

四川省（达州市）地方标准

DB5117/T 118-2024

磷石膏流态固化土应用技术规范

Technical Specifications for the Application of Phosphogypsum
Fluid-Solidified Soil

2024-12-30 发布

2024-12-30 实施

达州市市场监督管理局 发布

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。 本文件由达州市经济和信息化局提出并归口。

本文件起草单位：达州市首炬新型建材有限公司、达州职业技术学院、自贡市鑫友建材有限责任公司、达州市建设工程质量检测中心、四川兴发规划建筑设计有限公司、四川红艺筑工程设计有限公司、万源市建设工程质量安全监督站、达州市生态环境科学研究院、泰安鲁创机电科技有限公司。

本文件主要起草人：肖启荣、刘洪均、余正全、蒋亮、谭毅、唐斌、于林森、余鑫洁、陶西、文强、刘宗川、杨睿、姚灿、吕晶晶、潘广钦、王强、刘禾培、唐久平、于登、黄光平、张德祥、邬园满、程思昊、曾远鹏、黎茂、孟超、汤华容、张瑜、于升敏、陈威、陆钊、刁晨晨、聂华、潘洪帅、刘言顺。

引 言

磷石膏流态固化土是以水泥、磷石膏、建筑再生骨料、固化剂、外加剂、掺合料和水等按照适当比例拌合的混合料，经成型、养护后凝固成具有一定强度和水稳定性、低渗透性的一种新型土工复合材料。磷石膏流态固化土作为一种新型的建筑材料，为磷石膏与建筑固废的综合利用开辟了新的途径。这种新型建材原材料来源广泛、成本低廉，在房屋建筑和市政基础设施工程以及露天矿坑回填、井下充填、地下采空区充填等领域中有广泛的应用前景。

通过磷石膏流态固化土的应用，加快固废资源的循环利用，提升磷石膏和建筑固废的利用率，有效解决磷石膏与建筑固废造成的环境污染和空间存储问题，构建起固废资源循环利用的良性体系。推动磷化工产业链的绿色转型及建筑固废的综合利用，快速推进“无废城市”建设，为生态文明建设作出贡献。

磷石膏流态固化土应用技术规范

1 范围

本文件规定了磷石膏流态固化土的分类、技术要求、生产和运输、应用技术、环境管理与环境监测。 本文件适用于达州市行政区域内新建、改建和扩建的房屋建筑工程和市政基础设施工程的非主体结构及非承重部位，露天矿坑回填、井下充填、地下采空区充填等领域对磷石膏流态固化土的综合利用。 本文件不适用于自然保护区、饮用水水源保护区、重要湿地等区域。

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 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB/T 8076 混凝土外加剂
GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
GB 8978 污水综合排放标准
GB 14902 预拌混凝土国家标准
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 25176 混凝土和砂浆用再生细骨料
GB/T 25177 混凝土用再生粗骨料
GB 25181 预拌砂浆国家标准
GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
GB/T 32124 磷石膏的处理处置规范
GB/T 35164 用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉
GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 70 建筑砂浆基本性能试验方法标准
JGJ/T 233 水泥土配合比设计规程
JG/T 566 混凝土和砂浆用天然沸石粉
JG/T 5094 混凝土搅拌运输车
DBJ51/T 104 四川省绿色环保搅拌站建设、管理和评价标准
DB51/T 2681 预拌混凝土搅拌站废水废浆回收利用技术规程
DB51 2864 四川省水泥工业大气污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磷石膏流态固化土 phosphogypsum-based fluid solidification soil

以水泥、磷石膏、建筑再生骨料、固化剂、外加剂、掺合料和水等按照适当比例拌合的混合料，经成型、养护后凝固成具有一定强度和水稳定性、低渗透性的一种新型土工复合材料，用 PFS 表示。

3.2

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（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）。

3.3

建筑再生骨料 building recycled aggregate

由建（构）筑物拆除、路面翻修、混凝土生产、工程施工和其他状况下产生的废弃物料，经过破碎加工后所得公称粒径在 31.5mm 以下的骨料，根据公称粒径大小的不同分为再生粗骨料和再生细骨料。

3.4

固化剂 special curing agent

改善磷石膏流态固化土物理、化学性能及络合固化磷石膏中有害物质的专用外加剂。

3.5

固化剂掺入比 mixing ratio of the solidifying agent

掺入的固化剂质量与磷石膏质量之比，以百分数表示。

3.6

扩展度 the spread diameter (or flow spread) of phosphogypsum flow solidified soil

将磷石膏流态固化土混合料注入内径 75mm、高 150mm 的圆柱形筒中，提起筒混合料在自重作用下的扩展直径。

3.7

立方体抗压强度 cubic compressive strength

采用边长为 70.7mm 立方体试件（每组 3 个），经标准养护 28 天在无侧限压力条件下，抵抗轴向压力的破坏强度。

3.8

强度等级 strength grade of fluid-solidified phosphogypsum soil

以磷石膏流态固化土 28d 龄期的立方体抗压强度平均值划分，用 $F_{GP,k}$ 表示，单位 MPa。

4 分类

磷石膏流态固化土按强度等级分为 $F_{GP0.5}$ ， $F_{GP1.0}$ ， $F_{GP3.0}$ ， $F_{GP5.0}$ ， $F_{GP7.0}$ ， $F_{GP10.0}$ ， $F_{GP15.0}$ 等 7 个等级。

5 技术要求

5.1 原材料技术要求

5.1.1 一般要求

原材料应检验合格。

5.1.2 水泥

应符合 GB 175 的规定。

5.1.3 磷石膏

应符合 GB/T 32124 的规定。

5.1.4 建筑再生骨料

应符合 GB/T 25176、GB/T 25177 的规定。

5.1.5 矿物掺合料

5.1.5.1 当使用粉煤灰和磨细粉煤灰掺合料时，其性能要求应符合 GB/T 1596 的规定。

5.1.5.2 当使用粒化高炉矿渣粉掺合料时，其性能要求应符合 GB/T 18046 的规定。

5.1.5.3 当使用石灰石粉作为矿物掺合料时，其性能要求应符合 GB/T 35164 的规定。

5.1.5.4 当使用沸石粉作为矿物掺合料时，其性能要求应符合 JG/T 566 的规定。

5.1.5.5 当使用硅灰作为矿物掺合料时，其性能要求应符合 GB/T 27690 的规定。

5.1.6 固化剂

应符合 GB/T 32124 的规定，具体技术要求可根据实际生产制作情况界定，其试验方法应按照 GB/T 8077 的规定进行。

5.1.7 外加剂

应符合 GB/T 8076 的规定，其试验方法应按照 GB/T 8077 的规定进行。

5.1.8 水

应符合 JGJ 63 的规定。

5.2 配合比设计

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 磷石膏流态固化土填筑工程的设计应综合考虑材料的性能、施工特性、工程所在地气候环境，明确材料选择、配合比、龄期、强度等级、填筑要求等。对于特殊建设工程，应根据填筑工程的特点，并经过专项论证，提出磷石膏流态固化土的特殊性能、环保安全等要求。

5.2.1.2 磷石膏流态固化土混合料的设计应包括原材料检验、目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数的选定等四部分。

5.2.1.3 采用磷石膏流态固化土的填筑工程，应以强度等级作为设计、施工和质量验收的技术指标。

5.2.1.4 磷石膏流态固化土应根据工程结构形式、施工工艺以及环境因素进行配合比设计。

5.2.2 配合比设计要求

磷石膏流态固化土配合比设计应满足磷石膏流态固化土配制强度、混合料性能、力学性能和耐久性能的设计要求。

5.2.3 配合比设计方法

5.2.3.1 磷石膏流态固化土配合比应根据填筑工程的设计和施工要求参照JGJ/T 233 进行计算和试验确定。

5.2.3.2 配合比设计应采用工程实际使用的原材料进行试配。

5.2.3.3 计算前应确定固化剂掺入比，固化剂掺入比基准值按设计要求执行。

5.3 固化土性能指标

5.3.1 工作性能

5.3.1.1 $F_{GP,k} \leq 7.0$ 及以下的混合料工作性能应符合 GB 25181 的要求。

5.3.1.2 $F_{GP,k} > 7.0$ 以上的混合料工作性能应符合 GB 14902 的要求。

5.3.1.3 凝结时间的具体技术要求可根据实际生产制作情况界定，其试验方法应按照 JGJ/T 70 的相关规定进行。

5.3.2 力学性能

固化土的力学性能应符合 GB 25181 的要求，其试验方法应按照 JGJ/T 70 的相关规定进行。

5.3.3 耐久性

$F_{GP,k} \geq 15.0$ 及以上的固化土耐久性能应符合 GB 14902 的要求，其试验方法应按照 GB/T 50082 的相关规定进行。

5.3.4 浸出液特征污染浓度

混合料试件浸出液的特征污染物控制指标应符合 GB/T 32124 的规定，其试验方法应按照 GB 8978 的相关规定进行。

6 生产和运输

6.1 基本规定

6.1.1 磷石膏流态固化土生产应符合 DBJ51/T 104 和 DB51/T 2681 的规定。

6.1.2 磷石膏流态固化土宜采用搅拌运输车运输，运输车辆应符合有关标准的规定。

6.2 磷石膏流态固化土生产

6.2.1 原材料贮存

原材料应分仓贮存，有明显的标识。

6.2.2 计量

原材料的计量允许偏差应符合 GB 14902 的相关规定。其中，磷石膏计量允许偏差同水泥计量允许偏差，固化剂计量允许偏差同外加剂计量允许偏差。

6.2.3 拌制

6.2.3.1 搅拌应保证磷石膏流态固化土混合料质量均匀。

6.2.3.2 在拌和过程中，应实时监测各个料仓的生产计量。

6.2.3.3 搅拌时间应满足设备说明书的要求，并且不应少于 60s（从全部材料投完算起）。

6.3 运输

6.3.1 磷石膏流态固化土混合料应采用搅拌运输车运输，搅拌运输车应符合 JG/T 5094 的规定。

6.3.2 混合料运输车装料前应排净罐内积水、清理干净车厢，不应有杂物。

6.3.3 运输车装料后不应向搅拌罐内的混合料中加水。在运输途中或等候卸料时，应保持搅拌运输车罐体正常运转，不应停转，确保混合料的均匀性和工作性。

6.3.4 卸料前，搅拌运输车罐体宜快速旋转搅拌 30s 以上后再卸料。

6.3.5 混合料从拌和均匀到填筑压实，不宜超过 15h。

7 应用技术

7.1 施工

7.1.1 当填筑基槽标高不一致时，应做成阶梯状或者斜坡状，并应按先深后浅的顺序进行施工；当大面积施工时应分段、分区，相接处应做成阶梯状，上下层错缝的距离不宜小于 1m。

7.1.2 磷石膏流态固化土的填筑方式应根据施工现场的条件进行确定，可采用泵送或溜槽填筑。当采用泵送施工时，应考虑泵送的冲力，并验算其安全性。

7.1.3 磷石膏流态固化土从搅拌至填筑完毕的时间间隔不宜超过 6h；当间隔时间超过 6h 时，宜调整和控制固化剂的凝结时间。

7.1.4 当流动扩展度小于 160mm 的液态固化土混合料填筑时，宜采用辅助振捣措施。振捣设备可采用磷石膏流态固化土施工的振捣装置。

7.1.5 施工中采用的新技术、新工艺、新设备，应按有关规定进行评审、备案。施工前应对新的或首次采用的施工工艺进行评价，制订专门的施工方案，并经监理单位核准。

7.2 养护

7.2.1 制定养护方案时，应综合考虑磷石膏流态固化土的性能、现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

7.2.2 磷石膏流态固化土填筑后其裸露表面应及时进行保湿覆盖或洒水养护。选择养护方式应充分考虑现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

7.2.3 养护时间一般不少于 7 天，大体积磷石膏流态固化土养护时间应根据施工方案确定。

8 环境管理与环境监测

8.1 环境管理

- 8.1.1 磷石膏原料堆场采取封闭堆棚，地面采用抗渗混凝土等防渗措施，防渗等级不低于 P6。
- 8.1.2 磷石膏流态固化土制备应符合 DBJ51/T 104、DB51/T 2681 的规定。
- 8.1.3 磷石膏流态固化土生产过程中，废气排放应符合 DB51 2864 规定的排放限值要求。

8.2 环境监测

- 8.2.1 磷石膏流态固化土生产企业应建立监测制度。
- 8.2.2 磷石膏流态固化土生产企业应对污染物排放状况开展自行监测，并公开监测结果。
- 8.2.3 磷石膏流态固化土生产过程中排放废气的监测应按照 DB51 2864 的规定执行。
- 8.2.4 结合具体项目要求，对可能受到影响的土壤、地表水和地下水开展监测。