精车内外圆夹具结构设计

江南机器（集团）有限公司 （湖南湘潭 411207） 杨建贺 杨 婧

1. 工件介绍

某零件结构主要特征是：产品外形尺寸 $D_2 \times L$，大直径（ϕ172mm），壁薄件（薄厚仅1.84mm），壁厚差大；内腔形状复杂，台阶多，起伏大；基本对称，加工位置精度高；零件材料为铝合金，如图1所示。

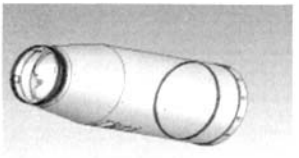


图1 零件立体图

2. 加工技术背景

加工薄壁件内外圆的车床夹具一般采用胀簧式定心夹紧结构。定心夹紧装置起着所谓的“均分工件公差”的作用，理论上的定位误差为零，由于制造精度的影响，实际上不可能为零。据《航空工艺装备设计手册》（夹具设计）上介绍，采用胀簧式定心夹紧结构加工的产品的同轴度精度仅能达到 ϕ0.075～ϕ0.15mm（夹头直径小于 ϕ30～ϕ50mm）。我公司某大型薄壁零件加工同轴度要求为 ϕ0.03～ϕ0.06mm，夹头胀簧直径为166mm，要达到这样的精度，要求和设计大直径的夹头胀簧，完全无资料可查，而采用单一胀簧式定心夹紧结构，显然是无法解决问题的。并且，我公司已往生产的小直径（小于 ϕ100mm）薄壁零件的经验也证明了这一点，其同轴度精度要求均为 ϕ0.08～ϕ0.12mm。而随着现代科学技术的发展，产品结构设计也越来越精细复杂，既要轻量化又要有可靠性，以增加有效载荷，对零件的加工制造提出了更高的要求。

3. 夹具设计原理及精度分析

（1）需要解决的技术问题 工件结构尺寸如图2所示，如前端定位孔直径 D_1（设计基准 A）与 D_2（设计基准 B）同轴度为 ϕ0.06mm，孔 D_1 与外螺纹 D_M 同轴度为 ϕ0.03mm，外圆对两端内孔 A、B 基准的同轴度要求为 ϕ0.06mm，外圆最大直径为 D_3，壁厚最小为1.8mm，壁厚差小于0.06mm。内形台阶多，可定位直线短。原材料为铝合金棒料，加工中易产生变形，零件的同轴度精度和变形是加工面临的最大难点。

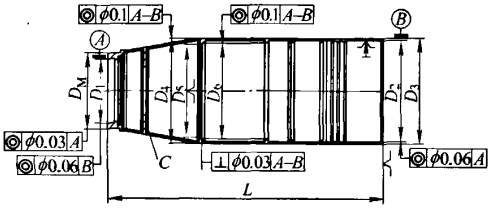


图2 工件结构尺寸简图

科研阶段试制的产品同轴度精度为 ϕ0.13～ϕ0.18mm，所采用的夹具均为刚性心轴定位，主要是局部同轴度精度100%超差（外圆弧长15～20mm）。

由于该零件面临批量投产的状况，时间紧逼，迫切将法兰面四个均布孔钻削完成。此时，不能够松开压紧螺钉，及时转向另一台钻床并进行圆柱面孔的加工。

（3）利用钻模体两侧面作为支撑面，沿导向孔（ϕ1.65±0.01）mm分别将插座壳体圆柱面孔钻削完成。抽（拔）出定位心轴，松开压紧螺钉，可插座壳体取出钻模。定位心轴在钻模体的导向下，可将圆柱面孔底毛刺刮掉，一并带出钻模体外。如此反复可进行螺母零件批量加工。

4. 结语

通过对该插座壳体零件钻孔工艺分析，找出了不同孔径、不同方向孔位的钻孔工艺方法，在工艺装备的设计时，做到了零件加工尺寸精度可靠、使用操作便捷、劳动强度小。该钻模经过数批零件加工验证，工装设计结构合理，零件的取放顺利，钻削稳定可靠，满足了生产需求。对类似材料类似零件的工装设计，可起到一定的借鉴作用。MW

（收稿日期：20091018）

需要设计高精度、高效率的夹具来保证舱体零件加工的同轴度精度要求。

（2）解决问题的技术方案　零件加工的工艺设计和工艺装备设计是相辅相成的，工艺设计是基础。该零件的结构特点决定了内形不可能一次车出，必须要掉头再车另一端内形。我们合理安排了该零件加工的最佳工艺。基本工艺路线为：粗车内外形→半精车内外形→精加工大头内形→精加工小头内形和外形→其他加工。

要完成精车小头内外形工序，我们采用精密数控车床加工。要保证壳体等壁厚和同轴度 ϕ0.06mm，大头内形需先一次车出，直车到锥端内形 C 面，再以大头内形定位，小头内形和外形必须一次装夹车出，这样才能保证零件加工的同轴度，但夹具结构设计困难。我们设计了多个方案进行论证筛选，如双胀不定心方式、单胀定心组合定位方式、双胀辅助定心组合定位方式等，最后决定采用大头内形双头胀簧定位并辅助定心组合定位夹紧方式，利用工件小头端内形中部台阶孔（D_3）辅助定心定位和支承，由于胀簧定位孔和定心盘小锥度定心孔是在精加工大头内形中一次车出，其同轴度精度很好，所以这种组合定位夹紧方式可使加工零件高精度定位，并辅助增加支承刚性，有利于减少变形。

我们大胆创新，设计了一套既胀又辅助定心的关键夹具（见图3）。经实际批量生产使用，效果很好，加工零件的同轴度为 ϕ0.02～ϕ0.04mm。

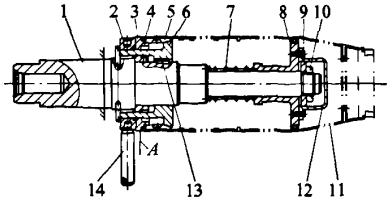


图3　夹具简图

1. 轴　2. 大螺母　3. 固定锥体　4. 销　5. 胀簧　6. 活动锥体
7. 弹簧　8. 定心盘　9. 挡圈　10. 小螺母
11. 工件　12. 挡屑罩　13. 键　14. 手柄

（3）夹具设计精度分析　根据夹具设计原理，考虑到各项误差的方向性，以及各项误差的最大值也很难同时出现，因此应按概率论方法计算，即

$$\sqrt{\Delta D^2 + \Delta J^2 + (\Delta Z - A)^2} = \sum \Delta \leqslant \delta G$$

式中　$\Delta Z - A$——夹具装配及安装有关的误差；

ΔJ——与加工方法有关的误差；

ΔD——定位误差；

δG——尺寸公差。

在夹具设计时，通常是使 ΔD、ΔJ、$\Delta Z - A$ 各占 $\delta G/3$，零件的技术要求是定位孔直径 D_1（定位基准 A）与 D_2（定位基准 B）同轴度为 ϕ0.06mm，$\delta G/3$ 为 0.02mm。

定位误差（ΔD）由基准不重合误差 ΔB 和基准位移误差 ΔY 组成

$$\Delta D = \Delta B + \Delta Y$$

夹具的定位基准与工序基准重合，即胀簧定位无间隙，所以 $\Delta B = 0$，$\Delta Y = 0$。

夹具装配及安装有关的误差（$\Delta Z - A$）由夹具装配误差 ΔZ 和夹具安装到车床的误差 ΔA 组成

$$\Delta Z - A = \Delta Z + \Delta A$$

夹具装配总图技术要求小锥度定心盘外锥面对夹具基准莫氏锥轴跳动为 0.015mm，夹具装配误差 ΔZ = 0.015mm。

与加工方法有关的误差 ΔJ 根据经验，可取 ΔJ = (1/2～1/5) δG，取 ΔJ = 0.03mm。

将上述各值代入

$$\sqrt{\Delta D^2 + \Delta J^2 + (\Delta Z - A)^2} = \sum \Delta \leqslant \delta G$$

得　$\sqrt{0^2 + 0.015^2 + 0.03^2} = 0.033(\text{mm}) \leqslant 0.06(\text{mm})$

所以，这种定位方式能满足前定位孔直径 D_1（定位基准 A）与 D_2（定位基准 B）同轴度为 ϕ0.06mm 精度加工要求。

4. 夹具操作要点

将夹具锥轴装入精密数控车床主轴锥孔内，用长螺杆拉紧夹具，再将工件大头内形套入胀簧5中，由于工件和定心盘8受压缩弹簧7预压作用，必须借助于车床尾座顶尖顶住工件右端面，并使工件左端面紧贴固定锥体3定位面 A，再用手柄14旋转大螺母2，使活动锥体6轴向移动并胀紧胀簧5而固紧工件，将车床尾座顶尖退出，完成工件装夹。工件加工完成后，卸下工件时，只要松开大螺母2后，工件借助弹簧7的弹力，通过作用定心盘8自动将工件退出。

5. 夹具设计要点

（1）弹簧力要适中，弹簧力太大影响装夹，弹簧力太小影响辅助定心精度，弹簧力大小可通过增加垫片调整，弹簧必须定性热处理。

（2）活动锥体螺纹部分铣了四个等分U形槽，固定锥体上铣了四个等分腰形槽，以方便活动锥体四个凸台穿过固定锥体上的四个等分U形槽（见图4），并使得操作工很方便迅速地装夹工件，但活动锥体零件的加工制造要困难些。

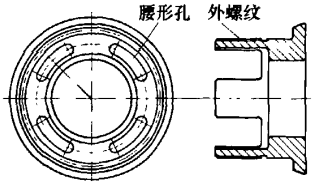


图 4

（3）为提高夹具定位夹紧精度，双头胀簧外圆定心工作面必须在零件加工使用机床上就地加工一次，减少各夹具零件装配后的综合误差。

（4）定心盘基准孔与轴的配合间隙要最小，以保证定心精度。定心盘与工件台阶孔采用小锥度（小于20°）辅助定心（见图5），要求定心盘的设计和制造精度要很高。定心盘还可起辅助支承工件的作用，增加零件加工时的刚性，减少切削加工时引起的变形。

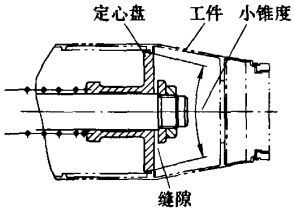


图5 定心盘定位支承示意图

（5）挡屑罩设计很重要。精车内孔时，切屑会通过缝隙掉进定心盘与轴的配合处（见图3），影响定心盘的定位精度，挡屑罩固定在定心盘上。

（6）大直径胀簧的设计和制造精度也很关键。特别是胀簧的制造精度对零件的加工精度有重要影响，有条件的可在使用机床上装上夹具，细车或精磨胀簧定位外圆，可大大提高夹具的使用精度。

6. 结语

该夹具结构及设计原理已广泛应用于我公司同类型大型薄壁件的精车内外圆加工。与该零件结构相类似的其他同类薄壁件精车内外形的夹具，完全采用同一设计原理，也可很好地解决零件加工同轴度精度问题，其批量产品的同轴度精度完全可控制在 $\phi0.02 \sim \phi0.04$mm，特别适合于内形台阶多的高精度薄壁零件的装夹，简单实用可靠。**MW**

（收稿日期：20091008）

（上接第31页）

（3）充分发挥设备潜能。原有的机械加工设备B665牛头刨床没有快速移动系统，刻度也不准确。改用BY60100刨床，其纵向运动与横向运动比例为1:12，因此，操作时只用一个方向。从槽的间距来看，快速移动横向用得多，纵向用一方面振动大，另一方面容易扎刀，刀具磨损快；采用横向自动走刀，由于刨槽刀不分正刀、反刀，因此采用横向来回移动刀具，达到省力、减小振动的效果，还可以根据横向手柄刻度控制槽宽、槽深，也可根据刀架的刻度采用定位尺寸的方法来加工。

（4）合理选择刀具和切削用量，延长刀具寿命，保证直角槽。在刨削之前，对工件及刀具的安装应做好检查和校正，刨削槽时，一般用手动控制槽深9mm。液压刨床刨削9mm槽宽，在工艺系统刚性较好的情况下，应尽可能一次走刀刨削到所需的槽宽。结合实际，由于振动大，刀具磨损快，采用几次走刀刨削到槽宽。

加工过程中常出现以下三种情形：①由于刨刀切削刃磨得不正确或刀架刻度没有对准零线，导致刨出的槽上宽下窄。②由于工件的装夹和刀具的刃磨不正确或主切削刃没有装平，导致刨出的槽两侧或两端深度不一致。③刀具磨损比较快。

为了解决这些问题，要合理选择刀具角度和切削用量。合理选择前角：扁钢属塑性材料，加工时切屑变形大，切屑和刀具前面的摩擦也大，采用大前角可以减小切屑变形，改善切削状况。用高速钢来加工扁钢，由于高速钢的强度和韧性比硬质合金高，高速钢刨刀的前角可以比硬质合金的前角大，一般选 $8° < \gamma < 12°$。合理选择后角：用高速钢刨刀加工扁钢，一般选 $6° < \alpha < 12°$。为了增加刀尖强度，刨槽刀副后角应取较小数值，一般选 $2° < \alpha' < 3°$。合理选择切削用量：切削用量中对刀具磨损影响最大的是切削速度，其次是进给量，最小的是吃刀深度。

4. 结语

通过改进槽间盖板加工工艺，提高了工作效率，降低了职工的劳动强度，达到了省时、省力、安全的效果，为大批量加工槽间盖板奠定了坚实的基础。**MW**

（收稿日期：20091130）