

煤矸石混合料路面基层施工工艺研究

李彩惠¹,张亚鹏²,王海燕²,钱大卫¹,康东起¹

(1.冀中能源股份有限公司,河北 邢台 054000;2.河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:为探索煤矸石混合料这一新型材料作为路面基层填料的施工工艺,以邢台某矿公路工程为依托,在分析研究煤矸石混合料自身特点的基础上,制定“J3Z4N2法”铺筑试验路段并应用于整条道路,分析研究煤矸石混合料路面基层关键施工工艺和注意事项,通过现场对控制指标的检测,证明“J3Z4N2法”铺筑整条道路各项指标均能达到规范标准。

关键词:煤矸石混合料;路面基层;施工工艺;J3Z4N2法

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Research on the construction technology of the coal gangue mixture as base course

LI Cai-hui¹, ZHANG Ya-peng², WANG Hai-yan², QIAN Da-wei¹, KANG Dong-qi¹

(1 Jizhong Energy Resources Co., LTD., Hebei Xingtai, 054000, China;

2 College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China)

Abstract: To explore construction technology of the coal gangue mixture, the new type materials were used as pavement base packing. Based on Xingtai mine highway engineering, coal gangue mixture on the basis of their own characteristics were analyzed, the method of “J3Z4N2” was established and pave test sections were applied to the whole road. Through detection of the guideposts on the spot, the paper analyzed the key construction technology and the matters being attention of coal gangue mixture pavement base. The test results prove all the indexes of “J3Z4N2 method” paving the road can meet with the standards.

Key words: coal gangue; base course; construction technology; J3Z4N2 method

随着煤炭产量的日益增多,煤矸石的排放量也越来越大,为减少煤矸石对环境的污染,以及对农用耕地的占用,结合邢台地区堆积大量煤矸石的实际情况,本实验路段采用煤矸石混合料做为路面基层填筑材料。虽然将煤矸石混合料应用于路面基层填筑已有部分研究和应用^[1],但不同地区和不同矿区煤矸石性质有较大差异,煤矸石不同于普通石料,在颗粒构成上基本属于碎石类土,其易碎、强度低、粗大颗粒多、细小颗粒少,这也正是制约其压密性的内在因素^[2],本文针对该煤矸石混合料自身特点制定适合该煤矸石混合料路面基层铺筑的施工工艺,以保证煤矸石混合料路面基层各性能达到规范要求。

1 工程概况

该道路位于邢台某矿厂区内,主要用于煤矸石井下回填材料运输。现有道路宽度3.0 m,路面破损较严重。本工程厂区道路按四级公路设计,设计车速15 km/h,沥青混凝土路面设计使用年限为10 a,总宽度为7.0 m(0.5 m路肩+6.0 m车行道+0.5 m路肩),第一标段起止桩号为K+000~K1+315.5。路面结构形式为:上层4 cm中粒式沥青混凝土,中层6 cm粗粒式沥青混凝土,路面基层64 cm矸石混合料,根据设计及施工现场情况,将路面基层分三层铺筑,从上往下厚度依次为21 cm、21 cm、22 cm。

收稿日期:2012-12-20

作者简介:李彩惠(1966-),男,河北行唐人,在读博士,教授级高级工程师,从事管理科学与工程的研究。

2 施工工艺

2.1 材料特性

1)石灰、水泥:本路段使用的石灰为生石灰,石灰有效成分 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量为 71.1%,满足《公路沥青路面设计规范》中大于等于Ⅲ级石灰的要求。

本试验路段采用的水泥为邢台中联水泥有限公司生产的 42.5 级普通硅酸盐水泥。

2)粉煤灰:粉煤灰有效成分 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量为 73.8%,烧失量 17.5%,检测指标均满足《公路沥青路面设计规范》(JTG D50 - 2006)中粉煤灰 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的总含量应大于 70%、烧失量不宜大于 20% 的要求。

3)煤矸石:该煤矸石经过破碎处理,颗粒粉料含量较少,大粒径含量较多,粒径小于等于 37.5 mm,颗粒组成范围见表 1。压碎值 29.7% 小于 35%,满足《公路沥青路面设计规范》(JTG D50 - 2006)的要求,其他室内耐崩解性、自由膨胀率、烧失量等均满足该规范要求。

表 1 煤矸石颗粒组成范围

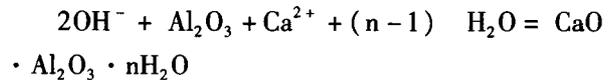
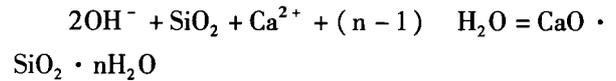
Tab. 1 Composition range of coal gangue particles

筛孔尺寸/mm	37.5	31.5	19.0	9.5	4.75	2.36
通过百分率/%	100	83	56	29	12	7
规范级配范围/%	100	85~100	65~85	50~70	35~55	45~0

4)混合料配比:通过理论与试验分析,测得混合料的最佳含水量为 7.5%,最大干密度为 1.979 g/cm^3 ,控制最小干密度为 1.939 g/cm^3 。试验路段采用煤矸石混合料质量配比为粉煤灰:生石灰:水泥:矸石 = 16:9.15:2.09:72.76。

2.2 路面基层强度形成机理

煤矸石混合料路面基层的强度形成应从其组成材料谈起。作为其骨料的是具有一定活性未完全自然的煤矸石,其掺合材料是火山灰质材料粉煤灰,煤矸石和粉煤灰的主要活性成分均是 SiO_2 和 Al_2O_3 ,其本身不具有胶凝性或仅具有微弱的胶凝性。而石灰是很好的胶凝材料,生石灰中的有效成分 CaO 和 MgO 在空气中气水作用下生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能够激发煤矸石、粉煤灰的活性。 OH^- 能打破煤矸石和粉煤灰表面的 $\text{Al}-\text{O}$ 、 $\text{Si}-\text{O}$ 网络,并与 Ca^{2+} 反应生成类似于硅酸盐水泥水化产物的胶凝物质,生成具有一定强度的胶凝性材料。其反应式为



煤矸石混合料路面基层的强度发展主要分两个阶段。初期阶段主要是煤矸石颗粒之间的机械咬合作用和刚发展的结合料粘结作用,由于混合料初期粘结作用较小,强度发展较慢,往往加入少量水泥提高混合料的早期强度。随着龄期的增长,煤矸石和粉煤灰中的活性物逐渐被激发,与石灰中的碱发生反应,从而改变了矸石混合料分子的结构组成,不断提高混合料的强度,这就是矸石混合料基层强度的形成机理。

2.3 施工方案

煤矸石混合料压实过程是一个破碎压密的过程,其中矸石块经过破碎→压密→再破碎→再压密的渐进压密,粗大矸石块比例降低,细小颗粒比例提高,煤矸石的颗粒级配逐步得到改良^[3],如果按照普通的碾压施工方法进行施工,在碾压过程中煤矸石破碎消耗部分压实功,可能会导致路面基层压实度和强度达不到设计要求。针对煤矸石混合料自身特点,本路段制定“J3Z4N2法”来解决这一问题。“J3Z4”即振动压路机进行静压和振压交替压实,静压三遍、振压四遍,通过静压使煤矸石达到压碎的效果,振动碾压调整了煤矸石的接触状态,使其颗粒相互靠近、重新排列,粗大矸石比例下降,细小颗粒比例提高,煤矸石原有级配逐渐得到改良,混合料空隙减少、密实度增大,通过“J3Z4”振压,达到了振实的目的,混合料基本密实;“N2”即振压后使用净碾压路机对路段进行碾压 2 遍,混合料达到更加密实的效果。

2.4 施工工艺

设置 100 m 的试验段,通过试验段总结出具有指导意义的施工工艺:基层地面处理→施工放样→摊铺→拌合→整平→“J3Z4N2法”压实→养生等。

1)基层地面处理、施工放样。在路面基层施工前对底基层进行清理、整平、压实,对原地面含水率进行检测和控制,对于个别冒尖的石块要求予以挖除,填以细料压实,下层应符合设计及施工要求,避免底基层对后铺路面基层的影响。在底基层上恢复中线,每 15~20 m 设一桩,并在两侧

路肩边缘外设指示桩。在两侧指示桩上用明显标记标出煤矸石混合料土层边缘的设计标高。

2) 摊铺。本路段分三层铺筑:21 cm 矸石混合料+21 cm 矸石混合料+22 cm 矸石混合料,松铺系数 1.1~1.3,根据各层铺筑厚度计算混合料用量,严格控制虚铺厚度。使用柳工 836 型铲车将矸石、粉煤灰、生石灰、水泥依次摊铺,每一种材料摊铺完成后,应先碾压 1~2 遍再摊铺上种材料。分层摊铺混合料,应做到粉煤灰、生石灰、水泥每层均匀摊铺,每层表面没有空白位置;为使上下两层结合好,下层碾压密实后应洒水湿润,再铺上层混合料。

3) 拌合、整平。使用 SS400-21 型路基稳定土拌合机进行往复干拌两遍,以现场检测确定用水量后洒水,拌和机紧跟洒水车后拌和两遍,保证混合料的均匀性。拌合时应派专人跟随拌合机,严格控制拌合深度,保证拌合后混合料色泽一致,没有灰土条或灰土团,没有煤矸石“窝”或“带”^[4];拌合和碾压时严格控制含水量,保证混合料含水量超出最佳含水量 1%~2%,如超出则需摊铺晾晒。

4) “J3Z4N2 法”压实。重复整平后应用“J3Z4N2 法”进行压实。首先使用 22 吨振动压路机进行静压和振压交替压实,静压三遍、振压四遍,静往振返,静一遍振一遍称为一遍,振动碾压应严格控制振动压路机的振幅、频率和碾压速度。振压后使用 21 吨三轮净碾压路机对路段进行碾压 2 遍,碾压时应遵循先低后高、从两边向中间的碾压原则,主轮错半轮碾压,达到碾压密实、表面光洁、无轮迹的效果。

碾压应在最佳含水量下进行,并应随时检查路面基层的密实度。如发现局部“翻浆”或“弹簧”等现象应立即停止碾压,待翻松凉干再压;出现松散推移现象,则洒水翻拌再压。结构层的平整度和标高应符合规定要求,切不可贴薄层找平。

5) 养生。煤矸石混合料摊铺、压实成型合格后,如不立即覆盖沥青面层^[5],则必须在潮湿状态下养生 7 d,每天 3 次全路段洒水养护,直至铺筑上面的结构层时停止养生。养生期间至铺筑上面一层前,严禁履带车辆通行。

2.5 质量检验

本路段对 K0+000-K1+100 和 K0+000-K1+095 两个区段进行了压实度检测,分两个步

次每步取 7 个试样,采用灌砂法对其测定,试验结果如表 2。

表 2 灌砂试验报告

Tab.2 Report of sand filling test

取样部位	K0+000-K1+100	K0+000-K1+095
最大干密度	1.979 g/cm ³	1.979 g/cm ³
控制压实系数	0.98≥0.97	0.98≥0.97
检验结论	干密度检验合格	

经检测本路段煤矸石混合料路面基层抗压强度为 1.0 MPa,此检测结果满足《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034-2000)二级及二级以下公路路面基层 7 天抗压强度标准大于 0.6 MPa 的要求。

煤矸石混合料路面基层碾压后表面平整、无轮迹,外形检测各项指标均符合《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80-1-2004)要求,检测结果如表 3 所示。

表 3 外形检测报告

Tab.3 Report of appearance inspection

路面检测项目	宽度 /mm	横坡度 /%	高程 /mm	平整度 /mm	厚度平均 值/mm
实测偏差值	+15	+0.5	-10	10	-3
规范允许偏差	+0 以上	±0.5	+5, -15	12	-10

3 结语

充分考虑了煤矸石破碎消耗部分压实功对碾压密实性的影响,采用拟定的“J3Z4N2 法”进行压实,在并未增加特殊施工难度的基础上,路段的压实度、外观检测、抗压强度等指标均满足规范要求,充分证明了将煤矸石混合料用于路面基层铺筑的适用性,以及应用“J3Z4N2 法”施工煤矸石混合料路面基层的合理性。

参考文献:

- [1] 王福鑫,郑军,贾顺德,等.石灰粉煤灰稳定粒料路面基层的研究与应用[J].粉煤灰综合利用,1999(3):28-31.
- [2] 申文胜,王朝辉.高速公路煤矸石填筑路基路用性能控制[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [3] 姜振泉,季梁军,左如松.煤矸石的破碎压密作用机制研究[J].中国矿业大学学报,2001,30(2):139-142.
- [4] 李克攻.石灰土煤矸石作路面基层的应用[J].中国资源综合利用,2002(4):26-28.
- [5] 张德先,狄宝才,曲义萍.半刚性路面基层养生期的探讨[J].西部探矿工程,2006(7):255-256.

(责任编辑 刘存英)