半封闭壳体冲压工艺及模具设计

陈雨
苏州长风航空电子有限公司　江苏苏州　215000

摘要：以某放大器中使用到的半封闭式的壳体为例，分析其冲压工艺流程，针对弯曲过程中的干涉问题和技术难点，设计相应的模具保证一次成形，提高了加工效率和准确率。

关键词：半封闭；干涉；冲压工艺；模具设计

1　序言

封闭零件的弯曲通常需要采用两道以上的工序来完成，在冲压加工中常手工卸料或通过气缸卸料。封闭零件一次成形可以减少工序数量和模具数量，有利于提高工效和制品精度，降低生产成本。

2　半封闭壳体结构及工艺分析

航空零件中，有很多半封闭的壳体用于仪表或放大器的装配。某放大器的半封闭式壳体零件如图1所示，其材料为3A21防锈铝板，料厚$t=2$mm，主要结构是对称的。从图样的相关尺寸精度要求可知，零件的外形、内腔及孔的定位尺寸在精度上要求不高，达到IT10级即可，零件的内弯曲半径R为2mm，且允许材料局部变薄30%。

从零件结构上看，该壳体是一个五面全封闭、第六个面也并非敞开式的半封闭结构，在第一道弯曲完成后，还要对第六个面的结构进行弯曲（见图2）。由图1中的弯曲尺寸来看，第一道弯曲成形难度不大，但第二道弯曲翻边部分尺寸小且存在弯曲后模具无法脱出的问题。此外，该零件在弯曲完成后，还需要进行大量的孔加工，因此必须保证弯曲结构的尺寸。第二道弯曲处的$H/D\approx1.5$（其中H为弯曲高度，约为6mm；D为弯曲直径，约为4mm），翻边弯曲的难度较大，尤其是翻边半径与翻边高度相近，使得成形处结构很容易产生拉裂，因此须做好必要的工艺处理。同时，由于上部与相邻的直角弯曲成形部分较短，且另一边是开放的，因此其对多余三角形所施加的切向力不大，即圆角部分多余的材料并不是完全按纯拉伸时的径向流动。相反，由于切向缺少材料约束，材料以横向流动为主，所以大大改善了材料变形情况，使其能够一次翻边成形。

3　半封闭壳体冲压工艺分析

（1）工艺流程　壳体主要加工工艺流程见表1。壳体加工共有10道工序，其中主要成形工序为线切割和两道弯曲。由于该零件为左右对称件，展开后的形状相对不复杂，因此没有选择落料模加工外形，而是主要采取线切割和化学腐蚀的加工方法，很好地保证了加工精度及材料刃口处的强度。在完成展开外形后，需要进行两次弯曲，有3个边需要弯曲，其中第一道弯曲完成零件4条长边的弯曲，弯曲成形后零件如图3所示；第二道弯曲部位为顶部的半封闭部位，弯曲完成后零件如图4所示。

壳体在完成第一次弯曲后会因变形导致尺寸不稳定，第二次半封闭部位的弯曲就会因此产生定位偏差的问题。弯曲完成前后要对壳体进行方孔和安装孔的加工，此时需要以外形进行定位。因此，在第一次弯曲、焊接成形和去除焊瘤后，需要设计模具对其进行整形处理。壳体加工中共需要3副模具，除了第一次和第二次的弯曲模具，还有后续的整形模具，才能实现完整的冲压成形。

（2）壳体展开毛坯形状和尺寸的确定　由于壳体需要经过两次弯曲成形，作为弯曲外形尺寸的首

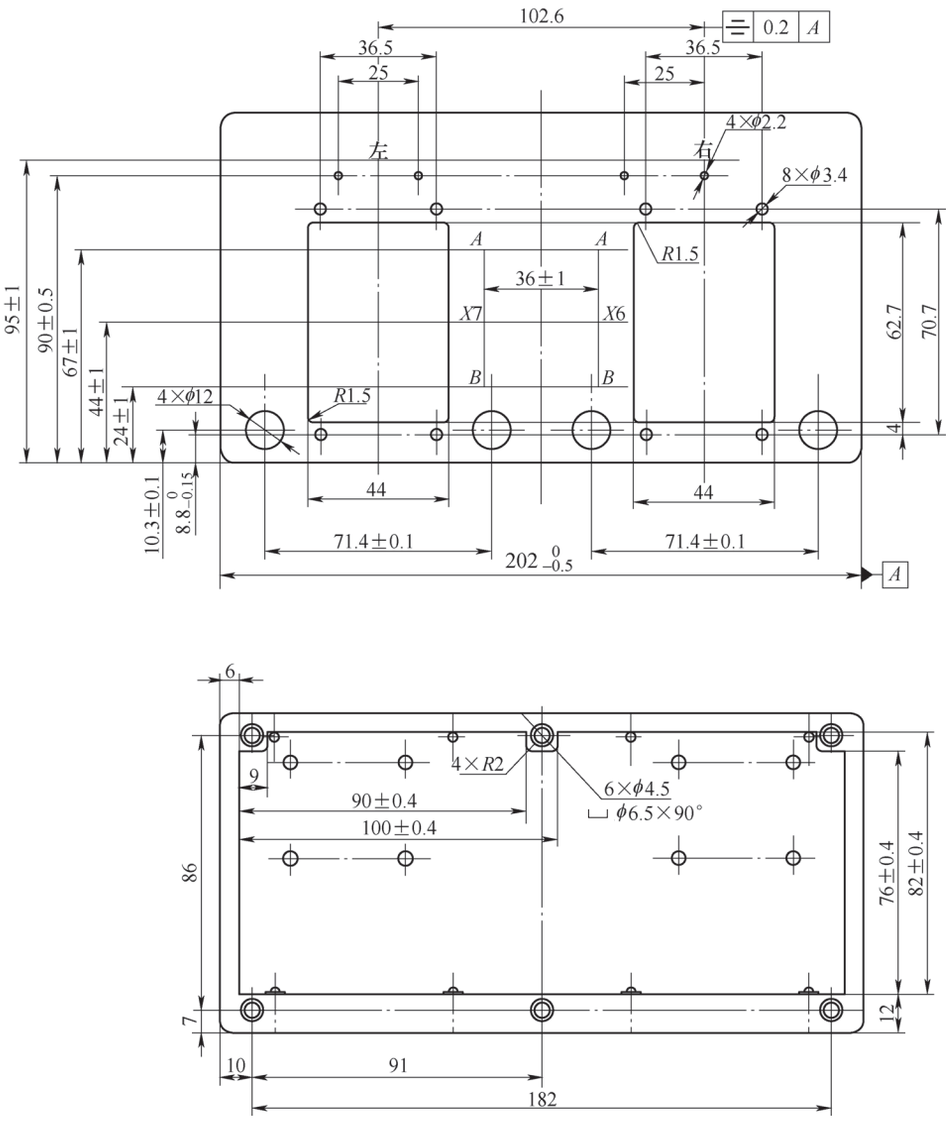

图1　半封闭式壳体零件

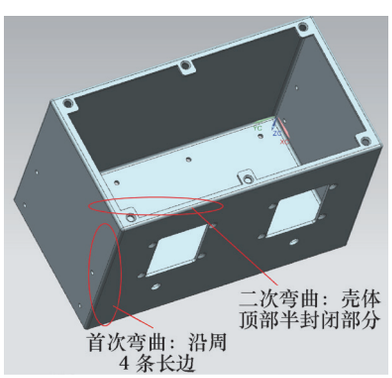

图2　壳体三维数模

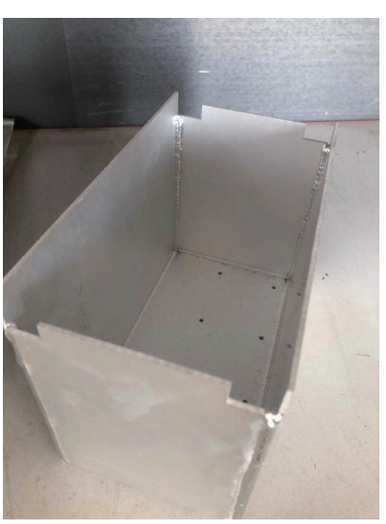

图3　首次弯曲成形

要保证，展开尺寸的正确计算十分重要，所以第二道弯曲时的缺口部分必须考虑在内。在确定好展开

表1　壳体主要加工工艺流程

工序号	工序名称	工序内容
05	备	备料
10	钳	划线、钻孔、组合
15	线	割孔及外形
20	钳	去毛刺
25	钳	弯曲
30	表面处理	酸洗
35	焊	焊接
40	钳	整形
45	钳	去外部焊瘤
50	铣	铣方孔
55	镗	镗孔
60	钳	去毛刺
65	钳	弯曲
70	表面处理	酸洗
75	焊	焊接
80	钳	去外部焊瘤
85	镗	镗孔
90	铣	铣口部方孔
95	刻	刻字
100	钳	攻螺纹、沉孔、去毛刺
105	表面处理	Ct.Ocd（铝合金导电氧化）

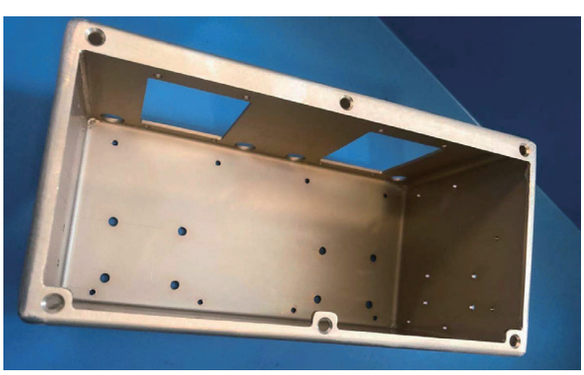

图4　二次弯曲成形

的毛坯外形后，利用公式计算出外形尺寸，必要时可以通过试弯的方法确定最终的展开尺寸。

最终成形的形状合理，其弯曲成形部分按常规弯曲件毛坯尺寸的计算方法计算即可。本零件弯曲角度均为90°，则毛坯和展开长度为：

$$L=l_1+l_2+\frac{\pi}{2}(r+xt)$$

式中，L为毛坯总长度（mm）；l_1、l_2为直边长度（mm）；r为弯曲半径（mm）；x为中性层位移系数，可根据表2查取；t为毛坯厚度（mm）。

表2　中性层位移系数x值

r/t	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
x	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.26	0.28	0.3	0.32	0.33
r/t	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	≥8.0
x	0.34	0.36	0.38	0.39	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5

该壳体零件厚度$t=2$mm，弯曲半径$r=2$mm，因此中性层位移系数$x=0.32$，根据壳体产品图及展开图，计算出每段的展开长度。此外，根据钣金弯曲要求，在4条边需要弯曲的部位设计了工艺孔$4\times\phi1.5$mm，最终得出的展开图如图5所示。

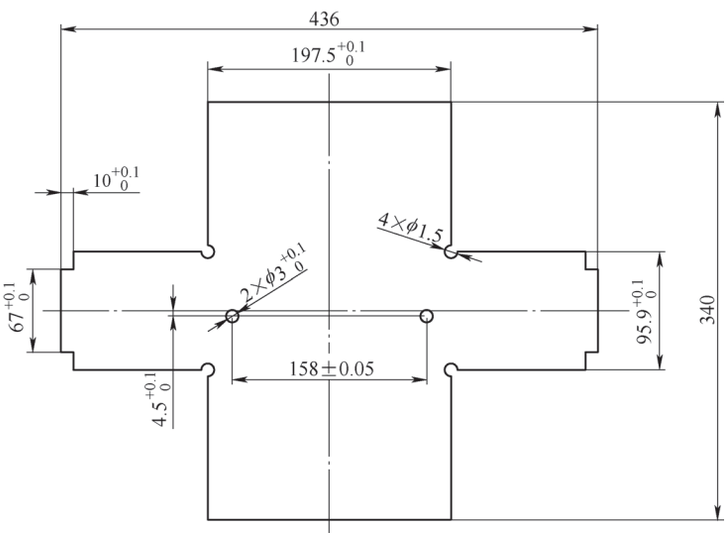

图5　壳体毛坯展开

4　半封闭壳体冲压模具设计

半封闭壳体零件成形的主要工序需要3副模具来完成，包括主要结构的弯曲模具和整形模具，以及封闭处的弯曲模具。

（1）弯曲模具设计　壳体的整体结构弯曲为第一道弯曲，需要借助弯曲模具进行。图6所示为双向弯曲模具结构，需要结合专用设备进行装夹，模具主要结构为弯曲型胎10，其四个面为弯曲定位面，在弯曲过程中，使用压板2上的孔进行定位，接着对四条边进行弯曲。夹持块9为圆柱形，弯曲中将该部位固定在虎钳上，每个冲压过程可以完成一条边的弯曲，圆柱结构可以保证弯曲的四条边随意转动，进而确保一次弯曲到位。

弯曲型胎10的材料为CrWMn，热处理方式为淬火至50～55HRC，确保零件的硬度要求，防止零件断裂；表面处理技术为Ct.O（表面发黑氧化处

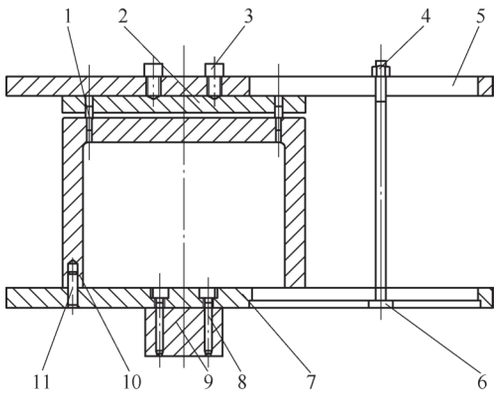

图6　壳体弯曲型胎

1—定位销　2—压板　3—内六角压紧螺钉　4—六角螺母
5—上夹板　6—T型槽用螺钉　7—下夹板　8—内六角螺钉
9—夹持块　10—弯曲型胎　11—圆柱销

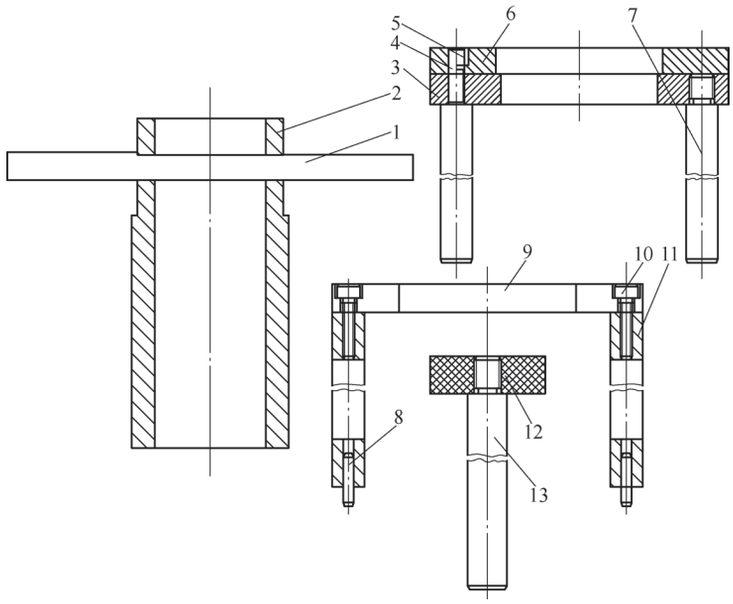

图7　壳体整形模具

1—插板　2—型胎　3—脱料板　4、8—圆柱销　5、10—内六角螺纹　6—定位板　7—支脚　9—平板　11—顶板　12—托板　13—手柄

理）；型胎为整体型结构，外表面粗糙度值要求达到0.8μm。因此先采取铣床加工，再线切割慢走丝加工，同时外形四周加工出15′回弹角，在试模过程中回弹角可由工磨进行修整。模具装配时要控制好压板2与弯曲型胎10之间的间隙，间隙数值一般为1.1t（t为壳体的厚度值）。夹板上的螺孔为保证装夹的精准度，应与压板配做。

（2）整形模具设计　壳体弯曲完成后，尺寸校正还需借助整形模具（见图7），整形在63t液压机上进行。该模具在冲压过程中，可以通过胀形的方式，保证壳体内腔尺寸的一致性。模具分为三大部分，脱料板3、定位板6和支脚7安装在机床的下半部分，壳体放在定位板中。整形时，型胎2放在壳体顶端，接着上模在液压机滑块的作用下，推动手柄13及托板12向下运动，使得型胎在外力作用下全部缓慢进入壳体中，上模继续下行运动，直至达到壳体的深度时，零件就会在插板1的作用下自然地从脱料板中脱出。

模具在设计中，要求脱料板3与定位板6组装后能保证内腔中心重合，脱料板3与支脚7装配后，支脚7的四个底脚面必须齐平。整形模具的主体部位为型胎，结构为整体型，为了增加强度，材料采用T7A碳素工具钢，热处理淬火至50～55HRC，表面处理技术为Ct.O。为了使整形零件顺利脱模，外表面粗糙度值要求达到0.8 μm，故其外形尺寸粗加工采用数铣加工，热处理淬火至50～55HRC后，最终成形尺寸由磨床保证。其余板类零件绝大多数使用的材料为45钢，热处理要求为30～35HRC，表面处理方式为Ct.O，为了保证不破坏整形零件的外观，托板选用夹布胶木板。

定位板6、脱料板3上销孔与型腔加工时保证位置一致，模具装配时采用定位销与螺钉相结合的方式，保证脱料板3与定位板6组合后内腔中心重合。支脚和手柄主要采取数车加工，长度尺寸可以在装配后进行修正。

（3）半封闭处二次弯曲模具　半封闭部位为壳体弯曲加工的难点，图8为二次弯曲型胎，主要完成壳体剩余封闭部分的弯曲。为了保证弯曲完成后型胎可以从半封闭的型腔中脱落出来，设计时将弯曲模具设计成哈夫结构——最中心部分为固定的斜楔，型胎其他部分与之配合，在型胎各部分上设计M8螺钉孔，便于取出。弯曲时，在壳体内首先放入垫块，然后依次放入型胎和斜楔，再由钳工进行弯曲；弯曲完成后，首先拆除斜楔部位，给型胎其他部分留出空位，再分别取出。

图8中模具件2～6使用的材料均为T7A，热处理要求为50～55HRC，保证零件拆卸的硬度；垫板1使用普通的45钢。模具在加工时，型胎和斜楔

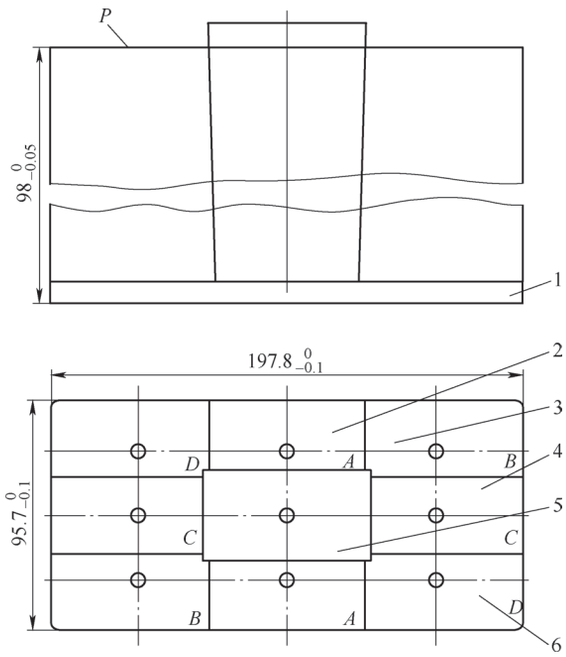

图8　半封闭处二次弯曲模具

1—垫板　2—型胎*A*　3—型胎*B*　4—型胎*C*　5—斜楔　6—型胎*D*

由线切割加工完成，以保证组合精度。模具装配修整时制作基础板，利用M8的螺钉孔组成整体件，对各型胎进行外形尺寸的修整，保证型胎尺寸为198mm×95.7mm×106mm并满足其公差要求。修整完成后各型胎按图示位置打刻*A*、*B*、*C*、*D*标记，便于使用。

5　结束语

本文研究的壳体为半封闭形式，通过合理的工艺安排，设计相应的模具，避开了弯曲的干涉问题，完成了封闭形零件的加工，为今后类似结构钣金件的制作提供了借鉴。

参考文献：

[1] 杨玉英，崔令江．实用冲压工艺及模具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2005.

[2] 闫峰，张懋．四周封闭件的成形工艺及模具设计[J]. 模具制造，2014（9）：30-33.

[3] 陈辉华．折弯时发生干涉现象的分析及解决方法[J]. 广东石油化工学院学报，2017，27（3）：61-64.

MW 20201212

财政部等四部委：2021年新能源汽车补贴标准在2020年基础上退坡20%

2020年12月31日，财政部、工信部、科技部和发改委四部门联合发布《关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》（下称《通知》）。一是坚持平缓补贴退坡力度，2021年保持现行购置补贴技术指标体系框架及门槛要求不变。二是做好测试工况切换衔接，实现新老标准平稳过渡。三是推动建立跨部门信息共享和监管机制，强化对新能源汽车生产、销售、运营、报废等全流程的监管，完善市场化长效机制。四是切实防止重复建设，加大僵尸企业退出力度，鼓励优势企业兼并重组，推动提高产业集中度。

《通知》显示，为创造稳定政策环境，2021年保持现行购置补贴技术指标体系框架及门槛要求不变。2021年新能源汽车补贴标准在2020年基础上退坡20%；为推动公共交通等领域车辆电动化，城市公交、道路客运、出租（含网约车）、环卫、城市物流配送、邮政快递、民航机场以及党政机关公务领域符合要求的车辆，补贴标准在2020年基础上退坡10%。为加快推动公共交通行业转型升级，地方可继续对新能源公交车给予购置补贴。

此外，《通知》要求加强汽车投资项目和生产准入管理，严控增量、优化存量，严格执行新建企业和扩大产能项目等规范要求。加大僵尸企业退出力度，鼓励优势企业兼并重组、做大做强，坚决遏制新能源汽车盲目投资、违规建设等乱象，推动产业向产能利用充分、产业基础扎实、配套体系完善、竞争优势明显的地区和企业聚集，不断提高产能利用率和产业集中度。新能源乘用车、商用车企业单次申报购置补贴清算车辆数量应分别达到10000辆、1000辆。

（来源：中国机械工业联合会）