

DB5117

四川省（达州市）地方标准

DB5117/T 77-2023

公路水泥稳定磷石膏基层应用技术规范

Technical specification for application of cement stabilized
phosphogypsum base in highway

2023-09-08 发布

2023-09-08 实施

达州市市场监督管理局 发布

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 路面结构及防排水 2

5 材料 3

6 配合比设计 4

7 施工 6

8 施工质量管理与检查验收 8

9 环境管理与质量监测 9

附录 A （规范性） 水稳定性系数试验方法 10

附录 B （规范性） 干湿循环强度试验方法 11

参考文献 13

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。

本文件由达州市交通运输局提出并归口。

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。

本文件起草单位：四川省交通勘察设计研究院有限公司、四川景达新材料科技有限公司、瓮福达州化工有限责任公司、达州市质量技术监督检验检测中心、达州市生态环境科学研究院。

本文件主要起草人：黄晚清、曹明明、廖孝江、刘禾培、楚佳元、郑利平、付勇、游宏、耿向永、吴建新、吴志勇、王庆远、王剑、陈军、桂骁、左贵宁、李军、张恩荣、苗春泽、邓建波、潘远梅、曹磊、田陈燕、利璐、卢巧丽、兰滔、杜镇宇、王睿麟、施念成。

公路水泥稳定磷石膏基层应用技术规范

1 范围

本文件规定了公路水泥稳定磷石膏基层的路面结构及防排水、材料、配合比设计、施工、施工质量管理 and 检查验收、环境管理与质量监测的技术要求。

本文件适用于达州市行政区域内公路水泥稳定磷石膏混合料在二级及以下沥青路面底基层、二级及以下水泥混凝土路面基层和底基层的应用。市政道路、乡村道路和厂区道路等其他道路可参照执行。

本文件不适用于自然保护区、水源保护区、湿地公园区、基本农田保护区等环境敏感区道路。

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 3838 地表水环境质量标准
- GB/T 5484 石膏化学分析方法
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 15618 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB/T 23456 磷石膏
- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- HJ/T 166 土壤环境监测技术规范标准
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JC/T 2073 磷石膏中磷、氟的测定方法
- DB5117/T 75 磷石膏无害化处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磷石膏 phosphogypsum

采用湿法工艺制取磷酸产生的副产品，主要成分为二水硫酸钙（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）。

来源：[DB5117/T 75-2023，3.1]

3.2

固化剂 curing agent

通过与磷石膏、水泥和水的物理和化学反应,能有效改善水泥稳定磷石膏混合料路用性能的外加剂。

3.3

水泥稳定磷石膏混合料 cement stabilized phosphogypsum mixture

以磷石膏、水泥等为材料,通过固化剂激发其活性,并与集料(需要时)、水按照一定比例共同拌和形成的混合料。

3.4

水稳定性系数 water stability coefficient

采用标准养生7d/14d最后一天浸水的水泥稳定磷石膏混合料试件的无侧限抗压强度与不经过水浸泡的同龄期试件的无侧限抗压强度的比值。

3.5

容许延迟时间 permitted delay time

在满足强度标准的前提下,水泥稳定磷石膏混合料从搅拌至施工现场碾压成型所容许的最大间隔时间。

3.6

冻融循环强度比 freeze-thaw cycle strength ratio

按规定方法成型、养生28d龄期的水泥稳定磷石膏混合料试件,在经受5次冻融循环后试件抗压强度与未经历冻融循环试件抗压强度的比。

3.7

干湿循环强度比 dry-wet cycle strength ratio

按规定方法成型、养生28d龄期的水泥稳定磷石膏混合料试件,在经受7次干湿循环后试件抗压强度与未经历干湿循环试件抗压强度的比。

3.8

水泥剂量 cement dosage

以水泥质量占全部干燥磷石膏、碎石质量总和的百分比表示。

4 路面结构及防排水

4.1 路面结构

4.1.1 路面结构验算时,水泥稳定磷石膏混合料的弯拉强度和弹性模量宜采用实测值。

4.1.2 水泥稳定磷石膏层的厚度可根据结构验算、道路实际情况需要等确定,单层压实厚度宜为16cm~25cm。

4.2 防排水

4.2.1 应按照疏堵结合的原则,充分考虑路面结构防水与排水设计。

4.2.2 水泥稳定磷石膏混合料用于基层时应采取必要的抗裂、防水、加强层间结合的措施。

4.2.3 地下水位高、排水不良的填方路段、岩石挖方路段,应重点加强路面结构排水设计。

4.2.4 路肩结构组合和材料选用应与行车道路面相协调,不应影响路面结构中水的排出。

4.2.5 在后期路面运营过程应做好养护维修,及时对裂缝进行灌缝,及时对路面病害进行处治,防止路表水下渗。

5 材料

5.1 一般规定

- 5.1.1 所有原材料应检验评定合格后方可使用。
- 5.1.2 不应使用受潮变质的水泥、过期的固化剂等原材料。
- 5.1.3 磷石膏在使用前应进行无害化处理，技术要求应符合 DB5117/T 75 的规定。

5.2 磷石膏

- 5.2.1 用于基层和底基层的磷石膏应符合表 1 的技术要求。

表 1 磷石膏技术要求

项目		单位	技术要求	试验方法
外观		—	粉状疏松物、均匀、无结块、无机械杂质	目测
二水硫酸钙（CaSO ₄ ·2H ₂ O）（干基）		%	≥90	GB/T 23456
附着水（H ₂ O）（湿基）		%	≤15	GB/T 5484
水溶性五氧化二磷（P ₂ O ₅ ）（干基）		%	≤0.20	JC/T 2073
水溶性氟离子（F ⁻ ）（干基）		%	≤0.10	
水溶性氧化镁（MgO）（干基）		%	≤0.10	GB/T 5484
氯离子（Cl ⁻ ）（干基）		%	≤0.02	
水溶性氧化钠（Na ₂ O）（干基）		%	≤0.06	
放射性	内照射指数	—	≤1.0	GB 6566
	外照射指数	—	≤1.0	

- 5.2.2 使用前应进行结块磷石膏的破碎处理，破碎后 0.6mm 筛孔通过率应大于 80%，2.36mm 筛孔通过率应大于 90%。

5.3 水泥

宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥，技术要求应符合 JTG/T F20 的规定。

5.4 固化剂

- 5.4.1 固化剂可选用粉末状固化剂或液体状固化剂，采用固化剂的水泥稳定磷石膏混合料路用性能和环保要求等均应符合本文件的规定。
- 5.4.2 液体固化剂应颜色均匀，无沉淀或絮状状态。
- 5.4.3 粉末状固化剂应无杂质，可溶于常温水，分子量应不小于 600 万，水不溶物含量应小于 10%。

5.5 集料

- 5.5.1 水泥稳定磷石膏混合料掺加的碎石应由各种硬质岩石或砾石加工而成，碎石规格应大于 2.36mm。碎石规格宜采用工程粒径 2.36mm~4.75mm、4.75mm~9.5mm、9.5mm~13.2mm 等。
- 5.5.2 集料的物理力学性能应符合 JTG/T F20 的规定。

5.6 水

水泥稳定磷石膏混合料拌和、养生用水应符合 JTG/T F20 的规定。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 混合料组成设计时，应按设计要求，综合考虑材料的力学性能、施工特性、经济性以及工程所在地气候环境、交通荷载影响下的耐久性，选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

6.1.2 确定水泥稳定磷石膏混合料最大干密度、最佳含水量指标时应采用重型击实方法。

6.1.3 在施工过程中，材料品质或规格发生变化、固化剂或结合料品种发生变化时，应重新进行混合料组成设计。

6.1.4 水泥稳定磷石膏混合料可采用掺加碎石和不掺加碎石两种类型，当强度要求较高时，应采用掺加碎石的水泥稳定磷石膏混合料。

6.2 强度要求

6.2.1 水泥稳定磷石膏混合料宜采用 7d /14d 龄期无侧限抗压强度作为配合比设计的主要指标，强度代表值应符合表 2 的规定，且水稳定系数不小于 0.8，水稳定系数试验方法应按照附录 A 的要求执行。

表 2 水泥稳定磷石膏混合料无侧限抗压强度技术要求

使用层位	公路等级	重交通（MPa）	中、轻交通（MPa）
基层	二级及二级以下公路	3.0 ~ 4.0	2.5 ~ 3.5
底基层	二级及二级以下公路	1.5 ~ 2.5	1.0 ~ 2.0

注：不掺加碎石的水泥稳定磷石膏混合料施工质量控制指标采用 14d 无侧限抗压强度和水稳定系数，掺加碎石的水泥稳定磷石膏混合料的施工质量控制指标采用 7d 无侧限抗压强度和水稳定系数。

6.2.2 水泥稳定磷石膏混合料强度要求较高时，应采用控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高混合料强度。

6.3 配合比设计技术要求

6.3.1 不掺加碎石的水泥稳定磷石膏混合料水泥剂量应为 10%~14%，固化剂掺量宜为 0.5%~1.5%，具体配比经试验论证确定。

6.3.2 水泥稳定磷石膏混合料掺加碎石时，应根据实际情况在表 3 的级配范围中选用，水泥剂量应小于 10%，固化剂掺量宜为 0.5%~1.5%，具体配比经试验论证确定。

表 3 水泥稳定磷石膏混合料级配推荐范围

筛孔尺寸（mm）	I 型（%）	II 型（%）	III 型（%）
16	100	100	100
13.2	90~100	100	100
9.5	70~90	90~100	100

表 3 水泥稳定磷石膏混合料级配推荐范围（续）

筛孔尺寸（mm）	I 型（%）	II 型（%）	III 型（%）
4.75	40~70	60~85	90~100
2.36	20~50	40~70	65~85
<2.36	由磷石膏代替		

- 6.3.3 在配合比设计中，应选取不少于 5 个水泥剂量，分别确定各水泥剂量下混合料的最佳含水率和最大干密度。
- 6.3.4 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，验证不同水泥和固化剂剂量条件下水泥稳定磷石膏混合料的无侧限抗压强度，确定满足设计要求的最佳材料配合比。
- 6.3.5 混合料性能的验证指标主要包括水稳定系数；当水泥稳定磷石膏混合料用于多雨区时宜进行干湿循环强度试验，有条件时开展冻融循环强度试验，相应技术要求宜符合表 4 的规定。冻融循环强度试验方法应符合 JTG E51 的规定，干湿循环强度试验方法应按照附录 B 的要求执行。

表 4 水泥稳定磷石膏混合料冻融循环强度比、干湿循环强度比技术要求

使用层位	冻融循环强度比（%）	干湿循环强度比（%）
基层	≥80	≥90
底基层	≥75	

- 6.3.6 水泥稳定磷石膏混合料宜进行不同成型时间条件下混合料无侧限抗压强度试验，绘制相应延迟时间曲线，以无侧限抗压强度符合表 2 的规定确定混合料容许延迟压实时间。
- 6.3.7 目标级配曲线优化选择、合成级配曲线及其性能验证、实际生产中混合料的级配波动范围及性能验证，应符合 JTG/T F20 的规定。

6.4 环保要求

水泥稳定磷石膏混合料试件浸出液特征污染物浓度限值应符合表 5 的规定。

表 5 水泥稳定磷石膏混合料浸出液特征污染物浓度限值

名称	技术要求（mg/L）							
	总磷（以 P 计）	水溶性氟化物	铅	铬（六价）	硫酸盐	镉	砷	汞
28d 水泥稳定磷石膏混合料试件	≤0.2	≤1	≤0.01	≤0.05	≤250	≤0.005	≤0.01	≤0.001

6.5 配合比设计流程

- 6.5.1 水泥稳定磷石膏混合料的设计应包括目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数确定三个部分，按照 JTG/T F20 的要求执行。
- 6.5.2 水泥稳定磷石膏混合料配合比设计流程见图 1 所示。

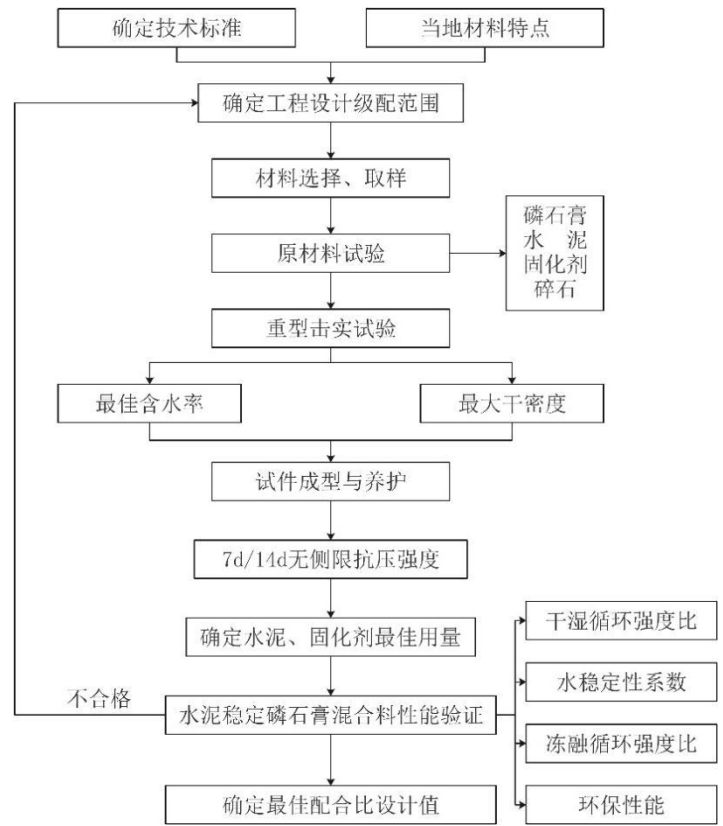


图 1 配合比设计流程图

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 水泥稳定磷石膏混合料层施工，必须在验收合格的下承层上实施，清除作业面表面浮土、积水等。
- 7.1.2 宜在气温较高、少雨的季节组织施工，日最低气温应大于等于 5℃。
- 7.1.3 大规模施工前，应通过试验段验证相关配合比、设备配置、施工工艺等，试验段长度不宜小于 300m。
- 7.1.4 原材料严禁混杂，应分档隔仓堆放，并设置明确的标志。
- 7.1.5 根据稳定材料层的不同结构层位和施工工序的要求，应进行层间处理，确保层间结合良好。

7.2 施工设备要求

- 7.2.1 拌和系统采用自动控制、电子计量，能在线监控各配料系统运行参数，且拌和系统各计量传感器应按规定进行标定。加水量的计量应采用流量计的方式。
- 7.2.2 固化剂的储备要使用专门的装置，对于可能沉淀的固化剂，应安装搅拌设备，宜在搅拌机内设置一套固化剂喷淋系统，以确保固化剂搅拌均匀。
- 7.2.3 自卸运输汽车宜加装振动器协助卸料。
- 7.2.4 磷石膏仓宜同时配备机械破拱和振动破拱装置，防止起拱；粉料储罐罐体底部也应配备破拱装

置。粉料供给宜采用减量秤计量。

7.2.5 摊铺宜选用履带式液压全自动摊铺机，同时配备自动找平系统，摊铺机螺旋布料器中部应安装反向叶片，减少纵向离析。螺旋布料器应设置橡胶前挡板，减少竖向离析。

7.2.6 压路机的钢轮宜加装钢丝绳，及时刮除粘结的细料。

7.3 原材料加工和存放

7.3.1 磷石膏运输过程中应采取防止磷石膏抛撒、扬尘污染、防水等措施。

7.3.2 磷石膏应按照 GB 18599 的相关要求进行贮存和管理。磷石膏、碎石的堆放场地采用混凝土硬化，应设置防雨棚，场地周边应设置排水沟。

7.3.3 磷石膏需在拌和站进行破碎加工时应采取防雨及防粉尘污染措施。

7.3.4 拌和设备下应设置污水排放管沟、积水坑和清洗拌和设备的废水处理回收设备。

7.4 拌和

7.4.1 水泥稳定磷石膏混合料应采用厂拌法生产，保证拌和均匀性。

7.4.2 所有进料设备应装有自动计量装置，称量精度达到 $\pm 0.5\%$ ，并在生产时能够调整进料的速度，以保证混合料的配合比不变。

7.4.3 水泥稳定磷石膏混合料拌和时，宜采用液体固化剂，且要注意液体固化剂对筑路材料含水量的影响。

7.4.4 混合料的拌和能力与摊铺能力应相匹配。每天开盘前应检测场内各档集料及磷石膏的含水量，确定当天的加水量。拌和生产过程中，应根据天气变化情况和前场铺筑情况适时调整加水量。天气炎热或运距较远时，拌和时宜适当增加含水量。

7.4.5 水泥稳定磷石膏混合料拌和过程中，应实时监测各料仓（包括粉料仓、水、固化剂）的生产情况，如存在起拱、堵仓等异常情况应及时处理。

7.4.6 在试拌和前，应先调试所用的设备，使水泥稳定磷石膏混合料的级配组成和含水量都达到配合比设计的规定要求。

7.5 运输

7.5.1 运料车车厢应光滑洁净，车厢底部不得有水积聚；运料车应用篷布覆盖，直至卸料时方可取下覆盖篷布。

7.5.2 水泥稳定磷石膏混合料应随拌和、随运输、随摊铺、随压实。

7.5.3 在装料过程中应采取措施减少混合料离析。

7.6 摊铺

7.6.1 水泥稳定磷石膏混合料宜采用摊铺机进行摊铺。摊铺过程中应开启摊铺机振捣功能，提高摊铺初始密实度和平整度。

7.6.2 水泥稳定磷石膏混合料边缘应设置侧模，碾压前，应沿侧模处将水泥浆灌入水泥稳定磷石膏混合料层边缘混合料中，以保证水泥稳定磷石膏混合料层边缘强度，必要时采取超宽 15cm 左右摊铺碾压后切边的措施。

7.6.3 水泥稳定磷石膏混合料层分层施工时，宜洒布水泥净浆增加层间粘结，水泥净浆喷洒量按水泥质量计，宜为 $1.0\text{kg/m}^2 \sim 1.5\text{kg/m}^2$ 。

7.6.4 在摊铺机后面应设专人消除集料离析及磷石膏结团，及时铲除离析或磷石膏结团的部位，并用

良好混合料填补。

7.6.5 纵缝和横缝应垂直相接，严禁斜接，接缝处应加强碾压。

7.7 碾压

7.7.1 水泥稳定磷石膏混合料宜按照稳压→强振→弱振→稳压的工序进行压实，直至表面基本无轮迹。初压采用双钢轮或者单钢轮压路机，复压采用单钢轮压路机，终压采用双钢轮或者胶轮压路机，且应加强边部压实，具体碾压组合应由试验段验证后采用。

7.7.2 初压、复压和终压作业应密切衔接，中间不得停顿、等候和拖延，也不得相互干扰，以保证在最短时间内完成全部碾压作业。

7.7.3 应结合运距、天气状况合理确定碾压工艺，混合料碾压完成时间不应超过其容许延迟压实时间。

7.7.4 碾压过程中，水泥稳定磷石膏混合料表面应始终保持湿润，如水分蒸发过快，现场含水量不足时，可少量喷洒（宜呈雾状）补水，严禁大量洒水。

7.7.5 压路机倒车、换挡都要轻且平稳，严禁压路机及平地机在已完成或正在碾压的路段上调头和急刹车，以免混合料表层受到破坏。

7.8 养生

7.8.1 养生时间应不少于 14d，养生期宜延长至上层结构开始施工前 2d。

7.8.2 水泥稳定磷石膏混合料宜采用节水保湿膜覆盖养生。

7.8.3 用洒水车洒水养生时，洒水车的喷头宜用喷雾式，不得采用高压式喷管，以免破坏水泥稳定磷石膏层结构，每天洒水次数应视气候而定，整个养生期间应始终保持水泥稳定磷石膏层表面湿润。

7.8.4 水泥稳定磷石膏层过冬时应采取必要的保护措施。

7.8.5 尽量避免水泥稳定磷石膏混合料养生初期被雨淋；应做好道路排水工作，确保不被雨水浸泡。养护期内，应封闭交通，禁止洒水车外其他车辆通行。

7.9 水泥稳定磷石膏层收缩裂缝的处理

水泥稳定磷石膏层收缩裂缝的处理应符合JTG/T F20的有关规定。

8 施工质量管理与检查验收

8.1 原材料质量检查

8.1.1 在工程开工前，应对各种原材料进行检验，对材料数量、供应计划、料场堆放及储存情况进行检查。施工过程中材料来源及规格发生变化时，应重新进行检验。

8.1.2 原材料应按表 6 所列的试验项目和要求检测评定。

表 6 原材料检验项目和频度

材料	试验项目	频度
集料	颗粒分析	每 2000m ³ 测 2 个样品
水泥	强度、初终凝时间	做混合料配合比设计时测 1 个样品，来源或强度等级变化时重测

表 6 原材料检验项目和频度 （续）

材料	试验项目	频度
磷石膏	质量及污染物指标	单个项目磷石膏使用量小于 5000 吨时，测 1 个样品磷石膏，使用量大于 5000 吨时，每 5000 吨测 1 个样品
	含水率	原材料发生变化时
固化剂	质量指标	每批 100 吨 1 次，少于 100 吨按 100 吨检测 1 次

8.1.3 碎石的含水率、级配、压碎值、软石含量、针片状颗粒含量、粉尘含量等其他试验项目和要求应符合 JTG/T F20 的规定。

8.2 施工过程质量检测

8.2.1 水泥稳定磷石膏混合料碾压完成后应立即采用灌砂法进行压实度检测，技术要求应符合表 7 的规定。

表 7 水泥稳定磷石膏混合料压实度要求

使用层位	公路等级	水泥稳定磷石膏混合料（不掺加碎石）（%）	水泥稳定磷石膏混合料（掺加碎石）（%）
基层	二级及二级以下公路	≥95	≥97
底基层	二级及二级以下公路	≥93	≥95

8.2.2 水泥稳定磷石膏层材料养生 14d 后方可进行弯沉检测，弯沉值应小于设计值。

8.2.3 水泥稳定磷石膏层的取芯龄期通常为 7d（掺加碎石）或 14d（不掺加碎石），不利养生条件下（日均气温低于 10℃的低温天气、雨季等）宜适当延长取芯龄期。

8.2.4 平整度、横坡度、厚度、纵断高程、宽度、原材料抽检、混合料抽检、摊铺质量、碾压质量等检验项目和要求应符合 JTG/T F20 的有关规定。

9 环境管理与质量监测

9.1 水泥稳定磷石膏混合料施工前，应按照环境监测技术规范对可能受到影响的土壤、地表水和地下水开展背景监测。

9.2 对水泥稳定磷石膏混合料施工路段，每年应进行土壤、地表水、地下水环境的跟踪监测，并根据监测结果，对照环境背景值进行综合分析。

9.3 地下水环境质量调查与监测方法参照 HJ 164，监测指标以 GB/T 14848、GB 3838、GB 15618 中的常规指标（除微生物和放射性指标外）为主；地表水环境质量调查与监测方法参照 HJ 91.2，监测指标以 GB 3838 中的基本项目为主；土壤质量调查与监测方法参照 HJ/T 166，监测指标以 GB 15618 中的农用地土壤污染风险筛选值（基本项目）为主，特别关注运营期 SO₄²⁻对周边土壤、地表水、地下水环境的影响。

附录 A

(规范性)

水稳定性系数试验方法

A.1 本方法主要用于水泥稳定磷石膏混合料的水稳定性评价。水泥稳定磷石膏混合料的水稳定性系数以标准养生 7d (掺加碎石) 或 14d (不掺加碎石) 最后一天浸水的水泥稳定磷石膏混合料试件的无侧限抗压强度与不经过水浸泡的同龄期试件的无侧限抗压强度的比值来评价。

A.2 仪器设备

试验仪器应符合 JTG E51 的规定。

A.3 试件的制备与养护

试件制备和养护要求如下:

- a) 试件应采用 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的圆柱形试件。
- b) 按照 JTG E51 中 T0804 确定水泥稳定磷石膏混合料的最佳含水量和最大干密度。
- c) 按照 JTG E51 中 T0843 方法制备不少于 18 个 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 26 个 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准试件, 其中一半试件用于浸水 24h, 一半试件用于不浸水。
- d) 按照 JTG E51 中 T0845 的标准养生条件进行养生, 养生龄期 14d。
- e) 养生期的最后 1d, 将其中一组 9 个 (或 13 个) 试件浸泡在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 水中, 水面高于试件顶面约 2.5cm, 第二组试件采用标准养生至同龄期 (未浸水)。

A.4 试验步骤

操作流程如下:

- a) 浸水完毕后, 取出试件, 用湿布擦除表面的水分, 称质量; 用游标卡尺测量试件的高度, 精确至 0.1mm; 取出另一组试件 (未浸水), 称质量, 用游标卡尺测量试件的高度, 精确至 0.1mm。
- b) 按照 JTG E51 中 T0805 方法对上述两组试件分别进行无侧限抗压强度试验。

A.5 计算

水泥稳定磷石膏混合料水稳定系数按式 (A.1) 计算。

$$WSC = \frac{R_d^1}{R_d^0} \times 100 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

WSC——水稳定性系数 (%)

R_d^0 ——未浸水试件无侧限抗压强度 (MPa)

R_d^1 ——浸水 24h 试件无侧限抗压强度 (MPa)

附录 B

(规范性)

干湿循环强度试验方法

B.1 本方法主要用于水泥稳定磷石膏混合料的水稳定性评价。水泥稳定磷石膏混合料的耐干湿循环能力以 28d 龄期的试件在经过 7 次干湿循环后的饱水无侧限抗压强度与未经历干湿循环试验的抗压强度的比值来评价。

B.2 仪器设备

试验仪器应符合 JTGE51 的规定。

B.3 试件制备和养护

试件制备和养护要求如下：

- a) 试件应采用 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的圆柱形试件。
- b) 按照 JTGE51 中 T0804 确定水泥稳定磷石膏混合料的最佳含水量和最大干密度。
- c) 按照 JTGE51 中 T0843 方法制备不少于 26 个 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准试件，其中不少于 13 个为干湿循环试件，不少于 13 个为对比试件。
- d) 按照 JTGE51 中 T0845 的标准养生条件进行养生，养生龄期 28d。
- e) 养生期的最后 1d，将试件浸泡在水中，水面高于试件顶面约 2.5cm。在浸泡于水中之前，应称取试件的质量。

B.4 操作流程

操作流程如下：

- a) 浸水完毕后，取出试件，用湿布擦除表面的水分，称质量；用游标卡尺测量试件的高度，精确至 0.1mm；
- b) 取其中一组试件按 JTGE51 中 T0805 方法测定非干湿循环条件下的抗压强度 R ；
- c) 取其中干湿循环的一组试件，按编号放入恒温烘箱中烘干。烘箱的温度设定为 50°C ，烘干时间为 12h，保证试件周围至少留有 20mm 的空隙，以利于空气流通。烘干试验结束后，取出试件，量高、称质量；然后立即放入 20°C 的水槽中饱水，饱水时间为 12h。槽中水面应至少高出试件表面 20mm，浸水完毕后，取出试件擦干后量高、称质量，该次循环即结束。然后往复进行剩余循环；
- d) 如试件的平均质量损失率超过 5%，应重新进行试验或重新进行配合比设计；
- e) 试件达到规定的干湿循环次数后，用软布吸去试件表面的水分，按照 JTGE51 中 T0805 方法进行干湿循环后的抗压强度 (R_c) 试验。抗压试验前应称试件质量并进行外观检查。详细记录试件表面破损、裂缝及边角缺损情况。

B.5 计算

水泥稳定磷石膏混合料的干湿循环强度比按式 (B.1) 计算。

$$GSR = \frac{R_c}{R} \times 100 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

GSR——经 7 次干湿循环后试件的抗压强度比 (%)；

R_c ——7次干湿循环后试件的抗压强度（MPa）；

R ——对比试件的抗压强度（MPa）。

参 考 文 献

- [1] T/CHTS 10100-2023 公路水泥稳定磷石膏基层施工技术规范
 - [2] DB42/T 1991-2023 公路磷石膏复合稳定基层材料应用技术规程
 - [3] GB 175-2020 通用硅酸盐水泥
 - [4] GB/T 32124-2015 磷石膏的处理处置规范
 - [5] GB 36600-2018 土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
 - [6] HJ 25.3-2019 建设用地土壤污染风险评估技术导则
 - [7] HJ 557-2010 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
 - [8] JTG E42-2005 公路工程集料试验规程
 - [9] JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程
 - [10] JTG 3430-2020 公路土工试验规程
-