

文章编号: 1672-8785(2015)06-0026-07

一种基于红外特性分析的目标识别方法

张旭艳 华宇宁 郝永平 董 晔 张 乐

(沈阳理工大学兵器科学技术研究中心, 辽宁 沈阳 110159)

摘 要: 当目标所处背景与目标本身红外辐射相差不大时, 目标不能被准确识别。为了能够准确定位目标并摧毁目标, 提出了采用 7 元红外排列方法对目标进行扫描的想法。实验结果表明, 通过目标的红外特性曲线可以很准确地实现发动机位置的识别。依据典型目标的发动机位置可判定目标类别, 并能准确打击目标要害, 从而摧毁目标。

关键词: 红外图像; 目标识别; 红外特性; 标定法

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.06.006

A Target Recognition Method Based on Infrared Characteristic Analysis

ZHANG Xu-yan, HUA Yu-ning, HAO Yong-ping, DONG Ye, ZHANG Le

(Shenyang Ligong University, Shenyang 110159, China)

Abstract: When the infrared radiation from a target and its background is not different greatly, the target can not be recognized accurately. To locate the target accurately and destroy it, an idea that a seven-element infrared array is used to scan the target is proposed. The experimental results show that the position of the engine in a target can be recognized accurately by utilizing the infrared characteristics of the target. According to the engine positions in typical targets, the targets can be classified and their critical parts can be recognized and destroyed.

Key words: infrared image; target recognition; infrared characteristic; calibration method

0 引言

任何物体都存在辐射。不同材料、不同表面状态和不同温度的物体的发射率不同。在军事上对刚体目标可进行静态或动态检测, 并依据目标辐射率的不同区分出刚体目标和人体目标等类别^[1]。本文只对正常工作状态下的刚体目标进行红外特性分析。考虑到不同装备的特点, 进行了特别部位的测试(如坦克的发动机部分)。

传统的红外测量仪是通过单元扫描目标获得数据的。对得到的数据进行特性分析, 可较准

确地识别目标。但对于军事上的红外目标, 不仅要能识别, 而且要能准确地引导射击, 以摧毁敌方装备。本文针对此点, 提出了通过用 7 元红外排列扫描对目标进行红外特性分析, 实现发动机位置的判定, 从而准确打击目标的想法。

1 目标特性获取方法

红外图像采集系统由红外探测仪、图像采集卡和计算机组成。设备图像如图 1 和图 2 所示。

收稿日期: 2015-05-18

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2009AA04Z167)

作者简介: 张旭艳(1990-), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 主要研究方向为智能检测与信息处理。

E-mail: 1151736577@qq.com

红外摄像头的参数和实验图像获取环境参数见表 1 和表 2。

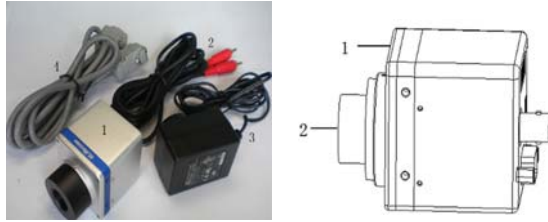


图 1 红外探测仪设备



图 2 图像采集卡

表 1 红外镜头参数

焦距 (mm)	视场	最小成像距离 (m)	温度 (°C)	波长 (μm)	最大口径 (mm)
15	32*26	0.3	-20~80	8~14	37

表 2 测量参数

时间	目标背景	距离 (m)	环境温度 (°C)	目标温度
夏天	石灰	6~18	22	53.8~73.5

2 红外特性分析原理

红外目标的特性比较复杂, 目标所处的环境对其辐射特性有很大影响^[2]。在不同时间, 不同地点和不同距离、角度等条件下的目标红外特性都存在差异。因此, 研究目标的辐射特性时, 要对目标及其背景进行特性分析, 这样才能反映出实验结果的真实性和仿真的实用性^[3]。

2.1 灰度 - 温度变换系数

获取目标的热度图像之后, 首先要解决的问题是如何依据目标的灰度值得出对应点的温度值^[4]。这就需要确定红外目标的灰度与温度之间的变换系数。

通过查资料得知, 某一红外探测器的探测像元的输出电流为

$$I = \varepsilon k' T^4 \quad (1)$$

式中, ε 为物体反射率; k' 为一个系数, 如果探测像元固定, 则 k' 的值固定。 T 为真实的温度。输出的电流最终要被转换为 256 级灰度值, 像素的灰度级由探测像元的输出电流得出^[5]。

所用公式为

$$H = [aI + b] = [a\varepsilon k' T^4 + b] = [\varepsilon k'' T^4 + b] \quad (2)$$

式中, H 为像素灰度, $H \in N(0, 255)$, a 为转换系数, b 为修正系数, $[\]$ 为取整。由上式可以看出, 如果 ε 已知, 只要确定参数 k'' 和 b 的值, 即可建立灰度与温度的对应关系。

参数的确定需要使用两次标定法确定。标准黑体的发射系数 $\varepsilon = 1$, 检测公式为

$$H = [k'' T^4 + b] \quad (3)$$

假设绝对温度为 T_1 时, 对应的红外图像平均灰度值为 H_1 ; 绝对温度为 T_2 时, 对应的红外图像的平均灰度值为 H_2 。可得到

$$\begin{cases} H_1 = [k'' T_1^4 + b] \\ H_2 = [k'' T_2^4 + b] \end{cases} \quad (4)$$

得到系数 k'' 和 b 的值为

$$\begin{cases} k'' = \frac{H_1 - H_2}{T_1^4 - T_2^4} \\ b = H_1 - T_1^4 \times \frac{H_1 - H_2}{T_1^4 - T_2^4} \end{cases} \quad (5)$$

忽略取整的精度损失,得到的黑体辐射绝对温度-灰度对应关系式为

$$T_b = \sqrt{\frac{H-b}{k''}} \quad (6)$$

通过标定实验得到参数 k'' 和 b 后,可以计算出灰度区间 (0~255) 与温度之间的变换表。映射表见表 3。

在测量物体时,加入由发射率 ε 引入的修正系数,公式为

$$T = \sqrt[4]{\frac{H-b}{\varepsilon k''}} = \sqrt[4]{\frac{1}{a}} T_b \quad (7)$$

修正系数 $a = \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon}}$; 通过查表得知,刚体材料的 $\varepsilon = 0.8$ 。

表 3 黑体灰度-温度映射表

灰度	1	2	3	...	254	256
温度	12.5	13.3	14.1	...	59.8	60.0

2.2 温度-电压变换系数

在实际目标识别过程中,温度受环境影响很大,可能会出现误判。因此,把温度转换成容易检测的电信号,依据电压幅度的变化区分出背景与目标,并准确地判断出发动机的位置。

针对刚体材料的特点,查资料可大致得到温度-电压变换系数 $d=60 \text{ mV/K}$, 其中 K 为绝对温度的单位。经过大量实验得出,常见的刚性目标电压值的范围为 $0\sim 5 \text{ V}$, 将电压 $U > 7 \text{ V}$ 的目标作为诱饵处理。

3.7 通道目标特性分析

对目标及其所处的背景进行红外特性分析,由其灰度值得到对应的温度,再转换成电压,得到红外特性曲线。7 通道的特性曲线如图 3~ 图 11 所示。

理想电压幅值根据当前的最高温度、理想电压与灰度系数 (60 mV/K) 计算求得; 实际电压值由红外特性分析曲线得到。7 通道计算过程与数据分析结果见表 4~ 表 9。

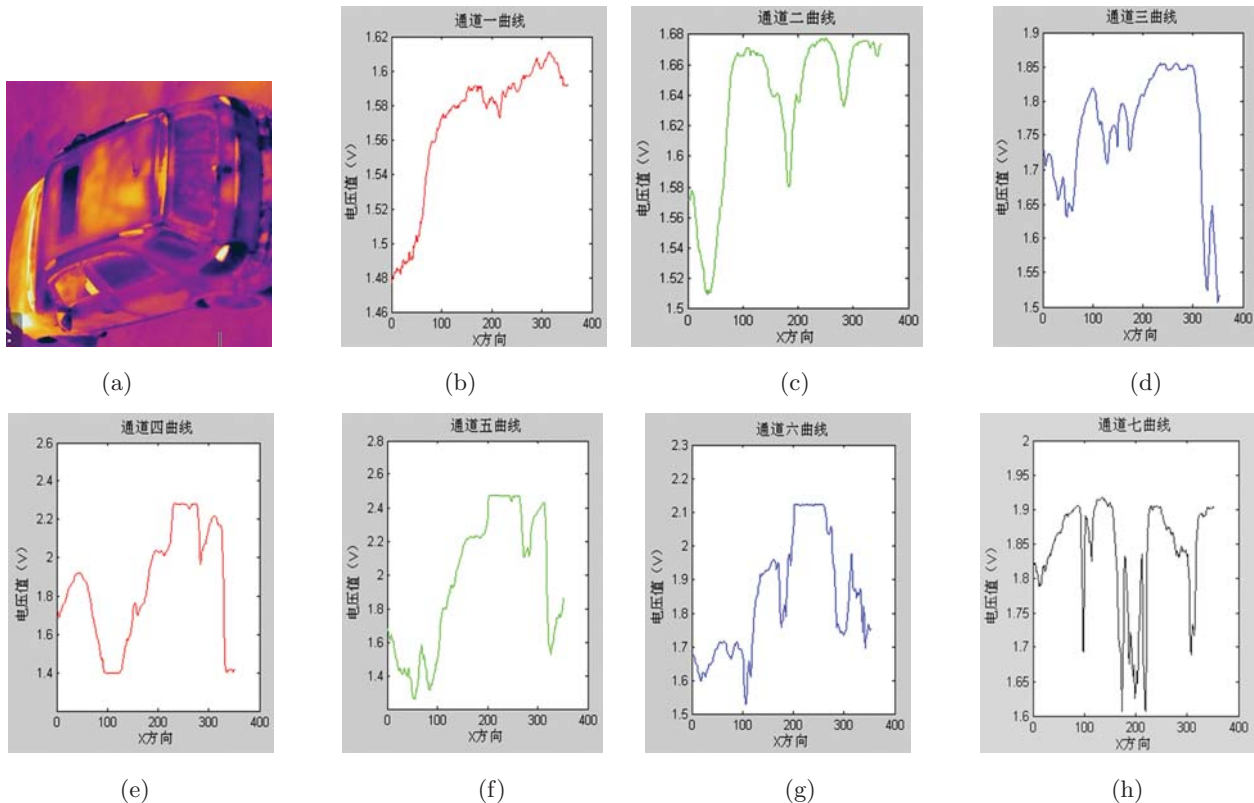


图 3 7 通道红外特性曲线

表 4 7 通道计算数据

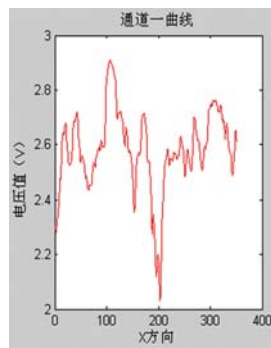
	灰度 H_1	灰度 H_2	最高温度 T_1	最低温度 T_2	k''	b
通道 1	247	107	25.7	23.3	0.001	-194.98
通道 2	251	0	27	22.1	8.5354e-004	-203.61
通道 3	253	0	27.5	22.0	0.0018	-520.66
通道 4	253	0	36	22.0	1.7504e-004	-41.0048
通道 5	255	9	39.1	22.0	1.2126e-004	-28.4047
通道 6	253	0	33.5	21.2	2.3926e-004	-48.3286
通道 7	253	0	31.3	21.7	3.4279e-004	-76.0100

表 5 红外特性分析

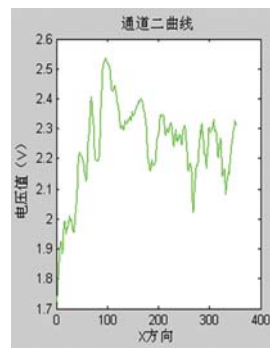
	理想电压幅值	电压幅值	转换系数	温差
通道 1	1.54	1.60	62.25	2.4
通道 2	1.62	1.67	61.85	4.9
通道 3	1.65	1.85	67.27	5.5
通道 4	2.16	2.24	62.22	14
通道 5	2.35	2.45	62.65	17.1
通道 6	2.01	2.10	62.68	12.3
通道 7	1.88	1.89	60.38	9.6



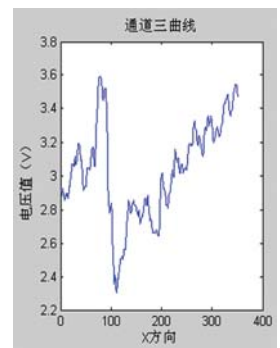
(a)



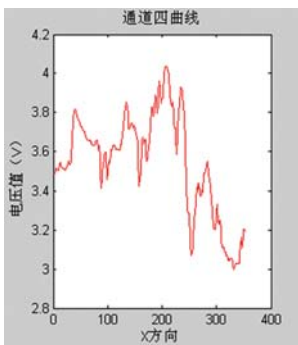
(b)



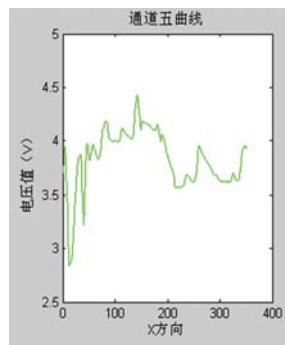
(c)



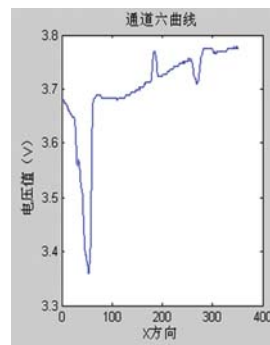
(d)



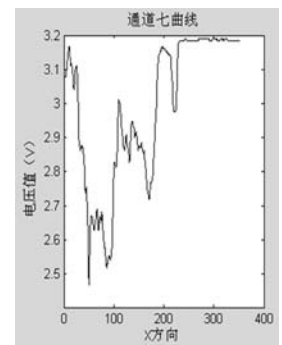
(e)



(f)



(g)



(h)

图 4 7 通道红外特性曲线

表 6 7 通道计算数据

	灰度 H_1	灰度 H_2	最高温度 T_1	最低温度 T_2	k''	b
通道 1	222	0	47.1	18.1	4.4661e-005	2.2066
通道 2	217	0	40.4	20.9	8.5354e-004	-203.61
通道 3	240	88	60.5	26.2	1.1840e-005	82.4210
通道 4	253	67	66.4	29.7	9.9674e-006	59.2445
通道 5	245	76	69.1	29.5	7.6674e-006	70.1932
通道 6	253	57	59.5	26.8	1.7129e-005	44.0274
通道 7	252	136	50.1	30.1	2.1171e-005	118.6220

表 7 红外特性分析

	理想电压幅值	电压幅值	转换系数	温差
通道 1	2.83	2.85	60.50	29
通道 2	2.42	2.52	62.37	19.5
通道 3	3.63	3.62	59.83	34.3
通道 4	3.98	4.01	60.39	36.7
通道 5	4.15	4.36	63.09	39.6
通道 6	3.57	3.67	61.68	32.7
通道 7	3.00	3.19	63.67	20

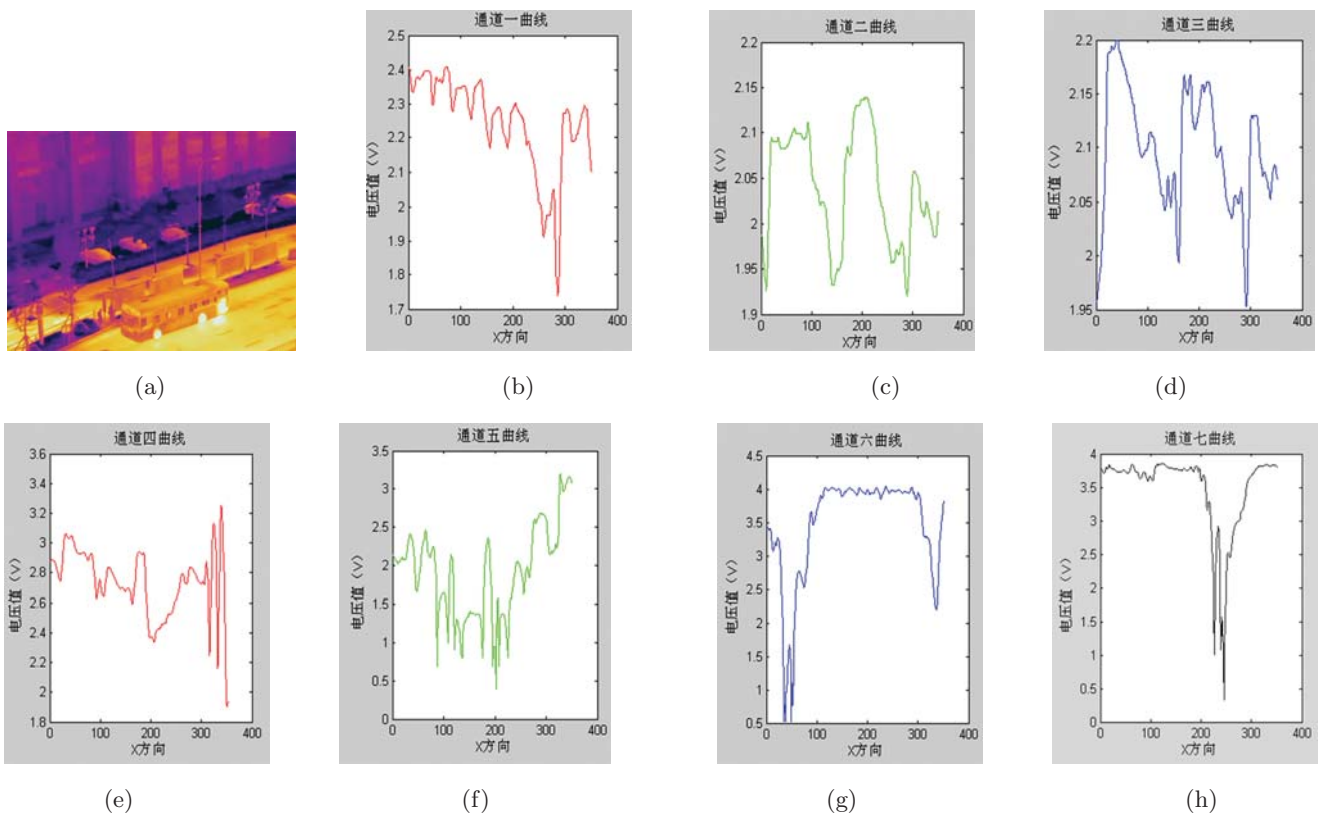


图 5 7 通道红外特性曲线

表 8 7 通道计算数据

	灰度 H_1	灰度 H_2	最高温度 T_1	最低温度 T_2	k''	b
通道 1	207	104	38.7	26.3	5.8369e-005	76.0743
通道 2	225	0	34.8	22.1	1.8321e-004	-43.7046
通道 3	240	0	37.5	19.8	1.3159e-004	-20.2248
通道 4	236	6	46.2	20.1	2.7815e-005	-0.5159
通道 5	232	60	54	22.0	2.0801e-005	55.1272
通道 6	255	23	63.9	26.2	1.4320e-005	16.2525
通道 7	231	64	59.2	31.7	1.4815e-005	49.0402

表 9 红外特性分析

	理想电压幅值	电压幅值	转换系数	温差
通道 1	2.32	2.39	61.75	12.4
通道 2	2.09	2.13	61.20	12.7
通道 3	2.25	2.20	58.66	17.7
通道 4	2.77	3.01	65.15	26.1
通道 5	3.24	3.20	59.25	32
通道 6	3.83	3.97	62.12	37.7
通道 7	3.55	3.79	64.02	27.5

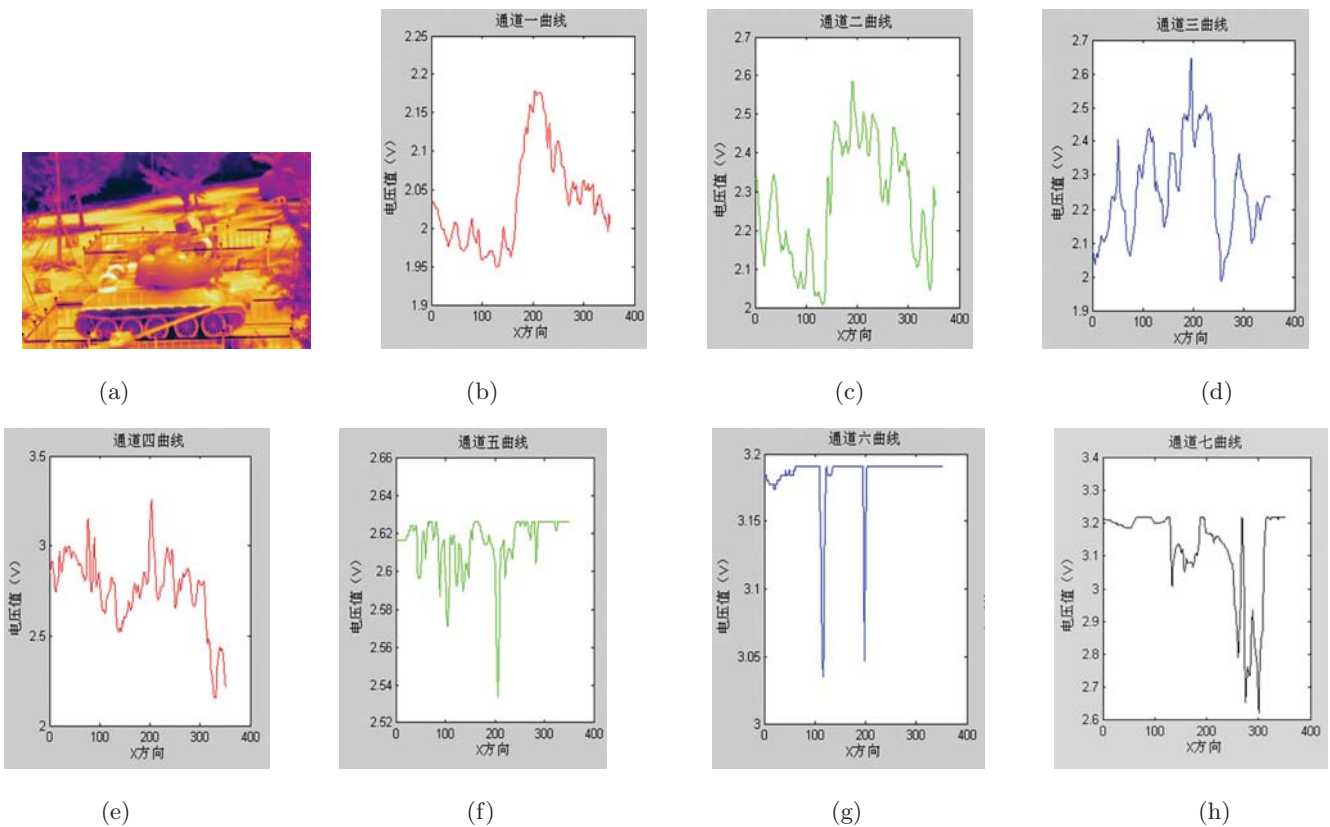


图 6 7 通道红外特性曲线

表 10 7 通道计算数据

	灰度 H_1	灰度 H_2	最高温度 T_1	最低温度 T_2	k''	b
通道 1	179	0	35.4	30.0	2.3540e-004	-190.6735
通道 2	246	1	44.5	30.0	8.1918e-005	-65.3533
通道 3	255	15	44.4	29.1	7.5496e-005	-38.3968
通道 4	253	0	49.1	28.8	3.4570e-005	-32.3404
通道 5	255	52	41.1	29.1	9.1418e-005	-13.5546
通道 6	253	58	53.6	31.1	3.6042e-005	24.2830
通道 7	249	83	50.3	24.7	2.7533e-005	72.7520

表 11 红外特性分析

	理想电压幅值	电压幅值	转换系数	温差
通道 1	2.12	2.16	61.01	5.4
通道 2	2.67	2.58	57.98	14.5
通道 3	2.66	2.65	59.68	15.3
通道 4	2.95	3.10	63.13	20.3
通道 5	2.47	2.61	63.50	12
通道 6	3.23	3.17	59.14	22.5
通道 7	3.02	3.19	63.41	25.6

由红外特性曲线可以看出电压随灰度的变化趋势。当扫描到背景时,曲线变化明显,且呈现不稳定的趋势;当扫描到目标的发动机部位时,由于发动机的温度比周边部位的温度高,曲线会突然升高,然后出现平稳趋势,最后骤然下降。通过对红外特性曲线的分析,可以较准确地检测到目标的发动机的位置。由于不同种类目标的发动机所处部位不同,通过检测发动机的位置,可以得到目标的所属类别。具体分类见表 12。

表 12 目标识别

	轿车	卡车	公交车	坦克
发动机位置	目标前方	目标前方	目标后方	目标中后方

4 总结

通过对目标与环境的红外特性进行分析可知,当目标与环境的温差较小时,不能准确地识

别目标的位置。为了解决这个问题,采用 7 个通道对目标进行了扫描,对汽车、装甲车、公交车与军用坦克的红外辐射特性进行了研究分析,得到了目标运动过程中电压随灰度变化的曲线。结果表明,通过对目标特性进行分析,能较准确地确定目标的发动机位置,从而可由发动机的位置进行目标的分类和识别。

参考文献

- [1] 刘强. 红外热成像伪彩色测温系统设计 [D]. 南京: 南京理工大学, 2006: 3-6.
- [2] Fuknaga K, Hosteltler L, D. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Application in Pattern Recognition [J]. *Transaction on Information Theory*, 1975, 21(1): 32-40.
- [3] 王小鹏. 典型军用目标红外辐射特性测试研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2004: 4-6.
- [4] 涂元柳, 王晓飞, 郭宝录. 国外原型红外诱饵技术的装备与发展 [J]. *舰船电子工程*, 2009, 29(9): 24-27.
- [5] 陈红伟, 杨树谦. 自动目标识别技术在飞航导弹上的应用 [J]. *红外与激光工程*, 2004: 822-824.