

航天技能人才 操作实践案例

(机加、焊接)

中国航天科技集团公司 组织编写



中国宇航出版社

航天技能人才操作实践案例

(机加、焊接)

中国航天科技集团公司 组织编写



中国宇航出版社

· 北 京 ·

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

航天技能人才操作实践案例. 机加、焊接 / 中国航天科技集团公司组织编写. --北京: 中国宇航出版社, 2014.3

ISBN 978-7-5159-0638-6

I. ①航… II. ①中… III. ①航天器-机械加工-技术工人-操作-案例②航天器-焊接-技术工人-操作-案例
IV. ①V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 034261 号

责任编辑 曹晓勇 杨 洁 封面设计 文道思

出版 中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830
(010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336

承印 北京画中画印刷有限公司

版次 2014 年 3 月第 1 版
2014 年 3 月第 1 次印刷

规格 787 × 1092

开本 1/16

印张 21.5

字数 496 千字

书号 ISBN 978-7-5159-0638-6

定价 68.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

《航天技能人才操作实践案例》

编审委员会

主 任 陈学钊

副主任 王文国 邓宁丰

委 员 《机加、焊接》分册

刘宪力 舒荣辉 邢一红 黎月明 刘军生 张和平

吴成洪 穆英娟 徐爱杰 叶启付 付天厚

《电装》分册

赵凡志 尹西霞 周 澄 高伟娜 鄢 力 丁颖洁

刘双宝 王春兰

办公室 渠宝珠 董俊廷 曹晓勇 边 宽 丁治国 赵 阳

李测亮 李 强 尹丽巍 林 岚 安会刚 彭 玲

王华平 朱明民 崔修利 代灵宁 相丽艳 刘 娟

出版说明

近几年，随着集团公司型号科研任务的日益繁重，航天生产加工制造面临新的挑战，广大技能人员在生产实践中积累的绝技绝招需要继续总结提炼，使个人的隐性知识转变为组织的显性知识，通过推广传承，来促进生产效率和效益的提高，同时更好地满足当前技能人才培养的需求。

在各院人力资源部、有关厂所和高技能人才的大力支持下，经过近一年时间的努力，我们完成了《航天技能人才操作实践案例》培训教材的编写工作。这套教材的主要内容为近5年来高技能人才在一线生产中积累的绝技绝招、创造的典型加工技术、创新的加工工具和工装等技能实践案例，其中机加40个案例，焊接15个案例，电装54个案例，分为“机加、焊接”和“电装”两分册。教材里的案例来自生产一线颇有成绩的高级技师、特级技师和工艺人员，集团公司人力资源部组织相关工艺专家和高技能人才组成的教材编审组，对案例进行了筛选、修改和审查，定稿后由宇航出版社编印出版。

在此，向教材编审组、案例作者和提供帮助的单位、同仁表示衷心的感谢。在教材的使用过程中，肯定还会存在一些疏漏，请随时反馈，以便我们进一步完善。

中国航天科技集团公司人力资源部

2014年3月

目 录

机 加

控制深孔加工振颤实例	卢成林/3
某壳体零件沉孔加工方法改进实例	王志嵘/9
数控车床自制工装实例	王勇 霍亮 贾静雅 张帆/18
碳纤维防热套高精度车加工实例	王俊江/23
插拔装置溜板导轨的刮削技术	李晓波/30
螺道铣削加工技巧	谢建慧/40
大型超高强度钢薄壁壳体车削变形控制	吕兵 董卫国 范新平 孙卫军/45
大型转子体车削加工技巧	赖蒙生 张金锁 张强 刘荣昌/51
多维编织 C/C 复合材料制品车削技术难点解析	张玲 单建群 牛军/57
碳纤维复合材料薄壁件孔加工技术	梁艳芳 景新 王刚/62
10 N 推力器接板超深小孔的加工技巧	任进喜 武胜勇/67
飞轮精密轴系零件的淬硬车削刀具应用研究	栗慧敏 孙慧丽/72
空间光学遥感器光机一体化立式定心加工技术的改进	熊克成 赵晓宇/77
某星天线支撑的创新加工思路及方法	冯振 杨世强/83
典型薄壁件的数控加工探讨	胡兴平/95
返回舱组合加工专用刀具及切削方案改进	王连友 林晓青 韩星 张斌/100
用于碳纤维复合材料结构件镗削加工的工艺改进措施	张斌 张佳朋/107
小直径高压密封装置“O”形橡胶圈、挡圈防“切”蠕动装配法	赵春华/113
基于深孔加工 G 代码指令开发	杨峰/119
喷注器架车铣复合加工方法	谢建强/127
高温合金涡轮壳体数控车加工技术	王建刚/135
不对称薄壁框架结构零件加工工艺研究	周军 杨从科/142
对某型号零件阀体的加工优化	胡波/148
浅谈壳体类不锈钢隔膜的车削技术	高大斌 徐蔚蔚/153
浅谈壳体类零件深孔钻削技巧	李华兵 李东奇 干卫华/159

某导弹发射车方位角零位标定测量技术	姚晓峰/164
提高光学镜架部套的运动精度	林再跃/169
舱体零件高精度孔数控加工方法	唐建平 蒋延峰 戚菊芳/173
多层大直径薄壁波纹管成形工艺研究	王意和/179
某型号导弹引信装配工装改进	李文 张伟/184
基于双片齿轮啮合消除力矩的测算及调整方法	邢玉辉 王瑜/191
发动机浇注缸内置自动升降平台研究	徐俊/198
某复合材料芯片上复合角的加工技巧	尹京伟/203
低刚度细颈圆柱扭杆的精车加工技巧	柳亚楠 邵荔宁/209
翻板在相对孔系零件加工中的应用技巧	石岩 田红斌/215
数控车床专用夹具的实践设计	吕建平/222
铍仪表零件精加工后微细毛刺去除方法探析	薛凤举 郭祎 李春明 姜雪冬/228
不锈钢深孔加工的一种方法	付天厚 张建华/234
巧用方形工装提高复杂轴类零件加工精度	张建华/238
××导弹滑块曲面斜孔的加工	闫宪翔 李炜/243

焊 接

30CrMnSiA 钢焊接工艺研究	李鹏义/249
2219 铝合金箱底缺陷补焊工艺	刘琦辉 杜晗 熊林玉 郝双喜/254
大厚度无氧铜的氩弧钎焊研究	张志勇/262
某型号发动机推力室头部焊接工艺研究	高凤林/266
自锁阀阀体真空电子束焊变形控制方法研究	王永刚 李长维 王建 王文平/276
某型号大型密封舱体的环缝变极性等离子弧自动焊接技巧	张铁民/281
珠光体和奥氏体异种钢的焊接	王俊 赵静 郭惠芬/287
铜合金的双枪熔焊法	曹玉玺/295
带有剩磁的零件电子束焊焊缝定位方法	张文彬/297
抑制 TIG 焊接 5A06 刚性结构凝固裂纹方法的研究	马俊/301
铜合金内胆的成形与焊接	毛顺正 杜文新 解占新/307
小直径薄壁铝合金管焊接技术	肖怀国/312
平面缝隙阵列天线氮气保护	茹国宪/318
热管焊接问题剖析与改进	陈育德/325
发动机壳体的氩弧焊技术	黄耀忠 潘丽华/331

机 加

控制深孔加工振颤实例

卢成林

航天一院 211 厂

摘 要 作者结合多年的实践经验，介绍了深孔加工的特点和防止刀杆振颤的措施，提出了克服长悬臂刀杆刚性差、影响加工质量的工艺方法。

关键词 深孔 振颤 镗加工

1 引言

本文针对深孔加工易发生振颤的问题，对刀具的选择、切削参数、加工方法、加工工艺流程等工艺环节作了分析研究，并通过多年的实践验证，提出了克服长悬臂刀杆刚性差、影响被加工孔的质量的工艺方法，解决了深孔加工振颤的问题。

2 技术难点

孔的加工是机械加工生产中最常见的加工类型。对于一般的孔，可以根据精度需求，通常采用钻、铰、磨、镗等工艺方法实现，以满足精度需求（加工要求）。但是如果遇到长径比较大的孔时，采用一般的加工方法将难以保证精度要求，镗削加工便成一种较为常用的工艺方法^[1]。

然而，在镗削深孔时，易发生刀具振颤，导致加工面质量差，甚至崩刃、折断等现象，大大影响了加工质量和加工效率。通过分析，主要存在以下三方面问题^[2-3]：

- 1) 刀具伸出长度过长，长径比过大，导致刀杆刚性不足，极易引发振颤，导致刀具崩刃、折断等现象。
- 2) 由于孔较深排屑不畅，操作者无法观察孔内部的实际加工情况，容易产生缠屑、起刀瘤等现象，导致孔加工表面质量下降。
- 3) 刀具本身的特性。镗刀是由单个切削刃参加切削，相比于两个切削刃参加切削的钻头，受力较不均衡，易诱发振颤。

3 技术方案

为了抑制振颤的产生，在实际生产中通常采取以下措施：

- 1) 尽可能缩短刀具的伸出长度，增大刀具的横截面积。
- 2) 降低切削速度，加大进给量。
- 3) 采用大前角，降低切削力。

4) 减小刀尖圆弧半径 R ，降低吃刀抗力。

在实际的生产中，往往受到特殊条件的限制，即使采取以上四条措施，振颤仍存在，难以消除，特别是在深孔加工时，振颤现象更为明显，加工难度大。如何消除振颤，成为保证加工质量的关键。采用防颤刀头，优化加工方法等措施成为解决这类问题的有效手段之一。

4 实用范例

下面以某焊接胎中心轴的内孔加工为实例，说明防止粗、精加工深孔时振颤的加工措施。

图 1 所示为焊接胎中心轴，材料为 45 # 钢，硬度 30~35HRC，内孔直径 $\phi 120$ ，深 1 760 mm，其中内孔 $\phi 120$ 为本次加工的难点。在该实例的实际加工中，按镗削加工的一般方法，需采用刀杆直径 $\phi 90$ 、长度 2 200 mm 的刀具，在加工中刀具伸出长度 1 800 mm 方能满足要求，且刀具伸出长度 (L) 与刀杆直径 (d) 之比 (L/d) = 20。

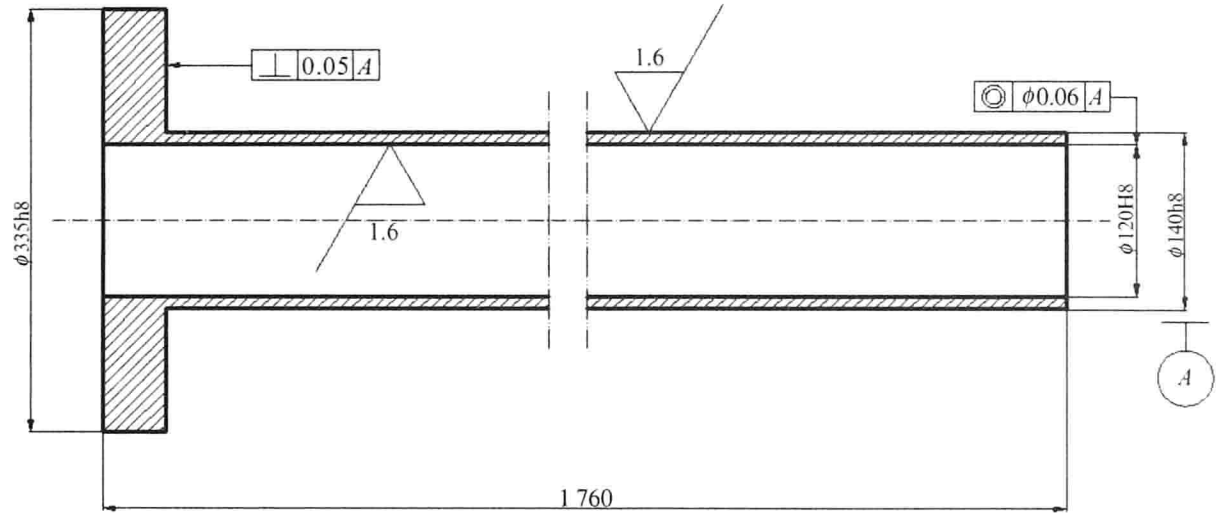


图 1 某焊接胎中心轴

作者结合自身多年的实际工作经验，采用自制的加长刀杆及镗刀头，通过加工方法的优化，在 CW61100B 卧式车床上实现了该产品内孔的加工。具体操作如下。

4.1 自制加长刀杆及刀杆找正

4.1.1 自制刀杆

根据实例中产品的特性，需自制刀杆直径 $\phi 90$ 、长度 2 200 mm 的长刀杆。

4.1.2 防颤镗刀

镗刀结构示意图如图 2、图 3 所示。

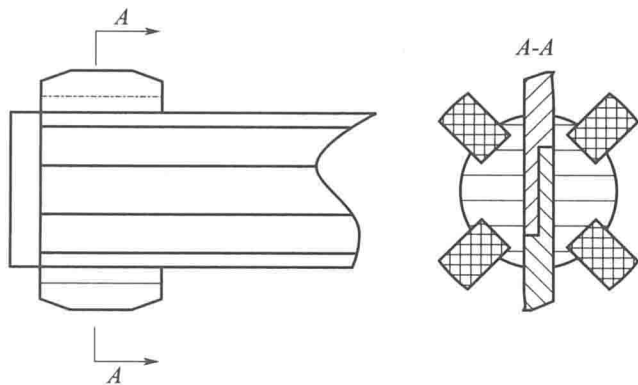


图 2 粗加工镗刀示意图

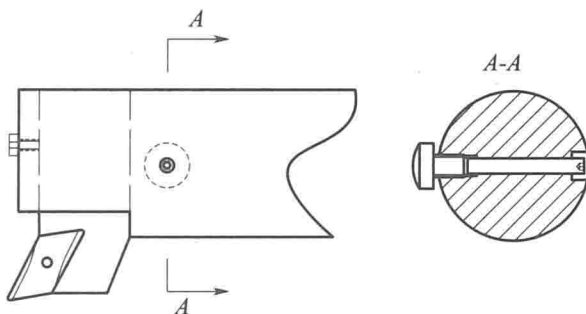


图 3 精加工镗刀示意图

4.2 刀具的选择

粗加工时，单刀选用 YM10 的机夹刀片，该刀片硬度高、耐磨性好。

浮动镗刀选用 YT15 刀片。

加工外圆时，选用涂层刀片。

4.3 采取的加工措施

主要加工流程为：刀杆找正→对头粗镗内孔→单刀粗镗→浮动粗镗→浮动精镗。

4.3.1 刀杆的找正

由于刀杆直径小，伸出过长，刚性差，受自身重力作用具有一定的挠度，易形成低头现象，为此在加工前，需先将刀杆找正。

如图 4 所示，具体操作过程如下：

- 1) 将刀杆 2 装入刀架上；
- 2) 在工件 1 的右端放一块磁力表架，使百分表的触头与刀杆 2 接触；
- 3) 将刀杆 2 逐渐伸入工件 1 中，找正刀杆的上表面和侧面，保证精度控制在 0.5 mm 内。

找正时可采取在刀架的前端加垫片的方法，让刀杆头部抬起来，使刀杆在有效的范围内呈水平状（在精镗时尤为重要），同时刀杆的侧面也要拉直。也就是说，在不受力的状

态下安装刀杆为最佳状态。

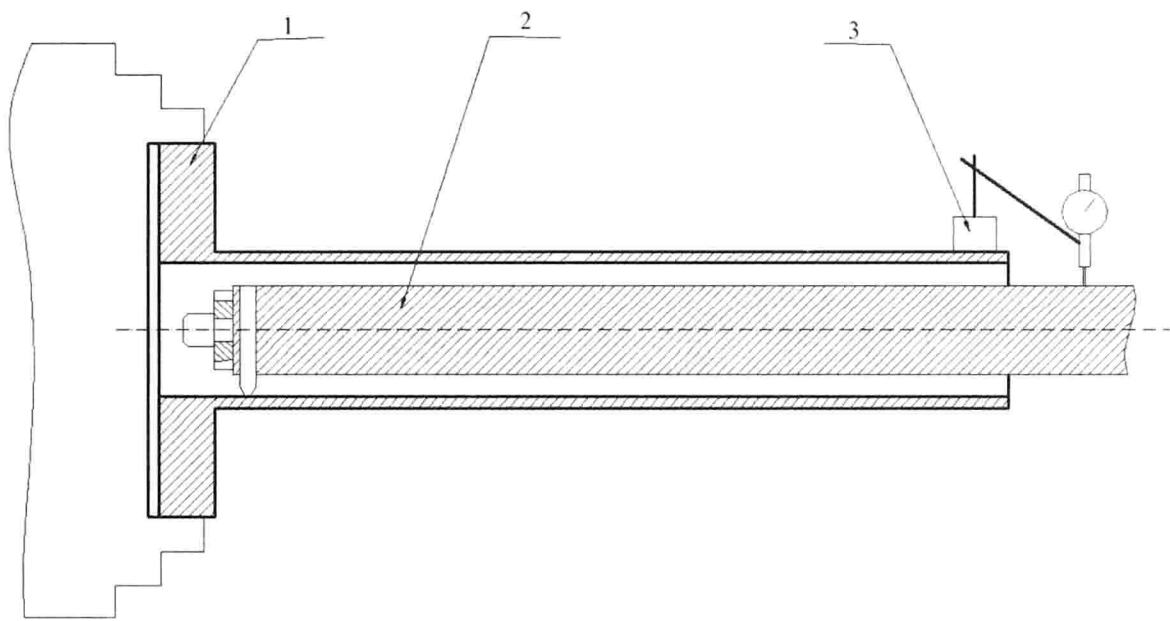


图4 刀杆找正示意图
1—工件；2—刀杆；3—百分表

4.3.2 加工步骤

(1) 第一步：对头粗镗内孔

如果原料为管料，直接转下一步（单刀粗镗）。原料为棒料时，考虑首先对头粗镗内孔，去除大余量。

由于工件较长，操作者无法观察到内部加工情况，因此采取对头粗钻内孔。粗镗时可采用类似钻头形式的刀具，即双刃刀正反切削，这样切削力相对较平衡，切削效率较单刃提高5~6倍。当内孔余量小于5 mm时，采用单刀自左至右的加工方法去除余量；直至余量为2 mm。采用单刀的目的是为了防⌋止孔的轴线与机床回转轴线不重合。

(2) 第二步：单刀粗镗

为防止刀杆低头和振颤引起内孔粗加工时超差的现象，首先选用短的内孔刀在工件口部车加工30 mm左右，将刀具与车好的内孔相切。然后，调整刀杆头部下⌋方的调整块（调整块的材料选为青铜QSn9-4，头部为球状SR5.5，用M12×1的螺钉与刀杆连接），使其也与内孔相切，调整后紧固。需要注意的是，调整时用力不宜过大。这样就可以降低在车削时因刀杆刚性不足引起的低头和振颤，提高内孔粗加工时的精度和粗糙度要求，为精加工作好准备。其中调整块相当于车外圆时的跟刀架，其作用就是作为辅助支撑，增加刀杆的刚性，这是解决振颤的关键，如图5所示。

(3) 第三步：浮动粗镗

浮动粗镗时，首先将粗加工刀杆上的调整块卸掉，在刀杆头部的四个预留槽内加装卡布胶木条，将胶木条固定，见图6。同时车加工到所需尺寸，外径略大于内孔0.05~0.1 mm。此时，将刀杆和定位胶木条按图2方法找正，胶木条应找在0.03 mm内。再用短

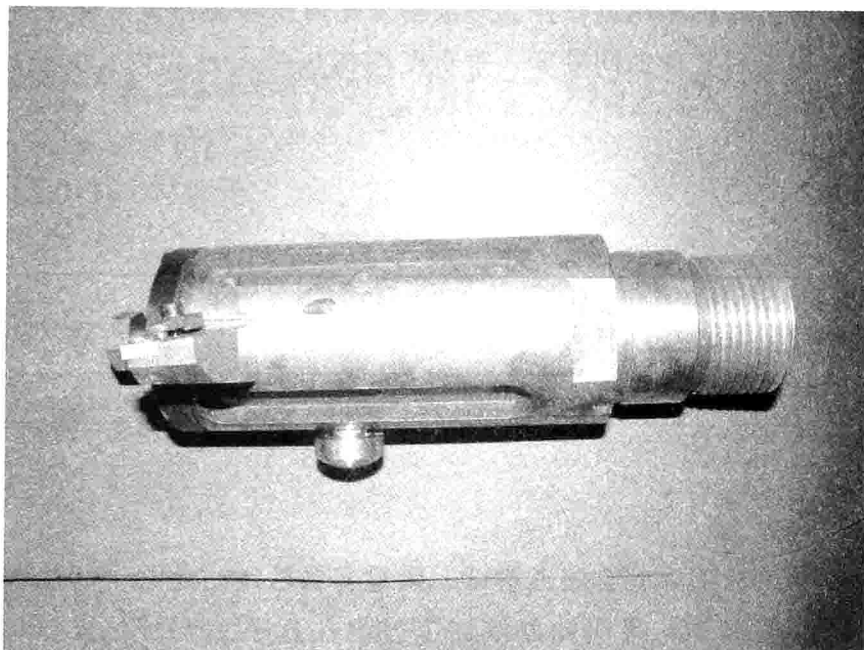


图 5 具有防颤功能的粗镗刀

的内孔刀将内孔先预车加工一段（约 40 mm），工件内孔不要倒角（目的是利用孔口的锐边将胶木条切削至与内孔一样大，这样成为无间隙配合，便于更好地定位。）。将浮动镗刀调整好，与预车加工的一段尺寸一致，先粗镗一次，留不小于 0.5 mm 加工余量，粗浮镗后的表面粗糙度应小于 $1.6\ \mu\text{m}$ 。

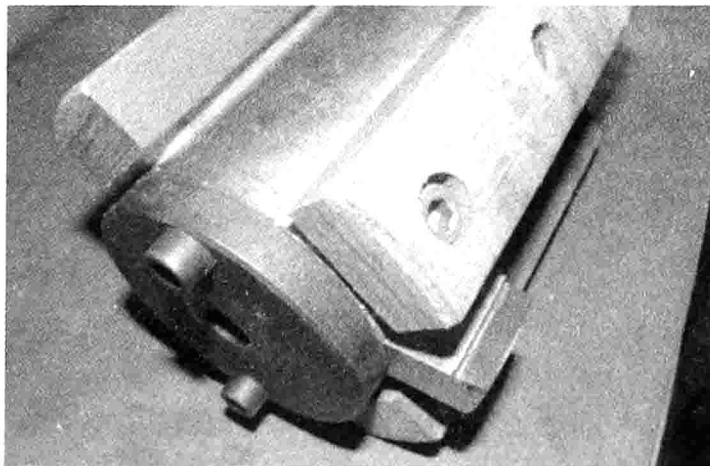


图 6 浮动镗刀

由于镗刀刀刃较宽，可将镗刀主切削刃磨成 45° ，刀尖过渡半径 $R1$ ，便于切削较大的加工余量。同时可采用 $0.8\sim 1\ \text{mm/r}$ 的走刀量，切削速度控制在 $20\sim 30\ \text{m/min}$ 。

（4）第四步：浮动精镗

重复上一步工序进行精加工。将走刀量调整为每转 $3\sim 5\ \text{mm}$ （因为浮动镗刀的主切削刃长约 20 mm），切削速度为 $30\ \text{m/min}$ ，加注足够的冷却切削液，表面粗糙度可达 $1.6\ \mu\text{m}$ 以上。

加工外圆时，调整好机床尾座，控制外圆精度比内孔容易得多。此工件是在车床上一次装夹加工而成，加工后零件的同轴度、垂直度均在 0.02 mm 以内，完全满足要求。

4.3.3 加工工艺参数

加工参数如表 1 所示。

表 1 加工参数对照表

项 目	粗加工	精加工
切削速度/（m/min）	20~30	20~30
走刀量/（mm/r）	0.8~1	3~5

5 结 论

作为单件或小批量加工，此方法成本低、质量容易控制，是一种解决深孔加工的有效方法。目前，在实际生产中，采用此办法加工过内孔直径 $\phi 25H7$ 、长 300 mm 的铝质零件，效果很好，满足设计要求。

参 考 文 献

[1] 王俊．现代深孔加工技术．哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2005.
[2] 孟少龙．机械加工工艺手册（第一卷）．北京：机械工业出版社，1998.
[3] 张红卫，吴伏家．深孔镗削振动机理研究．机械管理开发，2007（2）.

某壳体零件沉孔加工方法改进实例

王志嵘

航天一院 18 所

摘 要 本文针对一级伺服机构某壳体安装沉孔在加工中质量难以保证、生产效率低的问题，对以往加工方法及定位方式进行了综合分析，通过反复摸索论证和试验，最终摒弃了旧的加工方法，开创了反向拉镗的加工方法，全面提升了产品质量和生产效率。

关键词 沉孔 反向拉镗

1 引言

CZ-2F、CZ-3A 一级伺服机构某壳体在现有批产零件的生产中属于大型壳体类重要零件，其外形及图样如图 1、图 2 所示。该壳体的最大内径为 $\phi 120$ ，壳体壁厚 4 mm，壳体总长 380 mm；壳体安装面设计有 16 个不同孔径的安装通孔，分别为 $\phi 12$ 、 $\phi 12.5$ 、 $\phi 13$ ，在对应位置有 14 个沉孔，直径为 $\phi 20$ 。



图 1 壳体外观

多年来，该壳体安装沉孔一直沿用由钳工以加长刀杆配装切削刀具在立式钻床上正向切削的加工方法，加工示意图如图 3 所示，刀具如图 4 所示。

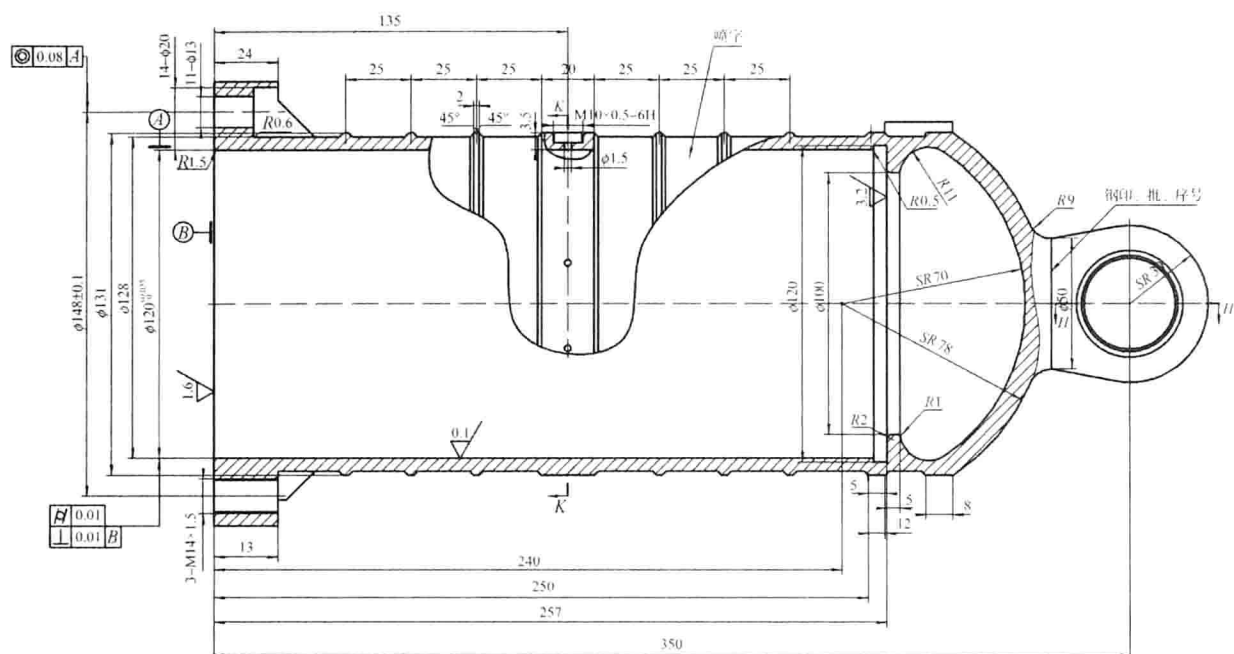


图 2 壳体图样



图 3 加工示意图

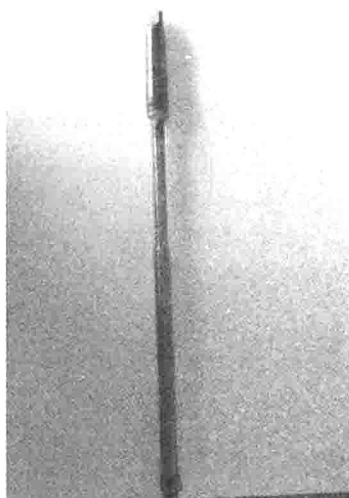


图 4 刀具

近些年，随着发射任务量的增大，该壳体的投产数量也成倍增加，达到批产近百台；零件材料也由普通合金结构钢变更为沉淀硬化不锈钢。生产量的大幅增加，加上材料加工难度的增大，使原有的加工方法更加不能适应形势的需要，迫切需要开创一个新的加工方法，改变生产现状，提高效率，减轻劳动强度，降低生产成本。在单位领导的组织下，车间成立了技术攻关小组，经过近两年、三个生产周期的摸索改进，分阶段解决并验证了改进后加工方案，包括专用工装的设计制作，新型刀杆及刀头的设计制作，配套的刀具调整，以及刃磨所需要的专用工装等问题，最终放弃了旧的加工方法，使壳体沉孔的加工方法得到改进。