

ATB-30沥青混合料在柞小高速公路中的应用

Application of ATB-30 Asphalt Mixture in Zhaxiao Expressway

张毅¹, 蒋应军², 刘海鹏², 李红梅³, 王琪³

ZHANG Yi¹, JIANG Ying-jun², LIU Hai-peng², LI Hong-mei³, WANG Qi³

1.陕西省交通厅基本建设工程质量监督站, 陕西 西安 710062

2.长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064

3.陕西省交通建设集团公司, 陕西 西安 710065

1. Quality Supervision Station of Shaanxi Provincial Communications Department, Xi'an 710062, Shaanxi, China

2. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China

3. Shaanxi Provincial Communication Construction Group Co. Ltd., Xi'an 710065, Shaanxi, China

【摘要】 结合柞小高速公路路面结构层, 分析了ATB-30沥青混合料路用性能要求。根据级配理论及参考国内外沥青稳定基层级配, 初选3组ATB-30沥青混合料级配, 并进行了性能对比试验研究。文中介绍了这种沥青混合料的施工工艺, 最后根据路用性能和层位功能要求, 得出ATB-30沥青混合料优化后工程级配范围。

【Abstract】 The performance of ATB-30 bituminous mixture is analyzed combining pavement structure of Zhaxiao expressway. According to theory of gradation and references of various documents, 3 groups of ATB-30 asphalt mixture are selected, and the performances are compared. The construction technologies are introduced. The gradation range of ATB-30 asphalt mixture after optimization is given according to pavement performances.

【关键词】 ATB-30沥青混合料; 层位功能; 性能; 级配优化

【Key words】 ATB-30 asphalt mixture; horizon function; performance; gradation optimization

中图分类号: U214.7

文献标识码: B

文章编号: 1000-033X(2008)03-0040-05

0 引言

尽管沥青稳定碎石基层在国外已经得到了广泛应用, 但国内目前尚缺乏对该类结构层材料的系统研究和成熟的应用经验, 这致使沥青稳定碎石基层的优点在国内实际工程中没能得到充分的发挥^[1]。为此, 本文针对柞小高速公路建设的需要, 在分析沥青稳定碎石基层功能特点基础上, 开展ATB-30沥青稳定碎石工程级配优化和施工工艺研究, 以指导工程实践。

1 ATB-30沥青稳定碎石基层功能分析

柞小高速公路沥青路面结构为: 上面层5 cm SBS改性沥青混凝土(AC-16)+中面层7 cm SBS改性沥青混凝土(AC-25)+下面层10 cm 沥青稳定碎石(ATB-30)。

从ATB-30沥青稳定碎石所处层位分析可知: 由于上面层和中面层的隔温作用, 沥青稳定碎石基层处于高温温度

域或低温温度域的机会并不多, 主要是处于常温温度域。在常温温度域内, 沥青混合料的模量既不高也不低, 故温度影响不大, 而重复荷载反复所造成的疲劳破坏成为混合料的主要破坏模式。

因此, 作为基层的沥青稳定碎石, 其最重要的路用性能就是抗疲劳性能, 其次才是水稳性、高温性能和低温性能等。本文论述的工程级配优化, 正是基于ATB-30沥青混合料这些工程特性的。

2 原材料技术性质分析

2.1 沥青

试验沥青选用壳牌A-70*沥青, 其主要技术指标见表1。

2.2 集料

集料选用陕西省柞水县赤水沟料场的闪长岩, 其主要技术性质见表2。

表1 壳牌A-70沥青主要技术指标

试验项目	检验结果	规范要求
针入度(25℃, 5s, 100g)/0.1mm	72	60~80
针入度指数	-0.61	-1.5~+1.0
软化点(环球法)/℃	48.5	≥46
60℃动力粘度/(Pa·s)	225	≥180
延度(15℃, 5cm·min ⁻¹)/cm	>100	>100
延度(10℃, 5cm·min ⁻¹)/cm	30	≥20
含蜡量(蒸馏法)/%	1.6	≤2.2
闪点/℃	287	≥260
溶解度/%	99.8	≥99.5
密度(15℃)/(g·cm ⁻³)	1.033	实测
质量损失/%	-0.34	-0.8~+0.8
针入度比/%	63	≥61
薄膜加热试验	残留延度(10℃)/cm	≥6
	残留延度(15℃)/cm	≥15

表2 集料的主要技术性质

集料	试验项目	技术要求	试验结果	
粗集料	表观相对密度	2.36~4.75 mm	≥2.6	2.730
		4.75~9.50 mm	≥2.6	2.744
		9.50~19.00 mm	≥2.6	2.729
		19.00~37.50 mm	≥2.6	2.726
	吸水率/%	2.36~4.75 mm	≥2	1.1
		4.75~9.50 mm	≥2	0.8
		9.50~19.00 mm	≥2	0.5
细集料(机制砂)	压碎值/%	19.00~37.50 mm	≥2	0.4
			≥26	13.1
			≥4	4
			≥2.5	2.710
	与沥青粘附性/级		≥12	93
			≥3	2.9
表观相对密度	坚固性(大于0.3mm部分)/%	≥60	74	
	水洗法小于0.075mm颗粒含量/%	≥30	30.6	

3 ATB-30沥青混合料级配设计方案

以JTG F40-2004提供的级配为基础,根据n法、贝雷法和Superpave法级配理论初步确定ATB-30沥青稳定碎石级配。并参考国内外沥青稳定基层级配使用情况^[2],通过适当调整初步确定级配的各筛孔通过率,确定ATB-30沥青稳定碎石设计级配,见表3。

4 ATB-30沥青混合料油石比确定

根据马歇尔试验以及具有可比性的试验结果,确定

表3 ATB-30沥青混合料设计级配

N级配	100	100	90	72	64	60	50	38	30	22	17	13	9	6
B级配	100.0	95.0	85.0	67.0	59.0	52.0	44.0	31.5	24.0	18.0	12.5	9.0	6.5	4.5
S级配	100	94	78	60	52	45	36	26	17	12	9	6	4	3
上限	100	100	90	72	66	60	51	40	32	25	18	14	10	6
下限	100	90	70	53	44	39	31	20	15	10	8	5	3	2

注:N级配、B级配和S级配分别基于n法、贝雷法和Superpave法并经适当调整而得。

ATB-30沥青混合料油石比均为3.4%。3组级配ATB-30沥青稳定碎石混合料在油石比为3.4%时的马歇尔试验结果见表4。

从表4数据可以看出,N和S级配的ATB-30沥青稳定碎石的VV偏小、VFA偏大,这与油石比偏大、矿粉含量偏高有关,建议对于N级配适当降低矿粉用量;S级配ATB-30沥青稳定碎石的VV偏大、VFA偏小,油石比有点偏低,可以适当增大矿粉用量。

5 ATB-30沥青混合料性能分析

5.1 高温性能

3组级配ATB-30沥青稳定碎石混合料车辙试验结果见表5。从表5中试验数据看,S、B级配ATB-30沥青稳定碎石变形值和动稳定度数值相近,表现出非常强的抗车辙能力,相比之下,N级配高温性能较差。这表明粗集料含量越多,混合料抵抗车辙能力越强,高温性能越好。另外,N级配油石比过大或矿粉用量过大,导致试样空隙率VV过小、混合料饱和度VFA过大,是造成N级配沥青稳定碎石高温性能相对较差另一原因。从现行施工技术规范规定普通沥青混合料动稳定度不应低于1 000次/mm或800次/mm来看,3组级配的动稳定度都超过2 200次/mm,远远高于标准,因此这3组级配的ATB-30沥青稳定碎石的高温性能良好^[3-5]。

5.2 低温性能

将轮碾成型的ATB-30沥青稳定碎石混合料车辙板切割成尺寸为50 mm×50 mm×250 mm小梁试件。在温度为-10℃、加载速率为50 mm/min的条件下进行小梁试件弯曲试验,测定试件破坏强度、破坏应变、破坏劲度模量,结果见表6。

表6试验结果表明:各级配的破坏强度和破坏应变都比较接近,破坏强度从大到小依次为N级配、B级配、S级配,其中N级配破坏强度比较大,比S级配约大30%,相应的弯曲模量也较大。S级配的破坏应变较大,模量较小,N级配和B级配较接近,这表明沥青稳定碎石的低温抗裂性能与级配有关。现行施工技术规范规定在最苛刻的严寒地区对于改性沥青混合料破坏应变不小于3 000 με,而3组级配的普通沥青稳定碎石的破坏应变均超过3 000 με,无疑远远高于普通沥青混合料关于低温弯曲试验破坏应变的标准。因此,这3组级配的ATB-30沥青稳定碎石的低温性能也是很好的^[6]。

表4 马歇尔试验结果

级配	最佳油石比/%	毛体积密度/(g·cm ⁻³)	VV/%	VMA/%	VFA/%	稳定度/kN	流值/mm	粉胶比
N级配	3.4	2.497	2.3	11.1	79.6	48.74	3.26	1.82
B级配	3.4	2.456	3.0	12.6	76.5	33.90	4.20	1.37
S级配	3.4	2.409	5.5	14.4	61.6	33.37	3.14	0.91

表5 车辙试验结果

级配	45 min变形		60 min变形		动稳定度MS	
	平均值/mm	变异系数/%	平均值/mm	变异系数/%	平均值/(次·mm ⁻¹)	变异系数/%
N级配	4.09	21.5	4.61	20.0	2 204	7.3
B级配	1.80	22.2	1.87	21.9	15 546	18.2
S级配	1.38	8.4	1.44	8.2	15 807	18.9

表6 低温弯曲试验结果

级配	破坏荷载/N	破坏挠度/mm	破坏强度/MPa	破坏应变/ $\mu\epsilon$	破坏劲度模量/MPa
N级配	4 457	0.40	9.620	3 102	3 101
B级配	4 149	0.40	9.131	3 096	2 949
S级配	4 038	0.50	9.062	3 818	2 374

5.3 疲劳性能

将轮碾成型的ATB-30沥青稳定碎石混合料车辙板切割成尺寸为50 mm×50 mm×250 mm小梁试件。在试验温度15 ℃、应力控制加载模式、10 Hz荷载频率半正矢波、4个等级应力水平(0.2、0.3、0.4、0.5)条件下,在MTS-810材料试验机上进行小梁弯曲疲劳试验,测定不同应力水平下试件破坏时荷载作用次数。15 ℃弯拉强度试验及疲劳试验结果如表7所示。

表7 15 ℃疲劳试验结果

级配	弯拉强度/MPa	应力水平	应力 σ_f /MPa	均值/次	变异系数/%	疲劳方程
N级配	7.861	0.2	1.572	18 066	10.0	$N_f=K(1/\sigma_f)^n$
		0.3	2.358	7 795	12.7	$k=64 580$
		0.4	3.144	3 548	13.5	$n=2.611 5$
		0.5	3.931	1 599	11.4	$R^2=0.985 3$
B级配	6.444	0.2	1.289	16 570	12.8	$N_f=K(1/\sigma_f)^n$
		0.3	1.933	6 547	16.6	$k=33 001$
		0.4	2.578	3 566	19.7	$n=2.507$
		0.5	3.222	1 551	15.4	$R^2=0.986 1$
S级配	4.478	0.2	0.916	10 488	12.7	$N_f=K(1/\sigma_f)^n$
		0.3	1.375	4 355	19.0	$k=8 760.5$
		0.4	1.833	1 544	18.2	$n=3.222 2$
		0.5	2.291	524	13.7	$R^2=0.967 7$

由表6和表7试验数据可知:不管在-10 ℃还是15 ℃条件下,N级配ATB-30沥青稳定碎石的弯拉强度始终最大,其次是B级配、S级配。由表7还可以发现:N级配ATB-30沥青稳定碎石具有较好的抗疲劳性能,B级配和S级配次之。

为了更清楚地描述不同级配ATB-30沥青稳定碎石疲劳特性,将表7疲劳试验结果绘制成小梁试件破坏时的加载次数与加载应力关系图,见图1、2。

由图1可以清楚看出:在相同应力水平下,N级配与B级配的ATB-30沥青稳定碎石表现出较好的疲劳性能,而S级配的疲劳性能相对来说较差,如应力水平在0.3时,S级配的疲劳寿命只有N级配的1/2。图2是在图1基础上考虑沥青稳

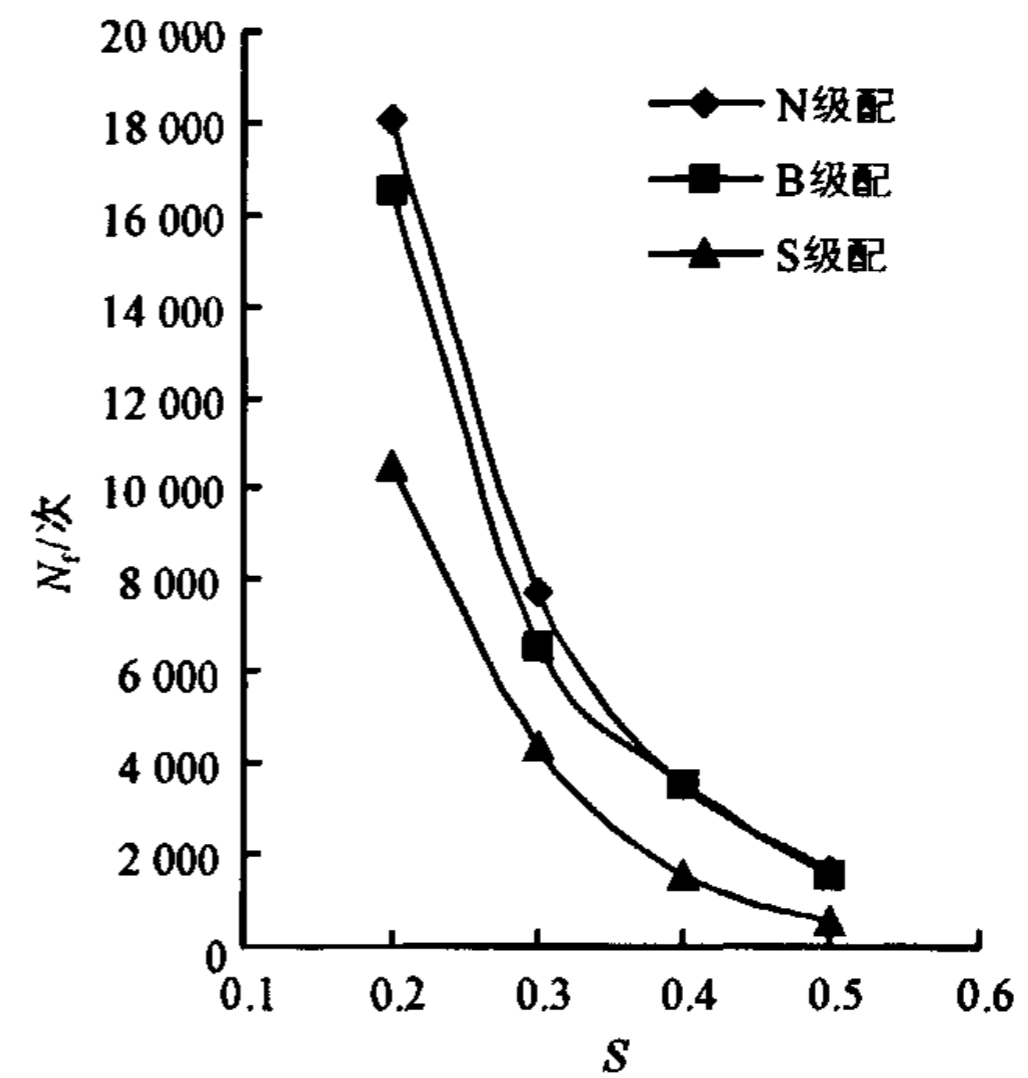


图1 S-N关系

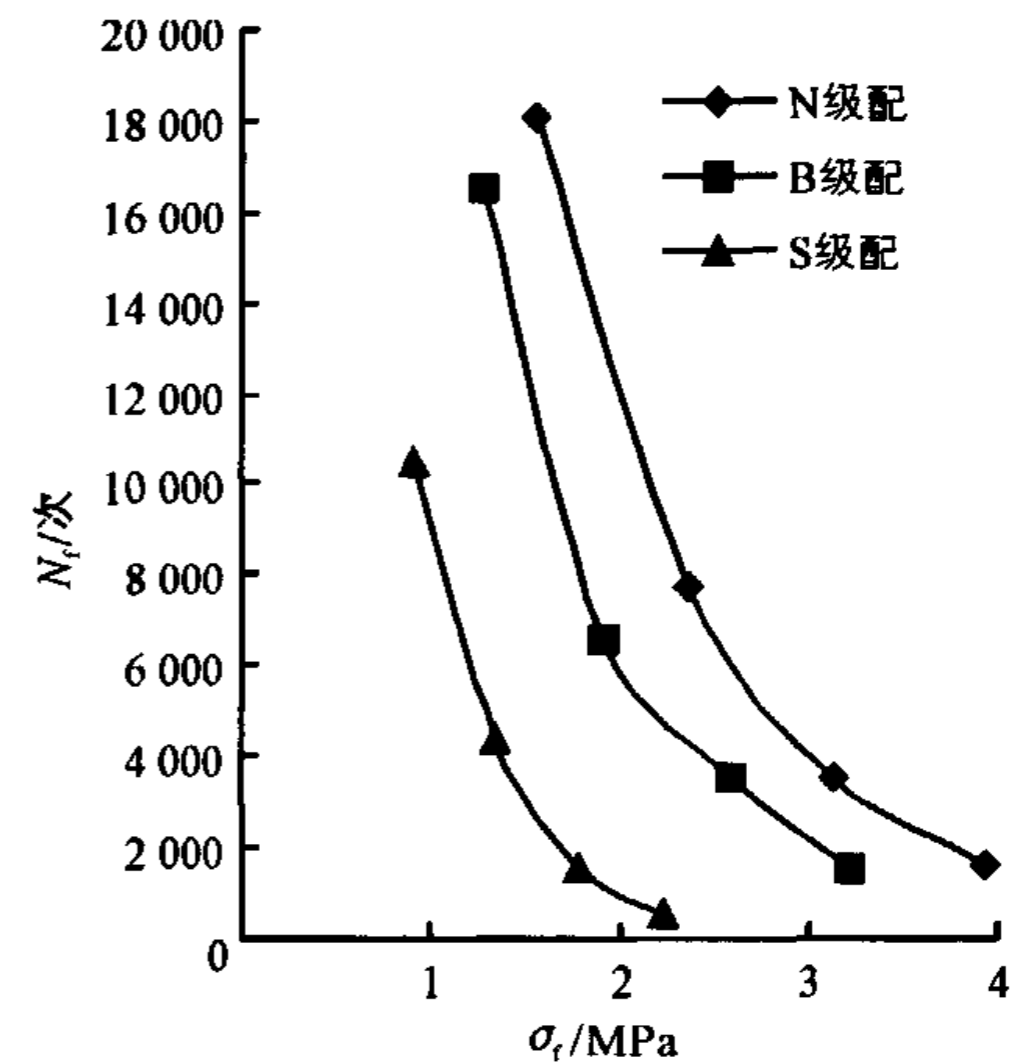


图2 sigma_f-Nf关系

定碎石弯拉强度,将应力水平S转化成应力后的疲劳特性图。图2更清楚地表明:在沥青稳定碎石基层承受荷载作用条件下,N级配ATB-30沥青稳定碎石疲劳性能最好,其次是B级配,S级配最差。譬如沥青稳定碎石基层在承受2.0 MPa弯拉强度条件下,N级配ATB-30可承受12 000次反复作用,B级配可承受近6 000次反复作用,而S级配只能承受1 000次反复作用,为N级配的1/12,B级配的1/6。

根据图2进行回归,可得回归方程式如下

$$N_f = k \left(\frac{1}{\sigma_f} \right)^n \quad (1)$$

式中: N_f ——疲劳次数,次;

k, n ——取决于沥青混合料成分和特性的常数;

σ_f ——对试件每次施加的常量应力最大幅值,MPa。

沥青混合料疲劳性能可通过参数 k, n 来反映; n 值越大,疲劳曲线越陡,疲劳寿命对应力变化越敏感; k 值表示疲劳曲线线位的高低, k 值越大,疲劳曲线线位越高,抗疲劳性能越好。

通过上述分析可以看出:粗集料含量越多,材料抵抗弯曲破坏能力越小,疲劳寿命越短。因此,对于主要承受弯拉应力作用的沥青稳定碎石基层来说,其粗集料含量不宜过高。比较三者的体积参数可以发现:N级配的空隙率不足S级配的1/2,空隙率的变化对混合料疲劳寿命的影响较大,空隙率越大疲劳寿命越短;N级配和B级配两者的空隙率较

为接近,说明相同密实程度下,级配的结构类型对其疲劳寿命也有一定的影响,越具有骨架结构的混合料疲劳寿命越短。比较各级配疲劳寿命的回归方程可知:S级配的 n 值最大,也就意味着应力比的变化对S级配疲劳性能的影响较大,即外力作用对混合料疲劳性能的影响较为明显。

5.4 水稳定性

3组级配ATB-30沥青稳定碎石浸水马歇尔试验残留稳定性和冻融劈裂试验残留强度比、轮碾成型ATB-30沥青稳定碎石混合料车辙板的渗水系数见表8。

表8 水损害试验结果

级配类型	残留稳定性/%			残留强度比TSR/%			渗水系数/ (mL·min ⁻¹)
	未掺	抗剥落剂	水泥	未掺	抗剥落剂	水泥	
N级配	72.1	69.7	98.1	91.1	74.0	93.1	14.9
B级配	103.6	97.6	81.9	81.0	89.7	81.9	17.8
S级配	85.8	93.5	77.2	74.4	75.9	76.1	20.8
规范要求	80		75			≤120	

从表8中试验数据可以看出,3组级配中S级配沥青稳定碎石空隙率最大,其渗水系数也最大;N级配沥青稳定碎石空隙率最小,其渗水系数也最小。这表明渗水系数和空隙率有关——沥青混合料的渗水系数随着空隙率的增大而增大。但3组级配ATB-30沥青稳定碎石的渗水系数都较小,均满足规范中不大于120 mL/min的要求。

对于残留稳定性,N级配沥青稳定碎石不满足规范要求,这与N级配沥青稳定碎石的油石比、VFA偏高,VV偏低有关。另外,残留稳定度没有明显规律性。建议根据马歇尔试验重新确定N级配最佳油石比进行残留稳定性试验。

冻融劈裂试验有利于反映水分对沥青膜侵害的最不利情况,能较好地模拟野外现场温度变化对沥青混合料强度的影响。因此,采用残留强度比评价水稳性。S级配在加入抗剥落剂和水泥后的冻融劈裂强度比略高于规范要求。B级配沥青稳定碎石在掺或不掺外掺剂情况下,残留强度比均满足规范要求。N级配在掺抗剥落剂后残留强度比反而降低,不满足规范要求。

6 ATB-30沥青混合料施工工艺

6.1 沥青混合料的拌制

拌和楼二次筛分用的振动筛规格尺寸应根据混合料矿料级配组成与最大粒径确定。最大筛孔宜略大于混合料的最大粒径,其余筛孔应尽量使热料仓供料大体均衡,但必须严格控制最大粒径、2.36 mm和4.75 mm等关键粒径。拌和时,先将砂石料放入干拌不少于5 s,再加入沥青拌和几秒,最后加入矿粉继续拌和,拌和时间每锅40~45 s,要注意投料方式。各施工阶段温度应符合表9要求。

6.2 沥青混合料的运输

必须维护好便道,缩短运输时间并确保平稳以减少运

表9 沥青混合料施工温度要求

层位	工序	温度/℃	测量部位
下面层沥青 稳定碎石	沥青加热温度	155~165	沥青加热罐
	矿料加热温度	165~195	热料提升机
	沥青混合料出料温度	155~165	运料车
	混合料贮料仓贮存温度	降低不超过10	贮料斗
	混合料废弃温度	>195	运料车
	混合料摊铺温度	≥150	摊铺机
	开始碾压的混合料内部温度	≥140	碾压层内部
	复压终了的表面温度	≥105	碾压层表面
	碾压终了的表面温度	≥90	碾压层表面
	开放交通的路表温度	≤50	路表面

输离析。为减少混合料离析,自卸式装料车应前后移动分3次呈“品字型”装料。装好后加盖不透水彩条布或棉被。在运输过程中若出现故障,必须尽快排除。运输车辆进入摊铺现场时,轮胎上不得沾有泥土等可能污染路面的物体。否则,必须在岔口混凝土硬化处冲洗轮胎后进入工程现场,以防止工程交叉污染。

6.3 沥青混合料的摊铺

按“厚度优先”原则采用挂钢丝引导高程控制方式,以确保厚度。为保证横向接缝的平整,摊铺作业中的仰角应在试验路段中精确测量,并根据以往资料确定工作仰角与摊铺厚度的回归关系,结合混合料松铺系数确定每日摊铺时的起始工作仰角。熨平板预压密度不应小于85%。

2台摊铺机宜前后错开10~20 m,梯队作业,同步摊铺。2幅之间应有30~60 mm宽度的搭接;上下层搭接位置应错开20 mm以上。要求在摊铺前至少有3台运料车等候,但不得超过5台,以避免待摊时间过长混合料温度降低。

摊铺前,必须清理干净熨平板,调整好它的高度、横坡度后,开始预热。熨平板预热温度应接近沥青混合料温度,不宜过热,否则会影响摊铺质量。一般预热时间不少于30 min,使熨平板表面温度大于130 ℃。

卸料前测量混合料温度,料车缓慢后退到摊铺机前,轻轻接触摊铺机后(必须有专人指挥)挂空挡,轻拉手刹向摊铺机料斗缓慢卸料,直到料斗满。摊铺机边受料边将混合料输送到分室,然后按事先确定的速度开始摊铺,摊铺机推着料车行走,料车均匀向料斗卸料,卸完后立即离开。

在运料车卸料期间,不要用完摊铺机受料斗中的沥青混合料,留少部分混合料在受料斗中以减少离析。前一辆卸料车离开后,第2辆车立即后倒至摊铺机前20~30 cm即停车、挂空挡,等待摊铺机推动料车前行。

调整摊铺机布料器的速度,保证布料器连续运转,使出料连续而缓慢;保证两侧混合料不低于布料器2/3高度,以减少摊铺离析。

6.4 沥青混合料的碾压

为了防止混合料温度损失而影响压实效果,ATB-30沥青混合料应采用追随式碾压方式,分初压、复压、终压3

个阶段碾压。

初压应在混合料摊铺后较高温度下进行,建议采用追随式碾压方式,不得产生推移、开裂;复压应紧接初压后进行,由于ATB-30集料粒径较大,宜采用振动压路机与重型轮胎压路机联合碾压方式,压实度和空隙率均达到要求,并无明显轮迹;终压可选用双轮钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压,不应少于2遍,消除轮迹,提高平整度。

6.5 开放交通

当混合料表面温度低于50℃时,可开放交通。开放交通后必须进行交通管制,不得污染沥青层表面、在面层堆放土或杂物、在面层进行水泥砂浆的拌制。

表10 ATB-30沥青稳定碎石工程级配

筛孔/mm	37.500	31.500	26.500	19.000	16.000	13.200	9.500	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	0.075
通过率/%	100	90~100	80~90	62~72	56~64	48~56	40~48	28~34	18~26	12~20	9~15	6~12	4~8	3~4

(3) 建议ATB-30沥青稳定碎石油石比控制在3.2%~3.5%,并适当掺加水泥(不超过1.5%)以提高水稳性。

参考文献:

[1] 廖志高,江慧娟,吴继峰.沥青稳定碎石铺筑层竖向离析分析及对策[J].筑路机械与施工机械化,2007,24(8):19-21.
 [2] 沈金安.关于沥青混合料的均匀性和离析问题[J].公路交通科技,2001,18(6):20-24.
 [3] 沈金安,李福普,陈景.高速公路沥青路面早期损坏分析与防治对策[M].北京:人民交通出版社,2004.

7 结语

ATB-30沥青混合料在柞小高速公路中应用后,笔者研究并提出以下建议以供今后施工参考。

(1) 高温性能方面,3组级配沥青稳定碎石的N级配相对较差,B级配和S级配比较好;低温性能方面,N级配破坏强度略大于其他2组级配,但差异不大;疲劳性能方面,N级配最好,B级配次之,S级配最差;水稳性方面,规律性不强,有待进一步验证。

(2) 基于层位功能考虑,ATB-30沥青稳定碎石基层主要承受荷载疲劳作用。因此,以沥青稳定碎石疲劳性能最优为主要目标,兼顾高温性能和低温性能,结合马歇尔试验结果,建议ATB-30沥青稳定碎石工程级配范围见表10。

[4] 李宁利,李铁虎,陈毕鑫,等.改性沥青混合料的拌和与压实温度[J].中国公路学报,2007,20(2):40-44.
 [5] 田莉,刘玉,胡霞光,等.模拟沥青混合料集料的多面体颗粒随机生成算法及程序[J].中国公路学报,2007,20(3):5-10.
 [6] 闵召辉,张占军,钱振东,等.环氧沥青混合料强度的时温依赖性[J].中国公路学报,2007,20(3):1-4.

收稿日期:2007-11-17

[责任编辑:杜卫华]

(上接第39页)

8 水泥稳定碎石基层的养生

碾压完成并经压实度检测合格后即可开始养生,养生宜采用不透水薄膜、湿砂、草袋等覆盖面层并洒水保湿的方法。基层完成后也可采用沥青乳液养生,用量按0.8~1.0 kg/m²(沥青用量)选用,分2次喷洒,避免基层长期暴晒。其中洒水养生不宜太早,以免养护用水冲走水泥浆,从而影响底基层的质量。养生期间应始终保持底基层表面潮湿,同时应封闭交通,除洒水车外,禁止其他车辆在正在养生的底基层上通行。养生期应不少于7天。

9 结语

本文总结了水泥稳定碎石基层(底基层)的施工工艺和质量控制要点。实践证明:按照规范要求施工,控制好原材料的质量,以及混合料的组成设计、拌和、运输、摊铺、碾压、养生等环节,精心组织,严格管理,就能够确保工程质量。

参考文献:

[1] 陈少幸,张肖宁.水泥稳定碎石基层水泥剂量检测及控制[J].交通标准化,2004,17(6):57-59.
 [2] JTJ 034-2000,公路路面基层施工技术规范[S].
 [3] JTJ 051-93,公路土工试验规程[S].

收稿日期:2007-12-15

[责任编辑:杜卫华]

查询《筑路机械与施工机械化》稿件处理请访问

<http://www.roadm-china.com>