

文章编号: 1671-7619(2016)03-0005-06

# 沥青路面单机全幅与并机梯次 摊铺效果对比分析

伍宇, 吴传海, 李善强, 肖春发, 许新权

(1. 公路交通安全与应急保障技术及装备交通运输行业研发中心, 广州 510420;  
2. 广东华路交通科技有限公司, 广州 510420)

**摘要:** 在对沥青路面摊铺离析的类型和成因分析的基础上, 对单机全幅摊铺和传统并机梯次摊铺方法下的沥青混合料级配稳定性、空隙率和平整度指标进行了深入的对比分析, 对两种施工方法的摊铺效果进行了全面的评价。结果表明: 单机全幅摊铺不仅可以有效地解决传统并机摊铺所带来的沥青路面离析问题, 还可以提高和改善路面的平整度, 从而全面地提升沥青路面施工质量。

**关键词:** 单机全幅摊铺; 并机梯次摊铺; 路面离析; 摊铺效果

中图分类号: U416.217 文献标识码: A

## 0 引言

沥青路面摊铺是影响路面施工质量和施工均匀性的重要控制环节, 摊铺设备的选择、摊铺工艺的合理组织以及现场摊铺质量的控制是保证沥青路面施工质量的关键。目前, 在沥青路面施工作业中, 较为常用的是两台摊铺机呈梯次进行沥青路面摊铺施工, 这种施工工艺比较成熟, 被大多数施工单位所接受。2010年以前, 单机全幅摊铺由于设备技术限制且摊铺效果不尽如人意, 加上施工过程中转运不太方便而没有得到广泛的应用, 近年来, 由于摊铺机设备制造技术的大幅提高, 其性能良好, 加之单机全幅沥青路面摊铺的效果得到了大幅改善, 单机全幅摊铺技术逐渐得到了道路工程业界的重视, 越来越多的公路沥青路面施工采用单机全幅摊铺, 取得了良好的路面质量和经济效益<sup>[5-6]</sup>。

随着社会经济的快速发展, 公路交通流量和车辆荷载的不断增长, 公路的使用寿命也越来越短, 甚至有些公路出现了严重的早期破损, 维护单位不得不花费大量人力和物力进行经常性的养护维修。影响路面质量的主要因素在于施工组织管理、原材料质量控制、施工设备性能以及

现场施工工艺的控制等方面, 本文主要通过单机全幅与并机梯次摊铺机的性能比较、两种摊铺工艺的摊铺效果以及对路面性能影响进行较为深入的比较研究, 从而确定这两种不同摊铺工艺效果的优劣。

## 1 单机全幅与并机梯次摊铺工艺和特点

### 1.1 单机全幅摊铺作业法

单机全幅作业法是指一台摊铺机通过加长的伸缩液压装置或增减加宽模块调至设计要求宽度的全幅一次性摊铺成型的施工方法。具有代表性且较多应用于沥青路面施工的单机全幅摊铺机为陕西中大机械集团有限公司生产的“中大”全幅摊铺机, 经过几年的发展其机型已从DT1400型发展到DT2000型, 技术性能不断改进提升, 摊铺的沥青路面质量也得到了大幅提高。以常用于沥青路面单机全幅摊铺的“中大”Power DT1800型抗离析多功能摊铺机为例, 该型摊铺机通过安装大功率发动机、采用螺旋大功率液压驱动装置、满埋螺旋二次搅拌、加大料槽宽度和料位、加装螺旋布料器的过渡叶片且增大螺旋直径、采用伸缩辅助料斗及弹性橡胶挡板结构设计等方面的改进措施, 满足了沥青路面抗离析、

基金项目: 广东省交通运输厅科技项目(科技-2014-02-007)

作者简介: 伍宇(1980-)男, 湖南永州人, 硕士, 工程师。主要从事沥青路面施工技术咨询和混合料研究工作。

E-mail: wuyu218@qq.com

大宽度、良好平整度及路面均匀性单机一次成型摊铺作业的需要,并且有效地解决了沥青路面施工中常见的横向、竖向、纵向、片状及温度离析等难题,不仅提高了工作效率和路面质量且能有效地降低工程成本。

### 1.2 并机梯次摊铺作业法

并机梯次摊铺作业法指采用两台摊铺机将摊铺宽度调整至设计宽度,前后两机错开10~20m,呈梯队方式同步进行摊铺作业的施工方法。国内沥青路面施工常用并机梯次摊铺的机型有“福格勒”、“ABG”以及“三一”等品牌。并机梯次摊铺作业法相比于单机全幅作业法的优点是行驶速度较快、摊铺机转运、移机较为方便快捷。其缺点是:(1)传统摊铺机利用半埋螺旋输料以节省功率,为满足输料量要求而提高转速,由于螺旋高速旋转使物料产生抛扬,非常容易造成路面严重离析。(2)两台摊铺机并机摊铺需要搭接30cm~60mm的宽度,在此搭接处很容易产生明显的路面纵向离析。(3)如果两台摊铺机不能协调同步施工,其中一台摊铺机时走时停,则会使路面产生较多的“波浪”纹,影响路面的平整度<sup>[2]</sup>。

## 2 沥青混合料摊铺离析分析

沥青混合料的离析是指粗、细集料和沥青含量的不均匀分布而产生,即在沥青路面的局部区域内,粗、细集料不均匀偏离了设计级配,使该区域内的沥青混合料实际配合比与设计配合比偏差较大,从而导致沥青混合料的性能出现变异。粗集料集中的区域往往空隙率过大、沥青含量偏小,路面容易出现水损害、形成坑槽,其拉伸强度低,抗裂性能差,路面的疲劳寿命低;相反细集料集中的区域则往往空隙率过小,易导致路面永久变形,并出现严重泛油现象<sup>[3]</sup>。

沥青混合料在施工过程中出现的离析现象一般可分为四种类型:横向离析、竖向离析、纵向离析和温度离析。横向离析主要是由于螺旋布料器高速旋转时产生的抛扬作用,使大粒径物料容易被送往摊铺机的两侧,摊铺机越宽离析越严重;竖向离析是由于螺旋料槽上部的大粒径物料沿开口处往下滚落,这一现象发生在螺旋前挡板离地间隙较大且料槽中缺料的工况下,以及螺旋外端料槽前方的卸荷口处,由于大粒料沿着螺旋前挡板的间隙和卸荷口处向下滚落,造成大粒料滚落于

摊铺的下层;纵向离析是由于大粒径粒料在两台摊铺机的卸荷口联接处自上而下滚落所致,表现为下部混合料多为粗粒料,上部混合料多为细粒料,这种现象常发生在并机摊铺接缝处;温度离析是指由于沥青混合料温度的不均匀降低,使混合料性能不同程度地有所变化而产生的离析。温度离析是路面周期性离析的主要原因。

## 3 两种施工法摊铺效果分析

为了深入分析并对比两种施工法摊铺效果的差异,对采用了单机全幅摊铺与并机梯次摊铺的广东HP高速公路沥青路面上面层路面施工进行了跟踪检测。HP高速公路沥青路面结构类型为:4.5cm PG 76-16 改性沥青 GAC-16C(沥青上面层)+5.5cm PG 76-16 改性沥青 GAC-20C(沥青中面层)+7.0cm AH-70 普通沥青 GAC-25(沥青下面层)。为了提高沥青路面施工质量,建设方在同一路段分别采用了单机全幅和并机梯次两种摊铺方式以对比路面施工效果。该路段为三车道,有效施工宽度为14.92m,单机全幅摊铺宽度为14.5m,并机梯次摊铺的两台摊铺机摊铺宽度分别为7.5m(靠中央分隔带)+7.0m(靠路肩),两台摊铺机搭接宽度为0.30m。

为了全面评价两类施工法摊铺的效果,分别对两种施工法摊铺的沥青上面层路段各选取三个断面进行取芯分析。每个断面上分别取5个芯样,对两种施工法的摊铺机在其左、右位置各取一个,中间平均取四个,取芯点的编号依次为1~5,各个断面的编号依次为A~F,其中A~C断面为单机全幅摊铺作业,D~F断面为并机梯次摊铺作业。施工过程中对两种施工法采取的主要试验为:在各断面取芯点对未经碾压成型的沥青混合料取料进行燃烧筛分试验、对所取芯样进行空隙率测定试验;工后对两种施工方法成型的沥青路面进行平整度指标检测,以进行对比分析。

### 3.1 混合料级配对比分析

分别在单机全幅摊铺机和并机梯次摊铺机的左、中、右位置(以摊铺机前进方向划分)取未经碾压成型的沥青混合料进行燃烧筛分试验,验证两种施工法混合料的级配,以对比它们摊铺之后混合料的均匀性。单机摊铺和并机梯次摊铺各点筛分结果与生产配合比偏差如图1和图2,检测路段混合料的生产配合比如表1所示。

表1 检测路段上面层混合料生产配合比

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
设计范围/(%)	100	100	100	95~100	70~90	50~70	26~44	18~35	15~29	12~23	8~18	6~13	4~8
生产配比/(%)	100	100	100	99.4	83.1	56.3	34.6	25.2	20.1	15.2	11.2	8.4	6.0

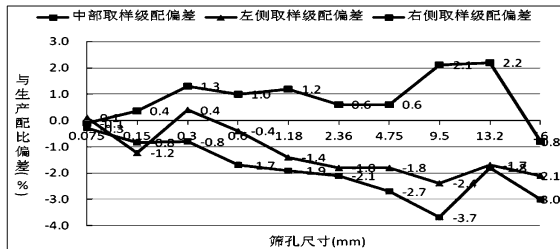


图1 单机摊铺各点筛分结果与生产配比的偏差

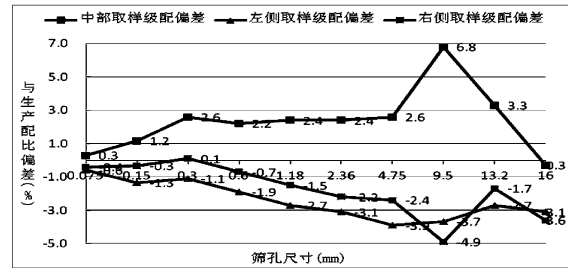


图2 并机摊铺各点筛分结果与生产配比的偏差

由单机全幅摊铺和并机梯次摊铺的混合料矿料级配与生产配比的对比和混合料筛分结果与生产配比的偏差,可以得出:

设计文件中规定的矿料筛分配合比与设计生产配合比矿料级配允许偏差为:  $\geq 4.75\text{mm}$  筛孔通过率允许偏差  $\pm 4\%$ ;  $\leq 2.36\text{mm}$  筛孔通过率允许偏差  $\pm 3\%$ ;  $0.075\text{mm}$  筛孔通过率允许偏差  $\pm 2\%$ 。由图1和图2可以看出,单机摊铺机左中右位置的混合料矿料级配中的各点通过率均在规范允许的偏差范围之内,而并机梯次摊铺左侧和右侧位置的混合料矿料级配中的  $2.36\text{mm}$  筛孔通过率超出了  $\pm 3\%$  的允许偏差,  $9.5\text{mm}$  筛孔通过率超出了  $\pm 4\%$  的允许偏差,且中部和右侧位置混合料  $9.5\text{mm}$  筛孔的

通过率与设计值的偏差分别为  $6.8\%$  和  $4.9\%$ ,其矿料级配曲线已接近设计级配范围的极值。

因此,从单机全幅摊铺和并机梯次摊铺混合料矿料级配的图形和偏差数据分析来看,单机全幅摊铺的沥青混合料级配均能控制在规范允许的偏差范围之内且在施工过程中矿料级配波动较小,混合料的均匀性控制得较好,而并机梯次摊铺混合料的矿料级配的部分筛孔超出了规范允许的偏差且矿料级配波动较大,混合料的均匀性较差。

### 3.2 路面芯样孔隙率对比分析

为检测单机全幅和并机梯次摊铺路面空隙的大小,按照前述方法分别对这两种施工法摊铺的沥青上面层路段进行了路面取芯,试验结果如表2。

表2 两种摊铺方式路面各断面芯样空隙率

摊铺方式	取芯断面	路面芯样空隙率/(%)				
		1	2	3	4	5
单机全幅摊铺	A	4.2(-0.1)	4.4(0.1)	4.1(-0.2)	4.9(0.6)	4.7(-0.5)
	B	3.9(-0.4)	4.5(0.2)	4.9(0.6)	4.3(0.0)	4.1(-0.2)
	C	4.6(0.3)	5.2(0.9)	4.2(-0.1)	4.8(0.5)	5.1(0.8)
	D	4.7(0.4)	5.6(1.3)	4.4(0.1)	4.9(0.6)	5.8(1.5)
并机梯次摊铺	E	6.2(1.9)	6.4(2.1)	5.3(1.0)	6.9(2.6)	5.4(1.1)
	F	6.5(2.2)	6.1(1.8)	4.6(0.2)	3.7(-0.6)	5.2(0.9)

注:括号内为路面芯样实测空隙率与生产配合比设计空隙率的偏差值。

本段高速公路沥青上面层路面生产配合比的设计空隙率为  $4.3\%$ ,设计要求的路面空隙率范围为  $3\% \sim 6\%$ 。一般来讲,高速公路沥青路面空隙率控制要求的范围为:与生产配合比设计空隙率偏差  $< 0.5\%$  为优、介于  $0.5\% \sim 1.0\%$  之间为

合格、 $> 1.0\%$  为不合格或较差<sup>[1]</sup>。表2中的两种摊铺方式路面各断面芯样空隙率数据表明:单机全幅摊铺混合料的空隙率均合格且各点的空隙率与设计空隙率的离散性较小,混合料的空隙率比较均匀;并机梯次摊铺混合料空隙率大多数不合

格且空隙率的离散性较大,个别点的空隙率偏差甚至超过了2.0%,容易出现路面大面积渗水不合格,造成路面早期破损,从而影响沥青路面的使用寿命。

从单机全幅摊铺和并机梯次摊铺路面芯样空隙率的数据对比上来看,单机全幅摊铺的沥青路面空隙率离散性小、混合料均匀性好,而并机梯次摊铺的沥青路面空隙率大且离散性大,混合料不均匀,说明单机全幅摊铺在混合料均匀性控制方面要优于并机梯次摊铺。

### 3.3 路面平整度对比分析

采用车拖八轮连续式平整度仪对单机全幅和并机梯次摊铺的路段分别进行平整度检测,检测结果如表3。

表3 两种摊铺方式路面平整度

摊铺方式	区间桩号	车道	平整度 $\sigma/mm$	平均值
单机全幅	YK249+580~YK249+680	超车道	0.55	0.49
	YK249+580~YK249+680	主1车道	0.47	
	YK249+580~YK249+680	主2车道	0.52	
	YK249+680~YK249+780	超车道	0.42	
	YK249+680~YK249+780	主1车道	0.46	
	YK249+680~YK249+780	主2车道	0.51	
并机梯次	YK249+780~YK249+880	超车道	0.76	0.93
	YK249+780~YK249+880	主1车道	1.04	
	YK249+780~YK249+880	主2车道	0.92	
	YK249+880~YK249+980	超车道	0.82	
	YK249+880~YK249+980	主1车道	1.05	
	YK249+880~YK249+980	主2车道	0.96	

本段高速公路沥青上面层路面平整度设计要求  $\sigma < 1.0mm$ 。由表3中两种摊铺方式的路面平整度数据对比可以看出:单机全幅摊铺的路面平整度良好,平整度的平均值为0.49mm,符合平整度设计要求;虽然并机梯次摊铺路面平整度平均值为0.93,符合设计要求,但是并机梯次摊铺的路面平整度普遍偏大且其中还有两处车道的平整度超出设计要求。很明显,单机全幅摊铺的路面平整度要好于并机梯次摊铺。

单机全幅摊铺机在施工过程中行驶速度比较恒定,人、机、料可以做到很好地衔接和协调,非常

有利于路面的平整度。而并机梯次摊铺采用的是两台摊铺机一前一后成梯队进行摊铺,在施工过程中只要有一台摊铺机出现故障或缺料即会使施工被迫中断,从而使沥青路面出现“波浪”起伏的状态,严重降低路面的平整度。

### 3.4 两种施工方法工后表观效果对比分析

在下雨之后,对比单机全幅摊铺和并机梯次摊铺的效果最为明显。雨后单机全幅和并机梯次摊铺的效果如图3~图4。



图3 单机全幅摊铺雨后效果

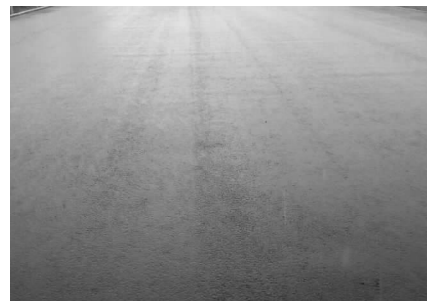


图4 并机梯次摊铺雨后效果

从图3单机全幅摊铺路面雨后效果来看,路面光洁如镜,雨水非常均匀地分布在路表面且雨水没有下渗到路面下,在路面表面形成了一薄层水膜,表明路面的均匀性和密水性能良好。图4并机梯次摊铺路面雨后效果显示,在两台摊铺机搭接的路中间和两侧路边缘均出现了较为严重的纵向离析带且局部路面出现了块状粗离析现象,说明路面的均匀性和密水性能较差。因此,从两种摊铺方式的雨后表观效果来分析,单机全幅摊铺路面的表观效果同样优于并机梯次摊铺的路面表观效果。

## 4 两种施工方法的综合评价

### 4.1 两种施工方法选择机理分析

目前,在大多数高速公路项目建设中多采用的是并机梯次摊铺,主要是基于以下三方面的考虑:一是并机梯次摊铺技术经过多年的发展和大

量的工程实践应用,技术已经比较成熟,施工技术人员可以熟练操作,施工单位也易于接受。二是并机梯次摊铺在供料充足的前提下,其作业速度比较快,适合于满足项目的施工进度要求<sup>[4]</sup>。三是并机摊铺的两台摊铺机机型比较小,螺旋布料器比较短,适合于山区多隧道沥青路面施工而不用拆机、运输过了隧道再装配起来进行施工,实现了山区多隧道路面施工的基本连续性。总体来讲,并机梯次摊铺具有灵活、快速、方便的优点,但是这种摊铺方式摊铺成型的沥青路面质量缺陷也是显而易见的,一方面并机梯次摊铺严重影响路面的均匀性,造成路面离析比较严重,影响路面的密水性能,大大降低了路面的耐久性和使用寿命,给后期的公路养护造成较大压力,得不偿失。另一方面并机梯次摊铺成型的沥青路面平整度往往较差,有些甚至连设计要求都达不到。路面平整度较差严重影响路面的外观状态和行车的舒适度,达不到人和自然和谐、统一的要求,同时,路面平整度如果超出设计要求也会给后期的交工验收造成很大的麻烦<sup>[2]</sup>。

单机全幅路面摊铺方式是由于设备制造技术的进步,摊铺机的性能大大增强,已完全可以满足目前大宽度、大厚度以及连续性沥青路面施工的要求,近年来,该摊铺方式已经取得了广大业主单位和施工单位的认可与好评,逐渐得到了大力推广应用。虽然单机全幅摊铺方式的摊铺机比较大而笨重,遇到山区多隧道沥青路面施工转运比较麻烦,但是相比于传统的并机梯次摊铺方式,它对沥青路面质量的贡献还是具有不可比拟的优势,一是可以显著提高路面的平整度,增加路面的良好外观与行车舒适性。二是减少了路面的施工离析现象,大大提高了沥青路面的使用性能,同时亦可以降低高速公路后期维护的成本。

#### 4.2 对路面使用性能影响的综合评价

由上述两种施工方法摊铺效果分析的结果可以得出,单机全幅摊铺作业在沥青混合料的级配稳定性、路面空隙率、平整度以及工后外观效果方面均表现出比较理想的施工效果。相反,并机梯次摊铺的施工效果则不尽如人意,容易造成路面严重离析,将导致路面使用性能严重下降,主要表现在以下几个方面:

(1) 路面的抗水损害性能下降。并机梯次摊铺的沥青路面在两台摊铺机中间搭接位置和路边

缘位置往往出现较为严重的纵向粗离析带,局部位置会出现块状粗离析现象,此位置路面混合料的级配已发生较大改变,不能有效地形成骨架密实型结构且空隙率偏大,容易造成路面大面积渗水,在车辆荷载反复作用下产生的动水压力将破坏沥青与集料的粘附性,使路面过早地出现集料松散、掉粒、坑槽等严重路面病害。

(2) 路面的高温稳定性能下降。这一点对处于广东地区高温多雨气候的高速公路尤为重要。并机梯次摊铺的混合料在每台摊铺机的中部位容易出现细离析带现象,这种区域往往堆积了较多的细集料,细集料过多则混合料中的沥青含量较大、空隙率偏小,在高温天气和车轮荷载反复碾压的双重作用下使沥青路面容易产生车辙、泛油、拥包等病害,路面的高温稳定性大大降低。

(3) 路面的耐久性能下降。并机梯次摊铺路面的左侧、搭接处和右侧的粗离析现象严重,导致过多的单一的粗集料聚集在一起,此区域沥青混合料的沥青含量偏少,路面空隙率过大,路面容易渗水,严重降低混合料的粘聚力和路面的强度,使路面的疲劳寿命降低,路面会出现开裂现象,影响路面的耐久性能。

(4) 路面的行车舒适性降低。并机梯次摊铺在施工过程中由于供料跟不上或两台摊铺机不能较好地协调同步行走,会经常性地导致施工中断而使沥青路面出现“波浪”起伏的状态,使路面的平整度严重下降,进而影响公路行车的舒适性。

## 5 结语

通过两种施工方法全面、综合的对比分析表明,单机全幅摊铺施工法不仅可以有效地解决沥青路面施工离析问题,还可以提高和改善路面的平整度,从而全面地提升沥青路面施工质量。并机梯次摊铺的沥青路面一方面离析比较严重,不仅路面的均匀性比较差而且混合料不能很好地形成骨架密实型结构,导致路面渗水严重,大大降低了路面的耐久性和使用寿命,给后期的公路养护造成较大的压力。另一方面,路面的平整度也较差,严重影响路面的外观状态和行车的舒适度。

因此,单机全幅摊铺法有效地克服了并机梯次摊铺法的不足,减少了路面施工的离析,改善了路面的平整度,提高了沥青路面施工质量,同时,降低了高速公路后期维护的成本,该摊铺法在沥青路面施工中具有广阔的前景和应用价值。

## 参考文献:

- [1] 公路沥青路面施工技术规范 JTG F40 - 2004 [S]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 郑立涛. 大幅度单机作业和两台并机梯形联合施工对沥青混合料离析的影响 [J]. 黑龙江交通科技, 2015(11):47-48.
- [3] 陈拴发,陈华鑫. 沥青混合料设计与施工 [M]. 北京:化工工业出版社,2006.
- [4] 姚崑. 基于无损检测及常规检测的单机宽幅和并机梯次摊铺效果综合分析 [J]. 公路交通科技, 2007(2):13-17.
- [5] 杨枫. 单机宽幅作业法和并机梯形施工法对沥青混合料离析的影响 [J]. 路面机械与施工技术, 2004(2):23-25.
- [6] 张希斌. 单机一次摊铺沥青路面压实度变化规律及对渗水的影响 [J]. 道路工程, 2013(12):124-126.

(收稿日期:2016-02-28)

### Contrast Analysis on Asphalt pavement Paving Effect between Single Paver Full-width Paving and Trapezoid Paving

WU Yu, WU Chuanhai, LI Shanqiang, XIAO Chunfa, XU Xinquan

- ( 1. Research and Development Center on Road Transport Safety and Emergency Support Technology & Equipment, Ministry of Transport, PRC, Guangzhou 510420;  
2. Guangdong Hualu Transport Technology Co., Ltd., Guangzhou 510420)

**Abstract:** Being based on analysis of the types and causes of segregation of paving asphalt pavement, in-depth comparative analysis on asphalt mixture gradation stability, Void-ratio and roughness indicators has been carried out between single paver full-width paving and trapezoid paving of asphalt, and the paving effect of the two paving methods has been comprehensively evaluated. The results have shown that the paving effect of the trapezoid paving is not good enough, and single paver full-width paving can not only effectively solve the segregation of asphalt pavement construction problems, but also can enhance and improve the pavement roughness, so to comprehensively enhance the construction quality of asphalt pavement.

**Key words:** single paver full-width paving; trapezoid paving; pavement segregation; paving effect

#### 学会工作之窗

## 新型 A 级复合护栏产品通过评审

2016年5月27日,清远市交通运输局、清远市公路管理局在清远市联合组织召开了新型 A 级复合护栏产品专家评审会。会议成立了以广东省公路学会理事长陈冠雄为组长的专家组,现场考察了新型护栏在清佛一级公路试验段上应用的情况,听取了课题研究单位的汇报,经过质询讨论,形成了评审意见。

评审意见认为,广东金发碳纤维公司开发的新型 A 级复合护栏强度高、质量轻、吸能效果好、

可回收及生产耗能低,体现了绿色、环保、节能的发展理念。通过实车碰撞试验,达到最新《公路护栏安全性能评价标准》A 级的要求,建议在合适范围内加大应用力度。

评审也对该课题的后续研究提出建议,如补充不同立柱间距、护栏板提高耐老化年限、护栏端头设置形式、护栏板搭接方式研究等。

(本刊编辑部)