

公路砂岩集料路面基层施工技术规范

2024 - 09 - 03 发布

2024 - 12 - 03 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原材料 2

5 混合料配合比设计 4

6 施工 5

7 质量管理预验收 6

附录 A（规范性）砂岩粗集料浸水压碎值试验方法..... 8

附录 B（规范性）砂岩粗集料冻融质量损失率试验方法..... 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西路桥建设集团有限公司、山西昔榆高速公路有限公司、武汉理工大学、长治市武理工工程技术研究院。

本文件主要起草人：温郁斌、高鹏、魏杰、贾坚华、梁新春、陈潇、宋庆瑞、周明凯、王宇强、郭子强、张永刚、闫鹏、成治纲、田智娟、王永岗、苗秋福、张正峰、任晓凯、杜丰裕。

公路砂岩集料路面基层施工技术规范

1 范围

本文件规定了砂岩集料在公路路面基层中应用的术语和定义、原材料、混合料配合比设计、施工、质量管理与验收等相关要求。

本文件适用于各等级公路基层、底基层，其他道路可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 35162 道路基层用缓凝硅酸盐水泥
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JT/T 994 公路工程 路面基层稳定用水泥
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG 3431 公路工程岩石试验规程
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

砂岩

主要由含量大于50%，粒径0.05mm～2mm的陆源碎屑颗粒组成的碎屑岩。

3.2

砂岩粗集料

砂岩经破碎筛分制备的粒径大于4.75mm的碎石。

3.3

砂岩细集料

砂岩经破碎筛分制备的粒径小于4.75mm的石屑，以及砂岩粗集料经制砂机制备的小于4.75mm的机制砂。

3.4

水泥稳定砂岩集料混合料

以水泥为结合料，以砂岩集料为主要被稳定材料，通过加水拌和形成的混合料。

3.5

水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料

以水泥和粉煤灰为结合料，以砂岩集料为主要被稳定材料，通过加水拌和形成的混合料。

4 原材料

4.1 水泥

水泥宜采用强度等级为32.5或者42.5，且初凝时间>3h、终凝时间6h~10h的水泥，所用水泥除凝结时间外，其他指标应满足GB 175的要求，也可采用满足GB/T 35162或JT/T 994要求的水泥。

4.2 粉煤灰

粉煤灰应满足JTG/T F20的要求。

4.3 砂岩母岩

4.3.1 砂岩母岩取用前应先人工或机械清除表面覆盖的土层或风化层。

4.3.2 砂岩母岩应致密无黏土夹层，并应满足表1的技术要求。

表1 砂岩母岩技术要求

指标	层位	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
		极重、特重交通	重、中、轻交通		
单轴饱水抗压强度 /MPa	基层	≥60	≥50	≥45	JTG 3431-T0221
	底基层	≥45	≥45	≥45	
耐崩解性指数/%	基层	≥98	≥96	≥96	JTG 3431-T0207
	底基层	≥96	≥96		

4.4 砂岩集料制备

4.4.1 应按照二级破碎再筛分工艺将砂岩母岩加工成砂岩粗集料和砂岩石屑。一级破应为颚式破碎机，二级破应为反击式破碎机，入一级破前振动喂料机的筛条间距不宜小于75mm，筛网的筛孔尺寸按JTG/T F20相关要求设置。

4.4.2 砂岩石屑不合格时，宜选用砂岩机制砂作细集料。

4.5 砂岩粗集料

4.5.1 砂岩粗集料规格应满足表2的技术要求。

表2 粗集料规格要求

工程粒径 (mm)	通过下列方孔筛(mm)质量百分率								
	53	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36
20~40	100	90~100	—	—	0~10	0~5	—	—	—
20~30	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—	—	—
10~30	—	100	90~100	—	—	—	0~10	0~5	—
10~20	—	—	—	100	90~100	—	0~10	0~5	—
5~10	—	—	—	—	—	100	90~100	0~10	0~5

4.5.2 砂岩粗集料物理力学性能应满足表3的技术要求。砂岩粗集料某一档集料针片状含量或者吸水率不满足表3要求时，应采用满足表2和表3要求的其他岩性粗集料全部代替该档集料。

表3 粗集料技术要求

指标	层位	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
		极重、特重交通	重、中、轻交通		
压碎值/%	基层	≤22	≤25	≤32	JTG 3432
	底基层	≤28	≤30	≤35	
浸水压碎值/%	基层	≤22	≤25	≤34	附录A
	底基层	≤28	≤30	≤36	
冻融质量损失率/%	基层	≤1	≤2	≤4	附录B
	底基层	≤2	≤3	≤5	
针片状颗粒含量/%	基层	≤18	≤22	—	JTG 3432
	底基层	≤20	≤22	—	
吸水率/%	基层	≤2.0	≤2.5	≤3.0	JTG 3432
	底基层	≤2.5	≤2.5	≤3.0	

4.5.3 砂岩粗集料材料分档应符合 JTG/T F20 的规定。

4.6 砂岩细集料

4.6.1 砂岩细集料规格应满足表 4 的要求。

表4 细集料规格要求

公称粒径 (mm)	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率/%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0~4.75	100	90~100	/	/	/	/	/	0~24

4.6.2 砂岩细集料物理力学性能应满足表 5 的技术要求。

表5 细集料技术要求

指标	层位		高速公路和一级公路	二级及二级以下公路	试验方法
压碎值/%	基层		≤25	≤25	JTG 3432-T0316
	底基层		≤25	≤30	
≤0.075mm含量 /%	基层	当亚甲蓝值<4时	≤18	≤22	JTG 3432-T0349
		当亚甲蓝值≥4且≤7时	≤14	≤18	
		当亚甲蓝值≥7且≤9时	≤10	≤14	
		当亚甲蓝值≥10时	不可用	不可用	
	底基层	当亚甲蓝值≤4时	≤20	≤24	
		当亚甲蓝值≥4且≤7时	≤16	≤20	
		当亚甲蓝值≥7且≤9时	≤12	≤16	
		当亚甲蓝值≥10时	不可用	不可用	

4.6.3 砂岩细集料不满足表 4 或表 5 要求时，可与其他集料掺配使用，掺配后细集料应符合表 4 和表 5 的规定。

4.7 拌和用水

拌和用水应满足JGJ 63的要求。

5 混合料配合比设计

5.1 水泥稳定砂岩集料混合料技术要求

5.1.1 砂岩集料合成级配宜符合下列规定：

- a) 用于高速公路与一级公路的基层、底基层时，级配宜符合表 6 中 C-1 或 C-2 的规定。
- b) 用于二级公路的基层时，级配宜符合表 6 中 C-1 或 C-2 规定；用于二级公路的底基层时，级配宜符合 C-3 或 C-4 规定。
- c) 用于二级以下公路的基层、底基层时，级配宜符合表 6 中 C-3 或 C-4 的规定。

表6 水泥稳定砂岩集料混合料的推荐级配范围

筛孔尺寸(mm)	C-1	C-2	C-3	C-4
37.5	—	—	100	—
31.5	100	—	100~90	100
26.5	100~90	100	94~81	100~90
19	86~76	86~68	83~67	87~73
16	79~73	79~73	78~61	82~65
9.5	62~46	68~53	64~45	66~47
4.75	38~28	36~26	38~28	40~28
2.36	31~22	28~16	36~19	36~19
0.6	15~8	15~8	19~8	19~8
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2

5.1.2 水泥稳定砂岩集料混合料的 7d 无侧限抗压强度应符合表 7 的规定。

表7 水泥稳定砂岩集料混合料的 7d 龄期无侧限抗压强度标准 Rd（MPa）

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通	试验方法
基层	高速公路和一级公路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0	JTG 3441—T0805
	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0	
底基层	高速公路和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0	
	二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	2.0~3.0	
注1：公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取上限强度标准。					
注2：表中强度标准指的是7d龄期无侧限抗压强度的代表值。					

5.1.3 水泥稳定砂岩集料混合料 28d 冻融残留抗压强度比应符合表 8 的要求。

表8 水泥稳定砂岩集料混合料的 28d 冻融残留抗压强度比标准

结构层	公路等级	技术要求	试验方法
基层	高速公路和一级公路	≥90%	JTG 3441—T0857
	二级及二级以下公路	≥85%	
底基层	高速公路和一级公路	≥85%	JTG 3441—T0857
	二级及二级以下公路	≥80%	

5.1.4 水泥稳定砂岩集料混合料的水泥剂量不宜低于 3%。

5.2 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料技术要求

- 5.2.1 砂岩集料合成级配宜符合下列规定：
- a) 用于高速公路与一级公路的基层、底基层时，级配宜符合表 9 中 CF-1 或 CF-2 的规定。
 - b) 用于二级公路的基层时，级配宜符合表 9 中 CF-1 或 CF-2 规定，用于二级公路的底基层时，级配宜符合表 9 中 CF-3 或 CF-4 规定。
 - c) 用于二级以下公路的基层、底基层时，级配宜符合表 9 中 CF-3 或 CF-4 的规定。

表9 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料的推荐级配范围 (%)

筛孔尺寸(mm)	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	
	CF-1	CF-2	CF-3	CF-4
37.5	—	—	100	—
31.5	100	—	100~90	100
26.5	95~90	100	93~80	100~90
19	84~72	88~79	81~64	86~70
16	79~65	82~70	75~57	79~62
9.5	62~47	64~49	60~40	62~42
4.75	36~26	36~26	40~26	40~26
2.36	28~19	28~19	31~16	31~16
0.6	14~8	14~8	15~7	15~7
0.075	5~2	5~2	5~2	5~2

5.2.2 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料的 7d 无侧限抗压强度应符合表 10 的规定。

表10 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料的 7d 龄期无侧限抗压强度标准 Rd（MPa）

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通	试验方法
基层	高速公路和一级公路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0	JTG 3441—T0805
	二级及二级以下公路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5	
底基层	高速公路和一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5	
	二级及二级以下公路	2.0~3.0	2.0~2.5	1.5~2.0	
注1：公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取上限强度标准。					
注2：表中强度标准指的是7d龄期无侧限抗压强度的代表值。					

- 5.2.3 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料 28d 冻融残留抗压强度比应符合表 8 的要求。
- 5.2.4 水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料应采用质量比计算，以水泥：粉煤灰：被稳定材料的质量比表示，水泥剂量不应低于 3%，粉煤灰掺量宜为 3%~6%，水泥粉煤灰的质量比例宜为 1:1~1:2。

6 施工

6.1 拌和

水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料的拌和应符合JTG/T F20的有关规定。

6.2 摊铺与碾压

- 6.2.1 水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料的松铺系数、摊铺密实度可参考水泥稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石的松铺系数、摊铺密实度，并经过试验段铺设确定。
- 6.2.2 摊铺机宜设置锁链或者橡胶挡板，双机并行摊铺搭接不宜小于 10cm，以防止摊铺离析。

6.2.3 水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料的压实度标准应符合表 11 的规定。

表11 水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料压实度标准（%）

公路等级	结构层次	水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料
高速公路和一级公路	基层	≥98
	底基层	≥98
二级及二级以下公路	基层	≥97
	底基层	≥96

6.2.4 水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料的碾压工艺参考 JTG/T F20 中无机结合料稳定粗粒材料的碾压工艺，并经过试验段铺设确定。

6.3 养生与交通管制

6.3.1 水泥稳定砂岩集料混合料养生期不应少于 7d，水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料的养生期不应少于 10d，即可铺筑上层结构层；若上层结构层不能及时铺筑，应持续养生至上层结构层铺筑前 2 天。

6.3.2 在养生期内，除洒水车外其他车辆禁止通行，因施工需要在未铺筑上层结构层之前通行车辆时，应有专人指挥。

6.4 铺筑试验段

6.4.1 正式施工前，应铺筑不少于 200m 试验段。

6.4.2 施工设备、施工组织及施工关键参数应通过试验段确定。

7 质量管理预验收

7.1 施工过程检测

7.1.1 原材料入场检测

砂岩粗集料及其他粗集料应按表12所列项目和要求检测，砂岩细集料及其他细集料应按表13所列项目和要求检测，检测结果应满足本文件或具体工程的技术要求。

表12 粗集料检测项目要求

检测项目	频度	技术要求	试验方法
含水率	每天使用前测试2个样品	实测值	JTG 3432
级配	每档粗集料使用前测2个样品，使用过程中每2000m³测2个样品	符合表2要求	
压碎值	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表3要求	
针片状颗粒含量	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表3要求	JTG 3432
吸水率	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表3要求	
浸水压碎值	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表3要求	附录A
冻融质量损失率	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表3要求	附录B

表13 细集料检测项目要求

试验项目	频度	技术要求	试验方法
含水率	每天使用前测试2个样品	实测值	JTG 3432
级配	使用前测2个样品，使用过程中每2000m³测2个样品	符合表4要求	
0.075mm以下含量	使用前测2个样品，使用过程中每2000m³测2个样品	符合表5要求	
压碎值	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表5要求	
塑性指数	使用前测2个样品，种类变化重测2个样品	符合表5要求	

7.1.2 混合料出场检测

水泥（粉煤灰）稳定砂岩集料混合料，应按表14所列项目和要求检测评定。

表14 混合料检测项目要求

项目	检查频次	技术要求
混合料级配	每3000t1次	4.75mm、9.5mm、19mm筛孔通过率与设计通过率差值为-3%~3%
含水率	每3000t1次	拌和时，高于最佳含水量0.5%~1.0%；
水泥剂量	每3000t1次	高于设计值0%~0.5%
7d无侧限抗压强度	每3000t1组	不低于设计值

7.1.3 摊铺与压实检测

摊铺与压实过程应按表15所列项目和要求检测。

表15 摊铺与压实检测项目要求

项目	频度	技术要求
摊铺目测	随时	目测含水、离析情况
碾压目测	随时	目测碾压工艺与次数是否合理
压实度	每一作业段检查6次以上或每200米每车道2处	符合表11要求

7.1.4 外观与钻芯检测

7.1.4.1 外观检测的频度与技术要求按照 JTG/T F20 相关要求进行。

7.1.4.2 水泥稳定砂岩集料混合料在 7d 龄期钻芯，水泥粉煤灰稳定砂岩集料混合料在 10d~14d 龄期钻芯。钻芯频度为每一作业段不少于 9 个，设计强度低于 3.0MPa 的应取出完整芯样，设计强度大于 3MPa 的应检测芯样强度。

7.2 质量检查与验收

水泥（粉煤灰）稳定砂岩混合料砂岩集料路面基层施工质量检查与验收应满足JTG/T F20、JTG F80/1的相关要求。

附 录 A
(规范性)
砂岩粗集料浸水压碎值试验方法

A.1 目的

浸水压碎值用于评价砂岩粗集料在浸水饱和状态下抵抗压碎的能力。

A.2 仪器与材料

A.2.1 粗集料压碎值试验仪:由内径150mm、两端开口的钢制圆形试筒、压柱和底板组成,一套。

A.2.2 金属棒:直径16mm±1mm,长600mm±5mm,一端加工成半球形。

A.2.3 天平:称量不小于5kg,感量不大于1g。

A.2.4 标准筛:筛孔尺寸13.2mm、9.5mm和2.36mm方孔筛各一个。

A.2.5 托盘:不锈钢托盘,尺寸不小于40cm×60cm,三个。

A.2.6 压力机:500kN,应能在10min内达到400kN。

A.2.7 烘箱:能使温度控制在105℃±5℃。

A.3 试验准备

A.3.1 将砂岩粗集料试样用9.5mm和13.2mm实验筛充分过筛,取9.5mm~13.2mm粒级缩分至约3000g试样四份。

A.3.2 将上述试样放入容器中加水至水面没过20mm以上,浸水2h后,用拧干的湿毛巾将颗粒表面的水分轻轻拭干,制成浸水饱和试样。

A.3.3 取其中一份浸水饱和试样,置于105℃±5℃中烘干至恒重,测定含水率,记为 w 。

A.4 试验步骤

A.4.1 将压碎值试验仪试筒安放在底板上。

A.4.2 采用金属筒法确定石料装料量,具体为:将浸水饱和试样分3次(每次数量大体相同)均匀装入金属筒中,每次均将试样表面整平,用金属棒的半球面端从石料表面上均匀捣实25次。最后用金属棒作为直刮刀将表面仔细整平,称取试样质量计为 m_1 。以相同质量的试样进行浸水压碎值的平行试验。

A.4.3 将试样装入压碎值试模中,然后将试模放到压力机上,上下对中后开动压力机,均匀地施加荷载,在10min左右的时间内达到总荷载400kN,稳压5s,然后卸荷。

A.4.4 将试模从压力机上取下,取出试样倒在托盘,用2.36mm方孔筛通过水筛法将压碎的全部湿试样筛至1min内无明显的筛出物为止。

A.4.5 将2.36mm方孔筛筛上的集料置于在105℃±5℃的烘箱中烘干至恒重,采用天平测定质量,准确至1g,记为 m_2 。

A.4.6 每个样品平行试验3次。

A.5 计算

砂岩粗集料浸水压碎值按式(A.1)计算,精确至0.1%。

$$Q = \frac{m_1 - m_2(1 + \omega)}{m_1} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

- Q ——浸水压碎值 (%)；
- m_1 ——装满金属筒的饱和试样质量 (g)；
- m_2 ——试验后2. 36mm方孔筛筛上集料质量 (g)；
- ω ——含水率。

以3个试样平行试验结果的算术平均值作为浸水压碎值的测定值，精确至1%，重复性试验的允许误差为平均值的10%。

附 录 B
(规范性)

砂岩粗集料冻融质量损失率试验方法

B.1 目的

冻融质量损失率用来评价砂岩粗集料在浸水饱和状态下经受规定次数的冻融循环后抵抗破坏的能力。

B.2 仪器与材料

- B.2.1 低温试验箱：温度能控制在-15℃到-20℃。
- B.2.2 天平：感量不大于1g，称量大于5000g。
- B.2.3 标准筛：筛孔尺寸13.2mm、9.5mm方孔筛各一个。
- B.2.4 烘箱：能使温度控制在105℃±5℃。

B.3 试验准备

- B.3.1 将砂岩粗集料试样用9.5mm和13.2mm实验筛充分过筛，取9.5mm~13.2mm粒级缩分至约3000g试样三份。
- B.3.2 将上述试样放入容器中加水至水面没过20mm以上，浸水2h后，用拧干的湿毛巾将颗粒表面的水分轻轻拭干，制成浸水饱和试样。

B.4 试验步骤

- B.4.1 将浸水饱和试样放入温度为-15℃的低温试验箱中，冻结4h后取出，放入20℃±2℃的水中融化4h，如此反复冻融至规定次数为止。冻融次数规定为：在严寒地区（最冷月平均温度≤-10℃或日平均温度≤5℃的天数≥145天的地区）为10次；在寒冷地区（最冷月平均温度满足-10℃~0℃，日平均温度≤5℃的天数为90~145天的地区）为5次。
- B.4.2 冻融结束后，用9.5mm方孔筛通过水筛法将全部试样筛至1min内无明显的筛出物为止。
- B.4.3 将筛上集料在105℃±5℃烘箱中烘干至恒重，采用天平称取质量(m_1)，准确至1g。

B.5 计算

按式B.1计算冻融质量损失率，精确至0.1%。

$$Y = \frac{3000 - m_1}{3000} \times 100 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- Y——冻融质量损失率(%)；
- m_1 ——试验后 9.5mm 方孔筛筛上集料质量(g)。

以3个试样平行试验结果的算术平均值作为冻融质量损失率的测定值，精确至1%，重复性试验的允许误差为平均值的10%。