提高数控加工效率的途径与措施

中国三江航天集团国营红阳机械厂 （湖北远安 444200） 王华侨 吴国君 张 颖 李新洲

本文从数控机床的使用、数控加工工艺的编制与数控编程等几个方面说明如何提高数控加工的质量和效率，重点谈谈数控编程。

1. 数控机床的使用

对于数控机床的性能和数控系统提供的功能的全面了解，不仅有利于发挥机床加工的效率，对于设备的维护保养也极其重要。如何能最大限度地发挥数控机床的加工效率，可从以下两个方面着手解决：一方面注意数控设备的管理水平，另一方面要注意提高数控技术的应用水平。

2. 数控加工工艺的编制

数控加工工艺的编制主要包括机床的确定、刀具轨迹和切削参数的选择等方面的内容。合理的工艺、参数是保证产品质量的前提。从制造的角度看，数控加工技术主要围绕着加工方法、工艺参数、切削参数及其实现的理论与技术，尤其是在产品结构复杂与精度要求较高的场合。

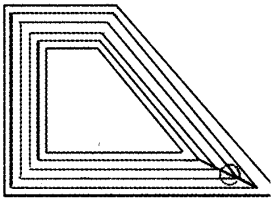
当产品的数控加工程序编制完成后，还涉及到一些定位装夹、对刀等问题。因此对数控工艺和数控程序的信息说明必须能够非常详细地传递给机床的使用者。下表所示为编制的数控固定轴铣削程序指示单，表中为加工某产品零件所使用的程序单说明，它可以传递的信息有使用的机床、刀具及切削参数等工艺信息。对于不同的加工方式如铣削、车削、线切割需要制定不同的数控程序指示单，以适应不同的加工特点和加工对象。对于数控工艺和程序的管理可开发专用的管理系统，对在研产品、成批生产及多型号产品的数控工艺与程序的管理，因为产品品种多、加工设备多、数控工艺与程序多等特点，对新编制的或是已

数控固定轴铣削程序指示单

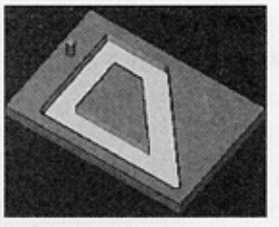
数控固定轴铣削程序指示单							国营某厂 数控工艺室		
产品名称	某产品	产品代号	242115	材料牌号		A45	工序号		25
加工机床	XHK716	加工方式	挖槽铣削	坐标系统		G54	程序号		O8801
v/mm·min^{-1}	180～250	n/r·min^{-1}	3 000	f/mm·min^{-1}		450	倍率		<1.5

刀具号	刀具名称	材料	直径/mm	长度/mm	底刃圆角	齿数	半径补偿 D	长度补偿 H	锥度
T01	圆柱铣刀	YG8	40	100	$R2$	4	D01	H01	0
T02	圆柱铣刀	YG8	40	100	$R1$	4	D02	H02	0

刀具轨迹示意图：

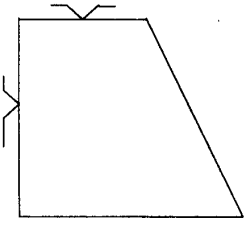


仿真加工示意图：

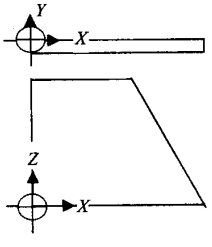


程序原点	X	0.000
	Y	0.000
	Z	0.000
下刀点	X	15.000
	Y	15.000
	Z	10.000
退刀点	X	35.000
	Y	40.000
	Z	-10.000

定位装夹示意图：



程序原点示意图：



程序说明：

编制		校对		审核		批准	
日期		日期		日期		日期	

经使用过的数控工艺与程序的管理显得非常重要，一方面有利于集中管理，便于查询修改；另一方面有利于积累经验，提高数控编程的水平。

3. 数控程序的编制

数控加工目前主要应用于两个方面：一方面主要应用于模具型腔、发动机叶片等复杂的空间曲线曲面的加工。这类零件型面复杂，常规加工难以满足要求，它们是数控加工的主要研究及应用对象。另一类就是复杂结构零件的加工，如盘形类、轴类的车削、箱体类、支架等镗铣加工，其目的在于提高产品的加工精度，保证产品的一致性与提高加工效率。利用 CAM 软件对任何产品进行数控编程时，其工作流程是一致的，如图 1 所示为数控编程的流程图。

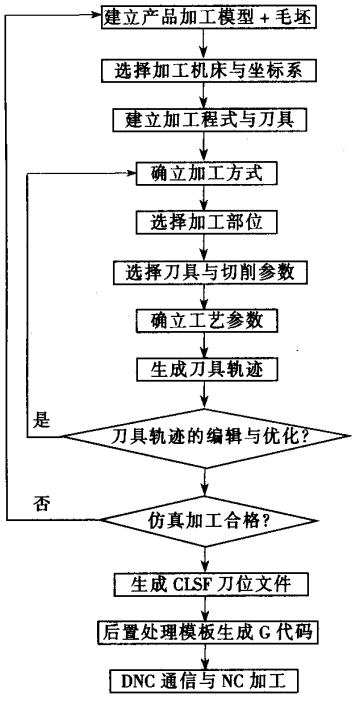


图 1　数控编程的流程图

为了提高编程的效率和质量，在建立加工模型时，应针对产品加工对象的具体特点采取有效的措施。一般分为两种情况：第一是按产品加工的部位编程，多用于工序的内容比较单一且干涉较少的情况，如孔、下陷、凸台等特征，这种情形多出现于结构零件的编程与加工。在加工模型的建立时一般用线框造型和曲面造型结合起来，只针对需要加工的部位进行设计，可大幅度减少工作量。另一种情况就是对产品加工模型进行整体造型，多用于加工工序的内容比较多、干涉区域多、复杂曲面等场合。加工对象可能包括二维轮廓、三维空间曲面曲线及干涉面较多的工件，如果采取第一种，那么工作量非常大，而且错误往往很难检查，这时一般采取曲面造型和实体特征造型结合起来使用，即对加工产品进行整体造型，同时将干涉面、辅助面、刀具轨迹限制区域等一次全部设计完成。这样生成刀具轨迹就非常方便，而且大大减少了错误率。

在利用 CAD 软件进行曲面造型、实体特征造型时，其方法非常重要。以下是从实践中总结出来的几点经验。首先，进行总体规划设计。无论是进行数控编程还是新产品的设计，要从总体上把握，找出产品主要的特征、构造方式、设计基准、几何关系和约束参数。第二，先整体、后局部。当产品的主要特征和信息设计完成后，就应该在局部的地方进行设计，编辑与修改。第三，利用参数化的思路进行驱动以检查产品设计的正确性。第四，图层、颜色与系统模型树的应用：合理地利用图层功能、颜色设置可大幅度提高设计效率。将草图、曲面、实体用不同的颜色表示并存储在不同的图层，既可方便修改又容易找出设计中的错误。

在利用 CAM 软件进行数控编程时，程序原点与坐标系的设置非常重要。应尽量保持与产品设计基准重合，同时还要方便对刀。当形位精度要求较高时，对刀点应尽量选在设计基准或工艺基准上。对于以孔定位的零件，可以取孔的中心作为对刀点和程序原点。在复杂零件的数控编程时，多采用导动面和检查面、控制曲线、限制曲线和投影加工的方式来控制刀具轨迹，导动面和控制曲线用来控制刀具的走刀路线和刀具的矢量方向；检查面和限制曲线用来限制走刀的终点位置；投影加工，也就是将平面上的曲线或刀具轨迹投影到要求加工的曲面轮廓上。这种方式既可以准确定义轮廓曲线的形状，便于工程制图中的尺寸标注，同时简化了刀具轨迹的计算。

合理地利用刀具轨迹的编辑与修改、拷贝等功能也可以大幅度提高编程的效率。对拷贝后的刀具轨迹进行修改，包括刀具的参数、加工的步长、行距及加工的工艺余量等参数，然后利用 CAM 软件的更新功能即可完成新的刀具轨迹的编制，而不需

要重新选择加工刀具、加工对象，这就提高了编程效率。

4. 实例应用

以下以几个实例来说明如何优化数控工艺以提高数控编程质量和加工效率。

（1）慢走丝线切割加工　优化加工工艺。

如图 2a 为一加工的产品零件，零件本身外形小（8mm × 10mm × 5mm），而精度要求比较高，两个圆弧与孔的同轴度小于 0.02mm，且圆弧和孔尺寸的公差带均小于 0.01mm。起初对于该零件的工艺编制是全部加工完一个后再加工下一个，如图 2b 所示。经过实践，对数控工艺进行优化，节约了原材料和加工成本，减少了装夹辅助时间，效率至少提高 5 倍以上。

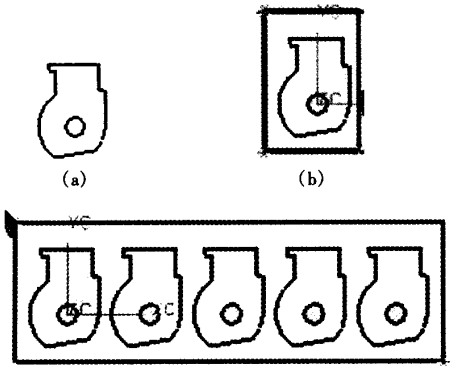


图　2

优化的工艺思路如下：将毛坯长度加长为原来的 5 倍，将 4 块毛坯叠加在一起夹紧，利用慢走丝线切割机床的自动找正、剪丝、穿丝功能重新定位找正。为了保证加工的精度，由于加工的厚度变厚，应将电参数进行调整，将丝的张力加大，丝的速度加快，调整丝的偏置量、脉宽和脉间。图 2c 为优化后的工艺方案。

（2）数控铣削曲面　改变加工策略。

如图 3a 为一接头的断面，其数控铣削对象为一曲面，工艺优化前采用球头刀进行铣削，加工完成后，中间的部分粗糙度明显比两边差，而且出现高点。原因在于当刀具切削工件中间区域时，有效的切削速度变小，局部地区出现零速切削的情况。优化后的加工方式如图 3b 所示。将工件旋转一个角度（如果运用五轴铣削加工中心，只需将刀具轴的矢量旋转一个角度即可，工件定位装夹保持图 3a 不变），改用带 R 的圆柱铣刀进行加工曲面，不但避免了零速切削的问题，而且通过改变切削刀具和切削参数大幅度提高了切削速度和加工效率及产品质量。

（3）数控型腔铣削　优化刀具轨迹。

如下为某产品零件（材料为 4CrMnMv，62HRC）的型腔铣削，图 4a 所示工艺优化前刀具轨迹为双向铣削与轮廓铣削，由于材料比较硬难加

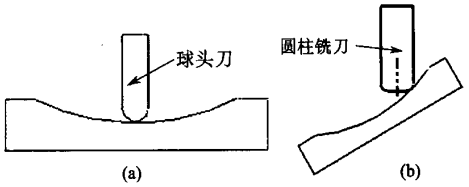


图　3

工，加工过程中在轮廓附近的刀具有时发生崩刃，将产品报废。图 4b 为优化后的刀具轨迹其切削方式为由内到外的轮廓环绕铣削，采用这种刀具轨迹切削加工，不但保证了轮廓侧面的精度，在粗加工过程中即使刀具折断或者崩刃也不会将产品报废，减小了风险的同时，提高了产品的质量和加工效率。

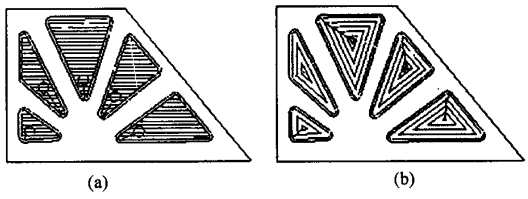


图　4

5. 小结

数控技术是现代制造业的核心动力之一，提高数控技术的应用水平是提高企业竞争力的有效手段之一。本文从数控机床的合理使用与管理、数控工艺的优化与管理、CAD/CAM 软件的使用等几个方面并以实例的形式说明了提高数控加工应用水平的途径与措施，供大家参考。

（收稿日期：20040212）

信息

通　知

按国家有关文件规定，从 2004 年开始，请每一位投稿者，在投寄稿件时，务必将本人身份证号码告知本杂志社，以便稿件刊登后，邮寄稿费。同时要写清通讯地址、邮编、电话，以便联系。