



基于“校企合作”人才培养模式
数控技术应用示范专业教改规划新教材

数控加工工艺装备

SHUKONG JIAGONG GONGYI ZHUANGBEI

杨金凤 钟成明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

基于“校企合作”人才培养模式
数控技术应用示范专业教改规划新教材

数控加工工艺装备

主编	杨金凤（学校）	钟成明（企业）
参编	杨顺田 郑立新	冷祯龙（学校）
	曾太成 罗大兵	李香林（企业）
主审	武友德（学校）	何丁勇（企业）



机械工业出版社

本书分为定位与夹紧、数控车削加工工艺装备设计与选择、数控铣削和加工中心加工工艺装备设计与选择、数控镗削和钻削加工工艺装备设计与选择、数控电火花加工工艺装备设计与选择,共5部分。

全书的编写始终以《数控加工岗位职业标准》所确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托,基于企业中“典型零件”的加工过程和零件的装夹为导向,结合企业生产实际中“数控加工工艺装备设计和选用”的工作流程,分析完成每个流程所必需的知识和能力结构,归纳了“数控加工工艺装备”课程的主要工作任务,选择合适的载体,构建主体学习单元;按照任务驱动、项目导向,以职业能力培养为重点,将真实生产过程和产品融入教学全过程。

本书可作为职业院校数控应用专业教学用书,也可作为企业工艺装备技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺装备/杨金凤,钟成明主编. —北京:机械工业出版社,2010.2

基于“校企合作”人才培养模式. 数控技术应用示范
专业教改规划新教材

ISBN 978-7-111-29680-5

I. 数… II. ①杨…②钟… III. ①数控机床-加工工艺
②数控机床-加工-设备 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第018625号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:张云鹏

版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2010年5月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·228千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29680-5

定价:17.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网站:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

“数控加工工艺装备”是数控技术应用示范专业的一门主干课程。为做好本课程的建设，我们组建了由机械专业学科带头人、课程带头人、骨干教师及知名企业技术人员组成的校企合作课程开发团队。本书的编写实行双主编制，由四川工程职业技术学院杨金凤副教授和东方汽轮机有限公司钟成明高级工程师联合担任教材主编；由武友德教授和何丁勇高级工程师联合担任主审。

为了使“数控加工工艺装备”课程符合中、高级技能人才培养目标和专业相关技术领域职业岗位的任职要求，本书编写组按照“行业引领、企业主导、学校参与”的思路，与行业企业有关专家一同制定了《数控加工岗位职业标准》，该标准已通过由全国机械工业联合会组织的，有关行业、企业专家组成的鉴定组的评审鉴定。依据《数控加工岗位职业标准》，本书的编写明确了课程内容，并基于“校企合作”的人才培养模式对课程内容进行了组织和调整。

本书的编写始终以《数控加工岗位职业标准》所确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托，基于企业中“典型零件”的加工过程和零件的装夹为导向，结合企业生产实际中“数控加工工艺装备设计和选用”的工作流程，分析完成每个流程所必需的知识和能力结构，归纳了“数控加工工艺装备”课程的主要工作任务，选择合适的载体，构建主体学习单元；按照任务驱动、项目导向，以职业能力培养为重点，将真实生产过程和产品融入教学全过程。

通过与企业长期合作共建的桥梁，本书与行业、企业合作编写，在两年前开发出了工学结合的《数控加工工艺装备》活页教材。在此基础上，经过专业教学指导委员会的多次论证和修改，最终编写了本书。

本书分为定位与夹紧、数控车削加工工艺装备设计与选择、数控铣削和加工中心加工工艺装备设计与选择、数控镗削和钻削加工工艺装备设计与选择、数控电火花加工工艺装备设计与选择，共5部分。

本书由郑立新编写课题一，由东方汽轮机有限公司钟成明高级工程师提供相关资料，并协助编写；杨金凤编写课题二，东方电机有限公司罗大兵高级工程师提供相关资料，并协助编写；杨顺田编写课题三、课题四，中国第二重型集团公司曾太成提供相关资料，并协助编写；冷祯龙编写课题五，德阳市天和机械有限责任公司李香林工程师提供相关资料，并协助编写。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

III

目 录

前言		
课题一 定位与夹紧	1	
1-1 工件的定位	1	
1-2 工件的夹紧	23	
课题二 数控车削加工工艺装备设计与选择	33	
2-1 工件在数控车床上的装夹	33	
2-2 车刀	46	
课题三 数控铣削和加工中心加工工艺装备设计与选择	67	
3-1 工件在数控铣床、加工中心上的装夹	67	
3-2 铣削加工刀具	85	
课题四 数控镗削和钻削加工工艺装备设计与选择	99	
4-1 工件在数控镗床和数控钻床上的装夹	99	
4-2 孔加工刀具	112	
课题五 数控电火花加工工艺装备设计与选择	125	
5-1 数控电火花成形加工工艺装备设计与选择	125	
5-2 数控电火花线切割加工工艺装备设计与选择	137	
参考文献	144	

课题一 定位与夹紧

夹具是装夹工件的工艺装备，它直接影响着加工精度、劳动生产率和产品制造成本等，故夹具的设计和选用在数控加工中占有极其重要的地位。



1-1 工件的定位

一、工件的装夹

分析图 1-1 所示的零件，思考以下问题：

- 1) 零件如何在机床上完成装夹？
- 2) 工件在夹具或机床上如何完成定位？有哪些定位方式？
- 3) 如何分析计算定位误差，保证加工精度？

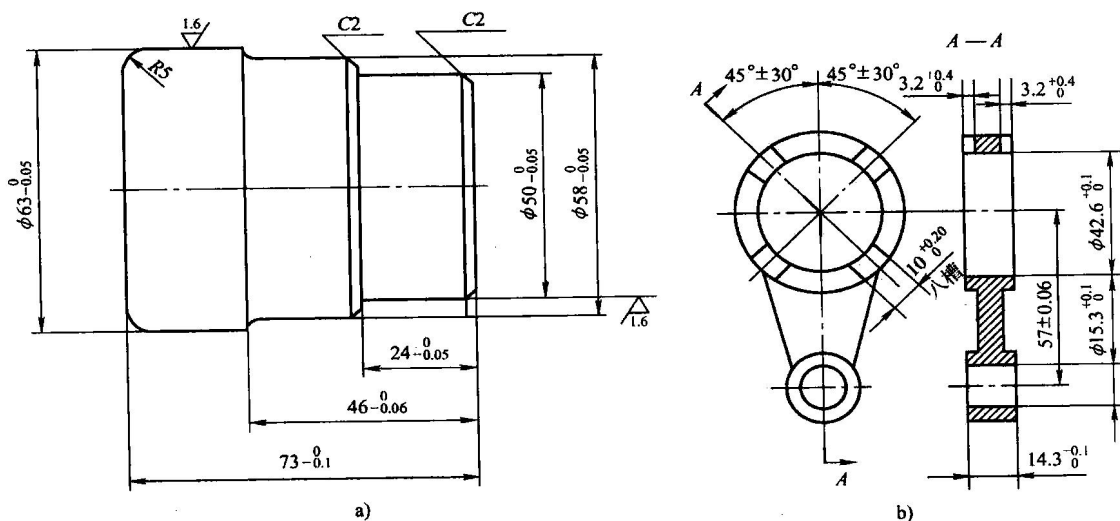


图 1-1 工件的定位

a) 短轴 b) 连杆

1. 工件的装夹方法

如图 1-1a 所示，零件在数控机床上加工，夹持大端，加工 $\phi 50_{-0.05}^0$ 外圆，为了保证 $\phi 63_{-0.05}^0$ 与 $\phi 50_{-0.05}^0$ 的同轴度，就必须在工件装夹时保证 $\phi 63_{-0.05}^0$ 的轴线与车床回转中心重合，即保证工件相对于机床的正确位置。在生产中常用以下两种装夹方法。

(1) 找正装夹法 用工具（或仪表）根据零件上有关基准，找出工件在机床上的正确位置并夹紧的方法称为找正装夹法。目前生产中常用的找正方法有直接找正法和划线找正法。

1) 直接找正法。用百分表、划针或目测在机床上直接找正工件，使工件处于正确的位置称为直接找正法。例如，图 1-2a 所示是零件图 1-1a 所示短轴在四爪单动卡盘上的装夹和校正过程。用四爪单动卡盘夹持零件，缓慢回转车床主轴，利用百分表直接找正，使工件大端的回转中心与机床主轴回转轴线重合。

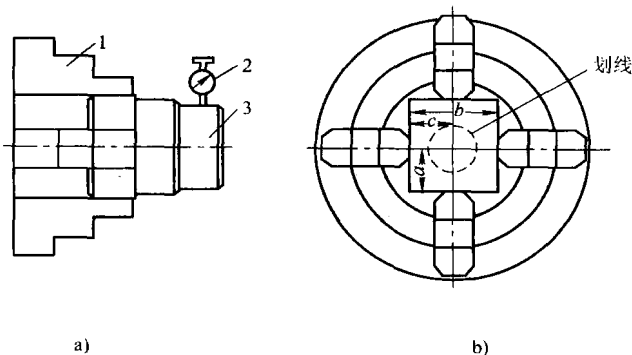


图 1-2 找正法

a) 直接找正法 b) 划线找正法

1—四爪单动卡盘 2—百分表 3—短轴

2) 划线找正法。在机床上用划线盘按预先划好的线找正工件，使工件获得正确位置的方法称为划线找正法。如图 1-2b 所示的四方形工件，要在车床上车孔，为了装夹方便简单，在工件上先划孔的位置线，然后在四爪单动卡盘上利用所划的线找正工件的位置。

(2) 夹具装夹法 夹具装夹法是通过工件定位基准面与夹具定位元件的定位面接触或配合实现工件定位，然后夹紧的装夹方法。图 1-3 所示是在三爪自定心卡盘上装夹图 1-1a 所示的短轴，夹持小端加工大端，利用短轴小端外圆、台阶端面和三爪自定心卡盘卡爪接触实现装夹，保证短轴所夹持圆柱面的轴线与机床的回转中心重合。用三爪自定心卡盘装夹能使圆柱类零件迅速获得正确位置，定位精度高而稳定。用精基准定位时，工件的定位精度一般可达 0.01mm。夹具装夹法来装夹工件广泛用于成批大量生产。

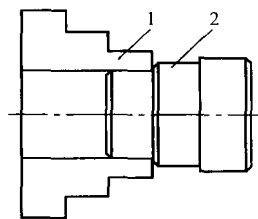


图 1-3 夹具装夹法

1—三爪自定心卡盘 2—工件

综上所述，在机床上装夹工件时，夹具的主要功能是使工件定位和夹紧。

1) 定位。加工前，将工件安放在相对于刀具具有一个正确位置的过程，称为定位。正确的定位可以保证工件加工面的尺寸和位置精度要求。

2) 夹紧。工件定位后将其固定，使其在加工过程中保持定位位置不变的操作，称为夹紧。由于受到各种力的作用，工件在加工时如不将工件夹紧，工件会松动而不能保证加工精度。

从定位到夹紧的整个过程，称为装夹。由于各类机床加工方式的不同，有的机床夹具还有对刀、导向、分度等特殊功能。

2. 机床夹具的组成

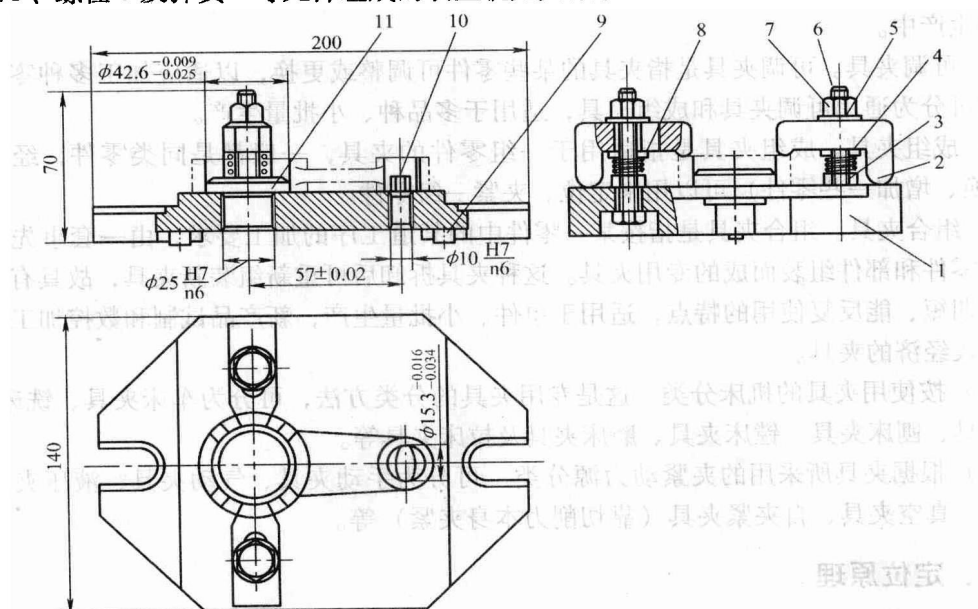
从广义上说，能使工艺过程的任何工序保证质量、提高生产率、减轻工人劳动强度及确保工作安全的一切工艺装备都称为夹具。它广泛地应用于机械制造过程的切削加工、热处理、装配、焊接和检测等工艺过程中。在金属切削机床上使用的夹具称为机床夹具。

机床夹具是将工件进行定位、夹紧，将刀具进行导向或对刀，以保证工件相对于机床和刀具有正确位置的附加装置。机床夹具简称夹具。

加工时, 工件在夹具中的正确位置靠夹具体 1 的上平面、圆柱销 11 和菱形销 10 保证。夹紧时, 转动螺母 7, 压下压板 2。压板 2 一端压着夹具体, 另一端压紧工件, 保证工件的正确位置不变。

1) 定位元件。定位元件用于确定零件在夹具中的正确位置,并可用六点定位原理来分析所限制的自由度。图 1-4 中所示的圆柱销 11,菱形销 10 等都是定位元件。

2) 夹紧装置。夹紧装置用于保证工件在夹具中的既定位置,使其在外力作用下不产生移动,它包括夹紧元件、传动装置及动力装置等。图 1-4 中所示的压板 2、螺母 3 和 7、垫圈 4 和 5、螺栓 6 及弹簧 8 等元件组成的装置就是夹紧装置。



1—夹具体 2—压板 3、7—螺母 4、5—垫圈 6—螺栓
8—弹簧 9—定位键 10—菱形销 11—圆柱销

(2) 机床夹具其他元件及装置

2) 对刀元件。对刀元件是机床夹具的特殊元件, 常见在铣床夹具中。用对刀元件可调整铣刀加工前的位置。

3) 导向元件。导向元件也是机床夹具的特殊元件, 主要指钻模的钻套和镗模的镗套等。

4) 其他元件或装置。根据加工需要,有些夹具分别采用分度装置、靠模装置等。这些元件或装置也需要专门设计。

3. 机床夹具的分类

(1) 按专业化程度分类

1) 通用夹具。通用夹具是指已经标准化的,在一定范围内可用于加工不同零件的夹具。例如,车床上三爪自定心卡盘和四爪单动卡盘、顶尖和鸡心夹头,铣床上的平口钳、分度头和回转工作台等。它们有很大的通用性,一般已标准化由专业工厂生产,作为机床附件供给用户。这类夹具主要用于单件、小批生产。

2) 专用夹具。专用夹具是指专为某一零件的加工或某道工序而专门设计的夹具。专用夹具结构紧凑、操作方便,可以保证较高的加工精度和生产效率。但是,专用夹具需根据零件的加工要求单独设计与制造,周期长、费用高、用途单一,因而只适用于产品固定且产量较大的生产中。

3) 可调夹具。可调夹具是指夹具的某些零件可调整或更换,以适应加工多种零件的夹具。它可分为通用可调夹具和成组夹具,适用于多品种、小批量生产。

4) 成组夹具。成组夹具是指适用于一组零件的夹具,一般都是同类零件,经过调整(如更换、增加一些零件)可以用来定位、夹紧一组零件。

5) 组合夹具。组合夹具是指按某一零件中的某道工序的加工要求,由一套事先制造好的标准零件和部件组装而成的专用夹具。这种夹具拆卸后可重新组装新夹具,故具有组装迅速、周期短、能反复使用的特点,适用于单件、小批量生产,新产品试制和数控加工中,是一种比较经济的夹具。

(2) 按使用夹具的机床分类 这是专用夹具的分类方法,可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、刨床夹具、镗床夹具、磨床夹具及拉床夹具等。

(3) 根据夹具所采用的夹紧动力源分类 可分为手动夹具、气动夹具、液压夹具、电磁夹具、真空夹具、自夹紧夹具(靠切削力本身夹紧)等。

二、定位原理

工件的定位是由零件的定位基准与夹具的定位面接触实现的。

1. 基准及其分类

基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。基准按照其功用不同,分为设计基准和工艺基准,工艺基准又包含工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。这里仅讨论夹具设计中直接有关的三种基准,即设计基准、工序基准和定位基准。

(1) 设计基准 在设计图上用以标注尺寸或确定表面相互位置的基准称为设计基准。如图 1-1a 所示短轴,轴线就是其各外圆的设计基准。

(2) 工序基准 在加工工序图中,用来确定该工序加工表面位置的基准,称为工序基准。实际生产中可通过工序

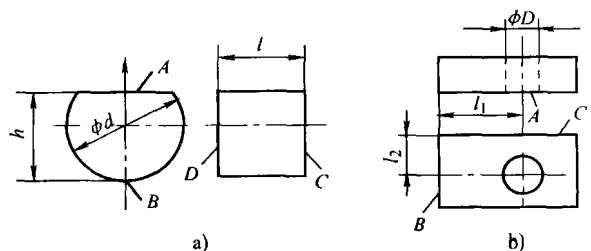


图 1-5 工件的工序基准

图上标注的加工尺寸和形位公差来确定工序基准。

在图 1-5a 中, A 为加工表面, 要保正 A 面对下素线 B 的距离尺寸为 h , 下素线 B 为本工序的工序基准。在图 1-5b 中, ϕD 孔为加工表面, 尺寸要求为距 B 面、 C 面 L_1 、 L_2 , 形位公差要求孔中心线与 A 面垂直, 所以本工序的工序基准为 A 、 B 、 C 三个表面。

要注意的是, 工序基准不同于设计基准。设计基准是零件图样上所使用的基准; 而工序基准则是工件从毛坯变成成品零件的加工过程中所使用的基准。只有当作为工序基准的表面已经最终加工, 该工序又是对表面进行最终加工时, 工序基准才有可能与设计基准重合。

(3) 定位基准 工件定位时, 用以确定工件在夹具中位置的表面 (或点、线), 称为定位基准。定位基准一般指与定位元件的表面相接触的工件表面, 某些情况下也可以是工件的几何中心、对称中心面或对称中心线。如图 1-6a 所示工件, 在加工孔时, 使表面 A 、 B 、 C 分别靠在夹具的定位元件的定位表面上, 工件便得到定位。工件上的 A 、 B 、 C 面即为定位基准。图 1-6b 所示工件, 要求在轴上铣一直通键槽, 定位时工件以外圆柱面放在定位元件 V 形块上, 这时工件的定位基准就是轴线。

工件的定位就是通过其定位基准面和定位元件的定位工作面相接触或配合而实现的, 我们把工件的定位基准面和定位元件的定位工作面合称为定位副。定位副的选择及其制造精度将直接影响零件的加工质量。

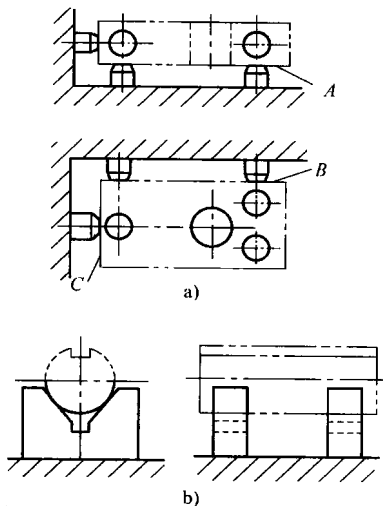


图 1-6 工件的定位基准
a) 平板上加工孔 b) 轴上铣直通槽

1) 定位基准的选择。

①尽量使工件的定位基准与工序基准重合, 以避免产生基准不重合误差。如果两基准重合后, 夹具结构复杂或工件定位不稳定, 则应另选定位基准, 并且必须计算和控制基准不重合误差。

②尽量用已加工面作为定位基准, 以保证有足够的定位精度。当不得不采用未加工面作定位基准 (第一道工序) 时, 应尽量只使用一次, 而且应选用误差小、表面粗糙度值小、余量小的表面或与加工面有直接关系的表面作为定位基准, 以利于保证加工精度。

③应使工件安装稳定, 使其在加工过程中因切削或夹紧力引起的变形最小。

④尽可能使工件加工的各工序采用同样的定位基准, 即遵守基准统一原则, 以减少设计和制造夹具的时间和费用。但如因此而造成夹具结构复杂时, 则不必强求定位基准统一。

⑤应使工件定位方便, 夹紧可靠, 便于操作, 夹具结构简单。

2) 对定位元件的基本要求。

①足够的精度。定位元件的精度将直接影响零件的加工精度。可根据分析计算、参考工厂现有资料或生产经验确定其制造精度。精度过低则保证不了工件的加工要求; 精度过高则会使制造困难。

②足够的强度和刚度。定位元件除了有限制工件的自由度的作用外, 还有支承工件、承受夹紧力和切削力的作用, 因此应有足够的强度和刚度, 以免在使用中变形和损坏。

③耐磨性好。零件的装卸会磨损定位元件的工作表面, 导致定位精度的下降。定位精度下降到一定程度时, 定位元件必须更换。为了延长定位元件的更换周期, 提高夹具的使用寿

命，定位元件应有较好的耐磨性。

④工艺性好。定位元件的结构应力求简单、合理，便于加工、装配和更换。

⑤便于清除切屑。定位元件工作表面的形状应有利于清理切屑，否则会因切屑而影响定位精度，而且切屑还会损伤定位基准表面。

2. 六点定位原则

当工件不受任何条件约束时，其位置是任意的、不确定的。从理论力学中可以知道，一个在空间处于自由状态的刚体，具有六个自由度，即沿三个互相垂直的坐标轴 x 、 y 、 z 的移动自由度和绕这三个坐标轴的转动自由度，分别用 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 和 $\vec{\alpha}$ 、 $\vec{\beta}$ 、 $\vec{\gamma}$ 表示，如图 1-7 所示。为了使工件在夹具中有一个正确的位置，必须对影响工件加工表面位置精度的自由度进行限制。

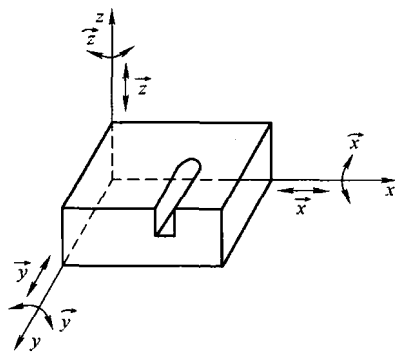


图 1-7 工件的六个自由度

在分析工件定位时，通常用一个支承点限制工件的一个自由度，用合理分布的 6 个支承点限制工件的 6 个自由度，使工件在夹具中的位置完全确定，这就是六点定位原则。

六个支承点的分布方式可以随工件的形状不同而不同，但分布必须合理，否则限制不了工件的 6 个自由度，或不能有效的限制工件的 6 个自由度。图 1-8 所示为六面体类工件的六点定位情况，A 面布置 3 个支承点，限制了工件的 $\vec{z}$ 、 $\vec{\alpha}$ 、 $\vec{\beta}$ 3 个自由度，称为主要定位基准，三个支承点应形成三角形，三角形的面积越大，定位越稳；B 面布置两个支承点限制 $\vec{x}$ 、 $\vec{\gamma}$ ，称为导向定位基准，2 个支承点的连线应与 A 面平行，而且距离越远导向性越好；C 面布置 1 个支承点限制 $\vec{y}$ ，称为止推定位基准。图 1-9 所示为盘类工件的六点定位情况。底平面布置 3 个支承点，限制了工件的 $\vec{z}$ 、 $\vec{\alpha}$ 、 $\vec{\beta}$ 3 个自由度，外圆柱面布置两个支承点，限制了工件的 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 2 个自由度，槽里面布置一个支承点，限制了工件的 $\vec{\gamma}$ 1 个自由度。

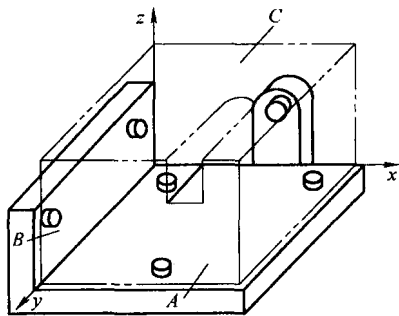


图 1-8 平面几何体的定位

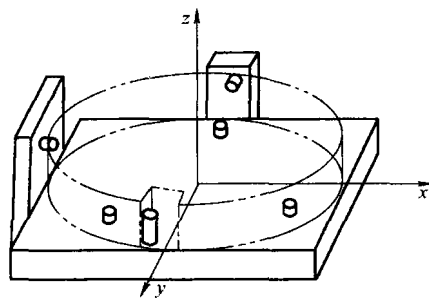


图 1-9 盘类零件的六点定位

上述 6 个支承限制了工件在 3 个坐标轴方向的运动，如果认为仍有与定位支撑相反方向运动的那就错了，其原因在于没能正确理解定位的概念。所谓定位是指工件在未被夹紧之前，由于工件的定位基准和夹具上的定位元件工作面相接触或配合，从而获得正确位置，要

保证工件这一正确位置在加工过程中始终不变，还得靠夹紧。一旦工件的定位基面离开了定位元件，就不叫定位了。根据限制自由度的情况，定位分以下几种形式：

(1) 完全定位和不完全定位 正确的定位方式有完全定位和不完全定位两种。完全定位是零件的6个自由度全部被限制，它在夹具中的位置是唯一的。图1-8、图1-9所示零件的定位方式都属于完全定位。当工件在 x 、 y 、 z 3个方向上都有尺寸要求或位置精度要求时，一般都采用这种定位方式。

不完全定位是指有些工件，根据加工要求，并不需要限制其全部自由度，仅限制其部分自由度的定位方式，如图1-10所示，其零件的定位方式就属于不完全定位，铣通槽时，工件沿 y 轴方向的移动并不影响通槽的加工精度，因此，沿 y 轴方向可以不设定位点，用五点定位即可。在满足加工要求的前提下，采用不完全定位可以简化定位装置，因此在实际生产中广泛应用，例如，用三爪自定心卡盘装夹车削外圆时，沿 x 轴移动和绕 x 轴的转动不需要限制，所以工件一般只限制4个自由度。又如，零件装夹在电磁吸盘上磨削平面只限制3个自由度。

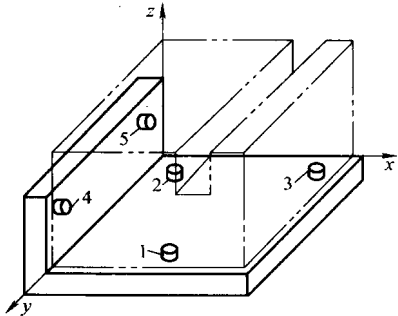


图 1-10 工件不完全定位

完全定位和不完全定位都是正确的定位形式。

(2) 欠定位与过定位 当工件按照加工要求应该限制的自由度没有被限制，而使工件不能正确定位的定位方式，称为欠定位。欠定位不能保证零件的加工要求，往往会产生废品，因此在生产中是绝对不允许的。如图1-10所示，若没有支承钉5，零件绕 z 轴回转方向的位置将不确定，铣出的槽将与工件侧面达不到平行的要求。

工件在夹具中定位，当几个定位支承点重复限制同一个或几个自由度时，称为过定位。

图1-11a所示是加工连杆小头孔的正确定位方案。用平面1限制连杆 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 3个自由度，用短圆柱销2限制连杆 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 2个自由度，用防转销3限制连杆 $\vec{z}$ 自由度，属于完全定位。但是如果用长圆柱销代替短圆柱销2，如图1-11b所示，由于长圆柱销限制连杆 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 4个自由度，其中限制的 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 与平面1限制的自由度重复，所以会出现干涉现象。由于制造误差，连杆定位孔与端面、长圆柱销外圆与平面1均存在垂直度误差。如果长圆柱销刚性很好，将造成连杆定位基准面与平面1为点接触而出现定位不稳定，或在夹紧力的作用下使连杆产生变形图1-11b所示，如果长圆柱销刚性不足，则长圆柱销受力产生变形造成夹具损坏图1-11b所示。

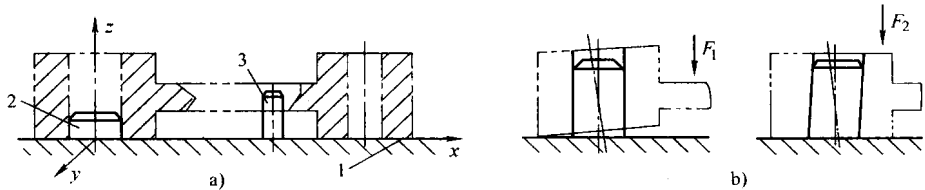


图 1-11 连杆定位简图

a) 正确 b) 不正确

1—平面 2—短圆柱销 3—防转销

过定位一般是不允许的，特别是当以形状精度和位置精度很低的毛坯表面作为定位表面时。当用已加工过的零件表面或精度较高的毛坯表面作为定位表面时，为了提高工件定位的稳定性和刚度，允许采用过定位，但必须解决好两个问题：一是重复限制自由度的支承之间，不能使零件的安装发生干涉；二是因过定位而引起的不良后果，在采取相应措施之后必须保证零件的加工精度。

消除或减小过定位所引起的干涉，一般有以下一些方法：

1) 提高零件定位基准之间以及定位元件工作表面之间的位置精度。如图 1-12 所示，主轴箱的 V 形槽和 A 面经过精加工保证有足够的平行度，夹具上的支承板 2 装配后再经过磨削，且与两个圆柱 1 轴线平行，使产生的误差在控制范围内。经过这样处理之后的过定位方案是可以采用的，且支承稳定、刚性好，有效地减小零件受力变形。

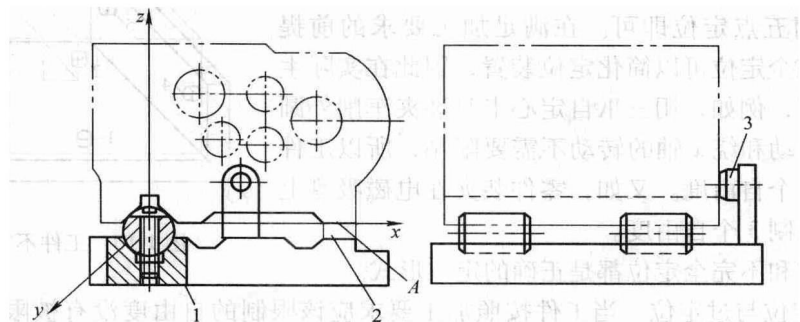


图 1-12 主轴箱的定位

1—圆柱 2—支承板 3—顶尖

2) 减小接触面积。例如，车削外圆时经常采用一夹一顶装夹工件，当卡盘夹持的部分较长时，相当于 4 个支承点，限制了 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 4 个自由度，后顶尖限制了 $\vec{y}$ 和 $\vec{z}$ 2 个自由度，此时就会产生过定位。因此，当卡爪夹紧后，后顶尖往往顶不到中心孔。如果强制顶住，工件容易变形。这时只需要把卡盘夹持工件很短一段和顶尖组合使用，就合理了。图 1-13a 所示零件以内孔和端面定位，定位心轴长圆柱面限制 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 4 个自由度，台阶端面限制 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ ，此种定位属于过定位方式。如果两基准之间的垂直度误差较大，则会发生干涉。若采用图 1-13b 所示的方案，用短圆柱面代替长圆柱面，或采用图 1-13c 所示的方案，把心轴台阶平面减小，这些方法均可以避免过定位。

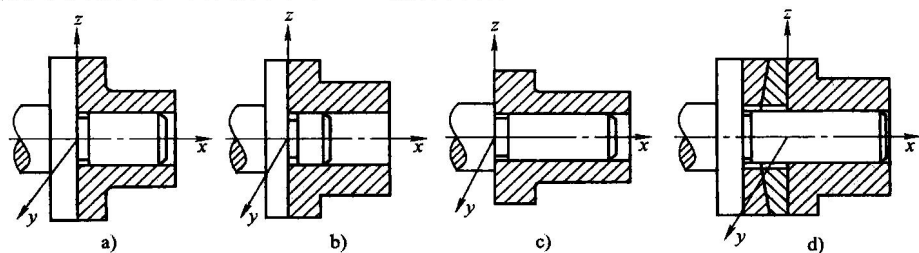


图 1-13 套类零件定位

a) 用长圆柱面和大台阶端面定位 b) 用短圆柱面和大台阶端面定位
c) 用长圆柱面和小台阶端面定位 d) 在定位基准面下采用一球面垫圈

3) 设法使过定位的定位元件在干涉方向能浮动, 以减少实际支承点的数目, 如图 1-13d 所示, 在工件定位基准面下采用一球面垫圈。

4) 改变定位元件的结构, 使定位元件在重复限制自由度的部分不起定位作用。如图 1-14b 所示, 采用菱形销 4 代替图 1-14a 中的圆柱销 3, 从而消除 $\vec{x}$ 的过定位。

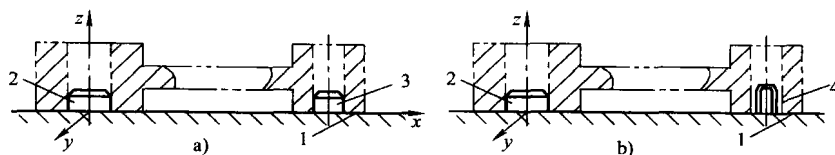


图 1-14 一面两孔定位

a) 不正确 b) 正确

1—平面 2、3—圆柱销 4—菱形销

5) 拆除过定位元件。

3. 限制工件自由度与加工技术要求的关系

按照限制自由度与加工技术要求的关系, 可把自由度分为与加工技术要求有关的自由度和无关的自由度两大类。与加工技术要求有关的自由度在定位时必须限制, 而与加工技术要求无关的自由度可以不限。

如图 1-15 所示, 加工 $\phi 5H7$ 的孔时, 为保证孔的同轴度和垂直度必须要限制 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{\hat{x}}$ 、 $\vec{\hat{y}}$ 4 个自由度, 而夹具限制了工件的 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 和 $\vec{\hat{x}}$ 、 $\vec{\hat{y}}$ 自由度。从加工要求出发, $\vec{z}$ 可以不加以限制, 但是台阶面在限制其余自由度的同时, 也限制了这一自由度, 这是合理的。

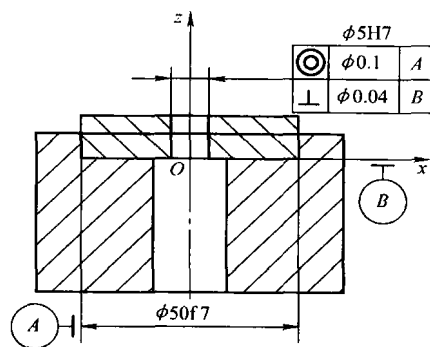


图 1-15 限制自由度与加工技术要求的关系

在夹具设计时, 应特别注意限制与工件加工技术要求有关的自由度。分析这类自由度的意义在于:

- 1) 说明了工件被限制的自由度是与其加工尺寸或位置公差要求相对应的, 对与加工有关的自由度的限制是必不可少的, 以保证零件的加工要求。
- 2) 自由度相关性分析也是分析加工精度的方法之一。
- 3) 自由度相关性分析也是定位方案设计的重要依据。在夹具定位设计之前必须分析其加工是必须要限制工件的哪些自由度, 然后必须对其进行限制。

三、常用定位元件

零件的定位是通过零件上的定位表面与夹具上的定位元件的配合或接触实现的, 定位表面形状不同, 所用定位元件种类也不同。

1. 工件以平面定位

工件以平面作为定位基准时, 常用的定位元件包括定位支承和辅助支承。

(1) 定位支承。定位支承用来限制工件的自由度，起定位作用，主要有以下几种。

1) 固定支承。固定支承有支承钉和支承板两种形式，如图 1-16 所示。在使用过程中，它们都是固定不动的。一个支承钉相当于一个支承点，限制一个自由度。一块条形的支承板可视为两个支承点，限制两个自由度（一个移动、一个转动）。

当工件以精基准平面定位时，可采用平头支承钉（图 1-16a）或支承板（图 1-16d、e）；而球头支承钉（图 1-16b）主要用于粗基准平面定位，齿纹头支承钉（图 1-16c）主要用于工件侧面定位，它们能增大摩擦因数，防止工件滑动。图 1-16d 所示支承板的结构简单，制造方便，但孔边切屑不易清除干净，故适用于工件侧面和顶面的定位。图 1-16e 所示支承板便于清除切屑，适用于工件底平面的定位。采用几个 A 型支承钉或两个以上支承板定位时，装配后应磨平工作表面，以保证等高性。

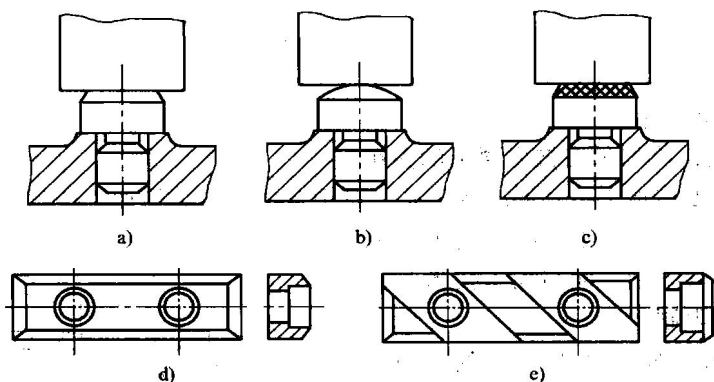


图 1-16 支承钉和支承板

a) 平头支承钉 b) 球头支承钉 c) 齿纹头支承钉 d)、e) 支承板

2) 可调支承。如图 1-17 所示，调节时松开锁紧螺母 2，将调整螺钉 1 调到所需高度，再拧紧锁紧螺母 2 锁紧。锁紧后的可调支承在工作时相当于一个固定支承。可调支承用于支承钉的高度需要调整的场合，如零件以粗基准定位时，不同批次的毛坯其尺寸、形状变化较大，更换一批毛坯就须调整一次支承钉使其在合适的高度。

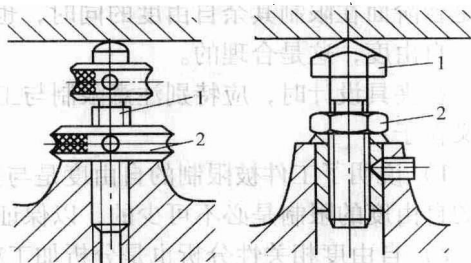


图 1-17 可调支承

1—调整螺钉 2—锁紧螺母

3) 浮动支承。浮动支承是在工件定位过程中，能自动调整位置的支承，也称为自位支承，如图 1-18 所示。其中，图 1-18a 是三点式浮动支承，图 1-18b 是两点式浮动支承。这类支承的支承点位置能随着工件定位面的位置不同而自动调节，工件定位基面压下其中一点，其余点便上升，直至各点都与工件接触。其作用仍相当于一个定位支承点，只限制零件一个自由度。

但接触点数的增加，可提高工件装夹的刚度和稳定性，多适用于零件以毛坯面定位或刚性不足的情况。叉类零件，如图 1-19 所示，以孔 D 及其端面定位，铣平面 C 和 E 。用心轴及端面限制工件 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 5 个自由度。为了限制自由度 $\vec{y}$ ，需要在 A 或 B 处设置一个防转

支承，但工件的刚性此时很差，而无法加工。如果在 A 和 B 处均设置支承点，则产生过定位，工件夹紧变形大。这时只需采用图 1-18b 所示的两点式浮动支承即可。

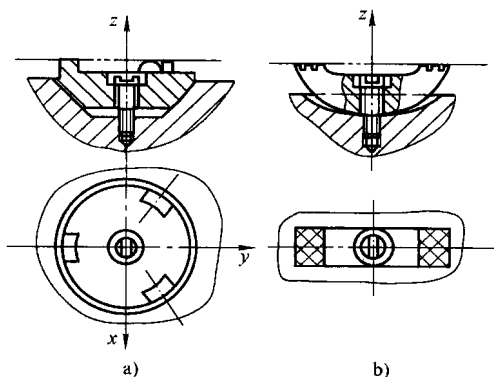


图 1-18 浮动支承

a) 三点式浮动支承 b) 两点式浮动支承

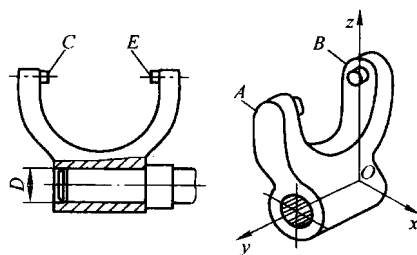


图 1-19 叉类零件（浮动支承的应用）

(2) 辅助支承 辅助支承用来提高工件的装夹刚度和稳定性，不起定位作用，也不允许破坏原有的定位。如图 1-20 所示，工件以内孔及端面定位，钻右端小孔。若右端不设支承，则工件装夹好后右边为一悬臂，刚性差。若在 A 处设置固定支承，则属过定位，有可能破坏左端的定位。在这种情况下，宜在右端设置辅助支承。工件定位时，辅助支承是浮动的（或可调的），待工件夹紧后再固定下来，以承受切削力。

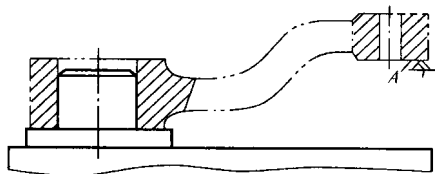


图 1-20 辅助支承

辅助支承的典型结构如图 1-21 所示。图 1-21a 的结构最简单，但使用时效率低。图 1-21b 为弹簧自位式辅助支承，滑柱 1 靠弹簧 2 的作用与工件保持良好接触，用顶柱 3 锁紧即可起支承作用。

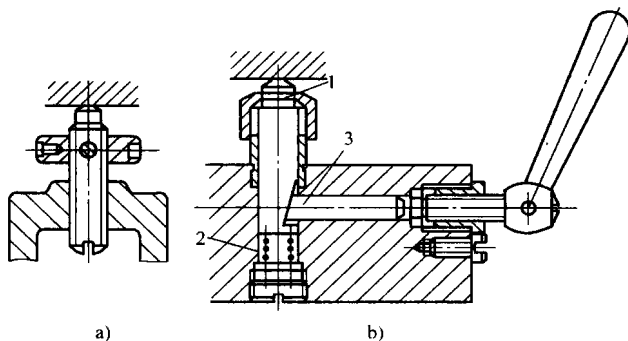


图 1-21 辅助支承的典型结构

1—滑柱 2—弹簧 3—顶柱

2. 零件以圆孔定位

零件以圆柱孔内表面定位时，常用以下定位元件。

(1) 定位销 常用的定位销有固定式定位销、可换式定位销和定位插销等，它们又分为 A 型和 B 型两种形式。

1) 固定式定位销。图 1-22 所示为圆柱固定式定位销，图 1-22a 所示为 A 型圆柱形定位销，可限制工件的两个移动自由度。图 1-22b 所示为 B 型菱形定位销，只能限制工件的一个自由度。菱形销的应用较特殊，它是布置在会发生定位干涉的部位上。

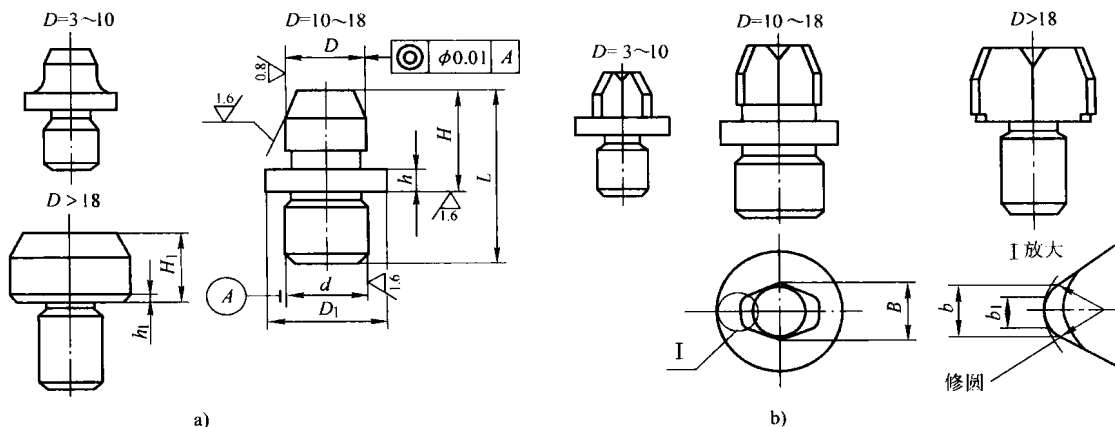


图 1-22 圆柱固定式定位销

a) A 型圆柱形定位销 b) B 型菱形定位销

圆锥定位销的应用如图 1-23 所示，工件以圆孔在圆锥销上定位，它限制了工件的 3 个移动自由度。图 1-23a 所示用于粗定位基面，图 1-23b 所示用于精定位基面。

2) 可换式定位销。可换式定位销如图 1-24 所示，它与固定定位销比较，因其磨损后可以更换，故而降低了夹具的成本。这种定位销常用于生产负荷很高的夹具。

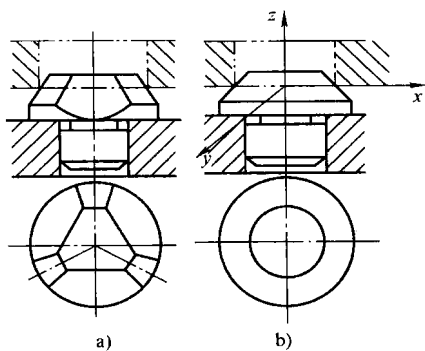


图 1-23 圆锥定位销的应用

a) 用于粗定位基面 b) 用于精定位基面

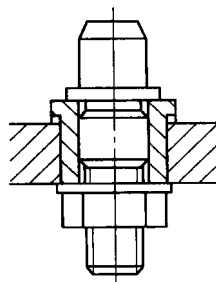


图 1-24 可换式定位销

3) 定位插销。定位插销如图 1-25 所示，它常用于不便于装卸的部位和工件以被加工孔作为定位基准（自为基准）的定位中。