

机械精度设计



类目：机械类

书名：机械精度设计

主编：程 准 阎汉生 魏 波

出版社：中国建材工业出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5160-4240-3

使用层次：通用

出版时间：2025 年 3 月

定价：49.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：是

策划编辑:李亚博
责任编辑:汪永涛
封面设计:旗语书装

机械类创新融合精品规划教材
“互联网+”教育改革新理念教材



机械类创新融合精品规划教材
“互联网+”教育改革新理念教材

机械精度设计

机械精度设计

主编◎程准

阎汉生

魏波

机械精度设计

主编◎程准 阎汉生 魏波

专·精·志·远
为您提供专业服务
编辑部:010-63567692
读者服务:010-63567692
网上书店:www.jskjbs.com



本社微信公众号



本社天猫旗舰店



定价:49.80元

中国建材工业出版社

中国建材工业出版社



机械类创新融合精品规划教材
“互联网+”教育改革创新理念教材



机械精度设计

主 编 © 程 准 阎汉生 魏 波

中国建材工业出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计 / 程准, 阎汉生, 魏波主编. -- 北京 : 中国建材工业出版社, 2025. 3. -- (机械类创新融合精品规划教材“互联网+”教育改革新理念教材). -- ISBN 978-7-5160-4240-3

I. TH122

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 202445ZA81 号

机械精度设计

JIXIE JINGDU SHEJI

程 准 阎汉生 魏 波 主 编

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市西城区白纸坊东街 2 号院 6 号楼

邮 编: 100054

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 唐山唐文印刷有限公司

开 本: 880mm×1230mm 1/16

印 张: 15

字 数: 350 千字

版 次: 2025 年 3 月第 1 版

印 次: 2025 年 3 月第 1 次

定 价: 49.80 元

本社网址: www.jskjcbs.com, 微信公众号: zgjskjcbs

请选用正版图书, 采购、销售盗版图书属违法行为

版权专有, 盗版必究。本社法律顾问: 北京天驰君泰律师事务所, 张杰律师

举报信箱: zhangjie@tiantailaw.com 举报电话: (010) 63567684

编 委 会

主 编 程 准 阎汉生 魏 波

副主编 牛军燕 杨培煊 张 娜

吴宏伟 王 鹏



前 言

本书以几何量精度设计与检测为主线，遵循“加强基础、精选内容、调整体系、重在应用”的编写原则，基于机械类、机电类、仪器仪表类各专业的课程建设和开展高校教学质量工程建设的需求，围绕“机械精度设计”课程的教学大纲编写而成。全书紧密结合教学大纲，精简教学内容，强化基础，反映国内外最新成果，理论联系实际，增加了实际应用和精度设计实例；采用最新颁布的相关国家标准，参考最新出版的同类教材，融入编者多年的教学经验，力求按教学规律阐述机械精度设计和检测技术的基本知识、各种典型机械零件精度设计的基本原理和方法，以及各种公差标准在设计中的应用。各章设置思考与练习，以配合教学的需要，也便于读者自学。

本书共十二章，分别为：绪论，尺寸精度设计，测量技术基础，几何精度设计，表面粗糙度设计，光滑工件尺寸的精度设计，尺寸链的精度设计，滚动轴承与孔、轴结合的精度设计，圆锥结合的精度设计，螺纹结合的精度设计，键和花键的精度设计，圆柱齿轮传动的精度设计。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2024 年 11 月

目 录



第一章 绪论 1

第一节 互换性与公差	2
第二节 标准化与优先数系	4
第三节 几何量检测概述	7
思考与练习	8

第二章 尺寸精度设计 9

第一节 基本术语及定义	10
第二节 标准公差与基本偏差系列	17
第三节 优先和常用配合	28
第四节 尺寸公差与配合的选用	31
第五节 线性尺寸的未注公差	37
思考与练习	37

第三章 测量技术基础 39

第一节 测量技术概述	40
第二节 长度、角度量值的传递	41
第三节 计量器具和测量方法	46
第四节 测量误差与数据处理	49
第五节 等精度测量列的数据处理	59
思考与练习	62

第四章 几何精度设计 63

第一节 概述	64
第二节 几何公差在图样上的标注方法	69
第三节 几何公差带	73
第四节 公差原则	88
第五节 几何公差的选择	100
思考与练习	103

第五章 表面粗糙度设计 105

第一节 表面粗糙度的基本概念	106
第二节 粗糙度轮廓的评定	108
第三节 表面粗糙度的技术要求	111
第四节 表面粗糙度技术要求在零件图上标注的方法	115
第五节 表面粗糙度的检测	119
思考与练习	120

第六章 光滑工件尺寸的精度设计 121

第一节 用通用计量器具测量工件	122
第二节 用光滑极限量规检验工件	128
思考与练习	134

第七章 尺寸链的精度设计 135

第一节 尺寸链的基本概念	136
第二节 用完全互换法计算尺寸链	141
第三节 用大数互换法计算尺寸链	144
第四节 解尺寸链的其他方法	146
思考与练习	148

第八章 滚动轴承与孔、轴结合的精度设计 149

第一节 滚动轴承的互换性和公差等级	150
第二节 滚动轴承及与其相配合轴颈、外壳孔的公差带	152
第三节 滚动轴承与轴颈、外壳孔配合的精度设计	154
思考与练习	160

第九章 圆锥结合的精度设计 161

第一节 概述	162
第二节 锥度与锥角	162
第三节 圆锥公差	163
第四节 圆锥配合	168
第五节 锥度的检测	171
思考与练习	172

第十章 螺纹结合的精度设计 173

第一节 概述	174
第二节 螺纹几何参数误差对互换性的影响	175
第三节 普通螺纹的公差与配合	179
第四节 螺纹的检测	184
第五节 机床梯形丝杠和螺母的精度与公差	187
思考与练习	189

第十一章 键和花键的精度设计 191

第一节 概述	192
第二节 单键联结的公差与配合	193
第三节 矩形花键联结的公差与配合	195
第四节 键和花键的检测	200
思考与练习	202

第十二章 圆柱齿轮传动的精度设计 203

第一节 齿轮传动的使用要求	204
第二节 影响齿轮使用要求的主要误差	206
第三节 渐开线圆柱齿轮精度的评定参数	209
第四节 渐开线圆柱齿轮精度等级及应用	214
第五节 齿轮坯的精度和齿面粗糙度	219
第六节 齿轮副精度的评定指标及其检测	222
第七节 圆柱齿轮精度设计及应用	227
思考与练习	229

参考文献 230



第一章 绪论

学习目标

1. 了解互换性的种类，理解和掌握互换性的基本概念、意义和在机械制造业的作用；
2. 了解标准、标准化、优先数以及优先数系的概念和意义。



第一节 互换性与公差

一、互换性与公差的概念和作用

互换性的实例在日常生活中到处都能遇到。例如，灯泡坏了，可以换个新的；自行车、缝纫机、钟表的零部件坏了，也可以换个新的。之所以这样方便，是因为这些合格的产品和零部件具有在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能，即它们具有互换性。广义地说，互换性是指一种产品、过程或服务代替另一产品、过程或服务能满足同样要求的能力。机械工业生产中，经常要求产品的零部件具有互换性。什么叫机械产品零部件的互换性呢？参看图 1-1 所示的圆柱齿轮减速器。它由箱体、端盖（轴承盖）、滚动轴承、输出轴、平键、齿轮、轴套、齿轮轴、垫片等许多零部件组成，而这些零部件是分别由不同的工厂和车间制成的。装配减速器时，在制成的同一规格零部件中任取一件，若不需经过任何挑选或修配，便能与其他零部件安装在一起而成一台减速器，并且能够达到规定的功能要求，则说明这样的零部件具有互换性。零部件的互换性就是同一规格零部件按规定的技术要求制造，能够彼此相互替换使用而效果相同的性能。



扫一扫

互换性与公差的概念和作用

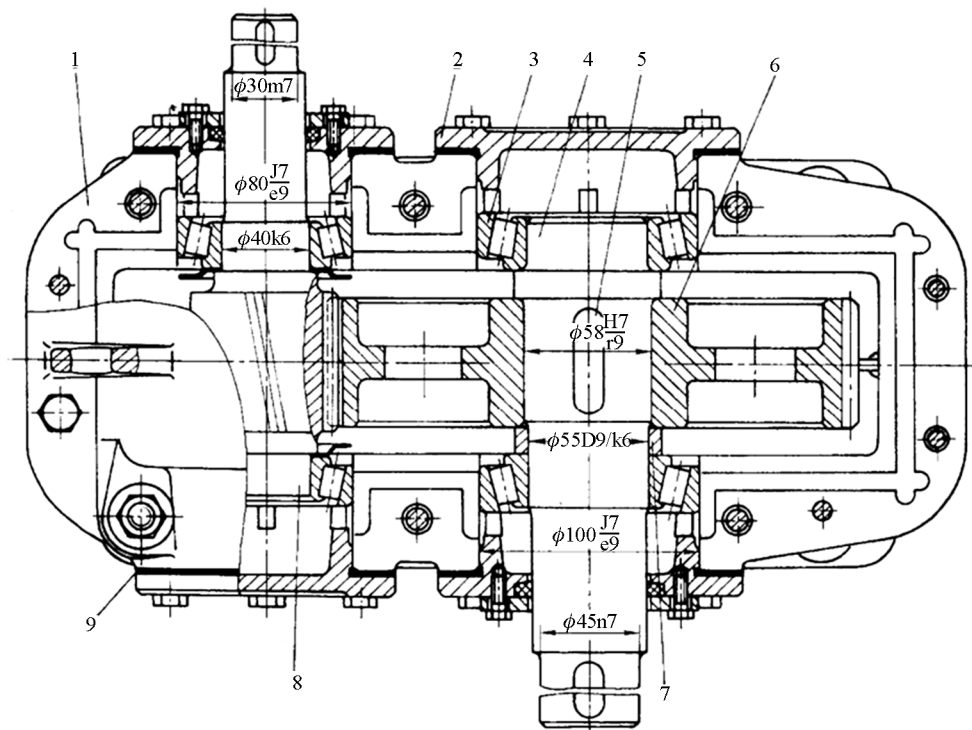


图 1-1 圆柱齿轮减速器

1—箱体；2—端盖；3—滚动轴承；4—输出轴；5—平键；6—齿轮；7—轴套；8—齿轮轴；9—垫片

在加工零件的过程中，由于种种因素的影响，零件各部分的尺寸、形状、方向和位置以及表面粗糙度轮廓等几何量难以达到理想状态，总是有或大或小的误差。但从零件的功能看，不必要求零

件几何量绝对准确，只要求零件几何量在某一规定范围内变动，保证同一规格零件彼此充分近似。这个允许变动的范围叫作公差。

设计时要规定公差，而加工时会产生误差，因此要使零件具有互换性，就应把完工零件的误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务就在于正确地确定公差，并把它在图样上明确标注出来。这就是说，互换性要用公差来保证。显然，在满足功能要求的前提下，公差范围应尽量规定得宽泛，以获得最佳的技术经济效益。

零部件的互换性应包括几何量、力学性能和理化性能等方面的互换性。本课程仅讨论几何量的互换性及与之相关的几何量公差和检测。

互换性在机器制造业中有什么作用？

在设计方面，零部件具有互换性，就可以最大限度地采用标准件、通用件和标准部件，大大简化绘图和计算等工作，缩短设计周期，有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。在制造方面，互换性有利于组织专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，以及采用计算机辅助制造，有利于实现加工过程和装配过程机械化、自动化，从而可以提高劳动生产率，提高产品质量，降低生产成本。在使用和维修方面，零部件具有互换性，可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件（如减速器中的滚动轴承），因此可以减少机器的维修时间、降低维修费用，保证机器能连续而持久地运转，从而提高机器的使用价值。

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的意义。互换性原则已成为现代机器制造业中一个普遍遵守的原则。但是，应当指出，互换性原则不是在任何情况下都适用。有时，只有单个配制才符合经济原则，这时零件虽不能互换，但也存在公差与检测的要求。

二、互换性的种类

在不同的场合，零部件互换的形式和程度有所不同。因此，互换性可分为完全互换性和不完全互换性两类。

完全互换性简称互换性，完全互换性以零部件装配或更换时不需要挑选或修配为条件。例如，对一批孔和轴装配后的间隙要求控制在某一范围内，据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定，则它们就具有完全互换性。

不完全互换性也称为有限互换性，在零部件装配时允许有附加的选择或调整。不完全互换性可以用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

分组装配法是这样一种措施：当机器上某些部位的装配精度要求很高时，例如孔轴间的间隙装配精度要求很高，即间隙变动量要求很小时，若要求孔和轴具有完全互换性，则孔和轴的尺寸公差就要求很小，这将导致加工困难。这时，可以把孔和轴的尺寸公差适当放大，以便于加工。将制成的孔和轴按实际尺寸的大小各分成若干组，使每组内零件（孔、轴）的尺寸差别比较小。然后，把对应组的孔和轴进行装配，即大尺寸组的孔与大尺寸组的轴装配，小尺寸组的孔与小尺寸组的轴装配，从而达到装配精度要求。采用分组装配时，对应组内的零件可以互换，而非对应组之间的零件则不能互换，因此零件的互换范围是有限的。

调整法也是一种保证装配精度的措施。调整法的特点是在机器装配或使用过程中，对某一特定零件按所需要的尺寸进行调整，以达到装配精度要求。例如，图 1-1 所示减速器中端盖与箱体间的垫片 9 的厚度在装配时作调整，使滚动轴承的一端与对应端盖的底端之间预留适当的轴向间隙，以补偿温度变化时轴的微量伸长，避免轴在工作时弯曲。

一般来说,对于厂际协作,应采用完全互换性。至于厂内生产的零部件的装配,可以采用不完全互换法。



第二节 标准化与优先数系

一、标准化



现代工业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接,必须有一种手段,使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统一,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段。标准化是互换性生产的基础。

所谓标准,是指为了在一定范围内获得最佳秩序,经协商一致并由公认机构批准,规定共同使用的和重复使用的一种规范性文件。标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的。

所谓标准化,是指为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在的问题制定共同使用和重复使用的条款的活动。标准化工作包括制定标准、发布标准、组织实施标准和对标准的实施进行监督的全部活动过程。这个过程是从探索标准化对象开始,经调查、试验和分析,进而起草、制定和贯彻标准,而后修订标准。因此,标准化是个不断循环而又不断提高其水平的过程。标准化的重要意义在于改进产品、过程和服务的适用性,防止贸易壁垒,并促进技术合作。

根据《中华人民共和国标准化法》的规定,我国按标准的使用范围将其分为国家标准、行业标准、地方标准、团体标准和企业标准。对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准,国家标准由国务院标准化行政主管部门制定;对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准,行业标准由国务院有关行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门备案,在公布相应的国家标准之后,该项行业标准即行废止;对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的工业产品的安全、卫生要求,可以制定地方标准,地方标准由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定,并报国务院标准化行政主管部门和国务院有关行政主管部门备案,在公布相应的国家标准或者行业标准之后,该项地方标准即行废止;企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据,企业的产品标准须报当地政府标准化行政主管部门和有关行政主管部门备案,已有国家标准和行业标准的,企业还可以制定严于国家标准和行业标准的企 业标准,在企业内部使用。按标准的法律属性将国家标准、行业标准分为强制性标准和推荐性标准。保障人体健康,人身、财产安全的标准和法律、行政法规规定为强制执行的标准,是强制性标准,其他标准是推荐性标准。

按标准的作用范围,标准分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准和试行标准。前四者分别为国际标准化的标准组织、区域标准化的标准组织、国家标准机构、在国家的某个地区一级所通过并发布的标准。试行标准是指由某个标准化机构临时采用并公开发布的文件,以便在使用中获得有必要作为标准依据的经验。

按标准化对象的特性,标准分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准,如极限与配合标准、几何公差标准、圆柱齿轮精度制标准等。

有了标准,并且标准得到正确的贯彻实施,就可以改进产品质量,缩短生产周期,便于开发新产品和协作配套,提高社会经济效益,发展社会主义市场经济和对外贸易。而标准化是组织现代化大生产的重要手段,是联系设计、生产和使用等方面的纽带,是科学管理的重要组成部分。

标准化不是现今才有的,早在人类开始创造工具时代就已出现。它是社会生产劳动的产物。在近代工业兴起和发展的过程中,标准化日益重要起来。在 19 世纪,标准化的应用就十分广泛,尤其在国防、造船、铁路运输等行业中的应用更为突出。20 世纪初,一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构,推进了本国的标准化事业。以后由于生产的发展,国际交流越来越频繁,因而出现了地区性和国际性的标准化组织。1926 年成立了国际标准化协会(简称 ISA)。第二次世界大战后,1947 年重建国际标准化协会,改名为国际标准化组织(简称 ISO)。现在,这个世界上最大的标准化组织是联合国经济和社会理事会的综合性咨询机构。

我国标准化工作在 1949 年后得到重视。从 1958 年发布第一批 120 项国家标准起,至今已制定并发布两万多项国家标准。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国,参与 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案起草工作。我国在公差标准方面,从 1959 年开始,陆续制定并发布了公差与配合、形位公差、公差原则、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检验、光滑极限量规、功能量规、圆锥公差、圆锥配合、平键、矩形花键、普通螺纹、圆柱齿轮精度制、尺寸链计算方法、圆柱直齿渐开线花键、极限与配合、几何公差等许多公差标准。随着经济建设发展的需要,有关部门本着立足于我国国情,对国际标准进行认真研究,积极采用,区别对待,组织力量对原有公差标准进行修订,以国际标准为基础制定新的公差标准和等同采用国际标准。1988 年发布了《中华人民共和国标准化法》。它的实施对于发展社会主义市场经济,促进技术进步,改进产品质量,发展对外贸易,提高社会经济效益,维护国家和人民的利益,使标准化工作适应社会主义现代化建设,具有十分重要的意义。1993 年发布了《中华人民共和国产品质量法》,以加强产品质量监督管理,维护社会经济秩序,鼓励企业产品质量达到并且超过行业标准、国家标准和国际标准,不允许以不合格品冒充合格品。可以预计,在我国社会主义现代化建设过程中,我国标准化的水平和公差标准的水平将大大提高,对国民经济的发展必将作出更大的贡献。

2013 年 9 月 20 日,在俄罗斯圣彼得堡举行的第 36 届 ISO 大会上,我国标准化专家委员会委员张晓刚当选为新一届 ISO 主席,任期自 2015 年 1 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日。

二、优先数系

在设计机械产品和制定标准时,常常和很多数值打交道。当选定一个数值作为某种产品的参数指标时,这个数值就会按照一定的规律,向一切有关的制品和材料中有关指标传播。例如,需要设计减速器箱体上的螺孔,螺孔的直径(螺纹尺寸)一旦确定,则与之相配合的螺栓尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规尺寸,甚至在螺孔用丝锥攻螺纹之前的钻孔尺寸和钻头尺寸,也随之确定,且由于上述螺孔直径数值的确定,又使与之相关的垫圈尺寸、端盖上通孔的尺寸也随之确定。由于数值如此不断关联、不断传播,常常形成牵一发而动全身的现象,这就涉及许多部门和领域。在现代工业生产中,专业化程度高,国民经济各部门需要协调和密切配合,因此技术参数的数值不能随意选择,而应该在一个理想的、统一的数系中选择。

用统一的数系来协调各部门的生产,把各种技术参数分级,已成为现代工业生产的需要。探索 and 大量实践表明,采用包含项值 1 的等比数列作为统一的数系的优点很多。其中有两个突出的优点:数列中两相邻数的相对差为常数(相对差是指后项减前项的差值与前项之比的百分数);数列中各数经过乘、除、乘方等各种运算后还是数列中的数。而最能满足工业要求的等比数列是十进等比数列。所谓十进,就是数列的项值中包括 $1, 10, 100, \dots, 10^n$ 和 $1, 0.1, 0.01, \dots, 10^{-n}$ 这些数(这里 n 为正整数)。数列中的项值可按十进法向两端无限延伸。因此,十进等比数列是一种较理想的数系,可以用作优先数系。

为了满足我国工业生产的需要,国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》规定十进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,称为 R_r 系列,公比 $\sqrt[r]{10}$ 。同一系列中,每增加 r 个数,数值增至 10 倍。其中前四个系列是常用的基本系列,而 R80 则作为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。各系列的公比如下:

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

R10 的公比 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.26$;

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

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

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

R5 中的项值包含在 R10 中, R10 中的项值包含在 R20 中, R20 中的项值包含在 R40 中, R40 中的项值包含在 R80 中。

优先数系的五个系列中任一个项值均称优先数,其理论值为 $(\sqrt[r]{10})^N$, 式中 N 是任意整数。按照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,在工程技术上不能直接应用。而实际应用的数值都是经过化整后的近似值,根据取值的精确程度,数值可以分为:

①计算值:取五位有效数字,供精确计算用。

②常用值:通常所称的优先数,取三位有效数字,是经常使用的。

③化整值:是将基本系列中的常用值作进一步化整后所得的数值,一般取两位有效数字。例如,对 R10 系列中的常用值 3.15,化整为第一化整值 3.2 和第二化整值 3.0。

优先数系的基本系列(优先数的常用值)见表 1-1。

为了使优先数系有更大的适应性,可以从 R_r 系列中,每逢 p 项选取一个优先数,组成新的系列——派生系列,以符号 R_r/p 表示,公比 $q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$ 。

例如,经常使用的派生系列 R10/3,就是从基本系列 R10 中,自 1 以后,每逢三项取一个优先数组成的,即

1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.0, 32.0, ……

再如,首项为 1 的派生系列 R5/2,就是从基本系列 R5 中,每逢两项取一个优先数组成的,即

1.00, 2.50, 6.30, 16.0, 40.0, 100, ……

优先数系有很广泛的应用,它适用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级,对保证各种工业产品品种、规格的合理简化分档和协调配套具有重大的意义。选用基本系列时,应遵守先疏后密的规则,即应当按照 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。当基本系列不能满足分级要求时,可选用派生系列。选用时应优先采用公比较大和延伸项含有项值 1 的派生系列。

表 1-1 优先数系的基本系列（常用值）

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



第三节 几何量检测概述

一、几何量检测的重要性

制定了先进的公差标准，对机械产品各零部件的几何量分别规定了合理的公差，若不采取适当的检测措施，那么，规定的这些公差形同虚设，不能实现零部件的互换性。因此，应按照标准和技术要求进行检测，不合格者不予接收，方能保证零部件的互换性。检测是检验和测量的统称。测量的结果能够获得具体的数值；检验的结果只能判断合格与否，而不能获得具体的数值。显然，检测是组织互换性生产不可缺少的重要措施。但是，在检测过程中不可避免地会产生或大或小的测量误差，这将导致两种误判：一是把不合格品误认为合格品而给予接收，这称为误收；二是把合格品误认为废品而给予报废，这称为误废。因此要从保证产品质量和经济性两方面加以合理解决。

必须指出，检测的目的不仅仅在于判断工件是否合格，还有其积极的一面，就是根据检测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。

随着生产和科学技术的发展，对检测的准确度和效率提出越来越高的要求。产品质量的提高，有赖于检测准确度的提高。产品生产率的提高，在一定程度上还有赖于检测效率的提高。

二、几何量检测在我国的发展

几何量检测在我国具有悠久的历史，早在秦朝我国就统一了度量衡。到了西汉，已制成铜质的卡尺。但由于我国历史上长期的封建统治，科学技术未能得到有效发展，检测技术和计量器具处于落后的状态，直到 1949 年后才扭转了这种局面。1959 年国务院发布了《关于统一计量制度的命令》，正式确定采用国际米制作为我国的长度计量单位。1977 年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》，健全了各级计量机构和长度量值传递系统，保证了全国计量单位的统一，促进了产品质量的提高。1984 年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，在全国范围内统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。1985 年发布了《中华人民共和国计量法》，使我国国家计量单位制度更加统一，全国量值更加准确可靠，从而更好地促进了我国社会主义现代化建设和科学技术的发展。



几何量检测在我国的发展

在建立和加强我国计量制度的同时,我国的计量器具也有了较大的发展,现在已拥有一批骨干量仪厂,生产了许多品种的量仪,如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪、半自动齿轮齿距检查仪等。此外,还研制成一些达到世界先进水平的量仪,如激光光电比长仪、激光丝杠动态检查仪、光栅式齿轮整体误差测量仪、碘稳频 612nm 激光器、无导轨大长度测量仪、超精密型和国家基准型圆柱度仪等。



思考与练习

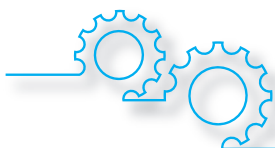
1. 完全互换性的含义是什么?有何作用?
2. 完全互换和不完全互换有何区别?各适用何种场合?
3. 什么是加工误差和公差?加工误差分为哪几种?
4. 试述标准化与技术测量之间的关系。



第二章 尺寸精度设计

学习目标

1. 熟练理解和掌握公差与配合的相关基本术语及定义，并进行相应转换和计算；
2. 了解公差与配合的国家标准以及国家标准规定的公差带与配合；
3. 理解和掌握常用尺寸公差与配合的选用原则和选用方法；
4. 理解一般尺寸、线性尺寸的未注公差的含义和表示方法。



第一节 基本术语及定义

一、基本术语和定义

1. 孔和轴

孔：通常指圆柱形内尺寸要素，也包括非圆柱形内尺寸要素（由两平行平面或切平面形成的包容面），由单一尺寸确定的部分。

轴：通常指圆柱形外尺寸要素，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），由单一尺寸确定的部分。

图 2-1 所示的各尺寸要素，如 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；如 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各尺寸确定的圆柱形外表面和各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。在加工过程中，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。

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。如图 2-1 中由 L_1 、 L_2 和 L_3 各尺寸确定的各组平行平面和切平面。

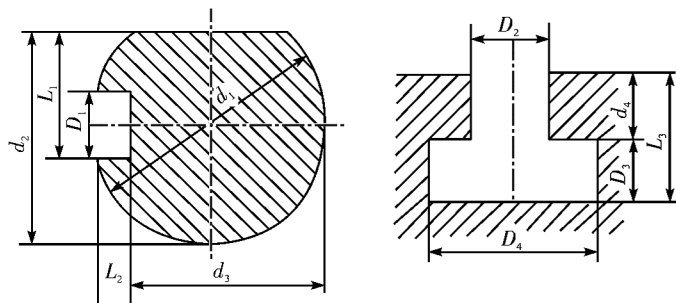


图 2-1 孔和轴

2. 要素

- (1) 几何要素（简称要素）。构成零件几何特征的点、线或面。
- (2) 组成要素（轮廓要素）。面或面上的线。
- (3) 导出要素（中心要素）。由一个或几个组成要素得到的中心点、中心线或中心面。如球心是由球面得到的导出要素，该球面为组成要素。圆柱的中心线是由圆柱面得到的导出要素，该圆柱面为组成要素。
- (4) 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。尺寸要素可以是圆柱形、球形、两平行对应面、圆锥形或楔形。
- (5) 公称组成要素。由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素。见图 2-2 (a)。

- (6) 公称导出要素。由一个或几个公称组成要素导出的中心点、轴线或中心平面。
- (7) 实际（组成）要素。由接近实际（组成）要素所限定的工件实际表面的组成要素部分。
见图 2-2（b）。
- (8) 提取组成要素。按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代。见图 2-2（c）。
- (9) 拟合组成要素。按规定的方法由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。见图 2-2（d）。

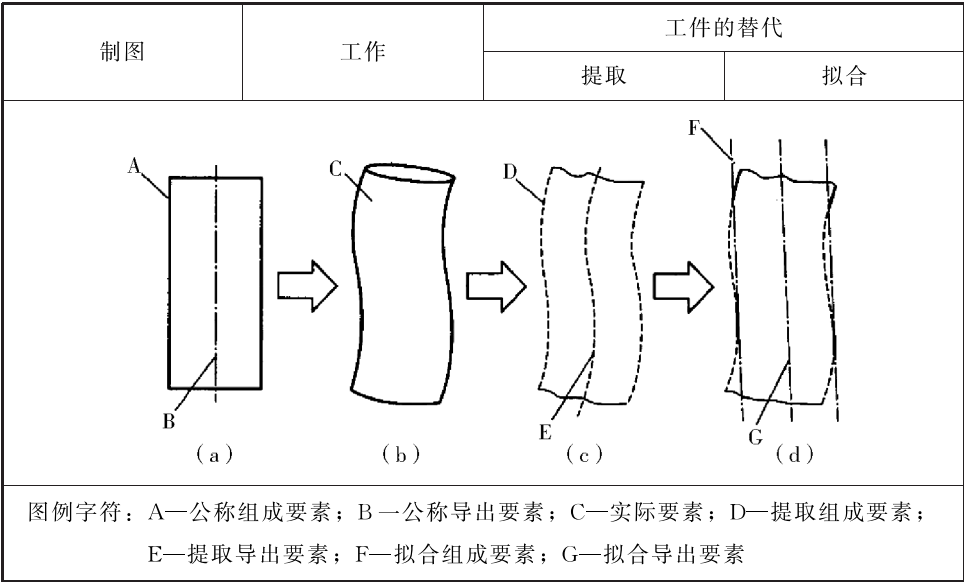


图 2-2 各几何要素定义间的关系



有关尺寸

3. 有关尺寸

- (1) 尺寸。
用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 mm 作为特定单位，在图样上标注尺寸时可省略单位。
- (2) 公称尺寸。
有图样规范确定的理想形状要素的尺寸。通过上下极限偏差可计算出极限尺寸。它是根据产品的使用要求、零件的刚度要求等，计算或通过试验方法而确定的。它应该在优先数系中选择，以减少切削刀具、测量工具和型材等规格。孔的公称尺寸用 D 表示，轴的公称尺寸用 d 表示。公称尺寸可以是一个整数或一个小数。
- (3) 局部尺寸。
 - ①提取组成要素的局部尺寸（简称提取要素的局部尺寸）。一切提取组成要素上两对应点之间的距离。
 - ②提取圆柱面的局部尺寸。要素上两对应点之间的距离。其中：两对应点之间的连线通过拟合圆圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆柱面的轴线（见图 2-3，提取圆柱面、拟合圆圆心、提取表面、拟合圆柱面的轴线的关系）。
 - ③两平行提取表面的局部尺寸。两平行对应提取表面上两对应点之间的距离。其中：所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两平行提取表面得到的两拟合平行平面的中心

平面（两拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

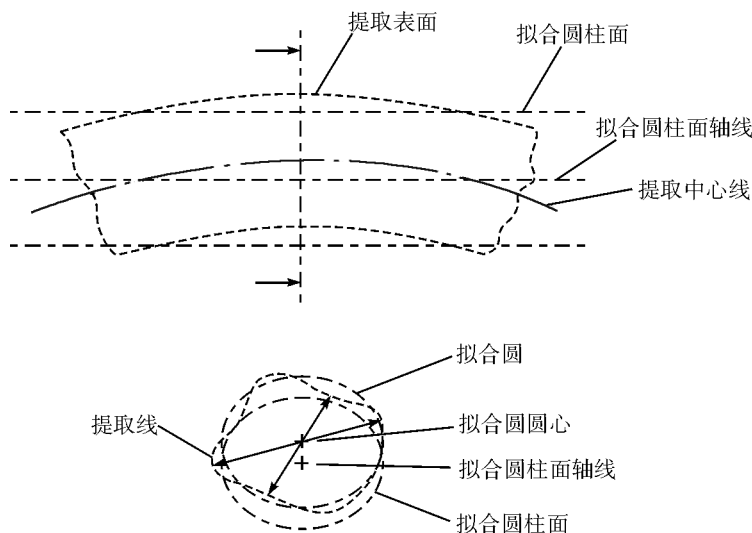


图 2-3 提取表面、提取圆柱面、拟合圆圆心、拟合圆柱面的轴线的关系

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。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，所以局部尺寸并非尺寸的真值，且同一表面不同部位的局部尺寸往往也不完全相同。但它们都可以称为局部尺寸，孔的局部尺寸用 D_a 表示，轴的局部尺寸用 d_a 表示。

(4) 极限尺寸。

一个孔或轴允许尺寸的两个极端。其中允许尺寸要素的最大尺寸称为上极限尺寸，允许尺寸要素的最小尺寸称为下极限尺寸。孔的上极限尺寸和下极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 表示，轴的上极限尺寸和下极限尺寸分别用 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示。极限尺寸、公差、偏差示意图 2-4。

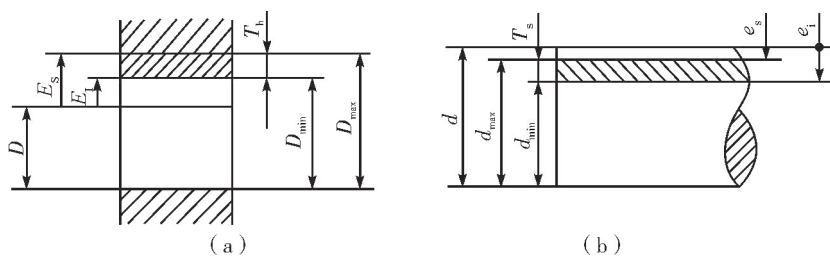


图 2-4 极限尺寸、公差与偏差

在一般情况下，提取组成要素的局部尺寸应位于上、下极限尺寸之间，也可以达到极限尺寸，即

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

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

4. 有关偏差和公差的术语定义

(1) 偏差。

某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。由于某一尺寸可以大于、等于、小于公称尺寸，偏差可为正值、负值或零。

极限偏差：极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。它包含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：

$$\text{孔的上极限偏差 } E_s = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上极限偏差 } e_s = d_{\max} - d$$

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：

$$\text{孔的下极限偏差 } E_i = D_{\min} - D$$

$$\text{轴的下极限偏差 } e_i = d_{\min} - d$$

极限偏差由设计时确定，标注和计算偏差时极限偏差前面必须加注“+”或“-”号（零除外）。

如 $\phi 23_{+0.020}^{+0.033}$, $\phi 15 \pm 0.075$, $\phi 65_0^{+0.033}$

(2) 尺寸公差（简称公差）。

指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，即允许尺寸的变动量。以公式表示如下：

$$\text{孔的公差 } T_h = D_{\max} - D_{\min} = E_s - E_i$$

$$\text{轴的公差 } T_s = d_{\max} - d_{\min} = e_s - e_i$$

极限尺寸、公差与偏差的关系如图 2-4 所示。

公差与偏差是两个不同的概念。公差表示制造精度的要求，反映加工的难易程度；而偏差表示与公称尺寸的偏离程度，它表示公差带的位置，影响配合的松紧程度。

(3) 尺寸公差带。

零线：确定偏差的基准线。它所指的尺寸为公称尺寸，是偏差的起始线。零线上方表示正偏差，零线下方表示负偏差，画图时一定要标注相应的符号（“0”、“+”和“-”）。零线下方的单箭头必须与零线靠紧（紧贴），并注出公称尺寸的数值。

公差带：在公差带图中，由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸与下极限尺寸的两条直线所限定的区域。沿零线垂直方向的宽度表示公差值，代表公差带的大小，公差带沿零线长度方向可适当选取。

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。见图 2-5。

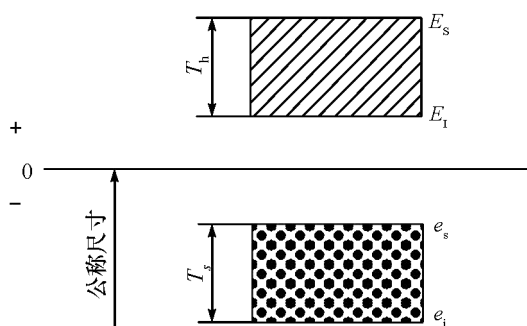


图 2-5 公差带图

二、有关配合的术语和定义

1. 配合

公称尺寸相同，相互结合的孔、轴公差带之间的关系称为配合。在孔与轴的配合中，孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差，其值为正值时称为间隙，以“X”表示，值前加“+”号；其值为负值时称为过盈，以符号“Y”表示，值前加“-”号，这种关系决定结合零件间松紧程度。

2. 配合的种类

(1) 间隙配合。

具有间隙（包括最小间隙为零）的配合称为间隙配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上（图 2-6）。

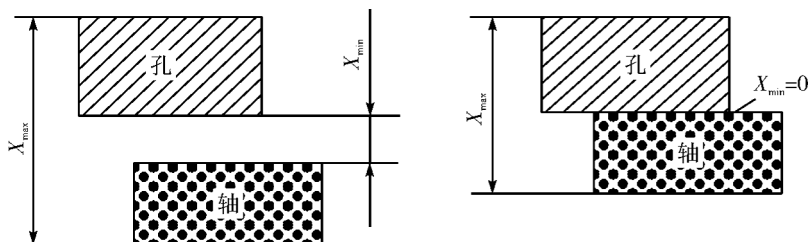


图 2-6 间隙配合

表示间隙配合松紧程度的特征值是最大间隙 $X_{\max}$ 和最小间隙 $X_{\min}$ ，其值可用下式计算：

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = E_s - e_i$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = E_i - e_s$$

实际生产中，平均间隙更能体现其配合性质：

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

(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（图 2-7）。

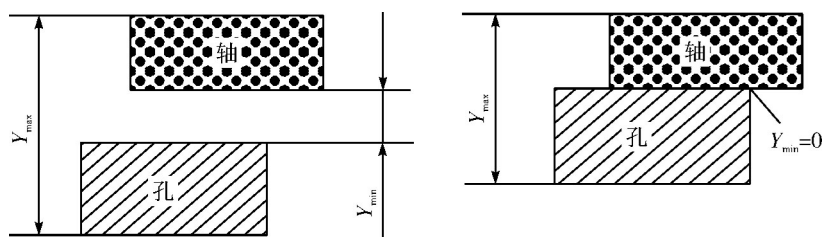


图 2-7 过盈配合

表示过盈配合松紧程度的特征值是最大过盈 $Y_{\max}$ 和最小过盈 $Y_{\min}$ ，其值可用下式计算：

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = E_i - e_s$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = E_s - e_i$$

实际生产中，平均过盈更能体现其配合性质：

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

(3) 过渡配合。

可能具有间隙也可能具有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重叠（图 2-8）。



图 2-8 过渡配合

表示过渡配合松紧程度的特征值是最大间隙 $X_{\max}$ 和最大过盈 $Y_{\max}$ ，其值可用下式计算：

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = E_s - e_i$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = E_i - e_s$$

实际生产中，过渡配合的平均松紧程度可能表示为平均间隙，也可能表示为平均过盈。

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

3. 配合公差

配合公差是指允许间隙或过盈的变动量。它是评定配合质量的一个重要的综合指标，用代号 T_f 表示。

对于间隙配合 $T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$

对于过盈配合 $T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}|$

对于过渡配合 $T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$

同时配合公差又可表示为：

$$T_f = T_h - T_s$$

配合公差的大小反映了配合精度的高低，而配合精度取决于相互配合的孔和轴的尺寸精度。设计时，可根据配合公差来确定孔和轴的尺寸公差。若要提高配合精度，则应减小零件的公差，需要提高零件的加工精度，而导致加工成本的提高。

4. 配合公差带图

配合公差带的特性也可用配合公差带来表示。

在配合公差带图中横坐标为零线，零线上方的纵坐标为正值，代表间隙，零线下方的纵坐标为负值，代表过盈（配合公差带的图示方法见图 2-9）。

左边为间隙配合，中间为过渡配合，右边为过盈配合。

【例 2-1】 绘制下列三组孔、轴配合的公差带图，判断配合性质，求极限间隙或过盈、配合公差。

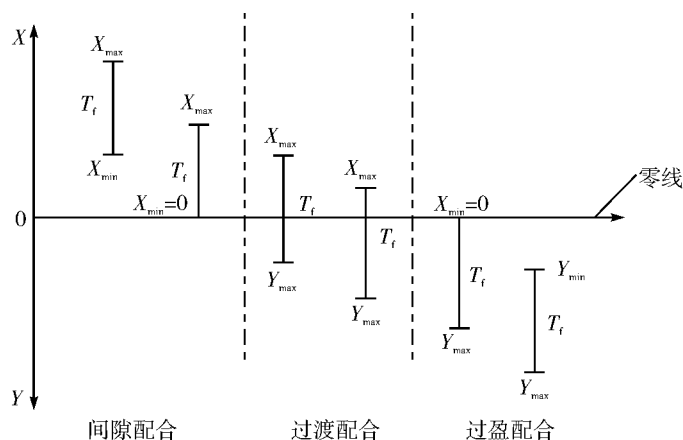


图 2-9 配合公差带图

- (1) 孔 $\phi 25_{-0.021}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 25_{-0.033}^{-0.020}$ mm 相配合；
- (2) 孔 $\phi 25_{+0.028}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 25_{+0.028}^{+0.041}$ mm 相配合；
- (3) 孔 $\phi 25_{+0.002}^{+0.021}$ mm 与轴 $\phi 25_{+0.002}^{+0.015}$ mm 相配合。

解：(1) 分别画出孔和轴的公差带图，见图 2-10。

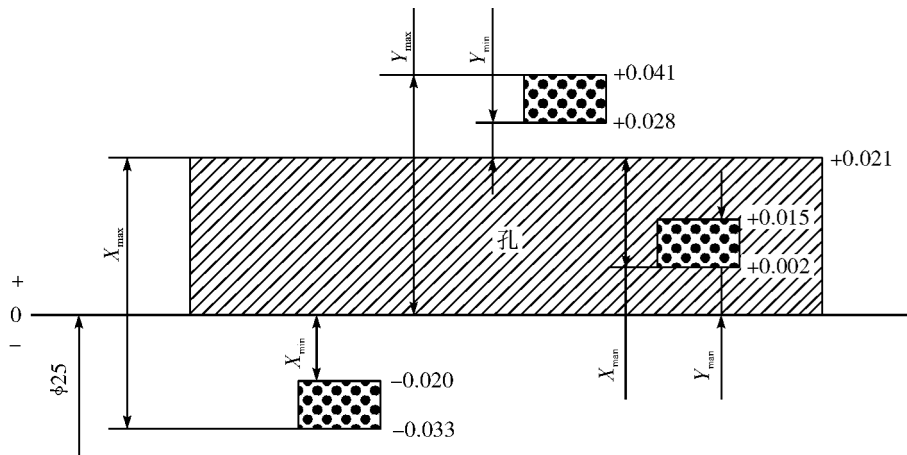
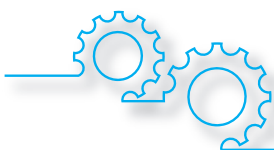


图 2-10 配合公差带图

- (2) 判断配合的性质：由孔和轴的公差带的关系可知，它们分别形成间隙配合、过盈配合、过渡配合。
- (3) 做计算表，见表 2-1。

表 2-1 例题计算表

所求项目	题号					
	(1)		(2)		(3)	
	孔	轴	孔	轴	孔	轴
公称尺寸 $D(d)$	30	30	30	30	30	30
上极限偏差 $E_s(e_s)$	-0.021	-0.020	+ 0.021	+ 0.041	+0.021	+0.015
下极限偏差 $E_l(e_l)$	0	-0.033	0	+ 0.028	0	+ 0.002
公差 $T_h(T_s)$	0.021	0.013	0.021	0.013	0.021	0.013
上极限尺寸 $D_{max}(d_{max})$	30.021	29.980	30.021	30.041	30.021	30.015
下极限尺寸 $D_{min}(d_{min})$	30.000	29.967	30.000	30.028	30.000	30.002
最小间隙 X_{min}	+ 0.020					
最大间隙 X_{max}	+ 0.054				+ 0.019	
最小过盈 Y_{min}			-0.007			
最大过盈 Y_{max}			-0.041		-0.015	
配合公差 T_f	0.034		0.034		0.034	
配合类别	间隙配合		过盈配合		过渡配合	



第二节 标准公差与基本偏差系列

为了实现零部件的互换性和满足各种使用要求，公差与配合实现标准化，GB/T1800.2—2020《产品几何技术规范（GPS）线性尺寸公差 ZSO 代号体系 第2部分：标准公差代号和孔、轴极限偏差表》规定了两个基本系列，即标准公差和基本偏差系列。

一、标准公差

标准公差是国家标准规定的用以确定公差带大小的任一公差值。标准公差数值由公差等级和公称尺寸决定，见表 2-2。用以确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。公差等级越高，公差值越小，生产加工越难。

表 2-2 标准公差数值

公差等级	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
基本尺寸	(mm)													(mm)						
≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.00	1.40
>3~6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.20	1.80
>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	0.90	1.50	2.20
>10~18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.80	2.70
>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	1.30	2.10	3.30
>30~50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.50	3.90
>50~80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.00	4.60
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.50	5.40
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.60	7.20
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.20	8.10
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.70	8.90
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.30	9.70
>500~630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00
>630~800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.20	5.00	8.00	12.50
>800~1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.60	5.60	9.00	14.00
>1000~1250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.20	6.60	10.50	16.50
>1250~1600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.00	7.80	12.50	19.50
>1600~2000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.00	9.20	15.00	23.00
>2000~2500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00	17.50	28.00
>2500~3150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.60	13.50	21.00	33.00

注：基本尺寸小于 1mm 时，无 IT4 至 IT8。

极限与配合在公称尺寸至 500mm 规定了 IT01, IT0, IT1, IT2, …, IT18 共 20 个标准公差等级，其中 IT01 精度最高，其余依次降低，IT18 精度最低；基本尺寸大于 2500~3150mm 规定了

IT1, IT2, …, IT18 共 18 个标准公差等级, 其中 IT1 精度最高, 其余依次降低, IT 表示标准公差, 数字表示公差等级代号。如 IT6 表示标准公差 6 级。

标准公差的计算公式见表 2-3, 表中的高精度等级 IT01、IT0、IT1 的公式, 主要考虑测量误差; 公差等级 IT5~IT18 的标准公差计算公式 $IT=ai$, 式中, a 是公差等级系数, i 为公差单位 (公差因子), 是以公称尺寸为自变量的函数。除了 IT5 的公差等级系数 $a=7$ 以外, 从 IT6 开始, 公差等级系数采用 R5 系列, 每隔 5 级, 标准公差数值增加 10 倍。

表 2-3 标准公差的计算公式

公差等级	公式	公差等级	公式	公差等级	公式
IT01	$0.3 + 0.008D$	IT6	$10i$	IT13	$250i$
IT0	$0.5 + 0.012D$	IT7	$16i$	IT14	$400i$
IT1	$0.8 + 0.020D$	IT8	$25i$	IT15	$640i$
IT2	$(IT1)(IT5) / (IT1)^{1/4}$	IT9	$40i$	IT16	$1000i$
IT3	$(IT1)(IT5) / (IT1)^{1/2}$	IT10	$64i$	IT17	$1600i$
IT4	$(IT1)(IT5) / (IT1)^{3/4}$	IT11	$100i$	IT18	$2500i$
IT5	$7i$	IT12	$160i$		

1. 公差单位

生产实践证明, 对于基本尺寸相同的零件, 可按公差值的大小评定其尺寸制造精度的高低。相反, 对于公称尺寸不同的工件, 就不能仅看公差值的大小去评定其制造精度。因此, 评定零件精度等级 (或公差等级) 的高低, 合理规定公差数值就需要建立公差单位。公差单位是计算标准公差的基本单位。对小于或等于 500mm 的尺寸, IT5~IT18 用公差单位 i 的倍数计算公差。公差单位 i 按下式计算:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D$$

式中, D 为公称尺寸分段的计算尺寸, 为几何平均值 (单位: mm)。

上式中第一项反映加工误差的影响, 第二项反映测量误差的影响, 尤其是温度变化引起的测量误差。当公称尺寸为 500~3150mm 时, 公差单位 i 按下式计算:

$$i = 0.004D + 2.1$$

2. 尺寸分段

根据标准公差的计算公式, 每一个公称尺寸都对应有一个公差值。但在实际生产中基本尺寸很多, 就会形成一个庞大的公差数值表, 使用也不方便, 同时不利于公差值的标准化、系列化。为了减少标准公差的数目, 统一公差值, 以利于生产实际的应用, 国家标准对公称尺寸进行了分段, 见表 2-2, 以简化公差表格。

尺寸分段后标准公差计算式中的公称尺寸 D 按每一尺寸分段首尾两尺寸的几何平均值代入计算。例如 30~50mm 尺寸段内 $D = \sqrt{30 \times 50} = 38.73\text{mm}$, 凡属于这一尺寸段的任一公称尺寸, 其标准公差的计算直径均按 38.73mm 进行计算。

【例 2-2】 求公称尺寸为 $\phi 25$, IT6、IT7 的公差值。

解: 因为 $\phi 25$ 处于 18~30 尺寸段, 所以有

$$D = \sqrt{18 \times 30} = 23.24 \text{ mm}$$

查表 2-3 得: $IT6=10i$, $IT7=16i$, 故

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D = 0.45 \sqrt[3]{23.24} + 0.001 \times 23.24 = 1.31 \mu\text{m}$$

$$IT6 = 10i = 10 \times 1.31 = 13.1 \approx 13 \mu\text{m}$$

$$IT7 = 16i = 16 \times 1.31 = 20.96 \approx 21 \mu\text{m}$$

由上例可知, 计算得出公差数值的尾数要经过科学地圆整, 从而编制出标准公差数值表, 见表 2-2。

二、基本偏差系列

基本偏差是指确定零件公差带相对零线位置的上极限偏差或下极限偏差, 它是公差带位置标准化的唯一指标, 一般为靠近零线的那个偏差。当公差带位置在零线以上时, 其基本偏差为下极限偏差; 当公差带位置在零线以下时, 其基本偏差为上极限偏差。不同位置的公差带与基准件将形成不同的配合。基本偏差的数量将决定配合种类的数量。

1. 基本偏差代号及特征

为了满足各种不同松紧程度的配合需要, 同时尽量减少配合种类, 以利于互换, 国家标准对孔和轴分别规定了 28 种基本偏差。分别用拉丁字母表示, 其中, 孔的基本偏差用大写字母表示, 轴的基本偏差用小写字母表示。28 种基本偏差代号, 由 26 个拉丁字母中去掉了 5 个易与其他参数相混淆的字母 I (i)、L (l)、O (o)、Q (q)、W (w), 剩下的 21 个字母加上 7 个双写字母 CD (cd)、EF (ef)、FG (fg)、ZA (za)、ZB (zb)、ZC (zc)、JS (js) 组成。这 28 种基本偏差代号反映了 28 种公差带的位置, 构成了基本偏差系列, 如图 2-11 所示。

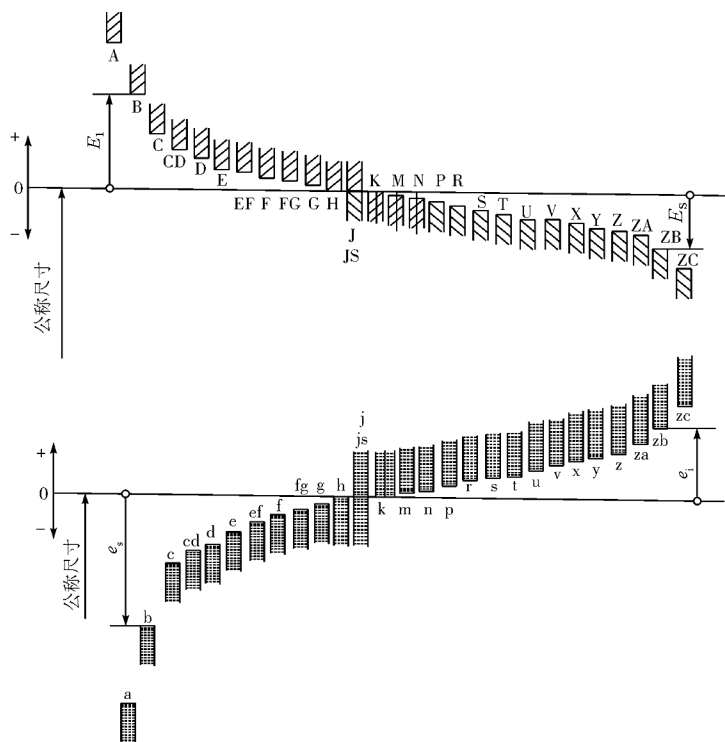


图 2-11 孔、轴基本偏差系列

孔的基本偏差中, A~G 的基本偏差是下极限偏差 E_1 (正值), H 的基本偏差 $E_1=0$; J~ZC 的基本偏差是上极限偏差 E_s (除 J 和 K 外, 其余皆为负值); JS 的基本偏差是 $E_s=+IT/2$ 或 $E_1=-IT/2$ 。

轴的基本偏差中, a~g 的基本偏差是上偏差 e_s (负值); h 的基本偏差 $e_s=0$; j~zc 的基本偏差是下偏差 e_1 (除 j 外, 其余皆为正值); js 的基本偏差为 $e_s=+IT/2$ 或 $e_1=-IT/2$ 。

基本偏差系列图中仅绘出了公差带的一端, 未绘出公差带的另一端, 它取决于公差大小。因此, 任何一个公差带代号都由基本偏差代号和公差等级数联合表示, 如 H7、h6、G8、r7 等。

基本偏差是公差带位置标准化的唯一参数, 除去 JS 和 js 以及 J 和 j、K 和 k 与 N 和 n 以外, 原则上基本偏差与公差等级无关。

2. 基准制

配合制是同一极限的孔和轴组成配合的一种制度, 亦称为基准制。国家标准对配合的组成规定了两种配合制度, 即基孔制和基轴制配合。



(1) 基孔制。

基本偏差为一定的孔的公差带与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。如图 2-12 (a) 所示, 基孔制配合中的孔称为基准孔, 代号为 H, 是基孔制配合中的基准件, 轴为非基准件。

标准规定, 基准孔的下极限尺寸等于公称尺寸, 基准孔下极限偏差 (E_1) 为基本偏差, 其数值为零。上极限偏差 (E_s) 为正值, 即其公差带偏置在零线上方。

(2) 基轴制。

基本偏差为一定的轴的公差带与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。如图 2-12 (b) 所示, 基轴制配合中的轴称为基准轴, 代号为 h, 是基轴制配合中的基准件, 孔为非基准件。

标准规定, 基准轴的上极限尺寸等于公称尺寸, 基准轴上极限偏差 e_s 为基本偏差, 其数值为零。下极限偏差 e_1 为负值, 即其公差带偏置在零线下方。

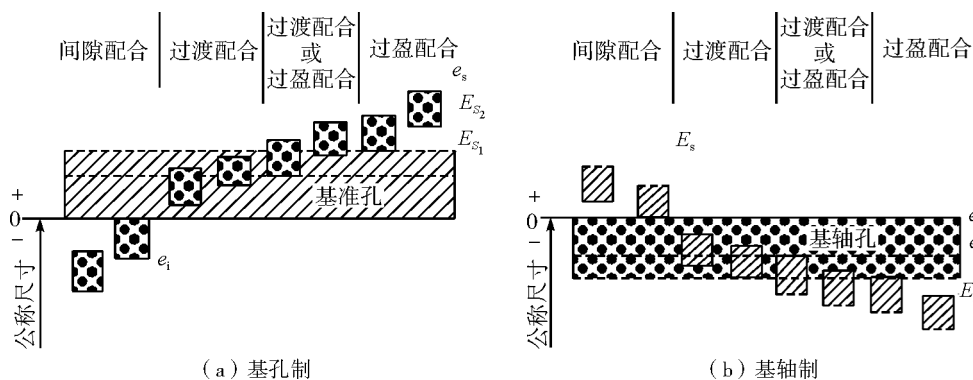


图 2-12 基准制

从图 2-12 可知: 基准孔 H 与轴 a~h 一定形成间隙配合, 标注为 H/a~h; 与轴 j~n 大致形成过渡配合, 配合的标注为 H/j~n; 与轴 p~zc 大致形成过盈配合, 其标注的形式为 H/p~zc。

基准轴 h 与孔 A~H 一定形成间隙配合, 标注为 A~H/h; 与孔 J~N 大致形成过渡配合, 配合的标注为 J~N/h; 与孔 P~ZC 大致形成过盈配合, 其标注的形式为 P~ZC/h。

3. 轴的基本偏差

轴的基本偏差计算公式见表 2-4。它是以基孔制配合为基础来考虑的, a~h 用于间隙配合, 基本

偏差的绝对值等于最小间隙, 其中 a、b、c 用于大间隙和热动配合, 考虑发热膨胀的影响, 采用与直径成正比关系的公式计算 (其中 c 适用于直径大于 40mm 时)。d、e、f 主要用于旋转运动, 为了保证良好的液体摩擦, 最小间隙应与直径成平方根关系, 但考虑到表面粗糙度的影响, 间隙应适当减小, 故 d、e、f 的计算公式是按此要求确定的。g 主要用于滑动和半液体摩擦, 或用于定位配合, 间隙要小, 所以, 直径的指数有所减小。基本偏差 cd、ef、fg 的绝对值, 分别按 c 与 d、e 与 f、f 与 g 绝对值的几何平均值确定, 适用于尺寸较小的旋转运动件。j~n 与基准孔形成过渡配合, 其基本偏差为下偏差 e_i , 数值基本上是根据经验与统计的方法确定的。p~zc 与基准孔形成过盈配合, 其基本偏差为下偏差 e_i , 数值大小按与一定等级的孔相配合所要求的最小过盈而定。最小过盈系数的系列符合优先数系, 规律性较好, 便于应用。

表 2-4 公称尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的轴的基本偏差计算公式

代号	适用范围	基本偏差为上偏差 (e_s)
a	$D \leq 120\text{mm}$	$-(265 + 1.3D)$
	$D > 120\text{mm}$	$-3.5D$
b	$D \leq 160\text{mm}$	$-(140 + 0.85)D$
	$D > 160\text{mm}$	$-1.8D$
c	$D \leq 40\text{mm}$	$-52D^{0.2}$
	$D > 40\text{mm}$	$-(95 + 0.8D)$
cd		$-\sqrt{cd}$
d		$-16D^{0.44}$
e		$-11D^{0.41}$
f		$-5.5D^{0.41}$
fg		$-\sqrt{fg}$
g		$-2.5D^{0.34}$
h		0
j	IT5~IT8	经验数据
k	$\leq \text{IT}3, \geq \text{IT}8$	0
	IT4 ~ IT7	$+0.6^3 \sqrt{D}$
m		$+(\text{IT}7 \sim \text{IT}6)$
n		$+5D^{0.34}$
p		$+\text{IT}7 + (0 \sim 5)$
r		$+\sqrt{ps}$
s	$D \leq 50\text{mm}$	$+\text{IT}8 + (1 \sim 4)$
	$D > 50\text{mm}$	$+\text{IT}7 + 0.4D$
t		$+\text{IT}7 + 0.63D$
u		$+\text{IT}7 + D$
v		$+\text{IT}7 + 1.25D$

续表

代号	适用范围	基本偏差为上偏差 (e_s)
x		$+ IT7 + 1.6D$
y		$+ IT7 + 2D$
z		$+ IT7 + 2.5D$
za		$+ IT8 + 3.15D$
zb		$+ IT9 + 4D$
zc		$+ IT10 + 5D$
$js = \pm \frac{IT}{2}$		

注：①表中 D 的单位为 mm。
②除 j 和 js 外，表中所列公式与公差等级无关。

在实际工作中，轴的基本偏差数值不必用公式计算，为方便使用，计算结果的数值已列成表（表 2-5），使用时可直接查表。

当轴的基本偏差确定后，另一个极限偏差可根据轴的基本偏差数值和标准公差值按下列关系计算：

$$e_i = e_s - IT$$
$$e_s = e_i + IT$$

4. 孔的基本偏差数值

孔的基本偏差数值是由相同字母轴的基本偏差，在相应的公差等级的基础上通过换算得到。换算的原则是：基本偏差字母代号同名的孔和轴，分别构成基轴制与基孔制的配合，在相应公差等级条件下，其配合的性质必须相同，即具有相同的极限间隙或极限过盈，这种配合称为同名配合。如 $H9/f9$ 与 $F9/h9$ ， $H7/p6$ 与 $P7/h6$ 。由于孔比轴加工困难，因此，国家标准规定，为使孔和轴在加工工艺上等价，在较高精度等级的配合中，孔比轴的公差等级低一级。在较低精度等级的配合中，孔与轴采用相同的公差等级。在孔与轴的基本偏差换算中，有以下两种规则。

（1）通用规则。

用同一字母表示的孔、轴基本偏差的绝对值相等，而符号相反。孔的基本偏差是轴的基本偏差相对于零线的倒影（反射关系），如图 2-13 所示。

对于孔 A~H: $E_i = -e_s$
J~ZC: $E_s = -e_i$

（2）特殊规则。

当孔、轴基本偏差代号对应时，孔的基本偏差 E_s 和轴的基本偏差 e_i 符号相反，而绝对值相差一个 Δ 值，即

$$E_s = -e_i + \Delta$$
$$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$$

式中， IT_n 为孔的标准公差； IT_{n-1} 为比孔高一级的轴的标准公差。

表 2-5 轴的基本偏差

基本尺寸 (mm)		基本偏差数值																																
		上偏差 e_s														下偏差 e_i																		
		所有标准公差等级														所有标准公差等级																		
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	IT5 和 IT6	IT7	IT8	IT4 至 IT7	IT3 $\leq$ IT7 $>$	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
偏差=± (IT _n)/2, 式中IT _n 是IT数值																																		
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60		
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-8	-6	-4	0		-2	-4	—	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80		
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	—	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97		
10	14	-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0		-3	-6	—	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130		
14	18																								+39	+45	—	+60	+77	+108	+150			
18	24	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-4	-8	—	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188		
24	30													-5	-10	—	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
30	40	-310	-170	-120		-80	-50	—	-25	—	-9	0												+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274		
40	50	-320	-180	-130																				+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
50	65	-340	-190	-140		-100	-60	—	-30	—	-10	0		-7	-12	—	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
65	80	-360	-200	-150																				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	-380	-220	-170											-9	-15	—	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120	-410	-240	-180		-120	-72	—	-36	—	-12	0												+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	-460	-260	-200																				+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160	-520	-280	-210		-145	-85	—	-43	—	-14	0		-11	-18	—	+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	+1000	
160	180	-580	-310	-230																				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	-660	-340	-240																				+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200	225	-740	-380	-260		-170	-100	—	-50	—	-15	0		-13	-21	—	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250		
225	250	-820	-420	-280																				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250	280	-920	-480	-300		-190	-110	—	-56	—	-17	0		-16	-26	—	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550		
280	315	-1050	-540	-330																				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125	—	-62	—	-18	0		-18	-28	—	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	+2100	
355	400	-1350	-680	-400																				+114	+208	+294	+435	+532	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	+2600	
450	500	-1650	-840	-480																				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

注:①基本尺寸小于或等于1时,基本偏差a和b均不采用。

②公差带js7至js11,若ITn值是奇数,则取偏差 $\pm(ITn-1)/2$ 。

此式适用于 $3\text{mm} < \text{基本尺寸} \leq 500\text{mm}$, 标准公差 $\leq \text{IT}8$ 的 J~N 和标准公差 $\leq \text{IT}7$ 的 P~ZC。

用上述公式计算出孔的基本偏差按一定规则化整, 编制出孔的基本偏差数值表, 如表 2-6 所示。实际使用时, 可直接查此表, 不必计算。

孔的另一个极限偏差可根据下列公式计算

$$E_s = E_1 + T_h$$

$$E_1 = E_s - T_h$$

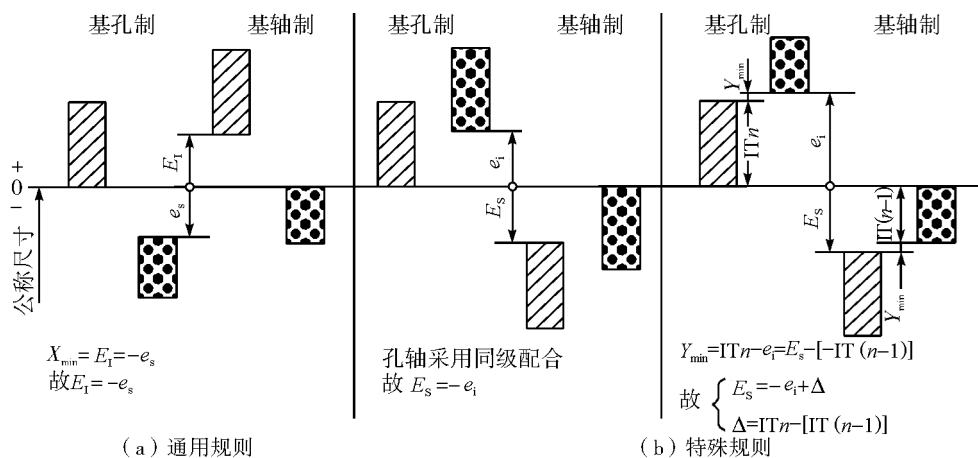


图 2-13 孔的基本偏差换算规则

【例 2-3】 用标准公差数值表和轴的基本偏差数值表, 按 $\phi 60\text{H}7/\text{p}6$ 确定 $\phi 60\text{P}7/\text{h}6$ 中的孔的基本偏差数值。

解: (1) 查表确定孔和轴的标准公差。

查表 2-2 得: $\text{IT}6 = 19\mu\text{m}$, $\text{IT}7 = 30\mu\text{m}$ 。

(2) 查表确定轴的基本偏差。

查表 2-5 得 p 的基本偏差 $e_i = +32\mu\text{m}$; 另一个极限偏差 $e_s = e_i + \text{IT}6 = +51\mu\text{m}$

(3) 计算孔的基本偏差。

因 P7 应按特殊规则计算基本偏差:

$$E_s = -e_i + \Delta$$

$$\text{而 } \Delta = \text{IT}7 - \text{IT}6 = 30 - 19 = 11\mu\text{m};$$

$$E_s = -e_i + \Delta = -32 + 11 = -21\mu\text{m}$$

$$\text{另一个极限偏差 } E_1 = E_s - \text{IT}7 = -21 - 30 = -51\mu\text{m}$$

(4) 计算极限过盈。

对于 $\phi 60\text{H}7/\text{p}6$:

$$Y_{\max} = E_1 - e_s = (0 - 51)\mu\text{m} = -51\mu\text{m}$$

$$Y_{\min} = E_s - e_i = (+30 - 32)\mu\text{m} = -2\mu\text{m}$$

对于 $\phi 60\text{P}7/\text{h}6$:

$$Y_{\max} = E_1 - e_s = (-51 - 0)\mu\text{m} = -51\mu\text{m}$$

$$Y_{\min} = E_s - e_i = [-21 - (-19)]\mu\text{m} = -2\mu\text{m}$$

可见, $\phi 60\text{H}7/\text{p}6$ 和 $\phi 60\text{P}7/\text{h}6$ 配合性质相同。

表 2-6 孔的基本偏差数

基本偏差																																		
基本尺寸 (mm)		下偏差 E_1												上偏差 E_s																				
		所有标准公差等级																																
		大于	至	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	T6	IT7	IT8	$\leq$ IT8	$>$ IT8	$\leq$ IT8	$>$ IT8	M											
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差=± (IT _n)/2, 式中IT _n 是IT数值															+2	+4	+6	0	0	—2	—2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0													—4+Δ	—4								
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0													—6+Δ	—6								
10	14	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0													—7+Δ	—7								
14	18																																	
18	24	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+7	0													—8+Δ	—8								
24	30																																	
30	40	+310	+170	+120	—	+80	+50		+25	—	+9	0													—9+Δ	—9								
40	50	+320	+180	+130																														
50	65	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0													—11+Δ	—11								
65	80	+360	+200	+150																														
80	100	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0													—13+Δ	—13								
100	120	+410	+240	+180																														
120	140	+460	+260	+200																														
140	160	+520	+280	+210	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0													—15+Δ	—15								
160	180	+580	+310	+230																														
180	200	+660	+340	+240																														
200	225	+740	+380	+260	—	+170	+100	—	+50	—	+15	0													—17+Δ	—17								
225	250	+820	+420	+280																														
250	280	+920	+480	+300	—	+190	+110	—	+56	—	+17	0													—20+Δ	—20								
280	315	+1050	+540	+330																														
315	355	+1200	+600	+360	—	+210	+125	—	+62	—	+18	0													—21+Δ	—21								
355	400	+1350	+680	+400																														
400	450	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0													—23+Δ	—23								
450	500	+1650	+840	+480																														

续表

偏差数值																Δ 值				
上偏差 E_s																				
≤IT8	>IT8	≤IT7	标准公差等级大于 IT7											标准公差等级						
N	P 至 ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	
-4	-4	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0	
-8+Δ	0	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1.5	2	3	6	7	
-10+Δ	0	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7	
-12+Δ	0	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
-15+Δ	0	-22	-28	-35	-	-41	-	-54	-	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12	
-17+Δ	0	-26	-35	-43	-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218	1.5	3	4	5	9	14	
-20+Δ	0	-32	-43	-53	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	2	3	5	6	11	16	
-23+Δ	0	-37	-59	-71	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	2	4	5	7	13	19	
-27+Δ	0	-43	-79	-92	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	3	4	6	7	15	23	
-31+Δ	0	-50	-100	-108	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	3	4	6	9	17	26	
-34+Δ	0	-56	-122	-122	-166	-216	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26	
-37+Δ	0	-62	-130	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	4	5	7	11	21	32	
-40+Δ	0	-68	-140	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	4	5	7	13	23	34	
在大于IT7的相应数值上增加一个Δ																				
-34+Δ	0	-56	-158	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29	
-37+Δ	0	-62	-170	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	4	5	7	11	21	32	
-40+Δ	0	-68	-208	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	5	5	7	13	23	34	

注: ①基本尺寸小于或等于 1 时, 基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用。

②公差带 JS11, 若 IT n 值是奇数, 则取偏差 = $\pm IT(n-1)/2$ 。

③对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 至 ZC, 所需 Δ 值从表内右侧选取。

④特殊情况: 250 至 315 段的 M6, $E_s = -9\mu m$ (代替 $-11\mu m$)。

【例 2-4】试用查表法确定 $\phi 20\text{H}7/\text{p}6$ 和 $\phi 20\text{P}7/\text{h}6$ 的孔和轴的极限偏差，绘制公差与配合图解，计算两个配合的极限过盈。

解：(1) 查表确定孔和轴的标准公差。查表 2-2 得： $\text{IT}6=13\mu\text{m}$ ， $\text{IT}7=21\mu\text{m}$ 。

(2) 查表确定轴的基本偏差。

查表 2-5 得： h 的基本偏差 $e_s=0$ ， P 的基本偏差 $e_i=+22\mu\text{m}$ 。

(3) 查表确定孔的基本偏差。

查表 2-6 得： H 的基本偏差 $E_1=0$ ， P 的基本偏差 $E_s=-22+\Delta=(-22+8)\mu\text{m}=-14\mu\text{m}$

或者孔的基本偏差由相同字母轴的基本偏差换算求得：

H 的基本偏差 $E_1=-e_s=0$ ， P 的基本偏差 $E_s=-e_i+\Delta=-22+(IT7-IT6)=[-22+(21-13)]\mu\text{m}=-14\mu\text{m}$

(4) 计算轴的另一个极限偏差。

$h6$ 的下极限偏差 $e_i=e_s-IT6=(0-13)\mu\text{m}=-13\mu\text{m}$

$p6$ 的上极限偏差 $e_s=e_i+IT6=(+22+13)\mu\text{m}=+35\mu\text{m}$

(5) 计算孔的另一个极限偏差。

$H7$ 的上极限偏差 $E_s=E_1+IT7=(0+21)\mu\text{m}=+21\mu\text{m}$

$P7$ 的下极限偏差 $E_i=E_s-IT7=(-14-21)\mu\text{m}=-35\mu\text{m}$

(6) 标出极限偏差。

$$\phi 20 \frac{\text{H}7(+0.021)}{0}, \phi 20 \frac{\text{P}7(-0.014)}{-0.035}$$

$$\text{p}6(+0.035/+0.022), \text{h}6(0/-0.013)$$

(7) 作公差与配合图解，如图 2-14 所示。

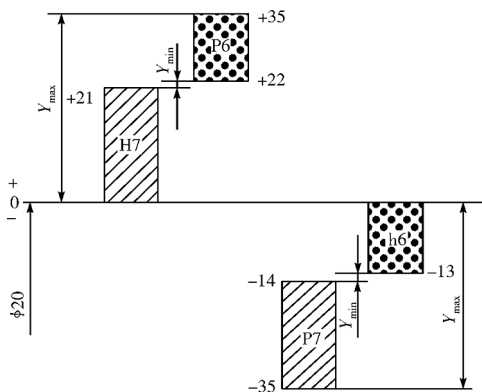


图 2-14 $\phi 20\text{H}7/\text{p}6$ 和 $\phi 20\text{P}7/\text{h}6$ 公差与配合图解

(8) 计算极限过盈。

对于 $\phi 20\text{H}7/\text{p}6$

$$Y_{\max}=E_i-e_s=(0-35)\mu\text{m}=-35\mu\text{m}$$

$$Y_{\min}=E_s-e_i=(+21-22)\mu\text{m}=-1\mu\text{m}$$

对于 $\phi 20\text{P}7/\text{h}6$

$$Y_{\max}=E_i-e_s=(-35-0)\mu\text{m}=-35\mu\text{m}$$

$$Y_{\min}=E_s-e_i=(-14-(-13))\mu\text{m}=-1\mu\text{m}$$

可见 $\phi 20\text{H}7/\text{p}6$ 和 $\phi 20\text{P}7/\text{h}6$ 配合性质相同。

5. 公差与配合的表示方法及图样标注

(1) 孔、轴公差带的表示方法。

公差带用基本偏差的字母和公差的等级数字表示。如：D7、f6。

(2) 国家标准规定，孔、轴尺寸公差用公称尺寸后跟所要求的公差带或偏差值。如 $\phi 60_{+0.100}^{+0.120}$ 、 $\phi 60D7$ 、 $\phi 60D7_{+0.100}^{+0.120}$ 。

在图样上的公差带与配合标注的方法如图 2-15 所示。

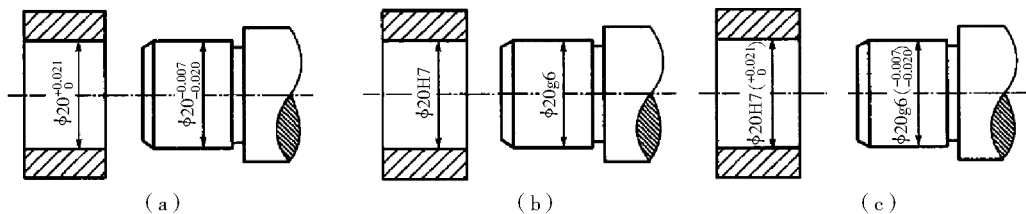


图 2-15 零件图上公差带与配合的标注

(3) 配合代号标注。

配合用公称尺寸后跟孔、轴公差带表示。孔、轴公差带写成分数形式，分子为孔公差带，分母为轴公差带。 $\phi 50H7/p6$ 在装配图上公差带与配合的标注如图 2-16 所示。

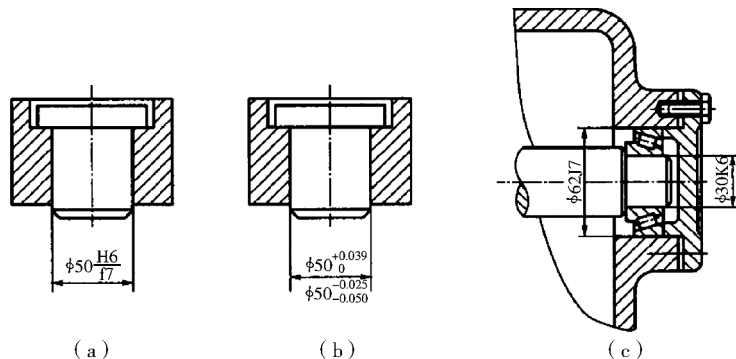


图 2-16 装配图上公差带与配合的标注

第三节 优先和常用配合

一、一般、常用和优先的公差带

按照国家标准中提供的 20 个等级的标准公差和 28 种基本偏差，可以组成很多种公差带（孔有 543 种，轴有 544 种）。由孔、轴公差带又能组成大量的配合。但是，在生产实践中，公差带的数量很多势必使标准繁杂，不利于生产。国家标准在满足我国实际需要和考虑生产发展需要的前提下，为了尽可能减少零件、定值刀具、量具和工艺装备的品种和规格，对所选用的公差带与配合作了必

要的限制。

对于尺寸 $\leq 500\text{mm}$ ，国家标准规定了一般、常用和优先的轴公差带共 119 种，其中方框内的 59 种为常用公差带，带圆圈的 12 种为优先的公差带，如图 2-17 所示。

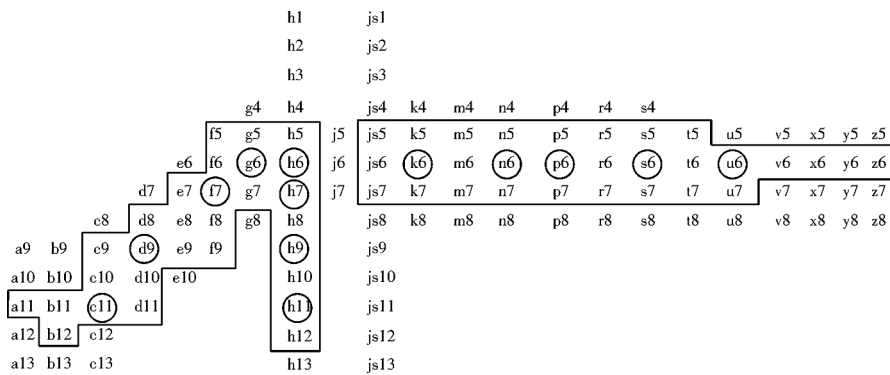


图 2-17 一般、常用和优先轴公差带

国家标准规定了一般、常用和优先的孔公差带 105 种，其中方框内的 44 种为常用公差带，带圆圈的 12 种为优先的公差带，如图 2-18 所示。选用公差带的顺序是：首先优先公差带，其次常用公差带，再一般公差带。

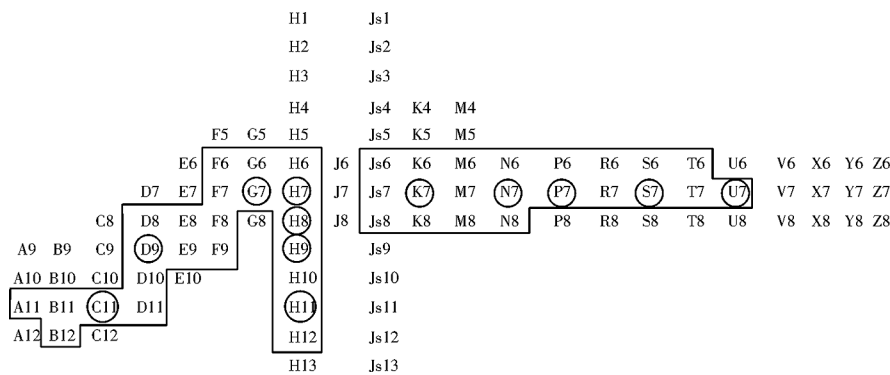


图 2-18 一般、常用和优先孔公差带

二、常用和优先配合

配合系列 GB/T 1801—2009 在公称尺寸 500mm 范围内，规定了基孔制常用配合 59 种，其中优先配合 13 种，见表 2-7。规定了基轴制常用配合 47 种，其中优先配合 13 种，见表 2-8。

表 2-7 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$

续表

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：① $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸 $\leq 3\text{mm}$ 和 $\frac{H8}{r7}$ 在 $\leq 100\text{mm}$ 时，为过渡配合。

② 标注 $\blacktriangledown$ 的配合为优先配合。

必须注意到，在表 2-7 中，当轴的标准公差小于或等于 IT7 级时，是与低一级的孔相配合；大于或等于 IT8 级时，与同级基准孔相配。在表 2-8 中，当孔的标准公差小于 IT8 级或小数等于 IT8 级时，是与高一级的基准轴相配，其余是孔、轴同级相配。配合的选用顺序为：先优先配合，再常用配合。

表 2-8 基轴制优先、常用配合

基准孔	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：标注 $\blacktriangledown$ 的配合为优先配合。