

机械设计工艺基础

(第二版)

武汉建筑材料工业学院 编



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

机械设计工艺基础

(第二版)

武汉建筑材料工业学院 编

中国建筑工业出版社

本书在初版内容基础上经修订使篇幅减少、内容更加精练。随着科学技术的发展,增加了如成组加工工艺等新内容。书中有关插图,均已按新“公差与配合”国家标准标注。

本书基本内容包括:有关机械制造工艺过程方面的基本问题,机械加工的精度和表面质量,夹具设计,箱体零件、圆柱齿轮和球面零件的加工,筒体的制造,尺寸链的应用,机器的装配和设计工艺性等。

本书供高等学校建材机械专业和其它机械设计专业作为试用教材,也可供机械设计人员参考。

高等学校试用教材
机械加工工艺基础

(第二版)

武汉建筑材料工业学院 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 16³/₄ 字数: 406千字

1985年7月第二版 1985年7月第二次印刷

印数: 6,601—15,400册 定价: 2.10元

统一书号: 15040·4751

第 二 版 前 言

《机械设计工艺基础》出版后，有关院校的师生们认为，此书是以机械设计为主的机械类各专业较适用的教材之一。但由于：（1）近几年，各院校的专业教学计划大多作了修订，各课程的设置目的及相互间内容的分工与衔接作了一些调整，本教材需要按新教学计划要求在内容上作相应的增删和调整，以避免课程间的简单重复或彼此脱节现象；（2）随着科学技术的飞速发展，有必要增加如成组工艺等新内容；（3）国家已颁布使用新“公差与配合”国家标准（GB1800~1804—79），现应以此代替初版中使用的旧“公差与配合”国家标准（GB159~174—59）；此外，也感到初版教材篇幅偏大，需要作适当压缩。

此次修订编写分工是：武汉建筑材料工业学院金有道第一、二、三、十一、十二及十三章，马大为第四、五、六、七章，汤东华第八章，柴文枢第九、十章。全书由金有道主编。

在修订编写过程中，学院内外不少师生和技术人员提出了许多宝贵意见和建议，教室内一些同志为改稿做了很多具体工作，在此我们一并表示谢意。

由于时间仓促，水平有限，再版教材定会存在不足甚至错误，衷心欢迎读者批评指正。

编 者

1983年10月

目 录

第一章 机械制造工艺过程的基本问题	1
第一节 机械加工工艺过程概述	1
第二节 零件在加工时的安装	4
第三节 工艺路线的拟定	9
第四节 工序中具体内容的确定	12
第五节 生产率和经济性	17
第六节 工艺规程设计举例	21
第七节 成组加工工艺	25
第二章 机械加工精度	35
第一节 加工精度与加工误差	35
第二节 影响加工精度的因素	37
第三节 加工误差的综合分析	55
第三章 机械加工表面质量	63
第一节 表面质量概念	63
第二节 表面质量对零件使用性能的影响	64
第三节 影响表面质量的工艺因素及控制	66
第四章 夹具设计基础	74
第一节 概述	74
第二节 零件在加工时的定位、定位元件及误差分析	75
第三节 零件的夹紧及夹紧机构	87
第四节 专用夹具设计要点	88
第五章 箱体零件的加工	94
第一节 概述	94
第二节 孔和孔系加工	95
第三节 典型零件加工工艺	100
第四节 箱体零件的检验	105
第六章 圆柱齿轮的加工	110
第一节 概述	110
第二节 齿形加工	112
第三节 齿轮加工工艺	117
第七章 球面零件的加工	121
第一节 球面加工方法及其原理	121
第二节 磨机主轴承的加工	125
第八章 筒体构件的制造	128
第一节 概述	128
第二节 准备工序	129

第三节 筒体的装配与焊接	136
第四节 球磨机筒体的制造	141
第九章 尺寸链计算及其应用	146
第一节 尺寸链的基本概念	146
第二节 尺寸链的解法	152
第三节 平面尺寸链的计算方法	162
第四节 工艺尺寸链的计算	164
第十章 机器的装配	173
第一节 基本概念	173
第二节 获得装配精度的工艺方法	176
第三节 装配尺寸链及其应用	190
第四节 装配工艺规程的制订	195
第十一章 机器设计工艺性	200
第一节 设计工艺性概述	200
第二节 机器合理设计的一般原则	202
第三节 机器结构的节料性	208
第四节 机器结构的标准化、系列化、通用化	213
第十二章 零件的结构工艺性	218
第一节 概述	218
第二节 零件机械加工工艺性	219
第三节 零部件结构的装配工艺性	232
第四节 零部件结构的修理工艺性	235
第五节 结构工艺性评定	239
第十三章 机械设计技术条件的合理制定	241
第一节 机械图样尺寸的合理标注	241
第二节 焊接件图样的表达方法	250
第三节 通用和特殊技术条件的制定	252
第四节 总图技术性能和技术说明的合理拟订	259
主要参考文献	262

第一章 机械制造工艺过程的基本问题

第一节 机械加工工艺过程概述

一、工艺过程及其组成

机械制造的生产过程，是指由原材料到成品之间各相互关联的劳动过程，其中包括直接改变工件的尺寸、形状和材料性能等加工工艺过程，也包括质量检查、运输保管等各种辅助生产过程。

工艺过程只是生产过程中的一个主要部分，即直接改变工件的尺寸、形状、相互位置 and 材料性能的过程。例如，一切机械加工主要是改变材料、毛坯或零件的尺寸和形状，装配主要是改变零件间的相对位置，热处理是改变材料、毛坯和零件的物理性能，油漆和表面修饰是改变机器或零件的外观，这些都是生产的工艺过程。我们分别称其为机械加工工艺过程、装配工艺过程、热处理工艺过程、表面修饰工艺过程。

机械加工是工艺过程中的主要部分，它是利用金属切削机床进行加工，将毛坯或材料制成所要求的成品的一部分过程。

在实际生产中，对于某个加工，常常有多种方法可以完成，比如加工一个平面，可以用刨削的方法，也可以用铣削的方法。人们根据工件的技术要求，结合工厂的实际情况，从可能有的多种方案中，选择一种最合理的方案，规定为实际生产所共同遵守的过程，并用图表文字表示出来，作为指导生产的文件。这种被规定下来的为实际生产所共同遵守的工艺过程就是工艺规程。

在工艺规程的表格中，一般包括产品的名称和型号，零件的名称和件号，毛坯的种类和材料，加工的工序号，工序的名称和内容，完成工序的车间，所用的设备型号和工艺装备（刀具、夹具和量具）的名称和编号以及工时定额等。对于某些重要的或生产量大的工件，还需将工艺规程规定得更详细，除上述内容而外，还把工序划分成几个工步，说明工件的安装方式、刀具的布置和切削用量，每个工序和工步应加工的表面及要求达到的尺寸、公差、表面光洁度和其它技术要求。对其中的某些内容，应以工序简图加以表示。

在复杂的机械加工过程中，为了便于研究问题和进行工作，常将工艺过程分解为以下几个组成部分。

工序 是指一个工人（或一组工人）在同一机床上（或同一工作地点）对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那一部分工艺过程。

可见，工序有两个基本特征，其一是一道工序所用的机床（或工作地点）不能改变，否则就是另外一道工序。其二是所进行的这一部分工艺过程必须是连续完成的，即使两次加工都是在同一机床上（或同一工作地点）进行，如果在这些加工中间插入任何其它工序，比如在粗加工和精加工中间插入时效处理工序，这时，工序的连续性遭到破坏，那就应把这两次加工视为两道工序。

在同一道工序中，零件在加工位置上，可能只装夹一次，也可能装夹几次。每装夹一次称为一次安装。

工序是工艺过程的基本组成部分，又是生产计划的基本单元。

工位 是指在一次安装中，工件连同装夹它的夹具一起所占有的每一个新的位置。工位和安装的区别在于，安装是指工件从装上台床夹具或工作台到卸下为止这中间所完成的工作。每一次安装，工件与其夹具或机床工作台的相对位置要发生改变，而工位则是工件与机床的相对位置是连同夹具（或机床工作台）一起改变的。显然，采用多工位加工，可以减少安装次数。

工步 它是工序的一部分，是指被加工表面、切削工具、切削速度和走刀量这几个条件都不变的情况下所完成的那一部分工作。换言之，如果改变这些条件中的任何一个，则应算作另一个新的工步。一道工序中可以只有一个工步，也可以包括多个工步。

走刀 当加工表面、刀具和切削用量中的转速和送进量均保持不变时，切去一层金属的过程，称为一次走刀。一个工步可包括一次或数次走刀。如果所需切去的金属层很厚，不能一次完成，则可以分几次切削，每一次切削就是一次走刀。

二、生产类型的工艺特点

机器制造业所生产的产品，根据需要，其生产数量各有不同。比如，试制的产品总是单件地制造的；重型机床、水泥旋窑等机器的制造数量一般也不大；万能机床、破碎机、粉磨机、磨机和起重运输机械等，其制造数量就比较大；汽车、农业机械等的生产量更是大得多；而象滚动轴承、电动机等产品则要求大量地生产。

根据国民经济的需要，国家下达给制造厂的产品年生产量任务，即是该工厂的产品生产纲领。在作工艺规程设计时，应知道产品的生产纲领及各零件的生产纲领。

零件的生产纲领可按下列公式计算：

$$N_{\text{零}} = N \cdot n(1 + \alpha\%)(1 + \beta\%)$$

式中 $N_{\text{零}}$ ——零件的生产纲领；

N ——产品的生产纲领；

n ——每套产品中该零件的数量；

$\alpha\%$ ——该零件的备品率；

$\beta\%$ ——该零件的废品率。

生产纲领的大小确定了制造工厂所采用的生产方式。生产方式可以分为三种主要类型，即单件的、成批的和大量的三种。

1. 单件生产 产品种类繁多不定，每件产品只生产一件或少数件，并且很少重复制造，因而每个工作地点要完成不同工序的工作。如水泥旋窑、重型机床等生产都属于单件生产。

2. 成批生产 产品种类较多，对每一件产品是成批地投料加工进行生产，因而每一个工作地点也是按批地进行不同工序的工作。如破碎机、鼓风机、水泵、机床等都属于成批生产。

每批所制造的零件数量，称为批量。按照批量的大小和产品的特征，成批生产又可分为小批生产、中批生产及大批生产等三种。小批生产的批量很小，接近于单件生产，大批生产的批量大，接近于大量生产，中批生产介于二者之间。

3.大量生产 产品种类少，每种产品是大规模地不间断地进行生产，因而每个工作地点经常是重复地进行一种零件的某道工序的工作。整个生产具有严格的节奏性，如汽车、拖拉机等都属于大量生产。

生产类型不同，无论在生产组织、生产管理方面，还是车间布置、毛坯、设备、工具、加工方法和工人熟练程度等各个方面的要求均有所不同。所以，设计工艺规程时，应当首先将产品的生产类型加以正确的划分，使工艺规程与生产类型相适应，这样才能取得最好的经济效果。

为了更好地了解上述三种生产类型各自的工艺特点及其比较，现对照列出 如表 1-1。

不同生产类型的工艺特点

表 1-1

序号	工艺项目	单件生产	成批生产	大量生产
1	产品投产情况	产品经常变化，很少重复	周期的成批生产	长时间不断地生产某种产品
2	使用机床及工装	通用机床，按划线找正安装，一般不用特殊工艺装备	通用机床和部分专用高效设备，广泛使用夹具和特种工具，部分采用划线找正安装	广泛使用专用高效率设备，先进的有自动装置的工艺装备，不需划线
3	获得规定加工精度的方法	试切法	一般是在调整好的机床上工作，有时也用试切法	使用调整好的自动化程度高的机床或自动线
4	装配结合精度的获得方法	很少采用通用互换，广泛利用钳工修配	普遍应用通用互换，同时也保留部分修配工作	完全互换，只在某些情况下允许选择配合，不允许有修配工作
5	对工人技术熟练程度的要求	需要技术熟练的工人	需要各种熟练程度的工人	除调整工要求熟练外，一般操作工要求较低
6	毛坯制造方法	一般是木模砂型铸造及自由锻造	部分采用金属模铸造和模锻法	金属模机器造型、压力及其它先进铸造、模锻
7	设备布置形式	按设备类型和尺寸，机群式布置	布置机床设备时，照顾到运输线的流向	按照工艺过程的进程布置
8	工艺文件	通常只需编订过程卡片	编订工艺卡片，重要的工序应有工序卡片和工序图	详细的编订各种工艺规程
9	单件加工成本	较高	居中	较低

必须指出，即使是在一个企业内，甚至是在同一个车间内，都可以有不同的生产类型，有些产品或零件按单件的方式，有些按成批的方式，而另一些则按大量的方式。

所以，对于整个工厂企业来说，其生产性质只能根据它的生产过程的主要特征来决定。

三、工艺规程设计的内容

1.对加工的零件进行工艺分析。研究加工零件的结构和技术条件，它在机器或部件中的作用和工作条件，主要表面的加工技术要求和相互位置精度要求。在此基础上，对于认为工艺性不好的结构和不合理的技术条件，以及由于本厂设备技术条件不能满足要求的地方，工艺人员可以向原设计人员或有关部门提出改善零件结构工艺性或改变技术要求的建

议, 经有关人员和部门研究同意后, 对图纸进行相应的修改。

2. 选定毛坯。按照零件图要求或根据零件在工作时的条件等情况, 选择决定毛坯的种类和制造方法。

3. 选择零件表面的加工方法及其工艺过程。按照零件各表面的加工技术要求, 生产类型, 选择并采用经济合理的加工方法, 达到最后技术要求所需要的工艺过程, 其中包括零件在加工时的安装定位方法和定位基准的选择。

4. 拟订零件加工工艺路线。合理地确定各主要表面的加工顺序、工序的集中与分散程度, 以及各工序的顺序安排。

5. 确定工序的具体内容。包括选择加工设备和工艺装备, 确定各工序或工步的切削用量和时间定额, 计算并确定工序间余量和公差以及总的加工余量。

6. 编写工艺文件。

第二节 零件在加工时的安装

在机械加工中, 人们通常把被加工的零件即加工对象叫做工件。工件在加工中, 首先应把它安置在机床上, 使它在夹紧之前就有某一正确位置, 这叫做定位。工件在定位之后, 为了使它在加工过程中在切削力的作用下能保持其正确的位置, 还必须把它压住夹牢, 这叫做夹紧。工件从定位到夹紧的这一整个过程称为安装。

工件安装情况的好坏, 直接影响到它的加工质量和生产率, 因为工件安装好了以后, 就决定了工件与刀具运动轨迹间的相对位置, 从而决定了工件的加工表面的形状以及加工表面与其它表面间的相互位置。同时, 安装的方式是否方便迅速, 将影响辅助时间的长短, 即影响生产率的高低。可见, 工件的安装问题, 对保证质量、提高生产率和降低加工成本都具有重要的意义。

一、工件在加工时的安装方式

按照工件投产数量的多少和机床设备等技术条件的具体情况不同, 工件的安装可以有以下三种方式:

1. 直接找正安装

这种安装方式是工件直接装在机床工作台或卡盘上, 由工人用百分表或划针, 甚至凭眼力来校正工件的位置, 一边检验, 一边找正, 直到工件占有某一正确位置, 然后将它夹紧, 完成安装工作。图1-1所示为找正安装一套筒形工件的情况, 工件装在车床的四爪卡盘中。

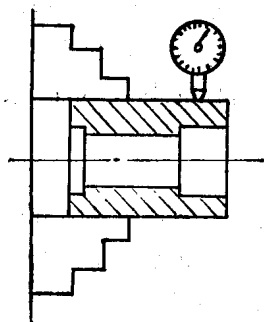


图 1-1 直接找正安装

当工件一端的内孔和外圆已加工好, 需调头安装加工工件另一端的内孔和外圆时, 为保证它们同轴度, 此时可将工件初步安装在四爪卡盘上, 用百分表在已加工的外圆处, 校验工件的位置, 使待加工的表面中心线和已加工表面的中心线一致, 最后夹紧完成安装, 这就是直接找正安装。这种安装方式不需要专门的辅助工具和装备, 常用在车床、铣床和刨床的工作中, 它的安装精度(从而影响工件加工表面的精度)决定于操作工人的经验、技术和他们所使用的找正零件位置的方法(用百分表或凭眼力等)。由于这种安装

方式是经过一边检验、一边找正逐步使工件达到正确位置的,所以费时较多,一般只适用于单件小批生产中形状比较简单的工件。

但是,若对工件的定位精度要求很高,例如误差小于 $0.01\sim 0.005$ 毫米,此时即使采用特制的夹具,由于夹具本身的制造误差的关系,亦不能保证精度的要求。这种情况下,有经验的工人,使用精密量具进行直接找正安装可以达到很高的定位精度的要求。

2.按划线找正安装

根据图纸要求,预先在工件的毛坯上划出待加工面的轮廓线,安装时,用划针按照工件毛坯上所划的线进行找正,使它在机床上占有一个正确的位置,这种安装方式称为按划线找正安装。

形状复杂的工件,如减速器的箱体,它要求各孔轴线之间,轴线与基准平面之间保持一定的尺寸精度、平行度和垂直度、各轴孔端面与轴孔中心线垂直等技术要求。象这样的工件,用在机床上直接找正安装以保证这些技术要求是有困难的。

此外,形状复杂的工件,由于毛坯精度不易保证,即往往实际毛坯的形状和尺寸较所要求的形状和尺寸偏差较大。若用直接找正安装,则很难使工件上各个待加工表面都有足够的和比较均匀的加工余量。而采用先在工件毛坯上划线,然后按划线找正安装的方式,能够较好的解决这些矛盾。在单件小批生产中,特别是对那些重型的工件,显然,使用专门设计的夹具是不经济的,在这种情况下,就应当采用按划线找正安装。

按划线找正安装,它仍需要在安装过程中找正,同时还需增加一道划线工序,这就使这种方法生产率较低,适用于单件小批生产中形状复杂的工件的安装。

由于划线时,因线条本身有一定的宽度而产生的度量误差、冲中心眼不正所引起的误差以及安装时校正工件位置的观察误差等原因,按划线找正安装的安装精度,一般的经济精度取为 $0.2\sim 0.5$ 毫米。

3.用夹具安装

利用夹具(指专用夹具和组合夹具等)安装,工件可以迅速而准确地安装在固定在机床上的夹具中,无须进行找正,就能保证其与机床、刀具间的正确的相对位置。可见,利用夹具安装工件,是一种安装精度较高、效率较高的安装方式,由于这种夹具多为工件的某个特定的工序(工步)的加工而设计、制造或组装的,需增加不少费用;故使用夹具安装的方式,适用于成批生产及大量生产以及不使用专用夹具就难以保证工件加工精度的生产中。

二、基准及定位基准选择

(一)基准的概念

所谓基准,就是根据的意思。这是指零件图上或实际工件上的某些面、线、点,根据这些面、线、点来确定工件上其它面、线、点的位置,这些作为根据的面、线、点就是基准。

按照基准的作用不同,可分为设计基准和工艺基准。

设计基准 在零件图上用一定尺寸或相互关系(平行度、垂直度、同轴度等)来表示零件各表面间的相互位置,标注尺寸时所根据的那些面、线、点就叫做设计基准。如图1-2所示的表面2、表面3的位置,是根据表面1来决定的。因此表面1是表面2和表面3的设计基准。外圆和内孔的尺寸是从中心线对称注出的,所以中心线是外圆、内孔的设计基准。

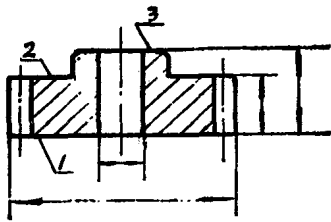


图 1-2 设计基准

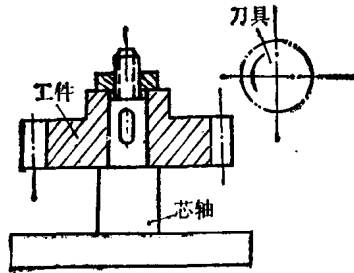


图 1-3 定位基准

工艺基准 零件在加工、度量和装配过程中用来作为根据的零件本身上的面、线和点叫做工艺基准。因此，按工艺基准的用途不同，可分为定位基准、度量基准和装配基准等。

定位基准。工件在机床上进行机械加工时，用来决定工件与刀具相对位置的工件上的那些表面叫做定位基准。图1-3所示为齿轮坯安装在与机床工作台连在一起的心轴上进行滚齿时的情形。此时工件跟刀具之间的相对位置是由齿轮的中心孔线来决定的，在这种情况下，我们称齿轮内孔中心线是它在滚齿时的定位基准。

度量基准。检验已加工表面位置和尺寸时所用的基准叫做度量基准。度量基准多与设计基准一致。

装配基准。在装配部组件或机器时，用来确定零件或部件在产品中的位置所依据的基准叫做装配基准。如图1-4所示，齿轮是以其内孔及一个端面装配在轴颈上，所以齿轮的内孔和一个端面就是它的装配基准。

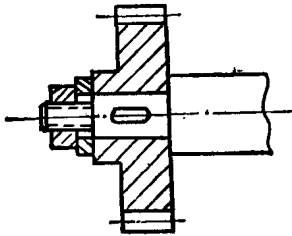


图 1-4 装配基准

实际上，作为基准的某些线或点，在工件上不一定具体存在，而常常是由某些具体的表面体现出来的。如图1-3加工齿轮轮齿时，按要求是以内孔中心线作为定位基准，但孔的中心线并不具体存在，而是由具体的内孔加以体现的，此时，孔面就是切齿时的定位基面。

从以上列举的几种基准的实例可以看出，零件上同一个面、线或点，在不同情况下可以作不同的基准，如前面提到的齿轮，其中心线在零件图上是设计基准，在加工装配时（以内孔定位）又分别是定位基准和装配基准。这种现象称为基准重合。

（二）定位基准的选择

工件在没有加工前是毛坯，因此，第一次把它装在机床夹具上进行加工时，只能将其某个未加工的表面作为定位基准。我们称这种以毛坯表面作基准的为粗基准。由于毛坯表面粗糙且形状偏差较大，所以以后的各工序加工时的定位就不宜再用毛坯表面，而应采用已加工过的表面作为定位基准，我们称这种以已加工表面作基准的为精基准。用作基准的工件本身上的面叫做基准面，简称基面。

基准的选择是一个比较复杂的问题，因为它与毛坯的制造方法、零件的形状、尺寸大小、技术要求以及所使用的加工设备都有很直接的关系。现在就基准选择时应考虑的若干原则问题作一讨论。

1.粗基准的选择原则。在选择第一道工序的定位基准即粗基准时,应该满足两个基本要求:

(1)使工件上各个加工表面都有一定的并且比较均匀的加工余量,特别是主要表面的加工余量应该得到保证;

(2)保证工件上加工表面对不加工表面具有正确的相互位置。

从满足这两点基本要求出发,粗基准选择可以归纳以下的原则:

(1)应选择能为加工其它表面准备好基面的表面作为粗基准。例如要加工图1-5所示的凸缘零件,应选凸缘表面A作粗基准,加工 $\phi 80$ C9圆柱面C以及端面B和D,这样在加工端面E时,就可以用圆柱面C作基准面。假如一开始就选择圆柱面C作粗基准加工端面E,由于E面是个平面,根据E面无法确定圆柱面C的位置,使下一步加工B、D和C面发生困难,因此,不应选C面作粗基准。

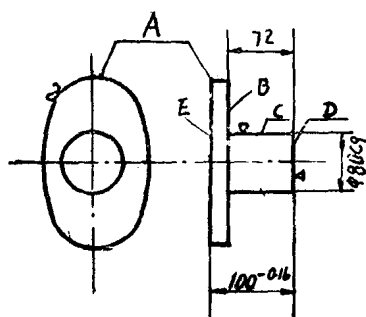


图 1-5 凸缘零件的粗基准

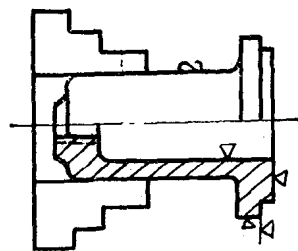


图 1-6 用不加工表面作粗基准

(2)为了保证工件上的某些加工表面对某些不加工表面具有正确的相互位置,应选择加工表面作粗基准。如图1-6所示,以工件上不加工的外圆表面作粗基准,可以保证加工的内圆面和不加工的外圆面同心,即保证了它们具有正确的相对位置。

若工件上有几个表面都不需要加工时,则应选择其中与加工表面位置精度要求最高的表面作粗基准。图1-7所示,工件上A、B、C三个面都不需加工,显然,当零件图要求A面与 $\phi 60H9$ 同心时,就应选A面作粗基准面。

(3)零件上的表面若全部都需加工,而且毛坯比较精确,即它的余量不大时,应选择加工余量最少的表面作为粗基准,以免这个表面因余量不够而产生废品。用作粗基准的表面应比较平整,以保证定位准确、稳定和夹紧可靠。

(4)粗基准只能在第一个加工工序中安装一次,以后就应该用加工过的表面来作定位基准(精基准)。因为粗基准本身是不很准确、光洁的,第二次安装时,若再以它去定位就不能保证工件与刀具的相对位置在两次安装中前后一致。如图1-8阶梯轴的加工,第一个安装以工件上的表面B作为粗基准去加工表面A,当调头安装加工表面C时,就不应以表面B作定位基准。由于未加工的B面较粗糙,形状和尺寸也不准确,若加工表面C时仍以B面来定位,就造成所谓定位误差,结果保证不了表面A和C的同轴度,所以当调

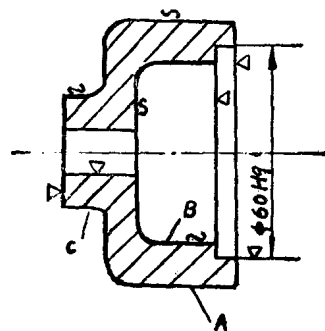


图 1-7 具有几个不加工表面的粗基准选择

头安装加工表面C时,应以已加工表面A作基准(精基准)。

2. 精基准的选择原则。正确的选择精基准,对工件重要表面的相互位置精度,位置尺寸精度的保证以及夹具的繁简,安装的难易等都有很大的影响。选择时一般可以遵循如下的原则:

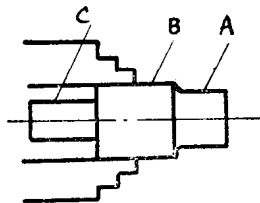


图 1-8 阶梯轴的加工

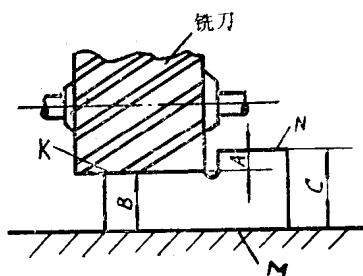


图 1-9 铣压块时的定位

(1) 尽可能地选择设计基准或装配基准作精加工时的定位基准。这就是通常说的基准重合原则。这个原则使工件在加工时的位置与它在机器中工作时的位置关系一致,避免在加工时由于安装工件不当而产生定位误差。

例如如图1-9所示的压块零件,如果要求保持尺寸B和C的精度,则图示的定位方案是合理的,因为这时平面K和N的设计基准都是平面M,定位基准与设计基准重合,尺寸C的误差对尺寸B没有影响,即定位误差等于零。但是,如果零件图上标明尺寸A和C具有精度要求,则加工平面N时,用设计基准平面M作定位基准,而在加工平面K时,最好选用设计基准平面N作定位基准。

根据基准重合原则,一般齿轮及套类零件在加工外圆或切齿时,选用它们的已加工的内孔表面进行定位安装;而在加工箱体机架类零件的传动轴孔时,应以其作为装配基准的底面作为定位基准。

(2) 尽可能地使各个工序的定位都采用同一基准,没有特殊必要时不随便变换基准。这就是基准统一(基准不变)原则。

基准统一的优点是:可以减少定位误差,提高加工精度;减少安装次数,缩短生产时间;若用夹具安装,还可以减少夹具的数量。

为了尽量地做到基准统一,应该选择可作这种基准的表面首先进行加工。如加工阶梯轴各外圆表面,可首先加工作为统一基准的顶尖孔,以后的粗车、半精车(包括调头安装),以至磨削各外圆面都以顶尖孔作基准。由于基准的统一,可以有效地保证各外圆面的同轴度以及外圆面与端面的垂直度等相互位置精度要求,并对各工序的加工带来很大的方便。

当然,都采用基准统一,难免会有种种的困难,尤其是形状复杂的零件,为使基准统一,往往会使夹具设计复杂化,有时甚至成为不可能。不过,我们仍然应该使定位基准变换尽可能少些,有时可以采用所谓互为基准的办法去解决问题。例如,某些套类零件,它一般具有外圆和内孔同心的技术要求。若是找不到统一的基准去精加工外圆和内孔,则可先以外圆为基准加工内孔,然后再以内孔为基准加工外圆及端面,用这种“互为基准”的办法,可以获得很高的相互位置精度。

(3) 所选的定位基准,应能使工件安装稳定可靠。在夹紧力、切削力和工件本身重量的作用下,不会引起工件位置的偏移或产生太大的弹性变形,即不至引起过大的夹紧误差。因此,所选的精基面应当是工件上面积较大,尺寸精度、几何形状精度以及表面质量较高的表面。

以上介绍了选择基准的一些原则。应当指出,在运用这些原则时,常常发现它们之间

是互相矛盾的。因此，要善于分析这些矛盾并区别其主次，合理地选定基准。例如图1-9，若要求保证尺寸A的精度，则根据基准重合原则，加工表面K时，应以表面N为定位基准。但此零件的N面较小，工件安装不稳，同时，切削力不是对着而是顺着定位基准N，在切削力作用下，工件容易松动或产生振动，并且这种定位情况使得夹紧机构也较复杂。在这种情况下，安装的可靠性是主要矛盾，否则因安装不可靠而引起的误差将大大超过基准不重合所引起的误差。因此仍应选面积较大的表面M作加工表面K时的定位基准为宜，这样，不仅保证了工件安装的可靠性，而且还符合基准统一的原则。至于如何保证尺寸A的加工精度，即如何处理因定位基准与设计基准不重合所产生的定位误差，必要时可以进行定位误差计算和工艺尺寸换算，用适当提高尺寸B的加工精度的办法加以解决。

第三节 工艺路线的拟定

一个零件从毛坯到加工成合格的成品，往往需要经过许多道工序才能完成，甚至对同一个加工表面就要经由几道工序方能达到要求，各加工工序之间有时还要穿插安排热处理工序。所以，合理地拟订工艺路线，正确地安排加工顺序，对于保证产品质量、提高劳动生产率都有重要意义。

拟定工艺路线时要考虑和妥善处理的问题主要有以下四方面。

一、工艺过程的阶段划分

生产实践证明，零件的机械加工工艺过程一般应划分为三个阶段：粗加工阶段、半精加工阶段及精加工阶段。当毛坯的加工余量很大时，可在粗加工阶段之前增加荒加工阶段。而当零件的精度和光洁度要求很高时，在精加工阶段之后还需增加光整加工阶段。

将工艺过程划分为几个阶段，是基于以下几方面的原因：

(1) 由于粗加工切去零件表面大部分余量，切削力和夹紧力都较大，这些力会引起工件的弹性变形，甚至引起塑性变形。同时经粗加工后，毛坯的内应力发生重新分布的变化，也引起工件变形，划分加工阶段可以逐步减小变形误差。

(2) 减少工件上已加工表面的碰伤。

(3) 便于安排热处理工序。

各个加工阶段的任务大体是这样的：

1. 粗加工阶段。其主要任务是切除工件上各表面的大部分余量，使工件内应力进行重新分布，任其变形，以便在以后的工序里消除这种变形。同时，粗加工还为半精加工和精加工准备好合适的坯料。

将粗加工跟半精加工、精加工分开后，还带来了另外几方面的好处。

(1) 可以合理地使用机床。粗加工切削用量大，采用高速切削和强力切削较多，为了提高生产率，对机床的主要要求是功率大，而对精度只要求一般。而半精、精加工工序所用的机床功率可以小些，但精度却要求高些。将粗、精加工分开后，可使精密和普通机床各得其所，得到合理的使用。

(2) 粗加工后，易发现毛坯内部的缺陷，发现后可及时地进行处理，避免继续加工而造成工时上的浪费。

(3) 粗加工后，便于安排旨在消除内应力的人工时效（或自然时效），对需要渗碳

淬硬的零件，可将这道热处理工序安排在半精加工前进行。

(4) 对表面质量要求高的加工面，可安排在精加工阶段，减少了碰伤的可能性。

2. 半精加工阶段。半精加工阶段的任务是使各非主要表面加工达到最后要求，并为主要表面的精加工作好准备。

3. 精加工阶段。精加工阶段的任务是加工和保证主要加工表面达到精度和光洁度要求。在这阶段，选择机床和确定工艺装备时，应首先考虑保证加工质量，然后才考虑生产率的提高。

这里应该指出，并不是所有零件的加工都要划分阶段，这要根据具体零件的结构特点、质量要求和毛坯情况等而定，有的可以划分成粗、精两个阶段，有的则无需分阶段，允许一次完成。例如某些精度要求不高，毛坯余量不大且比较均匀或已进行过时效处理的零件，以及在转塔车床，自动车床上加工的小零件等，就可以不划分阶段，一次加工而成。而对一些表面光洁度要求特别高的零件，如发动机的气缸套、气阀等，往往在精加工后还需要进行研磨等光整加工。而有些零件由于毛坯余量太大，也可在粗加工之前进行荒加工。总之，对某些零件的加工，将它的工艺过程划分成阶段是有必要的。但是，工艺过程的阶段划分并不是越细越好。否则就会走向反面，使工序数量增多，生产组织和工序间的运输等工作复杂化，从而使生产周期延长，导致生产率的下降和产品成本的提高。

二、工序的集中与分散

在制订工艺规程时，我们不但要对工件各加工表面选定加工方法，而且还要规定每一道加工工序的具体内容，工序内容的繁简和工序数目的多寡是相互关联着的。如果把工序分细，使每一工序所包含的内容简单些，即在每道工序中只加工很少表面，甚至只加工一个表面，那么整个工件加工的工序数目就得很多，工艺过程就比较长，人们把这种使每一工序的加工内容简单些的安排方式称作工序分散。反之，如果把工序的内容订得复杂些，即在每道工序中需加工很多的表面，那么整个工件加工工序的数目就将比较少，工艺过程势必较短，此种安排工序的方式则称作工序集中。

在制订工艺规程中，不可避免地要碰到工序集中与分散的问题。由于这两种安排工序的方式各有特点，均有应用，所以我们有必要分别对它们的特点和应用作一分析。

1. 工序集中。工序集中的特点是将工件上尽可能多的表面集中在一道工序内进行加工。按照集中的情况不同，工序集中又有组织的集中、机械的集中和工艺的集中之分。

组织的集中，是将若干可能合并的工序拼在一起，即在同一工作地点依次进行一系列的装夹和工步，使用各种不同形式的刀具来加工工件上各个表面。例如在万能车床上加工轴，可以依次进行这样一些工步：钻顶尖孔、粗车、精车、车螺纹等。可见这种形式的集中，并不使加工方法本身有什么改变，而只是将能合并在一起的工序组织到一起进行。

机械的集中，是以工位来代替若干次安装。例如转塔车床的转塔，其上的刀具是随着转塔而改变其与机床的相对位置，每改变一个位置，便是一个工位，在转塔车床上加工就是一种机械集中。

工艺的集中，是指在工艺上采取措施，把简单的工序拼接成复合的工序，例如多刀加工，使用几把刀具分别同时加工工件上的几个表面便是这种形式的集中。

概括起来，工序集中的优点是：

(1) 由于工序集中，可以减少机床和夹具的数量，进而可以缩小生产面积，简化生

产组织工作。

(2) 由于工艺过程缩短, 简化了工序间的运输。由于工件装夹次数减少, 一次安装中可以加工几个表面, 有利于保证工件各加工表面间的相互位置精度。

(3) 有可能采用高生产率的机床。例如可在多轴镗床上加工箱体, 以提高生产率。

但是, 组织的集中, 由于工人在一个工序里要进行多次装夹或找正, 要加工各种形式和要求的表面, 所以对工人的技术水平要求较高, 而且劳动强度也较大。而机械和工艺的集中, 由于运用高效率的设备和工具, 不但价格较贵, 而且调整比较费事, 这些显然限制了它的适用范围。

2. 工序分散。工序分散的特点是将加工工序的内容简化和增加工序数目。其优点是:

(1) 由于工序内容简单, 故除宜使用普通机床和简单夹具外, 也适合广泛采用专用机床。

(2) 由于大多使用普通机床和夹具, 或使用简单的专用机床和夹具, 所以机床调整比较简单, 技术准备工作比较容易, 能够迅速投产。

(3) 由于工序内容简化, 故工人技术水平要求不高, 工人劳动强度减轻。

工序分散的缺点是加工工艺过程长, 占用的机床数量和生产面积大, 同时, 多次安装会影响工件相互位置精度的保证。

3. 考虑工序集中与分散问题的若干见解。

对于工序集中和分散问题, 要根据产品的生产类型, 工件的尺寸、重量、结构形状及精度要求, 设备负荷情况, 生产周期的长短等因素综合考虑。

(1) 生产类型。在单件小批生产时, 若采用工序分散原则, 则由于每个工序的内容都较简单, 每个工序所花的工时不多, 以至在一个工作班内每个工作地要做几件不同的工作, 使组织分配任务的工作复杂化。所以这种情况, 宜于采用组织的集中方式。随着批量增大, 例如在中批、大批生产时, 若采用工序的组织集中, 则由于每个工序的内容比较复杂, 不利于合理使用机床, 也不便于提高工人的操作熟练程度, 所以在这种情况下, 宜于考虑采用适当的工序分散。可是, 若是生产批量很大, 属于大批量生产, 这就要求我们将提高生产率的问题提到重要的位置来考虑, 即要求在保证质量的前提下, 尽量采用先进的工艺和设备, 这又导致工序的机械的或工艺的集中。

(2) 工件的尺寸和重量。工件尺寸小重量轻, 在机床上安装就比较简便, 每安装一次所花的时间也不多, 工序之间的运输也比较易于解决, 因而安排工序分散的可能性比较大; 而在重型机械制造中, 装卸工件以及工序间运输要靠起重设备, 每次安装和找正也非常费时, 因此, 它要求减少工件的安装次数和工序数, 所以, 一般采用适当的工序集中。为了这个缘故, 对某些特重型零件, 甚至可以采用移动机床的方法对它进行加工。

(3) 工件的结构形状和精度要求。一般说来, 工序集中由于减少了工件的安装次数, 在一次安装中可以加工工件的有关表面, 有利于保证相互位置的精度。但这不是绝对的, 因为若是定位基准选择合适, 机床及工艺装备选用调整得当, 工序分散也可以获得很高的相互位置精度。

(4) 生产周期。由于工件在工序间的停留时间是工序集中较工序分散为少, 所以, 一般说来, 工序集中的生产周期较短, 适宜于完成临时性突击性的生产任务。

除了从以上几个方面进行分析外, 还要考虑车间的具体条件, 例如设备品种、数量及