

基于汽车车身设计的防错方法研究

李录航, 叶鸣, 王博, 譙华

重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司 重庆 400000

摘要: 在汽车车身设计和工艺设计阶段开展防错专项工作,能有效提升量产后的车身质量、降低生产成本、缩短开发周期。简要阐述了车身防错工作的开展思路,同时从产品和工艺的角度,分别列举了一些常用的车身防错方法。

关键词: 车身设计; 工艺设计; 防错专项

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.12.011

现代汽车市场竞争日益激烈,消费者对汽车设计的要求也水涨船高,车身造型越来越前卫、配置越来越丰富、设计越来越复杂。一台焊接白车身由几百个车身零部件组成,各种相似件、对称件令人眼花缭乱,而为了降低成本,车型平台化、多车型共线生产已成为行业共识,这就导致车间在生产过程中很容易出现错装、漏装等问题。一旦出现错漏装,轻则导致

零部件总成返工返修,重则整车报废,由此造成的效率、工时、成本浪费已成为企业的一大负担,所以车身防错是现代汽车研发、制造过程中的一项极为重要的工作。

防错工作思路

针对产品开发过程中的不同阶段,需采取不同的

造, 2023, 23 (1): 7-11.

[9] 肖伦伦. 基于压铸工艺的铝合金车门结构设计与优化[D].重庆交通大学, 2023.

[10] 吕浩, 刘涛, 王秋雨, 等. 车门内板拉伸开裂分析与讨论[J].锻压技术, 2022, 47 (2): 88-93.

[11] 王君瑶, 徐峰祥, 华林. 仿蜻蜓翅脉的车门内板加强筋多目标优化设计[J].锻压技术, 2022, 47 (2): 30-41.

[12] 李亚东, 鄂宏伟, 刘斌, 等. 基于Autoform的车门内板拼焊板成形仿真分析[J].塑性工程学报, 2021, 28

(8): 55-63.

[13] 章爽滨, 付再兴, 李磊. 降低深冲件开裂风险的质量策略研究与实践[J].锻造与冲压, 2021 (18): 55-59.

[14] 代建文, 黄敏鹄, 谢双, 等. 后侧门内板锁孔附近起皱缩颈开裂的解决方法[J].模具工业, 2021, 47 (9): 14-18, 33.

[15] 韦荣发, 蒙世瑛, 麦育智, 等. 汽车前门内板拉伸起皱开裂问题分析与对策[J].模具制造, 2020, 20 (6): 14-18. **AUTO1950**

防错工作思路。

产品开发阶段：从汽车设计出发，考虑零件自身形状及装配可能导致的错误，从产品设计端规避和预防后续生产时可能出现的错误。

工艺开发阶段：从设备选用、工装设计、生产线规划出发，从工艺设计端规避和预防后续生产时可能出现的错误。

投产阶段：通过车间生产管理及对工人进行培训，树立防错意识，规范员工操作行为，预防生产过程中可能出现的错误。设置点检工位，对常见的问题进行点检，降低产品返工返修频次，确保损失最小化。

本文主要讨论汽车白车身产品开发阶段、工艺开发阶段的防错，同时列举一些常用的车身防错方法。

根据工作类别将车身防错方法按如下两类进行细分：

1) 产品防错：单个零部件防错、多个零部件防错、标准件防错，搭接顺序防错。

2) 工艺防错：机械防错、电气防错。

车身防错需要兼顾可靠性、实用性、经济性等多方面因素，一般优先从产品设计角度制定防错方案，产品设计无法实现或无法完全规避的，再从工艺设备、工装等方面制定防错方案。

产品防错方法

1. 单个零部件防错

在实际生产过程中，若零部件本身无防错设计，极易出现旋转180°或翻转180°错装，针对此问题，在产品的设计阶段进行防错设计，可有效规避后期制造过程中的错装问题。

(1) 防错方法一 设计为自对称件。针对产品自身为对称件的情况下，如果产品自身不存在不对称元素（型面、孔位、安装点）影响时，尽量设计成中心对称零件（见图1），使其装配方式不受影响，以减少后期防错投入。该类防错方法主要针对自身对称的产品，一般为小型安装支架、横梁。

(2) 防错方法二 产品增加防错特征。对于产品自身不能设计为对称件的时候，就需要增加特征用于防错。主要方式为定位孔防错和特征面防错（凸台、

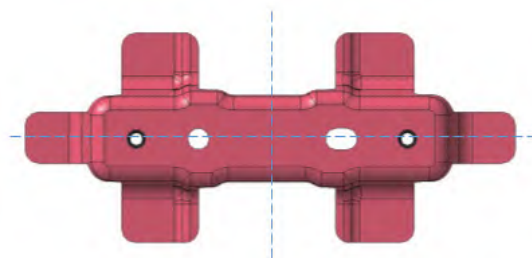


图1 自对称件

缺口、翻边等）两大类。

1) 两孔定位。零件主副定位孔为非对称位置布置，一般为主副定位孔位置斜向布置（见图2）、靠近产品一侧布置（见图3）、定位孔与对称轴距离不同的方式（见图4）。该类防错方法主要用于两孔定位的不对称产品，且产品宽度大于20mm的情况。其中图3与图4两种方式需要增加工装配合防错，一般不做推荐，或者使用大小孔的方式（见图5）。

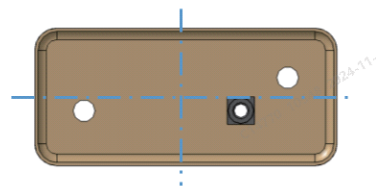


图2 定位孔斜向

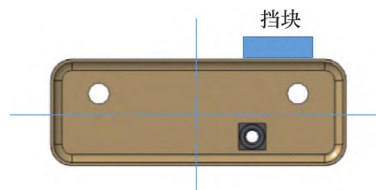


图3 定位孔偏置

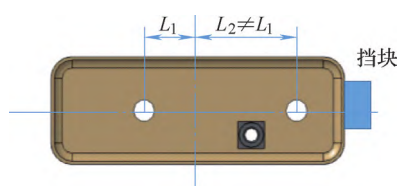


图4 对称轴距离不同

2) 大小孔定位。零部件自身主、副定位孔直径大小设计相差 $\geq 2\text{mm}$ 。产品定位孔大小差异化设计（见图3），当产品旋转180°装配时，因定位孔与定位销不能匹配而起到防错的目的；再搭配支撑块以防止零件翻转180°出现错装风险。该类防错方法主要用于两孔定位的不对称产品，且产品宽度较小、长度可容纳两个定位孔的情况。

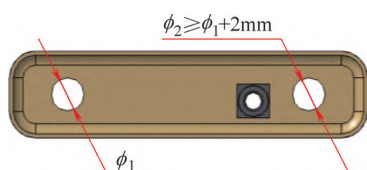


图5 孔径大小不一致

3) 单孔定位。产品不足以设计两个定位孔的时候，一般采用单孔加挡块的设计形式。零部件自身定位孔与两侧切边距离设计相差 $\geq 5\text{mm}$ ，定位夹具上配置挡块以实现防错功能（见图6）。该类产品一般出现在小型安装支架上。因零件较小，无法布置两个定位孔，且需要增加防错的车身零件（含产品安装孔、螺柱或者螺母等组件无法对称布置）。

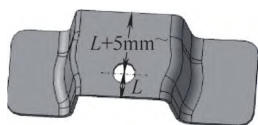


图6 定位孔偏心

4) 特征型面。零部件自身设计工艺凸台、缺口/孔、翻边等特征型面以防止产品反装（见图7）。该类产品设计，需要配合工艺防错，即工装设备增加机械/电气结构，产品错装时不能完成装配，或者对错装给出信号提示。

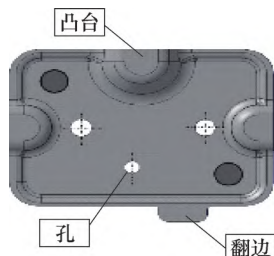


图7 工艺特征

在产品设计中，一般是多种方式配合，常常是定位销配合特征面设计，以保证后期焊接工艺的便利。

2.相似零部件防错

在实际生产过程中，存在多车型共线/混线生产，以及产品自身存在左右对称件，统称为相似件。若相似零部件之间未进行防错设计，极易出现错装问题。

防错方法一：通用化设计，将左右对称件、结构相似件进行通用化设计。该方式常用于左右对称件小件的设计（见图8）。

防错方法二：定位差异化，定位孔的位置、直径设计差异化。针对相似件不仅要考虑自身防错的设计，

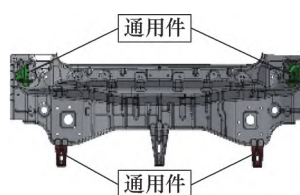


图8 通用化

还需要考虑相似零件的差异化设计。一般用于横梁、纵梁、地板等结构，有时候门内板设计也会应用此方式防错。与产品自身防错设计原理一样，主要采用的方式有：主定位孔位置相同，副定位孔位置差异化（见图9）；主定位孔大小相同，副定位孔大小差异化。共线生产时，副定位孔定位工装机构切换适应。

防错方法三：形状差异化。相似零部件之间，设计不同的工艺凸台、缺口/孔、翻边等特征面实现产品防错功能。一般用于产品结构件设计，与孔定位防错配合使用（见图10）。

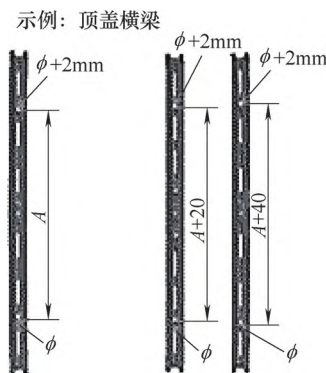


图9 定位差异

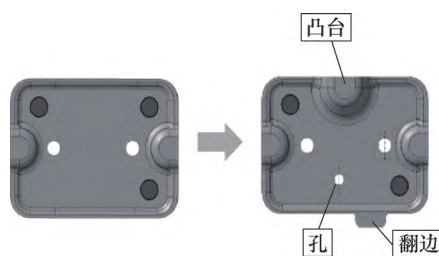


图10 形状差异

防错方法四：标识差异化。在特征明显位置，设计较大字体标识。当产品受限，不能进行孔、面差异化设计时，采用产品增加标识的方式（见图11）。生产线自动化程度偏低时，该类防错方案对员工要求较高，防错成功率偏低。随着科技提升，现在产线在增加智能识别系统（视觉扫描、拍照等）后可有效提升。

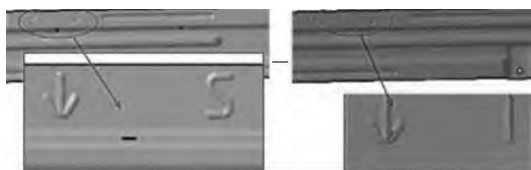


图11 标识差异

3. 标准件防错

防错方法一：统一标准件规格。标准件规格尽量统一，防止用错规格。减少产品型号，通用化设计始终是防错方案的首选（见图12）。

防错方法二：凸焊螺母底孔防错。对于凸焊螺母这类常用焊接标准件的防错，一般采用底孔防错（见图13）。

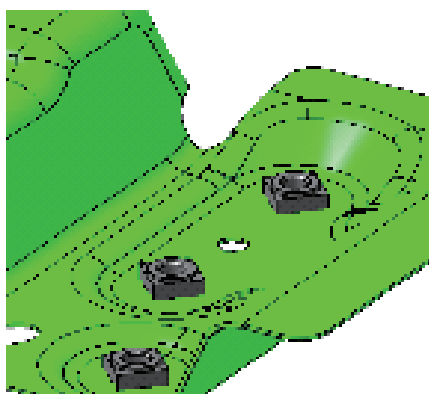


图12 统一规格

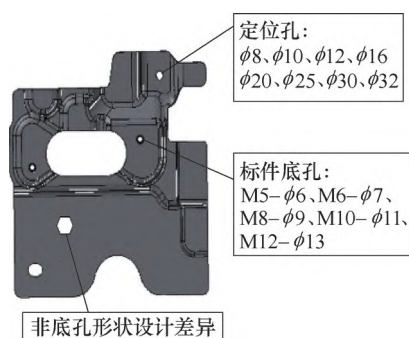


图13 底孔防错

1) 定位孔孔径与焊接螺母底孔孔径选取标准化，即定位孔孔径选取 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 等数值，焊接螺母底孔选取 $\phi 7\text{mm}$ 、 $\phi 9\text{mm}$ 等数值以区别。

2) 产品中存在安装孔/过孔尺寸与焊接螺母底孔尺寸相同时，非底孔形状差异化设计（方孔、六边形孔等）。

防错方法三：凸焊螺柱位置防错。钣金正反两面

都有凸焊螺柱时，设计凸台、凸点进行识别（见图14）。随着机器人自动焊接在汽车生产的应用推广，部分螺柱设计可减少特征面设计。

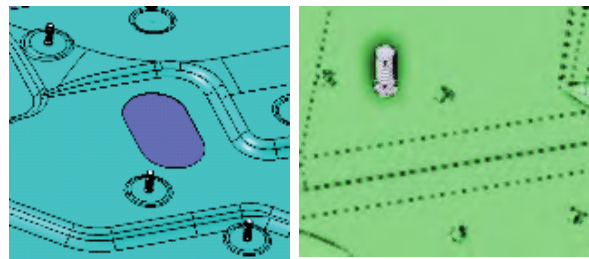


图14 凸点防错

4. 装配顺序防错

产品设计中，还需要考虑相似零件存在装配错误的情况，如地板面板正面的零件装配到背面。常用的防错方法是设置凸台（见图15）。搭接顺序错误后，无法装配或装配干涉。防止钣金搭接顺序错误。

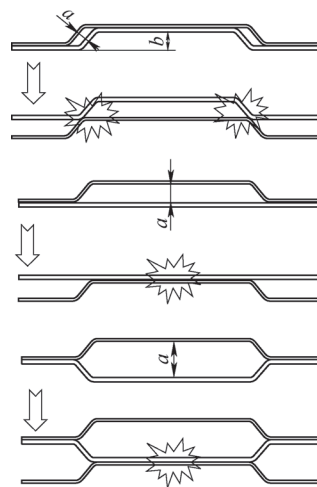


图15 凸台防错

工艺防错方法

当产品设计防错方案已无法满足防错要求，一般会增加工艺防错手段进行补充。常见的方式包含机械防错、电气防错，随着科技的发展，未来的防错手段会更加完善和便捷。

1. 机械防错

- 1) 增加干扰销，非对应零件不能入销而报错。
- 2) 增加防错块，错误零件放不到位。

（下转第43页）

CBN刀片主要磨损形式为微崩刃、粘结磨损和磨粒磨损，易于发生刀片破损，进而影响刀具使用寿命。

结语

针对LCV型缸盖导管座圈孔加工工艺要求，通过与上海交通大学先进刀具与切削技术研究中心联合设计，结合结构参数设计及加工有限元仿真等技术手段，并委托国内刀具生产厂商进行生产制造，成功开发了国产化导管座圈孔加工复合铰刀。通过协作开发的方式，国产刀具生产周期降低为两个月，较进口刀具的3个月以上的生产周期减少了1/3，批量化刀具使用成本可实现下降50%以上。所开发的国产化复合铰刀在公司建立验证线上经过切削加工验证，结果表明国

产化刀具在加工效率和精度指标上与进口刀具相比到达同等水平，且国产刀具寿命优于进口刀具，满足缸盖批量化生产需求。综上所述，国产化复合铰刀在刀具准备周期，刀具使用成品，刀具寿命，及加工精度上，与进口刀具相比具有一定的优势，具有良好的推广价值。

参考文献：

- [1] 刘立波.缸盖座圈导管加工技术研究与实践[D].长沙：湖南大学，2011.
- [2] 苏娜.缸盖座圈导管孔的加工工艺研究[J].机械研究与应用，2016（6）：166-168.
- [3] 吉祺炜. MAPAL刀具在缸盖座圈和导管加工中的改进[J].机械制造，2006（6）：52-54. **AUTO1950**

（上接第37页）

2.电气防错

1) 传感器识别车型，防止车型状态错误。当产线涉及多个车型配置共线生产时，一般是增加电气检测单元识别不同车型零件的特征点进行防错（见图16）。

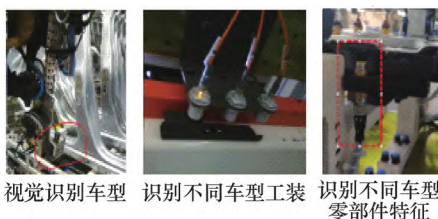


图16 电气防错

2) 传感器识别零部件位置，零件不到位，设备报错提示。通过零件位置不同而引起检测设备产生不同的信号（传感器检测距离设置后，零件仅装配到位后才被检测到）而实现防错检测功能（见图17）。

3) 传感器识别零部件数量，防止零部件数量出

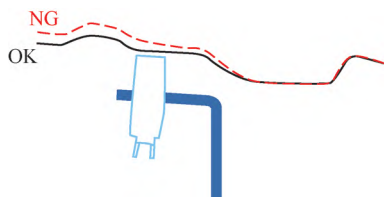


图17 电气防错

错。该方案用于防止零件漏装。

4) 传感器识别零部件类别。通过零件特征点不同而引起检测设备产生不同的信号而实现防错检测功能。

结语

开展车身防呆防错工作，能有效降低现代汽车制造成本、提升工作效率，在实际项目开发过程中，应不断总结防错方法，形成经验库，为后续项目开发提供宝贵经验。

参考文献：

- [1] 王浩名，耿滢，刘美娜.浅谈白车身防错设计方法[J].汽车零部件，2020（11）：95-98.
- [2] 谢斌，杜明明.车身设计与制造过程中的防错技术应用[J].焊接质量控制与管理，2019，48（11）：93-96.
- [3] 袁会利，魏庆丰，杜坤.防错技术在汽车车身设计中的应用[J].现代零部件，2014（1）：83-86.
- [4] 薛清君，杨德福，赵红建，等.汽车车身装配防错在同步工程中的应用[J].时代汽车，2021（20）：127-130.
- [5] 张伟.焊装防错技术在白车身制造中的应用[J].汽车工艺师，2020（5）：41-45. **AUTO1950**