

中等专业学校教材

公差配合与技术测量

(修 订 版)

姜明德 杨福泉 编



湖南科学技术出版社

中等专业学校教材
公差配合与技术测量
(修订本)

姜明德 编
责任编辑: 何信媛

*

湖南科学技术出版社出版发行
(长沙市展览馆路8号)
湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1990年4月第2版第7次印刷
开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 16 字数: 392,000
印数: 97,001—117,100

ISBN 7-5357-0107-8

TH·7 定价: 6.00元

90秋中专技工6674

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者,各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,为不断提高工科电子类专业教材的质量而共同努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本书系按电子工业部制定的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由电子工业部中专电子机械类专业教材编审委员会专业基础课编审小组组织征稿、评选、推荐出版的。责任编委是辽宁电子工业学校华壁高级讲师。

本书由无锡无线电工业学校姜明德高级讲师担任主编,温州大学郑可麟副教授担任主审。

本课程参考学时数为80学时(包括实验),其主要内容为:绪言;尺寸公差与配合;技术测量基础;形状和位置公差及检测;表面粗糙度及检测;光滑极限量规及位置量规;滚动轴承的公差与配合;圆锥公差及检测;键、花键的公差及检测;螺纹的公差及检测;圆柱齿轮的公差及检测;尺寸链。

本书是在广泛收集1984年9月出版的《公差配合与技术测量》(姜明德、黄芝慧编)的教学效果反映的基础上,根据有关教师的意见而进行修订的。修订时,着重对基本概念、基本原理的阐述,加强应用,更新标准,以便更好地适应中专教学的需要。书中带*部分,可根据需要选讲或留给学生自学,每章附有思考题和习题,最后附有公差表格。本书可供中等专业学校和工厂企业教学使用,也可供工程技术人员和工人学习时参考。

本书由无锡无线电工业学校姜明德、杨福泉编写。其中第一、三、四、五、七至十二章由姜明德编写,杨福泉编写了第二、六章(本书修订前的第二、五、六、八章由黄芝慧老师编写),姜明德统编全稿。在修订过程中,成都无线电机械学校陈克念、辽宁电子工业学校朱长集、无锡无线电工业学校周鸣森等老师提出了许多宝贵意见,朱彩华描绘了书中大部分图稿,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪言	(1)
第一节 互换性概述	(1)
第二节 互换性生产发展简史	(2)
第三节 本课程的性质、任务与要求	(3)
思考题	(3)
第二章 尺寸公差与配合	(4)
第一节 基本术语和定义	(5)
第二节 常用尺寸公差与配合	(11)
第三节 公差与配合的选用	(20)
习题	(27)
第三章 技术测量基础	(30)
第一节 技术测量的基本概念	(30)
第二节 量块	(31)
第三节 测量方法的分类	(34)
第四节 计量器具的分类和主要度量指标	(36)
第五节 常用的量具和量仪	(37)
**第六节 三坐标测量机	(48)
第七节 测量误差	(50)
第八节 计量器具的选用与维护保养	(54)
习题	(58)
第四章 形状和位置公差及检测	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 形位公差及检测	(63)
第三节 公差原则	(85)
第四节 形位公差的选用	(91)
第五节 形位公差标注读解举例	(93)
习题	(93)
第五章 表面粗糙度及检测	(97)
第一节 概述	(97)
第二节 表面粗糙度的评定	(98)
第三节 表面粗糙度参数值及其选用	(100)

**附: 表面光洁度国家标准 (GB1031—68) 简介	(100)
第四节 表面粗糙度的标注	(101)
第五节 表面粗糙度的检测	(104)
思考题	(107)
第六章 光滑极限量规及位置量规	(108)
第一节 光滑极限量规	(108)
**第二节 位置量规	(114)
习题	(120)
第七章 滚动轴承的公差与配合	(122)
第一节 滚动轴承的公差	(122)
第二节 滚动轴承的配合及其选用	(123)
习题	(126)
第八章 圆锥公差及检测	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 圆锥直径偏差和锥角偏差对基面距的影响	(128)
第三节 圆锥公差	(130)
第四节 角度和锥度的检测	(132)
习题	(136)
第九章 键、花键公差及检测	(137)
第一节 平键联结的公差与配合	(137)
第二节 矩形花键联结的公差与配合	(138)
第三节 键和花键的检测	(141)
习题	(142)
第十章 螺纹的公差及检测	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 螺纹的几何参数误差对螺纹互换性的影响	(144)
第三节 普通螺纹的公差与配合	(148)
**第四节 机床丝杠、螺母公差	(152)
第五节 螺纹的检测	(154)
习题	(158)
第十一章 圆柱齿轮的公差及检测	(159)
第一节 齿轮传动的使用要求	(159)
第二节 直齿圆柱齿轮误差及检测	(160)
第三节 齿轮副的要求及检测	(167)
第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准	(170)
第五节 小模数渐开线圆柱齿轮精度制简介	(177)
习题	(179)
第十二章 尺寸链	(180)
第一节 概述	(180)
第二节 用极值法解尺寸链	(182)

习题	(187)
附表	(188)
1. 标准尺寸 (摘自GB2822—81)	(188)
2. 标准公差 (GB1800—79)	(189)
3. 轴的基本偏差数值 (GB1800—79)	(190)
4. 孔的基本偏差数值 (GB1800—79)	(192)
5. 孔轴常用公差带的极限偏差 (摘自GB1801—79)	(194)
6. 未注公差尺寸的极限偏差 (摘自GB1804—79)	(205)
7. 直线度、平面度 (摘自GB1184—80)	(206)
8. 圆度、圆柱度 (GB1184—80)	(207)
9. 平行度、垂直度、倾斜度 (摘自GB1184—80)	(207)
10. 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动 (摘自GB1184—80)	(208)
11. 位置度数系 (GB1184—80)	(209)
12. 轮廓算术平均偏差 R_a 的数值 (GB1031—83)	(210)
13. 微观不平度十点高度 R_z , 轮廓最大高度 R_y 的数值 (GB1031—83)	(210)
14. R_a 、 R_z 、 R_y 的取样长度 l 与评定长度 l_n 的选用值 (GB1031—83)	(210)
15. 表面光洁度分级 (GB1031—68)	(211)
16. 量规公差带的大小和位置 (摘自GB1957—81)	(212)
17. 针式塞规 (摘自GB6322—86)	(212)
18. 锥柄圆柱塞规 (摘自GB6322—86)	(213)
19. 圆柱环规 (摘自GB6322—86)	(215)
20. 单头双极限卡规 (摘自GB6322—86)	(216)
21. 向心轴承内、外圈极限偏差 (摘自GB307.1—84)	(217)
22. 向心轴承和向心推力轴承用轴颈公差带 (GB275—84)	(218)
23. 向心轴承和向心推力轴承用外壳孔公差带 (GB275—84)	(219)
24. 轴和外壳孔的形位公差 (GB275—84)	(219)
25. 配合表面的粗糙度 (GB275—84)	(220)
26. 一般用途圆锥的锥度与锥角系列 (GB157—89)	(220)
27. 特殊用途圆锥的锥度与锥角系列 (摘自GB157—89)	(221)
28. 锥角公差 AT_a 和 AT_D 值	(221)
29. 莫氏工具圆锥的锥度公差和尺寸 (摘自GB1443—85)	(221)
30. 平键联结、键和键槽的公差与配合 (摘自GB1095—79)	(222)
31. 矩形花键基本尺寸系列 (GB1144—87)	(222)
32. 普通螺纹基本尺寸 (摘自GB196—81)	(223)
33. 普通螺纹内螺纹小径公差 (TD_1) (摘自GB197—81)	(224)
34. 普通螺纹外螺纹大径公差 (Td) (摘自GB197—81)	(224)
35. 普通螺纹内螺纹中径公差 (TD_2) (摘自GB197—81)	(225)
36. 普通螺纹外螺纹中径公差 (Td_2) (摘自GB197—81)	(225)
37. 普通螺纹基本偏差 (摘自GB197—81)	(226)
38. 普通螺纹旋合长度 (摘自GB197—81)	(226)

39. 公法线长度 W' ($m=1, \alpha=20^\circ$)	(227)
40. 分度圆弦 齿厚 $\bar{S}'$ 和弦齿高 $\bar{h}'$ ($m=1, \alpha=20^\circ$)	(228)
41. 5~9级精度齿轮各检验参数的公差值或极限偏差值 (摘自GB10095—88)	(229)
42. 接触斑点 (摘自GB10095—88)	(234)
43. 中心距极限偏差 $\pm fa$ (摘自GB10095—88)	(234)
44. 齿厚极限偏差 (摘自GB10095—88)	(234)
45. 齿坯公差 (摘自GB10095—88)	(234)
46. 齿轮各面的表面粗糙度 推荐值	(234)
47. 小模数齿轮精度指标的公差值或极限偏差值 (摘自GB2363—80)	(235)
48. 小模数齿轮6级精度侧隙指标的极限偏差 (摘自GB2363—80)	(237)
49. 小模数齿轮7级精度侧隙指标的极限偏差 (摘自GB2363—80)	(239)
50. 小模数齿轮8级精度侧隙指标的极限偏差 (摘自GB2363—80)	(241)
51. 小模数齿轮9级精度侧隙指标的极限偏差 (摘自GB2363—80)	(242)
52. 小模数齿轮中心距极限偏差 $\pm fa$ (摘自GB2363—80)	(245)
53. 小模数齿轮轴线平行度公差 f_x, f_y (GB2363—80)	(245)
54. 小模数齿轮副最小侧隙 j_o (摘自GB2363—80)	(245)

第一章 绪 言

第一节 互换性概述

一、互换性及其重要意义

在现代生活中,经常使用互换性零部件,例如电视机的显像管坏了,自行车的螺帽掉了,手表的发条断了,我们只要换上同一规格的显像管、螺帽或发条就行了。

零(部)件的互换性是指同一规格的零(部)件,不需要任何挑选、调整或修配,就能装到机器(或部件)上去,并完全符合规定的性能要求。

现代生产中互换性已成为一个普遍遵循的原则。这是因为从机械制造上看,互换性生产是实现现代化大生产的基础。一台电视机有上百个零部件,由于这些零部件具有互换性,就可以由十几家或几十家工厂分别制造,然后在一家或几家工厂进行组装与总装。零部件品种越简化,通用化程度越高,生产批量就越大,就有可能组织专业化大生产,并采用新工艺、新技术,实现生产过程自动化,从而提高劳动生产率,保证产品质量,降低生产成本。又从设计上看,由于采用按互换性原则设计和生产的标准零部件,简化了绘图和设计工作,为产品品种的多样化和结构性能的不断改进创造了良好条件,使产品更为合理先进。再从使用上看,互换性给机器的使用和维修带来了很大的方便,一旦机器中某一零部件坏了,换上一个备件就可以了,缩短了维修时间,降低了维修成本,提高了机器的使用效率。

二、互换性的种类

按互换性的对象通常有几何参数、机械性能和电气性能等方面的互换性。本教材仅讨论几何参数的互换性。几何参数一般包括尺寸大小、几何形状以及相互位置关系等。

按互换性的程度可分为完全互换和不完全互换两种。完全互换是指上面所述的互换性,在装配时无附加选择、调整或修配;而不完全互换在装配时允许有附加选择或调整,但不允许修配。现代生产中绝大多数零件均采用完全互换,但并非所有零件都是如此。有的零件要求很高,加工困难,我们可以按一般要求进行生产,然后经过挑选,分组装配,使每组零件间的差别大大减小,这样既可保证装配和使用要求,又便于加工。此时仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换。故称不完全互换。如滚动轴承中内、外圈与钢球的组合就采用不完全互换。

若在装配时需要对零件进行修配,则零件已无互换性可言,叫做不具有互换性。如常见冷冲模中的凸模与凹模通常用修配法制造。

三、如何实现互换性生产

由于加工和测量总是有误差的,要将零件的实际几何参数做得与理想的几何参数完全一样是不可能的,也是没有必要的,而只要将实际几何参数对理想几何参数的变动量(误差)控制在允许的范围内就可以了。允许零件几何参数的变动量称为几何参数公差,它有尺寸公差、形状公差和位置公差等。

零件实际几何参数近似理想几何参数的程度称为零件的几何精度,它有尺寸精度、形状精度和位置精度等。精度越高,则误差越小。因此要使零件具有互换性,必须将零件的误差控制在规定的公差范围内,也就是使同规格的零件具有相同的、能满足功能要求的几何精度。

要实现互换性生产,首先必须采用标准化生产。没有标准化,没有标准将产品和技术要求统一起来,就不可能组织互换性生产,所以标准化是实现互换性生产的基础。随着生产水平的提高,技术要求越来越高,分工越来越细,生产协作越来越广泛,标准化工作也就越来越显得重要。

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复事物(如产品、零部件)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值)通过制定、发布和实施标准达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。标准以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

标准涉及的范围极其广泛,因此技术标准种类繁多。公差配合标准是技术标准中的基础标准,它包括尺寸公差与配合、形状和位置公差以及齿轮公差等方面的标准。

在我国,技术标准一般分为国家标准(代号为GB)、行业标准和企业标准三级。专业标准(代号为ZB)属行业标准。部标准(如原机械工业部标准代号为JB、原第四机械工业部标准代号为SJ等)将逐步向专业标准过渡。

要实现互换性生产,还必须采用相应的技术测量手段。如果一个国家的计量单位不统一,量具量仪不准确可靠,没有合理的测量方法就无法进行互换性生产。所以技术测量是实现互换性生产的保证。现代生产中,计量数据是评价产品质量的依据,是管理生产、组织生产不可缺少的信息;科学研究也要依靠先进的测试技术和准确的实验数据,否则,研究工作便无法开展。

总之,公差配合标准与技术测量是实现互换性生产的基础和保证,是组织现代化生产的必要条件,我们必须认真研究公差配合标准,学习技术测量知识,这对推动我国社会主义现代化建设具有十分重要的意义。

第二节 互换性生产发展简史

早期生产是原始的单件“配作”生产,没有互换性。随着生产的发展,特别是资本主义生产发展到使用机器大批大量生产后,则要求采用互换性生产。1902年英国纽瓦尔(Newall)公司首先制订了《公差与配合》标准,以后各国都先后制订了《公差与配合》国家标准如英国标准(BS)、美国标准(ANSI)、西德标准(DIN)、苏联标准(ГОСТ)和日本标准(JIS)等。

为了适应国际间的技术交流和合作,1926年成立了国际标准化协会(ISA),但由于第二次世界大战的爆发,ISA不得不停止工作。1947年2月国际标准化组织(ISO)成立。1969年ISO

理事会决定10月14日为“世界标准日”。ISO是世界上最大的国际性标准化机构,到1988年底已制订了近万个国际标准。目前,采用国际标准已成为世界互换性生产发展的趋势。

建国前我国工业极端落后,标准是用外国的,更没有自己的量具量仪制造厂。建国后,随着我国社会主义建设的发展,我国新建与扩建了一批量具量仪制造厂,并在1955年成立了国家计量局;1956年原第一机械工业部颁布了第一个《公差与配合》部颁标准。1959年国家科学技术委员会正式颁布了国家标准《公差与配合》GB159~174—59,接着又陆续颁布了各种结合件、传动件、表面光洁度以及表面形状和位置公差等公差标准,这些标准对国民经济的发展起了重要的作用。为了适应四个现代化的需要,1978年9月中国标准化协会加入了ISO。1979年我国成立了国家标准总局,对原有公差标准组织修订,积极采用国际标准和国外先进标准,并将逐步建成与国际标准水平相当、适合我国国情、技术先进的标准体系。

1959年国务院颁布了统一计量制度的命令,正式确定采用米制作为我国的长度计量单位。1977年国务院又发布了“中华人民共和国计量管理条例”,健全了各级计量机构和尺寸传递系统,保证了计量单位的统一,促进了产品质量的提高。1984年2月颁布了我国法定计量单位;1986年7月我国实施计量法;1989年4月我国又实施标准化法。我国还建立了中国计量科学研究院,建立了一批国家级质量检测中心和地方质量监督检验所、站以及量值传递和计量检定机构,组成了一个全国范围的质量监督检验网。目前我国已拥有一批生产高精度量具量仪的工厂,我国生产的激光比长仪、激光丝杠动态检查仪和齿轮单面啮合整体误差测量仪等已进入世界先进行列。

第三节 本课程的性质、任务与要求

本课程是机械类专业的技术基础课,它包括“公差配合”与“技术测量”两大部分。“公差配合”属标准化范畴,“技术测量”属计量学范畴。本课程是将公差配合和计量学有机地结合在一起的一门实践性很强的学科。

本课程的任务是从互换性角度出发,围绕误差与公差这两个概念来研究如何解决使用要求与制造要求的矛盾,而这一矛盾的解决是合理确定公差配合和采用适当的技术测量手段。

通过本课程的学习,要求掌握公差配合与技术测量的基础知识,会应用有关的公差配合标准,并能正确选择量具量仪,会进行一般的技术测量工作,会设计光滑极限量规,为今后的学习与工作打下良好的基础。

思 考 题

1. 什么叫互换性?在机械制造中互换性生产有什么优越性?实现互换性生产的基本条件是什么?
2. 是否在任何情况下所有零件都要求具有互换性?完全互换与不完全互换有何不同?试举例说明之。
3. 我国技术标准分属三级?GB1800~1804—79、JB179—83表示什么含义?

第二章 尺寸公差与配合

尺寸公差与配合（简称公差与配合）标准是机械制造中重要的基础标准之一，几乎涉及到国民经济的各个部门，在机械制造中具有重要的作用。公差与配合标准不仅适用于应用最为广泛的圆柱表面，也适用于其它表面或结构的尺寸公差以及由它们组成的配合。

公差与配合有五个国家标准。第一个标准《总论 标准公差与基本偏差》GB1800—79，对公差与配合作了全面的、系统的规定和阐述；后四个标准 GB1801~1804—79 是以前者为标准制订的，实际上是第一个标准的应用和限制。本章着重阐述公差与配合标准的基本概念与应用。

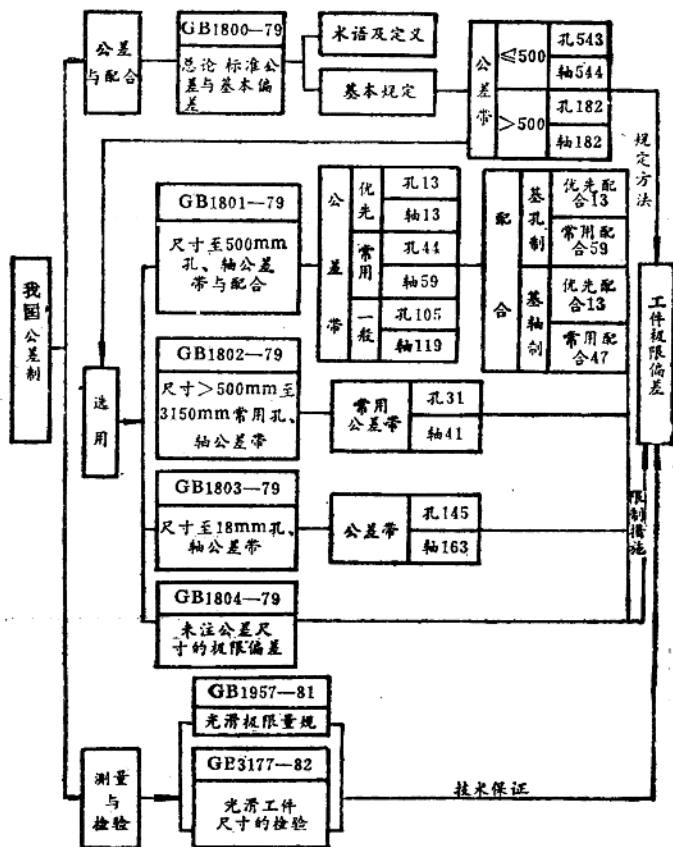


图2—1 我国公差制体系

我国公差制体系如图2—1所示，除包括公差与配合的构成、公差带的选用外，还有测量和检验部分。关于《光滑极限量规》和《光滑工件尺寸的检验》两个国家标准分别在第六章和第三章中介绍。

第一节 基本术语和定义

为了正确掌握公差与配合标准及其应用，必须首先熟悉公差与配合的基本术语和定义。

一、孔和轴

1. 孔 主要指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

2. 轴 主要指圆柱形的外表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

由孔、轴的定义可知，这里的孔、轴具有广泛的含义。孔和轴不仅是通常所理解的圆柱形的内表面和外表面，而且还表示其它几何形状的内、外表面中由单一尺寸确定的部分。例如图2—2所示的零件，由 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各单一尺寸所确定的部分都称为孔；由 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各单一尺寸所确定的部分都称为轴。

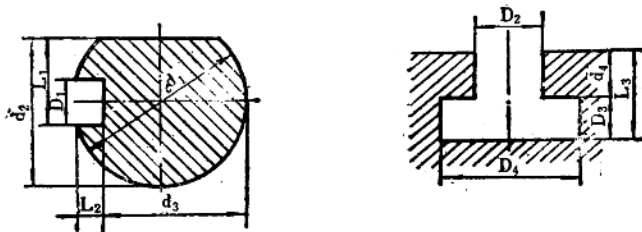


图2—2

孔与轴的区别：从装配关系看，孔是包容面，轴是被包容面；从加工过程看，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小；从测量工具看，用内卡（爪）测量的表面为孔，用外卡（爪）测量的表面为轴。不能区别为孔或轴的尺寸，则为长度尺寸，如图2—2中的 L_1 、 L_2 和 L_3 。

二、尺寸

1. 尺寸 用特定单位表示长度值的数字。例如，一根轴的长度为45mm，则45就是一个尺寸，毫米就是特定的长度单位。在机械制造中毫米可以省略不写，当以其它长度单位表示尺寸时，应加以标明。

一般来讲尺寸还包括直径、宽度、深度、中心距以及圆角半径等等。有时尺寸也可泛指为长度尺寸和角度尺寸的总称。

2. 基本尺寸 设计给定的尺寸。孔的基本尺寸用 D 表示，轴的基本尺寸用 d 表示。基本尺寸是根据使用要求，通过计算、试验或按类比法而确定的。

基本尺寸要求尽量选用标准尺寸，其目的是为了减少定值刀具（如钻头、铰刀等）、定值量具（如塞规、卡规等）、定值夹具（如弹簧夹具等）及型材等的规格。国家标准《标准尺寸》GB2822—81中列出的标准尺寸来自国家标准《优先数与优先数系》GB321—80，见附表1。

优先数系是一个十进制的等比数列，优先数系中的每一个数值即为优先数。优先数系中常用系列R5、R10、R20和R40为基本系列，而R80为补充系列。常用系列的公比是：

R5系列 公比 $\sqrt[5]{10} \approx 1.60$

R10系列 公比 $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20系列 公比 $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40系列 公比 $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$

优先数系的主要优点是：公比一定，每经过若干项后为10的整数倍，疏密适中，运算方便；在同一系列中，优先数系的积、商、整数的乘方仍为优先数。因此，优先数系是协调、简化和统一各种技术参数的科学数值制度。

标准尺寸采用优先数系中的常用R系列和其化整值R_s系列。在选择系列及单个尺寸时，应遵守先疏后密的原则，即应当按照R5、R10、R20、R40的顺序，优先采用公比较大的系列。如果必须将数值圆整，可在相应的化整系列R_s中选用，其优先顺序为R_s5、R_s10、R_s20、R_s40。

3. 实际尺寸 通过测量所得到的尺寸。由于测量过程存在测量误差，所以实际尺寸并非真值；而且由于零件表面形状误差的存在，被测表面上不同位置的实际尺寸也往往不相同，如图2—3所示。

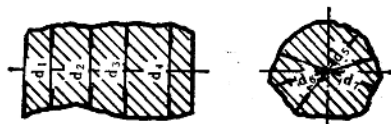


图2—3 实际尺寸

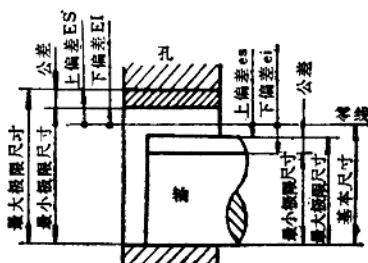


图2—4 公差与配合示意图

4. 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。两个极限尺寸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。孔的最大极限尺寸用 D_{max} 表示，孔的最小极限尺寸用 D_{min} 表示；轴的最大极限尺寸用 d_{max} 表示，轴的最小极限尺寸用 d_{min} 表示，如图2—4所示。设计中规定极限尺寸是为了限制加工中零件的尺寸变动，实际尺寸在两个极限尺寸之间为合格。

三、偏差、公差和公差带

1. 尺寸偏差(简称偏差) 某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。由于尺寸有实际尺寸和极限尺寸之分，所以偏差也有实际偏差和极限偏差两种。实际偏差是实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差。极限偏差是极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差，最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。国标规定孔和轴的上偏差分别用ES和es表示，孔和轴的下偏差分别用EI和ei表示。极限偏差可用下列公式表示：

$$ES = D_{max} - D$$

$$EI = D_{min} - D$$

$$es = d_{max} - d$$

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

由于实际尺寸和极限尺寸有可能大于、小于或等于基本尺寸，所以偏差值可为正值、负值或零，在计算或书写时，必须带有正、负号。国标规定，在图样上标注极限偏差时，上偏差应标注在基本尺寸的右上方，下偏差应与基本尺寸标注在同一底线上，例如 $\phi 10^{+0.025}_{-0.015}$ 。如上偏差或下偏差为零，仍需标出零值，例如 $\phi 10^{+0.015}_{-0.015}$ ， $\phi 10^{+0.015}_{-0.015}$ 。当上、下偏差绝对值相等而符号相反时，例如基本尺寸为 $\phi 10$ ，上偏差为 $+0.007$ ，下偏差为 -0.007 ，可标注为 $\phi 10 \pm 0.007$ 。

极限偏差用于控制实际偏差，实际偏差在极限偏差之间为合格。

2. 尺寸公差（简称公差） 允许尺寸的变动量。孔和轴的公差分别用 T_D 和 T_d 表示。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。可用下列公式表示：

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

应当注意，由于加工误差不可避免，所以公差不能取零值，更不能为负值。因此公差是个绝对值，不应带有正、负号，这一点正好与偏差的规定相反。

3. 公差带图及公差带 图2—4为公差与配合示意图，它表明了两个相互结合的孔、轴的基本尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。在实际应用中，为了简便起见，可以不必画出孔与轴的全形，只要将有关的部分放大画出来就可以了，这就是公差与配合图解，即公差带图，如图2—5所示。公差带图是学习本课程的一个极为重要的概念和工具，必须熟练掌握。

在公差带图中，确定偏差的基准直线称零线，即零偏差线。通常零线表示基本尺寸。零线以上的偏差为正偏差，零线以下的偏差为负偏差。

尺寸公差带（简称公差带）是由代表上、下偏差的二条直线所限定的一个区域。公差带在垂直零线方向的宽度代表公差值。

公差带图作图步骤如下：

- (1) 画零线，标“0”、“+”、“-”，用箭头指向零线表示基本尺寸，标上基本尺寸。
- (2) 按适当比例画出孔、轴公差带。
- (3) 标出孔、轴上、下偏差值及其它要求标注的数值。

分析公差带图可以得出：公差带有公差带大小和位置两个要素。公差带大小取决于公差值，公差带相对零线的位置取决于某一个极限偏差值。

例1：已知孔、轴的基本尺寸为60mm，孔的最大极限尺寸 $D_{\max} = 60.030\text{mm}$ ，孔的最小极限尺寸 $D_{\min} = 60\text{mm}$ ，轴的最大极限尺寸 $d_{\max} = 59.990\text{mm}$ ，轴的最小极限尺寸 $d_{\min} = 59.971\text{mm}$ ，现测得某孔、轴的实际尺寸分别为60.010mm和59.980mm，求孔与轴的极限偏

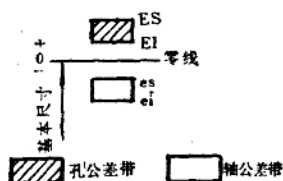


图2—5 公差带图

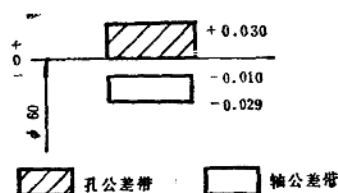


图2—6 公差带图

差、实际偏差及公差，并画出公差带图。

解：

(1) 孔的极限偏差： $ES = D_{\max} - D = 60.030 - 60 = +0.030\text{mm}$ ；

$$EI = D_{\min} - D = 60 - 60 = 0$$

轴的极限偏差： $es = d_{\max} - d = 59.990 - 60 = -0.010\text{mm}$ ；

$$ei = d_{\min} - d = 59.971 - 60 = -0.029\text{mm}$$

(2) 孔的实际偏差： $60.010 - 60 = +0.010\text{mm}$

轴的实际偏差： $59.980 - 60 = -0.020\text{mm}$

(3) 孔的公差： $T_D = D_{\max} - D_{\min} = 60.030 - 60 = 0.030\text{mm}$

轴的公差： $T_d = d_{\max} - d_{\min} = 59.990 - 59.971 = 0.019\text{mm}$

(4) 公差带图如图2—6所示

四、配合

1. 配合 基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。配合反映了机器上相互结合零件之间的松紧程度。应当注意，组成配合的一组孔和轴，其基本尺寸必须相同。

2. 间隙或过盈 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙，用 X 表示；为负时是过盈，用 Y 表示。

3. 间隙配合 具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带上方，如图2—7所示。

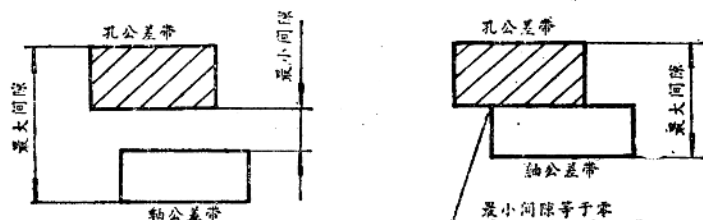


图2—7 间隙配合公差带图

从图中可以看出，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，或孔的上偏差减轴的下偏差所得的代数差，称为最大间隙，用 $X_{\max}$ 表示；孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差，或孔的下偏差减轴的上偏差所得的代数差，称为最小间隙，用 $X_{\min}$ 表示；最大间隙与最小间隙的算术平均值称为平均间隙，用 X_m 表示。

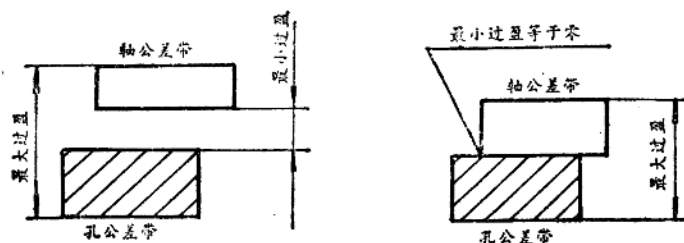


图2—8 过盈配合公差带图

4. 过盈配合 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下方，如图2—8所示。

从图中可以看出，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差，或孔的下偏差减轴的上偏差所得的代数差，称为最大过盈，用 $Y_{\max}$ 表示；孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差，或孔的上偏差减轴的下偏差所得的代数差，称为最小过盈，用 $Y_{\min}$ 表示。最大过盈与最小过盈的平均值称为平均过盈，用 Y_m 表示。

5. 过渡配合 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互交叠。如图2—9所示。

从图中可以看出，在过渡配合中，随着孔、轴实际尺寸在相应的极限尺寸范围内变化，配合的松紧程度可从最大间隙变化到最大过盈。其最大间隙和最大过盈的计算分别与间隙配合中的最大间隙和过盈配合中的最大过盈相同。最大间隙和最大过盈的代数和为正时是平均间隙（ X_m ），为负时是平均过盈（ Y_m ）。

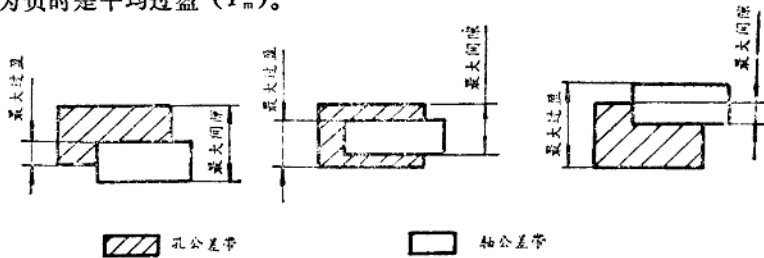


图2—9 过渡配合公差带图

三类配合中的最大间隙（最小过盈）、最小间隙（最大过盈）和平均间隙（平均过盈）可用下列公式计算：

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

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

$$X_m(Y_m) = [X_{\max}(Y_{\min}) + X_{\min}(Y_{\max})] / 2$$

6. 配合公差 允许间隙或过盈的变动量。配合公差用 T_f 表示。对于间隙配合，其配合公差为最大间隙与最小间隙的代数差的绝对值；对于过盈配合，其配合公差为最大过盈与最小过盈的代数差的绝对值；对于过渡配合，其配合公差为最大间隙与最大过盈的代数差的绝对值。同时可用下列证明，不论哪类配合，配合公差均等于相互配合的孔、轴公差之和。

$$T_f = X_{\max}(Y_{\min}) - X_{\min}(Y_{\max}) = (ES - ei) - (EI - es)$$

$$= (ES - EI) + (es - ei) = T_D + T_d$$

从以上公式可以看出：配合公差决定于孔、轴的公差。孔、轴公差小，配合公差小，配合精度就高，配合一致性好。

为了清楚地看出配合松紧程度，可用配合公差带图来表示，如图2—10所示。在配合公差带图中，零线表示间隙或过盈等于零，零线的上方为间隙，零线的下方为过盈。

配合公差带完全在零线以上的是间隙配合，完全在零线以下的是过盈配合，跨在零线上下的是过渡配合。配合公差带两端坐标值代

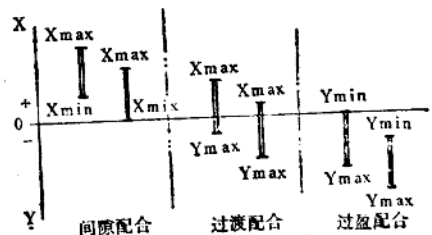


图2—10 配合公差带图