

轿车车身结构及焊接工艺优化设计

□ 神龙汽车有限公司/唐大庆

轿车企业一般采用大批量、流水线作业生产方式，这种生产方式对成本十分敏感，汽车业成本行为与行业竞争地位息息相关。产品生命周期成本研究表明，产品成本的80%在设计阶段已经确定，生产阶段的成本只占产品成本的20%。所以，产品、工艺设计水平对产品市场竞争力具有显著影响。优秀汽车产品的工艺设计能显著提高产品质量，降低生产成本，从而提高企业竞争力及扩大市场份额。

产品结构的优化设计

1. 产品设计中注意的问题

(1) 产品设计中对于必须开孔的外观冲压件（如车门外板门手柄凹陷处、侧围油箱口），其孔洞或凹陷造型设计应以圆形、椭圆形为主，圆形、椭圆形有利于冲压成形，必须避免方形直角结构设计，边缘带交角的凹陷设计会导致外板四角处产生无法消除的微小变形，这类C级缺陷几乎无法通过冲压工艺进行整改，并给焊装增添了额外的打磨、抛光返修工作量。

(2) 对于行李箱入口设计，

要避免车身左右侧围装密封条的两侧止口垂直设计，要将行李箱入口两侧止口设计成倒梯形（上大下小），因为垂直结构会加大关闭时行李箱内板与密封条的摩擦力，引发行李箱关闭费力、密封条寿命缩短等缺陷。所以，各种三厢车行李箱入口设计几乎均为上大下小的梯形，这不是造型的趋众性使然，而是使用的功能性所决定的结构设计。

(3) 产品设计中尤其要注意环境件的校核（防止出现干涉、装配困难、间隙不足设计缺陷），各专业设计零件时更多的是关注自己所设计零件的美学、功能、材料运用等设计要素，往往容易忽视自身零件对其他相邻零件的影响。例如，有的零件静态校核时没有问题，但在承载、运动颠簸中零件会发生弹性变形，原先有间隙的两个零件因接触摩擦会产生异响。

(4) 关于提高通用件使用率问题。通用件使用率越高，越能简化装配工具，减少容器占地面积，降低物流成本。新车型在设计阶段，对于内骨架件尽量选择已有车

型使用的零件，避免开发相似零件，以便缩短零件开发周期，减少投资。对于外形、功能相似的标准件要进行整合，整合后可以减少标准件品种，有利于大批量采购进而降低成本。

2. 产品结构优化设计

纵梁类槽型冲压零件要避免两个折角90°设计，一般按93°~97°设计，敞开式设计既有利于冲压件几何尺寸控制（解决回弹问题），减轻模具磨损，又可以提高料箱装载效率（相同容器因V形槽型零件紧密叠放而多装零件）。

行李箱后下部边缘与后保险杠的间隙，往往存在间隙过大与间隙不对称的B级缺陷。为消除行李箱后下部边缘与后保间隙过大与间隙不对称缺陷，在新项目中采用如下解决方案：后行李箱与后保险杠的间隙配合采用以行李箱下边缘为定位基准，即行李箱盖先定位（关闭锁紧行李箱盖），在行李箱盖下边缘与后保险杠骨架之间塞一个8mm定位样板，将后保险杠骨架套在后围板的螺柱上，此时后保险杠骨架上边缘在塑料弹性卡片的作用下与

定位样板贴合，拧紧后保险杠骨架，取下定位样板完成装配工作。这时，两个零件之间的间隙相当于组成环，而后保险杠骨架上与螺栓配合的长圆孔相当于封闭环，从而降低了该尺寸链其他各组成环的精度要求。该方案实施确保了行李箱与后保险杠的间隙，也是产品优化设计解决工艺难题的一个典型案例。

3. 产品装配公差优化设计

对于车身外饰件间隙面差公差的确定，除了常规的静态计算之外，还要考虑动态实际配合情况对静态公差的影响。

N68整车扣分曾出现过前车门腰线相对于后车门腰线Z向低进的缺陷，而焊装此处无该缺陷，原因如下：焊装检查前后门腰线平齐，在总装装配车门玻璃升降器、门玻璃后在重力作用下出现车门后部Z向降低现象导致前后门腰线不平齐缺陷。为此，在焊装设计公差时将前门腰线设计的比后门高出1~2mm（需要跟踪一批焊装到总装的车辆，确定为1.7mm），以便确保总装得到前后门腰线平齐的检查结果。在焊装车门上配重检查腰线也可以达到上述目的。

T73A前保险杠与发动机罩间隙静态检查合格，经过跑道路试后扣间隙过大缺陷，原因：路试后因发动机发热导致发动机舱温度升高，塑料前保受热变形导致前保险杠向前移动。针对以上问题采取如下措施：除了前保险杠固定点设计时要考虑受热变形因素外（避免Z形结构固定孔，即受力点与固定点不在同一平面，受外力作用时零件易变形），在制定前保险杠与发动

机罩间隙公差时有意减少两者间隙，路试后间隙虽然增大但仍确保该间隙在合格范围内。

车门上边缘在密封条的反弹力作用下也存在类似问题（车门上部高出侧围），通常参照上述方法解决这类问题。

焊装工艺优化设计

1. 工艺平面布置

调整线：靠近油漆车间入口处布置生产线，预留扩能面积，对于两种不同系列车型尽量分为两条线布置，公用一个进入油漆车间的通道。

车身线：靠近调整线布置，车身线与调整线之间以存放20台左右的车身总成为宜，侧围线分左右布置在车身线的侧围上件工位两侧，采用斜坡堆放存储输送机存放侧围总成，并将侧围总成从地面送到车身线装配平台进行侧围与底盘的预装。

工位平面布置图设计时要遵守大图形设计原则，避免1:10的大比例设计。大比例设计出的工位设备、工装图形太小，不利于设备、工装的紧凑布置，大比例设计仅适用于总图设计以及观察工艺流程、物流合理性使用。

从减少辅助人员和面积的目的出发，工位件零件运输可以采用AGV自动运行小车运输分总成或零件，以便实现自动化品种配送，提高装配的准确性及工作效率。该小车轻便、安全、低成本、无污染，它的运用为生产现场带来极大方便。

为降低投资风险，新车型投放宜采用滚动发展模式，一款车型获

得市场认可需要扩大产能时再有计划地在预留面积上实施二期、三期工程，这样可以避免高投入低产出带来的投资效益低下的风险。

2. 工艺路线

为提高单位面积生产效率和人均生产率，要降低零件自制率，尽量外委需要专业化生产的、宜于运输的零件。如轴类零件、纵梁和滚压型腔类零件。

零件大量外委生产的优点：由于零部件企业可以从整车企业得到稳定的订货，可以事先了解整车企业开发新产品的计划，从而进行技术改造和设备更新，形成大批量的专业化生产，避免在激烈的竞争中被淘汰。对整车企业来说，通过与零部件企业的专业化分工，节约了投资，缩短了产品开发周期，分散了风险，降低了成本，提高了劳动生产率。作为例外，前后保险杠是高利润产品，备件市场巨大（汽车追尾事故导致高备件需求），为提高盈利能力，主机厂宜用投资厂房设备自制前后保险杠。

平面布置要尽可能压缩工艺面积，减少辅助生产面积，缩短工人位移距离（提高厂房单位面积产量）。

3. 流体设计

压缩空气管径视设备耗气量要求而定，接气点至焊机的软管不得小于6分管。大直径气缸使用点应设置储气罐，用于平衡大直径气缸瞬间耗气对压缩空气主干管路产生降压的压力波动影响。

4. 电力容量设计

电阻点焊设备用电特点是瞬时大容量用电，焊装车间变压器电

力安装容量不能简单地将所有点焊设备功率相加得到总的电力容量，点焊设备功率相加的容量一般称之为电力设计容量（理论容量），电力安装容量（使用容量）为设计电力容量乘以安装系数（ $0 < \text{系数} < 1$ ），该系数与设备数量、汽车年设计纲领、设备功率、焊机变压器暂载率相关，通常设备数量多、变压器功率低、点焊设备暂载率低、产品设计纲领高其系数较小，反之系数较大。工厂厂房设计时要注意为焊装车间预留变压器扩容面积，在提升产能的同时核算电力安装容量是否满足设计要求，对于系数不满足设计要求的电力安装容量要通过增加变压器提高该系数（对照设计标准的系数表核查系数），否则会出现系统性焊点虚焊质量缺陷。自动生产线点焊控制器群控技术能降低焊装车间电力系统对电力安装容量的需求并提高点焊质量，减少变压器投资从而降低成本。

5. 焊接工艺

(1) 焊接夹具。气动夹紧单元宜采用杠杆压头侧耳座式气缸，杠杆式压头结构简单具有自动补偿磨损功能，价格低、可靠性高、易于维修。夹具底座设计要注意提高其刚性，以确保安装在地板上面的定位原件位置精度。要结合焊接工艺特点，在夹具上适当位置设置绝缘装置，避免磁场影响焊接质量。

(2) 点焊焊接参数。宜选用中等焊接规范，强规范虽然能提高生产率，但焊接飞溅大，既污染环境、增加设备工装清洁难度，又会形成焊点烧穿、点焊接头疲劳强度

低（焊点凹陷）等缺陷。尤其值得注意的是焊接使用参数必须以现场条件为依据进行调整，未按现场实际情况确定焊接参数而照搬标准点焊焊接参数是导致焊点缺陷的原因之一。

(3) 气体保护焊。焊接使用的保护气体以 CO_2 气体为宜，可以选择合适的焊机、优化的焊接参数来解决 CO_2 气体保护焊工艺焊接飞溅大的问题。氩弧焊成本较高，应慎用。

(4) 包边工艺。机器人滚边以其灵活性、低成本、高质量优势将获得广泛应用。在分析滚边质量缺陷时，滚轮的松动是产生滚压包边缺陷的原因之一，尤其是当对称件发生左右包边不一致缺陷时要检查滚轮轴向位置是否发生飘移。

(5) 点焊设备。通常选用低成本、易维护、操作接近性较好的分体式同轴电缆焊钳。高档焊钳为一体式焊钳，节能，价格是分体式两倍；低档焊钳为分体式双电缆，价格略低于同轴电缆。

(6) 合装夹具。车身线合装夹具用于拼装车身壳体，精度要求高，通常要适应两种以上车型混流生产。侧围装配部件横向移动加转动式结构，因具有可靠性高、通用性强、维修方便、成本低廉的特点而获得广泛应用。

(7) 污染控制。为减少室内环境污染，要控制焊接零件表面油污，必要时清洗油污；在点焊工位焊点附近增设抽风装置；气体保护焊接工艺可集中安排在调整线上一段封闭的室内，利于屏蔽焊接弧光和集中排放焊接烟雾；尽量减少使用内燃机叉车运送零件（减少尾气排

放），使用电动叉车和带轮容器。

(8) 生产线。地板线、车身线一般采用步进式一字线排布，这种方式有利于左右侧围上线装配，有利于物流运输。大批量生产线的自动化程度高，停线对生产产量影响大，不论采用何种工位间传输方案，可靠性（设计可靠性，零部件及电气元件可靠性）是优先考虑的要素，对于大批量生产方式，成本因素放在相对次要的位置。调整线装配工位采用滚床运输，打磨、调整工位采用同步板链运输。

(9) 焊接机器人。通常外观零件（侧围、车身）、焊接接近性差的大总成（地板）使用机器人焊钳进行焊接，内骨架件合件用人工焊钳焊接。

(10) 点焊控制器群控技术。该技术一般用于自动化生产线，可以有效减少电力安装容量需求；稳定点焊质量，但手动焊接工位要慎用群控技术，特别是人工操作的固定点焊机，在群控功能发挥作用初期，工人按按钮无焊接动作，在工人误认为设备出现故障、将手放入上下电极之间时，群控功能发挥作用，电极瞬间闭合极易发生夹手等工伤事故。

结语

车身产品及工艺优化设计目的是用最佳的设计、最经济的投资满足用户舒适性及功能需求，上述优化设计方案源自生产实践，每个优化方案的描述均有现场案例支撑，是长期工作经验的积累。AME

《汽车工艺师》交流群：
57275560 (QQ) 期待您的加入！