

文章编号: 0451—0712(2005)06—0080—03

中图分类号: U414.75

文献标识码: B

# 级配和施工工艺对 SMA 混合料路用性能的影响

张 擎<sup>1</sup>, 颜 彬<sup>2</sup>, 陈二明<sup>3</sup>

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 北京建筑工程学院 北京市 100044;

3. 河北唐山市唐津高速公路管理处 唐山市 063000)

**摘 要:** 影响 SMA 路用性能的因素是多方面的, 本文结合对试验结果的分析, 讨论了 SMA 中最大粒径、细集料含量及拌和、摊铺与压实等施工工艺对于 SMA 路用性能的影响, 对于 SMA 的材料选择、配合比设计及施工管理有指导意义。

**关键词:** SMA; 级配; 施工工艺; 路用性能

SMA 是一种间断级配的沥青混合料, 它是由沥青玛蹄脂(即沥青+矿粉+少量细集料+纤维)填充碎石骨架组成的骨架嵌挤型密实结构混合料。该混合料具有骨架间嵌挤强、沥青膜厚、空隙率小和表面粗糙等特点, 因而具有良好的高温抗车辙能力、低

温抗裂能力、耐疲劳性、水稳性及抗滑性能。

影响 SMA 路用性能的因素有很多, 结合相关资料, 本文就矿料最大粒径、细集料含量以及施工工艺等方面对 SMA 混合料路用性能的影响进行了分析。

收稿日期: 2005—04—24

## Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm Used for Design of Soil-Nail Bracing

YOU Xiao-wei<sup>1</sup>, LIU Da-peng<sup>1,2</sup>

(1. Beijing Communication Management Institute for Executives, Beijing 101601, China; 2. Huazhong

University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In the condition of soil layers engineering geology, how to find a set of optimal design parameters, in order to obtain both economic and safe purpose, is an important problem in soil-nail design. This is a complicated optimization problem. In this paper, the hybrid particle swarm optimization (PSO) algorithm is used in optimal design of soil nailing for deep excavations, the cost of soil nailing material in one unit length of wall is taken as the objective function. The chaos optimization algorithm is incorporated into the PSO algorithm, and a new particle swarm optimization algorithm based on chaos searching proposed. The proposed algorithm not only has simple for implement of original particle swarm optimization, also accelerate the convergence and enhance the computational precision of chaos optimization algorithm. The result of experimentation shows that the proposed approach, which is indeed capable of obtaining higher quality solutions efficiently, can optimize the design of the soil-nail bracing, and it is effective.

**Key words:** particle swarm optimization; chaos; soil-nail bracing; optimization design

1 矿料最大粒径对 SMA 路用性能的影响

矿料的最大粒径影响着 SMA 的表面纹理结构和构造深度,最大粒径的选取决定于 SMA 所承受的交通条件、气候条件及料源。下面将结合试验结果,评价矿料最大粒径对 SMA 路用性能的影响。

表1 为 SMA-16、SMA-10 和 SMA-5 等 3 种级配进行对比试验的相关数据,矿料均采用玄武岩,结合料为 SBS 改性沥青(AH-110+5% SBS)。

表 1 3 种 SMA 路用性能试验

测试项目		SMA-16 (油石比 5.8%)	SMA-10 (油石比 6.2%)	SMA-5 (油石比 6.5%)
高温动稳定度 次/mm		5 400	4 846	9 000
低温性能 (50 mm/min, -10℃)	破坏强度 MPa	7.7	9.18	11.42
	破坏应变 με	3 087	3 248	3 978
	破坏劲度 模量/MPa	2 499	2 825	2 876
	马氏稳定 度	6.86	7.6	11.0
抗水损害性能	残留稳定 度/%	96.4	97.9	90.7

对比试验结果可见:从高温动稳定度看,最大粒径与高温抗变形能力没有明确的相关性,但 3 种结构的高温稳定性都远远超过了规范要求的不小于 3 000 次/mm,这说明如果单考虑高温性能,3 种 SMA 级配都是没有任何问题的。

随着最大粒径的减小和细集料的增多,油石比的增大,破坏强度和破坏应变都随着粒径的减小而增大。似乎表明最大粒径越小,抗低温开裂越好。但

是,国内外大量研究表明,破坏强度、破坏应变不能完全解释路面的开裂现象,而劲度模量却更能反映低温抗裂性能。一般来说,低温劲度模量越小,其脆性越小,抗低温开裂的能力就越大,因此,如按此标准评价,本试验结果说明粗粒径 SMA 的抗裂性能稍好些,但相关性也不十分好。

总之,随着矿料最大粒径的减小,细集料的增加,油石比会增大,而 SMA 的抗变形能力、抗开裂能力及抗水损坏能力有较大的变异性,与最大粒径的关系并不明显。当然,最大粒径对 SMA 的构造深度可能有一定的影响。

2 细集料含量对 SMA 混合料路用性能的影响

对于 SMA-13、SMA-16 和 SMA-20 的粗细集料分界点是 4.75 mm,小于 4.75 mm 的是细集料,反之是粗集料。对 SMA-10 细集料则是指小于 2.36 mm 的集料,通常 SMA-10 应用较少。因此,下面将结合试验结果讨论 4.75 mm 通过率对 SMA 路用性能的影响。

表 2 和表 3 为 SMA16 在 4.75 mm 通过率分别为 35%(级配 A)、30%(级配 B)和 25%(级配 C)时各种路用性能对比的相关数据。试验中的所用沥青为 AH-90。

表 2 3 种 SMA 级配

筛孔/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配 A/%	96	85	66	35	23	19	16	14	11	8
级配 B/%	97.5	82	63	30	24	20	16	13	11.5	9.5
级配 C/%	95	75	55	25	19.5	18	15	12.5	10.5	9.5

表 3 SMA 在不同 4.75 mm 通过率时的性能测试结果

级配类型	油石比/%	空隙率/%	VFA/%	VMA/%	VCA <sub>mix</sub> /%	VCA <sub>DRC</sub> /%	动稳定度 次/mm	疲劳寿命次数 (σ/σ <sub>f</sub> =0.3)	摩擦系数 BPN	构造深度 mm
A	6.2	2.8	82.8	17.1	43.5	41.3	1 265	1 698	66	1.0
B	6.1	3.5	81.3	17.2	39.1	41.9	1 898	1 982	68	1.52
C	5.9	3.7	78.3	17.4	34.9	42.2	2 459	2 568	69	1.85

分析上述试验结果可知:细集料的含量(即 4.75 mm 的筛孔通过率)对 SMA 混合料的性能影响显著。随着 4.75 mm 筛孔通过率的增加,矿料 VMA 将逐步趋于常数,只有当 4.75 mm 筛孔通过率小于 30%,VMA 才开始增加,粗集料的嵌挤作用才能得以发挥,石—石嵌挤结构才能形成,而且随着

4.75 mm 筛孔通过率的减小,SMA 的高温稳定性、抗疲劳性及抗滑性均提高。但并不是 4.75 mm 筛孔通过率越小越好,通过其他的一些试验分析,随着 4.75 mm 筛孔通过率的增加,混合料的水稳性、低温抗裂性增加,而且高温稳定性和耐疲劳性能随着 4.75 mm 筛孔通过率变化,会出现峰值。由此可见,

4.75 mm筛孔通过率大小对于SMA的路用性能影响较为显著。结合我国实际情况,建议在配合比设计中应严格控制其通过率,应在20%~32%之间选择。

### 3 施工工艺对SMA混合料路用性能的影响

#### 3.1 温度

一般情况下,SMA的施工温度可在普通沥青混合料施工温度的基础上提高20℃左右,但这并不是一成不变的,要根据施工的气候条件、运输距离、交通情况、施工设备和压实厚度的具体实际情况确定。如果温度不够,混合料不可能拌和均匀,摊铺无法平整,压实不可能达到压实度,施工质量就无法得到保证,使得SMA混合料的优良路用性能无法发挥。

#### 3.2 拌和

在拌和混合料时,主要注意以下因素。

(1)拌和的温度与拌和时间。温度不能太低,以免拌和不匀;也不能太高,防止“炒糊”和沥青的严重老化而失去粘结力。通常情况下,沥青加热至150~170℃,矿料加热至180~190℃,拌和时间比普通沥青混合料延长5~10s。

(2)级配的变异。拌和厂生产的混合料的一个重要问题是级配变异性比较大,虽然油石比的变化可能比较小,但级配一旦变化,最佳油石比也变了,所以最终会影响所设计的SMA混合料的性能。

(3)纤维的添加。纤维的添加要及时,用量要准确,大规模施工时要用专用添加设备,要保证足够的拌和温度和时间,以防止结团,影响摊铺和路表面质量。

#### 3.3 运输

由于SMA混合料,尤其是改性沥青SMA混合料的粘度大,因此,混合料的保温十分关键,否则,温度过低,混合料结成硬壳,造成铺筑困难或路面的不均匀。所以,在任何情况下,运料车在运输过程中都必须加盖毡布,以防止表面混合料降温结成硬壳。

#### 3.4 摊铺

SMA是间断级配,施工中容易离析,而离析必然导致混合料的不均匀,进而影响SMA混合料的质量,即施工的敏感性比较大,所以应特别注意。因此不宜全幅摊铺,因为全幅摊铺易使粗集料产生离析,导致路面出现早期损坏。

### 3.5 压实

SMA路面最好采用钢轮静压,少用振动式碾压,尽量不用胶轮碾压,以防轮胎搓揉使玛蹄脂上浮,导致构造深度降低或泛油。另外,由于SMA的强度形成机理是粗集料相互嵌挤,所以碾压时必须密切注意压实度的变化,防止过度碾压,过分碾压会使粗集料的棱角破碎、断裂,从而影响到SMA混合料的级配,导致达不到应有的路用性能。如果采用振动碾压,为了避免粗集料的压碎、棱角的磨耗、嵌挤、泛油等,一定要做到“高频率,低振幅”碾压。

### 4 结论

(1)矿料最大粒径的增大可以增强路面的表面抗滑能力以及排水能力,对于SMA混合料其他路用性能的影响并没有必然的规律,而主要还是取决于混合料的具体级配。因此,可以根据原材料情况选用相应的最大粒径和级配类型。

(2)矿料级配中4.75 mm筛孔通过率是SMA级配的重要指标,对SMA的性能影响很大。当4.75 mm筛孔通过率在20%~32%之间时,粗集料的嵌挤作用才能得以正常发挥,石—石嵌挤结构才能形成,混合料才算得上是SMA混合料。

(3)施工工艺对SMA混合料路用性能的影响是绝对不可忽视的。如果在施工时控制不严,没把握住质量,则可能导致SMA混合料达不到应有的路用性能。SMA的拌和生产、运输、摊铺与压实施工同普通沥青混合料有较大差异,对于离析十分敏感,对于温度和拌和时间,有更高的要求,对于压实工艺的选用要有利于保护其矿料的框架及路面构造深度。

### 参考文献:

- [1] SHC F40-01-2002,公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南[S].
- [2] 沈金安.改性沥青与SMA路面[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [3] 张争奇,覃润浦,张登良.SMA混合料路用性能研究[J].中国公路学报,2001,(4).
- [4] 王东林,徐世法.基质沥青和级配对SMA路用性能的影响[J].北京建筑工程学院学报,2002,(9).
- [5] 樊统江.不同级配对沥青混合料的力学性能和路用性能的影响[J].重庆交通学院学报,2004,(2).