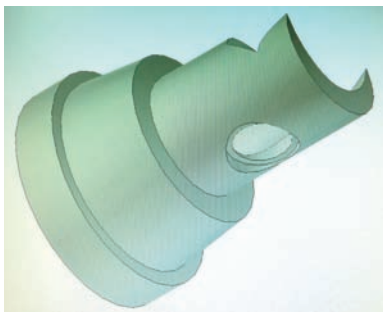


薄壁锥度工件的加工

■ 陕西渭河工模具有限公司 (宝鸡 722405) 白 妮

摘要:薄壁锥度工件是航天某型号零件的关键工件。通过多次试验,结合多次热处理(即时效处理)控制变形,再利用工艺头、加工工装及优化加工工艺,解决了加工薄壁LY12-cz材料易变形的难点问题,保证了零件精度,达到了图样设计要求和使用要求。



在航天、航空领域，对零件的质量要求严格，对传动中非承载的零件一般采用铝合金材料，这样既可减轻质量又能降低成本，同时满足零件之间的相互配合精度要求、强度要求和使用要求；特别是对相互结合的、有高精度要求的接合面处，通常采用锥度配合，实现其精确定位，达到其工作性能要求。下面就以某型号零件的外壳为例来说明此类零件的加工方法。

1. 零件结构

外壳（见图1）属于薄壁锥度零件，材料为LY12-cz，该材料加工过程中受温度影响尺寸变化较大。为了达到图样设计精度要求，加工过程必须对其采用多次定性处理；同时每次车削量不

能太大，否则切削过程中产生的热量容易使已加工合格的尺寸受切削热影响而超差报废。

2. 工艺分析

该零件属于薄壁锥度工件，加工过程中不能直接夹持工件外圆，需加长工件为后续加工的夹持或定位做工艺头。综合外壳的特点，对其形成以下工艺路线：
备料→粗车→定性1→半精车1→定性2→半精车2→铣车→线切割

1→定性3→精车1→加工中心→线切割2→精车2→钳工→表面处理。下面各工序以有工艺头的外壳(见图2)来进行工艺分析。

(1) 备料：直径为125mm、长度为146mm的毛坯料。

(2) 粗车: 粗车时加工余量大, 车削过程中需要加冷却液冷却, 车削时按图2所示尺寸各直边处留量3.0~3.5mm, 110mm两直边外圆车成 $\phi 124\text{mm}$, $\phi 48\text{mm}$

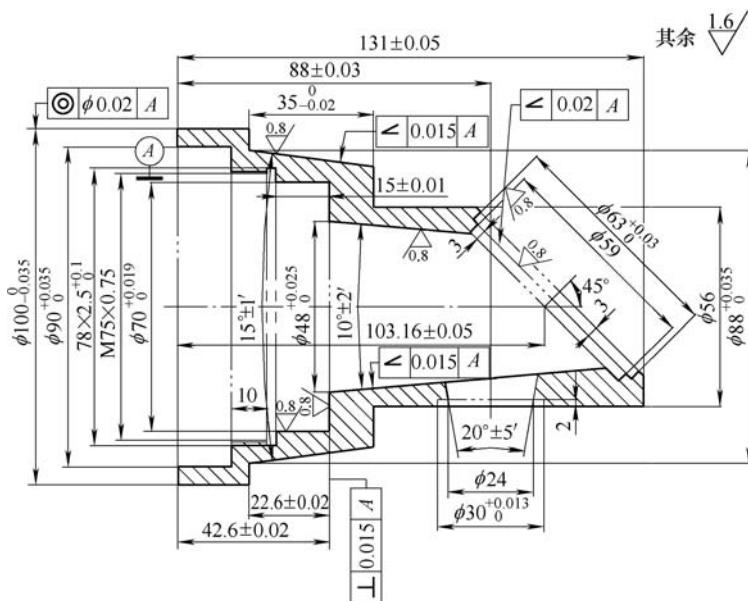


图1 外壳示意图

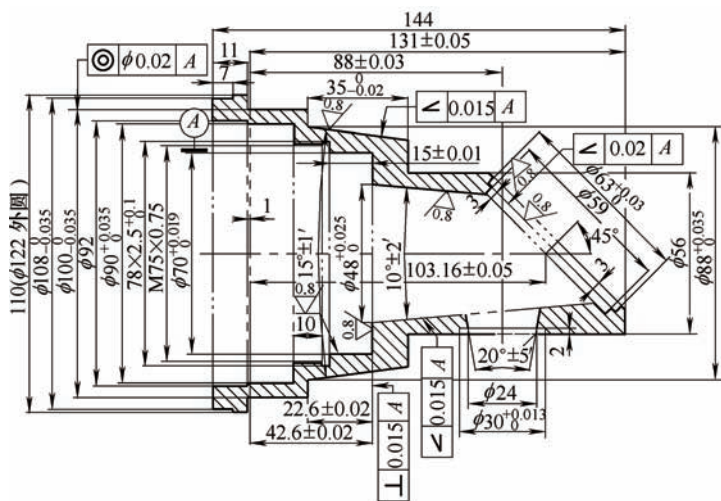


图2 有工艺头的外壳示意图

内锥按照最小端处留量2mm（即车成 $\phi 30\text{mm}$ ），外锥 $\phi 88\text{mm}$ 处按照最大端留量3mm（注意锥面留量时，内孔按照小端尺寸留量，外圆按照大端尺寸留量，保证后续加工有余量）。

（3）定性1（油煮）：粗车加工余量较大，定性时间长，控制在48h以上，为了保证LY12-cz原材料的机械性能，定性的温度控制在100~120℃，使粗加工产生的切削应力减小，使零件内部组织重新分布以减小变形。

（4）半精车1：由于工件壁厚不能直接夹持工件外圆，夹持工艺头（此处工艺头 $\phi 108\text{mm}$ 车

成 $\phi 110\text{mm}$ ）车削 $\phi 100_{-0.035}^0\text{mm}$ 外圆，此处车削成 $\phi 101\text{h}7$ ，要求 $\phi 101\text{h}7$ 一致性控制在0.03mm以内，其余各直边外圆双边留量2mm，车削外锥面时按15°锥面双边留量2.0~2.5mm。首先夹持工艺头同次车 $\phi 101\text{h}7$ 外圆和与其相接的右大端面，保证右端面与 $\phi 101\text{h}7$ 外圆垂直度小于0.02mm；其次用开口铸铁套按照图3所示方法装夹（其中开口铸铁套如图4所示，先同次车削 $\phi 101\text{H}7$ 孔和19mm右端面，且保证两者的垂直度在0.02mm以内；以孔为基准车削 $\phi 111\text{mm}$ 外圆和20mm左端面，垂直度在0.02mm

以内；最后铣宽1mm的开口槽，即开口铸铁套加工完成），用 $\phi 101\text{H}7$ 孔和19mm右端面定位镗零件各内孔，镗各直边处内孔按直径双边留量1.2~1.5mm，镗内锥孔按10°锥面双边留量2mm。此处利用开口铸铁套辅助夹持工件，使工件外圆夹紧力均匀，工件受力减小，变形也减小；同时加工过程中定位基准相同，保证了加工各孔尺寸的一致性。此处加工 $\phi 90_{+0.035}^0\text{mm}$ 和 $\phi 70_{+0.019}^0\text{mm}$ 孔分别车削成 $\phi 88.5\text{H}8$ 和 $\phi 68.5\text{H}8$ ，成为加工基准、为后续加工做的定位。

（5）定性2：对工件再次定性减小加工过程中产生的应力，降低工件各处变形影响，与定性1不同的是，此次定性控制在24~26h即可。

（6）半精车2：加工方法与半精车1工序相同，不同的是此处加工余量较小，加工前先找正基准，加工本道工序时按成品尺寸给下道工序留0.8~1.0mm余量。车削时本道工序特别注意加长头 $\phi 108\text{mm}$ 外圆和尺寸7mm左端面同次车成，且保证外圆与端面垂直度小于0.015mm。此处110mm

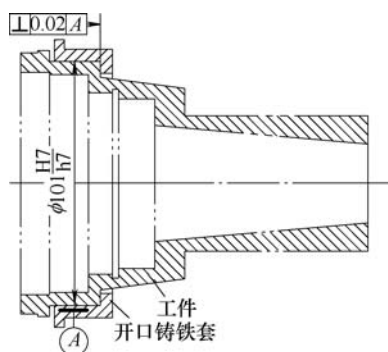


图3

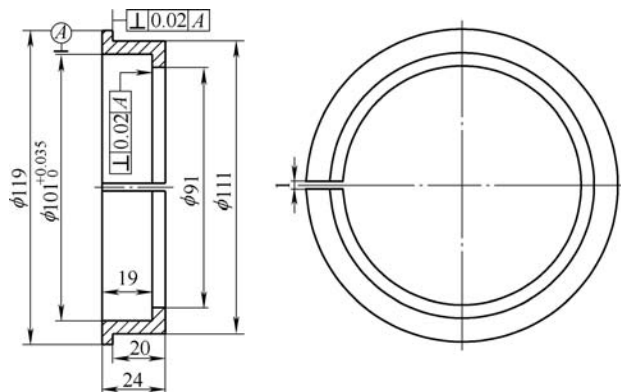


图4 开口铸铁套

两直边外圆车成 $\phi 122\text{mm}$ 。

(7) 铣车：以图2中尺寸7mm左端面和 $\phi 108\text{h}8$ 外圆为基准对称压紧加长头11mm的右端面如图5所示。首先，对称铣 $\phi 122\text{mm}$ 外圆成110mm宽两直边，且两直边面平行度小于0.02mm；其次，保证距成活中心距尺寸为88mm处在 $\phi 56\text{mm}$ 外圆中间处打 $\phi 24\text{mm}$ 锥孔成 $\phi 22\text{mm}$ 直孔。

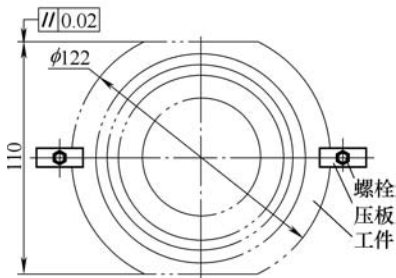


图 5

(8) 线切割：夹持尺寸110mm两直边保证距成活中心距为105.16mm（即103.16mm+2mm，其中2mm为后序的加工余量）处切45°直边。切直边时注意其与 $\phi 22\text{mm}$ 孔位置关系。

(9) 定性3：对工件进行第三次定性处理，又再一次使切削力释放，工件内部应力再进一步减小，此时定性24h，温度同样控制在100~120℃。

(10) 精车1：夹持工艺头首先找正 $\phi 100_{-0.035}^0\text{mm}$ 和 $\phi 56\text{mm}$ 外圆直径某一母线的直线性控制在0.03mm以内；其次分度刀车削工件各外圆，由于工件壁较薄，每次车削量控制在0.2~0.3mm（此处由于外锥面的左端面与 $\phi 70_{+0.019}^0\text{mm}$ 内孔相邻的右端面有尺寸要求，本次车削各外圆时

15°外锥面和其相连的左端面不车，仍然保持上道工序加工状态），车削其余各外圆尺寸、形位公差全部合格；再将工件以 $\phi 100_{-0.035}^0\text{mm}$ 外圆和 $35_{-0.02}^0\text{mm}$ 右端面为基准装到心轴（见图6） $\phi 100_{+0.035}^0\text{mm}$ 的内孔中，以心轴中尺寸54mm右端面定位，工件轻轻旋入到心轴内再用压盖（见图7）压紧工件使其无轴向窜动和孔内旋转运动，如图8所示，镗各内孔、螺纹孔、锥孔和各内端面达图样尺寸要求，利用这一工装加工的各尺寸一致性控制在0.015mm以内，同时加工的各孔、各端面的形位公差和表面粗糙度都能达到图样设计要求，尤其是保证 $(22.6 \pm 0.02)\text{mm}$ 右内端面与 $\phi 70_{+0.019}^0\text{mm}$ 孔垂直度小于0.015mm，实现了加工基准和定位基准统一，有效保证了尺寸和工件精度要求。

各内孔和内端面全部合格后取下工件。然后再利用图9所示定位心轴压盖工装，将工件以 $\phi 70_{+0.019}^0\text{mm}$ 孔和 $(22.6 \pm 0.02)\text{mm}$ 的右端面定位装到图9所示定位心轴 $\phi 70\text{h}6$ 外圆上，并通过定位心轴右端面限定工件 $(22.6 \pm 0.02)\text{mm}$ 的右内端面；同时，由于外壳属于薄壁零件，不能直接压在工件的右端面，而是采用定位压盖直接压在与定位心轴贴实的工件右端面上，解决了工件受力而变形的问題。最后通过螺钉压紧工件。车削时用定位心轴右端面对刀确定车削余量后再车削15°±1′外锥面和工件 $(22.6 \pm 0.02)\text{mm}$ 左端面，每次车削量控制在0.2~0.3mm，这样既能防止工件变形，同时又能达

到零件的表面粗糙度质量要求。用定位心轴右端面定位既是外壳的加工定位基准，又是对刀基准，形成定位与加工基准统一，使尺寸 $(22.6 \pm 0.02)\text{mm}$ 一致性在0.01mm以内，精准达到图样设计尺寸和精度要求。

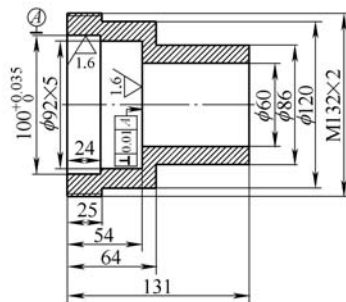


图6 心轴

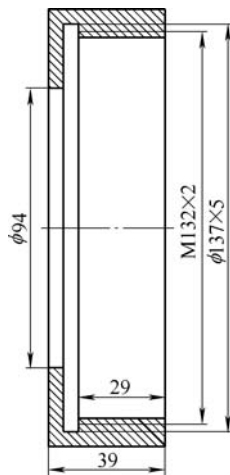


图7 压盖

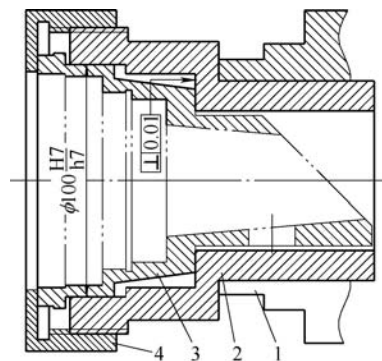


图 8

1.三爪 2.心轴 3.工件 4.压盖

(11) 加工中心（立式加工中心）：加工该工件时首先将加

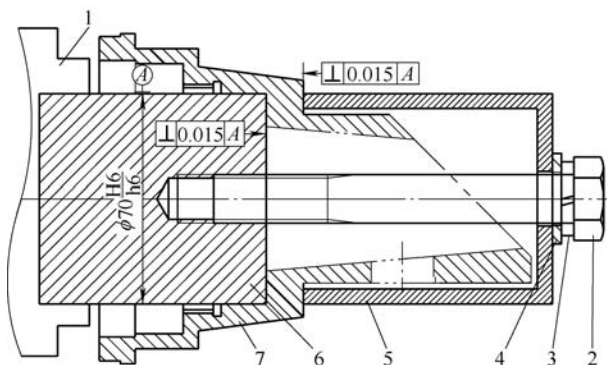


图 9

1. 三爪 2. 螺钉 3. 弹垫 4. 平垫 5. 定位压盖 6. 定位心轴 7. 工件

工中心机床附件圆转台（也叫分度盘）固定在加工中心工作台上；其次将平口钳按照如图10所示用压板和螺栓固定在圆转台的台面上，固定平口钳时必须拉直平口钳的定口钳平面在0.01mm以内，作为固定工件的定位基准；最后用平口钳夹持110mm两直边，夹持工件时首要是找正 $\phi 100_{-0.035}^0$ mm和 $\phi 56$ mm外圆直径

某一母线的直线性在0.015mm以内, 保证夹持工件中心平面与平口钳的钳口垂直。加工时用尺寸 $35_{-0.02}^{0}$ mm右端面对刀保证距成活左端面中心距 (88 ± 0.03) mm要求后同一次镗 $\phi 3_{0}^{+0.013}$ mm孔、 $\phi 24$ mm孔和 20° 锥孔及各孔深度尺寸达设计要求, 通过同一基准面对刀保证尺寸一致性在0.02mm以内。此锥孔加工完成

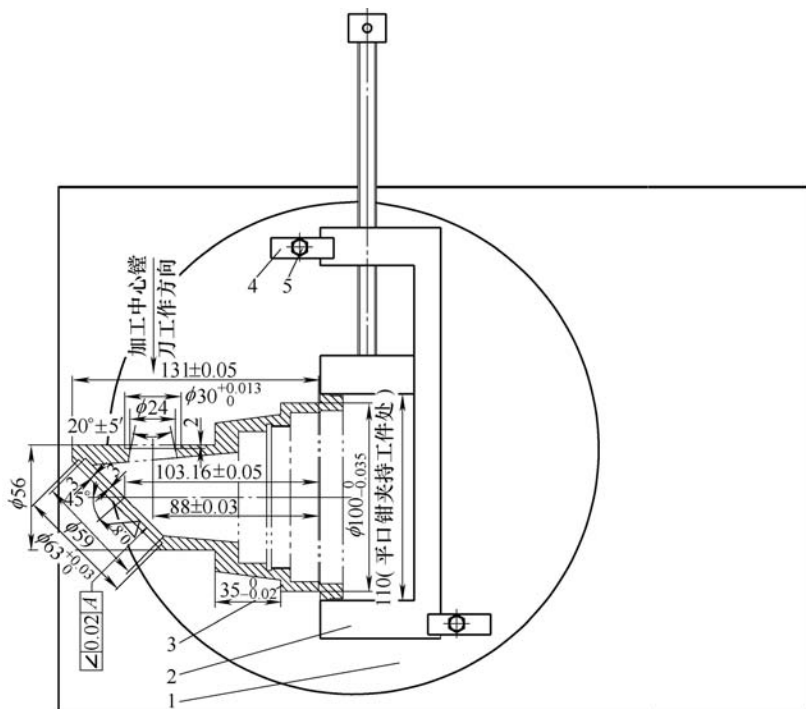


图 10

1.圆转台 2.平口钳 3.工件 4.压板 5.螺栓

后, 将圆转台工作台面旋转 -135° (见图11), 精镗 45° 斜面上 $\phi 63_{+0.03}^{0}$ mm 和 $\phi 59$ mm 孔及各孔深度, 加工各孔全部合格, 并同次铣 45° 斜面, 保证距零件成活左端面中心距为 (103.16 ± 0.05) mm。此处加工中心镗孔和铣削面时吃刀量控制在 $0.2 \sim 0.3$ mm, 防止工件受切削热或工件受力变形而报废。

(12) 线切割：同样拉直 $\phi 100_{-0.035}^0\text{mm}$ 和 $\phi 56\text{mm}$ 外圆直径某一母线直线性在 0.015mm 以内轻轻压实工件，以工件右端为基准保证总长为 144.3mm （左端留余量 0.3mm ）切掉加长头，用线切割切加长头工件不受切削力，有效避免工件受力变形，保证工件精度要求。

(13) 精车2: 再次利用定位心轴压盖工装(见图9), 并按照图示方法装夹工件固定在车床上, 车削左端面保证外壳总长144mm和精度要求。

(14) 钳工、表面处理……按照这种工艺路线加工的外壳零件达到了图样设计要求，零件各尺寸、各形位公差和表面粗糙度全部满足要求，外壳交付给用户使用合格。

3. 结语

本文通过多次定性处理解决了LY12—cz加工中易变形的难题,对如外壳这样的薄壁锥度工件采用多道工序逐步加工的方法,并利用工艺优化方法,采用工艺头和辅助工装的办法,配以高精度的加工设备加工其各外圆、各孔、各端面及各锥面尺寸,全部达到图样设计的精度要

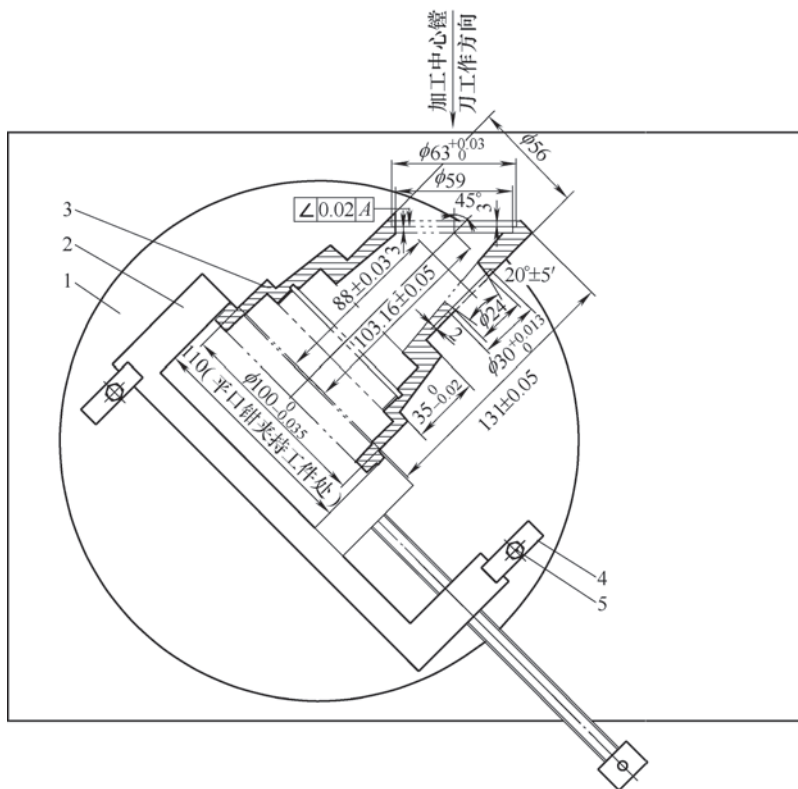


图 11

1.圆转台 2.平口钳 3.工件 4.压板 5.螺栓

求，同时也达到了形位公差和表面粗糙度要求，使薄壁锥度零件满足使用要求，得到了用户的好评。

参考文献：

- [1] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2009.
- [2] 李益民. 机械制造工艺设计简明手册[M]. 北京：机械工业出版

社，1994.

- [3] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2006.
- [4] 杨丰，宋宏明. 数控加工工艺[M]. 北京：机械工业出版社，2010：144-173.
- [5] 徐建高. FANUC数控铣床（加工中心）编程与操作实用教程[M]. 北京：化学工业出版社，2007：9-64.

- [6] 王霄. 数控加工工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，2007：264-312.
 - [7] 乐兑谦. 金属切削刀具[M]. 北京：机械工业出版社，2005：38-54.
 - [8] 张明建，杨世成. 数控加工工艺规划[M]. 北京：清华大学出版社，2009：21-32.
 - [9] 杨峻峰. 机床与夹具[M]. 北京：清华大学出版社，2005：15-63.
- MW** (收稿日期：20150525)

专家点评



文中的这种工件属于薄壁工件，加工难度较大，作者提供了一些辅助工装，有效地解决了装夹和加工变形的问题，对读者有一定的指导意义。

2015年1~7月机械工业固定资产投资增长8.93%

2015年1~7月全国完成固定资产投资额288 468.5亿元，同比增长11.2%，较上半年回落0.2个百分点，其中：制造业完成投资额96 754.93亿元，同比增长9.2%，比上半年回落0.5个百分点。机械工业固定资产投资增速仍不及全国和制造业，分别低

2.27和0.27个百分点；投资额占制造业比重27.35%，较上半年基本持平稍有扩大（0.01个百分点）。

1~7月，在汇总的13个行业中，汽车、电工、石化和基础件行业投资额位居前列，占机械行业投资额比重均超过10%，合计占比达到68.47%，与上半年比较，扩大0.06个百分点。

从同比增速看，以两位数增长的行业是：食品包装、农机、石化、机床和汽车行业。从贡献率看，汽车、电工和石化3个行业均超过20%，其中汽车行业达到29.25%，拉动机械工业投资增长2.61个百分点。