

第一篇 制造工艺基础

第一章 机械加工工艺规程的制订

第一节 概 述

内燃机车制造工艺学,是研究内燃机车零件制造和装配的一门学科。有关内燃机车零件的毛坯和塑料的制造方面的知识已在有关的先修课程中学过,所以在此着重研究零件的机械加工和装配方面的基础知识。

一、工艺规程的意义

任何一个工厂和车间的产品都有一定的生产过程。拿机械加工车间来说,它的产品的生产过程不仅包括零件在机床上的加工,而且还包括质量检查、零件运输、仓库保管以及各项生产准备工作(如:刀具的刃磨修理、机床修理等)。在机械加工的生产过程中起主要作用的部分,是直接改变零件形状、尺寸及性能有关的部分,这部分生产过程就称之为工艺过程。在既定的生产条件下,经过分析研究,选择出最合适的、并用文件形式确定下来的工艺过程,称为工艺规程。

工艺规程是现代机器制造厂的重要技术文件,它是工厂的设计基础,它决定了整个工厂和车间组成部分之间在生产上的内在联系,决定了工艺设备的选择,因此工艺规程不仅影响到基本建设,而且也影响到工厂建成后在生产上的合理性。此外,工艺规程又是组织生产的依据。在生产过程中,工艺规程起着指导和监督生产的作用,各有关部门和工作地点,都必须按工艺规程的要求有机地配合起来,从而保证产品的质量和按期完成国家任务。生产实践证明,违反工艺规程往往是造成材料浪费、废品率增加和产品成本提高的原因之一,因此应当把工艺规程看成一种工艺纪律,自觉地遵守执行。

工艺规程是随着生产的发展而不断发展和完善的,它不是一成不变的。在技术革新和技术革命运动中,不断地修改和完善工艺规程,以保证工艺规程的合理性和先进性,从而指导和推动生产,使生产不断前进。

二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的工序组成的,工序又是由安装和工步组成的,工步是由走刀组成的,走刀又是由各个操作组成的。现将以上所述的机械加工工艺规程中使用的术语简述如下:

(一) 工序 工序是指一个(或一组)工人,在一个工作地点对一个(或一组)零件连续进行的全部工作。工序是工艺过程的一部分,工人、工作地点、工件和连续作业,这四个要素中,任意变更一个时,就算另一道工序。例如图 1—1 所示的阶梯短轴,若它的精度和表面粗糙度要求不高,则其工艺过程共包括五个工序,如表 1—1 所示。车外面工序,因为在

车完一批工件的大端外圆和倒角后再进行车小端外圆和倒角，故分为两个工序。工序2和工序3可先后在一台车床上完成，也可分别在两台车床上完成。如果车完一个工件的大端外圆及倒角后，立即掉头安装车小端外圆和倒角，这样在一台车床上连续完成大、小端外圆的加工，这时工序2和3合并成为一个工序了，如表1—2所示。

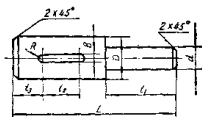


图 1—1 阶梯短轴

表 1—1

工序号	工 序 名 称	工作地点（机床设备）
1	钻顶针孔	钻顶针孔机床
2	车大端外圆及倒角	普通车床
3	车小端外圆及倒角	普通车床
4	铣键槽	立式铣床
5	去毛刺	钳工台

表 1—2

工 序 号	工 序 名 称	工作地点（机床设备）
1	钻顶针孔	钻顶针孔机床
2	车大端外圆并倒角，掉头安装，车小端外圆并倒角	普通车床
3	铣键槽	立式铣床
4	去毛刺	钳工台

标注工序的名称时，应说明加工方法和被加工表面，如：粗刨机体表面，精镗活塞销孔，粗车活塞外圆面等等。

（二）安装 安装是指工件在机床上的安装情况未加改变的条件下，所完成的工序中那一部分工作。例如表1—2中的工序2，它是由两次安装组成的一道工序。第一次安装是：工件在卡盘上夹紧后，加工大端外圆面及倒角；第二次安装是：将工件掉头安装在卡盘上，加工小端外圆面及倒角。

（三）工位 工件的多次安装往往会降低加工的精度，而且要消耗较多的时间。因此在机械加工车间里，常常使用那种不卸工件而改变工件加工位置的特殊装置，如铣床的分度头，各种旋转装置等。使用旋转装置时，完成一道工序往往要经过几个位置。在这种情况下，每个位置上所完成的那部分工序，常称之为工位。

采用多工位加工方法，可以保证加工精度和提高劳动生产率。

（四）工步 工步又可分成工步。工步是指当加工表面、刀具和切削用量中的转速和进给均保持不变时，所完成的那部分工作。如表1—2中所列的工序2，在这个工序内，需用不同的刀具，采用不同的切削用量（如粗、精车），加工不同的表面（如图1—1中的大、小端外圆面）。

标注工步名称时，应说明加工方法、加工表面、加工后得到的尺寸等。

（五）走刀 当加工表面、刀具和切削用量中的转速与进给均保持不变时，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。

（六）操作 所谓操作，通常是指一些辅助的手工作业。例如开车、进刀、退刀、装夹

工件和卸下工件等。这些动作并不记录在工艺规程中，而主要是在确定工时定额时必须周密考虑。

三、生产类型及其工艺特点

机器制造工厂所生产的产品，根据国民经济的需要，由国家规定了年产量，国家规定的这个年产量称为生产纲领。生产纲领的大小不但决定了生产的规模，而且还决定了生产类型。而生产类型又决定了工艺过程、设备、夹具和刀具等的性质。因此在拟订工艺过程时，必须知道生产纲领和生产规模。

根据生产规模的不同，可把生产类型分为三种：

(一) 单件生产 少量地制造不同结构和尺寸的产品，并且很少重复，称为单件生产。新产品的试制、大型船舶和重型机器制造厂的生产，通常属于这种生产方式。

(二) 成批生产 成批地制造相同的零件或产品的生产，称为成批生产。

内燃机车、柴油机和机床等产品的生产类型，通常属于成批生产。

每批所制造的相同零件或产品的数量，称为批量。根据批量大小，成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产等。小批生产接近于单件生产，大批生产接近于大量生产，而中批生产则介于两者之间。

(三) 大量生产 当一种零件或产品的制造数量很大，而在大多数工作地点上经常是重复地进行相同的工序，这种生产称为大量生产。

汽车、拖拉机、轴承和标准件的制造厂，通常是属于大量生产。

在同一个工厂内的各个车间，甚至在同一个车间内的各个工段，可能有不同的生产类型，某些工段的产品是属于大量生产，而另一些工段的产品却又属于成批生产类型。

各种生产类型的规范和特点，见表1—3和表1—4。

零件的生产类型与生产纲领和型式的关系

表 1—3

生产类型		各种零件的年产量 (件/年)		
		重 型	中 型	轻 型
单件生产		5 以下	10 以下	100 以下
成批生产	小批生产	5~100	10~200	100~500
	中批生产	100~300	200~500	500~5000
	大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		1000 以上	5000 以上	50000 以上

各种生产类型的工艺特点

表 1—4

工艺特点	生产类型	单件生产	成批生产	大量生产
1. 毛坯的制造方法及加工余量		铸件用木模手工造型，锻件用自由锻造法，毛坯精度低，加工余量大	铸件部分由金属模造型，锻件部分用模锻，毛坯精度中等，加工余量中等	铸件广泛采用金属模及机器造型，锻件用模锻和其它如压铸等高效率毛坯制造方法，毛坯精度高，加工余量小
2. 零件的互换性		一般将相互配合的零件成对的进行配对制造，没有互换性，广泛采用钳工修配	大部分零件有互换性，少数零件用钳工修配和修配法	全部零件有互换性，某些精度较高的配合件用分组选择装配方法

续上表

工艺特点	生产类型	单件生产	成批生产	大量生产
3. 机床设备及其布置形式		采用普通万能机床,按机床类别和规格大小由“机械式”排列布置	部分万能机床和部分高生产率的专用机床。机床设备按加工零件的类别分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床,按流水线型式排列
4. 夹具		很少采用夹具,由划线和试切法达到尺寸要求	广泛采用夹具,部分靠划线进行加工	广泛采用高生产率夹具,用调整法达到尺寸要求
5. 刀具和量具		采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
6. 对操作工人的要求		需要较熟练的操作工人	各种工种需要一定熟练程度的操作工人	对专用机床调整工技术要求较高,对一般操作工人要求低
7. 对工艺文件的要求		通常只有简单的工艺过程卡片	除有较详细的工艺过程卡片外,对重要零件的关键工序有详细说明的工序操作卡片	有详细的工艺文件

第二节 制订工艺规程的依据和步骤

一、制订工艺规程的依据

前面谈到,工艺规程是现代机器制造厂的重要技术文件。在生产过程中,工艺规程起着指导和监督生产的作用,各有关部门都必须按工艺规程的要求有机地配合起来,从而保证产品的质量和按期完成国家任务。

要正确地制定工艺规程,必须具备以下资料作为设计依据。

(一) 零件图

完整正确的零件图应包括下列各项内容:

1. 有足够数量的投影图和剖面图;
2. 有全部必要的标注和正确的尺寸;
3. 加工表面的粗糙度、尺寸公差和配合;
4. 零件材料的牌号、硬度和热处理方面的资料;
5. 每一零件的重量;
6. 每台产品所需该种零件的数量;
7. 必要的技术条件,如几何形状误差、相互位置精度等等。

零件的材质、结构、尺寸、精度要求和技术条件等,都直接影响着机械加工工艺规程。

例如:

(1) 零件的材料性能影响到毛坯的制造方法,影响刀具和切削用量的选择,影响热处理的方法等;

(2) 零件结构的复杂程度,影响工件在机床上的安装方法和加工方式,影响加工工序的划分等;

(3) 零件的尺寸大小和重量的大小,决定机床规格和起重工具的选择;

(4) 零件的精度、表面粗糙度和技术条件等,影响到加工方法、检验方法、加工时间定额和加工费用等。因此零件图是工艺分析和工艺规程设计的主要依据之一。

（二）毛坯图或选择型料用的参考资料

小批生产时，一般不画毛坯图，只说明毛坯的种类和各待加工表面余量的大小。大批和大量生产时，就必须有毛坯图。大批、大量的生产有条件使用专用设备和夹具，根据毛坯图可以掌握毛坯的结构特征（如铸件的分型面、浇口、冒口位置和拔模斜度等），以便正确地选择定位基准和设计夹具等。

（三）生产纲领

上节讲过，生产纲领决定了零件的生产类型，不同生产类型的生产组织形式和工艺规程的特征是不同的。设计工艺规程时必须首先知道产品的生产纲领，因为知道了产品的生产纲领，就可以计算出零件的生产规模，从而确定零件的生产类型。根据生产类型再拟订与它相适应的工艺规程方案。

（四）现有设备和新设备的目录

在目前的内燃机生产条件下，任何一种机械加工工序都可以找到适当的加工机床，有的机床能直接用于该工序，有的机床则需要适当地添装夹具后才可以用于该工序。随着生产的发展，对于某种工序有时也还需要设计专用的机床。为新建厂所设计的工艺规程只要有机床手册和相应的说明书就行。若为老厂转产和改造而设计的工艺规程，还必须掌握原有设备的资料。在制定工艺规程中选择设备时，必须使所取的设备与生产规模相适应，例如，在设计成批生产的工艺规程时，主要采用通用机床，专用机床的采用很有限。这时，机床选择主要是选择通用机床的类型与尺寸。

（五）切削刀具、夹具和量具的图册

进行工艺规程设计时，能正确地选择切削机床、切削刀具、夹具和量具是非常重要的。要顺利地完成任务，必须掌握这些方面的资料和图册，才能结合具体的情况，设计出合理的工艺规程。

下面介绍这些图册的作用：

1. 夹具图册

在选择机床时，应同时拟出工件在机床上定位与夹紧所用的夹具。首先应弄清楚完成工艺规程中所安排的工序能否不用特殊夹具，而只使用通用夹具（卡盘、虎钳、转台、各种刀架等）。如果特殊夹具能大大地减轻劳动强度，或者能将生产率不符合节拍的机床提高到合乎节拍，那么就 用特殊夹具。但应尽可能使用构造比较简单的夹具。

设计工艺规程时，工艺师不一定直接担任设计夹具结构的工作，但他对最合适的结构应该了解，并且能适当地选定定位基准与夹紧工件的地方，还应能看出可能提高生产率的途径，所以夹具图册是必不可少的资料之一。

2. 切削刀具图册

在选择切削刀具的型式和结构时，应当考虑到以下几方面的因素：

- （1）生产的性质；
- （2）机床的型式；
- （3）加工的方法；
- （4）被加工零件的尺寸和外形；
- （5）加工的质量指标；
- （6）加工的精度要求；
- （7）工件的材质；
- （8）切削刀具的材料等。

究竟选择哪一种切削刀具比较合适，就应当综合以上因素，从有关手册或图册选出所需刀具的类型。此外，还要考虑工具车间的生产能力。

3. 量具图册

在机械加工过程中，必然会遇到零件的检验问题，要确定出工作的实际尺寸、几何形状与各表面间的相互位置精度等，就要确定选择何种量具。在选择检验用的量具时，首先要考虑到以下几方面的因素：

- (1) 所要求的测量精度；
- (2) 生产的性质；
- (3) 被测量表面的尺寸；
- (4) 被测量表面的质量等。

在单件和小批生产中广泛地使用通用量具，其中有：量尺、卡钳、游标卡尺、千分尺、千分表等。在大批与大量生产中，通常用的主要测量工具有卡规、塞规、样板和特殊仪表及特殊检验装置等。

(六) 切削用量手册及有关定额资料

这些资料大都是从生产实践中总结出来的，因此在时间上和在生产条件上都存在一定的局限性，但是合理地运用这些资料，能够制定出最有利的切削用量，以加速生产准备工作，弥补设计人员经验不足的缺点。

二、工艺规程的内容及制定步骤

(一) 工艺规程的内容

工艺规程的设计内容和范围决定于生产类型。

在单件或小批生产时，多半只编出零件的工艺路线、工艺装备和每一工序的单件时间等。而大批生产，尤其是大量生产时，工艺规程应该制定得尽量详细，因为即使每一个工序所节约的时间不多，但也会获得很大的经济效果。

工艺规程的内容有：

1. 决定毛坯的种类、尺寸或型料的尺寸；
2. 编定工艺路线，即确定机械加工工序的先后顺序；
3. 选择和决定每一工序的设备类型和尺寸(根据机床目录、机床说明书和现有设备)，并根据这些来修正工序的顺序；
4. 选择每一道工序中的零件定位及夹紧方法，并以此来修订工序的顺序，绘制各工序草图；
5. 计算工序尺寸，即确定工序间的余量和公差；
6. 确定切削刀具的类型与尺寸，绘制特殊刀具的构造草图；
7. 决定切削用量，制定出每一工序的时间定额；
8. 对几种方案进行经济核算，根据经济分析结果，定出最有利的加工方案；
9. 编制各种卡片，填写技术文件；
10. 绘制加工时有关工序的必要特殊夹具草图，或提出夹具设计任务书，并根据夹具图册(或工厂具体条件)选择通用夹具；
11. 决定检验方法，编制检验工序卡片，绘制检验夹具及特殊量具的构造草图。

(二) 工艺规程的制定步骤

制定工艺规程，一般应遵循下列步骤：

1. 详细地了解产品的专门用途、结构特点、精度标准和其他技术条件等，查出产品的

全部尺寸链，提出达到规定精度标准的方法，明确保证产品质量的关键问题和采用的措施；

2. 搜集资料，熟悉和分析同类产品在国内外、外的现行生产方法及设计工艺规程的条件；

3. 工艺分析，研究零件图、技术条件和评定解设计尺寸链的方法。必要时对设计尺寸进行必要的修正（工艺尺寸换算）；

4. 选择毛坯类型

毛坯类型的选择是设计工艺规程时最重要的工作之一。整个工艺过程中，工序和工步的数目、整个制造过程的劳动量和总费用等，通常取决于毛坯的选择是否正确。也就是说，要取决于毛坯的形状、加工余量，尺寸精度（公差）和材料硬度等，这些随毛坯制造方法而定的因素规定的是否正确。在大部分情况下，毛坯的形式在很大程度上预先决定了其后面的加工过程。选择零件的毛坯在原则上可有两种做法：一是毛坯的形状尺寸做得尽量与制成的零件接近，使零件制造过程的大部分劳动量耗费在毛坯车间，而较少的劳动量耗费在机械加工车间。二是毛坯制造得相当粗糙，余量也大，使大部分劳动量和费用由机械加工车间负担。前者照例适用于大量生产，而后者乃适用于单件或小批生产。

选择毛坯时，一般要考虑下列因素：

- （1）零件的几何形状和尺寸；
- （2）对零件材料所要求的技术条件（化学成分、机械性能、结构和纤维分布情形）；
- （3）零件制造的全部最低费用；
- （4）为现有工厂设计工艺规程时，要掌握毛坯车间的设备、工具和工人技术等级；
- （5）准备新毛坯制造过程所需要的时间和过程等。

随着生产技术的进一步发展，要求采取一系列能够减少或完全消除零件机械加工的措施，例如：1）以精铸和精锻的方法制造毛坯；2）利用非金属材料；3）采用新的零件加工形式和生产的专业化等。近年来用压力加工和压力铸造使零件精密成形，随后用磨削作终加工来制造零件的方法，得到人们的重视。

随着毛坯的选择，同时也确定了工序的特征、基准面、机床设备和夹具的种类等。

5. 详细地拟定工序计划，确定工序尺寸和公差，计算毛坯尺寸；

6. 详细地制定每个工序的具体内容；选择设备，确定夹具（万能或专用）、切削刀具及辅助工具、检验夹具和工具（测量仪表等），计算切削用量和确定工时定额等。

7. 填写工艺文件等。

上述只是制定工艺规程的大致步骤。实际上，在设计过程中，各个步骤还需要交替地进行。因为在确定某些因素的过程中，其它的一些因素才能逐渐地被确定。例如，解决夹具结构问题时，可能需要修改工序顺序，确定切削用量，有时就需要重新考虑刀具的选择，以及其它等等问题。

第三节 获得规定尺寸精度的方法

由于工件生产批量不同，加工精度要求不同，工件大小不同，在机床上加工工件一般有三种主要的定位安装方式：

1. 直接找正定位的安装

把工件直接安装在机床上，然后找正夹紧的安装方法。它主要用在形状简单工件的单件

和小批生产、修理、试制和工具车间等。这种定位安装方法的精度，完全取决于工人的经验、精神状态和他们用来找正工件位置的方法。因此这种找正定位的安装方式费事又费时。若对工件的定位精度要求特别高（例如，小于 $0.01\sim 0.005\text{mm}$ ）时，而采用的夹具不能保证精度时，只能用精密量具直接找正定位。

2. 按划线找正定位的安装

对于形状复杂的零件（例如，柴油机的机体），采用直接找正安装方法会顾此失彼，这时就必须按照零件图在毛坯上先划出中心线，对称线及各待加工表面的加工线，并检查它们与各加工表面的尺寸和位置，然后按照划好的线找正工件在机床上的位置。对于复杂的工件（如机车柴油机的180型活塞），常常需要经过几次划线。划线找正的定位精度一般只能达到 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 。

划线找正的定位安装方式，需要技术高的划线工，而且非常耗费时间，因此它只适用于：

- (1) 批量不大，形状复杂的铸件；
- (2) 在重型机械制造中，尺寸和重量都很大的铸件和锻件毛坯；
- (3) 尺寸公差很大，表面很粗糙，一般无法直接使用夹具的毛坯。

3. 用机床夹具定位的安装

目前，对中小尺寸的工件，在批量较大时，都用机床夹具来定位安装。夹具以一定的位置（用定位键）安装在机床上，工件按照六点定位原理在夹具中定位并夹紧，不需要进行找正。这样既能保证工件在机床上的定位精度（一般可达 0.01mm ），而且装卸方便，可以节省大量的辅助时间。但是，制造专用夹具的费用高，周期长，妨碍它在单件、小批生产中的应用。目前这个困难已可以用组合夹具来解决。

对于机车柴油机上的某些零件（譬如，曲轴、连杆、缸头等），即使批量不大，但是为了达到某些特殊的加工要求，生产上仍广泛地采用了专用夹具。

工件安装完了，还需要切削加工才能获得零件规定的尺寸精度。选择获得零件规定尺寸精度的方法，是制定零件机械加工工艺规程的重要工作之一。目前通常采用的方法有试切法、定尺寸刀具加工法和调整法。

一、试切法

试切法加工常被应用在单件和小批生产中，以一把刀具来进行加工。例如在普通车床上按试切法加工时，零件的规定尺寸 d （图1—2）的精度获得，是用几次试切走刀，加工工件端部上一小段，每次走刀（手动）后测量一下此段的直径，当此段的直径进入规定公差范围之内，车工就接上自动进刀机构来加工尺寸为 L 的那段外圆，在车刀尚未达到台肩 T 之前，应停止自动进刀。为了获得 L 的精度，车刀未完成的行程就用手动赶刀方法来实现。另外，计算车刀在试切时横向位移量后，可利用车床的进刀刻度盘来实现进刀量，这样可以减少试切走刀与测量尺寸的次数。

这种方法，生产率较低，需要技术熟练程度较高的工人，并难于取得稳定的精确尺寸。

二、定尺寸刀具加工法

这种方法是采用定尺寸刀具（钻头、铰刀、镗钻、镗刀盘等）来获得工件尺寸的精度。它广泛用于加工一定形状的表面。

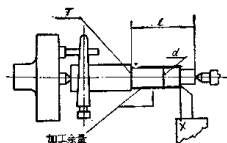


图 1-2 试切法加工示意图

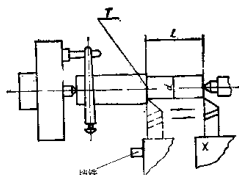


图 1-3 调整法加工示意图

三、调 整 法

调整法的实质是工件规定的尺寸精度，依靠事先按照刻度盘或挡铁等调整好的刀具而自动取得。调整法加工的最简单的例子，是以固定安置的车刀来车削一批轴。对于该批工件来说，加工它的某一阶段时（见图 1—3），预先就将车刀按规定尺寸 d 安置好，车刀并不横向移动，车刀的纵向位移为事先按 L 尺寸调整好的挡铁来限制，因此零件尺寸 L 的精度就取决于挡铁调整的精度。

为了实现这种加工方式，在一次装夹中，必须只加工轴的一个阶段，并且毛坯的加工量应尽量固定不变。

调整法加工的特点是在机床的调整上必须消耗一部分时间，同时必须具备适当的装备（对刀块、挡铁、整套的刀具等）。这种情况限制了在小批生产时采用调整法加工。利用调整法加工时，要求毛坯的余量保持一定，刀具应该具有固定不变的尺寸和很高的质量。生产准备和组织过程中的任何一种误差等，对调整法的影响比试切法要严重的多。

四、自动获得尺寸法

自动获得尺寸法是使用一定的装置加工，当工件达到规定的尺寸时，自动停止加工。具体方法有两种：

1. 自动测量——即机床上装有自动测量工件尺寸的装置，当工件达到要求尺寸时，自动测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。
2. 数字控制——即机床中有控制刀架或工作台精确移动的步进马达，滚动丝杠螺母副及整套数字控制装置，尺寸的获得（刀架的移动或工作台的移动）由预先编制好的穿孔带通过数字控制装置自动控制。

第四节 对加工零件的工艺分析

零件的各种不同的形状是由若干个表面而以各种不同的组合形式而构成的。构成零件各种形状的表面，除简单的平面与圆柱面以外，还有其它复杂的表面，例如齿轮的齿形面、凸轮表面、螺旋表面等等。

零件的表面按其工作性质可分为两类：（1）主要表面或工作表面；（2）自由表面。零件以主要表面与其它零件的同类表面相接触（配合），例如活塞销与连杆小端套的内圆面，气缸套内壁与活塞环外圆面等均为主要表面，每个零件的各个主要表面是由自由表面逐

接的。主要表面的加工比自由表面要求精确，加工工序的先后顺序主要是取决于零件主要表面的性质与任务。

在对零件进行工艺分析时，首先通过零件图、装配图等了解产品性能和用途，明确该零件在产品中的作用。研究零件图上各项技术条件要求的依据，从而找出关键性的问题，然后再采取必要的工艺措施。也就是在明确了生产纲领，了解了车间设备条件和技术等级的前提下，分析研究用怎样的工艺手段实现零件图上的技术要求。对重要的零部件应以三结合的方式进行工艺审查，其中包括技术要求的合理性及零件结构的工艺性。

对零件图进行工艺分析时，需要考虑以下几个方面：

1. 检查零件图纸的正确性和完整性

所谓图纸的正确性与完整性，就是指零件图上不光有足够的视图、全部的尺寸和合理的技术要求，而且还要体现出标注的尺寸符合于整个产品和部件的尺寸链解法。就是说，一定技术熟练程度的工人，按照工作图纸不需要任何补充的技术文件或口示，就能完成各道工序（包括零件加工和部件装配），并能满足它们的专门用途，这种工作图纸（零件图或装配图）才算是合格的图纸。否则，工艺师有责任提出修改意见。

图 1—4 表示零件图上表面位置尺寸的三种标注方法：（a）座标式；（b）链接式；（c）组合（混合）式。

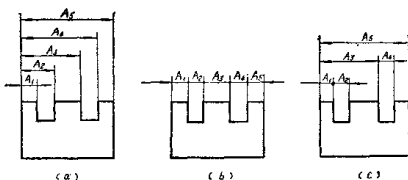


图 1—4 表面位置尺寸的标注法（a）座标式；（b）链接式；（c）组合（混合）式

零件图上尺寸的注法，在很大程度上事先决定了原始基准、定位基准的选择与表面加工的先后顺序；最先加工的应是多数表面定位所依据的那些表面（精基准面）。

分析零件图上主要表面位置尺寸的注法，可以使工艺师初步掌握所制订的工艺规程中各工序应有的次序。

2. 分析零件图的技术条件

零件的技术条件一般包括下面几个方面：

- （1）加工表面的尺寸精度；
- （2）加工表面的几何形状精度；
- （3）各加工表面之间的相互位置精度；
- （4）表面层的物理机械性能和表面粗糙度；
- （5）热处理及其它方面的要求等。

进一步研究零件的加工技术条件，更可以确定为保证实现所规定的技术条件所必需的最后加工工序的特点，而每一种最后加工的方法都要求有一定的准备工序。例如六级精度，粗糙度 $Ra = 0.63 \mu m$ 的孔，它的加工方法可以用铰孔制出，但在铰孔之前必须进行钻、扩与初

较这些步骤, 这样, 在分析零件图和技术条件之后, 就可获得精加工与粗加工相互组合的初步概念。

3. 审查零件的选用材料

审查零件的选用材料主要考虑的问题: (1) 材料的来源及其经济性; (2) 对材料提出的热处理要求, 应符合该厂热处理车间的具体条件; (3) 加工方法、切削刀具和切削用量的选择等。

零件所用的材料与热处理的种类都注明在零件图上。材料及其机械性能的资料, 对于确定切削用量来说是非常重要的, 而热处理所要求的性质, 使我们能判断热处理工序在工艺过程中的地位等。例如人工时效需要进行热处理工序, 提高表面硬度则需要表面淬火工序, 因而在工艺过程中是放在不同地位的。

4. 分析研究零件的结构工艺性

零件的结构特点对机械加工过程的影响很大。在设计产品时, 可以设计出几种能满足使用性能的结构, 但它们的工艺过程、生产率和加工成本是不会相同的。因此, 在决定产品方案时, 对结构工艺性的评定, 是决定设计方案取舍的主要指标。因此, 进行工艺分析时, 结构工艺性的审查是必不可少的一环。

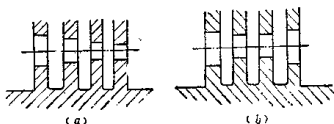


图 1-5 箱体零件上同心孔的布置

零件的结构工艺性是和生产规模及生产条件密切相关的。一种零件的结构在某种生产规模及生产条件下可能具有良好的结构工艺性, 而在另一种生产规模及生产条件下, 可能显得结构工艺性就不好了。因此, 对于不同的生产规模和生产条件, 就应该有不同的结构以满足于结构工艺性的要求。同时, 由于生产技术的不断发展, 对结构工艺性的要求也应随之有所改变。例如如图 1-5 (b) 所示的箱体零件上, 同心孔的结构, 由于大量生产时采用的设备是双而镗床, 所以在一次安装中就能同时加工四个孔, 因而其结构工艺性是好的。但是, 如果在单件小批生产条件下, 又没有双而镗床, 就只好用单而镗床来加工, 这就需要两次安装, 既影响到加工质量, 又降低了生产率, 所以这时就显得结构工艺性不好了。此时孔径的布置应如图 1-5 (a) 所示的那样依次减小, 呈阶梯形, 以便能在一次安装中用单而镗床把全部孔都加工出来, 同时还能保证质量和生产率。

机械加工对零件结构的要求有以下几个方面:

(1) 加工方便

- 1) 刀具容易接近工件;
- 2) 减少和统一零件的尺寸种类, 并选用标准的尺寸和公差;
- 3) 简化加工表面的形状和减少加工表面的面积。

(2) 提高零件的刚度

零件的刚度在机械加工时具有十分重要的意义; 刚度高的零件不仅容易保证加工精度和正确的几何形状, 而且能够承受较大的切削力, 因此可以采用较大的切削用量, 提高劳动生产率。

(3) 保证刀具正常工作

- 1) 某些零件的结构应有退刀槽;
- 2) 力求避免钻头轴线与孔的入口或出口而倾斜而形成单刃切削, 导致钻头引偏;

3) 避免深孔加工等。

此外,还要考虑到加工各个表面时所需要的刀具、量具和夹具的供应情况,以免为了专门设计制造和定购刀具、量具和夹具等,而影响到投产时间。

第五节 基准的概念与定位基准的选择

一、基准的概念及其分类

所谓基准就是根据的意思,就是指零件图上、工艺文件上或实际零件上的面、线和点,根据这些面、线和点来确定其它的面、线和点的位置。这些作为根据的面、线和点就叫做基准。根据基准的意义得知,实际用到的基准可能是零件上的面、线或点。

根据基准的作用不同,可分为设计基准和工艺基准两大类。

(一) 设计基准

所谓设计基准,就是指设计者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、线和点,就叫做设计基准。

设计基准可以是实在的(如零件上的表面),也可以是假想的(加孔的轴线、圆孔的圆心等)。

(二) 工艺基准

所谓工艺基准,就是指零件在加工、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。工艺基准按它的作用不同可分为定位基准、度量基准、装配基准和原始基准。

1. 定位基准 工件在机床或夹具上定位时,用以确定加工表面对刀具切削位置之间相互关系的基准,称为定位基准。

定位基准根据其表面性质,可分为粗基准和精基准两种。作为定位基准的表面,如果是没有经过加工的,就称为粗基准;如果是已经加工过的,则称为精基准。

精基准按它在产品中装配时的作用,又可分为基本基准和辅助基准两种:

(1) 基本基准 作为定位基准的表面,若在装配时又是装配基准,则此种基准称为基本基准。例如齿轮的轴孔等。

(2) 辅助基准 只是在加工时需要,面在以后零件工作时并无需要的基准,称为辅助基准。例如活塞底口、机车动轴顶针孔等。

此外,还有一种变形的辅助基准,它并不是待加工零件的表面,而是固定在待加工零件上的另外一个零件上的表面。加工时,工件就以这个零件上的那个面来定位安装在机床上,这种基准称为辅助基准。车空心轴外圆时,所用的顶针塞即为一例。

2. 度量基准 在度量工件已加工表面位置和尺寸时,所依据的工件上的那些面、线和点,叫做度量基准。

3. 装配基准 在装配机器时,决定零件之间相互位置所依据的表面,就称为装配基准。

4. 原始基准 在工艺卡片中用来决定被加工表面的位置的那些面、线或点,称为原始基准。用来连接被加工表面与原始基准的尺寸称为原始尺寸。原始基准这个概念并没有得到广泛的应用,因为原始基准常常就是设计基准或度量基准。因此,工艺基准常分为定位基

准、度量基准和装配基准三种，它们在有些情况下是相互重合的，但在大多数情况下是不重合的。

图 1—6 是说明设计基准、定位基准、原始基准和度量基准的简图。

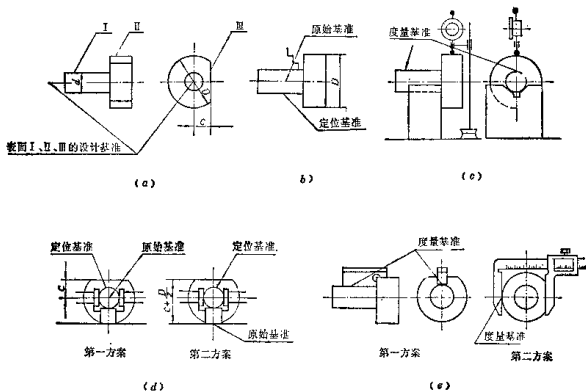
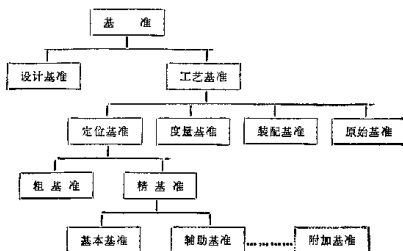


图 1—6 各种基准简图

综合上面所讲到的基准，列出基准分类简图于下：



二、定位基准的选择

根据零件的结构形状和加工精度要求，正确选择零件加工时的定位基准是安排工艺路线、选择工艺装备、保证零件加工质量的重要问题。所以，选择定位基准是制定零件机械加工工艺规程时，应首先考虑的主要问题之一。

零件加工的第一道工序只能用毛坯的表面来定位，前面讲过这种定位的基准面称为粗基

准面。在这以后的工序中,采用已加工过的表面来定位,称为精基准面。粗、精定位基准面的选择原则如下:

(一) 粗基准面的选择原则

1. 应当选择工件上加工质量要求较高而且要求切除余量均匀的毛坯表面,或加工余量很少、有产生废品危险的毛坯表面,作为粗基准面。

如图1—7(a)为阶梯轴的零件图,图1—7(b)为其毛坯图。 $\phi 100\text{mm}$ 外圆余量为14mm, $\phi 50\text{mm}$ 外圆余量为8mm,毛坯大、小外圆有5mm偏心。此时应选 $\phi 58\text{mm}$ 外圆为粗基准面,先加工 $\phi 114$ 毫米外圆,然后以车过的外圆为精基准面,加工 $\phi 58\text{mm}$ 外圆。这样可以保证 $\phi 50\text{mm}$ 外圆有足够的余量,反之 $\phi 50\text{mm}$ 外圆余量可能不够。

2. 应当选择工件上不加工的表面作为粗基准面,这样可保证这些不加工表面与加工表面之间的相互位置要求。如果工件上有几个不加工的表面,则应选择其中与加工表面间相互位置要求较高的作为粗基准面。

例如图1—8所示的活塞毛坯图,它壁厚,要求沿圆周和顶面的壁厚均匀,质量对称,以保证活塞工作时的平稳性。所以要选择毛坯的内圆面和内顶面作为粗基准面,以保证加工后的外圆和顶面对内腔不加工面的壁厚均匀性。

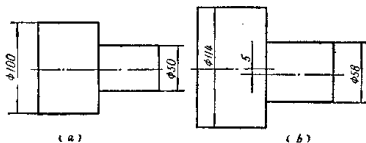


图1—7 粗基准的选择 (a) 零件图; (b) 毛坯图。

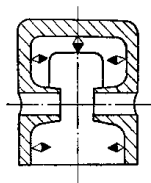


图1—8 活塞的粗定位基准

3. 应当选毛坯上较为平整、光洁、夹紧时可靠的平面作为粗基准面。为此,必须充分了解毛坯的制造情况,不应选取有分型面、浇冒口或有锻造飞边的表面,作为粗基准面。

4. 粗基准面一般只能用作一次定位,由于毛坯表面精度低、粗糙度很高,再作第二次定位时误差大,因此在后续工序中,应以已加工表面作为定位基准面(精基准面)。

在某些特殊情况下,重复使用粗基准面也是可以的。例如,当毛坯精度很高,而加工精度要求不高时,就可以重复使用某一表面作为粗基准面,在同样的夹具中进行安装。

上述四条是选择粗基准面的原则,每条只是指出一个方面的问题,实际应用时往往不可能同时兼顾,必须根据具体情况找出其中主要的问题,加以解决。

(二) 精基准面的选择原则

1. 应当尽可能选择零件的设计基准作为定位基准,这就是基准重合的原则,这样可以避免因基准不重合面引起的定位误差。

2. 当工件以某一精基准面定位,可以比较方便地加工其他表面时,应使尽可能多的表面的加工,都用该精基准面作为定位基准面,这就是基准统一的原则。

采用基准统一的原则,可以保证各个加工表面之间的相互位置精度,简化夹具结构,缩短生产准备时间。

某些工件上可能没有合适的表面可供选作统一基准面,必要时可在工件上先加工出一个或一组专供定位用的表面,而这些表面对零件在机器中的功用来说没有什么用处,仅仅是为

了加工定位时用的, 这种表面就是前面讲的辅助基准面。最典型的例子就是轴类零件的端面的顶针孔。

3. 应当选择面积较大的表面作为精基准面, 使工件安装时稳定可靠, 夹紧方便。例如, 在柴油机机体的加工中, 就是主要用底面作为定位基准的。有时由于工件上定位面较小, 为了保证定位稳定可靠起见, 在工件上铸出专门为增大定位面面积用的工艺凸台。这种设置工艺凸台的情况在加工柴油机机体等外形复杂的箱体零件时也常采用。

4. 有的精加工或光整加工工序, 要求加工余量少而均匀, 此时可选用加工表面本身作为精基准面。如在本章第八节讲到的活塞销孔的滚压加工, 就是用销孔本身作为定位基准面的。显而易见, 这些加工方法只能提高尺寸精度和降低粗糙度, 不能提高位置精度, 位置精度必须在前一工序中保证。

上面虽然列出了几条原则, 可供选择基准时参考, 但决不应死套, 选择时必须根据生产实际情况, 做到具体分析, 对粗、精基准联系起来考虑, 合理选择。

三、定位误差及安装误差

定位时由于工件所根据的基准与图纸上标注尺寸所根据的基准(设计基准)不重合而引起的误差, 叫做定位误差。此外, 在零件的安装中, 还会因为定位基准对机床位置不精确和零件在夹紧时工艺系统发生变形(详见第二章工件的安装误差)而产生的误差, 这种误差和定位误差合在一起, 叫做安装误差。

定位误差的大小, 决定于定位方法和工件毛坯的误差(或工件的误差), 现举例说明。

1. 假定要在图 1—9 所示的工件上钻一个偏心孔。设工件毛坯直径公差为 δ , 定位误差是 Δ 。要求保证加工尺寸 A 。由图(1—9)上的定位方法可以看出, 定位基准是跟设计基准重合的。因此直径公差 δ 对加工尺寸 A 的精度没有影响, 也就是说, 在这种情况下定位误差 Δ 等于零。

2. 同样的零件如果采用图 1—10 的定位方法, 即定位基准与设计基准不重合, 那么加工以后, 尺寸 A 的大小就包括了毛坯直径公差 δ , 所以产生定位误差 $\Delta = \delta$ 。这样就影响了零件的加工精度。

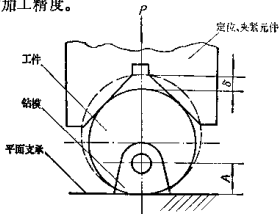


图 1—9 原始基准与定位基准重合

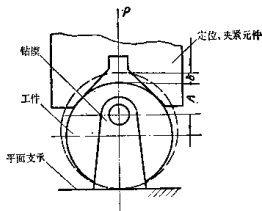


图 1—10 原始基准与定位基准不重合

如果我们研究了零件图之后, 发现因为加工方便关系, 仍不能选用设计基准作为定位基准, 而且定位误差计算结果又很大(甚至超出零件尺寸公差的要求), 这时只有更改原零件图上的尺寸公差, 限制加工误差来提高加工精度, 以弥补定位误差, 这样更改尺寸公差叫做工艺尺寸换算。

工艺尺寸换算,就是解工艺尺寸链。关于尺寸链的基本概念问题,在《公差与技术测量》课程中已作了基本介绍。它的原理和计算方法并不复杂,但是由于有些概念容易弄错,具体步骤又比较繁琐,因此在学习过程中要多加分析和比较,以便熟练地掌握这个方法。

(一) 解工艺尺寸链的基本公式

1. 工艺尺寸链的意义

在机器制造中,决定一个或几个零件表面和轴线的相互位置的尺寸,都是一组相互关联的尺寸,这种相互关联的尺寸按一定顺序首尾相接排列成一个尺寸封闭的外形图,该图就称之为尺寸链。所谓工艺尺寸链,就是由单个零件在工艺过程中的有关尺寸所形成的尺寸链。

在分析计算尺寸链时,为了简便起见,常常不画出零件或机器的具体结构,也不必按照严格的比例,只是依次绘出各个尺寸,这些尺寸线排列成的封闭的外形,叫做尺寸链图,见图1-11(b)。

例如图1-11所示,若工件在加工时,以表面1为定位基准来加工表面2,再以表面1为度量基准加工表面3,得尺寸 A_1 和 A_2 ,此时尺寸 N 也将随之确定,即 $N = A_1 - A_2$,也就是说尺寸 N 的精度将取决于 A_1 和 A_2 的加工精度。

尺寸链中的各个尺寸简称为环。图1-11中的 A_1 、 A_2 、 N 等都是环。在每一个尺寸链中都有一个特殊的环,该环是在加工完毕或装配完毕时最后得到的,这种环称为封闭环,常用 N 表示。封闭环的基本尺寸可以等于零。尺寸链中的其他尺寸称为组成环。组成环有增环和减环之分。在其它组成环不变的情况下,当某组成环增大时,封闭环随之增大,则此组成环为增环,如图1-11(b)中的 $\vec{A}_1$;若封闭环随之减小,则此组成环为减环,如图1-11(b)中的 $\vec{A}_2$ 环。

2. 用极大小法解工艺尺寸链的基本公式

解工艺尺寸链可以用极大极小(极值)法,也可用概率法。目前生产中一般采用极值法,概率法主要用于生产批量大的自动化及半自动化生产方面,但是当尺寸链的环数较多时,即使批量不大也宜用概率法。这里我们只介绍极值法。

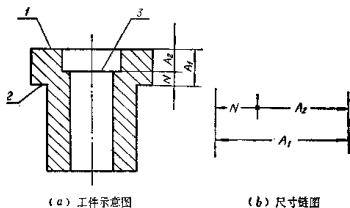


图 1-11 (a) 工件; (b) 尺寸链。

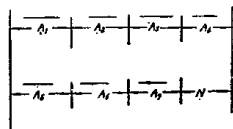


图 1-12 尺寸链图

所谓用极大小法解尺寸链,就是以求最大误差代数和的方法为基础,只考虑各环尺寸的最大与最小极限值,并未考虑尺寸的分配特性和尺寸组合或然率。其基本计算公式如下:

(1) 封闭环的基本尺寸

由于尺寸链的各个尺寸按照次序首尾排列连接的封闭性(图1-12),因此尺寸链中的各个环的基本尺寸的代数和等于零,即:

$$\sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{j=1}^{n-1} \vec{A}_j - N = 0$$

$$N = \sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_j \quad (1-1)$$

式中 N ——封闭环的基本尺寸；
 $\vec{A}_i$ ——增环的基本尺寸；
 $\tilde{A}_j$ ——减环的基本尺寸；
 m ——增环的环数；
 n ——包括封闭环在内的总环数。

(2) 封闭环的极限尺寸

从组成尺寸链的增环与减环的定义可知：

a. 当所有的增环皆为最大极限尺寸，减环皆为最小极限尺寸时，则封闭环的尺寸必然是最大极限尺寸。即

$$N_{\max} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i\max} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_{j\min} \quad (1-2)$$

b. 当所有的增环皆为最小极限尺寸，减环都是最大极限尺寸时，则封闭环的尺寸必然是最小极限尺寸，即

$$N_{\min} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i\min} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_{j\max} \quad (1-3)$$

(3) 封闭环的上偏差 $\delta_s(N)$ 与下偏差 $\delta_x(N)$

封闭环的最大极限尺寸减去其基本尺寸，得封闭环的上偏差。从公式(1-2)中减去公式(1-1)得到

$$\begin{aligned} N_{\max} - N &= \left(\sum_{i=1}^m \vec{A}_{i\max} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_{j\min} \right) - \left(\sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_j \right) \\ \delta_s(N) &= \left(\sum_{i=1}^m \vec{A}_{i\max} - \sum_{i=1}^m \vec{A}_i \right) - \left(\sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_{j\min} - \sum_{j=m+1}^{n-1} \tilde{A}_j \right) \\ &= \sum_{i=1}^m \delta_s(\vec{A}_i) - \sum_{j=m+1}^{n-1} \delta_x(\tilde{A}_j) \end{aligned} \quad (1-4)$$

$$\text{同理运算得 } \delta_x(N) = \sum_{i=1}^m \delta_x(\vec{A}_i) - \sum_{j=m+1}^{n-1} \delta_s(\tilde{A}_j) \quad (1-5)$$

式中 $\delta_s(\vec{A}_i)$ 和 $\delta_s(\tilde{A}_j)$ ——增环 $\vec{A}_i$ 和减环 $\tilde{A}_j$ 的上偏差；
 $\delta_x(\vec{A}_i)$ 和 $\delta_x(\tilde{A}_j)$ ——增环 $\vec{A}_i$ 和减环 $\tilde{A}_j$ 的下偏差。

(4) 封闭环 N 的公差 $\delta(N)$

根据公差定义，由(1-4)公式减去(1-5)公式，得封闭环的公差：

$$\begin{aligned} \delta_s(N) - \delta_x(N) &= \left(\sum_{i=1}^m \delta_s(\vec{A}_i) - \sum_{j=m+1}^{n-1} \delta_s(\tilde{A}_j) \right) - \left(\sum_{i=1}^m \delta_x(\vec{A}_i) - \sum_{j=m+1}^{n-1} \delta_x(\tilde{A}_j) \right) \\ &= \sum_{i=1}^m \delta_s(\vec{A}_i) - \sum_{j=m+1}^{n-1} \delta_x(\tilde{A}_j) \end{aligned}$$