



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106277968 A

(43)申请公布日 2017.01.04

---

(21)申请号 201610642233.0

(22)申请日 2016.08.08

(71)申请人 中铁二局集团有限公司

地址 610031 四川省成都市金牛区通锦路  
16号

申请人 中铁二局第五工程有限公司

(72)发明人 韩森 胡祥 陶良

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221

代理人 熊晓果 韩洋

(51)Int.Cl.

C04B 28/00(2006.01)

C04B 22/14(2006.01)

---

权利要求书1页 说明书8页

(54)发明名称

一种针对高寒高海拔地域道路水稳基层抗  
裂的混合料

(57)摘要

本发明公开了一种水稳基层混合料,包括重  
量百分比的以下组分:碎石75%~85%,天然砂5%~  
10%,水泥3%~6%,元明粉5%~10%,硫酸铝1.5%~4%;  
所述的碎石:集料压碎值不大于28%,针片状含量  
不大于15%,小于0.6mm的集料塑性指数小于4%。  
本发明的水稳基层混合料针对高寒高海拔的特  
点设计,有效的在降低了平均温缩系数和平均干  
缩系数,同时可以满足混合料抗压强度、劈裂强  
度及疲劳性能的要求,有助于防止高寒高海拔地  
区水稳基层的开裂问题,减少高寒高海拔地区路  
面的反射裂缝数量效果显著,适用于我国西藏高  
原地域的道路基层建设。

1. 一种水稳基层混合料,包括重量百分比的以下组分:碎石75%~85%,天然砂5%~10%,水泥3%~6%,元明粉5%~10%,硫酸铝1.5%~4%;

所述的碎石:集料压碎值不大于28%,针片状含量不大于15%,小于0.6mm的集料塑性指数小于4%。

2. 如权利要求1所述水稳基层混合料,其特征在于,所述的水稳基层混合料,包括重量百分比的以下组分:碎石78%~82%,天然砂6%~8%,水泥4%~6%,元明粉6%~9%,硫酸铝2%~4%。

3. 如权利要求1或2所述水稳基层混合料,其特征在于,所述的硫酸铝是固体硫酸铝。

4. 如权利要求1或2所述水稳基层混合料,其特征在于,所述的碎石是西藏地区的碎石。

5. 如权利要求1、2或4所述水稳基层混合料,其特征在于,所述碎石是石灰岩碎石。

6. 如权利要求1所述水稳基层混合料,其特征在于,所述的碎石按照《公路工程集料试验规程》JTGE42-2005T0316和T0312进行压碎值和针片状试验来表征碎石的强度和形状特性,其压碎值指标为23%,针片状含量为13%,满足现行《公路路面基层施工技术规范》JTJ034-2000对高速公路和一级公路水泥稳定土中碎石或砾石的要求。

7. 如权利要求1所述水稳基层混合料,其特征在于,所述碎石分四档:即31.5~19mm,19~9.5mm,9.5~4.75mm,4.75~0mm;

粒料合成级配须满足骨架密实型水泥稳定材料级配要求,如下表:

级配范围	通过下列筛孔(mm)的重量百分率(%)							
	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
	100	90~100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0~3

8. 如权利要求1或2所述水稳基层混合料,其特征在于,碎石中的石粉含量不超过10wt%。

9. 如权利要求1或2所述水稳基层混合料,其特征在于,所述元明粉中Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>含量不小于98%。

10. 如权利要求1所述水稳基层混合料,其特征在于,所述的水稳基层混合料铺装后,干缩系数小于 $50 \times 10^{-6}$ 。

## 一种针对高寒高海拔地域道路水稳基层抗裂的混合料

### 技术领域

[0001] 本发明属于公路工程技术领域,涉及一种抗裂混合料,特别是针对高寒高海拔地域水稳基层抗裂混合料。

### 背景技术

[0002] 以水泥稳定碎石基层为代表的半刚性基层具有板体性强、力学性能优良的特点。水稳碎石基层原材料丰富,工程造价低,并能提高路面结构的强度和承载能力,使其较其他路面结构有着不可替代的优越性。

[0003] 热胀冷缩是材料的普遍物理属性,半刚性基层材料和沥青路面材料的性质不可避免的都要受到环境因素的影响,在一定条件下基层裂缝是不可避免的。收缩裂缝产生的危害有:1)外界水分通过裂缝渗入会引起基层的冲刷、唧泥;2)较多的路面裂缝会破坏路面结构的整体性,改变受力状态,降低路面使用品质与寿命。在实际应用中,半刚性基层沥青路面开裂现象十分普遍。大部分沥青路面裂缝是由于半刚性基层首先开裂,进而导致沥青面层开裂的反射裂缝。初期的反射裂缝,只是影响路面美观,降低平整度,对行车并无明显影响,但反射裂缝会在行车荷载和水等外界因素作用下急速发展,不仅使行车质量明显下降还会破坏路面结构。所以,研究和解决半刚性基层沥青路面反射裂缝问题,对于提高半刚性基层沥青路面的使用性能十分重要。我国地处世界欧亚大陆板块的东部,是季风气候最典型、最强烈的大陆,特别是在高寒高海拔的西藏等高原高寒地区,各等级公路半刚性基层沥青路面反射裂缝都十分严重。

[0004] 西藏自治区位于我国的西南部,属于高寒高海拔地域,介于北纬 $26^{\circ} 52' \sim 36^{\circ} 32'$ ,东经 $78^{\circ} 24' \sim 99^{\circ} 06'$ 之间,是青藏高原的主体部分。西藏地区平均海拔4000米以上,由于海拔高,西藏地区的地面气温远比同纬度平原地区低,年均气温在 $-2.8 \sim 12.0^{\circ}\text{C}$ 之间,部分地区年极端低温达零下 $40^{\circ}\text{C}$ 。同时,西藏地区气温还存在日较差大的特点,阿里高原、藏北高原和雅鲁藏布江的年平均气温日较差在 $15^{\circ}\text{C}$ 以上,南部边缘地区的聂拉木为全区最低,但仍达到 $10.1^{\circ}\text{C}$ ,而成都、长沙、南昌的年均温度日较差仅为 $7^{\circ}\text{C}$ 。

[0005] 目前国内外抑制或减缓半刚性基层开裂及反射裂缝形成的措施主要有:

[0006] 一、提高沥青面层厚度,随着沥青面层厚度的增加,反射裂缝可得到一定程度的抑制,但车辙问题却变得严重。

[0007] 二、在满足强度要求的前提下,尽量限制水泥用量,并选用低标号、干缩性小的水泥,但收效有限。

[0008] 三、采用土工织物中间层,主要品种为编织尼龙、无纺聚丙烯、玻璃纤维等,其中无纺聚丙烯的效果最好,但总的研究结果表明抗裂效果有好有坏。

[0009] 四、国外曾有使用SBS和EVA橡胶沥青应力吸收中间层来防止反射裂缝的案例,但国内有研究表明该方法对5cm厚沥青面层不具有明显抗裂效果。

[0010] 西藏地区平均气温较低,且日温差较大,半刚性基层每日处在因温度循环而产生较大的温度应力作用中,从而导致半刚性基层易产生低温收缩裂缝和温度疲劳裂缝。这种

裂缝会随着道路龄期的增长而增加,裂缝顶端还会产生较大的拉应力集中,造成基层裂缝沿面层底部向上反射直到贯通。而针对高寒高海拔地区的半刚性基层抗裂的混合料设计对西藏地区基层建设具有重要的意义。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的在于克服现有技术中所存在的半刚性基层开裂及反射裂缝形成的问题,提供一种针对高寒高海拔地域的水稳基层混合料。特别能够适用于高海拔、高寒、大温差的西藏地区,实现改善水稳基层的抗裂性能。本发明同时提供了详细的配制设计方法,实现本发明所述的水稳基层混合料的配制。

[0012] 为了实现上述发明目的,本发明提供了以下技术方案:

[0013] 一种水稳基层混合料,包括重量百分比的以下组分:碎石75%~85%,天然砂5%~10%,水泥3%~6%,元明粉5%~10%,硫酸铝1.5%~4%。

[0014] 所述的碎石:集料压碎值不大于28%,针片状含量不大于15%,小于0.6mm的集料塑性指数小于4%。

[0015] 本发明的水稳基层混合料主要是由优选的碎石料和胶凝材料配制而成,其中富含适宜比例的硫酸跟离子,在混合料使用过程中能够和水泥中的钙离子形成硫酸钙,并吸水形成结晶体补偿混合料的收缩形变,消除水稳基层的内部应力。在保证基层强度的前提下,增强水泥稳定碎石的抗裂性能,有效避免或减少半刚性基层开裂,大大减少反射裂缝数量,较普通水稳碎石基层配合比最多可以将水泥稳定碎石的平均温缩系数减小20%,平均干缩系数减小10%以上。同时,本发明的水稳基层混合料材料的选择级配适宜,也对水稳碎石的7天无侧限抗压强度和劈裂强度有一定程度的提高。特别适合应用于西藏高原地区水稳基层混合料的应用,满足水稳基层的抗裂配合比设计要求。

[0016] 进一步,所述的水稳基层混合料,包括重量百分比的以下组分:碎石78%~82%,天然砂6%~8%,水泥4%~6%,元明粉6%~9%,硫酸铝2%~4%。优选调整水稳基层混合料的各种基础原料的比例,提高各种组分之间的配合比例范围,使得混合料的综合性能得到进一步的提升,具有更好的抗裂性和更低的温度收缩系数,在应用中提高道路的综合性能。

[0017] 进一步,所述的硫酸铝是固体硫酸铝。固体硫酸铝为白色斜方晶系结晶粉末,密度1.69g/mL(25℃),相对密度2.71。吸水形成结晶后较稳定,不易风化失水。

[0018] 进一步,所述的碎石是西藏地区的碎石,选用西藏地区的碎石可以实现施工原料的就地采集,减少运输成本,提高当地的经济发展,降低工程建设成本。优选的,所述碎石是石灰岩碎石,石灰岩俗称“青石”,是以方解石为主要成分的碳酸盐岩,属于沉积岩,硬度一般不大,容易压实成致密状。

[0019] 进一步,所述的碎石是由坚硬、耐久的岩石轧制而成,应有足够的强度,颗粒形状应有棱角、接近立方体。

[0020] 按照《公路工程集料试验规程》JTGE42-2005 T0316和T0312进行压碎值和针片状试验来表征碎石的强度和形状特性,其压碎值指标为23%,针片状含量为13%,满足现行《公路路面基层施工技术规范》JTJ034-2000对高速公路和一级公路水泥稳定土中碎石或砾石的要求。

[0021] 进一步,所述碎石分四档:即31.5~19mm,19~9.5mm,9.5~4.75mm,4.75~0mm。

4.75~0料的0.075mm通过量不得大于10%，以控制对裂缝的不利影响。

[0022] 所述粒料合成级配须满足骨架密实型水泥稳定材料级配要求,如下表:

[0023]

级 配 范 围	通过下列筛孔(mm)的重量百分率(%)							
	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
	100	90~100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0~3

[0024] 进一步,碎石中的石粉含量不超过10wt%。

[0025] 进一步,所述元明粉中Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>含量不小于98%。元明粉又名无水硫酸钠,白色粉末,相对密度2.68,熔点884℃,具有吸水性,吸水之后成为含水硫酸钠。元明粉可以在施工地进行当地生产,价格低,质量要求低。

[0026] 本发明的混合料中元明粉与硫酸铝的作用原理在于,硫酸钠和硫酸铝溶解后解离出的硫酸根离子与水泥中钙离子反应产生硫酸钙(Ca<sup>2+</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>→CaSO<sub>4</sub>),硫酸钙会吸水结晶形成硫酸钙晶体(CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)。未与钙离子反应的硫酸根离子会与铝离子析出形成硫酸铝晶体(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O)。硫酸钙晶体和硫酸铝晶体的形成会使固相体积增大以补偿水泥稳定碎石收缩,并能在水泥稳定碎石内产生一定的压应力以抵抗收缩产生的拉应力,从而增强水泥稳定碎石的抗裂性能。

[0027] 本发明的水稳基层混合料在西藏高原地区应用时,水稳基层抗裂配合比设计合理,有利的提高了路面结构的承载力,疲劳寿命与普通水稳基层试件相接近,并可减少反射裂缝数量。

[0028] 进一步,所述的水稳基层混合料铺装后,干缩系数小于50×10<sup>-6</sup>。

[0029] 进一步,采用的硫酸铝化学式为Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>,白色斜方晶系粉末,密度1.69g/ml(25℃),极易溶于水,溶于水之后显示酸性。不容易受到风化而失去结晶水,比较稳定,加热之后容易失去水分,高温可分解为氧化铝和硫的氧化物。

[0030] 进一步,采用以上技术方案,可以在保证基层强度的前提下,有效避免或减少半刚性基层开裂,大大减少反射裂缝数量,较普通水稳碎石基层配合比最多可以将水泥稳定碎石的平均温缩系数减小20%,平均干缩系数减小10%以上,同时也对水稳碎石的7天无侧限抗压强度和劈裂强度有一定程度的提高

[0031] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

[0032] 1.针对高寒高海拔的特点,发明中采用的混合料设计方法降低了平均温缩系数和平均干缩系数,同时可以满足混合料抗压强度、劈裂强度及疲劳性能的要求,有助于防止高寒高海拔地区水稳基层的开裂问题。

[0033] 2.本发明的水稳基层混合料在使用过程中,不需要改变原有的施工工艺,且元明粉市场价格较低,有利于该发明的工程推广。

[0034] 3.本发明的水稳基层混合料能够有效地减少高寒高海拔地区路面的反射裂缝数量,适用于我国西藏高原地域的道路基层建设。

## 具体实施方式

[0035] 本发明的一个具体的实施技术方案中,采用的混凝土方案的组分包括:水泥、水、西藏当地碎石(石灰岩为主)、天然砂、元明粉、硫酸铝。其中各组分的重量百分比例如下:碎石75%~85%,天然砂5%~10%,水泥3%~6%,元明粉5%~10%,固体硫酸铝1.5%~4%。

[0036] 下面结合实施例对本发明作进一步阐述,但本发明不仅限于以下实施例。本发明为特别说明的百分比例一般是指重量百分比。

[0037] 为了说明实施例制备的水泥稳定碎石的性能,将使用添加元明粉和硫酸铝成型的水泥稳定碎石试件与普通水泥稳定碎石试件依据现行《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTGE51-2009)进行常规指标对比分析。

[0038] 以下各实施例及普通水稳基层配合比均采用如表1所示的水稳基层混合料级配(骨架密实型):

[0039] 表1水稳基层混合料级配(骨架密实型)组成

[0040]

筛孔尺寸(mm)	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
用量(%)	100	95.2	77.8	43.8	31.3	24.2	14.9	2.7

[0041] 实施例1

[0042] 配制水稳基层混合料,其中的各个组分的重量百分比例范围如下:碎石75%,天然砂10%,水泥5%,元明粉6%,固体硫酸铝4%,将原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0043] 首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994),确定该材料配比下,水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),试验结果见表2。

[0044] 实施例1与普通水稳基层配合比相比,将平均温缩系数从 $14.81 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 降低到 $12.64 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,平均干缩系数从 $53.30 \times 10^{-6}$ 降低到 $46.62 \times 10^{-6}$ ,7天无侧限抗压强度有小幅提升,7天劈裂强度提升不够明显,常温下的疲劳寿命试验结果与普通水稳基层试件相接近,实施例1改善了温缩、干缩性能,有助于防止水稳基层开裂,适用于高寒高海拔地区采用。

[0045] 实施例2

[0046] 配制水稳基层混合料,其中的各个组分的重量百分比例范围如下:碎石85%,天然砂5%,水泥3%,元明粉5%,固体硫酸铝2%,将原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0047] 首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994),确定该材料配比下,水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),疲劳寿命试验,试验结果见表2。

[0048] 实施例2与普通水稳基层配合比相比,将平均温缩系数从 $14.81 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 降低到 $12.85 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,平均干缩系数从 $53.30 \times 10^{-6}$ 降低到 $46.55 \times 10^{-6}$ ,7天无侧限抗压强度和7

天劈裂强度提升幅度较小。实施例2提高了温缩性能和干缩性能,强度也略有提升,有助于防止水稳基层开裂,常温下疲劳寿命略高于普通水稳基层试件,适用于高寒高海拔地区采用。

[0049] 实施例3

[0050] 配制水稳基层混合料,其中的各个组分的重量百分比例范围如下:碎石80%,天然砂8%,水泥3%,元明粉7%,固体硫酸铝2%,将原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0051] 首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994),确定该材料配比下,水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型  $\Phi 150 \times 150\text{mm}$  的圆柱形试件(T 0843-2009)和 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$  的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),疲劳寿命试验,试验结果见表2。

[0052] 与普通水稳基层配合比相比,将平均温缩系数从 $14.81 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,平均干缩系数从 $53.30 \times 10^{-6}$ 降低到 $45.74 \times 10^{-6}$ ,7天无侧限抗压强度从5.72MPa提高至6.59MPa,7天劈裂强度从0.41MPa提升至0.50MPa。实施例3不仅对温缩性能和干缩性能有明显提升,同时也较好地改善了水泥稳定碎石的强度,同时疲劳性能较好,可有效防止水稳基层开裂,适用于高寒高海拔地区。

[0053] 实施例4

[0054] 配制水稳基层混合料,其中的各个组分的重量百分比例范围如下:碎石75%,天然砂5%,水泥6%,元明粉10%,固体硫酸铝4%,将原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0055] 首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994),确定该材料配比下,水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型  $\Phi 150 \times 150\text{mm}$  的圆柱形试件(T 0843-2009)和 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$  的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),试验结果见表2。

[0056] 实施例4与普通水稳基层配合比相比,将平均温缩系数从 $14.81 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 降低到 $13.46 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,平均干缩系数从 $53.30 \times 10^{-6}$ 降低到 $49.22 \times 10^{-6}$ ,7天无侧限抗压强度从5.72MPa提升到6.40MPa,7天劈裂强度从0.41MPa提升至0.50MPa。实施例4有助于改善温缩性能,防止水稳基层温缩开裂,同时对防止干缩开裂也有一定帮助,疲劳寿命试验结果与普通水稳基层试件接近,适用于高寒高海拔地区采用。

[0057] 实施例5

[0058] 配制水稳基层混合料,其中的各个组分的重量百分比例范围如下:碎石82%,天然砂6%,水泥4%,元明粉6%,固体硫酸铝2%,将原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0059] 按以下组分配比制备水泥稳定碎石:集料采用表1中的级配,水泥用量为4.5%,元明粉掺量为水泥的15%,硫酸铝和元明粉的掺量比例为1:4.2。首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994),确定该材料配比下,水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型  $\Phi 150 \times 150\text{mm}$  的圆柱形试件(T 0843-2009)和 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$  的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),疲劳寿命试验结果与普通水稳基层试件接近,适用于高寒高海拔地区采用。

中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994),使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009),试验结果见表2。

[0060] 实施例5与普通水稳基层配合比相比,将平均温缩系数从 $14.81 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 降低到 $13.77 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,平均干缩系数降低较少,从 $53.30 \times 10^{-6}$ 降低到 $49.56 \times 10^{-6}$ ,7天无侧限抗压强度和7天劈裂强度有明显提升。实施例5对温缩系数和干缩系数的改变幅度不大,疲劳寿命试验结果与普通水稳基层试件接近,对防止水稳基层开裂也有一定帮助,适用于高寒高海拔地区采用。

#### [0061] 疲劳寿命试验

[0062] 为了验证该发明长期耐久性能试验,设计了针对半刚性基层材料的疲劳寿命试验。疲劳寿命是指结构材料在重复荷载作用之下,微观结构发生变化,微观缺陷逐渐的扩展、汇合,导致材料力学性能的劣化,最终形成宏观开裂或材料破坏的现象。采用美国MTS810材料疲劳试验机对水稳基层混合料疲劳性能进行测试,试件成型方法使用振动成型,振动频率30Hz,静压力150Kpa。试件养生时间为3个月,养生温度25℃,湿度90%。试验荷载波形为正弦波,加载频率100Hz。试件长度30cm,应力水平0.7,采用三分点加载方式,测试其重复加载的次数即为疲劳寿命。实施例中疲劳寿命试验结果见表2。

#### [0063] 表2水稳基层抗裂配合比与普通水稳基层配合比的性能对照表

#### [0064]

项目	普通水稳基层 配合比	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
最佳含水量 (%)	5.30	5.40	5.40	5.50	5.50	5.40
最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.33	2.35	2.35	2.36	2.36	2.36
7 天无侧限抗压强度 R7(MPa)	5.72	5.98	6.05	6.59	6.40	6.37
劈裂强度 R7 <sub>劈裂</sub> (MPa)	0.41	0.43	0.44	0.50	0.50	0.49
各温度 区段的 平均温 缩系数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	30~20℃	13.05	11.82	12.06	11.46	12.06
	20~10℃	14.30	12.01	12.11	11.57	12.89
	10~0℃	15.26	12.65	13.02	11.15	13.95
	0~-10℃	17.68	13.74	13.88	13.96	14.83
	-10~-20℃	15.20	13.09	13.31	12.05	14.03
	-20~-30℃	13.35	12.52	12.69	9.87	13.01
	平均值	14.81	12.64	12.85	11.68	13.46
平均干缩系数 ( $10^{-6}$ )	53.30	46.62	46.55	45.74	49.22	49.56
25℃疲劳寿命 (次)	12541	11340	13084	1084	1028	11675

[0065] 由表2可见,本发明的实施例1-5制备的水稳基层混合料实现的水稳基层具有较好的综合性能,其温缩系数与普通水稳基层相比在各个温度区间内均有较大的降低,平均降低幅度约为20%,同时,本发明的水稳基层的平均干缩系数降低约10%。可见本发明的水稳基层混合料具有显著的性能提升,具有重大的进步意义。

#### [0066] 对比例1

[0067] 配制水稳基层混合料,按重量百分比例取以下各个组分:碎石82%,天然砂8%,水泥5%,元明粉5%。碎石集料采用表1中的级配。将各种原料搅拌混合,待混合均匀后,制备成实验块进行测试。

[0068] 水泥用量为5%，未使用硫酸铝。首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994)，确定该材料配比下，水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994)，使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009)，试验结果见表3。

[0069] 对比例2

[0070] 配制水稳基层混合料，按重量百分比例取以下各个组分：碎石83%，天然砂8%，水泥6%，石灰粉3%。碎石集料采用表1中的级配。将各种原料搅拌混合，待混合均匀后，制备成实验块进行测试。

[0071] 水泥用量为6%，掺入3%石灰粉，未使用元明粉和硫酸铝。首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994)，确定该材料配比下，水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994)，使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009)，试验结果见表3。

[0072] 对比例3

[0073] 配制水稳基层混合料，按重量百分比例取以下各个组分：碎石76%，天然砂6%，水泥5%，元明粉13%。碎石集料采用表1中的级配。将各种原料搅拌混合，待混合均匀后，制备成实验块进行测试。

[0074] 水泥用量为5%，掺入13%元明粉，未使用硫酸铝。首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994)，确定该材料配比下，水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994)，使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009)，试验结果见表3。

[0075] 对比例4

[0076] 配制水稳基层混合料，按重量百分比例取以下各个组分：碎石72%，天然砂5%，水泥5%，元明粉11%，硫酸铝6%。碎石集料采用表1中的级配。将各种原料搅拌混合，待混合均匀后，制备成实验块进行测试。

[0077] 水泥用量为5%，掺入11%元明粉和6%硫酸铝。首先进行水泥稳定碎石击实试验(T 0804-1994)，确定该材料配比下，水泥稳定碎石的最大干密度和最佳含水量。依据击实试验结果成型Φ150×150mm的圆柱形试件(T 0843-2009)和100mm×100mm×400mm的中梁试件(T 0844-2009)。使用圆柱型试件进行7天无侧限抗压强度试验(T 0805-1994)和7天劈裂试验(T 0806-1994)，使用中梁试件进行温缩试验(T 0854-2009)和干缩试验(T 0855-2009)，试验结果见表3。

[0078] 表3对比例水稳基层性能测试结果

[0079]

项目	对比例 1	对比例 2	对比例 3	对比例 4
最佳含水量 (%)	5.40	5.30	5.60	5.65
最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.34	2.33	2.34	2.33
7 天无侧限抗压强度 R7(MPa)	6.30	6.64	5.03	5.32
平均温缩系数 (10 <sup>-6</sup> /℃)	16.70	16.42	12.32	12.20
平均干缩系数 (10 <sup>-6</sup> )	51.92	56.80	55.87	46.25

[0080] 由表3数据可见,对比例1-4制备的水稳基层混合料的综合性能整体表现较差。首先,对比例1的未使用硫酸铝,在仅加入元明粉的情况下,水稳基层材料的平均干缩系数与表2中的普通水稳基层混合料较为接近,温缩系数较大,说明其在低温的高海拔地域并不适用。

[0081] 对比例2则未使用元明粉和硫酸铝,加入了3%的石灰粉,水稳基层材料的7天无侧限抗压强度较高,而平均温缩系数和平均干缩系数都很大,说明该基层混合料容易受到温度和水分的影响,不适用在高寒高海拔地区。

[0082] 对比例3中加入了较多的元明粉,虽然元明粉的用量较大,平均温缩系数较小,说明该混合料低温下不容易发生开裂变形的破坏。然而其混合料的7天抗压强度很小,平均干缩系数较大,说明其强度低并且容易受到水分的影响。对比例3综合性能并不适用于高寒高海拔地域。

[0083] 对比例4中加入了大量的元明粉和硫酸铝,元明粉和硫酸铝的加入使平均温缩系数和平均干缩系数均有所降低,说明其低温性能和水稳定性相比表2中的普通水稳基层均有所改善。然而,该混合料的最佳含水量较高,这说明在成型或拌合的过程中需要加入水较多,容易引起基层在养护期间孔隙和裂缝的形成。同时,7天无侧限抗压强度较小,说明过量的元明粉和硫酸铝的加入降低了基层混合料的强度。综合考虑,对比例4并不能满足高寒高海拔地域基层混合料的要求。