

# 壳体腰形孔加工的技术探讨

邓学忠 冉启奎

(贵州航天控制技术有限公司, 贵州 550009)



**摘要:** 根据实际工作经验, 从优化加工工艺、选择合适的加工设备和刀具、优化检测方法等几个方面, 论述了如何保证壳体 6H7 腰形孔相对于 K 基准的对称度要求 0.02mm, 从而提高壳体腰形孔对称度的合格率。

**关键词:** 壳体; 腰形孔; 对称度

## Disussion on Process of Waist-shaped Hole in the Case

Deng Xuezhong Ran Qikui

(Guizhou Aerospace Control Techology Limited Co., Guizhou 550009)

**Abstract:** Based on the practical experience, the paper discusses the symmetry 0.02mm relative to datum K for 6H7 waist-shaped holes in the case in the terms of optimization of machining process, proper choice of processing equipment and optimization of test methods, thus improves the qualified rate of waist-shaped hole symmetry.

**Key words:** case; waist-shaped hole; symmetry

### 1 引言

壳体是我公司新研制的某型号舵机关键零件之一, 结构复杂, 属于精密加工和精密检测零件, 6H7 腰形孔是关键部位, 配合间隙很小, 对称度要求较高, 此零件在 M1 批的加工中, 合格率为零, 对称度保证范围 0.03~0.05mm, 与使用要求相差甚远。加工 M2 批时, 通过提高零件加工的合格率, 降低了生产成本, 缩短了生产周期, 提高了产品质量和公司的信誉度。

### 2 壳体腰形孔的结构特点与加工难点

图 1 为壳体零件的结构图, 该零件材料为锻铝 2A14, 结构复杂, 孔系比较多, 外形不规则, 装夹不方便, 零件易变形, 给壳体腰形孔的加工造成很大的

困难。因此, 要考虑零件加工的先后顺序, 装夹基准的稳定性、可靠性, 以及基准面间垂直度、平行度要求, 避免零件的变形。对 6H7 腰形孔相对于 K 基准的对称度要求 0.02mm, K 基准在孔里而且在另一个方向, 采用普通的数控铣床加工腰形孔无法找正 K 基准, 千分表在工作台或床头上, 表头无法伸进孔里, 再加上装夹误差, 无法保证对称度要求 0.02mm。

从零件的装配关系分析, 6H7 腰形孔与骨架(见图 2)的外圆  $\Phi 6f8$  配合, 配合间隙为 0.01~0.04mm, 而骨架上  $\Phi 8H8$  孔与连杆(见图 3)外圆  $\Phi 8f8$  配合, 配合间隙为 0.013~0.057mm, 连杆外圆  $\Phi 31_{-0.09}^{+0.08}$  上的密封圈与壳体  $\Phi 31H7$  孔(即 K 基准)配合, 当连杆带动骨架在壳体腰形孔内运动时, 如果 6H7 腰形孔相对于 K 基准的对称度保证不好, 骨架就与壳体的腰形孔发生干涉, 最终影响产品的使用。

作者简介: 邓学忠(1970-), 总工艺师, 机械设计和制造专业; 研究方向: 精密数控加工技术和精密装配调试工艺。

收稿日期: 2011-03-31

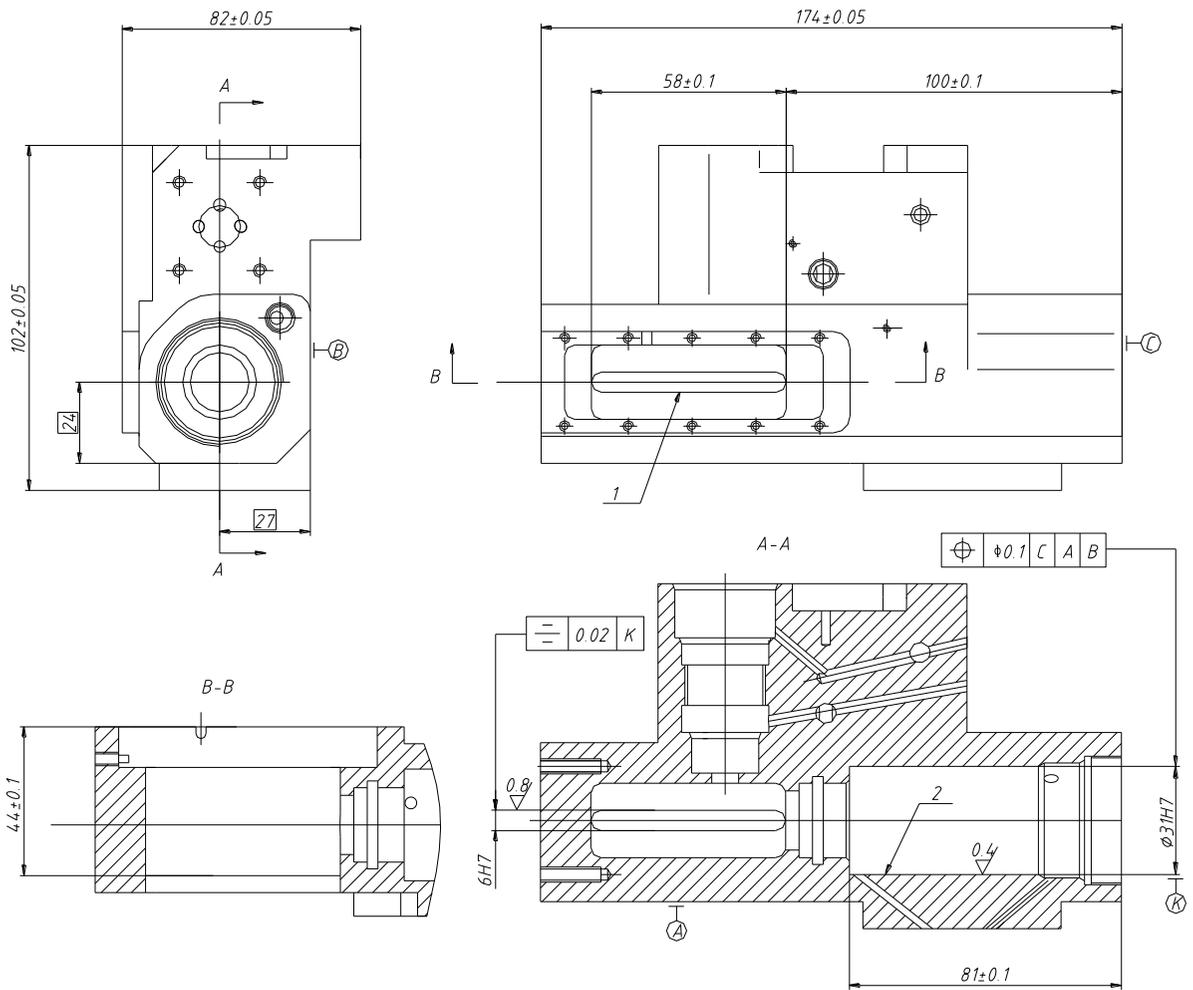


图1 壳体零件的结构图

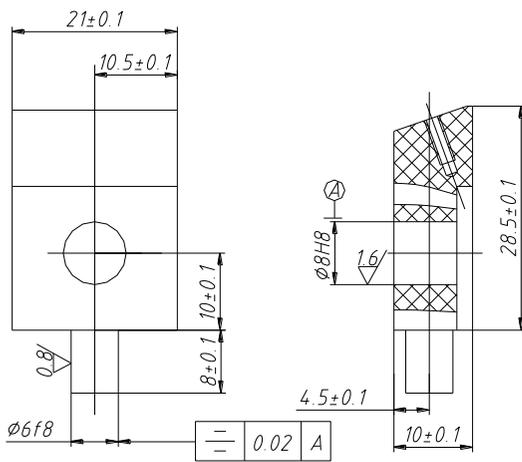


图2 骨架

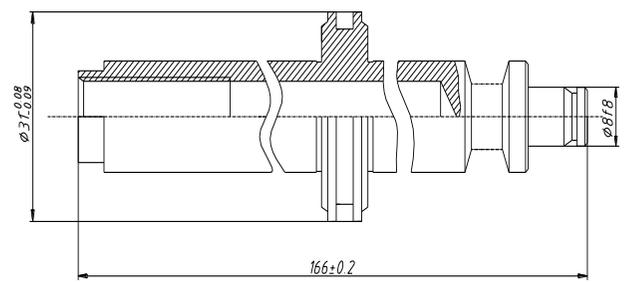


图3 连杆

### 3 加工技术方案

6H7 腰形孔相对于 K 基准的对称度很重要，如何保证图纸要求，需要从零件的装夹方法、变形问题、尺寸精度、加工顺序、加工设备的选用、热处理、表面处理等方面制定工艺流程，见表 1。

表1 壳体工艺流程表

名称	作用	注意事项
锻造	毛坯制造；降低材料成本。	锻造时要保证原材料纤维方向与壳体主要孔系方向一致；采用超声波探伤及时发现裂纹，防止裂纹零件继续加工，减少损失。
淬火时效	提高材料硬度和改变零件的切削性能。	
粗钻孔	对一部分较大或者较深的孔去余量。	防止钻头钻偏。
消除内应力	消除粗钻孔时产生的内应力。	
粗铣	对外形重要的基准面去余量，不重要的部位加工到尺寸。	对基准面的面间垂直度、平行度必须保证在 0.05mm 以内。
高低温稳定处理	进一步消除粗加工过程中产生的内应力，防止后续加工零件变形。	
半精铣	对外形重要的基准面铣至最终尺寸，对较小且没有斜孔相贯的孔加工到最终尺寸，对较大且有斜孔相贯的孔需留少量余量。	对基准面的面间垂直度、平行度必须保证在 0.03mm 以内，是保证 6H7 腰形孔对称度要求的关键环节。
钻斜孔	安排在精铣之前，目的是保证工作孔的表面质量。	相贯孔之间要注意钻孔的先后顺序，否则无法贯通。
精铣	对重要孔加工到尺寸，并提高表面粗糙度。	6H7 腰形孔最终尺寸的加工在此环节进行，装夹时需找正平口钳和工作台。
表面处理	保证外观质量。	表面处理之前钳工需对外观进行检查，并砂光清理。

## 4 选择合适的加工设备和刀具

### 4.1 加工设备的选择

传统的机加工工艺主要采用普通数控铣床加工精密零件，但无法实现多面同时加工。根据壳体腰形孔和 K 基准不在同一面的结构特点，选用五轴数控铣床进行加工。对选用的五轴数控铣床，需检查其刚性、工作台和主轴的旋转精度、夹持系统、冷却液的充分使用、排屑流畅等问题，避免加工时掉刀或加工部位排屑不流畅等不良现象。

### 4.2 刀具的选择

6H7 腰形孔表面粗糙度  $R_a$  值为 0.8，零件表面质量和尺寸要求能否保证，取决于立铣刀的径向跳动。因此，应该同时考虑刀具的刚性和夹紧情况，对铝合金材料而言，精加工时应减少径向切深，加上腰形孔在粗铣时所留余量不大，单边只有 0.25mm，而且精加工时采用多次走刀，最后一刀切深应为 0.01~0.02mm。在 M2 批首件加工时发现 6H7 腰形孔有喇叭口现象，经分析认为，与刀具材料的耐磨性以及冷却液的充分使用有关，改用材料牌号为 YG6 的整体式硬质合金四刃立铣刀和充分冷却后，腰形孔尺寸 6H7 和表面粗糙度完全保证，因该材料牌号的立铣刀具有强度高、抗振动性、耐磨性能好的特点。另外，四刃立铣刀具有更强的刚性，适用于侧边铣、

浅槽铣，断面面积比三刃、二刃立铣刀大，所占比例达 60%。<sup>[1]</sup>

## 5 影响尺寸精度的其它因素

### 5.1 切削用量

对于壳体腰形孔的加工，应重点考虑刀具材料、冷却液的使用、主轴的转速  $n$ 、切削速度  $v_c$  等问题。刀具材料一般采用 YG6，冷却液使用乳化液，而主轴的转速、零件的切削速度与加工部位的切削直径  $D_c$  有关系，可采用公式  $n=1000v_c/\pi D_c$  计算，主轴的转速越高，切削速度就越大，但主轴转速的高低还要考虑刀具材料的耐磨性，耐磨性好的刀具，主轴的转速就可以选用高一些，一般精密零件的加工，主轴转速为 800~1200r/min。<sup>[2, 3]</sup>

### 5.2 装夹方法

在零件加工的过程中，无论采用什么设备和加工方法都不能违背六点定位原则。在五轴的数控铣床上，为了实现多个面同时加工，在某个定位面上就不能用普通定位杆定位，可以采用刀柄装夹芯棒，移动到适当位置来限制该自由度；在五轴数控铣床上找正夹具时，可以转动 C 轴找正并以此作为零点，实现快速找正。夹紧力要适中，不能太大，否则零件会变形；也不能太小，零件在加工过程中会松动，装夹位置和



