

宁夏回族自治区地方标准

DB 64/T 2004—2024

全固废胶凝材料道路工程应用技术规范

Technical specification for the application of solid waste
cementitious material in road engineering

2024 - 06 - 24 发布

2024 - 09 - 23 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 2

4 全固废胶凝材料 3

 4.1 一般规定 3

 4.2 原材料 3

 4.3 组分 3

 4.4 技术要求 4

 4.5 检验规则 5

 4.6 包装、标志、运输和贮存 6

5 全固废胶凝材料稳定土 6

 5.1 混合料组成设计 6

 5.2 施工技术要求 6

 5.3 质量控制与验收 7

6 全固废胶凝材料稳定集料基层 8

 6.1 混合料组成设计 8

 6.2 施工技术要求 8

 6.3 质量控制与验收 9

7 全固废胶凝材料砂浆及混凝土 10

 7.1 一般规定 10

 7.2 配合比设计 10

 7.3 性能要求 11

 7.4 施工技术要求 12

 7.5 质量控制与验收 12

8 安全与环保 12

 8.1 安全 12

 8.2 环保 12

附 录 A （规范性） 稳定基层混合料中全固废胶凝材料剂量测定试验方法..... 13

附 录 B （规范性） 条文说明..... 15

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。

本文件由宁夏回族自治区交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：宁夏公路管理中心、宁夏交通建设股份有限公司、宁夏嘉恒绿色低碳新材料科技有限公司、宁夏交建交通科学研究院有限公司、宁夏交通投资集团有限公司、宁夏乌玛北高速公路管理有限公司、中交公路规划设计院有限公司、宁夏道路运输事务发展中心、重庆大学、同济大学、宁夏大学、宁夏中宁县交通运输局、宁夏公路勘察设计院有限责任公司、宁夏交通科学研究所有限公司、宁夏煤炭基本建设有限公司。

本文件主要起草人：魏力、张志涛、贾小龙、惠迎新、王晓东、袁正国、丁小平、丁新建、周万福、门光誉、马权生、王冲、严晓平、陈浩旭、马旭东、李瑞杰、罗廷赤、贾小彤、马占伏、张长青、窦占双、张祖华、侯永刚、陈晓炜、董尉、郝晨、王成、王凯飞、马翔、贾立斌、温强、侯志成。

全固废胶凝材料道路工程应用技术规范

1 范围

本文件规定了全固废胶凝材料道路工程应用的术语和定义、原材料技术指标、全固废胶凝材料稳定土、全固废胶凝材料稳定集料基层、全固废胶凝材料砂浆及混凝土施工工艺、质量控制、检查验收、施工安全及环境保护等内容。

本文件适用于宁夏地区各等级公路全固废胶凝材料路基、路面基层、混凝土路面、防护工程的施工及质量检验。

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 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 9774 水泥包装袋
- GB/T 10171 建筑施工机械与设备混凝土搅拌站(楼)
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉
- GB/T 21371 用于水泥中的工业副产石膏
- GB/T 25181 预拌砂浆
- GB/T 26748 水泥助磨剂
- GB/T 29163 煤矸石利用技术导则
- GB/T 33000 企业安全生产标准化基本规范
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB/T 50733 预防混凝土碱骨料反应技术规范

JC/T 2301 水泥企业安全生产管理规范
JC/T 2381 修补砂浆
JC/T 2533 预拌混凝土企业安全生产规范
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
JGJ/T 98 砌筑砂浆配合比设计规程
JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
JGJ/T 223 预拌砂浆应用技术规程
JGJ/T 233 水泥土配合比设计规程
JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
JTG D30 公路路基设计规范
JTG D50 公路沥青路面设计规范
JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准. 第一册. 土建工程
T/NMSNXH 001 用于生产硅酸盐水泥熟料的电石渣

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

全固废胶凝材料 solid waste cementitious material

以粒化高炉矿渣、钢渣、工业副产石膏、粉煤灰等固体废弃物为原料，经加工磨细后按一定比例配制成的水硬性胶凝材料，是一种适用于特定应用场景的绿色低碳水泥。

3.2

全固废胶凝材料胶砂 solid waste cementitious material mortar

以全固废胶凝材料、标准砂和水按特定配合比所拌制的全固废胶凝材料砂浆，用于测试全固废胶凝材料的力学性能。

3.3

全固废胶凝材料砂浆强度等级 solid waste cementitious material mortar strength grade

以全固废胶凝材料为结合料，按照GB/T17671要求制备全固废胶凝材料胶砂试件，其强度等级为抗压强度等级。

3.4

全固废胶凝材料稳定土 solid waste cementitious material stabilized soil

以全固废胶凝材料为结合料，掺配一定比例的土颗粒制备而成的稳定材料。

3.5

全固废胶凝材料稳定集料基层 stable aggregate base of pavement with solid waste cementitious material

以全固废胶凝材料为结合料，并掺加具有一定级配的集料，经过拌和、摊铺、碾压、养护等工序而形成的基层，使其具备足够的强度和耐久性。

3.6

全固废胶凝材料混凝土 solid waste cementitious material concrete

以全固废胶凝材料为结合料，与骨料等用水混合结成整体的工程复合材料的统称。

4 全固废胶凝材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 原材料应随机取样进行试验，并满足相关规范要求。
- 4.1.2 全固废胶凝材料应符合我国环保和安全相关的标准和规范，不应含有毒、有害及放射性物质，不应对人体、生物、环境产生有害影响。

4.2 原材料

4.2.1 粒化高炉矿渣或粒化高炉矿渣粉

粒化高炉矿渣应符合GB/T 203的规定。粒化高炉矿渣粉应符合GB/T 18046的规定。

4.2.2 钢渣粉

应符合GB/T 20491的规定。

4.2.3 工业副产石膏

应符合GB/T 21371的规定。

4.2.4 粉煤灰

应符合GB/T 1596的规定。

4.2.5 煤矸石

应符合GB/T 29163的规定。

4.2.6 电石渣

应符合T/NMSNXH 001的规定。

4.2.7 助磨剂

应符合GB/T 26748的规定。

4.2.8 水泥

应符合GB 175的规定。掺量不宜超过道路用固废基胶凝材料的20%。

4.3 组分

全固废胶凝材料组成应符合表1的规定。

表1 全固废胶凝材料的组成要求

名称	组分（质量百分比%）			
	工业副产石膏	矿渣	粉煤灰或煤矸石	其他原料 ^a
I 型全固废胶凝材料	10~20	30~60	0~30	0~10
II 型全固废胶凝材料	10~20	40~70	0~20	0~20
III型全固废胶凝材料	10~20	50~80	0~10	0~20
^a 其他原料包括电石渣、钢渣、水泥。				

4.4 技术要求

4.4.1 强度

全固废胶凝材料按强度等级分为Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型，按照GB/T 17671规定的强度检验方法制备全固废胶凝材料胶砂进行试验，各龄期强度应符合表2要求。

表2 全固废胶凝材料不同龄期强度要求

标号	抗压强度（MPa）			抗折强度（MPa）		
	3d	28d	56d	3d	28d	56d
Ⅰ型	≥5.0	≥22	≥32.5	≥2.5	≥3.8	≥5.5
Ⅱ型	≥8.0	≥29	≥42.5	≥3.0	≥4.9	≥7.0
Ⅲ型	≥12	≥36	≥52.5	≥3.5	≥5.6	≥8.0

4.4.2 物理指标

全固废胶凝材料物理指标应符合表3的规定。

表3 全固废胶凝材料物理指标

项目	指标	试验方法
密度(g/cm³)	≥2.7	GB/T 208
比表面积(m²/kg)	≥400	GB/T 8074
细度(0.045mm方孔筛筛余率%)	≤12	GB/T 1345
标准稠度用水量(%)	≥25且≤40	GB/T 1346
初凝时间(min)	≥180	GB/T 1346
终凝时间(min)	≤600	
安定性(沸煮法或压蒸法)	合格	沸煮法按GB/T 1346的标准法进行 压蒸法按GB/T 750进行
7d线膨胀率(%)	≥0.1	JC/T 313
28d线膨胀率(%)	≤0.5	

4.4.3 化学指标

全固废胶凝材料化学成分应符合表4的要求。

表4 全固废胶凝材料化学指标

项目	指标	试验方法
不溶物(%)	≤3.0	GB/T 176
烧失量(%)	≤5.0	GB/T 176
三氧化硫含量(%)	≥6.0且<12.0	GB/T 176
氯离子含量(%)	≤0.1	GB/T 176
氧化镁含量(%)	≤6.0	GB/T 176

4.4.4 可浸出重金属含量指标

全固废胶凝材料中可浸出重金属含量不应超过表5规定的限值。

表5 全固废胶凝材料可浸出重金属含量限值

重金属	限值(mg/L)	指标来源	测试方法
砷(As)	0.1	GB/T 30760	GB/T 30810
铅(Pb)	0.3		
镉(Cd)	0.03		
铬(Cr)	0.2		
铜(Cu)	1.0		
镍(Ni)	0.2		
锌(Zn)	1.0		
锰(Mn)	1.0		
水溶性六价铬(mg/kg)	≤10.0	GB 31893	

4.4.5 放射性核素指标

全固废胶凝材料放射性核素限量及检验方法应符合GB 6566的规定。内照射指数IRa≤1.0，外照射指数Ir≤1.0。

4.5 检验规则

4.5.1 编号及取样

- 4.5.1.1 产品出厂前应按不同类别编号和取样。散装和袋装全固废胶凝材料应分别进行编号和取样，每一编号为一取样单位，袋装不超过 200t 为一批，散装不超过 500t 为一批。
- 4.5.1.2 取样应按照 GB/T 12573 规定随机取样，要有代表性，可连续取样，亦可从 20 个以上不同部位取等量样品，袋装应每 1/10 编号从一袋中取至少 12kg；散装应每 1/10 编号在 5min 内取至少 12kg。当散装运输工具的容量超过该厂规定出厂编号吨数时，允许该编号的吨数超过取样规定吨数。

4.5.2 检验

4.5.2.1 产品出厂

全固废胶凝材料经确认各项指标及包装质量符合要求时方可出厂。出厂检验项目按本文件4.4.1、4.4.2执行。

4.5.2.2 型式检验

检验结果符合本文件4.4.1、4.4.2、4.4.3中所有技术要求时为合格，检验结果不符合本文件4.4.1、4.4.2、4.4.3中任何一项技术要求时为不合格品。检验结果若有不合格项，允许在同一编号产品中重新加倍取样进行全项目复检，复检结果如仍有不合格项，则判定该型式检验为不合格。

4.5.3 检验报告

检验报告内容应包括执行标准、产品名称和等级、出厂编号、原材料品种和掺量等出厂检验项目及合同约定的其他技术要求。

4.6 包装、标志、运输和贮存

4.6.1 包装

全固废胶凝材料可以袋装或散装。袋装每袋净含量为 $50\text{kg}\pm 0.5\text{kg}$ ，随机抽取20袋总质量（含包装袋）应不少于1000kg。其他包装形式由供需双方协商确定，有关袋装质量要求，应符合上述规定。包装袋应符合GB 9774的规定。

4.6.2 标志

全固废胶凝材料的包装袋上应标明：执行标准号、产品名称、生产者名称、出厂编号、生产日期、包装日期、净含量、保质期。散装全固废胶凝材料应提交与袋装标志相同内容的卡片。

4.6.3 运输和储存

全固废胶凝材料在运输和贮存时不应受潮、混入杂物，同时应防止污染环境。

5 全固废胶凝材料稳定土

5.1 混合料组成设计

5.1.1 一般规定

5.1.1.1 全固废胶凝材料稳定土适用于道路工程中稳定土路基和稳定土基层。

5.1.1.2 配制全固废胶凝材料稳定土混合料，应通过击实试验确定其最佳含水率和最大干密度。

5.1.1.3 全固废胶凝材料稳定土基层和底基层应具有足够的强度、稳定性和较小的收缩（温缩及干缩）变形。

5.1.1.4 全固废胶凝材料稳定土路基结构设计应符合 JTG D30 的规定；路面基层结构设计应符合 JTG D50 的规定。

5.1.1.5 全固废胶凝材料稳定土强度的测试龄期为 10d。其中，取芯时间可根据现场情况适当提前，若可以取得完整、光滑芯样，则可继续进行下一道工序。

5.1.2 强度要求

全固废胶凝材料稳定土一般作为路基填料或路面基层。若作为路基填料，应符合JTG/T 3610最小承载比（CBR）的相关要求。若作为基层或底基层，应符合JTG F20无侧限抗压强度的相关要求。

5.1.3 配合比设计

全固废胶凝材料稳定土配合比设计应符合JGJ/T 233的规定。

5.2 施工技术要求

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 全固废胶凝材料稳定土应进行不同成型时间条件下的混合料强度试验的延迟时间曲线，并根据设计要求确定容许延迟时间。

5.2.1.2 每一作业单元施工必须在全固废胶凝材料稳定土凝结时间内完成。更换土源时应重新进行试验。

- 5.2.1.3 施工前应先铺筑长度不小于 200m 的试验路段，确定全固废胶凝材料稳定土的设计施工参数、施工工艺及检验标准，确认技术可行后，方可正式施工。
- 5.2.1.4 二级及二级以上公路的基层和底基层施工，应采用厂拌法施工。

5.2.2 路拌法施工

- 5.2.2.1 施工前，下承层表面应平整、坚实，具有规定的路拱，其平整度和压实度应符合 JTG/T F20 的规定。
- 5.2.2.2 采用路拌机进行混合料拌和，拌和应均匀，不应漏拌。拌和宜深入下层且层底不应留有未掺拌的“素土夹层”，每次拌和宽度应重叠，边缘不应留有素土或未拌和的空白区。
- 5.2.2.3 碾压应符合下列规定：
- a) 碾压时应遵循“先轻后重、先慢后快、先两边后中间”的碾压原则；
 - b) 施工横接缝处应搭接拌和，搭接部位宜留出 8m~10m 不进行碾压，后一段施工时再将前一段未碾压段添加全固废胶凝材料重新拌和，两段一起碾压；
 - c) 稳定土底基层碾压完成后，应当保持潮湿状态。
- 5.2.2.4 整平时宜采用压路机稳压 1 遍，然后采用平地机进行整平。
- 5.2.2.5 施工应避免纵向接缝。分两幅施工时，纵缝应垂直相接。前一幅施工时，应在靠中央的另一侧支设模板作支撑，并在铺筑后一幅前拆除。后一幅铺筑时，相接处应人工补充拌和，再一起整形碾压。

5.2.3 厂拌法施工

- 5.2.3.1 土料拌和前应充分粉碎，全固废胶凝材料稳定土宜采用连续式稳定土集中拌合设备，按照室内试验确定的混合料配合比进行拌和。
- 5.2.3.2 全固废胶凝材料稳定土运输过程中应采取封闭措施，运输时间不宜超过 1h。
- 5.2.3.3 碾压作业应按本文件 5.2.2 的规定执行。
- 5.2.3.4 全固废胶凝材料稳定土碾压完成后应立即覆盖土工布，10h 后进行洒水养生，养生期不应少于 10d。
- 5.2.3.5 全固废胶凝材料稳定土养生期间应封闭交通，除洒水车外严禁其他车辆通过。稳定材料层表面应始终保持湿润。

5.3 质量控制与验收

5.3.1 材料检验

施工前按照本文件、国家及行业标准相关要求对材料进行检验，检验合格后方可使用。其中土的检验项目、频度和方法应符合表6的规定，全固废胶凝材料符合本文件4.4、4.5.1的相关要求。

表6 土的检验项目、频度和方法

材料	检验项目	频度	检验方法
土	颗粒分析	每5000m³ 为一批，每批检验一次	JTG 3430(T0115)
	液塑限和塑性指数		JTG 3430(T0118)
	有机质含量		JTG 3430(T0151)
	酸碱度		JTG 3430(T0149)
	天然含水率		JTG 3430(T 0103)

5.3.2 施工后验收

- 5.3.2.1 全固废胶凝材料稳定土路基及基层（底基层）施工过程中，每道工序完成后应进行检查验收，合格后方可进行下道工序。
- 5.3.2.2 全固废胶凝材料稳定土施工质量检验应符合 JTG/T F20 的规定。
- 5.3.2.3 全固废胶凝材料稳定土基层（底基层）施工质量检验评价应符合 JTG F80/1 的规定。

6 全固废胶凝材料稳定集料基层

6.1 混合料组成设计

6.1.1 一般规定

全固废胶凝材料稳定集料基层所用粗、细集料符合 JTG/T F20 的规定，其无侧限抗压强度的测试龄期为 10d，其中取芯时间可根据现场情况适当提前，若可以取得完整、光滑的芯样，则可继续进行下一道工序。

6.1.2 强度要求

- 6.1.2.1 强度试验时，应按照现场压实度标准采用静压法成型试件，最佳含水率及最大干密度取重型击实方法得到的结果，为保证试验结果的可靠性和准确性，依据 JTG E51 标准中规定的每组试件数目要求为：小试件不少于 6 个；中试件不少于 9 个；大试件不少于 13 个。
- 6.1.2.2 全固废胶凝材料基层混合料的无侧限抗压强度应符合表 7 的规定。

表7 全固废胶凝材料稳定基层混合料 10d 无侧限抗压强度 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
		10d	10d	10d
基层	高速公路和一级公路	5.0~7.0	4.0~6.0	3.0~5.0
	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	1.0~3.0

- 6.1.2.3 基层混合料强度要求较高时，宜采取控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不应单纯通过增加全固废胶凝材料剂量来提高材料强度。
- 6.1.2.4 基层混合料应采用质量配合比计算，以全固废胶凝材料与被稳定材料的质量百分率表示，推荐范围为 4%~6%。
- 6.1.2.5 在混合料配合比设计中，应选择不少于 5 个胶凝材料剂量，分别确定各剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度。
- 6.1.2.6 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，验证不同胶凝材料剂量条件下混合料的 10d 龄期无侧限抗压强度，确定满足设计要求的最佳剂量。

6.2 施工技术要求

- 6.2.1 混合料的拌和、运输、摊铺、碾压、养护除了应符合 JTG/T F20 的要求外，还应符合下列技术要求：
 - a) 施工期日最低气温应在 5℃ 以上，若连续 10 天以上日平均温度在 -3℃ 以下，严禁施工。

- b) 施工前应对粉料罐进行零位标定并校准工作范围，保证粉料罐的下料稳定和准确。
- c) 基层侧边与模板间缝隙应加大全固废胶凝材料浆体剂量，防止出现掉边等现象。
- d) 碾压完成后应立即覆盖土工布，10h 后进行洒水养生。夏季气温较高时，可视实际情况提前养生，使全固废胶凝材料稳定基层表面保持潮湿状态即可。
- e) 洒水时应选用雾化效果较好的雾炮设备，避免水量集中导致冲刷破坏。
- f) 碾压完成后的养生期应不少于 10d。
- g) 养生 10d 后，施工需要通行重型货车时，需按规定的车道行驶，且车速应不大于 30km/h。

6.3 质量控制与验收

6.3.1 一般规定

- 6.3.1.1 全固废胶凝材料稳定基层施工前应对原材料及混合料进行质量检验，同时应对施工各工艺参数进行验证，以便控制施工质量。
- 6.3.1.2 全固废胶凝材料基层混合料除应满足强度要求外，宜根据实际情况增加检验其抗劈裂性、抗冻融性，并与同条件下硅酸盐水泥基层混合料性能进行对比。

6.3.2 混合料质量控制

全固废胶凝材料基层混合料的质量检测应符合表8要求。

表8 全固废胶凝材料基层混合料的质量检测

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4.75mm	每台拌和机每天1次~2次，以2个试样的平均值评定	±5%	现场筛分
	4.75mm筛孔		±4%	现场筛分
	2.36mm筛孔		±3%	现场筛分
	0.075mm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	-	T 0801
全固废胶凝材料剂量		每台拌和机每2h进行1次，以每天测试的平均值评定	符合设计要求	EDTA法 ^a
		每台拌和机每5h进行1次，以每天测试的平均值评定	符合设计要求	硫酸钡重量法
无侧限抗压强度		每一工作台面或每2000m ³ 成型1次	符合设计要求	T 0805

^aEDTA法所使用的EDTA二钠溶液，浓度应稀释至0.02mol/L。

6.3.3 施工质量控制

施工的质量控制应符合JTG/T F20的规定。

6.3.4 质量检验

全固废胶凝材料水稳基层的工程质量验收除应符合JTG/T F20的规定外，尚应满足下列要求：

- a) 用于基层和底基层的全固废胶凝材料稳定材料，取芯龄期宜为 10d；
- b) 强度验证指标宜采用 10d 无侧限抗压强度。

6.3.5 质量验收

质量验收应符合JTG F80的规定。

7 全固废胶凝材料砂浆及混凝土

7.1 一般规定

全固废胶凝材料砂浆可应用于工程砌筑、修补、抹面等工程场景；全固废胶凝材料混凝土可应用于混凝土路面、涵洞、中小型混凝土构件等少筋或无筋的工程场景。

7.2 配合比设计

7.2.1 一般规定

- 7.2.1.1 全固废胶凝材料可以等量化替代水泥用于预拌砂浆及修补砂浆。
- 7.2.1.2 提高砂浆的强度及耐久性应采用低水胶比、低单位体积用水量的方式，M15 及以上强度等级砂浆的设计用水量不宜超过 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- 7.2.1.3 全固废胶凝材料混凝土配合比设计应满足混凝土和易性、强度和耐久性要求。
- 7.2.1.4 全固废胶凝材料混凝土配制过程中宜采用低水胶比、低单位体积用水量，设计用水量不宜超过 $175\text{kg}/\text{m}^3$ 。

7.2.2 主要参数

7.2.2.1 全固废胶凝材料砂浆配合比设计应符合 JGJ/T 98 的规定。每立方米砂浆的全固废胶凝材料用量及所用全固废胶凝材料标号宜符合表 9 的规定。

表9 每立方米砂浆的全固废胶凝材料用量

强度等级	全固废胶凝材料用量 (kg/m^3)	标号
M5	200~240	I 型
M10	270~300	
M15	300~340	
M20	320~380	
M25	350~420	II 型
M30	370~460	

7.2.2.2 配制全固废胶凝材料混凝土时，水胶比、胶凝材料用量宜符合表 10 的规定。

表10 全固废胶凝材料混凝土的水胶比、胶凝材料用量

强度等级	水胶比	全固废胶凝材料用量 (kg/m^3)
C20	0.49~0.54	≥ 350
C25	0.43~0.48	≥ 365

表10 全固废胶凝材料混凝土的水胶比、胶凝材料用量（续）

强度等级	水胶比	全固废胶凝材料用量(kg/m³)
C30	0.39~0.44	≥375
C35	0.37~0.42	≥390
C40	0.34~0.39	≥410
C45	0.32~0.37	≥430
C50	0.30~0.33	≥450
C55	0.27~0.30	≥475
C60	0.25~0.28	≥500

- 7.2.2.3 粗、细骨料用量应按照 JGJ 55 的规定，采用质量法或体积法进行计算。
- 7.2.2.4 混凝土配合比的试配、调整和确定，应符合 JGJ55 的规定。
- 7.2.2.5 当有抗冻等耐久性要求时，混凝土宜掺用引气剂，引气剂含气量实测值不宜大于 6%。
- 7.2.2.6 全固废胶凝材料混凝土采用的外加剂应符合 GB 8076 的规定。

7.3 性能要求

7.3.1 工作性能

- 7.3.1.1 全固废胶凝材料砂浆工作性能应符合 GB/T 25181 及 JC/T 2381 的规定。
- 7.3.1.2 全固废胶凝材料混凝土拌和物应具有良好的和易性，不得离析或泌水，且坍落度、扩展度、坍落度经时损失、扩展度经时损失和凝结时间应满足施工要求。
- 7.3.1.3 全固废胶凝材料混凝土稠度实测值允许偏差应符合表 11 的规定。在满足施工工艺要求的前提下，宜尽可能采用较小的坍落度。

表11 全固废胶凝材料混凝土拌和物的稠度实测值与控制目标值的允许偏差

项目	设计值(mm)	允许偏差(mm)
坍落度	≤40	±10
	50~90	±20
	≥100	±30
扩展度	≥350	±30

7.3.2 力学性能

- 7.3.2.1 全固废胶凝材料砂浆力学性能根据应用场景应符合 GB/T 25181 及 JC/T 2381 的规定。
- 7.3.2.2 全固废胶凝材料混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值(MPa) 划分为 C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60，其中 C40~C60 适用于预制构件混凝土。
- 7.3.2.3 全固废胶凝材料混凝土强度应满足设计要求。
- 7.3.2.4 全固废胶凝材料混凝土力学性能试验方法应符合 GB/T 50081 的规定。

7.3.3 长期性能和耐久性能

- 7.3.3.1 全固废胶凝材料砂浆耐久性能应符合 GB/T 25181 及 JC/T 2381 的规定。

7.3.3.2 全固废胶凝材料混凝土长期性能和耐久性能应满足设计要求。试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。

7.3.3.3 全固废胶凝材料混凝土应符合 GB/T 50733 的规定。

7.3.3.4 全固废胶凝材料混凝土的耐久性等级划分应符合 JGJ/T 193 的规定。

7.3.3.5 下承层处理、施工组织等应符合 JTG/T F30 的规定。

7.4 施工技术要求

7.4.1 原材料计量应采用电子计量设备，设备的精度应符合 GB/T 10171 的规定。每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。混凝土原材料的计量允许偏差应符合 GB/T 10171 中表 7 或表 8 的规定，每班应检查 1 次。

7.4.2 全固废胶凝材料混凝土的运输应符合 GB 50164 和 GB/T 14902 的规定。

7.4.3 全固废胶凝材料混凝土的道面及附属工程施工应符合 GB 50164 及 JTG/T F30 的规定。

7.4.4 全固废胶凝材料砂浆施工应符合 JGJ/T 223 的规定。

7.5 质量控制与验收

7.5.1 全固废胶凝材料混凝土的施工质量验收，应符合 GB 50204、JTG F80 的规定。

7.5.2 全固废胶凝材料砂浆施工质量验收，应符合 JGJ/T 223 的规定。

8 安全与环保

8.1 安全

8.1.1 全固废胶凝材料安全生产应符合行业标准 JC/T 2301 的规定。

8.1.2 全固废胶凝材料稳定土和全固废胶凝材料稳定集料安全生产应符合 GB/T 33000 的规定。

8.1.3 全固废胶凝材料混凝土安全生产应符合 JC/T 2533 的规定。

8.2 环保

8.2.1 全固废胶凝材料道路工程中的噪声应符合 GB 12523 的规定。

8.2.2 全固废胶凝材料道路工程中的水质应符合 GB/T 14848 的规定。

8.2.3 全固废胶凝材料道路工程中的环境空气应符合 GB 3095 的规定。

8.2.4 全固废胶凝材料道路工程中的土壤环境质量应符合 GB 15618 的规定。

附录 A

(规范性)

稳定基层混合料中全固废胶凝材料剂量测定试验方法

A.1 前期样品制备与溶液配制

- A.1.1 5种混合料的全固废胶凝材料剂量应为：全固废胶凝材料剂量为0、最佳全固废胶凝材料剂量、最佳全固废胶凝材料剂量±2、最佳全固废胶凝材料剂量+4，每种剂量进行两组平行试验，按照水稳材料的生产配比配置基层混合料并置于盛样器中。
- A.1.2 在盛样器中两倍试样质量（湿料质量）体积的蒸馏水，若混合料为300g，则搅拌3min（每分钟搅拌110次~120次）；若混合料为1000g，则搅拌5min（每分钟搅拌110次~120次）；如用1000ml具塞三角瓶，则手握三角瓶（瓶口向上）用力振荡3min（每分钟120次±5次），以代替搅拌棒搅拌，搅拌后放置沉淀10min。
- A.1.3 100g/L BaCl₂溶液：将100g BaCl₂·2H₂O溶于水中，加水稀释至1L，必要时过滤后使用。
- A.1.4 5g/L AgNO₃溶液：将0.5g硝酸银溶于水中，加入1mL硝酸，加水稀释至100mL，贮存于棕色瓶中。

A.2 标准曲线绘制

- A.2.1 移取40mL上层液体转移到300ml烧杯内，搅拌使试样完全分散，在搅拌下加入10mL盐酸（1+1），加热煮沸并保持微沸5min~10min。
- A.2.2 用中速滤纸过滤，用热水洗涤10次~12次，滤液及洗液收集于400mL烧杯中。加水稀释至约250mL，玻璃棒底部压一小片定量滤纸，盖上表面皿，加热煮沸，在微沸下从杯口缓慢逐滴加入10mL热的氯化钡（BaCl₂）溶液（100g/L），继续微沸数分钟使沉淀良好地形成，然后在常温下静置12h~24h或温热处静置至少4h（有争议时，以常温下静置12h~24h的结果为准），溶液的体积应保持在约200mL。用慢速定量滤纸过滤，用热水洗涤，按规定洗涤沉淀后，将滤液收集于试管中，加4滴~6滴5g/L的硝酸银（AgNO₃）溶液，观察试管中的溶液是否浑浊，如果浑浊，继续洗涤并检验，直至检验不再浑浊为止。
- A.2.3 将沉淀及滤纸一并移入已灼烧恒量的瓷坩埚中，灰化完全后，放入800℃~950℃的高温炉内灼烧30min以上，取出坩埚，置于干燥器中冷却至室温，称量，反复灼烧直至恒量或者在800℃~950℃下灼烧约30min（有争议时，以反复灼烧直至恒量的结果为准），置于干燥器中冷却至室温后称量（m₁₃），计算该全固废胶凝材料掺量下硫酸盐三氧化硫的质量分数W_{SO3}。

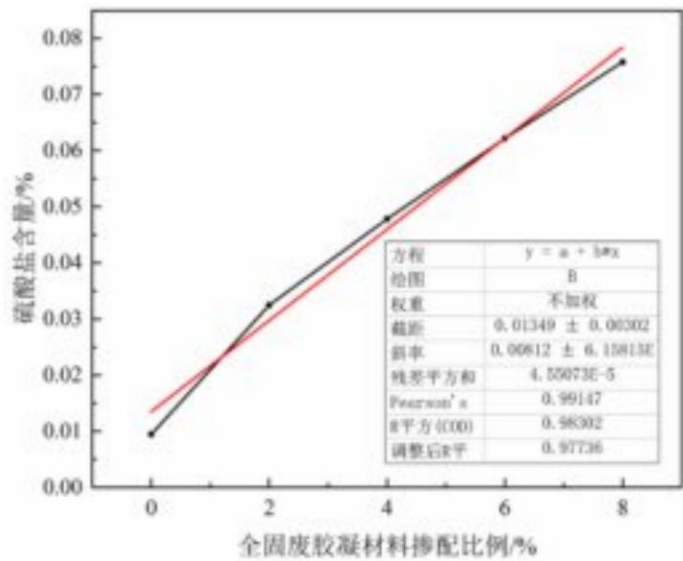
试样中硫酸盐三氧化硫的含量W_{SO3}按A.1计算：

$$W_{SO3} = \frac{(m_{13} - m_{013}) \times 0.343}{m_{12}} \times 100 \tag{A-1}$$

式中：

- m₁₃ 一灼烧后沉淀的质量，单位为克（g）；
- m₀₁₃ 一空白试验灼烧后沉淀的质量，单位为克（g）；
- m₁₂ 一混合料的质量，单位为克（g）；
- 0.343—硫酸钡对三氧化硫的换算系数。

- A.2.4 对其他几个盛样器中的试样，用上述的方法进行试验，并记录各自的试验结果。
- A.2.5 以同一全固废胶凝材料硫酸盐三氧化硫的含量W_{SO3}为纵坐标，全固废胶凝材料剂量（掺配比例）为横坐标得到全固废胶凝材料剂量（掺配比例）与硫酸盐三氧化硫含量的关系曲线图（以图A.1为例）。



图A.1 硫酸钡重量法拟合曲线

A. 2. 6 硫酸盐的含量精确到0. 001%，试验结果取两次试验结果的平均值，两次测定结果之差不大于0. 002%，否则重新进行试验。

A. 3 全固废胶凝材料剂量测定试验方法

A. 3. 1 选取有代表性的无机结合料稳定材料，对稳定中、粗粒土取试样约3000g，对稳定细粒土取样约1000g。

A. 3. 2 对全固废胶凝材料稳定细粒土，称取300g放在盛样器中；对全固废胶凝材料稳定中、粗粒土，称取1000g放在盛样器中，在盛样器中加入2～3倍试样质量的蒸馏水，搅拌、静置，然后如前述步骤进行试验。

A. 3. 3 利用所绘制的标准曲线，根据硫酸盐三氧化硫的含量 W_{SO_3} ，确定混合料中全固废胶凝材料剂量。

A. 3. 4 硫酸盐的含量精确到0. 001%，试验结果取两次试验结果的平均值，两次测定结果之差不大于0. 002%，否则重新进行试验。

附 录 B

(规范性)

条文说明

B.1 4.2.6 目前还未发布关于胶凝材料用电石渣的相关国标、行标。经检测，由内蒙古自治区水泥协会牵头编制的团体标准《用于生产硅酸盐水泥熟料的电石渣》(T/NMSNXH 001)中的指标可以对全固废胶凝材料用电石渣性能进行规范，因此对该团标进行引用。

B.2 4.3.1 钢渣的主要矿物组成为硅酸三钙、硅酸二钙，电石渣的主要矿物相组成为 Ca(OH)_2 、 CaCO_3 ，两者均可以作为全固废胶凝材料的主动激发材料，既可以混合配制，也可以独立添加，因此在组成要求中将电石渣、钢渣归为一类。

B.3 4.4.1 根据试验验证，全固废胶凝材料的早期强度生长较缓慢，强度明显增长一般发生在养护 10d 以后且持续至 56d，所以应降低 3d 的强度指标，同时增加 56d 强度评价指标。经过大量室内试验得出，全固废胶凝材料的 28d 抗压强度为 56d 抗压强度的 70%~80%，所以分别设置 22MPa、29MPa 及 36MPa 作为三种标号全固废胶凝材料的 28d 强度指标。

B.4 4.4.2 在全固废胶凝材料的磨细过程中，部分机械能会转化为表面能和内能，从而提高固体颗粒的总能量，进一步增加其反应活性，有利于加快全固废胶凝材料的水化过程。根据《基于粉料粒径变化的超硫酸盐水泥力学性能研究》这篇论文，最优比表面积应控制在 $350\text{m}^2/\text{kg} \sim 450\text{m}^2/\text{kg}$ 的范围内。然而，考虑到工业固废的品质差异以及材料的易磨性，通过大量室内试验和工程应用，将下限设定为 $400\text{m}^2/\text{kg}$ ，可以为性能提供更高的保障。

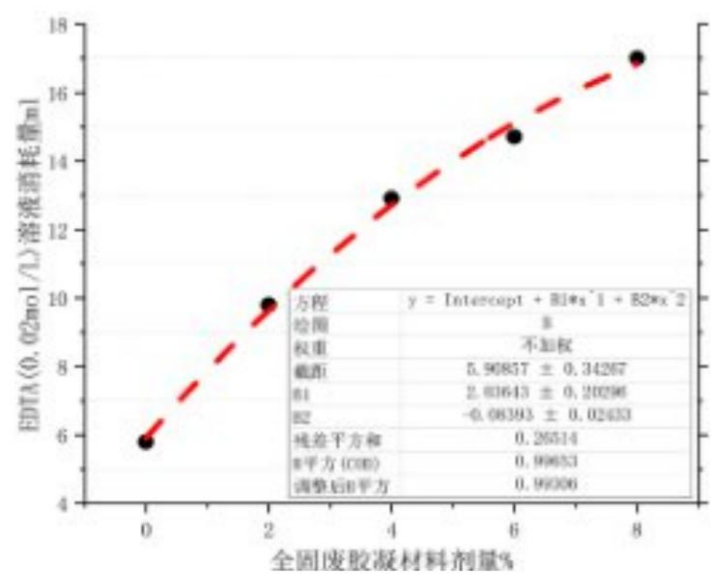
B.5 4.4.3 三氧化硫含量参照了欧盟标准 EN-15743 中三氧化硫含量规定，同时参照 T/GBMEA 01 所提三氧化硫指标。普通硅酸盐水泥中 SO_3 质量分数 $\leq 3.5\%$ ，石膏主要起到缓凝作用；对于全固废胶凝材料，石膏主要起到激发作用，因此，全固废胶凝材料相较于硅酸盐水泥需要更高的硫酸盐含量。通过试验验证和质量控制， SO_3 含量在 $\geq 6\%$ 时样品强度出现明显提高， $\text{SO}_3 \geq 12\%$ 时，部分样品出现安定性不良的现象，上限应小于 12%。氯离子含量按照 GB/T 175，选用 0.1%。

B.6 6.2.1 全固废胶凝材料与普通硅酸盐水泥密度不同，因此当罐内装入全固废胶凝材料时，需要对粉料罐重新标定以保证计量准确性。

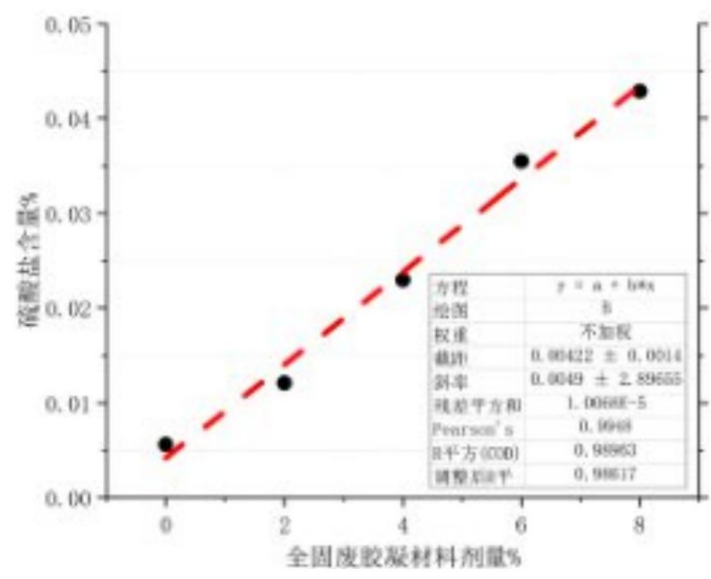
B.7 6.3.2 EDTA 法的本质是利用 EDTA 溶液与稳定集料中的 Ca^{2+} 发生反应从而推导出胶凝材料剂量，而硫酸钡重量法是利用 Ba^{2+} 与稳定集料中的 SO_4^{2-} 发生反应从而推导出胶凝材料剂量，两种方法均可以作为全固废胶凝材料剂量控制方法，其中 EDTA 法呈现二次方函数关系，酸钡重量法呈现线性关系（见图 B.1、B.2），宜以 EDTA 法作为主要控制方式，硫酸钡重量法作为辅助控制方式，其中 EDTA 溶液浓度应稀释至 0.02mol/L。

B.8 6.3.4 根据混合料强度增长规律，取芯及强度验证时间均规定为 10d，其中取芯时间可根据现场情况适当提前，若可以取得完整、光滑的芯样，则可继续进行下一道工序。

B.9 7.2.2 每立方米砂浆的全固废胶凝材料用量；全固废胶凝材料混凝土的水胶比、胶凝材料用量，均参照了 TCECS 689 的相关规定，同时，编制组也通过室内试验及工程应用，明确了本指标的可靠性，并根据胶砂强度等级规范了全固废胶凝材料标号。



图B.1 EDTA 法拟合曲线



图B.2 硫酸钡重量法拟合曲线