



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷

Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment for drive system of electric propulsion vehicles – Part 4: Climatic loads.

(ISO 19453-4:2018,MOD)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2021年8月30日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 工作温度范围	4
5 试验和要求	5
5.1 恒温	5
5.2 温度循环	6
5.3 冰水冲击	9
5.4 耐盐雾	12
5.5 湿热循环——结露	16
5.6 稳态湿热	18
5.7 冷凝	18
5.8 混合流动气体腐蚀	21
5.9 太阳光辐射	22
5.10 防尘	22
5.11 大气压力	23
6 气候负荷代码	24
7 防尘、防水	25
附录 A (资料性) 根据安装位置设备的常规试验和要求	26
附录 B (资料性) 循环盐雾循环次数的确定	27
B.1 一般规定	27
B.2 盐雾试验对比分析	27
B.3 循环盐雾循环数	28
B.4 严酷等级根据安装位置确定(接触水的频率和程度)	29
附录 C (资料性) 绝缘试验	30
C.1 一般规定	30
C.2 耐压	30
C.3 绝缘电阻	31
参考文献	32

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。

本文件是GB/T XXXX《道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验》的第4部分。GB/T XXXX 已经发布了以下部分：

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

本文件修改采用ISO 19453-4:2018《道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷》。

本文件与ISO 19453-4:2018相比做了下述结构调整：

- 删除 ISO 19453-4:2018 中的第8章。

本文件与ISO 19453-4:2018的技术性差异及原因如下：

- 删除 ISO 和 IEC 用于标准化的维护术语数据库地址，本文件涉及的术语与 ISO 和 IEC 用于标准化的维护术语的数据库无关；
- 5.3.1 中增加冰水冲击试验的适用条件；
- 将附录 A 表 A.1 中的“IP5K0”改为“IP5KX”，该部分的防水等级可由供需双方协商确定。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC 114）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验

第4部分：气候负荷

1 范围

本文件规定了最大工作电压为B级电压的电驱动系统和部件的要求。

本文件不适用于高压电池包（如动力电池包）和系统或内部部件。

本文件描述了潜在的环境应力、试验和车辆上或车辆内不同应力等级下的推荐要求。

本文件描述了气候负荷。

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件必不可少的条款。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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2421—2020 电工电子产品环境试验 概述和指南（IEC 60068-1：2013，IDT）

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（GB/T 2423.1—2008，IEC 60068-2-1：2007，IDT）

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（GB/T 2423.2—2008，IEC 60068-2-2：2007，IDT）

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验（GB/T 2423.3—2016，IEC 60068-2-78：2012，IDT）

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）（GB/T 2423.4—2008，IEC 60068-2-30：2005，IDT）

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾（GB/T 2423.17—2008，IEC 60068-2-11：1981，IDT）

GB/T 2423.18 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）（GB/T 2423.17—2012，IEC 60068-2-52：1996，IDT）

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化（GB/T 2423.22—2012，IEC 60068-2-14：2009，IDT）

GB/T 2423.51 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ke：混合流动气体腐蚀试验（GB/T 2423.51—2020，IEC 60068-2-60：2015，IDT）

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验（GB/T 16935.1—2008，IEC 60664-1：2007，IDT）

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 30038 道路车辆 电子电气设备防护等级（IP代码）（GB/T 30038—2013，ISO 20653：2006，MOD）

GB/T XXXX.1 道路车辆 电动汽车驱动系统用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 XXXX.1—20XX，ISO 19453-1：2018，MOD）

3 术语和定义

GB/T 28046.1和GB/T XXXX.1界定的术语和定义适用于本文件。

4 工作温度范围

表1定义了工作温度范围。受试装置（DUT）按表1选择适用的温度范围且在技术条件中注明。

表2定义了热浸透要求下相对升温温度 ΔT_{HS} ，将其与最高温度 T_{max} 相加，得到绝对热浸透温度 T_{maxHS} ，即 $T_{max} + \Delta T_{HS} = T_{maxHS}$ ，见5.2.1。

油漆修补温度（ T_{maxPR} ）可以高于工作温度且应在DUT技术条件中注明。

表1 工作温度范围

代码	最低工作温度 T_{min} °C	最高工作温度 T_{max} °C
A	-20	65
B	-30	65
C	-40	65
D		70
E		75
F		80
G		85
H		90
I		95
J		100
K		105
L		110
M		115
N		120
O		125
P		130
Q		140
R		150
S		155
T		160
U		165
V		170
W	175	
X	180	
Z	按协议	

表2 热浸透要求下相对升温温度

代码	ΔT_{HS} K
----	----------------------

a	15
b	30
c	50
z	按协议

注：结合表1和表2定义代码。例如：Hb ($T_{max}=90^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{HS}=30\text{K}$)。

5 试验和要求

5.1 恒温

5.1.1 低温试验

5.1.1.1 贮存

5.1.1.1.1 目的

模拟DUT暴露在低温不带电工作状态，如系统/部件装运期间。失效模式为不能承受霜冻，例如冷却液冻结。

5.1.1.1.2 试验

除DUT技术条件另有规定，在低温 -40°C 按GB/T 2423.1进行试验，持续24h。DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.1。

5.1.1.1.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。

5.1.1.2 运行

5.1.1.2.1 目的

确保DUT在低温存储条件下时仍能维持原有的功能。

5.1.1.2.2 试验

在低温 T_{min} 按GB/T 2423.1进行试验，持续24h。DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2。

5.1.1.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.1.2 高温试验

5.1.2.1 贮存

5.1.2.1.1 目的

模拟DUT暴露在高温不带电工作状态，如系统/部件装运期间。失效模式为不能承受高温，例如塑料外壳翘曲。

5.1.2.1.2 试验

除DUT技术条件另有规定，在85°C高温干热下按GB/T 2423.2进行试验，持续48h。DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.1。

5.1.2.1.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。

5.1.2.2 运行

5.1.2.2.1 目的

模拟DUT暴露在高温带电工作状态，如系统/部件使用于很高的环境温度。失效模式为因高温造成的电气故障（如部件的热退化）。

5.1.2.2.2 试验

在 T_{max} 高温干热下按GB/T 2423.2进行试验，持续96h。DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2。

5.1.2.2.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.2 温度循环

5.2.1 规定变化率的温度循环

5.2.1.1 目的

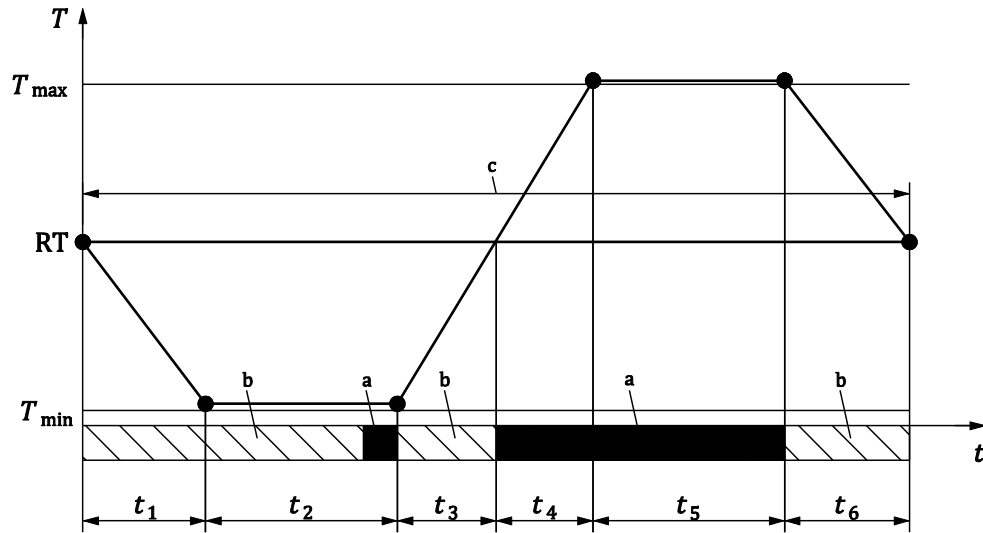
模拟DUT带电工作时周围温度的变化，如在系统/部件工作时快速改变周围温度。如果系统/部件处在热浸透温度（例如安装在发动机上的系统/部件），高温阶段附加的短暂温度峰值要确保DUT在这期间的基本功能。为避免系统/部件内的电热扩散抑制系统/部件达到 T_{min} ，在降温阶段将DUT关闭。失效模式为温度变化过程中的电气故障。

注：本试验不是寿命试验。

5.2.1.2 试验

温度循环试验按GB/T 2423.22 Nb进行。

在整个装置达到 T_{min} 后DUT通电工作，用尽可能短的时间检查装置的功能。此外，在DUT温度稳定在高温时（见图1）检查装置的功能。通电运行阶段采用GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2工作模式。温度变化范围应符合表3，试验包括热浸透温度（ T_{maxHS} ），见图2和表4，由供需双方确定完整的温度循环条件。不允许对试验箱空气进行辅助烘干，按规定进行30个试验循环。



说明:

T ——温度, $^{\circ}\text{C}$;

t ——时间, min;

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ ——表3中定义的时间阶段;

a——工作模式为3.2或4.2;

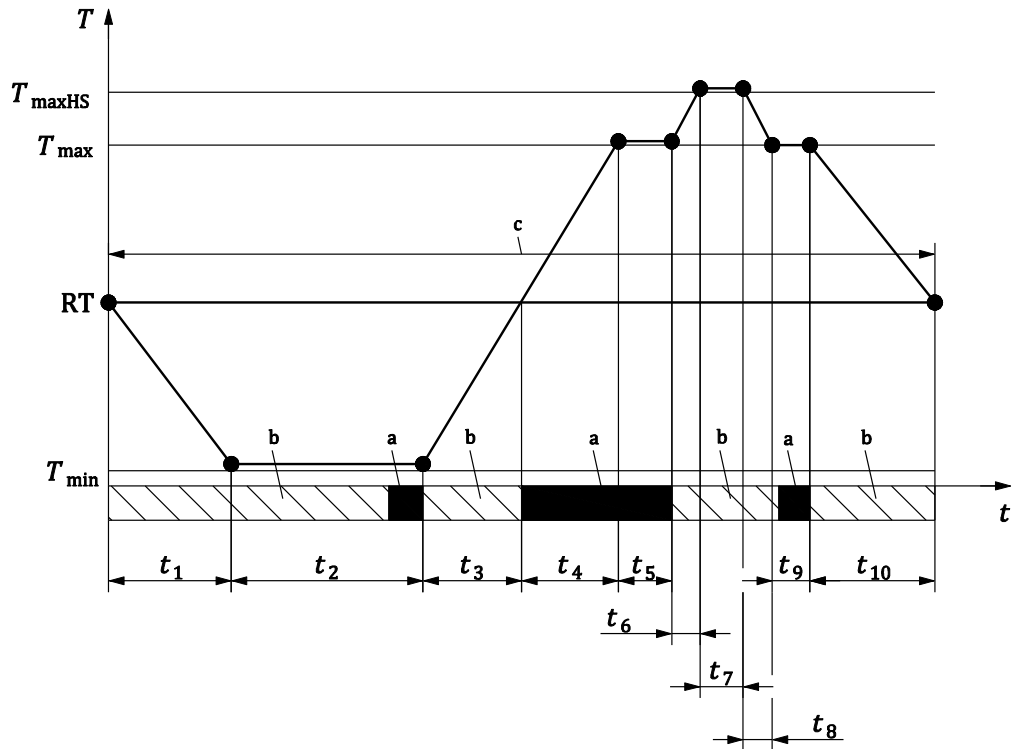
b——工作模式为2.1;

c——一个循环。

图1 规定变化率的温度循环

表3 温度循环期间的温度和持续时间

阶段	持续时间 min	温度 $^{\circ}\text{C}$
t_1	按协议	从室温至 T_{\min}
t_2	>30	稳定在 T_{\min}
t_3	按协议	从 T_{\min} 至室温
t_4	按协议	从室温至 T_{\max}
t_5	>30	稳定在 T_{\max}
t_6	按协议	从 T_{\max} 至室温



说明:

T ——温度, °C;

t ——时间, min;

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$ ——表4中定义的时间阶段;

a——工作模式为3.2或4.2;

b——工作模式为2.1;

c——一个循环。

图2 热浸透阶段温度循环示例

表4 温度循环期间的温度和持续时间

阶段	持续时间 min	温度 °C
t_1	按协议	从室温至 T_{min}
t_2	>30	稳定在 T_{min}
t_3	按协议	从 T_{min} 至室温
t_4	按协议	从室温至 T_{max}
t_5	>30	稳定在 T_{max}
t_6	按协议	从 T_{max} 至 T_{maxHS}
t_7	>30	稳定在 T_{maxHS}
t_8	按协议	从 T_{maxHS} 至 T_{max}
t_9	>30	稳定在 T_{max}
t_{10}	按协议	从 T_{max} 至室温

如供需双方同意, 图1和图2可用GB/T XXXX.1定义的2.1工作模式代替3.2或4.2工作模式。

5.2.1.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.2.2 规定转换时间的温度快速变化

5.2.2.1 目的

这是一个加速试验，模拟车辆中大量的慢温度循环。对应实际车辆温度循环，用较快的温度变化率及更宽的温度变化范围，加速是可行的。失效模式为因老化和不同的温度膨胀系数导致材料裂化或密封失效。本试验可能导致机械缺陷（裂缝），不要求带电工作。

5.2.2.2 试验

温度循环试验按GB/T 2423.22 Na进行。

从 T_{\min} 升到 T_{\max} 温度转换时间不超过30s，根据尺寸和性能特点，DUT在每个温度点保持20min、40min、60min或90min。工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.2，循环次数见表9。根据协议，本试验可在DUT开发期间带外壳或不带外壳进行。

5.2.2.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。

5.3 冰水冲击

5.3.1 目的

模拟应用在车辆受溅区域的产品由冰水引起的热冲击。如冬季在有水路面驾驶时冰水溅落到热的系统/部件上。失效模式为不同的温度膨胀系数导致材料机械破裂或密封失效。在5.2.2.1中未涉及到因密封性降低导致水浸入系统/部件的失效模式。

试验有如下两种可选方法。对于安装在涉水深度上方的部件，可不作浸没试验。

注：该试验不属于腐蚀试验。

5.3.2 水飞溅试验

5.3.2.1 试验

在烘箱中加热DUT到 T_{\max} ，保持规定的时间（ t_h ）然后用冰水喷向DUT持续3s。如果DUT在车上仅受一个方向的溅水，就只按安装位置的这个方向喷水。如果DUT在车上受多个方向溅水，对这些方向应进行说明，每个方向用一个新的DUT进行试验。溅水的宽度控制在始终远大于DUT的宽度，如果接受溅水的DUT的尺寸远大于单个喷水头，应安排多个喷头成排地喷水到DUT上。见图3、图4和图5。

试验参数包括：

- 循环数：100；
- 在 T_{\max} 保持时间 t_h ：1h或直到DUT温度稳定；
- 转换持续时间：<20s（在DUT高温贮存和溅水之间手动转换）；
- 试验用液体：去离子水
- 水温：0°C~+4°C；
- 水流量：（3L~4L）/3s（喷射时）；
- 喷口到DUT的距离：（325±25）mm（提供的水应超过DUT的宽度）；
- 工作模式：见图4；
- DUT的方向：与装车方向相同。

注：可在水中添加颜料或盐等物质以便于提升识别度。

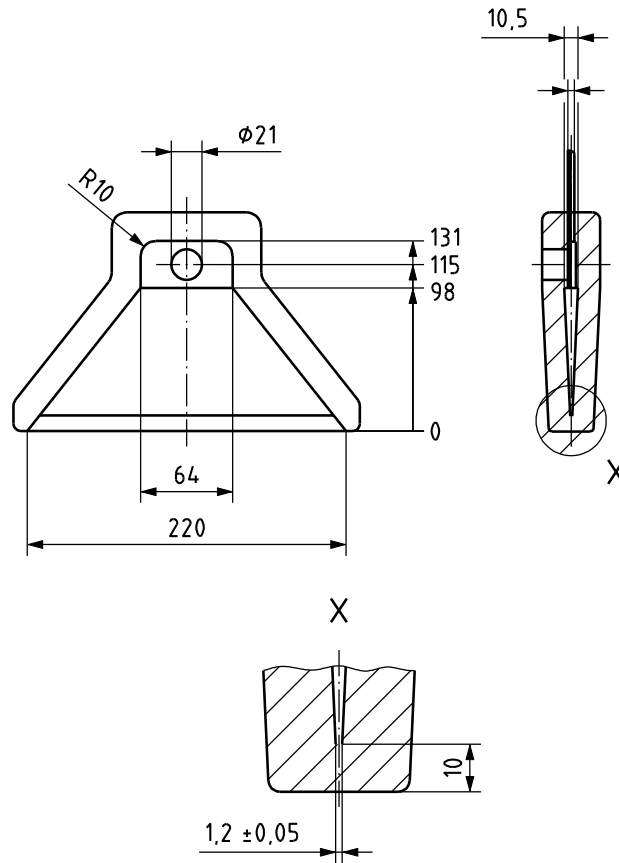
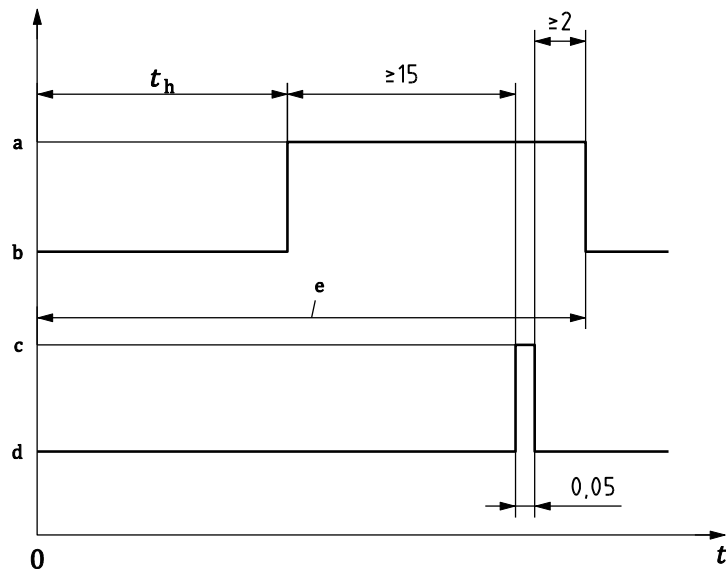


图3 喷头



说明:

t ——时间, min;

t_h ——保持时间, min;

a——工作模式为GB/T XXXX. 1定义的3. 2或4. 2;

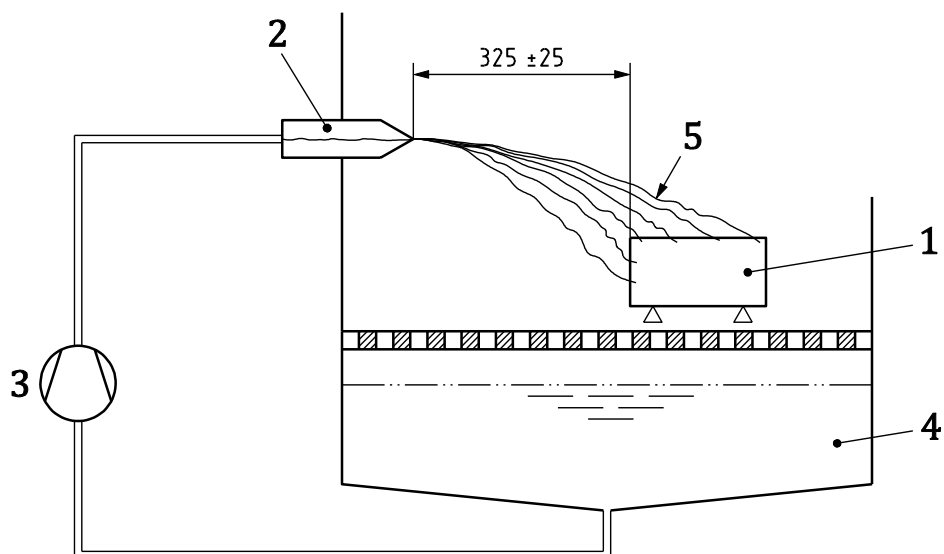
b——工作模式为GB/T XXXX. 1定义的1. 2;

c——打开(喷水);

d——关闭(停止喷水);

e——一个循环。

图4 水飞溅试验循环



说明：

- 1——DUT；
- 2——喷头；
- 3——泵；
- 4——飞溅水；
- 5——飞溅。

图5 水飞溅试验装置

5.3.2.2 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.3.3 浸没试验

5.3.3.1 试验

将DUT与试验设备连接。DUT在 T_{max} 的烘箱中运行规定的时间(t_h)，将在运行状态下的装置浸没在冰水容器中5min，浸没深度不小于10mm（见图6）。

试验参数包括：

- 循环数：10；
- 在 T_{max} 保持时间 t_h ：1h或直到DUT温度稳定；
- 转换持续时间：<20s；
- 试验用液体：去离子水
- 水温：0°C~+4°C；
- 浸没时间：5min；
- 工作模式：GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2；
- DUT的方向：与装车方向相同。

注：可在水中添加颜料或盐等物质以便于提升识别度。

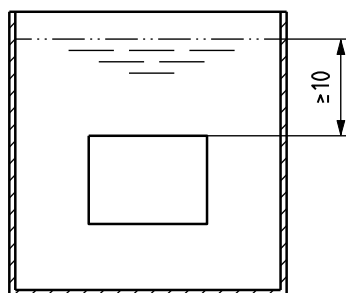


图6 浸没试验装置

5.3.3.2 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.4 耐盐雾

5.4.1 腐蚀

5.4.1.1 目的

检查系统/部件的材料和表面涂层抵御融雪剂等的能力。试验模拟实际的腐蚀，失效模式为腐蚀。对照有关规定目视检查下列项目：标志、外观、工艺及涂层。

5.4.1.2 试验

按GB/T 2423.18进行试验。从表9和附录A选择严酷等级，采用GB/T XXXX.1定义的1.2工作模式。在最佳的距离和适当的光照条件下，具有正常视力的观察者裸眼检查。

5.4.1.3 要求

应没有降低正常功能的变化（例如，密封功能，标志和标签应清晰可见）。功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。

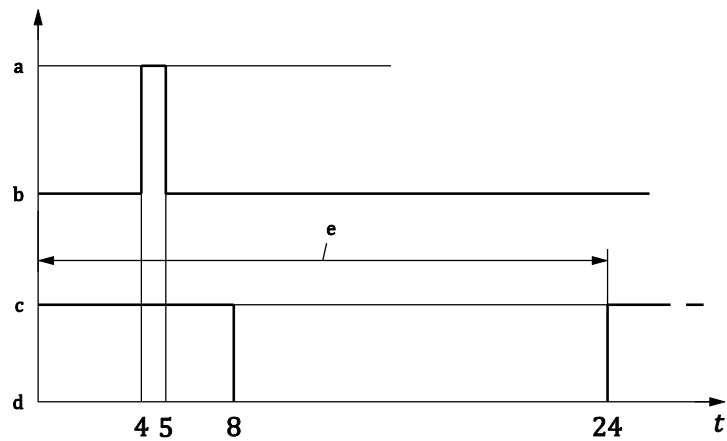
5.4.2 渗漏和功能

5.4.2.1 目的

检查系统/部件对冬季道路上盐雾和盐水的抵御能力，失效模式为盐水渗入导致的泄漏电流而引起的电气故障。

5.4.2.2 试验

按GB/T 2423.17及图7所示的循环进行。一个循环持续24h。对DUT喷雾8h，休息16h，在一个循环的第4小时和第5小时之间以GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2工作模式运行DUT，共进行6个循环即最少进行6天。



说明：

t ——时间，h；

a——工作模式为3.2或4.2；

b——工作模式为1.2；

c——打开（喷盐雾）；

d——关闭（停喷盐雾）；

e——一个循环。

图7 盐雾试验循环

5.4.2.3 要求

不得有盐水进入壳体。在GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2工作模式下功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.4.3 循环盐雾

5.4.3.1 目的

本试验为基于5.4.1和5.4.2定义的加速腐蚀试验，可代替其他盐雾试验（5.4.1和5.4.2）。本试验的目的是检查系统/部件的材料和表面涂层抵御融雪剂的能力。试验模拟实际情况下的腐蚀，失效模式为腐蚀。

5.4.3.2 试验

5.4.3.2.1 盐溶液

盐溶液应符合GB/T 2423.18—2012中第5章的要求。

5.4.3.2.2 循环数

从表5和表6选择循环数，循环数取决于严酷等级和材料种类。循环盐雾循环次数的确定详见附录B。

表5 腐蚀循环数

严酷等级	循环数	
	钢	铝
1	3	8

2	8	23
3	12	30
4	24	60

表6 渗漏和功能循环数

严酷等级	循环数	
	钢	铝
1	1	1
2	2	3
3	3	4
4	5	8

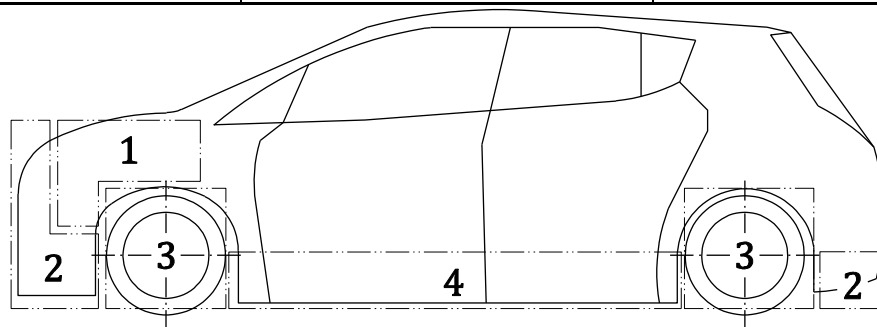


图8 车身不同位置腐蚀严酷等级

5.4.3.2.3 初始检测

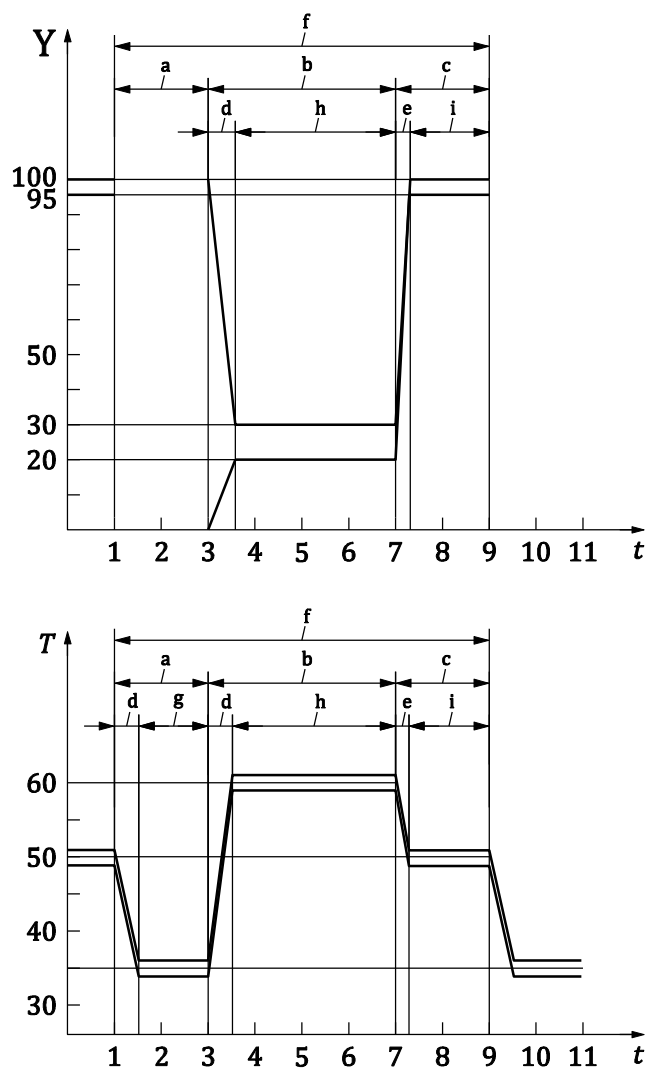
DUT应进行目视检查，如有必要，应按协议进行电性能和机械性能检测。

5.4.3.2.4 试验前处理

协议中应规定试验前立即进行的清洗程序以及是否需要移除临时性表面保护层。试验前的清洗方法通常会影响到表面盐雾的效果，因此应根据表面材料和污染情况选择合适的清洗剂。试验前应尽量避免用手接触试样表面。

5.4.3.2.5 试验

按图9所示的循环进行。一个循环持续8h，对DUT喷雾2h，停止喷雾保持干燥4h，保持在高湿条件下2h。全部循环以GB/T XXXX.1定义的1.2工作模式运行DUT。



说明:

t ——时间, h;

Y ——相对湿度, %;

T ——温度, $^{\circ}\text{C}$;

a——喷盐雾 (不控制湿度);

b——干燥阶段;

c——高湿阶段;

d——少于0.5h;

e——少于0.25h;

f——一个循环;

g——保持时间 (1.5h);

h——保持时间 (3.5h);

i——保持时间 (1.75h)。

注: 如果需要, 可根据DUT的尺寸及质量适当延长d阶段和e阶段的时间。

图9 循环盐雾循环条件

将DUT放置在盐雾箱中, 在 $35^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下喷盐雾2h。所有的暴露区都应维持盐雾条件, 用水平收集面积为 80cm^2 的洁净收集器放置于暴露区域内任意一点, 在收集周期内平均每小时收集 $1.0\text{mL}\sim 2.0\text{mL}$

溶液。至少应采用两个收集器。收集器应放置在不被DUT遮蔽的位置，并避免收集到各类冷凝水。在校准盐雾箱的喷雾速率时，喷雾周期应不少于8h。

喷雾阶段结束后，将DUT转移至干燥的环境箱中，在 $60^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度20%~30%条件下保持4h。

干热阶段结束后，将DUT转移至高湿的环境箱中，在 $50^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度超过95%条件下保持2h。

表5和表6定义了所需的循环次数。如果DUT由不止一个零件组成，则这些零件之间或这些零件与其他金属零件之间不得相互接触，并且它们的排列不应互相影响。

5.4.3.2.6 恢复（试验结束）

协议应说明是否清洗试样，如要清洗，则应在流动的自来水中清洗5min，再用蒸馏水或去离子水漂洗，用手摇晃或用气流吹去水珠，然后在温度 $55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ （相对湿度小于20%）的条件下干燥1h~4h（取决于DUT的尺寸和质量），接着在规定的恢复条件下冷却1h~2h。

如必要，协议应指定清洗和干燥DUT的其他方法，并在GB/T 2421—2020中4.4.2规定的恢复条件下贮存1h~2h。清洗水的温度不应超过 35°C 。

5.4.3.2.7 最后检测

DUT应按照规范进行目视、尺寸和功能检测。规范中应提供可接受或不可接受的DUT的判据。

5.4.3.3 要求

应没有降低正常功能的变化（例如，密封功能，标志和标签应清晰可见）。功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。试验结束后，密封功能按供需双方约定的IP等级执行。

5.5 湿热循环——结露

5.5.1 目的

模拟系统/部件用于高湿条件，失效模式为因潮湿引起的电气故障，例如，印刷电路板因潮湿产生的泄漏电流。另一种失效机理为壳内潮气流动的“呼吸”效应，即当系统/部件壳内空气温度下降时，外部高湿气体就会被吸入。

5.5.2 试验

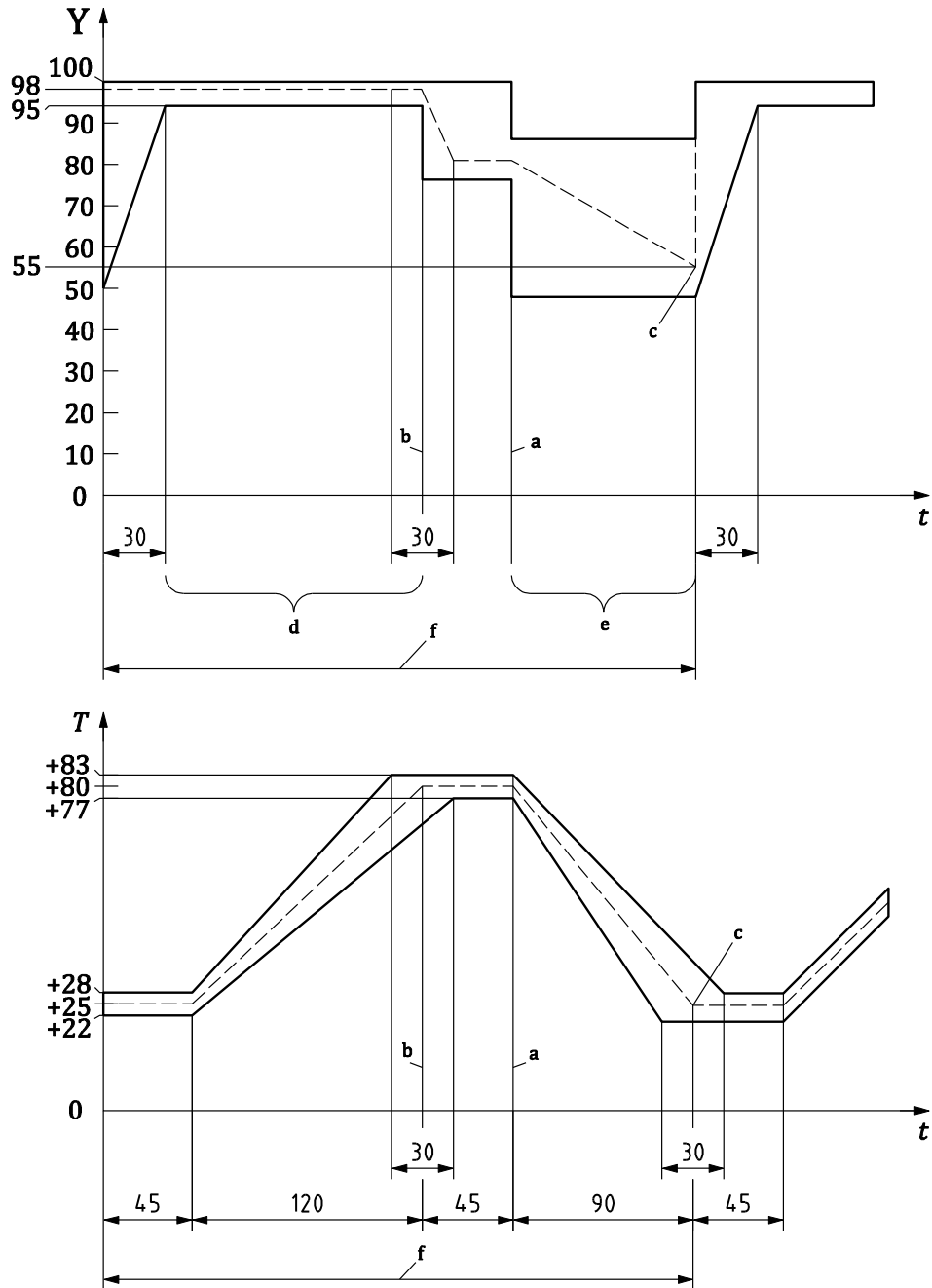
按GB/T 2423.4 Db和图10进行试验：

——上限温度： $80^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；

——循环数：5。

DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的2.1。

定义的温湿度条件是为了模拟实际情况下结露的影响。



说明:

- t——时间, min;
- Y——相对湿度, %;
- T——温度, °C;
- a——开始降温;
- b——升温结束;
- c——温湿度建议值;
- d——冷凝;
- e——干燥;
- f——一个循环。

图10 结露循环条件

5.5.3 要求

功能状态应至少达到GB/T XXXX.1定义的B级。

绝缘电阻试验和耐压试验可以用来确定绝缘性能，详见附录C。

5.6 稳态湿热

5.6.1 目的

模拟系统/部件用于高湿条件。失效模式为潮湿引起的电气故障（例如，印刷电路板因潮湿产生泄漏电流）。

5.6.2 试验

按GB/T 2423.3进行试验。

试验持续时间：21天。

试验条件： $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ， $(93\pm 3)\% \text{RH}$ 。

工作模式：采用GB/T XXXX.1定义的2.1工作模式，但在最后一个小时采用GB/T XXXX.1定义的3.2工作模式。

5.6.3 要求

发动机关闭时工作的系统，功能状态等级应达到GB/T XXXX.1定义的A级。其它系统直到最后一小时前应达到GB/T XXXX.1定义的C级，最后一小时应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.7 冷凝

5.7.1 目的

模拟温湿度快速变化产生的冷凝（如DUT从低温转移到高温）。失效模式为潮湿引起的电气故障。

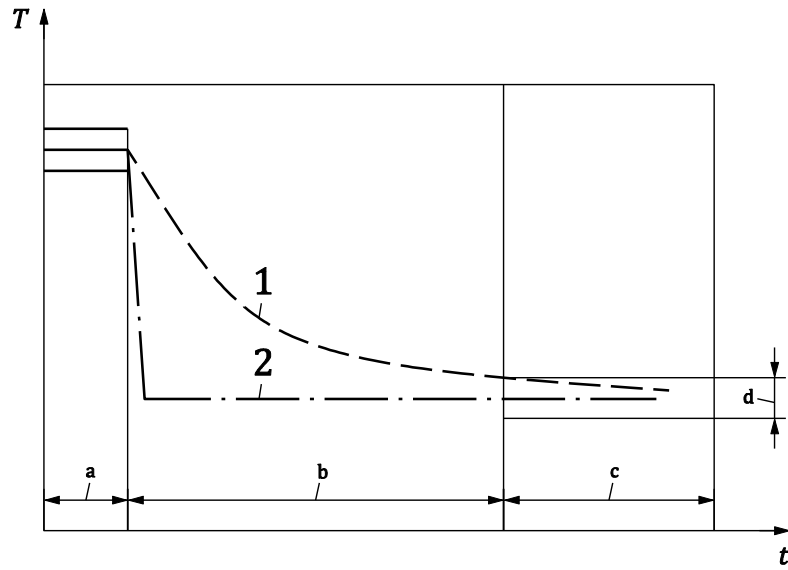
5.7.2 试验

从表9和附录A中选择代码。确保在第一个循环开始之前DUT上没有凝露。根据表7、图12、图13进行试验。确保DUT在每个循环的低温阶段之前达到规定的温度（稳定阶段见图11）。当环境达到高湿度，即将产生凝露时，为了尽量减少自热产生的影响，用尽可能短的时间在GB/T XXXX.1定义的3.2或4.2工作模式下检查DUT的功能（功能检查和工作模式见图12、图13）。

为了保证试验结果的复现性，DUT在高温高湿阶段的风速应保持在 $1\text{m/s}\pm 0.5\text{m/s}$ 之间。

表7 冷凝试验条件

代码	低温阶段		高温高湿阶段		降湿阶段		循环数
	温度	持续时间	温度/湿度	持续时间	温度/湿度	持续时间	
A	$(10\pm 3)^{\circ}\text{C}$	2h	$(50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ $(70\pm 5)\%$	3h	—	—	3
B	$(-30\pm 3)^{\circ}\text{C}$	1h	$(25\pm 3)^{\circ}\text{C}$ $(90\pm 5)\%$	1h	$(25\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 低于50%	1.5h	5
Z	按协议						



说明：

t ——时间，h；

T ——温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

1——DUT温度；

2——环境温度；

a——第一个循环为室温，

第二个循环及之后循环为高湿阶段（代码A），

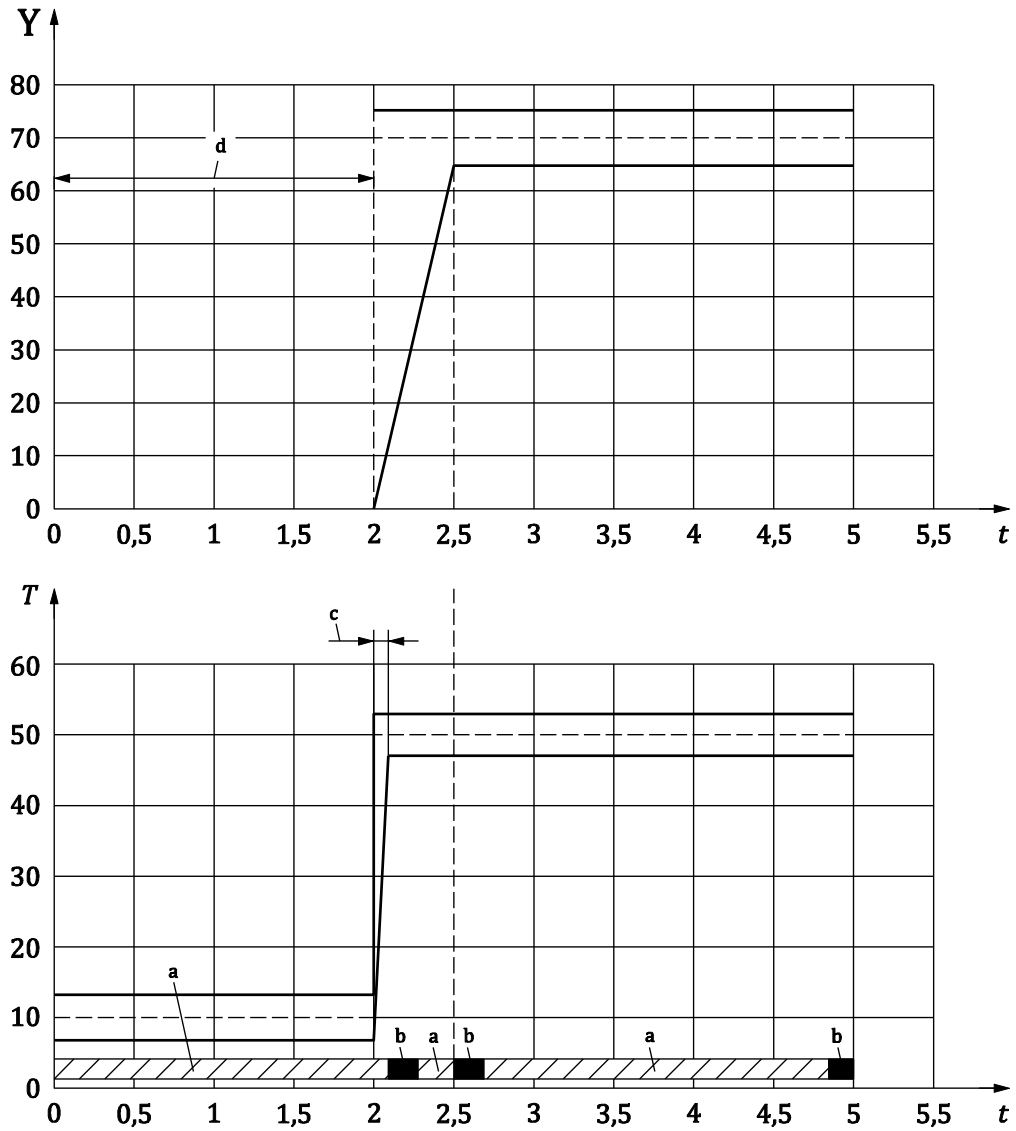
第二个循环及之后循环为降湿阶段（代码B）；

b——稳定阶段；

c——低温阶段；

d——低温阶段温度容差。

图11 稳定阶段



说明:

t ——时间, h;

Y ——相对湿度, %;

T ——温度, °C;

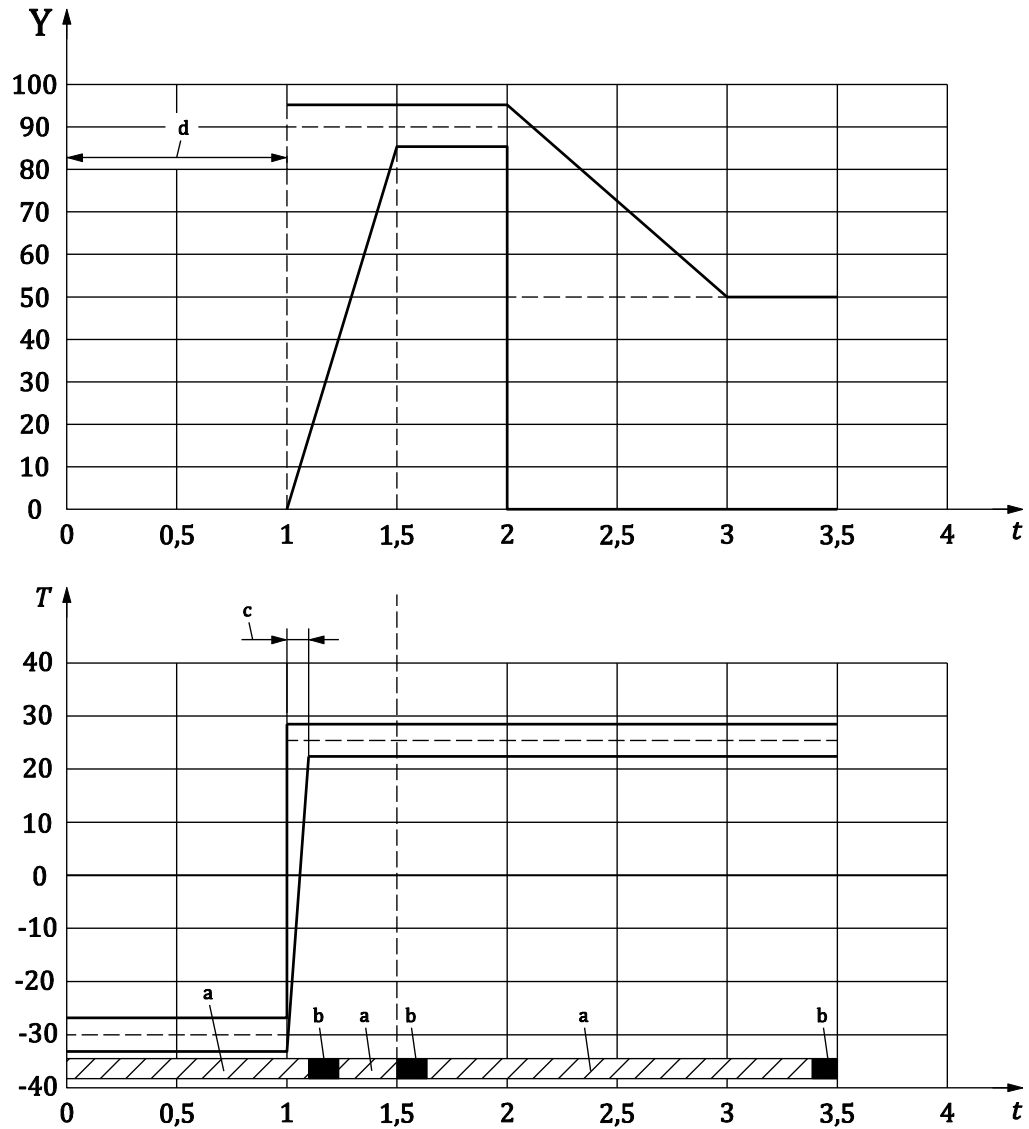
a——GB/T XXXX.1定义的工作模式1.2;

b——GB/T XXXX.1定义的工作模式3.2或4.2;

c——少于5min;

d——不控湿。

图12 冷凝试验 (代码 A)



说明:

t ——时间, h;

Y ——相对湿度, %;

T ——温度, °C;

a——GB/T XXXX.1定义的工作模式1.2;

b——GB/T XXXX.1定义的工作模式3.2或4.2;

c——少于5min;

d——不控湿。

图13 冷凝试验(代码B)

5.7.3 要求

在工作模式为3.2或4.2时,功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的B级。

5.8 混合流动气体腐蚀

5.8.1 目的

模拟系统/部件用于有腐蚀气体的环境中，例如，在高度污染的空气中。失效模式为电气触点表面由绝缘腐蚀物导致的电气故障，与接触点和开关有关。另一失效模式为因保护涂层（如油漆）被渗透导致其下层结构腐蚀。

本试验的应用由供需双方协商。

5.8.2 试验

按GB/T 2423.51，试验Ke、方法4进行试验，DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.2。对安装在乘客舱或行李/货物舱的部件试验持续10天，其它安装位置为21天。

5.8.3 要求

功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的C级。

5.9 太阳光辐射

如有要求，应选择合适的材料抵御太阳光辐射。

5.10 防尘

5.10.1 目的

模拟因间歇电气操作导致DUT外壳内温度变化进入的灰尘。失效模式为灰尘引起的电气或机械故障，例如，进入电气触点表面。

本试验的应用由供需双方协商。

5.10.2 试验

按GB/T 30038及下述条件进行试验。

在供需双方达成协议后，下列粉尘混合物可用于替代GB/T 30038中规定的亚利桑那A2粉尘：

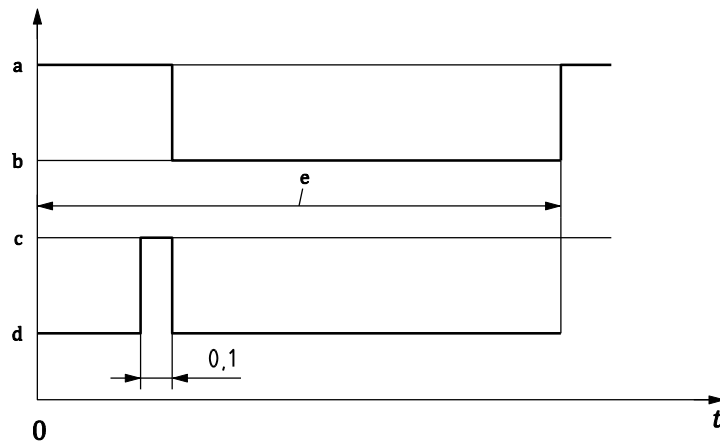
——石灰石（包括砂和黏土，例如，未经烧结的硅酸盐水泥）占总质量分数的50%；

——具有以下尺寸分布的粉煤灰（符合GB/T 2423.37的要求）占总质量分数的50%；

—— $\leq 32\mu\text{m}$ 质量分数为33%；

—— $\geq 32\mu\text{m}$ 且 $\leq 250\mu\text{m}$ 质量分数为67%。

将样品模拟实际安装状态，使粉尘进入的方向与实际一致进行试验。按图14进行试验，共20个循环。供需双方应约定循环时间和工作模式3.2的时间。推荐循环时间为20分钟，工作模式3.2的时间为5分钟。



说明：

t ——时间，min；

- a——GB/T XXXX.1定义的工作模式为3.2;
- b——GB/T XXXX.1定义的工作模式为1.2;
- c——喷尘;
- d——结束喷尘;
- e——一个循环。

图14 防尘试验

5.10.3 要求

在工作模式为GB/T XXXX.1定义的3.2时，功能状态应达到GB/T XXXX.1定义的A级。

5.11 大气压力

5.11.1 目的

电动系统/部件绝缘体内部或绝缘体与导体（如电机绕组）之间存在空隙，施加高压电时，电场会集中在空隙中，产生微弱的放电，称为“局部放电”，该现象会导致绝缘体性能降低，长时间使用可能导致绝缘体损坏。局部放电的起始电压值受大气压力影响。此外，由于环境压力和空隙压力的不同，孔洞周围的绝缘体可能会产生裂缝，导致绝缘体的厚度减薄，增大了局部放电的可能性。

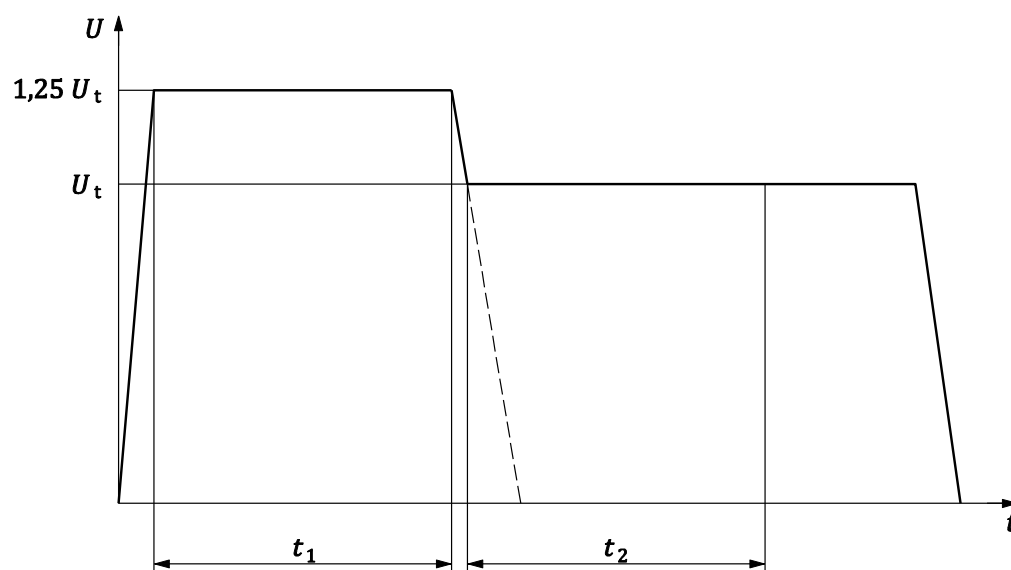
本试验通过极少量的放电来检测可能降低使用寿命的潜在缺陷，这种缺陷不易通过耐压试验或绝缘电阻试验来检测。

5.11.2 试验

将DUT置于低压仓中，工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.2。压力值见表8。在仓内压力值达到稳定后，按GB/T 16935.1—2008中6.1.3.5进行试验。试验电压 U_t 如图15所示。

表8 试验条件

代码	压力 kPa	海拔 m
A	54.0	5000
B	62.0	4000
C	80.0	2000及以下
Z	按协议	---



说明:

U ——电压, V;

t ——时间, h;

U_t ——1.2倍GB/T XXXX.1中定义的 U_x ;

t_1 ——少于5 s;

t_2 ——直到测量出局部放电位置为止。

图15 试验电压

试验电压应施加在相互绝缘的两个部件（如带电部件、单独的电路、接地回路等）之间。

5.11.3 要求

绝缘体不应击穿。不应发生局部放电或在 t_2 阶段 U_t 电压下放电不超过规定值。局部放电量不应超过10 pC（见GB/T 16935.1—2008中6.1.3.5.4.1），当测量精度难以保证时，经供需双方协商，最多可将局部放电量的最大值提升至50 pC。

6 气候负荷代码

见表9。

表9 代码、试验和要求

试验和要求条款	代码									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Z
5.1.1低温	是	是	是	是	是	是	是	是	是	按协议
5.1.2高温	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
5.2.1温度循环	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
5.2.2温度快速变化 (循环数)	300	300	100	100	100	100	100	100	100	
5.3冰水冲击	是	否	否	是	是	否	否	是	是	
5.4.1盐雾喷射, 腐蚀 (严酷等级)	4	—	—	4	5	—	—	4	5	
5.4.2盐雾喷射, 渗漏 和功能(循环数)	6	—	—	6	6	—	—	6	6	
5.4.3循环盐雾(严酷 等级见表5和表6)	1,2,3	—	—	1,2,3	3,4	—	—	1,2,3	1,2,3	
5.5湿热循环-结露	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
5.6稳态湿热	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
5.7冷凝(代码)	B	A	A	B	B	A	A	B	B	
5.9太阳光辐射	否	否	否	否	否	否	是	是	是	
5.10防尘	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
5.11大气压力	是	是	是	是	是	是	是	是	是	
注1: 5.8试验不属于基本代码规定部分。										
注2: 5.4.3试验可以代替5.4.1和5.4.2试验。										

7 防尘、防水

按GB/T 30038检查DUT, 推荐的IP代码见附录A。

附录 A

(资料性)

根据安装位置设备的常规试验和要求

表A.1 常规试验和要求

安装位置	推荐的工作温度范围 (见表1)	推荐气候要求 (见表9)	推荐防尘和防水 (见GB/T 30038)
动力系统			
车身	G,J,O	A,D	IP6K9K
车架	G,J,O	A,D	IP6K9K
非刚性连接的柔性进气管上	G,J,O	A	IP6K9K
非刚性连接的柔性进气管内	G,J,O	B	不规定
发动机/电机上	O,Q	A,D	IP6K9K
发动机/电机内	O,Q	B	不规定
变速器/减速器上	O,Q	A,D	IP6K9K
变速器/减速器内	O,Q	B	不规定
乘客舱			
无特殊要求	D	C	IP5KX
太阳直射处	H	G	IP5KX
热辐射处	J	C	IP5KX
行李舱/货舱			
舱内	E	C	IP5KX
外部/腔体内			
车身	E	D,H	IP5K4K, IP6K9K
车架	E	D	IP5K4K, IP6K9K
底盘/轮毂			
簧上	H	E	IP5K4K, IP6K9K
簧下	H	E	IP6K9K
乘客舱车门内/上	E	D,H	IP5K3
发动机舱盖	N	D,H	IP5K4K
行李舱盖/门	D,E	D,H	IP5K
箱体盖/门	D,E	D,H	IP5K3
腔体内			
开口向车内方向	D	C	IP5KX
开口向车外方向	D	E,I	IP5K4K
专用舱内	Z	Z	不规定

附录 B

(资料性)

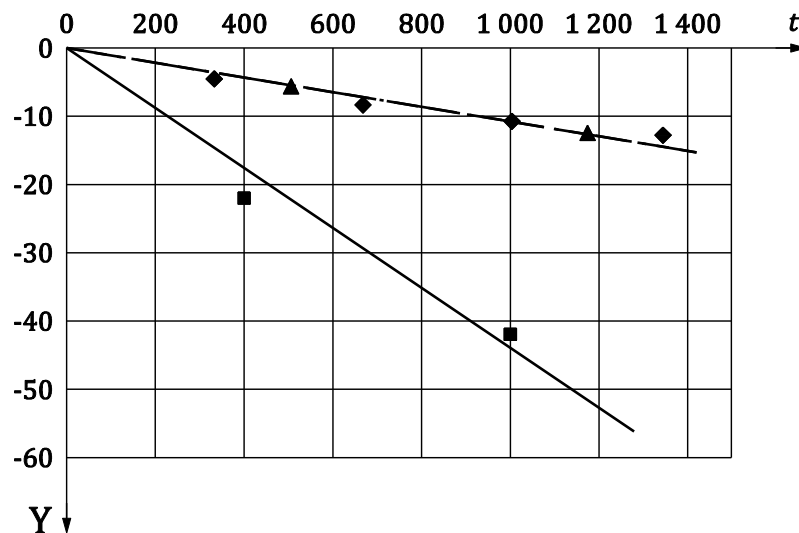
循环盐雾循环次数的确定

B.1 一般规定

循环盐雾试验(5.4.3)是基于腐蚀试验(5.4.1)和渗漏和功能试验(5.4.2)定义的加速腐蚀试验,金属板样品进行腐蚀试验、渗漏和功能试验、循环盐雾试验后,通过对比测量数据,确定循环次数。根据车辆的安装位置确定循环盐雾试验的严酷等级。

B.2 盐雾试验对比分析

为了确定循环盐雾试验的循环次数,对金属板进行相关循环盐雾试验、腐蚀试验、泄漏和功能试验。盐雾试验的质量损失与材料有关,见GB/T 20854—2007附录B。以钢(SAE 1010)为例,循环盐雾试验的严酷程度是腐蚀试验、渗漏和功能试验的4倍(见图B.1)。以铝(ADC 12)为例,循环盐雾试验的严酷程度是腐蚀试验的1.5倍,是渗漏和功能试验的2.2倍(见图B.2)。



说明:

Y——质量损失, %;

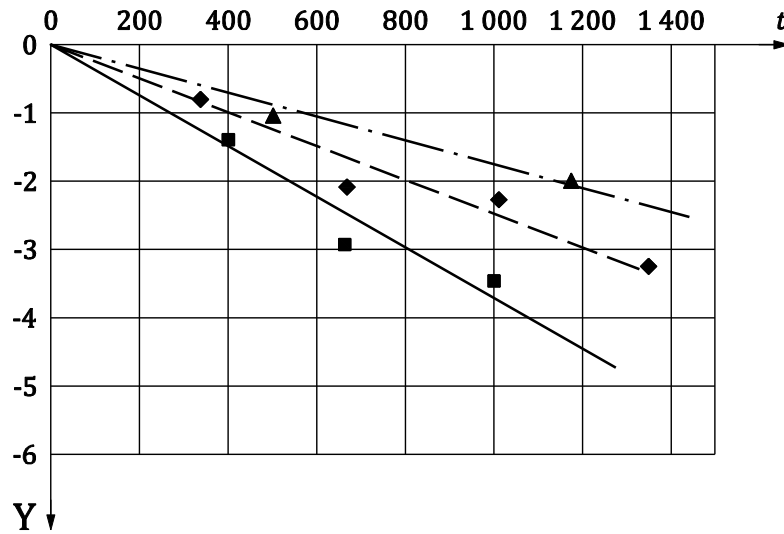
t——测试时间, 小时;

-▲- 5.4.1盐雾试验结果;

-◆- 5.4.2渗漏和功能试验结果;

-■- 5.4.3循环盐雾试验结果。

图B.1 盐喷雾试验质量损失(钢)



说明:

Y——质量损失, %;

t——测试时间, 小时;

—▲— 5.4.1盐雾试验结果;

—◆— 5.4.2渗漏和功能试验结果;

—■— 5.4.3循环盐雾试验结果。

图B.2 盐喷雾试验质量损失(铝)

使用的金属片: 钢为SAE 1010; 铝为ADC 12。循环盐雾试验在试验时长48小时(6个循环)的条件下钢材的质量损失为150 g/m², 铝的质量损失为7 g/m²。

B.3 循环盐雾循环数

腐蚀试验的一个循环周期为168小时, 试验条件分为两种严酷等级, 672小时(4循环)和840小时(5循环)。循环盐雾试验的一个循环周期为8小时。如图B.1和图B.2所示, 每种盐雾试验的质量损失取决于材料的种类。材料为钢时, 循环盐雾试验质量损失是腐蚀试验的4倍; 材料为铝时, 循环盐雾试验质量损失是腐蚀试验的1.5倍。循环盐雾试验的持续时间和循环次数依据腐蚀试验的时间和B.2中的质量损失计算, 计算公式如下:

$$\text{质量损失比} = \frac{\text{5.4.3试验质量损失}}{\text{5.4.1试验质量损失}}$$

$$\text{循环数} = \frac{\text{5.4.1试验时长, h}}{\text{质量损失比}} \times \frac{1}{\text{5.4.3试验一个循环时长, h}}$$

在循环盐雾试验中, 表B.1所示铝和钢两个等级的平均值为60个循环和24个循环, 分别作为铝和钢最严酷的等级, 其数值与实际环境条件模拟试验的结果相吻合。

表B.1 腐蚀循环数

试验名称	腐蚀试验(5.4.1)		循环盐雾试验(5.4.3)	
	未定义		钢	铝
试验时长	672h (4循环)		168h (21循环)	448h (56循环)
(循环数)	840h (5循环)		210h (26循环)	560h (70循环)

渗漏和功能试验的一个循环周期为24小时, 循环数为6h。如图B.1和图B.2所示, 每种盐雾试验的质量损失取决于材料的种类。材料为钢时, 循环盐雾试验质量损失是渗漏和功能试验的4倍; 材料为铝时,

循环盐雾试验质量损失是渗漏和功能试验的2.2倍。循环盐雾试验时间和循环次数依据渗漏和功能试验时间和B.2中的质量损失计算，渗漏和功能试验的循环数如表B.2所示。计算公式如下：

式中：

$$\text{质量损失比} = \frac{\text{5.4.3试验质量损失}}{\text{5.4.2试验质量损失}}$$

$$\text{循环数} = \frac{\text{5.4.2试验时长, h}}{\text{质量损失比}} \times \frac{1}{\text{5.4.3试验一个循环时长, h}}$$

表B.2 渗漏和功能循环数

试验名称	渗漏和功能试验(5.4.2)	循环盐雾试验(5.4.3)	
材料	未定义	钢	铝
试验时长（循环数）	144h（6循环）	36h（5循环）	65h（8循环）

B.4 严酷等级根据安装位置确定(接触水的频率和程度)

车辆不同位置的腐蚀速率不同，因为不同装车位置接触水的频率和程度的不同。将车辆不同安装位置划分为4个区域(见图8)，对应4个不同的严酷等级。将严酷程度最轻的一级定义为严酷等级1，不同严酷等级的严酷程度比例为：严酷等级1:严酷等级2:严酷等级3:严酷等级4=1:3:4:8。具体循环数见表5、表6。例如，在腐蚀试验中，材料为铝且严酷等级为2的情况下，其值计算为60循环×3/8=23个循环。

附录 C (资料性) 绝缘试验

C.1 一般规定

下面所述的绝缘试验在湿热循环试验(5.5)后进行。

注：本试验不是安全试验。

C.2 耐压

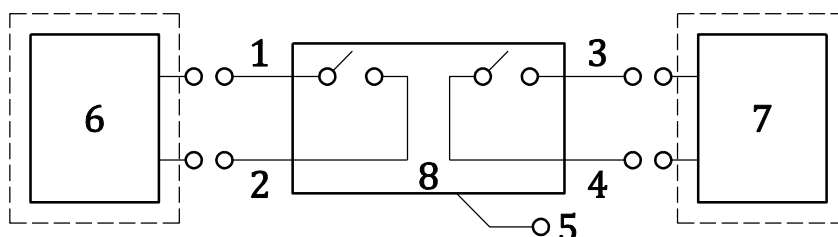
C.2.1 目的

确保具有电气隔离的电路的绝缘介质具有耐压能力。

C.2.2 试验

将 $2U_x+1000$ V (50 Hz/60 Hz)的交流电压施加到DUT的高压电路上持续60 s。将500V的交流电压施加到DUT的低压电路上持续60 s。DUT工作模式为GB/T XXXX.1定义的1.1。

在图C.1所示的下列端子中，对具有电气隔离的端子或外壳等之间施加电压：高压端子1和2之间；低压端子3和4之间；低压端子3或4与外壳5或塑料外壳包裹的电极(如金属箔)之间；在高压端子1或2与外壳5或塑料外壳包裹的电极(如金属箔)之间；在高压端子1或2和低压端子3之间，高压端子1或2和低压端子4之间。



说明：

1, 2——高压端子；

3, 4——低压端子；

5——外壳；

6——高压部件(例如：RESS、发动机、变压器)；

7——低压部件(例如：ECU、12V或24V电池)；

8——DUT。

图C.1 测量点

注：参考GB/T 16935.1。

如车辆在高海拔地区使用，海拔因素对施加电压影响的修正系数见表C.1。

表C.1 海拔校正参数（依据 GB/T 16935.1）

代码	海拔 m	标准压力 kPa	修正系数
A	5000	54.0	1.48
B	4000	62.0	1.29
C	2000及以下	80.0	1.00

Z	按协议
---	-----

C.2.3 要求

功能状态应至少达到GB/T XXXX.1定义的C级。在试验过程中没有击穿和闪络现象发生。

C.3 绝缘电阻

C.3.1 目的

确定相互绝缘的电气隔离电路和DUT导电部件之间的最小电阻值。

C.3.2 试验

在表C.2所示的相互绝缘的电气隔离电路端子之间，对DUT施加DC 500 V或DC 1000 V的电压，持续60秒。DUT的工作模式为1.1，测量点如图C.1所示。

表 C.2 试验电压

测量点	电压等级	施加电压 V d.c.
——低压端子之间 ——低压端子与壳体之间	A级电压	500
——高压端子之间 ——高压端子与低压端子之间 ——高压端子与壳体之间	B级电压	1000

注1：B级电压_470或更低的部件，供需双方可规定不同的施加电压。

注2：B级电压部件见ISO 21498。

C.3.3 要求

DC 500 V时绝缘电阻应大于10 M Ω ；DC 1000 V时绝缘电阻应大于20 M Ω 。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2423.37 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验L：沙尘试验（GB/T 2423.37—2006，IEC 60068-2-68：1994，IDT）
- [2] GB/T 16935.1—2008 金低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验（IEC 60664-1:2007，IDT）
- [3] GB/T 20854-2007 金属和合金的腐蚀 循环暴露在盐雾、“干”和“湿”条件下的加速试验（ISO 14993:2001，IDT）
-