

团 体 标 准

T/CAAMTB 132—2023

新能源车用 PTC 液体加热器

PTC liquid heater for new energy vehicle

2023 - 06 - 30 发布

2023 - 07 - 01 实施

中国汽车工业协会 发布

目 次

前 言.....	2
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 符号和缩略语.....	3
5 技术要求.....	3
6 试验方法.....	13
7 检验规则.....	32
8 标志、包装、运输和贮存.....	34

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。

本文件起草单位：江苏超力电器有限公司、江苏华智新能源科技有限公司、中国第一汽车集团有限公司、东风汽车集团有限公司。

本文件主要起草人：韦长华、王爱仙、睦晓栋、张超、郑进军、孙磊、彭小亮、张爱文、王伟民。
本文件为首次发布。

新能源车用 PTC 液体加热器

1 范围

本文件规定了新能源车用PTC液体加热器（以下简称加热器）的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则及其标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以PTC陶瓷片作为发热元件并且以新能源车用冷却液作为传热介质的液体加热器，不适用于其他加热方式（电热膜、电阻丝等）的电加热器。

本文件适用于新能源汽车空调系统、动力电池及动力系统等加热。

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（包括所有修订单）适用于本文件。

- GB/T 191-2008 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1-2008 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 2423.2-2008 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 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829-2002 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- 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 17619 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测定方法
- 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 19951-2009 道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验办法
- GB/T 21437.2-2008 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分：沿电源线的电瞬态传导
- 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
- GB/T 30038-2013 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
- GB/T 33014.2-2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：电波暗室法
- GB/T 33014.4-2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入(BCI)
- GB 2893-2008 安全色
- GB 8410-2006 汽车内饰材料的燃烧特性
- GB 18384 电动汽车安全要求
- ISO 7637-3 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射 (Road vehicles Electrical disturbances from conduction and coupling Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines)
- ISO 9141 道路车辆 诊断系统-数字信息交换的要求 (Road vehicles Diagnostic systems-Requirements for interchange of digital information)
- ISO 11898 道路车辆 控制器局域网络 (Road vehicles Controller area network (CAN))
- ISO 16750-5 道路车辆 电子电气零件的环境条件和测试 第5部分：化学性能 (Road vehicles

Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment Part 5: Chemical loads)

IEC 60068-2-1 环境试验第 2-1 部分: 试验 试验 A: 低温 (Environmental testing Part 2: Tests-TestA:Cold)

IEC 60068-2-2 环境试验第 2-2 部分: 试验 试验 B: 干热 (Environmental testing Part 2-2: Tests-TestB:Dry heat)

IEC 60068-2-14 环境试验第 2-14 部分: 试验 试验 N: 温度变化 (Environmental testing Part 2-14: Tests-TestN Change of temperature)

IEC 60068-2-32 环境试验第 2-32 部分: 试验 Ed: 自由跌落 (Basic environmental testing procedures Part 2: Tests-Test Ed: Free Fall)

IEC 60068-2-38 环境试验第 2-38 部分: 试验 试验 Z/AD: 温度/湿度复合 (Environmental testing Part 2-38: Tests-Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test)

IEC 60068-2-64 环境试验第 2-64 部分: 试验-试验 Fh: 振动, 宽带随机振动和引导 (Environmental testing Part 2-64: Tests-Test Fh: Vibration, broadband random and guidance)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

新能源汽车 New Energy Vehicle

新能源汽车是指采用新型动力系统, 完全或者主要依靠新型能源驱动的汽车, 包括插电式混合动力(含增程式)汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车等。

3.2

车用PTC液体加热器 PTC Liquid Heater

为新能源汽车提供热源的加热装置, 主要由 PTC 加热组件、散热部件、电器接口、电控单元、液体回路接口等组成; PTC 加热组件由 PTC 元件、电极、绝缘体等零件组成。

3.3

功能等级 Functional Level

功能等级定义了试验过程中和试验后总成的 5 种状态, 功能等级分类见下表 2。

表1 功能等级说明

等级	要求
A	所有功能在试验中及试验后都满足技术要求。
B	所有功能测试按规定的试验条件进行, 在试验过程中, 一个或多个参数可以超过规定的公差范围, 试验结束后, 所有功能恢复, 并符合全部设计要求。存储功能按功能状态A进行。
C	所有功能测试按规定的试验条件进行, 在试验过程中, 一个或多个规定的要求未实现, 但在试验后, 所有功能恢复, 并符合全部设计要求。
D	所有功能测试按规定的试验条件进行, 在试验过程中, 一个或多个规定的要求未实现, 试验结束后, 功能不能自动恢复, 需要对试验样件进行简单操作, 重新激活。
E	所有功能测试按规定的试验条件进行, 在试验过程中, 一个或多个规定的要求未实现, 试验结束后, 功能不能自动恢复, 需要修理或替换。

3.4

电磁兼容 Electromagnetic Compatibility

电磁兼容 EMC 是指设备或者系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何物体构成不能承受的电磁骚扰的能力。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本文件。

表2 符号及定义

英文缩写	定义
U_{hmax}	高压系统最高工作电压
U_{lmax}	低压系统最高工作电压
U_{hmin}	高压系统最低工作电压
U_{lmin}	低压系统最低工作电压
U_{hn}	高压额定电压
U_{ln}	低压额定电压
U_{hv}	高压工作电压
U_{lv}	低压工作电压
U_{p-p}	纹波电压峰-峰值
I_{max}	冲击电流
T_{min}	最低工作温度
T_{room}	常温 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
T_{max}	最大工作温度

5 技术要求

5.1 工作条件

- a) 高压电压工作范围：按4.2定义；
- b) 低压电压工作范围：按4.2定义；
- c) 流量范围：5~30L/min；
- d) 介质温度范围： $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ；
- e) 工作环境温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ；
- f) 存储环境温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ；
- g) 海拔高度范围： $\leq 5500\text{m}$ 。

5.2 电压平台

根据新能源汽车电压范围，将PTC液体加热器分为以下电压平台，见表3所示。

表3 电压平台

新能源汽车电压范围		PTC液体加热器		电压平台案例（不限于以下定义）		
高压 U_{hv}	低压 U_{lv}	高压 U_{hv}	低压 U_{lv}	高压 U_{hv}	低压 U_{lv}	额定电压 U_{hn}/U_{ln}
V	V	V	V	V	V	V
6~900	9~32	6~900	9~32	180~500 或图纸定义	9~16	$U_{hn}450$ 、 $U_{ln}14$ 或图纸定义
				350~750 或图纸定义	9~16	$U_{hn}600$ 、 $U_{ln}14$ 或图纸定义
				450~900 或图纸定义	9~16	$U_{hn}750$ 、 $U_{ln}14$ 或图纸定义
				350~750 或图纸定义	16~32	$U_{hn}600$ 、 $U_{ln}28$ 或图纸定义
				450~900 或图纸定义	16~32	$U_{hn}750$ 、 $U_{ln}28$ 或图纸定义

5.3 额定工况

- 高压额定电压： $U_{hn} \pm 5V$ （或图纸定义）；
- 低压额定电压： $U_{ln} \pm 0.2V$ （或图纸定义）；
- 介质额定流量： $10 \pm 0.5L/min$ （或图纸定义）；
- 介质入口温度： $60^\circ C \pm 1^\circ C$ （或图纸定义）；
- 环境温度： $23^\circ C \pm 5^\circ C$ ；
- 相对湿度：45%~75%；
- 液体介质：乙二醇水溶液（乙二醇与水的浓度比为50%/50%或图纸定义）

5.4 额定功率

在额定工况下，PTC液体加热器消耗的电功率。

5.5 加热效率

加热效率计算方式：用功率比计算加热器热效率。

PTC液体加热器消耗的电功率 P_1 ：

$$P_1 = U \cdot I \dots \dots \dots (1)$$

式中：

U 为加热器高压端电压，单位是 V；

I 为加热器高压回路电流，单位是 A；

P_1 为加热器消耗的电功率，单位是 W。

循环介质吸收的热功率 P_2 ：

$$P_2 = Q \cdot \rho \cdot C_p (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

Q 为介质流量，单位是 m^3/s ；

ρ 为介质密度，单位是 kg/m^3 ；

C_p 为介质比热，单位是 $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ；

T_2 为出口介质温度， T_1 为入口介质温度，单位是 $^\circ C$ 。

P_2 为加热器的热功率，单位是 W；

加热器的效率 η ：

$$\eta = P_2/P_1 \cdot 100\% \dots\dots\dots (3)$$

5.6 工作模式/运行状态

表4 工作模式/运行状态说明

工作模式	运行状态
1	被测件不带电
1.1	不连接线束（需使用堵头或连接器将接插件封闭）
1.2	连接所有线束
2	被测件采用蓄电池电压供电，并且连接所有电气设备
2.1	被试系统/部件处于休眠模式
2.2	被试系统/部件带电运行，并控制在正常运行模式
3	被测件采用动力电池或AC-DC供电，并且连接所有电气设备
3.1	被试系统/部件处于休眠模式
3.2	被试系统/部件带电运行，并控制在正常运行模式

5.7 五点功能及参数

用于在环境试验之前和之后对加热器的电气和机械性能进行全面的评估。

试验分别在图 1 所示的五个温度/电压点上进行，试验必须在加热器达到并稳定在要求的试验温度 30min 后才可以开始。

加热器运行状态为 3.2（见 5.6 节）。监控并记录以下内容：

- a) 总线通信报文；
- b) 所有指定的 I/O 输出信号幅值及其与输出信号之间的时序关系；
- c) 所有指定的参数值，如电压、电流、介质的进出口温度等。

五个点分别见图1：

- (1) T_{\min} (-40°C) 状态下的 U_{hmax} ；
- (2) T_{\min} (-40°C) 状态下的 U_{hmin} ；
- (3) T_{room} (23°C) 状态下的 U_{hn} ；
- (4) T_{max} (105°C) 状态下的 U_{hmax} ；
- (5) T_{max} (105°C) 状态下的 U_{hmin} 。

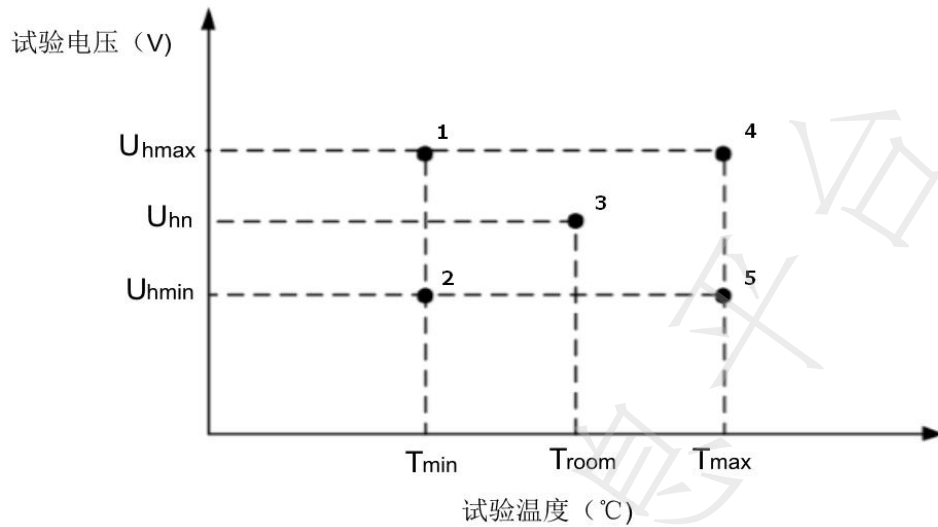


图1 五点功能及参数图

加热器在上述五个工况点应该满足功能等级A。所有的I/O输出信号及参数等都应该满足零部件技术规格书要求。

5.8 外观

- 外观无明显磕碰、无破损、划伤、划痕、擦痕、开裂等现象；
- 表面清洁，不得有油污等污渍；
- 不得出现锐边、毛刺、飞边等现象；
- 金属表面镀层均匀、不得出现锈蚀、锈斑等现象；
- 塑料类非金属零部件的外观无裂纹，缺损，影响功能的变形，融化现象；
- 标签图案字体等清晰可见。

5.9 尺寸

加热器的尺寸和公差应符合设计的技术图样要求，配合安装的尺寸和公差应在设计图纸中注明。

5.10 材料

- 推荐优先使用可回收材料；
- 非金属材料阻燃性需满足GB 8410-2006中A-0要求；
- 材料满足GB/T 30512《汽车禁用物质要求》。

5.11 额定性能

5.11.1 额定功率

在额定工况条件下，加热器处于稳定工作状态时，所测的电功率应满足图纸要求，允许的公差范围为-5%~10%。

5.11.2 加热效率

在额定工况条件下，加热器的加热效率应 $\geq 90\%$ 。（非额定工况下的推荐值由双方协商确定）

5.12 负载特性

加热器在额定工况下工作，调节进水温度与测试电压，加热器的输入功率和加热效率曲线应符合图纸或产品规格书要求。

5.13 冲击电流

在额定工况条件下，加热器启动过程中最大电流不应大于2倍的额定电流。

5.14 介电强度

按表5进行试验，试验过程中应无击穿、闪络、放电或飞弧现象，试验后，加热器应满足功能等级A。

表5 耐压测试电压规定

最大工作电压 U_{hmax} V	加热器电功率P kW	试验电压 V	电压持续时间 s	漏电流 mA
60~125	0.5~6	AC1000或DC1400	60	≤ 10
125~250	0.5~6 6~8	AC1500 或 DC2120		≤ 10
250~500	0.5~6 6~8 8~10	AC2000 或 DC2820		≤ 10 ≤ 15 ≤ 20
>500	0.5~6 6~8 8~10 >10	AC1000+2* U_{hmax} 或 DC (1000+2* U_{hmax}) *1.414		≤ 15 ≤ 20 ≤ 25 ≤ 30

5.15 绝缘电阻

高压回路绝缘电阻要求：按表6要求试验，绝缘阻值应 $\geq 200M\Omega$ 。

低压回路绝缘电阻要求：试验电压500VDC，绝缘电阻 $\geq 10M\Omega$ 。

表6 绝缘测试电压规定

最大工作电压 U_{hmax} V	试验电压 V	电压持续时间 s	绝缘阻值 $M\Omega$
60~500	DC500	60	≥ 100
500~1000	DC1000		

5.16 电气间隙、爬电距离

加热器内部电气间隙、爬电距离应满足GB/T 16935.1要求。

5.17 电位均衡

加热器接地电阻应小于 0.05Ω 。

5.18 被动放电

加热器在 U_{hmax} 下，高压电源切断后，高压端子电压应满足2min内降至60V以下。

5.19 高压互锁

加热器可设置高压互锁回路及接口或采用软件互锁的方式，便于整车检测互锁。

5.20 气密性

5.20.1 液体侧气密性

液体侧加入250kPa的稳定气压，测试时间60s，泄漏率 $\leq 1\text{mL}/\text{min}$ 。

5.20.2 电气侧气密性

电气侧加入50kPa的稳定气压，测试时间60s，泄漏率 $\leq 1\text{mL}/\text{min}$ 。

5.21 通信要求

5.21.1 LIN 通信

LIN总线接口设计符合ISO 9141和图纸要求。

5.21.2 CAN 通信

CAN总线接口设计符合ISO 11898和图纸要求。

5.21.3 PWM 通信

PWM控制要求满足图纸或其它规定要求。

5.22 信息反馈及故障诊断

加热器控制器可实现自我保护，并正确反馈故障状态，要求满足功能等级C。

可反馈的信息如下：

- a) 工作电压（高压）；
- b) 工作电压（低压）；
- c) 工作电流（高压）；
- d) 温度监测（进出水口、PCB、IGBT 或 SIC）；
- e) 工作状态。

可反馈的故障如下：

- f) 互锁故障（如具备自检功能）；
- g) 通讯故障；
- h) 过温故障（进出水口、PCB、IGBT 或 SIC）；
- i) 过压故障（高压）；
- j) 欠压故障（高压）；
- k) 过压故障（低压）；
- l) 欠压故障（低压）；
- m) 传感器故障（进出水口、PCB、IGBT 或 SIC）；
- n) 高压回路电流传感器故障。

保护功能如下：

- o) 过流保护；
- p) 短路保护；

- q) 负载回路开路保护;
- r) 过压保护—高压;
- s) 欠压保护—高压;
- t) 过压保护—低压;
- u) 欠压保护—低压;
- v) 过温保护 (进出水口、PCB、IGBT)。

高电压范围的设定应按表 7。

表7 过电压和欠电压限制范围

定义	电压范围
抛负载Uload.dump	见产品规格书定义或技术要求
过电压Uovervoltage	
受限制工作上限 $U_{hmax, limited}$	
无限制 $U_{hmax} - U_{hmin}$	
受限制工作下限 $U_{hmin, limited}$	
欠电压	

5.23 电磁兼容性能

5.23.1 辐射发射

按GB/T 18655要求, 满足等级3。

5.23.2 传导发射

按 GB/T 18655 要求, 电源线/信号线传导发射满足等级 3。

5.23.3 瞬态传导发射

按GB/T 21437.2-2008标准要求测试。

12V系统要求:

快脉冲测试时加热器的正极瞬态电压不应超过+75V, 负极瞬态电压不应超过-112V;

慢脉冲测试时加热器的正极瞬态电压不应超过+37V, 负极瞬态电压不应超过-75V。

24V系统要求:

快脉冲测试时加热器的正极瞬态电压不应超过+150V, 负极瞬态电压不应超过-150V;

慢脉冲测试时加热器的正极瞬态电压不应超过+37V, 负极瞬态电压不应超过-150V。

5.23.4 辐射抗扰度

试验参考GB/T 17619自由场法, GB/T 17619未体现的试验细节可以参考GB/T 33014.2-2016, 抗扰性电平为24V/m, 功能等级状态要求为A。

5.23.5 耦合抗干扰

按ISO 7637-3要求测试。

快速: DCC/CCC 按严酷等级III要求, 性能等级达到A;

慢速：DCC 按严酷等级III要求，性能等级达到A。

5.23.6 瞬态传导抗干扰

按GB/T 21437.2标准要求试验。

脉冲 1/2b/4/5b功能状态达到C；

脉冲 2a/3a/3b功能状态达到A。

5.23.7 静电放电

按 GB/T 19951-2009 要求测试。

通电状态下：

接触放电试验等级为±8kV，功能等级要求为C；

空气放电试验等级为±15kV，功能等级要求为D。

不通电状态下：

接触放电试验等级为±4kV，功能等级要求为A；

空气放电试验等级为±15kV，功能等级要求为C。

5.24 低压电气性能

5.24.1 长时过电压

12V系统：低压电源端电压18V持续时间60min，应满足功能等级C。

24V系统：低压电源端电压36V持续时间60min，应满足功能等级C。

5.24.2 耐电源反接

12V系统：低压电源端电压-14V持续时间1min，应满足功能等级C。

24V系统：低压电源端电压-28V持续时间1min，应满足功能等级C。

5.24.3 短时过电压

12V系统：低压电源端电压24V持续时间1min，应满足功能等级C。

24V系统：低压电源端电压48V持续时间1min，应满足功能等级C。

5.24.4 电压瞬时降低

12V系统：当试验电压低于4.5V时候允许加热器多项功能失效，当电压恢复正常后，加热器的所有功能均应该保持正常。

24V系统：当试验电压低于9V时候允许加热器多项功能失效，当电压恢复正常后，加热器的所有功能均应该保持正常。

5.24.5 瞬时过电压

加热器在试验过程中应满足功能等级A，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.24.6 瞬时低电压

加热器在试验过程中应满足功能等级A，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.24.7 电压骤降复位性能

在供电电压恢复到 U_{\min} ，加热器功能应满足等级A，其余时间功能级别应该至少满足功能等级C。

5.24.8 电压缓降缓升性能

加热器在工作电压范围之内满足功能等级A，加热器不在工作电压范围之内满足功能等级C。

5.24.9 开路试验

a) 单线开路试验

本试验模拟加热器连接的线缆中某一根发生开路的情况，用以验证加热器在承受开路连接时不会发生损坏，并且在连接恢复后，加热器功能是否立即恢复正常。

应该至少满足功能等级C。

b) 多线开路试验

本试验模拟加热器连接的线缆中某两根及以上发生开路的情况，用以验证加热器在承受开路连接时不会发生损坏，并且在连接恢复后，加热器功能是否立即恢复正常。

应该至少满足功能等级C。

5.24.10 短路保护

本试验用以验证加热器信号电路接口发生对电源或对地短路之后，信号电路功能能够保持正常。应该至少满足功能等级C。加热器应当通过所有功能参数试验（功能等级A）。

5.24.11 耐纹波电压性能

加热器在试验中试验后应满足功能等级A。

5.24.12 静态电流

加热器静态电流 $\leq 0.1\text{mA}$ 。

5.24.13 大电流注入

试验方法参考GB/T 33014.4-2016标准，试验频率范围：1MHz—400MHz，抗扰性电平按测试严重度等级II，功能等级状态要求为B。

5.25 高压电气性能

5.25.1 过流保护

当过流保护条件触发时，加热器应该在80ms内停止加热，并且加热器不能损坏。

5.25.2 短路保护

总成检测到短路后应在150 μs 内关闭IGBT，保护IGBT不被击穿。

5.25.3 电源电压动态偏移

加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.25.4 电源电压的欠压

加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.25.5 电源电压的过压

加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.25.6 启动特性

加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.25.7 耐电压纹波

加热器试验后应满足功能等级A，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.25.8 抛负载

加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

5.26 防护等级

加热器的外壳防护等级应同时满足GB/T 30038-2013《道路车辆电气电子设备防护等级》和GB 4208-2008《外壳防护等级》规定的IP67和IP6K9K。

表8 防护等级说明

防护等级	简要描述	要求
6X	尘密/防止金属丝接近危险部件	无粉尘穿透/直径1.0mm的试具不得进入壳内
6KX	粉尘密封/金属丝	无粉尘穿透/直径1.0mm长100mm探具可以完全通过，但与危险部件有足够的距离
X7	短时间浸没	在1m水下持续30min，水温与试样温差不大于5K，外壳无进水
X9K	高压/蒸汽喷射清洗	任何方向对外壳定向喷射清洗，不应出现任何损害

5.27 爆破压力

加热器应在0.5MPa压力下持续5min，无泄漏、无爆破。

5.28 压力循环

加热器试验后无变形、无泄漏；气密性能满足图纸要求。

5.29 内部清洁度

加热器液体腔内部杂质重量应不超过15mg；杂质最大颗粒直径应小于0.5mm。

5.30 高温放置

加热器试验后，箱内复测绝缘电阻应符合要求，并满足功能等级A，恢复常态测试环境，加热器额定性能参数、气密性能应符合要求。

5.31 低温放置

加热器试验后，箱内复测绝缘电阻应符合要求，并满足功能等级A，恢复常态测试环境，加热器额定性能参数、气密性能应符合要求。

5.32 耐低温运行

加热器试验后，箱内复测绝缘电阻应符合要求，并满足功能等级A，恢复常态测试环境，加热器额定性能参数、气密性应能符合要求。

5.33 高低温冲击

加热器试验后满足功能等级A，介电强度、绝缘电阻满足规定要求。

5.34 耐化学试剂

加热器试验后外观应无显著异常，满足功能等级A，介电强度、绝缘电阻满足规定要求。

5.35 耐盐雾腐蚀

按照GB/T 10125 进行NSS（中性盐雾）720h，试验后加热器外壳金属及金属紧固件无红锈，无可见裂纹或其他腐蚀失效；气密性、绝缘电阻满足规定要求。

5.36 内部腐蚀

产品与冷却介质接触部分无损坏，试验结束后气密性参数应能满足规定要求。

5.37 耐振动运行

加热器试验后不能出现松动、裂纹和损坏，控制器各元器件不得出现松动、脱落，满足功能等级A，介电强度、绝缘电阻及气密性满足规定要求。

5.38 自由落体

加热器试验后外观无明显损坏，满足功能等级A。

5.39 耐交变湿热

加热器试验后应满足功能等级A，恢复常态测试环境，加热器额定性能、介电强度、绝缘电阻及气密性应满足要求。

5.40 干烧性能

加热器测试后应满足功能等级A，额定性能偏差 $\leq 10\%$ ，介电强度、绝缘电阻及温度保护功能满足要求。

5.41 耐通电温度循环

加热器试验后应满足功能等级A，额定性能偏差 $\leq 10\%$ ，介电强度、绝缘电阻及气密性应满足规定要求。

5.42 功能耐久

加热器试验后应满足功能等级A，额定性能偏差 $\leq 10\%$ ，介电强度、绝缘电阻及气密性应满足规定要求。

6 试验方法

6.1 设备要求

测试用仪器仪表的精度或误差应满足以下要求:

- a) 测试用电压、电流表, 其精度不低于0.5级;
- b) 测试用流量计精度不低于1%;
- c) 测试用直流电源或汽车蓄电池纹波系数不大于1% ;
- d) 兆欧表的精度不低于1.5级;
- e) 耐压仪的精度不低于 1.5 级;
- f) 电阻测试仪分辨率不低于0.01 Ω ;
- g) 电桥的精度不低于 0.005 级;
- h) 恒温恒湿试验箱精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- i) 温湿度/振动综合试验箱温度精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- j) 示波器与电流采集仪的精度 $\pm 0.01\text{A}$, 采集率1HZ;
- k) 温度传感器精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 外观

加热器外观采用目视检查。

6.3 尺寸

外形及装配尺寸使用量检具按图纸检测。

6.4 额定性能

在额定工况条件下, 加热器处于稳定工作状态时, 记录所测的电压、电流、进出口温度及流量, 功率满足图纸要求, 按5.5定义计算加热效率。

6.5 负载特性

环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 湿度45-75%, 流量10L/min, 加热器低压供电 U_{1n} , 高压在 U_{hmin} 到 U_{hmax} , 每50V逐步增加。调节入口介质温度, 从 -30°C 到 80°C , 步长 10°C , 电流稳定后, 读取入口介质温度和出口介质温度, 输入电流, 并计算加热功率和加热效率, 绘制加热功率和加热效率相对于进水温度的特性曲线。

6.6 冲击电流

在额定工况条件下, 让加热器以设定的最大功率运行, 采集从启动到稳定过程中产生的工作电流, 用示波器或电流采集仪读取冲击电流 I_{max} (电流最大值)。

6.7 介电强度

- a) 高压回路测试: 环境温度 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 湿度45-75%, 在加热器高压输入端子短接后对铝座接地点或者金属外壳之间施加试验电压, 持续1 min。
- b) 低压回路测试: 环境温度 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 湿度45-75%, 在加热器低压输入端子短接后对铝座接地点或者金属外壳之间施加试验电压, 持续1 min。

6.8 绝缘电阻

- a) 高压回路测试: 环境温度 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 湿度45-75%, 在加热器高压输入端子短接后对铝座接地点或者金属外壳之间施加试验电压, 持续1 min。
- b) 低压回路测试: 环境温度 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 湿度45-75%, 在加热器低压输入端子短接后对铝座接地点或者金属外壳之间施加试验电压, 持续1 min。

6.9 电位均衡

按图2布置测试点，在环境温度 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度45-75%，电流从1进，施加25A的恒定电流，且持续时间 $>5\text{s}$ ，测试1、2、3、4到加热铝座的电压差，利用欧姆定律计算相应的电阻值，或用接地电阻测试仪直接测试1、2、3、4到加热铝座的电阻。

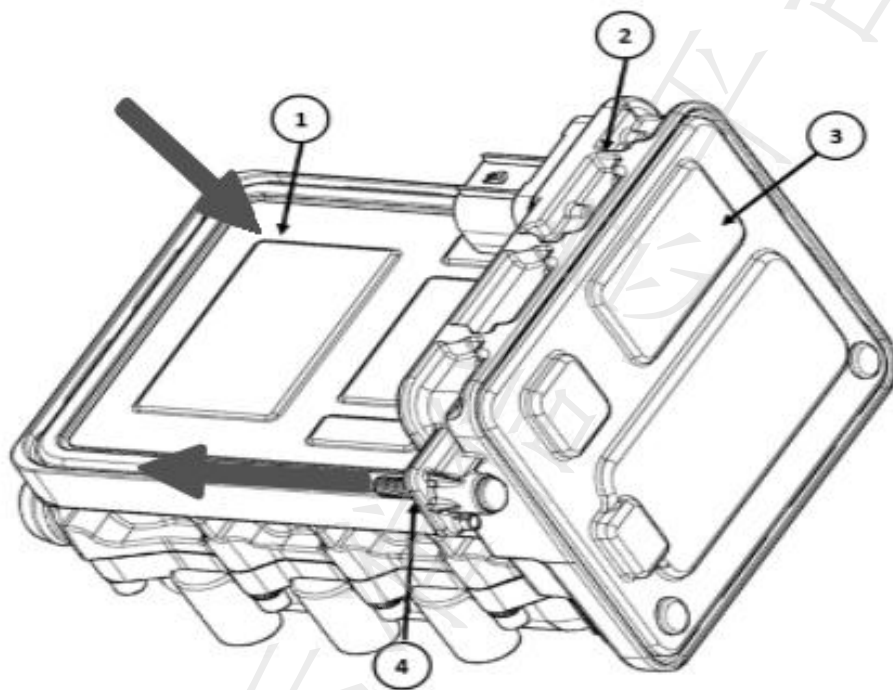


图2 电位均衡测试点布置图

6.10 被动放电

直流母线电压为最高工作电压，电压稳定后，立即切断高压/低压直流供电电源，记录加热器母线两端电压从切断时刻直至下降到60V的经过时间。

6.11 气密性测试

6.11.1 液体侧气密性

环境温度 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度45~75%，将加热器与干式检漏仪连接，按小于 $1\text{ mL}/\text{min}$ 要求设置泄漏率，向内压增压到250kPa（或图纸要求），测试时间60s，检测密封性。

6.11.2 电气侧气密性

环境温度 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度45~75%，将加热器与干式检漏仪连接，按小于 $1\text{ mL}/\text{min}$ 要求设置泄漏率，向内压增压到50kPa（或图纸要求），测试时间60s，检测密封性。

6.12 电磁兼容试验

6.12.1 辐射发射

按GB/T 18655中6.5条款规定的试验方法。

6.12.2 传导发射

T/CAAMTB 132—2023

按GB/T 18655中6.3条款规定的试验方法；

6.12.3 瞬态传导发射

按GB/T 21437.2-2008中规定的试验方法。

6.12.4 辐射抗扰度

试验方法参考GB/T 17619中的自由场法，抗扰性电平为24V/m。

6.12.5 耦合抗干扰

按ISO 7637-3中3.5、3.6、3.7条款规定的试验方法。

6.12.6 瞬态传导抗干扰

按GB/T 21437.2-2008中规定的试验方法。

6.12.7 静电放电

按ISO 10605标准中第8、9条款规定的试验方法。

6.13 低压电气性能

6.13.1 长时间过电压

测试参数按表9。

表9 长时间过压参数

系统电压	12V	24V
工作模式（见5.6节）	3.2	3.2
试验温度	23℃±5℃	23℃±5℃
测试电压	18V	36V
测试时间	60min	60min

6.13.2 耐电源反接

按GB/T 28046.2-2011标准规定的方法进行测试，12V系统测试电压-14V，24V系统测试电压-28V，测试时间1min。

6.13.3 短时过电压

测试参数按表10。

表10 短时间过压参数

系统电压	12V	24V
工作模式（见5.6节）	3.2	3.2
测试电压	24V	48V
试验温度	23℃±5℃	23℃±5℃
测试时间	1min	1min

6.13.4 电压瞬时降低

12V 系统：对加热器的低压电源输入接口施加如图 3 所示的试验电压波形。

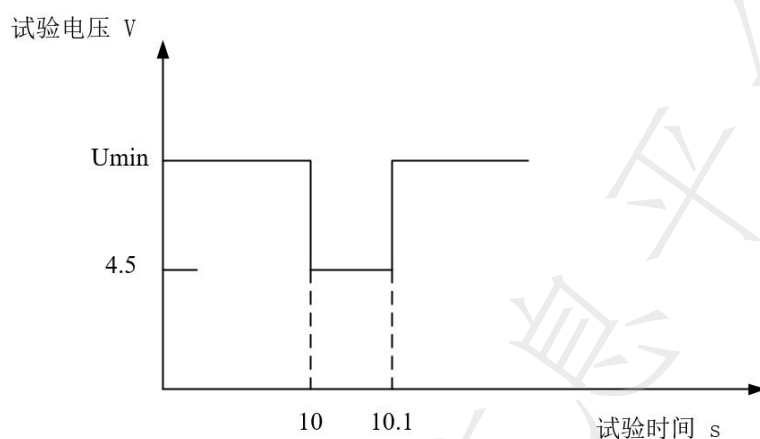


图 3 瞬时电压下降 ($U_{in}=12V$ 系统)

电压上升和下降的时间应该 $\leq 10ms$ 。加热器运行状态为 3.2(见 5.6 节)。

24V 系统：对加热器的低压电源输入接口施加如图 4 所示的试验电压波形。

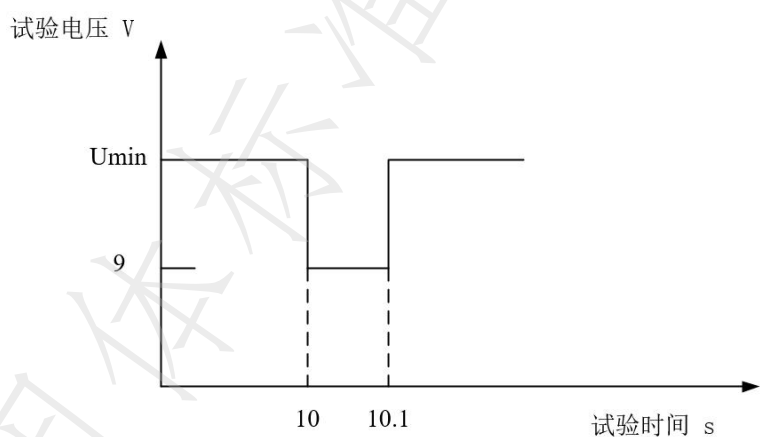


图 4 瞬时电压下降 ($U_{in}=24V$ 系统)

电压上升和下降的时间应该 $\leq 10ms$ 。加热器运行状态为 3.2(见 5.6 节)。

6.13.5 瞬时过电压

对加热器的低压电源输入接口施加如图5所示的试验电压波形，测试参数按表11。

表 11 瞬时过电压测试参数

	12V	24V
工作模式 (见 5.6 节)	3.2	3.2
U1	16V	32V
U2	17V	33V
U3	18V	34V
t_r	1ms	1ms
t_f	1ms	1ms
t_1	400ms	400ms
t_2	600ms	600ms
循环次数	试验工况 1: ● 试验温度: T_{max} ; ● 试验循环数: 3 个, 间隔 2s。 试验工况 2: ● 试验温度: T_{min} ; ● 试验循环数: 3 个, 间隔 2s。 试验工况 3: ● 试验温度: T_{room} ; ● 试验循环数: 100 个, 间隔 8s。	试验工况 1: ● 试验温度: T_{max} ; ● 试验循环数: 3 个, 间隔 2s。 试验工况 2: ● 试验温度: T_{min} ; ● 试验循环数: 3 个, 间隔 2s。 试验工况 3: ● 试验温度: T_{room} ; ● 试验循环数: 100 个, 间隔 8s。

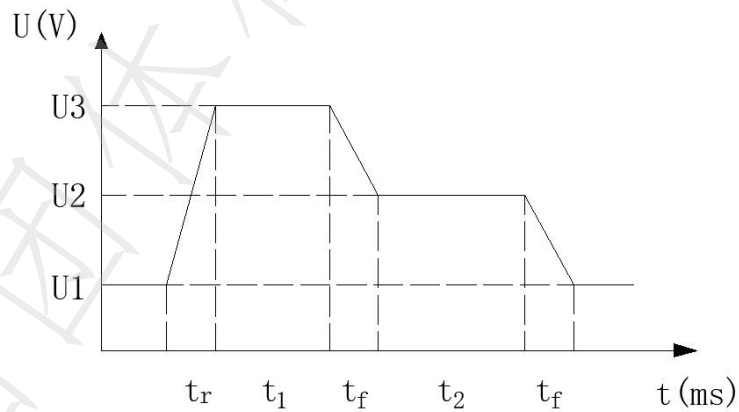


图 5 瞬时过电压测试脉冲

6.13.6 瞬时低电压

对加热器的低压电源输入接口施加如图6所示的试验电压波形，测试参数按表12。

表 12 瞬时低电压测试参数

	12V	24V
工作模式 (见 5.6 节)	3.2	3.2
U2	10.8V	19V
U1	9V	16V
t_r	1.8ms	1.8ms
t_r	1.8ms	1.8ms
t_{prof}	500ms	500ms

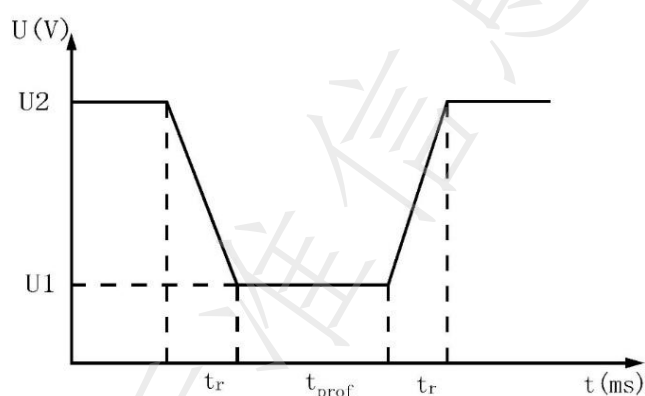


图6 瞬时低电压测试脉冲

6.13.7 电压骤降复位性能

对加热器的低压电源输入接口施加如图7所示的试验电压波形。将电源电压从 U_{min} 降低5%至 $0.95U_{min}$ ，保持该电压5s。将电压提高到 U_{min} ，保持 U_{min} 至少10s，进行功能测试。然后将电压降低到 $0.9U_{min}$ 等。如图7所示，继续5% U_{min} 的步进，直到较低的值达到0V。然后提高再把电压调到 U_{min} 。

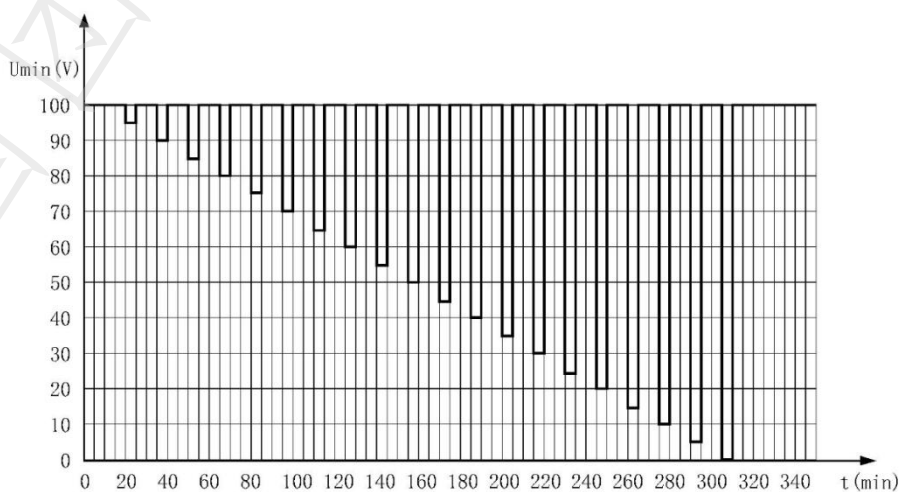


图7 电压复位测试

6.13.8 电压缓降缓升

对加热器的低压电源输入接口施加如图8所示的试验电压波形，测试参数按表13。

表 13 电压缓降缓升测试参数

工作模式（见 5.6 节）	3.2
	2.1
起始电压	U_{1max}
电压变化速度	$0.5 \pm 0.1V/min$
保持电压	U_{1min}
保持时间 (U_{1min})	直到加热器的测试记录被读出
最小电压	0V
结束电压	U_{1max}
循环次数	3.2 1 个循环
	2.1 1 个循环

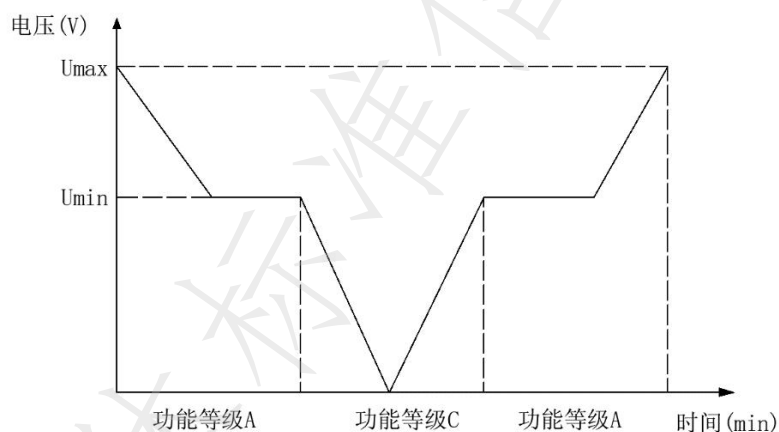


图8 电压缓降缓升测试脉冲

6.13.9 开路试验

a) 单线开路试验

设置PTC液体加热器运行状态为3.2（见5.6节），将加热器连接的线缆其中的一条电路断开，断开时间： $10s \pm 1s$ ，开路阻抗： $\geq 10M\Omega$ ，然后恢复连接，观察并记录线缆断开前后的功能运行状态。在PTC液体加热器接口的每条电路分别重新进行。

b) 多线开路试验

设置PTC液体加热器运行状态为3.2（见5.6节），将加热器连接的线缆其中的两条及以上电路断开，断开时间： $10s \pm 1s$ ，开路阻抗： $\geq 10M\Omega$ ，然后恢复连接，观察并记录线缆断开前后的功能运行状态。在PTC液体加热器接口多线断开的每种可能分别重新进行。

6.13.10 短路保护

试验按以下步骤执行：

- 加热器连接所有电源线及电源地线，并供以正常供电电压，使输出接口电路处于工作状态；
- 将加热器各I/O信号端口分别先短接至 U_{1max} 保持60s，然后再短接至电源地保持60s，此时其他I/O信号端口保持开路状态或按零部件技术条件中的规定设置；

- c) 使输出接口电路处于不工作状态，重复步骤b)；
- d) 加热器不连接电源线，只连接电源地线，重复步骤b)；
- e) 加热器只连接电源线，不连接电源地线，重复步骤b)。

6.13.11 耐纹波电压性能

对加热器的低压电源输入接口施加如图9所示的试验电压波形，扫描频率按图10，测试参数按表14。

表14 测试参数

工作模式（见5.6节）	3.2
扫频周期和类型	GB/T 28046.2-2011（三角，对数）
试验曲线	图9、图10
U_{p-p}	4V
电源内阻	50m Ω ~100m Ω
频率范围	50kHz~20kHz
扫描周期	120s
扫描周期数	5个

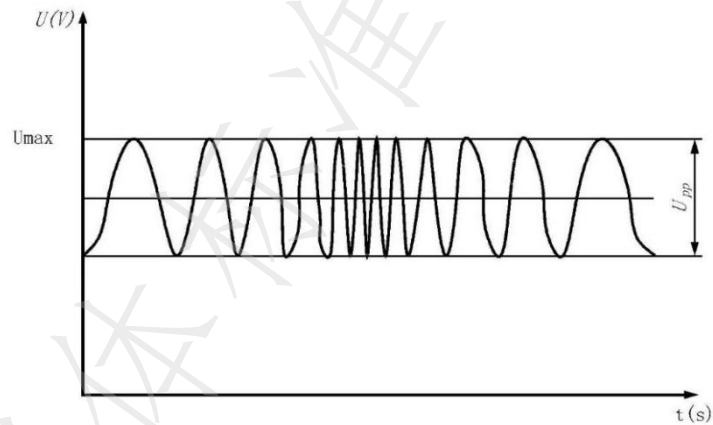


图9 叠加正弦交流电压

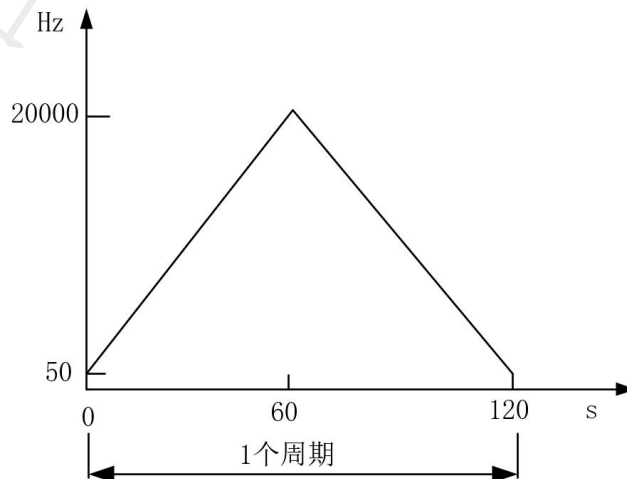


图10 扫描频率

6.13.12 静态电流

在加热器低压电源线上测量其电流值。电流检测仪器的采样频率高于最快的电流变化脉冲基波频率的10倍。加热器所有的输入输出应与实际负载相连接（或等效负载）。

- a) 将样件与可变电源连接，电压调至12V；
- b) 加热器处于休眠模式；
- c) 测试仪器应全程监控、记录电流数据。测量中最少要记录5次唤醒事件。如果样件无唤醒，从进入休眠后等待 10 min。在等待时，监测电流值是否有随机波动，如很稳定，测量10s电流值，计算测量期间的平均电流值。如果电流值有波动，应进行记录；
- d) 以线性方式降低电源，从11.5V下降至10.0V，每次下降0.5V。以步骤C)的方式记录电流值。电源线性下降的过程中应包含至少两次唤醒事件，电源线性下降的速率最大为0.5V/min。

6.13.13 大电流注入

试验方法参考GB/T 33014.4-2016标准，试验频率范围：1MHz—400MHz，抗扰性电平按测试严重度等级II，功能等级状态要求为B。

6.14 高压电气性能

6.14.1 过流保护

控制器：单独模拟测试

总成：本试验需要先人为制造高压端部件过流状态，然后按如下方法试验：

- a) 将试验样件固定在试验设备上，在加热器总成高压端施加直流电压，低压端发送控制信号；
- b) 试验电压：按 U_{\min} 、 U_m 、 U_{\max} 电压分别测试；
- c) 试验介质：选择 50%体积比浓度冷却液；
- d) 冷却液流量：在额定流量下试验；
- e) 冷却液温度：0℃。

要求：当过流保护条件触发时，加热器应该在 80ms 内停止加热，并且加热器不能损坏。

6.14.2 短路保护

控制器：单独模拟测试

总成：本试验需要先人为制造高压端部件短路状态，然后按如下方法试验：

- a) 将试验样件固定在试验设备上，在加热器总成高压端施加直流电压，低压端发送控制信号；
- b) 试验电压： U_m ；
- c) 试验介质：选择 50%体积比浓度冷却液；
- d) 冷却液流量：在额定流量下试验；
- e) 冷却液温度：0℃。

要求：总成检测到短路后应在150 μ s内关闭IGBT，保护IGBT不被击穿。

6.14.3 电源电压动态偏移

对加热器的高压电源输入接口施加图11所示的电压波形，参数按表15，加热器应满足功能等级A。

表15 电压测试参数

试验参数	数值
U1	相应工作范围的最大电压
U2	相应工作范围的最小工作电压
t_{r1}	20V/ms
t_{h1}	2s
t_{f1}	20V/ms
t_{h2}	2s
试验前工作时间	5min
循环次数	进行3次脉冲, 每次间隔2min
工作模式(见5.6节)	3.2

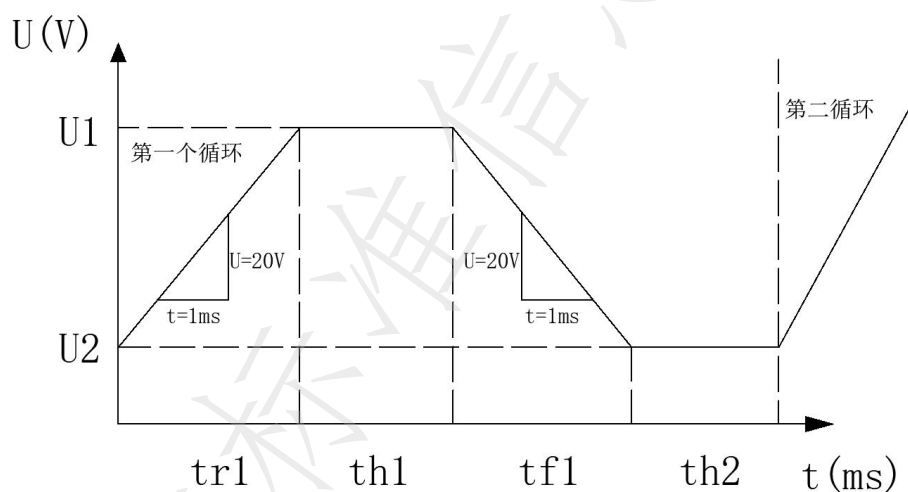


图11 电源电压动态波形

加热器试验后应满足功能等级C, 且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

6.14.4 电源电压的欠压

对加热器的高压电源输入接口施加图12所示的电压, 参数按表16, 加热器应满足功能等级C。

表16 电压测试参数

试验参数	数值
U1	$U_{hmin} + (U_{hmax} - U_{hmin}) / 2$
U2	$U_{hmin} + (U_{hmax} - U_{hmin}, \text{limited}) / 2$
U3	$U_{hmin}, \text{limited}$
U4	$U_{hmin}, \text{limited} / 2$
th1	2min
th2	2min
th3	10s
th4	2min
th5	2min

表 16 电压测试参数(续)

试验参数	数值
th6	1min
tf1	2ms
tf2	20ms
tr1	20ms
tr2	20ms
循环次数	进行 3 次脉冲, 每次间隔 2min
试验前工作时间	5min
工作模式(见 5.6 节)	3.2

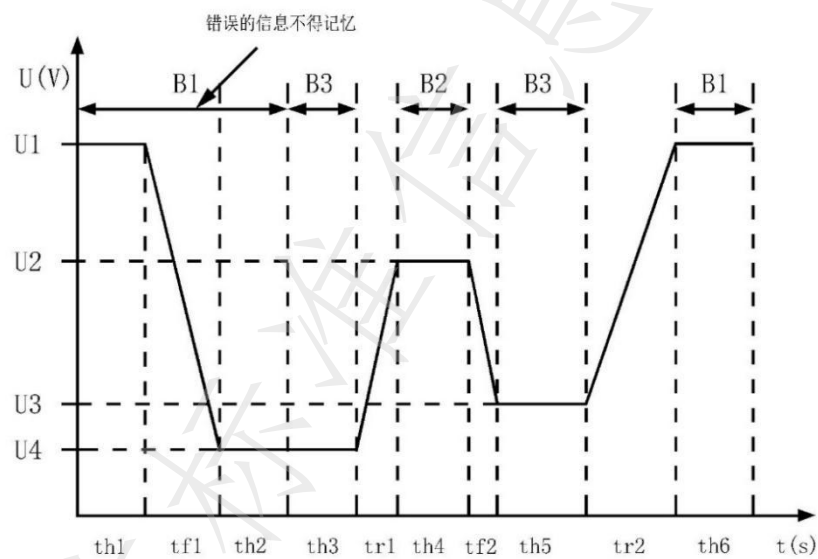


图 12 电源电压波形

6.14.5 电源电压的过压

对加热器的高压电源输入接口施加图13所示的电压波形, 参数按表17, 加热器试验后应满足功能等级C。

表 17 电压测试参数

试验参数	数值
U1	U _{overvoltage}
U2	U _{hmax, limited}
U3	$(U_{hmin} + (U_{hmax} - U_{hmin}) / 2)$
U4	U _{hmin}
th1	1min
th2	10s
th3	1min
th4	10s

表 17 电压测试参数 (续)

试验参数	数值
th5	1min
tf1	20V/ms
tf2	20V/ms
tr1	20V/ms
tr2	20V/ms
循环次数	进行 3 次脉冲, 每次间隔 2min
试验前工作时间	5min
工作模式 (见 5.6 节)	3.2

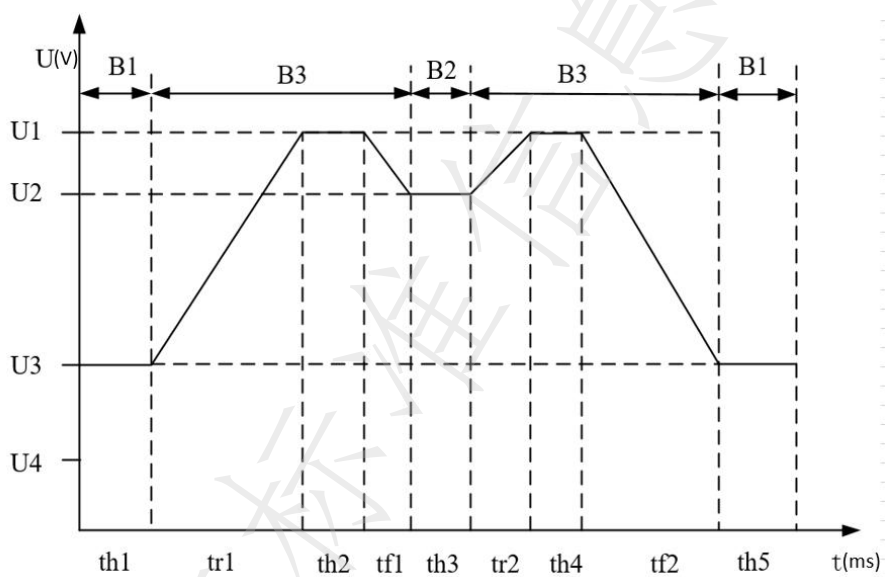


图 13 电源电压波形

6.14.6 启动特性

对加热器的高压电源输入接口施加图 14 所示的电压波形, 参数按表 18, 加热器应满足功能等级 C。

表 18 电压测试参数

电压参数	U2	U_{hn}
	U1	$U_{hmin}, \text{limited}$
时间参数	ta	1min
	tb	10ms
	tc	1000ms
	td	100ms
	te	1min
循环次数	进行 10 次脉冲, 每次间隔 2min	
试验前工作时间	5min	
工作模式 (见 5.6 节)	3.2	

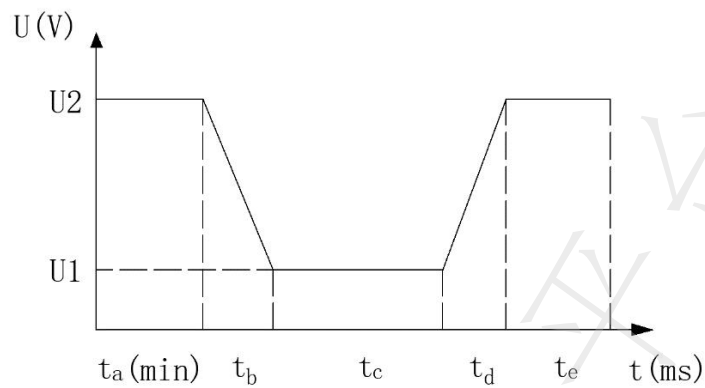


图 14 启动电压波形

6.14.7 耐电压纹波

对加热器的高压电源输入接口施加图15和图16所示的电压波形，参数按表19，且试验后高压运行状态处在技术要求范围内。

表19 电压参数

测试电压 U_1	每个工作范围的上限电压
纹波电压 (U_{pp})	见图 16
频率范围	15Hz~50KHz
频率扫描时间/类型	120s, 三角/对数
试验前工作时间	5min
试验时间	30min
工作模式 (见 5.6 节)	3.2

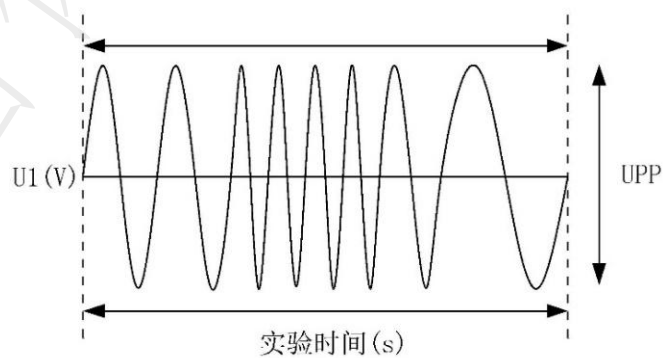


图 15 电源接口输入波形

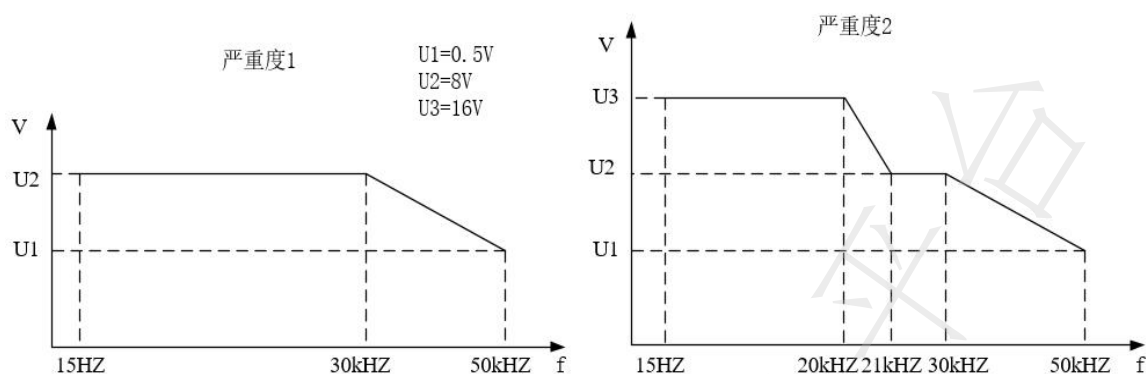


图 16 电压频率

6.14.8 抛负载

对加热器的高压电源输入接口施加图17所示的电压波形，参数按表20，加热器试验后应满足功能等级C，且试验后所有参数必须处在技术要求范围内。

表20 电压测试参数

电压参数	U1	U _{load, dump}
	U2	U _{imax}
时间参数	t _a	1min
	t _r	250V/ms
	t _b	300ms
	t _d	100ms
循环次数	进行3次脉冲，每次间隔2min	
试验前工作时间	5min	
工作模式（见5.6节）	3.2	

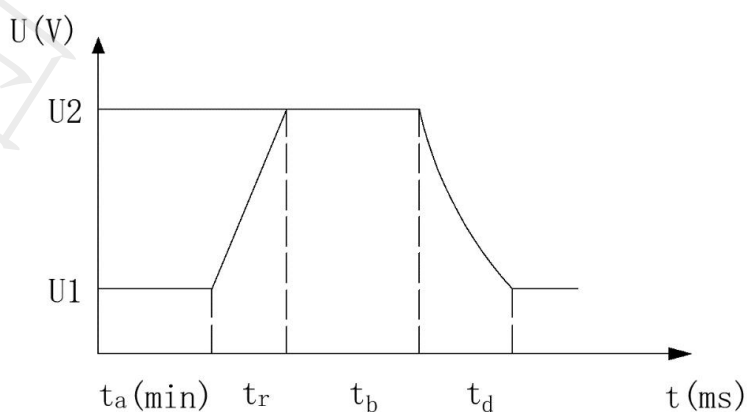


图 17 抛负载电压变化波形

6.15 防护等级测试

IP6K9K 按 GB/T 30038-2013《道路车辆电气电子设备防护等级》第 8.3、8.4 与 9.3 要求试验, IP67 按 GB 4208-2008《外壳防护等级》第 11.4、13.4、13.6、14.2.7 要求试验。

6.16 爆破压力

将加热器液体侧通入水或液压油, 增压至 0.5MPa (加压速率不超过 0.1MPa/s), 并保持 5min。

6.17 压力循环

将产品放在压力交变测试台, 介质: 冷却液; 冷却液温度: $90 \pm 2^\circ\text{C}$; 冷却液流量: 10L/min。设置参数如下: 试验波形: 梯形波; 频率: 20~35 次/min; 压力值: 低压 0kPa(G)、高压 250kPa(G); 上升时间占整个循环周期的 20~30%; 保压时间占整个循环周期的 30~45%; 下降时间占整个循环周期的 15~30%; 循环次数 200000 次。

6.18 内部清洁度

向被试产品内腔注入占容积 60% 左右的异辛烷, 然后上下、左右和前后各摇晃 4 至 5 次, 再将内溶物回收在专用容器内, 用 $8 \mu\text{m}$ 滤纸过滤干燥, 测定残留物质的重量。测量采用工业分析天平, 其测量准确度为 $\pm 0.1 \text{ mg}$, 颗粒大小用显微镜测量。

6.19 高温放置

按 GB/T 2423.2-2008 中试验 Bb 的相应试验方法的规定进行, 加热器放置环境温度为 125°C 的高温箱内 48h, 加热器不带电, 高低压接插件需进行密封。

6.20 低温放置

按 GB/T 2423.1-2008 中试验 Ad 的相应试验方法的规定进行, 将加热器放置环境温度为 -40°C 的低温箱内 48h, 加热器不带电, 高低压接插件需进行密封。

6.21 耐低温运行

按 GB/T 2423.1-2008 中试验 Ad 的相应试验方法的规定进行, 加热器应能承受 -40°C 环境温度、持续时间 48h 的低温运行试验。试验开始时, 加热器以额定电压、额定流量从进口温度 -40°C 运行, 达到额定工况时并保持继续运行至试验结束。试验后对额定性能及密封性能进行复测。

6.22 高低温冲击

将加热器放至在温度为 125°C 的环境箱中 1.5h, 再放至 -40°C 的环境箱中 1.5h, 切换时间在 1min 内, 以此为一个循环, 循环次数 100 次。

6.23 耐化学试剂

试验方法参照 ISO 16750-5。将制动液、冷却液、电池液、清洗液、冷冻机油分别涂于加热器表面, 各化学试剂持续时间为 24h。

6.24 耐盐雾腐蚀

按 GB/T 10125 规定的方法进行 NSS (中性盐雾) 试验, 试验时间 720h, 高低压接插件需进行密封。

6.25 内部腐蚀

冷却介质：冷冻液（80%的去离子水+20%乙二醇）；

高低压线束连接不带电或者高低压插件封堵；

环境温度： $T_{room}=23^{\circ}\text{C}$ ；

进口介质温度： 100°C ；

冷却液流量：在额定流量下进行试验；

相对压力：1bar；

循环定义：16h 液体循环，8h 循环关闭；

循环数量：40次。

6.26 耐振动运行

按IEC 60068-2-64规定试验方法，加热器按实际装车方式固定在振动试验台，在额定工况条件下全功率运行，按表21参数进行振动，试验时间24h。

表 21 定频测试参数

频率	加速度	时 间		
		上下	左右	前后
33Hz	70m/s^2	8h	8h	8h

6.27 自由落体

按IEC 60068-2-32规定的方法，加热器在非工作状态下，从离水泥地板（莫氏硬度9级）1m的高度进行自由跌落，其中加热器在X/Y/Z三个方向，六个面均进行依次自由跌落测试。

6.28 耐交变湿热

按照IEC 60068-2-38 试验Z/AD的要求进行试验。试验参数参见表22和图18。

表 22 湿热循环试验参数

温度变化曲线	图 18 所示为一个试验周期（48h）的温度变化曲线
试验周期数	5 个周期（共 10 天）
相对湿度	当试验温度为 65°C 时，湿度应控制在 $93\pm 3\%$ ； 当试验温度从 65°C 下降到 25°C 的过程中，湿度应控制在 $80\% - 96\%$ ； 当试验温度保持在 25°C 时，湿度应保持在 $93\pm 3\%$ ； 当试验温度低于 25°C 时，没有湿度要求；
运行状态 (见 5.6 节)	当试验温度每次达到 65°C 及 25°C 时，被测件运行状态为 3.2，并进行一次功能/参数试验； 其余时间运行状态为 3.1，期间需持续监控被测件的暗电流； 如果被测件没有 3.1 状态，则直接将供电电源关掉，即状态 1.2；

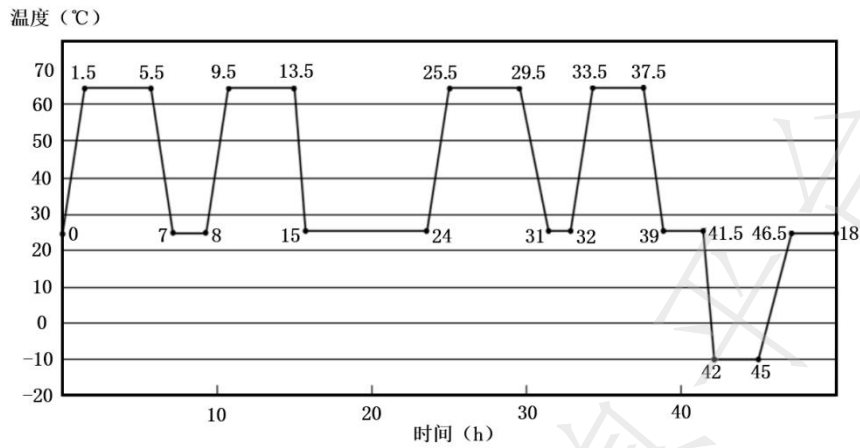


图 18 交变湿热试验温度变化曲线

6.29 干烧试验

环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，湿度45%~70%，系统无水状态，在高压系统 U_{hmax} ，低压系统 U_{lmax} ，占空比100%，工作100h。

6.30 通电温度循环

试验参照 IEC 60068-2-14，试验 Nb 进行。

温度变化曲线及参数见图19和表23，共进行30个循环（如图所示）。

表23 试验参数

时间 (Min)	环境温度 (°C)
0	20
60	-40
150	-40
210	20
300	105
420	105
480	20

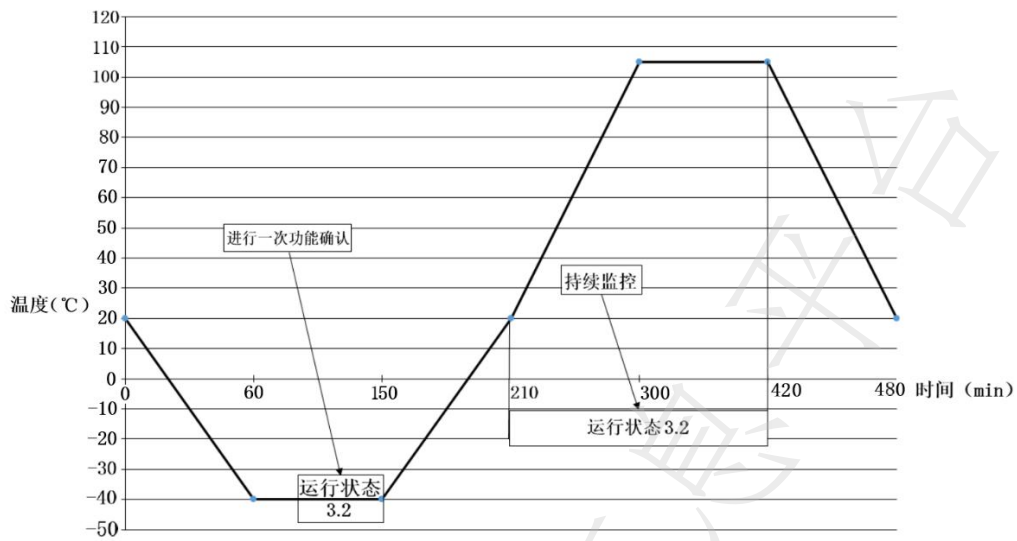


图 19 温度循环试验温度变化曲线

6.31 功能耐久

电压输入：高压 U_{hmin} ，低压 U_{lmin} ，50天；高压 U_{hn} ，低压 U_{ln} ，67天；高压 U_{hmax} ，低压 U_{lmax} ，50天；
 334h 功率请求：OFF；
 1002h 功率跳变，功率请求分别为100%、60%、40%、20%（见图20）；
 2672h 功率请求100%；
 介质流量：10L/min；
 介质温度：见图21；
 环境温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
 相对湿度：40%~75%；
 总持续时间：4008h。

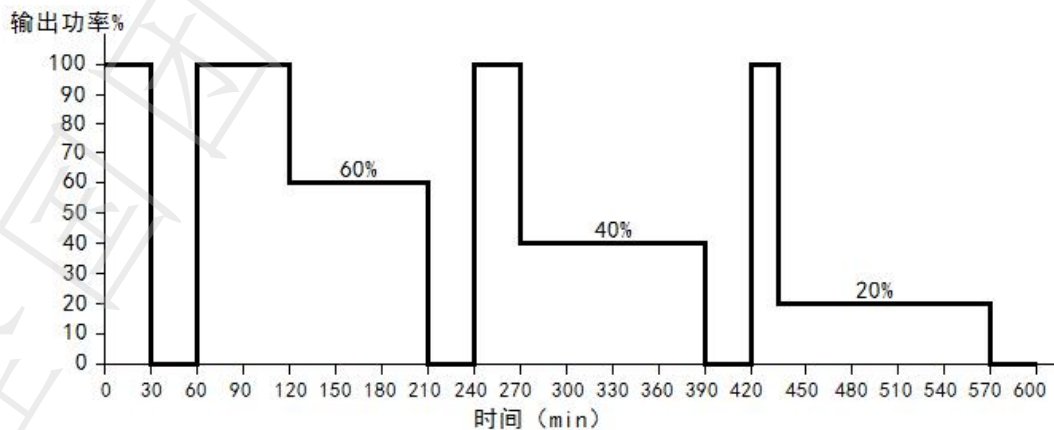


图20 功率跳变测试曲线

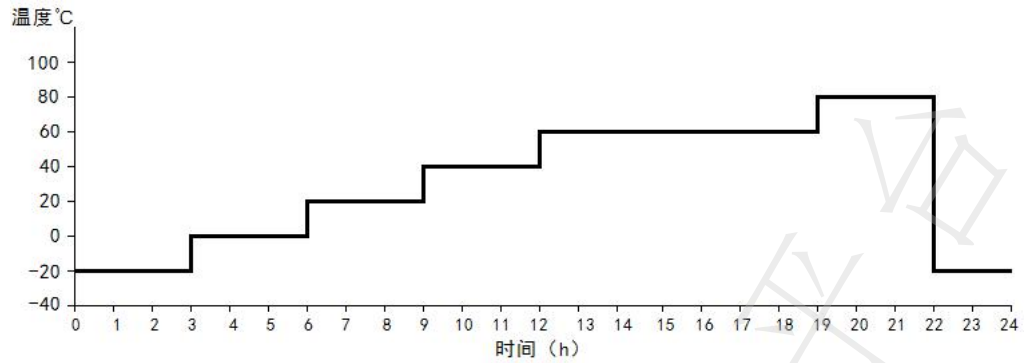


图21 介质温度曲线

7 检验规则

7.1 出厂检验

- a) 每台加热器应经出厂检验合格后。产品抽检按GB/T 2828.1中规定执行。检验项目按表22执行。
- b) 出厂检验中如有不合格项目时，允许返修后重新提交检验，但同一台加热器返修次数不得超过两次。

7.2 型式试验

- a) 凡有下列情况之一，应进行型式试验，试验项目按表 22 进行；
 - 新产品 OTS 认可；
 - 产品的设计、工艺或场地有重大改变；
 - 停产一年以上，重新开始生产时；
 - 质量不稳定，认为有必要时；
 - 每一年做一次型式试验。
- b) 每次型式检验样品数为 37 台加热器，型式试验不包括电磁兼容性试验。只有在控制模块和 PTC 加热组件设计发生变化时应进行电磁兼容性试验；
- c) 型式检验判定按表 22 及 GB/T 2829-2002 中一次或两次方案进行。

表22 出厂检验和型式检验

序号	检验项目		技术要求	试验方法	组别	顺序	数量	检验分类	
								出厂检验	型式试验
1	外观		4.8	5.2	/	/	37	√	√
2	尺寸		4.9	5.3	/	/	37	√	√
3	材料	阻燃性	4.10	/	/	/	/	-	√
4		禁用物质			P	/	1	-	√
5	额定性能		4.11	5.4	/	/	37	√	√
6	负载特性		4.12	5.5	A	1	2	-	√
7	冲击电流		4.13	5.6	A	2	2	-	√
8	介电强度		4.14	5.7	/	/	37	√	√
9	绝缘电阻		4.15	5.8	/	/	37	√	√
10	电位均衡		4.17	5.9	A	3	2	-	√
11	被动放电		4.18	5.10	A	4	2	-	√
12	高压互锁		4.19	/	A	5	2	-	√
13	气密性	液体侧气密性	4.20.1	5.11.1	/	/	37	√	√
		电气侧气密性	4.20.2	5.11.2	/	/	37	√	√
14	信息反馈及故障诊断		4.22	/	N	/	2	√	√
15	EMC	辐射发射	4.23.1	5.12.1	B	1	2	—	√
16		传导发射	4.23.2	5.12.2	B	2	2	—	√
17		瞬态传导发射	4.23.3	5.12.3	B	3	2	—	√
18		辐射抗扰度	4.23.4	5.12.4	B	4	2	—	√
19		耦合抗干扰	4.23.5	5.12.5	B	5	2	—	√
20		瞬态传导抗干扰	4.23.6	5.12.6	B	6	2	—	√
21		静电放电	4.23.7	5.12.7	B	7	2	—	√
22	低压电气性能	长时过电压	4.24.1	5.13.1	C	1	2	—	√
23		耐电源反接	4.24.2	5.13.2	C	2	2	—	√
24		短时过电压	4.24.3	5.13.3	C	3	2	—	√
25		电压瞬时降低	4.24.4	5.13.4	C	4	2	—	√
26		瞬时过电压	4.24.5	5.13.5	C	5	2	—	√
27		瞬时低电压	4.24.6	5.13.6	C	6	2	—	√
28		电压骤降复位性能	4.24.7	5.13.7	C	7	2	—	√
29		电压缓降快升性能	4.24.8	5.13.8	C	8	2	—	√
30		开路试验	4.24.9	5.13.9	C	9	2	—	√
31		短路保护	4.24.10	5.13.10	C	10	2	—	√
32		耐纹波电压性能	4.24.11	5.13.11	C	11	2	—	√
33		静态电流	4.24.12	5.13.12	C	12	2	—	√
34		大电流注入	4.24.13	5.13.13	C	13	2	—	√

表22 出厂检验和型式检验（续）

序号	检验项目	技术要求	试验方法	组别	顺序	数量	校验分类		
							出厂检验	型式试验	
35	高压 电气 性能	过流保护	4.25.1	5.14.1	D	7	2	—	√
36		短路保护	4.25.2	5.14.2	D	8	2	—	√
37		电源电压动态偏移	4.25.3	5.14.3	D	1	2	—	√
38		电源电压的欠压	4.25.4	5.14.4	D	2	2	—	√
39		电源电压的过压	4.25.5	5.14.5	D	3	2	—	√
40		启动特性	4.25.6	5.14.6	D	4	2	—	√
41		耐电压纹波	4.25.7	5.14.7	D	5	2	—	√
42		抛负载	4.25.8	5.14.8	D	6	2	—	√
43	防护等级	4.26	5.15	H	/	3	—	√	
44	爆破压力	4.27	5.16	I	/	3	—	√	
45	压力循环	4.28	5.17	G	1	3	—	√	
46	内部清洁度	4.29	5.18	F	1	2	—	√	
47	高温放置	4.30	5.19	E	1	3	—	√	
48	低温放置	4.31	5.20	E	2	3	—	√	
49	耐低温运行	4.32	5.21	E	4	3	—	√	
50	高低温冲击	4.33	5.22	E	3	3	—	√	
51	耐化学试剂	4.34	5.23	F	2	2	—	√	
52	耐盐雾腐蚀	4.35	5.24	F	4	2	—	√	
53	内部腐蚀	4.36	5.25	F	3	2	—	√	
54	耐振动运行	4.37	5.26	E	5	3	—	√	
55	自由落体	4.38	5.27	G	2	33	—	√	
56	耐交变湿热	4.39	5.28	K	/	3	—	√	
57	干烧性能	4.40	5.29	J	/	3	—	√	
58	耐通电温度循环	4.41	5.30	L	/	3	—	√	
59	功能耐久	4.42	5.31	M	/	3	—	√	

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 外观标识要求

- a) 应有清晰明确的进出水口方向标志；
- b) 主要零件材料标志。

8.1.2 高压警示要求

满足GB 2893-2008和GB 18384的规定。

8.1.3 铭牌要求

- a) 加热器件号；
- b) 额定电压；
- c) 额定功率；

- d) 软件版本，硬件版本；
- e) 生产批次；
- f) 二维码（生产批次、软件版本、硬件版本）。

8.2 包装

- a) 加热器进出液口、电器接口应装配堵帽，防止异物进入加热器内部；
- b) 加热器在包装箱内应有固定限位防振措施，防止运输过程中串动磕碰；
- c) 包装箱应牢固可靠，箱外应标明产品名称、型号、生产日期；
- d) 包装应有“小心轻放”、“向上”、“怕湿”等标志，标志应符合 GB/T 191-2008 有关规定；
- e) 包装方案应获得客户认可。

8.3 运输

- a) 加热器在正常运输、装卸中应保证零部件不受损坏；
- b) 包装完好，在运输途中不允许遭雨淋，避免剧烈振动和碰撞。

8.4 贮存

加热器贮存时不应拔出密封堵帽，应放在通风环境下贮存，周围不应有腐蚀性气体存在。