



中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 4184—2009

代替 YBJ 230—1991

钢渣混合料路面基层施工技术规范

Technical specification for construction of steel slag mixture used as base course

2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

原中华人民共和国行业标准《钢渣混合物路面基层施工技术规范》(YBJ 230—91)(以下简称原《规程》)于1991年4月25日发布,1991年10月1日实施。

本次修订的主要内容有:

(1)增加第2章术语;

(2)第3章原材料中增加了水泥,将筑路用钢渣的安定性检验方法改为浸水膨胀率试验方法,调整基层和底基层用钢渣及天然石料的最大粒径和压碎值指标;

(3)第4章中分别对水泥稳定钢渣混合物、水泥粉煤灰稳定钢渣混合物、石灰粉煤灰稳定钢渣混合物和石灰稳定钢渣混合物的压实度、无侧限抗压强度及集料级配要求进行了规定;

(4)第5章中增加了钢渣混合物含水量的要求;

(5)第6章中增加了水泥、煤渣和其它材料的检查要求,修订了原材料、混合料的检验方法及混合物基层的试验方法;

(6)原附录A中增加了混合物加(或减)水量的计算公式,将附录B钢渣粉化率测定方法改为钢渣浸水膨胀率测定方法,增加附录C钢渣混合物的常用配合比为资料性附录。

本规程的附录A、附录B为规范性附录,附录C、附录D为资料性附录。

本规程由中国钢铁工业协会提出。

本规程由冶金工业信息标准研究院归口。

本规程主编单位:中冶建筑研究总院有限公司。

本规程参编单位:中国京冶工程技术有限公司。

本规程主要起草人:张亮亮、朱桂林、卢忠飞、范永平、夏春、孙树杉。

目 次

1 总则	(1)
2 术语	(2)
3 原材料	(3)
3.1 钢渣	(3)
3.2 石灰	(3)
3.3 粉煤灰	(3)
3.4 煤渣	(4)
3.5 水泥	(4)
3.6 其它材料	(4)
4 混合料	(5)
4.1 一般规定	(5)
4.2 水泥稳定钢渣混合料	(5)
4.3 水泥粉煤灰稳定钢渣混合料	(6)
4.4 石灰粉煤灰稳定钢渣混合料	(6)
4.5 石灰稳定钢渣混合料	(7)
5 施工	(8)
5.1 一般规定	(8)
5.2 施工准备	(8)
5.3 配料	(8)
5.4 含水量要求	(8)
5.5 拌和	(9)
5.6 摊铺整型	(9)
5.7 碾压	(10)
5.8 养生	(10)
5.9 雨季施工措施	(11)
6 质量标准与检查验收	(12)
附录 A (规范性附录)材料用量和加减(水)量计算公式	(14)
附录 B (规范性附录)钢渣浸水膨胀率测定方法	(16)
附录 C (资料性附录)钢渣混合料的常用配合比	(18)
附录 D (资料性附录)本规程用词说明	(19)
条文说明	(21)

1 总 则

- 1.0.1 为推广利用钢渣修筑路面基层(含底基层,下同),保证钢渣混合料路面基层施工质量,统一施工及验收标准,制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于各种道路的钢渣混合料基层的施工及验收。
- 1.0.3 筑路用工业废渣或天然材料必须符合国家现行环境保护的有关规定,避免对环境造成污染。
- 1.0.4 钢渣混合料路面基层施工及验收除应符合本规程外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

下列术语适用于本规程。

2.0.1

基层 base

直接位于沥青面层下的主要承重层或直接位于水泥混凝土面板下的结构层称作基层。

2.0.2

底基层 subbase

沥青路面基层下的次要承重层或水泥混凝土路面基层下的辅助层称作底基层。

2.0.3

钢渣混合料 steel slag mixture

以钢渣集料为主,掺入一定数量的无机结合料(水泥、石灰或粉煤灰等)或其它材料(土等),加入适量的水(通常为最佳含水量),经拌和、压实及养生后得到的混合料,当其抗压强度符合规定的要求时,称为钢渣混合料,分为水泥稳定钢渣混合料、水泥粉煤灰稳定钢渣混合料、石灰粉煤灰稳定钢渣混合料(包括石灰煤渣稳定钢渣混合料、粉煤灰稳定钢渣混合料和石灰粉煤灰稳定钢渣混合料)和石灰稳定钢渣混合料。

2.0.4

松铺厚度 thickness of uncompacted layer

未经压实的材料层厚度称为松铺厚度。

2.0.5

松铺系数 coefficient of loose paving material

材料的松铺厚度与达到规定压实度的压实厚度之比称为松铺系数,精确到小数点后两位。

2.0.6

浸水膨胀率 immersion expansion ratio

钢渣在规定试验条件下,浸水后的体积变化率。

3 原 材 料

3.1 钢 渣

- 3.1.1 筑路用钢渣的浸水膨胀率不应大于 2.0%；
3.1.2 钢渣的压碎值指标和最大粒径应符合表 3.1.2 要求。

表 3.1.2 钢渣压碎值指标及最大粒径

适用范围		压碎值指标	最大粒径
基 层	高等级道路	不大于 30%	不大于 31.5mm
	其它等级道路	不大于 35%	不大于 37.5mm
底基层	高等级道路	不大于 30%	不大于 37.5mm
	其它等级道路	不大于 40%	不大于 53mm

- 3.1.3 钢渣中金属铁含量不应大于 2.0%。不应含有其它杂质。
3.1.4 钢渣密度比天然碎石大,各地使用时应以实际测试计算为准。

3.2 石 灰

- 3.2.1 混合料中使用石灰时可优先采用磨细的生石灰粉。
3.2.2 生石灰粉和消石灰粉技术指标不应低于表 3.2.2 石灰粉的要求。当石灰中 CaO 和 MgO 含量在 30%~50%时,应通过试验适当增加石灰剂量。当石灰中 CaO 和 MgO 含量小于 30%时,不得采用。使用中应尽量缩短石灰的存放时间。如存放时间较长,应采取覆盖封存措施,妥善保管。

表 3.2.2 石灰粉技术指标

项 目 \ 类 别	钙质生石灰粉	镁质生石灰粉	钙质消石灰粉	镁质消石灰粉
CaO 和 MgO 含量(%)	≥75	≥70	≥60	≥55
未消化残渣含量(4.75mm 方孔筛的筛余,%)	≤15	≤15	—	—
0.9mm 筛筛余(%)	—	—	≤0.5	≤0.5
0.125mm 筛筛余(%)	—	—	≤15	≤15

- 3.2.3 生石灰应完全粉磨。消石灰粉使用前应充分消解。
3.2.4 当采用石灰类工业废料(如电石渣等)时,应符合本规程 3.2.2 的要求。严禁采用含有有害物质的石灰类工业废料。

3.3 粉 煤 灰

- 3.3.1 修筑道路基层使用的粉煤灰应符合表 3.3.1 的要求。对于 C 类粉煤灰,其安定性应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中的要求。

表 3.3.1 粉煤灰技术要求

项 目	指 标
SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 和 Fe ₂ O ₃ 的总含量之和	应大于 70%
烧失量	不宜大于 10%
0.3mm 筛筛余	应小于 10%
0.075mm 筛筛余	应小于 30%

3.3.2 如用湿粉煤灰,其含水量不宜超过 35%;符合 3.3.1 技术要求的新排放或陈年堆放的粉煤灰,均可以应用。

3.4 煤 渣

3.4.1 修筑道路基层用煤渣最大粒径不应大于 31.5mm,其主要成分 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的总含量之和不宜低于 70%,烧失量不应大于 20%。煤渣中不宜含有杂物。

3.5 水 泥

3.5.1 钢渣混合料所用水泥初凝时间应大于 4h,终凝时间应大于 6h,并应符合国家现行相关标准的要求。

3.6 其它材料

3.6.1 使用其它工业废渣(如尾矿等)时应通过试验验证,方可使用。

3.6.2 掺入钢渣混合料的天然石料,其压碎值指标和最大粒径应符合表 3.1.2 要求。

3.6.3 掺入钢渣混合料的土,宜采用塑性指数 10~20 的黏性土。土块的最大粒径不应大于 15mm,有机质含量不应超过 10%。

3.6.4 施工用水应符合《混凝土拌和用水》JGJ 63 的规定。

4 混 合 料

4.1 一般规定

4.1.1 钢渣混合料基层、底基层应具有足够的强度和稳定性、较小的收缩(温缩及干缩)变形和较强的抗冲刷能力,在中冰冻、重冰冻地区应检验钢渣混合料基层、底基层的抗冻性能。

4.1.2 钢渣混合料基层、底基层按混合料结构状态分为骨架密实型、骨架空隙型、悬浮密实型和均匀密实型四种结构类型。

4.1.3 高等级道路的基层或上基层宜选用骨架密实型混合料。其它等级道路的基层和各级道路的底基层可采用悬浮密实型混合料。均匀密实型混合料适用于高等级道路的底基层和其它等级道路的基层。骨架空隙型混合料具有较高的空隙率,适用于需考虑路面内部排水要求的基层。

4.1.4 混合料最佳含水量与最大干密度试验应按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 重型击实试验方法进行。混合料无侧限抗压强度试件成型宜采用振动成型方法,按《公路沥青路面设计规范》JTJ D50—2006 附录 A 中的 A.1 的规定进行,缺乏试验条件时对悬浮密实型和均匀密实型混合料可采用静压成型方法。

4.1.5 掺入尾矿等工业废渣的混合料的配合比应经过试验确定。

4.2 水泥稳定钢渣混合料

4.2.1 水泥稳定钢渣混合料的压实度、7d 龄期无侧限抗压强度应符合表 4.2.1 规定的要求。

表 4.2.1 水泥稳定钢渣混合料的压实度及 7d 无侧限抗压强度

层 位	稳定类型	特重交通		重、中交通		轻交通	
		压实度(%)	抗压强度(MPa)	压实度(%)	抗压强度(MPa)	压实度(%)	抗压强度(MPa)
基 层	集 料	≥98	3.5~4.5*	≥98	3~4*	≥97	2.5~3.5*
底基层	集 料	≥97	≥2.5	≥97	≥2.0	≥96	≥1.5

※该指标不宜超过高限。

水泥稳定集料的水泥剂量(以水泥质量占全部粗细集料的干质量的百分率表示,即水泥剂量=水泥质量/集料质量)一般为 3%~5.5%,当达不到要求时应调整级配,水泥的最大剂量不应超过 6%。

4.2.2 悬浮密实型水泥稳定钢渣混合料的集料的级配范围应符合表 4.2.2-1 的要求。

表 4.2.2-1 悬浮密实型水泥稳定钢渣混合料的集料级配

层 位	通过下列方筛孔(mm)的质量百分率(%)							
	37.5	31.5	19.0	9.50	4.75	2.36	0.6	0.075
基 层		100	90~100	60~80	29~49	15~32	6~20	0~5
底基层	100	93~100	75~90	50~70	29~50	15~35	6~20	0~5

骨架密实型水泥稳定钢渣混合料基层集料级配范围应符合表 4.2.2-2 的要求。

表 4.2.2-2 骨架密实型水泥稳定钢渣混合料的集料级配

层 位	通过下列方筛孔(mm)的质量百分率(%)						
	31.5	19.0	9.50	4.75	2.36	0.6	0.075
基 层	100	68~86	38~58	22~32	16~28	8~15	0~3

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 钢渣混合料路面基层的强度增长受气温的影响较大,为保证路面基层施工质量,宜选择有利的施工季节组织施工。当日最低气温低于 5°C 时,不宜施工。在冰冻地区须在结冻($-3^{\circ}\text{C}\sim-5^{\circ}\text{C}$)前15d~30d施工完毕。

5.1.2 雨季施工易造成路基和基层原材料或混合料过湿,给施工带来困难并影响施工质量,为保证工程质量应避免雨季施工。如需雨季施工,应采取本规程5.9条规定的有关措施。

5.2 施工准备

5.2.1 新建道路应按设计要求开挖路槽并压实,旧路加铺时,旧路上的泥土、杂物和松散粒料等应予清扫干净,干燥地区路槽需用水润湿,局部坑槽应先修补夯实。凡压实度和弯沉值测定结果不符合设计要求的路段,必须根据具体情况进行补充碾压,使其达到标准。在碾压过程中如发现土过干、表层松散应适当洒水,如土过湿发生“弹软”现象应采取挖开晾晒、换土、掺石灰或粒料等措施进行处理。

路槽碾压按重型压实标准控制,一般碾压遍数应不少于6遍,碾压成型后,检查标高、横坡、压实度、弯沉值等符合质量要求后,转入底基层或基层施工。

为利于雨天排水,应在培挖好的路槽两侧路肩上适当开挖临时排水沟。

5.2.2 采用路拌法施工时,钢渣可在路槽内备料或在路槽外集中备料。石灰、粉煤灰和其它材料应在路槽外备料。采用厂拌法施工时,则应将所需材料分别运至拌和厂堆存备用。

消石灰粉应在使用前筛除大于10mm的灰渣。消解后的石灰应保持一定的湿度,不得产生扬尘,也不可过湿结团。

湿排粉煤灰应提前运到现场,以便滤水和晾晒;干排的粉煤灰装运前适量加水,以免扬灰。在堆放过程中,要防止雨淋和灰粉飞扬,如出现部分粉煤灰结块,使用前应将灰块打碎。

5.3 配 料

5.3.1 施工中材料配合比必须符合设计要求,以保证工程质量,配料方法可分为三种:

a) 层铺法——根据混合料的最大干密度、各种材料湿堆积密度和含水量,及混合料压实层厚和压实度等数据,计算出各种材料的松铺厚度,以此控制摊铺厚度。可把钢渣铺在最下层,石灰和其它材料铺在上面。层铺法适用于机械路拌。

b) 体积法——根据混合料的质量比换算成体积比,用容器或量具量测各种材料所占体积掺配成混合料。体积法适用于人工路拌和厂拌。

c) 质量法——根据一次拌和的混合料总干质量、各种材料的含水量及设计配合比,计算出各种材料的湿质量,然后按各种湿质量称料掺配成混合料。质量法适用于厂拌。

三种配料方法的各种材料用量计算公式,见附录A。根据原材料含水量变化,应随时调整各种材料用量。

5.4 含水量要求

5.4.1 施工中,当混合料含水量小于最佳含水量时,应适量加水。加水量和加水次数应根据当时气候条件和原材料含水量而定,并使加水后混合料含水量略高于最佳含水量。

5.4.2 人工拌和或机械厂拌宜用压力喷头加水。机械路拌可用洒水车或其它洒水工具将水均匀喷洒。可随拌和随加水,也可一次加水后闷料 8h~12h,再进行拌和。

5.4.3 混合料中水分过多时应晾晒风干,使含水量接近最佳含水量。

5.4.4 混合料的加(或减)水量应根据混合料湿质量、实际含水量和最佳含水量等数据采用本规程附录 A 中式(A.4)计算。

5.5 拌 和

5.5.1 钢渣混合料的拌和方式,应符合下列规定:

5.5.1.1 混合料少时,可采用人工拌和;

5.5.1.2 对基层质量要求高和地下管线较多的快速路和主干路,应采取机械厂拌法拌和混合料;

5.5.1.3 对施工场地开阔或需要利用现场土等原材料时,可用机械路拌法拌和混合料;也可在路床外场地用机械集中拌和混合料。

5.5.2 机械厂拌法应采用强制式拌和机、粉碎机、皮带运输机和装载机等设备进行。操作时,先将一定比例的石灰和粉煤灰等粉料粉碎并拌匀,然后在拌和机中与一定比例的钢渣进行拌和。拌和均匀的混合料应卸至储料场(或仓)待运。在装运混合料当粗、细料有离析现象时,应用装载机翻拌均匀后,再运至工地摊铺。

在干燥地区或遇干热天气,由于混合料在储存、运输和摊铺时蒸发失水,拌和含水量应高于最佳含水量的 2%~5%。

对于水泥稳定钢渣混合料和水泥粉煤灰稳定钢渣混合料,宜随拌和、随运送、随摊铺、随碾压;对于石灰粉煤灰稳定钢渣混合料和石灰稳定钢渣混合料,宜经过适当时间的闷料,再进行摊铺。

机械路拌法应由下至上按顺序分层摊铺钢渣、粉煤灰(或其它粒料、粉状材料)、石灰等材料,各层材料摊铺后应整平。宜采用专用拌和机拌和均匀,也可用其它机械设备翻拌均匀。

用机械路拌法拌和混合料,对机械不易拌到之处,应辅以人工拌和均匀。

在路外场地用机械拌和混合料的方法,与机械路拌法类同。

5.5.3 人工路拌和宜采用条拌法。即将各种材料分层铺成条形后,边翻拌边前进,翻拌 2~3 遍后,按接近混合料最佳含水量所需的加水量,顺条均匀地洒入混合料中,然后拌和至混合料均匀为止。

5.5.4 混合料从拌和均匀到压实时间应根据不同温度混合料水化硬化速度而定,当气温在 20℃ 以上时,不宜超过 2d;当气温在 5℃~20℃ 时,不宜超过 4d~2d。

5.5.5 拌和均匀的钢渣混合料中,不应有大于 15mm 的土团粒和大于 10mm 的石灰或粉煤灰团粒以及大于本规程 3.1.2 中规定最大粒径的钢渣。

5.6 摊铺整型

5.6.1 将拌和好的混合料按设计断面和松铺厚度,均匀摊铺于路床内,其松铺厚度为压实厚度乘以松铺系数。松铺系数值按试铺决定,亦可参照如下范围:人工拌和、人工摊铺为 1.4~1.5;机械拌和、机械摊铺为 1.2~1.3。

5.6.2 分层摊铺时,应在下层压实后立即摊铺上层混合料,在摊铺上层混合料前可将下层表面适当洒水润湿,如不能立即铺筑上层而下层又结硬时,宜先将下层拉毛、洒水润湿,再铺筑上层。

5.6.3 平地机整型时,混合料拌和均匀后,先用平地机初步整平和整型,用拖拉机或轮胎压路机快速碾压 1~2 遍,以暴露潜在的不平整,对于局部过高过低处应用齿耙将其表层耙松 5cm 以上,高处应铲除,低处应补足。再用平地机整型一次,每次整型都要按照设计高程和路拱进行。特别要注意工作段搭接处顺适平整。

人工整型时,可用锹和耙先将混合料摊平,用路拱板进行初步整型。用拖拉机初压 1~2 遍后,根

据实测的松铺系数,确定纵横断面的标高,并设置标记和挂线。利用锹耙按线整型。再用路拱板校正成型。

在整型过程中,严禁任何车辆通行。

5.6.4 整型后,应在混合料含水量处于最佳含水量 $\pm 1\%$ 时进行碾压。如表面水分不足,应适当洒水。

5.7 碾 压

5.7.1 钢渣混合料的压实厚度应视压路机压实功能决定,一般为10cm~20cm。基层厚度超过20cm时应分层摊铺和碾压。

5.7.2 机械拌和、机械摊铺的混合料可直接用三轮压路机、振动压路机或轮胎压路机压实。

5.7.3 人工拌和、人工摊铺的混合料,应先用两轮压路机、轮胎压路机或履带机械在基层全宽内进行碾压。直线段应由两侧路肩向路中心碾压;平曲线段应由内侧路肩向外侧路肩碾压。碾压2遍后,再用三轮压路机或振动压路机压实。

5.7.4 初碾时应设人跟机检查基层有无高低不平之处,高处铲除,低处填平补齐,填补处应翻松洒水再铺混合料压实。当基层混合料压实后再找平补齐时,应在找补处挖松8cm~10cm,洒适量的水后再加铺混合料,及时压实成型,不得贴薄层混合料找平。

5.7.5 用两轮压路机碾压时,每次应重叠 $1/3$ 轮宽;用三轮压路机碾压时,每次应重叠后轮宽的 $1/2$ 。碾压速度:光轮压路机宜为30m/min~40m/min;振动压路机宜为60m/min~100m/min。

5.7.6 最后均应碾压至混合料表面无明显轮迹。基层压实度应达到设计要求。

5.7.7 压实混合料基层的厚度、宽度、横坡、标高和平整度应符合设计要求和本规程质量及验收标准。

5.7.8 碾压过程中若发现局部“弹软”时,应立即停止碾压,待翻松晾干或处理后再压,若出现松散推移应适量洒水、翻拌、整平后再压实。

5.7.9 当工作间断或分段施工时,衔接处可预留混合料不压实段,人工摊铺时,宜为2m,机械摊铺时,应为10m及以上。当进行后一段施工时,应与前段留下未压实部分一起再进行拌和。

5.7.10 碾压3~4遍后应及时检查标高和路拱,不适之处应及时处理,对局部低洼之处不再进行找平,留待铺筑沥青面层时处理。

5.7.11 在温度较低季节施工,混合料含水量过大,碾压时粘轮严重,不易压实,在这种情况下,可采用间断式碾压方法:即先让表面晾干后进行初压,压至出水粘轮时立即停止碾压,待表面晾干后再加压,如此反复直至碾压密实为止。

5.7.12 钢渣混合料基层施工应避免纵向接缝。当分幅施工时,纵缝应垂直相接,不得斜接。

5.7.13 在有检查井、路缘石等设施的城市道路上碾压钢渣混合料,应配备小型夯、压机具;对大型碾压机械碾压不到或碾压不实之处,应进行人工补压或夯实。

5.7.14 压路机或汽车不得在刚压实或正在碾压的基层上转弯、调头或刹车,以保证其表面平整。

5.8 养 生

5.8.1 压实成型并经检验符合本规程的钢渣混合料道路基层,应保持潮湿状态下养生。养生期的长短应根据环境温度确定,当环境温度在 20°C 以上时,不得少于7d;当环境温度在 $5^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时,不得少于14d。

5.8.2 一般采取洒水养生,水应分次均匀洒布,并应以养生期内保持混合料基层表面湿润为宜,不得有薄层积水。不得用水管直接对基层表面冲水养生。

5.8.3 养生期间除洒水车外,应封闭交通。对个别不能断绝交通的道路,可选用集料含量大的混合料基层,并用乳化沥青养生,乳化沥青用量宜为 $0.6\text{kg}/\text{m}^2\sim 1.0\text{kg}/\text{m}^2$,再撒布5mm~10mm小碎(砾)石后,方可开放交通,并应限制车速和交通量。

5.8.4 在钢渣混合料基层上铺筑沥青面层或其它结构层时,应对基层表面进行一次检查和清扫。发现局部变形、松散和污染,应及时修补清理。

5.9 雨季施工措施

5.9.1 各段土基在雨前做到碾压密实,路槽两侧应开挖临时排水沟,以利排泄积水。因雨造成土基湿软路段,应采取晾晒、换土、掺外掺料等措施进行处理。雨中及雨后土基未干时,严禁车辆在土基上通行。

5.9.2 各种材料堆放场地应选在高处,并做好排水设施(如在料堆周围设置排水沟)。钢渣、粉煤灰宜大堆存放或堆成断面为三角形的长堆,两面拍紧抹光。

5.9.3 混合料要边拌和边摊铺边碾压,作业段的长度应以能做到当日摊铺、当日碾压成型为宜。应避免雨天施工。对于机械路拌及人工拌和,在作业过程中,若碾压前遇雨或将要下雨,不管是否已经拌和,应雨前或冒雨进行临时性碾压,以减少雨水的渗入。雨后,对未拌和的混合料,待翻松晾晒接近最佳含水量时,再进行拌和、整型及碾压,直到压实度达到要求为止。对于已摊铺好、因雨大不能进行初压的混合料,雨后应封闭交通,晾晒至适当含水量后再进行碾压。

6 质量标准与检查验收

6.0.1 施工中应建立、健全工地试验、质量检查及工序间的交接验收等项制度。试验检验应做到原始记录齐全、数据真实可靠。每道工序完成后均应进行检查验收,合格后方可进行下一道工序,凡检验不合格的作业段,必须进行补救处理,使其达到要求。

6.0.2 钢渣混合料基层的质量控制项目、质量标准及检查要求应按表 6.0.2 执行。

6.0.3 原材料、混合料及混合料基层试验(检验)项目及方法可按表 6.0.3 进行。

表 6.0.2 基层质量控制项目、质量标准及检查要求

序 号	项 目	质量标准与允许误差	检查要求
1	钢 渣	应符合 3.1 要求	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品,使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品
2	石 灰	应符合 3.2 要求	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品,以后每月测 2 个样品
3	粉煤灰	应符合 3.3 要求	做材料组成设计前测 2 个样品
4	煤 渣	应符合 3.4 要求	做材料组成设计前测 2 个样品
5	水 泥	应符合 3.5 要求	做材料组成设计和生产使用时测 1 个样品,强度等级变化时重测
6	土	应符合 3.6 要求	对土有怀疑时做此试验
	水	应符合 3.6 要求	对水有怀疑时做此试验
	天然石料	应符合 3.6 要求	做材料组成设计前测 2 个样品,使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品
	其它工业废渣	应符合 3.6 要求	做材料组成设计前测 2 个样品
7	配合比	钢渣用量:±5% 石灰用量: +2%~ -1% 粉煤灰用量:±3% 水泥用量:±1%	每拌和作业段不超过 1000m ² 或每台班检验不得少于 1 次
8	含水量	最佳含水量±1%	据观察,异常时随时试验
9	拌和均匀度	混合料颜色均匀一致,没有粗细颗粒“窝”	随时观察
10	压实度	应符合各类混合料要求(4.2.1 或 4.3.1 或 4.4.1 或 4.5.1)	每碾压作业段不超过 1000m ² 不得少于 1 处
11	混合料抗压强度	应符合各类混合料要求(4.2.1 或 4.3.1 或 4.4.1 或 4.5.1)	取工地每作业段(不超过 1000m ²)拌和好的混合料,在试验室成型试件
12	抗冻性能	应符合 4.4.4 要求	取工地每作业段(不超过 1000m ²)拌和好的混合料,在试验室成型试件
13	纵断高程	应符合《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1 第一册的规定	
14	厚 度		
15	宽 度		
16	横坡度		
17	平整度		

表 6.0.3 原材料、混合料和混合料基层试验(检验)项目及方法

序 号	试验(检验)项目	试验(检验)方法
1	水泥、石灰、粉煤灰、煤渣化学分析	水泥强度按《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 进行,凝结时间按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346 进行,石灰按《建筑石灰试验方法化学分析方法》JC/T 478.2 进行,粉煤灰、煤渣按《水泥化学分析方法》GB/T 176 进行
2	集料筛分试验	按《公路工程集料试验规程》JTJG E42 进行
3	钢渣含水量、堆积密度、表观密度	按《公路工程集料试验规程》JTJG E42 进行
4	钢渣和石料压碎值	按《公路工程集料试验规程》JTJG E42 进行
5	钢渣浸水膨胀率	按附录 B 进行
6	钢渣中金属铁含量	按《钢渣中磁性金属铁含量测定方法》YB/T 4188 进行
7	粉煤灰、土等的含水量	按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 进行
8	石灰、粉煤灰、土等的湿松密度	按《公路工程集料试验规程》JTJG E42 进行(试样不烘干,采用 5 升或 10 升容量筒)
9	石灰的含水量	按《建筑石灰试验方法物理分析方法》JC/T 478.1 进行
10	土的塑性指数和有机质含量	按《公路土工试验规程》JTJG E40 进行
11	混合料击实和抗冻性能试验	按《公路沥青路面设计规范》JTJG D50 进行
12	混合料无侧限抗压强度	按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 进行
13	混合料含水量	按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 进行
14	混合料湿松密度	按《公路工程集料试验规程》JTJG E42 进行(试样不烘干,采用 5 升或 10 升容量筒)
15	混合料基层密度、压实度	按《公路土工试验规程》JTJG E40 进行
16	纵断高程	按《公路工程质量检验评定标准》JTJG F80/1 第一册的规定进行
17	厚 度	
18	宽 度	
19	横坡度	
20	平整度	

附录 A

(规范性附录)

材料用量和加减(水)量计算公式

A.1 层铺法计算公式

$$H = \frac{\rho_d \cdot P \cdot h \cdot (1 + W)}{\rho} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

H ——某种材料的松铺厚度,单位为厘米(cm);

ρ_d ——混合料的最大干密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

h ——混合料基层的压实厚度,单位为厘米(cm);

P ——某种材料占混合料的百分比,单位为百分数(%);

ρ ——某种材料的湿松密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

W ——某种材料的含水量,单位为百分数(%).

A.2 体积法换算公式

$$V_1 : V_2 : \dots : V_i = \frac{P_1 \cdot (1 + W_1)}{\rho_1} : \frac{P_2 \cdot (1 + W_2)}{\rho_2} : \dots : \frac{P_i \cdot (1 + W_i)}{\rho_i} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$V_1, V_2, \dots, V_i$ ——各种材料的体积;

$P_1, P_2, \dots, P_i$ ——各种材料占混合料干质量百分比,单位为百分数(%);

$W_1, W_2, \dots, W_i$ ——各种材料的含水量,单位为百分数(%);

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i$ ——各种材料的湿松密度,单位为千克每立方米(kg/m^3).

A.3 质量法计算公式

$$g = Q \cdot P \cdot (1 + W) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

g ——所需某种材料的湿质量,单位为千克(kg);

Q ——一次拌和混合料的计算干重,单位为千克(kg);

P ——某种材料占混合料的百分比,单位为百分数(%);

W ——某种材料的含水量,单位为百分数(%).

A.4 加(或减)水量计算公式

$$B = \frac{Q}{1 + W} \cdot (W_0 - W) \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

B ——加(或减)水量,“+”号为加水质量,“-”号为减水质量,单位为吨(t);

Q ——混合料湿质量,单位为吨(t);

W_0 ——混合料最佳含水量,单位为百分数(%);

W ——混合料实际含水量,单位为百分数(%).

$$Q = q_1 + q_2 + \dots$$

$$W = \frac{Q}{\left(\frac{q_1}{1+W_1} + \frac{q_2}{1+W_2} + \dots \right)} - 1$$

式中:

$q_1, q_2, \dots$ ——各种原材料湿质量,单位为吨(t);

$W_1, W_2, \dots$ ——各种原材料含水量,单位为百分数(%)。

附 录 B
(规范性附录)
钢渣浸水膨胀率测定方法

B.1 适用范围

本方法适用于筑路用钢渣安定性的检验。

B.2 仪器设备**B.2.1 台秤**

台秤的称量 20kg,感量 10g。

B.2.2 土工击实试验设备

包括:内径 152mm、高 170mm 的金属圆筒试模;高 50mm 的套筒;直径 151mm、高 50mm 的筒内垫块;底座;击实仪等。击实锤的底面直径 50mm,总质量 4.5kg。击锤在导管内的总行程为 450mm。

B.2.3 多孔底座

两侧带支架,中间多孔板布满 2mm 的圆孔。

B.2.4 多孔顶板

直径 148mm,布满 2mm 的圆孔,黄铜制,中心孔带螺纹,供安装百分表架及百分表。

B.2.5 恒温水浴

能同时放置不少于 3 个试模,持续保持水温 $(80\pm 3)^{\circ}\text{C}$ 6h 以上。

B.2.6 半圆形荷载板

每个 1.25kg。

B.2.7 百分表及百分表架

百分表精度为 0.01mm。

B.2.8 烘箱

可控温在 $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

B.2.9 滤纸

直径 152mm。

B.2.10 刮刀**B.3 试样的准备**

B.3.1 钢渣取样应具有代表性,采取能够代表整个批量品质的样品。按四分法缩分至试验所需量,烘干,破碎至全部通过 31.5mm 方孔筛备用。

B.3.2 进行浸水膨胀率试验的钢渣样品应是经过 31.5mm、26.5mm、13.2mm、4.75mm、2.36mm、0.3mm 及 0.075mm 的方孔筛筛选的材料,其粒径分布见表 B.1。若钢渣样品最大粒径小于 31.5mm,用于浸水膨胀率试验钢渣样品的粒径分布应满足表 B.1 中钢渣试样最大粒径以下粒径分布的要求。

表 B.1 粒径分布

筛孔尺寸(mm)	31.5	26.5	13.2	4.75	2.36	0.3	0.075
通过质量百分率(%)	100	97.5	70	47.3	35	20	6

B.4 试验步骤

B.4.1 按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 中的击实试验方法进行重型击实试验,确定最佳含水率和最大干密度。

B.4.2 按表 B.1 粒径分布要求称取 3 份钢渣,每份 7kg,按最佳含水率加水,充分拌和均匀,配制 3 个钢

渣试样放在密闭的容器内保存 24h。

B.4.3 在试模内装入垫块,铺上滤纸,按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ 057 中的击实试验方法进行重型击实成型,击实完成后取下套筒,用刮刀刮出多余钢渣,用细料补齐找平试件表面,铺上滤纸,盖上多孔底座。将试模连同多孔底座一起倒置,取走垫块。再次垫上滤纸,装上多孔顶板,擦净试模外部。

B.4.4 在多孔顶板上压 4 块半圆形荷载板,共重 5kg。其上安装测定浸水膨胀率用的百分表架及百分表。百分表应对准中央触点并保持竖直状态。

B.4.5 将试模放进恒温水浴槽中,试模应全部浸没水中,立即读取百分表的初读数 d_0 ,精确至 0.01mm。

B.4.6 开始加热至 $(80 \pm 3)^\circ\text{C}$ 后保持 6h,停止加热并自然冷却,作为一次循环。每日在相同时间加热及自然冷却一次,持续进行 10 日。

B.4.7 每次循环后,再加热前读取百分表读数 d_i ,精确至 0.01mm。循环 10 次后读取百分表终读数 d_{10} 。结束试验,拆除试验装置。

B.5 结果计算

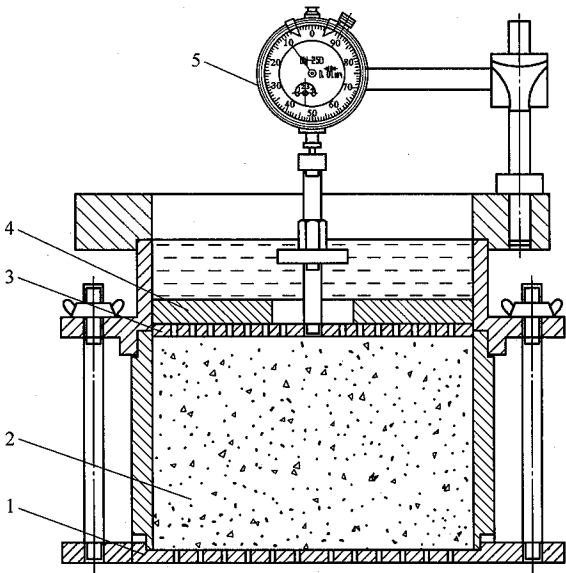
钢渣的浸水膨胀率按式(B.1)计算:

$$\gamma = \frac{d_{10} - d_0}{120} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

- γ ——钢渣试样浸水膨胀率,%;
- d_{10} ——百分表的终读数,单位为毫米(mm);
- d_0 ——百分表的初读数,单位为毫米(mm);
- 120——钢渣试样的原始高度,单位为毫米(mm)。

浸水膨胀率取 3 个平行试验的平均值作为试验结果,精确至 0.1%。



- 1——多孔底座;
- 2——钢渣;
- 3——多孔顶板;
- 4——半圆形荷载板;
- 5——百分表。

图 B.1 钢渣浸水膨胀率测定装置示意图

中华人民共和国黑色冶金行业标准

钢渣混合料路面基层施工技术规范

YB/T 4184—2009

条文说明

1 总 则

1.0.1 由于钢渣混合料具有水硬性、强度高、且强度随龄期不断增加等优点,在道路施工中均可采用钢渣配制混合料,提高路面质量。目前国内钢渣混合料的使用已很普遍,并取得了大量的研究成果和应用经验,为了使钢渣混合料使用更加科学合理、有章可循,特制定本规程,以利于钢渣混合料得到更广泛可靠的应用。

1.0.2 钢渣混合料是一种性能优良的半刚性基层材料,适合于修筑各种道路的基层和底基层。

2 术 语

2.0.3 钢渣混合料

钢渣混合料使用原材料较多,无机结合料有:水泥、石灰和粉煤灰等,集料有钢渣、天然石料和土等。根据无机结合料类型,将钢渣混合料分为四类。第一类为水泥稳定钢渣混合料,无机结合料为水泥,集料为钢渣或土,包括水泥稳定钢渣混合料和水泥稳定钢渣土混合料;第二类为水泥粉煤灰稳定钢渣混合料,无机结合料为水泥和粉煤灰,集料为钢渣;第三类为石灰粉煤灰稳定钢渣混合料,无机结合料为石灰和粉煤灰,集料为钢渣或煤渣,包括石灰煤渣稳定钢渣混合料、粉煤灰稳定钢渣混合料和石灰粉煤灰稳定钢渣混合料;第四类为石灰稳定钢渣混合料,无机结合料为石灰,集料为钢渣或土,包括石灰稳定钢渣混合料、石灰钢渣稳定土混合料和钢渣稳定土混合料。

3 原材料

3.1 钢渣

3.1.1 将钢渣安定性检验方法由粉化率改为浸水膨胀率。此次修订参照日本《筑路用钢铁炉渣》(JIS A5015—1992)中的钢渣浸水膨胀率试验方法来评价其体积安定性。另外我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)也参照日本标准将浸水膨胀率试验方法作为评价钢渣作沥青混凝土集料的体积安定性。浸水膨胀率的技术指标与日本《道路用钢铁炉渣》(JIS A5015—1992)标准和《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)保持一致,均为 2.0%。

3.1.2 对用于不同等级道路基层和底基层钢渣的压碎值指标及最大粒径进行了规定。由于用于基层和底基层集料的压碎值指标和最大粒径有所不同,参照《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034)中有关规定,分别就高等级道路和其它等级道路基层及底基层的压碎值指标及最大粒径做了调整。

3.1.3 未经处理的钢渣中一般含有约 10%的金属铁,若不经处理直接用于筑路不仅会造成浪费,而且金属铁日后的生锈亦会带来体积安定性不良等问题,现在的钢渣处理加工工艺一般均对钢渣进行磁选除铁,能够保证尾渣中的金属铁含量低于 2.0%。

3.1.4 钢渣中由于含有多种含铁矿物,其密度比天然碎石大,在计算用量时应注意。

3.2 石灰

3.2.1 磨细的生石灰粉活性较好,对钢渣或粉煤灰的激发作用明显,可优先采用。

3.2.2 根据生石灰粉(《建筑生石灰粉》JC/T 480)和消石灰粉(《建筑消石灰粉》JC/T 481)中有关合格品的技术要求,规定了筑路用石灰的 CaO 和 MgO 含量及细度。

3.2.3 由于未磨细的生石灰反应缓慢,未能起到激发粉煤灰的作用,因此在使用生石灰时,必须磨细。

3.2.4 在使用石灰类工业废料时,规定其应符合 3.2.2 的技术要求。还特别强调严禁采用含有有害物质的石灰类工业废料。

3.3 粉煤灰

3.3.1 粉煤灰的技术要求参照有关公路规范制定。由于 C 类粉煤灰(由褐煤或次烟煤煅烧收集的粉煤灰,其氧化钙含量一般大于 10%)含钙量较高,可能存在体积安定性不良,因此规定 C 类粉煤灰的安定性应符合有关高钙粉煤灰的安定性要求。

3.3.2 粉煤灰的含水量过大时,颗粒会凝聚成团。因此规定其含水量不宜超过 35%。新排放和陈年堆积的粉煤灰化学成分变化很小,在拌制钢渣混合料时强度没有显著差别,因此规定新排放和陈年堆放的粉煤灰均可使用。

3.6 其它材料

3.6.3 参照《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)第 5 章“石灰工业废渣稳定土”中的规定对土块的最大粒径及有机质含量作了适当限制。

4 混 合 料

4.1 一般规定

4.1.2 研究和工程实践表明,集料在混合料中的分布状态与材料性能有密切关系。参照有关公路规范中半刚性基层材料的要求将钢渣混合料分为均匀密实型、骨架密实型、骨架空隙型和悬浮密实型四种结构类型。

均匀密实型主要指无机结合料稳定细粒料。

判定悬浮密实型、骨架密实型和骨架空隙型这三种结构类型,主要是根据粗集料经压实后,粗颗粒间空隙体积与压实后起填充作用的细料体积之间的关系。悬浮密实型混合料中细粒的压实体积应大于粗集料形成的空隙体积,即粗集料在压实混合料中处于“悬浮状态”;骨架密实型混合料中细粒的压实体积应“临界”于粗集料形成的空隙体积,粗集料在压实混合料中有一定“骨架作用”;骨架空隙型混合料中细粒的压实体积则小于粗集料形成的空隙体积,压实混合料中形成“骨架”的粗集料之间有一定的空隙。

4.1.3 对不同结构类型的钢渣混合料规定其适用条件。

4.1.4 《公路路面基层材料试验规程》已废除,被《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057)代替,钢渣混合料的最佳含水量与最大干密度试验方法按《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057)进行。

本规程推荐采用振动法成型钢渣混合料的无侧限抗压强度试件,采用振动法成型进行配合比设计可减少水泥用量,因同样水泥用量其强度明显高于击实法成型;振动法成型与现场压实工艺更为接近,故用振动法成型更符合实际。

4.2 水泥稳定钢渣混合料

4.2.1 水泥稳定钢渣混合料早期强度较高,但也容易出现早期开裂现象,因此本规程规定 7d 抗压强度为一个范围,同时,根据不同的交通等级规定不同的抗压强度范围。规定水泥的最大剂量不应超过 6%。

4.2.2 现代交通对集料级配要求越来越高,正由早期追求密实度的悬浮密实型向骨架密实型转变。参照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006),分别给出了悬浮密实型和骨架密实型结构的集料级配范围。

4.3~4.5

均参照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)而制定。

5 施 工

5.4 含水量要求

钢渣混合料的加水量对压实度影响很大,为保证钢渣混合料的压实度,应尽量使其实际含水量接近最佳含水量,对加水方式、加(或减)水量等做了规定。

5.5 拌和

5.5.1~5.5.3 对钢渣混合料的人工拌和、机械路拌和机械厂拌的工艺流程做了更详细的规定。

5.5.5 为了提高钢渣混合料拌和质量,规定“拌和均匀的混合料中不应有大于 15mm 的土团粒和大于 10mm 的石灰或粉煤灰团粒以及大于本规程 3.1.1 中规定最大粒径的钢渣”。

附 录 B

(规范性附录)

钢渣浸水膨胀率测定方法

为准确评价钢渣的体积安定性,参照日本《筑路用钢铁炉渣》JISA 5015—1992 标准中的规定将浸水膨胀率作为钢渣体积安定性的检验方法。浸水膨胀率的试验过程与路面基层施工过程相似,均是将钢渣逐层压实,更能反映钢渣混合料时的实际情况。另外我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中也采用浸水膨胀率作为评价钢渣作沥青混凝土集料的体积安定性。

中华人民共和国黑色冶金
行 业 标 准
钢渣混合料路面基层施工技术规范
YB/T 4184—2009

*

冶金工业出版社出版发行
北京北河沿大街嵩祝院北巷39号
邮政编码:100009
北京兴华印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 62 千字
2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月第一次印刷

*

统一书号:155024·266 定价:45.00 元