

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

拜耳赤泥基胶凝材料路用技术规程

Technical specification for road use of Bayer red mud based cementitious
materials

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	2
4.1 一般规定	2
4.2 集料	2
4.3 激发剂	3
4.4 赤泥基胶凝材料	3
5 混合料组成设计	4
5.1 一般规定	4
5.2 强度要求	4
5.3 混合料推荐级配范围及技术要求	4
5.4 目标配合比设计要求	5
5.5 混合料设计与生产设计要求	5
5.6 生产配合比验证	5
6 施工	5
6.1 一般规定	5
6.2 施工准备	5
6.3 混合料的生产与运输	6
6.4 混合料的摊铺	6
6.5 混合料的碾压	7
6.6 接缝处理	8
6.7 试验段的铺筑	8
7 养护、交通管制、层间处理及其他规定	9
7.1 一般规定	9
7.2 养护方式	9
7.3 交通管制	9
7.4 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料层之间的处理	10
7.5 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料层降水处理	10
7.6 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层与沥青面层之间的处理	10
7.7 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层防范收缩裂缝方法	11
8 施工质量标准与控制	11
8.1 一般规定	11
8.2 材料的标准试验	11
8.3 质量管理	12
8.4 检查验收	13
附录 A（规范性） 环保特性测试方法	14
附录 B（规范性） 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中赤泥基胶凝材料剂量测定方法（Fe ₂ O ₃ 的滴定方法）	15
图 1 运输车装料示意图	6

表 1 集料技术要求	3
表 2 赤泥基胶凝材料质量要求	3
表 3 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的压实度及 7d 无侧限抗压强度要求	4
表 4 骨架密实赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料级配范围	5
表 5 赤泥基胶凝材料稳定碎石上、中基层试验路施工碾压方式及组合	7
表 6 赤泥基胶凝材料稳定碎石下基层试验路施工碾压方式及组合	7
表 7 赤泥基胶凝材料稳定碎石底基层试验路施工碾压方式及组合	8
表 8 不同粒径碎石不同热沥青的洒布量	10
表 9 基层和底基层用原材料试验项目和要求	11
表 10 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的检查频度和质量要求	12
表 11 外形尺寸检查项目、频度和质量标准	12
表 12 质量控制的项目、频度和质量标准	12

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：山东高速集团有限公司、山东大学等。

本文件主要起草人：左志武、李召峰、王川、张健、马川义、林春金、张宁等。

拜耳赤泥基胶凝材料路用技术规程

1 范围

本文件规定了拜耳赤泥基胶凝材料路用材料、混合料组成设计、施工、养护、交通管制、层间处理及其他规定、施工质量管理与检查验收等内容。

本文件适用于各等级公路与城市道路新建及改扩建工程的赤泥基胶凝材料稳定碎石基层、底基层设计与施工，养护大中修工程可参照执行。

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/T 209 工业用氢氧化钠
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 4209 工业硅酸钠
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB 8076-2008 混凝土外加剂
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 15555.12 固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 18046-2017 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 21371-2019 用于水泥中的工业副产石膏
- GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG 3430 公路土工试验规程
- DB37/T 3577 水泥稳定碎石基层施工技术规范

3 术语和定义

3.1

拜耳赤泥 bayer red mud

采用拜耳法生产氧化铝后排放的固体废物，主要化学成分为 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 等。

3.2

激发剂 stimulants

以能激发拜耳赤泥、矿渣粉等固废材料潜在胶凝活性的碱金属为主组成的物质。

3.3

赤泥基胶凝材料 bayer red mud based cementitious material

以拜耳赤泥为主体，协同粒化高炉矿渣、粉煤灰、脱硫石膏、钢渣、尾矿等一种或多种固体废弃物，经加工粉磨后的复合粉体材料，其中，赤泥占粉体质量的百分比不低于40%。其与水、胶结剂、外加剂等组分按一定比例配合，通过水化-无机聚合反应凝结硬化产生机械强度。

3.4

赤泥基胶凝材料结石体 calculus body

硬化后的赤泥基胶凝材料浆体，称为赤泥基胶凝材料结石体，是由胶凝体、未水化的赤泥基胶凝材料颗粒内核、毛细孔等组成的非均质体。

3.5

赤泥基胶凝材料稳定碎石材料 red mud-based cementitious material stabilized gravel

以赤泥基胶凝材料为结合料，通过加水与集料共同拌合形成的混合料。

3.6

赤泥基胶凝材料稳定碎石基层 red mud-based cementitious material stabilized crushed stone base

采用赤泥基胶凝材料稳定碎石材料铺筑的基层。

3.7

赤泥有害物质的浸出 leaching of harmful substances in red mud

赤泥有害物质的浸出是指赤泥按规定的浸出方法所得到的浸出液中，有害物质浓度超过规定值，从而会对环境造成污染的特性。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 在原材料试验评定中，应随机选取不少于3组的样本进行材料试验。

4.1.2 在施工过程中，材料品质或规格发生变化、赤泥基胶凝材料品种发生变化时，应重新进行原材料质量检测与组成设计，赤泥基胶凝材料碱含量应小于12%。

4.1.3 严把材料准入关，坚决杜绝不合格材料入场，原材料进场需严格按照规定频率进行质量检验。

4.1.4 赤泥基稳定碎石材料在应用于路基铺筑之前，其环保控制指标应符合相关规定，重金属浸出浓度要优于现行GB/T 14848中的地下水质量分类标准类。赤泥基稳定碎石材料浸出液的主要污染物含量要优于现行GB 8978中的一级排放标准。

4.1.5 不同品种、标号和不同生产日期的赤泥基胶凝材料应分别堆放，不得混装，同时注意防潮；存放，集料的仓库，应注意干燥，不得有漏雨、渗水的情况。

4.2 集料

4.2.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中的集料是经过人工轧制的各种尺寸的碎石，高等级公路赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料应控制集料颗粒最大粒径不超过31.5mm。

4.2.2 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中的碎石，应洁净、干燥，并具有足够的强度和耐磨耗性，其颗粒形状应具有棱角，接近立方体。

4.2.3 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料应采用不少于4个等级公称粒径备料。推荐分级至少为：0~5mm、5~10mm、10~20mm、20~30mm四种规格，条件具备的可将0~5mm进一步分为0~3mm和

3~5mm 两种规格。

4.2.4 细集料包括机制砂、天然砂、石屑。所有人工生产的细集料生产过程中应采用除尘装置以控制粉尘含量，保证其满足规范要求。

4.2.5 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料用集料的技术指标应满足表 1 要求。

表 1 集料技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法
		粗集料	细集料	
压碎值注 1，不大于	%	26	-	JTG E42 (T 0316)
表观相对密度，不小于	-	2.50	2.50	JTG E42 (T 0304、T 0328)
吸水率，不大于	%	3	-	JTG E42 (T 0304、T 0328)
坚固性，不大于	%	12	12	JTG E42 (T 0314、T 0340)
水洗法<0.075mm 颗粒含量，不大于	%	3	15	JTG E42 (T 0310、T 0333)
砂当量注 2，不小于	%	-	50	JTG E42 (T 0334)
片状颗粒含量，不大于 4.75 mm~9.5 mm 大于 9.5 mm	%	25 15	-	JTG E42 (T 0312)
软石含量，不大于	%	5	-	JTG E42 (T 0320)

注 1：压碎值指标此处提出的适用于中交通及以上等级公路，用于轻交通时可适当放宽至 30。

注 2：砂当量指标是对小于 0.075mm 颗粒含量的一个补充，主要为了控制细集料中泥土含量。

4.2.6 基层、底基层的集料规格要求宜符合现行 DB37/T 3577 的规定。

4.3 激发剂

4.3.1 水玻璃类激发剂以工业硅酸钠(钾)为主配制而成。其中工业硅酸钠应符合 GB/T 4209，不得混入杂质。

4.3.2 非水玻璃类激发剂的各组成材料中，氢氧化钠符合 GB/T 209 的要求，其他材料符合相应产品标准的规定。

4.3.3 液体激发剂不应有沉淀分层，粉状激发剂不应结块，细度应满足 80 μ m 筛余小于 20%。

4.3.4 激发剂的模数控制在 0.8-1.6。

4.3.5 激发剂的掺量应小于 8%。

4.4 赤泥基胶凝材料

赤泥基胶凝材料质量要求应满足下表 2。

表 2 赤泥基胶凝材料质量要求

项目	质量要求		试验方法
标准稠度用水量	29 \pm 3%		GB/T 1346
凝结时间	初凝	终凝	
	\geq 240min	>360min 且 <600min	
安定性	<5mm		

表观密度		2.7-3.2g/cm ³	JTG 3420
比表面积		550-700m ² /kg	GB/T 8074
胶砂抗压强度		龄期	强度要求
		3d	≥9MPa
		28d	≥20MPa
胶砂抗折强度		龄期	强度要求
		3d	≥2.0MPa
		28d	≥3.5MPa
赤泥基胶凝材料	碱性组分浸出率	<12%	附录 A
	pH	稀释倍率试样质量（以干基计）：水质量=1:100， pH≤12.5。	GB/T 15555.12
赤泥基胶凝材料结石体	碱性组分浸出率	28d 碱性组分浸出率应小于 35%	附录 A
	重金属浸出率	28d 重金属浸出率应小于 1%	
	pH 值	稀释倍率试样质量（以干基计）：水质量=1:100， pH 值应不大于 12.5	GB/T 15555.12

5 混合料组成设计

5.1 一般规定

5.1.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料用于基层、底基层时宜采用同一级配范围。

5.1.2 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料组成设计流程与技术内容宜符合现行 DB37/T 3577 的规定。

5.2 强度要求

5.2.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层、底基层应具有适当的强度和稳定性，较小的收缩（温缩及干缩）变形和较强的抗冲刷能力。稳定碎石混合料的压实度、7d 龄期无侧限抗压强度代表值应符合表 3 规定范围的要求。

表 3 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的压实度及 7d 无侧限抗压强度要求

层位	极重、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	≥98	5.0~7.0	≥98	4.5~6.5	≥97	≥4.5
底基层	≥97	>4.5	≥97	>4.0	≥96	>3.5

5.2.2 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中赤泥基胶凝材料含量一般为 4%~7%，当达不到强度要求时应优先调整级配，最大赤泥基胶凝材料含量不宜超过 8%。

5.3 混合料推荐级配范围及技术要求

5.3.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的最大粒径为 31.5mm，公称最大粒径为 26.5mm，宜采用骨架密实型级配。

5.3.2 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的集料级配设计应符合表 4 的级配范围。

表 4 骨架密实赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料级配范围

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
上限 (mm)	100	100	86	55	36	26	16	5
下限 (mm)	100	90	76	43	26	16	8	0
中值 (mm)	100	95	81	49	31	21	12	2.5

5.4 目标配合比设计要求

5.4.1 在目标配合比设计中,应选择不少于 5 个赤泥基胶凝材料剂量,分别确定混合料的最佳含水率和最大干密度。

5.4.2 应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度及压实度要求成型标准试件,验证不同赤泥基胶凝材料剂量条件下混合料的技术性能,确定满足设计要求的最佳赤泥基胶凝材料剂量。

5.4.3 目标配合比设计要求其他要点参考现行 DB37/T 3577。

5.5 混合料设计与生产设计要求

混合料设计与生产设计要求要点参考现行 DB37/T 3577。

5.6 生产配合比验证

5.6.1 应在生产级配调试的基础上进行试验段的铺筑,对生产级配进行验证、取样、试验。试验应符合下列规定:

- 开始拌合前,应检查料仓内各处集料的含水量,计算当天的施工配合比,混合料含水量宜根据气温、风速比最佳含水量高 0.5~1.0%;开始拌合出料后,应取样检查是否符合设计的配合比;
- 拌合站出料时,应注意胶凝材料剂量、拌合均匀性巡查与控制;
- 通过混合料中实际含水率的测定,确定施工过程中水流量计的设定范围;
- 通过混合料中实际结合料剂量的测定,确定施工过程中赤泥基胶凝材料掺量的相关技术参数;
- 通过击实试验,确定结合料剂量变化、含水率变化对混合料最大干密度的影响;
- 通过抗压强度试验,确定材料的实际强度水平。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料宜采用集中厂拌法拌合,并使用摊铺机摊铺。

6.1.2 混合料的拌合设备与混合料摊铺、压实设备应相互匹配。

6.1.3 拌合站的选址应选择相对较高的位置,且场地平整并具有足够的承载能力,同时做好场站内的防、排水。

6.1.4 基层、底基层施工前应编制详细的施工组织计划。

6.1.5 底基层、基层分层施工时,应采用两层连续摊铺、分层碾压一次成型工艺。

6.2 施工准备

6.2.1 原材料应分档隔仓存放并做好标识,储料仓的规划及建设要满足标准化建设及环保的相关要求。

6.2.2 混合料拌合生产设备宜满足现行 DB37/T 3577 中的要求。

6.2.3 用于生产水泥稳定碎石的拌合站在生产赤泥基胶凝材料稳定碎石时应对拌合设备喂料器、传输装置等进行相应改装;

6.2.4 压路机的吨位和数量,要根据摊铺宽度、厚度,同时要与拌和机和摊铺机的生产能力相匹配,以保证施工的连续性。

6.2.5 为保证施工的连续性，避免出现停机等料或者拌合站窝工现象，必须配备足够数量的运输车辆。

6.3 混合料的生产 and 运输

6.3.1 开工前，拌合场的备料应能满足 3~5 天的摊铺用料。每天应根据场内集料的实际含水率，计算当天的生产配合比。

6.3.2 在拌合过程中，应实时监测各个集料仓的生产计量。对于高速公路和一级公路，应每 10min 打印各集料仓的使用量，宜采用动态监控系统。

6.3.3 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料生产过程中，应视天气及运距情况，动态调整混合料的含水率，每隔 1h 测定一次含水率，每隔 2h 测定一次胶凝材料剂量，测定方法见附录 B，并做好记录。

6.3.4 混合料运输车车厢应保持干净，不得存在杂物。

6.3.5 装料过程中，运输车辆要前后移动，分多次装料，或分“前、后、中”三次装料，减少混合料的离析。

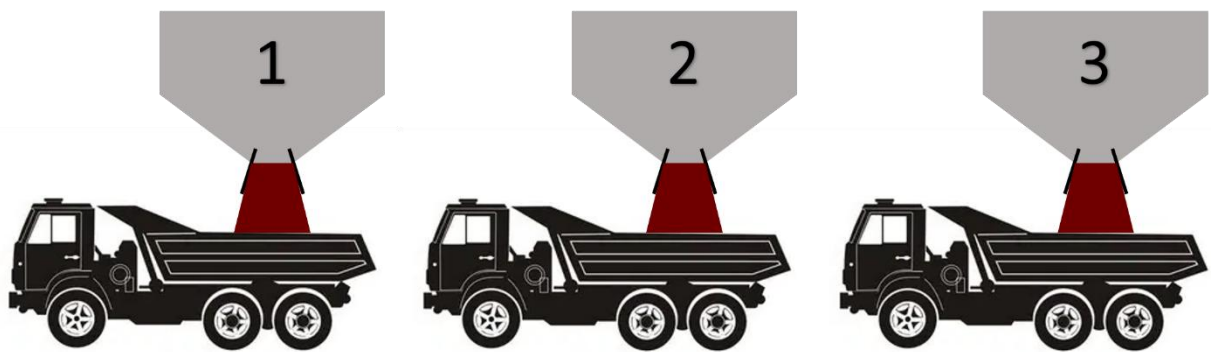


图 1 运输车装料示意图

6.3.6 混合料运输车装好料后，应用篷布将厢体覆盖严密，直到摊铺机前准备卸料时方可打开。

6.4 混合料的摊铺

6.4.1 摊铺前的准备工作：

- 摊铺前，首先完成测量放线工作，然后对下承层适当洒水润湿；
- 摊铺前应安排专人对下承层薄弱部位进行清理，对于路床起皮或者松散部位处理后方可进行摊铺；
- 摊铺前检查机器各部运转情况，而且每天坚持重复此类工作；
- 调整好传感器臂与导向控制线的关系，严格控制结构层厚度和高程，其路拱横坡应与面层一致；
- 支撑侧模可采用槽钢或方木，厚度宜与结构层厚度一致，长度不宜大于 3m，定位钢钎长度合适，宜采用圆钢，侧模数量要考虑能够满足天施工的长度；
- 整幅摊铺时，高程控制采用两侧挂线，中间采用铝合金导梁控制高程，挂线桩间距直线段不大于 10m，曲线段不大于 5m，钢丝采用直径 2.5mm~3.0mm，拉力应大于 800N；
- 两层连续摊铺时可考虑一次挂线两层施工。

6.4.2 采用两台摊铺机并机摊铺时，前后两台摊铺机呈梯队作业，前后间距不大于 10m，中间搭接处重叠 5cm~10cm，做好中间搭接位置处的防离析。

6.4.3 对无法使用机械摊铺的超宽路段、结构物端部位置，应采用人工同步摊铺、修整，并同时碾压成型。

6.4.4 摊铺机前挡板下缘应增设橡胶挡板，橡胶挡板底部距下承层距离不大于 100mm，同时前挡板距离侧挡板间距不大于 300mm。

6.4.5 摊铺机的螺旋布料器应有不少于 2/3 埋入混合料中。

6.4.6 铺摊机后面应设专人消除集料离析现象，特别应该铲除局部粗集料“窝”，并用新拌混合料填补。

6.5 混合料的碾压

- 6.5.1 应在混合料含水率处于或略大于最佳含水率时进行碾压，且碾压宜在赤泥基胶凝材料初凝前完成，直到达到要求的压实度。
- 6.5.2 碾压程序和碾压遍数应通过试验路段确定。碾压应遵循试验路段确定的程序与工艺。
- 6.5.3 压路机应紧跟摊铺机后在全幅范围内进行碾压，压实时，遵循初压→复压→终压的程序，应遵循紧跟慢压、先静后振的原则，压至无轮迹为止。
- 6.5.4 碾压时压路机应将驱动轮面向摊铺机。碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料产生推移，压路机起动、停止必须减速缓慢进行。
- 6.5.5 压路机应从低处向高度碾压，直线和不设超高的平曲线，由两侧路肩开始向路中心碾压，在设超高的平曲线段，由内侧路肩向外侧路肩进行碾压，相邻双钢轮碾压带应重叠 1/2 碾压轮宽度、单钢轮碾压带应重叠 1/3 碾压轮宽度，压完全幅为一遍。
- 6.5.6 振动压路机倒车时应先停止振动，并在向另一方向运动后再开始振动，以避免混合料形成鼓包。
- 6.5.7 压路机换档要轻且平顺，不要拉动铺面，在第一遍初步稳压时，倒车后尽量原路返回，换挡位置应在已压好的段落上，在未碾压的一头换挡倒车位置应错开，出现个别鼓包时，应进行铲平处理。
- 6.5.8 机械碾压过程中禁止所有人员进入碾压区，并设立标识牌。
- 6.5.9 观察碾压区混合料表面的含水情况，如发现混合料表面含水较少时，应及时使用小雾炮进行补水处理。
- 6.5.10 初压区、复压区、终压区接头处理：采用阶梯式接头处理，阶梯接头拥包处，用人工耙松整平后，再压实。
- 6.5.11 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车，以保证已完成碾压结构层表面不受破坏。
- 6.5.12 从混合料拌合到碾压完成时间控制在 3h 以内。
- 6.5.13 上、中基层碾压方式及组合详见下表 5，具体根据现场压实情况进行调整。

表 5 赤泥基胶凝材料稳定碎石上、中基层试验路施工碾压方式及组合

碾压区	机型	压实遍数		速度 (Km/h)
初压	双钢轮压路机	静压	1	1.5~1.7
复压	单钢轮压路机	重振	1~2	2.4~2.6
终压	胶轮压路机	静压	1	1.9~2.1
	单钢轮压路机	轻振	1	2.2~2.4

- 6.5.14 下基层碾压方式及组合详见下表 6，具体根据现场压实情况进行调整。

表 6 赤泥基胶凝材料稳定碎石下基层试验路施工碾压方式及组合

碾压区	机型	压实遍数		速度 (Km/h)
初压	双钢轮压路机	静压	1	1.5~1.7
复压	单钢轮压路机	重振	2	2.4~2.6
	胶轮压路机	静压	2	1.9~2.1
终压	单钢轮压路机	轻振	1~2	2.2~2.4
	双钢轮压路机	静压	1	1.5~1.7

6.5.15 底基层碾压方式及组合详见下表 7，具体根据现场压实情况进行调整。

表 7 赤泥基胶凝材料稳定碎石底基层试验路施工碾压方式及组合

碾压区	机型	压实遍数		速度 (Km/h)
初压	双钢轮压路机	静压	1	1.5~1.7
复压	胶轮压路机	静压	2	1.9~2.1
	单钢轮压路机	重振	1	2.4~2.6
	单钢轮压路机	轻振	1	2.2~2.4
终压	胶轮压路机	静压	2	1.9~2.1
	双钢轮压路机	静压	1	1.5~1.7

6.5.16 碾压完成后，尽快进行压实度检测，并及时把检测结果反馈给现场施工人员，以便指导后续施工。

6.5.17 混合料极易失水，建议正常施工过程中，进行表面补水处理。胶轮压路机必须配备喷水设施，发现混合料表面偏干时，可开启胶轮压路机喷水功能或者及时使用小雾炮进行补水处理。

6.6 接缝处理

6.6.1 施工中避免纵向接缝。在施工时严禁出现纵向接缝，以保证施工质量。

6.6.2 每天施工结束后，或因故中断时间超过 2 小时，做施工横向接缝。首先用 3 米直尺检测端部稳定碎石层的平整度，确定切割的范围并画线，然后沿画出的线将平整度不合格的混合料铲除。

6.6.3 接头摊铺完成后，派专人在接头处处理。将接头处的混合料中的大粒径颗粒剔除，用细的混合料填充，保证接头的平整及顺接。

6.6.4 碾压接缝时，先采用横向碾压，压路机全部重量在已碾压完成的断面上，以 20~30cm 宽度逐渐向新摊铺的断面内移动。直到压路机全部重量进入新摊铺断面内后，再改为纵向碾压。

6.7 试验段的铺筑

6.7.1 试验路段的施工应投入与正式生产一样的机具设备，一样的人员组织，在统一领导下进行。高速公路和一级公路在正式开工之前，应铺筑试铺段。试铺路段的拌和、摊铺、碾压各道工序应符合 JTG/T F20 要求。试铺段内容的主要内容包括：

- 验证用于施工的集料配合比例。调试拌和机，分别称出拌缸中不同规格的土、无机结合料、水的质量，测量其计量的准确性；调整拌和时间，保证混合料均匀性；检查混合料含水率、集料级配、无机结合料剂量、7d 无侧限抗压强度。
- 确定一次铺筑的合适厚度和松铺系数。
- 确定标准施工方法。混合料配合比的控制；混合料摊铺方法和适用机具（包括摊铺机的行进速度、摊铺厚度的控制方式、梯队作业时摊铺机的间隔距离）；含水率的增加和控制方法；压实机械的选择和组合，压实的顺序、速度和遍数；拌和、运输、摊铺和碾压机械的协调和配合；密实度的检查方法，初定每一作业段的最小检查数量；平整度的检测控制；挂线施工控制。
- 严密组织拌和、运输、碾压等工序，缩短延迟时间。

6.7.2 在试验段施工期间，应及时检测下列技术项目：

- 混合料拌合时的赤泥基胶凝材料剂量，应每隔 2h 测定一次；
- 混合料拌合时的含水率，应每隔 1h 测定一次；
- 混合料拌合时的级配，开机后正式生产前应进行快速筛分，关键筛孔通过率偏差不大时才允许正式生产，过程中要进行不少于 2 次的水洗筛分；

- d) 不同松铺系数条件下的实际压实厚度，宜设定 2~3 个松铺系数；
 - e) 不同碾压工艺下的混合料的压实度，宜设定 2~3 种压实工艺组合，每种压实工艺的压实度检测样本不少于 2 个；
 - f) 混合料击实试验，测定干密度和含水率，应不少于 2 个样本；
 - g) 7d 龄期无侧限抗压强度试件成型，样本数量应符合要求。
- 6.7.3 养护 7 d 后，赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的试验段应及时检测下列技术项目：
- a) 标准养护试件的 7d 无侧限抗压强度；
 - b) 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料钻芯取样，评价芯样外观应完整密实，取芯样本数量应根据实际摊铺长度确定；
 - c) 对于采用两层连续摊铺工艺的，要对两层层间联接效果进行评定。
- 6.7.4 试验路段应选择检验合格的下承层上，其长度宜为 100m~200m 左右，采用两层连续摊铺施工工艺时，应摊铺两段验证接头处理方式的合理性。
- 6.7.5 试验路段的施工级配应按室内试验得到的最佳结果，且得到项目建设单位及监理工程师同意后方可实施，试验不合格时，应及时处理，并分析总结失败原因，提出合理、可行的解决办法重新试验。
- 6.7.6 拌合场给混合料加水时应扣除集料中的天然含水率，现场检测混合料含水率时，应考虑赤泥基胶凝材料的水化作用。
- 6.7.7 混合料松铺系数可采用下述方法确定，第一是在松铺层上选择 6~10 个点量取松铺厚度，经碾压后再量取压实厚度，求其压实系数的平均值，第二是利用高程测量数据进行碾压前后对比计算。

7 养护、交通管制、层间处理及其他规定

7.1 一般规定

- 7.1.1 混合料碾压完成后并经压实度检测合格后，应及时进行养护。
- 7.1.2 混合料的养护期应不少于 7 d，养护期宜延长至上层结构开始施工的前 2 d，当最高气温低于 10℃ 时，应适当延长养护时间。
- 7.1.3 基层养护可采用土工布覆盖养护，宜结合工程实际情况选择合适的养护方式。
- 7.1.4 养护期间，应封闭交通，除洒水车和小型通勤车外严禁其他车辆通行。
- 7.1.5 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层过冬时应采取必要的保护措施。
- 7.1.6 严格控制铺设的土工布、薄膜、草苫子等质量，并设专人仔细检查外观质量必须结实完整无破损，不合格的一律不予进场。

7.2 养护方式

7.2.1 土工布覆盖养护应符合下列规定：

- a) 宜采用透水式土工布全断面覆盖，也可铺设防水土工布；
- b) 铺设过程中应注意缝之间的搭接，不应留有间隙；
- c) 铺设土工布后，应注意洒水，洒水采用喷雾式洒水，每天洒水次数应视天气而定。高温期施工，上、下午宜各洒水一次；
- d) 养护至上层结构层施工前 1d~2d，方可将土工布掀开；
- e) 在养护过程中应采取有效措施防止土工布破损。

7.2.2 草苫子覆盖养护应符合下列规定：

- a) 铺设薄膜后，应立即洒水一遍，草苫子铺设完成后需每天洒水方式养护；
- b) 草苫子布铺设好后，要用砂袋压住，防止被风吹起。

7.3 交通管制

7.3.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料养护期间，小型通勤车的行驶速度应小于 40km/h。

7.3.2 在无法安排施工便道而需要车辆通行时，应符合下列规定：

- a) 合理安排施工顺序，适当延长养护期；
- b) 应在硬路肩或临时停车带的位置划出专门车道，专人指挥车辆通行，养护期内严禁重载车辆在行车道位置通行；
- c) 限定载重车辆的轴载应不大于 13t。

7.4 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料层之间的处理

7.4.1 在上层结构施工前，应将下层覆盖养护用材料彻底清理干净。

7.4.2 应采用人工、小型清扫车以及洒水冲刷的方式将下承层表面的浮浆清理干净。下承层局部存在松散现象时，也应彻底清理干净。

7.4.3 下承层清理后应封闭交通，在上层施工前 1h~2h，宜撒布胶凝材料或洒铺胶凝材料净浆使下承层进行保持湿润状态。

7.5 赤泥基胶凝材料稳定碎石材料层降水处理

7.5.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层铺筑路段埋设雨水收集装置。

7.5.2 雨水采集装置由环保部门专门定制，主要由集水盒、排水管和储水装置三部分构成。

7.5.3 集水盒的平面位置位于一侧行车道，距道路中心线的水平距离为 2.75m。其中，试验段内的上部集水盒埋于上部路床，盒顶与稳定碎石基层顶面相齐平，下部集水盒埋于下部路床，盒顶与稳定碎石底基层底面相齐平。

7.6 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层与沥青面层之间的处理

7.6.1 在沥青面层施工前 1 d~2 d 内，应清理基层顶面。

7.6.2 应采用人工清扫、小型清扫车、空压机以及洒水冲刷等方式将基层表面清理干净。并应符合下列规定：

- a) 基层表面达到无浮尘、无松动状态；
- b) 清理出小坑槽时，不得用原有基层材料找补；
- c) 清理出较大范围松散时，应重新评定基层质量，必要时宜返工处理。

7.6.3 基层表面清理干净后，方可进行下封层的施工，下封层的施工宜安排在沥青面层施工前一天进行。

7.6.4 对高速公路和一级公路的下封层应采用撒布热沥青碎石封层的方式，加强层间结合，并应符合下列规定：

- a) 根据工程实际，热沥青可采用普通道路石油沥青、SBS 改性沥青或橡胶沥青；
- b) 热沥青的洒布量及碎石规格应符合表 11 的规定，碎石洒布量应控制在 $5 \text{ kg/m}^2 \sim 10 \text{ kg/m}^2$ ，具体洒布量要经过试撒试铺后最终确定，以不粘轮，不产生松动层为宜；
- c) 沥青碎石封层的碎石要求掺加 0.3%~0.5% 的道路石油沥青进行预拌，并进行除尘；
- d) 热沥青碎石封层的撒布过程可采用同步碎石撒布车同步撒布，也可以采用热沥青和碎石分别撒布的异步撒布；
- e) 热沥青碎石封层撒布完后，应采用 20 t 以下轻型轮胎压路机稳压 2 遍；
- f) 经胶轮碾压后，对于多余或重叠的碎石要人工进行清扫；
- g) 当气温低于 $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 或即将降雨时，应停止沥青碎石封层施工。

表 8 不同粒径碎石不同热沥青的洒布量

沥青种类	不同粒径碎石洒布量 (kg/m ²)	
	4.75 mm~9.5 mm 碎石	9.5 mm~13.2 mm 碎石

道路石油沥青	1.0~1.4	-
SBS 改性沥青	1.2~1.6	1.4~1.8
橡胶沥青	1.8~2.2	2.0~2.4

7.7 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层防范收缩裂缝方法

7.7.1 强化配比的设计和控制，在满足强度、工作性能的情况下，尽量减少水赤泥基胶凝材料用量。要选用含泥量、泥块量低的砂石，且石子中针片状石粉少，检验不合格的材料绝对不要投入使用，要有合理的初、终凝时间。

7.7.2 避开恶劣的天气环境下施工，预先观察天气预报，避开高温、风力大、大暴雨、霜冻的天气下施工。若中途遇上这样的天气，能停止施工就立即停止施工，设置施工缝。如果不行，要立即采取覆盖的方法保温保湿，防止水分蒸发，防止雨水直接冲刷，要做好周边和表面的排水系统；而冬天要做好防霜冻等工作事项。

7.7.3 加强基层质量的施工及验收。

7.7.4 做好“养护”的后续工作，终凝后养护不得少于7天；不要提前上车行驶，如果要上车，一定要进行相关检测，合格后方可上车。

8 施工质量标准与控制

8.1 一般规定

8.1.1 赤泥基胶凝材料稳定碎石基层、底基层施工质量标准与控制应包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收等方面，并应符合下列规定：

- 按照本文件的相关要求备料，严把进料质量关；
- 按施工需求合理布置建设场地，选择适宜的拌合、摊铺和碾压设备；
- 将试验段确定的施工参数作为施工过程中质量控制的标准；
- 工地应具备健全的实验室能力，试验、检测数据真实、完整、可靠；
- 各个工序完结后，应检查验收，合格后方可进行下一工序的施工。

8.1.2 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时停工整顿，查找原因。

8.1.3 施工关键工序宜拍摄照片或录像，作为现场记录保存。

8.1.4 施工结束后，应清理现场，处理废弃物，恢复耕地或绿化，做到工完场清。

8.1.5 高速公路和一级公路，应在拌合厂内或距离不超过1 km的范围内设有功能完备的实验室。

8.1.6 在施工过程中，应配备有相关试验资质的试验操作人员。每个工地实验室的试验操作人员不少于8人，同时应明确每个质量控制环节上的责任人。

8.2 材料的标准试验

8.2.1 在施工前以及在施工过程中，原材料或混合料发生变化时，应检验拟采用的材料。

8.2.2 用作赤泥基胶凝材料稳定碎石基层、底基层的原材料，应按表9所列试验项目和要求进行检测评定。

表9 基层和底基层用原材料试验项目和要求

试验项目	目的	频度	试验方法
含水率	确定原始含水率	每天使用前测2个样品	JTG E51 (T 0801/T 0803)
颗粒分析	确定级配是否符合要求，确定材料配合比	每种集料使用前测2个样品，使用过程中每2000 m ³ 测2个样品	JTG 3430 (T 0115)
液限、塑限	求测塑性指数，审定是否符合规定	每种集料使用前测2个样品，使用过程中每2000 m ³ 测2个样品	JTG 3430 (T 0118/T 0119)

砂当量	控制细集料中泥土含量	每种集料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000 m ³ 测 2 个样品	JTG E42 (T 0334)
表观相对密度	评定集料质量	每种集料使用前测 2 个样品	JTG E42 (T 0304/T 0308)
压碎值	评定石料的抗压碎能力是否符合要求	每种集料使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000 m ³ 测 2 个样品	JTG E42 (T 0316)
针片状含量	评定集料质量		JTG E42 (T 0312)
含泥量	评定集料质量		JTG E42 (T 0310)
软石含量	评定集料质量		JTG E42 (T 0320)
赤泥标号和初终凝时间	评定胶凝材料质量	组成设计时测一个样品，过程中按批抽样检查	JTG 3420 (T 0505/T 0506)

8.2.3 对赤泥基胶凝材料稳定碎石基层、底基层混合料应按照表 10 所列试验项目进行检测。

表 10 赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料的检查频度和质量要求

项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、色泽、有无花白料、团块等现象	目测
矿料级配（水洗法）	大于 4.75 mm	每台拌合机每天 1 次~2 次，以 2 个试样的平均值评定	±5%	现场筛分
	4.75 mm 筛孔		±4%	现场筛分
	2.36 mm 筛孔		±3%	现场筛分
	0.075 mm 筛孔		±2%	现场筛分
含水率		据观察，异常时随时检测，以 3 个试样的平均值评定	-	JTG E51 (T 0803)
赤泥基胶凝材料剂量		每台拌合机每 2h 进行 1 次，以每天测试的平均值评定	符合设计要求	附录 B
无侧限抗压强度		每一工作台班或每 2000m ² 成型 1 次	符合设计要求	JTG E51 (T 0805)

8.3 质量管理

8.3.1 在施工过程中质量管理包括外形尺寸的控制和检查以及质量控制和检查。外表尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 11 的要求。质量控制的项目、频度和质量标准应符合表 12 的要求。

表 11 外形尺寸检查项目、频度和质量标准

检查项目	规定值或允许偏差				检查方法和频率	
	基层		底基层			
	高速公路 一级公路	其他 公路	高速公路 一级公路	其他 公路		
平整度 (mm)	≤8	≤12	≤12	≤15	3m 直尺：每 200m 测 2 处×5 尺	
纵断高程 (mm)	5, -10	5, -15	5, -15	5, -20	水准仪：每 200m 测 4 点	
宽度 (mm)	满足设计要求		满足设计要求		尺量：每 200m 测 4 点	
厚度 (mm)	均值	-8	-10	-10	-12	每 200m 测 2 点（钻芯法）；无损法检测
	合格值	-10	-20	-25	-30	
横坡 (%)	±0.3	±0.5	±0.3	±0.5	水准仪：每 200m 测 2 个断面	

表 12 质量控制的项目、频度和质量标准

项目	频度	质量标准
----	----	------

含水率	根据观察，每 1h 测定 1 次	最佳含水率的+0.0%~+2.0%
级配	每 2000m ² 一次	在规定范围内
拌合均匀性	随时观察	无粗细集料离析现象
压实度	每一作业面或不大于 2000m ² 检查 6 次以上	满足设计要求
集料压碎值	异常时随时做	不超过本规范规定值
砂当量	每 2000m ³ 一次，异常时随时做	大于规定值

8.3.2 对于双层连续铺筑的赤泥基胶凝材料稳定碎石基层，应进行钻取芯样检验其层间结合效果及完整性。

8.4 检查验收

检查验收判定完成的路面结构是否满足设计文件和现行 DB37/T 3577 中的要求。

附录 A
(规范性)
环保特性测试方法

A.1 适用范围

本方法适用于赤泥基胶凝材料的测定，包括碱性组分浸出率和重金属浸出率，试验室温度应控制在 20±2℃，相对湿度大于 50%。

A.2 仪器设备及试剂

A.2.1 赤泥基胶凝材料凝结时间测定所用材料应符合下列规定：

拌合用水应采用洁净的饮用水，在有争议时采用 JGJ 63 的技术要求。

A.2.2 重金属浸出率测定试验采用仪器设备：应符合 GB/T 30810 中相关规定。

A.2.3 赤泥基胶凝材料试体的成型、养护及强度测定：

应符合 GB/T 17671 中相关规定，共成型 4 组 12 条试体。24 h 脱模后的试体分成两组，每组 6 条。一组放入 20±1℃水中养护 28d 后取出；一组放入 20℃养护箱中自然养护 28d 后取出。

提示：养护龄期可根据实际情况调整，但需在试验报告中说明。

A.3 试验步骤

A.3.1 重金属浸出率

重金属浸出率测定试验应符合 GB/T 30810 中相关规定。

A.3.2 碱性组分浸出率测定试验应按下列步骤进行：

- a) 将自然养护的结石体破型，研磨制成 5mm 以下粒度的试样；
- b) 称取 10 g 试样，置于离心管中，加去离子水 100mL，将瓶口密封；
- c) 将离心管置于离心机上，调节频率为 110+10 次/min，在室温下离心 6h（可根据需要适当调整离心时间）；
- d) 取下离心管，静置 24h，并于安装好滤膜的过滤装置上过滤，得离心液。用 ICP-AES 分别测试养护液和离心液中碱性组分浓度；
- e) 6 条试体的 9 个测定结果剔除一个最大值和一个最小值，以其余 4 个结果的平均值为试验结果。
- f) 碱性组分浸出率 G 按式 (A.1) 计算，结果精确到 0.01。

$$G = G_1/G_0 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

G—碱性组分浸出率；

G₀—结石体中总碱性组分含量，单位为%；

G₁—结石体养护液中碱性组分含量，单位为%。

附录 B (规范性)

赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中赤泥基胶凝材料剂量测定方法 (Fe₂O₃的滴定方法)

B.1 适用范围

- B.1.1 本方法适用于在工地快速测定赤泥基胶凝材料稳定碎石混合料中赤泥基胶凝材料的剂量。
B.1.2 本方法仅适用于在赤泥基胶凝材料凝结之前的测定其剂量。

B.2 仪器设备及试剂

- B.2.1 氢氧化钾
B.2.2 过氧化钠
B.2.3 盐酸(ρ1.19g/mL)
B.2.4 盐酸(1+1)
B.2.5 盐酸(1+9)
B.2.6 硫酸(ρ1.84g/mL)
B.2.7 磷酸(ρ1.70g/mL)
B.2.8 硫酸-磷酸混合溶液：在搅拌下慢慢加 200mL 硫酸(B.2.6)到 500mL 水中，稍冷，再加 300mL 磷酸(C.2.7)。
B.2.9 三氯化钛(15%~20%)。
B.2.10 三氯化钛溶液：取一份三氯化钛(B.2.9)放入棕色下口瓶中，用九份盐酸(B.2.5)稀释，加一层液体石蜡保护。
B.2.11 二氯化锡溶液(5%)：将 5g 二氯化锡加热溶于 10mL 盐酸(B.2.3)中，用水稀释至 100mL，搅匀。
B.2.12 钨酸钠溶液(25%)：将 25g 钨酸钠溶于适量水中（如混浊则过滤），加 10mL 磷酸(B.2.7)，用水稀释至 100mL，搅匀。
B.2.13 二苯胺磺酸钠指示剂溶液（0.2%）
B.2.14 硫酸亚铁铵溶液（0.7%）
B.2.15 重铬酸钾标准滴定溶液(0.002289mol/L)：称取 0.6735g 预先在 150°C 烘干 2h 的重铬酸钾(基准试剂)，溶于 100mL 水中，移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

B.3 试验步骤

- B.3.1 将赤泥基胶凝材料用研钵研磨通过 74μm 筛，将研磨好的试样置于 110±5 °C 下烘干 2h，置于干燥器中，冷却至室温备用。称取 0.1g~0.2g 试样放入 30mL 银坩锅中，加 3g 氢氧化钠覆盖于其上，盖上坩锅盖，置于 750±10°C 的马弗炉中，熔融 20min(空白熔融 5min)。取出，旋转坩锅，使熔融物均匀附着在坩锅内壁，冷却。
B.3.2 将银坩锅置于 250mL 烧杯中，加 30mL 热水，待熔融物脱落后，用盐酸（B.2.5）和热水洗出坩锅，加 25mL 盐酸（B.2.3），盖上表皿。加热至尽沸，滴加二氯化锡溶液（B.2.11）至淡黄色，加水至 100mL 左右，加 1mL 钨酸钠溶液（B.2.12），滴加三氯化钛溶液（B.2.10）至刚出现蓝色。随即用重铬酸钾标准溶液（B.2.15）滴定至无色（不计取读数）。
B.3.3 立即加 10mL 硫酸-磷酸混合溶液（B.2.8），4 滴二苯胺磺酸钠指示剂溶液（B.2.13），用重铬酸钾标准溶液（B.2.15）滴加至稳定的紫蓝色即为终点。
B.3.4 试剂空白按以上步骤操作，但在（B.2.3）加硫酸-磷酸混合溶液之前，先加 5.00mL 硫酸亚

铁铵溶液 (B.2.14)，所用重铬酸钾标准 (B.2.15) 的体积为 A，再向溶液中加入 5.00mL 硫酸亚铁铵溶液 (B.2.14)，仍以重铬酸钾标准溶液 (B.2.15) 滴定至终点，记取体积为 B。再重复加硫酸亚铁铵溶液 (B.2.14)，用重铬酸钾标准溶液 (B.2.15) 滴定，当 B 值为一定恒定值时，则 A-B 即为空白所用的重铬酸钾标准溶液 (B.2.15) 的体积(V_0)。

$$W(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{(V-V_0) \times c \times 0.1597}{m} \times 100 \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中：

V—滴定试料溶液时消耗重铬酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升 (mL)；

V_0 —滴定空白溶液时消耗重铬酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升 (mL)；

C—重铬酸钾标准溶液的实际浓度，单位为摩尔每升 (mol/L)；

M—试料的质量，单位为克 (g)；

0.1597—三氧化二铁的毫摩尔质量，单位为克每毫摩尔 (g/m mol)。
