



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

XIANDAI ZHUANGBEIZHIZAOYE JINENGDAISHI JISHUJINENG JINGCUI

数控加工

编著：曹根基 周保牛 周岳



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

XIANDAI ZHUANGBEI ZHAOYE JINENG DASHI JISHU JINENG JINGCUI

数控加工

编著：曹根基 周保牛 周 岳



湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 数控加工 / 曹根基, 周保牛, 周岳编著. -- 长沙: 湖南科学技术出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5357-7988-5

I. ①现… II. ①曹… ②周… ③周… III. ①数控机床—加工—技术培训—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 296889 号

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 数控加工

编 著: 曹根基 周保牛 周 岳

责任编辑: 徐 为 杨 林 龚绍石

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 国防科大印刷厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市德雅路 109 号

邮 编: 410073

出版日期: 2013 年 12 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 23

字 数: 450000

书 号: ISBN 978-7-5357-7988-5

定 价: 48.00 元

(版权所有·翻印必究)

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》

丛书编委名单

荣誉主任：于清笈

主 任：陈晓明 黄一九

副 主 任：房志凯 徐 为

委 员：戴 勇 魏 崑 曹根基 韩峻峰 刘亚琴

 沈玉梅 王茂元 邓志辉 管 平 王洪军

 王 亮 袁政海 杨 林 龚绍石 周劲松

 桂志红 赵 卫 陈留贯

丛书前言

装备制造业是国家的基础性和战略性产业，体现了一个国家的综合国力和国际竞争力。改革开放以来，特别是近十多年来，我国的装备制造业得到了迅猛发展，产业规模跃居世界首位，成为名符其实的装备制造业大国。然而，我国高端装备还大量依靠进口，自主创新能力明显薄弱；基础工艺、基础零部件发展严重滞后；现代制造服务业发展缓慢；装备制造产业发展方式还较为粗放。我国还不是装备制造业强国。造成装备制造业“大而不强”的因素很多，其中重要原因之一，就是缺乏大批掌握现代装备制造业典型技术技能的高技能人才。

目前，在我国装备制造业职工队伍中，技师和高级技师占全部技术工人的比例不到4%，高技能人才严重短缺，已经远不能满足装备制造业发展的需要。为了传承机械行业技能大师长年积累的高超技艺，提高高技能人才培养的针对性和实效性，更好地服务我国装备制造业实现“由大变强”，中国机械工业联合会、机械工业教育发展中心决定组织我国装备制造领域中的技能大师参与编写一套《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书。丛书汇集了机械行业中多位技能大师的实际工作经验、技能技巧以及技术创新成果；同时，邀请多名具有丰富撰稿经验的高等职业学院教授进行整理总结，确保了该丛书的编写质量和水平。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书是由国家设立的专项出版基金支持，湖南科学技术出版社负责组织编写，丛书编写组荟萃了国内数十位企业技能大师、高等职业学院教授专家，共同编写的一套高技能人才实用培训读物。丛书将出版《车工》、《钳工》、《电工》、《焊工》、《数控工》、《汽车调整工》、《模具工》、《汽车钣金工》共8个分册。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书以行业实际案例为载体，介绍了本行业高技能人才在实际工作中碰到技术难点时的解决思路，生产过程中的经验、技巧、创新发明以及必须具备的实践操作技艺等内容，同时辅以“大师指导技术要领”的重要内容，汇集了技能大师们丰富实践经验和高超技艺的实用技术。整套丛书以典型案例为单元，形成了模块化、条目化的内容结构，内容层次清晰，逻辑性强，文字简洁精练，图文并茂，是一套具有极高的指导意义和可操作性的培训用书和自学读物。

2013 年 11 月

前 言

随着数控技术的高速发展和普及应用,数控机床功能和工艺能力的不断扩展提高,数控加工与传统加工在加工工艺与加工过程等方面越来越显示出明显差异,以零部件数字化制造为典型代表的数控加工技术不断向高端领域整体推进,数控加工工艺、数控编程、数控机床操作加工一体化高端技术越来越成为现代制造业追求的系统制造工程。本书以中高级数控加工技术读者为主要对象,精心设计、选用企业典型产品图样为载体,以当今世界上流行的UGNX8.0软件、FANUC Oi典型系统普通数控机床、HEIDENHAIN iTNC530系统多轴数控铣床、上海宇龙数控仿真加工软件为工具,以典型案例形式详述了在给定条件下的优选数控加工整体方案,并总结、归纳、诠释、提炼了普遍的、系统的高级数控加工技术理论和高端技能技巧,具有鲜明特色:

1. 内容宽泛有深度

本书涉及数控加工工艺设计、手工和自动编程、数控机床操作加工等整体理论和实践技术方案,用FANUC系统数控车床、加工中心和HEIDENHAIN系统五轴数控镗铣床,坐标变换、宏指令等综合手工编程,UG创建刀具路径和后处理NC程序,数控仿真加工复杂轴套类配合件、孔盘类零件及配合件、模具零件,CAM复杂五轴曲面铣削,箱体类零件多侧面数控镗铣综合加工等。具体内容简介如下:

案例一(二轴套件配合数控车削加工):主要介绍了复杂轴套类零件柱面、锥面、球面等复合表面配合数控车削加工工艺设计、微积分计算基点坐标、FANUC系统用户宏程序B手工编制二次曲线程序、宇龙软件数控仿真加工制造整体解决方案。

案例二(三轴套件配合数控车削加工):主要介绍了复杂轴套类零件柱面、锥面、球面、螺纹等复合表面配合数控车削加工工艺设计、装配尺寸链分解为零部件尺寸链解算、FANUC系统坐标变换指令、宏B手工编制二次曲线程序、UGNX8.0车削自动编程制造整体解决方案。

案例三(正弦板数控铣削加工):主要介绍了复杂盘类零件数控铣削加工工艺设计、FANUC系统坐标变换指令、宏B手工编制二次曲线程序、宇龙软件数控仿真加工制造整体解决方案。

案例四（二孔盘类零件配合数控镗铣加工）：主要介绍了复杂孔盘类零件柱面、锥面、球面、螺纹等复合表面配合数控镗铣加工工艺设计与基准转换、FANUC 系统铣钻铰孔加工固定循环、UGNX8.0 铣削自动编程制造整体解决方案。

案例五（茶壶模具数控铣削加工）：主要介绍了复杂箱体类零件多次装夹夹具方案、专用刀具、数控镗铣加工工艺设计、UGNX8.0 平面、型腔曲面铣削、刻字等自动编程制造整体解决方案。

案例六（快速救生艇叶轮五轴数控加工）：主要介绍了复杂曲面五轴联动数控铣削加工工艺设计、UGNX8.0 叶轮模块刀路创建、HEIDENHAIN iTNC530 系统双转台五轴数控铣削后处理编程制造整体解决方案。

案例七（壳体数控镗铣加工）：主要介绍了复杂箱体类零件多次装夹夹具、专用刀具、数控镗铣加工工艺设计、工艺文件范化、FANUC 系统铣钻扩铰镗攻丝等综合手工编程制造整体解决方案。

2. 体例独特有创新

每个案例从案例任务、工艺设计、程序编制、操作加工、相关知识六个方面，图文并茂详细的、逻辑的、系统的、严谨的、精准的陈述、展示了零部件数控加工整体解决方案。

3. 成果期待有兴趣

明确给定条件下的案例任务，寻找解决问题的有效办法和理论依据，盼望获得明显的工作成果，内心创建了不断寻找新知识边界的有机载体，阅读有期望、有满足、有兴趣。

本书由常州机电职业技术学院研究员曹根基、教授/高级工程师周保牛、副教授/高级工程师/数控机床操作高级技师周岳合力、精心编制而成，也参阅了大量相关文献资料，在此向有关作者表示衷心感谢。

本书编写时间仓促，疏漏和不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 9 月于常州

目 录

案例一 二轴套件配合数控车削加工	(1)
一、案例任务	(1)
(一) 零件图样	(1)
(二) 任务要求	(2)
(三) 配备条件	(2)
二、工艺设计	(2)
1. 图样分析	(2)
2. 确定方案划分工序	(3)
3. 安排工步配备工装	(3)
三、程序编制	(7)
1. 建立工件坐标系	(7)
2. 确定编程方案	(7)
3. 计算相关尺寸	(8)
4. 编写程序清单	(9)
四、操作加工	(13)
1. 定义毛坯	(14)
2. 安装毛坯件	(14)
3. 选刀装刀	(15)
4. 试切对刀	(15)
5. 设定零点偏置	(21)
6. 输入编辑程序	(22)
7. 镗左端孔	(22)
8. 车左端外圆	(23)
9. 掉头车	(25)
10. 配合检验	(30)
五、相关知识	(31)
1. 复合面接触配合	(31)
2. 小数点编程	(31)

3. 倒角/倒圆编程	(32)
4. 刀具半径补偿	(32)
5. 车削固定循环	(35)
6. 宏程序	(43)
7. 恒线速功能	(45)
8. 机上测量刀具长度补偿	(46)
9. 同一把刀具掉头加工	(48)
10. 锥度配合	(49)
案例二 三轴套件配合数控车削加工	(50)
一、案例任务	(50)
(一) 零件图样	(50)
(二) 任务要求	(52)
(三) 配备条件	(52)
二、工艺设计	(55)
1. 分析工艺性能	(55)
2. 分析工艺装备	(56)
3. 划分工序安排工步	(57)
4. 分工步汇总刀量具	(63)
三、程序编制	(66)
(一) 手工编程	(66)
1. 编制零件 20-2003 加工程序	(66)
2. 编制零件 20-2002 加工程序	(69)
3. 编制零件 20-2001 加工程序	(74)
4. 用坐标系旋转和宏指令编程	(85)
(二) 自动编程	(88)
1. 进入数控车削环境	(88)
2. 建立工件坐标系	(88)
3. 创建刀具	(89)
4. 创建车削加工横截面	(91)
5. 创建工件几何	(91)
6. 编辑车削工件	(92)
7. 创建工序	(94)
8. 后处理编辑程序	(99)
四、操作加工	(100)
1. 刀具安装与试切	(100)

2. 测量	(101)
五、相关知识	(102)
(一) 薄壁加工工艺	(102)
(二) 两种刀架的编程关系	(102)
(三) 自动编程	(102)
1. 工件坐标系	(102)
2. 车削加工横截面	(103)
3. 几何体	(103)
4. 切削区域	(105)
5. 粗车粗镗切削策略	(107)
6. 精车精镗切削策略	(110)
7. 刀轨设置	(111)
8. 切削参数	(113)
9. 非切削参数	(120)
案例三 正弦板数控铣削加工	(126)
一、案例任务	(126)
(一) 零件图样	(126)
(二) 任务要求	(127)
(三) 配备条件	(127)
二、工艺设计	(128)
1. 分析图样及配备条件	(128)
2. 划分工序安排工步	(128)
三、程序编制	(130)
1. 建立工件坐标系	(130)
2. 绘制刀具路径	(130)
3. 编写程序清单	(132)
四、操作加工	(138)
1. 选择机床	(138)
2. 设置仿真系统状态	(139)
3. 开机	(139)
4. 返回参考点	(141)
5. 装夹工件	(141)
6. 装刀	(142)
7. 对刀设定零点偏置值	(143)
8. 对刀设定刀具补偿值	(144)

9. 输入编辑程序	(146)
10. 自动加工	(147)
11. 测量补偿精加工	(148)
五、相关知识	(149)
1. 建立曲线方程	(149)
2. 极坐标编程	(149)
3. 坐标系旋转编程	(150)
4. 镜像编程	(150)
5. 子程序分层编程	(151)
6. 顺序选刀换刀方式	(151)
7. 刀具长度补偿	(152)
8. 自动返回参考点	(154)
案例四 二孔盘类零件配合数控镗铣加工	(155)
一、案例任务	(155)
(一) 零件图样	(155)
(二) 任务要求	(156)
(三) 配备条件	(158)
二、工艺设计	(159)
(一) 分析装配工艺、确定零件加工次序	(159)
(二) 零件加工工艺设计	(159)
1. 设计件 1 加工工艺	(159)
2. 设计件 2 加工工艺	(174)
三、程序编制	(180)
1. 编制件 1 加工程序	(180)
2. 编制件 2 加工程序	(194)
四、操作加工	(202)
1. 工装准备	(202)
2. 装夹找正工件	(203)
3. 测量零点偏置值	(203)
4. 数据传输	(205)
5. 两件配合检验	(207)
五、相关知识	(209)
1. 工件坐标系与定位基准的关系	(209)
2. 随机选刀换刀方式	(210)

案例五 茶壶模具数控铣削加工	(212)
一、案例任务	(212)
(一) 零件图样	(212)
(二) 任务要求	(213)
(三) 配备条件	(213)
二、工艺设计	(214)
1. 零件图样及三维模型分析	(214)
2. 工序划分及工步安排	(215)
三、自动编程	(218)
1. 进入加工环境	(218)
2. 建立工件坐标系	(218)
3. 统一两种坐标系	(219)
4. 创建部件及毛坯几何	(220)
5. 创建刀具	(220)
6. 编制粗铣程序	(222)
7. 编制精铣曲面程序	(225)
8. 编制精铣柱面程序	(229)
9. 编制精铣平面程序	(233)
10. 编制刻字程序	(236)
四、操作加工	(239)
1. 刀具安装与对刀	(239)
2. 精度检验	(240)
五、相关知识	(240)
1. 型腔铣 CAVITY_MILL 切削模式的选择	(240)
2. 定轴轮廓区域铣削驱动方式	(242)
3. 深度铣削模式	(245)
4. 高速切削	(248)
5. 曲面测量方法选用	(251)
案例六 快速救生艇叶轮五轴数控铣削加工	(253)
一、案例任务	(253)
(一) 零件图样	(253)
(二) 任务要求	(254)
(三) 配备条件	(254)
二、工艺设计	(254)

1. 分析零件图样及模型	(254)
2. 选用机床	(255)
3. 准备工装	(256)
4. 划分工序安排工步	(256)
三、自动编程	(257)
(一) 创建刀具路径	(257)
1. 重置建模坐标系	(257)
2. 进入 UG8.0 加工环境	(258)
3. 建立工件坐标系	(258)
4. 创建部件及毛坯几何	(260)
5. 创建叶轮几何	(260)
6. 创建刀具	(260)
7. 创建精铣叶片刀路	(261)
8. 创建精铣叶毂刀路	(265)
9. 创建精铣小头刀路	(267)
10. 创建精铣圆角刀路	(270)
(二) 五轴后处理	(271)
1. 创建后处理文件	(271)
2. 输出 NC 程序	(292)
3. 程序编辑	(294)
四、操作加工	(295)
1. 毛坯划线	(295)
2. 工件装夹找正	(295)
3. 刀具长度补偿值	(295)
五、相关知识	(295)
1. TCPM 功能	(295)
2. 循环 32 指令	(296)
3. M126 指令	(296)
4. Tcl 语言	(296)
案例七 壳体数控镗铣加工	(298)
一、案例任务	(298)
(一) 零件图样	(298)
(二) 任务要求	(298)
(三) 配备条件	(298)
二、工艺设计	(300)

1. 分析零件工艺性能	(300)
2. 铸造毛坯要求	(300)
3. 编制工艺过程卡片	(301)
4. 编制工序卡片	(329)
三、程序编制	(329)
1. 编制工序 10 车削程序	(329)
2. 编制工序 20 铣镗钻攻程序	(330)
3. 编制工序 30 钻攻程序	(330)
四、操作加工	(340)
1. 夹具找正与对刀	(340)
2. 找工作台回转中心	(341)
五、相关知识	(342)
1. 基准不重合时工序尺寸计算	(342)
2. 刀具长度范围估算	(343)
3. 掉头镗孔坐标计算	(345)
4. 用户宏程序	(346)
5. 刚性攻丝	(348)
6. 自动测量程序设计	(350)
参考文献	(352)

案例一 二轴套件配合数控车削加工

一、案例任务

(一) 零件图样

数控车削二轴套件配合图样：10-1001 配合件，如图 1-1 所示。

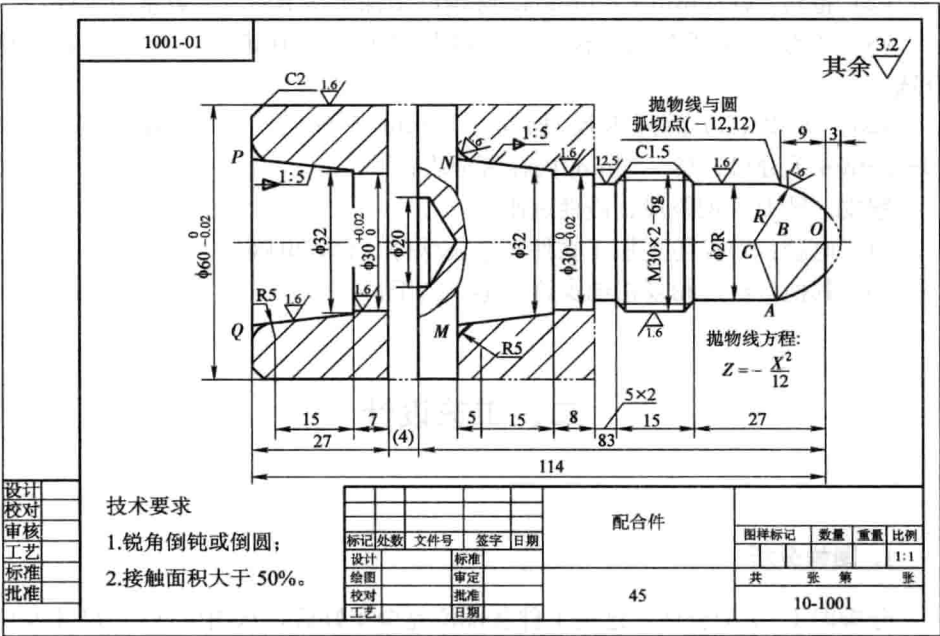


图 1-1 配合件

(二) 任务要求

- (1) 加工图 1-1 工件 1 件；
- (2) 工艺设计；
- (3) 宏指令编程；
- (4) 相同刀具掉头车削编程；
- (5) 在线加工或模拟加工；
- (6) 配合检验。

(三) 配备条件

(1) 加工设备：用刀架后置式 FANUC-0iT 系统卧式数控车床 CK7525A 加工，回转式刀架容量 8 把，外圆刀具刀柄安装截面 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，内孔刀具刀柄安装截面 $\phi 20\text{mm}$ ，在刀架上只有 2 个内孔刀具刀柄安装位置。手动尾座上，套筒内孔莫氏 4 号。备用三爪卡盘扳手。

(2) 备料： $\phi 62\text{mm} \times 120\text{mm}$ 45 圆钢已车加工达 $Ra3.2$ ，数量为 1 件。

(3) 工装：外圆车刀、镗孔刀、外螺纹车刀、切断刀、倒角刀，规格自选；

$125 \pm 0.02\text{ mm}$ 游标卡尺具、 $0 \sim 25\text{mm}$ 千分尺、 $25 \sim 50\text{mm}$ 千分尺、 $50 \sim 75\text{mm}$ 千分尺、 $18 \sim 35\text{mm}$ 内径百分表；

铜皮、锉刀、钢板尺、磁性表座。

(4) 电脑：数控仿真加工软件、办公软件、台式电脑。

(5) 其他：红丹粉及机油少许、笔、白纸。

二、工艺设计

1. 图样分析

分析图 1-1 配合件，这是工件各部位完全车好后，从图中 (4) 尺寸处切断成两轴套件以锥面等复合面配合检验的零件，切断后的两部分零件，再不可加修提高加工精度和配合精度。复合配合接触面包括 $\phi 60_{-0.02}^0$ 端面、R5 球面、 $1:5$ 锥面、32 端面、 $\phi 30$ 圆柱面，要求接触面积大于 50%，车削保证、无法加修、不提供研具研磨，有难度，在工艺上须作出一些取舍，才有可能达到接