

文章编号: 1002-0268 (2009) 02-0114-06

道路交通标志逆反射性能与夜间视认性

苏文英, 李 丹

(交通部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 为了规范和引导道路交通标志及其逆反射材料的使用, 提高道路交通标志的夜间视认效果, 对交通标志及其逆反射材料的等级、类别、结构、光度性能、色度性能以及国内外相关标准进行分析, 研究交通标志的逆反射性能及与夜间视认性的关系。通过对国内交通标志及其逆反射材料的使用现状分析, 认为夜间视认性与逆反射性能的关系较为复杂, 应针对逆反射材料的类别、结构, 以及在交通标志中的搭配使用等进行深入研究, 并将研究成果用于修订现行交通标志的相关标准和规范。

关键词: 交通工程; 交通标志; 分析; 逆反射性能; 视认性; 逆反射材料; 光度性能; 色度性能
中图分类号: U491 **文献标识码:** A

Retroreflectivity and Night Visibility of Road Traffic Signs

SU Wenyang, LI Dan

(Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: In order to standardize and conduct use of road traffic signs and retroreflective material and enhance night visibility of traffic signs, grades, categories, structures, photometric characteristics, colorimetric characteristics and relative standards of traffic signs and retroreflective materials were analyzed to find out the relation between retroreflectivity and night visibility of traffic signs. By analyzing the use status of domestic retroreflective materials for traffic signs currently, it is considered that the relation between night visibility and retroreflectivity is complex. Grades, categories and structures of retroreflective materials and their arrangement in pairs or groups should be researched deeply for amendment of relative standards and criteria of traffic signs.

Key words: traffic engineering; traffic sign; analysis; retroreflectivity; visibility; retroreflective material; photometric characteristics; colorimetric characteristics

0 引言

道路交通标志通过形状、颜色、字符、图案等向交通参与者传递信息、引导交通, 是一种极为重要的道路交通安全设施。交通标志在道路交通安全中的作用有目共睹, 比起护栏、隔离栅等被动防护的设施, 交通标志为行人和车辆提供的帮助无疑更为主动、快捷。

根据世界卫生组织的报告, 全世界每年发生的道路交通事故, 导致大约有 120 万人死亡, 5 000 多万人受伤, 相当于每天有 6 架满载乘客的大型客机坠

毁。其伤害之重, 破坏之大, 令人震惊。道路交通伤害的趋势, 还在不断恶化。世界卫生组织的报告显示, 到 2020 年, 道路交通事故造成的伤害, 将成为人类生命健康的第 3 大杀手^[1]。

寻求适当的方法以减缓交通事故的发生, 是人们共同的心愿, 已引起全世界的高度关注。相关研究表明, 合理设置道路交通标志, 是低成本改造道路安全状况、提高道路通行质量的有效手段之一。

交通标志分主标志和辅助标志, 主要包括警告标志、禁令标志、指示标志、指路标志、旅游区标志、道路施工安全标志等^[2]。按照是否具备逆反射性能,

收稿日期: 2007-09-18

作者简介: 苏文英 (1966-), 女, 山西万荣人, 工学硕士, 副研究员, 研究方向为交通安全及交通工程养护检测技术。(wy_su@rioh.cn)

交通标志分为反光型和不反光型。准确、高效地视认各种交通信息, 使道路行驶者在白天和夜间都能清晰地知道道路状况, 及时采取各种应对措施, 是交通标志的设置原则, 也是道路交通安全的前提条件。

反光交通标志的板面因采用反光膜等逆反射材料制作而具备逆反射性能, 在夜间具备视认性。色度性能和光度性能是其逆反射性能的主要表现^[3]。

1 标志夜间视认性

交通标志的信息, 是通过驾乘人员对标志的视认而获取的。所以标志的视认性或视认效果, 一直是交通安全领域研究的热门话题。

道路交通标志主要包括标志板、支撑件、连接件等, 其中标志板由标志面、标志底板及滑槽等组成。交通标志在夜间的视认, 主要通过使用外置光源、灯箱照明、主动发光材料或逆反射材料(也称反光材料)来实现。外置光源、灯箱照明和主动发光材料需配备光源, 局限性较多, 而且维护复杂, 成本较高, 所以目前国内外都较少使用。

光线的反射有3种方式: 漫反射、镜面反射、逆反射。逆反射是指反射光从接近入射光的反方向返回的反射, 当入射光方向在较大范围内变化时, 这种性质仍能保持^[4], 见图1。

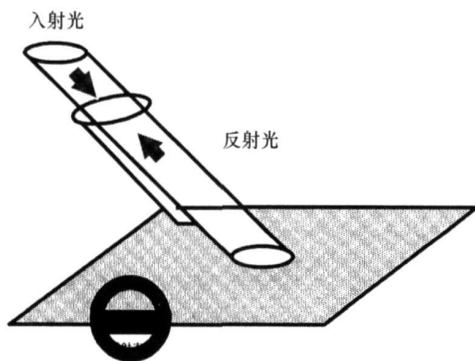


图1 逆反射示意图

Fig 1 Rretroreflection

根据标志面材料是否具备逆反射性能, 交通标志板可分为反光型和不反光型^[5]。目前交通标志多为反光型, 标志板面材料采用反光膜等逆反射材料制作, 以解决交通标志在夜间的视认问题。反光交通标志在夜间汽车车灯的照射下, 逆反射材料将照射在标志板面上的车灯光线, 沿接近入射光线方向返回汽车驾乘者眼中, 从而使标志产生良好的夜间视认效果, 为夜间行车提供了安全保障(见图2)。

标志的视认性研究涉及信息相当复杂, 涵盖人、

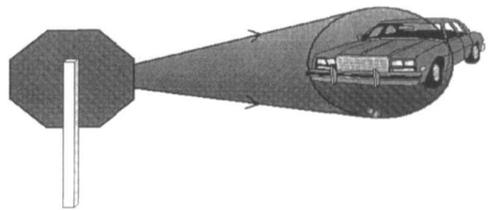


图2 交通标志夜间视图

Fig 2 Night visibility of traffic sign

机、工学的综合内容, 与道路状况、环境条件、人的视力反应、车辆行驶速度、标志的设置形式、标志面材料类型、图形文字大小及复杂程度都密切相关。国外在此方面研究较早, 相关研究内容非常具体和深入, 尤其是美国交通研究委员会(简称TRB)和美国联邦公路局(FHWA), 有许多值得借鉴的成果^[6-7]。近几年的研究成果, 则主要集中在夜间视认性研究方面, 而且在逐年深入和完善^[8-9]。

但汉字有其独特的形状和笔划, 视认性特点与英文并不完全一致, 如不加以分析直接采用国外研究成果, 可能会带来很多问题。交通部从“七·五”攻关课题开始, 对标志汉字的视认性进行专门的研究, 并以此为基础确定了第一版国家标准GB 5768-86《道路交通标志和标线》中的有关技术内容, 如标志板面汉字高度、笔划粗细等。

我国的道路建设日新月异, 正在快速发展。公路建设只用10余年的时间, 就走过了西方发达国家几十年的发展里程, 成绩斐然。到2007年底, 全国公路通车总里程达357.3万km, 其中高速公路5.36万km, 已跃居世界第2位。中国的机动车数量, 也在快速攀升, 到2007年底, 各类机动车登记注册总量已经超过1.5亿辆。道路交通面临的压力日益加剧, 对交通标志的视认需求也在不断提升。

随着新材料、新技术的出现, 交通标志的视认特点也在不断发生变化。尤其是逆反射技术的不断发展, 使应用于交通标志中的逆反射材料不断推陈出新, 夜间视认性的研究需求随之日益迫切。为此, 交通部在近期的西部交通建设科技项目中, 结合目前交通标志种类及其材料特点, 使用中存在的主要问题, 以及由于标志设置不当而对交通安全造成的影响等, 对交通标志的视认性包括夜间视认性及其设置有效性, 从标志信息量、关键视认参数、视认数学模型、字体大小、笔画粗细等方面, 开始又一次系统的专题研究, 并已取得一些初步成果。但由于交通标志用材料类别繁多, 结构特点复杂, 设置环境条件影响较多, 使研究内容存在较大的局限性, 对于标志逆反射

性能与夜间视认性之间的关系，仍需通过大量细致、专业的试验研究工作，从光度性能和色度性能等方面进行深入探索。

2 标志用逆反射材料

目前我国高等级公路及各大中城市道路的交通标志，大部分使用具备逆反射性能的反光交通标志。反光交通标志使用的逆反射材料包括反光膜、反光涂料、反射器等，但目前使用最多的是反光膜^[10]。反光膜是一种已制成薄膜可直接使用的逆反射材料（也称反光材料），所具备的优异的逆反射性能和便捷的制作工艺，使其在道路交通等领域得以广泛应用。

1935 年，美国第 1 版《美国交通控制手册》（简称 MUTCD）提出交通标志使用逆反射材料的需求。1937 年，世界上第 1 块交通标志用反光膜（暴露式透镜型反光膜）在美国研制成功，由此开启了反光交通标志的使用之门。中国在交通标志中使用反光材料，始于上世纪 80 年代中后期。先从新修建的高速公路开始，随后各大城市的交通标志也陆续使用。

逆反射性能方面的国际标准目前尚属空白，但国外先进标准很多，包括美国材料与试验协会（简称 ASTM）标准、澳大利亚/新西兰标准、欧共体英国/德国标准、日本标准等。其中 ASTM 标准较为系统和全面，技术要求及测试方法先进，尤其涉及反光膜结

构、种类和应用都最为广泛^[11]，很具参考价值。

目前我国道路交通标志在设计时主要依据 GB 5768-1999《道路交通标志和标线》，检测时主要依据 JT/T 279-2004《公路交通标志板》和 GB/T 18833-2002《公路交通标志反光膜》。国内市场上使用的反光膜等级、类别及在 GB 5768-1999《道路交通标志和标线》、JT/T 279-2004《公路交通标志板》和 GB/T 18833-2002《公路交通标志反光膜》中的等级对照见表 1。

表 1 国内反光膜等级对照表

Tab. 1 Grades of retroreflective sheeting in China

反光膜等级	GB 5768-1999	JT/T 279-2004 GB/T 18833-2002	类别
棱镜 1 级	1 级	1 级	微棱镜型
棱镜 2 级	2 级	/	微棱镜型
高强度级	3 级	2 级	密封胶囊玻璃珠型
超工程级	/	3 级	透镜埋入玻璃珠型
工程级	4 级	4 级	透镜埋入玻璃珠型
经济级	5 级	5 级	透镜埋入玻璃珠型

由于历史的原因，表 1 中 3 个相关标准对反光膜等级的规定存在不一致之处，给反光膜的应用带来一些问题。目前 3 个标准均在修订之中。修订之后的反光膜等级、类别、技术要求、测试方法等，都将会更加合理和完善。

微棱镜型反光膜、密封胶囊玻璃珠型反光膜、透镜埋入玻璃珠型反光膜的结构示意图见图 3~图 5。

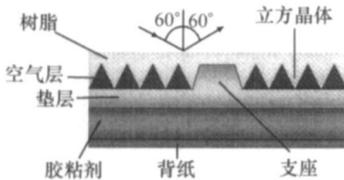


图 3 微棱镜型结构示意图

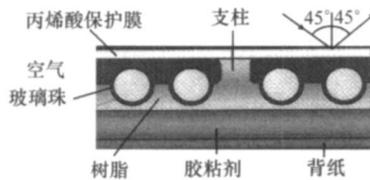


图 4 密封胶囊玻璃珠型结构示意图

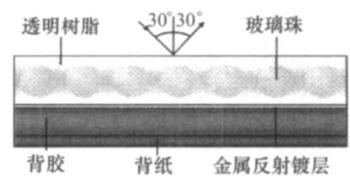


图 5 透镜埋入玻璃珠型结构示意图

Fig 3 Microprismatic structure Fig 4 Encapsulated glass bead structure Fig 5 Embedded glass bead lens structure

随着全世界对道路交通安全的关注和材料技术发展的日新月异，人们对逆反射材料的认识和理解在不断深入，应用于交通安全的逆反射新技术、新材料不断涌现。荧光反光膜是一种集荧光和逆反射技术于一体的新型反光材料，在黎明、黄昏以及雨、雪、雾等不良天气条件下，用于交通标志具有特殊的视认效果（见图 6）。国外对荧光反光膜及其荧光反光标志的视认性研究已有许多成果可供借鉴^[12-14]。

3 逆反射材料光度性能

道路交通标志用逆反射材料所具有的光度性能，是其夜间视认性的关键指标。光度性能用于衡量逆反射材料所表现的光学特征，主要以逆反射系数或发光



图 6 荧光反光标志

Fig 6 Fluorescent traffic signs

强度系数来表示。按照 JT/T 279-2004《公路交通标志板》的规定, 标志面为反光膜时, 其逆反射系数值不应低于 GB/T 18833-2002《公路交通标志反光膜》中的相关要求; 标志面逆反射材料为反光涂料时, 其逆反射系数值不应低于表 2 要求; 标志面逆反射材料为反射器时, 其发光强度系数值不应低于表 3 规定。

目前国内外应用反光涂料和反射器的道路交通标志都较少, 标志面的逆反射材料主要采用反光膜。

表 2 反光涂料

Tab. 2 Retroreflective coating

观测角/ (°)	入射角/ (°)	最小逆反射系数/(cd·k ⁻¹ ·m ⁻²)					
		白色	黄色	红色	绿色	蓝色	棕色
0.2	-4	50	25	8.0	5.0	3.5	2.0
	15	35	14	6.0	4.0	2.5	1.5
	30	18	10	3.5	2.0	1.0	0.7
0.33	-4	30	15	5.0	4.0	2.5	1.5
	15	21	11	4.2	3.0	1.8	1.0
	30	10	5.0	2.0	1.5	0.8	0.4
1	-4	4.0	2.0	0.8	0.5	0.4	0.2
	15	2.5	1.3	0.6	0.4	0.2	0.1
	30	1.5	0.8	0.4	0.2	0.1	—

表 3 反射器

Tab. 3 Retroreflective Device

反射器直径/mm	颜色	观测角/(°)	发光强度系数/(cd·lx ⁻¹)	
			入射角/(°)	
			-4	15
13±1	白	0.2	0.209	0.119
16±1	白	0.2	0.236	0.135
22±1	白	0.2	0.392	0.224
32±1	白	0.2	0.820	0.469
41±1	白	0.2	1.320	0.754

美国联邦道路管理局 FHWA 从上世纪 90 年代开始, 致力于交通标志光度性能的研究。其中在“反光交通标志的最低逆反射系数要求”方面的研究最为深入和细致。该研究针对不同的标志结构——路侧式、门架式, 以及不同的反光膜类型——玻璃珠型、微棱镜型, 通过理论分析和实际视认、现场检测, 分别确定标志板中图案、背景所需的逆反射系数最低要求/最小值。研究成果从 1993 年开始出现, 之后研究内容不断深入和完善, 资料中显示的研究成果分别体现在 1998、2003、2005、2007 年的 FHWA 文件资料中。

我国在交通标志光度性能方面的研究还很欠缺。近期的交通部西部交通建设科技项目, 对公路交通领域的逆反射材料光度性能测试方法进行了研究和规范, 并借鉴和参考逆反射相关的国外先进标准^[15-17], 制订了相应的交通行业标准^[18-19]。

用于道路交通标志的逆反射材料光度性能测试方

法包括比率法、替代法和直接发光强度法, 基本测试原理见图 7。

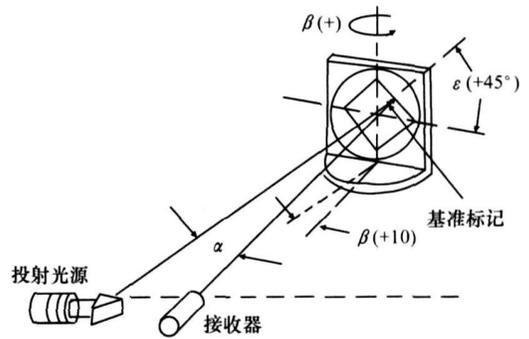


图 7 光度性能测试图

Fig. 7 Testing for photometric characteristics

比率法是用同样的仪器以同样的孔径和接收区域来测量逆反射材料的反射照度 (E_r) 和法向照度 (E_\perp)。替代法依赖于带有测量值的逆反射材料作为参考标准。该方法是一个比较程序, 需要对同类逆反射材料进行大量的性能测试时尤其适用。使用该方法时, 应保证参考标准的尺寸、颜色和特性值要和需测量的逆反射材料相同。允许在一定的限度内用光度装置缩短光度测试距离。直接发光强度法使用独立的照度计来测量逆反射体的照度, 照度计应校准。

逆反射材料的发光强度系数通过下式得出:

$$R_i = I/E_i,$$

式中, I 为在接收器位置测量的逆反射材料的发光强度; E_i 为垂直于基准标记位置的光源照度。

逆反射材料的逆反射系数可通过如下公式得出:

$$R_A = I/AE_i,$$

式中, A 为逆反射材料的面积。

4 逆反射材料色度性能

色度性能是道路交通标志逆反射性能的另一重要指标, 用于衡量逆反射材料所表现的颜色特征, 主要以色品坐标和亮度因数来表示。

道路交通标志逆反射材料的颜色包括昼间色(表面色)和夜间色(逆反射色)^[20], 应符合 JT/T 279-2005《公路交通标志板》和 GB/T 18833-2002《公路交通标志反光膜》的规定。逆反射材料昼间色的测试方法与普通材料相同, 采用 D65 光源和 45° 标准观测条件。逆反射材料夜间色的测试方法包括远程色度计法和远程光谱辐射度计法^[21], 测试原理如图 8 所示。

远程色度计法通过下式修正测试数据, 得到逆反射材料颜色的三刺激值:

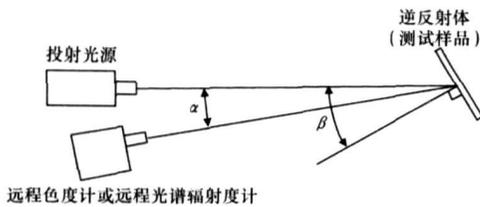


图8 逆反射材料夜间色度性能测试示意图

Fig 8 Testing for night colorimetric characteristics

$$X_{\text{测试}} = (X_{\text{红}} + X_{\text{蓝}}) \cdot CF_X,$$

$$Y_{\text{测试}} = Y \cdot CF_Y, Z_{\text{测试}} = Z \cdot CF_Z,$$

式中, $X_{\text{红}}$ 、 $X_{\text{蓝}}$ 、 Y 、 Z 为带有颜色滤光器的远程色度计的三刺激值; CF_X 、 CF_Y 、 CF_Z 为修正因子。

通过下式计算色品坐标 x 、 y :

$$x = \frac{X_{\text{测试}}}{X_{\text{测试}} + Y_{\text{测试}} + Z_{\text{测试}}}, y = \frac{Y_{\text{测试}}}{X_{\text{测试}} + Y_{\text{测试}} + Z_{\text{测试}}}.$$

远程光谱辐射度计法的三刺激值 X 、 Y 、 Z 通过如下公式计算:

$$X = k \sum_{380}^{740} [m_1(\lambda) / m_2(\lambda)] S_A(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda,$$

$$Y = k \sum_{380}^{740} [m_1(\lambda) / m_2(\lambda)] S_A(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda,$$

$$Z = k \sum_{380}^{740} [m_1(\lambda) / m_2(\lambda)] S_A(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda,$$

式中, k 为归化系数, $k = \frac{100}{\sum_{\lambda} S_A(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}$; $m_1(\lambda)$

为逆反射材料的读数; $m_2(\lambda)$ 为入射光的辐射度读数或从 BaSO_4 板反射的读数; $S_A(\lambda)$ 为标准 A 光源(照明体)的相对光谱功率分布; $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 为 CIE 标准观察体的色度函数; $\Delta\lambda$ 为波长间隔。

通过下式得出色品坐标 x 、 y :

$$x = X / (X + Y + Z), y = Y / (X + Y + Z).$$

5 结语

道路交通标志用逆反射材料的逆反射系数或发光强度系数越高, 表示其光度性能越好, 但价格一般也相对较为昂贵, 且实践证明, 不加区分地大范围使用未必能得到好的夜间视认效果。我国目前在反光膜等逆反射技术方面的研究还相对薄弱, 缺少较为细致的技术指导依据, 所以在反光膜等逆反射材料的使用过程中存在一定的盲目和混乱。交通标志逆反射性能及其产生的夜间视认效果, 反光膜的等级分类方法、适用范围等, 还有待进一步深入研究, 相关的研究成果, 将用于修订现行的交通标志相关标准, 以规范和指导交通标志及其反光膜等逆反射材料的应用。

参考文献:

References:

- [1] 苏文英, 王玮, 刘恒权. 道路交通安全设施计量检测技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
SU Wenying, WANG Wei, LIU Hengquan. Metrological Test Technology of Road Traffic Safety Facilities [M]. Beijing: China Communications Press, 2008.
- [2] < 道路交通标志和标线 > 实用手册编委会. GB 5768-1999 道路交通标志和标线 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
Editorial Board of Road Traffic Signs and Marking. GB 5768-1999 Road Traffic Signs and Marking [S]. Beijing: Stand Press of China, 2007.
- [3] 苏文英. 反光膜逆反射性能综述 [J]. 交通标准化, 2006 (11): 62-65.
SU Wenying. Retroreflection Summarize of Retro-reflective Sheeting for Traffic Signs [J]. Communications Standardization, 2006 (11): 62-65.
- [4] 中华人民共和国交通部. JT/T 688-2007 逆反射术语 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
P. R. China Ministry of Communications. JT/T 68-2007 Retroreflection Vocabulary [S]. Beijing: China Communications Press, 2007.
- [5] 中华人民共和国交通部. JT/T 279-2004 公路交通标志板 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
P. R. China Ministry of Communications. JT/T 279-2004 Road Traffic Sign Panels [S]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- [6] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration Minimum Retroreflectivity Levels for Overhead Guide Signs and Street-Name Signs [R]. FHWA-RD-03-082, 2003.
- [7] CARLSON P J. A Proposal for Performance-Based Sign Sheeting Criteria [R]. Washington, DC: 17th Biennial TRB Visibility & TCD Symposium, 2005.
- [8] SCHIEBER F. Driver Eye Fixation and Reading Patterns while Using Highway Signs under Dynamic Nighttime Driving Conditions: Effects of Age Luminance and Environmental Demand [R]. TRB Annual Meeting, 2004.
- [9] U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration Maintaining Traffic Sign Retroreflectivity: Impacts on State and Local Agencies [R]. FHWA-HRT-07-042, 2007.
- [10] 国家技术监督局. GB/T 18833-2002 公路交通标志反光膜 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
State Bureau of Technical Supervision. GB/T 18833-2002 Retro-reflective Sheeting for Road Traffic Signs [S]. Beijing: Stand Press of China, 2003.
- [11] ASTM D 4956-07 Standard Specification for Retroreflective She-

eting for Traffic Control [S] .

- [12] JENSSEN G D, BREKKE B A Comprehensive Evaluation of Fluorescent Retroreflective Traffic Control Devices based on Human Factors and Traffic Engineering Data [R] . 7th International ' Vision in Vehicles' Conference, Marseilles, France; 1997.
- [13] KRULL K A, HUMMER J E The Effect of Fluorescent Yellow Warning Signs at Hazardous Locations [R] . Knoxville; Southeastern Transportation Center, University of Tennessee, 2000.
- [14] ECCLES K A, HUMMER J E Safety Effects of Fluorescent Yellow Warning Signs At Hazardous Sites In Daylight [R] . Washington D C; Available from Transportation Research Board TRB Paper No: 01-2236
- [15] ASTM E 808-01, Standard Practice for Describing Retroreflection [S] .
- [16] ASTM E 809-02 Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflectors [S] .
- [17] ASTM E 811-95 (2001), Standard Practice for Measuring Colorimetric Characteristics of Retroreflectors Under Nighttime Conditions [S] .
- [18] 中华人民共和国交通部. JT/T 690-2007 逆反射体光度性能测试方法[S] . 北京: 人民交通出版社, 2007.
- P. R China Ministry of Communications JT/T 690-2007 Test Method for Photometric Characteristics of Retroreflectors [S] . Beijing; China Communications Press, 2007.
- [19] 中华人民共和国交通部. JT/T 689-2007 逆反射系数测试方法-共平面几何法 [S] . 北京: 人民交通出版社, 2007.
- P. R China Ministry of Communications JT/T 689-2007 Test Method for Coefficient of Retroreflection of Utilizing the Coplanar Geometry [S] . Beijing; China Communications Press 2007.
- [20] 苏文英. 道路交通中逆反射色度性能概述 [J] . 交通标准化, 2007 (12): 24-27.
- SU Wenying Colorimetric Characteristics for Retroreflector of Road Traffic [J] . Communications Standardization, 2007 (12): 24-27.
- [21] 中华人民共和国交通部. JT/T 692-2007 夜间条件下逆反射体色度性能测试方法 [S] . 北京: 人民交通出版社, 2007.
- P. R China Ministry of Communications JT/T 692-2007 Test Method for Colorimetric Characteristics of Retroreflectors under Nighttime Conditions [S] . Beijing; China Communications Press 2007.

(上接第 113 页)

- [3] 谢宇, 康景利, 董巍, 等. 智能交通系统中车型分类的模糊模式识别方法 [J] . 北京理工大学学报, 1999, 19 (2): 171-175
- XIE Yu, KANG Jingli, DONG Wei, et al A Method of Fuzzy Pattern Recognition Applied in Intelligent Traffic System for Vehicle Classification [J] . Journal of Beijing Institute of Technology, 1999, 19 (2): 171-175.
- [4] 刘玉铭, 白明. 一种基于模糊模式识别方法的车型识别仪 [J] . 公路交通科技, 2000, 17 (1): 63-65.
- LIU Yuming, BAI Ming A Vehicle Identifier Based on Fuzzy Pattern Recognition Approach [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2000, 17 (1): 63-65.
- [5] 钟汉如, 梁俊斌. BP 网络在车型分类中的应用 [J] . 自动化技术与应用, 2003, 22 (8): 65-74.
- ZHONG Hanru, LIANG Junbin BP Network and Its Application in Vehicle Classification [J] . Techniques of Automation and Applications, 2003, 22 (8): 65-74
- [6] 傅惠, 徐建闽, 梁俊斌, 等. 基于动态时间弯曲的多模板匹配车型分类 [J] . ITS 通讯, 2006 (2): 48-51.
- FU Hui, XU Jianmin, LIANG Junbin, et al Multiple Templates Matching for Vehicle Classification Based on Dynamic Time Waping Algorithm [J] . ITS Commnication, 2006 (2): 48-51.
- [7] MITCHELL T M. Machine Learning [M] . 曾华军, 张银奎, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- MITCHELL T M. Machine Learning [M] . ZENG Huajun, ZHANG Yinkui et al Translated Beijing; China Machine Press 2003.
- [8] MALLAT S A Theory for Multi-resolution Signal Decomposing: The Wavelet Representation [J] . IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11 (4): 674-693.
- [9] ZHU X F, WU F, ZHUANG Y B An Improved Approach to Remove Cloud and Mist from Remote Sensing Digital Images based on Mallat Algorithm [J] . Journal of Remote Sensing, 2007, 11 (2): 241-246.
- [10] 张可村, 赵英良. 数值计算的算法与分析 [M] . 北京: 科学出版社, 2002.
- ZHANG Kecun, ZHAO Yingliang Numerical Calculation Algorithm and Analysis [M] . Beijing; Science Press 2002
- [11] AKIMA H A New Method of Interpolation and Smooth Curve Fitting Based on Local Procedures [J] . J. ACM, 1970, 17 (4): 589-602
- [12] OPPENHEIM A V, SCHAFER R W. Discrete-time Signal Processing [M] . Englewood Cliffs NJ; Prentice-Hall, 1989.