

团 体 标 准

T/CICEIA/CAMSXXXX—XXXX

柴油机冷却系统电加热器

Electric heater for diesel engine cooling system

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国内燃机工业协会
中国机械工业标准化技术协会

发 布

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

 3.1..... 2

 3.2..... 2

 3.3..... 2

4 分类..... 2

5 技术要求..... 2

 5.1 功能要求..... 2

 5.2 性能要求..... 3

 5.3 电磁兼容性要求..... 5

 5.4 环境适应性能..... 5

 5.5 可靠性及寿命..... 5

 5.6 外观..... 5

6 试验方法..... 6

 6.1 外观检查..... 6

 6.2 功能检测..... 6

 6.3 性能检测..... 6

 6.4 电磁兼容..... 9

 6.5 环境检测..... 12

 6.6 可靠性及寿命试验..... 17

7 检验规则..... 17

 7.1 检验分类与项目..... 17

 7.2 抽样方法..... 18

 7.3 检验项目..... 18

 7.4 检验结果判定..... 18

 7.5 复验规则..... 18

8 标志、包装、运输、贮存..... 18

 8.1 标志..... 18

 8.2 包装..... 18

 8.3 运输..... 19

 8.4 贮存..... 19

 8.5 其他..... 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。

本文件由中国内燃机工业协会提出。

本文件由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：泰豪电源技术有限公司、郑州众智科技股份有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、派迪发动机零部件制造（仪征）有限公司、佛山焯讯机电有限公司、扬州高源加热器制造有限公司、佛山市卓辉机电有限公司、上海孚创动力电器有限公司、雅柯斯电力科技（中国）有限公司、重庆康明斯发动机有限公司、中内动力科技（上海）有限公司

本文件主要起草人：傅学东、王磊、沈红节、苗健、周进焯、王凯、李润林、李勇、陈国平、喻小涛、陈传勇、邹颖辉。

本文件为首次发布。

柴油机冷却系统电加热器

1 范围

本文件规定了柴油机冷却系统电加热器的分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于柴油机冷却系统电加热器的制造。

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 4343.1-2018 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第1部分：发射
- GB 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- 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 2423.2 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 2423.3 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 2423.4 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 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则:冲击
- GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验第2部分：试验方法 试验Fc:振动（正弦）
- GB/T 2423.18 电工电子产品环境试验 第2部分：试验Kb:盐雾,交变(氯化钠溶液)
- GB/T 2423.22 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N:温度变化
- GB/T 3214-2007水泵流量的测定方法
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50W水平与垂直火焰试验方法
- GB/T 9254.1-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机电磁兼容 第1部分：发射要求
- GB/T 10066.1-2019 电热和电磁处理装置的试验方法 第1部分:通用部分
- GB/T 10067.1-2019 电热和电磁处理装置的基本技术条件 第1部分:通用部分
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验

GB/T 17626.18 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

GB/T 23150-2024 热水器用管状加热器

JB/T 2379-2016 金属管状电热元件

JB/T 7836.1-2005 电机用电加热器 第1部分：通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 23150-2024、GB/T 10066.1-2019、JB/T 2379-2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自循环加热器 Thermosiphon Heater

在一个闭合的回路中，通过加热元件加热工质，工质受热后产生的密度差造成的重位压差，推动工质流动循环的加热产品。

3.2

强制循环加热器 Forced Flow Heater

在一个闭合的回路中，通过产品自带水泵强制推动被加热的工质流动，均匀的将工质的热量分布至需加热机械的加热产品。

3.3

干烧保护/安全温控 Dry burning-resistant protection/ Safety Thermostat

在加热器腔体内无水、缺水、介质循环不畅或无法循环、工作温控失效等情况下切断加热器持续加热工作能力的保护装置。

4 分类

根据其循环方式不同，加热器可分为：自循环加热器和强制循环加热器；

5 技术要求

5.1 功能要求

5.1.1 基本参数

加热器基本参数符合表1的规定。

表 1 加热器基本参数

参数名称	交流电加热器
额定电压	AC120V、AC220V、AC230V、AC240V、AC380V、AC400V、AC415V、AC420V、AC480V （备注*1）
额定功率	400W-12kW （备注*1）
额定频率	50Hz和60Hz
温控范围	5℃-99℃ （备注*1）
防护等级	IP44及以上
承受最大水压	≥0.5Mpa
推荐发动机排量对应加热器功率	0-8L发动机选用1kW加热器 8-12L发动机选用2kW加热器 12-20L发动机选用2.5kW加热器 15-23L发动机选用3kW加热器 23-30L发动机选用4kW加热器 30-38L发动机选用5kW加热器 38-50L发动机选用6kW加热器 50-75L发动机选用9kW加热器 75-100L发动机选用12kW加热器 （备注*3）
工作环境温度范围	-20℃~+70℃/-40℃~+70℃等
相对湿度	加热器的周围空气相对湿度应不大于95%（环境温度为25℃时）
储存环境温度	-45℃~+80℃
海拔高度	≤3000m （备注*2）
备注：*1、若客户有特殊要求时，可由供需双方协商； *2、产品用于海拔超过3000m时，应考虑到空气冷却作用和介电强度的下降。如用户有特殊要求，应根据用户的协议进行设计或使用； *3、4kW以上推荐用强制循环加热器。	

5.1.2 干烧保护

环境温度 25℃，在无水状态下接通额定电压加热要求加热器 20s 内保护动作。

5.1.3 温度控制装置

加热器的温度保护装置应符合下列规定：

当加热器的进水温度超过规定的上限温度（±5℃）时，应立即停止加热；

当加热器的进水温度降低到规定温度的下限值（±5℃），开始加热；

温度控制装置的测量精度范围：±1℃。

5.1.4 温度保护装置的性能试验

加热器应具有防干烧功能及过热保护功能，无防干烧保护功能的加热器除外。

5.2 性能要求

5.2.1 加热功率误差要求

额定功率的实测值偏差应在额定功率的90%~105%范围内。

5.2.2 水泵流量测试

加热器在额定热流量状况下，处于稳定工作状态（加热器工作15min以后，在5min期间内，被加热介质进出口温差变化不大于1℃，排水温度相差不大于5.5℃，电动机电压之差不大于2%，这时的工作状态称为稳定工作状态）时的水泵流量（扬程1 m）应在规定范围内，偏差在±10%范围内。

5.2.3 绝缘电阻

按表2选取测试电压值，绝缘电阻值不应低于表3中的最低规定值。

表2 绝缘电阻测试电压值

额定工作电压 U_n (V)	直流测试电压 (V)
$U_n > 100V$	500

表3 最低绝缘电阻值

额定工作电压 U_n (V)	最低绝缘电阻值	
	冷态	热态
$U_n > 100V$	50 M Ω	1 M Ω

5.2.4 泄漏电流

泄漏电流值不应超过本标准表4的规定。

表4 泄漏电流值

项目	泄漏电流值	单位	备注
冷态泄漏电流和外壳等级试验后	<0.5	mA	
热态泄露电流	<5	mA	

5.2.5 绝缘耐电压验证

加热器的介电性能要求符合本标准表5的规定。

表5 最低耐电压值

额定工作电压 U_n (V)	试验电压值 (V)		限值漏电流 (mA)	
	冷态	热态	冷态	热态
$U_n > 100V$	$2U_n + 1000$		3.5	3.5

5.2.6 过载能力

电加热器在规定的试验条件和输入功率（额定功率不大于1000W产品，输入功率为额定功率的1.3倍，额定功率大于1000W的产品，输入功率为额定功率的1.27倍）下应能承受30次循环过载试验，而不发生损坏。

5.2.7 水压试验

加热器在总装前应进行水压试验，不应有渗漏现象，要求水压值不小于0.5MPa。

5.2.8 冷却液温升

电加热器在正常工作情况下,强制循环加热器冷却液的温升应在20℃范围内,自循环加热器冷却液的温升应能保证冷却液的正常循环。

5.2.9 空烧试验

加热器在空烧试验后,能够正常的进行工作,耐压测试符合表5要求。

5.3 电磁兼容性要求

5.3.1 无电子线路的加热器抗扰度和发射

5.3.1.1 无电子线路的加热器不需要进行抗扰度测试。

5.3.1.2 无电子线路的加热器不需进行电器的发射试验。

5.3.2 含有控制装置或水泵的加热器

对于加热系统中含有控制装置或水泵的加热器,其加热器应符合6.4电磁兼容的要求。

5.4 环境适应性能

5.4.1 盐雾试验

加热器在存在盐雾的工作环境下,不应产生腐蚀、损坏影响气密性。

5.4.2 阻燃试验

对于加热器塑料外壳部件,应具有耐非正常的热和火的能力。

5.4.3 振动和冲击试验

加热器应能经受一定的振动和冲击,其结构及内部零部件应完好,应能正常工作。

5.4.4 防护等级

加热器的防护等级应满足IP44及以上的要求。

5.4.5 污染等级

应符合 GB 4793.1-2007 中污染等级2的要求。一般情况仅有非导电性污染,但是必须考虑到偶然由于凝露造成短暂的导电性。

5.5 可靠性及寿命

加热器加热元件的工作寿命(加热时间)不应低于4000h。控制器面板的按键的动作次数不应低于10000次,温度控制开关的通断动作应不低于10000次。

5.6 外观

5.6.1 产品外壳(包括前后盖)应整洁、无磕碰、裂纹、划伤、变形、局部膨胀及锈蚀等缺陷。

5.6.2 电镀部分的镀层或色漆的涂层应均匀、光洁、不应有剥落或局部堆积现象。

5.6.3 产品外露金属螺钉无漏装、锈迹及拧毛现象。

5.6.4 加热管的所有焊接应牢固、圆滑,不应出现松动、虚焊、脱焊现象。

6 试验方法

6.1 外观检查

目测产品外观应符合本标准5.6的规定。

6.2 功能检测

加热器的功能检验按5.2规定的进行。

6.3 性能检测

6.3.1 通电试验条件

环境温度： $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：不大于 85%；

气压： $96\text{kPa} \pm 10\text{kPa}$ ；

试验电压偏差不超过额定值的 $\pm 1\%$ ；

电加热器处于正常工作状态或模拟条件下。

6.3.2 额定功率检测

按GB/T 10066.1-2019, 6.4进行试验, 其中:

- a) 加热器在正常工作情况下;
- b) 电热元件达到工作温度 10min 稳定后;
- c) 用电压表和电流表测量;
- d) 仪表的精度不得低于 0.5 级;

验收准则: 额定功率的偏差应在额定功率的90%-105%范围内, 否则不合格。

6.3.3 水泵流量测试

按GB/T 3214进行试验, 其中:

- a) 加热器在正常工作情况下;
- b) 电热元件达到工作温度稳定后;
- c) 使用流量计在扬程 1m 位置测得实际流量值;
- d) 流量计的精度不得低于 0.5 级;

验收准则: 水泵流量的允差应在 $\pm 10\%$ 范围内。

6.3.4 绝缘电阻测量

6.3.4.1 说明

试验用500V绝缘电阻表进行测量, 绝缘电阻表加在加热器引出棒与外壳之间。

6.3.4.2 冷态绝缘电阻测量

冷态绝缘电阻测量时前, 被测试加热器应在试验环境下贮存不少于24h, 测试前1h, 环境温度变化不超过 3°C 。

6.3.4.3 热态绝缘电阻测量

在正常工作条件下，使加热器达到工作温度并保持稳定后断电，在断电后1min内完成测试。在测试过程中，不得对加热器进行人为冷却降温。

6.3.4.4 验收准则

绝缘电阻值不小于表3要求。

在测试时，加热器外壳与绝缘电阻表不得通过大地构成回路，“冷态”与“热态”应使用相同仪表，在相同连接点进行测量。

6.3.5 泄漏电流测量

6.3.5.1 测试设备

本试验使用的毫安表不应低于0.5级。

6.3.5.2 冷态泄漏电流测量

冷态泄漏电流测量应在电热元件不通电流的情况下进行。

使加热器外壳与大地绝缘，然后将试验电压加在引出棒与外壳之间，测得泄漏电流。试验电压为额定电压的1.1倍。试验原理如图1。

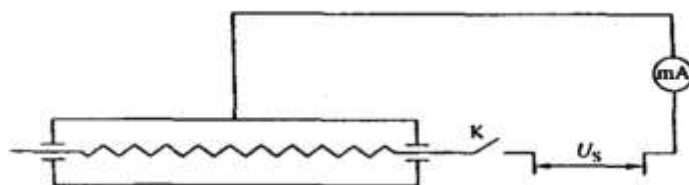


图1 冷态泄露电流测量电路原理图

6.3.5.3 热态泄漏电流测量

试验应在加热器接通电源并达到工作温度的条件下进行。将加热器接通电源，调整试验电压 U_s ，使输入功率等于额定功率的1.15倍，在电热元件达到工作温度10min后，开始测量泄露电流。测量时通过开关K的转换，分别在两端引出线测量泄露电流，并取其中较大值进行考核。试验原理如图2。

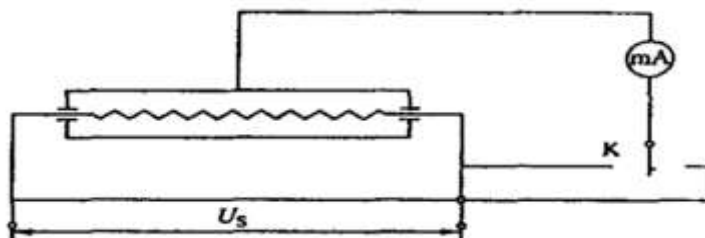


图2 热态泄露电流测量电路原理图

6.3.5.4 验收准则

泄漏电流值不大于表4中要求。

6.3.6 绝缘耐电压测试

6.3.6.1 说明

加热器在冷态或热态时应能承受基本的正弦波50Hz、1min的耐压试验。

6.3.6.2 试验方法

加热器的绝缘耐电压试验按表3选取，且应从1/2的试验电压开始，以约5s时间，逐步升至规定测试电压值，测试时间1min。

6.3.6.3 验收准则

无绝缘击穿、表面闪络、泄漏电流明显增大、电压突然下降及电火花等现象，泄露电流小于等于3.5mA，则认为合格。

热态绝缘耐电压测试应在断电后的1min内开始。

6.3.7 过载试验

按JB/T 7836.1-2005, 6.7进行试验，其中：

- a) 调节电压使输入功率（额定功率不大于1000W产品，输入功率为额定功率的1.3倍，额定功率大于1000W的产品，输入功率为额定功率的1.27倍）达到规定值；
- b) 电热元件处于充分发热10min后，断电冷却0.5h，达到室温（可采用其他辅助冷却方法）；
- c) 通断电循环次数：30次。

验收准则：试验后，加热器能正常工作，且绝缘耐电压值符合表3和表5要求。

过载试验中功率的规定值：对于额定功率不大于1000W的产品，过载试验的输入功率为额定功率的1.3倍；对于额定功率大于1000W小于15000W的产品，过载试验的输入功率为额定功率的1.27倍。

6.3.8 水压试验

按GB/T 23150进行试验，其中：

- a) 将加热器装入测试工装，并密封安装好；
- b) 将水压调整为0.5Mpa；
- c) 保持压力10min，取出擦干；

验收准则：试验中和后加热器不得漏液，破损；泄露电流和绝缘耐电压应符合表3、表4和表5规定。

6.3.9 空烧试验

按GB/T 23150进行试验，其中：

- a) 去除加热器的温度保护装置；
- b) 电热元件在额定电压工作条件下空烧30min；
- c) 电热管试验后应冷却至室温，然后将除法兰外的管体部分；
- d) 浸入水中24h；
- e) 进行绝缘耐电压测试。

验收准则：不应变形及释放火焰、金属溶液和有害气体。应能承受测试电压AC1800V，历时1min的电气强度试验，泄漏电流不应超过5mA。

空烧试验中：表面负荷大于11W/cm²的产品不做此项要求，铜管和铝管不适用。

6.3.10 冷却液温升

按GB/T 10067.1-2019, 9.14进行试验，其中：

- a) 进口处冷却液的压力及流量应在规定的范围内。

- b) 冷却液的温升等于冷却液出口温度和进口温度的差。
- c) 温度用玻璃温度计或用能给出可靠读数的其他等效装置测量。

验收准则：试验中，强制循环加热器冷却液的温升应在20℃范围内；自循环加热器冷却液的温升应能保证冷却液的正常循环。

6.4 电磁兼容

6.4.1 试验条件

作为台式设备进行试验，除非另有规定试验时被测设备应在其正常工作位置，所有预定接地的部分应接地。

加热器在正常工作状态或模拟正常工作状态，电压线路和辅助线路通以额定电压。

温度：15℃～35℃。

相对湿度：30%～60%。

气压：86kPa～106kPa。

6.4.2 验收标准

依据产品的动作条件和功能要求，试验结果的判定基准分为4个等级。

判定准则 A: 数据在允差范围内的正常波动，且功能和性能正常。

判定准则 B: 功能或性能暂时降低或丧失，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预。

判定准则 C: 功能或性能暂时降低或丧失，但须操作者干预才能恢复。

判定准则 D: 因设备硬件或软件损坏，或数据丢失而造成不能恢复的性能降低或功能丧失。

6.4.3 电磁兼容性试验项目及要求

6.4.3.1 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2进行试验，其中：

- 接触放电 6kV；
- 空气放电：8kV；
- 放电次数：正和负极性各10次；
- 放电间隔：1s。

验收准则：B

6.4.3.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按GB/T 17626.3进行试验，其中：

- 暴露于电磁场中的电缆长度：1m；
- 频率范围：80MHz～2700MHz；
- 使用1kHz正弦波调幅，调制度为80%；
- 未调制的试验场强：10V/m；
- 扫描速率：扫频过程中频率逐渐增加，步长不超过前一频率的1%。

验收准则：A

6.4.3.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按GB/T 17626.4进行试验，其中：

- 试验等级：3级；

- 脉冲群持续时间：15ms；
- 脉冲群周期：300ms；
- 试验时间：每一极性 1min；
- 2kV/5kHz 电源端口；
- 1kV/5kHz 信号端口。

验收准则：B

6.4.3.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

按GB/T 17626.5进行试验，其中：

- 浪涌发生器与控制器之间的电缆长度：1m；
- 以差模和共模方式(线-线，线-地)试验；
- 试验次数：正极性 5 次，负极性 5 次；
- 连续脉冲间的时间间隔：最大 1min；
- 对交流电源端口，应分别在 0°、90°、180°、270° 相位施加浪涌脉冲；当线之间没有交流电压时，不用在相位上施加浪涌脉冲，例如 TN-S 配电系统的 N 和 PE 之间就不需要在相位上施加浪涌脉冲；
- 试验电压见表 6。

验收准则：B

6.4.3.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按GB/T 17626.6进行试验，其中：

- 频率范围：0.15MHz~80MHz；
- 使用 1KHz 正弦波调幅，调制度为 80%；
- 频率扫描速率：以最大不超过当前频率的 1%的步进增加频率；
- 未调制骚扰信号的开路试验电压：U₀=10V。

验收准则：A

6.4.3.6 辐射骚扰试验

按GB/T 9254.1进行试验，其中：

- 频率范围：30MHz~1GHz；
- 天线与受试设备之间的距离：10m。

验收准则：满足GB/T 9254.1-2021表A.2的要求。

6.4.3.7 传导骚扰试验

按GB/T 9254.1进行试验，其中：

频率范围为：150kHz~30MHz。

验收准则：满足GB/T 9254.1-2021表A.9和表A.11的要求

6.4.3.8 功率骚扰试验

按GB 4343.1进行试验，其中：

- 测量控制器频率范围为 30MHz~300MHz 的传导发射；
- 准峰值测量接收机其带宽为：30MHz~300MHz 应为 120kHz。

验收准则：符合表8的要求。

6.4.3.9 低频传导抗扰度试验（谐波）

按GB/T 17626.13进行试验，其中：

- 直流供电设备试验电压值(正弦有效值)：
- 试验电压(有效值)：10%U；
- 频率范围：50Hz～10kHz；
- 试验中施加在电源线上的功率均可限制为2W。为保持最大2W的功率，测试信号的电压可降低。

验收准则：A

6.4.3.10 阻尼振荡波抗扰度试验

按GB/T 17626.18进行试验，其中：

- 在电源端口、输入输出端口、通信口上的试验电压见表7；
- 输出阻抗 200 Ω；
- 电压上升时间 75ns；
- 试验频率：1MHz，重复速率：400Hz；
- 试验时间：一次试验时间 10s，共计进行 6 次试验，总计试验时间 1min。

验收准则：B

6.4.3.11 工频磁场抗扰度试验

按GB/T 17626.8进行试验，其中：

- 稳定持续磁场试验等级：4 级，磁场强度 30A/m。每个骚扰的持续时间为：5min，间隔 60s，次数 5 次。
- 1s～3s 的短时试验等级：4 级，磁场强度 300A/m。每个骚扰的持续时间为：3s，间隔 60s，次数 5 次。

验收准则：A

注1：通信口是指 RS232/485，USB 不认为是一个通信口；两路电源线同时进行试验。

注2：加热器无控制板不做浪涌试验。

表 6 浪涌抗扰度各端口试验电压表

端口		线-线			线-地		
		电压	阻抗		电压	阻抗	
		kV	μF	Ω	kV	μF	Ω
直流电源输入		1	18	2	2	9	12
交流电源输入		1	18	2	2	9	12
信号、输入/输出端口		1	0.5	42	2	0.5	42
通信口	不平衡互联线(例 RS232)	1	0.5	42	2	0.5	42
	非屏蔽平衡互连线(例 RS485/CAN等)	—	—	—	1	GDT (90V)	42

表 7 阻尼振荡波抗扰度试验各端口试验电压表

端口	试验电压 (kV $\pm$ 10%峰值)	
	共模试验	差模试验
电源端口	2.5	2.5
输入和输出端口	2.5	1
通信口	1	0

表 8 功率骚扰发射限值

频段/MHz	设备限值/dB(μ V)	
	准峰值	平均值
30.00~300.00	45.0~55.0	35.0~45.0

6.5 环境检测

6.5.1 试验条件：正常环境条件下

温度：25℃ $\pm$ 10℃；

相对湿度：60% $\pm$ 30%；

气压：96kPa $\pm$ 10kPa；

在试验箱内进行实验时，线缆外漏于加热器外壳外的长度至少应为 5cm。

6.5.2 验收准则

在试验过程中和试验后，加热器均应能连续地进行预期的工作，无性能降低或者功能的丧失；

试验前和试验后绝缘电阻值符合表 3 的规定，泄漏电流符合表 4 的规定；

受试产品的外观、连接件、橡胶、塑料件等器件表面无明显氧化现象；

不能出现结构损坏、变形、部件失灵、渗漏、不正常的振动和不规则的运转。

6.5.3 试验方法

6.5.3.1 低温试验

按GB/T 2423.1进行试验，其中：

a) 试验方法：试验 Ab；

b) 低温：-20℃ $\pm$ 2℃或-40℃ $\pm$ 2℃；

c) 中温：-10℃ $\pm$ 2℃；

d) 加热器在低温环境下通电 2min 断电 4min，循环 5 次；

e) 加热器在低温条件下持续运行 15min；

f) 试验时间：16 h。

检查时间：按图3所示进行试验，T1、T2、T3、T4、T5时进行性能检查。

6.5.3.2 温度变化试验

按GB/T 2423.22进行试验，其中：

a) 试验方法：试验 Nb；

b) 高温温度：+70℃ $\pm$ 2℃；

- c) 室温温度: $+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- d) 低温温度: $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- e) 温度变化速率: $1\text{K}/\text{min}$;
- f) 高温/低温保持时间: 3h;
- g) 循环周期: 5 个。

检查时间: 按图6所示进行试验, 在T1、T2、T3、T4、T5、T6时(温度稳定后半小时)开进行性能检查。

6.5.3.3 交变湿热试验

按GB/T 2423.4进行试验, 其中:

- a) 试验方法: 交变方式, 方法 2;
- b) 高温: $+55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- c) 低温: $+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- d) 相对湿度: $95\% \pm 3\%$;
- e) 循环次数: 2。

检查时间: 按图4所示进行试验, T1、T2、T3、T4、T5时进行性能检查。

6.5.3.4 恒定湿热试验

按GB/T 2423.3进行试验, 其中:

- a) 电流线路无电流;
- b) 温度: $+40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- c) 相对湿度: $93\% \pm 3\%$;
- d) 试验时间: 96h。

检查时间: 按图5所示进行试验, T1、T2、T3、T4、T5时进行性能检查。

6.5.3.5 高温贮存试验

按GB/T 2423.2进行试验, 其中:

- a) 控制器在非工作状态下;
- b) 试验方法: 试验 Bb;
- c) 温度: $+80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- d) 试验时间: 72 h。

检查时间: 按图7所示进行试验, T1、T2时进行性能检查。

6.5.3.6 低温贮存试验

按GB/T 2423.1进行试验, 其中:

- a) 控制器在非工作状态下;
- b) 试验方法: 试验 Ab;
- c) 温度: $-45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- d) 试验时间: 72 h。

检查时间: 按图8所示进行试验, T1时进行性能检查。

6.5.3.7 盐雾试验

按GB/T 2423.18进行试验, 其中:

- a) 试验类别：试验 Kb；
- b) 严酷等级（2）：三个喷雾周期，每个 2h，每个喷雾周期后有一个为期 22h 的湿热贮存周期；
- c) 盐溶液：5%氯化钠（NaCl） $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 时在 6.5~7.2 之间；
- d) 相对湿度：90%~95%；
- e) 温度： $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

检查时间：在试验结束后，将样品上水珠清洗干净，在 $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的条件下干燥1h，在正常环境条件下冷却1h~2h后，进行功能及外观的检测。

6.5.3.8 阻燃试验

按GB/T5169.16进行试验，其中：

- a) 试验方法：方法 B；
- b) 试验样品：成品塑料外壳试验；
- c) 阻燃等级：V-0（UL94）；
- d) 验收准则：塑料部件在规定的火焰下具有滞燃和自灭的特性。

6.5.3.9 振动试验

按GB/T 2423.10进行试验，其中：

- a) 控制器在工作状态，嵌在控制箱面板上；
- b) 频率范围：5Hz~8Hz，振幅 $\pm 7.5\text{mm}$ ，固定位移，3个轴向分别振动 14min；
- c) 频率范围：8Hz~500Hz，2g 固定加速度，3个轴向分别振动 120min；
- d) 单点控制；
- e) 扫频循环数：10。

试验后进行功能和性能检查。

6.5.3.10 冲击试验

按GB/T 2423.5试验，其中：

- a) 加热器在工作状态，安装到测试台上；
- b) 脉冲波形：半正弦形脉冲；
- c) 峰值加速度：50g (500 m/s²)；
- d) 脉冲持续时间：11ms；
- e) 冲击的施加：三个互相垂直方向的每一方向连续施加三次冲击，即共 18 次。

试验后进行功能和性能检查。

6.5.3.11 防护等级

按GB/T 4208进行试验，其中：

- a) 产品在非工作状态，安装在实验装置上；
- b) 防护等级：IP44 及以上；
- c) 防尘试验持续时间：8h；
- d) 防尘试验方法：La2。
- e) 喷水持续时间：10min；
- f) 水流量：每孔 (0.07 ± 0.035) L/min 乘以孔数（19）
- g) 摆管沿垂线两边各摆动 180° ，共约 360° 。

试验后进行功能和性能检查，试验后壳内无明显的灰尘沉积，如果进水，应不积聚，不足以影响产品的正常操作或破坏安全性。

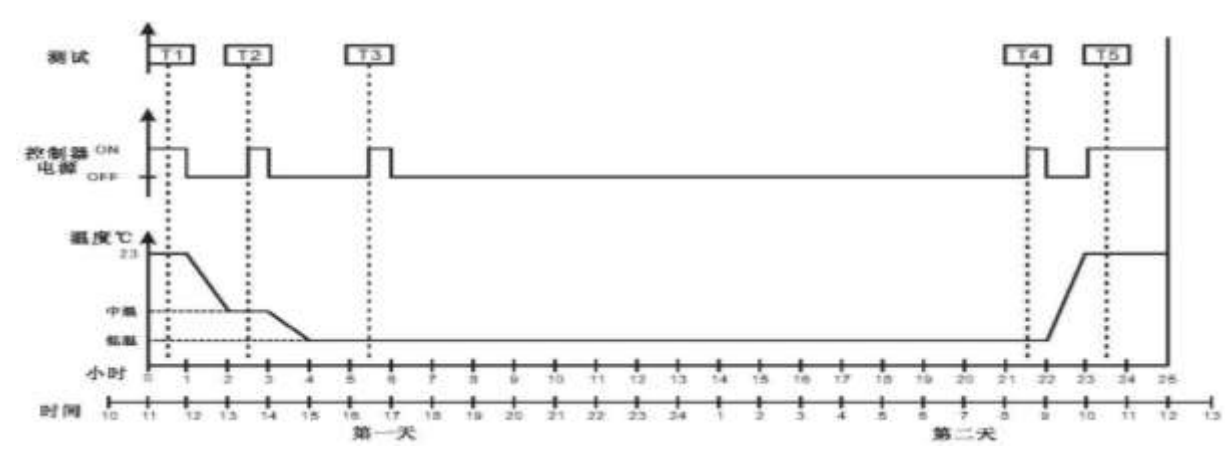


图3 低温试验曲线

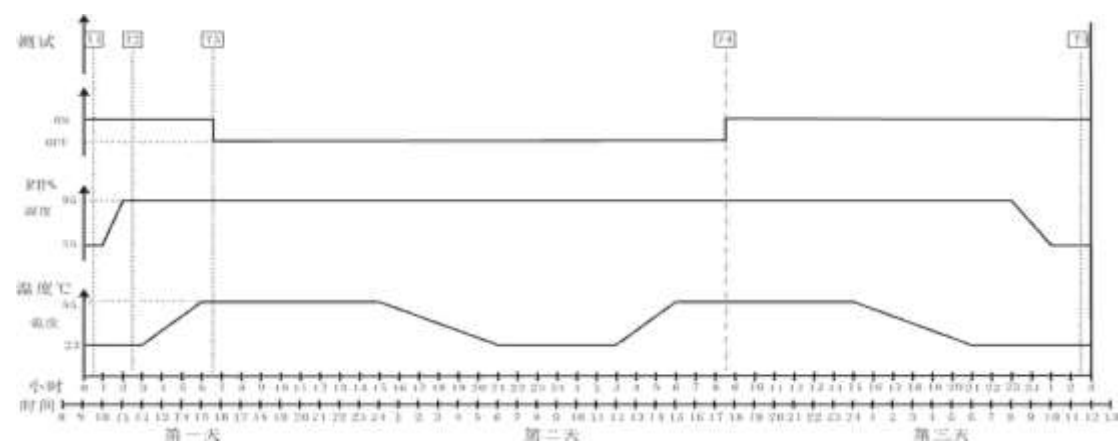


图4 交变湿热试验曲线图

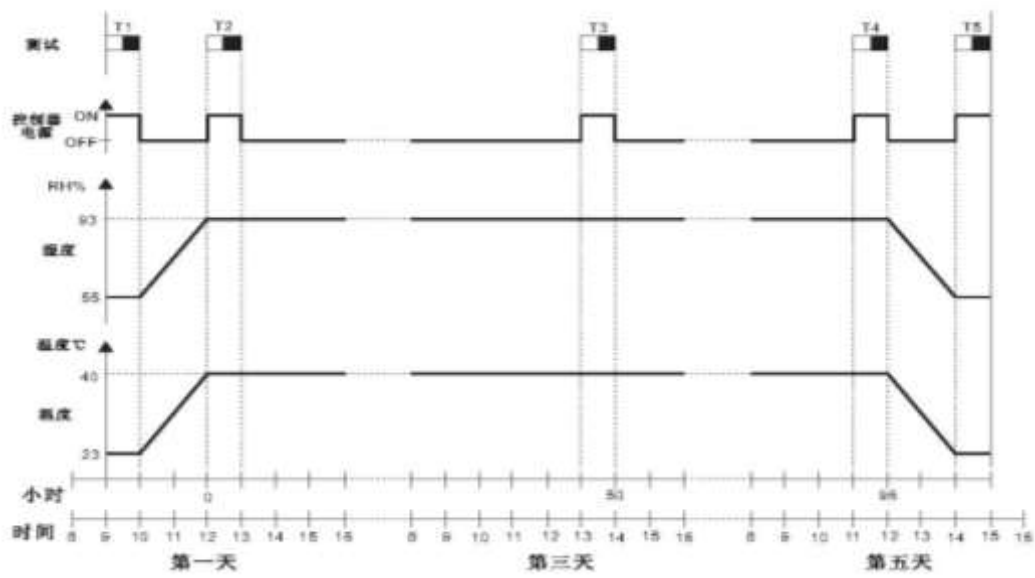


图5 恒定湿热试验曲线图

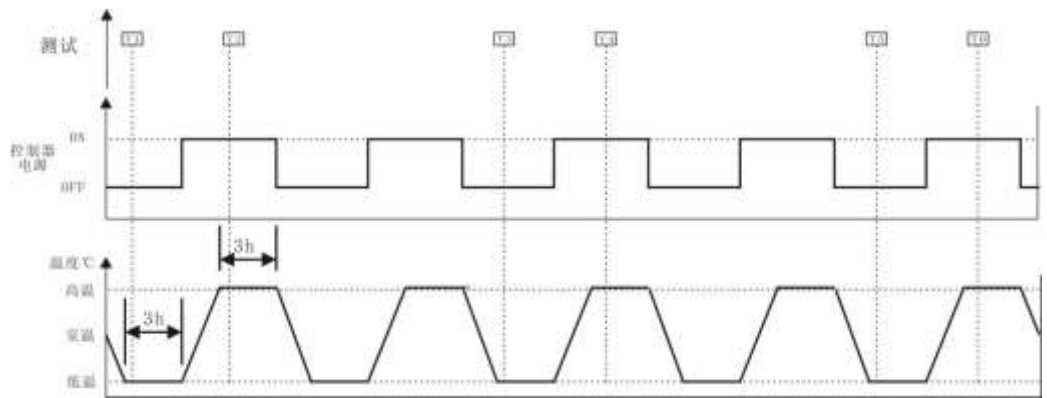


图6 一个循环周期温度变化试验曲线图

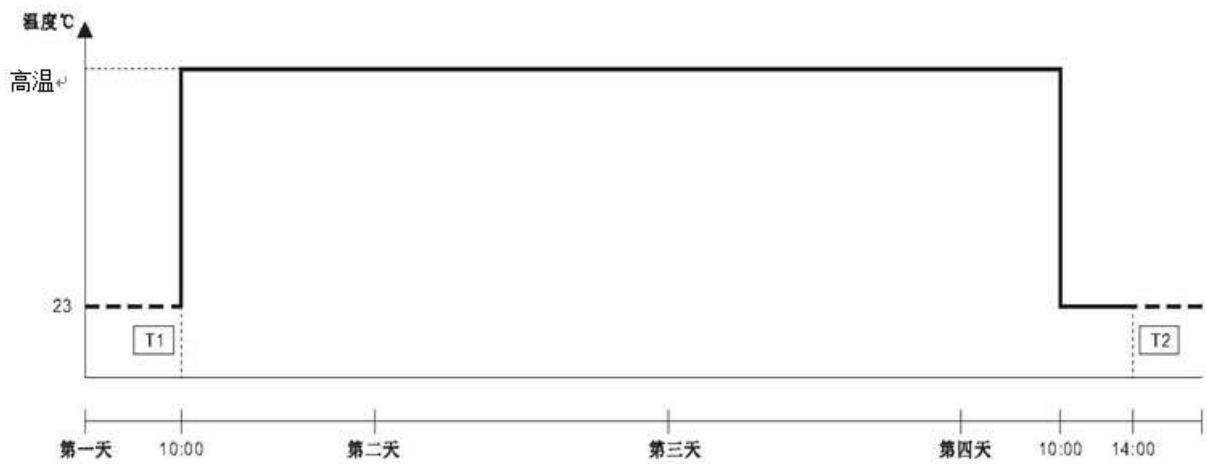


图7 高温贮存试验曲线图



图8 低温贮存试验曲线图

6.6 可靠性及寿命试验

6.6.1 试验条件

将加热器按正常工作位置安装到试验架上，加热器的固定，试验架的支撑均应符合实际使用情况。

6.6.2 试验方法

在加热器上施加1.1倍的额定电压，待稳定后，累计其工作直至损坏的时间。

6.6.3 验收准则

电加热器加热元件的工作寿命（加热时间）不应低于4000h。

7 检验规则

7.1 检验分类与项目

7.1.1 鉴定检验

新产品试制完成后，准备定型正式投产时，应进行鉴定检验。

7.1.2 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 试制的新产品
- b) 正式投产后，如产品结构、材料、工艺、关键工序的加工方法有重大改变时；
- c) 发生重大质量事故时；
- d) 产品停产一年以上，恢复生产时；
- e) 连续生产每满两年时；
- f) 出厂检验的结果与上次型式检验有较大差异时；
- g) 质量监督机构提出要求时。

7.1.3 出厂检验

产品出厂前，均应进行出厂检验。

7.2 抽样方法

7.2.1 型式检验和鉴定检验样品应为出厂检验合格的产品。试验所需样品应分为两组，每组两台，如果产品不到4台时，则将全部产品作为样品。第一组进行功能、性能和电磁兼容类试验，第二组进行寿命和环境类试验。

7.2.2 出厂检验为全检。每台产品出厂均应进行出厂检验。

7.3 检验项目

检验项目条款及适用的标准见表9。

7.4 检验结果判定

7.4.1 出厂检验

产品出厂检验项目全部合格，该产品为合格。

7.4.2 型式及鉴定检验

样品按表9检验项目中规定的项目进行检验，均应合格。如果样品中仅有一个元件的一个项目不合格，允许重复试验，否则认为该产品不合格。

型式或鉴定检验如全部通过则判定该产品合格，否则判定该产品不合格。

7.5 复验规则

重复试验需从该批产品中抽取加倍数量的产品，进行该项目的重复试验。只要有一个产品的该项目不合格，即认为该批产品不合格。

经型式或鉴定检验后的产品，不得作为成品交货。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 每台产品应配备铭牌，铭牌位置应显眼，铭牌上应注明：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品名称型号和生产日期；
- c) 外壳防护等级；
- d) 功率、电压及频率；
- e) 接线端子的标志；
- f) 其他数据，资料和标志。

8.1.2

加热器铭牌应采用永久性的标志，其他内容，应按产品标志放在说明书中或标志在产品上。

8.2 包装

加热器的包装必须能防止其在运输时受到损坏。要求安全可靠，应便于装卸、运输和贮存，符合GB/T 13384有关规定。并应附带装箱清单、产品合格证、产品说明书及附件。

包装箱外的标志应清楚整齐，并保证不因运输或贮存较旧而模糊不清。

8.3 运输

产品可以通过铁路、公路、水运、航空等运输方式。

8.4 贮存

产品的贮存条件应安全、无腐蚀性气体、不受到雨雪侵袭、相对湿度不超过 85%、温度在-25℃～+55℃、避免日光直接照射。

8.5 其他

标志、包装、运输和储存也可由供需双方商定。

表 9 检验项目条款及适用的标准

序号	类型	检验项目	出厂检验		鉴定 检验	型式 检验	本标准条款
			全检	抽检			
1	外观	标志检查	★	—	★	★	见 5.6
2		设计要求检查	—	—	★	★	见 5.6
3		外观检查	★	—	★	★	见 5.6
4	功能	基本功能	★	—	★	★	见 5.1
5		试机功能	★	—	★	★	见 5.1
6		干烧保护复位	—	—	★	★	见 5.1
7		温度保护装置的性能测试	—	—	★	★	见 5.1
8	性能检测	额定功率检测	—	★	★	★	见 6.3.2
9		水泵流量测试	—	—	★	★	见 6.3.3
10		绝缘电阻测量	★	★	★	★	见 6.3.4
11		泄露电流测量	—	—	★	★	见 6.3.5
12		绝缘耐电压测试	★	★	★	★	见 6.3.6
13		过载试验	—	—	★	★	见 6.3.7
14		水压试验	★	—	★	★	见 6.3.8
15		空烧试验	—	—	★	★	见 6.3.9
16		冷却液温升试验	—	—	★	○	见 6.3.10
17	电磁兼容	静电放电抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.1
18		射频电磁场辐射抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.2
19		电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.3
20		浪涌（冲击）抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.4
21		射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.5
22		辐射骚扰试验	—	—	○	○	见 6.4.3.6
23		传导骚扰试验	—	—	○	○	见 6.4.3.7
24		功率骚扰试验	—	—	○	○	见 6.4.3.8
25		低频传导抗扰度试验（谐波）	—	—	○	○	见 6.4.3.9
26		阻尼振荡波抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.10
27		工频磁场抗扰度试验	—	—	○	○	见 6.4.3.11

表 9 检验项目条款及适用的标准（续表）

序号	类型	检验项目	出厂检验		鉴定 检验	型式 检验	本标准条款
			全检	抽检			
28	环境试验	低温试验	—	—	★	★	见 6.5.3.1
29		温度变化试验	—	—	★	★	见 6.5.3.2
30		交变湿热测试	—	—	★	★	见 6.5.3.3
31		恒定湿热试验	—	—	★	★	见 6.5.3.4
32		高温贮存试验	—	—	★	★	见 6.5.3.5
33		低温贮存试验	—	—	★	★	见 6.5.3.6
34		盐雾试验	—	—	★	—	见 6.5.3.7
35		阻燃试验	—	—	★	○	见 6.5.3.8
36		振动试验	—	—	★	○	见 6.5.3.9
		冲击试验	—	—	★	○	见 6.5.3.10
37		防护等级	—	—	★	—	见 6.5.3.11
38	可靠性	可靠性及寿命试验	—	—	○	—	见 6.6
“★”代表必须要做该项试验。“—”代表不需做该项试验。“○”代表根据产品需要选择。							