

论交通事故轮胎痕迹鉴别嫌疑车辆

周奇智¹, 杨 炜²

(1. 榆林职业技术学院, 陕西 榆林 719000; 2. 长安大学 汽车学院, 西安 710064)

摘要:为了解决我国交通事故逃逸案件的频繁发生, 作者依据实验轮胎痕迹和事故现场轮胎痕迹特征分析, 研究轮胎痕迹特征和痕迹宽度数据, 分析判断轮胎规格的名义断面宽度; 应用 Visual C++ 程序开发平台, 开发车辆轮胎信息管理软件, 查询符合轮胎规格的车辆, 达到缩小查找嫌疑车辆范围的效果; 再次通过实验建立痕迹图像数据库, 利用 Matlab 软件对轮胎痕迹图像进一步鉴别匹配, 找出最佳的匹配的结果, 最后快速锁定嫌疑车辆, 对侦破逃逸案件具有十分重要的意义。

关键词: 轮胎规格; 轮胎痕迹; 信息管理软件; 痕迹图像; Matlab 软件

Discussing the Identification of Suspected Vehicles by
Tire Traces in Traffic Accidents

Zhou Qizhi¹, Yang Wei²

(1. Yulin Vocational and Technical College, Yulin 719000, China;
2. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to solve the frequent occurrence of traffic accidents and escape cases in China, the author studies the tire trace characteristics and trace width data according to the experimental tire traces and the characteristics of tire traces on the accident site, and analyzes and judges the nominal section width of the tire specifications. Apply the Visual C++ program development platform to develop vehicle tire information management software, and query vehicles that meet the tire specifications to reduce the scope of suspected vehicles. Through the experiment, the trace image database is established, and the Matlab software is used to further identify and match the tire trace image to find the best matching result. Finally, it is very important to quickly locate the suspected vehicle and detect the escape case.

Keywords: tire specifications; tire marks; Information of management software; Trace image; Matlab software

0 引言

伴随着目前我国经济社会的发展, 全国机动车的拥有量稳步增长, 汽车带来舒适效应的同时, 也给人们带来一些负面效益, 这些负面效应主要是交通事故发生率较高。随着交通事故逃逸现象发生频率逐年快速上升, 给交警部门带来错综复杂的肇事逃逸案件, 在每期逃逸案件侦破中, 现场勘验是关键工作, 勘验的主要体现在痕迹物证, 痕迹物证是推断事故发生的过程、分析处理事故的重要证据。痕迹物证的勘验在交通事故分析处理中具有举足轻重的意义, 因此, 研究现场遗留下的痕迹物证是交通安全工作者当前紧迫的任务^[1-2]。

本文首先分析了车型与原厂车辆轮胎花纹的匹配、事故轮胎痕迹的特征分析及技术分析; 其次通过试验车辆轮胎痕迹实验和事故轮胎痕迹, 建立车辆资料数据库、轮胎数据库和轮胎痕迹数据库, 并同时研发了车辆轮胎痕迹管理系统软件; 利用该软件和现场鉴别轮胎痕迹特征, 找出嫌疑最大的几种车型, 从而缩小嫌疑车辆范围。

1 车型与轮胎花纹的分析

分析不同车型与原厂轮胎的匹配, 建立数据库(如图1)存储各种车型与轮胎痕迹的基本信息, 包括轮胎痕迹图像存储地址、轮胎痕迹花纹型号、轮胎规格、车辆型号、车辆名称以及轮胎生产厂家等基本信息, 有利于查找符合条件的嫌疑车辆, 让数据库中的轮胎痕迹图像与现场轮胎痕迹图像进行比对, 从而缩小追查范围^[3]。

tracepattern : 表						
编号	图片地址	花纹型号	轮胎规格	车型号	车辆名称	轮胎生产厂家
1	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R14	SYNTHESIS	SYNTHESIS	奥迪A8	倍耐力胎
2	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R15	162716A2	162716A2	起亚智跑	韩泰轮胎
3	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	225/55R16	87751 (225)	87751 (225)	梅赛德斯-奔驰C级	米其林
4	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R14	PY160175	PY160175	捷达	韩泰轮胎
5	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	9C7118A4	9C7118A4	北京现代伊兰特	飞鹰轮胎
6	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/55R16	BM240A2	BM240A2	北京现代伊兰特	倍耐力胎
7	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	205/55R16	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
8	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/55R17	SYNTHESIS	SYNTHESIS	大众汽车	米其林
9	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	205/55R16	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
10	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	CA7110R	CA7110R	奇瑞	倍耐力胎
11	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	CA7110R	CA7110R	奇瑞	倍耐力胎
12	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R16	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
13	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R17	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
14	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R16	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
15	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R16	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
16	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
17	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/70R15	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
18	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/55R16	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
19	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
20	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	215/60R17	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
21	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	165/70R13	SNP700B127	SNP700B127	奇瑞	倍耐力胎
22	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R15	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎
23	0:\车辆轮胎匹配\2010.jpg	195/60R14	BM240A2	BM240A2	奇瑞	倍耐力胎

图1 不同车型与轮胎痕迹信息匹配表

2 轮胎痕迹的鉴别方法

轮胎痕迹的鉴别是利用轮胎痕迹特征来鉴别车型, 将车辆轮胎痕迹的部分特征提取出来, 然后根据实地勘测情况进行分析、研究, 最终找出结论, 然后进行归类识别。轮胎痕迹鉴别的信息有车辆的轴距、轮距、轮胎沟数以及

收稿日期:2019-01-23; 修回日期:2019-02-11。
基金项目:陕西省自然科学基金青年项目(2017JQ6045)
作者简介:周奇智(1983-),男,陕西榆林人,硕士,讲师,主要从事汽车主动安全方向的研究。

轮胎痕迹的宽度、痕迹花纹及特性等内容。具体鉴别流程方法如图 2 所示。

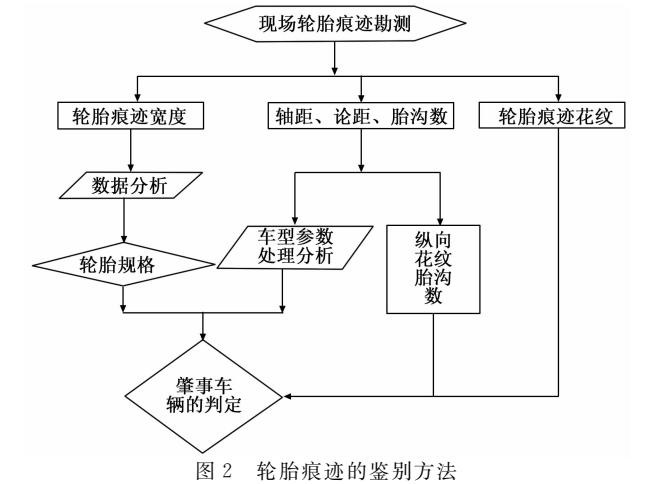


图 2 轮胎痕迹的鉴别方法

3 轮胎痕迹的特征分析

道路交通事故中的地面痕迹主要是指轮胎在地面上做不同运动状态时留下的印迹，一般我们将汽车轮胎在不同的运动状态下产生的痕迹分为：滚印、压印、拖印和侧滑印四大类^[4-5]。现对这 4 种轮胎痕迹特征进行分析（如表 1 所示）。

表 1 轮胎痕迹特征分析

类型	痕迹特征	推断结果	痕迹图像
滚印	印迹是一条清晰的滚印痕迹	推断出轮胎断面的宽度和轮胎花纹的型号	
压印	地面痕迹花纹印迹伴随车辆行驶方向变长	推断车辆的制动情况,也可以判断车辆事故之前运动情况	
拖印	印迹是黑色条状状,无法呈现轮胎花纹	正常情况痕迹的花纹形状和拖印痕迹处于平行状态	
侧滑印	痕迹花纹无法呈现出,并且痕迹宽度大于轮胎宽度。	制动抱死时,碰撞后车沿原来的方;制动滚动时,碰撞后沿冲击力方向滑移。	

4 轮胎痕迹的技术分析

根据轮胎痕迹的技术分析，能够找出嫌疑车辆，从而能有效的缩短破案时间，为公安人员提供极大的方便。

4.1 车辆行驶速度的计算

1) 根据地面遗留的轮胎痕迹，能够计算^[6]出车辆碰撞后速度的。通过根据车辆碰撞地点到车辆停止地点之间的距离，计算车辆碰撞后的瞬时速度，其公式： $v = \sqrt{2\varphi g k s}$ ，式中， a 表示纵滑附着系数， g 表示重力加速度， k 表示附

着修正系数，车辆全制动时速度为 $k=1$ ，一前轮一后轮制动时 $k=0.5$ ，只有前轮制动 $k=0.6-0.7$ ，有后轮制动 $k=0.2-0.3$ 。在制动过程中，没有其它因素导致动能损失或者损失较少时，可用上述计算车辆碰撞前的行驶速度。

2) 根据制动痕迹，车辆碰撞前速度的计算。车辆碰撞前有滑移时，车辆碰撞前的瞬时速度计算公式： $v = \frac{1}{2} \varphi g k t + \sqrt{v^2 + 2as}$ ，式中， v 表示碰撞前的瞬时速度， φ 表示车辆纵滑附着系数， k 表示附着修正系数， t 表示制动协调时间， a 表示车辆加速度， s 表示车辆痕迹在路面上的滑移距离， g 重力加速度。

4.2 根据制动痕迹判断事故碰撞点

车辆发生碰撞时，在撞击力的作用下，两车都会不同程度的偏离了原来的行驶路线，此过程中痕迹必然产生突变点。正常情况，痕迹突变点变清晰可见。结合车辆受损部位与地面上痕迹的空间位置关系，可以推断出这起交通事故发生的碰撞点。

4.3 追缉逃逸车辆

通常不同车辆其轮胎型号和花纹各尽不同车辆轮胎的磨损情况也不近相同，以及轮胎损失面也不同，可见完全相同的轮胎绝无仅有。因此，事故现场遗留的轮胎痕迹与嫌疑车辆的轮胎痕迹进行比较分析，如果轮胎痕迹的宽度、花纹印迹、磨损情况等与嫌疑车辆的轮胎印迹比对相同，那就可断定该车是肇事逃逸车辆。

4.3.1 车辆类型的判断

- 1) 根据车辆在地面留有痕迹情况确定车轮。如三轮两轮的车辆多为摩托车、人力车或农用机动车等；四轮及以上的多为汽车。
- 2) 根据轮胎印迹推断胎面宽度和花纹形状。
- 3) 根据轮印迹测量车轮的轴距和轮距。

4.3.2 判断行驶方向的判断

- 1) 根据尘土分布走向推断车辆行驶方向
横向花纹的轮胎在硬质路面行时，尘土花纹将在路面上产生，花纹因车速的不同而变化。车辆在行驶过程中会在轮胎后方产生空气涡流，使地面上的轮胎痕迹前进方向上的力的牵拉。当车速较慢时，空气涡流比较小，轮胎痕迹呈现出弧状，痕迹聚集的方向一般为车辆的逃逸方向；如车速较快时，车轮背后的空气涡流很大，在滚动力的张力作用下，轮胎痕迹尘土花纹形成扇形或扫把扫过的痕迹，其车辆逃逸方向为扇形的底端方向。

- 2) 转弯处的摩擦痕迹判断行驶方向。

车辆在转弯状态下将产生离心力，如果转速较快，车辆将向外侧倾斜，轮胎产生的痕迹多是平行的斜线。相互平行的线条之间的距离为轮胎凸出花纹的宽度相同。当车辆在较快的速度回转时，刚开始转弯后轮的痕迹在外侧，前轮的痕迹在内侧，转弯结束时，前轮的痕迹在外，后轮的痕迹在内侧。

- 3) 制动痕迹判断车辆行驶方向。当肇事车辆在紧急制

动时，痕迹花纹随着制动的增大将逐渐变得模糊，印痕逐渐加重，印迹逐渐加重的方向是车辆逃逸远离的方向。当车辆在松软路面制动时，印迹产生凹陷并形成停止痕迹。当车辆急速启动，轮胎下面的沙土产生隆起，形成启动痕迹，该痕迹便是汽车的前进方向。

5 轮胎痕迹宽度分析

5.1 实验车辆测试

在长安大学汽车性能实验场地分别对测试的两辆车进行实验，以沥青路面和水泥路面做试验场地如图 3 所示。测试车辆的型号分别为 DHW7180B 和 BJ2023CHD6，测量它们在不同的气压、车速和负载（空载和满载）下轮胎痕迹宽度。取其后轮痕迹为研究对象。查询国家《轿车轮胎规格、尺寸、气压与负荷》标准 GB 2978—2008，两种轮胎的标准气压分别为 250Kpa 和 240Kpa，将其作为规定轮胎的标准气压为 100%。在对实验胎压的 110%、100% 和 80% 的作为试验气压^[3,7]，测量其数据表如表 2 和表 3 所示。



图 3 痕迹宽度现场测量图

表 2 车辆 DHW7180B 实验数据

车辆型号	DHW7	整车质量	1240Kg	前后轴重之比	1:1.10	
	180B	轮胎型号	215/55R16	花纹类型	NCT5	
路面材料	水泥路面	制动方式	四轮制动	轮胎厂家	固特异	
有无 ABS	有	研究对象	后轮	后轮胎胎压	250Kpa	
车速		载荷状态				
		空载(1600kg)		满载(2000kg)		
气压	测量次数	车速/ (km/h)	痕迹宽 度/mm	测量次数	车速/ (km/h)	痕迹宽 度/mm
80%	1	55.1	158.5	1	54.8	164.8
	2	67.0	158.4	2	64.3	164.4
	3	74.2	158.3	3	77.8	165.1
100%	1	54.6	154.8	1	58.6	163.7
	2	62.1	154.9	2	68.5	163.1
	3	77.8	154.1	3	75.2	163.3
110%	1	58.6	141.6	1	55.0	159.5
	2	66.1	141.8	2	65.6	161.7
	3	80.0	141.7	3	77.2	158.1

5.2 拟合不同胎压下轮胎痕迹宽度数据

现对实验和事故轮胎痕迹宽度分析，得出不同的车速

表 3 车辆 BJ2023CHD6 实验数据

车辆型号	BJ2023 CHD6	整车质量	1560Kg	前后轴重 之比	1:1.3	
		轮胎型号	215/80R16	花纹类型	MAXTOUR	
路面材料	沥青路面	制动方式	后轮制动	轮胎厂家	佳通轮胎	
有无 ABS	无	研究对象	后轮轮胎	后轮压力	240Kpa	
车速		载荷状态				
		空载(1300kg)		满载(1600kg)		
气压	测量 次数	车速/ (km/h)	痕迹宽 度/mm	测量 次数	车速/ (km/h)	痕迹宽 度/mm
80%	1	55.4	166.2	1	54.1	171.8
	2	64.5	166.1	2	62.3	172.1
	3	76.7	162.1	3	77.6	170.7
100%	1	56.3	163.7	1	54.5	172.4
	2	65.5	163.5	2	64.6	171.6
	3	75.1	163.9	3	75.6	170.3
110%	1	52.5	152.5	1	58.1	166.9
	2	66.4	150.0	2	62.7	166.5
	3	76.2	151.0	3	78.4	166.0

对痕迹宽度的影响因子将不同，具体见表 4 中车辆处于空载和满载状态下时，给予不同的车速赋予不同的影响因子。

表 4 车速对轮胎痕迹宽度的影响系数

车速 车辆状态	50~60km/h	60~70km/h	70~80km/h
空载	0.03	0.04	0.03
满载	0.04	0.03	0.04

根据上述表格中的影响系数赋值情况，我们能够计算出实验车辆在空载和满载下的轮胎痕迹宽度，如表 5 所示。

表 5 实验车辆痕迹宽度

车型/载重 胎压	DHW7180B		BJ2023CHD6	
	空载痕迹宽度/mm	满载痕迹宽度/mm	空载痕迹宽度/mm	满载痕迹宽度/mm
80%	163.2	171.4	171.0	178.2
100%	160.9	168.2	168.7	176.4
110%	148.9	165.8	156.4	173.2

由于实验测得空载和满载状态下车辆的轮胎痕迹宽度数据有限，作者利用 Matlab 软件拟合车辆轮胎痕迹宽度数据，增加痕迹宽度的数据量分析，主要方法是应用最小二乘法^[8]增加痕迹宽度数据，具体如表 6 所示。

经过对胎压为 85%、90%、95%、105%、110% 五组数据的增加，现利用二次多项式拟合曲线图来分析它们的拟合结果，根据拟合曲线图，我们可以看出拟合后的图形基本能满足车辆在不同工作状态下轮胎痕迹宽度的分析，具体见拟合图 4 所示。

表 6 不同胎压下的轮胎痕迹宽度数据

胎压 \ 车型/载重	DHW7180B		BJ2023CHD6	
	空载痕迹宽度/mm	满载痕迹宽度/mm	空载痕迹宽度/mm	满载痕迹宽度/mm
80	163.2	171.4	171.0	178.2
85	163.3	170.4	171.8	178.9
90	163.1	168.4	171.9	177.1
95	162.4	168.3	170.7	175.8
100	160.9	168.2	168.7	176.4
105	150.7	166.7	164.5	175.0
110	148.9	165.8	156.4	173.2

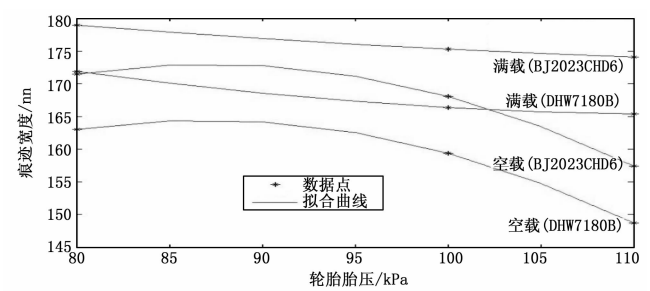


图 4 拟合曲线图

5.3 不同状态下轮胎痕迹宽度的数据分析

鉴于车辆轮胎痕迹宽度受载荷和胎压的影响，宽度的测量务必引起一定的误差，为了减小这些误差，作者查阅资料分析，将给与车辆在不同胎压、不同车速和空载满载时对轮胎痕迹宽度的影响^[7]因子，具体如表 7 所示。

表 7 车辆在不同状态下对轮胎痕迹宽度的影响因子

胎压/% 载重	80	85	90	95	100	105	110
空载	0.06	0.08	0.10	0.125	0.15	0.12	0.1
满载	0.03	0.04	0.11	0.15	0.175	0.125	0.035

作者现利用数据加权平均处理法将对不同胎压下轮胎痕迹宽度数据进行分析计算，分析计算痕迹宽度公式 W 为：

$$G = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^7 \alpha_{ij} \beta_{ij}$$

其中：字母 i 代表不同胎压， j 代表不同载荷，公式中的 α_{ij} 代表不同状态下的轮胎痕迹数据； β_{ij} 代表不同状态下的影响系数，将表 6 中的轮胎痕迹宽度数据和表 7 中的影响因子系数代入痕迹宽度公式 G 中，即可计算得出车辆轮胎痕迹宽度分别为 162.76 mm（车型：DHW7180B）和 171.48 mm（BJ2023CHD6）数值，再根据痕迹宽度求出轮胎规格查找嫌疑车辆。

6 轮胎痕迹系统软件的开发

作者用 Visual C++6.0 开发本系统软件，数据库采用的是 Microsoft 的 Access，在 Windows XP 中文版操作系统下来查询某一轮胎规格所有车辆的基本信息，如图 5 软件开发结构及流程图所示，进而缩小嫌疑车辆范围。

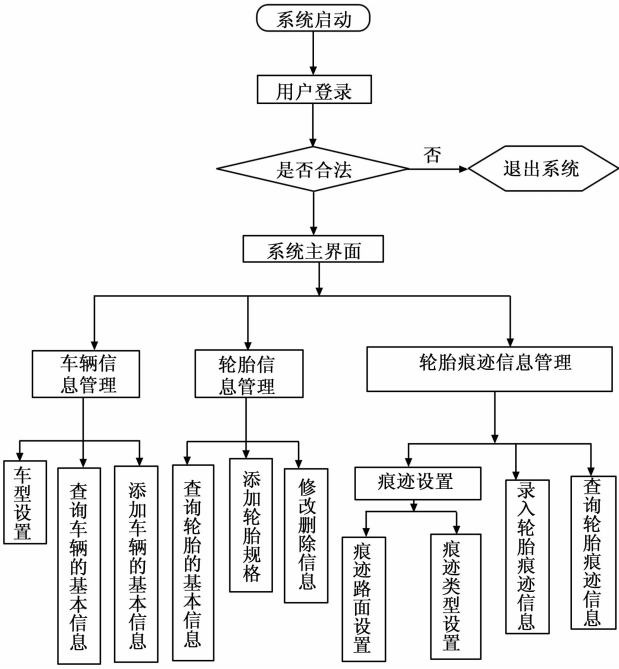


图 5 软件开发结构及流程图

6.1 系统软件实现的功能

该软件功能具体有管理功能，能够查询、修改和录入车辆的基本信息；车型设置界面功能能够确定车辆的类型，缩小车型范围；车辆管理界面功能能够查询车辆基本信息；轮胎痕迹管理功能能够实现车型的设置、痕迹信息的录入、痕迹信息的查询等如图 6 所示。



图 6 系统软件实现的功能

6.2 本软件的技术分析

通过对现场轮胎痕迹的勘测，先计算出轮胎痕迹的宽度，进而确定逃逸车辆轮胎的断面宽度的大致尺寸。其次根据车辆轮胎的特性，分析判断逃逸车辆类型，从而对轮胎规格进一步确定。例如：假设判断逃逸车辆为轿车，根据轿车的轮胎特性，大部分车辆的轮胎为子午线轮胎，轮胎规格的名义断面宽度数字均为“5”，从而确定该范围内轮胎规格名义断面宽度值。最后，将锁定的范围内的断面宽度轮胎数值输入信息管理系统中，进行查询符合该条件的所有车辆。

7 轮胎痕迹花纹的鉴别分析

将符合轮胎规格的嫌疑车辆痕迹与实验数据库中储存的痕迹图像用 Matlab 软件进行匹配研究，找到相似度较大

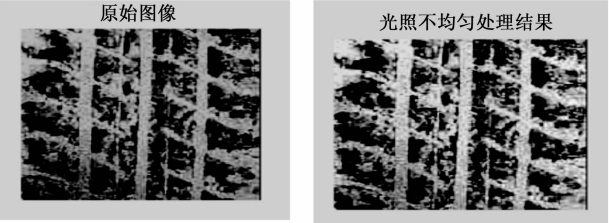
的几种轮胎痕迹图像, 再根据现场遗留下的轮胎痕迹特征分析, 最后鉴别嫌疑车辆。

7.1 痕迹图像处理

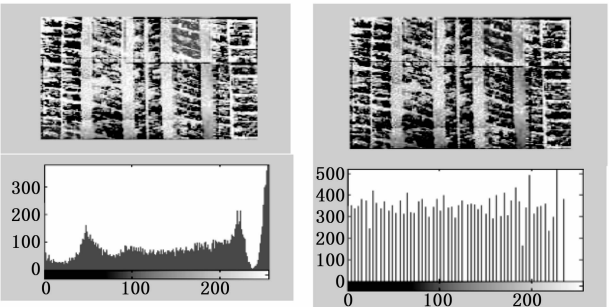
由于车辆在 ABS 防抱死系统的作用, 难以在地面留有清晰的印迹, 作者实验采集大量的轮胎花纹图像, 建立痕迹图像数据库后, 与嫌疑车辆轮胎痕迹图像相匹配。采集后的轮胎痕迹图像要用 Matlab 进行图像预处理, 包括图像的灰度转换、剪裁、光照不均匀图像校正、直方位图像均衡化增强以及图像二值化与分割等效果处理, 具体如图 7 所示。



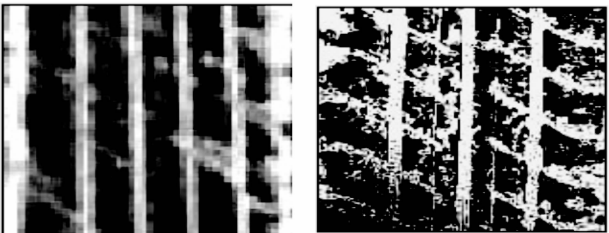
(a) 痕迹采集图 (b) 灰度转化对比图



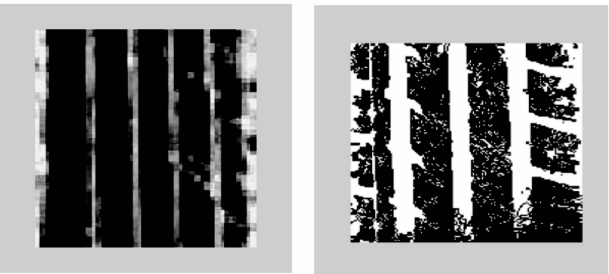
(c) 集轮胎痕迹光照前后校正图



(d) 均衡化前后的痕迹对比图像



(e) 二值化现场痕迹前后对比图像



(f) 论坛痕迹图像分割前后对比图

图 7 效果处理图

7.2 轮胎痕迹图像的鉴别

利用 Access 2000 版数据库与 Matlab 软件编写轮胎痕迹花纹匹配系统, 根据最大熵的灰度值阈值选取法和痕迹图像黑白点的个数的确定, 将查找的嫌疑车辆痕迹花纹图像与数据库痕迹花纹图像进行比较, 找出较痕迹图像较相近的车辆轮胎图像, 按照匹配最佳结果找出肇事逃逸车辆的信息, 匹配界面如图 8 所示。

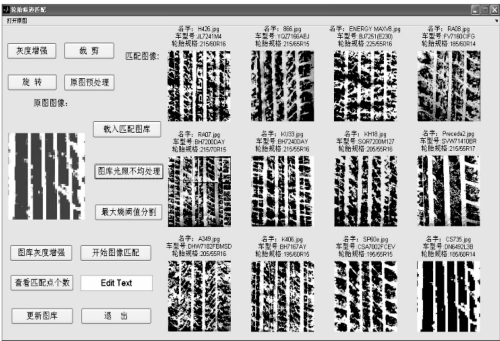


图 8 轮胎痕迹图像匹配界面

7.3 痕迹图像鉴别结果

通过对嫌疑车辆痕迹图像与库中的痕迹花纹图像用最大熵值原理与痕迹花纹黑白点个数统计的比较, 找出匹配最佳的的几种车辆信息, 将它们的轮胎花纹型号、车型号、轮胎规格等信息显示出来, 如图 9 所示。

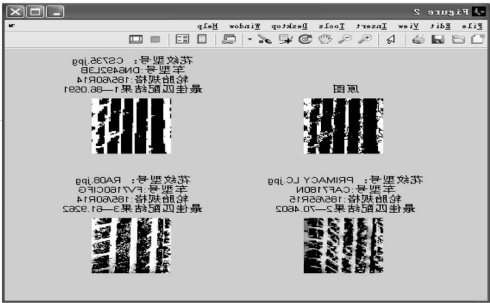


图 9 痕迹图像匹配结果

现再对嫌疑最大的几种车型进行车辆技术配置参数分析、现场轮胎痕迹特性分析、现场油漆光谱特性、玻璃碎片等遗留物证的分析, 来锁定嫌疑车辆。

8 结论

- 1) 首先分析不同车型与原厂轮胎的匹配, 建立数据库存储各种车型与轮胎痕迹的相关信息, 方便嫌疑车辆信息的查询, 其次提出鉴别轮胎痕迹的方法。
- 2) 通过对轮胎痕迹的特征信息分析, 可以推断出不同类型的痕迹其事故车辆前的运行状态; 痕迹技术的分析能够计算出碰撞前车辆的行驶速度、确定事故的碰撞点、判断逃逸车辆逃跑的方向。
- 3) 本文对轮胎痕迹宽度进行研究。根据对轮胎痕迹宽度的测量、数据拟合分析, 从而确定轮胎规格的名义断面