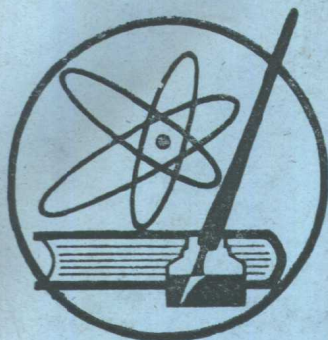




高等学校试用教材

化工机械制造工艺

成都科学技术大学等校合编

郑品森 主编



化学工业出版社

高等学校试用教材

化工机械制造工艺

成都科学技术大学等校合编

郑品森 主编

化学工业出版社

前 言

本教材是根据一九七八年二月在上海召开的“全国化工高校专业教材编写工作会议”所拟定的教材编写大纲的精神编写成的。

“化工机械制造工艺”这门专业课程的教学目的是为达到化工机械专业的培养目标，“以化工企业的设备和机器的设计为主，兼顾制造与维修”打下化工机械制造工艺的基础，即通过前修课程“机械制造基础”的课堂教学、工厂实践和“机械制图”、“金属材料及热处理”、“机械零件”等课程的学习，以及本课程的课堂教学和工厂实践等教学环节，使学生逐步具有分析和解决化工机械制造工艺问题的初步能力及设计化工机械良好结构的制造工艺的初步基础。

本教材的编写贯彻了少而精的原则，注重加强专业课的基础理论和整个教学内容的系统性。本教材的课堂教学学时数为70学时。

本教材编写人员的分工为：成都科学技术大学郑品森担任主编，并编写第一篇的概述及第一、二、三、四章；上海化工学院姜壁贵编写第一篇的五、六章；河北工学院刘慧佩编写第二篇的第九章；成都科学技术大学王志圣编写第二篇的概述及第七、八、十、十一章，并协助主编工作。

本教材由华东石油学院赵正修担任主审；上海化工学院薛金华和南京化工学院姚慧珠负责第一篇的审查工作；赵正修和北京化工学院郑海泉负责第二篇的审查工作。

本教材在编写过程中还得到云南工学院、浙江大学、天津大学、华南工学院、上海化工学院四川分院、大庆石油学院、沈阳化工学院、浙江化工学院、广西大学、江西工学院、云南化机厂等兄弟院校和有关单位的大力支持和帮助，在此特致谢意！

由于时间关系，谬误之处，在所难免，望批评指正。

编 者

一九七九年五月五日

目 录

前 言

第一篇 化工机器制造工艺

概 述	(1)
第一章 机械加工质量	(3)
第一节 机械加工质量的概念	(3)
第二节 影响机械加工精度的因素分析	(15)
第三节 加工精度的统计分析及机械加工的经济精度	(23)
第四节 机械加工的表面质量	(30)
第二章 机器零件典型表面的加工	(43)
第一节 外圆表面的加工	(43)
第二节 内孔表面的加工	(53)
第三节 平面的加工	(64)
第四节 螺纹表面的加工	(69)
第三章 机械加工工艺过程	(76)
第一节 机械加工工艺过程的概念及组成	(76)
第二节 零件在机械加工中的定位与安装	(77)
第三节 制订工艺规程的原则及步骤	(96)
第四章 化工机器典型零件的加工	(109)
第一节 离心机主轴的加工	(109)
第二节 活塞式压缩机曲轴的加工	(114)
第三节 活塞式压缩机连杆的加工	(120)
第四节 活塞式压缩机活塞的加工	(126)
第五节 离心式压缩机叶轮的加工	(130)
第六节 活塞式压缩机机身的加工	(140)
第五章 化工机器的装配	(144)
第一节 装配工艺过程的基本概念	(144)
第二节 保证装配精度的方法与装配尺寸链	(149)
第三节 典型化工机器的装配	(161)
第四节 化工机器的试车	(176)
第六章 结构工艺性基础	(181)
第一节 结构工艺性的基本概念	(181)
第二节 毛坯的结构工艺性	(184)
第三节 公差与配合及表面光洁度的合理性	(196)
第四节 零件结构的机械加工工艺性	(200)
第五节 装配的结构工艺性	(207)

第二篇 化工设备制造工艺

概 述	(211)
第七章 容器毛坯的准备工序	(216)
第一节 净化	(216)
第二节 矫形	(218)
第三节 划线	(221)
第四节 切割及边缘加工	(225)
第八章 成型工艺	(248)
第一节 钢材的塑性变形和加热	(248)
第二节 钢板的弯卷	(251)
第三节 管子的弯曲	(259)
第四节 封头的成型	(265)
第九章 化工设备的焊接	(281)
第一节 熔化焊接冶金过程	(281)
第二节 焊接热过程与焊接接头金相组织	(288)
第三节 焊接残余变形与残余应力	(296)
第四节 焊接裂纹及材料可焊性评定	(303)
第五节 常用熔化焊焊接方法	(309)
第六节 低合金结构钢的焊接特点	(322)
第七节 不锈钢及高合金耐热钢的焊接特点	(325)
第八节 化工设备常用有色金属的焊接	(331)
第十章 典型设备制造工艺	(335)
第一节 化工容器的组对	(335)
第二节 列管式换热器的制造	(339)
第三节 高压容器制造	(349)
第十一章 化工设备的质量检验	(360)
第一节 质量检验及允许存在缺陷的概念	(360)
第二节 破坏性试验	(361)
第三节 射线探伤	(365)
第四节 超声波探伤	(372)
第五节 表面探伤	(386)
第六节 声发射技术及全息照相简介	(391)
第七节 设备的试压及密封性检查	(398)
附 录	(401)
附录一 2D6.5-9/150氮氢压缩机试车规程	(401)
附录二 化工设备制造常用技术标准	(403)
附录三 几种低碳钢、普低钢焊后热处理规范和焊接材料选用	(404)
附录四 低碳钢与奥氏体不锈钢、铝、钛坡口型式比较	(405)
附录五 复合钢板对接接头坡口型式	(406)
附录六 16Mn钢埋弧焊焊缝及接头的机械性能	(407)

第一篇 化工机器制造工艺

概 述

在石油、化学工业的生产过程中，需要采用各种各样的机器。如各种类型的压缩机、离心机和泵等等。通常我们把化工生产过程中，采用的运动机械统称为化工机器。同一切机器一样，化工机器也是由一些基本的单元——零件所组成，如机座(机身)、机壳、轴承、轴、曲轴、连杆、活塞、叶轮、转鼓、螺旋、盘、套、齿轮、皮带轮、联轴节、杠杆、销钉、键、螺钉、螺帽……等。

制造一台化工机器必须经过一系列的劳动过程，这些劳动过程包括：原材料的运输和储存，生产的准备工作，毛坯的制造，零件的机械加工，零件装配成机器，机器的检验、试车、油漆和包装等。从原材料(或半成品)到制成成品，整个相互联系的各个劳动过程的总和称为机器的生产过程。其中最主要的包括三个大的阶段。

一、毛坯的制造

将制造机器的原材料——铸锭或型材，通过铸造、压力加工或焊接的方法制成毛坯的过程称为毛坯的制造过程。一般情况下，由于毛坯的表面比较粗糙，尺寸和形状都不很准确，因而对于要求较高的表面，都预先将毛坯的尺寸增大，留下一层多余的金属作为加工余量。也就是说毛坯制造阶段，只是在保证材料的材质和一定的机械性能的条件下，获得与零件近似的形状和尺寸。随着科学技术的发展，生产水平的提高，铸、压、焊的制造精度有了明显的提高，特别是精密铸造，精密锻造和精密轧制等的某些制品，只需对部分表面进行机械加工，甚至不需要机械加工即可作为零件。

二、零件的机械加工

现代化工机器都朝着大功率、高转速和高精度的方向发展，对零件工作表面的尺寸、形状和表面质量都提出了愈来愈高的要求，因此，大多数零件都需要进行机械加工。常见的机械加工方法有车削、刨削、铣削、钻削、镗削、磨削加工等。在机器制造中，机械加工是保证获得高精度零件的主要手段。无论从制造机器所耗费的劳动量，还是从机器成本的组成来看，机械加工都占了很大的比重。为了保证零件的某些机械和物理性能，或为了易于进行切削加工，零件在机械加工过程中，常常还需要进行热处理。

三、机器的装配

将各种合格的零件，按照一定的技术要求、方法和步骤，经过组件装配、部件装配和总体装配，互相连接或组合成一台完整的机器的过程称为机器的装配过程。只有零件在加工时，达到了设计要求，而且合理地进行装配，所制成的机器才能符合设计时所预定的质量及性能要求。装配质量在一定程度上对机器的工作性能有着决定性的影响。即机器装配得正确与否，将直接影响机器的负荷和功率消耗的大小，振动和磨损的严重程度，以及机器使用寿命的长短。

有关毛坯的制造工艺已在《机械制造基础》（《金属工艺学》）中讨论过了。本篇主要是讨论零件的机械加工工艺和机器的装配工艺。

由于机器的用途和工作条件带来的机器结构特点和技术要求的差异，以及生产规模和生产条件的不同，机器和机器零件的制造工艺可能或必须采用不同的方案。在拟订机器和机器零件的制造工艺过程中，就必须根据具体条件解决一系列的有关问题，如选择毛坯的种类及制造方法；选择机械加工的方案，设备及工艺装备；确定从毛坯到成品的各个生产阶段中工件的尺寸及合理的切削用量；选择组件、部件及整台机器的装配方法及所需的设备和工艺装备等。而在设计机器和机器零件的结构时，也必须考虑其制造工艺，否则设计出来的机器和机器零件的结构工艺性就可能不好；毛坯的制造、零件的机械加工和机器的装配在某些条件下就可能很困难，甚至无法加工和装配。

近几十年来，机器制造工艺有着突飞猛进的发展。在化工机器制造中，国内外都已采用精密浇铸、精密模锻、电解和电火花加工以及冷挤压等先进技术，实现少切削和无切削加工，以提高产品质量、节约原材料。如用电火花和电解加工离心式压缩机的叶轮，叶轮的出口宽度可以小到2~3mm，而产品有良好的精度和光洁度，且无应力集中和应力腐蚀。

随着生产的发展，对某些产品的需要量不断扩大、如泵、阀片、活塞环等，于是要求按大批、大量生产方式来组织这些产品的制造过程。为了保证大批、大量生产条件下的加工精度和生产率，广泛采用了（对某一个零件设计的）专用自动机床、组合机床以及生产自动线。但另一方面，随着科学技术的迅速发展，机器及其零件的结构和形状不断地改进着，这又要求机床设备具有较大的灵活性和通用性，以适应生产对象的变化。尤其是在化工机器制造部门中，零件的批量往往不大、而精度要求高、形状又复杂，这时如果采用普通机床，虽能满足灵活性和通用性的要求，但加工精度难于保证，劳动生产率低，工人的劳动强度也大。如采用专用工夹具，工夹具的成本，均摊到批量不大的每一个零件上，必然使零件的成本大大增加。因此在单件、小批生产中，提高加工精度和劳动生产率，降低加工成本和工人的劳动强度，就成为机械制造中迫切需要解决的课题。近二十年来，由于电子技术、计算技术、自动控制技术、精密测量和机床结构设计的发展，出现了一种既具有广泛通用性，又具有很高的自动化程度的新型机床，即数字控制机床，简称“数控机床”。数控机床同其他自动化机床的一个显著区别，在于当加工对象改变时，除了重新装夹零件和更换刀具外，只需更换一个记录有数控程序的程序载体——穿孔带、穿孔卡或磁带，就能自动地加工出所需要的新零件来。由于数控技术的运用，成功地解决了单件、小批生产中，形状复杂的零件加工的自动化问题，且缩短了生产准备周期，大大提高了加工精度和劳动生产率，这些对于化工机器制造有着非常突出的意义。

第一章 机械加工质量

第一节 机械加工质量的概念

为了满足化工过程提出的高温、高压及高速等方面的需要，对化工机器及其零件的机械加工质量的要求也日益提高。

组成机器零件的各个表面中，决定机器工作情况好坏的表面属于主要表面。在大多数情况下，零件的主要表面是需要进行机械加工的，机器的工作质量及使用性能的优劣在很大程度上取决于这些表面的机械加工质量。

机器零件的机械加工质量通常都是在零件图上用标注一定的尺寸，加工符号和规定一定的技术条件来体现的。一般从以下三个大的方面来评定机器零件的机械加工质量：零件各部分的尺寸精度；零件各个表面的宏观几何形状精度和各表面间的相互位置精度（通称为表面形状和位置精度）；零件的表面质量，包括表面微观几何形状精度（表面光洁度）及表面层的物理机械状态（表面层的冷硬程度及深度、残余应力的状态等）。

一般把尺寸精度同表面形状和位置精度称为机械加工精度。

机器制造过程中，采用任何一种机械加工方法，即使加工条件非常优越，由于多种因素的影响，都不可能把零件加工得绝对准确。即加工结果所得到的实际尺寸比理想的尺寸总要偏大或偏小一些，几何形状和相互位置对于理想的形状和位置也总有一些差异。这种加工后零件的实际尺寸、形状、相互位置对于理想的尺寸、形状和相互位置的偏差称为加工误差。

所谓加工精度，是指零件在加工之后，其实际的尺寸、几何形状和相互位置同理想的尺寸、几何形状和相互位置相符合的程度。相符合的程度愈高，也就是加工误差愈小，则加工精度就愈高。

实际上，从保证机器的工作性能和互换性来说，并没有必要将零件的实际尺寸、几何形状和相互位置加工得绝对准确，而允许有一定的加工误差。所以设计机器时，应根据机器的工作条件和性能要求，合理地规定机器零件的机械加工精度。规定的精度过低，将不能保证机器具有良好的工作性能；过高就会造成制造上的困难，使加工成本提高。从机器制造过程来讲，应当选择经济合理的加工方法，制订经济合理的工艺路线，以减少加工误差，保证高生产率、低成本地加工出符合图纸规定的精度要求的零件。因此，零件的精度要求对机器制造过程的经济性影响很大，怎样合理地保证机器零件的精度要求也是机器制造中的一个重要问题。

一、零件各部分的尺寸精度

尺寸精度表明零件的实际尺寸对理想尺寸的接近程度，以零件图上标注在公称尺寸后面的“上、下偏差”所构成的公差来表征。尺寸公差就是零件的实际尺寸对理想尺寸所允许的误差的变化范围。公称尺寸一定时，规定的公差愈小，允许误差的变化范围就愈小，精度也就愈高；反之，规定的公差愈大，允许误差的变化范围就愈大，精度也就愈低。

根据公差与配合的国家标准GB159~174-59，零件某一表面的公差数值决定于精度等级和该表面的公称尺寸，而公差带的位置则决定于所选定的基准制和配合种类。

(一) 基准制和配合种类

为了实现不同的结合性质，必须改变公差带的位置。对于给定的公称尺寸，并不需要同时改变孔和轴的公差带的位置，而是规定结合表面之一的公差带位置固定不变，对另一结合表面规定不同的公差带位置，即可获得各种结合性质的配合。因此，国家标准中规定了两个平行的基准制：基孔制与基轴制。由于技术经济及加工工艺方面的原因，化工机器制造中，广泛采用基孔制，只在某些特殊情况下，才采用基轴制。

两结合零件，由于在机器中的功用不同，要求获得不同的结合性质，国家标准中规定了基孔制和基轴制各有三大类配合：静配合、过渡配合、动配合。静配合的特点是保证有过盈，不加辅助件也能传递扭矩。按照配合的松紧程度，又细分为第1种到第6种静配合。过渡配合的特点是不能保持明确的配合性质，它可能得到过盈，也可能得到间隙，用于不同轴度要求较高的地方。它可以传递扭矩，但必须加辅助紧固零件，故属于可拆卸的配合。按照配合的松紧程度，又细分为第1种到第4种过渡配合。动配合的特点是保证配合表面间有一定的间隙，使结合零件能够产生相对运动。间隙的大小应能保证在配合表面之间贮存润滑油层，补偿结合零件热膨胀的差异和弹性变形，以及装配误差的影响等。按松紧程度，又细分为第1种到第6种动配合。

配合种类的确定，主要取决于配合表面在机器中的作用和精度要求。可采用计算法、试验法或类比（对照）法来确定。由于计算法不可能将各种因素考虑得很全面，可靠性较差，实际工作中用得较少。静配合和动配合初步预选配合种类时，有用计算法的。试验法是一种根据试验结果来决定配合的方法。试验的对象可以是零件本身，也可以进行模拟试验。可以对整台机器，也可以对某些零件进行试验。这种方法的最大优点是能全面观察，可以同时考虑多种因素，对于新产品的研制是非常实用的。在研制新产品时，关系到产品质量、主要性能的某些配合表面，可以预先按照计算法或类比法确定一种配合，让试制产品在试运转的过程中，进行试验考核，根据考核的结果，最后确定一种合理的配合。目前最常用的仍然是类比法。类比法就是根据同类型运转较成熟的机器，以其结合性质类似的配合表面所选择的配合种类进行比较确定。由于机器的特点不尽相同，因此按类比法确定配合时，应根据具体情况对类似的配合种类进行适当的修整。

(二) 公称尺寸和精度等级

公称尺寸是根据设计计算所决定，并经元整后的尺寸。生产实践证明，采用同一种加工方法，公称尺寸愈大，加工时产生的加工误差就愈大；反之，公称尺寸愈小，加工时产生的加工误差就愈小。理论上对于相同的精度要求，每一公称尺寸应规定不同的公差值，由于实际上的困难和没有必要，因此，国家标准中将公称尺寸划分为若干分段。相同的精度要求，同一个尺寸分段内，规定了相同的公差值。

精度等级就是根据零件在机器中不同的作用，对其尺寸精确程度的不同要求，在同一个尺寸分段内，按照公差值的大小，把精度划分成的不同等级。国家标准规定，常用的公称尺寸，从1~500mm范围内分10个精度等级，用阿拉伯数字1、2、3……10来表示精度等级。其中1级精度最高，10级精度最低。相同的公称尺寸，精度等级愈高，公差就愈小，精度等级愈低，公差就愈大。1~7级用配合尺寸，8~10级用于非配合尺寸。

在设计机器零件的过程中，尺寸精度等级的确定，首要条件是满足机器使用性能的要求，其次是综合考虑零件的配合性质，加工条件，工艺水平及制造成本等一系列因素。一定

的精度等级与一定的加工方法相对应,要求零件的加工精度愈高,则所化费的劳动量就愈大,成本也就愈高。因此在保证机器质量要求的前提下,应选择经济的精度等级。化工机器制造中一般采用类比法来确定精度等级。类比法是建立在大量实践经验的基础上的。根据所设计的机器传递的功率的大小、转速的高低、对整机工作质量的要求、该主要表面的工作条件,参照类似的、工作良好、较为成熟的机器的对应配合表面的精度等级来选取。化工机器制造中常用的精度等级是2级和4级精度。

2级精度是基本的精度等级,能保证很高的配合均匀性和精确的装配,且使用性能可靠,广泛应用于化工机器制造中的重要连接和配合。例如:活塞式压缩机十字头与机身滑道,曲柄销与连杆大头瓦,连杆大头瓦与连杆孔,十字头销与连杆小头瓦,连杆螺栓与连杆螺栓孔等;离心式压缩机的轴套、推力盘、平衡盘、联轴器与主轴的配合等;螺旋推料离心机转鼓大、小端止口与转鼓左、右轴颈,联接盘与轴套,螺旋推料器身与螺旋左、右轴颈,皮带轮与转鼓右轴颈等;卧式活塞推料离心机主轴与主轴承孔,轴套与主轴孔,推料杆与轴套孔,皮带轮与主轴轴颈等配合均采用2级精度。

4级精度属于可以保证中等精度装配的精度等级,应用于机器中一般连接和配合,其间隙或过盈可以稍大的部位。例如活塞式压缩机中密封盖与气缸盖,活塞环与活塞环槽;螺旋推料离心机中螺旋器身转筒大、小段的结合,安装密封的轴颈等配合常采用4级精度。

3级精度和5级精度都属于不常用精度等级。当要求精度可以稍低于2级时,即可采用3级精度,基本上用在过渡配合上。此外,例如在离心式压缩机中:机壳与隔板,机壳与密封体,隔板与密封体等配合也常采用3级精度。当要求精度可以稍低于4级精度时,就采用5级精度。

1级精度属于高精度等级,化工机器制造中用得很少,只用在机器中极精确的配合,公差要求很小,形状精度要求很高的配合部位。例如:高速活塞式机械的活塞销与活塞销孔及连杆衬套孔的配合;高速旋转的卧式推料离心机的主轴颈与高精度滚动轴承的配合才采用1级精度。

6级精度和7级精度是很低的两个精度等级,用于间隙或过盈可以较大的不重要的配合。如螺钉与螺钉孔、铆钉与铆钉孔的配合等。

二、表面形状和位置精度及其同尺寸精度的关系

表面形状精度就是指零件加工后表面的实际几何形状对理想的几何形状的符合程度。零件加工后表面的实际形状对理想形状的变动量称为形状误差。我们用限制形状误差的最大允许值的形状公差来表征表面形状精度。

相互位置精度就是指零件加工后点、线或面的实际位置对理想位置的符合程度。加工后零件上的点、线或面的实际位置对理想位置的变动量称为位置误差。同样我们用限制位置误差的最大允许值的位置公差来表征相互位置精度。

表面形状公差和位置公差的符号、定义、标注方法以及测量示例见表1-1、表1-2。

根据表面形状和位置公差标准GB1183-75的规定,形状公差包括六个项目:不直度、不平度、不圆度、椭圆度、不圆柱度和不柱度。位置公差包括七个项目:不平行度、不垂直度、不同轴度、不对称度、位移度、径向跳动和端面跳动。

表面形状和位置公差(简称形位公差)和尺寸公差一样,按限制误差大小的公差值来确定精度的高低。相同的公称尺寸,公差值愈小,允许的误差就愈小,精度就愈高;反之亦然。

表1-1 形状公差的名、符号、定义、标注方法及测量示例

名称	符号	误差定义	要求	标注方法	文字说明	测量方法	示例
不直度			在给定方向上的不直度				测量时, 调整被检验长度的两个端点, 使到基准平面的距离相同, 移动千分表, 其最大最小读数之差即为被检验线的不直度误差
			在给定平面内(母线)的不直度				刀口尺与被检验线的最大间隙Δ, 即为不直度误差
			在相互垂直的两个方向上的不直度				零件中心线的不直度, 在高方向上不大于0.02, 在宽方向上不大于0.01
不平度			平面的不平度				将被测零件支承在平板上, 调整被测平面上两个对角两点, 使其两两分别与平板等高, 则被测平面内指示计最大与最小读数之差即为平面的不平度误差

续表

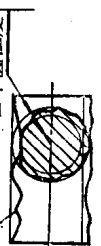
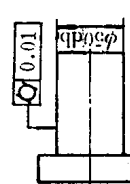
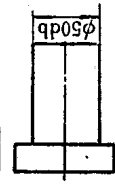
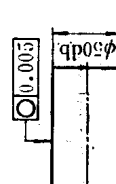
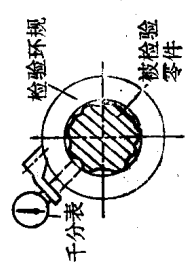
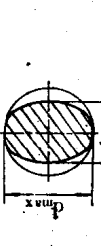
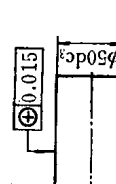
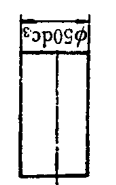
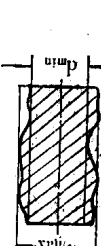
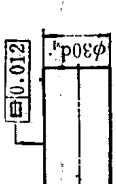
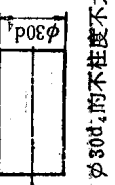
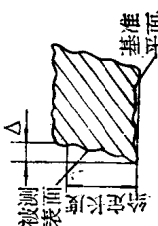
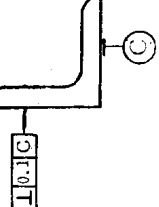
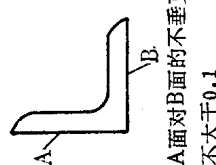
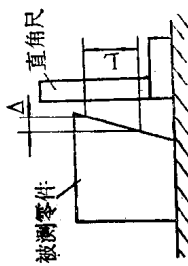
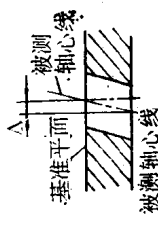
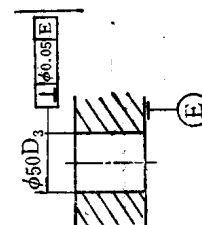
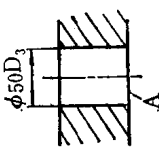
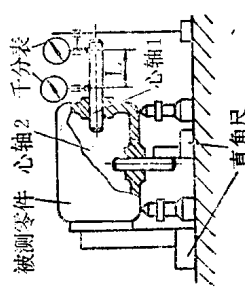
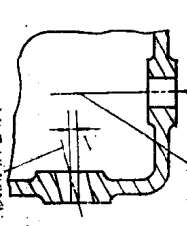
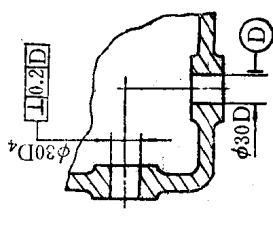
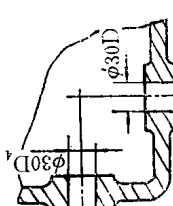
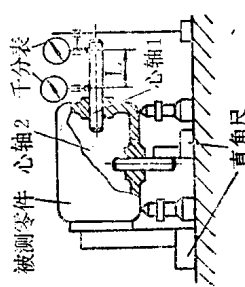
名称	符号	误差定义	要求	标 注 方 法		测量方法	示 例
				符 号	文 字 说 明		
不 圆 柱 度		 实际表面 Δ 不圆柱度 包容实际表面且半径差为最小的两同轴圆柱面的半径差 Δ	圆柱表面 的不圆 柱度	 $\phi 50db$ 于 0.01	 $\phi 50db$ 于 0.01	不圆柱度是圆柱体实际表面的横剖面面和轴剖面面形状误差的综合, 能反映零件工作时的情况, 比较理想, 但目前尚无理想的测量方法, 故建议图纸上尽可能用椭圆度、不柱度, 少用不圆度和不圆柱度。当某些高精度的筒形零件必须用不圆度来评定时, 可采用近似测量方法: 即用圆度仪测量不同横剖面的不圆度	
不 圆 度		 不圆度 Δ 实际轮廓 包容同一横剖面实际轮廓且半径差为最小的两同心圆间的距离 Δ 不圆度 $\Delta = R_{max} - R_{min}$	圆柱表面 的不圆 度	 $\phi 50db$ 于 0.005	 $\phi 50db$ 于 0.005	可用圆度仪测量。 图示为将零件塞入 与接触圆同直径的检 验环规内, 转动零件 一周后, 千分表的最 大差值即为不圆度	
椭 圆 度		 圆柱体 (轴、孔) 的同一横 剖面内最大与最小直径之差 $\Delta = d_{max} - d_{min}$	圆柱表面 面的椭圆 度	 $\phi 50dc$ 于 0.015	 $\phi 50dc$ 于 0.015	测量零件同一横剖 面内的直径, 其最大 与最小直径之差为该 剖面的椭圆度。而以 各剖面上所测得的数 值中的最大值为该圆 柱体的椭圆度	
不 柱 度		 圆柱面 (轴、孔) 的同一轴 剖面内最大与最小直径之差 Δ $\Delta = d_{max} - d_{min}$	圆柱表面 面的不柱 度	 $\phi 30d$ 于 0.012	 $\phi 30d$ 于 0.012	在同一轴剖面内均 匀分布地测量若干直 径, 其最大与最小直 径之差即为不柱度	

表1-2 位置公差的名称、符号、定义、标注方法及测量示例

名称	符号	误差定义	要求	标注方法	文字说明	测量方法	示例
不平行度		被测表面 给定长度、 基准表面 包容被测表面并平行于基 准平面且距离为最小的两平 行平面间的距离 Δ	平面对 平面的不 平行度				将被测零件的基准 平面放在平板上,在 被测平面内指示计最 大与最小读数之差即 为不平行度
		被测 轴线 基准表面 包容被测轴线并平行于 基准平面且距离最小的两平 行平面间的距离 Δ	轴线 对平面的 不平行度				将被测零件的基准 平面放在平板上,孔 中塞入心轴,在给定 长度内,指示计最大 与最小读数之差即为 不平行度
		被测轴线 基准轴线 包容被测轴线并平行于 基准轴线且距离为最小的 两平行平面间的距离 Δ	轴线 对轴线的 不平行度				将心轴放在等高的V 形铁上,调整包含I-II I轴线并包含II-II轴 的平面,使其垂直于平 板,在II-II轴心线给 定长度上测量指示计最 大与最小读数之差即为 不平行度 Δ
垂直度		被测表面 基准表面 包容被测表面并垂直于基 准平面且距离为最小的两平 行平面间的距离 Δ	平面对 平面的不 垂直度				将被测零件的基准 平面放在平板上,在 被测平面内指示计最 大与最小读数之差即 为垂直度
		被测轴线 基准轴线 包容被测轴线并垂直于基 准轴线且距离为最小的两平 行平面间的距离 Δ	轴线对 轴线的不 垂直度				将心轴放在等高的V 形铁上,调整包含I-II I轴线并包含II-II轴 的平面,使其垂直于平 板,在II-II轴心线给 定长度上测量指示计最 大与最小读数之差即为 垂直度 Δ

续表

名称	符号	误差定义	要求	标注方法	文字说明	测量方法	示例
不垂直	⊥	 被测表面 基准平面	平面对平面的不垂直度		 A面 B面 A面对B面的不垂直度不大于0.1	 被测零件 直角尺 将被测零件的基准平面放在平板上, 在给定长度内, 指示计的最大与最小的读数差 (或与标准直角尺间塞尺的读数值)	用千斤顶调整被测零件, 使心轴2与直角尺贴合, 再用千分表测量心轴1在给定长度L内的两点, 最大与最小读数之差即为不垂直度
		 被测表面 基准轴线	轴心线对平面的不垂直度		 φ50D₃ φ50D₃轴心线对平面A的不垂直度不大于0.05	 被测零件 心轴2 千分表 心轴1 直角尺	
		 被测表面 基准轴线	轴心线对轴心线的不垂直度		 φ30D₄ φ30D₄轴心线对φ30D₃轴心线的不垂直度不大于0.2	 被测零件 心轴2 千分表 心轴1 直角尺	

名称	符号	误差定义	要求	标注方法		测量方法	示例
				符	文		
不同轴度		被测轴线 基准轴线 被测轴线与基准轴线的最大距离 Δ	对一圆柱表面 轴心线的 不同轴度				在孔中各插入一心轴转动带有千分表的基准轴，测得的最大和最小读数之差的二分之一即为不同轴度
		当指定以两个圆柱面的公共轴线为基准时，则公共轴线为两个实际圆柱面中间横剖面中心的连线	对公共 轴心线的 不同轴度				检验量规中心就是两孔的基准轴线，检验时只要量规能通过就表示两孔不同轴度误差符合要求，用量规检验位置误差之前，应先检验孔径是否合格
不对称度		基准表面的 对称中心面 被测表面的 对称轴心线 被测表面对称中心面（或轴心线）与基准表面对称中心面（或轴心线）的最大距离	平面对 轴心线的 不对称度				将轴放在V形铁上，在键槽中塞以块规，用千分表调整块规与平板平行，然后记下读数A，转动零件180°，再用同样方法调整记下读数B，如A>B，则 $\Delta = \frac{A-B}{2}$

名称	符号	误差定义	要求	标注方法		文字说明	测量方法		示例
				符	号				
径向跳动		被测表面 基准 轴线 在给定直径的圆周上, 被测端面各点与垂直于基准轴心线的平面间最大与最小距离之差	表面对轴心线的跳动	$\phi 35d$ $\phi 60d$ $\phi 35d$	$\phi 35d$ $\phi 60d$ $\phi 35d$	将被测零件的基准表面支承在 V 形铁上, 将零件旋转一周, 指示计最大与最小读数之差, 即为该剖面内的径向跳动。以各剖面所测得数值中的最大值为该表面的径向跳动	将被测零件的基准表面支承在 V 形铁上, 将零件旋转一周, 指示计最大与最小读数之差, 即为该剖面内的径向跳动。以各剖面所测得数值中的最大值为该表面的径向跳动	将被测零件的基准表面支承在 V 形铁上, 将零件旋转一周, 指示计最大与最小读数之差, 即为该剖面内的径向跳动。以各剖面所测得数值中的最大值为该表面的径向跳动	将被测零件的基准表面支承在 V 形铁上, 将零件旋转一周, 指示计最大与最小读数之差, 即为该剖面内的径向跳动。以各剖面所测得数值中的最大值为该表面的径向跳动
端面跳动		被测端面 基准 轴线 在给定直径的圆周上, 被测端面各点与垂直于基准轴心线的平面间最大与最小距离之差 Δ	端面对轴心线的跳动	$\phi 30d$ $\phi 60d$ $\phi 30d$	$\phi 30d$ $\phi 60d$ $\phi 30d$	将被测零件的两端面支承在顶针上, 并使轴向往定位, 零件旋转一周, 在给定的直径上, 指示计最大和最小读数之差即为端面跳动	将被测零件的两端面支承在顶针上, 并使轴向往定位, 零件旋转一周, 在给定的直径上, 指示计最大和最小读数之差即为端面跳动	将被测零件的两端面支承在顶针上, 并使轴向往定位, 零件旋转一周, 在给定的直径上, 指示计最大和最小读数之差即为端面跳动	将被测零件的两端面支承在顶针上, 并使轴向往定位, 零件旋转一周, 在给定的直径上, 指示计最大和最小读数之差即为端面跳动
位移		被测点、线或面到其理想位置的最大距离 Δ。理想位置是图纸上给定的, 它是相对于基准而确定的	轴心线的位移	$\phi 100D$ $\phi 16D$ $\phi 100D$	$\phi 100D$ $\phi 16D$ $\phi 100D$	位移度以相关公差标注时, 宜用量规测量 如用普通量具测量, 在被测零件基准孔和被测孔中各插入心轴, 用游标尺或千分尺测得尺寸 L, 则 $\Delta L = \frac{D + d_1 + d_2}{2}$	位移度以相关公差标注时, 宜用量规测量 如用普通量具测量, 在被测零件基准孔和被测孔中各插入心轴, 用游标尺或千分尺测得尺寸 L, 则 $\Delta L = \frac{D + d_1 + d_2}{2}$	位移度以相关公差标注时, 宜用量规测量 如用普通量具测量, 在被测零件基准孔和被测孔中各插入心轴, 用游标尺或千分尺测得尺寸 L, 则 $\Delta L = \frac{D + d_1 + d_2}{2}$	位移度以相关公差标注时, 宜用量规测量 如用普通量具测量, 在被测零件基准孔和被测孔中各插入心轴, 用游标尺或千分尺测得尺寸 L, 则 $\Delta L = \frac{D + d_1 + d_2}{2}$

按公差值的大小, 将表面形状和位置精度划分为12个精度等级。1级精度最高, 12级精度最低。公差值的范围从 $0.1\mu\text{m}$ 到 $4000\mu\text{m}$ 。必须指出形位公差的精度等级同尺寸公差的精度等级之间存在着一定的内在联系, 但不是简单的同级对应关系。例如, 椭圆度和不柱度的基本级7级精度的公差值, 是在对2级尺寸精度的轴测量后所得的误差规律计算确定的。所以对2级尺寸精度的轴, 需选用椭圆度和不柱度时, 可以考虑选用形位公差的7级精度。

下面我们讨论形位公差和尺寸公差的关系。

(一) 形状公差与尺寸公差的关系

国家标准GB1183-75规定的六项形状公差中, 从几何作图和理论分析, 证明完全可以用相应表面的尺寸公差将形状误差限制在一定范围内; 或者说形状误差可以包含在相应表面的尺寸公差带内。

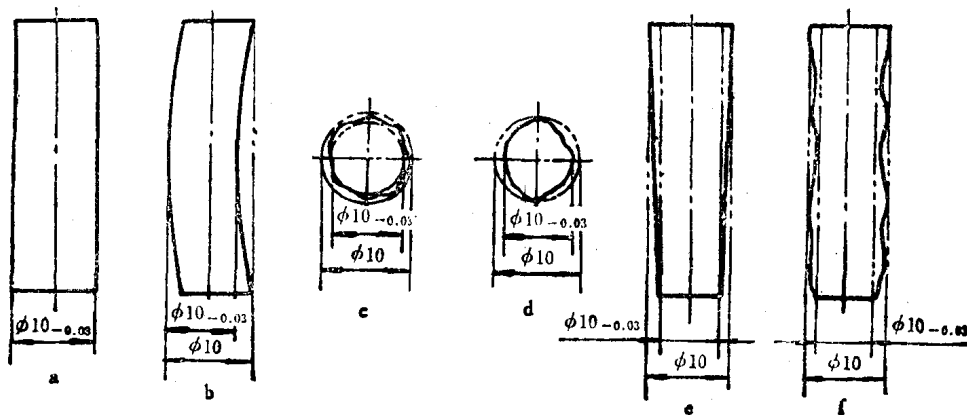


图 1-1 形状公差同尺寸公差的关系

图1-1a所示的圆柱销, 它的尺寸为 $\phi 10_{-0.03}$, 即它的尺寸公差为 0.03mm , 当加工中出现了形状误差: 轴线不直度、不圆度、椭圆度、不柱度和不圆柱度时, 分别如图1-1b、c、d、e、f所示, 由图不难看出, 形状公差可以包容在尺寸公差的范围內。

图1-2a所示的平键, 键宽尺寸为 $6_{-0.025}$, 即它的尺寸公差为 0.025mm , 当加工中键的侧面出现了形状误差——不平度时, 如图1-2b, 也完全可以包容在尺寸公差范围内。

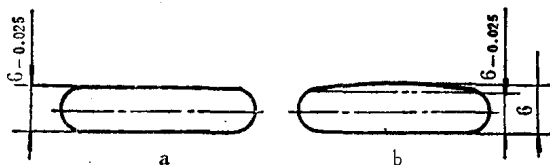


图 1-2 平面形状公差同尺寸公差的关系

另一方面从工艺上来看, 实测数据证明, 一般形状误差约占尺寸误差的50%左右。对于高精度的零件有时仅占1~3%, 低精度的占80%, 平均占34%左右。因此, 可以认为大部

分机械加工的零件, 形状误差占尺寸误差的50%以下。这说明一般的工艺方法, 在保证一定的尺寸精度的同时, 也能保证相应的形状精度。

但是, 由于受到目前生产实际中普遍采用的尺寸测量方法的限制, 尺寸公差还不能用来控制轴心线的不直度和不圆度的特例——棱圆度。

综上所述, 凡属于一般无特殊要求的表面, 图纸上不必单独规定形状公差。对于有特殊要求, 或者尺寸公差控制尚不能满足使用要求时, 不论尺寸公差是否能控制形状误差, 都应