

# 可制造性设计在汽车线束开发中的应用研究

毛濛濛

浙江新宝汽车电器有限公司 浙江 新昌 312500

**摘要：**近年来，随着用户对汽车舒适性、经济性和安全性要求的不断提高，汽车线束的设计越来越复杂，如何进一步提高汽车线束的综合性能成为电路设计的一大重点。在汽车线束的开发过程中，采用可制造性设计可以进一步降低汽车线束在设计和制造过程中的难度和复杂性，从而有效地控制成本。因此，本研究主要探讨可制造性设计在汽车线束中的应用。

## 一、汽车线束开发与设计概述

今天的汽车越来越智能化，功能也越来越多。此外，人们对汽车的安全性、舒适性和经济性的要求也越来越高。与此同时，汽车上的电器、电器零件和电线也越来越多。连接各种电气部件的线束越来越重、越来越厚。由于线束在汽车工业中的重要地位，线束的发展显得尤为重要。同时，汽车线束的发展涉及电气原理、零部件的设计与选择、线束的保护、电信号的自动分配等多个方面，如何使汽车线束的开发更符合汽车开发周期和要求是本节要阐述的内容。

### (一) 汽车线束的基本介绍

为了使各种线束美观不凌乱，便于布线安装，保护绝缘层不受损伤，将不同规格、不同用途的电线捆扎成束，简称汽车线束。汽车线束是汽车电信号控制的载体，是汽车电路网络的主体。没有线束，就没有汽车电路。汽车线束的数据实例见图 1-1。



图 1-1 汽车线束的数据

其功能包括：以合理安全的形式给用电设备如电机、喇叭、灯泡分配电能；传递和反馈信号。

### (二) 汽车线束三维设计

随着汽车的发展，汽车越来越智能化。随着汽车电子设备的不断增多，被称为“汽车神经”的线束也变得越来越大。以往的线束设计已不能满足当前汽车发展的需要和周期。同步发展在当前汽车线束设计过程中已成为主流，这对线束的三维设计提出了更高的要求。

由于线束三维设计的重要性，要求设计师在开发的早期阶段有良好的指导方针。本文根据某主机厂某项目对线束开发设计的要求和项目遇到的具体问题，对线束开发过程中遇到的问题进行设计、分析和解决，给人以直观的感受。

#### 1. 汽车线束的设计的步骤

(1) 整车线束设计的准备：根据《电器设计任务书》

要求的电器配置和技术要求绘制原理图。根据各电器功率确定保险容量及线径大小，对每个电气子系统进行载荷分配，确定总保险容量，计算导线线径；布局图（Plan View）的生成和整体线束的分割；接插件的选取；整车环境的建立等。

(2) 汽车线束建模的步骤：将线束划分出不同的功能区，如前舱线束、车身线束、仪表台线束、后保线束，如图 1-2 所示，不同的车型和厂家会有些许差异，与总装要求、配置高低有关系。

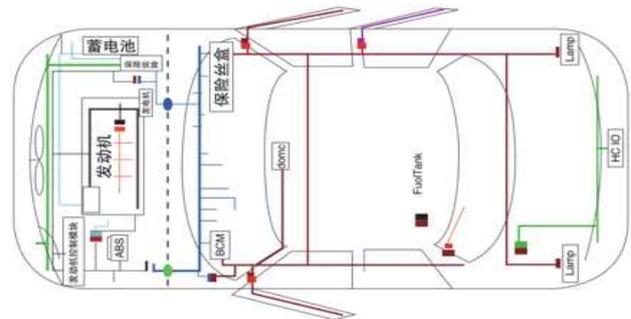


图 1-2 整车电气结构

熟悉车辆结构分布，了解电气设备布置、模块、外围管线、车身结构等，收集现有外围数据。

建立一个模型。将部件放置在布线系统中，根据车辆环境，尽量布线。三维可视化线束数字模型的生成。

提前对数字模块及周围环境进行数字化检查，包括满足设计要求、检查干扰、检查附件。

最后，通过三维数字仿真生成图形，标注内容包括尺寸、电路信息、保护件位置、缠绕方法等一系列信息。它为进一步的设计、制造和分析提供了最完整的信息。三维数据和二维图形相互核对，优化设计。

#### 2. 汽车各区域对线束设计的要求

整车可划分为如图 1-3 所示的几个区域，也是线束工程师选用线束保护方式和选用零部件的依据，不同区域会有不同的保护方式以及防水等级。

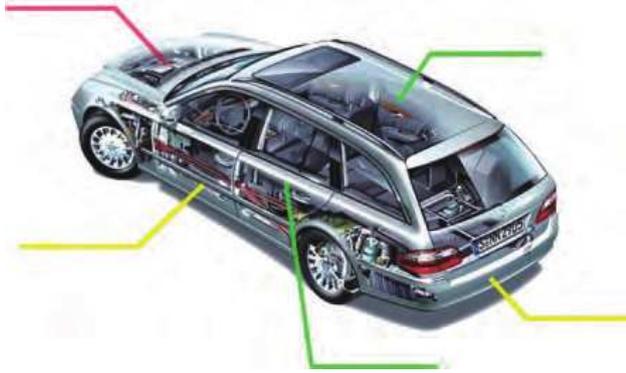


图 1-3 整车划分图

#### (1) 运动区域

运动区域主要包括安全带、风扇、滑轮、手套箱门、电动座椅、雨刮臂、离合器踏板及其传动装置，以及机体的相对振动。对于这些位置，线束设计需要遵循以下几点：线束不能处于运动部件的行程中。要充分考虑到线束在长度允许的范围内的摆动。线束的走向是复杂多样的，线束在直线走向上有很好的定性，但是在转弯的空间走向上，线束会在两个固定点间允许的长度范围内摆动，这就需要分析线束所能到达的区域，保证线束的安全。对于运动的线束段，要充分考虑到线束的行程，防止线束在运动过程中被拉断。比如 ABS 线，悬架和车身互有相对运动，所以在设计时，要确保足够的线长不会被拉紧拉断。

#### (2) 潮湿区域

车辆的潮湿区域一般集中在前舱、门板、底盘和后保险杠。对于潮湿区域，插件必须防水。由于线束固定的需要，在一些必须开孔的区域，雨水会从孔流到干燥区域，因此必须选择防水设备。如果有水沿着安全带流向干燥区域的风险，可以采取一些措施来防止。线束在潮湿区域特意做成滴水环结构，使水只流向潮湿区域，保证了干燥区域的防水安全。

#### (3) 高温热源区域

包括排气系统、废气再循环系统。如果线束距离热源 125mm 以内，应使用绝缘层、热反射带、高温波纹管等。

#### (4) 线束外露区域

主要是指现场区域，是外部环境最恶劣的地方，应根据不同的安全需要加以保护。

#### (5) 易产生噪音区域

噪声主要产生在客室和行李厢，尤其是仪表板。有安装尺寸，线束与仪表板有一定的硬接触。此时，线束可以使用一些降噪胶带，这样可以有效避免噪音。

### 3. 汽车线束设计要求及评审

#### (1) 线束的固定方式

线束的方向通过线束固定来实现。安全可靠的固定是线束设计的重要原则。线束固定分为卡子固定和支架固定。

同时，线束的固定也会遇到受条件或设计限制的环境。线束通过卡固定在 PDB 上，但这种设计不利于安装和售后。

#### (2) 线束与周边零件的距、间隙与长度

线束是一个柔性零件，必须与周边零件有一定的安全距离。线束与静态部件之间的距离应大于 6 mm。线束与运动部件之间的间隙应大于 25mm，否则线束三维模拟的包络面不应干扰运动部件。线束与焊点的距离应大于 15mm。线束及其部件应留有紧固工具的安全空间，与螺母中心的距离应大于 50mm。线束与毛刺、焊边、锐边等的距离应大于 25mm。否则，需要考虑线束保护措施。线束与密封条的距离大于 8mm。在油门踏板、制动踏板和离合器踏板的行程范围内，保持 19mm 以上的距离。安装时应考虑线束接头所在分支的长度。一般在设计中，分支自然状态的导线长度应增加 25mm，以避免线束分支对插件本身的拉动，方便插件的连接，避免影响插件的连接可靠性。

#### (3) 线束的装配方法与装配顺序

线束的安装主要包括扎带的固定，插件的对接，支架的固定，端子的固定，橡胶件的穿孔等。所有线束在安装时，必须方便可靠。在固定区域有很多孔时，要考虑线束安装点的特殊性设计。例如六边形孔区别周边的零件安装点，避免线束的错误安装。在固定区域有很多线束分支时，为了区分而不会将线束固定在错误的位置，可以采用在同一位置用不同的卡丁，开不同形状的孔位。要考虑售后服务的可行性。有些线束设计时看似完全符合设计规范和安装要求，但是存在售后问题。要考虑 OEM 的生产流程和工艺，以及工位和装备规范等。

## 二、可制造性设计在汽车线束开发中的应用

### (一) 可制造性设计发展概述

在 20 世纪 80 年代早期，可制造性设计的工具和方法变得流行起来，因为它使得从设计到制造的过渡更加顺利。在可制造性设计中，对汽车线束设计的评价不仅是产品性能、顾客要求等实用标准，而且是对制造过程的影响。从本质上讲，可制造性设计是产品设计必须遵循的一系列规则，它确保产品设计与现有生产能力相兼容。此外，可制造性设计也被用于降低汽车线束设计和制造的复杂性。例如，尽量消除周围的弯曲，以节省材料和劳动力；据估计，应尽可能采用较宽的胶带或较窄的胶带设计，以减少人力和材料成本，否则在生产中不会有困难的实施角度。

为了使可制造性设计方法发挥作用，有必要详细了解产品设计与生产（或服务）方法实施之间的关系，并与全球线束制造指南相结合，以减少潜在问题和结构成本（人工和材料成本）。同时，公司要对工艺有详细的了解，对产品做详细的描述，并注重对简化产品生产工艺的研究。

### (二) 可制造性设计在汽车线束设计中的应用原理

在线束的设计中，应尽量避免绕线，以节省材料和人力。

虽然有时很难做到,但我们还是应该尽量减小导线的尺寸。当同一塑胶件上连接有多种尺寸的电线时,应考虑是否可以减小电线的尺寸,最好选择相同的尺寸;尽量采用压接方式,平行压接的规格应相同,以减少总装时混线的风险。虽然对于断面面积较大的线路,同一规格会产生较大的造价,但与降低预埋造价和避免混线的潜在造价相比,整体成本优势明显。该原理也适用于镀金和非镀金端子。

在某些情况下,根据分支的长度,超声波压接比双线压接更经济。在效果不明显,有必要对双线压接接头的人力、物力经济性进行评价。选择双线压接时,应考虑端子结的问题。如果两线压接有两个不易打结的端子和一个容易打结的端子,则应尽量选择易结端子,以看板放在流水线旁的刀片型物料架上的打结问题,节省材料消耗。尽量消除电线上的条纹和标记,因为这些标记会增加材料成本。试着对同一块板上的不同零件号使用同一行。

对于线束的覆盖部分,应尽量选择间隔绕组来代替覆盖绕组。评估中使用的主要盖子是波纹管盖和胶带盖。一般来说,如果指定了波纹管,并且不需要磨损保护,则胶带覆盖更便宜。

对于线束覆盖部分,尽可能选用间隔缠绕代替覆盖缠绕。评估使用的覆盖主要有波纹管覆盖和胶带覆盖。一般情况下,如果指定使用波纹管且不需要耐磨保护时,胶带覆盖较便宜。

对分支出口较多或短波纹管要求较多时,选用小管径的波纹管,保证不露线,但由于管径太小会增加操作难度,进而抵消了因此节省的材料费。用点胶带代替覆盖缠绕,评估用卡钉条代替单个卡钉的可行性(此时分支必须在板上布

置成直线)。尽可能使标识性胶带起到某些功能性的作用,比如代替点胶带等。当点胶带只用于地址标识时,考虑在导线上做标识点来代替点胶带,胶带种类要尽量小。为了减少劳动力和材料成本,评估尽量使用更宽的胶带或更窄的胶带,尽量让分支出口为开放式,避免封闭式,以节省材料和人工。此外,考虑用卡环或点胶带代替波纹管锁。

对其他通用部分,合并出口。对有问题的元件,尽可能寻找替换件或从设计上进行改善。与车体上的设备连接的塑件替换的难度较大,可以替换内部连接件。

### 三、总结

本文所讨论的内容可作为我们在汽车线束产品设计中寻找潜在改进的指导。从产品成本和功能的角度来看,线束设计还有很大的改进空间,工业工程师也在不断寻找机会。在某些情况下,我们请求更改和获得客户同意的能力是有限的,但我们必须设法找到节省开支的机会。由于一定的经济效益,有些变更即使目前不能得到客户的认可,将来也有可能得到客户的认可。当然,有些改进不需要客户更新或批准。

### 参考文献:

- [1] 童征. 试论汽车线束开发中可制造性设计的应用 [J]. 大观周刊, 2020(7):114-115.
- [2] 聂波琳. 可制造性设计在汽车线束开发中的应用 [J]. 科技与创新, 2014(9):16-16.
- [3] 袁光涛. 汽车线束失效方式及可靠性研究 [J]. 汽车工程师, 2018(8):47-49.
- [4] 祝景峰. 关于汽车线束开发的探讨 [J]. 大观周刊, 2020(6):120-121.