



中华人民共和国国家标准

GB/T 28046.2—2019
代替 GB/T 28046.2—2011

道路车辆 电气及电子设备的环境 条件和试验 第2部分:电气负荷

Road vehicles—Environmental conditions and testing
for electrical and electronic equipment—Part 2:Electrical loads

(ISO 16750-2:2012,MOD)

2019-10-18 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 28046《道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验》包括以下 5 个部分：

- 第 1 部分：一般规定；
- 第 2 部分：电气负荷；
- 第 3 部分：机械负荷；
- 第 4 部分：气候负荷；
- 第 5 部分：化学负荷。

本部分为 GB/T 28046 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 28046.2—2011《道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 2 部分：电气负荷》，与 GB/T 28046.2—2011 相比，主要技术变化如下：

- 直流供电电压范围增加了 18 V~32 V 一档(见表 2)；
- 提高了 12 V 系统室温下过电压试验的符合性判据要求(见 4.3.1.2.3)；
- 增加了“所有电压曲线为空载”；增加了“试验线束宜采用实车线束，也可由供需双方协商确定”(见 4.1)；
- 增加了“严酷度 4”，原“50 Hz~20 kHz”改为“50 Hz~25 kHz”，更新了图 3(见 4.4.2)；
- 增加了“或以不大于 25 mV 的步长”(见 4.5.2)；
- 删除了“在表 1 或表 2 的供电电压范围内，功能状态应达到 A 级”(见 2011 年版的 4.5.3)；
- 增加了抛负载有关内容(增加了图 8、图 9、增加了表 5、表 6，原表 5 顺延为表 7)(见 4.6.4)；
- 功能等级要求由 C 级提高到 A 级(见 4.7.3)；
- 删除了切断接地的规定(出于安全考虑)(见 2011 年版的 4.10.2.1)；
- 修改了图 6 和图 7，并增加了对图中物理量的说明；
- 修改了表 3 和表 4 中的有关参数；
- 增加了附录 A(资料性附录)车辆电气系统抛负载的形成原因、附录 B(规范性附录)抛负载试验脉冲发生器验证。原附录 A 调整为附录 C。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 16750-2:2012《道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 2 部分：电气负荷》。

本部分与 ISO 16750-2:2012 相比，在结构上调整如下：

- 调整了附录 A 和附录 B 编号，以满足标准编写要求；
- 将 B.3 下的悬置段调整为 B.3.1，原 B.3.1 改为 B.3.2。

本部分与 ISO 16750-2:2012 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 28046.1 代替 ISO 16750-1；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 28046.4—2011 代替 ISO 16750-4:2006；
 - 用 GB/T 31465(所有部分)代替 ISO 8820(所有部分)，两项标准各部分之间的一致性程度如下：
 - GB/T 31465.1—2015 道路车辆 熔断器 第 1 部分：定义和通用试验要求(ISO 8820-1:2008,MOD)；

- GB/T 31465.2—2015 道路车辆 熔断器 第2部分:用户指南(ISO 8820-2:2005, MOD);
- GB/T 31465.3—2015 道路车辆 熔断器 第3部分:片式熔断器(ISO 8820-3:2010, MOD);
- GB/T 31465.4—2015 道路车辆 熔断器 第4部分:插座式和螺栓式熔断器(ISO 8820-4:2010, MOD);
- GB/T 31465.5—2015 道路车辆 熔断器 第5部分:板型熔断器(ISO 8820-5:2007, MOD);
- GB/T 31465.6—2017 道路车辆 熔断器 第6部分:螺栓式高压熔断器(ISO 8820-8:2012, MOD);
- GB/T 31465.7—2017 道路车辆 熔断器 第7部分:短引脚式熔断器(ISO 8820-9:2014, MOD)。

——表4增加了脚注,既方便使用,也满足标准编写要求(见4.6.3.2)。

——国际标准中对附录A正文未提及,为满足标准编写要求,在4.6.4.1中增加“产生原因参见附录A”。

——因本部分不包括电磁兼容,删除了范围中对电磁兼容的说明和文件(见国际标准第1章和参考文献)。

——删除了国际标准4.5.3中的不合理规定“在表1或表2的供电电压范围内,功能状态应达到A级”。

——为提高操作性,4.1增加了“试验线束宜采用实车线束,也可由供需双方协商确定”。

——4.1增加了注“各试验要求中功能状态等级的定义参见GB/T 28046.1”,避免各条款重复引用GB/T 28046.1。

——将4.6.4.2.2中内阻的计算公式移到4.6.4.2.1中,更符合逻辑。

——参照4.6.4,对4.8.2中的 U_A 增加了说明“(见GB/T 28046.1)”。

——为避免误解,删除了国际标准4.9中的“注:本试验不适用于连接器”,因还有多项试验不适合连接器。

本部分做了下列编辑性修改:

——为方便看图,将图1中的数字直接转化为文字,删除了对数字的说明(见4.4.2);

——增加了附录C(资料性附录),提供了UL 94适用于汽车的有关内容,便于标准的理解和实施;

——对表5、表6的表头进行简化,与其他表的表述风格统一。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本部分起草单位:中国汽车技术研究中心有限公司、北京奥德科汽车电子产品测试有限公司、苏州泰斯特电子科技有限公司、工业和信息化部电子工业标准化研究院、郑州跃博汽车电器有限公司、联合汽车电子有限公司、江苏新通达科技股份有限公司、国家汽车零部件产品质量监督检验中心(芜湖)、上海电器科学研究所(集团)有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、宁波市华测检测技术有限公司、郑州宇通客车股份有限公司、合肥邦立电子股份有限公司、珠海上富电科技股份有限公司。

本部分主要起草人:许秀香、白云飞、赵秀红、孙成明、胡小军、崔强、张勇英、路顺、陈军、胡静丽、刘媛、潘青梅、米进才、卢长军、锁景坤、朴雪光。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 28046.2—2011。

道路车辆 电气及电子设备的环境 条件和试验 第2部分:电气负荷

1 范围

GB/T 28046 的本部分描述了车辆上电气及电子设备的电气环境负荷,并规定了试验及要求。
本部分适用于 M、N、O 类汽车电气电子系统/组件。L 类车辆系统/组件可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 28046.1 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分:一般规定
(GB/T 28046.1—2011,ISO 16750-1:2006,MOD)

GB/T 28046.4—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分:气候负荷
(ISO 16750-4:2006,MOD)

GB/T 31465(所有部分) 道路车辆 熔断器[ISO 8820(所有部分)]

3 术语和定义

GB/T 28046.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 试验和要求

4.1 一般规定

所有电压应在受试装置(DUT)的有效输入端子上进行测试,电压曲线在空载条件下形成。应符合下列允差要求:

- 频率和时间:±5%;
- 电压:±0.2 V;
- 电阻:±10%。

试验线束宜采用实车线束,也可由供需双方协商确定。

注:各试验要求中功能状态等级的定义参见 GB/T 28046.1。

4.2 直流供电电压范围

4.2.1 目的

检验 DUT 在最低和最高供电电压范围内的性能。

4.2.2 试验

按表 1 或表 2 对 DUT 的有效输入端供电,并记录电压值。

表 1 12 V 系统供电电压

代码	最低供电电压, $U_{S\min}$ V	最高供电电压, $U_{S\max}$ V
A	6	16
B	8	16
C	9	16
D	10.5	16

表 2 24 V 系统供电电压

代码	最低供电电压, $U_{S\min}$ V	最高供电电压, $U_{S\max}$ V
E	10	32
F	16	32
G	22	32
H	18	32

4.2.3 要求

按表 1 或表 2 给出的供电电压范围试验时,DUT 的功能状态应符合 A 级。

4.3 过电压

4.3.1 12 V 系统

4.3.1.1 在 $T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下试验

4.3.1.1.1 目的

模拟发电机调节器失效引起的发电机输出电压上升到高于正常电压。

4.3.1.1.2 试验

在温箱中将 DUT 加热到 $T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。向 DUT 有效输入端施加 18 V 电压,持续 60 min。

4.3.1.1.3 要求

功能状态至少应达到 C 级,必要时可要求达到更严酷的 A 级。

4.3.1.2 在室温下试验

4.3.1.2.1 目的

模拟辅助起动时向 DUT 输入的过高电压。

4.3.1.2.2 试验

使 DUT 在室温下处于稳定状态,向 DUT 有效输入端施加 24 V 电压,持续 $(60\pm6)\text{s}$ 。

4.3.1.2.3 要求

功能状态至少应达到 D 级,必要时可要求达到更严酷的 B 级。

4.3.2 24 V 系统

4.3.2.1 目的

模拟发电机调节器失效引起的发电机输出电压上升到高于正常电压。

4.3.2.2 在 $T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下试验

在温箱中将 DUT 加热到 $T_{\max}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。向 DUT 有效输入端施加 36 V 的电压,持续 60 min。

4.3.2.3 要求

功能状态应达到 C 级,必要时可要求达到更严酷的 A 级。

4.4 叠加交流电压

4.4.1 目的

模拟直流供电下出现的纹波电压。

4.4.2 试验

按图 1 所示连接 DUT,对 DUT 的有效输入端按下列规定进行试验。可根据实际需要选择严酷度等级 1、2、3 或 4。试验条件如下:

- 最高供电电压 $U_{S\max}$ (见图 2):16 V(对 12 V 系统);32 V(对 24 V 系统);
- 交流电压(正弦):
 - 严酷度 1: $U_{pp}=1\text{ V}$ (对 12 V 和 24 V 系统);
 - 严酷度 2: $U_{pp}=4\text{ V}$ (对 12 V 和 24 V 系统);
 - 严酷度 3: $U_{pp}=10\text{ V}$ (仅对 24 V 系统);
 - 严酷度 4: $U_{pp}=2\text{ V}$ (仅对 12 V 系统)。
- 电源内阻:50 m Ω ~100 m Ω ;
- 频率范围(见图 3):50 Hz~25 kHz;
- 扫频类型(见图 3):三角形,对数;
- 扫频持续时间(见图 3):120 s;
- 扫频次数:5 次(连续)。

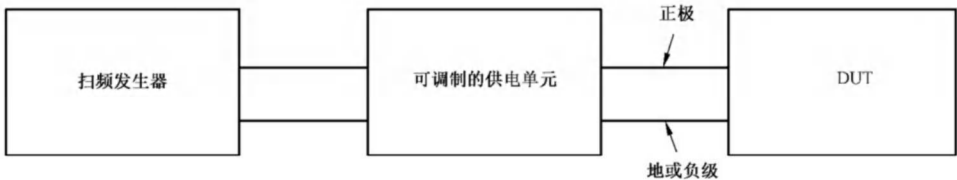
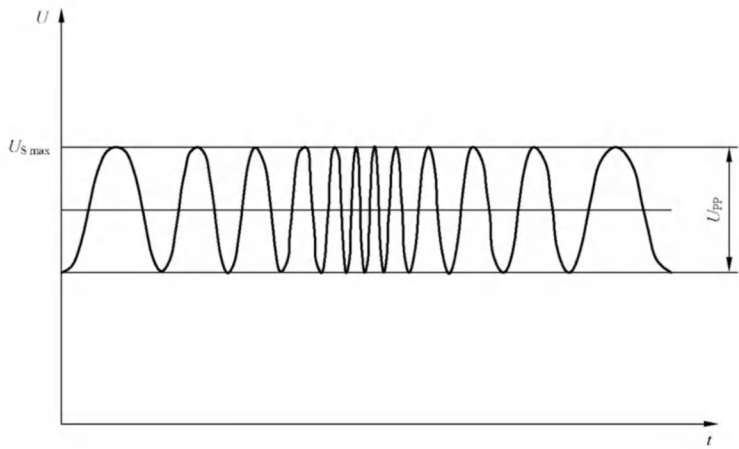
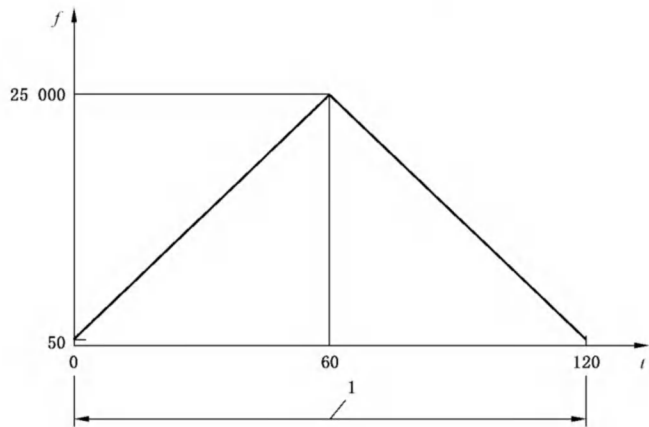


图 1 叠加交流电压试验布置示意图



说明：
 t ——时间，单位为秒(s)；
 U ——施加电压，单位为伏(V)；
 U_{PP} ——峰峰值电压，单位为伏(V)；
 $U_{S max}$ ——最高供电电压，单位为伏(V)。

图 2 叠加的正弦交流电压



说明：
1 ——1 个周期；
 f ——对数频率，单位为赫兹(Hz)(对数刻度)；
 t ——时间，单位为秒(s)。

图 3 扫频曲线

4.4.3 要求

功能状态应达到 A 级。

4.5 供电电压缓降和缓升

4.5.1 目的

模拟蓄电池逐渐放电和充电时的电压变化。

4.5.2 试验

对 DUT 有效输入端同时进行下列试验：以 $(0.5 \pm 0.1) \text{ V/min}$ 的线性变化率或以不大于 25 mV 的步长，将供电电压由 $U_{S \min}$ 降到 0 V，然后从 0 V 升到 $U_{S \min}$ 。

4.5.3 要求

功能状态至少应达到 D 级，必要时可要求达到更严酷的 C 级。

4.6 供电电压瞬态变化

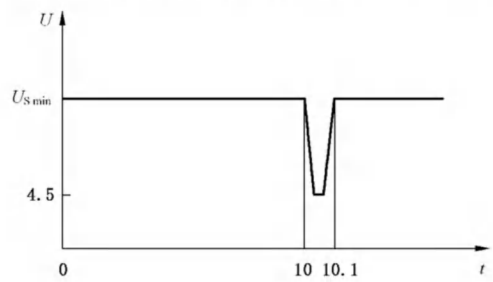
4.6.1 供电电压瞬时下降

4.6.1.1 目的

模拟其他电路内的常规熔断器熔断时引起的电压瞬时下降。

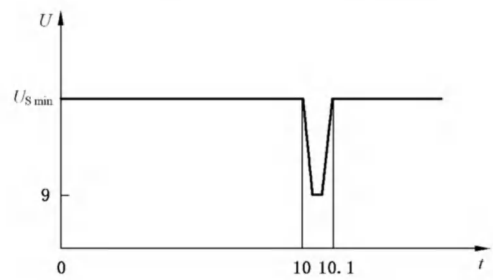
4.6.1.2 试验

将试验脉冲(见图 4 或图 5)同时加到 DUT 的有效输入端。上升和下降时间应不超过 10 ms。



说明：
 U ——电压，单位为伏(V)；
 t ——时间，单位为秒(s)。

图 4 瞬时电压下降(12 V 系统)



说明：
 U ——电压，单位为伏(V)；
 t ——时间，单位为秒(s)。

图 5 瞬时电压下降(24 V 系统)

4.6.1.3 要求

功能状态至少应达到 B 级。是否允许复位可协商确定。

4.6.2 复位特性

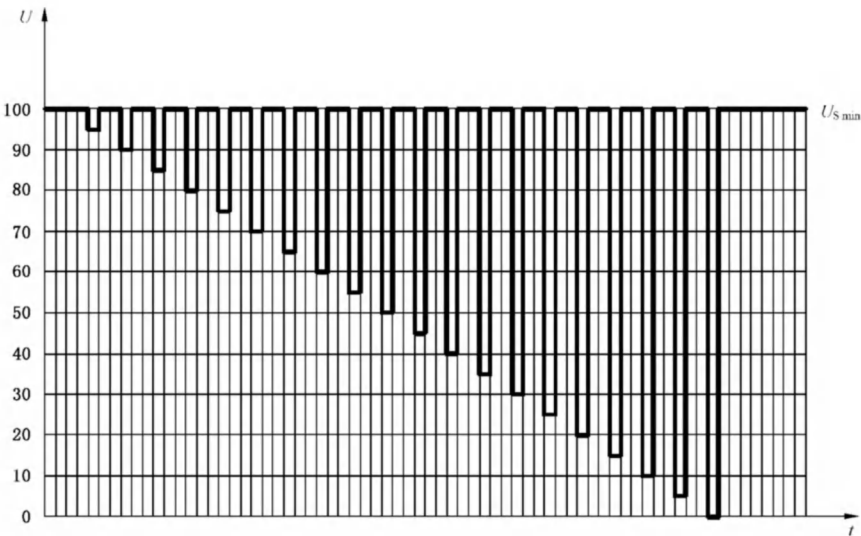
4.6.2.1 目的

检验 DUT 在不同的电压骤降下的复位性能。该试验适用于具有复位功能的设备(例如,装有一个或多个微控制器的设备)。

4.6.2.2 试验

按图 6 对 DUT 的有效输入端同时施加试验脉冲,检查 DUT 的复位性能。

供电电压以 5%步长从 $U_{S\min}$ 降到 $0.95U_{S\min}$,保持 5 s,再上升到 $U_{S\min}$,至少保持 10 s 并进行功能试验。然后将电压降至 $0.9U_{S\min}$ 等等,按图 6 所示以 $U_{S\min}$ 的 5%梯度继续进行直到降到 0 V,然后再将电压升到 $U_{S\min}$ 。



说明:
 t ——时间,单位为秒(s);
 U ——电压百分比,%;
 $U_{S\min}$ ——最低供电电压,单位为伏(V)。

图 6 复位试验供电电压

4.6.2.3 要求

功能状态应达到 C 级。

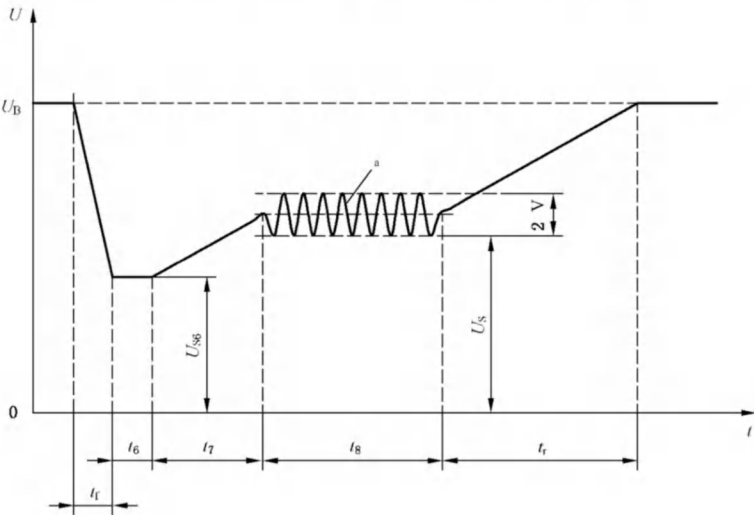
4.6.3 启动特性

4.6.3.1 目的

检验 DUT 在车辆启动时的性能。

4.6.3.2 试验

按图 7 及表 3 或表 4 给出的特性参数,将电压施加到 DUT 的有效输入端,共进行 10 次。建议启动循环之间间隔 1 s~2 s。根据使用要求选取表 3 或表 4 给出的不同等级参数。



说明:

t ——时间,单位为秒(s);

U ——电压,单位为伏(V);

t_f ——下降沿;

t_r ——上升沿;

t_6, t_7, t_8 ——持续时间,单位为秒(s);

U_B ——蓄电池供电时的试验电压(见 GB/T 28046.1),单位为伏(V);

U_S ——供电电压,单位为伏(V);

U_{S6} —— t_6 时的供电电压,单位为伏(V);

^a —— $f=2\text{ Hz}$ 。

图 7 启动电压曲线

表 3 12 V 系统参数

参数		等级			
		I	II	III	IV
电压 V	U_{S6}	8(−0.2)	4.5(−0.2)	3(−0.2)	6(−0.2)
	U_S	9.5(−0.2)	6.5(−0.2)	5(−0.2)	6.5(−0.2)
持续时间 ms	t_f	5(±0.5)	5(±0.5)	5(±0.5)	5(±0.5)
	t_6	15(±1.5)	15(±1.5)	15(±1.5)	15(±1.5)
	t_7	50(±5)	50(±5)	50(±5)	50(±5)
	t_8	1 000(±100)	10 000(±1 000)	1 000(±100)	10 000(±1 000)
	t_r	40(±4)	100(±10)	100(±10)	100(±10)

表 3（续）

参数	等级			
	I	II	III	IV
最低功能状态	A ^a	B ^a	B ^a	A ^a
	A ^b	B ^b	C ^b	B ^b
	B ^c	C ^c	C ^c	C ^c
	B ^d	C ^d	C ^d	C ^d
^a $U_{S\min}=6\text{ V};U_{S\max}=16\text{ V}$(见表 1,代码 A)。 ^b $U_{S\min}=8\text{ V};U_{S\max}=16\text{ V}$(见表 1,代码 B)。 ^c $U_{S\min}=9\text{ V};U_{S\max}=16\text{ V}$(见表 1,代码 C)。 ^d $U_{S\min}=10.5\text{ V};U_{S\max}=16\text{ V}$(见表 1,代码 D)。				

表 4 24 V 系统参数

参数		等级		
		I	II	III
电压 V	U_{S6}	10(−0.2)	8(−0.2)	6(−0.2)
	U_S	20(−0.2)	15(−0.2)	10(−0.2)
持续时间 ms	t_f	10(±1)	10(±1)	10(±1)
	t_6	50(±5)	50(±5)	50(±5)
	t_7	50(±5)	50(±5)	50(±5)
	t_8	1 000(±100)	10 000(±1 000)	1 000(±100)
	t_r	40(±4)	100(±10)	40(±10)
最低功能状态		A ^a	B ^a	B ^a
		A ^b	B ^b	C ^b
		B ^c	C ^c	C ^c
		B ^d	C ^d	C ^d
^a $U_{S\min}=10\text{ V};U_{S\max}=32\text{ V}$(见表 2,代码 E)。 ^b $U_{S\min}=16\text{ V};U_{S\max}=32\text{ V}$(见表 2,代码 F)。 ^c $U_{S\min}=22\text{ V};U_{S\max}=32\text{ V}$(见表 2,代码 G)。 ^d $U_{S\min}=18\text{ V};U_{S\max}=32\text{ V}$(见表 2,代码 H)。				

4.6.3.3 要求

在车辆启动期间工作的有关 DUT 的功能状态应达到 A 级,其他功能按表 3 或表 4 确定。

4.6.4 抛负载

4.6.4.1 目的

模拟发生抛负载现象(产生原因参见附录 A)时产生的瞬态。即在断开电池的同时,交流发电机正在产生充电电流,而其电路上仍有其他负载时产生的瞬态。

4.6.4.2 试验

4.6.4.2.1 概述

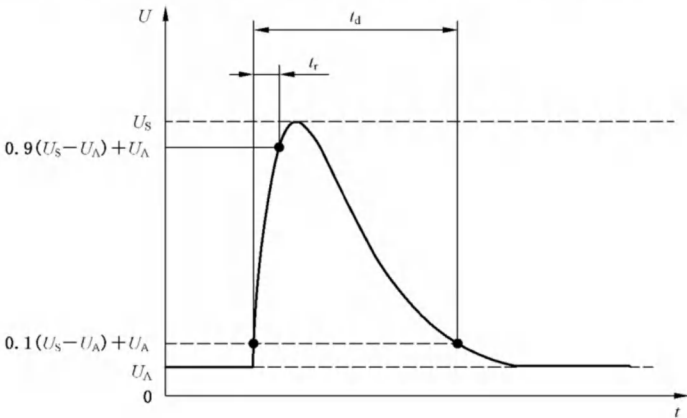
试验脉冲发生器应能产生规定的抛负载试验脉冲。附录 B 给出了脉冲发生器的验证方法。
抛负载试验脉冲发生器内阻 R_i ，可由式(1)计算：

$$R_i = \frac{10 \times U_{nom} \times N_{act}}{0.8 \times I_{rated} \times 12\,000} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 U_{nom} ——交流发电机的标称电压，单位为伏(V)；
 N_{act} ——交流发电机实际转速，单位为转每分(r/min)；
 I_{rated} ——交流发电机转速为 6 000 r/min 时的电流，单位为安培(A)。

4.6.4.2.2 试验脉冲 A——无集中抛负载抑制

图 8 和表 5 给出了不带有集中抛负载抑制的交流发电机脉冲波形和参数。



说明：
 t ——时间，单位为秒(s)；
 U ——试验电压，单位为伏(V)；
 t_d ——脉冲持续时间，单位为秒(s)；
 t_r ——上升沿；
 U_A ——试验电压(见 GB/T 28046.1)，单位为伏(V)；
 U_S ——供电电压，单位为伏(V)。

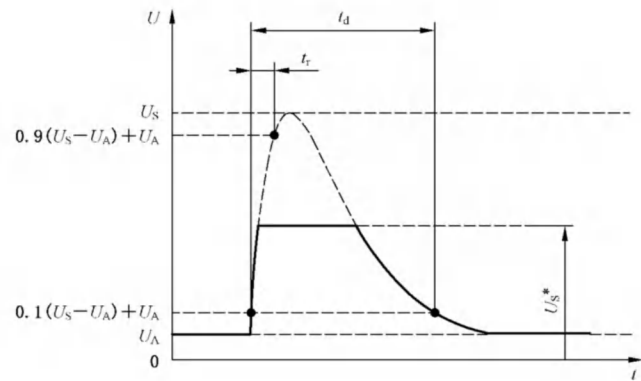
图 8 试验脉冲 A

表 5 试验脉冲 A 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统	最低试验要求
U_s^a/V	$79 \leq U_s \leq 101$	$151 \leq U_s \leq 202$	10 个脉冲,间隔 1 min
R_i^a/Ω	$0.5 \leq R_i \leq 4$	$1 \leq R_i \leq 8$	
t_d/ms	$40 \leq t_d \leq 400$	$100 \leq t_d \leq 350$	
t_r/ms	10_{-5}^0	10_{-5}^0	
^a 采用较高内阻值时使用较高电压,采用较低内阻值时使用较低电压。			

4.6.4.2.3 试验脉冲 B——具有集中抛负载抑制

图 9 和表 6 给出了具有集中抛负载抑制的交流发电机脉冲波形和参数。



说明：

t ——时间,单位为秒(s)；

U ——试验电压,单位为伏(V)；

t_d ——脉冲持续时间,单位为秒(s)；

t_r ——上升沿；

U_A ——试验电压(见 GB/T 28046.1),单位为伏(V)；

U_s ——供电电压,单位为伏(V)；

U_s^* ——具有抛负载抑制的供电电压,单位为伏(V)。

图 9 试验脉冲 B

表 6 试验脉冲 B 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统	最低试验要求
U_s^a/V	$79\leq U_s\leq 101$	$151\leq U_s\leq 202$	5 个脉冲,间隔 1 min
U_s^*/V	35	58(或协商确定)	
R_i^a/Ω	$0.5\leq R_i\leq 4$	$1\leq R_i\leq 8$	
t_d/ms	$40\leq t_d\leq 400$	$100\leq t_d\leq 350$	
t_r/ms	10_{-5}^0	10_{-5}^0	
^a 采用较高内阻值时使用较高电压,采用较低内阻值时使用较低电压。			

4.6.4.3 要求

功能状态应达到 C 级。

4.7 反向电压

4.7.1 目的

模拟车辆辅助启动时对蓄电池的反向连接。

本试验不适于交流发电机和带有钳位二极管而没有外部反极性保护的装置。

4.7.2 试验

4.7.2.1 一般规定

按实车连接并给 DUT 接上熔断器,不接交流发电机和蓄电池。从下列情况中选择适合的反向电压施加到 DUT 电源端子上。

4.7.2.2 第 1 种情况(不适用 24 V 系统)

如果 DUT 用于未接熔断器的交流发电机电路,且整流二极管能耐受反向电压 60 s,则对 12 V 系统用 4 V 的反向试验电压施加到 DUT 有效输入端子上持续 (60 ± 6) s。

4.7.2.3 第 2 种情况

除上述情况外,用表 7 反向电压施加到 DUT 有效输入端子上持续 (60 ± 6) s。

表 7 反向电压

标称电压 V	反向电压 V
12	14
24	28

4.7.3 要求

恢复正常的连接后,功能状态应达到 A 级。

4.8 参考接地和供电偏移

4.8.1 目的

如 DUT 存在两条或多条供电线路时,本试验用于检验组件的可靠运转情况。比如对电源接地与信号接地的参考点不一致的组件需要进行试验。

注：本试验可由供需双方协商确定。

4.8.2 试验

所有输入和输出应模拟实车,连接典型负荷或网络,对 DUT 施加电压 U_A (见 GB/T 28046.1)使其正常工作。

接地/供电偏移试验适用于接地/供电线路,供电偏移分别按次序施加于每条接地/供电线路以及各个接地/供电线路之间。所有 DUT 的偏移电压为 (1.0 ± 0.1) V。试验顺序如下：

- a) 对 DUT 施加电压 U_A ；
- b) 对 DUT 的接地/供电线路施加偏移电压；
- c) 在上述条件下进行功能试验；
- d) 按不同接地/供电组合重复测试 c) 的内容。

对偏移电压反向重复上述试验。

4.8.3 要求

所有功能状态应达到 A 级。

4.9 开路

4.9.1 单线断开

4.9.1.1 目的

检验 DUT 在一条线路断开连接时的性能。

4.9.1.2 试验

连接并运行 DUT。断开 DUT/系统接口的一条电路,然后恢复连接。观察 DUT 在断路期间和断路后的状态情况。在 DUT/系统接口的每条电路分别重复进行。试验条件如下:

- 断开时间: $(10 \pm 1)\text{s}$;
- 开路阻抗: $\geq 10\text{ M}\Omega$ 。

4.9.1.3 要求

功能状态应达到 C 级。

4.9.2 多线断开

4.9.2.1 目的

检验 DUT 在遭受多条线路突然断路情况下的性能。

4.9.2.2 试验

连接并运行 DUT。断开 DUT 的连接,然后恢复连接。观察装置断路期间和其后的情况。

试验条件如下:

- 断开时间: $(10 \pm 1)\text{s}$;
- 开路阻抗: $\geq 10\text{ M}\Omega$ 。

对具有多个连接器的 DUT,应对每一种可能的连接进行测试。

4.9.2.3 要求

功能状态应达到 C 级。

4.10 短路保护

4.10.1 目的

检验 DUT 在输入或输出端发生短路时的性能。

4.10.2 信号电路

4.10.2.1 试验

DUT 所有有效输入和输出端,依次连接到 $U_{\text{S max}}$ (见表 1 和表 2)、地,各持续 $(60 \pm 6)\text{s}$,其他输入和输出端保持开路或协商处理。

试验按如下顺序进行:

- a) 连接电源端子和接地端子:
 - 1) 激活输出;

2) 停止输出。

b) 切断电源。

4.10.2.2 要求

功能状态应达到 C 级。

4.10.3 负载电路

4.10.3.1 试验

连接 DUT 到电源,负载电路处于工作状态。试验持续时间为 GB/T 31465 有关部分的额定熔断时间,可高出上限 10%。如使用熔断器外的其他保护(例如,电子保护),试验持续时间应由供需双方商定。

4.10.3.2 要求

所有电子保护输出端应确保能承受短路电流且在切断短路电流后能恢复到正常工作(最低达到 C 级)。

所有常规熔断器保护输出端应能承受短路电流且在熔断器替换后能恢复到正常工作(最低达到 D 级)。

如果 DUT 材料能满足 UL 94(参见附录 C)的可燃性试验,所有无保护输出端可以被试验电流烧坏(功能状态为 E 级)。

4.11 耐电压

4.11.1 目的

检验 DUT 中电介质的绝缘耐压能力。本试验仅对含有电感元件(例如,继电器、电机、线圈)或连接到电感负载电路的系统/组件有要求。

高电压通过电场在电隔离的部件间产生的漏电流,可能对绝缘性能带来影响。本试验着重于绝缘系统并检验绝缘材料承受因断开感性负载产生高电压的能力。

4.11.2 试验

按 GB/T 28046.4—2011 的 5.6.2.2 进行湿热循环试验。将系统/组件在室温中放置 0.5 h,按如下要求对 DUT 施加正弦电压 500 V(有效值)(50 Hz~60 Hz),持续 60 s:

- 在带有电绝缘的端子间;
- 在带有电绝缘的端子和带有电传导面的壳体间;
- 塑料外壳情况下,在端子和包裹外壳的电极(例如金属箔)间。

4.11.3 要求

功能状态应达到 C 级。试验时不得出现击穿和闪络。

4.12 绝缘电阻

4.12.1 目的

检验 DUT 系统和材料的绝缘特性。

4.12.2 试验

按 GB/T 28046.4—2011 的 5.6.2.2 进行湿热循环试验。将系统/组件在室温中放置 0.5 h,按如下要求对 DUT 施加 500 V 直流电压,持续 60 s:

- 在带有电绝缘的端子间;
 - 在带有电绝缘的端子和带有电传导面的壳体间;
 - 在塑料外壳情况下,在端子和包裹外壳的电极(例如金属箔)间。
- 对特殊应用,经供需双方协商试验电压可减为 100 V。

4.12.3 要求

绝缘电阻应大于 10 M Ω 。

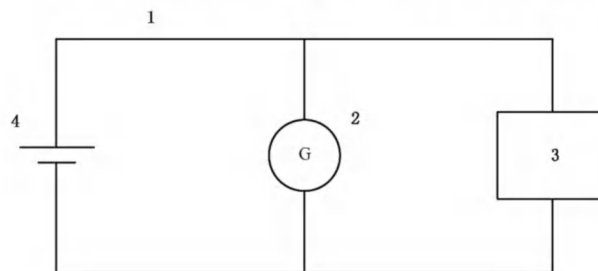
附 录 A
(资料性附录)
车辆电气系统抛负载的形成原因

A.1 一般说明

抛负载试验脉冲在一定条件下的电路中产生,本附录图示说明了抛负载脉冲产生的原因。

A.2 脉冲来源

如图 A.1 所示,当交流发电机对亏电蓄电池进行充电时,交流发电机与蓄电池连接电路瞬时脱开,其他负载仍然与交流发电机保持连接,此时会产生如图 8 和图 9 所示的抛负载脉冲。



说明:

- 1——缺陷连接;
- 2——交流发电机;
- 3——DUT;
- 4——蓄电池。

图 A.1 电路配置示意图

附录 B
(规范性附录)
抛负载试验脉冲发生器验证

B.1 概述

本附录为验证试验脉冲发生器的输出特性提供了一种方法。

B.2 一般规定

B.3 给出的验证方法应在以下两种不同的负载状态下进行,以确定试验脉冲发生器的特性:

- a) 在不接负载的条件下;
- b) 在连接负载的条件下。

B.3 脉冲验证

B.3.1 总则

试验脉冲发生器应对开路和带载两种条件进行验证,确定与规定参数的一致性。

选用的电阻应有足够的耗散功率,匹配电阻的允差应为 $\pm 1\%$ 。脉冲发生器的源阻抗应与对试验脉冲规定的负载电阻相匹配。

B.3.2 验证参数

试验脉冲验证参数见表 B.1。

表 B.1 验证参数

参数	12 V 系统		24 V 系统	
	无负载	2 Ω 负载	无负载	2 Ω 负载
U_s	(100 $\pm$ 10)V	(50 $\pm$ 10)V	(200 $\pm$ 20)V	(100 $\pm$ 20)V
t_r	(10 $_{-5}^0$)ms	—	(10 $_{-5}^0$)ms	—
t_d	(400 $\pm$ 80)ms	(200 $\pm$ 40)ms	(350 $\pm$ 70)ms	(175 $\pm$ 35)ms

附录 C

(资料性附录)

装置和器具中零件的塑性材料可燃性试验¹⁾

C.1 专用术语说明

本附录中涉及的一些专业术语说明如下：

余焰：火源移去后，受试材料上留存的火焰。

余焰时间：火源移去后，在规定的条件下，受试材料上留存火焰的时间。

余灼：在火源移去后，火焰熄灭后或没有火焰，在受试材料上炽热发亮的状态。

余灼时间：火源移去/火焰停止后，在规定的试验条件下，受试材料上余灼持续的时间。

C.2 试验的意义

C.2.1 受试材料进行规定的试验以提供下列信息：比较不同受试材料的燃烧特性，或在使用前评估其燃烧特性的所有变化。本试验方法不提供相关工况条件下的受试材料特性。

C.2.2 评估燃烧导致的风险需要考虑到燃料引起的结果、燃烧的强度（热释放的速度）、燃烧的产物和燃烧源的强度对环境的后果、材料暴露的方向和空气流通的条件。

C.2.3 用试验过程来测定燃烧特性，影响的因素有：密度、颜色、因成形条件造成的材料非均质性和样品的厚度。

C.2.4 当材料取自平板的薄材料样品不是因为着火而收缩时，试验的结果是无效的，需追加试验样品。如果所有取自平板的样品都不是因为着火而收缩时，就不适合用试验过程进行评估，需进行一种替代的试验过程。

C.3 试验装置

C.3.1 通风试验箱：试验箱至少有 0.5 m^3 内部空间。试验箱应设计观察窗，在燃烧时空气可以流通。为了安全且便于使用，排气罩应有通风装置（能完全关闭），例如排风扇，以便把燃烧物排出。通风装置应在试验中关闭，并在试验结束后立即再次启动。

注：在燃烧试验中需保持充足的氧气。当燃烧时间延长，试验箱的尺寸小于 1 m^3 就无法提供正确的试验结果。

C.3.2 试验燃烧器：试验室型燃烧器（本生灯）的灯管长 $(100 \pm 10) \text{ mm}$ ；内口直径 $(9.5 \pm 0.3) \text{ mm}$ 。灯管是可调整的，而不是预先固定在装置上的。

C.3.3 回转支架：将样品和/或丝网水平或垂直地夹持或固定在设备上。回转支架可以调整角度和高度，或在装置上用铝或钢结构支撑。

C.3.4 计时装置：精确到 0.5 s 。

C.3.5 测量刻度： mm 。

C.3.6 供气：至少 98% 纯度的甲烷气体，且带流量均衡调整和显示装置。

注：采用热值为 $37 \text{ MJ/m}^3 \pm 1 \text{ MJ/m}^3$ 燃气可以有相似的结果。仲裁试验可采用 98% 纯度的甲烷气体。

C.3.7 预处理试验箱：试验箱保持温度为 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 。

1) 本附录参考 UL 94 编写。

- C.3.8 千分尺:可读刻度为 0.01 mm。
- C.3.9 棉花:100%脱脂棉。
- C.3.10 干燥器:干燥器内需放置无水氯化钙,或其他干燥剂,在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 维持 20%相对湿度。
- C.3.11 烘箱:烘箱每小时至少换气 5 次,烘箱维持在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- C.3.12 压力调整阀:可测量 200 mm 水头高,刻度值 5 mm。
- C.3.13 流量计:精度为 $\pm 2\%$ 。

C.4 条件

- C.4.1 样品在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $50\%\pm 5\%$ 相对湿度条件下预处理 48 h。
- C.4.2 受试样品在烘箱中 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 预处理 168 h,而后立即放入干燥器内冷却至少 4 h。
- C.4.3 从干燥器取出时,样品在 30 min 内进行试验。
- C.4.4 所有样品在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $45\%\sim 75\%$ 相对湿度的实验室大气条件下接受试验。
- C.4.5 棉花在干燥器中放置 24 h。
- C.4.6 从干燥器取出棉花后,在 30 min 内用于试验。

C.5 20 mm 垂直燃烧试验

C.5.1 试验要求

- C.5.1.1 受试材料分为 V-0、V-1、或 V-2 级,用小棒型样品按 C.5.2~C.5.4.6 描述的试验得出的结果确定等级。
- C.5.1.2 表 C.1 给出了受试材料的分级。

表 C.1 受试材料分级

分级条件	V-0	V-1	V-2
每单个样品余焰时间 t_1 或 t_2	10 s	30 s	30 s
各条件组的余焰时间总和(5 个样品的 t_1+t_2)	50 s	250 s	250 s
每单个样品第二次加焰燃烧的余焰加上余灼时间(t_2+t_3)	30 s	60 s	60 s
任一样品余焰或余灼到固定夹	不允许	不允许	不允许
脱脂棉被带火的塑料或滴落物引燃	不允许	不允许	允许

- C.5.1.3 如果 5 个一组的样品中仅有 1 个样品满足要求,就将另一组 5 个样品投入试验。在这种情况下,5 个样品总余焰时间(t_1+t_2)V-0 的范围为 51 s~55 s;V-1、V-2 的范围为 251 s~255 s。一组中所有样品时间总和符合相应的要求,这一厚度的受试材料就确定为 V-0、V-1、或 V-2 级。

C.5.2 试验样品

- C.5.2.1 所有样品应裁成条形材料,或铸造或压注,挤压,转换或压叠浇铸成要求的形状。剪裁后,注意清除表面所有尘埃和颗粒,边缘和端面都应圆滑处理。
- C.5.2.2 在最小和最大厚度范围内,标准的样品条为长 $125\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$,宽 $13.0\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ 。最大厚度不超过 13 mm。当提供最小和最大厚度样品的试验结果不一致时,对中间厚度的样品进行试验。中间厚度样品的增量不超过 3.2 mm。同样,边角需进行圆滑处理,其半径不超过 1.3 mm。
- C.5.2.3 受试材料范围:如果材料需要考虑颜色、密度、融化流动性或增强,需提供这些样品。

C.5.2.4 如果试验结果本质上相同,通常提供的样品大部分可以是深色光亮、深暗色彩和有代表性的颜色。此外,需提供一组深色彩组合的样品,除非已包括了大部分深色光亮和深暗色彩。当某些已知色彩(如红、黄或类似色)影响燃烧特性,需提供样品。

C.5.2.5 如果试验结果在本质上一致,提供的样品要具有代表性,包括极端(最低和最高端)密度、融化流动和加强部分样品。如果提供的样品范围在燃烧特性本质上不同,只能对密度、融化流动和加强部分作有限的评估,或增加中间密度、融化流动和加强部分的样品进行试验。

C.5.3 条件

C.5.3.1 每组 5 个,共 2 组样品按 C.4.1 要求进行预处理。

C.5.3.2 每组 5 个,共 2 组样品按 C.4.2 要求进行预处理。作为一种替代,对工业层压产品选择 $125\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下 24 h 预处理。

C.5.4 程序

C.5.4.1 垂直夹住样品纵向长轴上部 6 mm 处,样品的下端 $300\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ 处水平放置 100% 脱脂棉 0.08 g,铺开 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$,厚度 6 mm。

C.5.4.2 甲烷气源按图 C.1 配置,在小于 10 mm 水头压力时流量调整到 105 mL/min。

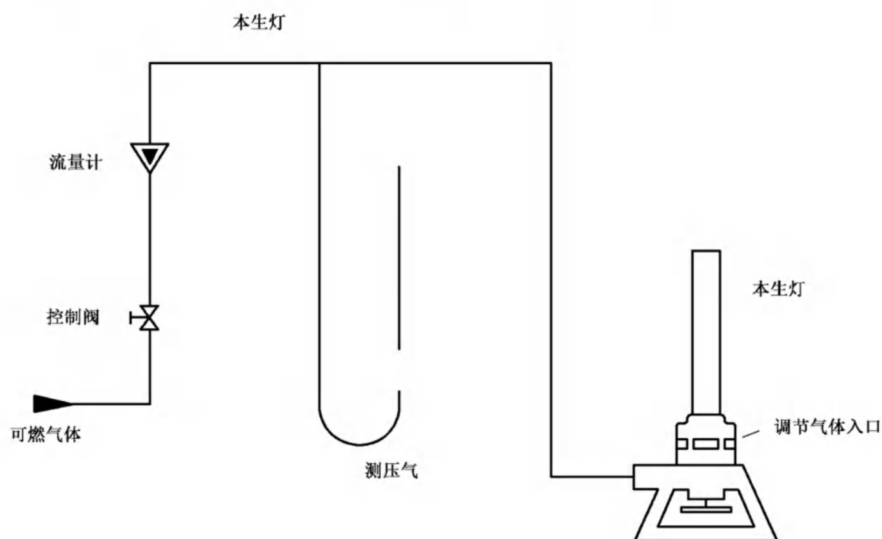


图 C.1 甲烷气源供气系统

C.5.4.3 调整本生灯产生 $20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 高的蓝色火焰。调整供气和空气直到 $20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 黄色火焰顶端有蓝色火焰产生。而后进一步调整空气的供给量消除火焰的黄色顶端。测量火焰的高度并做必要的调整。

C.5.4.4 当更换燃气、更换试验装置或数据出现问题时,按上述规定至少每月校准试验火焰一次。

C.5.4.5 向样品底部的中间点施加火焰,本生灯上沿处于样品下端的 $10\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 位置,维持这个位置 $10\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$,根据燃烧样品反应的长度或位置的变化移动本生灯。如果样品有熔化滴落物或受试材料自身燃烧,可将本生灯管倾斜到 45° 避免滴落物进入灯管,维持本生灯上沿处于样品下端 $10\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 位置,忽视成串滴落的受试材料熔铸物。在施加火焰 $10\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ 后,本生灯立即以 300 mm/s 的速度返回到与样品的距离不小于 150 mm 位置,同时开始测定余焰时间 t_1 并记录 t_1 。

C.5.4.6 当样品余焰结束时,不管本生灯是否回到了远离样品 150 mm 的位置,立即将本生灯置于样品

下端 $10\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 位置再次燃烧 $10\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$,必要时去除灯上的受试材料滴落物。本次施加燃烧后,本生灯立即以 300 mm/s 的速度返回到与样品的距离不小于 150 mm 位置,同时开始测定余焰时间 t_2 和 t_3 ,记录 t_2 和 t_3 。

注 1: 如果视觉分辨余焰和余灼有困难时,用镊子夹持如 C.3.9 描述的 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 小片棉花接触这个区域,点燃棉花表示存在火焰。

注 2: 如果由于疏忽,试验火焰对样品加焰期间熄灭,应将另一样品投入试验。只有一种例外,火焰被样品释放的气体吹灭。在这种情况下,本生灯被再次点燃继续试验,总时间还是 $10\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ 。

C.5.5 结果

观察和记录以下内容:

- a) 第一次加焰后的余焰时间, t_1 ;
- b) 第二次加焰后的余焰时间, t_2 ;
- c) 第二次加焰后的余灼时间, t_3 ;
- d) 是否有样品燃烧到固定夹;
- e) 是否有样品滴落物引燃棉花。

参 考 文 献

- [1] UL 94 Tests for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances
-