

汽车冲压件的工艺设计 及典型结构应用

杜艳明

一汽丰田汽车有限公司 吉林长春 131011

摘要：阐述了冲压工艺设计在产品开发中的重要性及冲压工艺设计阶段应考虑的相关因素，对典型零件成形过程中冲压方向确定、压料面选择、工艺补充的应用进行了描述和分析。论述仅为汽车冲压件的生产和冲压工艺规程编制、模具设计、制造、维修及调整提供参考。

关键词：冲压工艺；工艺设计；冲压方向；压料面

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.05.001

汽车冲压件按形状可分为小型件、中型件和大型覆盖件三类；按材料厚度又可分为薄板类冲压件和厚板类冲压件。汽车冲压件的工艺设计就是研究用什么样的冲压加工方法和工艺顺序来具体实现各类冲压件的技术要求，并能符合生产条件要求，研究用什么方法来稳定和保证产品质量，以及冲压生产的安全性和经济性。因此，汽车冲压件的工艺设计是汽车冲压生产的一个重要阶段。工艺设计质量的好坏和成功与否，对后期产品质量的好坏和产品质量的稳定性以及汽车成本有着很大的影响。因此，在工艺设计阶段确定对冲压工艺设计的相关影响因素，并找出所设计冲压件的冲压成形的重点和难点加以重点分析和研究非常重要。

冲压工艺设计阶段应考虑的相关因素很多，一般包含以下几方面：冲压件的工艺性、冲压生产条件、

冲压产品精度要求、冲压材料要求、冲压件的质量控制手段、设备的要求和环境的要求、与相关零件的焊接、装配面的要求及孔的精度要求等。

汽车冲压件的工艺性

对汽车冲压产品进行工艺设计，首先要根据产品图样对冲压件进行工艺性分析，其中主要是分析在不影响产品性能和使用的前提下，所冲压的产品对冲压工艺的适应性。一般情况下，对冲压工艺性影响最大的是零件的几何形状和精度要求。良好的冲压工艺性能省料、省工序，模具易加工且寿命高，操作安全方便，产品质量稳定，经济效益好等。

一般汽车冲压件主要以冲裁件、弯曲件和拉延成形件为主，掌握这三种类型件的基本工艺性要求，以便在工艺设计之初就提出对产品设计的改进是非常有

效可行的。

1. 冲裁件

- 1) 形状应尽量能使材料合理排样，减少废料。
- 2) 直线或曲线连接处应有适当圆角，以利于模具的制造、维修和使用。
- 3) 避免过长的狭长外形。
- 4) 孔径及孔距应符合最小尺寸要求。

2. 弯曲件

- 1) 弯曲件的圆角半径不能小于最小弯曲半径，以免产生裂纹，但也不能过大，否则会造成零件回弹。
- 2) 弯曲时应防止孔的变形，孔边与弯曲处应有合理的距离，以避免孔的变形。
- 3) 弯边长度不易过小。
- 4) 压弯件应尽量考虑工艺孔定位和成双压弯，以改变受力情况。

3. 拉伸成形件

- 1) 拉伸件凸缘与侧壁的圆角半径 R 及底部与侧壁的圆角半径 R 应尽量放大，圆角半径大，能够使零件容易拉伸成形。
- 2) 拉伸件应尽量对称或采取左右对称的拉伸件。以便成双拉伸，然后切开为两件。

汽车冲压件的工艺分析及典型结构应用

1. 冲压方向的选择

确定冲压方向是冲压工艺设计的一个基本要求，冲压方向选择的正确与否，直接影响冲压产品的质量 and 模具使用性能，它是冲模设计和制造的依据。冲压方向选择合理，会减轻压弯件的回弹，降低拉伸件的成形深度，改变成形件的变形性质等。因此，冲压方向的选择应在工艺分析的基础上进行，冲压方向选择不合理，会带来不好的影响。

一种前支架的第一道成形工序，因考虑到板料经压料板与凹模压料从凹模口拉进凹模时容易在制件外表面产生拉痕，原冲压方向如图1a所示，此冲压方向模具如图1b所示。但该种结构由于成形过程中板料无压料圈压料，材料未充分拉深，在凸凹模成形动作结束后，材料内部应力载荷消失，由于弹性必然引起向原来位置伸直的趋向，导致制件产生很大回弹，同时法兰边平整度较差。因为该产品成形圆弧处需要与管制件匹配焊接，回弹较大将影响后序焊接，同时底面不平将使后序冲孔尺寸无法保证。

为了减小回弹，保证制件成形后的平面度，现改变冲压方向（见图2），采用压料圈压料结构设计

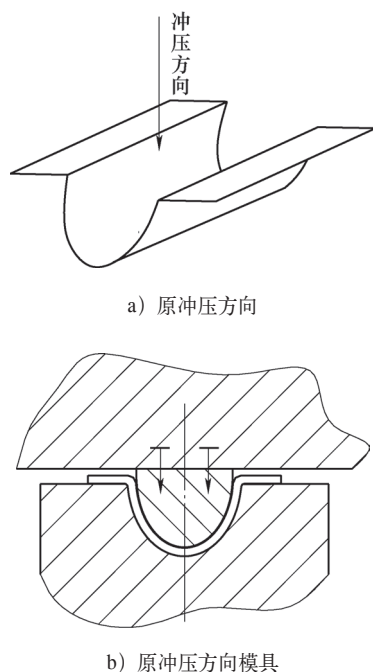


图1 前支架成形工序

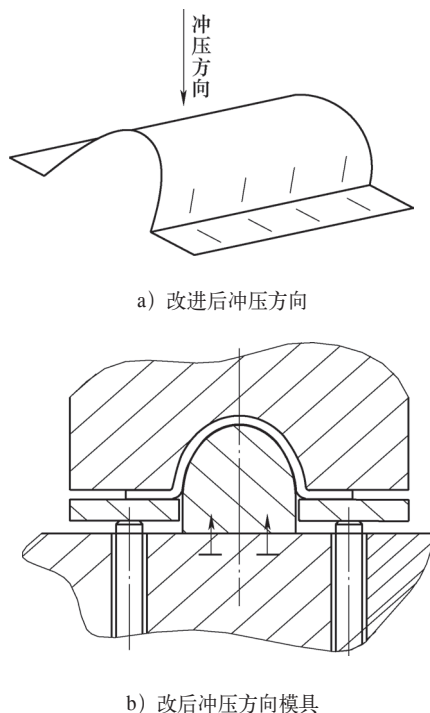


图2 前支架成形工序改进

工艺。这样，在成形过程中托杆通过压料圈对板料施加足够的压力，板料在被压料圈与凹模夹紧的状态下沿凹模口拉进凹模，板料截面内应力主要为拉应力，材料延展较充分。成形结束后，应力卸载时回弹方向较一致，使制件形状只发生很小的变化，回弹范围和法兰边平面度可以满足后序使用要求。此件为侧防护内表面浸漆产品，因此制件表面轻微拉毛能被黑漆遮盖，不影响产品使用。

2. 压料面的选择

压料面是毛坯在凹模圆角以外的法兰部分，压料圈以一定压力将盖面压紧在凹模面上防止毛坯起皱，对毛坯产生一定的进料阻力。压料面有两种，一种是冲压件本身的凸缘面，另一种是工艺补充面。合理地选择压料面，能够降低拉伸成形深度，防止皱纹和裂纹的产生，有利于拉伸成形。

驾驶室左右后边梁冲压件（为左右对称件）如图3所示。为改善拉伸条件，创造好的冲压工艺性，工艺设计时确定为成双拉伸。图中A、B两处是两个向上的凸起，C面是与其他件的焊接装配面。为了A、B两处凸起能在拉伸时一起成形，同时为了提高覆盖件的外观质量，减少拉痕，压料面选在图示D面上，同时增加工艺补充，将工艺补充做为压料面，也增加了拉伸深度，这种压料面的分界和选择，在拉伸时容易使拐角E处破裂或缩颈，拐角E处下面的C面起皱并叠起。对于拉伸件皱与裂本身是一对矛盾，增大压料力，C面起皱

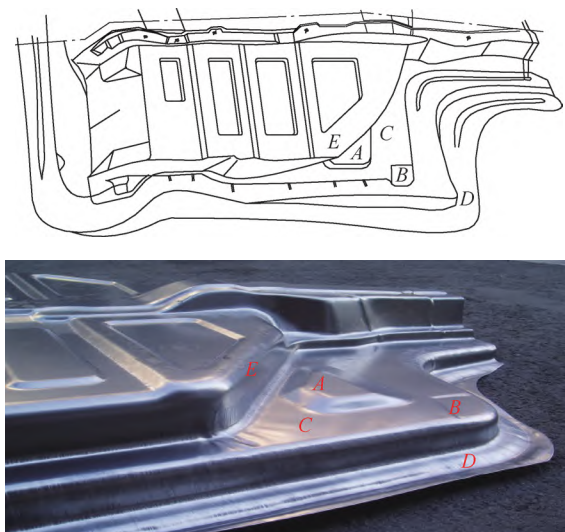


图3 驾驶室左右后边梁冲压件

减轻，而拐角E处裂纹加剧；减小压料力，拐角E处裂纹减轻容易缩颈，而C面皱纹加剧并叠起。为了冲压出件只能让C面起皱，以保证拐角E处不裂，而C面是焊接装配面，会影响点焊的焊接质量。

通过分析可以看出，C面的板料在拐角E处成形过程中受拐角E和压料面D的作用成斜面（见图4），材料处于无支撑的自由表面区，由于拐角E成形和C面板料悬空无支撑，处于失稳状态，成形过程中，C面板料径向受拉应力，切向受压应力形成皱。随着成形的深入，皱纹加剧并叠起，为减轻皱纹，当增加压料力时，进料阻力加大，起皱减轻，但拐角E处成形时材料得不到充分补充。超过成形极限，E处破裂加剧。由于压料面的选择不当，造成难以处理的冲压缺陷。如果压料面选在C面上，拐角E成形时，C面板料处于压料状态，皱和裂的问题都能得到解决。这时A和B两处向上的凸起，可以在压料圈上开躲壁，下面是凸模，拉伸到底时在该处局部成形，与其他部分形状同时成形（见图5）。

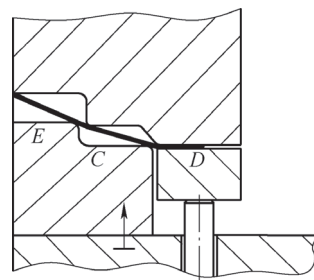


图4 C面成形

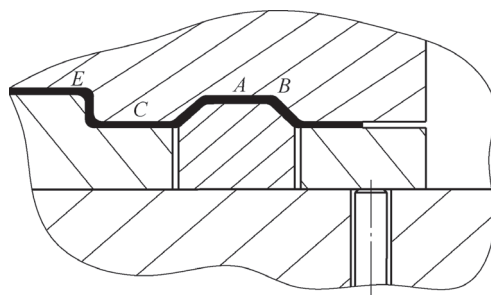


图5 其他部分成形

另外，这种压料面是属于制件本身的凸缘面。因此，在C面上会留下拉痕。但该件C面焊接后在里侧，不会影响外观。因此，压料面的分界和选择要在分析制件使用性能和成形特点的情况下，弄清哪些是外露面，哪些是焊接装配面，何处是成形难点，以便于正

确选择和有利于拉延成形。

另外，对于需要压料面的拉深零件，一种压料面的一部分就是拉深件的法兰面，而另一种情况是压料面全部属于工艺补充部分。这种情况下，主要以保证良好的拉深成形条件为主要目的进行压料面的设计，但这部分材料在拉深工序后将在修边工序被切除，所以，对于这类零件要尽量减少压料面的消耗定额。

3. 工艺孔和工艺定位包的利用

当拉深件的形状曲面较平滑时，轮廓形状在修边工序中不能用于定位。这时可以在拉深件的工艺补充部分增设工艺定位包或在接近拉深成形结束时冲制定位孔。底盘产品横梁一序拉延如图6所示，产品成形面平缓。二序修边如果以型面定位将导致定位不可靠，使生产者操作困难，同时容易产生修边缺肉等不合格情况。考虑产品及操作需要，在一序拉延件上后序可以修除的工艺补充部分预设工艺定位包，后序修边工序以工艺包为定位基准，则可以很好地解决定位不稳和可能产生不合格产品的问题。



图6 一序拉延

对于复杂曲面拉深件某些凹形或反成形部分，当局部变形程度大，外部材料难以补充时，可在局部突起变形区内工艺补充部分的适当位置或在拉应力最大的拐角处冲出孔或切口，这种孔及切口即为工艺孔或工艺切口。

产品下支座如图7所示，其成形深度为64.5mm，在一序切角后需两次拉延成形，一次拉延高度为51.2mm。在拉深过程中，零件内孔已被内工艺补充材料封闭，形成拉深件内部反成形形状。这部分形状的成形不能



图7 产品下支座

靠外部材料进行补充，只能靠该部位毛坯的胀形（即厚度变薄）来实现面积的增大。从而使这部分材料在冲压成形过程中很容易出现破裂，且裂纹容易扩展到修边线以外（即冲压件上），甚至整个破裂都发生在冲压件上。同时在拉延成形中，毛坯在凸模圆角处一直承受着材料延展的拉应力，并且还受到凸模圆角的压应力，使这部分材料变薄最为严重，危险断面就在凸模圆角附近处（见图8）。在一次拉延模调试过程中，该产品拉延工序件经常出现圆角处破裂现象。

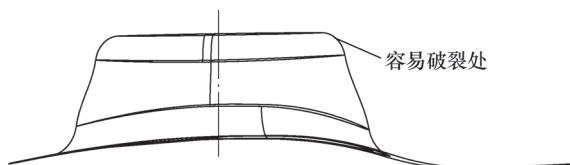


图8 危险断面

为解决成形中外部材料无法进行补充带来的问题，可以采取在拉深毛坯上的适当位置预冲出工艺孔，或拉深过程中在局部变形区的适当位置冲切工艺切口的方法。工艺孔大小应合适，孔太大，成形时顶部拉应力变小，容易造成翻孔现象；孔太小，顶部拉应力不能充分缓解，材料不能充分流入补充，则会造成顶部孔周边开口或圆角处缩颈。因此对该产品经分析后决定在一序切角工序中预冲出1— $\phi 10$ mm工艺孔（见图9）。这样，可以使成形区内部材料向外补充，因而减少危险区的拉应力，使容易破裂区域的变形情况得到改善，同时可以从相邻区域里得到材料补充，避免破裂的发生。实践证实，该工艺方法效果较理想，有效解决了该产品拉延工序局部材料易破裂的问题。

另外，对于一些拉深深度较深或胀形变形较大、容易产生破裂的部位，若正好存在内工艺补充部位，则应在拉深工序中考虑增加工艺孔或工艺切口来改变

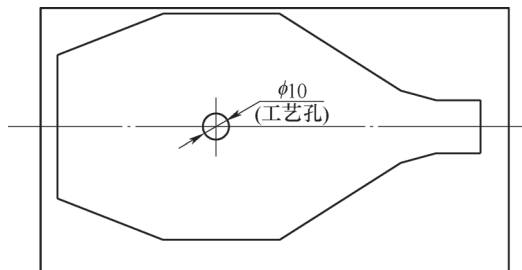


图9 预冲工艺孔

毛坯的变形程度，消除破裂因素。

左右框架加强板局部成形的工艺补充

在拉深复杂曲面拉深件时，当其拉深件带有很深的凹坑或有较大的凸起及鼓包时，在拉深成形时，往往由于不能从坯料的外部得到材料的补充而造成零件的局部破裂。这时，为了避免这种现象，可考虑在成形工序前的预成形过程中，预留出部分工艺补充材料，使容易破裂的区域从工艺储备材料中得到材料的补充。

该产品局部存在较深的成形凹坑，如图10所示，该位置在成形过程中，材料流入量不足以形成零件的既定形状，零件的成形主要依靠材料的局部变薄而成形。在成形时凹坑顶部圆角变形区材料同时承受双向拉应力，径向产生伸长变形，导致厚度减薄，超过材料变形承担时，导致凹坑顶部破裂（见图11）。

在不能靠外部材料的流入来补充的情况下，为减少顶部变形区拉应力，在第一道工序预拉深时在后序凹坑位置处，预成形出一个中心凸起的工艺材料补充鼓包（见图12），使材料充分储备。该工艺补充在二



图10 成形凹坑



图11 凹坑顶部破裂



图12 补充鼓包

次成形时使用，可以解决外部材料流入量不足而产生制件开裂的问题。在预留工艺材料补充时，如果该工艺补充在第一次凸起预成形中，凸模圆角半径过小，储备的材料不足，使该工艺补充在最终成形工序中过早参与了变形，导致顶部材料减薄，也会造成凹坑处破裂。因此，第一道工序预拉深储备的凸起要预估第二道成形工序的成形形状，并使这两者的表面积大体相等。

结语

综上所述，汽车零件的冲压工艺设计必须认真分析所设计冲压件的使用性能和精度要求，结合现有生产条件，针对某一部分的重点和难点，加以认真分析和研究。对难度较大或复杂的零件，可以采取理论分析和经验积累并举进行或参考类似零件的数据进行工艺设计以及计算机辅助设计。因此，工艺设计的方案性评审显得尤为重要，通过评审可将问题解决在工艺设计之中，为以后冲模设计制造和冲压生产打下坚实的基础。

参考文献：

- [1] 肖景容.冲压工艺学[M].北京：机械工业出版社，1994.
- [2] 中国机械工程学会锻压学会.锻压手册[M].北京：机械工业出版社，2002.
- [3] 杨玉英.模具设计制造与组合装配手册[M].北京：中国科技文化出版社，2007. **AUTO1950**