



普通高等教育“十二五”规划教材

HUHUANXING JISHU JICHU

互换性技术基础

王金东 夏法锋 主编



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

HUHUANXING JISHU JICHU

互换性技术基础

主 编	王金东	夏法锋
编 写	崔晓华	韩道权
	雷 娜	赵海洋
主 审	王尊策	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书阐述了机器或机械零、部件互换性的基本知识,介绍了几种典型机械零件公差与配合的基本原理和方法,以及国家标准在设计中的应用。全书共分8章,前4章阐述孔、轴结合的尺寸精度设计、几何精度设计、表面粗糙度设计等基础知识;第5~7章阐述滚动轴承与孔、轴结合的精度设计,键和花键结合的精度设计以及圆柱齿轮精度设计;最后一章是综合应用举例。书中各章附有相关习题,以配合教学的需要,也便于读者自学。

本书按照新颁布的国家标准编写,可作为高等工科院校机械类和近机械类各专业的本科教材,也可供从事机械设计、制造、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性技术基础/王金东,夏法锋主编. —北京:中国电力出版社,2011.6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-1881-6

I. ①互… II. ①王…②夏… III. ①零部件-互换性-高等学校-教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第128905号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011年8月第一版 2011年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 9.125印张 220千字

定价 16.50元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

“互换性技术基础”是高等工科院校机械类及近机械类各专业的一门重要的技术基础课。本课程重点阐述标准化领域有关几何量精度设计部分的内容，也涉及到机械设计、机械制造、质量控制、生产组织管理等多领域的知识，是一门应用性很强的技术基础课。

本教材按照目前机械类专业培养方案中“互换性技术基础”课程 32 学时的教学大纲要求编写，不再专门论述测量方面的内容。有关测量方面的知识及概念，在与该教材配套的实验指导书中阐述。编写过程中，力求基本概念清楚、准确，内容精练，以适应机械工程学科发展和教学改革的需要。为了加强对学生综合设计能力的培养，本教材突出了基本知识和基本理论的系统性、实用性和科学性，注重基本理论与生产设计、制造、检验等实践活动的有机结合，使学生在打好坚实理论基础的同时，提高解决实际问题的能力。

全书共分 8 章，包括绪论、尺寸精度设计、几何精度设计、表面粗糙度设计、滚动轴承与孔和轴结合的精度设计、键和花键结合的精度设计、圆柱齿轮精度设计、综合应用举例等内容，对最新修订的国家标准进行了诠释。书中各章附有相关习题，以配合教学的需要，也便于读者自学。

本书由东北石油大学王金东、夏法锋主编。具体编写分工如下：第 1、2 章由王金东编写，第 3 章由夏法锋编写，第 4 章由崔晓华编写，第 5、6 章由雷娜编写，第 7 章由韩道权编写，第 8 章由赵海洋编写。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请广大读者给予批评和指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 互换性	1
1.2 标准化	2
1.3 优先数系与优先数	4
习题	6
第 2 章 孔、轴结合的尺寸精度设计	7
2.1 概述	7
2.2 极限与配合的基本术语和定义	7
2.3 标准公差系列.....	13
2.4 基本偏差系列.....	17
2.5 尺寸精度设计.....	26
习题	36
第 3 章 几何精度设计	39
3.1 概述.....	39
3.2 几何公差的标注.....	42
3.3 几何公差与公差带.....	47
3.4 公差原则与公差要求.....	63
3.5 几何公差的选择.....	72
习题	77
第 4 章 表面粗糙度设计	80
4.1 概述.....	80
4.2 表面粗糙度的评定.....	81
4.3 表面粗糙度的参数值与选用.....	83
4.4 表面粗糙度的代号及其标注.....	88
习题	94
第 5 章 滚动轴承与孔、轴结合的精度设计	96
5.1 滚动轴承的组成及其精度等级.....	96
5.2 滚动轴承和孔、轴结合的公差与配合.....	98
5.3 滚动轴承与孔、轴结合的配合选用.....	99
习题	106
第 6 章 键和花键结合的精度设计	107
6.1 平键结合的精度设计	107
6.2 矩形花键结合的精度设计	110

习题	114
第7章 圆柱齿轮精度设计	115
7.1 概述	115
7.2 圆柱齿轮精度的评定指标	117
7.3 渐开线圆柱齿轮精度标准	121
7.4 圆柱齿轮精度设计	126
习题	134
第8章 互换性技术的综合应用	135
8.1 配合零件尺寸精度设计	135
8.2 典型零件精度设计	137
习题	138
参考文献	140

第1章 绪 论

机械设计通常可分为机械的运动设计、机械的结构设计、机械的强度和刚度设计以及机械的精度设计。前三项设计是其他课程研究的内容,本课程只研究机械精度设计。机械精度设计是根据机械的功能要求,正确地对机械零件的尺寸精度、几何精度以及表面精度要求进行设计,并将它们正确地标注在零件图和装配图上。

1.1 互 换 性

1.1.1 互换性的定义

互换性的概念在日常生活中到处都能用到。例如,机械或仪器上掉了一个螺钉,换上一个相同规格的新螺钉就行了;灯泡坏了,买一个安上即可;汽车、拖拉机,乃至家庭用的自行车、缝纫机、手表中某个机件磨损了,换上一个新的便能继续使用。互换性是重要的生产原则和有效技术措施,在日用工业品、机床、汽车、电子产品、军工产品等各生产部门都广泛采用。

互换性是指在同一规格的一批零件或部件中任取一件,不需经过任何选择、修配或调整,就能装配在整机上,并能满足使用性能要求的特性。这样的零件或部件就称为具有互换性的零件或部件。

显然,互换性应该同时具备两个条件:第一,不需经过任何选择、修配或调整便能装配(当然也应包括维修更换);第二,装配(或更换)后的整机能满足其使用性能要求。

1.1.2 互换性的分类

互换性可以按不同的方法分类。

按互换参数的范围,可分为几何参数互换性和功能互换性。几何参数互换性着重于保证产品的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性;功能互换性着重于保证产品除几何参数外的其他功能参数(如物理性能、化学性能、机械性能等参数)的一致性。本课程只研究几何参数的互换性。

按互换性的程度可分为完全互换与不完全互换。若零件在装配或更换时,不需选择、辅助加工或修配,则其互换性为完全互换性。当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件制造公差过小,加工困难,成本很高,甚至无法加工。这时,可以采用其他技术手段来满足装配要求。例如分组装配法,就是将零件的制造公差适当地放大,使之便于加工,而在零件完工后,装配前用测量器具将零件按实际尺寸的大小分为若干组,使每组零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行(即大孔与大轴相配,小孔与小轴相配)。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能降低加工难度和加工成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故这种互换性称为不完全互换性。不完全互换除分组互换法外,工程上还有修配法、调整法等。

对标准部件或机构而言,互换性又可分为外互换与内互换。外互换是指部件或机构与其

相配件间的互换性，例如滚动轴承内圈与轴的配合，外圈与机座孔的配合。内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性，例如滚动轴承内、外圈滚道与滚珠（滚柱）的装配。

为便于使用，滚动轴承的外互换采用完全互换，而其内互换则因其组成零件的精度要求高，加工困难，故采用分组装配，为不完全互换。一般而言，不完全互换只用于部件或机构的制造厂内部的装配。至于厂外协作件，即使批量不大，往往也要求完全互换。究竟是采用完全互换，还是不完全互换，或者部分地采用修配调整，要由产品精度要求与其复杂程度、产量大小（生产规模）、生产设备、技术水平等因素决定。

1.1.3 互换性的作用

在现代化机械制造业中，应用互换性原则已成为提高生产水平和促进技术进步的强有力手段之一，其作用主要表现在如下方面。

(1) 从设计方面看，由于产品中采用了具有互换性的零部件，尤其是采用了较多的标准零件和部件（螺钉、销钉、滚动轴承等），这就使许多零部件不必重新设计，从而大大减少了计算与绘图的工作量，简化了设计程序，缩短了设计周期；而且可以应用计算机进行辅助设计（CAD），这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改善，有很大帮助。

(2) 从制造方面看，互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时，由于零件（部件）具有互换性，不需要辅助加工和修配，可以减轻装配工的劳动量，因而缩短了装配周期；而且可以使装配工作按流水作业方式进行，以至实现自动装配，这就使装配生产效率显著提高。加工时，由于按标准规定公差加工，同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。各专业厂由于产品单一，产品数量大，分工细，即可采用高效率的专用设备，乃至采用计算机进行辅助加工，从而使产品的数量和质量明显提高，成本也必然显著降低。

(3) 从使用方面看，如果一台机器的某零件具有互换性，当该零件损坏后，可以很快地用一备件来代替，保证了机器工作的连续性和持久性，延长了机器的使用寿命，提高了机器的使用价值。在某些情况下，互换性所起的作用是难以用价值来衡量的。例如，发电厂要迅速排除发电设备的故障，保证继续供电；在战场上要很快排除武器装备的故障，保证继续战斗。在这些场合，零部件具有互换性，显然是极为重要的。

综上所述，在机械制造中组织互换性生产，大量地应用具有互换性的零部件，不仅能够显著提高劳动生产率，而且在有效保证产品质量、提高产品可靠性、降低成本等方面都具有重大的意义。

1.2 标 准 化

1.2.1 标准

根据 GB/T 20000.1—2002 对标准所下的定义为：“为在一定的范围内获得最佳秩序，对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构的批准。”标准应以科学、技术和经验综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的。由此可见，标准的制定是与当前科学技术水平和生产实践相关，它通过一段时间的执行，要根据实际使用情况，对现行标准加以修订和更新。所以在执行各项标准时，应以最新颁布的标准为准则。

按一般习惯可将标准分为技术标准、管理标准和工作标准；按作用范围分为国际标准、

区域标准、国家标准、专业标准、地方标准和企业标准；按标准在标准系统中的地位和作用分为基础标准和一般标准；按标准的法律属性分为强制性标准和推荐性标准。按我国《标准化法》的规定：“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、行政法规规定强制执行的标准是强制性标准，其他标准是推荐性标准。”强制性标准发布后，凡从事科研、生产、经营的单位和个人，都必须严格执行。不符合强制性标准要求的產品，严禁生产、销售和进口。推荐性标准不具有法律的约束力，但当推荐性标准一经被采用或在合同中被引用，则被采用或被引用的那部分内容，就应该严格执行，受合同法或有关经济法的约束。过去，我国适应计划经济的需要，实行单一的强制性标准。随着社会主义商品经济的发展，已实行强制性和推荐性两种标准，这是标准化工作中的一项重要改革。它既可将该管的标准管住、管好、管严，又可使不该管的标准放开、搞活，这就促进了商品经济的不断发展。

1.2.2 标准化

根据 GB/T 20000.1—2002 的规定，标准化定义为：“为在一定的范围内获得最佳秩序，对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动”。由标准化的定义我们可以认识到，标准化不是一个孤立的概念，而是一个活动过程，这个过程包括制定、贯彻、修订标准，循环往复，不断提高；制定、修订、贯彻标准是标准化活动的主要任务；在标准化的全部活动中，贯彻标准是个核心环节。同时还应注意到，标准化在深度上是没有止境的，无论是一个标准，还是整个标准系统，都在向更深的层次发展，不断提高，不断完善；另外，标准化的领域，尽管可以说在一切有人类智慧活动的地方都能展开，但目前大多数国家和地区都将标准化活动的领域重点放在工业生产上。

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，是科学管理的重要组成部分。标准化的作用很多、很广泛，在人类活动的很多方面都起着不可忽视的作用。标准化可以简化多余的产品品种，促进科学技术转化为生产力，确保互换性，确保安全和健康，保护消费者的利益，消除贸易壁垒。此外，标准化可以在节约原材料、减少浪费、信息交流、提高产品可靠性等方面发挥作用。在现代工业社会化的生产中，标准化是实现互换性的基础。

近年来，我国对标准化的指导思想是：各行各业中积极采用国际标准和国外先进标准，在我国加入 WTO 后，为加强和扩大我国与国际先进工业国家的技术交流及国际贸易，更应加快采用国际标准的步伐。

国际标准化机构有三个：国际标准化组织（ISO），它制定的标准用符号 ISO 表示；国际电工委员会（IEC），它制定的标准用符号 IEC 表示；国际电信联盟（ITU），它制定的标准用符号 ITU 表示。我国国家标准分国标（GB）和国军标（GJB），分别用符号 GB 和 GJB 表示。国标分为两类：必须执行的标准（记为 GB）和推荐执行的标准（记为 GB/T）。本课程主要涉及到的三十多个技术标准，多属于国家标准（GB）和国家推荐性技术基础标准（GB/T）。

为全面保证零部件的互换性，不仅要合理地确定零件制造公差，还必须对影响生产质量的各个环节、阶段及有关方面实现标准化。诸如技术参数及数值系列（如尺寸公差）的标准化（优先数系）；几何公差及表面质量参数的标准化；原材料及热处理方法的标准化；工艺装备及工艺规程的标准化；计量单位、检测规定等的标准化。可见，在机械制造业中，任何零部件要使其具有互换性，都必须实现标准化，没有标准化，就没有互换性。

世界各国的经济发展过程表明,标准化是实现现代化的一个重要手段,也是反映现代化水平的一个重要标志。现代化的程度越高,对标准化的要求也越高。通过标准化以及相关技术政策的实施,可以整合和引导社会资源,激活科技要素,推动自主创新与开放创新,加速技术积累、科技进步、成果推广、创新扩散、产业升级以及经济、社会、环境的全面、协调、可持续发展。

1.3 优先数系与优先数

在生产中,为了满足用户各种各样的要求,同一品种同一参数还要从大到小取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。优先数和优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学的数值标准。为了保证互换性,必须合理地确定零件公差,公差数值标准化的理论基础,即为优先数系和优先数。

1.3.1 优先数系

在生产中,当选定一个数值作为某种产品的参数指标后。这个数值就会按照一定规律向一切相关的制品、材料等有关参数指标传播扩散。例如动力机械的功率和转速确定后,不仅会传播到有关机器的相应参数上,而且必然会传播到其本身的轴、轴承、键、齿轮、联轴节等一整套零部件的尺寸和材料特性参数上,并进而传播到加工和检验这些零部件用的刀具、量具、夹具、机床等的相应参数上。这种技术参数的传播性,在生产实际中是极为普遍的现象,并且跨越行业和部门的界限。工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过反复传播后,也会造成尺寸规格的繁多杂乱,以致给组织生产、协作配套、使用维修等带来很大困难。因此,对于各种技术参数,必须从全局出发,加以协调。

根据工程技术上的要求,优先数系是一种十进制几何级数。GB/T 321—2005 规定,优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。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。

由上述可知,优先数系的五个系列的公比都是无理数,在工程技术上不能直接应用,而实际应用的是理论公比经过化整后的近似值,各系列的公比如下:

$$\text{R5: 公比 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$$

$$\text{R10: 公比 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$$

$$\text{R20: 公比 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$$

$$\text{R40: 公比 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$$

$$\text{R80: 公比 } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0291 \approx 1.03$$

(1) 基本系列。R5、R10、R20和R40四个系列,是优先数系中的常用系列,称为基本系列,该系列各项数值见表1-1。其代号如下:

系列无限定范围时,用R5、R10、R20、R40表示。

系列有限定范围时,应注明界限值。例如,R10(1.25…)表示以1.25为下限的R10系列;R20(…45)表示以45为上限的R20系列;R40(75…300)表示以75为下限和300为上限的R40系列。

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

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			

(2) 补充系列。R80 系列称为补充系列, 其代号表示方法同基本系列。

(3) 变形系列。变形系列主要有三种: 派生系列、移位系列和复合系列。

1.3.2 优先数

优先数系的五个系列 (R5、R10、R20、R40 和 R80) 中任一个项值均称为优先数, 根据其取值的精确程度, 数值可分为以下几种。

(1) 优先数的理论值。理论值即理论等比数列的项值。如 R5 理论等比数列的项值有 1、 $\sqrt[5]{10}$ 、 $(\sqrt[5]{10})^2$ 、 $(\sqrt[5]{10})^3$ 、 $(\sqrt[5]{10})^4$ 、10 等。理论值一般是无理数, 不便于实际应用。

(2) 优先数的计算值。计算值是对理论值取五位有效数字的近似值, 同理论值相比, 其相对误差小于 $1/(2 \times 10^4)$, 供精确计算用。例如 1.60 的计算值为 1.5849。

(3) 优先数的常用值。即通常所称的优先数, 取三位有效数字进行圆整后规定的数值, 是经常使用的, 见表 1-1。

(4) 优先数的化整值。化整值是对基本系列中的常用数值作进一步圆整后所得的值, 一般取两位有效数字, 供特殊情况用。例如 1.12 的化整值为 1.1, 6.3 的化整值为 6.0 等。

1.3.3 优先数系的应用

(1) 在确定产品的参数或参数系列时, 如果没有特殊原因而必须选用其他数值的话, 只要能满足技术经济上的要求, 就应当力求选用优先数, 并且按照 R5、R10、R20 和 R40 的顺序, 优先用公比较大的基本系列; 当一个产品的所有特性参数不可能都采用优先数时, 也应使一个或几个主要参数采用优先数; 即使单个参数值, 也应按上述顺序选用优先数。这样做既可在产品发展时, 插入中间值后仍保持或逐步发展成为有规律的系列, 便于跟其他相关产品协调配套。

(2) 当基本系列的公比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中含有项值 1 的派生系列。移位系列只适宜于因变量参数的系列。

(3) 当参数系列的延伸范围很大, 从制造和使用的经济性考虑, 在不同的参数区间, 需要采用公比不同的系列时, 可分段选用最适宜的基本系列或派生系列, 以构成复合系列。

(4) 按优先数常用值分级的参数系列, 公比是不均等的。在特殊情况下, 为了获得公比精确相等的系列, 可采用计算值。

(5) 若无特殊原因, 应尽量避免使用化整值。因为化整值的选用带有任意性, 不易取得

协调统一。若系列中含有化整值，就使以后向较小公比系列的转换变得较为困难，化整值系列公比的均匀性差，化整值的相对误差经乘、除运算后往往进一步增大等。

习 题

- 1-1 什么叫互换性？它在机械制造中有何作用？是否互换性只适用于大批量生产？
- 1-2 生产中常用的互换性有几种？采用不完全互换的条件和意义是什么？
- 1-3 何谓标准化？它和互换性有何关系？标准应如何分类？
- 1-4 何谓优先数系，基本系列有哪些？公比如何？
- 1-5 下面两列数据属于哪种系列？公比 q 为多少？
 - (1) 电动机转速（单位为 r/min）：375、750、1500、3000…
 - (2) 摇臂钻床的主参数（最大钻孔直径，单位为 mm）：25、40、63、80、100、125 等。

第2章 孔、轴结合的尺寸精度设计

2.1 概 述

一个零件的几何要素在加工过程中不可避免地会产生误差。实践证明,只要误差不超过允许的范围(即公差范围),就可以满足产品的正常使用要求。可见,公差的大小反映了零件几何参数的使用要求,配合则反映了组成机械的零部件之间的结合关系。因此,尺寸精度的设计问题就是合理确定组成机械产品的零部件几何参数的公差与配合问题。

为了满足互换性的要求,国家标准计量局已对这些公差与配合进行了标准化,制定并颁布了相应的国家标准。考虑到便于国际间的技术交流,所以我国的极限与配合标准采用了国际公差制。这些标准是尺寸精度设计的重要依据。

国家标准《极限与配合》中,公差与配合部分的标准主要包括:

GB/T 1800.1—2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础

GB/T 1800.2—2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表

GB/T 1801—2009 产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 公差带和配合的选择

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

2.2 极限与配合的基本术语和定义

为了保证互换性,统一设计、制造、检验和使用的认识,在极限与配合(公差与配合)标准中,首先对极限与配合的基本术语和定义作了规定。

2.2.1 孔与轴

(1) 孔通常是指圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面)。

(2) 轴通常是指圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面)。

由此定义可知,这里所说的孔、轴并非仅指圆柱形的内、外表面,也包括非圆柱形的内、外表面。如图2-1所示的键槽宽 D ,滑块槽宽 D_1 、 D_2 、 D_3 均为孔;而轴的直径 d_1 、槽底部尺寸 d_2 、滑块槽厚度 d_1 等均为轴。另外,从装配关系看,孔是包容面,轴是被包容面;从加工过程看,随着加工余量的切除,孔的尺寸由小变大,而轴的尺寸由大变小。可见,在极限与配合制中,孔、轴的概念是广义的,而且都是由单一尺寸构成的,例如

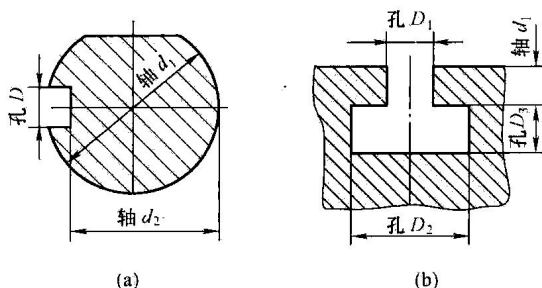


图2-1 孔与轴

圆柱体的直径、键和键槽宽等。

2.2.2 尺寸

尺寸包括线性尺寸、基本尺寸、实际尺寸和极限尺寸等。

(1) 线性尺寸。线性尺寸简称尺寸，是指以特定单位 mm 表示长度的数值，如直径、半径、长度、宽度、深度、高度、厚度、中心距等。

(2) 基本尺寸。基本尺寸是指设计给定的尺寸，即由设计人员根据使用要求，通过强度、刚度计算，并考虑结构和工艺方面的因素，参考经验或试验数据后，取标准值的尺寸。在极限配合中，它也是计算偏差的起始尺寸。孔、轴的基本尺寸代号分别用 D 和 d 表示。

(3) 实际尺寸。实际尺寸是指零件加工后通过测量得到的某一尺寸。由于存在测量误差，实际尺寸并非被测尺寸的真值，而是一个近似真值的尺寸。此外，由于工件存在着形状误差，所以不同部位的尺寸真值也不完全相同。孔、轴的实际尺寸代号分别用 D_a 和 d_a 表示。

(4) 极限尺寸。极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。极限尺寸以基本尺寸为基数来确定，两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸。孔、轴极限尺寸代号分别用 D_{\max} 、 D_{\min} 和 d_{\max} 、 d_{\min} 表示。

基本尺寸和极限尺寸是设计时给定的，实际尺寸控制在极限尺寸范围内。

2.2.3 偏差、公差及公差带

(1) 尺寸偏差。尺寸偏差（简称偏差）是指某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等）减去其基本尺寸所得的代数差。偏差包括实际偏差和极限偏差。

实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为实际偏差，孔的实际偏差用 E_a 表示，轴的实际偏差用 e_a 表示。

最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为上偏差；最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为下偏差；上偏差与下偏差统称为极限偏差。用代号 ES 表示孔的上偏差；用 es 表示轴的上偏差；用代号 EI 表示孔的下偏差；用 ei 表示轴的下偏差。孔、轴上、下偏差分别可用式 (2-1) 和式 (2-2) 表示，即

$$ES = D_{\max} - D, \quad es = d_{\max} - d \quad (2-1)$$

$$EI = D_{\min} - D, \quad ei = d_{\min} - d \quad (2-2)$$

偏差为代数值，有正数、负数或零。计算和标注时，除零以外必须带有正号或负号。

(2) 尺寸公差。尺寸公差（简称公差）是指允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值，也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。孔、轴的公差代号分别用 T_D 和 T_d 表示。

根据公差定义，孔、轴公差可分别用式 (2-3) 表示

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}|, \quad T_d = |d_{\max} - d_{\min}| \quad (2-3)$$

根据式 (2-1) 和式 (2-2) 可分别得出 $D_{\max} = D + ES$ 、 $D_{\min} = D + EI$ 、 $d_{\max} = d + es$ 和 $d_{\min} = d + ei$ ，故有

$$T_D = |ES - EI|, \quad T_d = |es - ei| \quad (2-4)$$

值得注意的是，公差与偏差是有区别的，偏差是代数值，有正负号；而公差则是绝对值，没有正负之分，计算时决不能加正负号，而且不能为零。

图 2-2 所示为极限与配合示意，它表明了相互结合的孔和轴的基本尺寸、极限尺寸、

极限偏差与公差的关系。

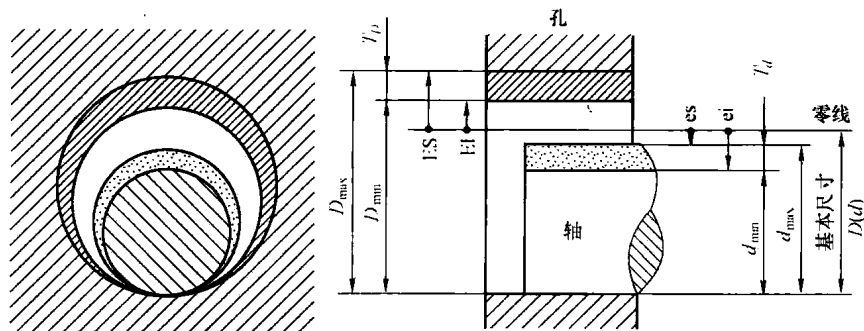


图 2-2 极限与配合示意

(3) 尺寸公差带图。为了清晰、直观地表达基本尺寸、极限偏差、公差以及孔和轴的关系，最好用图形来表示。由于公差及偏差的数值与基本尺寸数值相比差别甚大，不使用同一比例表示，故国家标准规定了孔、轴的公差及其配合图解，简称公差带图，如图 2-3 所示。通过该图，我们可以看出，公差带图由两部分组成：零线和公差带。

零线：在公差带图中，确定偏差的一条基准直线，即零偏差线。通常，零线表示基本尺寸。在绘制公差带图时，应注意标注零线（基本尺寸线）、基本尺寸数值和符号“+、0、-”。

尺寸公差带（简称公差带）：在公差带图中，由代表上、下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置来确定的。在绘制公差带图时，应注意用不同方式区分孔、轴公差带，其相互位置与大小则应用协调比例画出。由于公差带图中，孔、轴的基本尺寸和上、下偏差的量纲单位可能不同，对于某一孔、轴尺寸公差带图的绘制，规定有两种不同的画法：①图中孔、轴的基本尺寸和上、下偏差都不标写量纲单位。这表示图中各数值的量纲单位均为 mm，这种公差带图的绘制方法，如图 2-4 (a) 所示；②图中孔、轴的基本尺寸标写量纲单位 mm，上、下偏差标写量纲单位，这表示孔、轴基本尺寸的量纲为 mm，而其上、下偏差的量纲单位为 μm ，这种公差带图的绘制方法，如图 2-4 (b) 所示。

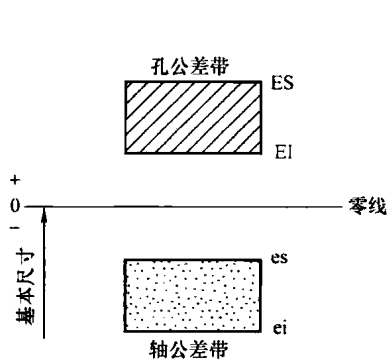


图 2-3 公差带图

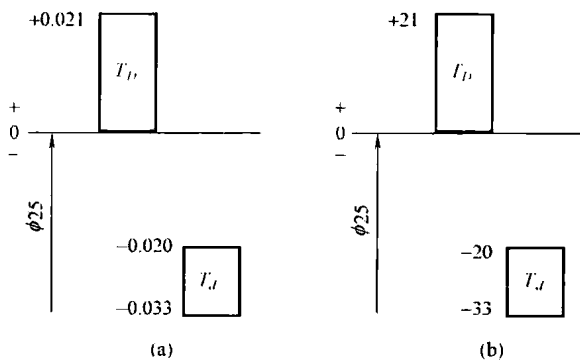


图 2-4 尺寸公差带图

【例 2-1】 已知孔、轴基本尺寸为 $\phi 25$ ， $D_{\max} = \phi 25.021$ ， $D_{\min} = \phi 25.000$ ， $d_{\max} = \phi 24.980$ ， $d_{\min} = \phi 24.967$ ，求孔与轴的极限偏差和公差，并注明孔与轴的极限偏差在图样上

据式(2-5)~式(2-7)可得

$$X_{\max} = ES - ei = (+0.033) - (-0.041) = +0.074 \text{ (mm)}$$

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.020) = +0.020 \text{ (mm)}$$

$$X_{\text{av}} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} = \frac{(+0.074) + (+0.020)}{2} = +0.047 \text{ (mm)}$$

2) 过盈配合。过盈配合是具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之下(包括相接),如图2-6所示。

在过盈配合中,孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差为最小过盈,用代号 Y_{\min} 表示,即

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-8)$$

孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差为最大过盈,用代号 Y_{\max} 表示,即

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-9)$$

由图2-6可见,当孔的最大极限尺寸等于轴的最小极限尺寸时,则最小过盈 $Y_{\min} = 0$ 。在实际生产中,有时用到平均过盈,用代号 Y_{av} 表示,即

$$Y_{\text{av}} = \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} \quad (2-10)$$

过盈值的前面必须标注负号。

【例2-3】试计算孔 $\phi 30_{-0.033}^{+0.033}$ mm与轴 $\phi 30_{+0.048}^{+0.069}$ mm配合的极限过盈和平均过盈。

解 依题意可判定: $ES = +0.033$ mm, $EI = 0$, $es = +0.069$ mm, $ei = +0.048$ mm, 根据式(2-8)~式(2-10)可得

$$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.069) = -0.069 \text{ (mm)}$$

$$Y_{\min} = ES - ei = (+0.033) - (+0.048) = -0.015 \text{ (mm)}$$

$$Y_{\text{av}} = \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} = \frac{(-0.069) + (-0.015)}{2} = -0.042 \text{ (mm)}$$

3) 过渡配合。过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相交叠,如图2-7所示。

在过渡配合中,孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差为最大间隙。计算公式同式(2-5)。孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差为最大过盈,计算公式同式(2-9)。

过渡配合中的平均间隙或平均过盈为

$$X_{\text{av}} \text{ (或 } Y_{\text{av}}) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \quad (2-11)$$

【例2-4】试计算孔 $\phi 30_{-0.033}^{+0.033}$ mm与轴 $\phi 30_{-0.008}^{+0.013}$ mm配合的极限间隙或过盈、平均过盈

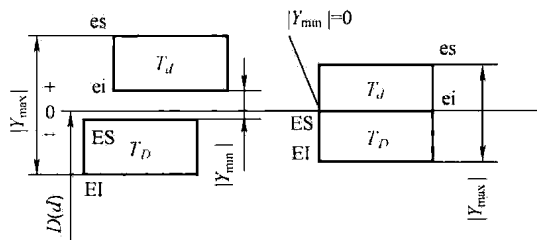


图2-6 过盈配合的尺寸公差带

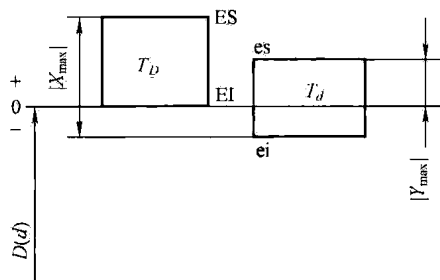


图2-7 过渡配合的尺寸公差带