

团 体 标 准

T/××× ××××—××××

汽车用铝电线束技术条件

Technical Specification of Automobile Aluminum Wire Harness

征求意见稿

2023 - ×× - ××发布

2023 - ×× - ××实施

中国汽车工业协会 发布

目录

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 要求.....	4
5 试验方法.....	13
6 检验规则.....	18
7 标志、包装、储存和保管.....	18
附录 A（规范性附录）铝电线束相对运动区域随机振动测试.....	20
附录 B（规范性附录）铜铝端子压接剖面要求.....	22

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会车用电机电器电子分会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件主要起草单位：河南天海电器有限公司、蔚来汽车科技有限公司、北京理想汽车有限公司、鹤壁天海环球电器有限公司、鹤壁天海电线有限公司。

本文件参与编写专家：郭得岁，王永超，赵平堂，冯伟，李健健，张昊宇，李周义，王亚芳，刘建华，赵彦东，马良，刘虓鹏，王得建，申相发，刘军礼。

本文件主要起草人：郭得岁，王永超，冯伟，赵平堂，李健健，王亚芳，刘建华，王得建，申相发，刘军礼。

本文件为首次发布。

汽车用铝电线束技术条件

1 范围

本文件规定了汽车用铝电线束的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、存储和保管。
本文件适用于标称电压12 V DC到1000 V DC的汽车用铝电线束。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB 7258-2017 机动车运行安全技术条件

GB/T 18384.2-2015 电动汽车 安全要求 第2部分：操作安全和故障防护

GB/T 18384.3-2015 电动汽车 安全要求 第3部分：人员触电防护

GB/T 37133-2018 电动汽车用高压大电流线束和连接器技术要求

QC/T 29106-2014 汽车电线束技术条件

ISO 16750-5 道路车辆-电气和电子设备的环境条件和测试（Road vehicles - Environmental conditions and testing for electrical electronic equipment-Chemical loads）

ISO 19642-4 道路车辆.汽车电缆.第4部分:30 V交流和60 V直流单芯铝导体电缆的尺寸和要求（Road vehicles — Automotive cables —Dimensions and requirements for 30 V a.c. and 60 V d.c. single core Aluminium conductor cables）

ISO 19642-6 道路车辆.汽车电缆.第6部分:交流600 V或直流900 V和交流1000 V或直流1500 V单芯铝导线电缆的尺寸和要求（Road vehicles — Automotive cables —Dimensions and requirements for 600 V a.c. or 900 V d.c. and 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. single core aluminium conductor cables）

ISO 19642-8 道路车辆.汽车电缆.第8部分:30 V交流或60 V直流圆形铠装屏蔽或非屏蔽多芯或单芯铝导线电缆的尺寸和要求（Road vehicles — Automotive cables —Dimensions and requirements for 30 V a.c. or 60 V d.c. round, sheathed, screened or unscreened multi or single core aluminium conductor cables）

ISO 19642-10 道路车辆.汽车电缆.第10部分:600 V交流或900 V直流和1000 V交流或1500V直流圆形、有护套、有屏蔽或无屏蔽的多芯或单芯铝导线电缆的尺寸和要求（Road vehicles — Automotive cables —Dimensions and requirements for 600 V a.c. or 900 V d.c. and 1000 V a.c. or 1500 V d.c. round, sheathed, screened or unscreened multi or single aluminium copper conductor cables）

ISO 20653-2013 道路车辆-防护等级(IP代码)-电器设备对外来物、水和接触的防护（Road vehicles - Degrees of protection (IP-code)-Protection of electrical equipment against foreign objects, water and access）

IEC 60068-2 环境测试（Environmental testing）

IEC 60529-2013 由外壳提供的防护等级(IP代码)（Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)）

IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合（Insulation coordination for equipment

within low-voltage systems)

LV 216-2 机动车辆及其电气用屏蔽高压护套电缆 (shielded high-voltage-sheathed cables for motor vehicles and their electrical drives)

SAE USCAR-2-2020 汽车电器连接器系统的性能标准 (Performance Standard for Automotive Electrical Connection Systems)

SAE USCAR-21-2020 电缆至端子间电气压接的性能规范 (Performance Specification for Cable-to-Terminal Electrical Crimps)

SAE USCAR-25 插件人机工程要求 (Ergonomics Specification for Electrical Connections)

SAE USCAR-37 高压连接器的性能SAE USCAR-2的补充 (High Voltage Connector Performance Supplement to SAE USCAR-2)

SAE USCAR-38 超声波焊接的导线和端子连接的技术要求标准 (Performance Specification for Ultrasonically Welded Wire/Cable Termination)

SAE USCAR-45 线对线焊接连接的性能要求规范 (Performance Specification for Welded Wire-to Wire Splices)

3 术语和定义

3.1 电磁兼容性 EMC

EMC是指电子、电气设备或系统在预期的电磁环境中，不会因为周边的电磁环境而导致性能降低、功能丧失或损坏，也不会周边环境中产生过量的电磁能量，以致影响周边设备的正常工作。

3.2 电气连接 electrical connection

端子/连接器和电线之间持久可靠的连接，例如：压接、焊接等。

3.3 电气绝缘 electrical insulation

高压组件中导体和屏蔽之间/导体与导体之间的电阻。

3.4 端子 terminal

实现电气连接的金属件。

3.5 额定电流 rated current

电气设备在额定电压下，按照额定功率运行时的电流。

3.6 额定电压 rated voltage

电气设备可长期稳定工作的最大电压。

3.7 防护等级 IPXX

由两个数字所组成，第一个标记数字表示电器防尘、防止外物侵入的等级，第二个标记数字表示电器防湿气、防水侵入的密闭程度，数字越大表示其防护等级越高。

3.8 防护等级 IPXXB

防触指防护等级。防止手指侵入内部，使用直径12mm，长80mm的试验手指接近设备，能与设备内危险部件保持足够距离。

3.9 防护等级 IPXXD

探针进入探测等级。防止金属线侵入设备。使用直径1mm，长100mm的试具接近设备，能与设备内危险部件保持足够距离。

3.10 发烟 smoke

当电流在特定时间超过特定水平，导线出现的不合理现象。

3.11 高压互锁 high voltage interlocking (HVIL)

高压互锁回路,用低压信号监视高压回路完整性的一种安全设计方法。

3.12 铝导线 aluminum conductor cable

由铝/铝合金为导体材料的导线，根据应用分为低压铝导线和高压铝导线。

3.13 铝电线束 aluminum wire harness

由端子/连接器、铝导线通过压接或焊接，连接组成的总成件，如图1所示。

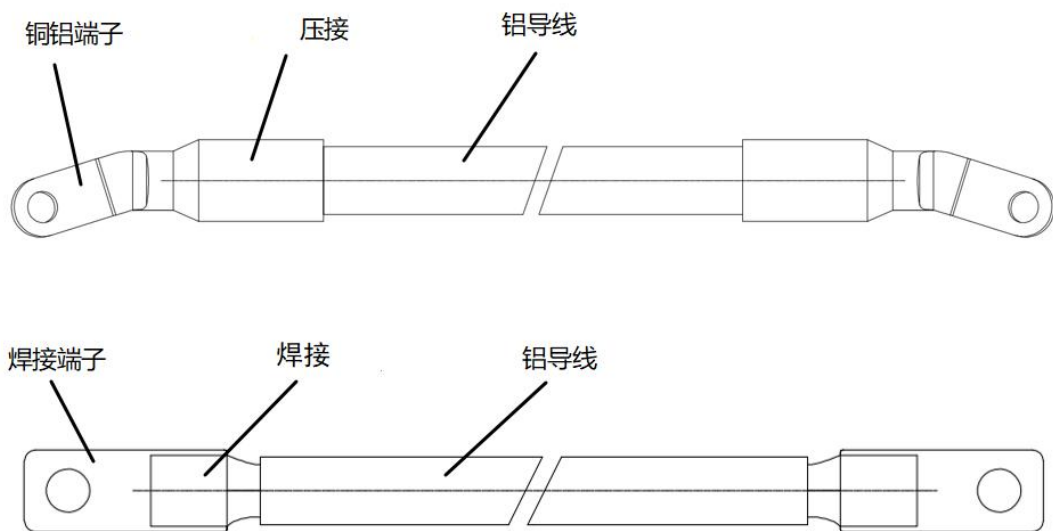


图1 铝电线束示意图

3.14 连接器 connector

实现电气连接的组合件，包含端子、护套等。

3.15 耐压测试 Hi-POT

高压潜在故障试验。

3.16 屏蔽 shield

为降低交变电场对敏感电路的耦合干扰电压,在干扰源和敏感电路之间设置导电性好的金属屏蔽体。

3.17 铜铝端子 Cu-Al terminal

与整车配合部分为铜/铜合金,与导线配合为铝/铝合金,通过有效连接形成的导电体。

4 要求

4.1 一般要求

4.1.1 铝电线束应符合本文件的要求,并符合技术文件制造要求。

4.1.2 铝导线应符合下列要求:

a) 高压铝导线符合LV216-2/ISO 19642-6/ISO 19642-9的标准,低压铝导线符合ISO 19642-4/ISO 19642-8;

b) 高压铝导线与连接器的连接需经过匹配验证;

c) 导线的截面积需根据额定电流和环境温度及允许温升确定;

d) 导线的载流能力,需满足额定和极限工况要求;

e) 除非铝导线供应商指定更小的弯曲半径,否则最小弯曲半径应满足以下:6D---静态,12D---动态;

f) 环境温度要小于铝导线的长期允许工作温度,电流过载时,铝导线不能发烟燃烧;

g) 导线绝缘材料需满足导线敷设的要求;

h) 为了补偿铝导体的电阻,推荐铝导线的规格是铜导线规格的1.4~1.6倍;

i) 避免在连接器处弯曲导线,以防止连接器密封失效。

4.1.3 连接器要求

4.1.3.1 连接器的选用

确定使用位置→确定连接器芯数→确定额定电流/电压/峰值电流→是否需要HVIL→屏蔽或非屏蔽→防护等级→出线方式→外形尺寸→完成选型

4.1.3.2 HVIL (如适用)

HVIL电路是低压电,相对于功率电路,是独立的;功率和信号端子应满足:

—连接时,功率端子先接通,信号端子后接通;

—断开时,信号端子先断开,功率端子后断开。

4.1.3.3 屏蔽

根据在整车的使用位置,合理选择屏蔽或非屏蔽连接器。

4.1.3.4 防护等级

高压连接器未装配满足IPXXB,装配后满足满足IP6K9K,IPXXD。

4.1.3.5 出线方式

连接器出线方式常见的有90°及180°出线。

4.1.3.6 人机工程学

连接器的装配必须具备可操作性,满足人机工程学要求,参见SAE/USCAR 25。

4.1.3.7 性能要求

连接系统必须满足下表1、2、3中所列相应等级的所有性能测试要求,组件必须根据其预期的车辆应用环境合理选择。振动等级的定义参见USCAR-2。

表 1 温度等级

等级	温度范围	典型应用
T1	-40 °C ~ + 85 °C	T1 不建议用于新应用
T2	-40 °C ~ + 100 °C	特别适用于乘客舱
T3	-40 °C ~ + 125 °C	特别适用于发动机舱
T4	-40 °C ~ + 150 °C	用于一些接近高温的发动机上的应用
T5	-40 °C ~ + 175 °C	根据需要使用

表 2 密封等级

密封等级	常用名	适用于
S1	未密封的	S1 适用于乘客舱或车上其它干燥区域，如后备箱
S2	密封的	S2(满足 USCAR-2 5.9.7 的要求)用于暴露部位
S3	密封 (高压喷射)	S3 用于暴露位置。S3 符合 USCAR-2 5.9.7 加上 5.6.7; 当需要高压直接喷射时，它是适用的

表 3 振动等级

振动等级	常用于	适用于	其他要求
V1	底盘周边	安装在不与发动机相连的弹性部件	无
V2	发动机周边	与发动机连接的部件不可能有严重的振动	通过 V2 => 也通过了 V1
V3	在发动机上的严重振动	容易发生严重振动的部件	通过 V3 => 也通过了 V1 和 V2
V4	极端振动	在需要时用于与极端振动区域相关联	通过 V4 => 也通过了 V1 和 V2 和 V3
V5	未装弹簧的组件	旋转安装组件	无

4.1.3.8 连接器安装环境应满足下列要求：

- a) 连接器的装配和拆卸需有一定的操作空间；
- b) 连接器的安装位置需避开有水溅到或易遭受石击的部位；
- c) 连接器跨接相对运动区域时，需要在相对运动的部件上固定线束，避免连接器受力。

4.1.3.9 连接器尺寸满足下列要求：

- a) 后盖尺寸：极限导线线径情况下，连接器后盖能顺利装配；
- b) 密封圈尺寸：极限导线线径情况下，密封圈能顺利装配，并保证密封性；
- c) 内屏蔽环尺寸：极限导线线径情况下，内屏蔽环能够顺利装配；
- d) 外屏蔽环尺寸：极限导线线径和屏蔽层线径情况下，外屏蔽环能够顺利装配。

4.1.4 运动区域和非运动区域铝电线束满足下列要求：

- a) 根据运动件的运动包络，线束应预留一定余量，以满足相对运动需求；
- b) 运动区域与非运动过渡区域，应考虑固定点连接强度，以避免固定点失效。

4.1.5 附属物要求

4.1.5.1 卡扣满足下列要求：

a) 10平方及以下线束，线束轻，柔软度好，可根据需求选择常规六角孔，圆孔，长圆孔，螺柱型，偏置型卡扣等；

b) 10平方以上的铝电线束，线束重，柔软性差，线束布置存在应力大，这种情况下需要谨慎选择卡扣。在平直区域可以选择卡扣，存在弯曲，吊装，相对运动的情况，不建议使用卡扣。

4.1.5.2 线槽

线槽推荐用在以下情况：

a) 无法提供单独的夹持或其他保持方法以充分控制线束；

b) 线束要求特殊走向；

c) 需要保持与危险区域的间隙。

4.1.5.3 金属支架

金属支架优先考虑使用在以下位置：

a) 车辆底盘位置；

b) 线束弯曲，急剧转弯的位置；

c) 振动，吊装等环境。

金属支架重点考虑机械性能和耐腐蚀性能，为保证可靠性，金属支架需要进行FEA分析。

4.1.5.4 编织管满足下列要求：

a) 编织管内径尺寸和导线外径相近；

b) 编织管温度等级要不低于电线的温度等级。

4.1.5.5 波纹管

波纹管直径为导线外径的 1.1倍，多股导线时，导线外径为外公切圆直径。

4.1.5.6 橡胶件

橡胶件常用于穿越干区和湿区的环境，穿越干湿区时与导线配合需满足IP67或客户要求。

4.1.5.7 特殊包覆物

特殊包覆物包括异型波纹管，热反射管，热反射胶带，耐冲击编织管，金属管，玻纤管，玻纤胶带，铜箔胶带，铝箔胶带热反射管，玻纤胶带，玻纤管，耐冲击编织管，金属管，铜箔胶带，铝箔胶带，金属屏蔽网等，根据具体需求进行选用。

4.1.5.8 高压和低压线束附属物的区别

高压和低压线束附属物的区别主要在于以下几点：

a) 颜色：高压铝导线附属物要求以橙色为主，低压铝导线附属物要求以黑色为主；

b) 阻燃：高压铝导线附属物阻燃一般要求V0等级，而低压附属物的阻燃等级一般会低于这个要求；

c) 热缩管作用：低压铝导线热缩管主要作用是密封，而高压铝导线的热缩管主要是保证电气间隙和爬电距离。

4.2 外观

4.2.1 铝电线束及零部件的安装、分支点位置及分支方向，应符合图纸及相关技术文件要求。

4.2.2 铝电线束外观不应有损伤、变形等缺陷。

4.2.3 铝电线束端子，密封圈等安装到位。

4.2.4 铝电线束如使用热缩管，热缩管不应影响端子安装。

4.3 铝电线束尺寸

4.3.1 布线应满足下列要求：

- a) 高压铝电线束应避免通过乘客舱布线，如需，高压铝电线束应从底盘下布线；
- b) 高压电线束应避免和低压电线束一同走线，高压和低压线束平行布线相距100 mm；
- c) 相关联的高压铝电线束正负极导线之间的距离需保持20 mm（按屏蔽层外缘距离测量）；
- d) 固定点之间，最小间距不得小于50 mm，以满足装配过程中的工具使用；
- e) 固定点之间，最大间距不得大于300 mm，以避免中间分支过长与周边件干涉；
- f) 接插件与固定点之间，线束第一个固定点距接插件尾部100 mm-150 mm较佳；
- g) 卡扣捆绑多根电线时应避免发生滑动和旋转；
- h) 铝电线束同油管相隔至少100 mm；
- i) 铝电线束同静止部件间隙至少10 mm；
- j) 铝电线束同运动部件间隙至少25 mm；
- k) 铝电线束尽量避免碰撞后变形较大区域，以防止车辆碰撞后对导线本身以及人体造成的伤害。

4.3.2 铝电线束尺寸偏差

如无其它特殊要求，铝电线束尺寸偏差应满足表4要求。

表 4 铝电线束尺寸偏差

公称尺寸	公差	
	固定点到固定点	其它尺寸
≤200 mm	±5	±10
201 mm---1000 mm	±10	±15
1001 mm---2000 mm	±15	±20
2001 mm≥	NA	±25
REF	±25	

4.4 压接连接

4.4.1 端子压接

铜铝端子与铝导线的连接推荐以下压接方式。

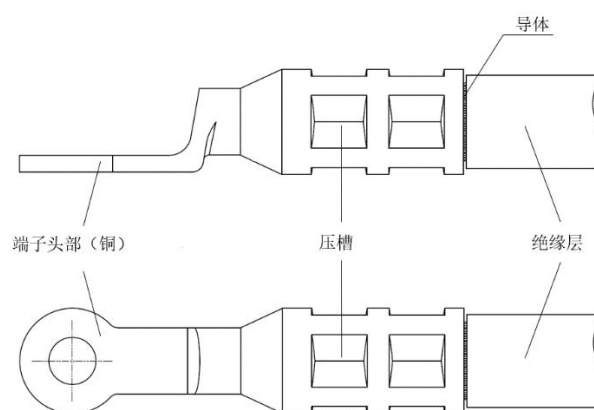


图 2 铜铝端子与铝导线压接示意图

4.4.1.1 导体压接

- a) 压槽内不允许漏出铝丝；
- b) 在图样及技术文件无规定时导体压接区横断面应符合附录B的要求。

4.4.1.2 绝缘层压接

铜铝端子.管状端子,绝缘层不压接。

4.4.1.3 连接强度

铜铝端子与电线的连接应牢固,其最小拉力值应符合表5的规定。

表5 端子最小拉力值

铝导线截面积 mm ²	拉脱力值 N
25	≥1500
60	≥2800
70	≥3200
85	≥3700
120	≥4000

表中未列出标称截面积的导体,拉力应根据两相邻导体标称截面的数值按插值法确定。

4.4.1.4 电压降

采用压接方法时,导体压接区的电压降不应大于表6的规定

表6 导体压接区的电压降

铝导线截面积 mm ²	最大电阻 mΩ	电阻最大变化 mΩ
≥20 and <30	0.08	0.05
≥30 and <40	0.06	0.04
≥40 and <50	0.05	0.03
≥50 and <60	0.04	0.02
≥60 and ≤120	0.03	0.02

4.4.1.5 温升

系统正常工作时,系统各点温升不应大于50K。

4.4.2 屏蔽环压接

屏蔽环与屏蔽层的连接推荐以下压接方式。

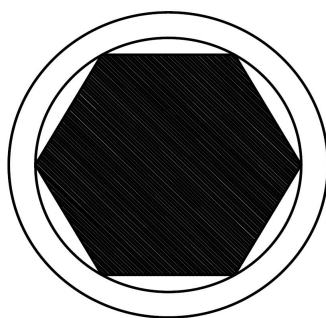


图3 屏蔽环压接示意图

4.4.2.1 压接

- a) 屏蔽环压接高度，压接宽度应满足装配需求，不得影响装配；
- b) 屏蔽环压接需保证屏蔽层均匀分布在屏蔽环周围。

4.4.2.2 连接强度

屏蔽环与电线的连接应牢固，其最小拉力值应符合表7的规定。

表 7 屏蔽环拉力值

电线直径 mm	拉脱力值 N
≤5	≥50
>5 ≤8	≥150
>8 ≤13	≥300
>13	≥450

4.4.2.3 电压降

屏蔽环压接区的电压降 < 3 mΩ。

4.5 焊接连接

4.5.1 超声波焊接

端子与铝导线连接还可以采用如下图所示超声波焊接的方法。

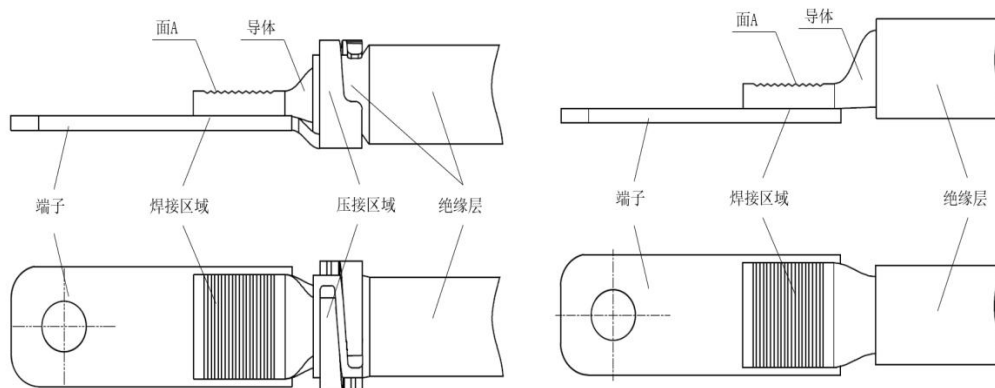


图 4 端子与铝导线超声波焊接示意图（左图：带绝缘压接；右图：不带绝缘压接）

4.5.1.1 外观

超声波焊接外观应满足USCAR38要求。

4.5.1.2 连接强度

端子与铝线的连接应牢固，其最小拉力值应符合表8的规定。

表 8 最小拉力值

铝导线截面积 mm ²	拉脱力值 N
25	850
60	1800
70	1880

85	2000
120	2200

4.5.1.3 电压降

采用焊接方法时，导体焊接区的电压降不应大于表9的规定

表 9 导体焊接区的电压降

铝导线截面积 mm ²	试验电流 A	电压降或电阻 mΩ
≥20 and <30	100	0.08
≥30 and <40	100	0.06
≥40 and <50	100	0.05
≥50 and <60	100	0.04
≥60 and ≤120	100	0.03

4.5.1.4 撕拉力

超声波焊接应具有抗撕拉的能力，其最小撕拉力应符合表10的规定。

表 10 最小撕拉力

铝导线截面积 mm ²	撕拉力值 N
25	≥170
60	≥360
70	≥376
85	≥400
120	≥440

4.5.1.5 温升

系统正常工作时，系统各点温升不应大于50K。

4.5.2 摩擦焊接

端子和铝导线的连接也可以采用摩擦焊接的方式，如下图5所示。铝线直接与铜端子摩擦焊接。铝管起到固定及束缚铝线的作用。

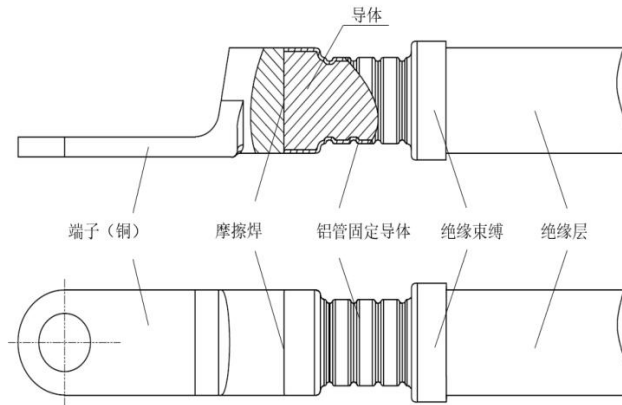


图 5 摩擦焊接示意图

4.5.3 等离子焊接

端子和铝导线的连接也可以采用等离子焊接的方式，如下图6所示。铝线外围带有焊料，然后与端子压接成型。再利用等离子融化焊料填充间隙从而达到连接。

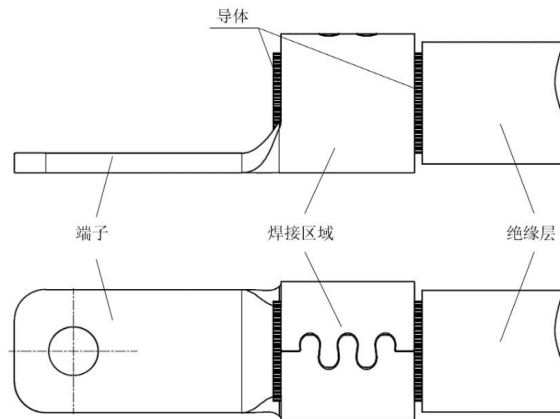


图 6 等离子焊接示意图

4.6 绝缘（高压适用）

电路经过绝缘测试后，高压铝电线束应在正负极导体（即 B+ 到 B-）之间、导体与地之间以及从高压到低压（即 HVIL 电路）之间保持电气隔离，最小绝缘电阻大于100 MΩ。

4.7 耐压（高压适用）

电路经过耐压测试后，高压铝电线束应在正负极导体（即 B+ 到 B-）之间、导体与地之间以及从高压到低压（即 HVIL 电路）之间保持电气隔离，最大泄露电流少于10 uA。

4.8 密封

4.8.1 高压铝电线束

应进行100%气密检测，以确认组件的完整性和密封的有效性。

4.8.2 低压铝电线束

低压铝电线束应进行水密检测，以确认压接/焊接的密封有效性。

4.9 电路

4.9.1 高压铝导线应满足下列要求:

a) 所有电路应无短路、断路、错路现象。

b) 高压铝电线束应在正负极导体(即 B+ 到 B-)之间、导体与地之间以及从高压到低压(即 HVIL 电路)之间保持电气隔离。

4.9.2 低压铝导线

所有电路应无短路、断路、错路现象。

4.10 机械振动

验证铝电线束在振动环境下,部件结构和材料疲劳的耐受性。铝电线束经机械振动试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.11 自由跌落

本试验用以模拟包装/未包装的产品在搬运期间可能受到的跌落,检验产品抗意外冲击的能力。铝电线束经自由跌落试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.12 机械冲击

本试验适用于安装在车身刚性位置和框架上的组件,本测试模拟车辆经过坑洼地面或碰击石头路肩等情况对铝电线束的机械冲击影响。铝电线束经机械冲击试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.13 高低温运行

验证铝电线束在极端的高温/低温条件下,长时间工作后功能是否满足。铝电线束经高低温运行试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.14 湿热循环

模拟车辆运行过程中,铝电线束暴露在高湿度条件下的温度交变环境后可正常工作。铝电线束经高低温运行试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.15 湿热循环(含霜冻)

模拟车辆运行过程中,铝电线束暴露在高湿度条件下的温度交变(含霜冻)环境。铝电线束经湿热循环(含霜冻)试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.16 耐盐雾性能

铝电线束经盐雾性能试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.17 耐化学试剂

铝电线束经化学试剂试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.18 防水

铝电线束经防水试验后,应能满足4.2, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9的规定。

4.19 防尘

铝电线束经防尘试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

4.20 温度冲击

验证铝电线束在经受热暴露环境下，电气连接和外壳的开裂情况。铝电线束经温度冲击试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

4.21 高压水冲洗

验证铝电线束暴漏在高压水环境下，功能是否能够满足要求。铝电线束经高压水冲洗试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

4.22 水飞溅热冲击

验证铝电线束暴露在水中急速降温环境下，功能是否能够满足要求。铝电线束经水飞溅热冲击试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

4.23 水浸没

验证铝电线束在高温运行迅速浸没在水中的情况下，功能是否能够满足要求。铝电线束经水浸没试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

4.24 稳态湿热

验证铝电线束暴漏在湿热环境下，对由湿热导致的失效的耐受程度。铝电线束经稳态湿热试验后，应能满足4.2，4.6，4.7，4.8，4.9的规定。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 如无其它规定，试验样品应在下述条件下稳定24h后进行检测。

- 环境温度：18-28 °C
- 空气相对湿度：45%-75%
- 大气压力：86 KPa-106 Kpa

5.1.2 如无其它规定，公差按照下述执行。

- 频率：± 1%
- 温度：± 2 °C
- 空气湿度：± 5%
- 时间：+ 5%；-0%
- 振动：± 3 dB
- 振动功率谱密度：± 5%
- 电压：± 2%
- 电流：± 1%
- 距离：± 1%

5.2 外观检查

采用目视法检查。

5.3 尺寸检查

- 5.3.1 布线尺寸进行设计校核。
- 5.3.2 铝电线束尺寸用卷尺或者专用检具检查。

5.4 压接试验

- 5.4.1 压接端子连接强度测试方法按USCAR-21执行。
- 5.4.2 压接端子电压降测试方法按USCAR-21执行。
- 5.4.3 压接端子温升测试方法按UL 486E执行。
- 5.4.4 屏蔽环拉脱力测试方法按USCAR-37执行。
- 5.4.5 屏蔽环电压降测试方法按USCAR-21执行。

5.5 焊接试验

- 5.5.1 焊接端子连接强度测试方法按USCAR-38执行。
- 5.5.2 焊接端子电压降测试方法按USCAR-38执行。
- 5.5.3 焊接端子撕拉力测试方法按USCAR-38执行。
- 5.5.4 焊接端子温升测试方法按UL 486E执行。

5.6 绝缘检测（高压适用）

推荐如下测试方法。如果客户有要求，按照客户具体要求执行。

- 施加电压：1000 V DC
- 测试时间：5秒钟
- 最小绝缘电阻：100 MΩ

5.7 耐压检测（高压适用）

推荐如下测试方法。如果客户有要求，按照客户具体要求执行。

- a) 整车额定电压：400 VDC - 450 VDC
 - 施加电压：4300 VDC
 - 测试时间：1秒钟
 - 最大泄露电流：10 uA
- b) 整车额定电压：450 V DC - 1000 V DC
 - 施加电压：6000 V DC
 - 测试时间：1秒钟
 - 最大泄露电流：10 uA

5.8 密封检测

5.8.1 高压铝电线束测试方法

推荐如下测试方法。如果客户有要求，按照客户具体要求执行。

- 测试压力：1.5 PSI
- 充压时间：5秒钟
- 稳压时间：2秒钟
- 测试时间：10秒钟
- 最大泄露量：0.05 PSI/10秒

5.8.2 低压铝电线束测试方法

除非另外规定，水密测试可以按照以下步骤进行：

- 1) 48 kPa的正压
- 2) 15秒钟保压时间
- 3) 没有水泡出现
- 4) 48 kPa的负压
- 5) 15秒钟保压时间
- 6) 没有水泡出现

5.9 电路检测

使用专用回路检测装置进行检测。

5.10 机械振动试验

根据铝电线束的安装位置开展，需与客户达成一致。振动参数可参照IEC60068-2-6的正弦运动和IEC 60068-2-64的随机运动。

当铝电线束布置在如下图7所示在相对运动的区域时，需进行随机振动测试。随机振动测试详见附录A。

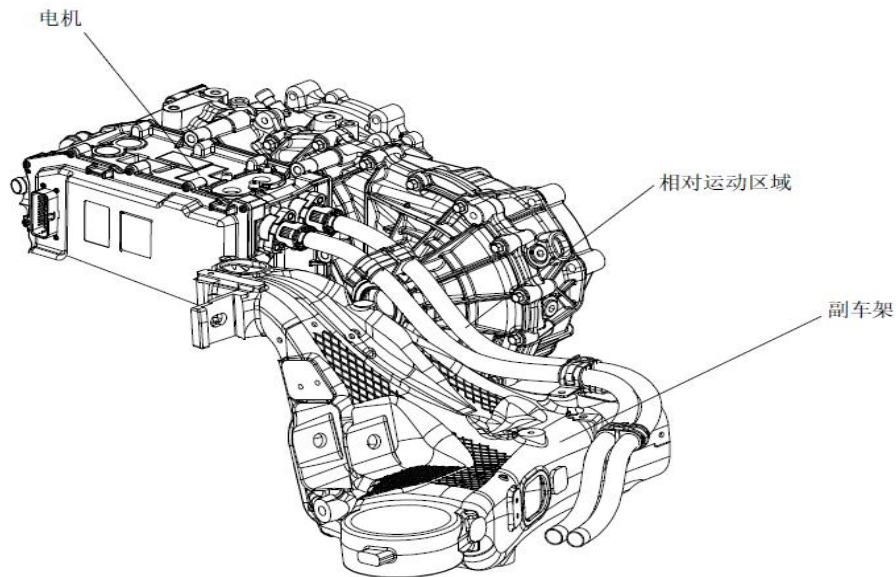


图 7 存在相对运动的区域

5.11 自由跌落试验

试验参数参见下表11，试验方法参见IEC 60068-2-32 7.0.

表 11 自由跌落试验参数

工作模式	未接通电源状态
每个样品跌落次数	2 次
测试次数	±X, ±Y, ±Z 6 个方向, 每个方向各一次
跌落高度	1±0.05 m

表 11 自由跌落试验参数(续)

工作模式	未接通电源状态
跌落表面	混凝土地面或钢板
测试样件数量	6

5.12 机械冲击试验

测试参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-27执行。

5.13 高低温运行试验

试验参数按照客户要求，试验方法低温运行按IEC 60068-2-1 test A执行。

试验参数按照客户要求，试验方法高温运行按IEC 60068-2-2 test B执行。

5.14 湿热循环试验

试验参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-30 试验Db，方案1执行。

5.15 湿热循环（含霜冻）试验

试验参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-38，Test Z/AD执行。

5.16 耐盐雾性能试验

试验参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-11 Test Ka执行。

5.17 耐化学试剂试验

试验方法按ISO 16750-5执行。

5.18 防水试验

试验参数按照客户要求，试验方法按 ISO 20653 执行。

5.19 防尘试验

试验参数按照客户要求，试验方法按 ISO 20653 执行。

5.20 温度冲击

试验参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-14执行。

5.21 高压水冲洗试验

试验参数按照客户要求，试验方法按ISO 20653执行。

5.22 水飞溅热冲击试验

5.22.1 试验设备要求如下：

- a) 喷嘴。喷嘴结构如下图8所示，水流速度：3 L~4 L/喷头/3 s。

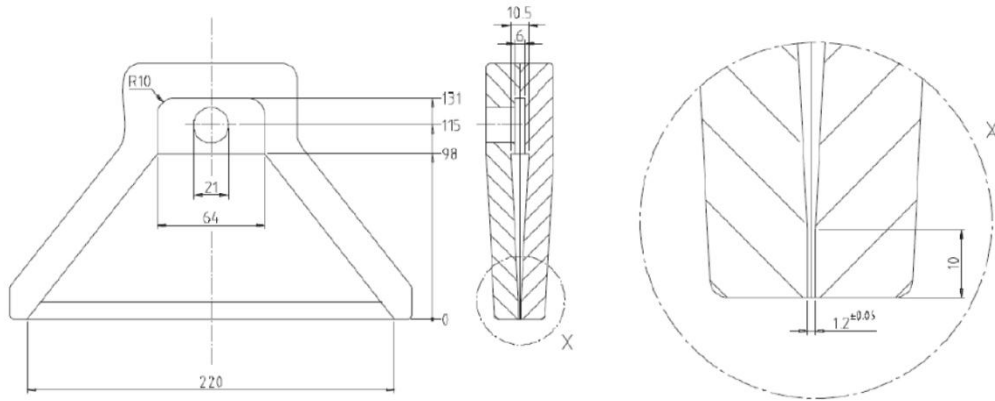


图 8 水飞溅试验-喷嘴

b) 喷射水。温度 0-4 °C，管道水按照 ISO 12103-1 添加 3% 的亚利桑那 A2 灰，必须确保充分混合。

5.22.2 试验样品

样品数量 6，模拟零部件在实车上的安装。

5.22.3 试验过程

将试验样品加热到试验温度。按下图 9 所示对试验样品喷射水。喷射水必须覆盖整个试验样品的宽度。如对较大尺寸的样品进行喷射，则需把多个喷嘴排成一排。水喷射工作模式按下图 10 交替进行。每个循环喷射水持续 3 s，试验循环次数 100。

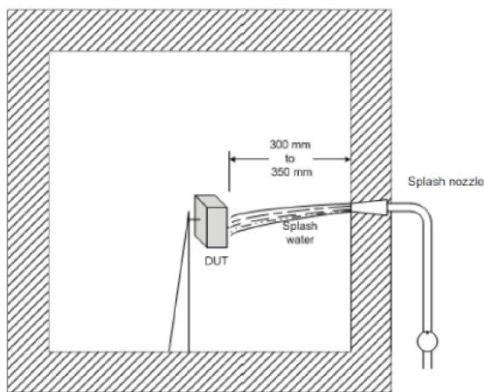


图 9 水飞溅试验布置

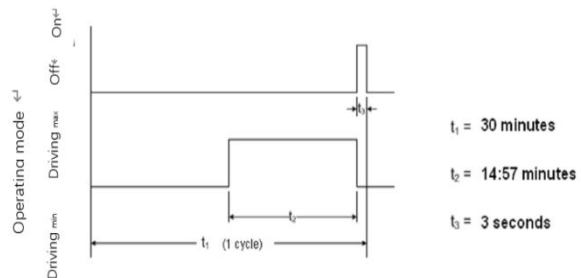


图 10 水飞溅工作模式

5.23 水浸没试验

5.23.1 试验设备

0 °C，5% 的盐水。

5.23.2 试验样品

数量 6 件，运行在最大负载模式。

5.23.3 试验过程

将试验样品加热到最大负载模式的最高温度，直到达到热平衡状态再保温 15 分钟。然后在最多 10 s 内将试验样品浸到试验介质中。试验样品周围必须包含最少 25 mm 的介质。

5.24 稳态湿热试验

试验参数按照客户要求，试验方法按IEC 60068-2-78执行。

6 检验规则

6.1 铝电线束的检验分为出厂检验和型式检验。

6.2 出厂检验项目应该符合表 12 的规定。

表 12 出厂检验项目

序号	测试项目	测试方法	测试结果	高压铝电线束	低压铝电线束
1	外观	5.2	符合图纸要求	×	×
2	电路	5.9	符合图纸要求	×	×
3	尺寸	5.3	符合图纸要求	×	×
4	绝缘	5.6	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	×	
5	耐压	5.7	泄露 $\leq 10 \text{ uA}$	×	
6	气密	5.8	最大泄露量: 0.05 PSI/10 秒	×	

6.3 下列情况之一，应该进行型式检验：

- a) 新产品批量投产前；
- b) 老产品变更生产地点；
- c) 停产一年以上，恢复生产时；
- d) 正式生产后，如结构、工艺、材料有较大改变而可能影响产品性能时；
- e) 客户提出需求时。

7 标志、包装、储存和保管

7.1 标志

7.1.1 线束应包括不会轻易脱落的产品标签。

7.1.2 产品标签信息应包括：

- a) 零件号及版本号；
- b) 生产日期；
- c) 供应商代码；
- d) 供应商生产线班次。

7.1.3 高压铝导线还应有高压警示标签。

7.2 包装

7.2.1 线束包装需要考虑到防潮、防振、防尘要求。

7.2.2 适应运输及装卸的有关要求。

7.2.3 包装前产品的带镀层金属零件无防护的配合部位，必须有临时性的保护措施。

7.2.4 重要的及易损的接插件需要使用珍珠棉、气泡袋等防护材料进行保护。

7.2.5 包装箱应保证牢固，产品在箱内不应窜动，以免运输途中损伤。

7.3 存储和保管

7.3.1 线束产品的储存和保管应符合国家（国标QC/T 238）或者客户的有关规定。线束产品的储存期通常为2年（从产品入库日期计算），在储存期满2年时，产品仍应符合本标准的有关规定。

7.3.2 线束与其接插件的储存环境：储存的仓库应有比较严密的门窗和通风孔道，用以确保防尘、防潮和不被日晒、雨淋的要求，应严格控制仓库内的相对湿度和温度。相对湿度不超过70%，温度在10℃～30℃范围内。

附录 A
(规范性附录)

表 A.1 铝电线束相对运动区域随机振动测试 (第 1 页/共 2 页)

编号	测试项目	测试描述	测试要求	测试通过标准
功能测试				
1	外观检验	检测绝缘层损坏状况；检测铝丝断丝状况		实际记录
2	耐压测试	测试导体与屏蔽层	SAE USCAR37;5.5.2;3500 V DC 3 s	1) 高压铝电线束不应有电介质击穿或闪络;2) 泄露<1 mA.
3	铝线电火花测试	铝线外皮紧邻放置金属棒, 测试屏蔽层与金属棒之间; 导体与金属棒之间	SAE USCAR37;5.5.2;3500 V DC 3 s	1) 高压铝电线束不应有电介质击穿或闪络;2) 泄露<1 mA.
4	绝缘电阻测试	测试导体与屏蔽层之间	SAE USCAR37;5.5.1;1000 V DC 5 s	$\geq 100 \text{ M}\Omega$
5	铝线绝缘电阻测试	铝线外皮紧邻放置金属棒, 测试屏蔽层与金属棒之间; 导体与金属棒之间	SAE USCAR37;5.5.1;1000 V DC 5 s	$\geq 100 \text{ M}\Omega$
6	导体电阻测试	测量导体绝缘体积电阻率	LV216-2	$\leq 0.432 \text{ m}\Omega/\text{m}$
7	屏蔽网电阻测试	测量屏蔽网绝缘体积电阻率	LV216-2	$\leq 2.7 \text{ m}\Omega/\text{m}$

表 A.1 铝电线束相对运动区域随机振动测试（第 2 页/共 2 页）

编号	测试项目	测试描述	测试要求	测试通过标准
机械测试				
8	随机振动试验	模拟 3D 数模，一端固定在振动台之外静止不动，一端固定在振动台上做随机振动	a) 测试样件需要施加 X,Y,Z 三个方向的随机振动，每个方向持续 24 h。振动曲线根据客户要求确定。 b) 测试样件振动过程需要施加电流负载和温度。电流和温度大小及变化规律根据客户要求确定。	试验样品在振动前后，分别进行功能测试

附录 B
(规范性附录)
铜铝端子压接剖面要求



图 B.1 实际端子剖面

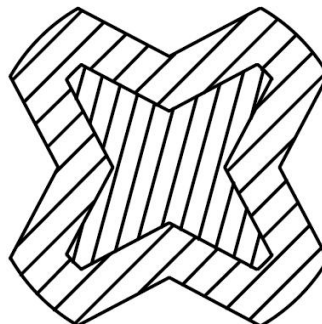


图 B.2 理论模拟的端子与铝线压接剖面

如图 B.1 和 B.2 所示，铜铝端子压接剖面要求如下：

- a) 端子和铝丝之间不存在间隙；
- b) 铝丝之间不存在间隙；
- c) 压槽近似对称。