

数控铣削进给路线的确定

丁静, 李宏伟

(郑州轻工业学院 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:在补充完善现有数控铣削进给路线的确定原则基础上,结合实例阐述了如何合理确定进给路线,即沿零件轮廓线的延长线或切线切入切出,在保证质量的前提下使进给路线最短.实践证明,如此确定的铣削进给路线不仅路线最优,并且可使加工时间减少近50%,从而大大提高生产效率.

关键词:数控铣削;进给路线;切线;刀补

中图分类号:TG506 **文献标志码:**A

Determination of feeding path in NC milling

DING Jing, LI Hong-wei

(College of Mech. and Electr. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

Abstract:Based on suppling and completing the determination principle of feeding paths in NC milling, combining with a example, feeding paths for common shape in NC milling machining was determined. It should be noted that cut in or out along the part contour lines or tangent, and in the premise of quality, can get the shortest route. Practice showed that reasonable feeding paths in milling not only makes the paths optimal, but also makes the processing time reduced by almost half, which greatly improves the production efficiency.

Key words:NC milling; feeding path; tangent; tool radius compensation

0 引言

在数控机床的加工中,刀具相对于零件的运动轨迹和方向称为进给路线,也称走刀路线.它泛指刀具从对刀点(或机床参考点)开始运动起,直至返回该点并结束加工程序所经过的路径,包括切削加工的路径及刀具切入、切出等非切削空行程.它不但包括了工步的内容,也反映出工步的顺序.零件的加工方法、机床的控制及加工表面的形状特点等方面的不同,使数控加工中进给路线的确定有一定的难度和技巧.不同人员对同一零件编制的加工程

序会有很大的差别,从而导致不同的加工质量,有经验的人员能够合理地处理刀具运动过程中的工艺问题,编制出简洁实用的加工程序.

因此,合理的进给路线不仅可保证零件质量,还可提高加工效率及生产量^[1].目前,国内外确定进给路线所遵循的基本原则较少,而进给路线的确定又比较复杂,故应增加一些新的原则.本文拟结合实例阐述数控铣削加工中进给路线的确定方法.

1 数控铣削进给路线的确定原则

数控加工时,只有确定了进给路线才能确定刀

收稿日期:2011-10-24

基金项目:河南省重点攻关项目(082102210054)

作者简介:丁静(1978—),女,河南省武陟县人,郑州轻工业学院讲师,硕士,主要研究方向为数控加工技术.

位点的位置,从而为刀位点的计算及编程做准备. 目前,确定进给路线一般遵循以下基本原则:所定进给路线应保证零件的加工精度和表面粗糙度,并且效率较高;寻求最短加工路线,以减少程序段和空刀时间;尽量使数值计算简单,以减少编程的工作量;确定铣削加工应采用顺铣还是逆铣.

笔者认为,除以上原则外,还应补充以下几点:最终轮廓1次连续走刀加工完成;要选择加工时工件变形小的路线^[2];对位置精度要求高的孔系零件的加工,应避免由于机床反向间隙的引入而影响孔的位置精度;复杂曲面零件的加工应根据零件的实际形状、精度要求、加工效率等多种因素来确定是行切还是环切,是等距切削还是等高切削;应保证加工过程的安全性,避免刀具与非加工面的干涉.

2 铣削进给路线的确定

2.1 顺铣和逆铣

铣削有顺铣和逆铣2种方式.当工件表面无硬皮、机床进给机构无间隙时,应按照顺铣安排加工路线.因为顺铣加工零件已加工表面质量好,刀齿磨损小.精铣时,尤其是零件材料为铝镁合金、钛合金或耐热合金时,应尽量采用顺铣.当工件表面有硬皮、机床的进给机构有间隙时,应按照逆铣安排加工路线.因为逆铣时刀齿是从已加工表面切入,不会崩刃,且机床进给机构的间隙不会引起振动和爬行.

2.2 平面轮廓铣削分析

铣削平面轮廓零件时,一般用立铣刀侧刃进行铣削.刀具从安全高度下降到切削高度时,不能贴着零件轮廓下刀,应该离零件轮廓一段距离,且应在轮廓线之外建立刀具半径补偿,再沿工件轮廓的延长线或切线切入;切出零件时,亦不可直接抬刀,以免切削力突然变化产生弹性变形,在光滑连接轮廓上产生形状突变或滞留刀痕等缺陷.所以也应沿零件轮廓线的延长线或切线切出^[3],然后取消刀具半径补偿后再抬刀.一般将内外轮廓放在一起讨论,本文将内轮廓、外轮廓分别进行分析.

1)外轮廓铣削的进给路线.当零件为外轮廓时,可使铣刀沿切线方向切入,沿轮廓延长线切出,保证零件曲线的平滑过渡,如图1所示.在A处下刀,A—B为刀补的建立,B—C为切线切入,C—D—E—F—G—H—C为刀补保持,C—I为沿轮廓延长

线切出,I—A为取消刀补,在A处抬刀.

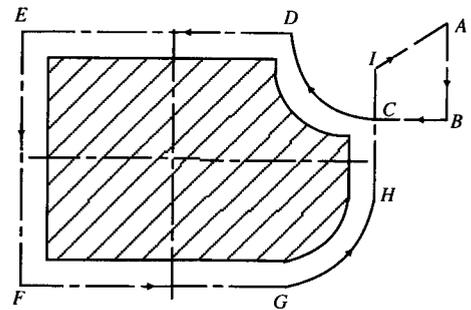


图1 外轮廓铣削

2)内轮廓铣削的进给路线.当零件为封闭内轮廓时,最好采用圆弧进刀、退刀方式,其切入和切出时圆弧半径应大于刀具半径,且切入和切出圆弧至少有1/4圆弧^[4].如图2a)所示,在A处下刀,A—B为刀补的建立,B—C为圆弧过渡切入,C—D—E—F—G—H—C为刀补保持,C—I为圆弧过渡切出,I—A为取消刀补,在A处抬刀.

如果零件为封闭内轮廓,但轮廓几何元素相切且不允许外延时,刀具切入、切出点应远离拐点,避免建立和取消刀补时在轮廓拐角处留下凹口,所以铣刀的切入、切出点应选在轮廓线的中间.如图2b)所示,在A处下刀,A—B为刀补的建立,B—C为圆弧过渡切入,C—D—E—F—G—H—C为刀补保持,C—I为圆弧过渡切出,I—A为取消刀补,在A处抬刀.

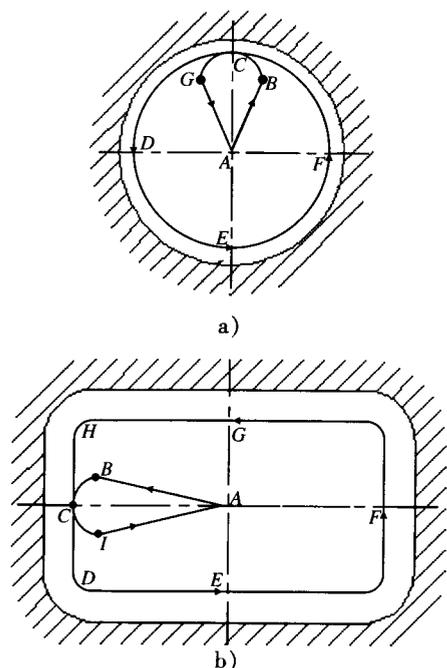


图2 封闭内轮廓铣削

当零件为开放的内轮廓、内轮廓曲线可以外延时,则铣刀可沿零件轮廓延长线切入和切出.如图3所示,在A处下刀,A—B为刀补的建立,B—C为延长线切入,C—D—E为刀补保持,E—F为延长线切出,F—G为取消刀补,在G处抬刀.

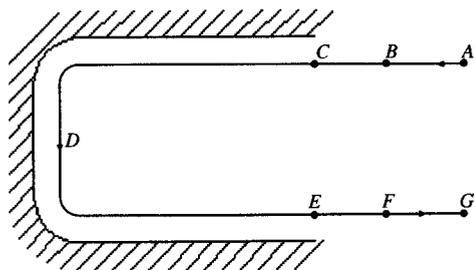


图3 开放内轮廓铣削

2.3 内槽铣削路线分析

常见内槽加工的进给路线如图4所示^[5].

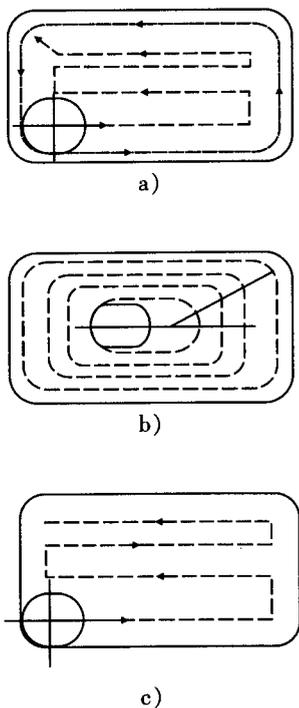


图4 铣内槽的3种进给路线

图4a)为行切法加工内槽,图4b)为环切法加工内槽.2种进给路线的共同点是,都可以将内腔中的全部余量切除干净,不留死角,并且不伤轮廓.区别在于行切法的进给路线比环切法短,但是行切法在2次走刀的起点与终点间会留下残留高度,达不到要求的表面粗糙度;用环切法加工内槽得到的表面粗糙度好于行切法,但环切法需要逐次向外扩展轮廓线,刀位点的计算比较复杂.图4c)所示的进给

路线为先用行切法切去中间余量,最后用环切法环切一刀,使总的进给路线较短,并且可以获得较好的表面粗糙度.3种方案中,第3种最好,第1种最差.

2.4 曲面轮廓铣削分析

曲面零件的加工面不能展开为平面,并且它的加工面与铣刀始终是点接触,因此曲面零件常用的铣削方法有2种:

1)对于曲面变化不大和精度要求不高的曲面的粗加工,常采用二轴半坐标联动加工,加工时 x, y, z 轴中任意2个轴联动,第3轴做周期性进给^[6].如发动机的大叶片,属于边界敞开的曲面加工,没有其他表面限制,可采用图5所示的2种进给路线.当采用图5a)所示的加工方案时,每次沿直线加工,刀位点的计算简单,程序少,加工过程符合直纹面的形成,可以准确保证母线的直线度.当采用图5b)所示的加工方案时,符合这类零件数据的给出情况,便于加工后检验,叶形的准确度高,但是程序较多.故在实际应用中应根据具体情况选择合理的进给路线.

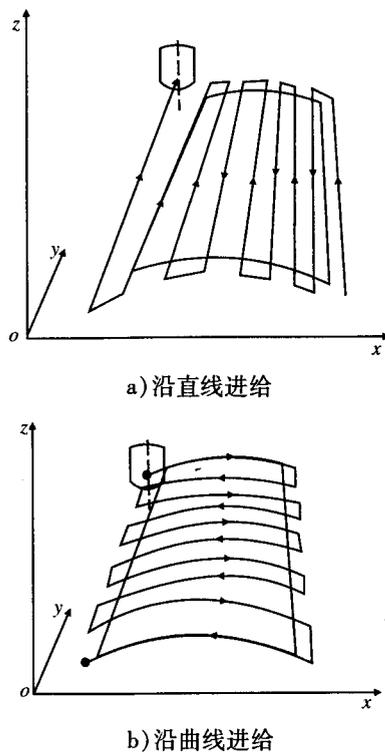


图5 两轴半联动

2)对于曲面变化较大和精度要求较高的曲面的精加工,常采用三轴联动加工^[7].这种方法常用于模具及发动机等较复杂空间曲面的加工,编程计

算均较为复杂。

2.5 孔加工路线分析

加工孔时,刀具一般先在 xy 平面内快速定位到孔中心线上,然后沿 z 向进行加工.故孔加工进给路线的确定包括以下步骤。

2.5.1 xy 平面内加工路线的确定 加工孔时,刀具在平面内的运动属点位运动,确定进给路线时主要考虑:

1) 刀具的定位要迅速. 刀具在不与工件、夹具和机床碰撞的前提下,空行程时间尽可能短. 例如加工图 6a) 所示零件,按图 6c) 所示加工路线比按图 6b) 所示加工路线节省近 50% 的定位时间. 这是因为刀具由一点运动到另一点时,通常沿 x, y 坐标轴方向同时快速移动,当 x, y 轴各自移距不同时,短移距方向的运动先停,待长移距方向的运动停止后刀具才达到目标位置;而图 6c) 方案使沿两轴方向的移动距离接近,所以定位过程迅速。

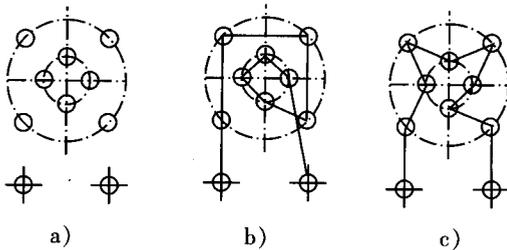


图 6 最短加工路线

2) 刀具的定位要准确. 对位置精度要求较高的孔系加工要注意孔的加工顺序,顺序安排不当,就可能引入坐标轴的反向间隙,从而影响孔的位置精度^[8]. 例如钻图 7 所示零件上的孔,按图 7a) 所示进给路线加工时,由于孔 6,7,8 与孔 1,2,3,4,5 的定位方向相反, y 向反向间隙会使定位误差增加,从而影响孔 6,7,8 与其他孔的位置精度. 按图 7b) 所示进给路线加工时,加工完孔 5 后沿 y 正方向多移动一段距离至 A 点,然后再折回来加工孔 8,7,6,这样方向一致,可避免反向间隙的引入,提高孔的定位精度。

在实际加工时,定位迅速和定位准确二者难以同时满足,图 6c) 是按最短路线加工,但不是从同一方向趋近目标位置,影响了刀具定位精度,图 7b) 是从同一方向趋近目标位置,但不是最短路线,增加了刀具的空行程. 这时应抓主要矛盾,若按最短路线加工能保证定位精度,则取最短路线;反之,应取能保证定位准确的路线。

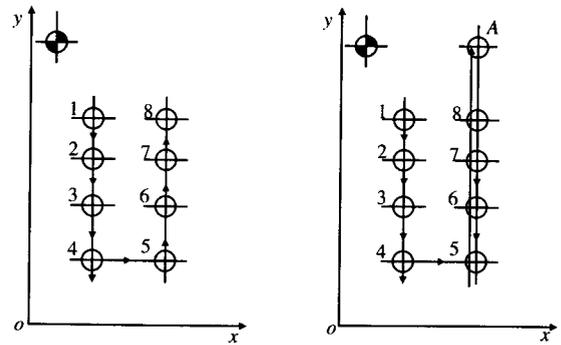


图 7 钻孔路线

2.5.2 z 向进给路线的确定 z 向进给路线分快速进给路线和工作进给路线。

1) 对于单孔加工时刀具的进给路线,刀具应先由初始平面快速运动到距工件加工表面一定距离的参考平面上,然后按工作进给速度进行加工. 加工完刀具返回到初始平面。

2) 对多孔加工时刀具的进给路线,为减少刀具空行程进给时间,加工中间孔时,刀具不需返回到初始平面,只需返回参考平面。

3 实例分析

在实际生产中,确定进给路线时,应根据零件的具体结构综合进行考虑,灵活运用. 下面以 1 个零件为例来说明铣削加工进给路线的合理确定. 如图 8 所示,将 A 面作为主要定位基准,并在前道工序中先加工好;B 面及其上面的全部孔在加工中心上加工. 加工顺序为:

粗、精铣外轮廓面→粗、精铣 B 面→粗镗、半精镗、精镗 $\Phi 60H7$ 孔→钻各孔的中心孔→钻、扩、铰、铰 $\Phi 16H8$ 及 $\Phi 24$ 孔→钻、扩、铰 $\Phi 20H8$ 孔

加工路线为:外轮廓面粗、精铣削加工进给路线沿切线方向切入切出,避免法向切入产生接刀痕(见图 9);B 面的粗、精铣削加工进给路线根据铣刀直径确定,因选铣刀直径为 $\Phi 100$ mm,故安排沿 x 方向 2 次进给,粗铣采用逆铣、精铣采用顺铣(见图 10);对所有孔,因孔的位置精度要求不高,机床的定位精度完全能保证,故进给路线均按最短路线确定,与采用先加工外圈孔再加工内圈孔的路线相比较,可节省近 50% 的定位时间. 图 11—图 15 为各孔加工工步的加工路线。

4 结语

本文通过对数控铣削进给路线的研究,可以得出如下结论:1)铣削平面轮廓零件时,应沿零件轮廓线的延长线或切线切入切出,保证在光滑连接轮廓上不产生形状突变或滞留刀痕等缺陷;2)铣削

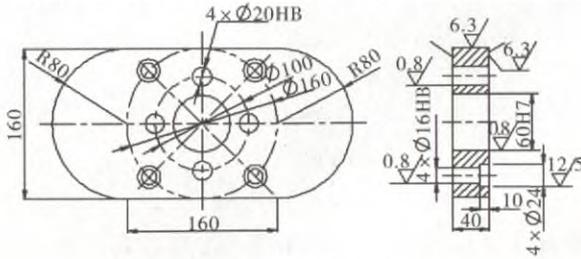


图8 零件图/mm

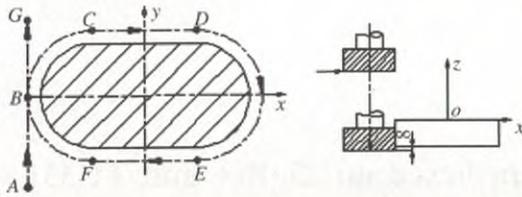


图9 铣削外轮廓进给路线/mm

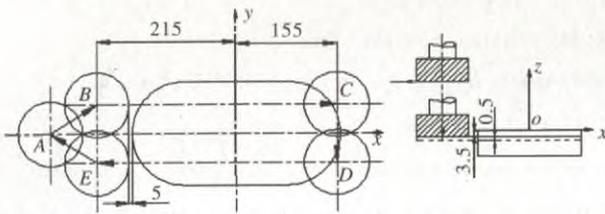


图10 铣削B面进给路线/mm

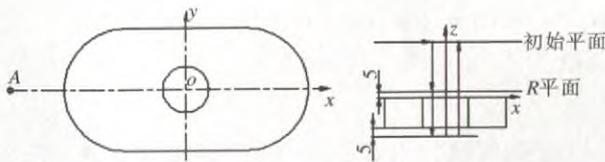


图11 镗Φ60H7孔进给路线/mm

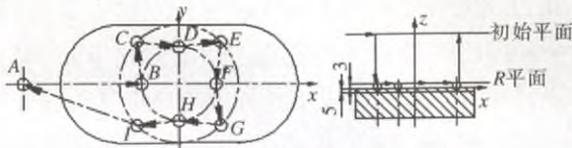


图12 钻中心孔进给路线/mm

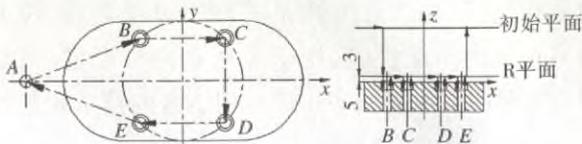


图13 钻、扩、铰Φ16H8孔进给路线/mm

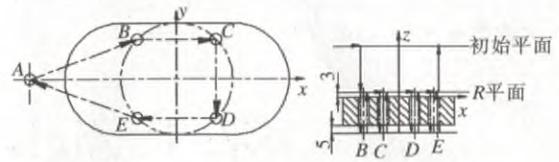


图14 镗Φ24孔进给路线/mm

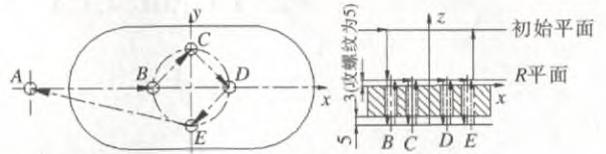


图15 钻、扩、铰Φ20H8孔进给路线/mm

内槽路时,先用行切法,最后用环切法,不仅能缩短总的进给路线,还可获得较好的表面粗糙度;3)铣削曲面轮廓时,采用多坐标联动加工,对开敞的直纹曲面常采用球头刀行切法加工,对立体曲面加工应根据曲面形状、刀具形状及精度要求采用不同的铣削方法;4)孔加工时,应使进给路线最短且保证孔的位置精度。

参考文献:

- [1] Doruk Merdol S, Yusuf Altintas. Virtual cutting and optimization of three-axis milling processes[J]. Int J of Machine Tools and Manufacture, 2008, 48(10):1063.
- [2] Lopez de Lacalle L N, Lamikiz A, Sanchez J A, et al. Toolpath selection based on the minimum deflection cutting forces in the programming of complex surfaces milling[J]. Int J of Machine Tools and Manufacture, 2007, 47(2): 388.
- [3] 周文玉. 数控加工技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2010:13-17.
- [4] 陈建军,李良凯. 数控铣削切入切出点及路线的应用[J]. 金属加工, 2011(13):46.
- [5] 杨艳华. 浅述数控铣床加工中进给路线的合理确定[J]. 民营科技, 2011(5):12.
- [6] 徐双塘. 浅述数控铣削曲面零件的走刀路线[J]. CAD/CAM与制造业信息化, 2011(6): 63.
- [7] Zhu R, Kapoor S G, DeVor R E. Mechanistic modeling of the ball-end milling process for multi-axis machining of free-form surfaces[J]. ASME J of Manufacturing Sci and Eng, 2001, 123(3): 369.
- [8] 杨洪岩,魏领会,于济群. 浅谈数控铣削加工工艺路线的确定[J]. 内蒙古科技与经济, 2010(5):81.