

团 体 标 准

T/CASMES 357—2024

新能源汽车用 PTC 水暖加热器

PTC water heater for new energy vehicles

2024 - 07 - 25发布

2024 - 07 - 26实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	2
5 试验方法	5
6 检验规则	17
7 标志、包装、运输及贮存、安装	19

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。

本文件由中国中小企业协会提出并归口。

本文件起草单位：孝感华工高理电子有限公司、南京美均电子科技有限公司、杭州振和电子科技有限公司、福建坤华智能装备有限公司、江苏华智新能源科技有限公司、芜湖华族新能源材料有限公司、广东邦科电子股份有限公司、德清县新城照明器材有限公司、四川赛特制冷设备有限公司、广东正扬传感科技股份有限公司、郑州科林车用空调有限公司、江苏众众电热科技有限公司、东风汽车集团有限公司研发总院、浙江晨普汽车科技有限公司、广东国研新材料有限公司、东莞市沃力电子有限公司、芜湖德鑫智控有限公司、深圳乐桥电子有限公司、贵州凯里经济开发区中昊电子有限公司、芜湖惠成电子科技股份有限公司、河北宏业永盛汽车加热器股份有限公司、湖南比卓电子科技股份有限公司、常州联德陶业有限公司、东莞市赛尔盈电子有限公司、华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：聂波、邹勇、王玮、周志华、孙雨、杨迪、刘古月、苏露、李巧华、郑进军、孙磊、黄骥、徐建平、周平良、易天、杨雨骁、丁心飞、卢景帅、郭军峰、陈桂军、魏永盛、乔双成、刘维光、陈闻杰、刘佩琼、王仁俊、邱桥、吴燕青、赵灵君、鲁国江、罗检平、张栋省、吴翔、李华、刘俊林。

新能源汽车用 PTC 水暖加热器

1 范围

本文件规定了新能源汽车用正温度系数（PTC）水暖加热器的术语和定义、型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装及贮存。

本文件适用于PTC水暖加热器的开发验证与验收。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.18 汽车电线束低压连接器技术条件
- GB/T 2423.34 环境试验 第2部分：试验方法 试验ZAD：温度湿度组合循环试验
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 8410 汽车内饰材料的燃烧特性
- GB/T 18655 车辆、船和内燃机无线电骚扰特性—用于保护车载接收机的限值和测量方法
- GB/T 19515 道路车辆 可再利用性和可回收利用性 计算方法
- GB/T 28046.1 道路车辆电气及电子设备的环境条件和实验 第1部分 一般规定
- GB/T 28046.2 道路车辆. 电气和电子设备的环境条件和试验 第2部分 电气负荷
- GB/T 28046.3 道路车辆电气及电子设备的环境条件和实验 第3部分 机械负荷
- GB/T 28046.4 道路车辆. 电气和电子设备的环境条件和试验 第4部分 气候负荷
- GB/T 30038 道路车辆电气电子设备防护等级（IP代码）
- GB/T 30512 汽车禁用物质要求
- QC/T 238 汽车零部件存储和保管
- QC/T 797 汽车塑料件、橡胶件和热塑性弹性体件的材料标识和标记
- ISO 16750-5 道路车辆 电子电气产品的环境条件和试验：化学环境

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 PTC水暖加热器 PTC water heater

由多片并联使用的PTC陶瓷发热元件组件、控制线路板、高低压线束和塑料箱体等构成，用防冻液作为热传递介质经散热器使空气流动加热的集成器件。

3.2 耐电压 voltage resistance

在标准大气条件下，规定时间内PTC水暖加热器不被破坏所能承受的最大电压。

3.3 最大启动电流 maximum starting current

对PTC水暖加热器施加 U_{max} 电压时的最大电流有效值。

3.4 额定工况 rated working conditions

按照规定设定额定工作电压、进水温度以及水流量。

3.5 稳定工作状态 stable operating status

PTC水暖加热器在额定工况下工作时，连续5min内电加热器的电功率变化不大于 $\pm 2\%$ 。

3.6 额定功率 rated power

在额定工况下，PTC水暖加热器稳定工作状态的输入功率。

3.7 加热效率 heating efficiency

冷却液吸收的热能与 PTC 水暖加热器消耗的电功率的比值。

3.8 缩略语和符号 abbreviations and symbols

符号	定义	备注
U _{max}	高压最高工作电压	
U _{min}	高压最低工作电压	
U _{lvmin}	低压最低工作电压	
U _{lvmax}	低压最高工作电压	
U _额	高压额定工作电压	
U _{lv 额}	低压额定工作电压	
I _{max}	最大冲击电流	
I _额	额定工况下工作电流	
T _{max}	最高工作温度	
T _{min}	最低工作温度	

4 技术要求

- PTC 水暖加热器通过给加热元件通电工作，将电能转化成热能，再通过热交换器加热工作介质从而输出热能，功率大小应符合经规定程序批准的技术文件要求。通过 LIN/CAN 接收/发送信息，调节加热元件通电工作数量或工作时间，实现车用电加热器输出功率可调，诊断功能，功能安全；
- 具体按照经规定程序批准的技术文件执行。

4.1 外观及尺寸

- PTC 水暖加热器产品各部件表面应光洁、平整，不应有凹痕、划伤、裂缝、变形、毛刺、霉斑等缺陷，金属机壳表面应有防锈、防腐蚀涂层，金属零件不应有腐蚀及机械损伤，表面标记标签应清晰、正确、端正可见；
- PTC 水暖加热器的尺寸按照经规定程序批准的图纸及技术要求文件执行。

4.2 工作环境

- 环境温度：-40℃~125℃；
- 大气压力 70 kPa~110 kPa；
- 安装位置空间无腐蚀、易燃、易爆气体；
- 海拔 ≤5500 m。

4.3 性能参数

- 工作电压范围：根据整车要求，符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求；
- 额定功率：符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求，处于稳定工作状态时其功率的允差 $\pm 10\%$；
- 加热效率：不低于 93%；
- 防护等级：满足 IP6K9K&IP67；
- 流阻：符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求；
- 接地电阻：接地点与可导电外壳电阻 <math>< 100 \text{ m}\Omega</math>；
- 休眠（静态）电流：小于 0.1 mA 或规定程序批准的图纸要求；
- 工作电流：符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求；
- 启动冲击电流：$I_{\text{max}} \leq 2.5 \text{ 倍 } I_{\text{额}}$ 或符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求；
- 电压平台：根据新能源汽车电压范围，将 PTC 加热器分为以下电压平台，见表 1。

表1 电压平台

中压平台		高压平台		平台案例（不局限定义）		
高压系统 U	低压系统 U _{lv}	高压系统 U	低压系统 U _{lv}	高压系统 U	低压系统 U _{lv}	额定电压（示例）
160 V~500 V	9 V~32 V	500 V~950 V	9 V~32 V	160 V~500 V	9 V~16 V	1. U _{lv} 额= 12 V 2. U 额= 350 3. 符合经规定程序批准的图纸
				500 V~900 V	9 V~16 V	1. U _{lv} 额= 14 V 2. U 额= 750 3. 符合经规定程序批准的图纸
				160 V~500 V	16 V~32 V	1. U _{lv} 额= 24 V 2. U 额= 400 V 3. 符合经规定程序批准的图纸
				500 V~900 V	16 V~32 V	1. U _{lv} 额= 24 V 2. U 额= 630 V 3. 符合经规定程序批准的图纸

4.4 基本试验条件

本文件所涉及的试验、测试项目，无特别注明，以下要求为基本条件：

- 环境温度：23℃±5℃；
- 湿度：45%~75%；
- 气压：70 kPa~110 kPa。

4.5 禁用物质要求

- 按 GB/T 30512-2014 的规定执行；
- 材料的可再利用性和可回收利用性要求满足 GB 19515 要求。

4.6 产品功能状态

产品功能状态见表2。

表2 功能状态

功能状态	描述	备注
功能状态A	试验样件的所有功能在试验进行中和试验结束之后都保持正常，满足所有设计功能要求。	
功能状态B	试验中，加热器的所有功能满足设计要求，有一个或多个超出规定±5%允差时，试验后所有功能应自动恢复到规定限值。存储器功能应符合 A 级。	
功能状态C	试验中，加热器一个或多个功能不能满足设计要求，试验后所有功能应自动恢复到正常运行。	
功能状态D	在试验进行过程中，试验样件丧失一项或多项功能，试验结束之后，试验样件无法自动恢复丧失的功能，应经过简单的操作才能恢复所有的功能。	
功能状态E	在试验进行过程中，试验样件丧失一项或多项功能，试验结束之后，试验样件无法恢复丧失的功能，通过更换某些元件或进行维修才能恢复所有的功能。	

4.7 试验要求

PTC水暖加热器在各种使用环境以及使用状态下，能保持完好的使用功能，应满足表3所述功能测试要求。

表3 PTC 水暖加热器功能性能测试要求以及试验项目

序号	试验项目	测试要求	试验方法
1	外观尺寸	外观完好，尺寸符合 4.1 的要求。	5.1
2	介电强度（耐电压）	试验过程中无闪烁、放电或局部放电现象。	5.2
3	绝缘电阻	产品绝缘电阻 $\geq 100\text{ M}\Omega$ 。	5.3
4	气密性	控制器端：泄漏量范围 $\leq 0.3\text{ ml/min}$ & -20 kpa ； 加热器端：泄漏量范围 $\leq 2.5\text{ ml/min}$ & 300 kpa ； 符合经规定程序批准的图纸要求气检、水检或氦检。	5.4
5	接地连续性	计算测试 $< 0.04\ \Omega$ 。	5.5
6	过电压	在试验过程中，样品具有功能状态 C。	5.6
7	跳变电压	当电压大于 U_{lvmax} 时 PTC 水暖加热器进入保护，当低于大于 U_{lvmax} 时 PTC 水暖加热器恢复运行。	5.7
8	负载突降	施加干扰时，在工作电压范围内，试样品在测试期间和测试之后均应正常工作。在工作电压范围外，试验中一个或多个功能不满足设计要求，试验后所有功能能自动恢复到规定运行。	5.8
9	电压脉动	PTC 水暖加热器功能正常通讯正常。	5.9
10	电压缓降与骤升	U_{lvmax} 降到 U_{lvmin} 的过程中正常运行，低于 U_{lvmin} 工况持续进入保护模式，电压重新 $> U_{lvmin}$ 工况恢复运转； $> U_{lvmax}$ 工况持续进入保护模式，电压重新 $< U_{lvmax}$ 工况恢复运转。	5.10
11	电压缓升与缓降	U_{lvmax} 降到 U_{lvmin} 的过程中正常运行，低于 U_{lvmin} 工况持续进入保护模式，电压重新 $> U_{lvmin}$ 工况恢复运转； $> U_{lvmax}$ 工况持续进入保护模式，电压重新 $< U_{lvmax}$ 工况恢复运转。	5.11
12	反向电压（低压）	接入反向电压时加热器为停机状态，当反向电压施加完毕之后重新调节电压回到正常电压 U_{lv} 额，加热器应正常运行。	5.12
13	低电压复位	试验后满足功能等级 C。	5.13
14	加热性能	输出加热性能表。	5.14
15	压降	输出压降曲线表。	5.15
16	耐工业试剂试验	试验后对 PTC 水暖加热器进行目视检查，无膨胀、裂痕、脱色等外观异常，标志和标签清晰可见，满足功能等级 A。	5.16
17	无水干烧	产品干烧时，加热器应有自我保护功能，壳体表面温度 $\leq 125^\circ\text{C}$ 。测试完成后零部件的功能状态应满足 A 等级要求。	5.17
18	温度冲击	试验结束后功率变化小于 $\pm 10\%$ ，气密性、绝缘性、耐压性能满足设计要求。	5.18
19	高低温贮存	试验结束后功率变化小于 $\pm 10\%$ ，气密性、绝缘性、耐压性能满足设计要求。	5.19
20	温度梯度	试验过程中样品正常工作（功能状态 A）。	5.20
21	自由跌落	测试后，不应有隐形损坏，在不影响产品性能的情况下外壳有微小损坏，正常性能在试验后进行，功能状态应达到等级 C。	5.21
22	低温测试	试验结束后功能状态应达到等级 A。	5.22
23	振动强度	测试完成后，不应出现损坏，在 GB/T 28046.1 定义的工作模式 3.2 下达到功能状态 A，其他工作模式下达到功能 C。	5.23
24	机械冲击	试验结束后功率变化小于 $\pm 10\%$ ，气密性、绝缘性、耐压性能满足设计要求。	5.24
25	盐雾试验	测试完成后零部件的功能状态达到 A 等级要求，外观红锈不能超过 10%，永久性标识和高压警示标识清晰可见，拆解密封区域无盐分入侵。	5.25
26	温湿度循环	试验结束后功率变化小于 $\pm 10\%$ ，气密性、绝缘性、耐压性能满足设计要求。	5.26
27	冰水冲击	试验结束后功率变化小于 $\pm 10\%$ ，气密性、绝缘性、耐压性能满足设计要求。	5.27
28	绝缘评估	产品绝缘电阻 $\geq 500\text{ M}\Omega$ 。	5.28
29	真空度测试	试验结束后，样品无泄漏，无损坏，零部件的功能状态至少要达到 A 等级要求。	5.29
30	爆破压力	爆破时压力 $\geq 0.55\text{ Mpa}$	5.30
31	耐静压测试	试验结束后，样品无泄漏，无损坏，零部件的功能状态至少要达到 A 等级要求。	5.31
32	压力循环	试验过程无泄漏。	5.32
33	耐高温	试验过程中样品正常工作（功能状态 A）。	5.33
34	通电温度循环	试验过程中样品正常工作（功能状态 A）。	5.34
35	强化耐久	试验结束后，样品正常工作，产品加热功率符合规定，功能正常。	5.35
36	电磁兼容性	符合 5.36 表格标准规范要求。	5.36

序号	试验项目	测试要求	试验方法			
37	内部清洁度	试验后, 杂质总量 $\leq 50\text{mg}/1000\text{cm}^2$, 试验颗粒大小满足下表要求。				
		金属颗粒	尺寸	200 μm ~400 μm	400 μm ~500 μm	>500 μm
			限值	Max 100 pcs	Max 16 pcs	0
		非金属颗粒	尺寸	>1 mm (不含纤维)	2 mm~3 mm (含纤维)	>3 mm (含纤维)
		限值	0	2	0	
38	内部腐蚀	冷却液流经的地方无腐蚀、无损坏, 无液体泄漏, 功能正常, 击穿强度和绝缘强度符合要求。	5.38			
39	防护等级	产品满足防护等级 IP67 和 IP6K9K 的要求。	5.39			
40	温度循环振动	测试完成后, 不应出现损坏, 全部工作模式下达到功能 C。	5.40			
41	水温传感器精度	进出水口温度精确度应在 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ 范围内。	5.41			
42	冲击电流	启动冲击电流: $I_{\text{max}} \leq 2.5$ 倍 I 额, 或符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求。	5.42			
43	电导率	试验后电导率: $\leq 5 \mu\text{S}/\text{cm}@90^\circ\text{C}$ 。(针对氢燃料电池检测项目)	5.43			

5 试验方法

5.1 外观尺寸

- PTC 水暖加热器外观质量和标志用目测法检测: 外表面不应有变形、油污、锈蚀、锐边等缺陷; 产品相关标识清晰可见。
- PTC 水暖加热器外形尺寸用通用或专用量具检测, 按照经程序批准的图纸及技术文件要求进行验证, 相关尺寸参数满足图纸及技术文件的要求。

5.2 介电强度

高压引脚“+”和“-”并联, 低压正负极、信号端和金属外壳连接(见图1):

- 环境温度= $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$;
- 湿度=45%~75%;
- 电压= $1000+2 U_{\text{max}}$ VAC (或按系数转换 DC 电压);
- 时间=60 s。

试验结果符合表3第2条规定。

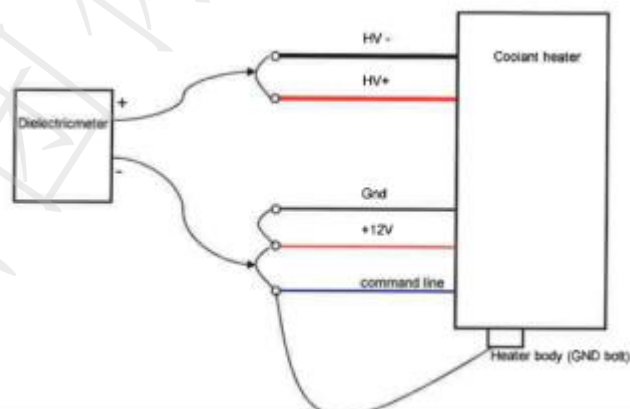


图1 绝缘耐压测试连接示意图

5.3 绝缘电阻

高压引脚“+”和“-”并联, 低压正负极、信号端和金属外壳连接(见图1):

- 环境温度= $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$;
- 湿度=45%~75%;
- 电压=1000 VDC;

4) 时间=60 s。

试验结果符合表3第3条规定。

5.4 气密性

a) 水流道气密性

- 样品温度=环境温度;
- 测试气压: 0.3 MPa;
- 测试时间: 60 s。

b) 电气气密性

- 样品温度=环境温度;
- 测试气压: -20 KPa;
- 测试时间: 60 s。

试验结果符合表3第4条规定。

或符合经规定程序批准的图纸要求气密、水检或氦检。

5.5 接电连续性

接地连续性测试连接见图2。

- 环境温度: $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- 相对湿度: 45%~75%;
- 电流输入为 1 点;
- 电流输出为 GND 固定点;
- 测量 1, 2, 3, 4 外露可导电金属部分对 GND 固定点电压跌落[mV];
- 测量电流: $I_{\text{Mess}}=25 \text{ A}$;
- 测量时间 $>5 \text{ s}$ 。

试验结果符合表3第5条规定。

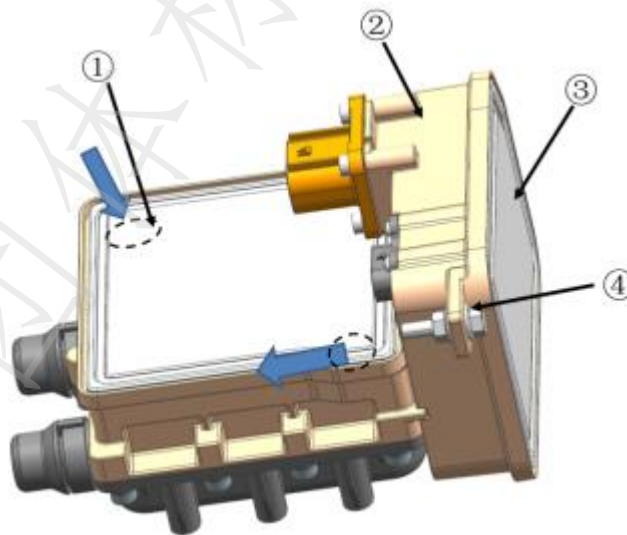


图2 接地连续性测试连接示意图

5.6 过电压

5.6.1 长时间过电压, 参考 GB/T 28046.2 进行, 测试参数见表 4, 示意图见图 3。

表4 测试参数 长时间过电压

产品的工作模式	品处在正常的工作, 所有功能均能执行
测试时间 t_1	60 min
连续测试电压	$U_{lv\max}+2$

产品的工作模式	品处在正常的工作，所有功能均能执行
从 U_{lv} 额上升到 U_{lvmax} 的时间 t_r	<10 ms
从 U_{lvmax} 下降到 U_{lv} 额的时间 t_r	<10 ms
测试温度	$T_{max}: -20^{\circ}\text{C}$
测试循环数	1
样件数量	3

试验结果符合表3第6条规定。

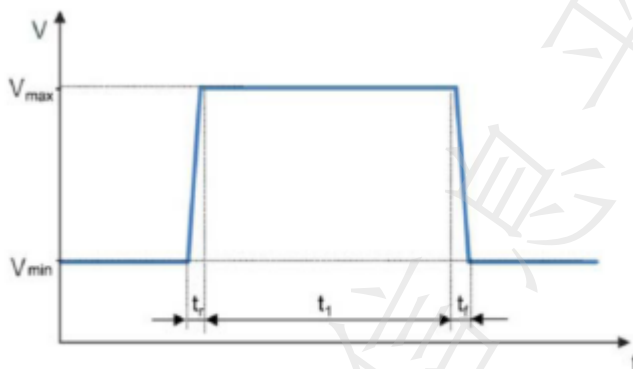


图3 测试参数 长时间过电压示意图

5.6.2 瞬时过电压

瞬时过电压测试参数见表5，示意图见图4。

表5 测试参数 瞬时过电压

产品工作模式	产品处在正常的工作，所有功能均能执行
下图 U_{min}	U_{lvmax}
下图 U_1	$U_{lvmax}+1$
下图 U_{max}	$U_{lvmax}+2$
t_r	1 ms
t_f	1 ms
t_1	400 ms
t_2	600 ms
循环次数	50 次循环脉冲
样件数量	最少 3 件

试验结果符合表3第6条规定。

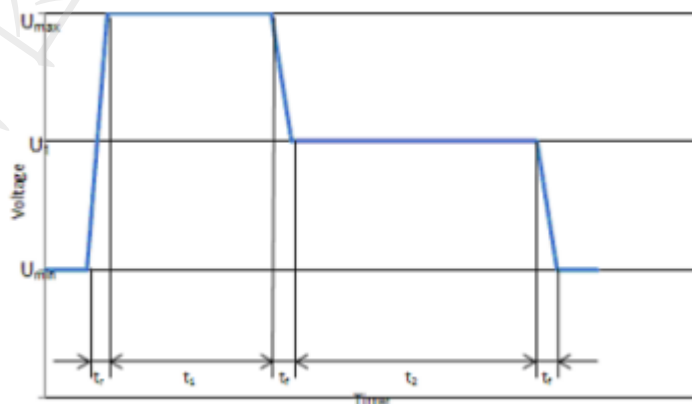


图4 测试参数 瞬时过电压示意图

5.7 跳变电压

跳变电压，测试参数见表6，示意图见图5。

表6 测试参数 跳变电压

产品的工作模式	产品处在正常的工作，所有功能均能执行
下图 U_{min}	U_{lv} 额
U_{Bmax}	$2 * U_{lv}$ 额
t_{vor}	60 s
t_{pruf}	60 s
测试循环数	1
样件数量	最少 3 件

试验结果符合表3第7条规定。

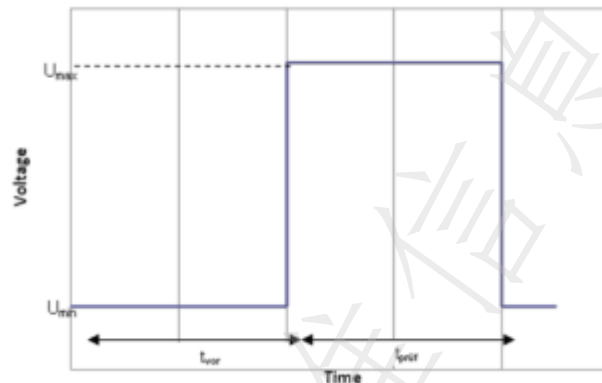


图5 测试参数 跳变电压示意图

5.8 负载突降

电压范围： $U_{lv额} - U_{lvmin} - 1.5 V - U_{lvmin} - U_{lv额}$ ，波形边沿 $< 10 ms$ ，测试脉冲：5次，见图6。

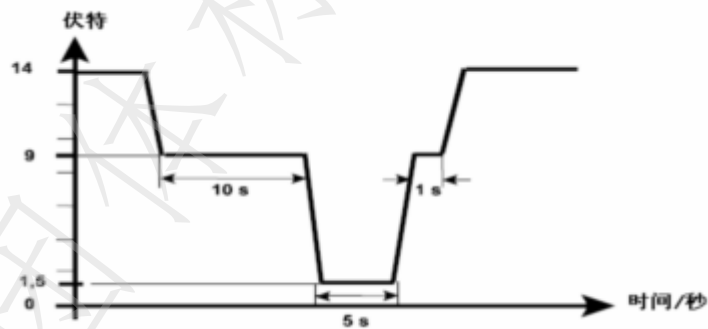


图6 负载突降 电压—时间示意图

试验结果符合表3第8条规定。

5.9 电压脉动

测试工况：使用可编程电源，按下图进行编程试验。PTC水暖加热器应如图所示，电压工况：频率50HZ，周期2分钟（交流电压会叠加于整车电源网络，此测试模拟这种现象），波动范围 $U_{lvmin} \sim U_{lvmax}$ ，见图7图8。

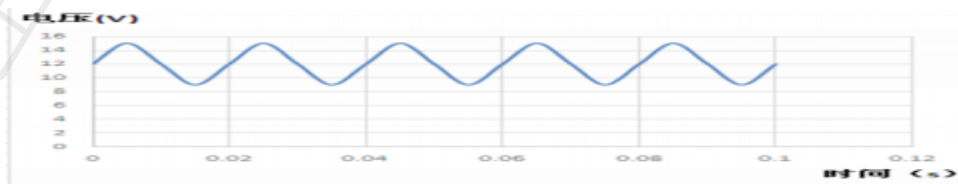


图7 电压脉动细节示意图

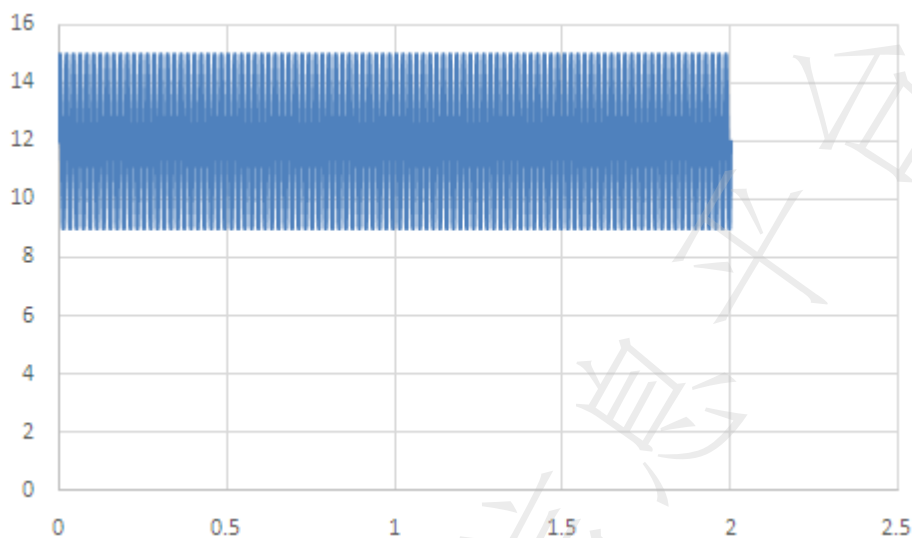


图8 电压脉动整体示意图

试验结果符合表3第9条规定。

5.10 电压缓降与骤升

测试工况：PTC水暖加热器按图9工况进行试验，循环1次。

$U_{lvmax} - U_{lvmin} = 0\text{ V} - U_{lvmax}$ 。

变化时间如图9所示（单位min）：

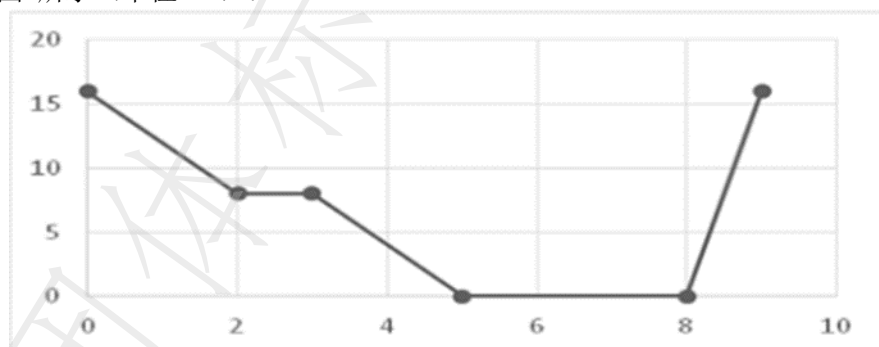


图9 电压缓降与骤升示意图

试验结果符合表3第10条规定。

5.11 电压缓升与缓降

测试工况：使用可编程电源，按图10进行编程试验。起始电压 U_{lvmax} ，以 0.5 V/min 降至 U_{lvmin} ，维持一段时间待无错误信号时降至 0 V ，再以 0.5 V/min 升至 U_{lvmax} ，循环1次。

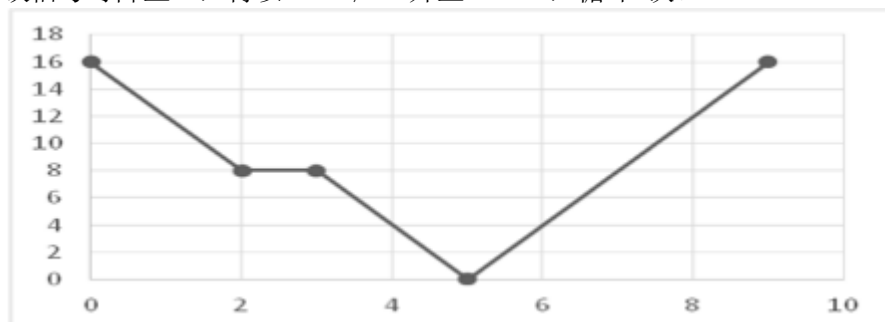


图10 电压缓升缓降 测试工况图

试验结果符合表3第11条规定。

5.12 反向电压（低压）

——PTC 水暖加热器在接受一分钟 $U_{lv\text{额}}+2\text{ V}$ 反向电压后再接入正常电压 $U_{lv\text{额}}$ 应具有正常功能， $U_{lv\text{额}}$ 维持 1 min 之后，停机 10 s，反向电压 $U_{lv\text{额}}+1.5\text{ V}$ 加载 5 s，停机 10 s，反向电压 $U_{lv\text{额}}+1\text{ V}$ 加载 5 s，停机 10 s，反向电压以 0.5 V 依次递减，当反向电压低于 6 V 以下时，电压以 0.2 V 递减，直至电压为 0 V。

试验结果符合表 3 第 12 条规定。

5.13 低电压复位

——试验方法参照 GB/T 28046.2-2019 第 4.6.2 条。

试验结果符合表 3 第 13 条规定。

5.14 加热性能

按以下工况进行试验：

- 运行状态：产品处在正常工作状态，所有功能均能执行；
- 冷却液温度点： -20°C ， 0°C ， 60°C ；
- 测试电压点：额定工作电压范围内 VDC，变化步调 100 VDC，电压波动范围在 5%以内；
- 冷却液流量： 10 L/min （或符合经规定程序批准的图纸要求流量值）；
- 环境温度： $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

——按照上述工况进行测试，分别记录各工况点下的电压、电流、进出水温度、流量、各工况点加热时间、0—满功率启动时间等试验数据；先根据电流、电压计算出电功率，然后根据进出水温度、流量、加热时间、比热容计算出热功率；加热效率为热功率与电功率的比值；加热配置示意图见图 11。

试验结果符合表 3 第 14 条规定。

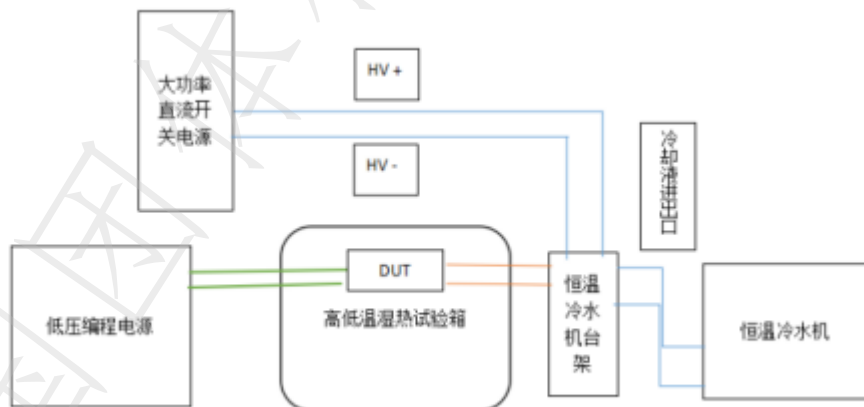


图11 加热配置示意图

5.15 压降

试验条件：高压端、低压端都不通电。

——冷却液流量： $(5\sim 20)\text{ L/min}$ （每个 step 增加 5 L/min ）；

——冷却液温度： $-20^{\circ}\text{C}\sim 75^{\circ}\text{C}$ （每个 step 增加 5°C ）；

——环境温度： $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

——湿度： $45\%\sim 75\%$ 。

试验结果符合表 3 第 15 条规定。

5.16 耐工业试剂试验

——按照 ISO 16750-5 进行试验，温度设定为 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，试验时间 $100 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ ，在试验面上放置充分吸收试剂的纱布，观察 PTC 水暖加热器总成状态。试验试剂包括柴油、生物柴油、无铅汽油、蓄电池电解液、刹车剂、冷冻剂（无添加液态防冻剂）、保护漆、保护漆去除剂、发动机润滑油、冷清洗洗涤剂、甲醛、差速器润滑油、变速箱润滑油、洗车用化学试剂、风挡玻璃清洗剂、发动机清洁剂、酒精。

试验结果符合表 3 第 16 条规定。

5.17 无水干烧

——电压工况 $U_{1V_{\min}}$ 与 U_{\min} ，持续时间 100 h；电压工况 $U_{1V_{\max}}$ 与 U_{\max} ，持续时间 100 h；

——冷却液流量：0 L/min；

——功率请求 100%；

——环境温度 $(23 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ；

——HR = 45%-75%。

试验结果符合表 3 第 17 条规定。

5.18 温度冲击

试验条件：高压、低压不通电

—— $T_{\min} = (-40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ；

—— $T_{\max} = (110 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ；

——温度变换时间 $\leq 30 \text{ s}$ ；

——温度停留时间：60 min；

——循环次数：300 次。

试验结果符合表 3 第 18 条规定。

5.19 高低温储存

试验条件：高压、低压不通电。

—— $T_{\min} = -40^{\circ}\text{C}/12 \text{ h}$ ；

—— $T_{\max} = 125^{\circ}\text{C}/12 \text{ h}$ ；

——循环次数：2 次；

——总持续时间：48 h。

试验结果符合表 3 第 19 条规定。

5.20 温度梯度

低温 $T_{\min} = (-40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，高温 $T_{\max} = (125 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，按 GB/T 28046.4 的 5.2.2 进行试验。t—时间，min；T—温度， $^{\circ}\text{C}$ ，见图 12。

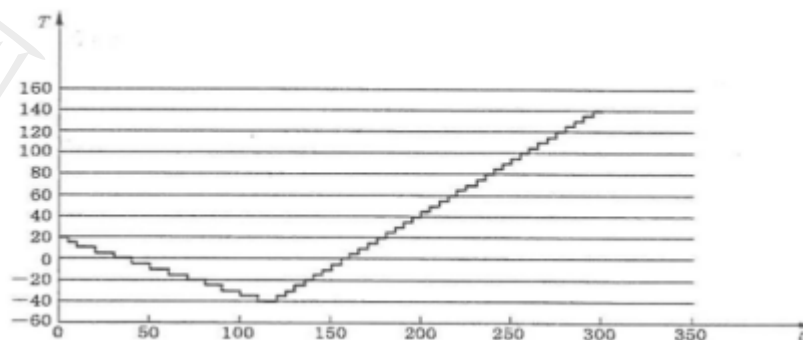


图12 温度-时间图

试验结果符合表 3 第 20 条规定。

5.21 自由跌落

——室温（20℃~25℃）下，按 GB/T 28046.3-2011 的 4.3.2 进行试验，每个样品的跌落次数为 2 次，跌落高度为 1 m，跌落表面为混凝土地面或者钢板，跌落方向为±X、±Y、±Z 六个方向。

试验结果符合表3第21条规定。

5.22 低温测试

环境温度-40℃，液体温度-40℃。

循环描述：

- 12 小时 @ U_{min} ，（功率请求 = 0%）；
- 12 小时 @ U_{min} ，（功率请求 = 100%）；
- 12 小时 @ $U_{min额}$ ，（功率请求 = 0%）；
- 12 小时 @ $U_{min额}$ ，（功率请求 = 100%）；
- 总时间 = 48 h。

试验结果符合表3第22条规定。

5.23 振动强度

电加热器总成固定在 5 缸以上发动机时：

- PTC 加热器总成固定在车身或振动工装台架上；
- 电压：不连接；
- 固定方式：模拟电加热器总成与整车固定方式；
- 相对湿度：5%—95%；
- 温度：23℃；
- 试验时间：±X、±Y、±Z 每个方向 8 h。

试验工况：见表 7。

表7 测试参数 振动强度

频率 (Hz)	功率谱密度 (m/s^2) ² /Hz
10	30
400	0.2
1000	0.2

电加热器总成固定在5缸及其以下发动机时：

- 固定方式：模拟电加热器总成与整车固定方式；
- 相对湿度：5%—95%；
- 温度：23℃；
- 试验时间：±X、±Y、±Z 每个方向 22 h。

试验工况：见图13和表8。

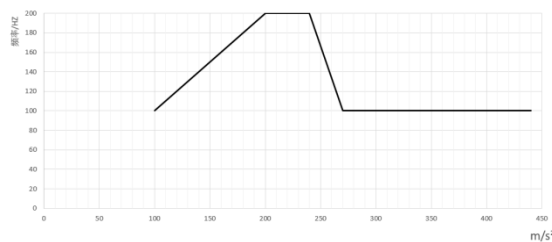


图13 频率—功率谱密度图

表8 测试参数 功率和加速度振幅

功率 (Hz)	加速度振幅 (m/s ²)
100	100
200	200
240	200
270	100
440	100

5.24 机械冲击

——按照 GB/T 28046.3-2011 的 4.1.2.4.2 进行试验。

试验结果符合表3第24条规定。

5.25 盐雾试验

——按照 GB/T 28046.4-2011, 5.5.1.2 进行测试, 单个试验周期 24 h (8 h 盐雾喷雾以及 16 h 湿度放置), 共进行 10 个周期。

试验结果符合表3第25条规定。

5.26 温湿度循环

按照 GB/T 2423.34-2012, 试验 Z/AD 进行, 见图14和表9。

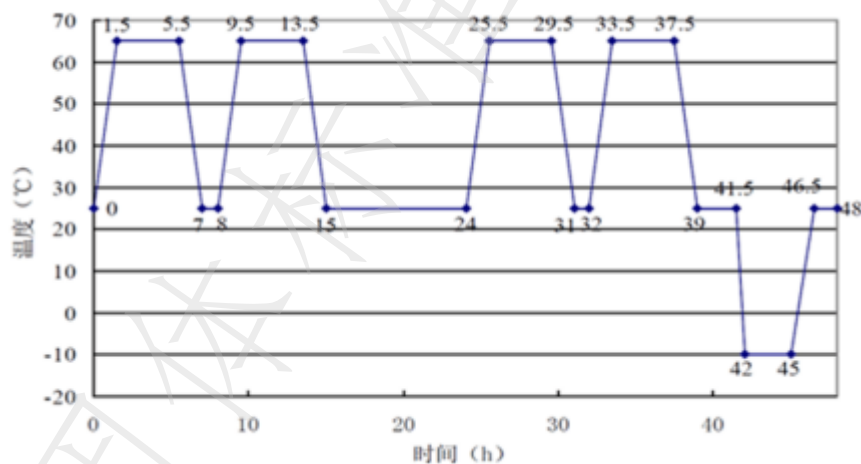


图14 温度-时间图

表9 测试参数 周期

试验周期数	5个周期 (共10天)
相对温度	当试验温度为+65°C时, 湿度应控制在 (93±3) %。 当试验温度从+65°C下降到+25°C的过程中, 湿度应控制在80%。 当试验温度保持在+25°C时, 湿度应保持在 (93±3) %。 当试验温度低于+25°C时, 没有湿度要求。
PTC水暖加热器总成运行状态	当试验温度每次达到+65°C及+25°C时, PTC水暖加热器总成运行状态为2.2, 并进行一次功能测试。 其余时间运行状态为2.1, 期间应持续监控PTC水暖加热器总成的暗电流。 如果PTC水暖加热器总成没有2.1状态, 则直接将供电电源关掉。

试验结果符合表3第26条规定。

5.27 冰水冲击

5.27.1 试验条件

——高压电压 $U_{高}$ ，低压电压 $U_{低}$ 。存储温度 = 110℃，保持时间 @ 110℃ = 75 min，过渡时间 < 30 s，水温 T_{water} = 0℃ ~ 4℃，淹没时间 = 5 min，沉浸深度 = 最小 25 mm（外壳最深点），循环次数 = 20 次，测试液体 = 去离子水。

5.27.2 存储阶段（75 分钟）

——流量 = 10 l/min；
——冷却液温度 = 60℃；
——功率请求 = 100%。

5.27.3 淹没阶段（5 分钟）

——流量 = 10 l/min；
——冷却液温度 = 60℃；
——功率请求 = 100%。

试验结果符合表3第27条规定。

5.27.4 绝缘评估

- 样品在环境温度 5℃ 放置 8 h，记录测试绝缘阻值，符合表 3 第 3 条；
- 样品在环境温度为 23℃、湿度为 90%，放置 8 h，每 2 h 测试记录高压加热器的绝缘电阻（总共 4 次检测），符合表 3 第 3 条；
- 高压引脚“+”和“-”并联，低压正负极、信号端和金属外壳连接（图 1）， $U=1000$ VDC， $t=60$ s。

试验结果符合表3第28条要求。

5.28 真空度测试

——高压 = 低压 = 不连接；
——环境温度：RT = 23℃ ± 5℃；
——湿度：45%—75%；
——介质：空气；
——负压：20 mbar；
——试验时间：1 min；
——试验循环：3 times；
——针对水流道区域。

试验结果符合表3第29条要求。

5.29 爆破压力

——室温下，针对水室腔体进行空气加压，升压速率 100 Kpa/s 直至爆破。

试验结果符合表3第30条要求。

5.30 耐静压测试

——高压 = 低压 = 不连接；
—— $T_{coolant} = T_{ambient} = -40$ ℃；
—— $T_{coolant} = T_{ambient} = 125$ ℃；
——2 种工况，分别测试；水压/气压不做强制要求；
——相对压力 = 5 bar；
——持续时间 > 1 h。

试验结果符合表3第31条要求。

5.31 压力循环

压力循环周期示意图见图15。

试验条件：

- 高、低电压不连接；
 - 高压加热器介质：冷却液；
 - 冷却液温度：最高工作温度；
 - 冷却液流量：10 L/min；
 - 相对压力变化范围：0.1 bar~2.5 bar；
 - 每次循环，压力上升时间占 20%~35%，压力保持时间占 30%~45%，压力下降时间占 15%~30%；
 - 频率：每分钟 20-30 循环；
 - 循环次数：200000 次。
- 试验结果符合表 3 第 32 条要求。

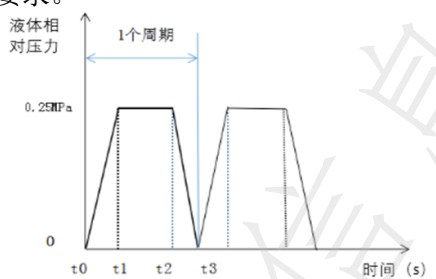


图 5 压力循环

表 9 压力循环周期

阶段	压力变化	时间
t ₀ -t ₁	压力上升	1 个周期的 20%-35%
t ₁ -t ₂	压力保持	1 个周期的 30%-35%
t ₂ -t ₃	压力下降	1 个周期的 15%-30%

频率：1min 内 20 到 35 个周期；周期数：200000 次。

图15 压力循环周期示意图

5.32 耐高温

试验条件：

- 高电压：U_额；
- 低电压：U_{lv 额}；
- 功率：100%；
- 冷却液流量：10 L/min；
- 冷却液温度：80℃（特殊情况可商定温度保护阈值-X℃定义，确保不能因为过温而关闭工作）；
- 环境温度：55℃±5℃；
- 持续时间：672 h。

试验结果符合表3第33条要求。

5.33 通电耐久性温度循环测试

- 高压电压 U_额；
- 低压电压 U_{lv 额}；
- 环境温度 T_{ambient} = -40℃~125℃；
- 环境温度步长 = 4℃/min；
- 冷却液温度 T_{coolant} = -20℃~70℃；
- 冷却液温度步长 = 1℃/min~4℃/min；
- 流量 Q_{coolant} = 10 l/min；
- 停留时间 = 50 min；
- 周期时间 = 150 min；
- 周期数 = 943 个循环；
- 总时间 = 2357 h。

试验结果符合表3第34条要求。

5.34 强化耐久

试验条件：

——测试电压及时间：

- a) 高压=U_{min}, 低压=U_{lvmin}: 50 d;
- b) 高压=U_额, 低压=U_{lv额}: 67 d;
- c) 高压=U_{Hmax}, 低压=U_{max}: 50 d.

——测试功率及时间，见图 16：

- d) 功率为 0 时工作 334 h;
- e) 功率为 100%、60%、40%及 20%时以下图中曲线要求工作 1002 h;
- f) 功率为 100%时工作 2672 h.

——冷却液流量：10L/min;

——冷却液温度循环：见图 17；

——环境温度：23℃；

——湿度：45%—75%；

——循环次数：167 次；

——每 3 h 变换一次，一小时内水温达设定值即可。

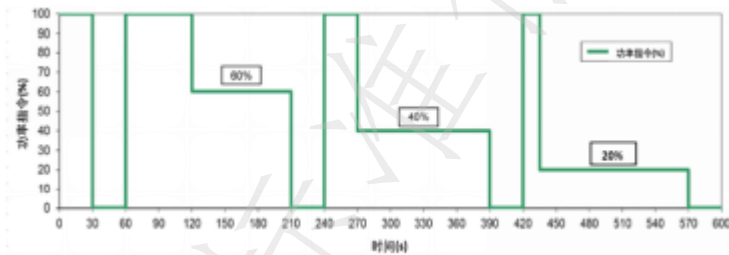


图16 功率间断循环

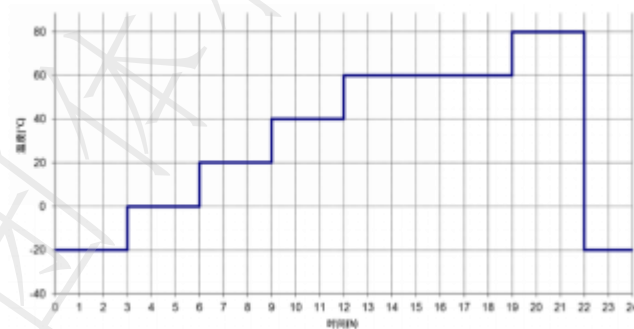


图17 冷却液温度循环示意图

试验结果符合表3第35条要求。

5.35 电磁兼容性

电磁兼容性见表10。

表10 电磁兼容性

序号	项目	试验标准	试验要求
1	辐射发射 (RE)	GB/T18655-2018	等级：3级
2	低频磁场发射	MIL-STD-461G	频率0.02-1kHz：满足162dBpT 频率1-100kHz：满足162-40*Log(f/1) dBpT 频率100-200kHz：满足62dBpT
3	传导发射 (CE)	GB/T18655-2018	等级：3级

序号	项目	试验标准	试验要求
4	沿电源线的电瞬态传导抗扰度 (CIP)	GB/T 21437.2-2008	脉冲1: 性能状态等级C 脉冲2a: 性能状态等级A 脉冲2b: 性能状态等级C 脉冲3a: 性能状态等级A 脉冲3b: 性能状态等级A
5	除电源线外的导线通过容性或感性耦合的电瞬态发射抗扰度 (CIS)	GB/T 21437.3-2008	试验等级III, 性能状态等级A
6	大电流输入抗扰度 (BCI)	GB/T 33014.4-2016	试验等级2, 性能等级B
7	辐射抗扰度 (ALSE)	GBT 33014.2-2016	试验等级2, 性能等级B
8	静电放电抗扰度 (ESD)	GB/T 19951	非上电模式: 试验等级3, 性能等级D 上电模式: 试验等级4, 性能等级A

5.36 内部清洁度

室温下 (18~28) °C, 对滤纸 (8 μm) 进行 (90±5) °C 不少于 30 min 的干燥, 称重, 得重量 A (测量仪器精度 1 mg), 把约为加热器容积 30% 的有机溶剂倒入加热器内, 摇动 4~5 次后倒出经滤纸过滤, 滤纸经相同温度、时间干燥后称得重量 B (测量仪器精度 1mg), 杂质含量=B-A (mg)。

5.37 内部腐蚀

- 测试参数: 加热器连接在水路循环中;
- 流体介质: 质量浓度为 3% 的食盐液体;
- 高低电压: 连接, 没有电源;
- 环境温度: 23°C;
- 冷却液温度: 100°C ;
- 流量: 10l/min;
- 循环定义: 16 h 液循环, 8 h 流通关闭, 周期: 40 测试。

5.38 防护等级

按照 GB/T 30038 进行 IP67 和 IP6K9K 的相关试验。

5.39 温度循环振动

按照 GB/T 28046.3-2011 的 4.1.2.4.2 进行试验; 温度参数按照 5.3.3.1 规定变化率的温度循环执行。

5.40 水温传感器精度

将产品安装在一个具有水泵及气液换热器的测试系统中, 试验条件如下:

- 冷却液流量: 10 L/min, 20 L/min;
- 冷却液成分: 符合 GB 29743 的冰点为-45°C 的相关规定;
- 环境温度: (23±5) °C;
- 湿度: 45%—75%;
- 冷却液起始温度: 记录加热器内部的温度传感器的上报反馈值和实测冷却液温度的误差。

5.41 冲击电流

产品加满冷却液循环, 高压电压按 U_{max} 通电 (最大功率档位) 工作, 直至稳定工作, 用示波器记录产品在这个过程的电流情况, 其中峰值电流应满足要求。

5.42 电导率

被试件内部加满介质, 封住管口 (避免介质挥发, 灰尘进入) 放入高温箱 90°C 下保温 2 h, 试验后测量介质电导率。介质: 去离子水。测试温度 90°C。

6 检验规则

6.1 出厂检验

PTC水暖加热器出厂检验项见表11。

- 产品经检验部门检验合格后方可出厂，附有产品质量合格证；
- 出厂检验应按图样中标注的尺寸，公差等要求进行抽样检查，每批产品按3%抽检，其抽样数量不少于3套；
- 出厂检验中如有不合格项目时，应返修后重新提交检验，一套送检次数不应超过两次。

表11 PTC水暖加热器出厂检验项

序号	检验基准	要求	试验方式	检验范围
1	外观、尺寸标识	4.7	5.1	全检
2	耐电压	4.7	5.2	全检
3	绝缘电阻	4.7	5.3	全检
4	气密性	4.7	5.4	全检
5	额定功率	4.7	5.4	全检

6.2 型式试验

6.2.1 有下列情况之一时，应对产品进行型式检验：

- a) 新产品鉴定及首批交货时；
- b) 产品结构、工艺、材料有重大更新生产时；
- c) 成批或大量生产的产品应每年不少于一次；
- d) 停产半年以上、恢复生产时；
- e) 出厂试验结果与上次型式试验结果有较大差异时；
- f) 上级有关部门或用户提出进行型式检验的要求时。

——型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，具体检验项目见表12。

——型式检验应全部符合检验项目所有要求，若有一项检验项目不合格时，应重新抽取加倍数量的产品，就不合格项目进行复查，如仍不合格时，则该批判定为不合格。对耐久试验，不应重新加倍抽取。

表12 PTC加热器型式试验项

序号	项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式试验											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	外观尺寸	4.7	5.1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	介电强度（耐电压）	4.7	5.2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	绝缘电阻	4.7	5.3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4	气密性	4.7	5.4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5	接地连续性	4.7	5.5	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	过电压	4.7	5.6		√	√	√	√	√	√	√					
7	跳变电压	4.7	5.7		√	√	√									
8	负载突降	4.7	5.8		√	√	√									
9	电压脉动	4.7	5.9		√	√	√									
10	电压缓降与骤升	4.7	5.10		√	√	√									
11	电压缓升与骤降	4.7	5.11		√	√	√									
12	反向电压（低压）	4.7	5.12		√	√	√									
13	低电压复位	4.7	5.13		√	√	√									
14	加热性能	4.7	5.14	√				√	√	√	√	√	√	√	√	√
15	降压	4.7	5.15					√	√	√	√	√	√	√	√	√
16	耐工业试剂试验	4.7	5.16					√	√	√	√	√	√	√	√	√
17	无水干烧	4.7	5.17					√	√	√	√	√	√	√	√	√
18	温度冲击	4.7	5.18						√	√	√	√	√	√	√	√
19	高低温贮存	4.7	5.19						√	√	√	√	√	√	√	√
20	温度梯度	4.7	5.20						√	√	√	√	√	√	√	√
21	自由跌落	4.7	5.21						√	√	√	√	√	√	√	√

序号	项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式试验										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	低温测试	4.7	5.22						√	√	√	√	√	√	√
23	振动强度	4.7	5.23						√	√	√	√	√	√	√
24	机械冲击	4.7	5.24				√	√	√	√	√	√	√	√	√
25	盐雾试验	4.7	5.25		√	√	√					√	√	√	√
26	温湿度循环	4.7	5.26				√	√	√	√	√	√	√	√	√
27	冰水冲击	4.7	5.27				√	√	√	√	√	√	√	√	√
28	绝缘评估	4.7	5.28		√	√	√				√	√	√	√	√
29	真空度测试	4.7	5.29		√	√	√				√	√	√	√	√
30	爆破压力	4.7	5.30		√	√	√				√	√	√	√	√
31	耐静压测试	4.7	5.31		√	√	√				√	√	√	√	√
32	压力循环	4.7	5.32		√	√	√	√	√			√	√	√	√
33	耐高温	4.7	5.33		√	√	√				√	√	√		√
34	通电温度循环	4.7	5.34		√	√	√						√	√	√
35	强化耐久	4.7	5.35		√	√	√					√	√	√	√
36	电磁兼容性	4.7	5.36		√	√	√	√	√	√	√				
37	内部清洁度	4.7	5.37		√	√	√								
38	内部腐蚀	4.7	5.38		√	√	√								
39	防护等级	4.7	5.39		√	√	√								
40	温度循环振动	4.7	5.40		√	√	√								
41	水温传感器精度	4.7	5.41		√	√	√								
42	冲击电流	4.7	5.42		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

7 标志、包装、运输及贮存、安装

7.1 标志

- a) 产品标志应符合对应标准的相关规定；
- b) 产品应在适当的位置增加高压、高温警示标识。

7.2 包装

——包装箱内应附有以下文件。

- a) 装箱单：注明产品数量及装箱日期；
- b) 产品检验合格证；
- c) 产品使用维修说明书和保用单。

——每箱上应清晰标明：

- d) 制造厂名称；
- e) 产品名称、型号、数量及制造日期；
- f) 运输要求标志；
- g) 收货单位名称、地址。

——包装储运标志按 GB/T 191-2008 规定执行。

——箱内每个零部件应单独使用包装进行保护，防止箱内零件相互摩擦造成外观损伤。

7.3 运输

产品在正常运输情况下，不应有磕碰损坏现象。

7.4 贮存

包装成箱的产品，应在环境温度为-10℃~40℃，相对湿度在 85%以下，周围空气无酸性、碱性和其他腐蚀性气体的仓库贮存；产品应存放在通风、干燥的地方，同时应避开高温源、火源及化学药品；且应存放整齐，避免抛砸。

7.5 配合整车布置安装要求

——固定方式：PTC 水暖加热器给整车提供固定安装点，根据整车环境或设计钣金支架装配，安装力矩应提前与整车端确认，符合经规定程序批准的图纸及技术参数要求。

7.5.1 水管规格：水管尺寸规格参考标准 DIN3021-3 或德国汽车工业联合会（VDA）快插头形式，若有特殊情况与整车端商定。

——接地：与整车端商定至少 1 条接地导线连接高压冷却液加热器金属外壳，接地线线径 \geq 高压线束线径。

——对整车电气性能要求：

- a) 整车应具有过欠压电源关断功能；
- b) 整车系统应有可靠的绝缘监测系统和绝缘故障处理机制；
- c) 整车具备高压线束互锁功能；
- d) 整车高压供电正负极不能反接；
- e) 加热器高压回路布置专用保险丝用于保护加热器和高压回路相关零件。

——整车安装环境要求：

- f) 加热器宜按推荐要求进行布置，加热器内部空气随水路排出。如果加热器内部漏气，会导致加热器过热，从而激活软件保护，严重情况下造成硬件损坏；
- g) 加热器工作环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，不宜安装在整车高热源周边（混动车型发动机、增程器，纯电车型排热管路等）无空气循环环境内；
- h) 整车水泵在加热器工作前 10 s 运行，加热器关闭工作后延迟 10 s 关闭；
- i) PTC 水暖加热器在整车布置要求应如图 18 所示：

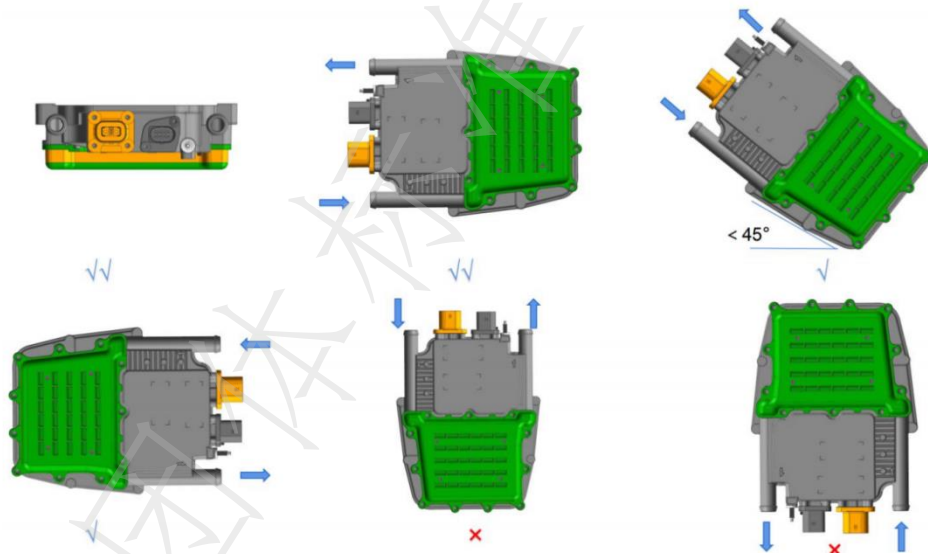


图18 PTC 水暖加热器安装示意图（产品型号仅作参考）

——加热器不应布置在冷却系统最高位置，宜放置冷却系统相对较低位置，如图 19 所示。

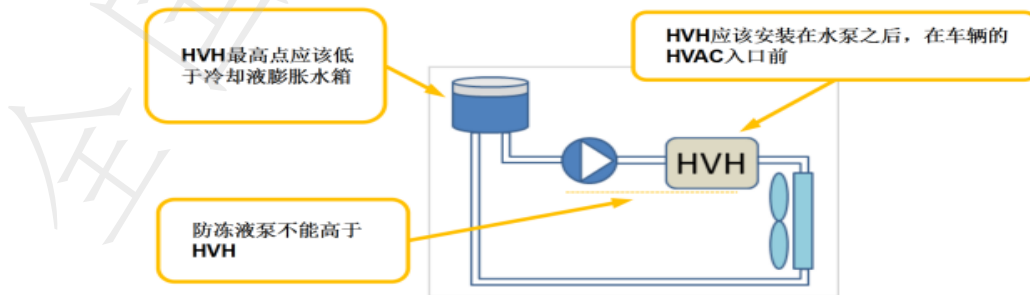


图19 PTC 水暖加热器安装高低位置