

21

世纪

高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

主 编 李 伟 肖 华

副主编 翁晓红 王国顺

互换性 与技术测量



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材

互换性与技术测量

主 编 李 伟 肖 华

副主编 翁晓红 王国顺

内 容 提 要

全书共分9章,内容包括:绪论,圆柱体结合的公差与配合,测量技术基础,几何公差及检测,表面粗糙度及检测,光滑工件的检测及其标准,滚动轴承的极限与配合,常用结合件的公差与配合,圆柱齿轮传动的极限与配合。本书突出对公差带特点的分析及应用,将难点问题分析透彻。各章后均有思考题,以方便教学与读者自学。本书力求体现定位准确、注重能力、内容最新、结构合理、通俗易懂的编写特色。

本书可作为高等工科院校机械类、仪器仪表类和机电等专业“互换性与技术测量”课程的教材,也可供从事机械与仪器仪表设计、制造工艺、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

**本书配有电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。**

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量 / 李伟, 肖华主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2012. 8
21世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教
材
ISBN 978-7-5084-9839-3

I. ①互… II. ①李… ②肖… III. ①零部件—互换
性—高等学校—教材②零部件—技术测量—高等学校—教
材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第118793号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 宋俊娥 加工编辑: 宋 杨 封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪高等院校机械设计制造及其自动化专业系列教材 互换性与技术测量
作 者	主 编 李 伟 肖 华 副主编 翁晓红 王国顺
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 14.75 印张 363 千字
版 次	2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

“互换性与技术测量”是高等工科院校机械类、仪器仪表类和机电等专业必修的技术基础课程，它是与机械工业技术发展紧密联系的基础学科，涉及机械设计、制造、质量控制、质量检验等许多领域。通过本课程的学习，使学生掌握机械及其零部件的精度设计、完成符合国家标准的设计、正确理解设计图纸上的精度要求、编制符合规范的工艺设计、制定合理的产品质量检验方案。

全书共 9 章，第一章为“绪论”，介绍了互换性的意义与作用，以及本课程的研究对象与任务；第二章为“圆柱体结合的公差与配合”，主要介绍公差与配合的基本术语及定义，公差和配合的标准以及选用；第三章为“测量技术基础”，主要介绍测量方法和计量器具，测量误差与测量精度；第四章为“几何公差及检测”，主要介绍形状与位置公差的标注方法，公差原则，形位公差的选择与检测等知识；第五章为“表面粗糙度及检测”，介绍表面粗糙度的评定、标注、选择和测量的知识；第六章为“光滑工件的检测及其标准”，介绍光滑尺寸的检测和光滑极限量规；第七章为“滚动轴承的极限与配合”，主要介绍滚动轴承的公差等级，滚动轴承的公差与公差带，滚动轴承配合公差的选用等知识；第八章为“常用结合件的公差与配合”，主要介绍键与花键结合的互换性以及螺纹结合的联接的互换性；第九章为“圆柱齿轮传动的极限与配合”，主要介绍齿轮传动的使用要求，齿轮加工的误差来源及其特点，单个齿轮的评定指标，齿轮副的评定指标以及齿轮的精度设计等知识。

本书是根据中国水利水电出版社组织的“普通高等学校十二五机械类规划教材”出版交流研讨会的精神编写的。针对机械类专业的培养目标和教学大纲，本书在编写过程中，参考了许多同类教材和手册，并采用了 2010 年颁布的全新国家标准，注重基础、突出实用、内容齐全，资料丰富。本书建议总的授课学时不少于 36 学时。

本书既可作为高等工科院校各有关专业课程教材，还可以作为生产企业有关技术人员的参考资料。

本书由李伟、肖华担任主编，翁晓红、王国顺担任副主编。李伟编写第 1、2 章，肖华编写第 3、4 章，翁晓红编写第 5、6 章，王国顺编写第 7、8、9 章。参与本书编写的还有雷金、华中平、肖荣清、陈志华、戴锦春、韩水生、张志强、张业鹏、毛美姣等。

由于编者的水平所限，书中难免有疏漏、错误和不足之处，恳请广大读者批评和指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 互换性的意义与作用	1
第二节 标准化与优先数	2
一、标准	2
二、标准化	4
三、优先数和优先数系	5
习题一	6
第二章 圆柱体结合的公差与配合	7
第一节 公差与配合的基本术语及定义	7
一、有关“几何要素”的术语	7
二、有关“尺寸”的术语	8
三、有关“偏差与公差”的术语	11
四、有关“配合”的术语	13
第二节 标准公差系列	16
标准公差制定原则	16
第三节 基本偏差系列	20
一、基本偏差系列	20
二、公差带代号的写法	21
三、轴的基本偏差值	21
四、孔的基本偏差值	25
第四节 公差与配合的标准化	30
第五节 公差与配合的选用	32
一、基准配合制的选用	32
二、公差等级的选用	33
三、配合的选用	35
四、一般公差	37
习题二	38
第三章 测量技术基础	39
第一节 概述	39
一、技术测量的概念	39
二、长度计量单位及量值传递	40

三、量块的基本知识	41
第二节 测量方法和计量器具	44
一、测量方法的分类	44
二、计量器具的分类	45
三、计量器具与测量方法的基本度量指标	46
第三节 测量误差及测量精度	47
一、测量误差的基本概念	47
二、测量误差的来源及防止	48
三、测量误差的分类	50
四、测量精度	51
五、测量列中各类误差的处理	51
六、测量结果的表示	57
习题三	61
第四章 几何公差及检测	62
第一节 概述	62
一、几何公差的研究对象——几何要素	62
二、几何公差的分类	64
三、公差带的概念	64
四、理论正确尺寸及几何框图	65
第二节 几何公差及公差带	66
一、形状公差	66
二、位置公差	68
三、基准	79
第三节 几何公差的标注	80
第四节 公差原则	84
一、基本概念	84
二、独立原则	86
三、相关原则	87
四、最小实体要求	90
第五节 几何公差的选择	94
一、基准的选择	94

二、公差原则的选择	94	三、光滑工件尺寸的通用计量器具检测	129
三、几何公差项目的选择	94	第二节 光滑极限量规	135
四、几何公差值的选择	95	一、量规的作用及种类	135
五、几何公差值的确定	101	二、量规的形状	136
第六节 几何误差的检测	101	三、量规的精度标准	138
一、几何误差及其评定	102	四、量规的设计	140
二、检测原则	104	习题六	143
习题四	105	第七章 滚动轴承的极限与配合	144
第五章 表面粗糙度及检测	109	第一节 滚动轴承的公差等级和精度	144
第一节 概述	109	第二节 滚动轴承内、外径配合公差及选用	148
第二节 表面粗糙度的评定	109	习题七	155
一、轮廓滤波器	109	第八章 常用结合件的公差与配合	157
二、评定基准	111	第一节 键与花键联接的公差与配合	157
三、轮廓参数	112	一、单键联接	157
四、评定参数	113	二、花键联接	162
第三节 表面粗糙度的标注	114	第二节 螺纹联接的公差与配合	167
一、表面粗糙度符号	115	一、普通螺纹的基本牙型	167
二、表面粗糙度标注代号及其标注	115	二、普通螺纹公差	169
三、表面粗糙度标注及示例	116	三、普通螺纹基本偏差	171
第四节 表面粗糙度的选择	117	四、螺纹旋合长度与精度等级及其选用	173
一、参数项目的选择	118	五、螺纹在图样上的标注	174
二、评定参数值的选用	119	六、作用中径和中径合格性判断原则	175
三、评定参数值的规定及取样长度、 评定长度的选用	120	七、螺纹检测	178
第五节 表面粗糙度的测量	121	第三节 圆锥配合的公差与配合	180
一、比较法	121	一、圆锥结合的基本参数	181
二、光切法	121	二、锥度与锥角	181
三、干涉法	122	三、圆锥几何参数误差对圆锥配合的影响	184
四、针描法	123	四、圆锥配合类型	188
五、印模法	123	五、圆锥配合的精度设计	189
六、光触针测量法和扫描隧道式显微镜 测量法	123	六、圆锥公差的标注	190
习题五	124	七、角度和锥度的测量	192
第六章 光滑工件的检测及其标准	125	习题八	194
第一节 光滑工件尺寸的通用计量器具检测	125	第九章 圆柱齿轮传动的极限与配合	196
一、基本概念及术语	125	第一节 齿轮传动的使用要求	196
二、按规范检验合格或不合格的判定准则	127	第二节 齿轮加工误差的来源及其特点	197
		一、误差的来源	197
		二、误差的种类	199

第三节 单个齿轮的评定指标	200	一、齿轮精度等级的选择	211
一、影响传递运动准确性的误差	200	二、误差检查组的选择	217
二、影响传动平稳性的误差	203	三、齿轮副间隙的设计	218
三、主要影响载荷分布均匀性的误差	204	四、齿坯与箱体的确定	220
第四节 齿轮副的评定指标	206	五、齿轮精度的标注	221
一、齿轮副的装配误差	206	习题九	224
二、齿轮副的精度误差	207	参考文献	226
第五节 齿轮的精度设计	211		

第一章 绪论

第一节 互换性的意义与作用

在当代机械设计与制造中,无论是大批量生产还是单件小批量生产,都必须遵循互换性原则。它是专业化协作生产的重要条件,也是进行精度设计的最基本原则。因此,需要对它有全面地认识。

什么叫“互换性”?从日常生活中,就可以找到回答。例如,规格相同的任意一个灯泡和任意一个灯头,不管它们分别由哪一个工厂制成,都可以装在一起;自行车、手表或缝纫机等的零件坏了,也可以迅速换上一个新的,并且在装配后,能很好地满足使用要求。之所以能这样方便,就因为灯泡、灯头以及自行车、手表或缝纫机等的零件都具有互换性。

顾名思义,互换性是指事物可以互相替换的能力,在 GB/T 20000.1—2002《标准化工作指南第 1 部分:标准化和相关活动的通用词汇》国家标准中,互换性被规定为“某一产品、过程或服务代替另一产品、过程或服务并满足同样要求的能力”。本课程讲述的互换性是产品的互换性。在机械和仪器制造业中,零部件的互换性是指同一规格的一批零件或部件,任取其一,不需任何挑选或附加修配就能装在机器上,达到规定的功能要求。这样的一批零件或部件就称为具有互换性的零部件。

机械和仪器制造业中的互换性,通常包括几何参数的互换性和性能参数(如硬度、强度等)的互换性。所谓几何参数一般包括尺寸、几何形状(宏观、微观)及相互位置关系等。机械产品的性能参数包括很多方面,例如刚度、强度、硬度、传热性、导电性、热稳定性及其他物理、化学参数等。本课程只讨论几何参数的互换。

为了完全满足互换性的要求,最理想的是使同一规格的零、部件的几何参数及功能参数充分一致。但在实践中是办不到的,因为加工误差是永远存在的。实际中通过限制同一规格的零、部件的有关参数(主要是几何参数)在一定的(能满足使用性能要求的)范围内变动,就能达到互换性的目的。这个允许零件几何参数的变动量就称为“公差”。

互换性按其互换程度可分为完全互换(绝对互换)与不完全互换(有限互换)。完全互换要求同一规格的零、部件在装配或更换时,无需挑选或辅助加工与修配,安装后就能保证预定的使用性能要求。不完全互换允许零、部件在装配前有附加选择(如预先分组),或在装配时进行调整(但不允许附加修配),装配后能满足预期的使用要求,这样,既可保证装配精良和使用要求,又能解决加工上的困难,降低成本。但此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故称为不完全互换。

一般来说,零部件需厂际协作时应采用完全互换性;部件或构件在同一工厂制造和装配时,可采取不完全互换性。

对标准部件,互换性还可分为内互换和外互换。组成标准部件的零件的互换称为内互换;标准部件与其它零部件的互换称为外互换。例如滚动轴承的外圈内滚道、内圈外滚道与滚动



体的互换称为内互换；外圈外径、内圈内径、轴承宽度与对应相配的机壳、轴颈、轴承端盖的互换称为互换。

现代化的机械零件具有互换性，才有可能将一台机器中的成千上万个零部件，进行高效率的、分散的专业化的生产，然后集中起来进行装配。因此，互换性原则的应用已成为提高生产水平和促进技术进步的强有力的手段之一，其主要作用如下：

从设计方面来看，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，大大简化了绘图和计算工作，缩短了设计周期，有利于计算机辅助设计和产品品种的多样化。

从制造方面来看，互换性有利于相互协作，大量应用的标准件还可由专门车间或工厂单独生产，因产品单一、数量多、分工细，可使用高效率的专用设备，进而采用计算机辅助加工，为生产专业化创造了必备条件，这样必然会提高产量和质量，并显著降低生产成本。装配时，由于零部件具有互换性，不需辅助加工，使装配过程能够持续而顺利地进行，故能减轻装配工作的劳动量，缩短装配周期，从而可采用流水线作业方式，乃至进行自动化装配，促进了生产自动化的发展，效率明显提高。

从使用和维修方面来看，若零件具有互换性，则零件在磨损或损坏、丢失后，可立即用另一个新的储备件代替（如汽车、拖拉机的活塞、活塞销、活塞环等就是这样的备件），不仅维修方便，且使机器或仪器的维修时间和费用显著减少，保证了机械产品工作的持久性和连续性，从而延长了产品的使用寿命，使产品的使用价值显著提高。

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具有重要的意义。它已成为现代化机械制造业中一个普遍遵守的原则，对我国的现代化建设起着重要作用。但是，应当注意，互换性原则不是在任何情况下都适用，当只有采取单个配制才符合经济原则时，零件就不能互换。

第二节 标准化与优先数

一、标准

就生产技术而言，为了实现互换性，零部件的尺寸及其几何参数必须在其规定的公差范围内。但从组织生产来说，如果同类产品的规格太多，或者规格相同而规定的公差大小各异，就会给实现互换性带来很大困难。因此，为了实现互换性生产，必须采用一种手段，使各个分散的、局部的生产部门和生产环节之间保持必要的技术统一，以形成一个统一的整体，标准与标准化正是建立这种关系的重要手段，是实现互换性生产的基础。

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、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。标准包含以下几方面的内容：

1. 标准制定的出发点是获得最佳秩序和促进最佳共同效益

通过制定和实施标准，使标准化对象的有序化程度达到最佳状态，相关方的共同利益能达到最佳。“获得最佳秩序和促进最佳共同效益”集中地概括了标准的作用和目的，同时也是衡量标准化活动、评价标准的重要依据。

2. 标准产生的基础是科学和技术的综合成果

科学研究的成就和技术进步的新成果同实践中积累的先进经验相结合,并被纳入标准,奠定了标准的科学性基础。同时标准的制定也需要有关各方充分地讨论、协商,从共同利益出发作出规定,这样制定的标准才能既体现科学性,又体现民主性和公开性。现代标准化的一个特点就是高新技术领域的标准化越来越得到各国重视,满足标准的要求往往需要使用大量专利,这种标准和专利的结合往往影响着一个产业的发展。

3. 制定标准的对象是重复性事物和对象

事物具有重复出现的特性,标准才能共同使用和重复使用,才有制定标准的必要。机械制造领域的各种对象如齿轮、螺纹都是重复生产的,各种制图符号与表示方法、技术要求都是重复使用的,因而都有制定标准的需要。现代标准的制定对象已经从技术领域延伸到经济、管理等领域。

4. 标准由公认的权威机构批准

国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)、国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)、欧洲标准化委员会(European Committee for Standardization, CEN)、欧洲电工标准化委员会(European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC)都是权威的标准化组织,它们制定的ISO标准、IEC标准、欧洲标准都是权威的标准。各国的国家标准也需要其所在国的国家标准化机构的批准。

5. 标准的属性是规范性文件

标准是为公众提供一种可供共同使用和重复使用的最佳选择,或为各种活动或其结果提供规则、导则、规定特性的文件。我国的国家标准和行业标准分为强制性标准和推荐性标准。在我国国家标准中强制性标准的比例比较小,但具有技术法规的属性。根据我国《标准化法》的规定,强制性标准一经颁布,必须执行,不允许生产、进口和销售不符合强制性标准的产品。包括产品几何技术规范(GPS)标准在内的绝大多数国家标准都是推荐性标准。而由企业标准化机构颁布的企业标准在企业内部是强制性的。

按性质分,标准可以分为技术标准和管理标准。技术标准又可以分为基础标准、产品标准、方法标准、安全、卫生、环保标准;管理标准又分为生产组织标准、经济管理标准和服务标准,如图1-1所示。



图 1-1 标准的分类

从标准制定的范围来看,标准可以分为六级:国际标准、区域标准、国家标准、专业标



准、地方标准和企业（公司）标准。全国范围内统一制定的称为国家标准（GB）；在全国同一行业内制定的称为行业标准；在企业内部制定的称为企业标准（QB）。国际标准主要是指国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）、国际电工委员会（International Electrotechnical Commission, IEC）和 ISO 认可的一些国际组织制定的标准。

二、标准化

标准化是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制订和贯彻标准，以后还有修订标准等。标准化是以标准的形式体现的，也是一个不断循环、不断提高的过程。

建立了标准，并且正确贯彻实施其标准，就可以保证产品质量，缩短生产周期，便于开发新产品和协作配置，提高企业管理水平。所以标准化是组织现代化的重要手段之一，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。现代化程度越高，对标准化的要求也越高。

标准化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 19 世纪，标准化的应用就非常广泛，特别在国防、造船、铁路运输行业中的应用更为突出。20 世纪初期，一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构，建立了本国的标准化事业。以后，随着生产的发展，国际间的交流越来越频繁，出现了地区性和国际性的标准化组织。1962 年成立了国际标准化组织（ISO）。现在，这个世界上最大的标准化组织正成为联合国甲级咨询机构。据统计，ISO 制定了约 8000 多个国际标准。

英国人认为，美国经济高速发展，超过英国并在世界领先，是由于美国经济有三个“S”作支柱，这三个“S”即简化（Simplification）、专业化（Specialization）与标准化（Standardization）。

1990 年，英国有国家标准 3800 个，而在 1970 年，美国就已有国家标准 10590 个，德国则有国家标准 20000 个左右，这些数字在一定程度上反映了这些国家的标准化状况和水平。

我国的标准化工作在解放后也被重视起来，从 1958 年发布第一批 120 个国家标准起，至今已制定了 1 万多个国家标准。现在正以国际标准为基础制定出许多新的国家标准，向 ISO 靠拢。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国，1982 年、1985 年两届当选为 ISO 理事国，已开始承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准起草工作。

标准化在现代经济建设中发挥着重要的作用，主要表现在以下三个方面：

（1）标准化是现代化大生产的基础。

随着科学技术的发展和生产的国际化，生产的社会化程度越来越高，生产规模越来越大，技术要求越来越复杂，分工越来越细，生产协作越来越广泛，许多工业产品如汽车往往涉及几十甚至成千上万个企业，协作点遍布世界各地，必须要有技术上的高度统一和广泛的协调为前提，标准正是实现这种统一和协调的手段。没有了标准化，机械产品的互换性和现代化的大生产都不可能做到。

（2）标准化是实现科学管理和现代化管理的基础。

标准为管理提供目标和依据，产品标准是企业管理目标在质量方面的具体化和量化，其他各种技术标准和管理标准都是企业进行技术、生产、质量、物资、设备等管理的基本依据。而工作标准可以实现整个工作过程的协调，提高工作效率和工作质量。自 1986 年以来，国际标准化组织颁布了 ISO9000、ISO4000、ISO22000 等多个管理体系标准，在世界各国得到

了广泛的应用。

(3) 标准化有利于提高产品质量。

按照 ISO9001 标准的要求,通过建立、实施和保持质量管理体系,系统地实施管理标准和工作标准可以使企业的工作规范化,可以推进企业的质量管理,提高产品质量和过程的有效性和效率,增强顾客满意度。

三、优先数和优先数系

在产品设计和制定技术标准时,涉及到很多技术参数,这些技术参数在生产各环节中往往不是孤立的。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,螺栓的直径确定后,不仅会传播到螺母的内径上,也会传播到加工这些螺母的刀具上,传播到检测这些螺纹的量具及装配它们的工具上。

若一个产品有几千个零件,其每个尺寸如不遵循统一的优化数值系列,就会造成尺寸规格杂乱、繁多,给组织生产、协作配套和使用维修带来莫大困难。可见,产品的参数值不能无序变化,这就提出了对各种参数必须进行优化的问题。在生产实践的基础上,人们对数值总结了一些简化和统一的科学的数值制度。根据 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》的规定,优先数和优先数系适用于各种量值的分级,特别是在确定产品的参数或参数系列时,按照该标准的规定,最大限度地采用,这就是优先的含义。这些数不是杂乱无章地堆积着的,而是按一定规律有秩序地形成的数值系列,故称为数系。

优先数和优先数系是一种科学的数值制度,也是国际上统一的数值分级制度,它不仅适用于标准的制订,也适用于标准制订前的规划、设计,从而把产品品种的发展在开始时就引向科学的标准化的轨道,因此,优先数系是国际上统一的一个重要的基础标准。

优先数与优先数系是一种量纲为 1 的分级数系,它是十进制等比级数,共规定了 R5、R10、R20、R40、R80 五个数系,各系列的公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 、 $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$ 、 $q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 、 $q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$ 、 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。优先数系是由上述公比,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的等比数列。其中前 4 个数列为基本数列,R80 为补充系数,仅在参数分级很细或不能满足需要时才采用补充系列。

优先数系的基本系列见表 1-1,表中为常用值,取小数点后两位有效数字。

优先数的主要优点是相邻两项的相对差均匀,疏密适中,而且运算方便,简单易记。在同一系列中,优先数(理论值)的积、商、整数(正或负)的乘法等仍为优先级。因此,优先数得到了广泛的应用。

为满足生产的需要,还可采用派生系列,即在 Rr 系列中,每逢 p 项选择一个优先数,组成新的派生系列,以符号 Rr/p 表示,r 代表 5、10、20、40、80。如 R10/3 系列,r 为 10,p 为 3,其含义为从 R10 系列中的某一项开始,每隔 2 项取一数值,若从 1 开始,就可得到 1.00、2.00、4.00、8.00、…数系;若从 1.25 开始,就可得到 1.25、2.50、5.00、10.00、…数系。

优先数系的应用很广,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具有重大的意义。选用基本系数时,应遵循先疏后密的原则,即应当按照 R5、R10、R20、R40 的顺序,优先采用公比较大的基本系列,以免

规格太多。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

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

习题一

1. 什么是互换性? 互换性的作用是什么?
2. 什么是标准?
3. 什么是标准化? 标准化的作用是什么?
4. 优先数系形成的规律是什么?
5. 第一个数为 10, 按 R5 系列确定后 5 项优先数。

第二章 圆柱体结合的公差与配合

构成零件的尺寸要素总是具有一定的尺寸偏差，为保证零件的使用功能就必须对尺寸的变动范围加以限制，这样才能保证相互配合的零件能满足功能要求。圆柱体结合是由孔与轴构成的，在机械制造中应用最广泛的一种结合。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，对圆柱体结合可简化为按直径这一主参数考虑。

为使加工后的孔与轴能满足互换性要求，必须在设计中采用尺寸的极限与配合标准。现行国家标准《极限与配合》的基本结构包括公差的规定；测量与检验部分，包括检验制与量规制，是作为公差与配合的技术保证。两部分合起来形成一个完整的公差制体系。该标准是最早建立的，最典型、最基本的，其体系比较完整，已经成为制订机械制造中其他公差标准的基础。

本章主要阐述国家标准中公差与配合的构成规律和特征。涉及机械零件的尺寸精度和互换性要求的国家标准主要有：

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 1803—2003《极限与配合 尺寸至18mm 孔、轴公差带》

GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》

第一节 公差与配合的基本术语及定义

一、有关“几何要素”的术语

构成零件的点、线或面称为几何要素。

几何要素分为组成要素和导出要素。所谓组成要素是指面或面上的线，它是实有定义，可由感官感知。导出要素是由一个或几个组成要素得到的中心点、中心线或中心面。例如，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，圆柱面为组成要素。

几何要素可按设计、制造、检验、评定几个方面进行分类。设计时图样给定的几何要素称为公称要素，包括公称组成要素和公称导出要素。制造时得到的表面要素是实际要素，也称实际组成要素。检验时测量所得是提取要素，包括提取组成要素和提取导出要素。为了对工件进行评定，应对实际要素进行拟合。拟合要素有拟合组成要素和拟合导出要素。有关几何要素的分类示意图如图2-1所示。

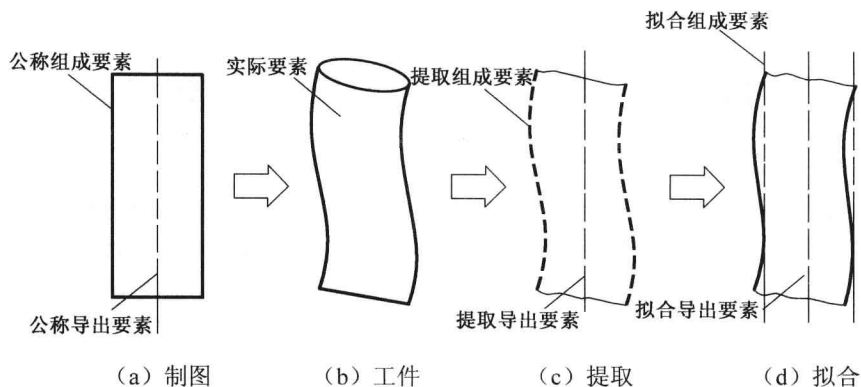


图 2-1 几何要素分类

1. 公称组成要素和公称导出要素

公称组成要素是由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素,如图 2-1(a)所示。产品图样上的零件轮廓的轮廓面、素线均为公称组成要素,它是没有误差的理想要素。

公称导出要素是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,如图 2-1(a)所示。

2. 实际(组成)要素

实际(组成)要素是指由接近实际(组成)要素所限定的工件实际表面的组成要素部分,如图 2-1(b)所示。应当注意,实际要素没有导出要素。

3. 提取组成要素和提取导出要素

提取组成要素是指按规定的方法,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,如图 2-1(c)所示。

提取导出要素是指由一个或几个提取组成要素得到的中心点、中心线或中心面,如图 2-1(c)所示。为方便起见。提取圆柱面的导出中心线称为提取中心线,两相对提取平面的导出中心面称为提取中心面。

4. 拟合组成要素和拟合导出要素

拟合组成要素是指按规定方法,由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素,见图 2-1(d)。

拟合导出要素是由一个或几个拟合组成要素导出的中心点、轴线或中心平面,见图 2-1(d)。

二、有关“尺寸”的术语

1. 尺寸要素

尺寸要素是由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。尺寸要素分为外尺寸要素和内尺寸要素,它可以是圆柱形、球形、两平行对应面、圆锥形或楔形。尺寸要素有三个特征:一是具有可重复导出中点、轴线或中心平面;二是含有相对点(相对点关于中点、轴线或中心平面对称);三是具有极限。

2. 孔和轴

孔通常是指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面)。孔的直径尺寸用 D 表示,即工件的圆柱形内尺寸。

轴通常是指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面)。轴的直径尺寸用 d 表示,即工件的圆柱形外尺寸。

从装配关系看,孔是包容面,轴是被包容面;从广义的方面看,孔和轴既可以是圆柱形的,也可以是非圆柱形的。

图 2-2 由标注尺寸 D_1 、 D_2 、 $\dots$ 、 D_6 所确定的部分皆为孔,而由 d_1 、 d_2 、 $\dots$ 、 d_4 所确定的部分皆为轴。

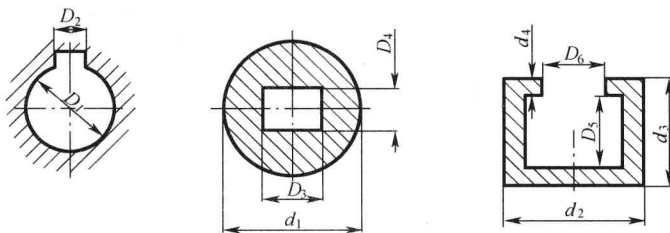


图 2-2 孔和轴

3. 尺寸

尺寸是以待定单位表示线性尺寸值的数值。线性尺寸值包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。在技术图样上或在一定范围内已注明共同单位(机械制造中一般常用毫米(mm)为单位)时,均可只写数字,不写单位。

4. 基本尺寸

基本尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。基本尺寸由设计给定,一般要符合标准尺寸系列,以减少定值刀具、量具、夹具的种类。

5. 极限尺寸

极限尺寸是尺寸要素允许的尺寸的两个极端。极限尺寸分为上极限尺寸和下极限尺寸(注:在以前的标准中,它们被称为最大极限尺寸和最小极限尺寸)。上极限尺寸是指尺寸要素允许的最大尺寸,下极限尺寸是指尺寸要素允许的最小尺寸。提取组成要素的局部尺寸应位于上极限尺寸和下极限尺寸之中,也可达到极限尺寸。

孔和轴的上极限尺寸分别表示为 D_{up} 和 d_{up} ,孔和轴的下极限尺寸分别表示为 D_{low} 和 d_{low} 。孔、轴的基本尺寸、上极限尺寸和下极限尺寸,如图 2-3 所示。

6. 提取组成要素的局部尺寸

提取组成要素是指通过规定的测量方法得到的面或面上的线。提取组成要素的局部尺寸是提取要素上任意两对应点之间距离的统称。为方便起见,可将提取组成要素的局部尺寸简称为提取要素的局部尺寸,孔、轴的提取要素的局部尺寸分别表示为 D_a 和 d_a 。(注:提取要素的局部尺寸在旧标准中称为实际尺寸)。常见的提取要素的局部尺寸有提取圆柱面的局部尺寸(局部直径)和两平行提取表面的局部尺寸。

(1) 提取圆柱面的局部尺寸(局部直径)。

提取圆柱面的局部尺寸是圆柱表面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心;横截面垂直于提取表面得到的拟合圆柱面(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)的轴线。如果没有特殊规定,提取圆柱面的局部尺寸(局部直径)的示意图如图 2-4 所示。

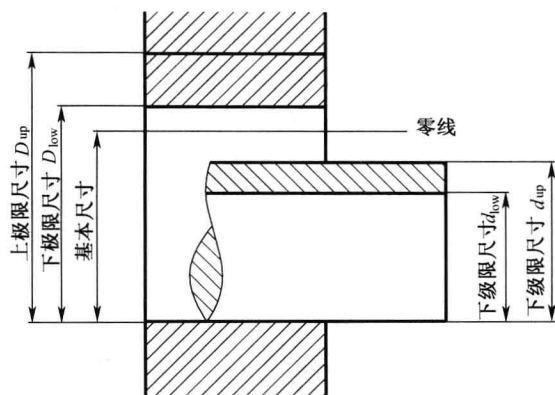
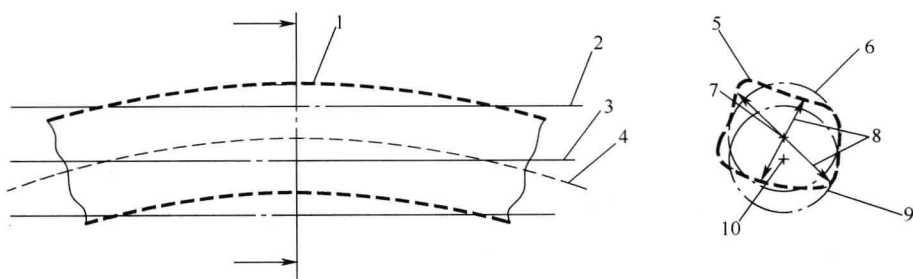


图 2-3 孔、轴的基本尺寸、上极限尺寸和下极限尺寸



图中标号：

- 1—提取表面；2—拟合圆柱面；3—拟合圆柱面轴线；4—提取中心线；
5—提取线；6—拟合圆；7—拟合圆圆心；8—提取要素的局部直径；
9—拟合圆柱面；10—拟合圆柱面轴线

图 2-4 提取圆柱面的局部直径

(2) 两平行提取表面的局部尺寸。

两平行提取表面的局部尺寸是指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 2-5 所示为一般情况下两平行提取表面的局部尺寸的解释。

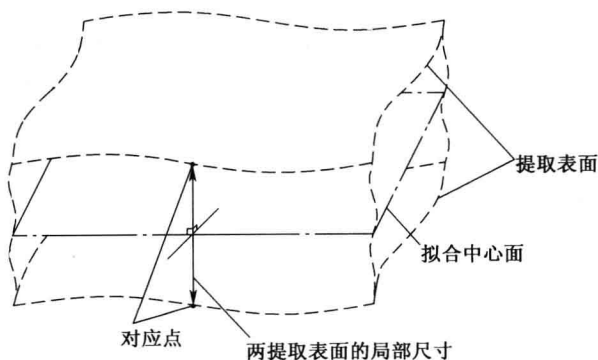


图 2-5 两平行提取表面的局部尺寸