

数控车床上手工编程加工复杂零件

■ 新疆工程学院（乌鲁木齐 830013）柳鹏旭

■ 新疆职业大学（乌鲁木齐 830013）江莉

摘要：本文描述复杂零件轴的手工编程方法，首先分析加工方案，确定行走轨迹及程序代码，之后制定加工工艺并进行程序编写。程序为工艺服务，当然程序编制能力也很重要，尤其是宏程序，两者要相辅相成才能正确的加工出合格零件。

加工零件轴如图1所示，轴的毛坯尺寸直径为 $\phi 80\text{mm}$ 、长190mm。轴套如图2所示，毛坯尺寸直径为 $\phi 95\text{mm}$ 、长125mm，材质均是45钢，轴和轴套上分别有正弦曲线、圆弧曲线、锯齿形内外异形螺纹配合以及内外锥度圆弧和三角螺纹配合等，是省级大赛试题，难度较高。

1. 加工方法确定

(1) 内外异形螺纹加工：内外异形螺纹不提供成形刀具，只能用 35° 仿形车刀加工，异形螺纹使用单独的二级宏程序加工，它的原理是用间距法分割牙形曲线，逐点计算螺纹参数继而近似加工异形螺纹，螺纹分层次加工使用G52坐标系偏移实现；内外异形螺纹要配合加工并且有方向性，不能反向加工。

(2) 轴和轴套中尺寸精度保证：所有锥度面和圆弧面均要加入刀尖圆弧半径补偿，在机床对刀形状页面输入刀具形状号和刀尖圆弧半径，在程序语句中加入G42或G41刀具半径补偿指令，这样刀尖圆弧半误差才能得到补偿。

轴和套采用粗加工、半精加工及精加工达到尺寸精度，就是在机床磨耗中补入1mm余量粗车，半精加工时磨耗改为0.5mm；精加工时根据实际尺寸

调整磨耗中的数值保证尺寸精度，精加工和半精加工采用相同的刀具和切削参数，这样机床的误差及零件弹性变形可以得到修正，进而保证零件的尺寸精度。

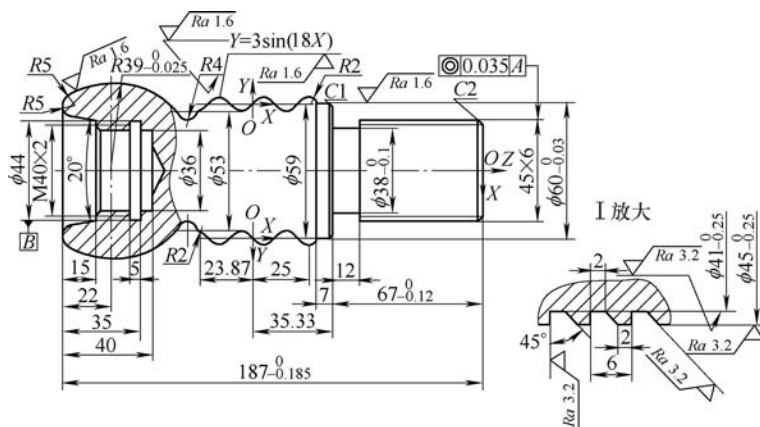


图1 轴零件示意图

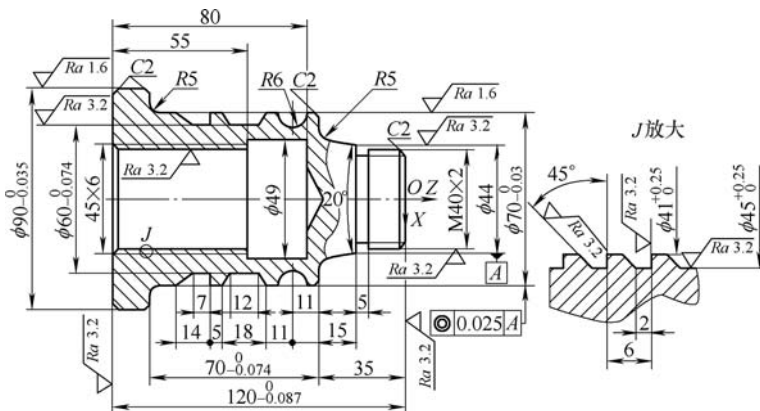


图2 轴套零件示意图

(3) R4mm和R39mm圆弧的加工：因为R4mm圆弧是完整半圆，只能用圆弧刀加工，为了保证R4mm与R39mm圆弧无痕迹相切，所以R4mm和R39mm的圆弧精加工采用刀心编程，用圆弧刀加工。

(4) 轴同心度的保证：先加工轴的左端内圆弧、锥度及三角螺纹。再加工轴套的右端与轴配合的外圆弧、锥度及三角螺纹，加工完成后不要拆下套，把轴装入轴套中加工轴的其余部分，这样轴上所有要素均能保证同心。下文会介绍详细加工方法。

(5) 套的同心度保证：设计加工二次装夹工具（见图3），其内锥、圆弧和三角螺纹与轴套的3部分完全相互配合，把轴套装入

二次装夹工具后，加工套的其余部分，以保证同心，轴套中梯形槽和锯齿形槽采用G73和G71指令编程加工。

(6) 正弦曲线加工：正弦曲线编制宏程序用35°仿形车刀加工，其原理是用间距法分割牙形曲线，逐点计算程序参数，用折线近似构成正弦曲线。

编程采用发那科系统，以下工件编程坐标均设置在右端中心，下面只书写部分复杂程序。

2. 加工工艺

轴的粗加工，使用三爪自定心卡盘夹 $\phi 80\text{mm}$ 的外圆，伸出142mm，使用数控类80°粗车刀，车端面见光，使用G90单一循环编程，车外圆到 $\phi 74\text{mm}$ （见图4）。

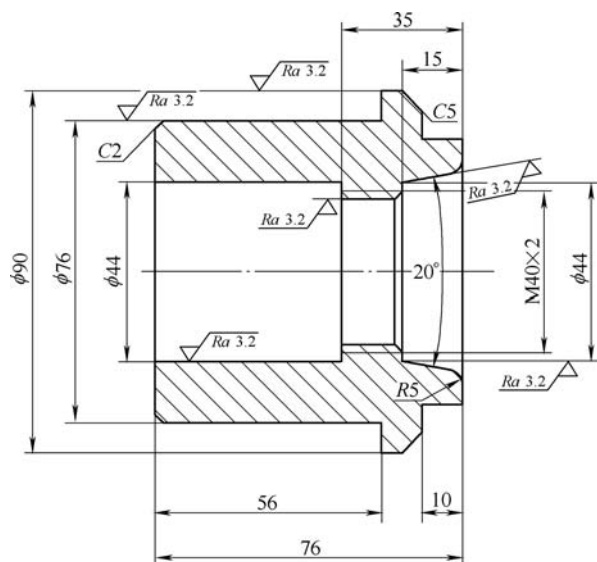


图3 套的二次装卡工具示意图

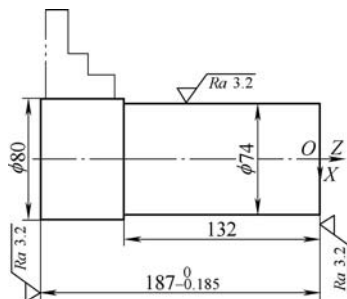


图4 轴的右端粗车示意图

轴内孔的粗、精加工，调头三爪自定心卡盘夹 $\phi 74\text{mm}$ 外圆，并靠进车削过的台阶端面如图5所示，用G94指令编程加工187mm总长，车削到尺寸。

在端面钻 $\phi 36\text{mm}$ 深40mm的内孔，使用数控类内孔镗刀、切槽刀、三角螺纹车刀及35°外圆仿形车刀，用G71和G70加工指令编程，注意粗车、半精车和精车时，加刀尖圆弧半径补偿精确控制尺寸。

M40×2内三角螺纹使用G92指令编程加工，螺纹尺寸调整采用增加编程进刀次数语句和机床跳选功能，过滤前面加工过的语句，直接执行新语句，避免空刀、提高效率，内三角螺纹使用螺纹塞规检验。

此时轴暂时停止加工，等待轴套的外锥度、圆弧及三角螺纹加工完成后，把轴装配在套上再加工轴的其余部分。

轴套的加工工艺与轴的类似，粗加工时需要先手工钻 $\phi 38\text{mm}$ 深80mm的内孔，再编程加工，如图6所示。轴套右端进行粗精加工时，需要在锥度半精加工后，在上面涂红丹粉与轴的内锥互研，通过着色痕迹，调整轴

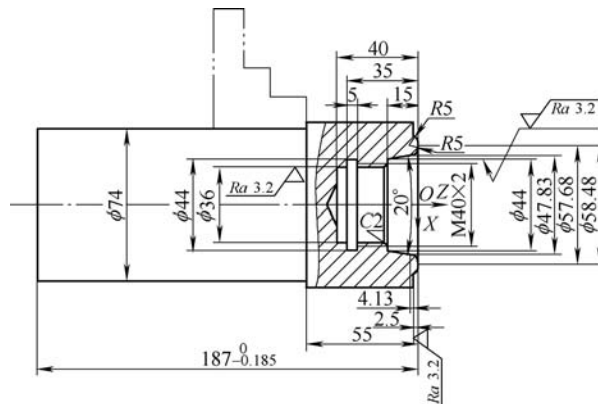


图5 轴的内孔加工示意图

套的编程指令语句, 保证与轴内锥接触面积达到60%以上, 轴套的外三角螺纹要用轴的内三角螺纹检验保证正常装配, 如图7、图8所示, 这时不要拆下轴套, 直接装配上轴开始后续加工。

之后装上加工好内孔的轴拧紧 (见图8), 在轴的右端钻中心孔, 用活动顶尖固定。使用数控类外圆35° 仿形车刀、切槽刀及圆弧车刀, 正弦宏程序使用异形螺纹外圆和R39mm圆弧与G73指令嵌套的方法, R39mm圆弧先粗车成多边形, 留1mm余量。

R39mm与R4mm圆弧的精加

工用圆弧刀, 使用G73指令用心编程加工, 如图9所示中的双点划线。异形螺纹单独使用宏程序加工, 这样轴的外圆部分可以一次车削完成, 还能保证与其内孔同心, 这就是借轴套来加工轴的优点。

轴套的左端外圆与内异形螺纹加工, 为了保证轴套的两端结构要素同心, 先按照轴套的右端外螺纹、锥度及圆弧配套车削一个二次装卡工具, 完成后不要拆下, 装入先前加工好外锥度、圆弧和三角螺纹的轴套, 如图10所示。

通过粗车、半精车以及精车和刀尖圆弧半径补偿把轴套加工到尺寸。其中R6mm的圆弧使用圆弧刀, 用G73编程加工, 梯形槽和锯齿槽使用左右35° 仿形车刀用G73编程加工, 内异形螺纹使用单独宏程序分层加工, 与轴异形螺纹配车保证装配上。

这样轴套的外圆、各种槽和内异形螺纹部分可以一次车削完成, 还能保证与其左端各参数的同心, 这就是用二次工具来加工套的优点。

参考程序包含轴的左端内孔和螺纹的粗精加工, 轴的圆弧、

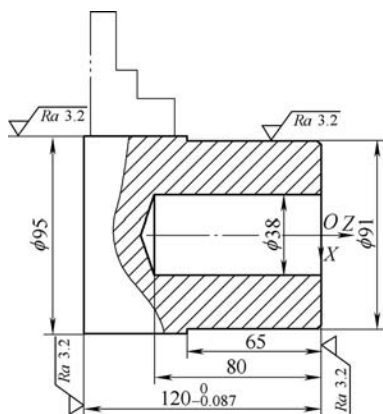


图6 套的左端加工示意图

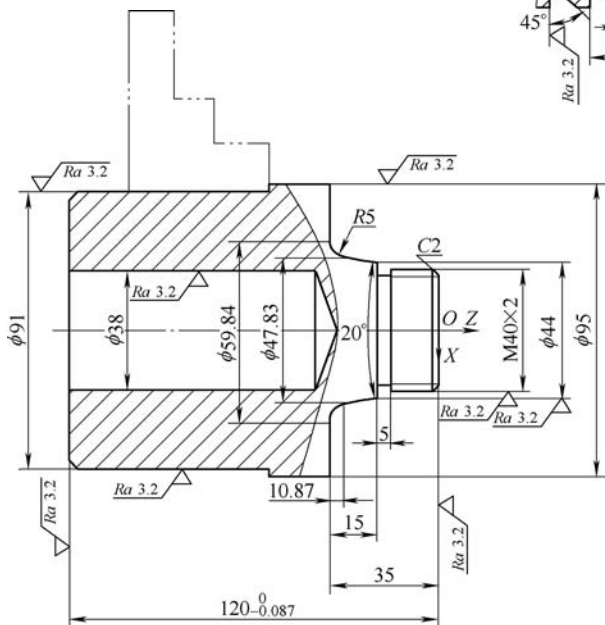


图8 轴圆弧、正弦曲线、异形螺纹加工示意图

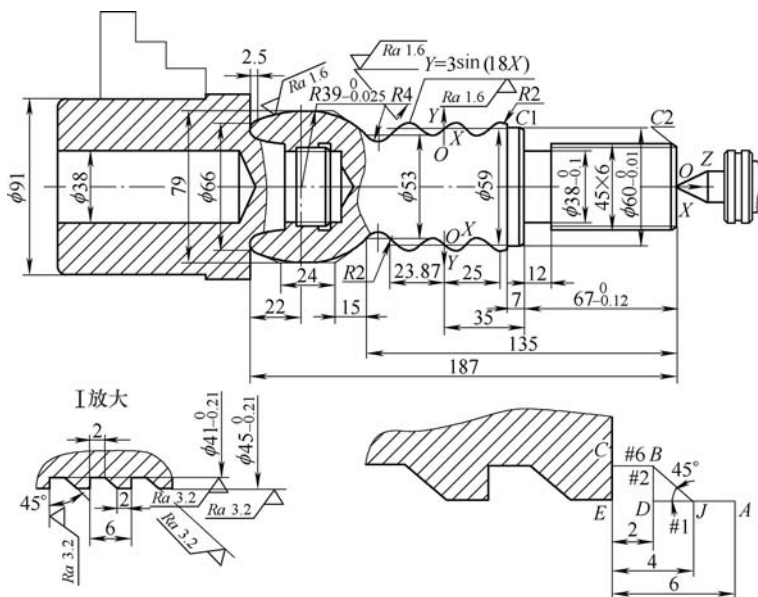


图7 套的右端加工示意图

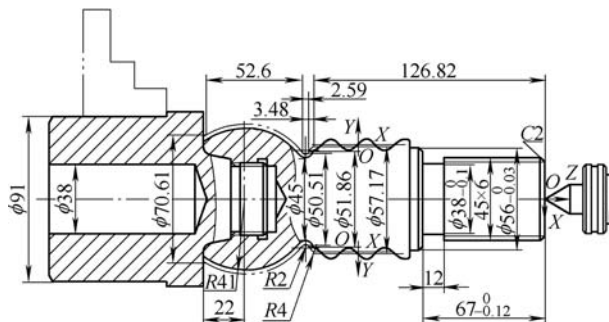


图9 轴圆弧刀心编程精加工示意图

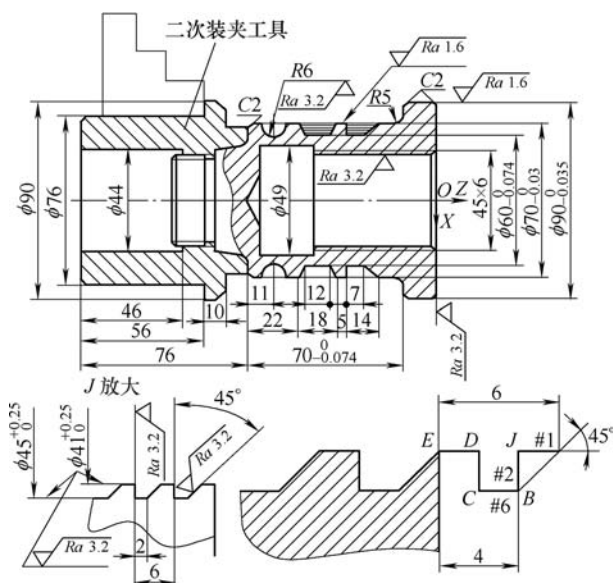


图10 套左端与内异形螺纹加工示意图

正弦曲线、异形螺纹加工，刀心编程精加工R39mm和R4mm的圆弧加工，轴及轴套的异形螺纹加工，请扫描下方二维码阅读详细程序。

3. 结语

通过上述方式加工轴和轴套完全达到图样要求，加工中工艺的安排非常重要，工艺如果不合理，轴和轴套的加工精度很难保证。程序是为工艺服务的，没有凌驾在工艺之上的程序，当然程序编制能力也很重要，尤其是宏



图11 程序二维码

程序，两者要相辅相成才能正确的加工出合格零件。

参考文献：

- [1] 金福吉，李永君，卫建平，等. 现代制造技术：数控车铣技术案例·分析·点评[M]. 北京：机械工业出版社，2012.
- [2] 沈建峰，朱勤惠. 数控车床技能鉴定考点分析和试题集萃[M]. 北京：化学工业出版社，2007.
- [3] 人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. 数控车工：高级：数控机床操作与零件加工[M]. 中国劳动社会保障出版社，2012.
- [4] 沈建峰. 数控车床编程与操作实训[M]. 北京：国防工业出版社，2005.

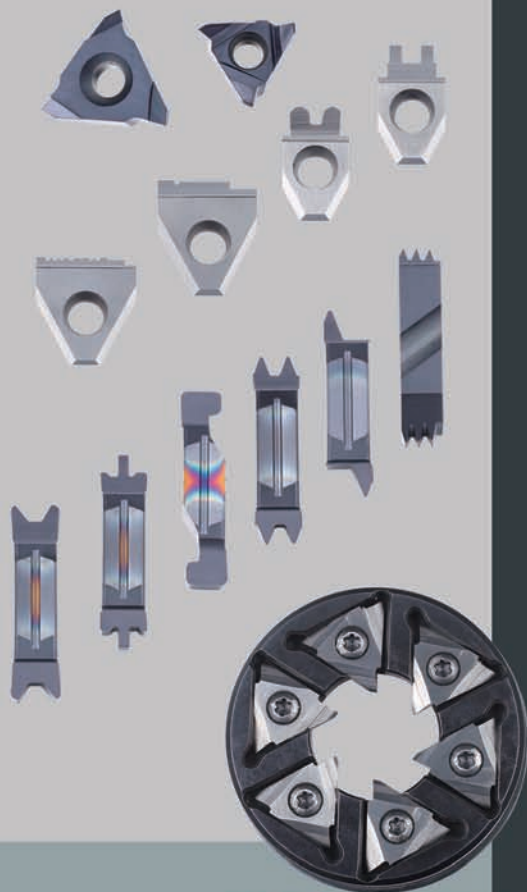
MW (收稿日期：20170706)

提 示

作者投稿时，请在投稿系统 (<http://tougao.mw1950.cn>) 中完善作者信息，包括身份证号、银行卡号及开户行（包括银行名称及支行或分行名称）信息等，否则可能造成无法申领稿费。

本刊编辑部

非标 刀片定制



让您的生产效率全面提速



东莞市锐锋精密刀具有限公司

地址：东莞市长安镇乌沙李屋第一工业区沙梨坝6号

电话：0769-85350968

传真：0769-85350917

网址：www.ruifeng-tools.com

邮箱：ruifeng@ruifeng-tools.com

高精度
专业化

拥有德国五轴数控磨削中心，专业技术团队，提供高品质非标刀片的定制

