

SHUKONG JIAGONG ZHONGXIN
JIAGONG JIQIAO YU SHILI

数控加工中心 加工技巧与实例

□ 杨文林 主编

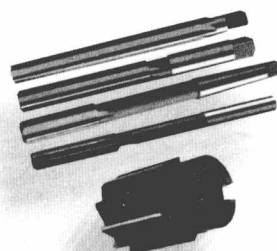
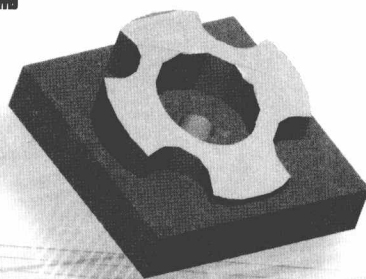


化学工业出版社

SHUKONG JIAGONG ZHONGXIN
JIAGONG JIQIAO YU SHILI

数控加工中心 加工技巧与实例

□ 杨文林 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工中心加工技巧与实例/杨文林主编. —北京:
化学工业出版社, 2010. 6
ISBN 978-7-122-07537-6

I. 数… II. 杨… III. 数控机床加工中心-加工工
艺 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 001433 号

责任编辑: 王 烨
责任校对: 郑 捷

文字编辑: 陈 元
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 410 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

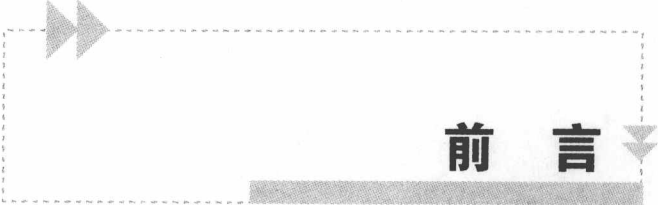
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究



前言

SHUKONG JIAGONG ZHONGXIN
JIAGONG JIQIAO YU SHILI
数控加工中心加工技巧与实例

数控加工是机械制造业中的先进加工技术。在企业生产中,数控机床的使用已经非常广泛,因此对熟悉数控机床编程、操作及维护等技术的应用型人才的需求也急剧增加。本书就是为适应这一形势的需要而编写的。

加工中心是由机械设备与数控系统组成的用于加工复杂形状工件的高效率自动化机床。加工中心备有刀库,具有自动换刀功能,对工件一次装夹后数控系统能控制机床按不同工序自动选择和更换刀具,自动对刀,自动改变主轴转速、进给量等,可连续完成钻、镗、铣、铰、攻螺纹等多工序加工,因而大大减少了工件装夹时间、测量和机床调整等辅助工序时间,对形状比较复杂、精度要求较高、品种更换频繁的零件加工具有良好的经济效果。

随着数控加工中心在我国日益普及,对数控机床了解和使用的逐步加深,如何利用机床特性,如何运用工艺与编程知识灵活地解决各种加工难题,是数控机床使用者的重点努力方向。

本书是编者多年企业工作和教学实践的积累和升华。编者希望能将自己的加工经验和技巧无私地奉献给读者,并力图让读者容易理解,一学就会。书中以实例的形式列举了大量在编程和加工过程中遇到的疑点和难点问题,从编程工艺、刀具工艺、装夹工艺及加工工艺等角度进行了有针对性的解决。书中在对实例进行解析的同时,还与其他加工方法进行了比较,对读者领会和掌握技巧十分有益。

本书可作为数控加工中心操作工、中级工、高级工、技师的培训参考书,可用于中、高等职业院校师生技能训练辅导,也可作为制造类企业中从事数控操作人员的自学用书。

本书由西航培训中心杨文林主编,江波参加编写。由西航培训中心谢龙爱副主任主审。感谢西航培训中心主任董亚雄、杨兵、齐玉萍,培训中心技术培训科科长金涛,技术培训科教务主任刘振福,教务干事刘台灵、叶新萍,培训师魏晓棠、李锋等,西航公司技术人员徐瑾、齐梦、王晓晶、冯博、常晓飞、周杨、熊伟等。

限于编者知识和水平,加之时间仓促,书中难免存在一些疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

SHUKONG JIAGONG ZHONGXIN
JIAGONG JIQIAO YU SHILI
数控加工中心加工技巧与实例

第 1 章	分析零件加工的方法及步骤	1
1.1	数控加工工艺分析的方法与步骤	1
1.1.1	机床的合理选用	1
1.1.2	数控加工零件工艺性分析	1
1.1.3	加工方法的选择与加工方案的确定	2
1.1.4	工序与工步的划分	2
1.1.5	零件的安装与夹具的选择	3
1.1.6	刀具的选择与切削用量的确定	3
1.1.7	对刀点与换刀点的确定	4
1.1.8	加工路线的确定	5
1.2	数控加工工艺方案设计的主要内容	6
1.3	数控加工工序的划分原则	7
1.3.1	加工工序划分的方法	7
1.3.2	加工工序划分的原则	7
1.4	确定加工路线的原则	8
1.4.1	数控加工工艺分析	9
1.4.2	工艺方案的拟定	10
第 2 章	加工中心刀具工艺与技巧	11
2.1	加工中心刀具工艺分析	11
2.1.1	数控加工对刀具的要求	11
2.1.2	加工中心铣刀种类及其工艺分析	12
2.1.3	铣刀的选择	17
2.1.4	可转位刀片的使用	18
2.2	改变加工中心刀具几何参数加工工艺	19
2.2.1	加工中心铣刀的改进工艺	19

2.2.2 加工中心刀具的选用原则·····	20
实例一、旋流器零件加工·····	22
2.3 加工中心刀具切削用量加工工艺 ·····	26
2.3.1 选择铣削用量的原则·····	26
2.3.2 被切金属层深度(厚度)的选择·····	26
2.3.3 进给量的选择·····	27
2.3.4 铣削速度的选择·····	27
实例二、大余量凹模加工·····	28

第 3 章 零件装夹工艺技巧 40

3.1 矩形零件装夹加工 ·····	41
实例三、机用平口钳装夹加工零件·····	42
实例四、水平工艺板装夹加工零件·····	47
3.2 轴类零件装夹加工 ·····	58
实例五、三爪卡盘装夹加工零件·····	58
3.3 组合夹具加工工艺 ·····	65
3.3.1 应用范围·····	65
3.3.2 组合夹具元件系统主要技术特点·····	65
3.3.3 机床夹具的作用·····	66
3.3.4 机床夹具的分类·····	66
3.3.5 工件在夹具中的定位·····	67
实例六、叶片定位型面叶身的加工·····	71

第 4 章 加工中心编程加工技巧 79

4.1 二维平面编程加工 ·····	79
4.1.1 确定工艺过程及工艺路线·····	79
4.1.2 分析零件图纸计算刀具轨迹的坐标值·····	79
4.1.3 编制数控加工程序·····	79
4.1.4 程序输入数控系统·····	79
4.1.5 试切削、试运行并效验程序·····	79
实例七、板型零件加工·····	80
4.2 加工中心功能编程加工 ·····	85
4.2.1 加工中心程序的编制特点·····	85
4.2.2 加工中心的附件·····	85
实例八、凸模零件加工·····	87
实例九、凸凹型块加工·····	92
4.3 宏程序编程加工工艺 ·····	95
4.3.1 变量编程概述·····	95
4.3.2 FANUC 宏程序编程基础·····	96
4.3.3 用户宏程序功能 B·····	100

实例十、进气阀孔零件加工	108
实例十一、右旋外螺纹的加工	114
4.4 混合编程加工工艺	116
实例十二、复合型面加工	117

第 5 章 应用软件加工技巧 123

5.1 CAD/CAM 软件加工工艺分析	123
5.2 MasterCAM 软件加工工艺	124
实例十三、手动旋钮凸凹模加工	128
实例十四、梯形螺纹的加工	162
5.3 CAD/CAM 混合使用加工技巧	167
实例十五、叶片预锻模具加工	168

第 6 章 典型零件加工技巧 177

6.1 箱体类零件加工	177
6.1.1 FANUC Oi 数控系统局部坐标系指令 G52	177
6.1.2 FANUC Oi 数控系统利用程序输入补偿值 (G10)	178
实例十六、机油箱体部分型面加工	179
6.2 镶配类零件编程加工工艺	186
实例十七、镶配零件加工	187
6.3 螺旋类零件编程加工工艺	197
6.3.1 三爪卡盘装夹零件方法	197
6.3.2 工件的找正	197
6.3.3 薄壁零件的装夹	197
6.3.4 螺旋的相关知识	198
实例十八、流道体零件加工	199
6.4 加工中心多轴零件加工	202
实例十九、斜面体零件加工	202

第 7 章 复杂零件加工技巧 214

7.1 复杂零件加工工艺分析	214
7.2 复杂零件加工	218
实例二十、端盖加工	218
实例二十一、进气壳体加工	223
实例二十二、球面螺旋天线的加工	229

参考文献 241

第 1 章

分析零件加工的方法及步骤

1.1 数控加工工艺分析的方法与步骤

程序编制人员进行工艺分析时,要有机床说明书、编程手册、切削用量表、标准工具、夹具手册等资料,根据被加工工件的材料、轮廓形状、加工精度等选用合适的机床,制定加工方案,确定零件的加工顺序,各工序所用刀具、夹具和切削用量等。此外,编程人员应不断总结、积累工艺分析方面的实际经验,编写出高质量的数控加工程序。

1.1.1 机床的合理选用

在数控机床上加工零件时,一般有两种情况。

第一种情况:有零件图样和毛坯,要选择适合加工该零件的数控机床。第二种情况:已经有了数控机床,要选择适合在该机床上加工的零件。无论哪种情况,考虑的因素主要有,毛坯的材料种类、零件轮廓形状复杂程度、尺寸大小、加工精度、零件数量、热处理要求等。概括起来有三点:

- ① 要保证加工零件的技术要求,加工出合格的产品;
- ② 有利于提高生产率;
- ③ 尽可能降低生产成本(加工费用)。

1.1.2 数控加工零件工艺性分析

数控加工工艺性分析涉及面很广,在此仅从数控加工的可能性和方便性两方面加以分析。

(1) 零件图样上尺寸数据的给出应符合编程方便的原则

① 零件图上尺寸标注方法应适应数控加工的特点。在数控加工零件图上,应以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注方法既便于编程,也便于尺寸之间的相互协调,在保持设计基准、工艺基准、检测基准与编程原点设置的一致性方面带来很大方便。由于零件设计人员一般在尺寸标注中较多地考虑装配等使用特性方面的因素,而不得不采用局部分散的标注方法,这样就会给工序安排与数控加工带来许多不便。由于数控加工精度和重复定位精度都很高,不会因产生较大的积累误差而破坏使用特性,因此可将局部的分散标注法改为同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸的标注法。

② 构成零件轮廓的几何元素的条件应充分。在手工编程时要计算基点或节点坐标。在自动编程时,要对构成零件轮廓的所有几何元素进行定义。因此在分析零件图时,要分析几何元素的给定条件是否充分。如圆弧与直线、圆弧与圆弧在图样上相切,但根据图上给出的



尺寸,在计算相切条件时,变成了相交或相离状态。由于构成零件几何元素条件的不充分,使编程时无法下手。遇到这种情况时,应与零件设计者协商解决。

(2) 零件各加工部位的结构工艺性应符合数控加工的特点

① 零件的内腔和外形最好采用统一的几何类型和尺寸。这样可以减少刀具规格和换刀次数,使编程方便、生产效益提高。

② 内槽圆角的大小决定着刀具直径的大小,因而内槽圆角半径不应过小。零件工艺性的好坏与被加工轮廓的高低、转接圆弧半径的大小等有关。

③ 零件铣削底平面时,槽底圆角半径 r 不应过大。

④ 应采用统一的基准定位。在数控加工中,若没有统一基准定位,会因工件的重新安装而导致加工后的两个面上轮廓位置及尺寸不协调现象。因此要避免上述问题的产生,保证两次装夹加工后其相对位置的准确性,应采用统一的基准定位。

零件上最好有合适的孔作为定位基准孔,若没有,要设置工艺孔作为定位基准孔(如在毛坯上增加工艺凸耳或在后续工序要铣去的余量上设置工艺孔)。若无法制出工艺孔时,最起码也要用经过精加工的表面作为统一基准,以减少两次装夹产生的误差。

此外,还应分析零件所要求的加工精度、尺寸公差等是否可以得到保证、有无引起矛盾的多余尺寸或影响工序安排的封闭尺寸等。

1.1.3 加工方法的选择与加工方案的确定

(1) 加工方法的选择

加工方法的选择原则是保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一级精度及表面粗糙度的加工方法一般有许多,因而在实际选择时,要结合零件的形状、尺寸大小和热处理要求等全面考虑。例如,对于IT7级精度的孔采用镗削、铰削、磨削等加工方法均可达到精度要求,但箱体上的孔一般采用镗削或铰削,而不宜采用磨削。一般小尺寸的箱体孔选择铰孔,当孔径较大时则应选择镗孔。此外,还应考虑生产率和经济性的要求,以及工厂的生产设备等实际情况。常用加工方法的经济加工精度及表面粗糙度可查阅有关工艺手册。

(2) 加工方案确定的原则

零件上比较精密表面的加工,常常是通过粗加工、半精加工和精加工逐步达到的。对这些表面仅仅根据质量要求选择相应的最终加工方法是不够的,还应正确地确定从毛坯到最终成形的加工方案。

确定加工方案时,首先应根据主要表面的精度和表面粗糙度的要求,初步确定为达到这些要求所需要的加工方法。例如,对于孔径不大的IT7级精度的孔,最终加工方法取精铰时,则精铰孔前通常要经过钻孔、扩孔和粗铰孔等加工。

1.1.4 工序与工步的划分

(1) 工序的划分

在数控机床上加工作件,工序可以比较集中,在一次装夹中尽可能完成大部分或全部工序。首先应根据零件图样,考虑被加工零件是否可以在一台数控机床上加工作件,若不能则应决定其中哪一部分在数控机床上加工作件,哪一部分在其他机床上加工,即对零件的加工工序进行划分。



(2) 工步的划分

工步的划分主要从加工精度和效率两方面考虑。在一个工序内往往需要采用不同的刀具和切削用量,对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述较复杂的工序,在工序内又细分为工步。下面以加工中心为例来说明工步划分的原则。

① 同一表面按粗加工、半精加工、精加工依次完成,或全部加工表面按先粗后精加工分开进行。

② 对于既有铣面又有镗孔的零件,可先铣面后镗孔。按此方法划分工步,可以提高孔的精度。因为铣削时切削力较大,工件易发生变形。先铣面后镗孔,使其有一段时间恢复,减少由变形引起的对孔的精度影响。

③ 按刀具划分工步。某些机床工作台回转时间比换刀时间短,可采用按刀具划分工步,以减少换刀次数,提高加工效率。

总之,工序与工步的划分要根据具体零件的结构特点、技术要求等情况综合考虑。

1.1.5 零件的安装与夹具的选择

(1) 定位安装的基本原则

① 力求设计、工艺与编程计算的基准统一。

② 尽量减少装夹次数,尽可能在一次定位装夹后,加工出全部待加工表面。

③ 避免采用占机人工调整式加工方案,以充分发挥数控机床的效能。

(2) 选择夹具的基本原则

数控加工的特点对夹具提出了两个基本要求:一是要保证夹具的坐标方向与机床的坐标方向相对固定;二是要协调零件和机床坐标系的尺寸关系。除此之外,还要考虑以下四点:

① 当零件加工批量不大时,应尽量采用组合夹具、可调式夹具及其他通用夹具,以缩短生产准备时间、节省生产费用;

② 在成批生产时才考虑采用专用夹具,并力求结构简单;

③ 零件的装卸要快速、方便、可靠,以缩短机床的停顿时间;

④ 夹具上各零部件应不妨碍机床对零件各表面的加工,即夹具要开敞其定位、夹紧机构元件不能影响加工中的走刀(如产生碰撞等)。

1.1.6 刀具的选择与切削用量的确定

(1) 刀具的选择

刀具的选择是数控加工工艺中重要内容之一,它不仅影响机床的加工效率,而且直接影响加工质量。编程时,选择刀具通常要考虑机床的加工能力、工序内容、工件材料等因素。与传统的加工方法相比,数控加工对刀具的要求更高。不仅要求精度高、刚度好、耐用度高,而且要求尺寸稳定、安装调整方便。这就要求采用新型优质材料制造数控加工刀具,并优选刀具参数。

选取刀具时,要使刀具的尺寸与被加工工件的表面尺寸和形状相适应。生产中,平面零件周边轮廓的加工,常采用立铣刀。铣削平面时,应选硬质合金刀片铣刀;加工凸台、凹槽时,选高速钢立铣刀;加工毛坯表面或粗加工孔时,可选镶硬质合金的玉米铣刀。选择立铣刀加工时,刀具的有关参数,推荐按经验数据选取。曲面加工常采用球头铣刀,但加工曲面较平坦部位时,刀具以球头顶端刃切削,切削条件较差,因而应采用环形刀。在单件或小批



量生产中,为取代多坐标联动机床,常采用鼓形刀或锥形刀来加工飞机上一些变斜角零件加镶齿盘铣刀,适用于在五坐标联动的数控机床上加一些球面,其效率比用球头铣刀高近十倍,并可获得好的加工精度。

在加工中心上,各种刀具分别装在刀库上,按程序规定随时进行选刀和换刀工作。因此必须有一套连接普通刀具的接杆,以便使钻、镗、扩、铰、铣削等工序用的标准刀具,迅速、准确地装到机床主轴或刀库上去。作为编程人员应了解机床上所用刀杆的结构尺寸以及调整方法、调整范围,以便在编程时确定刀具的径向和轴向尺寸。目前我国的加工中心采用TSG工具系统,其柄部有直柄(三种规格)和锥柄(四种规格)两种,共包括16种不同用途的刀。

(2) 切削用量的确定

切削用量包括主轴转速(切削速度)、背吃刀量、进给量。对于不同的加工方法,需要选择不同的切削用量,并应编入程序单内。

合理选择切削用量的原则是:粗加工时,一般以提高生产率为主,但也应考虑经济性和加工成本;半精加工和精加工时,应在保证加工质量的前提下,兼顾切削效率、经济性和加工成本。具体数值应根据机床说明书、切削用量手册,并结合经验而定。

1.1.7 对刀点与换刀点的确定

在编程时,应正确地选择“对刀点”和“换刀点”的位置。“对刀点”就是在数控机床上加一些球面,其效率比用球头铣刀高近十倍,并可获得好的加工精度。

对刀点的选择原则是:

- ① 便于用数字处理和简化程序编制;
- ② 在机床上找正容易,加工中便于检查;
- ③ 引起的加工误差小。

对刀点可选在工件上,也可选在工件外面(如选在夹具上或机床上)但必须与零件的定位基准有一定的尺寸关系。为了提高加工精度,对刀点应尽量选在零件的设计基准或工艺基准上,如以孔定位的工件,可选孔的中心作为对刀点。刀具的位置则以此孔来找正,使“刀位点”与“对刀点”重合。工厂常用的找正方法是将千分表装在机床主轴上,然后转动机床主轴,以使“刀位点”与对刀点一致。一致性越好,对刀精度越高。所谓“刀位点”是指车刀、镗刀的刀尖;钻头的钻尖;立铣刀、端铣刀刀头底面的中心,球头铣刀的球头中心。

零件安装后工件坐标系与机床坐标系就有了确定的尺寸关系。在工件坐标系设定后,从对刀点开始的第一个程序段的坐标值;为对刀点在机床坐标系中的坐标值为 (x_0, y_0) 。当按绝对值编程时,不管对刀点和工件原点是否重合,都是 x_2, y_2 ;当按增量值编程时,对刀点与工件原点重合时,第一个程序段的坐标值是 x_2, y_2 ,不重合时,则为 (x_1+x_2, y_1+y_2) 。对刀点既是程序的起点,也是程序的终点。因此在成批生产中要考虑对刀点的重复精度,该精度可用对刀点相距机床原点的坐标值 (x_0, y_0) 来校核。

所谓“机床原点”是指机床上一个固定不变的极限点。例如,对车床而言,是指车床主轴回转中心与车头卡盘端面的交点。

加工过程中需要换刀时,应规定换刀点。所谓“换刀点”是指刀架转位换刀时的位置。该点可以是某一固定点(如加工中心机床,其换刀机械手的位置是固定的),也可以是任意的一点(如车床)。换刀点应设在工件或夹具的外部,以刀架转位时不碰工件及其他部件为准。其设定值可用实际测量方法或计算确定。



1.1.8 加工路线的确定

在数控加工中,刀具刀位点相对于工件运动的轨迹称为加工路线。编程时,加工路线的确定原则主要有以下几点:

- ① 加工路线应保证被加工零件的精度和表面粗糙度,且效率较高;
- ② 使数值计算简单,以减少编程工作量;
- ③ 应使加工路线最短,这样既可减少程序段,又可减少空刀时间,确定是一次走刀,还是多次走刀来完成加工以及在铣削加工中是采用顺铣还是采用逆铣等。

对点位控制的数控机床,只要求定位精度较高,定位过程尽可能快,而刀具相对工件的运动路线是无关紧要的,因此这类机床应按空程最短来安排走刀路线。除此之外还要确定刀具轴向的运动尺寸,其大小主要由被加工零件的孔深来决定,但也应考虑一些辅助尺寸,如刀具的引入距离和超越量。

铣削平面零件时,一般采用立铣刀侧刃进行切削。为减少接刀痕迹,保证零件表面质量,对刀具的切入和切出程序需要精心设计。铣削外表面轮廓时,铣刀的切入和切出点应沿零件轮廓曲线的延长线上切向切入和切出零件表面,而不应沿法向直接切入零件,以避免加工表面产生划痕,保证零件轮廓光滑。进退刀方式在铣削加工中是非常重要的,二维轮廓的铣削加工常见的进退刀方式有垂直进刀、侧向进刀和圆弧进刀方式。如图 1-1 所示。垂直进刀路径短,但工件表面有接痕,常用于粗加工;侧向进刀和圆弧进刀,工件加工表面质量高,多用于精加工。

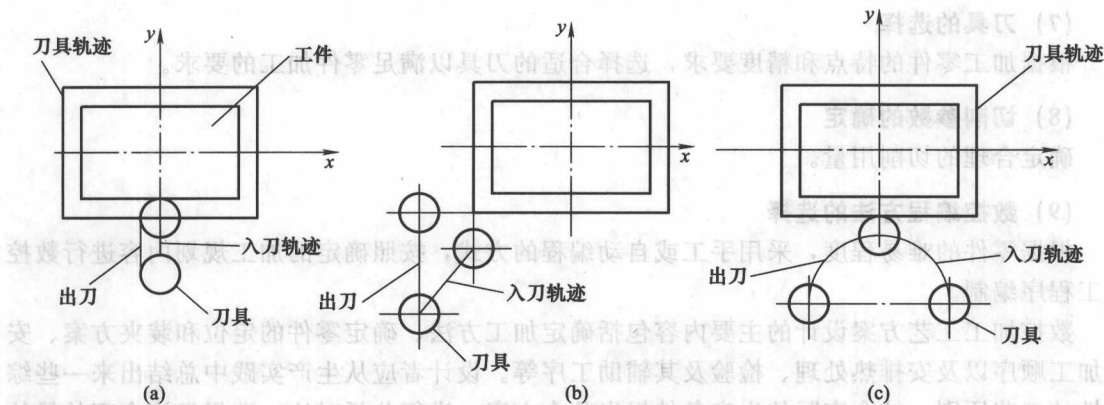


图 1-1 刀具的进、退刀方式

铣削内轮廓表面时,切入和切出无法外延,这时铣刀可沿零件轮廓的法线方向切入和切出,并将其切入、切出点选在零件轮廓两几何元素的交点处。加工过程中,工件、刀具、夹具、机床系统平衡弹性变形的状态下,进给停顿时,切削力减小,会改变系统的平衡状态,刀具会在进给停顿处的零件表面留下划痕,因此在轮廓加工中应避免进给停顿。

曲面时,常用球头刀采用“行切法”进行加工。所谓行切法是指刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的,而行间的距离是按零件加工精度的要求确定的。铣削加工中,不同的刀具,其半径、长度是不同的。刀具零点是数控镗铣类机床主轴装刀锥孔端面与轴线的交点,是刀具半径、长度的零点。编程时为了编程方便,按工件轮廓轨迹编制程序。执行程序时的走刀轨迹实际上是刀具零点的轨迹,因此使用不同的刀具时,应进行刀具半径及长度的补偿。

1.2 数控加工工艺方案设计的主要内容

(1) 零件加工工艺性分析

对零件的设计图和技术要求进行综合分析。

(2) 加工方法的选择

选择零件具体的加工方法和切削方式。

(3) 机床的选择

选择合适的机床既能满足零件加工的外廓尺寸，又能满足零件的加工精度。

(4) 工装的选择

数控设备尽管减少了对于夹具的依赖程度，但还不能完全取消，在满足零件加工精度和技术要求的前提下，工装越简单越好。

(5) 加工区域规划

对加工对象进行分析，按其形状特征、功能特征及精度、粗糙度要求将加工对象划分成数个加工区域。对加工区域进行规划可以达到提高加工效率和加工质量的目的。

(6) 加工工艺路线规划

合理安排零件从粗加工到精加工的数控加工工艺路线，进行加工余量分配。

(7) 刀具的选择

根据加工零件的特点和精度要求，选择合适的刀具以满足零件加工的要求。

(8) 切削参数的确定

确定合理的切削用量。

(9) 数控编程方法的选择

根据零件的难易程度，采用手工或自动编程的方式，按照确定的加工规划内容进行数控加工程序编制。

数控加工工艺方案设计的主要内容包括确定加工方法、确定零件的定位和装夹方案、安排加工顺序以及安排热处理、检验及其辅助工序等。设计者应从生产实践中总结出来一些综合性的工艺原则，结合实际的生产条件提出几个方案，进行分析对比，选择经济合理的最佳

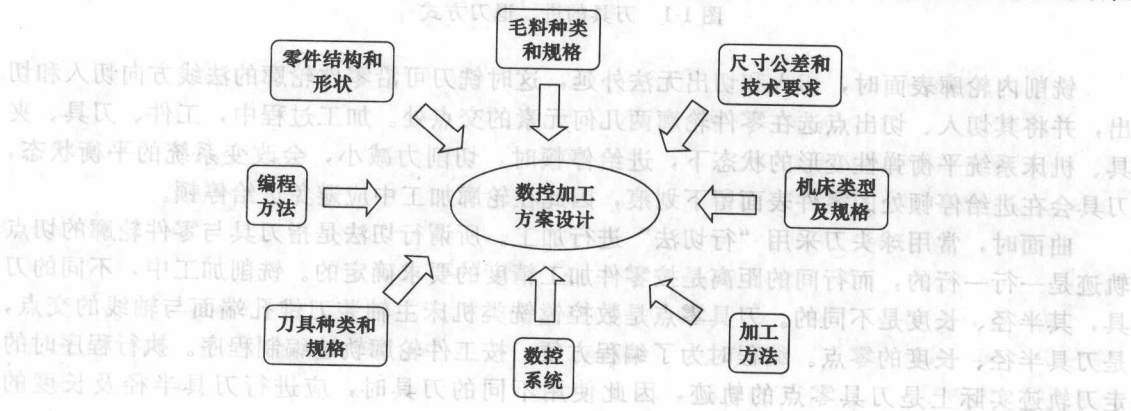


图 1-2 影响数控加工方案的主要因素

方案。合理的工艺方案能保证零件的加工精度、表面质量的要求。影响数控加工方案的主要因素如图 1-2 所示。

1.3 数控加工工序的划分原则

加工工序规划是指整个工艺过程而言的,不能以某一工序的性质和某一表面的加工来判断。例如有些定位基准面,在半精加工阶段甚至在粗加工阶段中就需加工得很准确。有时为了避免尺寸链换算,在精加工阶段中,也可以安排某些次要表面的半精加工。当确定了零件表面的加工方法和加工阶段后,就可以将同一加工阶段中各表面的加工组合成若干个工步。

1.3.1 加工工序划分的方法

在数控机床上加工的零件,一般按工序集中的原则划分工序,划分的方法有以下几种。

(1) 按所使用刀具划分

以同一把刀具完成的工艺过程作为一道工序,这种划分方法适用于工件的待加工表面较多的情形。加工中心常采用这种方法完成。

(2) 按工件安装次数划分

以零件一次装夹能够完成的工艺过程作为一道工序。这种方法适合于加工内容不多的零件,在保证零件加工质量的前提下,一次装夹完成全部的加工内容。

(3) 按粗精加工划分

将粗加工中完成的那一部分工艺过程作为一道工序,将精加工中完成的那一部分工艺过程作为另一道工序。这种划分方法适用于零件有强度和硬度要求,需要进行热处理或零件精度要求较高,需要有效去除内应力,以及零件加工后变形较大,需要按粗、精加工阶段进行划分的零件加工。

(4) 按加工部位划分

将完成相同型面的那一部分工艺过程作为一道工序。对于加工表面多而且比较复杂的零件,应合理安排数控加工、热处理和辅助工序的顺序,并解决好工序间的衔接问题。

1.3.2 加工工序划分的原则

零件是由多个表面构成的,这些表面有自己的精度要求,各表面之间也有相应的精度要求。为了达到零件的设计精度要求,加工顺序安排应遵循一定的原则。

(1) 先粗后精的原则

各表面的加工顺序按照粗加工、半精加工、精加工和光整加工的顺序进行,目的是逐步提高零件加工表面的精度和表面质量。

如果零件的全部表面均由数控机床加工,工序安排一般按粗加工、半精加工、精加工的顺序进行,即粗加工全部完成后再进行半精加工和精加工。粗加工时可快速去除大部分加工余量,再依次精加工各个表面,这样可提高生产效率,又可保证零件的加工精度和表面粗糙度。该方法适用于位置精度要求较高的加工表面。这并不是绝对的,如对于一些尺寸精度要求较高的加工表面,考虑到零件的刚度、变形及尺寸精度等要求,也可以考虑这些加工表面分别按粗加工、半精加工、精加工的顺序完成。对于精度要求较高的加工表面,在粗、精加工工序之间,零件最好搁置一段时间,使粗加工后的零件表面应力得到完全释放,减小零件



表面的应力变形程度,这样有利于提高零件的加工精度。

(2) 基准面先加工原则

加工一开始,总是把用作精加工基准的表面加工出来,因为定位基准的表面精确越高,装夹误差就越小,所以任何零件的加工过程,总是先对定位基准面进行粗加工和半精加工,必要时还要进行精加工,例如,轴类零件总是对定位基准面进行粗加工和半精加工,再进行精加工。轴类零件总是先加工中心孔,再以中心孔面和定位孔为精基准加工孔系和其他表面。如果精基准面不止一个,则应该按照基准转换的顺序和逐步提高加工精度的原则来安排基准面的加工。

(3) 先面后孔原则

对于箱体类、支架类、机体类等零件,平面轮廓尺寸较大,用平面定位比较稳定可靠,故应先加工平面,后加工孔。这样,不仅使后续的加工有一个稳定可靠的平面作为定位基准面,而且在平整的表面上加工孔,加工变得容易一些,也有利于提高孔的加工精度。通常,可按零件的加工部位划分工序,一般先加工简单的几何形状,后加工复杂的几何形状;先加工精度较低的部位,后加工精度较高的部位;先加工平面,后加工孔。

(4) 先内后外原则

对于精密套筒,其外圆与孔的同轴度要求较高,一般采用先孔后外圆的原则,即先以外圆作为定位基准加工孔,再以精度较高的孔作为定位基准加工外圆,这样可以保证外圆和孔之间具有较高的同轴度要求,而且使用的夹具结构也很简单。

(5) 减少换刀次数的原则

在数控加工中,应尽可能按刀具进入加工位置的顺序安排加工顺序,这就要求在不影响加工精度的前提下,尽量减少换刀次数,减少空行程,节省辅助时间。零件装夹后,尽可能使用同一把刀具完成较多的加工表面。当一把刀具完成可能加工的所有部位后,尽量为下道工序做些预加工,然后再换刀完成精加工或加工其他部位。对于一些不重要的部位,尽可能使用同一把刀具完成同一个工位的多道工序的加工。

(6) 连续加工的原则

在加工半封闭或封闭的内外轮廓时,应尽量避免数控加工中的停顿现象。由于零件、刀具、机床这一工艺系统在加工过程中暂时处于动态的平衡状态下,若设备由于数控程序安排出现突然进给停顿的现象,由于切削力会明显减少,就会失去原工艺系统的稳定状态,使刀具在停顿处留下划痕或凹痕。因此,在轮廓加工中应避免进给停顿的现象,以保证零件的加工质量。

1.4 确定加工路线的原则

加工路线的设定是很重要的环节,加工路线是刀具在切削加工过程中刀位点相对于工件的运动轨迹,它不仅包括加工工序的内容,也反映加工顺序的安排,因而加工路线是编写加工程序的重要依据。

① 加工路线应保证被加工工件的精度和表面粗糙度。

② 设计加工路线要减少空行程时间,提高加工效率。

③ 简化数值计算和减少程序段,减少编程工作量。

④ 根据工件的形状、刚度、加工余量、机床系统的刚度等情况,确定循环加工次数。

下面用一个实例说明零件加工工艺分析及步骤。

图 1-3 实例图

(z 方向) 的基准。这些基准面在数控加工过程中不再加工, 作为加工基准可以保证基准的

准确性和前后的统一性。

(3) 装夹方式

采用虎钳装夹, 工件顶面高于钳口至少 10mm 以上, 底面用等高垫铁垫起, 垫铁应注意尽量放置在零件底面最大范围, 增大零件安装面积。

1.4.2 工艺方案的拟定

坯料为正方体, 零件型面加工切削量较大, 必须先进行粗加工, 然后再经过半精加工和精加工完成。工件上两个圆孔是在平的型面(平面)上加工出来的, 可在型面加工完后再加工孔。表 1-1 为铣刀及切削参数的选择。

表 1-1 铣刀及切削参数的选择

序号	刀具类型	刀具材料	主轴转速/ $r \cdot \min^{-1}$	进给速度/ $\text{mm} \cdot \min^{-1}$
1	$\phi 18\text{mm}$ 平底刀	硬质合金	900	150
2	$\phi 16\text{mm}$ 平底刀	硬质合金	1500	100
3	$\phi 3\text{mm}$ 中心钻	高速钢	1000	100
4	$\phi 8\text{mm}$ 麻花钻头	高速钢	700	80
5	$\phi 9.8\text{mm}$ 麻花钻头	高速钢	600	80
6	$\phi 17.8\text{mm}$ 麻花钻头	高速钢	400	60
7	$\phi 10\text{mm}$ 机用铰刀	高速钢	150	30
8	$\phi 18\text{mm}$ 机用铰刀	高速钢	100	20

(1) 粗加工

① 选用硬质合金 $\phi 18\text{mm}$ 平底铣刀进行粗加工内外型面, 铣去大部分的余料, 留相应加工余量;

② 选用硬质合金 $\phi 18\text{mm}$ 平底铣刀进行第二次粗加工, 采用刀具半径补偿的方法, 铣去第一次粗加工时内圆角部位留下的过多的余料, 留加工余量 0.6mm。

(2) 半精加工

选用硬质合金 $\phi 16\text{mm}$ 平底铣刀进行半精加工, 留精加工余量 0.2mm; 精确测量尺寸, 修改刀具半径补偿值。

(3) 精加工

① 选用进行硬质合金 $\phi 16\text{mm}$ 平底铣刀精加工, 不留余量(加工到位)。

② 选用进行硬质合金 $\phi 16\text{mm}$ 平底铣刀进行光铣加工, 保证表面粗糙度及尺寸精度(必要时)。

(4) 两组孔的加工

① 选用 $\phi 3\text{mm}$ 中心钻打中心孔。

② 选用 $\phi 8\text{mm}$ 第一次钻孔, 钻两组孔至深度尺寸。

③ 选用 $\phi 9.8\text{mm}$ 钻头第二次钻孔(第一组)。

④ 选用 $\phi 17.8\text{mm}$ 钻头第二次钻孔(第二组)。

⑤ 选用 $\phi 10\text{H}8\text{mm}$ 机用铰刀铰孔(可机外手工铰孔)。

⑥ 选用 $\phi 18\text{H}8\text{mm}$ 机用铰刀铰孔(可机外手工铰孔)。

注: $\phi 18\text{mm}$ 孔也可采用预钻后镗孔的方法进行。