 特例:对于公称尺寸>250~315 mm 的公差带代号 M6,ES=-9 μm(计算结果不是-11 μm)。
- c 为确定 K 和 M 的值,见 GB/T 1800.1—2020 中 4.3.2.5。
- d 对于 Δ 值,如附表 1-3(b)所示。

附表 1-3(b) 孔 N~ZC 的基本偏差数值(部分)

单位: μm

公称尺寸 /mm		基本偏差数值														Δ 值 标准公差等级							
		上极限偏差 ES																					
		大于	至	≤IT8	＞IT8	≤IT7	＞IT7 的标准公差等级										IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	
N ^{a,b}	P~ZC ^a			P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC								
3	6	-4	-4	在＞IT7 的标准公差等级的基本偏差数值上增加一个Δ值	-6	-10	-14	-18	-20	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0					
		-12	-15		-19	-23	-28	-35	-42	-50	80	1	1.5	1	3	4	6						
10	14	-15	-19		-23	-28	-34	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7						
		-18	-23		-28	-33	-40	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9						
18	24	-12+Δ	0		-39	-45	-60	-77	-108	-150													
		-15+Δ	0		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-135	-188	1.5	2	3	4	8	12					
30	40	-17+Δ	0		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274										
		-43	-54		-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325	1.5	3	4	5	9	14					
50	65	-20+Δ	0		-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405										
		-43	-59		-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	2	3	5	6	11	16				
80	100	-23+Δ	0	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585									
		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	2	4	5	7	13	19					
120	140	-27+Δ	0	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800									
		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	3	4	6	7	15	23					
160	180	-31+Δ	0	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000									
		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150											
200	225	-34+Δ	0	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250									
		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	3	4	6	9	17	26					
250	280	-37+Δ	0	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550									
		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	4	4	7	9	20	29					
315	355	-40+Δ	0	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900									
		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	4	5	7	11	21	32					
400	450	-43+Δ	0	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400									
		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	5	5	7	13	23	34					

^a 为确定 N 和 P~ZC 的值。

^b 公称尺寸 $\leq 1\text{ mm}$ 时,不使用标准公差等级 >IT8 的基本偏差 N。

附表 1-4 线性尺寸的极限偏差数值(GB/T 1804—2000)

单位:mm

公差等级	公称尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~400	>400~1 000	>1 000~2 000	>2 000~4 000
精密 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
中等 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
粗糙 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
最粗 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

附表 1-5 倒圆角半径和倒角高度尺寸的极限偏差数值(GB/T 1804—2000) 单位:mm

公差等级	公称尺寸分段			
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30
精密 f	±0.2	±0.5	±1	±2
中等 m				
粗糙 c	±0.4	±1	±2	±4
最粗 v				

附表 1-6 角度尺寸的极限偏差数值(GB/T 1804—2000)

公差等级	长度分段,mm				
	~10	>10~50	>50~120	>120~140	>140
精密 f	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′
中等 m					
粗糙 c	±1°30′	±1°	±30′	±15′	±10′
最粗 v	±3°	±2°	±1°	±30′	±20′