



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

汽车用被动红外探测系统

Automotive passive infrared detection system

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021年7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	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	2
5 技术要求	3
6 试验方法	11
7 检验规则	26
附录 A (资料性) 耐久性试验	27
附录 B (资料性) 耐久性试验计算模型	29
附录 C (资料性) 靶标样式	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。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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：

汽车用被动红外探测系统

1 范围

本文件规定了汽车用被动红外探测系统的技术要求、试验方法和检验规则。

本文件适用于感知车外环境的基于非制冷红外焦平面探测器的汽车用被动红外探测系统（以下简称系统）。

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 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 18655—2018 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 19951-2019 道路车辆 电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法

GB/T 21437.2—XXXX 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第2部分：沿电源线的电瞬态传导发射和抗扰性

GB/T 21437.3—XXXX 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第3部分：对耦合到非电源线电瞬态的抗扰性

GB/T 28046.2-2019 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 28046.3-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

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

GB/T 28046.5-2013 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第5部分：化学负荷

GB/T 30038-2013 道路车辆 电气电子设备防护等级（IP代码）

ISO 4892-2:2013 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯（Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 2: Xenon-arc lamps）

ISO 20567-1 色漆和清漆 涂层耐石屑性能的测定 第1部分：多次冲击试验（Paints and varnishes. Determination of stone-chip resistance of coatings Part 1: Multi-impact testing）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

被动红外探测系统 infrared system

通过红外光学系统、红外焦平面探测器及电子处理单元，将物体表面红外热辐射转换成可分辨的图像信号的设备。

3.2

探测器分辨率 sensor resolution

探测器可分割的像元数。以图像像元为单位，一般用水平方向像元数×垂直方向像元数表示。

3.3

采样帧频率 frame sampling frequency

相邻两帧图像的时间间隔的倒数，单位为赫兹（Hz）。

3.4

白热模式 white hot mode

将较高的红外热辐射能映射为高亮，将较低的红外热辐射能映射为低亮进行显示的模式。

3.5

黑热模式 black hot mode

将较高的红外热辐射能映射为低亮，将较低的红外热辐射能映射为高亮进行显示的模式。

3.6

坏点 defective pixel

输出的图像中，亮度不随目标场景变化而变化，或变化异常的像元。

3.7

单位冻结时间 freeze time

系统输出的图像不随目标场景变化而变化的时间。

3.8

冻结时间间隔 freeze time interval

系统连续两次冻结之间的时间间隔。

3.9

热响应时间 thermal response time

系统对红外热辐射变化产生响应所需的时间。

3.10

系统延时 system delay

从系统感应到红外热辐射能至输出图像的时间间隔。

3.11

开机稳定时间 power-on stabilizing time

从系统上电到显示出稳定图像的时间间隔。

3.12

开机成像时间 power-on imaging time

从系统上电到显示出图像的时间间隔。

3.13

噪声等效温差 noise-equivalent temperature difference

系统观察一个低空间频率的圆形或方形靶标时，当其视频信号的信噪比为1时，目标与背景之间的温差。它是评价系统探测目标灵敏程度和噪声大小的客观参数。

3.14

最小可分辨温差 minimum resolvable temperature difference

目标与背景间的温差。即在特定的空间频率下，观察者刚好能分辨出四杆靶时的温差。它是综合评价系统温度分辨力与空间分辨力的特征参量，包括观察者的主观影响。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

MRTD: 最小可分辨温差 (Minimum Resolvable Temperature Difference)

MTF: 调制传递函数 (Modulation Transfer Function)

NETD: 噪声等效温差 (Noise-Equivalent Temperature Difference)

T_{\max} : 最高工作温度 (Maximum Operating Temperature)

T_{\min} : 最低工作温度 (Minimum Operating Temperature)

U_N : 标称电压 (Nominal Voltage)

U_t : 试验电压 (Test Voltage)

$U_{S\max}$: 最高供电电压 (Maximum Supply Voltage)

$U_{S\min}$: 最低供电电压 (Minimum Supply Voltage)

5 技术要求

5.1 外观与结构

5.1.1 外观

按照6.2进行试验, 系统的外观应符合以下要求:

- a) 无明显机械损伤、涂覆层剥落、锈蚀、倒刺现象;
- b) 镜头无气泡、划痕、裂纹、异物等缺陷。

5.1.2 结构

按照6.2进行试验, 系统的零部件应装配牢固, 紧固部位无松动, 连接可靠。结构尺寸应符合系统说明书中的规定。

5.2 功能要求

5.2.1 显示模式

按照6.3.1进行试验, 系统应至少具有白热模式或黑热模式的一种。

5.2.2 图像调节

按照6.3.2进行试验, 系统应具有自动亮度和对比度调节功能。

5.2.3 窗口加热

按照6.3.3进行试验, 系统应具有窗口加热功能。并应在环境温度低于低温阈值时开启窗口加热功能, 在高于高温阈值时关闭窗口加热功能。

注: 低温阈值宜设置为 2°C , 高温阈值宜设置为 7°C 。

5.2.4 防高温灼烧

按照6.3.4进行试验, 系统应具有防高温灼烧功能。当探测器阈值过增益时, 应对探测器进行保护。探测器在高温灼伤后可自行恢复。

5.3 图像性能要求

5.3.1 分辨率

按照6.4.1进行试验，系统分辨率应不小于 640×512 像素。

5.3.2 采样帧频率

按照6.4.2进行试验，系统采样帧频率应不低于25 Hz。

5.3.3 MTF

按照6.4.3进行试验，系统MTF应符合表1的要求。

表1 MTF 要求

	水平 (lp/mm)	竖直 (lp/mm)
中心区域	$\geq 0.28@f_0(\text{Nyquist})$	$\geq 0.28@f_0(\text{Nyquist})$
70%场区域	$\geq 0.25@f_0(\text{Nyquist})$	$\geq 0.25@f_0(\text{Nyquist})$

注： $f_0(\text{Nyquist}) = 1/(2 \times \text{像元尺寸})$ ，像元尺寸单位为mm；典型像元尺寸17 μm 对应为30 lp/mm，12 μm 对应为41.7 lp/mm。

5.3.4 视场角

按照6.4.4进行试验，水平视场角应不小于 24° ，垂直视场角应不小于 18° 。

5.3.5 噪声等效温差 (NETD)

按照6.4.5进行试验，环境温度在 $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，系统的噪声等效温差应不大于80 mK。

5.3.6 最小可分辨温差 (MRTD)

按照6.4.6进行试验，当环境温度在 $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，系统的最小可分辨温差应不大于500 mK。

5.3.7 图像坏点

按照6.4.7进行试验，视场内应无坏点出现。

5.3.8 开机稳定时间

按照6.4.8进行试验，系统的开机稳定时间应不大于10 s，其中开机成像时间应不大于5 s。

5.3.9 系统延时

按照6.4.9进行试验，系统延时应符合表2的规定。

表2 系统延时要求

分辨率	延时要求
640×512	$\leq 100\text{ms}$

5.3.10 识别距离

按照6.4.10进行试验，系统应能在不小于110m处，识别出直立侧向静止行人目标，且目标在成像区域像素点不少于12个。

注：行人目标模型参考ISO 19206中规定。

5.3.11 观测范围

按照6.4.11进行试验，在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的环境温度范围内，系统的观测范围应覆盖图1的阴影区域。观察高、低温黑体在某一环境温度下的图像区域，在白热模式下，低温黑体图像区域不应出现反白现象，高温黑体图像区域不应出现反黑现象；或在黑热模式下，低温黑体图像区域不应出现反黑，高温黑体图像区域不应出现反白。

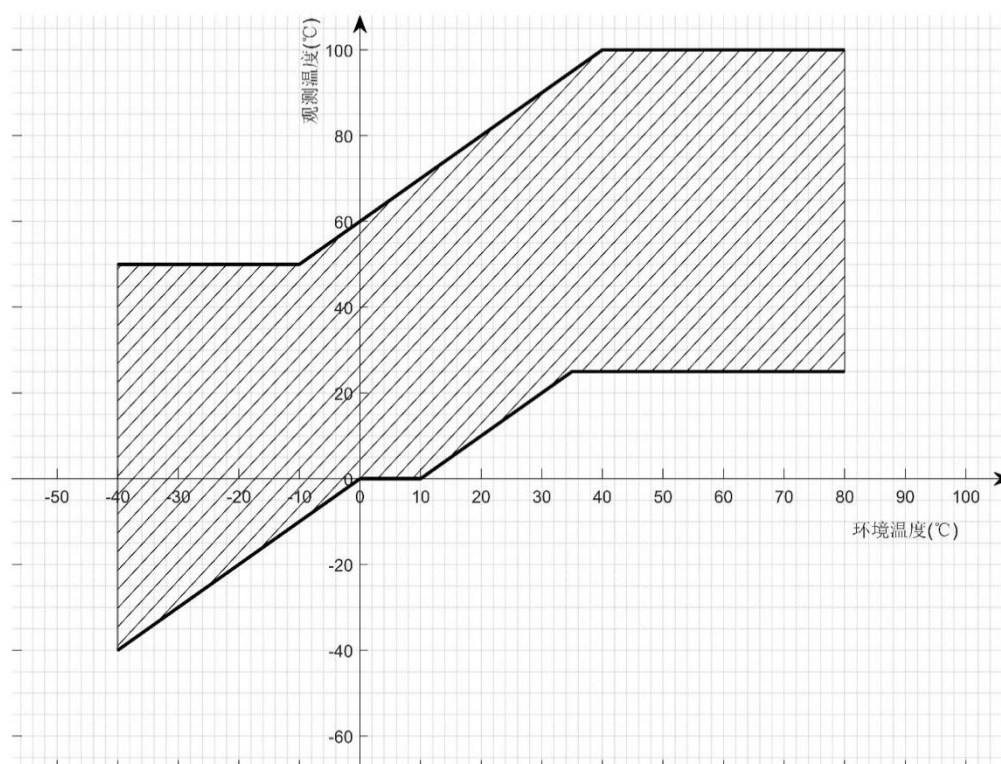


图1 观测范围

5.3.12 热响应时间

按照6.4.12进行试验，系统的热响应时间应不大于10 ms。

5.3.13 单位冻结时间

按照6.4.13进行试验，系统的单位冻结时间应小于0.3 s。

5.3.14 冻结时间间隔

按照6.4.14进行试验，画面稳定后，系统冻结时间间隔应不小于3 min。

5.3.15 环境温度影响

按照6.4.15进行试验，在系统工作温度范围内，最小可分辨温差应不大于1000 mK。

5.4 车规环境评价要求

5.4.1 功能状态分级

功能状态分级见表3。

表3 功能状态分级

等级	功能描述
A	全部功能满足设计要求，图像上没有目视可见的延迟和拖影，且不能觉察有损伤和干扰，图像清晰。
B	试验过程中或施加干扰时，全部功能满足设计要求，图像上有目视可见的轻微延迟和拖影，图像明暗出现轻微变化或有轻微的噪点、水波纹、斜纹，图像较清晰且可明显识别。试验结束后或撤销干扰，所有功能能自动恢复到正常运行，图像恢复正常。
C	试验过程中或施加干扰时，允许部分功能失效，图像允许有目视可见的延迟和拖影，图像上有明显的噪点、花屏、水波纹以及轻微的闪屏、滚屏、画面抖动、能恢复的黑屏或白屏等现象，图像较清晰。试验结束后或撤销干扰，所有功能能自动恢复到正常运行，图像恢复正常。
D	试验过程中或施加干扰时，允许多数功能失效，图像上出现卡滞、明显的闪屏、滚屏、花屏、长时间能恢复的黑屏或白屏，画面抖动，图像不清晰、影响观看。试验结束后或撤销干扰，需手动操作上电或重启，图像才能恢复正常。
E	试验过程中或施加干扰时，允许多数或全部功能失效，图像上出现严重损伤或严重干扰、长时间不能恢复的黑屏或白屏，不能观看，甚至硬件损坏，需要维修或更换器件，图像才能恢复。

5.4.2 电气性能

5.4.2.1 直流供电电压

按照6.5.1.1进行试验，系统的直流供电电压范围应符合表4的规定，试验中和试验后，当电压在 $U_{Smin} \sim U_{Smax}$ 范围内，系统的功能状态应达到A级。

表4 直流供电电压范围

单位为伏特

标称电压 (U_N)	直流供电电压	
	U_{Smin}	U_{Smax}
12	9	16
24	16	32

5.4.2.2 过电压

5.4.2.2.1 ($T_{max}-20^{\circ}C$) 条件下

按照6.5.1.2.1试验，系统的功能状态应不低于B级。

注：对于有过压保护功能的系统，试验中功能由供需双方协商确定。

5.4.2.2.2 室温条件下

按照6.5.1.2.2试验，系统的功能状态应不低于B级。

注：对于有过压保护功能的系统，试验中功能由供需双方协商确定。

5.4.2.3 叠加交流电压

按照6.5.1.3试验，试验中和试验后，系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.4 供电电压缓降和缓升

按照6.5.1.4试验，试验中当电压在 U_{Smin} 时及试验后，系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.5 供电电压缓降和快升

按照6.5.1.5试验，试验中当电压在 $U_{Smin} \sim U_{Smax}$ 范围内和试验后，系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.6 供电电压瞬态变化

5.4.2.6.1 电压瞬时下降

按照6.5.1.6.1试验，系统的功能状态应不低于C级。

5.4.2.6.2 对电压骤降的复位性能

按照6.5.1.6.2试验，试验中当电压恢复到 U_{Smin} 时和试验后，系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.6.3 启动特性

按照6.5.1.6.3试验，系统的功能状态应不低于C级。

5.4.2.6.4 抛负载

按照6.5.1.6.4试验，系统的功能状态应不低于C级。

5.4.2.7 反向电压

按照6.5.1.7试验，系统的试验后功能状态应达到A级。

5.4.2.8 短时中断供电

按照6.5.1.8试验，试验中当供电中断时间不超过 $100 \mu s$ 时，系统的功能状态应达到A级；当供电中断时间超过 $100 \mu s$ 且不超过2s时，系统的功能状态应不低于C级。试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.9 开路

5.4.2.9.1 单线开路

按照6.5.1.9.1试验，试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.9.2 多线开路

按照6.5.1.9.2试验，试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.10 短路保护

按照6.5.1.10试验，试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.2.11 绝缘电阻

按照6.5.1.11试验，系统的绝缘电阻应不小于 $10M\Omega$ ，试验后功能状态应达到A级。

5.4.2.12 参考接地和供电偏移

按照6.5.1.12试验，系统的功能状态应不低于B级。

5.4.3 机械性能

5.4.3.1 机械振动

按照6.5.2.1试验，试验中和试验后系统不允许出现物理损坏，且功能状态应不低于A级。

5.4.3.2 机械冲击

按照6.5.2.2试验，试验中和试验后系统不允许出现物理损坏，且功能状态应达到A级。

5.4.3.3 自由跌落

按照6.5.2.3试验，系统不允许损坏，外观和结构应符合5.1的要求，且功能状态应达到A级。

5.4.3.4 碎石冲击

按照6.5.2.4进行试验，试验后，安装在车辆外部的摄像头镜头或窗口不应碎裂（允许其表面镀膜层有不影响图像质量的轻微损伤），系统的功能状态应达到A级。

安装在车辆内部的摄像头不作要求。

5.4.3.5 镜头耐磨

按照6.5.2.5进行试验，试验后，安装在车辆外部的摄像头镜头镀膜层不允许脱落，系统的功能状态应达到A级。

安装在车辆内部的摄像头不作要求。

5.4.3.6 线束拉脱力

按照6.5.2.6进行试验，试验后有线束的系统不应有损伤、线束断裂、端子脱落等现象，系统的功能状态应达到A级。

无线束的系统不作要求。

5.4.4 环境耐候性能

5.4.4.1 温湿度范围

系统贮存环境温湿度范围和工作环境温湿度范围应符合表5的规定。

表5 温湿度范围

安装位置	贮存温度 ℃	工作温度($T_{min} \sim T_{max}$) ℃	工作环境相对湿度 %
无特殊要求	-40~90	-40~85	25~75
乘客舱内阳光直射高温区	-40~95	-40~90	

5.4.4.2 低温试验

5.4.4.2.1 低温贮存

按照6.5.3.1.1试验，系统的试验后功能状态应达到A级。

5.4.4.2.2 低温工作

按照6.5.3.1.2试验，系统的功能状态应不低于B级。

5.4.4.3 高温试验

5.4.4.3.1 高温贮存

按照6.5.3.2.1试验，试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.4.3.2 高温工作

按照6.5.3.2.2试验，试验中和试验后系统的功能状态应达到B级。

5.4.4.4 温度梯度

按照6.5.3.3试验，系统的功能状态应不低于B级。

5.4.4.5 温度循环

5.4.4.5.1 规定变化率的温度循环

按照6.5.3.4.1试验，系统的功能状态应不低于B级。

5.4.4.5.2 规定转换时间的温度快速变化

按照6.5.3.4.2试验，试验后系统的功能状态应达到B级。

5.4.4.6 湿热试验

5.4.4.6.1 湿热循环

按照6.5.3.5.1试验，试验中和试验后，安装在乘客舱内部的系统或单元的功能状态应达到B级，显示区域内部不允许有结露现象。

安装在车辆外部的系统或单元不做要求。

5.4.4.6.2 温度/湿度组合循环

按照6.5.3.5.2试验，试验中和试验后，安装在车辆外部的系统或单元的功能状态应达到B级，显示区域内部不允许有结露现象。

安装在乘客舱内部的系统或单元不做要求。

5.4.4.6.3 稳态湿热

按照6.5.3.5.3试验，试验最后一小时和试验后，系统的功能状态应达到A级，显示区域内部不允许有结露现象。

5.4.4.7 冰水冲击

按照6.5.3.6进行试验，试验中和试验后，安装在车辆外部的系统或单元的功能状态应达到A级。安装在乘客舱内的系统或单元不做要求。

5.4.4.8 盐雾腐蚀

5.4.4.8.1 腐蚀

按照6.5.3.7.1进行试验，试验后，安装在车辆外部的系统或单元的功能状态应达到A级。
安装在乘客舱内的系统或单元不做要求。

5.4.4.8.2 渗漏和功能

按照6.5.3.7.2进行试验，试验中和试验后，安装在车辆外部的系统或单元的功能状态应达到A级，
试验后不得有盐水进入壳体。

安装在乘客舱内的系统或单元不做要求。

5.4.4.9 太阳光辐射

按照6.5.3.8进行试验，试验后，安装在车辆外部或安装在乘客舱内太阳直射处的系统或单元的表面涂（镀）层不应有脱落、龟裂、起泡等现象（允许外观有不影响图像质量的轻微失色和变色）。

5.4.5 防尘防水性能

系统的防尘防水等级应根据安装在车辆上不同的区域来确定，分区域防尘防水等级见表5。按照6.5.4进行试验，经防尘防水试验后，MTF值应符合表6的要求，功能状态等级应达到A级。

表6 分区域防尘防水等级

系统部件	车辆外部		乘客舱内	
	图像采集单元	控制器单元	图像采集单元	控制器单元
防护等级	IP6K7	IP6K7	IP5K2	IP5K0

5.4.6 化学负荷

按照6.5.5试验，试验后表面不应有起泡、龟裂、脱落、锈蚀和机械损伤，系统的功能状态应达到A级。

5.4.7 电磁兼容性能

5.4.7.1 对静电放电产生的电骚扰抗扰

5.4.7.1.1 电子模块不通电

按照6.5.6.1.1试验，试验后系统的功能状态应达到A级。

5.4.7.1.2 电子模块通电

按照6.5.6.1.2试验，系统的功能状态应达到B级。

5.4.7.2 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰

5.4.7.2.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰

按照6.5.6.2.1试验，抗扰试验等级和试验要求应符合表7的规定。

表7 沿电源线瞬态传导的抗扰性能

试验脉冲	抗扰试验等级	试验要求
1	III	C级
2a	III	B级
2b	III	C级
3a/3b	III	试验中和试验后 A级
注：抗扰试验等级定义见GB/T 21437.2—XXXX的附录A。		

5.4.7.2.2 除电源线外的导线通过容性耦合的电瞬态抗扰

按照6.5.6.2.2试验，系统的功能状态应达到B级。

5.4.7.3 对电磁辐射的抗扰

按照6.5.6.3试验，系统的功能状态应达到B级。

5.4.7.4 无线电骚扰特性

5.4.7.4.1 传导发射

按照6.5.6.4.1试验，系统应符合GB/T 18655-2018中表5、表6等级3的要求。

5.4.7.4.2 辐射发射

按照6.5.6.4.2试验，系统应符合GB/T 18655-2018中表7等级3的要求。

5.5 耐久性要求

按照6.6试验，系统的功能状态应不低于B级。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境条件

如无其他规定，试验应符合下列要求。

- 环境温度：23 °C ± 5 °C；
- 相对湿度：25%~75 %；
- 大气压力：86 kPa~106 kPa。

6.1.2 试验电压

如无其他规定，试验电压应符合表8规定。

表8 试验电压条件

单位为伏特

车辆供电系统	试验电压 (U _r)
--------	------------------------

12V系统	14±0.2
24V系统	28±0.2

6.1.3 试验设备

试验使用的平行光管系统口径应不小于100mm，且其焦距应大于3倍被测设备的焦距；黑体的面阵边长或直径应不小于50mm，黑体的控温精度应不低于5 mK。

试验使用的四杆靶频率应为 $1/(2000 \times \text{IFOV})$ ，其中 $\text{IFOV}=\text{HFOV}$ （水平视场角）/水平像素个数，视场角单位为弧度，靶标频率单位为 cy/mrad 。四杆靶应符合被测设备的焦距Nyquist频率。

试验使用的刃边靶的倾角为 5° 。

注：四杆靶和刃边靶的样式见附录C。

6.1.4 试验工作模式

6.1.4.1 工作模式 A（试验样件未电气连接）

工作模式A1：试验样件未通电，未与连接器、线束进行连接。

工作模式A2：试验样件未通电，与连接器、线束进行连接。

6.1.4.2 工作模式 B（试验样件电气连接）

工作模式B：试验样件正常电气连接，所有功能正常运行。

6.2 外观与结构检查

DUT以工作模式A1，在 (800 ± 80) lux的照明条件下，以300 mm左右的视距目测检查和触摸检查。

6.3 功能试验

6.3.1 显示模式试验

DUT以工作模式B，使用监视器或网络连接DUT的视频主输出接口，通过主控端或客户端软件调用更改显示方式功能，查看输出图像。

6.3.2 图像调节试验

DUT以工作模式B，使用监视器或网络连接DUT，观察不同温度的物体或物体温度发生变化时，确认图像亮度是否自动变化；在物体与背景的对比度发生变化时，确认亮区域和暗区域的亮度是否自动变化。

6.3.3 窗口加热试验

DUT以工作模式A2，将DUT置于温箱中，温箱精度应满足 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。设置温箱温度高于高温阈值 5°C 以上，以 $1^\circ\text{C}/3\text{min}$ 的速率对温箱进行持续降温，降至低温阈值 5°C 以下，保温1h。将DUT切换至B模式，使用温度传感器紧贴窗口持续测量温度，检查窗口温度是否在30 s内升高 5°C ；当窗口温度达到高温阈值时，检查窗口温度是否按预期不再持续升高。

6.3.4 防高温灼烧试验

试验步骤如下：

- a) 设置黑体 A 为 15°C ，设置黑体 B 为 1500°C ，黑体的辐射率应不小于 0.98；

- b) DUT 以工作模式 B 工作 10min, 将 DUT 在无玻璃窗遮挡情况下相距 5m 对准黑体 A, 采集图像并记录为图像 1;
- c) 再将 DUT 在无玻璃窗遮挡情况下相距 5m 对准黑体 B, 持续 10 s;
- d) 重复步骤 b), 采集图像并记录为图像 2;
- e) 将图像 2 与图像 1 进行比较, 观察是否产生明显差异。
- f) 以工作模式 A2, 重复步骤 c)-d), 采集图像并记录为图像 3;
- g) 再将图像 3 与图像 1 进行比较, 观察是否产生明显差异。

6.4 图像性能试验

6.4.1 分辨率试验

DUT以工作模式B, 用视频分析设备对输出的视频信号进行试验。

6.4.2 采样帧速率

DUT以工作模式B, 用视频分析设备对输出的视频信号进行试验。

6.4.3 MTF

参照图2所示布置试验设备和测试图卡, DUT以工作模式B进行试验。试验程序如下:

- a) 调节 DUT 与测试图卡之间的距离, 使 DUT 镜头表面与测试图卡的距离满足最小对焦距离, 测试图卡中方格边缘的长度不小于 10 像素;
- b) 调整 DUT 使中心视场测试图卡方格的边缘与其对应方向的夹角约 5° ;
- c) 调整图卡高低温区域温差在 $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- d) 调整 DUT 使其光轴正交于测试图卡平面, 使用图像处理软件分析中心视场 MTF50P 值;
- e) 通过水平或垂直旋转 DUT, 使被测图卡方格处于 70%视场处, 测试图卡方格边缘的长度不少于 10 像素;
- f) 使用图像处理软件分析 70%场 (左上、右上、左下、右下四个边角) 的 MTF50P 值。

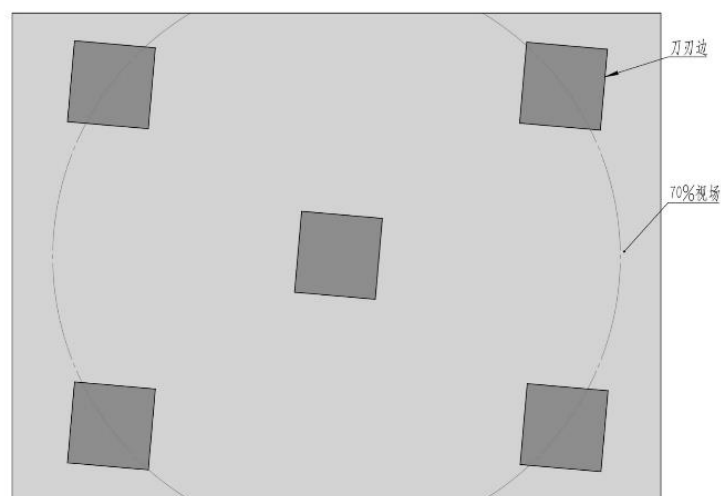


图2 MTF 试验布置图

6.4.4 视场角

参考图3所示布置试验设备，分度盘的精度不得低于 0.5° 。DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 将 DUT 水平固定在分度盘中心，DUT 镜头表面与四杆靶标的距离满足最小对焦距离，镜头中心应与分度盘中心保持一致，镜头中心与靶标平面垂直并与靶标中心重合；
- 选择合适特征频率的四杆靶标，将黑体设置为差温模式，设置靶标与黑体背景温差，使 DUT 清晰成像；
- 转动旋转俯仰台的水平分度盘，使四杆靶的左侧边缘在监视器显示界面的最左侧，读取转角值 $\angle a$ ；
- 反向转动水平分度盘，使四杆靶的左侧边缘出现在监视器显示界面的最右侧，读取转角值 $\angle b$ ，则 $\angle b$ 与 $\angle a$ 之差即水平视场角；
- DUT 旋转 90° ，固定在转台中心，同理可测量出垂直视场角。

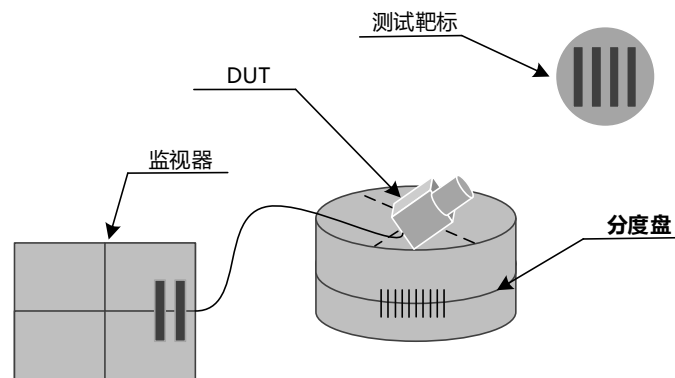


图3 视场角试验布置图

6.4.5 噪声等效温差 (NETD) 检验

按照图4布置，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 刃边靶标应占全视场 $1/10$ 以上，调节黑体设置为差温模式，设置靶标与黑体背景温差为 $\Delta T=2K$ ；
- 将视频接入图像采集卡，待 DUT 达到热稳定状态，采集 n 帧视频输出信号（推荐 10 的整数倍帧），对选定黑体区域按照单像素灰度值求均方标准差，得到噪声面阵，再求均值即为 N ；
- 采集 n 帧（推荐 10 的整数倍帧）视频输出信号，对刃边靶标的黑体区域和靶标区域进行框选，得到信号灰度值，并对每个区域进行求均值，两个区域的均值差即为 S ；
- 按公式 (1) 计算 MRTD：

$$\text{NETD} = \frac{\Delta T}{S/N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔT ——设定温差；

S ——信号电平；

N ——均方根噪声电平。

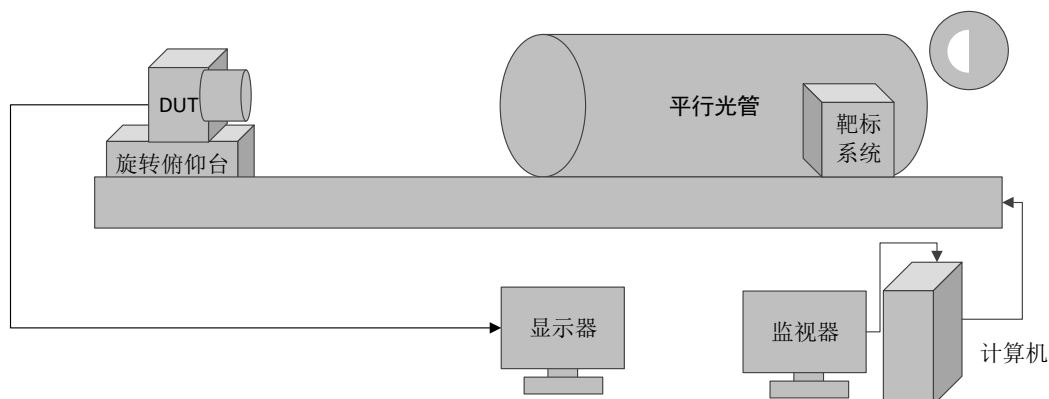


图4 NETD 测试布置图

6.4.6 最小可分辨温差 (MRTD) 检验

按照图5布置，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 根据 DUT 的光学参数，选择合适特征频率的靶标，将黑体设置为差温模式，设置靶标与黑体背景温差为 1K；
- 待 DUT 达到热稳定状态后，将视频接入到显示器上；
- 调整 DUT 位置或进行光学聚焦，使其能够清晰分辨出靶标图案；
- 调节黑体温度高于靶标温度，并使之刚好能从显示器上分辨出四杆图案（最小步长 0.05℃），记下此时的温度差 ΔT_1 ；
- 再降低黑体温度使其低于靶标温度，并使之刚好能分辨出四杆图案（此时图案亮度反向），记录此时的温度差 ΔT_2 ；
- 按照公式（2）计算 MRTD：

$$\text{MRTD} = \frac{|\Delta T_1| + |\Delta T_2|}{2} \dots\dots\dots (2)$$

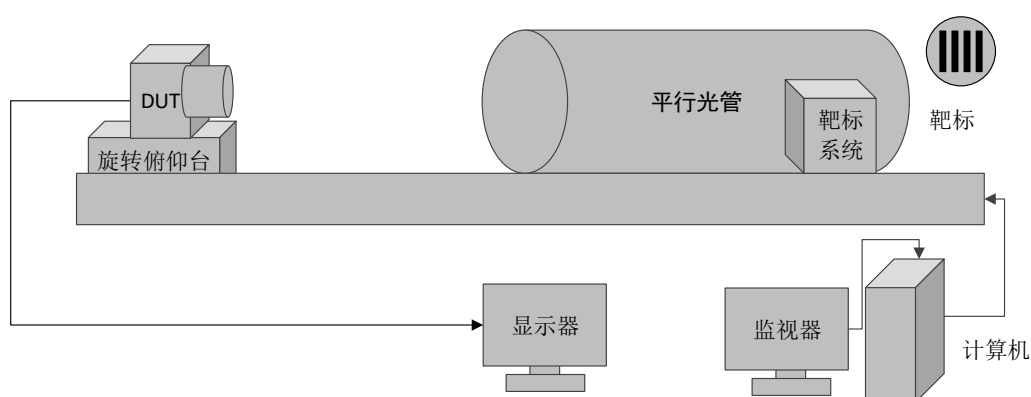


图5 MRTD 测试布置图

6.4.7 图像坏点

DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- a) 将 DUT 对准 25℃ 黑体，取整个图像帧中每个像素点的 3×3 邻域，当前点的灰度值与邻域其余 8 点均值做差，灰度值超过 50（8 级灰度的 20%）的即认为是坏点；
- b) 设置黑体温度为 85℃，重复以上方法，计算坏点；
- c) 设置黑体温度为 10℃，重复以上方法，计算坏点。

6.4.8 开机稳定时间

参考图6所示布置试验设备，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- a) 调整 DUT 的取景正常后，切换到工作模式 A2；
- b) 设置黑体温度为 40℃；
- c) DUT 的工作模式从 A2 切换至 B 的同时，用分析设备记录 DUT 供电电压信号和视频输出到显示器的信号，直至视频信号达到稳态；
- d) 在分析设备上提取成像时间，从供电开始到出现视频信号（T1）的时间即为开机成像时间；
- e) 从供电开始到输出稳定视频信号的时间（T2）即为开机稳定时间。

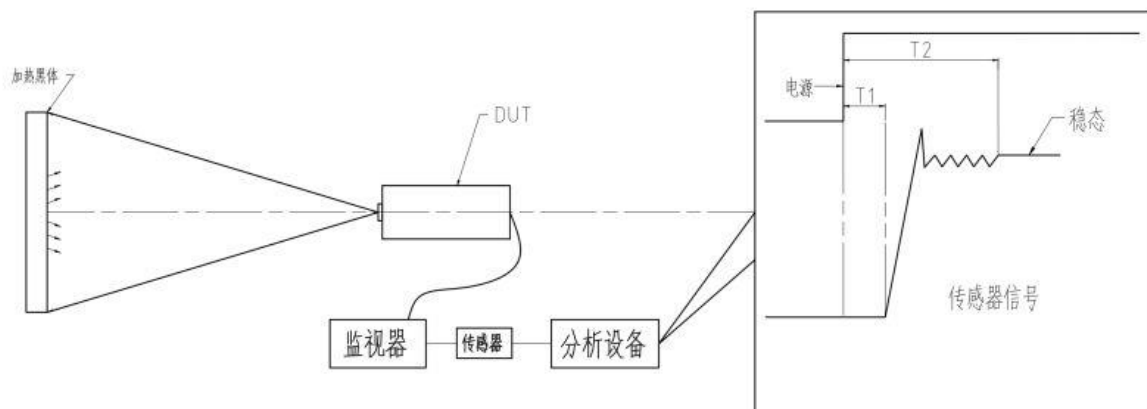


图6 开机稳定时间试验布置图

6.4.9 系统延时

按照图6所示布置试验设备，DUT以工作模式B进行试验。试验程序如下：

- a) 将黑体的温度设置为 40℃，调节黑体使热源均匀辐射被测 DUT 的整个视场，使用挡片将热源完全挡住；
- b) 挡片抽离视场的时间作为起点，在已知监视器延时数据的条件下，提取信号 1 和信号 2 的时间差作为系统延时（图中的 t_{sl} ）。

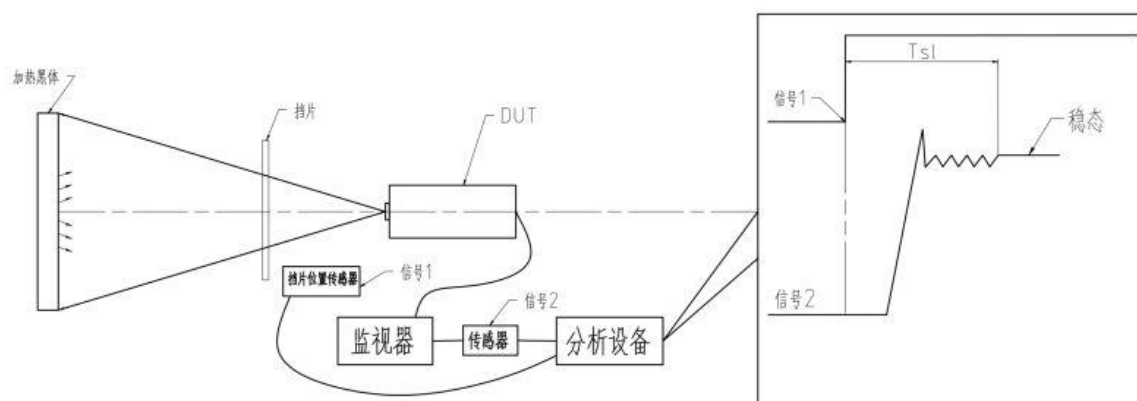


图7 系统延时试验布置图

6.4.10 识别距离

在大气能见度不低于10km、目标与环境背景温差不高于6K的试验环境下，设置DUT以工作模式B进行试验。要求应有三个观察员对行人目标进行识别，其中两个人能够识别的距离为识别距离。使用分析软件计算行人目标成像像素点。

6.4.11 观测范围

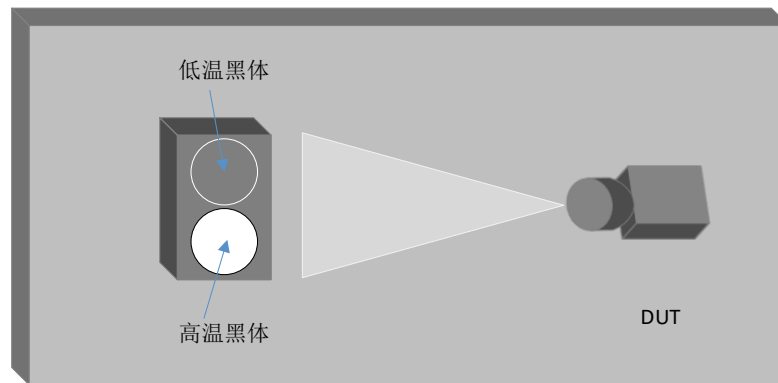
按照图8布置试验设备，DUT以工作模式A2进行试验，试验程序如下：

- 将 DUT、高温黑体和低温黑体置于环境试验箱内，当温箱达到环境温度并稳定时，将 DUT 切换至 B 模式，待 DUT 达到热稳定状态后连接显示器，使两个都在图像视野中；
- 切换 DUT 为 A2 模式，按照表 9 调节环境试验箱温度和高、低温靶面温度，每个温度点保持 30min；
- 观察高、低温黑体图像区域是否出现异常现象。

表9 观测范围试验温度点

环境试验箱温度 (°C)	高温靶面温度 (°C)	低温靶面温度 (°C)
-40	50	-40
-40	30	-40
-20	50	-20
-20	30	-20
0	60	0
0	30	0
20	80	10
20	30	10
40	100	25
40	100	30
60	100	25
60	100	30

80	100	25
80	100	30



环境试验箱

图8 观测范围布置图

6.4.12 热响应时间

按照图9进行试验布置，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 调节 DUT 镜头光轴与转盘中心对齐，并使图像中转盘直径不小于整体图像高度的 1/3；
- 设置转盘转速为 60 RPM，转盘上高温目标温度为 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 在白热模式下录制一段视频，抽取任意 3 帧图像，计算转过 α 角对应时间的平均值，即为热响应时间；
- α 角的起点选取高温目标圆点中心，终点选取亮度值 = (起点亮度 - 背景亮度) * 10% + 背景亮度的拖尾处。

注：背景亮度为转盘非高温区域的平均像素亮度。

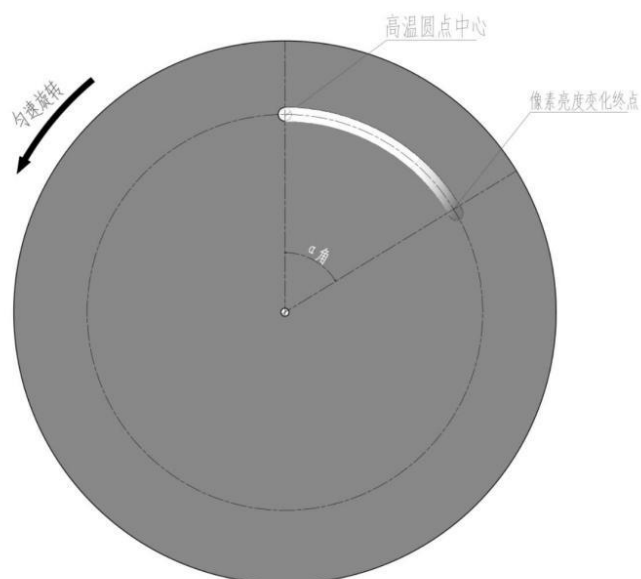


图9 热响应时间试验布置图

6.4.13 单位冻结时间

按照图9进行试验布置，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 调节 DUT 镜头光轴与转盘中心对齐，并使图像中转盘直径不小于整体图像高度的 1/3；
- 设置转盘转速为 30 RPM，转盘上高温目标温度为 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 录制一段视频，该段视频至少应包含 3 次冻结现象；
- 分析视频中每次冻结的帧数，计算冻结时间，取平均值。

6.4.14 冻结时间间隔

按照图9进行试验布置，DUT以工作模式B进行试验，试验程序如下：

- 调节 DUT 镜头光轴与转盘中心对齐，并使图像中转盘直径不小于整体图像高度的 1/3；
- 设置转盘转速为 30 RPM，转盘上高温目标温度为 $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- 录制不少于 10 段视频，每段应至少包含 2 次冻结现象；
- 分析每段中 2 次冻结的时间间隔，取最小值。

6.4.15 环境温度影响

按照图10进行试验布置，试验程序如下。

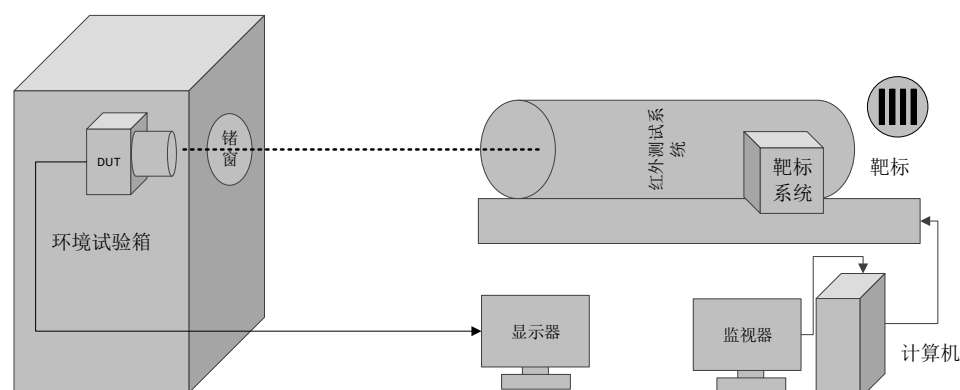


图10 环境温度影响试验示意图

- 设置四杆靶标与背景温差为 1K；
- 常温下将 DUT 放置到装有铯窗口的环境试验箱中，DUT 输出视频接入显示器并以工作模式 B 进行试验，调整 DUT 位置使其透过窗口可以清晰的显示靶标图案；
- 按照 5.3.6 的方法，测试常温下 MRTD 值；
- 切换 DUT 至 A2 模式，分别设置环境试验箱温度到 -40°C 、 0°C 、 60°C 、 85°C ，保温 1 小时后将 DUT 切换至 B 模式，测试不同温度条件下的 MRTD 值；
- 试验过程中不得对焦距、热像仪算法参数进行人为调整。

6.5 车规环境评价试验

6.5.1 电气性能试验

6.5.1.1 直流供电电压试验

DUT以工作模式B，先将直流稳压电源电压调至 U_t ，然后逐渐将电压调至 U_{Smin} 稳定10min，再逐渐将电压调至 U_{Smax} 稳定10min。

6.5.1.2 过电压试验

6.5.1.2.1 ($T_{max}-20^{\circ}C$) 条件下

DUT以工作模式B， U_N 为12V的按照GB/T 28046.2-2019中4.3.1.1.2的方法进行试验； U_N 为24V的按照GB/T 28046.2-2019中4.3.2.2的方法进行试验。

6.5.1.2.2 室温条件下

DUT以工作模式B， U_N 为12V的DUT按照GB/T 28046.2-2019中4.3.1.2.2的方法进行试验。

6.5.1.3 叠加交流电压试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.4.2严酷度2的方法进行试验。

6.5.1.4 供电电压缓降和缓升试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.5.2的方法进行试验。

6.5.1.5 供电电压缓降和快升试验

DUT以工作模式B，按照表10的方法进行试验。

表10 供电电压缓降和快升试验

序号	名称	试验参数	
1	U_N	12V	24V
2	试验电压	下降阶段 $U_{max} \sim 0V$	
		上升阶段 $0V \sim U_{max}$	
3	电压下降速率	$(0.5 \pm 0.1) V/min$	
4	电压上升时间	$\leq 0.5s$	
5	试验循环次数	1次	

6.5.1.6 供电电压瞬态变化试验

6.5.1.6.1 电压瞬时下降

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.6.1.2的方法进行试验。

6.5.1.6.2 对电压骤降的复位性能

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.6.2.2的方法进行试验。

6.5.1.6.3 启动特性

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.6.3.2等级II的方法进行试验。

6.5.1.6.4 抛负载

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.6.4.2的方法进行试验。

6.5.1.7 反向电压试验

DUT以工作模式B，按照表11的方法进行试验。试验后进行功能检查。

表11 反向电压试验

序号	名称	试验参数	
1	U_N	12V	24V
2	试验电压（电源输入接口正负极反接）	-14V	-28V
3	试验时间	(60 ± 6) s	
4	试验循环次数	1次	

6.5.1.8 短时中断供电试验

DUT以工作模式B，按照表12的方法和图11的波形进行试验。

表12 短时中断供电试验

序号	名称		试验参数	
1	U_N		12V	24V
2	试验电压		11V	22V
3	试验时间	t1/步进	$>10\mu\text{s}$ 至 $100\mu\text{s}/10\mu\text{s}$	
			$100\mu\text{s}$ 至 $1\text{ms}/100\mu\text{s}$	
			1ms 至 $10\text{ms}/1\text{ms}$	
			10ms 至 $100\text{ms}/10\text{ms}$	
			10ms 至 $100\text{ms}/10\text{ms}$	
			100ms 至 $2\text{s}/100\text{ms}$	
4	试验时间	t2	$\leq 2\text{s}$ （可由供需双方协商）	
5	试验循环次数		1次	

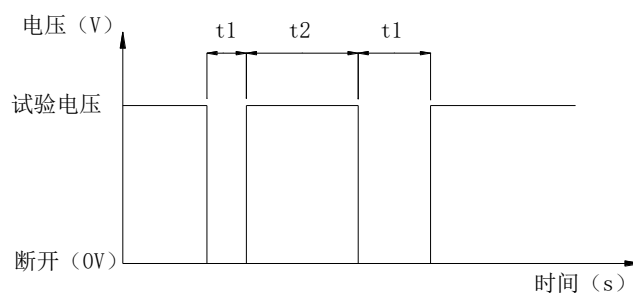


图11 短时中断供电波形

6.5.1.9 开路试验

6.5.1.9.1 单线断开

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.9.1.2的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.1.9.2 多线断开

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.9.2.2的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.1.10 短路保护试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.10.2.1的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.1.11 绝缘电阻试验

DUT以工作模式A1，按照GB/T 28046.2-2019中4.12.2的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.1.12 参考接地和供电偏移试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.2-2019中4.8.2的方法进行试验，应符合5.4.2.12的规定。

6.5.2 机械性能试验

6.5.2.1 机械振动试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.3-2011中4.1.2.4.2或4.1.2.7.2的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.2.2 机械冲击试验

DUT以工作模式B，按照GB/T 28046.3-2011中4.2.2.2的方法进行试验。试验后进行功能检查。

6.5.2.3 自由跌落试验

在增加了镜头面的防护措施后，DUT以工作模式A1，按照GB/T 28046.3-2011中4.3.2的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

注：镜头面防护措施的方式以及是否取消镜头面的跌落试验可由供需双方协商确定。

6.5.2.4 碎石冲击试验

DUT以工作模式A1，按照表13和ISO 20567-1的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

表13 碎石冲击试验

序号	名称	试验参数
1	试验喷丸剂量	50g
2	试验压力	100kPa
3	试验冲击材料	按照 ISO 11124-2 的铁丸颗粒大小 (4~5)mm
4	试件上的试验面	产品模拟在汽车上安装后的暴露面

6.5.2.5 镜头耐磨试验

DUT以工作模式A1，按照表14的试验方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

表14 镜头耐磨性能试验

序号	名称	试验参数
----	----	------

1	试验材料	HB 铅笔(端头为平面)
2	试验磨擦距离	镜片表面直径
3	试验材料与镜头的接触面积	约 2.89 mm ²
4	试验压力	(100±10) kPa
5	试验速度	60 次循环/分钟 (1 循环=2×试验磨擦距离)
6	试验循环次数	500 次

6.5.2.6 线束拉脱力试验

DUT以工作模式A2，将系统或连接器固定，用拉力计分别沿线束施加产品设计文件规定的轴向拉力进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.3 环境耐候试验

6.5.3.1 低温试验

6.5.3.1.1 低温贮存

DUT以表5的贮存温度下限和工作模式A1，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.1.1.2的方法进行试验。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.1.2 低温工作

DUT以 T_{min} 和工作模式B，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.1.2.2的方法进行试验。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.2 高温试验

6.5.3.2.1 高温贮存

DUT以表5的贮存温度上限和工作模式A1，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.2.1.2的方法进行试验。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.2.2 高温工作

DUT以 T_{max} 和工作模式B，按照GB/T 28046.4-2011中5.1.2.2.2的方法进行试验。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.3 温度梯度

DUT以 $T_{min} \sim T_{max}$ 范围和工作模式A2，按照GB/T 28046.4-2011中5.2.2的方法进行试验，试验中以工作模式B进行功能检查。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.4 温度循环

6.5.3.4.1 规定变化率的温度循环

DUT以工作模式A2，在 $T_{min} \sim T_{max}$ 范围内，按照GB/T 28046.4-2011中5.3.1.2的方法进行试验，试验中以工作模式B进行功能检查。试验后静置2h恢复常温，以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.4.2 规定转换时间的温度快速变化

DUT以工作模式A2, 在 $T_{\min} \sim T_{\max}$ 范围内, 按照GB/T 28046.4-2011中5.3.2.2的方法进行试验。试验后静置2h恢复常温, 以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.5 湿热试验

6.5.3.5.1 湿热循环

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 28046.4-2011中5.6.2.2的方法进行试验, 试验中以工作模式B进行功能检查。试验后静置2h恢复常温, 以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.5.2 温度/湿度组合循环

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 28046.4-2011中5.6.2.3的方法进行试验, 试验中以工作模式B进行功能检查。试验后静置2h恢复常温, 以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.5.3 稳态湿热

DUT以工作模式B, 按照GB/T 28046.4-2011中5.7.2的方法进行试验, 在试验最后一小时进行功能检查。试验后静置2h恢复常温, 以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.6 冰水冲击

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 28046.4-2011中5.4.2.1的方法进行试验。试验中和试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.7 耐盐雾试验

6.5.3.7.1 腐蚀

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 28046.4-2011中5.5.1.2的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.7.2 渗漏和功能

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 28046.4-2011中5.5.2.2的方法进行试验。试验中和试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.3.8 太阳光辐射试验

安装在汽车厢体外部的DUT, 以工作模式A1按照ISO 4892-2:2013中表1(方法A)和表3循环1的规定进行600 h试验。

安装在乘客舱内太阳直射处的DUT, 以工作模式A1按照ISO 4892-2:2013中表2(方法B)和表3循环2进行600 h试验。

6.5.4 防尘防水试验

6.5.4.1 防尘试验

DUT以工作模式A2, 按照GB/T 30038—2013中8.3.3.2规定的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.4.2 防水试验

DUT以工作模式A2，按照GB/T 30038—2013中8.4.3规定的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.5 化学负荷试验

安装在乘客舱外部的DUT，以工作模式A1按照GB/T 28046.5-2013中表1安装位置代码[D]选择试剂和暴露条件以及表2的湿润方法和4.8的程序进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

安装在乘客舱内部的DUT，以工作模式A1按照GB/T 28046.5-2013中表1安装位置代码[B]选择试剂和暴露条件以及表2的湿润方法和4.8的程序进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.6 电磁兼容性试验

6.5.6.1 对静电放电产生的电骚扰抗扰试验

6.5.6.1.1 电子模块不通电

DUT以工作模式A1，按照GB/T 19951-2019 附录C中表C.1、C.2 的类别1试验严酷等级不低于L₃的试验电压要求和第9章的方法进行试验。试验后以工作模式B进行功能检查。

6.5.6.1.2 电子模块通电

DUT以工作模式B，按照GB/T 19951-2019 附录C中表C.1、C.2、C.3的类别1试验严酷等级不低于L₃的试验电压要求和第8章的方法进行试验。

6.5.6.2 由传导和耦合引起的电骚扰抗扰试验

6.5.6.2.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰

DUT以工作模式B，按照表4规定的抗扰试验等级和GB/T 21437.2-XXXX中的脉冲1, 2a, 2b, 3a, 3b的方法进行试验。

6.5.6.2.2 除电源线外的导线通过容性耦合的电瞬态抗扰

DUT以工作模式B，按照GB/T 21437.3-XXXX表B.1、B.2中CCC模式以及等级III的要求和4.5的方法进行试验。

6.5.6.3 对电磁辐射的抗扰性能试验

DUT以工作模式B，按照GB 34660-2017中4.7的电波暗室法、大电流注入法的抗扰试验强度和GB 34660-2017中5.7规定的方法进行试验。

6.5.6.4 无线电骚扰特性试验

6.5.6.4.1 传导骚扰限值

DUT以工作模式B，按照GB/T 18655-2018中6.3和6.4的方法进行试验。

6.5.6.4.2 辐射骚扰限值

DUT以工作模式B，按照GB/T 18655-2018中6.5的方法进行试验。

6.6 耐久性试验

耐久性试验参见附录A，耐久性计算模型见附录B。

7 检验规则

7.1 出厂检验

系统的出厂检验项目至少应包括外观与结构检查、功能试验。

7.2 型式试验

7.2.1 型式试验的抽样和分组

型式试验应从出厂检验合格的系统中按照GB/T 2828.1规定的一次抽样方案进行抽取。先按出厂检验的项目进行复检，复检合格后的样品数量为每组6件共计8组，每件样品应编上样品编号和分组编号。

系统按分组依次进行以下试验：

- a) 第1组：功能试验、图像性能试验、耐盐雾试验（3件DUT腐蚀试验；3件DUT渗漏和功能试验）；
- b) 第2组：电气性能试验、线束拉脱力试验、化学负荷试验；
- c) 第3组：温度试验、湿热试验；
- d) 第4组：自由跌落试验、机械冲击试验、镜头耐磨试验；
- e) 第5组：机械振动试验、碎石冲击试验；
- f) 第6组：防尘防水试验（3件DUT防尘试验；3件DUT防水试验）、冰水冲击试验；
- g) 第7组：电磁兼容性能试验（3件DUT）、太阳光辐射试验（3件DUT）；
- h) 第8组：耐久性试验。

7.2.2 合格判定

系统的型式试验项目应全部符合规定的要求。如有一项不合格，可重新抽取加倍数量的样品就该不合格项目进行复检，如仍有不合格时，则该批样品判为不合格。但对高温耐久性试验不合格时不应重新抽取，直接判为不合格。

附录 A (资料性) 耐久性试验

A.1 耐久性试验

A.1.1 高温耐久性

安装在乘客舱内太阳直射处的DUT在 T_{max} 以工作模式B2运行47h和工作模式A2运行1h为循环进行试验，试验持续时间为1407 h。在试验期间按照试验持续时间的25%、50%、75%进行检查，试验结束后以工作模式B进行测试，并按6.4.3测试MTF值。

安装在其它位置的DUT在 T_{max} 以工作模式B2运行47h和工作模式A2运行1h为循环进行试验，试验持续时间为1200 h。在试验期间按照试验持续时间的25%、50%、75%进行检查，试验结束后以工作模式B进行测试，并按6.4.3测试MTF值。

注：持续试验时间按附录B中Arrhenius模型计算。

A.1.2 温度交变耐久性

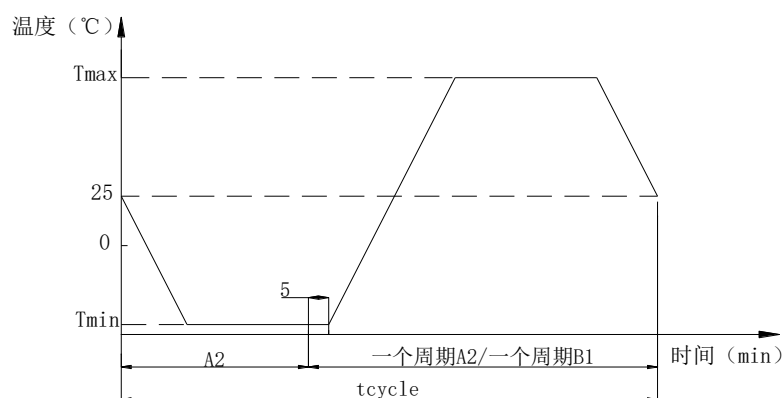
安装在乘客舱内太阳直射处的DUT按照表A.1规定的方法和图A.1的温度曲线进行试验，试验循环为135 min，循环次数为543个循环。试验期间按照试验持续时间的25%、50%、75%进行检查，试验结束后以工作模式B进行测试。

安装在其它位置的DUT按照表A.1规定的方法和图A.1的温度曲线进行试验，试验循环为132 min，循环次数为325个循环。试验期间按照试验持续时间的25%、50%、75%进行检查，试验结束后以工作模式B进行测试，并按6.4.3测试MTF值。

注：持续试验时间和循环次数按附录B中Coffin-Manson模型计算。

表A.1 温度交变耐久性试验方法

序号	名称	试验参数
1	工作模式和循环	工作模式 A2 和 B1 交替循环
2	试验温度曲线	图 A. 1
3	最低试验温度	T_{min}
4	最高试验温度	T_{max}
5	温度梯度	4℃ / min
6	在 T_{min} 和 T_{max} 下保持时间	在温度完全渗透之后 15min



图A.1 试验温度曲线

A.2 耐久性试验结果判定

按照A.1进行试验，功能状态宜不低于B级，试验后MTF值宜符合表1的要求。

附录 B
(资料性)
耐久性试验计算模型

B.1 产品在汽车上安装位置的典型温度模型

B.1.1 产品在汽车安装位置的平均温升

产品在汽车上不同安装位置的平均温升如表B.1所示。

表B.1 不同安装位置的温度模型和平均温升

汽车上的安装位置	位置温度模型	位置平均温升 (ΔT)
无特殊的要求	1	36K
乘客舱内太阳直射处	2	46K

B.1.2 产品在不同温区的占比

产品的位置温度模型1见表B.2，位置温度模型2见表B.3。

表B.2 位置温度模型 1

位置温度 (T_i) ℃	温度占比 (P_i) %
-40	6
23	20
40	65
80	8
85	1

表B.3 位置温度模型 2

位置温度 (T_i) ℃	温度占比 (P_i) %
-40	6
23	20
50	65
85	8
90	1

B.2 高温耐久性试验 Arrhenius 计算模型

为了计算高温耐久性试验的持续时间，应按照系统的应用条件，并结合温度分布百分比计算汽车在当前场下的工作小时 t_{oper} 进行考虑，温度集中模型见表B.4。

表B.4 温度集中模型

位置温度 (T_i)	温度占比 (P_i)
----------------	----------------

T. 1	P1
T. 2	P2
.....
T. n	Pn

对于T. 1T. n 的各个温度，按公式A. 1计算模型的加速度系数AT. 1.....AT. n:

$$AT. i = e^{-\left(\frac{EA}{K}\right) \times \left(\frac{1}{T_{test}+273.15} - \frac{1}{T. i+273.15}\right)} \dots\dots\dots (B. 1)$$

式中:

AT. i——Arrhenius 模型的加速度系数;

EA ——激活能量EA=0. 45eV;

K——玻尔兹曼常数 (K=8. 617×10⁻⁵ eV/K) ;

T_{test}——试验温度[°C]，通常为T_{max};

T. i——按照应用曲线在温度集中之后的位置温度;

-273. 15°C——温度的绝对零点。

按公式B. 2计算加速度系数得出高温耐久性试验的持续时间:

$$t_{test} = t_{oper} \sum \frac{P_i}{AT. i} \dots\dots\dots (B. 2)$$

式中:

t_{test}——高温耐久性试验的试验持续时间 (h) ;

t_{oper}——安装位置的耐久性工作时间;

P_i——产品在安装位置温度T. i下的工作时间百分比数;

AT. i——温度T. i的加速度系数。

示例: 以安装在乘客舱内太阳直射处的DUT为例，耐久性为10年，每天工作2h，t_{oper}为7300h，表B. 3位置温度模型2给出的T. i，T_{test}=T_{max}=90°C为例计算，由公式B. 1计算可得出:

AT. 1 ≈3035. 79;

AT. 2 ≈25. 88;

AT. 3 ≈5. 93;

AT. 4 ≈1. 22;

AT. 5 =1. 00;

由公式B. 2计算可得出:

t_{test}=7300×[(0. 06/3035. 79)+(0. 20/25. 88)+(0. 65/5. 93)+(0. 08/1. 22)+(0. 01/1)]≈1407 h。

即: 安装在乘客舱内太阳直射处的DUT高温耐久性试验的持续时间为1407 h。

B. 3 高温耐久性试验 Coffin-Manson 计算模型

为了计算温度交变条件下的耐久性试验的持续时间，应考虑产品由表B. 1安装位置ΔT的平均温度变化和寿命期间的温度循环次数N_{cycle}。

按公式B. 3计算Coffin-Manson模型的加速度系数与场地平均温度变化的关系:

$$ACM = \left(\frac{\Delta T_{test}}{\Delta T}\right)^C \dots\dots\dots (B. 3)$$

式中:

ACM——Coffin-Manson 模型的加速度系数；

ΔT_{test} ——在一次试验循环期间的温差 ($\Delta T_{\text{test}}=T_{\text{max}}-T_{\text{min}}$)；

ΔT ——在场地使用寿命期间的平均温差，见表C.1；

C——Coffin-Manson 模型参数（在本文件中c固定设置为2.5）。

按公式B.4计算试验循环的总次数：

$$N_{\text{test}} = N_{\text{cycle}}/ACM \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

N_{test} ——试验循环次数；

N_{cycle} ——在安装位置使用寿命期间的温度循环次数；

ACM——Coffin-Manson模型的加速度系数。

以安装在乘客舱内太阳直射处的DUT为例，耐久性为10年，每天使用2次， N_{cycle} 为7300次，表B.2位置温度模型2给出的 $T_{\text{min}}=-40^{\circ}\text{C}$ 和 $T_{\text{max}}=90^{\circ}\text{C}$ ，由表B.1安装位置平均温升 $\Delta T=46\text{K}$ 的产品为例进行计算：

$$\Delta T_{\text{test}} = 90^{\circ}\text{C} - (-40^{\circ}\text{C}) = 130^{\circ}\text{C}$$

按公式B.3计算出Coffin-Manson模型的加速度系数为：

$$ACM = (130/46)^{2.5} \approx 13.43$$

按公式B.4计算出试验循环次数为：

$$N_{\text{test}} = 7300/13.43 \approx 544\text{次}$$

产品温度热浸透的时间为15min，设定温度在20min后浸透部件，则保持时间为35min来计算一次循环的时间为：

$$T_{\text{cycle}} = 2 \times [(T_{\text{max}}-T_{\text{min}})/(4^{\circ}\text{C}/\text{min}) + 35\text{min}] = 135\text{min}$$

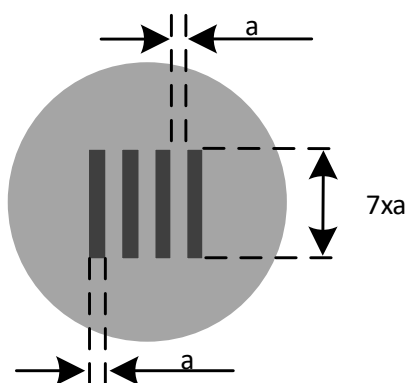
544次循环时整个试验时间为：

$$t = (544 \times 135\text{min}) / 60\text{min} \approx 1223.3\text{h}$$

即：温度交变耐久性试验的每个循环时间为135min，总循环次数为544次，试验总的时间为1223.3h。

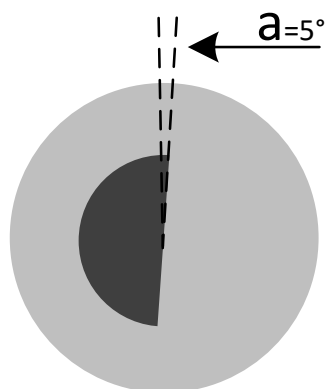
附录 C
(资料性)
靶标样式

C.1 四杆靶样式



图C.1 四杆靶样式示意图

C.2 刃边靶样式



图C.2 刃边靶样式示意图