

道路标线材料

及

应用

○ 杜利民 郑家军 何 勇 编



人民交通出版社

China Communications Press

道路标线材料

及

应用

○ 杜利民 郑家军 何 勇 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书作为道路标线材料行业专业书籍,围绕道路标线材料的起源、现状和发展而展开,全面系统地介绍了道路标线材料行业的最新研究进展。内容涉及道路标线材料用原材料、涂料技术基础、道路标线涂料的生产及工艺、标线反光原理、道路标线成膜机理、道路标线施工及合理应用等方面的内容,对道路标线涂料以外的其他标线材料也做了部分介绍。全书除反映道路标线材料行业的进展外,更注重道路标线材料的演化规律、发展趋势和应用理念。

本书在编写过程中注意到理论与实际相结合,具有较强的可读性。对从事道路标线施工、养护等的公路管理人员和交警都有很好的实用性,对从事道路标线材料的研究、开发人员具有较强的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

道路标线材料及应用/杜利民,郑家军,何勇编.

北京:人民交通出版社,2005.10

ISBN 7-114-05782-2

I. 道… II. ①杜…②郑…③何… III. 公路运输-路面划标线-材料 IV. ①U491.5②TU56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 110578 号

Daolu Biaoxian Cailiao Ji Yingyong

书 名:道路标线材料及应用

著 者:杜利民 郑家军 何 勇

责任编辑:戴慧莉 王文华

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.75

字 数:342千

版 次:2005年10月第1版

印 次:2005年10月第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05782-2

印 数:0001~4000册

定 价:36.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

道路标线材料产生由来已久,但是在我国,道路标线材料真正作为一种产业却是在 20 世纪 80 年代中后期。近年来,我国公路建设飞速发展,每年投资于交通建设的资金都超过 2 000 亿元,2003 年甚至高达 3 900 亿元,其中公路建设完成投资 3 500 亿元,到 2003 年底建成公路通车里程 181 万公里,其中高速公路总里程近 3 万公里,跃居世界第二,仅次于美国。每年需要用于标线的道路标线涂料用量达到 15 万吨以上,道路标线材料,尤其是道路标线涂料已经形成了一个很大的产业,并对交通安全的影响愈来愈显著,关于这方面的书籍却少之又少。道路标线材料经过最近十年的发展,一方面,在原有的热熔型道路标线涂料、溶剂型道路标线涂料的基础上涌现出了越来越多的道路标线材料品种,诸如水基型道路标线涂料、双组分道路标线涂料等;另一方面,由于标线的成型外观和应用理念在不断地发展和变化,以及人们对标线的功能性期望值在不断增加等原因,促使了振荡雨夜型标线、点状标线、嵌入式标线、结构型标线的发展;再有,随着道路标线新产品的不断涌现和道路标线应用理念的不断变化,对道路标线材料的合理应用提出了新的挑战;最后,道路标线涂料的研究、开发、生产和施工中都要用到很多涂料的有关理论知识,涂料的相关理论又促进了道路标线涂料在我国乃至世界蓬勃发展。编者从事道路标线材料的研发及应用多年,一直深感道路标线材料行业缺乏一本理论与实际相结合的书,正是上述四方面的背景促成了《道路标线材料及应用》的编写。

事实上,道路标线材料涵盖了道路标线涂料和其他的诸如道钉、预成型标线带等内容,道路标线涂料作为道路标线材料的主体,是该书的重点,在编写过程中,为了体现道路标线材料的整体性,在章节上又顾及到了其他道路标线材料。而涂料是一门涉及化学(高分子化学、有机化学、无机化学、界面化学、物理化学)、物理(高分子物理、光学、颜色学、流变学、力学)和工艺学的学科,综合性能很强,是涉及面很广的交叉科学。道路标线涂料属于涂料中的一员,有着涂料的通性,但是道路标线涂料作为一种应用于路表的涂料产品,涂装后除了要经受风吹、日晒、雨淋外,还要经受路面油污的浸渍、车轮的碾压磨损,在北方的冬天还经常面临防滑链的撕裂、除雪活动的铲除,有时还必须经受除雪剂的侵蚀等。由于应用环境的特殊性,决定了道路标线涂料本身的特殊性,即有异于其他种类涂料的独特性。

全书共分九章。其中第一章由杜利民编写,第二章由刘俊权编写,第三、七章由郑家军编写,第四章由郑家军和关腊生编写,第五章由苏文英编写,第六章由何勇编写,第八章由杜玲玲编写,第九章由薛晓东编写,书中附录部分由张文才提供,全书由杜利民统稿,何勇审稿。本书在编写过程中得到了太原理工大学高分子教研室的刘成岑博士和山西省涂料研究所的赵小龙高级工程师的帮助和指正,同时该书在编写过程中还得到了交通部交通工程监理检测中心、交通部公路交通安全工程研究中心、山西长达交通设施有限公司和德国德国萨等单位各位同仁的大力支持和帮助,特此致谢。

由于水平所限,不足之处在所难免,敬请读者指正!

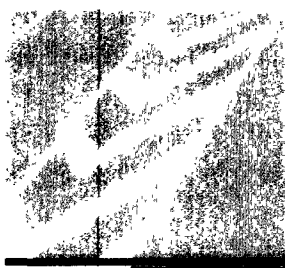
编 者

2005 年 1 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 道路标线在交通运输中的作用	1
第二节 道路标线材料的起源、应用和发展	1
第三节 道路标线材料的基本构成和特性	4
第四节 道路标线材料的分类	6
第五节 我国道路标线材料现状及发展趋势	9
第二章 道路标线材料用原材料简介	15
第一节 基料	15
第二节 颜料	16
第三节 填充材料	19
第四节 涂料助剂	21
第五节 溶剂	23
第三章 涂料技术基础	27
第一节 颜料分散	27
第二节 道路标线涂料体系中颜料的分散	35
第三节 界面张力与涂料性能	38
第四节 溶剂和溶解理论	44
第五节 涂料的流变特性	49
第四章 道路标线涂料的生产及工艺	52
第一节 热熔型道路标线涂料	52
第二节 水基型道路标线涂料	67
第三节 溶剂型道路标线涂料	78
第四节 双组分道路标线涂料	85
第五节 其他道路标线涂料简介	95
第六节 新产品研发及应用中现存的问题	97
第五章 其他道路标线材料	99
第一节 标线带	99
第二节 突起路标及其粘接材料	101
第三节 彩色防滑路面材料	106
第四节 临时标线材料	108
第五节 凹形标线材料	109
第六节 陶瓷—道钉组合标线	109

第六章 道路标线用反光材料及反光原理	111
第一节 回归反射现象	111
第二节 车灯光源	113
第三节 道路标线回归反射现象及基本原理	115
第四节 玻璃珠及标线的反光性能影响因素	119
第五节 反光玻璃珠的制造	125
第六节 玻璃珠的表面处理	126
第七节 玻璃珠的合理应用	128
第八节 其他反光材料	131
第七章 道路标线涂膜的性质	133
第一节 道路标线涂料的干结与成膜机理	133
第二节 道路标线涂膜力学性质与附着力	144
第三节 道路标线涂膜的耐磨性	151
第四节 道路标线涂膜的表现与颜色	156
第八章 道路标线材料的合理应用	160
第一节 道路标线材料的特性	160
第二节 道路标线材料的性能综述	169
第三节 合理应用路面标线	171
第四节 道路标线材料行业有待解决的问题	174
第九章 道路标线施工	177
第一节 总论	177
第二节 热熔型道路标线涂料的施工	179
第三节 溶剂型道路标线涂料的施工	191
第四节 水基型道路标线涂料的施工	198
第五节 双组分道路标线涂料的施工	202
第六节 标线施工管理	207
附录	211
附录 1 溶剂和聚合物的溶解度参数(h)	211
附录 2 一些溶剂的表面张力(mN/m, 25℃)	212
附录 3 一些醇醚水溶液的表面张力(mN/m, 25℃)	212
参考文献	213



第一章 概 述

第一节 道路标线在交通运输中的作用

道路标线是交通管理设施中最基础的、最有效的一个组成部分。美国学者米勒·托得 (Miller·Ted) 的研究报告已证实了这一点。1992 年,米勒·托得在大量研究的基础上,认为道路标线在交通安全设施中是回报与投资比值最大的安全设施。他认为,就美国而言,标线的收益—投资比值平均为 60 左右,这意味着,道路标线每投资 1 美元,对社会的回报为 60 美元,当然这种收益或回报是通过减少交通事故、提高行车安全来得以实现的。研究发现,道路标线中收益—投资比值最低的是两车道的乡村公路边线,即便是最低数值,其收益—投资比值也能达到 17。可见,标线在交通管理中的重要作用。道路标线与其他标识性材料相比,有以下几个显著不同的特征:

- (1) 标线一直伴随道路延伸,可以提供连续的信息流;
- (2) 标线处于靠近驾驶员视野的中心位置,确定车辆行驶路线,并对标志、信号灯进行补充和完善;
- (3) 道路标线能对道路进行分区,使车辆能“各行其道”;
- (4) 正确设置标线能有效合理地使用路面面积,提高交通流量,减少交通事故,确保车辆快速安全行驶;
- (5) 鲜明而又清晰的道路标线对道路具有一定美化作用,有时可单独使用,在某些情况下承担了其他设施不能胜任的角色。

第二节 道路标线材料的起源、应用和发展

一、道路标线的起源及产生背景

道路自古以来便有之。现实生活中,人员的交往、物资的交换,离不开道路。在古代的时候,通常的运输工具是人、马、骆驼,以及简单马车、人力平板车等,那时候人们相应地建造了简单的石子公路,以便承载这些相对简单的交通或运输工具,事实上,古时候的道路大多为自然形成;19 世纪汽车的出现,推动了现代意义上的道路的出现和发展,人类修筑用于汽车行驶的道路出现在 19 世纪末,正是下面的几个事件促进了现代意义的道路的出现。

(1)1885 年戴姆勒和苯茨发明了汽车,客观上要求道路能具有较大的承载能力,并对道路的宽度也提出了新的要求;

(2)1890 年邓洛普发明的橡胶充气轮胎用于汽车,进一步推动了道路的发展。由于充气轮胎在汽车上的应用,使汽车行驶速度较过去得到大大地提高,这就要求道路必须坚固、平整;

(3)1902 年,出现了第一条采用焦油沥青铺筑在碎石路面的道路,该沥青路面表面平整,汽车能更快速行驶;

(4)进入 20 世纪,在欧洲,由于车辆的急速增加,大量现代意义上、用于汽车或车辆运行的道路开始出现,但是,这个时期的道路与传统意义上的马路在车道的设立方面还没本质的区分,还没有出现有多个车道的道路;

(5)1912 年在德国柏林开始修筑了一条大约 10km 的公路,这一公路使得德国乃至全世界的道路首次拥有了两个行驶方向分离的行车道,这时候,真正意义上的公路出现了。

拥有两个逆向行车道的公路的出现促进了道路标线的产生。为了使逆向行驶的车辆能“各行其道”,采用什么材料来标识车道是一件很重要的事情,开始是采用碎石子简单地摆放在路的中央,这也就是最早的道路标线了,碎石子易在车轮的冲撞下飞溅,同时还易导致车辆在行驶中急剧颠簸,这就客观要求一种平整、相对耐久的标线材料出现,大白灰正好满足这一点而充当了较为实用且更安全的角色。

二、道路标线材料的发展

道路标线所用的材料及施工技术与公路和城市道路的发展保持同步。总体上说,道路标线材料从品种单一向品种繁多、从低档向高档、从溶剂型向环保无溶剂型,从单一功能向多功能等方向发展,道路标线材料在发展上经历了以下三个阶段。

1. 常温溶剂型道路标线材料的出现

作为道路标线涂料用的大白灰,其使用效果显然很差。在 20 世纪 30 年代,由于树脂合成技术的出现和发展以及涂料工业对道路标线材料行业的推动作用,适于道路使用特点的油漆逐步应用于道路上,如酯胶漆、氯化橡胶、醇酸、丙烯酸类等油漆,开始作为专用路标漆而用于路面标线施工上,由于用于道路标线材料客观要求这些漆具有快干、耐磨等特性,要求道路标线涂料又有别于传统意义上的油漆,这一时期溶剂型道路标线涂料作为一个新兴的产业得到了良好的发展。

2. 热熔型道路标线材料的产生

在 20 世纪 50 年代,欧洲和美国开始出现热熔型道路标线涂料,热熔型道路标线涂料以其干结快、成膜厚、内混玻璃微珠、可以实现标线夜间反光、寿命长等优点,在短短几年内迅速占领市场。

3. 新型功能型道路标线材料的崛起

20 世纪 80 年代开始出现了水基型道路标线涂料、双组分无溶剂标线涂料、预成型标线带、点状标线、结构型标线以及振荡雨线型标线等。这一时期产生的标线材料有三个显著特点:其一、倡导环保性。随着国外各行各业对环保问题认识愈来愈深刻,要求溶剂型道路标线退出舞台,取而代之的是发展低 VOC(Volatile Organic Compounds)和高固体份的道路标线涂料,同时还要求新产生的道路标线材料能具有良好的施工性能,水性道路标线涂料、双组分道路标线涂料便应运而生。其二、高反光亮亮度。夜间车辆行驶时驾驶员的视程(对路面认识的距离)与车灯和标线的反光亮亮度关系密切。通常对一辆固定的行驶中的汽车而言,标线反光亮亮度愈

高,驾驶员的视程愈大,行驶也就愈安全。其三、功能性。道路标线已经愈来愈不满足传统意义上的平整性理念了,平整标线面在雨水中很易被淹没,而失去标线的功能,同时对行驶中可能已经疲惫的驾驶员进行提醒的理念已经融入到现代标线的理念中,这些理念可以归结为:雨夜反光、侧向反光、振荡提醒。这些现代标线理念中具有代表性的标线材料主要是点状标线、结构型标线以及振荡雨线型标线材料。

新型功能性标线材料方兴未艾,对它们的研究和应用都还处在一个较为谨慎的阶段,主要是因为这些新型功能型标线材料有违于传统的标线理念和使用习惯,但是道路的发展以及对道路标线材料在安全行驶中的期望愈来愈高,道路标线材料的各向繁荣和多向发展是一种必然的趋势。

由于道路标线技术在全世界各地发展的差异,以及在使用习惯、标准等方面的差异性,上述几种道路标线材料在全世界各地道路标线应用上仍然共存。材料品种多,特性各异,均有其各自的市场。

根据 Rohm&Hass®公司的一份调查报告显示,2001 年全球道路标线材料市场用量达 130 万吨,主要分布如图 1-1 所示。即北美占了道路标线材料总用量的 50%、欧洲占了 20%、亚太地区占了 28%。

按材料类别分:热熔型占 61%、水基型占 19%~20%、溶剂型占 18%、双组分占 2%,见图 1-2 所示。

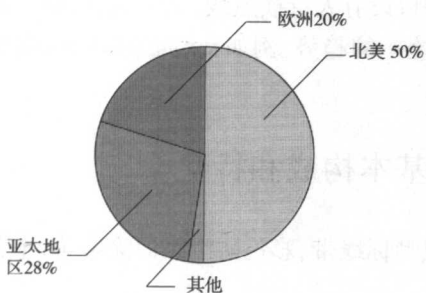


图 1-1 2001 年全球道路标线材料市场分布

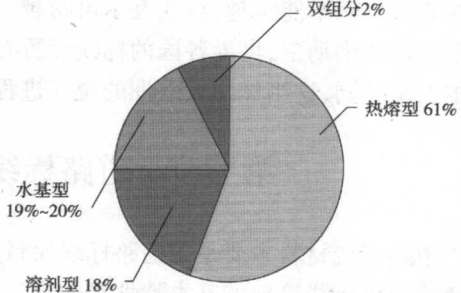


图 1-2 热熔型、水基型、溶剂型、双组分在道路标线材料中份额

热熔型、水基型、溶剂型、双组分等道路标线材料在北美、欧洲、亚太地区的市场分布情况见表 1-1。

不同道路标线材料在上述三地区的分布情况 表 1-1

分布地区 \ 类型	水基型	双组分	溶剂型	热熔型
北美	33%	2%	2%	63%
欧洲	6.5%	8.5%	36%	49%
亚太地区	3%	3%	26%	68%

值得一提的是,美国和加拿大水基型道路标线涂料用量大,正逐步代替溶剂型道路标线涂料;日本、英国是热熔型道路标线涂料的王国,而德国、瑞士则双组分用量特别大,双组分道路标线涂料在德国已经达到道路标线涂料市场总量的 18%、在瑞士高达 80% 以上。在上述国家和地区,何种道路标线材料在该地区或国家中占主导地位是与其相应的配套工业体系有关的,或者说是与其树脂体系有密切关系的,如日本,石油树脂工业体系极其发达,这就造就了热熔型道路标线涂料在日本道路标线材料工业中占主导地位,还有德国,双组分道路标线材料占主

导地位是与其 degusaa®公司的影响有关的,北美地区的双组分主要为环氧类,也是与美国强大的环氧树脂工业体系有密切关系的。目前,我国热熔型道路标线涂料占我国市场总额的70%,溶剂型道路标线涂料占30%,且热熔型道路标线涂料有继续呈上升的趋势。

三、道路标线材料应用的强制性和依据

最早的道路标线作为中心线分离两个相对而行的车道。随着高速公路修建、城市道路的拓宽,道路运输日益繁忙,随之而来的是汽车交通事故急剧上升,加强对道路交通的管理变得非常重要,欧美等国便制订了一些管理办法,道路标线、标志和信号灯被引入到公路管理范畴中,每一类设施用不同方式传递不同的信息。这些设施用于引导、控制、规范汽车行驶,使汽车有秩序行驶,减少了交通事故,增加了道路通行能力。

道路标线在应用中要根据各个国家的交通法规而设置,是交通法规的具体体现,又是交通参与者的行为规范。它作为一种特殊的路面文字语言,在国内具有统一性(汽车行驶者在不同的地点看到同一的标线符号,传达的信息是一致的)。我国国标《道路交通标志和标线》(GB 5768—1999)中规定了各种道路如何设置标线,包括颜色、形状、图案等。

四、道路标线作为一种特殊语言在应用中的含义

我国标线颜色有白、黄两种,黄色一般用于分离相向车辆和车道中心线,其余采用白色。实线表示车辆不能跨越,虚线表示可跨越,道路十字路口设有人行横道线、文字、箭头等。在经济全球化的推动下,世界各国的标线设置有逐步趋向统一的趋势,例如:欧洲各国的标线设置基本上是相同,这当然与大欧洲的统一进程有关系。

第三节 道路标线材料的基本构成和特性

道路标线材料主要是指道路标线涂料、道钉、预成型标线带、彩色防滑路面涂料等,本节主要谈谈道路标线涂料的基本特性和构成。

道路标线涂料只是众多涂料中的一类。从广义上讲它具有涂料的基本特性,通过一定的方式涂敷于物体表面以达到特定的功能,如装饰、保护、标识或其他特殊功能;从狭义上讲,道路标线涂料作为一种路面标识材料有其特殊性。美国 MUTCD 中规定,要求标线材料在整个寿命期间提供特定颜色,并具有防滑功能(防止行人和自行车滑倒等);经涂装后形成的标线必须在夜间反光,除非野外照明可保证标线在夜间具有足够的可视性;由于在道路上施工的特殊性,要求标线材料干结时间短,标线耐磨损寿命长,成本低。

一、道路标线涂料的基本构成

道路标线涂料包括主要成膜物质、次要成膜物质、辅助成膜物质和反光介质四大组成部分。

主要成膜物质又称基料,是组成涂料的基础,主要是天然或合成树脂,可单独成膜,是决定涂膜性质的主要因素。道路标线涂料主要成膜物质大致有丙烯酸树脂、氯化橡胶、改性醇酸树脂、环氧树脂、聚酯树脂、石油树脂、松香树脂等。

次要成膜物质包括颜料和填料。颜料的作用使涂膜呈现色彩,并使涂膜具有一定的遮盖力,增加涂膜强度,提高涂料的抗老化和耐久性能。道路标线仅有黄、白两种颜色,常用的着色

颜料有钛白粉、铅铬黄。体质颜料有重钙、石英砂、滑石粉,主要用以增加涂膜的厚度,改善涂膜的机械、光学性能等。

辅助成膜物质包括各种助剂和溶剂。助剂对涂料形成涂膜的过程或性能起辅助改进作用,不同种类和不同性能的涂料需使用效能不同的助剂。

反光介质主要是玻璃微珠等,道路标线涂料内混或外撒布的玻璃微珠主要是使标线能在夜间反光,提供标线夜间可视性能。

现代意义上的道路标线涂料不仅包含上述的四大基本构成,严格上说防滑骨料也应该是道路标线涂料中不可缺少的一个组成部分,从道路标线涂料的发展趋势上说更是如此。对于反光介质和防滑骨料这两种组分,有时直接作为道路标线涂料的生产原料,有时也可以与涂料分离包装,在施工时视情况加入。由于道路标线材料在使用前需对路面进行预涂层的处理,预涂层也成为添加物。

二、与其他涂料相比道路标线涂料的基本特征

实际上道路标线的形成可以描述为:“道路标线涂料+添加物”,添加物可以是玻璃微珠、防滑骨料、预涂层中的一种或几种。通过一定的施工方式涂敷于路面形成标线,所以说标线是一个系统。作为道路标线涂料,通常应满足以下几方面的性能要求:

(1)成膜后的鲜明标识效果。标识功能是标线最主要、最基本的功能,道路标线涂料在形成标线后在其寿命周期内始终要保持特定的颜色效果。对于沥青路面来讲,色差对比大、标识醒目。而对于水泥混凝土路面,白色标线和水泥混凝土路面颜色反差小,对标线的白度要求比在沥青路面上更高。总之,道路标线涂料应有足够的白色(黄色度),防褪色、抗污染,白天易于辨认。

(2)优异的附着力。道路标线涂料不论是对新旧沥青路面还是水泥混凝土路面均应具有较强的附着力。通常情况下,标线涂料与沥青路面附着力较好,与水泥混凝土路面较差,特别是热熔型道路标线涂料,在水泥混凝土路面上的附着状况很不理想,目前,适合水泥混凝土路面特点的专用道路标线涂料还是一个很少涉足的新领域。

(3)快速干结性。这是由道路上施工的特殊性所决定的。标线施工要尽量减少交通阻塞,标线的干结时间应该是越短越好,但是标线干结时间太短,涂膜性能会受到影响。

(4)优异的耐久性。标线暴露在户外,风吹日晒,汽车磨损,应用条件恶劣,加之施工时会阻塞交通,施工作业人员暴露在交通流中极其危险,因此,通常希望道路标线涂料成膜后的寿命长一些,以减少作业次数。现有标线材料的寿命在几个月到几年间不等。当然,道路标线寿命除与道路标线涂料本身特性有关外,还与施工方式、道路条件、气候、交通流量等众多因素有关。

(5)持续优良的反光性能。标线不仅白天清晰醒目,更要夜间能保持优良的反光性。欧美等发达国家对标线的反光性越来越重视,对反光亮度的要求不断提高,同时对雨天和潮湿条件下标线的反光度亦提出要求。最新的欧洲道路标线标准规定,当标线的夜间反光亮亮度(干燥状况下)白色低于 $100\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ [$\text{mcd} = \text{milli-candela}$ (毫坎德拉); candela 新烛光(发光强度单位, $1\text{candela} = 0.981$ 国际烛光)], 标线便认为失效需重划。德、英一些发达国家正打算将白色道路标线的逆反射系数值的底限从 $100\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 提高到 $140\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 。欧洲标准中还制定了 II 型标线,即雨夜反光标线,并建议在国道等主干线采用 II 型标线。我国对道路标线的反光性能等问题也开始重视起来,这将在即将出台的新版 GB/T 16311 标准中得以体现。

(6)道路标线涂料成膜后应具备一定的抗滑性。标线作为路面的一部分,自然应具备一定的抗滑性,其抗滑性应与路面基本相同,这就对道路标线涂料的本身特性提出了新的要求。国外通常要求道路标线材料的抗滑性大于 45BPN。

以上是道路标线涂料与其他涂料相比而必须具有的一些主要特征。

第四节 道路标线材料的分类

道路标线材料目前还未有统一的分类方法,目前对其分类的方式较多,本节就目前较为流行的分类方法进行简单的介绍。

一、按标线的功能来划分

标线的功能通常是指标线的光功能,即反光与否、雨夜反光性、振动提醒功能等。按光功能可以分为夜间反光、不反光、蓄能发光三大类。反光标线材料是指标线材料里预混玻璃微珠(或不混),但施工时标线表面须撒布玻璃微珠。而不反光的标线材料里不预混玻璃微珠,施工时标线表面也不撒布玻璃微珠。按光功能划分有时还可以细分为雨夜反光标线材料,这类道路标线表面呈有规则,或无规则凹凸不平状,凹处排水,凸起部分在雨夜或潮湿情况下可反光;振动标线是指标线形成的凸起块高,汽车行驶时会产生振动并伴有噪音,以提醒驾驶员压线注意安全。

二、按标线材料本身的特性分

按标线材料本身的特性分为:溶剂型、水基型、热熔型、双组分(反应型)、预成型标线带、辅助道钉等。

1. 溶剂型道路标线涂料

溶剂型道路标线涂料又可以分为常温型和加热型两类,常温型是一种早期出现的传统标线涂料,涂料为液态,含有较大量的易挥发性溶剂,固体份一般在 60% ~ 70% 之间,多采用喷涂方式施工,由于干结速度等问题的影响很难形成厚膜,形成的涂膜一般为 0.3 ~ 0.5mm。采用的树脂有酯胶、氯化橡胶、改性醇酸、丙烯酸树脂等。我国和欧洲目前主要采用丙烯酸树脂,而美国采用改性醇酸树脂较多。

加热溶剂型道路标线涂料,是对传统溶剂型道路标线涂料的改性,意在提高涂料的固含量,固体份高达 85% 以上,能形成较厚的涂膜,施工实际涂膜可以达到 0.4 ~ 0.8mm 时仍然具有较快的干结速度,施工时要对涂料进行加热(温度范围通常控制在 60 ~ 80℃),涂料体系的粘度变小而易于喷涂且干结时间变短。加热溶剂型道路标线涂料在欧美等发达国家使用较多,由于该类涂料所需的施工设备复杂,设备价格贵,未能在我国大量推广使用。

2. 水基型道路标线涂料

水基型道路标线涂料是一种新型的环保涂料,以水为溶剂,以水溶性或水乳性树脂作为基料,并配以其他颜料、填料、助剂而成,与溶剂漆不同之处在于以水为溶剂,靠水蒸发而成膜,多采用喷涂方式施工,但已经不是通常意义上的乳胶涂料或水性涂料,有很多人认为一般的乳胶涂料可以用做道路标线材料的观点是很不正确的,这里有必要对这个较为流行的观点加以纠正,水基型道路标线涂料与我们传统意义上的乳胶涂料在产品研究开发和应用等方面的技术侧重点是大不相同的,这在本书道路标线涂料的生产一章中将会详细讨论。美国是开发水基

型道路标线涂料最早的国家,经过十多年的研究,水基型道路标线涂料的质量已得到很大的提高,与传统的溶剂漆相比,固含量高,VOC含量低,对玻璃微珠有很好的粘接力,涂膜的耐磨性高,施工简便、快速,设备容易清洗,因此,美国已大量使用水基型道路标线涂料,水基型道路标线涂料目前我国仍处于推广阶段。

3. 热熔型道路标线涂料

热熔型道路标线涂料是指由热塑性树脂、颜填料和添加剂等混合而成。物理形态为固态,施工时将涂料加热熔化(温度控制在 $180\sim 220^{\circ}\text{C}$)成熔融状态再涂敷于路面,随后冷却凝固变成固体附着于路面。目前,所用树脂有 C_5 、 C_9 石油树脂,松香树脂和改性醇酸树脂等。热熔型道路标线涂料按施工方式分为:刮涂型、喷涂型、振荡型三个系列。

热熔刮涂是我国道路标线涂料中用量最大的一种道路标线材料,其所需施工设备相对简单,涂膜厚度可以控制在 $1.5\sim 2.5\text{mm}$ 之间,是一种耐久性标线材料。

热熔喷涂在刮涂道路标线涂料的基础上改进涂料本身的特性和施工特性,涂料熔融后粘度小,易于喷涂。所需施工设备相对复杂,涂膜厚度可以控制在 $0.8\sim 1.2\text{mm}$ 之间,是一种中等耐久性标线,通常采用低压有气或离心式施工,低压喷涂形成的标线有毛边,表面不均匀,两边薄、中间厚,标线幅宽不均匀。离心式形成的标线幅宽一致,边缘整齐,施工速度较慢。我国离心式喷涂标线最早由山西长达公司推出,一年多来,其施工面积已经超过 20万 m^2 ,具有较好的发展势头。

热熔振荡型主要通过对原有热熔型道路标线涂料流体特性的改进,使其在熔融状态下具有优良的触变性能。采用挤出式专用设备施工,在标线表面上形成有规则或无规则的凹凸块。标线具有振动功能和雨夜反光功能,振荡型标线在国外应用已有十多年的历史,在我国已经开始逐步在各类道路上得到了应用。

这里值得一提的是,我国在热熔型道路标线涂料和其配套的施工设备方面从国外引进开始,到现在已经发展到消化并基本实现涂料和设备的国产化。

4. 双组分道路标线涂料

双组分道路标线涂料有时又称为反应型道路标线材料。通常有以环氧树脂、聚脲醛树脂、聚氨酯树脂、低分子量具有反应活性的MMA型树脂为基料几个类型,有时多组分道路标线涂料也归为双组分道路标线涂料一类。通常,施工时,不同组分按一定比例进行混合并涂敷于路面,两组分进行交联固化反应而形成一层耐久性涂层。双组分道路标线材料与其他材料的最大不同之处在于成膜时须通过化学反应而固化,而其他则为物理固化。美国采用环氧树脂较多,欧洲采用MMA较多。我国在20世纪70年代曾大量使用环氧类双组分道路标线涂料作为标线材料,后因施工复杂,难以控制和掌握,加之当时设备不配套而放弃。双组分属于耐久性标线,主要方式采用喷涂,膜厚为 $0.5\sim 0.7\text{mm}$;也可采用刮涂,膜厚为 $1.5\sim 2\text{mm}$,因材料用量多,价格高而难以大量应用。近年来兴起的一种点状标线,点状高度小于 5mm ,点状占有面积为标线总面积的60%,由于要求材料的机械强度高,通常选用双组分道路标线涂料进行施工。此种标线因材料用量少(通常为 $2.5\sim 3\text{kg/m}^2$),价格适中且耐久性高,又能雨夜反光而备受欢迎。在欧洲,特别是德国、瑞士,用量逐年增大,市场占有率较高。我国目前正在引进试验阶段。

5. 预成型标线带

预成型标线带是指在工厂里预先将标线材料制作成型。标线带表面嵌入玻璃微珠,可反光,背面可粘贴于路面。标线带可分为两类:一种是永久性标线带,使用寿命长,只能使用一次,一旦粘贴

于路面,便长期使用直到磨损完为止。另一种是临时性标线带,使用寿命短,粘贴于路面后,使用一段时间可撕下来,主要用于临时使用。主要应用于文字箭头高磨损地带及养护使用。我国已制定颁布了预成型标线带标准,有少数几家厂家生产该种标线材料,并得到一定的应用。

6. 道钉

道钉由壳体和反射体两部分组成。壳体材料通常采用金属和工程塑料;反射体采用反光膜、玻璃微珠、塑料棱镜反射片等。道钉反光亮度高,且雨夜能反光,通常配合标线使用,多安装于弯道、出入口、桥梁、隧道等需要特别提示的路段。

7. 彩色高防滑道路标识材料

通常由树脂、颜料、添料、防滑骨料组成。通常为红色、黄色、绿色等各种色彩鲜亮的颜色,与路面形成强烈的反差,并引起行车注意。在国外主要应用于自行车道、人行道、公路弯道、路面中央分离带。抗滑材料主要采用金刚砂、石英砂等。施工有常温施工和加热施工两种方式。

三、综合分类法

目前国际上比较通用的分类方法是采用综合分类的方法。该分类方法是综合材料的功能、本身特性等进行分类的方法。具体做法是:首先按材料特性进行初分类,然后再按每类材料特性结合其施工方式不同或功能进行细分,具体分类见图 1-3 所示。

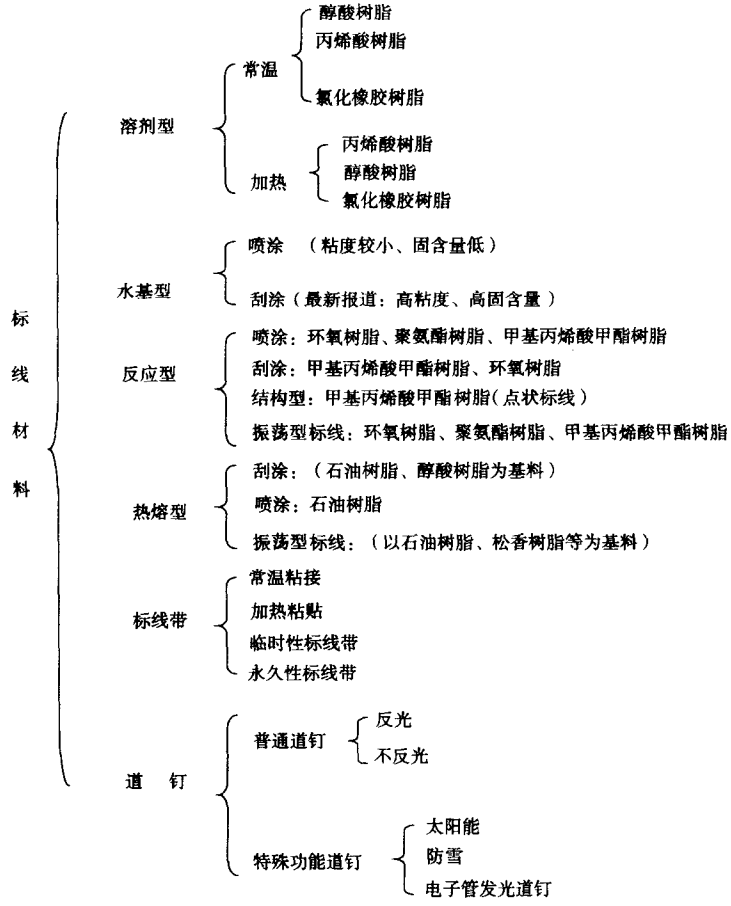


图 1-3 道路标线材料的综合分类

在我国由于标线材料品种较少,施工设备及工艺相对落后,造成标线种类少。相信随着今后的发展,新材料、新设备的不断增多,我国的标线品种会不断增加和完善。

第五节 我国道路标线材料现状及发展趋势

一、我国公路与城市道路的发展状况

我国公路在改革开放前的整体情况是里程短、等级低、路面质量差。20世纪80年代,我国公路总里程是888 250km,其中一级公路只有196km,二级公路为12 587km,一、二级公路占公路总里程的1.43%。改革开放后,我国的经济活力得到释放,各方面都开始恢复发展,相应地,公路也得到一定的发展,但当时人们对公路的作用还未彻底认识。

进入20世纪90年代后,随着经济的发展,交通基础设施已成为经济发展的“瓶颈”,“要想富,先修路”已逐步得到全社会的共识。1990~2000年是我国公路,特别是高速公路的大发展时期,高速公路的修建由最初每年几十公里逐步上升到每年几千公里,公路投资每年高达2 000亿人民币。到2000年底,道路总里程达167万km,其中高速公路16 285km,一级公路25 224km,二级公路177 782km,高等级公路占总里程的比例已上升到13%。2003年用于公路建设的费用甚至高达3 900亿元,其中公路建设完成投资3 500亿元,到2003年底建成公路通车里程181万km,其中高速公路总里程近3万km,跃居世界第二,仅次于美国。

经过十多年的快速发展,我国公路状况除道路总体增加外,更主要的是道路等级提高,道路通行能力得到了大大地改善,公路交通紧张状况得到初步缓解。全国实现了100%县,98%乡和89%的行政村通公路。

进入21世纪,随着我国加入世贸组织,经济全球一体化的步伐加快,我国西部大开发战略的实施,以及中央提出振兴东北老工业基地的计划,中国经济将会进入一个黄金发展期,经济的腾飞必然离不开公路交通的支撑。根据我国交通发展总体规划,我国要建设总规模8.5万km的高速公路网,该网建成后可覆盖10多亿人口,东部地区平均30min上高速,中部地区平均1h上高速,西部地区平均2h上高速。全国所有省会城市、83%的50万以上人口大城市、74%的20万以上城镇人口中等城市和机场、铁路枢纽,都将被高速公路网连接起来。

另外,我国城市(市区)道路建设近十年也得到了快速发展,道路总里程由1990年94 820km增加到2000年176 016km,城市道路除新建外,更主要是对大量原有街道进行拓宽改造。城市道路的建设对城市的建设和发展,更是功不可没,新建一条宽阔笔直的马路,之后便高楼林立,地价骤升。随着城市居民家庭轿车拥有量急剧上升,城市交通拥挤和停车难的问题会日益突出,城市道路建设的步伐必然还会加快。

二、我国道路标线材料现状及存在的问题

1. 我国道路标线材料发展的现状

我国道路标线材料随着公路、城市道路的发展相应地也得到发展,尤其是热熔涂料得到了迅速的发展,全国新建的高速公路大都采用热熔涂料,部分南方城市道路也大量使用了热熔涂料。本着“引进吸收”的原则,热熔涂料的质量得到稳步提高,相应的原材料、施工设备正逐步实现国产化。如用于道路标线涂料生产的国产改性松香树脂、国产石油树脂等都在近十多年得到了很大的发展,但是与进口同类产品在性能方面比较还存在一定的差距;相应的施工设备

(小型手推设备)已全部实现国产化,施工单位遍布全国。

溶剂型道路标线涂料现主要采用丙烯酸树脂为主要成膜物质,这是由于丙烯酸树脂国内产量大、货源充分、价格不断回落,且树脂具有色浅、耐候性好、快干等特点。氯化橡胶类标线涂料尽管性能不错,但终因原材料价格上涨而用量减少,另外还有一部分酯胶漆用于道路标线的施工中。常温溶剂型道路标线涂料现多用于城市道路、一般公路的维护。据有关资料估计,2002年,全国实际使用常温溶剂型道路标线涂料达4万t,热熔型道路标线涂料用量达7万t,这两种产品几乎占据了100%的市场。

加热溶剂型道路标线涂料在欧美等国得到了一定应用,在我国,虽然加热溶剂漆涂料制作技术成熟,但施工设备较复杂,进口设备价格太贵,而国产设备又不完善。另外,人们在思想上将加热溶剂漆认同为普通溶剂漆,质量差、寿命低、不是高档产品,而同时热熔型道路标线涂料因其快干、反光、膜厚,加之外观漂亮,寿命长,而得到人们的偏爱,所以加热溶剂漆一直未能得到大面积推广,一直处于溶剂型道路标线涂料和热熔型道路标线涂料的夹缝中,很难生存,境况尴尬。

近几年,随着人们环保意识的提高,水基型道路标线涂料、双组分道路标线涂料正逐步进入我国市场,进行推广试验,但仍然有不少与涂料技术或施工技术有关的问题有待解决。其他例如预成型标线带、道钉、彩色高防滑道路标识材料在我国也得到了相应的发展。

2. 我国道路标线材料存在的主要问题

虽然我国道路标线材料较过去得到了很大发展,但与发达国家相比,确实还存在一定的差距和问题。

(1)品种单一,非此即彼的选择造成材料浪费

我国目前市场上成熟的标线技术仅有溶剂型道路标线涂料和热熔型道路标线涂料可以选择。众所周知,常温溶剂型道路标线成膜薄,膜厚0.3~0.5mm、寿命太短,仅2~4个月,标线价格在8~15元/m²;普通刮板式热熔标线,膜厚在1.5~2.5mm,寿命可达3年以上,标线价格在30~45元/m²,由于设备原因,膜厚无法做薄。两种产品,一种是寿命太短,一种是寿命太长,选择余地太小,非此即彼式的选择必然会造成很大的浪费。

我国现新建高速公路和大部分高等级公路大多采用热熔型道路标线。热熔型道路标线涂料在沥青路面上的使用效果的确好,标线寿命可达4~8年,与国外的情况相符。例如山西太旧路建成于1995年10月,到2002年,对全线路面标线进行重新涂敷,当时虚线已磨薄,在上面进行重新刮涂,施工较为容易,但实线磨损却较小,标线颜色发黄、龟裂严重、反光亮度差,对实线的重划便成了十分棘手的问题。

除高速公路外,一般公路日常养护多采用溶剂型道路标线涂料,这在经济上是不合理的。虽溶剂型道路标线涂料价格低,若一年划一次,标线不能全年保持,还不反光,若划两次,则年标线费高达20元/m²,若采用热熔刮涂,一次投资又较大,业主难以接受,因而缺乏一种性价比更合理的标线材料。对于北方城市也存在同样的问题。因南方沿海城市雨水多,道路干净,现多采用刮板热熔标线,而北方城市因雨水少,道路污染严重,热熔型道路标线抗污性差而不适合采用。所以北方城市道路多采用常温溶剂型道路标线涂料。

热熔涂料不适于气温非常寒冷的地方使用。环境温度太低、热熔道路标线发脆、附着力变差,加之冬天除雪活动多,对热熔标线的破坏较多,我国东北的吉林、黑龙江,西北的新疆等省的实践已证明了这一点,在这些地区缺乏一种更为有效的标线材料。

缺乏一种适宜于水泥混凝土路面的标线材料。水泥混凝土路面为刚性路面,热熔涂料为

热塑性,附着力相对沥青路面差。尤其在北方寒冷的地区,热熔标线脱落现象十分严重,并且膜越厚,越易脱落。在南方地区,水泥混凝土路面上的热熔标线寿命可达2~3年,旧线的清除十分困难。普通马路漆同样存在脱落现象。到目前为止,现有的标线材料都不适于水泥混凝土路面的标线施工。

(2) 标线的涂装率低、反光效果差,影响车辆安全通行

目前,我国高速公路的各种附属设施齐全,标线保持完好,基本能达到长年标线存在,但一、二级以下的公路,标线多采用溶剂型道路标线材料,标线夜间不反光,标线保持时间仅3~6个月,主要的国道、省道二级路每年划一次。如上级有检查多采用临时划线,大量的三、四级公路更是很少划线。

标线涂装率低跟我国目前交通部门重建设、轻养护有关,与养护经费不足也有关。各级部门重视道路建设,新建道路资金有保障,大多选用热熔标线,但当道路交付养护部门管理,因经费原因,尽量减少标线投资,建成后的大量公路通车2~3年后标线效果差,二次标线时大多采用溶剂型道路标线涂料,很多道路的标线不要说夜间不反光,白天也不清晰。欧美等发达国家,非常重视道路标线的应用,不管是高速公路,还是一般的公路都采用反光标线,不等标线完全磨损完,只要标线白天或夜间反光亮度低于某一水平,便重新二次涂敷。

标线的涂装率低、质量差,是导致我国公路交通事故上升的一个主要因素。我国道路交通事故已上升到世界第一位,大量的重大交通事故多发生在低等级道路上,在一些穿山越岭重丘区,公路坡陡弯急,依山靠水,傍沟临涧,又缺乏必要的安全防护设施,标志、标线设置不规范,行车诱导设施不全,给安全行车带来一定隐患,交通事故急剧上升已引起各部门的高度重视。国家交通部实施“公路安全保障工程”对事故多发段进行改造,增设安全设施,如标志牌、划设反光标线等。

(3) 涂料生产厂家、施工单位数量多,但规模小,质量难以保证

由于道路标线材料生产设备简单、投资少、技术含量相对又不太高,加之公路的大发展,对标线涂料的需求量一直呈现上升趋势,所以兴起了很多的小型道路标线涂料厂家。全国现有道路标线涂料厂200家左右,平均每个省市达4~6家,年产量在500t以下众多,估计占80%,年销量达2000t以上很少,国内仅有七、八家。这些小型的生产厂家,技术力量薄弱、管理落后、生产设备陈旧落后、检测设备不全、质量把关不严,加之投机心态严重、信誉意识差,一旦产品竞争激烈,市场进入微利,部分企业便开始偷工减料,产品质量难以保证。比如涂料内混玻璃微珠的数量和质量对标线后期的持续反光有很大影响,在市场监管不严的时候,有些厂家便降低玻璃微珠的用量和质量,以次充好,这一情况是造成我国道路标线夜间反光亮度持续性差的主要原因。

标线施工单位数量更是众多,全国约有600多家,具有建设部颁发的标线施工资质的有近200家,其余的没有施工资质,主要承担施工分包和一些城市道路、公路养护标线施工任务,由于标线施工的季节性强,在北方多数在7~10月份施工,作业时间短,施工不连续,工人难稳定,致使专业标线公司难以规模化,标线施工的质量难以稳定。

总体来讲,由于道路标线材料生产、施工的投资少、见效快、市场进入门槛低,加之道路建设由国家投资,市场化程度相对较低,一些素质好的企业难以快速发展,难以在非公平竞争中发展,导致道路标线行业整体技术水平低,质量难以保证。

(4) 对标线材料的质量监控力量弱

欧洲交通部门对标线材料的检测十分严格,行业门槛相对较高,道路标线材料的质量能得