

掺钡渣的 SMA-10 超薄罩面路用性能分析

吴谨¹, 梅迎军², 周启伟³

(1.重庆交通大学 土木工程学院, 重庆市 400074; 2.重庆交通大学 材料科学与工程学院;
3.重庆市智翔铺道技术工程有限公司)

摘要:钡渣是用重晶石生产钡盐过程中排放出的固体废弃物,钡渣堆放不仅占用土地面积,而且会对环境造成污染。为实现对钡渣的充分利用,研究了不同钡渣掺量下的 SMA-10 沥青混合料的各项性能。分析结果得出钡渣可部分代替 0~3 mm 玄武岩细集料,钡渣掺量为 5%~15%时,混合料满足各项性能要求。钡渣掺量每增大 5%,高温性能随之提升,动稳定度提高 19%左右;低温性能降低,破坏应变减小 10%左右;水稳定性性能优良,冻融劈裂强度比 TSR 在 90%以上,提出钡渣掺量不能大于 15%。该文依托贵州某国道改造工程铺筑试验段,钡渣掺量为 10%,油石比为 6.5%,施工质量满足要求。

关键词:钡渣; SBS 改性沥青; SMA-10; 油石比; 路用性能

重晶石是钡的最常见矿物,是以硫酸钡(BaSO_4)为主要成分的非金属矿产品,中国重晶石资源储量丰富,主要集中于南方,贵州省占中国总储量的 1/3。重晶石在化工方面常用于生产碳酸钡、氢氧化钡、氯化钡、硫酸钡等各种钡类化合物,在这些提炼生产过程中,产生了大量的残余固体废渣(钡渣),钡渣有白钡渣和黑钡渣之分,具有一定的毒性。随着中国化工行业的发展,且缺乏处理钡渣的有效途径,钡渣的堆放量日益增大,全国钡渣堆放量已超过千万吨。钡渣的长期堆放占用了大量的土地面积,且在高温作用下易释放有毒气体,污染大气;在雨水作用下,流出大量含硫废水,污染水质。所以,钡渣严重地影响了生态环境,如何有效地利用钡渣,减少对环境的污染成为了企业与政府当下亟待解决的问题。

目前,中国对钡渣的研究处理有了一定的发展,李崇景在利用铬渣、钡渣生产混凝土研究中得出用取代率为 50%的铬渣、钡渣代替部分天然砂制作强度等级为 C15 的普通混凝土,其抗压强度达到 18.9 MPa,比混凝土设计强度提高 26%;叶伟等在重晶石矿渣应用水泥稳定碎石基层的研究中得出重晶石矿渣水泥稳定碎石混合料的抗压性能、抗拉性能和抗干缩性能与常规水泥稳定碎石混合料基本相当;姚珺等在钡渣石灰协同作用处理含磷废水的研究中在钡渣与氢氧化钙的协同作用下,投加比例为钡渣 1 g + 氢氧化钙 1.5 g/1 mg 磷时,对水中磷的去除率达到 90.42%,出水含

磷量已降低到 1 mg/L 以下,达到了国家排放标准;唐英等在毒重石尾矿钡渣制取高纯氯化钡的研究中,通过改进的两次盐酸浸取法将毒重石尾矿钡渣中的钡转化为氯化钡实现二次回收,钡的回收率可达 95%;刘攀等在盐酸浸取钡渣中钡离子工艺路线研究中以贵州镇宁钡渣为原料,利用盐酸将钡渣中的钡离子浸取出来进行二次利用,在盐酸浓度为 3 mol/L,液固比 7:1 (g/g),浸取时间为 2 h 的条件下,钡离子的浸取率达到 78.51%。

该文拟对不同掺量下的重晶石钡渣 SMA-10 改性沥青混合料的高、低温性能、水稳定性的影响进行研究,得出钡渣对 SMA-10 沥青混合料的影响规律以及钡渣的最佳掺量,为工程应用提供理论依据。

1 原材料

(1) SBS 改性沥青

采用 SK70# 基质沥青,掺 4% 的 SBS 改性剂,得到 SBS 改性沥青,SBS 改性沥青的技术指标见表 1。

(2) 集料

采用 0~3、3~5、5~10 mm 集料,粗、细集料选用峨眉玄武岩,矿粉选用重庆石灰石矿粉,各档集料的级配如表 2 所示,通过 JTG E42-2005《公路工程集料试验规程》的规定进行技术指标测试,结果满足要求。

表 1 SBS 改性沥青技术指标

检测项目	单位	检测结果	技术要求	检测方法
针入度(25 ℃)	0.1 mm	64	≥50	T0604
延度(5 ℃)	cm	27	≥20	T0605
软化点	℃	78	≥70	T0606
135 ℃运动黏度	Pa·s	3.6	≥3	T0620
密度(15 ℃)	g/cm ³	1.035	实测记录	T0603
闪点	℃	282	≥230	T0611
溶解度	%	99.8	≥99	T0607
薄膜加热 质量损失	%	0.27	±1.0	T0609
(163 ℃, 针入度比	%	68.1	≥65	T0604
(5 h)) 延度(10 ℃)	cm	31	≥15	T0605

(3) 钡渣

钡渣采用贵州省黔东南地区某重晶石矿厂产品,其级配和技术指标如表 3、4 所示。

由表 3 可以看出:钡渣具有一定的细度,在混合料中与沥青的接触面积大,形成的沥青胶浆更多,同时含有少许大于 4.75 mm 的颗粒,说明钡渣的级配合理,在混合料中既能起到胶凝作用,又可以充当骨料。表 4 中钡渣的各项技术指标满足技术要求,其中表观密度为 2.958 g/cm³,与该文所用 0~3 mm 的玄武岩集料密度相差不大(2.916 g/cm³);与表 2 中 0~3 mm 玄武岩集料对比,粗细程度、级配大致吻合,所以该文选用钡渣代替沥青混合料中的部分 0~3 mm 细集料。

表 2 各档集料的级配

集料	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%							
	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
矿粉	83.5	90.6	91.0	100	100	100	100	100
0~3 mm	3.7	7.5	15.1	32.0	46.6	74.6	95.6	100
3~5 mm	0.7	0.8	0.9	1.5	3.3	9.0	87.6	100
5~10 mm	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	6.5	98.4

表 3 钡渣级配组成

孔径/mm	通过率/%	孔径/mm	通过率/%
0.075	3.6	1.18	53.9
0.15	6.9	2.36	70.6
0.3	19.1	4.75	93.4
0.6	41.2	9.5	100

表 4 钡渣的技术指标

检测项目	单位	检测结果	技术要求	检测方法
表观密度	g/cm ³	2.958	≥2.45	T0328
砂当量	%	50	≥50	T0334
亚甲蓝值	g/kg	0.5	—	T0349
棱角性	s	24	—	T0345

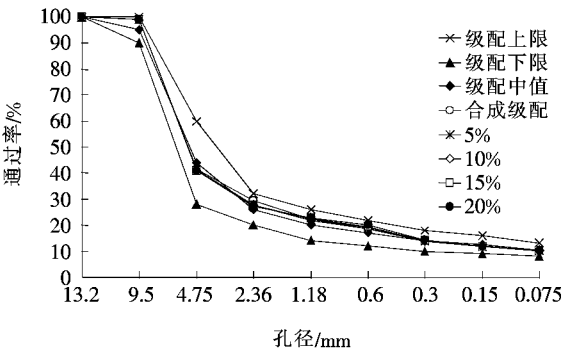


图 1 各钡渣掺量的级配曲线

4.0%、61.0%。

由图 1 可以看出:级配曲线大致与合成级配曲线吻合,随着钡渣掺量的递增,集料的通过率增大,即细集料增多,级配曲线更接近于级配上限,在 0.6 mm 粒径表现最为明显。

2.2 最佳油石比

采用马歇尔击实法确定钡渣不同掺量下的油石比,具体参数见表 5。

由表 5 可得:

(1) 随着钡渣掺量的增加,沥青混合料的油石比随之增大,用水量分别增大了 3.2%、9.2%、2.8%。分析其原因是:钡渣是多孔隙材料,孔隙比较大(孔隙比

2 配合比设计

2.1 级配组成

矿料级配曲线设计为 SMA-10 细粒式,用钡渣代替部分 0~3 mm 的细集料,钡渣掺量为 5%、10%、15%、20%,合成级配曲线如图 1 所示。矿粉、0~3、3~5、5~10 mm 各档集料掺量分别为 11.0%、24.0%、

为 1 左右);同时较小颗粒与沥青形成沥青胶浆,导致用油量增大。

表 5 不同钡渣掺量下的最佳油石比及其技术指标

钡渣掺量/%	最佳油石比/%	空隙率/%	稳定度/kN	流值/mm
5	6.3	3.7	8.56	3.82
10	6.5	3.4	9.23	3.51
15	7.1	3.9	12.01	3.28
20	7.3	4.0	11.42	3.43

(2) 马歇尔稳定度随钡渣掺量的增大呈现先增大再下降的趋势。钡渣掺量为 5%~15% 时,混合料的强度增大,抗位移变形能力提高;当钡渣掺量为 20% 时,强度减小,同时抗变形能力降低。分析其原因是:钡渣的主要成分是 BaSO_4 、 SiO_2 、 BaSiO_3 等固体难溶物,且含有 CaO 、 FeO 等水泥熟料,使之强度提高。当钡渣掺量小于 15% 时,钡渣掺量越大,比表面积越大,吸油率越大,形成的沥青胶浆越多,大颗粒作为骨料,导致沥青混合料的强度增大;当钡渣掺量超过 15% 时,钡渣充当细集料偏多,难以形成骨架,导致强度降低。

3 路用性能试验分析

3.1 高温稳定性

按照规范,对不同钡渣掺量的混合料进行车辙试验,试验结果如图 2 所示。

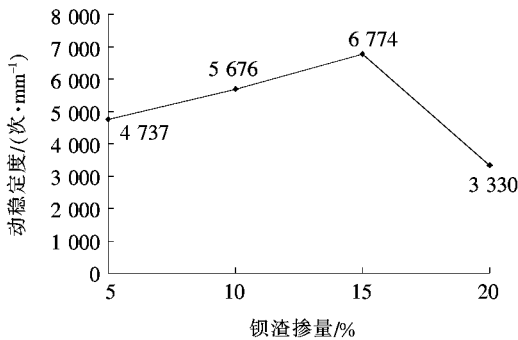


图 2 各钡渣掺量下的动稳定度

由图 2 可得:当钡渣掺量为 5%~15% 时,随着钡渣掺量的增大,动稳定度逐渐提高,钡渣掺量每增大 5%,动稳定度提高 19% 左右,说明其高温性能随钡渣掺量的增大而提升;当钡渣掺量为 20% 时,动稳定度减小到 3 330 次/mm,相较于钡渣掺量 15% 和 5% 时,动稳定度分别降低了 51%、30%,说明当钡渣掺量大

于 15% 时,其高温稳定性随钡渣掺量的增大而降低。产生这一现象的原因是:当钡渣掺量小于 15% 时,由钡渣代替 0~3 mm 玄武岩细集料,使 SMA-10 级配更加合理,钡渣在混合料中既能与沥青形成沥青胶浆,又可作骨架集料,使之强度提高;同时,钡渣掺量越大,用油量越大,但钡渣是多孔隙材料,比表面积大,吸油能力强,综合上述原因,使其高温稳定性提高。当钡渣掺量大于 15% 时,由级配曲线可以看出,细集料含量过于偏大,接近级配上限,与沥青形成的沥青胶浆过多,导致混合料的高温性能显著降低。

3.2 低温抗裂性

依据规范,采用从轮碾机成型的板块状试件上切制的棱柱体试件进行小梁低温弯曲试验,试验温度为 -10 ℃,加载速率为 50 mm/min。不同钡渣掺量下的低温弯曲试验结果如图 3 所示。

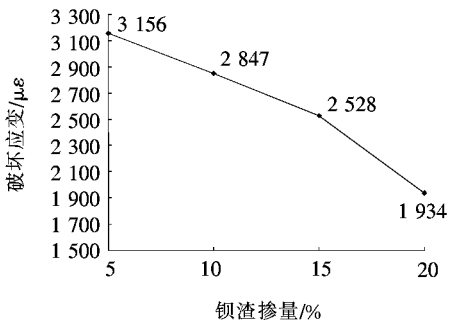


图 3 不同钡渣掺量下的低温破坏应变

由图 3 可得:随着钡渣掺量的增大,破坏应变几乎呈线性逐渐减小,当钡渣掺量为 5%~15%,破坏应变减小 10% 左右;当钡渣掺量为 15%~20%,破坏应变减小 23.5%。说明其低温性能随钡渣掺量的增大而降低,且当钡渣掺量大于 15% 时,混合料的低温性能不满足技术要求。由于钡渣的主要成分是各类钡盐,且含有 CaO 、 FeO 水泥熟料矿物,当钡渣作为细集料掺入 SMA-10 沥青混合料中,随着钡渣掺量增大,混合料的脆性增大,所以使其低温抗裂性能降低。

3.3 水稳定性

按照规范对不同钡渣掺量下的沥青混合料进行冻融劈裂试验,用沥青混合料试件在水损坏前后劈裂破坏的强度比 $\text{TSR}(\%)$ 来评价其水稳定性,试验结果如表 6 所示。

由表 6 可得:当钡渣掺量为 5%~10% 时,冻融劈裂强度比 TSR 达到 95% 左右,说明其水稳定性优良;当钡渣掺量为 15%~20% 时,冻融劈裂强度比逐渐降低,降低到 90% 以下。所以随着钡渣掺量的增

大,沥青混合料的水稳定性大致呈先提高再降低的趋势,但都在技术要求范围以内。分析其原因是:由于钡渣含有部分水泥熟料,随着钡渣掺量的增大,混合料的强度增大,水稳定性越好;当钡渣掺量过大,细集料偏多,导致沥青混合料难以形成骨架,使其强度反而降低,水稳定性变差。

表 6 不同钡渣掺量下的冻融劈裂强度比 TSR

钡渣掺量/%	试验条件	空隙率/%	劈裂强度/MPa	冻融劈裂强度比 TSR/%
5	冻融	3.6	0.88	93
	未冻融	3.7	0.94	
10	冻融	3.4	1.05	95
	未冻融	3.4	1.10	
15	冻融	3.8	1.12	90
	未冻融	3.9	1.25	
20	冻融	4.0	0.93	84
	未冻融	4.0	1.11	

4 工程应用

4.1 工程概况

以贵州某国省道改建工程为依托,试验段全长 500 m,路面结构设计为 4 cmSMA-10+6 cmAC-20+40 cm 水泥稳定碎石。

表 7 施工质量检测结果

检测项目	检测结果	检测频度/(点·km ⁻¹)	质量要求	试验方法
厚度	4.05 cm	5	设计值的-5%	T0912
压实度	99%	5	98%	T0924
渗水系数	150 mL/min	6	≤200 mL/min	T0971
摩擦系数摆值	65	5	≥45	T0964
马歇尔稳定度	9.17 kN	—	≥6.0 kN	T0709

5 结论

(1) 钡渣掺量越大,油石比越大。钡渣掺量为 5%、10%、15%,油石比分别为 6.3%、6.5%、7.1%,用油量分别增大了 3.2%、9.2%、2.8%。

(2) 钡渣掺量越大,混合料的低温性能越差,且掺量为 20%时,其低温性能不满足规范要求;当钡渣掺量为 5%~15%时,钡渣掺量越大,其高温性能、水稳定性

4.2 配合比设计

(1) 级配设计

掺钡渣的 SMA-10 沥青混合料级配设计为:矿粉用量 11%、钡渣掺量 10%、0~3、3~5、5~10 mm 玄武岩集料含量分别为 12%、6%、61%。

(2) 性能验证

为验证钡渣掺量为 10%的 SMA-10 沥青混凝土性能,成型两组试件,油石比 6.5%,得到其空隙率为 3.4%、马歇尔稳定度为 9.57 kN、流值为 3.34 mm、动稳定度为 5 678 次/mm、低温破坏应变为 2 850 με、冻融劈裂强度比 TSR 为 94%,满足 SMA-10 沥青混合料设计要求,可按该配合比现场施工。

4.3 施工注意事项

(1) 施工工艺严格按照现行沥青混凝土路面施工规范进行现场施工。

(2) 钡渣应采用遮挡、覆盖存放,防止雨水淋湿造成污染。

(3) 沥青混合料施工过程中,严格控制施工温度和摊铺压实度。

4.4 施工质量检测

参照 JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》中关于沥青混合料路面铺筑质量要求及检测项目,对掺钡渣的 SMA-10 沥青混合料超薄罩面进行厚度、压实度、渗水系数、摩擦系数摆值、马歇尔稳定度检测,检测结果见表 7。

越好;当钡渣掺量为 20%时,高温性能、水稳定性变差。

(3) 钡渣代替部分 0~3 mm 玄武岩细集料,掺量为 5%、10%、15%的 SMA-10 沥青混合料满足各项性能要求。综合考虑,该文推荐实际应用工程钡渣掺量为 10%。

参考文献:

[1] 李崇景.利用铬渣、钡渣生产混凝土[J].西部探矿工程,2006(2).

冻融作用下沥青混合料中骨料级配的差异分析

马宏岩¹, 林铭彬^{2,3}, 侯亚丽⁴

(1.福州大学 土木工程学院, 福建 福州 350116; 2.福建联合石化公司技术与规划部;
3.厦门大学 化学化工学院; 4.河南省城乡规划设计研究总院有限公司交通规划分院)

摘要:在季节性冻土地区,沥青路面反复经历冻融循环作用,极易出现开裂、坑槽、拥包等病害,其中以横向开裂最为显著。沥青的黏弹性能和骨料的级配特征是影响沥青混合料抗冻融能力的关键因素。目前,大量研究集中在沥青低温性能评价和沥青混合料低温性能研究方面,忽视了骨料级配在冻融前后的差异。该文通过现场调查和室内试验,分析了骨料级配与沥青混合料开裂情况的相关性。研究结果表明:在沥青满足设计要求的情况下,粗集料含量越少(级配曲线越靠近上限值),沥青路面的低温开裂越严重。严格控制骨料的施工配合比及抗压强度是保证沥青路面低温性能的关键。

关键词: 沥青混合料; 冻融作用; 低温开裂; 骨料级配

1 引言

在季节性冻土地区,随着大气温度的季节性变化,沥青路面反复经历冻融循环作用,极易出现开裂、坑槽、拥包等病害,其中以横向开裂最为显著。沥青路面的开裂直接降低了公路的稳定性和耐久性,一方面为水土等杂质渗入基层结构提供通道,引起路基软化和冻胀融沉等次生病害的发生;另一方面,降低了道路结构的承载能力和行车舒适程度,制约了公路的服务水平,缩减道路的服务寿命。因此,冻融作用下沥青混合料的耐久性和稳定性研究是道路工程领域备受关注的研究热点。

在冻融循环作用下,沥青混合料表现出典型的黏弹特性,低温开裂与材料性能、温度、降温速率等因素直接相关。在过去的几十年内,广大研究人员通过开发试验手段和计算模型来描述和预估沥青混合料的低

温开裂,在一定程度上改善了沥青路面的抗裂性能,但仍旧没有彻底解决这一问题。沥青的温缩特性、黏附能力以及骨料的级配特性都是影响沥青混合料低温抗裂性能的重要因素。目前,大量的研究仍集中在沥青和沥青混合料低温性能的研究上,忽视了骨料级配在冻融前后的变化,且没有对骨料级配与沥青混合料低温抗裂性能的关系进行深入的剖析和探讨。

该文以实际沥青路面在若干次冻融循环作用后的骨料级配为对象,通过现场调查和室内试验,对比沥青混合料在冻融作用后的骨料级配与设计级配的差异,分析冻融作用下沥青混合料骨料级配偏差值与开裂指数的相关性。

2 病害调查与现场取样

建(三江)虎(林)高速公路位于黑龙江省东部,年均最低气温低于 -30°C ,是典型的季节性冻土地区。

- *****
- [2] 杨维荣,叶伟,杨波.重晶石矿渣在水泥稳定碎石基层中的应用研究[J].公路交通技术,2016(6).
- [3] 姚珺,赵野,钡渣石灰协同作用处理含磷废水的研究[J].环境科学与技术,2010(1).
- [4] 唐英,荣酬,张晓刚,等.毒重石尾矿钡渣制取高纯氯化钡的研究[J].无机盐工业,2013(12).
- [5] 刘攀,张煜,王艳书,等.盐酸浸取钡渣中钡离子工艺路线

- 研究[J].广东化工,2014(22).
- [6] 孔祥杰,张金喜,等.沥青路面抗车辙性能影响因素研究[J].中外公路,2016(3).
- [7] 张争奇,赵战利.矿料级配对沥青混合料低温性能的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2005(2).
- [8] 王广明.高等级公路沥青混凝土路面施工工艺系统控制[J].中外公路,2014(5).

收稿日期:2018-12-28(修改稿)

作者简介:马宏岩,女,博士,讲师.E-mail:mhyhit@163.com