

doi: 10.7690/bgzd.2021.03.010

硒化铅红外传感器的温度特性测试与分析

桂坚斌, 薛雅心, 付辉, 谭诚, 马百雪
(上海电控研究所灭火抑爆研发中心, 上海 200092)

摘要: 为使火焰探测器能更好地在宽温度范围下工作, 对火焰探测器常用的硒化铅(PbSe)传感器暗电阻的温度特性进行研讨。基于硒化铅负温度系数特性, 对某型硒化铅传感器在不同温度下的暗电阻进行测试, 并对硒化铅的温度-电阻曲线进行拟合和误差分析。结果表明: 给出的标定方法可以用于快速确定传感器温度特性, 可为相关应用提供设计依据。

关键词: 火焰探测器; 硒化铅; 红外传感器; 热敏电阻

中图分类号: TN215 **文献标志码:** A

Measurement and Analysis of Temperature Characteristics of PbSe Infrared Sensor

Gui Jianbin, Xue Yaxin, Fu Hui, Tan Cheng, Ma Baixue

(Fire Suppression Research & Development Center, Shanghai Electronic Control Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to make the flame detector work better in wide temperature range, the temperature characteristics of dark resistance of lead PbSe sensor are discussed. According to the detection principle of lead PbSe sensor, based on the negative temperature coefficient characteristics of lead PbSe sensor, the dark resistance of certain type of lead PbSe sensor is tested in a range of temperatures. The temperature resistance curve of lead PbSe is fitted and the error is analyzed. Results show that the calibration method can be used for fast determining the sensor temperature characteristics, and the method also can be used for relative application.

Keywords: flame detector; PbSe; infrared sensor; thermistor

0 引言

目前在军用车辆的灭火抑爆系统中, 普遍采用光学探测技术进行火焰探测, 通过探测环境中的紫外或红外来实现火焰探测^[1]。硒化铅传感器作为一种非制冷型红外探测器, 响应波长覆盖了短波和中波红外, 得到了广泛应用。军用车辆对环境适应性要求高, 需要在跨度非常大的温度范围内正常工作。硒化铅在适当波长的红外辐照下电阻会下降^[2], 后端处理则是根据电阻的变化量来判断红外的强度。与此同时, 硒化铅的暗电阻随温度变化明显, 温度的变化会给红外的探测带来不利影响。为了使火焰探测器在宽温度范围内可靠工作, 笔者对红外传感器的温度特性进行研究。

1 硒化铅红外传感器

硒化铅红外传感器为光导型探测器^[3]。当受到相应波长的红外辐射时, 探测器光敏区产生光生载流子, 导致探测器电阻显著下降。红外传感器在红外辐照下的电阻称为光电阻, 无红外辐照下的电阻称为暗电阻 R_D 。通常情况下, 将红外传感器与一个

负载电阻 R_L 串联, 通过测试负载电阻分压变化来检测红外传感器电阻变化, 进而确定红外强度, 原理如图 1。

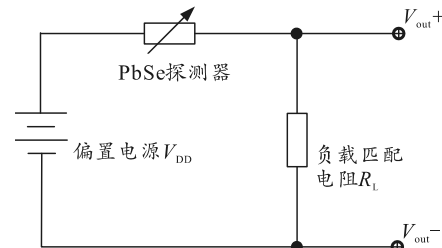


图 1 硒化铅传感器检测原理

$V_{out} = V_{DD}(R_L/(R_D + R_L))$, 其中, R_D 为 PbSe 的暗电阻。PbSe 因红外辐射阻值会发生变化, 变化量为 ΔR_D 对 R_D 求导得:

$$\Delta V_{out} = -(R_L \times V_{DD}) / (R_D + R_L)^2 \times \Delta R_D \quad (1)$$

同一器件在相同的温度和红外辐射下, 电阻的相对变化率 $\Delta R_D/R_D$ 保持不变, 将式(1)变形可得:

$$\Delta V_{out} = -V_{DD} / (R_D/R_L + R_L/R_D + 2) \times (\Delta R_D/R_D) \quad (2)$$

根据上式可知: 负载电阻 R_L 与暗电阻 R_D 一致时, 相同的红外辐射可以获得最大的电压变化量,

收稿日期: 2020-11-17; 修回日期: 2020-12-20

作者简介: 桂坚斌(1987—), 男, 江西人, 硕士, 工程师, 从事灭火抑爆系统研究。E-mail: mcjy@qq.com。

即获得了最高的探测精度。

2 红外传感器的温度-电阻特性

在低温下，硒化铅红外传感器对火柴火焰的报警距离超过某一特定值，产生“误报”现象，是因为红外探测器与输出电路在低温下工作失常^[4]；因此，温度对于红外传感器的探测精度有着密切的关系。在传感器响应能力一定的情况下，为了在整个环境温度范围内获取较大的探测精度，需要在尽可能保证所有温度下，负载电阻与传感器暗电阻尽量接近。固定的负载电阻显然不能满足要求，因此，对硒化铅红外传感器的温度-电阻特性进行了试验测试和分析，为相关的应用电路设计提供依据。

2.1 实验条件

实验是测量硒化铅红外传感器所处环境温度与其暗电阻之间的具体关系。选取40个某型号的硒化铅传感器，根据实际使用要求，共设置20个环境温度点，分别为-40, -35, -30, ……，+55℃，即从-40到+55℃，每间隔5℃设置一个测试温度点。所有传感器安装于固定板上，其管脚通过测试电缆引出；环境温度采用ETOMA高低温试验箱设置，传感器放置于高低温试验箱中，测试电缆从出线口接到箱体外；电阻测量采用FLUKE万用表，型号为187；依次从低温向高温进行测试，每次测试前，保证高低温箱内的温度已在要求的环境温度下稳定至少15 min。

相关实验测试条件见图2。

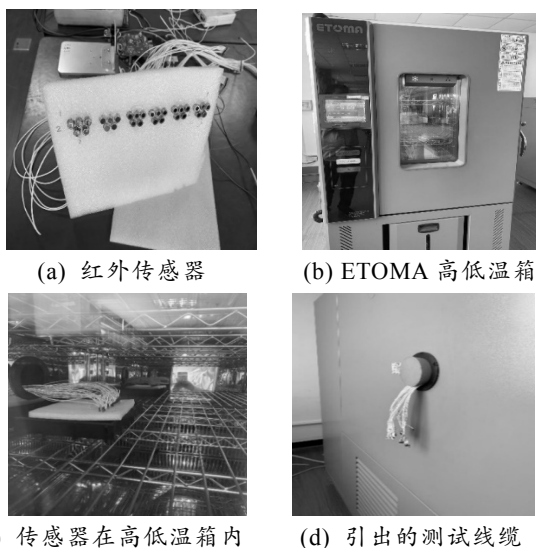


图2 实验条件

2.2 实验数据

测得的暗电阻数据分布见图3。

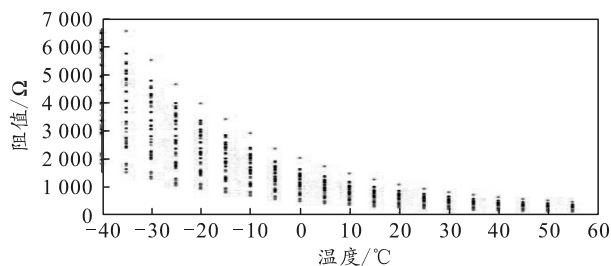


图3 电阻数据分布

从图中可以看出：硒化铅暗电阻符合负温度系数的特征，其暗电阻随温度升高呈非线性下降趋势。不同传感器阻值离散性大，其温度-电阻曲线也存在差异，需进一步分析。

2.3 数据分析

热敏电阻采用 B 值^[5]表征温度与阻值的变化率， B 值是以零功率电阻值对时间的变化大小来表示的，由阻温特性上任意2点温度值求出的常数，表达式如下：

$$B = (\ln(R_1) - \ln(R_2)) / (1/T_1 - 1/T_2) \quad (3)$$

其中： R_1 为传感器在温度 T_1 (单位K)时的电阻值； R_2 为传感器在温度 T_2 (单位K)时的电阻值。硒化铅符合热敏电阻的负温度特性，因此，也采用上述公式对硒化铅的暗电阻数据进行分析。

通常，热敏电阻采用25/50℃2个温度点的数据进行 B 值标定，从而确定温度-电阻曲线。根据硒化铅在火焰探测方面的实际应用要求，增加了0/25、-25/0、-40/-15、-25/25℃4组数据作为 B 值标定点进行对照。根据上述5组标定点的温度和电阻，可以得到温度-电阻曲线，再根据该曲线可以得出整个温度区间对应的计算电阻值，最后统计实测电阻值和计算电阻值之间的误差情况。

表1为部分数据(其中5个)情况。

表1 B 值结果

分组	编号				
	1	2	3	4	5
A(25/50℃)	2 352	2 416	2 152	2 101	2 215
B(20/45℃)	2 417	2 482	2 191	2 158	2 267
C(15/40℃)	2 466	2 524	2 234	2 205	2 313
D(10/35℃)	2 546	2 597	2 297	2 281	2 390
E(5/30℃)	2 632	2 634	2 352	2 328	2 437
F(0/25℃)	2 616	2 637	2 356	2 343	2 440
G(-5/20℃)	2 567	2 586	2 334	2 320	2 418
H(-10/15℃)	2 687	2 679	2 462	2 425	2 534
I(-15/10℃)	2 601	2 562	2 381	2 370	2 447
J(-20/5℃)	2 477	2 464	2 315	2 293	2 377
K(-25/0℃)	2 381	2 342	2 232	2 219	2 290
L(-30/-5℃)	2 342	2 265	2 193	2 187	2 245
M(-35/-10℃)	2 148	2 071	2 033	2 040	2 071
N(-40/-15℃)	2 104	2 019	2 020	2 010	2 052
O(-25/25℃)	2 488	2 476	2 288	2 275	2 358

不同标定点下的 B 值分布曲线如图4。

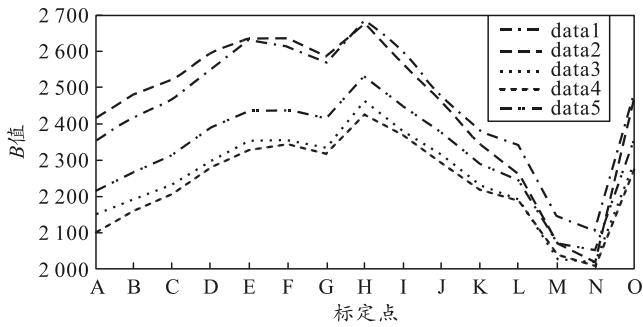


图 4 不同标定点的 B 值分布

从表 1 及图 4 可以看出：在标定温度相差 25 °C 时，标定温度从高温到低温变化过程中，B 值出现先上升后下降的趋势，在 (-10, 15) °C 附近出现极大值。可考虑以 -10 °C 为分界点，分段进行曲线标定。

表 2 为所选取 5 个标定点的误差情况，统计了所有传感器在该温度点误差率的平均值。

表 2 误差统计结果 %

温度/ °C	A 25/50 °C	B 0/25 °C	C -25/0 °C	D -40/-15 °C	E -25/25 °C
-40	8.03	17.49	6.47	0	8.44
-35	8.47	13.28	4.14	0.16	5.39
-30	9.29	9.21	1.78	0.30	2.38
-25	10.23	5.91	0	0.28	0
-20	11.49	2.41	2.09	0.27	2.64
-15	12.35	1.04	3.70	0	4.75
-10	12.31	2.20	4.29	1.17	5.82
-5	7.59	1.30	0.33	7.77	1.86
0	7.24	0	0	9.32	2.56
5	5.73	0.18	1.03	12.22	2.01
10	4.13	0.19	2.16	15.23	1.36
15	1.98	0.85	3.88	18.94	0.32
20	1.00	0.40	4.37	21.23	0.20
25	0	0	4.89	23.54	0
30	1.17	0.19	5.60	26.07	0.28
35	1.04	1.62	4.96	26.95	0.77
40	0.97	2.92	4.42	27.91	1.59
45	0.56	4.49	3.62	28.40	2.77
50	0	6.15	2.90	28.66	4.07
55	0.95	8.11	2.64	28.40	5.70

电阻误差率随温度变化的曲线见图 5。

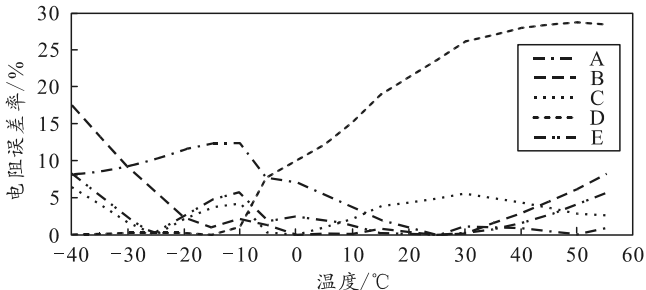


图 5 电阻误差率随温度的变化

从表 2、图 5 的误差情况可以看到：大多数曲线 (ABCE) 均在 -10 °C 附近发生误差上升的情况，产生误差极大值。各曲线在所标定的区间范围内误差小，但当实际温度离标定温度区间 15 °C 以上时，

则误差会快速上升。曲线 C、E 的标定温度区间跨越了 -10 °C，同时具备了 2 部分的特点；因此，其误差在各个温度点相对比较平均，但误差仍然较大。

2.4 分析结论

硒化铅满足负温度系数特征，温度-电阻特性曲线在高温和低温段存在差异，以分段的形式给出，分段点在 -10 °C 附近。当精度要求不高时，以跨越 -10 °C 的标定温度点快速标定温度-内阻特性曲线；若对精度要求高，则建议以 -10 为分界点，按 2 段分别标定，每段取 2 个测试点测出数据后分别计算 B 值，再根据正式完成特征 B 值的确认。即：

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= \frac{\ln(R_1) - \ln(R_2)}{1/T_1 - 2/T_2}, T_1, T_2 \leq -10 \\ B_2 &= \frac{\ln(R_3) - \ln(R_4)}{1/T_3 - 2/T_4}, T_3, T_4 > -10 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

例如：根据误差数据，适合实验采用的硒化铅的温度-内阻特性曲线温度点选在 -40, -15, 10, 35 °C，可以满足 5% 精度要求。

3 结论

笔者从硒化铅的环境适应性需求出发，测量了硒化铅不同温度下的暗电阻，并进行了拟合分析，得到快速确定其温度特性曲线的方法。在实际应用中，可以利用这一特性进行相关功能设计：在二元设计的红外传感器中，探测元为感光器件，补偿元不感光，用于温度补偿，了解探测元的温度特性后，通过采用初始阻值与 B 值均接近探测元的热敏电阻作为补偿元 (负载电阻)，则可以很好地抵消温漂带来的信号偏移；对可靠性要求高的产品，通过结合温度传感器，跟踪 B 值的漂移情况，可实现对红外传感器的状态监测。

参考文献：

- [1] 王林祥, 聂文琪, 孔文艳. 军用车辆灭火抑爆系统中光学探测温度适应技术[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 65-67, 71.
- [2] 沈晓玲. NTC 热敏电阻温度特性的研究[J]. 龙岩学院学报, 2006, 24(6): 36-37.
- [3] 程开富. 硒化铅光导型红外探测器的电极选择[J]. 红外与激光技术, 1995, 24(5): 57-60.
- [4] 刘淑芝, 赵广福. 灭火抑爆系统中光学探测器“低温误报”研究[J]. 红外技术, 1993, 15(5): 27-28.
- [5] 徐海英, 董慧媛, 刘英, 等. NTC 热敏电阻 B 常数[J]. 电子器件, 2004, 27(3): 498-500, 497.