

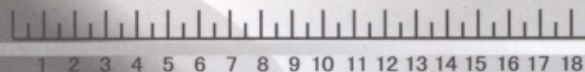


高等院校机械类统编教材

<http://www.phei.com.cn>

互换性与测量 技术基础

庞学慧 武文革 主 编



采用最新的国家标准

理论充实 应用性强

配有课件 方便教学

G801
95



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

欢迎登录 **免费** 获取本书教学资源



www.huaxin.edu.cn
www.hxedu.com.cn

全书共分12章。除绪论、尺寸公差与圆柱结合的互换性、测量技术基础、几何公差、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检验、滚动轴承的互换性、常用结合件（含键、圆锥、螺纹）的互换性与检测、渐开线圆柱齿轮的互换性、尺寸链等基本内容外，考虑到公差设计与现代测量技术的最新发展，以及为拓展读者的视野，照顾到各层次读者的需要，又增加了计算机辅助尺寸公差设计和三坐标测量机简介等内容。前10章均附有习题和思考题。

本书可作为教材，供高等院校机械类、仪器仪表及机械电子类专业的师生使用，也可作为工具书供从事机械设计、机械制造、标准化与计量等工作的工程技术人员参考使用。



高等院校机械类统编教材

上架建议：机械/互换性与测量技术
投稿咨询：010-88254070
E-mail: gpl@phei.com.cn
资讯、服务请登陆: jdt.phei.com.cn



策划编辑：李洁
责任编辑：李洁
责任美编：一克米工作室

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。



ISBN 978-7-121-08995-4



9 787121 089954 >

定价：33.00 元

高等院校机械类统编教材

互换性与测量技术基础

庞学慧 武文革 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书共分 12 章。除绪论、尺寸公差与圆柱结合的互换性、测量技术基础、几何公差、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检验、滚动轴承的互换性、常用结合件(含键、圆锥、螺纹)的互换性与检测、渐开线圆柱齿轮的互换性、尺寸链等基本内容外,考虑到公差设计与现代测量技术的最新发展,以及为拓展读者的视野,并照顾到各层次读者的需要,又增加了计算机辅助公差设计和三坐标测量机简介等内容。前 10 章均附有习题和思考题。

本书可作为教材,供高等院校机械类、仪器仪表及机械电子类专业的师生使用,也可作为工具书供从事机械设计、机械制造、标准化与计量等工作的工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/庞学慧,武文革主编. —北京:电子工业出版社,2009.7
(高等院校机械类统编教材)

ISBN 978-7-121-08995-4

I. 互… II. ①庞…②武… III. ①零部件—互换性②零部件—测量—技术 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089242 号

责任编辑:李 洁 特约编辑:钟永刚

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:398 千字

印 次:2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价:33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zits@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类、仪器仪表及机械电子类专业的一门重要的技术基础课。其内容涵盖了实现互换性生产的标准化领域和计量学领域的有关知识，涉及机械与电子产品的设计、制造、质量控制、生产组织管理等许多方面，是“联系设计类课程与制造类课程的纽带，是从基础课向专业课过渡的桥梁”。

随着科学研究与技术创新的不断推进，新一代产品几何技术规范（Geometrical Product Specification and Verification，简称 GPS）已基本建立，它以几何学理论为基础，覆盖从宏观到微观的产品几何特征，涉及产品开发、设计、制造、验收、使用以及维修、报废等产品生命周期的全过程。新一代 GPS 标准体系是对传统公差设计和控制思想的一次大的变革，是集产品规范与认证于一体的信息时代的新型标准体系，它标志着标准和计量进入了一个新的时代。基于对新一代 GPS 标准体系的认同，我国近些年来加快了国家标准的修订工作。为了更好地与国际接轨，国家标准一般都等效采用国际标准。本书的编写，遵循新一代 GPS 的思想，以最新国家标准为指南，既保证书中内容的新鲜和权威，又充分照顾到新旧国家标准的衔接。

由于目前教学课时普遍压缩，编写过程中，力求基本概念清楚、准确，标准化与测量部分内容精练。对实验课将涉及的测量仪器原理、结构及使用方法等内容，未作编写。考虑到公差设计与现代测量技术的飞速发展，以及为使学生将来更好地从事科学研究和工程技术工作，特增加了“计算机辅助公差设计”和“三坐标测量机简介”两章。

本书由庞学慧、武文革共同策划和担任主编。其中，第 1、2 章由吴淑芳编写，第 3、10 章由郑智贞编写，第 4 章的 4.3、4.4 节及第 9 章由范国勇编写，第 5、6、7 章由崔宝珍编写，第 8、11、12 章由成云平编写。此外，庞学慧编写了第 4 章的 4.1、4.2 节以及第 1~5 章的初稿；武文革编写了第 4 章的 4.5、4.6 节以及第 6~10 章的初稿。全书由庞学慧负责统稿。

限于编者的水平和编写时间的紧迫，书中难免存在不妥甚至错误之处，恳请广大读者给予批评和指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1	思考题	29
1.1 互换性概述	1	第 3 章 测量技术基础	31
1.1.1 互换性的含义	1	3.1 概述	31
1.1.2 互换性的分类	1	3.1.1 技术测量概念	31
1.1.3 互换性的作用	2	3.1.2 尺寸传递	31
1.2 标准化与优先数	2	3.2 测量器具与测量方法的分类及常用术语	35
1.2.1 标准化概述	2	3.2.1 测量器具的分类	35
1.2.2 优先数和优先数系	3	3.2.2 测量方法的分类	36
习题	5	3.2.3 测量器具与测量方法的常用术语	37
第 2 章 极限与配合及圆柱结合的互换性	6	3.3 测量误差与数据处理	39
2.1 概述	6	3.3.1 测量误差的基本概念	39
2.2 极限与配合的基本术语及定义	6	3.3.2 测量精度	40
2.2.1 孔和轴	6	3.3.3 随机误差	40
2.2.2 尺寸	7	3.3.4 系统误差	44
2.2.3 偏差与公差	8	3.3.5 函数误差	44
2.2.4 配合与基准制	9	3.4 测量误差产生的原因及测量的基本原则	46
2.3 标准公差系列	11	原则	46
2.3.1 标准公差因子 i	11	3.4.1 测量误差的原因	46
2.3.2 公差等级	12	3.4.2 测量技术中的基本原则	46
2.3.3 基本尺寸分段	12	习题	47
2.4 基本偏差系列	13	思考题	48
2.4.1 基本偏差及其代号	13	第 4 章 几何公差	49
2.4.2 轴的基本偏差	14	4.1 几何公差的分类及常用术语	49
2.4.3 孔的基本偏差	15	4.1.1 几何公差的分类	49
2.5 常用尺寸段公差带与配合的标准化	20	4.1.2 几何要素	50
2.6 线性尺寸的未注公差	22	4.1.3 公差带	51
2.6.1 一般公差的概念	23	4.1.4 基准	53
2.6.2 一般公差的公差等级和极限偏差	23	4.1.5 理论正确尺寸	53
2.7 公差与配合的选用	24	4.2 几何公差的标注	54
2.7.1 基准制的选用	24	4.2.1 几何公差标注附加符号	54
2.7.2 公差等级的选用	25	4.2.2 公差框格	54
2.7.3 配合的选用	26	4.2.3 被测要素的标注	55
习题	29		

4.2.4	公差带的标注	55	5.4.2	表面结构完整图形符号的组成	120
4.2.5	基准的标注	57	5.4.3	表面结构要求在图样和其他技术产品文件中的注法	122
4.2.6	附加标注	58		习题	124
4.2.7	限定性规定	59		思考题	124
4.2.8	延伸公差带	60	第 6 章 光滑工件尺寸的检验		125
4.2.9	最大实体要求和最小实体要求	60	6.1	尺寸误检的基本概念	125
4.2.10	自由状态下的要求	61	6.2	用普通计量器具测量工件	125
4.3	几何公差及公差带	62	6.2.1	验收极限	125
4.3.1	形状公差及公差带	62	6.2.2	计量器具的选择	127
4.3.2	线轮廓度公差与面轮廓度公差及公差带	64	6.3	光滑极限量规	128
4.3.3	方向公差及公差带	65	6.3.1	光滑极限量规概述	128
4.3.4	位置公差及公差带	71	6.3.2	量规公差带	130
4.3.5	跳动公差及公差带	76	6.3.3	量规设计	131
4.4	公差原则	78		习题	133
4.4.1	与公差原则有关的术语和定义	79		思考题	134
4.4.2	公差原则	81	第 7 章 滚动轴承的互换性		135
4.5	几何公差数值及应用	85	7.1	概述	135
4.5.1	几何公差项目的选择	85	7.2	滚动轴承的公差等级	135
4.5.2	几何公差值的选择	87	7.3	滚动轴承内外径公差带及其特点	136
4.5.3	未注几何公差	90	7.4	滚动轴承与轴、壳体的配合及选用	137
4.6	几何误差的检测	93	7.4.1	轴和壳体的尺寸公差带	137
4.6.1	几何误差及其评定	93	7.4.2	轴承配合的选择	139
4.6.2	基准的建立和体现	96	7.4.3	配合表面的几何公差与表面粗糙度	142
4.6.3	几何误差的检测原则	101		习题	144
4.6.4	举例	103		思考题	145
习题		108	第 8 章 常用结合件的互换性与检测		146
思考题		110	8.1	键结合的公差配合与检测	146
第 5 章 表面粗糙度		111	8.1.1	平键联结的公差配合与检测	146
5.1	概述	111	8.1.2	矩形花键联结公差配合与检测	149
5.2	表面粗糙度的评定标准	111	8.2	圆锥结合的公差配合与检测	153
5.2.1	表面粗糙度基本术语及定义	111	8.2.1	锥度与锥角	153
5.2.2	表面粗糙度评定参数	113	8.2.2	圆锥公差	156
5.2.3	表面粗糙度评定参数数值	116	8.2.3	圆锥配合	161
5.3	表面粗糙度的选用	117	8.2.4	圆锥的检测	163
5.3.1	表面粗糙度评定参数的选用	117			
5.3.2	表面粗糙度参数值的选用	118			
5.4	表面结构(表面粗糙度)的标注	119			
5.4.1	表面结构的图形符号	119			

8.3	螺纹结合的公差配合与检测	165	10.3	保证装配精度的其他方法	223
8.3.1	螺纹的分类及使用要求	165	习题		225
8.3.2	螺纹的基本牙型及主要几何参数	165	第 11 章 计算机辅助公差设计		227
8.3.3	螺纹几何参数的公差原则应用	167	11.1	概述	227
8.3.4	普通螺纹的公差、配合及其选用	168	11.1.1	计算机辅助公差设计的意义	227
8.3.5	机床丝杠、螺母公差	174	11.1.2	计算机辅助公差设计的发展	227
8.3.6	螺纹的检测	179	11.1.3	计算机辅助公差设计的基本概念	228
习题		182	11.1.4	计算机辅助公差设计的分类	229
思考题		182	11.2	计算机辅助公差设计理论	230
第 9 章 渐开线圆柱齿轮的互换性		184	11.2.1	公差信息的表示	230
9.1	概述	184	11.2.2	公差并行设计	232
9.1.1	齿轮传动的精度要求	184	11.2.3	工序公差设计	235
9.1.2	齿轮的主要加工误差	184	11.2.4	其他的公差设计理论	238
9.2	齿轮精度	186	第 12 章 三坐标测量机简介		240
9.2.1	齿距精度	186	12.1	概述	240
9.2.2	齿廓精度	187	12.1.1	三维测量的作用与意义	240
9.2.3	齿向精度	188	12.1.2	三坐标测量机的组成	240
9.2.4	综合精度	189	12.1.3	三坐标测量机的分类	242
9.3	齿轮副的安装精度与侧隙	192	12.2	三坐标测量机的主机	243
9.3.1	齿轮副的安装精度	192	12.2.1	三坐标测量机的主体结构	243
9.3.2	齿轮副的配合	193	12.2.2	三坐标测量机的标尺系统	246
9.4	渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	195	12.2.3	三坐标测量机的其他机构与部件	248
9.4.1	渐开线圆柱齿轮的精度标准	195	12.3	三坐标测量机的测头	248
9.4.2	渐开线圆柱齿轮的图样标注	210	12.3.1	测头的功用与类型	248
习题		212	12.3.2	机械式测头	249
第 10 章 尺寸链		213	12.3.3	光学非接触测头	249
10.1	尺寸链的基本概念	213	12.3.4	电气测头	250
10.2	尺寸链的建立和计算	215	12.4	三坐标测量机的软件	251
10.2.1	装配尺寸链的建立	215	12.4.1	三坐标测量软件的分类型	251
10.2.2	工艺尺寸链的建立	215	12.4.2	几个重要概念	252
10.2.3	尺寸链的计算	216	12.5	三坐标测量机的应用	254
			参考文献		256

第1章 绪 论

1.1 互换性概述

1.1.1 互换性的含义

许多产品如汽车、自行车、钟表、机器设备等的零件坏了以后，我们常常会购买一个新的，在更换与装配后，通常都能很好地满足使用要求。之所以能这样方便，就是因为这些零件都具有互换性。

要使零件具有互换性，不仅要求决定零件特性的那些技术参数的公称值相同，而且要求其实际值的变动限制在一定范围内，以保证零件充分近似，即应按“公差”来制造。公差即允许实际参数值的最大变动量。

由此可将互换性（interchangeability）的含义阐述如下：“机械制造中的互换性，是指按规定的几何、物理及其他质量参数的公差，来分别制造机械的各个组成部分，使其在装配与更换时，不需辅助加工及修配便能很好地满足使用和生产上的要求”。

1.1.2 互换性的分类

按决定参数或使用要求，互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

几何参数互换性——规定几何参数的公差以保证成品的几何参数充分近似所达到的互换性。此为狭义互换性，即通常所讲的互换性，有时也局限于保证零件尺寸配合要求的互换性。

功能互换性——规定功能参数的公差所达到的互换性。功能参数当然包括几何参数，但还包括其他一些参数，如材料机械性能参数，化学、光学、电学、流体力学等参数。此为广义互换性，往往着重于保证除尺寸配合要求以外的其他功能要求。

按互换程度，互换性可分为完全互换与不完全互换。

若零部件在装配或更换时，不需辅助加工与修配，并且不需选择，则为完全互换。当装配精度要求很高时，采用完全互换将使零件尺寸公差很小，加工困难甚至无法加工。对批量较大的零件，这时可将其制造公差适当放大，待加工完毕后，通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组，使同组零件间的差别减小，按组进行装配。这种仅组内零件可以互换，组与组之间不可互换，称为不完全互换。一般而言，不完全互换只限于部件或机构制造厂内部的装配。至于厂外协作，即使产量不大，往往也要求完全互换。

对标准件或机构来说，互换性可分为外互换与内互换。

外互换——指部件或机构与其相配件间的互换性，如滚动轴承与相配的轴颈、轴承座孔的配合。外互换应为完全互换。

内互换——指部件或机构内部组成零件间的互换性，如滚动轴承内圈、外圈、滚动体等



件的配合。内互换可以是完全互换，也可以是不完全互换。

1.1.3 互换性的作用

从使用看，若零件具有互换性，则在磨损或损坏后，可用新的备件代替。由于备件具有互换性，不仅维修方便，而且使机器的修理时间和费用显著减少，可保证机器工作的连续性和持久性，从而显著提高机器的使用价值。在一些特殊行业如发电厂、通信系统，其设备零部件具有互换性所起的作用，往往很难用经济价值来衡量的。对于兵器这样的特殊器械，保证零部件的互换性是绝对必要的。

从制造看，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，由于零部件具有互换性，不需辅助加工和修配，这能减轻装配工的劳动量，缩短装配周期，并且可以使装配工作按流水作业的方式进行，以至进行自动装配，从而使装配生产率大大提高。加工时，由于规定有公差，同一部机器上的各个零件可以同时分别加工。批量、大规模生产的零件还可由专门车间或工厂，采用高效率的专用设备加工。这样，产量和质量必然会得到提高，成本也会显著降低。

从设计看，由于采用按互换性原则设计和生产的标准零件和部件，可简化绘图、计算等工作，缩短设计周期，并提高设计的可靠性。这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改进，都有重大的作用。

总之，在机械制造中遵循互换性原则，不仅能显著提高劳动生产率，而且能有效保证产品质量和降低成本。所以，互换性是机械制造中的重要生产原则与有效技术措施。

1.2 标准化与优先数

1.2.1 标准化概述

在机械制造中，标准化（Standardization）是广泛实现互换性生产的前提，而极限与配合等互换性标准都是重要的基础标准。

从概念讲，标准化是指制订、贯彻技术标准，以促进全面经济发展的整个过程。技术标准（简称标准）是从事生产、建设工作以及商品流通等的一种共同技术依据，它以生产实践、科学试验及可靠经验为基础，由有关方面协调制订。经一定程序批准后，在一定范围内具有约束力。

从内容讲，标准化的范围极其广泛，几乎涉及人类生活的各个方面。因此，技术标准种类繁多。按标准化对象的特征，技术标准大致可归纳为以下几类。

（1）基础技术标准——以标准化共性要求和前提条件为对象的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、极限与配合、零件结构要素等标准。

（2）产品标准——以产品及其构成部分为对象的标准。如机电设备、仪器仪表、工艺装备、零部件、毛坯、半成品及原材料等基本产品或辅助产品的标准。产品标准包括产品品种系列标准和产品质量标准。

（3）方法标准——以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象的标准。如设计计算方法、工艺规程、测试方法、验收规则及包装运输方法等标准。

（4）安全与环境保护标准——专门为了安全与环境保护目的而制订的标准。



标准可以按不同级别颁布。我国技术标准分为国家标准、部标准（专业标准）和企业标准三级。此外，从世界范围看，还有国际标准与区域性标准。近十几年来，为了适应技术科学与工程的快速发展，我国国家标准更新很快，同时为了便于和国际接轨，新的国家标准基本都是等效采用国际标准的。

从作用讲，标准化的影响是多方面的。标准化是组织现代化大生产的重要手段，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。标准化同时是联系科研、设计、生产、流通和使用等方面的技术纽带，是使整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易，提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。

1.2.2 优先数和优先数系

工程上各种技术参数的协调、简化和统一，是标准化的重要内容。

在生产中，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相关的制品、材料等的有关参数指标传播扩散。例如电动机的功率和转速的数值确定后，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，并将传播到加工和检验这些零部件的刀具、量具、夹具及专用机床等的相应参数上。因此，对于各种技术参数，必须从全局出发加以协调。另外，从方便设计、制造、管理、使用和维修等来考虑，对技术参数的数值，也应进行适当的简化和统一。

优先数系和优先数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制度。

优先数系（series of preferred numbers）是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$ ，且项值中含有10的整数幂的几何级数的常用圆整值。分别用R5，R10，R20，R40，R80表示，其中前四个为基本系列，最后一个作为补充系列。优先数系可向两个方向无限延伸，表1-1仅为基本系列1~10范围的圆整值。

符合R5，R10，R20，R40和R80系列的圆整值即为优先数（preferred numbers）。

优先数的理论值一般是无理数，不便于实际应用。在作参数系列的精确计算时可采用计算值，即对理论值取5位有效数字。计算值对理论值的相对误差小于1/20000。

R5，R10，R20和R40基本系列中的优先数常用值，对计算值的相对误差在+1.26%~-1.01%范围内。各系列的公比分别为：

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

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

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

R40系列 公比 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 。

工程应用中，一般机械产品的主要参数通常按R5系列和R10系列，专用工具的主要尺寸按R10系列。

当优先数系基本系列无一能满足分级要求时，还会用到派生系列。派生系列是从基本系列或补充系列Rr中，每p项取值导出的系列，以Rr/p表示，比值r/p是1~10、10~100等各个十进制数内项值的分级数。



派生系列的公比为：

$$q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{p/r}$$

比值 r/p 相等的派生系列具有相同的公比，但其项值是多义的。例如，派生系列 R10/3 的公比 $q_{10/3} = 10^{3/10} \approx 2$ ，可导出三种不同项值的系列：

- 1.00, 2.00, 4.00, 8.00
- 1.25, 2.50, 5.00, 10.0
- 1.60, 3.15, 6.30, 12.5

表 1-1 优先数系的基本系列（常用值）

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

移位系列也是一种派生系列，它的公比与某一基本系列相同，但项值与该基本系列不同。例如，项值从 25.0 开始的 R80/8 系列，是项值从 25.0 开始的 R10 系列的移位系列。

设计中，在所有需要数值分级的场合，首先是按一个或几个数系对特征值的分级标准化，以最少项数满足全部要求。优先数系则正好符合这些要求。优先数与优先数系的主要优点如下。

- 1) 相临两项的相对差均匀，疏密适中，而且计算方便，容易记忆。
- 2) 在同一系列中优先数的积、商、整数（正或负）次乘方仍为优先数。
- 3) 包含任一项值的全部十进倍数和十进分数。
- 4) 可以向大、小数值两端无限延伸。

鉴于优先数系和优先数会给机械设计、制造过程带来许多便利，与国家标准《优先数和优先数系》（GB/T 321—2005）同时，又颁布了《优先数和优先数系的应用指南》（GB/T 19763—2005）和《优先数和优先数化整值系列的选用指南》（GB/T 19764—2005）两项国家标准。

制订参数分级方案时，系列值的选择取决于对制造、使用综合考虑的技术与经济的合理性。对于参数系列化尚无明确要求的单个参数值，也应采用优先数，随着生产的发展逐步形成有规律的系列。



在确定自变量参数（即项值的选择不受已有标准或配套产品等因素限制的参数）的系列方案时，只要能满足技术与经济上的要求，应当按照 R5, R10, R20, R40 的顺序，优先选用公比较大的基本系列。以后如有必要，可插入中间值变成公比较小的系列。

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。移位系列只宜用于因变量参数的系列。

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。

习 题

1. 什么叫互换性？按互换性组织生产活动有哪些优越性？
2. 完全互换性与不完全互换性有何区别？各用于何种场合？
3. 标准的种类和级别各有哪些？
4. 写出下列优先数系列：R5, R20/3（第一个数为 10，写出后五项优先数）。
5. 下面两列数据属于哪种系列？公比为多少？
 - (1) 电动机转速：375r/min, 750 r/min, 1500 r/min, 3000 r/min, ……
 - (2) 摇臂钻床的最大钻孔直径：25mm, 40mm, 63mm, 80mm, 100mm, 125mm 等。

第 2 章 极限与配合及圆柱结合的互换性

2.1 概 述

圆柱结合是机械制造中应用最广泛的一种结合，由孔和轴构成。这种结合由结合直径与结合长度两个参数确定。从使用要求看，直径通常更重要，而且长径比可规定在一定范围内。因此，对圆柱结合可简化为按直径这一主参数考虑。

圆柱结合的公差制是机械工程方面重要的基础标准，包括极限制、配合制、检验制及量规制等。这种公差制不仅用于圆柱形内、外表面的结合，也适用于其他结合中由单一尺寸确定的部分，例如键结合中的键（槽）宽，花键结合中的外径、内径及键（槽）宽等。

“公差”主要反映机器零件使用要求与制造要求的矛盾；而“配合”则反映组成机器的零件之间的关系。公差与配合的标准化有利于机器的设计、制造、使用和维修。

20 世纪 90 年代后期，我国将原国家标准“公差与配合”（GB/T 1800~1804—79）修订并更名为“极限与配合”（包括 GB/T 1800，GB/T 1801 和 GB/T 1803）。“极限与配合”的标准化，是使机械工业能广泛组织专业化集中生产和协作并实现互换性生产的一个基本条件，国际上公认它是特别重要的基础标准之一。

2.2 极限与配合的基本术语及定义

国家标准《极限与配合 基础 第 1 部分：词汇》（GB/T 1800.1—1997）规定的基本术语，适用于各技术标准、文件及科技出版物等。

2.2.1 孔和轴

1. 孔 (Hole)

通常指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由二平行平面或切面形成的包容面）。

2. 轴 (Shaft)

通常指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由二平行平面或切面形成的被包容面）。

孔和轴的显著区别主要在于，从加工方面看，孔是越做越大，轴是越做越小；从装配关系看，孔是包容面，轴是被包容面。在国家标准中，孔和轴不仅包括通常理解的圆柱形内、外表面，而且还包括其他几何形状的内、外表面中由单一尺寸确定的部分。在图 2-1 中， D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 均可称为孔，而 d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 均可称为轴。

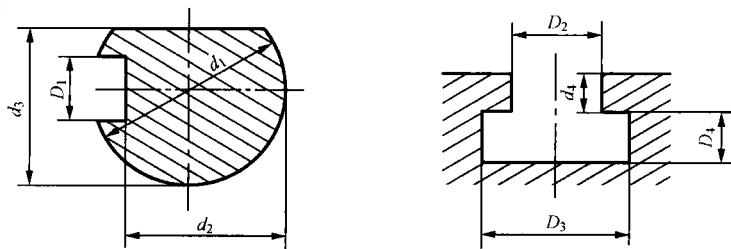


图 2-1 孔与轴

2.2.2 尺寸

1. 尺寸 (Size)

以特定单位表示线性尺寸值的数值。

如长度、高度、直径、半径等都是尺寸。在工程图样上，尺寸通常以“mm”为单位，标注时可将长度单位“mm”省略。

2. 基本尺寸 (Basic Size)

通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸。

基本尺寸通常是设计者经过强度、刚度计算，或根据经验对结构进行考虑，并参照标准尺寸数值系列确定的。相配合的孔和轴的基本尺寸应相同，并分别用 D 和 d 表示。

3. 实际尺寸 (Actual Size)

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。

由于存在测量误差，实际尺寸并非尺寸的真值。同时，由于形状误差的影响，零件的同一表面上的不同部位，其实际尺寸往往并不相等。通常用 D_a 和 d_a 表示孔与轴的实际尺寸。

4. 极限尺寸 (Limits of Size)

一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。

其中较大的一个称为最大极限尺寸，孔用 D_{\max} 表示，轴用 d_{\max} 表示；较小的一个称为最小极限尺寸，孔用 D_{\min} 表示，轴用 d_{\min} 表示。合格零件的实际尺寸应位于两个极限尺寸之间，也可达到极限尺寸。

5. 最大实体极限 (Maximum Material Limit)

对应于孔和轴最大实体尺寸的那个极限尺寸，即轴的最大极限尺寸和孔的最小极限尺寸。而最大实体尺寸是孔或轴在允许的材料量为最多状态下的极限尺寸。

6. 最小实体极限 (Least Material Limit)

对应于孔和轴最小实体尺寸的极限尺寸，即轴的最小极限尺寸和孔的最大极限尺寸。而最小实体尺寸是孔或轴在允许的材料量为最少状态下的极限尺寸。



2.2.3 偏差与公差

1. 偏差 (Deviation)

某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸等)减去基本尺寸所得的代数差。

最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称上偏差,用代号 ES (孔)和 es (轴)表示;最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称下偏差,用代号 EI (孔)和 ei (轴)表示。上偏差和下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称实际偏差。偏差可以为正值、负值和零。合格零件的实际偏差应在规定的极限偏差范围内。

2. 尺寸公差 (简称公差) (Size Tolerance)

最大极限尺寸减最小极限尺寸之差,或上偏差减下偏差之差。它是允许尺寸的变动量。孔公差用 T_H 表示,轴公差用 T_S 表示。用公式可表示为:

$$\left. \begin{aligned} T_H &= |D_{\max} - D_{\min}| \\ \text{或} \quad T_H &= |ES - EI| \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

$$\left. \begin{aligned} T_S &= |d_{\max} - d_{\min}| \\ \text{或} \quad T_S &= |es - ei| \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

公差是用以限制误差的,工件的误差在公差范围内即为合格。也就是说,公差代表制造精度的要求,反映加工的难易程度。这一点必须与偏差区别开来,因为偏差仅仅表示与基本尺寸偏离的程度,与加工难易程度无关。

【例 2-1】已知孔、轴的基本尺寸为 $\phi 50\text{mm}$,孔的最大极限尺寸为 $\phi 50.030\text{mm}$,最小极限尺寸为 $\phi 50\text{mm}$;轴的最大极限尺寸为 $\phi 49.990\text{mm}$,最小极限尺寸为 $\phi 49.970\text{mm}$ 。试求孔、轴的极限偏差和公差。

解:孔的上偏差 $ES = D_{\max} - D = 50.030 - 50 = +0.030(\text{mm})$

孔的下偏差 $EI = D_{\min} - D = 50 - 50 = 0$

轴的上偏差 $es = d_{\max} - d = 49.990 - 50 = -0.010(\text{mm})$

轴的下偏差 $ei = d_{\min} - d = 49.970 - 50 = -0.030(\text{mm})$

孔的公差 $T_H = |D_{\max} - D_{\min}| = |50.030 - 50| = 0.030(\text{mm})$

轴的公差 $T_S = |d_{\max} - d_{\min}| = |49.990 - 49.970| = 0.020(\text{mm})$

3. 零线 (Zero Line)

在极限与配合图解中,表示基本尺寸的是一条直线,以其为基准确定偏差和公差。通常,零线沿水平方向绘制,正偏差位于其上,负偏差位于其下,如图 2-2 所示。

4. 公差带 (Tolerance Zone)

在公差带图解中,由代表上偏差和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。它是由公差带大小和其相对零线的位置来确定的,如图 2-2 所示。

5. 标准公差 (IT) (Standard Tolerance)

国家标准极限与配合制中,所规定的任一公差,称为标准公差。其中,字母 IT 是“国



际公差”的符号。

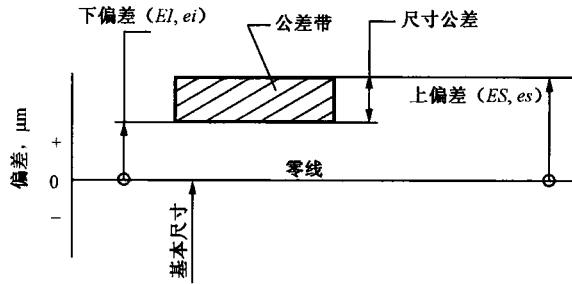


图 2-2 公差带图解

设计时公差带的大小应尽量选择标准公差，可见公差带的大小已由国家标准标准化。标准公差数值见表 2-2。

6. 基本偏差 (Fundamental Deviation)

国家标准极限与配合制中，确定公差带相对零线位置的那个极限偏差，称为基本偏差。它可以是上偏差或下偏差，一般为靠近零线的那个偏差，在图 2-2 中为下偏差。

2.2.4 配合与基准制

1. 配合 (Fit)

基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

国家标准规定有两种配合制 (Fit System)，包括基孔制配合和基轴制配合。

基孔制配合 (Hole-basis System of Fits)：基本偏差为一定的孔公差带，是与不同基本偏差的轴公差带形成各种配合的一种制度。

标准规定基孔制配合中的基准孔 (Basic Hole) 下偏差为零，基本偏差代号为“H”。

基轴制配合 (Shaft-basis System of Fits)：基本偏差为一定的轴公差带，是与不同基本偏差的孔公差带形成各种配合的一种制度。

标准规定基轴制配合中的基准轴 (Basic Shaft) 上偏差为零，基本偏差代号为“h”。

按照孔、轴公差带相对位置的不同，两种配合制都可以形成间隙配合、过盈配合和过渡配合，如图 2-3 所示。

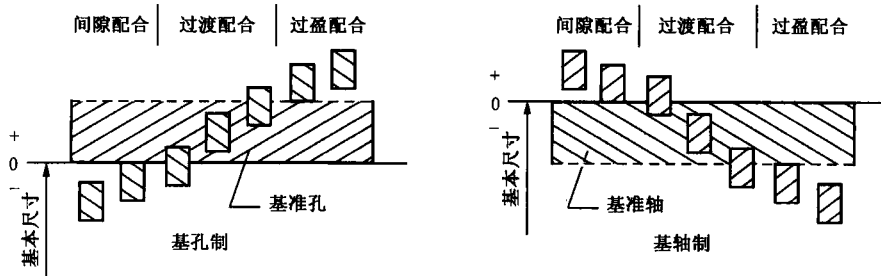


图 2-3 基孔制配合与基轴制配合