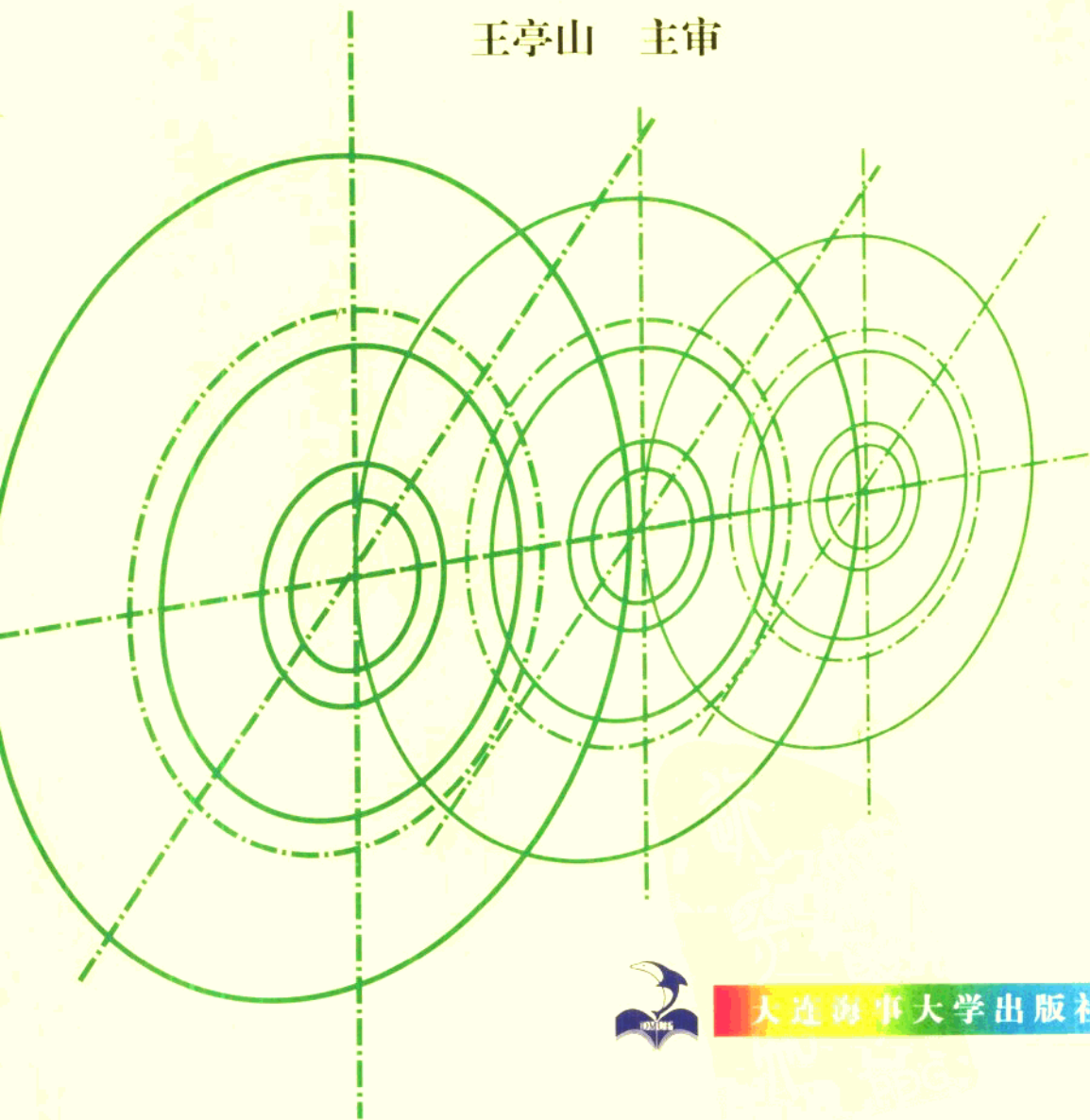


高等学校教材

柴油机制造工艺学

马经球 主编

王亭山 主审



大连海事大学出版社

内 容 提 要

本书共七章,系统地阐述了柴油机制造工艺学的基本理论和方法。着重介绍柴油机制造工艺基础、夹具设计、高效加工及自动化加工技术、柴油机主要零件制造工艺实例及工艺特点、柴油机装配工艺理论基础及装配特点等内容。

本书联系国内外生产实际,基本反映了当前国内外的先进工艺,除作为动力类专业教材外,也可供机电类专业学生、教师及工程技术人员自学参考。

前 言

本书为内燃机专业的专业课教材,课时为 36 学时,通过专业教学培养学生的理解与分析能力,并能灵活运用所学工艺理论,正确处理产品设计和现场工艺的有关问题。

全书共分七章,从柴油机制造工艺基础、夹具设计、高效加工与自动化加工技术、柴油机主要零件制造、柴油机装配等方面系统地论述了柴油机制造和装配工艺。其主要特点是:

1. 根据专业调整和当前教学改革的需要,本书紧密围绕柴油机基本工艺理论,结合柴油机主要零件制造实例及装配工艺形成了本身的体系。既做到系统而深入地阐述柴油机基本工艺理论,又密切联系生产实际;既强调柴油机制造的专业性,也兼顾对一般机器零件加工、装配的通用性,使学生在融会贯通教材内容的基础上,扩大视野,拓宽知识面,以适应工艺上的各种需要。

2. 教材内容紧密联系专业实际,具有典型性。论述工艺对象是以中型中速柴油机为主,兼顾中型高速和大型低速柴油机。在工艺体系上以成批生产为主,也顾及单件、小批和大量生产的工艺内容。这些内容的选择均符合企业生产实际,并在工艺、工艺装备、新技术等方面进一步丰富了教材内容。

3. 力求有较高的科学性。书中所述基本概念、理论、公式、数据准确可靠,不仅能使学生建立具体量的概念,而且可供工作时参考。

在基本工艺理论、零件制造、装配工艺中反映出本门学科国内外相应的理论水平和生产实际水平。

4. 对教材大纲要求的基本概念、理论学习难点、重点和实际应用等方面作了深入地分析,做到精选内容,各部分详略适当,便于因材施教。本书文字简练,语言流畅,图文并茂,方便有关科技和工程技术人员阅读。

本书由马经球编写,王亭山教授主审。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,欢迎使用本书的师生和广大读者批评指正。

编 者

2000 年 1 月

目 录

第一章 机械加工工艺规程的制订	(1)
§ 1-1 生产过程和工艺过程	(1)
§ 1-2 工艺过程的组成	(1)
§ 1-3 生产纲领和生产类型	(2)
§ 1-4 机械加工工艺规程概念	(4)
§ 1-5 零件的工艺分析	(4)
§ 1-6 工件的装夹	(7)
§ 1-7 基准和定位基准的选择	(8)
§ 1-8 工艺路线的拟订	(10)
§ 1-9 加工余量	(16)
§ 1-10 工艺尺寸的计算	(17)
§ 1-11 时间定额	(19)
§ 1-12 制订工艺规程的实例	(19)
第二章 机械加工精度	(25)
§ 2-1 加工精度的基本概念	(25)
§ 2-2 影响加工精度的各种因素	(27)
§ 2-3 机械加工的经济精度	(43)
§ 2-4 加工误差的综合分析	(43)
第三章 机械加工表面质量	(52)
§ 3-1 表面质量对零件使用性能的影响	(52)
§ 3-2 影响表面质量的工艺因素及其控制方法	(54)
§ 3-3 机械加工中的振动	(59)
§ 3-4 冷压光加工	(62)
第四章 机床夹具	(64)
§ 4-1 概述	(64)
§ 4-2 定位原理	(65)
§ 4-3 定位元件和工件在夹具中的定位误差	(68)
§ 4-4 工件的夹紧和夹紧机构	(76)
§ 4-5 各类机床夹具	(84)
§ 4-6 夹具设计方法	(88)
第五章 高效加工与自动化加工技术	(94)
§ 5-1 概述	(94)
§ 5-2 组合机床流水线和自动线	(94)
§ 5-3 成组技术	(99)
§ 5-4 计算机辅助制造	(109)

§ 5-5 计算机辅助工艺规程设计	(115)
第六章 柴油机典型零件加工	(120)
§ 6-1 凸轮轴制造	(120)
§ 6-2 其他典型零件加工	(129)
第七章 船舶柴油机的装配	(139)
§ 7-1 装配工艺基础	(139)
§ 7-2 筒形活塞柴油机装配工艺	(146)
§ 7-3 大型低速柴油机的装配工艺特点	(170)
参考文献	(180)

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1-1 生产过程和工艺过程

在柴油机制造时,将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。其中包括原材料的运输和保管、生产准备、毛坯制造、零件的机械加工和热处理、部件的装配和机器的总装、产品的检验和试车、成品的油漆和包装等。

工厂的生产过程又可分为若干车间的生产过程。某一车间所用的原材料(或半成品)可能是另一车间的成品,而它的成品又可能是其他车间的原材料(或半成品)。例如,机械加工车间的毛坯是铸造车间的成品;机械加工车间的成品又是装配车间的半成品。柴油机就是通过总装车间进行的部件装配、总装和调整试验才达到规定的性能和可靠性指标。

目前,柴油机的生产过程,往往是由许多专业厂分工协作完成的,例如,柴油机的活塞、活塞环、缸套、轴瓦、燃油设备、热交换器及增压器等重要零部件和设备。这样做有利于专业化生产,提高产品质量和劳动生产率及降低生产成本。

工艺过程是生产过程中最主要的一部分。是指与改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质有关的生产过程。如铸造、锻造、热处理、机械加工和装配作业等工艺过程。工艺过程不包括工件的运输、包装和贮存、生产准备、机床设备维修等辅助工作。

§ 1-2 工艺过程的组成

构成工艺过程的工艺要素有工序、安装、工步、工位和走刀。

工序 一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。

安装 工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序。在一道工序中,工件可能被装夹一次或多次,才能完成加工。

工步 在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。

工位 为了完成一定的工序部分,一次装夹后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置。

图 1-1 所示为工件在三轴组合钻床上钻、扩、铰孔加工的情况。工件装夹在回转工作台上,这时工件与回转工作台一起相对刀具位置改变四次,一个工件便完成了该工序的工作(工位 I 为工件的装卸工位),所以这种情况为四个工位。又如,在单轴立式

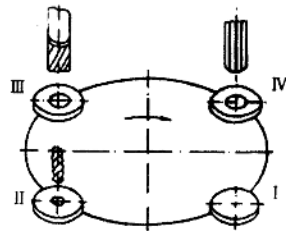


图 1-1 四工位三轴钻

镗床上镗机体的气缸孔时,每镗一个孔,机体与机床工作台一起移动一个气缸轴线距离后的位置就是一个工位。

图 1-2 所示轴件在成批生产时的工艺过程:

工序 1 在双面铣床上铣两端面。

工序 2 在中心钻床上打两端中心孔(在一次装夹中完成)。

工序 3 在车床上粗车 A、B、C 段各级外圆和 E、F 台肩面。

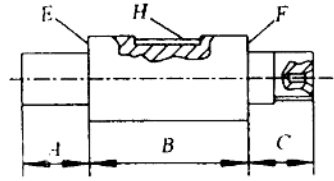


图 1-2 轴加工的工艺过程

安装 1 粗车 B、C 段外圆、F 台肩面,工件用两中心孔定位,夹头夹持 A 段毛坯外圆。工步 1:车 B 段外圆。工步 2:车 C 段外圆(有时为了提高生产率,用多刀半自动车床同时车削 B、C 段外圆时,称为复合工步)。工步 3:车 F 台肩面。

安装 2 粗车 A 段外圆及 E 台肩面,工件用两中心孔定位,夹头夹持 C 段外圆。工步 1:车 A 段外圆;工步 2:车 E 台肩面。

工序 4 在另一台车床上精车 A、B、C 段各级外圆及 E、F 台肩面(安装、工步同粗加工)。

工序 5 在铣床上铣 H 和右端键槽(工件在一次装夹中,利用分度头转 180°来加工第二个键槽)。工步 1:铣 H 键槽(在工位 1 上);工步 2:铣右端键槽(在工位 2 上)。

§ 1-3 生产纲领和生产类型

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量。计划期常定为 1 年,所以生产纲领也称年产量。

零件的生产纲领要计入备品和废品的数量,可按下式计算:

$$N=Q \cdot n(1+\alpha\%)(1+\beta\%)$$

式中: N ——零件的年产量(件/年);

Q ——产品的年产量(台/年);

n ——每台产品中该零件的数量(件/台);

$\alpha\%$ ——备品的百分率;

$\beta\%$ ——废品的百分率。

在批量生产中,若零件生产纲领确定后,可根据车间具体情况,按一定期限分批投产。

生产批量 一次投入或产出同一产品(或零件)的数量。

生产类型 企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。

大量生产 指连续不断的生产,它要求每一个工作地重复地进行一种零件的某一工序加工。一些中、小柴油机制造厂和柴油机某些零部件(活塞、活塞环、轴瓦、油泵油嘴等)专业化制造厂属于这种生产类型。

成批生产 指周期地成批地进行产品生产,一个工作地点的加工对象是一批一批地定期转换。一些船用中速或高速柴油机厂是属于这种生产类型。

单件生产 每一种产品只做一个或数个。工作地点的加工对象是经常改变的。造船厂的

大型低速柴油机制造车间是属于这种生产类型。

表 1-1 列出了各种不同生产类型的工艺特点的比较。从中可以看出生产批量与工艺方法和生产效率之间的关系。若批量大,可通过采用先进工艺、高效设备和专用工装,来提高机械化和自动化水平,从而大大提高生产率和降低生产成本;若批量小,按传统的生产组织方法,则只能采用常规的工艺方法,即采用通用机床和万能工装,从而导致生产效率低,零件加工成本高。

表 1-1 各种不同生产类型的工艺特点

项目	单件生产	成批生产	大量生产
毛坯制造方法	木模手工制造和自由锻造	部分用金属模和模锻	广泛使用金属模和机器造型、模锻、压铸等高生产率毛坯制造方法
零件的互换性	较多采用配对制造(配制配合)和修配法装配	大部分零件有互换性,少数零件用钳工修配	全部零件有互换性,某些精度较高的零件配合采用分组选择装配
机床设备及其组织形式	采用万能机床,按机床类别和规格大小以“机群式”排列布置	部分通用机床和部分高生产率专用机床及数控机床等。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和多功能数控机床及自动机床。设备按流水线形式排列
夹具	很少采用专用夹具,按划线及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和采用调整法达到尺寸要求
工具及量具	采用标准刀具和万能量具	广泛采用刀具和量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
先进工艺的采用	较少采用	采用投资不大、调整简单的先进工艺	广泛采用高效先进工艺
对工艺文件的要求	通常只有简单的工艺过程卡	除有较详细的工艺过程卡外,对重要零件的关键工序有详细说明的工序操作卡	有详细的工艺文件
对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	各个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不高

为了适应不断增多的产品的品种、规格和生产批量逐渐减少的生产发展趋势,则采用成组批量为基础的成组技术是最有成效的。

成组批量 它是按照若干产品的零件结构和加工相似性,将那些具有相似性的零件组织在一起形成成组批量。这种批量的扩大就相当于把中、小批量的性质改变为大批甚至大量生产的性质。另外,电子计算机在加工中越来越广泛地应用(从数据机床到柔性制造系统),为多品种、中小批生产的自动化开辟了广阔的前景。

§ 1-4 机械加工工艺流程概念

所谓“工艺流程”就是规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法等的工艺文件。

工艺流程包括下述内容：工件的加工工艺路线和所经过的车间与工段；各工序的内容和所采用的机床与工艺装备（包括刀具、夹具、量具、检具、辅具、钳工工具等）；工序尺寸和公差；检验项目；切削用量；时间定额和工人技术等级等。

合理的工艺流程是生产组织和管理工作的基本依据。首先，在新产品投入生产之前就必须根据工艺流程进行有关的技术准备工作，如为零件的加工准备工艺装备。其次，工厂的计划和调度部门根据生产计划和工艺流程，安排零件的投料时间和数量，调整设备负荷，下达任务计划，使整个生产有计划地进行。

在制定工艺流程时，必须做到优质、高产、低成本，还应注意改善劳动条件和安全生产。

一般按下述步骤制定工艺流程：

(1) 对被加工零件的图纸进行工艺分析，并结合车间生产条件和加工类似零件的情况及经验进行深入的调查研究。

(2) 按零件的结构和工艺的特征将其分类分组。对同类同组零件，可以先制定其中有代表性的零件的工艺流程，其他零件的工艺流程可能只需增减或更换个别工序，这样就可大大减少制定工艺流程的时间。此外，还便于考虑机床和工艺装备的通用性，减少专用工艺装备的需要量，以提高利用率。

(3) 根据生产纲领确定生产的组织形式。生产组织形式对工艺过程的影响很大，因此，在制定工艺流程之前，必须首先确定形式。例如，在大量大批生产的单一流水线中，应采用高效率的加工方法和机床，广泛应用专用工艺装备，同时还要严格平衡各工序的时间，使之按节拍生产。而在单件小批量生产中，应广泛采用万能机床和通用工艺装备，不需平衡各工序的时间，但应考虑机床的负荷率。

(4) 选择毛坯。毛坯选择的基本出发点是保证零件的质量要求和尽可能地节约原材料及降低成本。在条件可能的情况下，应尽可能选择高精度的毛坯，以节约原材料和减少机械加工的劳动量。在有条件时，最好委托专业厂家提供毛坯。同时注意新工艺、新材料、新技术的应用。

(5) 工艺路线的拟订。拟订工艺路线的主要工作是：确定装夹方式；选择定位基准；确定各表面的加工方法和划分阶段；合理安排各表面加工顺序；决定工序集中或分散的程度。

(6) 确定各工序所需的工艺设备（如机床）和工艺装备（工、夹、量具）。如果是专用的，则要提出设计任务书及设计与试制计划。

(7) 确定工序余量、工序尺寸和公差。

(8) 在制定详细工艺流程时，应确定切削用量、时间定额和工人的技术等级。

(9) 填写工艺文件。

§ 1-5 零件的工艺分析

对被加工零件进行工艺分析，包括下面几个方面的内容：

(1) 了解零件在机器中的部位和作用，明确该零件与整个机器之间的关系，以及该零件的

加工质量对整个机器质量的影响。

(2)检查图纸的完整性和正确性。例如是否有足够的视图、尺寸和公差,技术要求是否标注齐全等。用尺寸链原理,对有关尺寸和公差进行校核。

(3)审查零件的材料的选择是否恰当。在满足零件的使用和可靠性的条件下,应尽量立足于国内,采用我国资源丰富的材料,不要轻易采用贵金属。此外,如果材料用得不合理,可能使整个工艺过程的安排发生困难。

(4)分析零件的技术要求。零件的技术要求包括:加工表面的尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度和其他表面质量方面的要求等。分析这些要求是否合理,在现有的生产条件下能否达到,以便采取措施。

(5)审查零件的结构工艺性。如果发现有些零件的结构工艺性不好时,可提出修改意见,交设计部门考虑修改。

在设计柴油机及其零件时,除了要考虑它们的工作条件、结构形状及材料选择外,还必须注意结构工艺性,否则会制造过程的各个阶段带来许多困难,甚至不能制造。有些即使能制造,但造成成本提高。

结构工艺性是指所设计的产品在能满足使用要求的前提下,制造、维修的可行性和经济性。

柴油机的结构工艺性包括:铸件、锻件、焊接件的结构工艺性,零件的机械加工和装配的结构工艺性。

一、铸件的结构工艺性

在柴油机零件中,有很多零件是铸造的,如机体、机座、气缸盖、活塞、球墨铸铁曲轴等。

为了获得良好的铸件,避免产生砂眼、气孔、疏松、裂纹等铸造缺陷,除了应根据铸造材料的流动性、收缩的方向和程度而采取相应的工艺措施外,更重要的是要求铸件的外形、内腔、壁厚、壁与壁的连接及加强筋方面具有良好的结构工艺性。

例如柴油机机体零件的加强筋形状采用曲线比直线好。如图1-3(a)所示机体加强筋是直线形的,改进设计如图中(b)所示。曲线形加强筋在铸件收缩时能够适应铸件变形的变化,故可防止产生裂纹,这点对于收缩量较大的金属(如钢、可锻铸铁等)更为有利。此外筋的尖端加设凸缘,变成工字形断面,这样也可以增加刚性。

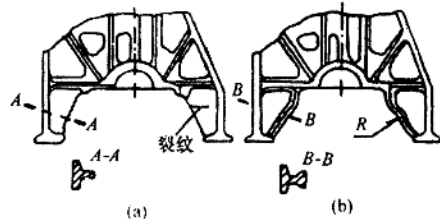


图 1-3 加强筋的形状

二、锻件的结构工艺性

柴油机的锻件有曲轴、凸轮轴、连杆、气门等。

不同的锻造方法对零件的结构形状有不同的要求。设计锻造零件时,首先应按生产批量、零件形状和尺寸,以及具备的生产条件,选择技术上可行、经济上合理的锻造方法。然后按所选用的锻造方法的工艺性要求进行零件的结构设计。例如,不同类型的柴油机对连杆杆身的截面形状及杆身质量要求不同。除此之外,还必须考虑生产批量、锻造方式对结构工艺性的要求。

图1-4示出连杆杆身截面的几种形状。当生产批量小,采用自由锻造的毛坯时,宜采用图中(a)、(b)所示截面形状。这样的杆身形状简单,便于自由锻造,且不需要复杂的机械加工。图

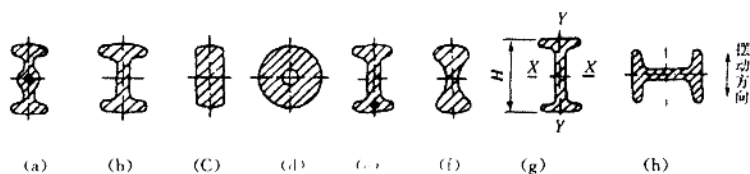


图 1-4 连杆杆身截面形状

中(c)~(h)所示工字形截面,材料利用合理。强化程度不高时,连杆杆身不需加工,但毛坯多系模锻,故适用于成批大量生产。锻件的结构设计应避免造成充填不足、折叠、凹缩、裂纹等缺陷。

三、焊接件的结构工艺性

随着焊接技术的发展,在柴油机制造中,起初在大型,随后又在中型发动机上采用了焊接件,如油底壳、曲柄箱、机座、托架和进排气管等。

焊接结构的设计原则如下:

- (1)尽量多用轧材;
- (2)减少焊缝;
- (3)选择适当截面形状,以增加截面惯性矩,提高构件的抗弯、抗扭和抗压强度;
- (4)操作方便;
- (5)合理布置焊缝;
- (6)不用或少用坡口;
- (7)受弯曲的焊缝,未焊的一侧不要放置在拉应力区;
- (8)不宜采用薄而带锐角的板料作加强筋,在焊缝处锐角必须去掉。

四、零件机械加工的结构工艺性

提高零件机械加工结构工艺性的原则是:

- (1)尽量采用标准化、系列化的零、部件。
- (2)合理规定零件的技术要求。
- (3)正确选择设计基准和标注设计尺寸。

(4)零件的结构要求有便于在机床或夹具上装夹的定位基准,如果零件的工作表面不能作为定位基准,则要求专门设计加工所用的辅助基准。

- (5)应使零件加工时的刚度尽可能好。
- (6)在使用允许的情况下,零件不要有过深的孔。
- (7)零件的结构应便于加工。
- (8)尽量减少加工表面数和缩小加工表面积。
- (9)同一零件上的类似参数应尽量一样。
- (10)使零件结构尽可能减少加工装夹的次数。
- (11)使零件加工尽量避免采用特殊的机床、夹具和刀具。
- (12)零件结构应与生产类型和具体的生产条件相适应。

五、零、部件装配的结构工艺性

零、部件装配工艺性的好坏,直接影响装配质量、装配周期、装配所需的劳动量以及机器维修的可行性与经济性。

零、部件的装配工艺性往往和零件机械加工的结构工艺性矛盾。例如,采用完全互换法求

解装配尺寸链而确定的各组成零件的公差,装配工艺性好,但对零件的精度要求就高,因此机械加工的工艺性就相对变差;采用修配法,情况则刚好相反。所以只有熟悉产品的整个生产过程,根据具体情况全面考虑,才能解决这些矛盾。

改进零、部件装配工艺性的几个基本原则是:

- (1) 机器结构应尽可能分成独立进行装配的装配单元以便于平行装配。
- (2) 减少装配时的补充机械加工量和钳工修配工作量。
- (3) 尽量减少装配尺寸链的环数。
- (4) 要求便于装配和调整。
- (5) 柴油机在使用中常常要更换气缸套、活塞环、轴瓦等易损件,在设计时应考虑机器的拆卸和维修。
- (6) 应便于起吊。

§ 1-6 工件的装夹

工件加工时,首先要使它相对于机床和刀具具有一个正确的位置,只有处在这一位置上进行加工,才能保证加工表面对其他表面的位置精度。确定工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程,称为“定位”。工件在定位后将其固定,使其在加工过程中保持定位位置不变的操作,称为“夹紧”。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程,谓之“装夹”。

随着生产批量、加工精度、尺寸大小的不同,工件的装夹方法也不同,通常有以下三种:

一、直接找正装夹

图 1-5 示出在车床上找正装夹工件的示例。用划针校端面 A 和外圆柱面 B,使它们分别与车床主轴回转轴线垂直和同轴,然后夹紧工件。用划针找正可达到的精度为 0.5 mm,精度不高,又费时,一般只适用于单件小批生产中形状简单的零件。若对工件的定位精度要求很高(例如允许的定位误差小于 0.01~0.005 mm),即使采用专用夹具也无法保证其精度要求时,则只能用精密量具进行直接找正装夹。

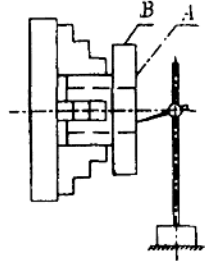


图 1-5 直接找正安装

二、按划线找正装夹

根据图纸要求预先在毛坯上划出待加工面位置线,然后按线痕找正装夹。这种方法,首先增加了一道划线工序,需要技术水平高的划线工,而且划线和按划线找正装夹费时,定位精度不高,一般其经济精度为 0.2~0.5 mm。此种方法的优点是不需要专用夹具,在单件小批生产中,形状复杂的铸件其精度不高,用划线找正,能保证工件各待加工表面都有足够的加工余量;还能使不需要加工的表面与加工面之间的相互位置不致有太大的偏移。因此,此法适用于单件小批生产形状复杂、尺寸很大的铸件和锻件。例如,柴油机的机座、气缸体、大型曲轴等。

三、用夹具装夹

这是一种先进完善的装夹方法。但用夹具装夹,需设计和制造适合于某一工序的夹具,因而生产准备周期长,夹具的制造精度要求高,有时需要精密设备(如坐标镗床)。所以,此法在成批、大量生产中广泛采用,单件生产中较少采用。但对那些结构复杂、精度要求又高的工件,如柴油机的曲轴,在普通车床上加工曲柄销时,则非用夹具不可。

§ 1-7 基准和定位基准的选择

一、基准

基准 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。按照基准的作用不同可将基准分为两大类,即设计基准和工艺基准。

1. 设计基准

指产品设计图样上所采用的基准,即零件图上用来确定尺寸、形状(有位置要求的轮廓度)和位置(如平行度、垂直度、同轴度等)时依据的点、线、面。如图 1-6 所示,平面 C、D 的位置尺寸是依据平面 A 标注的,所以平面 A 是 C、D 平面的设计基准;平面 A 还是用来确定 $\phi 6H6$ 轴线方向(垂直度)的设计基准。

2. 工艺基准

指在工艺过程中采用的基准,按其用途不同又可分为工序基准、测量基准、定位基准、装配基准。

(1) 工序基准 在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准。在用调整法加工时,工序基准应与定位基准重合;在用试切法加工时,工序基准应与测量基准重合。

(2) 测量基准 测量时所采用的基准。应该尽可能用设计基准作为测量基准。但有时用设计基准作测量基准不方便,甚至不可能,不得不改用其他表面作测量基准。

(3) 定位基准 在加工中作定位的基准。

在定位基准中,未加工过的毛坯面称为粗基准;已加工过的面称为精基准;为满足工艺需要,在工件上专门设计的定位面,称为辅助基准,如轴类零件的中心孔,筒状活塞的下端面及止口,它们在零件装配和机器运转中无任何用处。

工件以找正装夹时,用来校正工件在机床上的位置的几何要素,一般称“校验基准”,实质上是属于定位基准。

(4) 装配基准 装配时用来确定零件或部件在机器中的相对位置所采用的基准。

二、定位基准的选择

在制定零件的机械加工工艺规程时,一般首先考虑选择怎样的精基准把各个表面加工出来,然后考虑选择怎样的粗基准把精基准加工出来。

1. 精基准选择

选择精基准要以保证加工精度和装夹方便为出发点。一般应考虑下述原则:

(1) 尽可能采用设计基准作为定位基准,这是所谓“基准重合”的原则。因为定位基准与设计基准不重合时会引起基准不重合误差。例如图 1-7 所示镗活塞销孔时的定位情况,按设计需要,零件图上的标注尺寸为 A。但在图示情况下镗杆的位置尺寸由 C 调整,即使不考虑其他误差(如刀具位置的调整误差),由于在前面工序中加工尺寸 B 时有误差 δ_B ,使尺寸 A 的设计基准(活塞顶面)相对于定位基准(活塞下端面)的位置有变化,变动量为 δ_n ,则尺寸 A 也产生误

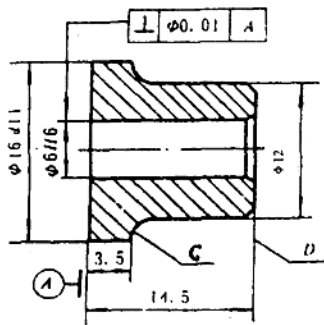


图 1-6 零件的设计基准

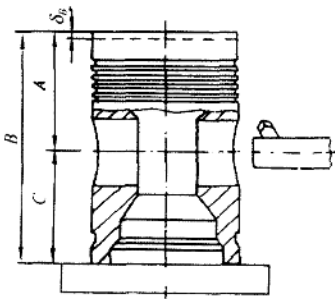


图 1-7 基准不重合误差

差 δ_B 。这样的误差是由于定位基准与设计基准不重合造成的,故称为“基准误差”。当定位基准与零件图上所注位置公差基准不重合时,也同样产生基准不重合误差。

(2)当工件以某一组精基准定位,便于加工其他表面时,要求后续工序尽可能都用这组精基准定位。这就是通常讲的“基准统一”原则。

基准统一可以简化工艺过程,并减少设计制造夹具的时间和费用。例如活塞加工以下端面 and 止口(辅助基准)作为统一精基准,可使大多数工序的夹具结构相同;另外在配件生产中,活塞的外圆尺寸不同,作为辅助基准的止口尺寸可以不变,可用同一夹具进行加工。除此之外,由于避免了

基准变换过多所带来的误差,特别是位置误差,在一定程度上还有利于提高加工精度。

(3)某些精加工工序要求加工余量小而均匀,则可选被加工面本身作为精基准,这就是所谓“自为基准”的原则。例如在精镗活塞销孔及精镗连杆大、小端孔时常用孔表面本身作为精基准。

(4)所选的精基准,应能保证工件装夹稳定可靠,夹具结构简单,操作方便。

对于上述原则,必须结合整个工艺过程和工件的定位夹紧方式全面加以分析,并从保证加工精度出发选择合适的精基准。

2. 粗基准选择

精基准选定以后,应在最初的工序中把这些精基准加工出来。这时只能用粗基准来定位。为了说明所选粗基准的不同对工件的影响,现以活塞为例进行分析。

选择活塞的粗基准,通常有两种不同方案:

(1)用外圆作粗基准,夹在三爪卡盘车出下端面及止口,再以下端面 and 止口作为以后工序的精基准。如果活塞铸出来的内腔和外圆有偏心现象(内、外圆不同轴),用止口定位车外圆之后这种偏心现象依然如故,因而活塞的壁厚是不均匀的。但由于止口是用外圆定位加工出来的,所以反过来用止口定位加工外圆时加工余量是均匀的;

(2)用内腔作粗基准车出外圆,再用外圆作为以后各工序的精基准;或者车出外圆后,再以外圆为基准车出止口,在以后工序中以止口为辅助基准。在这种方案中,活塞的壁厚将是均匀的,但车外圆时的加工余量不均匀。

从这里可以归纳出选择粗基准的两个主要原则:

(1)如果必须保证零件某重要表面的加工余量均匀时,则应选择该表面作为粗基准。

(2)如果必须保证工件某一不加工表面与加工表面之间的相互位置要求,则应以不加工面作为粗基准。如果有好几个不加工面,则选择其中与加工面相互位置要求较高的表面作为粗基准。

应当指出,上述两方面的要求是相互矛盾的。因此在选择粗基准时,必须明确零件在哪方面的要求是主要的。

对于活塞,若壁厚不均,会使其强度不一致,重量不对称,将影响它在气缸内工作的平稳性。所以保证壁厚的均匀性是主要的。至于保证加工余量均匀则处于从属的地位,因为加工余量不均匀虽然影响外圆的加工精度,但可以在以后的工序中给予修正。所以,在单件小批生产

中采用木模砂型浇铸的毛坯,由于筒壁厚薄不均,故在粗车外圆时应按内腔划线或直接按内腔找正安装。然而,在大批大量生产中,毛坯系用金属硬模浇铸,壁厚均匀,所以可以采用外圆和顶面作粗基准,用三爪卡盘装夹,这样既保证了壁厚均匀,又不要复杂的夹具,加工时操作也较为方便。

除了上述原则外,在选择粗基准时还必须注意:

(1)粗基准必须使定位可靠,便于夹紧,夹具结构简单。所以,粗基准表面必须平整光滑,没有毛刺、浇冒口或其他缺陷。

(2)粗基准一般只使用一次,应尽量避免重复使用,因为粗基准本身是毛面,表面粗糙度大,精度差,不能保证工件在前后两次定位中占据同一正确的位置,从而引起相应的加工表面出现较大的位置误差。

但是在某些情况下,重复使用粗基准也是可以的。例如毛坯是精密铸件或精密锻件,作为粗基准的表面较平整,光洁,精度较高,而加工精度要求又不高时,可以重复使用某一粗基准。

§ 1-8 工艺路线的拟订

一、表面加工方法的选择

1. 外圆的加工

对于外圆表面来说,根据加工质量的要求不同,可分别采用下列加工方案(参看表 1-2)。

(1)粗车(加工精度达 IT12~IT13,粗糙度为 $Ra_{100} \sim 25 \mu\text{m}$)。

(2)粗车一半精车(IT10~IT11, $Ra_{12.5} \sim 3.2 \mu\text{m}$)。

以上两种方案适合于加工除淬火钢以外的各种金属。

(3)粗车一半精车一磨削(IT7~IT9, $Ra_{1.6} \sim 0.8 \mu\text{m}$)。

(4)粗车一半精车一粗磨一精磨(IT6, $Ra_{0.8} \sim 0.4 \mu\text{m}$)。

(5)粗车一半精车一粗磨一精磨一研磨或超精加工、镜面磨削、砂带磨(IT5, $Ra_{0.2} \sim 0.01 \mu\text{m}$)。

以上三种方案最适用于加工淬火钢件,也可用于要求高或较高的未淬火钢件、铸件等,但对有色金属,因其韧性很大,磨削时易堵塞砂轮,难以得到光洁的表面,一般不宜采用。

(6)粗车一半精车一精车(IT7, $Ra_{3.2} \sim 1.6 \mu\text{m}$)。

(7)粗车一半精车一精车一细车(IT5~IT6, $Ra_{0.8} \sim 0.4 \mu\text{m}$)。

这两种方案适用于加工有色金属。在加工大型零件的精密外圆时,常用精细车代替磨削加工。如果零件的表面质量有更高要求时,可在精车后采用滚压,或在精细车后进行光整加工(如抛光、砂带磨等),以降低表面粗糙度的高度值。

除了上述典型加工路线外,对于大直径的外圆,还可以选用铣削加工提高生产率。

由上述分析可知,有一定加工要求的外圆,往往可以采用几种加工方案,但在具体条件下最合理的方案却只有一个。例如曲轴轴颈加工的技术要求,尺寸公差为 IT6,粗糙度为 $Ra_{0.8} \mu\text{m}$ 。它可以选用下述两种方案:

方案 I 粗车一半精车一精车一细车

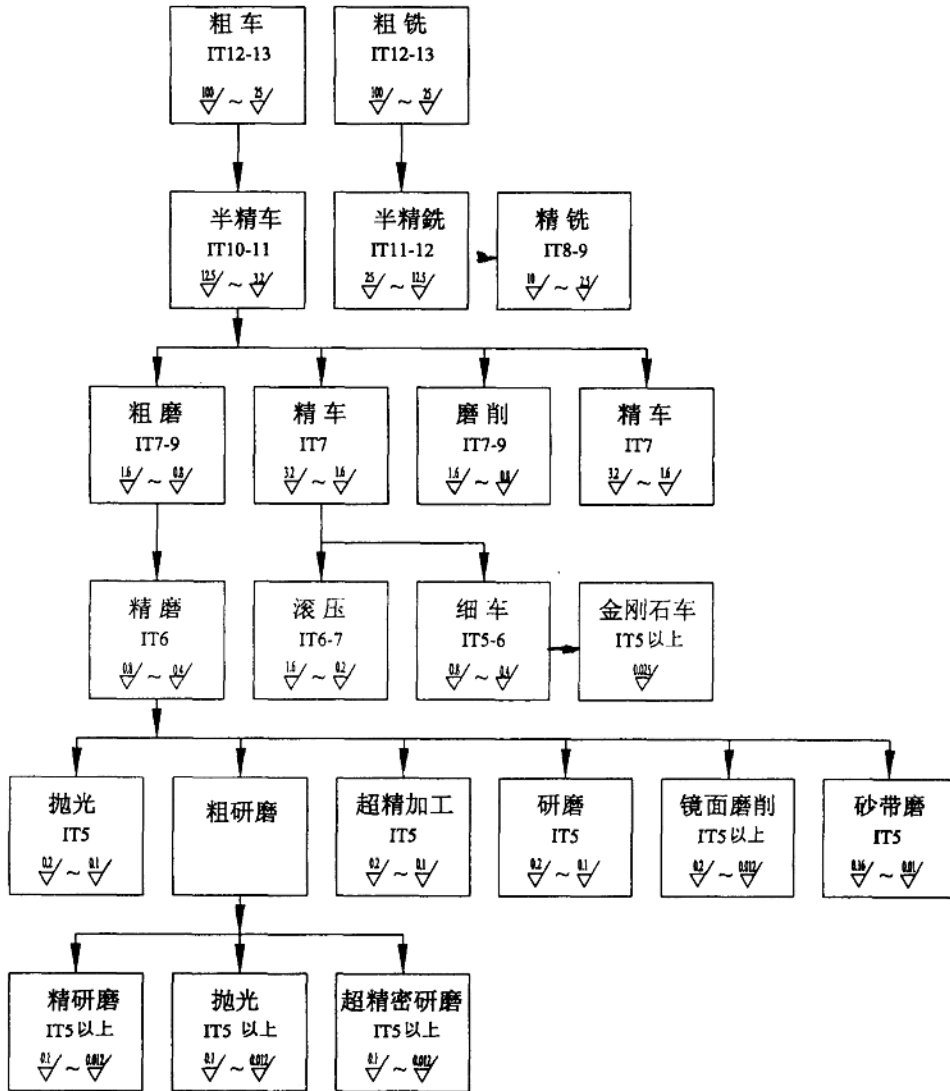
方案 II 精车一半精车一粗磨一精磨

方案 I 用普通车床就可以实现,无需专门的曲轴磨床。但应指出的是,采用本方案时,必须

严格划分加工阶段以及合理选择切削用量,同时还要由技术水平较高的工人来操作,否则难以达到加工要求。此外,在普通车床上进行精细车时生产率较低。因而这种方案适用于单件小批生产。

方案 1 需采用曲轴磨床来实现。这种加工方案不仅能保证加工精度和粗糙度要求,且生产率较高。然而由于采用的曲轴磨床设备费用较高,故只适用于成批大量生产。

表 1-2 外圆柱表面的加工路线

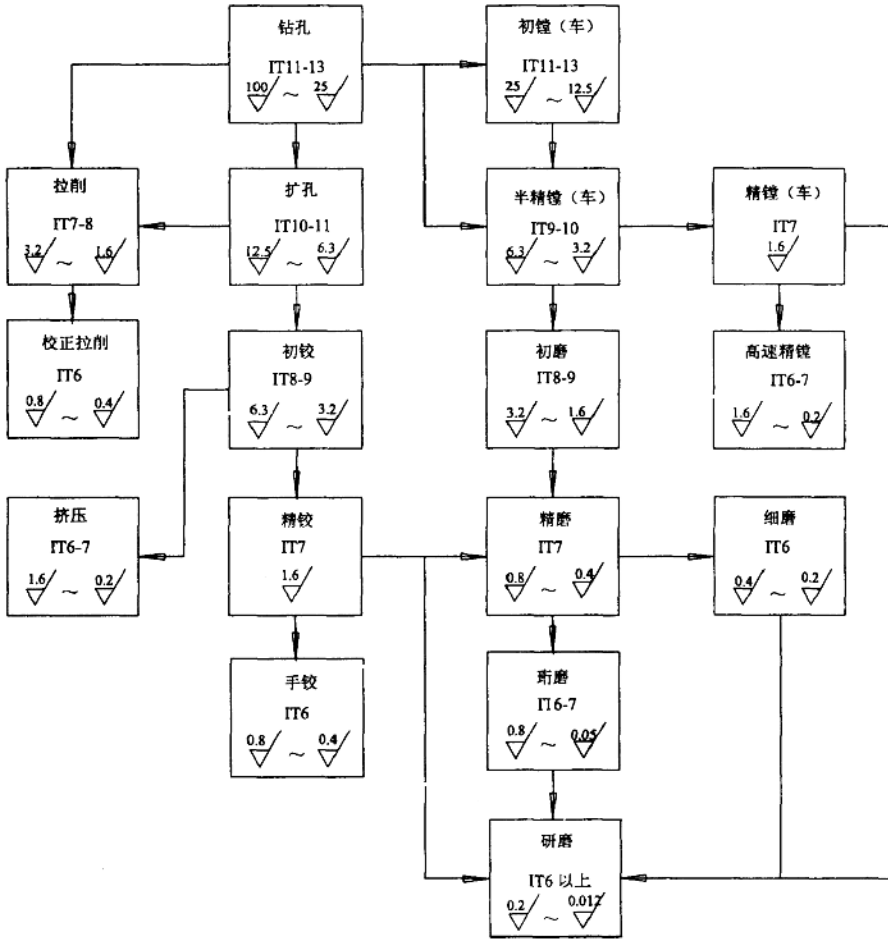


2. 孔加工

孔的加工方案可参考表 1-3。直径小于 30 mm 的孔,毛坯都是实心的,因此第一道工序都

是钻孔。直径大于 50 mm 的孔,在毛坯上一般都铸出或锻出孔,第一道工序为粗镗或扩孔。直径在 30~50 mm 的孔,毛坯上是否有孔,需视具体情况而定。如果它位于箱体零件上面,则一般不铸出,因为铸出的孔由于泥芯在浇铸时的偏斜反而会给加工带来很大困难。如果它位于

表 1-3 孔的加路线



中小零件上面,则一般铸或锻出孔,以节约金属和减少加工工作量。直径小于 80 mm 的孔,用定尺寸刀具和用钻、扩、铰进行加工,可以提高生产率,保证加工质量。工件材料应为未淬火钢或铸铁,对于有色金属虽可加工,但铰孔后不易保证所需的表面粗糙度。

镗孔,可作为粗加工,也可作为精加工;可以加工各种零件上尺寸不同的孔,而对于直径为 100 mm 以上的孔几乎是惟一的加工方法;由于镗孔刀具结构简单,又可以在各种机床上进行,故在单件和成批生产中,镗孔是较经济的方法;高速精镗是有色金属零件上孔精加工的主要方法。