储能缸体冲压工艺制定及拉深模设计

王华，王聪

弹簧制动气室是汽车制动系统的一部分，一般安装在汽车的驱动桥上，作用是为汽车提供制动力矩。组合式弹簧制动气室用于为车轮制动器提供制动驱动力，由两部分组成，如图1所示，膜片腔1用于行车制动；弹簧腔2用于辅助制动和驻车制动。其中弹簧腔部分特点是具有超行程功能，并设有机械式解除制动装置。

储能缸体是弹簧腔中一个关键零件，其几何形状及尺寸如图2所示，材料为冷轧碳素钢板：A-2.5-GB/T13237-1991/SPCC -Q/BQB402-2003，年产20万套。由图1可看出，该零件几何形状较简单对称，材料变形程度一般均匀，但工艺流程较长，影响材料变形因素甚多，尤其是ϕ170mm×109mm圆筒形和顶面锥形成形至关重要。

1. 零件工艺性分析

（1）零件拉深工艺性分析　由图2可知：该零件成形关键是ϕ170mm×109mm圆筒形和顶面锥形成形。ϕ170mm×109mm圆筒形是凸缘筒形件如图3所示，因$d_{凸}/d$=214/172.5=1.241，在1.1～1.4范围内，属窄凸缘，采用多次拉深得到形状。对于顶面锥形成形，采用反压成形工序得到零件锥形形状和尺寸。

（2）拉深件毛坯展开尺寸计算　该零件可看成形状简单（规则）的旋转体拉深件（见图

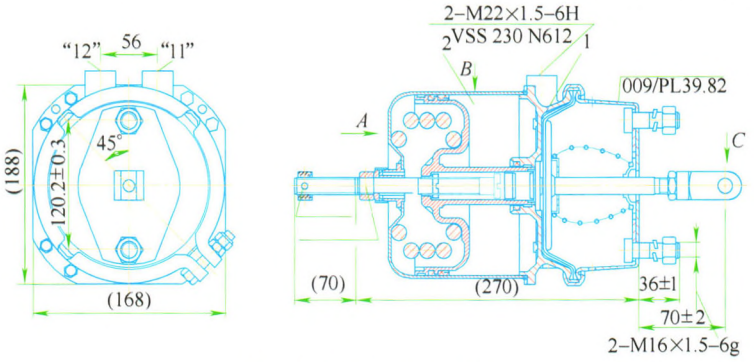


图1　弹簧制动气室总成装配

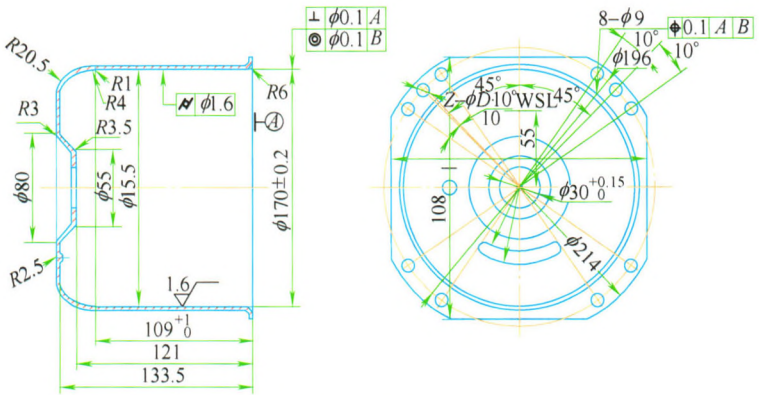


图2　储能缸体零件

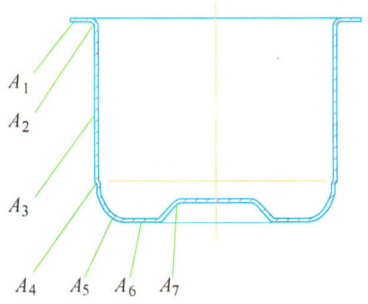


图3　储能缸体拉深件毛坯展开尺寸确定

3）。在不变薄拉深中，材料厚度虽在变化，但其平均值与毛坯原始厚度十分接近。因此，毛坯展开尺寸计算可根据毛坯面积与拉深件面积相等（查表可得加上修边余量5.5mm）的原则求出。即直接套用公式计算。毛坯展开尺寸计算如下

$$F_{总}=\sum_{i=1}^{7}A_i=A_1+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6+A_7=107176.25(mm)^2$$

$$D=\sqrt{\frac{4}{3.14}\sum_{i=1}^{7}A_i}=\sqrt{\frac{4}{3.14}\times107176.25}$$

=369.6(mm)

所以取拉深毛坯直径D=370(mm)。

（3）确定ϕ170mm×109mm能否一次拉出　由资料可知，$(t/D)\times100=(2.5/370)\times100=0.676$，其中$D$=370(mm)，$d_{凸}/d_1=225/172.5=1.304$，$h/d=133.5/172.5=0.774$，查表得：$h_1/d_1=0.45\sim0.53$，$h/d>h_1/d_1$，故零件$\phi$170mm×109mm一次拉不出来（见图3）。

（4）确定ϕ170mm×109mm拉深次数、拉深直径等拉深工艺参数　确定ϕ170mm×109mm拉深次数、拉深直径。查表可知：$[m_1]=0.53\sim0.55$，$[m_2]=0.76\sim0.78$　$[m_3]=0.79\sim0.80$。预算各工序拉深直径

$d_1=[m_1]D=0.53\times370=196.1$(mm)

$d_2=[m_2]d_1=0.76\times196.1=149.04$(mm)

d_2=149.04 mm＜172.5 mm（工件中性层直径），说明允许的变形程度未用足，应对各次拉深系数作适当调整，使之均大于相应的极限拉深次数。

经调整后，实际选取m_1=0.578，m_2=0.806，各次拉深直径确定为

$d_1=m_1D=0.578\times370$

=214(mm)

$d_2=m_2d_1=0.806\times214$

=172.5(mm)

通过以上计算可知ϕ170mm×109mm拉深次数需2次。确定各次拉深工序圆角半径。选取各次半成品底部的圆角半径，根据$r_{凹}=0.8[(D-d)t]^{1/2}$、$r_{凹n}=(0.6\sim0.9)r_{凹(n-1)}$和$r_{凸}=(0.6\sim1)r_{凹}$的关系，取各次拉深工序的圆角半径$r_{凸}$见附表。确定第一次拉深高度$h_1$及各次拉深高度。经计算试模验证各次拉深高度见附表。ϕ214mm×109mm一次拉深工序如图4所示。ϕ170mm×130mm二次拉深工序如图5所示。压边、锥形成形工序如图6所示。

2. 零件冲压工艺制定

制定冲压工艺为：下料375mm×1500mm×2.5 mm(Q11-3×1200剪板机)→落料ϕ370mm（J23-160压力机）→一次拉深ϕ211.5mm×115 mm(YL80/280-WG双动液压拉深机）→二次拉深ϕ170mm×130 mm(YL80/280-WG双动液压拉深机）→压边及锥成形(YL80/280-WG双动液压拉深机)→冲ϕ30mm孔、压印标识及压R46mm、70°弧成形（J21-80压力机）→切边188mm×188mm、ϕ214mm(JE21-200B压力机）→冲十孔8-ϕ9mm、2-ϕ10mm(J21-80压力机)。

3. 模具结构设计

拉深模具结构见图7～图9，

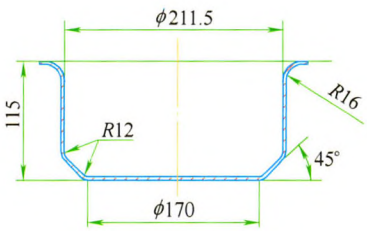


图4　ϕ214mm×109mm拉深工序

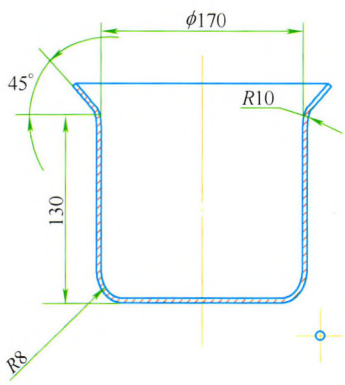


图5　ϕ170mm×130mm拉深工序

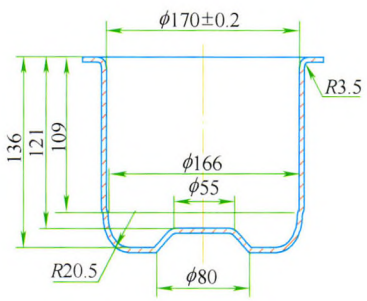


图6　压边、锥形成形工序

各次拉深工艺参数　（mm）

拉深次数	拉深系数m	凹模内径D	凸模外径d	拉深高度H	$R_{凸}$	$R_{凹}$	单边间隙$Z_{单}$
1	0.578	217.5	211.5	115	12	16	3
2	0.806	175.4	170	130	8	10	2.7

模具结构采用正装式，由上下模两部分组成，上模采用压边圈刚性卸料，该结构优点是操作方便，出件畅通无阻，生产率高。下模采用顶件块刚性卸料，该模在YL80/280-WG双动液压拉深机上工作。凹模3、凸模7、压边圈4均采用Cr12MoV钢制作，热处理硬度58～62HRC，采用先进TD碳化物覆层处理工艺，TD覆层表面硬度2800～3200HV，具有极高耐磨，抗拉伤性能。TD覆层厚度4～20μm，覆层致密光滑，模具寿命高。

主要零件凹模3制作工艺：圆钢下料→锻造→热处理（退火）→车削加工→热处理（淬火、回火）→磨削加工→砂光（要求型腔ϕ217.5mm、R16mm及相交处去除锐角，表面抛光R_a0.4μm以下）→表面TD处理→表面抛光R_a0.2μm以下。

4. 双动拉深机特点及拉深模具工作原理

（1）双动拉深机特点　该零件拉深是在YL双动拉深机（见图10）上进行的，其特点是：YL系列液压双动拉深机与普通液压拉深机及机械式拉深机相比，在结构上进行了实破性的改革和创新，双动（上下模具都能在垂直面内上下运动）机构采用增加了拉深工件的纵向尺寸，便于加工较大深度的拉深件：拉深力来源于液压缸，使得拉深速度和拉深距离可在一定范围内可调整，克服了可倾开式压力机靠飞轮与曲轴动作而无法改变拉深速度与行程的缺点；曲肘机构的采用使压边液压缸（可使用小液压缸）能以小的液压输出力就能满足拉深时较大压边力的需要，同时在曲肘机构到达上止点时，压边油缸不再消耗能量。成形工艺工作循环为：压边→拉深→回程→开模。

（2）拉深模具工作原理　如图7所示，将落料毛坯ϕ370mm板料放在凹模3上。按起动按钮，双动拉深机工作台带动下模凹模3上升，压边圈4则始终使板料紧贴凹模3上，以防止起皱拉裂，此时压边力通过螺母调整，使工件不皱不裂效果最好。此时

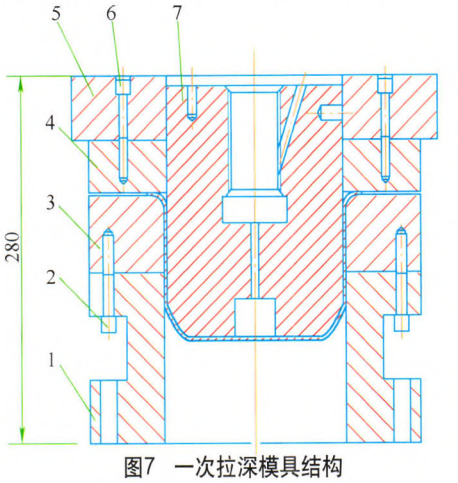


图7　一次拉深模具结构

1.下模座 2.螺钉M10×50 3.凹模 4.压边圈 5.上模板 6.螺钉M10×60 7.凸模

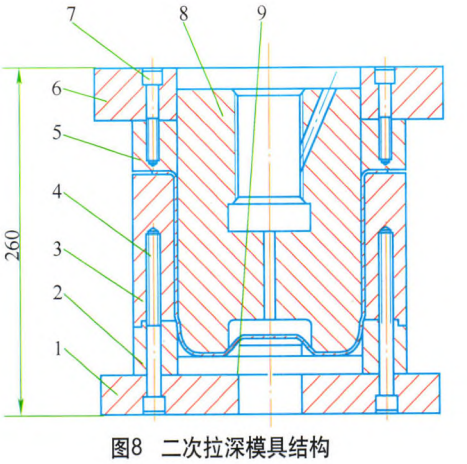


图8　二次拉深模具结构

1. 下模座 2. 螺钉M10×50 3. 凹模 4. 压边圈 5. 上模板 6. 螺钉M10×60 7. 凸模

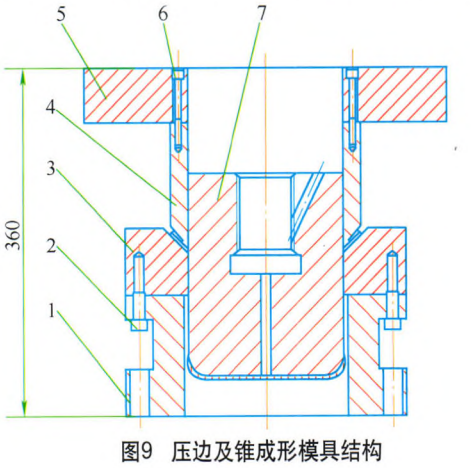


图9　压边及锥成形模具结构

1.下模板 2.凹模座 3.凹模 4.螺钉M10×100 5.压边圈 6.上模板 7.螺钉M10×50 8.凸模 9.顶件块

凸模7下降使板料逐渐被拉入凹模3内成形，当上下模接触封闭后工件成形，当下模凹模3返回时，通过凸模8、顶件块9（见图9）顶出工件，完成本次拉深过程。拉深时采用L-AN32全损耗电流用油作润滑剂。

5. 产生问题及解决办法

试拉时压边力调整：工作台在下死点状态下安装好模具，应该及时把压边台板通过调节螺母向上移动，并使压边台板离处于下死点状态下的工作台距离应于被拉深金属厚度+模具（下模）高度+工作台行程，然后严格按照操作顺序再试有压边拉深，当工作台处于压边位置后，应拧松压边台板直端调节螺母，拧紧上端调节螺母，再进行一点点距离试拉深，若发现成形工件有起皱现象，说明压边台板压得不紧。或者发现工件有拉破现象，说明压边台板压得太紧。应进行调节螺母调整。待上述缺陷消失后，方能进行正常的工作。

我们在试模过程中曾出现ϕ170mm顶部R处拉裂现象，经分析是顶部材料承受的径向拉应力太大，造成危险断面的拉裂，我们采用减少压边力，增加润滑等方法，避免了拉裂现象，收到了良好效果。该套模具投入生产已8年，工作正常，达到理想的产品要求。

6. 结语

对这种凸缘筒形件拉深件，通过对零件工艺分析与计算，确定零件拉深加工方案，用整形方法保证零件尺寸要求。经过生产实践验证，设计模具结构合理，产品质量好，对于类似零件模具设计有一定的参考价值。



图10 YL80/280-WG双动拉深机

作者简介：王华，高级工程师，芜湖盛力科技股份有限公司技术开发部部长；王聪，香港理工大学。

MW 20140707

