

# 浅谈商用车电器系统可靠性设计

徐伟 谢祥东 李斌滔

陕西汽车集团股份有限公司技术中心 陕西 西安 710200

**摘要:** 随着商用车功能的不断演进与扩充,其所搭载的电器设备数量也呈现出快速增长的趋势。这些先进的电器设备不仅显著提升了商用车的整体性能,同时也带来了一系列新的挑战,尤其是电器故障率的上升问题日益凸显。因此,对整车电器系统进行深入的可靠性设计,成为了提升商用车电器系统稳定性和可靠性的关键所在。

**关键词:** 商用车电器系统;可靠性设计;稳定性提升

## 引言

在科技进步的推动下,汽车行业迎来了前所未有的变革。如今,人们对商用车的要求已不再仅仅局限于其基本的运输功能,更看重其安全性、舒适性、实用性以及环保性能。随着商用车上电器功能的逐渐增多,电器系统的复杂性也日益增加,这无疑对其可靠性提出了更高的要求。

### 1 电器线路可靠性设计

电器线路如同汽车的“神经系统”,负责将电力和信号准确地传输到各个部件。在设计过程中,必须考虑到线路的负载能力、耐热性、耐腐蚀性以及抗干扰能力等多个方面<sup>[1]</sup>。为了确保线路在各种恶劣环境下都能正常工作,设计师们需要精心选择线路材料、合理规划线路布局,并设置多重保护措施。

#### 1.1 熔断器设计

熔断器是电器线路中的重要保护元件,它能够在电流过大时迅速熔断,从而保护线路和电器设备不受损坏。因此,熔断器的选型和设计是电器线路可靠性设计的关键环节。

##### 1.1.1 熔断器选型计算

在进行熔断器选型计算时,需要综合考虑负载电流、负载特性、环境温度等多个因素。以下是熔断器选型计算的详细步骤和考虑因素:

##### (1) 确定负载电流:

对于阻性负载,负载电流可以通过功率除以电压来计算( $I_{\text{负载}} = P/U$ )。

对于感性负载,需要考虑到堵转电流或峰值电流,因此负载电流应取功率除以电压与堵转电流除以1.35的较大值。

##### (2) 选择熔断器类型:

根据负载特性和工作环境选择合适的熔断器类型,如快熔熔断器、慢熔熔断器等。

##### (3) 计算保险容量:

使用公式 $I_{\text{保险}} = I_{\text{负载}} / (K_{\text{保险}} \times K_{\text{温度}}) \times K$ 来计算保险容量。

$I_{\text{保险}}$ 是保险容量,根据计算结果选择最接近且大于 $I_{\text{保险}}$ 的保险值。

$K_{\text{负载}}$ 是负载特性系数,根据熔断器类型和在线路中的位置来确定。

$K_{\text{温度}}$ 是温度系数,根据环境温度和熔断器材料来选择。

##### (4) 考虑环境温度:

环境温度对熔断器的工作性能有重要影响。在高温环境下,熔断器的载流能力会降低,因此需要选择具有较高温度系数的熔断器。

参考提供的温度系数表一,根据实际环境温度对熔断器的保险容量进行适当调整。

表一 温度系数表

环境温度	锌合金	锡铜合金	铜合金
-40℃	109.8%	109.1%	104.9%
-20℃	106.8%	106.3%	103.4%
0℃	103.8%	103.5%	101.9%
10℃	102.3%	102.1%	101.1%
25℃	100.0%	100.0%	100.0%
40℃	97.8%	97.9%	98.9%
50℃	96.3%	96.5%	98.1%
60℃	94.8%	95.1%	97.4%
70℃	93.3%	93.7%	96.6%
80℃	91.8%	92.3%	95.9%
90℃	90.3%	90.9%	95.1%
100℃	88.8%	89.5%	94.4%
120℃	85.8%	86.7%	92.9%

##### (5) 安全裕量考虑:

为了确保熔断器在恶劣环境下也能可靠工作,选型时应留有一定的安全裕量。这通常意味着选择稍大于计算所得保险容量的熔断器规格。

##### (6) 验证与测试:

在完成熔断器选型后，应进行实际的测试和验证，以确保所选熔断器能够在预定的工作条件下正常工作并满足保护要求。

### 1.2 电器线路连接设计

电器线路的连接设计是确保电气系统稳定性和安全性的关键环节。合理的插接件和插接器选择，以及它们之间的可靠连接，都是设计过程中需要考虑的重要因素。

#### 1.2.1 插接件与插接器的选择

在选择插接件时，应根据线束中每根电线的负载情况来确定。重要的是要选择符合实际工作电流的插接件，以确保在电流通过时不会产生过热或损坏。此外，插接件的选择还应保证相互连接的插接件之间有足够的接触面积和可靠的连接强度，这样可以减少接触不良或断路的风险。插接件的表面镀层也是一个重要的考虑因素。至少应为锌或锡的镀层，以提供良好的导电性和防腐蚀保护<sup>[2]</sup>。

#### 1.2.2 工作环境适应性设计

根据线束布置的位置和工作环境，需要合理选择插接器。例如，在高温、大电流环境下工作的插接器材料应具有良好的耐高温性和阻燃性。这样可以确保插接器在恶劣的工作环境下仍能正常工作，而不会因高温而损坏或引发火灾。对于工作在车辆湿区环境下的插接器，应选择具有防水性能的型号。这可以防止水分渗入插接器内部，从而避免短路或腐蚀等问题的发生。同时，为了进一步增强防水效果，还可以匹配合适的防水堵和盲堵。

#### 1.3 电器线路布置设计

电器线路总布置需采用模块化布置策略，总体分为驾驶室和底盘两部分，每部分分成多个子线束总成，分装于车辆各总成，如：发动机、变速器、仪表台、空调箱体等。总体布置要求线束穿过车架、钣金、支架孔位时，需增加穿线保护套，穿线保护套设计应避免车辆运动时脱落。具体布置要求如下表二：

表二 电器线路布置表

序号	驾驶室布置要求
1	仪表台内部布置时，应避免对可能线束表面造成伤害的零部件，在通过尖角和较锐利表面的零部件时，零部件表面应包裹的防护垫或增加橡胶防护条，避免对线束表面造成伤害
2	可调方向盘在方向盘活动端和转向柱安装支架端(固定端)都应有线束固定点，需留足线束的长度余量，同时需保证在方向盘调节时线束不会与周围金属件摩擦。
3	车门线束门本身是个运动机构，需保证不在运动的过程中产生干涉和摩擦:橡胶件是暴露在室外边的，会有雨水等落在橡胶件上，需保证门的过孔低于车身的过孔;门上的运动机构较多，如门玻璃的升降，要避免在升降的过程和线束产生干涉。
4	线束尽量沿内外饰钣金件等固定件进行走向布置，避开运动部件，动态与运动部件的距离 > 25mm(如:雨刮线束与雨刮连杆)。
序号	底盘布置要求
1	线束应绕开可能对线束表面造成伤害的零部件，如车架、支架、筋板、零部件棱边或粗糙表面，并保证线束与间距 10mm，或采用橡胶等耐磨材料进行防护。
2	应避免高温零部件(如:发动机排气管、空压机、增压器、变速器壳体、排气管，与温度 200℃的高温部件之间设置隔热板，保证线束距离隔热板 > 50mm。
3	线束应避免旋转部件(如:皮带轮、传动轴、轮胎、发电机外置风扇叶、取力器法兰等)和发生相对旋转部件的距离 > 50mm。
4	底盘线束布置时，应对电线束、燃油管路、排气管路走向进行总体布置，尽可能不要将电线束、燃油管路、高温排气管路布置在车架(或发动机)同一侧，禁止电线束和各种油管(燃油、液压油)共用固定点或相缠绕交叉或接触。
5	为避免发动机搭装时挤压线束，线束应尽可能从发动机悬置下方通过，同时动力悬置支架底面不应有尖锐的突起，并在前后设计紧固带固定槽或增加带限位的线束支架。
6	蓄电池箱内的主电源电缆应用卡箍固定，尽量不要固定在蓄电池箱底板上，必须布置时需保证线束和底板有一个间隙(10mm)，并在蓄电池箱底板上增加漏液孔，以防止蓄电池漏液腐蚀线束。

### 2 电器装置可靠性设计

随着整车技术的不断进步，智能化和电子化已成为发展趋势，这极大地提升了整车的电气化水平。众多高质量、高性能的电器产品被广泛应用于整车上。然而，这些电器装置多为外购件<sup>[3]</sup>，为了实现这一目标，必须采取全面的采购策略和管理手段。技术、工艺、质量和采购部门需紧密合作，通过深入协商和严格检验来确定最适合的电器设备，从而消除潜在的质量风险。对于某些关键且易损坏的电器件，应结合具体性能参数要求，考

虑采用进口产品以确保更高的可靠性。以下是针对电器装置可靠性设计的具体细化措施：

2.1 针对功率较大、短时制工作的电气装置（如发动机预热装置、雨刮电机、暖风电机、起动机、点烟器等）的保护电路设计

#### 2.1.1 过热保护：

在这些大功率设备中安装温度传感器，实时监测设备的工作温度。一旦温度超过预设的安全阈值，保护装置会自动切断电源，防止设备过热引发火灾。同时，设

备应设计有散热系统,如散热风扇或散热片等,以确保即使在高负荷工作时也能有效散热。

#### 2.1.2 启动保护:

对于起动机等需要频繁启动的设备,应设计软启动电路,以减少启动时的电流冲击,延长设备使用寿命。同时,启动保护电路还可以防止因启动电流过大而引发的电网电压波动。

#### 2.1.3 堵转保护:

当电机遇到阻碍无法正常转动时,电流会急剧上升,可能导致电机烧毁。因此,应设计堵转保护电路,当检测到电机堵转时立即切断电源,保护电机不受损坏。

### 2.2 电气装置内部线路或导电零件的固定与防干涉设计

内部线路和导电零件应通过可靠的固定方式(如使用线夹、绝缘胶带等)进行固定,防止在车辆行驶过程中因振动而松动或移位。在设计阶段就应考虑零部件之间的空间布局,避免线路或零件之间发生干涉。必要时,可在关键部位增加绝缘保护套,防止因摩擦导致的短路。

### 2.3 电器装置与高温部件、油管接口、燃气管路接口、燃气排气口的隔离设计

在布局设计时,应确保电器装置与其连接器远离上述高温和易燃部件。如果空间布局无法避免,则必须采取有效的隔热和防护措施,如使用隔热材料将电器装置与高温部件隔离。对于可能存在燃气泄漏的区域,应使用防爆电器设备,并确保连接器的防爆等级符合要求。同时,应定期检查和维修这些设备,确保其处于良好的工作状态。

#### 2.4 电气装置的安全性设计

外部防护壳体应采用坚固耐用的材料制成,并设计有可靠的紧固装置,防止因振动或外力作用而变形或脱落。内部线路和元件的布局应合理且固定可靠,避免在振动或冲击下发生移位或短路<sup>[4]</sup>。同时,应设计多重安全防护措施(如电源反接保护、过载保护等),以确保即使某个零部件失效,也不会引发整个线束短路或设备起火等严重后果。

### 3 商用车电器系统可靠性设计的综合性策略

#### 3.1 明确可靠性要求

商用车电器系统的可靠性是最重要的设计目标。设计时应根据不同的车型和使用环境来确定具体的可靠性要求。例如,对于经常在恶劣环境下工作的商用车,其电器系统的可靠性要求应更高。

#### 3.2 合理分类电气系统

将商用车电器系统按照功能和负载进行合理分类,有助于更好地进行管理和维护,同时也有助于提高系统的可靠性。

#### 3.3 采用先进技术

应尽可能采用先进的电子技术来提升电器系统的可靠性。例如,可以引入故障自诊断系统,以便及时发现并处理潜在的问题;使用集成电路和电子控制器来减少物理连接点,从而降低故障率。

#### 3.4 注重安全性考虑

在商用车电器系统的设计中,安全性是至关重要的。应充分考虑电路保护、短路保护、过压保护和防火措施等安全因素。例如,可以设置多重保护装置,以确保在发生异常情况时能够及时切断电源,防止事故扩大。

#### 结语

在商用车电器系统的设计中,设计人员往往专注于各自负责的系统部分,展现出高度的专业性。然而,对整车电器系统设计流程的全面理解,能够使我们从更加系统和整体的视角进行考量,从而有效控制设计周期,确保满足整车的综合设计要求。我们的目标是找到并遵循一个合理的设计流程,同时,不断完善设计细节,规范化、系统化、标准化各个设计阶段的数据输出和质量控制流程。最终,将致力于推动设计走向成熟,以满足不断提高的市场需求和用户体验。

#### 参考文献

- [1]林哲.商用车电器检测系统的开发及应用[J].汽车实用技术,2023,48(07):71-75.
- [2]李勇.某重型商用车系统及关键零部件可靠性分析[D].合肥工业大学,2018.
- [3]宋华.全分布式设计在汽车电器系统结构中的应用[J].科学技术创新,2019,(06):159-160.
- [4]范明果,梁昌水,蔡君辉,等.商用车电器系统常见故障分析[J].内燃机与配件,2023,(15):76-78.