

达州市地方标准

XX XXXX—2023

公路水泥稳定磷石膏基层应用技术指南

Technical guide for application of cement stabilized Phosphogypsum base

in highway

（征求意见稿）

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

达州市市场监督管理局 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 符号	- 2 -
5 总则	- 2 -
6 材料	- 2 -
6.1 一般规定	- 2 -
6.2 磷石膏	- 2 -
6.3 水泥	- 3 -
6.4 固化剂	- 3 -
6.5 集料	- 3 -
6.6 水	- 3 -
7 配合比设计	- 4 -
7.1 一般规定	- 4 -
7.2 强度及压实度要求	- 4 -
7.3 配合比设计技术要求	- 5 -
7.4 配合比设计流程	- 5 -
8 施工	- 6 -
8.1 一般规定	- 6 -
8.2 施工设备要求	- 6 -
8.3 磷石膏加工和存放	- 7 -
8.4 拌和	- 7 -
8.5 运输	- 7 -
8.6 摊铺	- 7 -
8.7 碾压	- 7 -
8.8 养生	- 8 -
9 施工质量管理与检查验收	- 8 -
9.1 原材料检验	- 8 -
9.2 现场施工过程检测	- 8 -
9.3 现场施工后检测	- 9 -
10 环境质量检测与监测	- 9 -
10.1 芯样环境检测	- 9 -
10.2 环境质量管理	- 9 -
附录 A 干湿循环强度试验方法	- 10 -
附录 B 水稳定性系数试验	- 11 -

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准由达州市交通运输局提出归口。

本标准由达州市市场监督管理局批准发布。

本标准主要起草单位：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、达州市生态环境科学研究院。

本标准起草人：

公路水泥稳定磷石膏基层应用技术指南

1 范围

本标准规定了水泥稳定磷石膏混合料的原材料、配合比设计、施工、施工质量管理和检查验收、环境质量检测与监测等方面的内容。

本标准适用于水泥稳定磷石膏混合料在各等级公路基层、底基层中的应用，市政道路和厂区道路可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 23456	磷石膏
GB 175	通用硅酸盐水泥
GB/T 32124	磷石膏的处理处置规范
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 36600	土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）
HJ 25.3	建设用地土壤污染风险评估技术导则
HJ 557	固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
JTG D50	公路沥青路面设计规范
JTG F40	公路沥青路面施工技术规范
JTG E42	公路工程集料试验规程
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程
JTG 3430	公路土工试验规程
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
HJ 164	地下水环境监测技术规范
CJJ/T 286	土壤固化剂应用技术标准
DB42/T 1991	公路磷石膏复合稳定基层材料应用技术规程

3 术语和定义

3.1

磷石膏 phosphogypsum

以磷矿石为原料，湿法制取磷酸后，经处理得到的固体废渣，其主要成分为二水硫酸钙（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）的工业副产品。

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，能有效溶解磷石膏的有害化学杂质以及改善和提高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路面基层材料。

3.4

水稳定性系数 Water stability coefficient

采用标准养生14d最后一天浸水的水泥稳定磷石膏稳定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，单位%。

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，单位%。

4 符号

WSC：水稳定性系数

GSR：干湿循环强度比

5 总则

5.1 为促进磷石膏资源在公路领域的规模化应用，指导公路基层和底基层绿色设计、施工及养护，满足公路基层和底基层安全性、功能性、耐久性、经济性等要求，制定本指南。

5.2 本指南适用于各等级公路新建、改扩建工程基层和底基层的设计、施工和质量检验，市政道路和厂区道路等可参照执行。

5.3 本标准涉及的磷石膏等工业固废作为路面基层材料时应满足国家环境评价的相关规定。

5.4 应用本指南时，应坚持质量第一、因地制宜、就地取材、保护环境和节约资源的原则，注重环保理念。

5.5 水泥稳定磷石膏混合料基层应用技术的设计及施工，除应符合本指南的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

6 材料

6.1 一般规定

6.1.1 所有原材料应进行质量检验，经评定合格后方可使用。

6.1.2 应选用性能合格的固化剂、水泥等原材料，受潮变质的水泥、过期的固化剂等产品严禁使用。

6.1.3 磷石膏在使用前应进行无害化处理。

6.2 磷石膏

6.2.1 磷石膏应呈粉状疏松物，无机械杂质，用于基层和底基层的磷石膏应满足表 6.2.1 的技术要求。

表 6.2.1 磷石膏技术要求

项目	技术要求
二水硫酸钙 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (干基)	$\geq 85\%$
附着水 (H_2O) (湿基)	$\leq 15\%$ (磷石膏料仓不堵仓时附着水 (H_2O) 含量可放宽至 $\leq 18\%$)
放射性比活度	$I_{\text{Ra}} \leq 1.0$ 且 $I_{\text{r}} \leq 1.0$
PH	≥ 6

6.2.2 磷石膏使用前应检测其污染物含量,检测前处理方法应符合 HJ 557 水平振荡法的要求,其浸出液特征污染物浓度应满足表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 磷石膏浸出液特征污染物浓度限值

试验项目	单位	技术要求	测定方法
总磷	mg/L	≤ 40	GB 11893
水溶性氟化物	mg/L	≤ 20	GB/T 15555.11
总铬	mg/L	≤ 1.5	HJ 781
总铅	mg/L	≤ 1.0	HJ 787
总镉	mg/L	≤ 0.1	HJ 787
总砷	mg/L	≤ 0.5	HJ 702
总汞	mg/L	≤ 0.05	HJ 702

6.2.3 结块磷石膏使用前应进行破碎处理,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%。

6.3 水泥

6.3.1 宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,其性能应符合 JTGT F20-2015《公路路面基层施工技术细则》的规定。

6.3.2 所用水泥初凝时间应大于 3h,终凝时间应大于 6h 且小于 10h。

6.4 固化剂

6.4.1 用于基层和底基层的固化剂宜满足表 6.4.1 的技术性能和指标要求。

表 6.4.1 固化剂技术要求

项目	技术标准	检测方式
外观	液体,颜色均匀,无沉淀或絮状状态	
含固量 ω (%)	≥ 39	固含量检测仪
二氧化硅 (SiO_2) (%)	22~25	原子吸收分光光度法
密度 (g/cm^3)	1.24~1.31	密度瓶测量法
氧化钾 (K_2O) (%)	13~15	原子吸收分光光度法
PH 值	8~10	PH 试纸
稳定性能 (20 天含固量差值) (%)	< 3	固含量检测仪
溶解性	完全溶解	烧瓶法
活性成分 (%)	95	光学分析法

6.4.2 若所用固化剂不满足表 6.4.1 技术要求,但固化剂所激发的水泥稳定磷石膏混合料强度、水稳定性和环保监测指标等均满足本指南相关规定,可允许使用。

6.5 集料

6.5.1 粗、细集料应符合《公路路面基层施工技术细则》(JTGT F20)的相关规定。

6.6 水

6.6.1 符合现行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)的引用水可直接作为基层材料拌和与养生用水。

6.6.2 拌和使用的非饮用水应进行水质检验,技术要求符合表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 非饮用水技术要求

项目	技术要求	试验方法
PH 值	≥ 4.5	《混凝土用水标准》JGJ 63
Cl^- 含量 (mg/L)	≤ 3500	
SO_4^{2-} 含量 (mg/L)	≤ 2700	
碱含量 (mg/L)	≤ 1500	
可溶物含量 (mg/L)	≤ 10000	
不溶物含量 (mg/L)	≤ 5000	
其他杂质	不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

6.6.3 养生用水可不检验不溶物含量，其他指标应符合表 6.6.2 的规定。

7 配合比设计

7.1 一般规定

7.1.1 进行混合料组成设计时，应综合考虑材料的经济性、力学性能、施工特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。

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

7.1.3 水泥稳定磷石膏混合料强度满足要求时，尚宜检验其抗冲刷、抗裂、干湿循环强度比、冻融循环强度比、抗冻性等综合路用性能。

7.1.4 混合料组成设计所用原材料的质量和规格应与工程实际使用相同。当原材料的质量和规格发生变化时，应重新进行混合料组成设计。

7.2 强度及压实度要求

7.2.1 水泥稳定磷石膏混合料作为基层、底基层时，按表 7.2.1 的压实度进行配合比设计，且水稳定系数不小于 0.8。

表 7.2.1 水泥稳定磷石膏混合料压实度要求

单位为%

层位	特重交通	重、中交通	轻交通
基层	≥ 96	≥ 96	≥ 96
底基层	≥ 95	≥ 95	≥ 95

7.2.2 水泥稳定磷石膏混合料宜采用 14d 养生龄期无侧限抗压强度作为配合比设计的主要指标，强度代表值应满足表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 水泥稳定磷石膏混合料技术要求

单位为 MPa

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
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

条文说明：水泥稳定碎石基层采用的 7d 无侧限抗压强度作为施工质量控制的主要指标，因水泥稳定磷石膏混合料 90% 以上为纯磷石膏，前期强度增长缓慢，7d 无侧限抗压强度较低，工程实践中其 14d 的无侧限抗压强度完全可与 7d 水泥碎石稳定层形成对比。因此将 14d 无侧限抗压强度作为 7.2.4 水泥稳定磷石膏混合料施工质量控制的主要依据指标。

7.2.3 当基层强度要求较高时，宜采用控制集料技术指标和优化级配设计等措施来提高混合料强度。

7.2.4 水泥稳定磷石膏混合料用作基层材料时，碎石的含量可根据基层的具体情况而适当调整，若不加碎石的水泥稳定磷石膏材料的 14d 龄期无侧限抗压强度能够满足要求，也可不加碎石。

7.2.5 采用水泥稳定磷石膏材料的底基层和基层的厚度可以根据道路实际情况需要确定,但不宜小于 16cm。

7.3 配合比设计技术要求

7.3.1 水泥稳定磷石膏混合料用作公路和市政道路的基层、底基层时,基本配合比为磷石膏:碎石:水泥为(50%~99%):(0%~50%):(1%~12%),固化剂为干料的(0.005%~5%)。配合比通过配合试验确定。

7.3.2 在配合比设计中,应选取不少于 5 个水泥剂量,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。

7.3.3 根据试验确定的最佳含水量、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 14d 无侧限抗压强度,确定满足设计要求的最佳材料配合比。

7.3.4 水泥稳定磷石膏混合料配合比试验推荐磷石膏、水泥和固化剂用量可参考表 7.3.4 中推荐值。

表 7.3.4 水泥稳定磷石膏混合料推荐配合比

序号	材料名称	占比(%)
1	磷石膏	≥88
2	水泥	≤12
3	固化剂	1

7.3.5 验证的混合料性能主要包括 14d 无侧限抗压强度和水稳定系数,可选用 28d 龄期冻融循环强度比、28d 龄期干湿循环强度比和 90d 龄期弯拉强度。

7.3.6 当水泥稳定磷石膏混合料用于高温多雨区时宜进行干湿循环强度比试验,必要时开展冻融循环强度比试验,其技术要求宜满足表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 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标准

结构层	冻融循环强度比	干湿循环强度比
基层	≥80%	≥90%
底基层	≥75%	

7.3.7 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见附录 A。

条文说明:水泥稳定磷石膏混合料冻融循环强度比试验和干湿循环强度比试验不作为性能验证的必选指标,可根据需要选择用于低温区域时宜开展,用于高温多雨区时宜进行

7.3.8 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抗压强度试验,14d 无侧限抗压强度宜满足表 7.2.2 的规定,绘制相应延迟时间曲线,确定混合料容许延迟压实时间。

7.3.9 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《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20)的有关规定。

7.4 配合比设计流程

7.4.1 水泥稳定磷石膏混合料的设计应包括料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定三个部分。

7.4.2 水泥稳定磷石膏混合料配合比设计流程见图 7.4.2 所示。

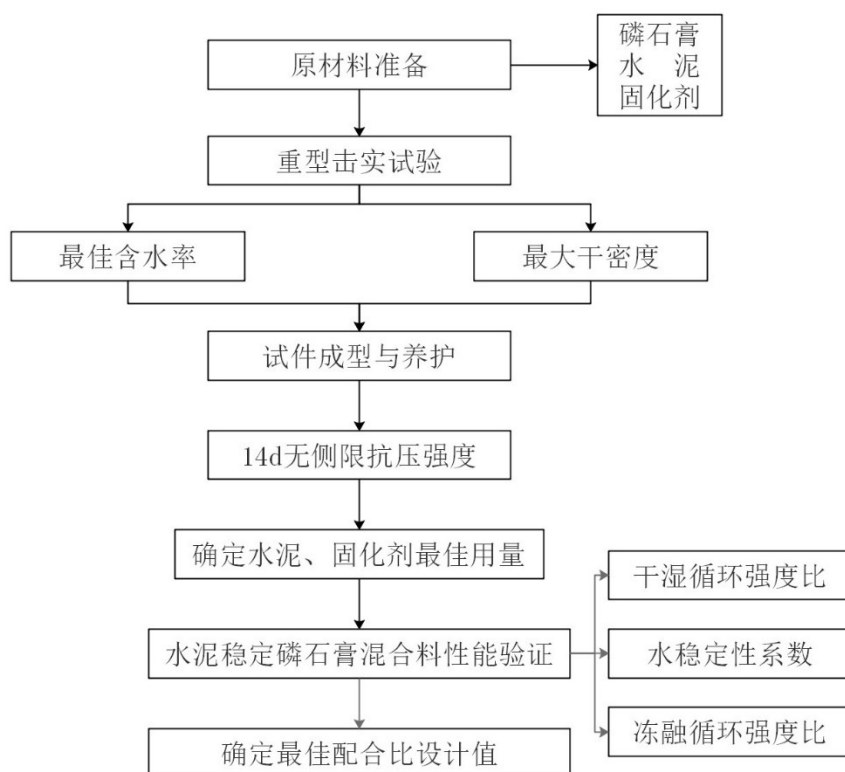


图 7.4.2 配合比设计流程

8 施工

8.1 一般规定

- 8.1.1 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进行，清除作业面表面的浮土、积水等。
- 8.1.2 对下承层进行适当碾压，碾压过程中，如发现过干、表层松散，应适当洒水；如下承层过湿，发生“弹簧”现象，应采用挖开晾晒、换土、掺石灰或水泥等措施进行处理。
- 8.1.3 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℃。
- 8.1.4 路基检测验收合格后方可施工水泥稳定磷石膏底基层。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。
- 8.1.5 工程所需的原材料严禁混杂，应分档隔仓堆放，并有明显的标志。

8.2 施工设备要求

- 8.2.1 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。
- 8.2.2 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。水泥稳定磷石膏混合料固化剂掺量低，宜在搅拌机内设置一套固化剂喷雾系统，以确保固化剂搅拌均匀。
- 8.2.3 需配备足够数量的 15 t 以上自卸运输汽车，宜加装振动器协助。水泥稳定磷石膏混合料材料卸料：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。
- 8.2.4 装载机数量应与拌和设备相匹配。配备足够数量的 8~10t 洒水车。
- 8.2.5 磷石膏仓宜同时配备机械破拱和振动破拱装置，防止起拱。配备两个粉料储罐，罐体底部应配备粉料破拱装置。粉料供给宜采用减量秤计量。
- 8.2.6 加水量的计量应采用流量计的方式。
- 8.2.7 摊铺应选用履带式液压全自动摊铺机，同时配备自动找平系统，并有预防材料离析措施。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，减少摊铺竖向离析。

8.3 磷石膏加工和存放

- 8.3.1 磷石膏运输过程中应采取防撒落、防水等措施。
- 8.3.2 磷石膏运输至拌和站后，应放置于堆放场地采用混凝土硬化的防雨棚或者库房内，在周边设置排水沟。
- 8.3.3 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。
- 8.3.4 水泥、固化剂等仓库应覆盖和设置顶棚防雨，并设置在地势较高处，严禁材料受潮。
- 8.3.5 磷石膏需要在拌和站进行破碎加工时应采取防雨及防粉尘污染措施。

8.4 拌和

- 8.4.1 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。非特殊情况下，水泥稳定磷石膏混合料不宜采用路拌法。
- 8.4.2 所有进料设备必须装有自动计量装置，称量精度达到 $\pm 0.5\%$ 。并在生产时能够调整进料的速度，以保证筑路材料的配合比不变。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的含水量影响。
- 8.4.3 拌和设备的料仓数目应与规定的备料档数相匹配，宜较规定的备料档数增加1个。各个料仓之间的挡板高度应不小于1m。
- 8.4.4 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率，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率。
- 8.4.5 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。
- 8.4.6 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率都达到配合比设计的规定要求。试拌混合料应取样进行无侧限抗压强度试验。
- 8.4.7 在装料过程中应采取措施减少混合料离析。

8.5 运输

- 8.5.1 运料车辆车厢应光滑洁净，减少混合料粘聚附着影响后续卸料。
- 8.5.2 运输过程中应采用篷布覆盖，减少水分蒸发和混合料撒落，并应及时运至指定施工地点。

8.6 摊铺

- 8.6.1 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。
- 8.6.2 水泥稳定磷石膏层分层施工时，宜撒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 $1.0\text{kg/m}^2 \sim 1.5\text{kg/m}^2$ 。
- 8.6.3 在摊铺机后面应设专人消除集料离析及磷石膏结团现象，及时铲除离析或磷石膏结团的部分，并用良好混合料填补。
- 8.6.4 摊铺时宜避免纵向接缝，分两幅摊铺时，纵向接缝处应加强碾压。存在纵向接缝时，纵缝应垂直相接，严禁斜接。采用多台摊铺机梯队摊铺时，摊铺机的型号及磨损程度宜相同。在施工期间，摊铺机的前后间距宜不大于10m，且相邻施工段面纵向应有300mm~400mm的重叠。

8.7 碾压

- 8.7.1 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，终压采用钢轮或者胶轮压路机，具体碾压组合应由试验段验证后采用。
- 8.7.2 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。
- 8.7.3 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。
- 8.7.4 碾压过程中，基层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。
- 8.7.5 碾压应达到要求的压实度，并没有明显的轮迹。压路机启动、停止时均应慢速缓行，稳压时要充分，振动时控制不起浪、不推移，出现个别拥包时，及时安排人工进行刮平处理。

8.7.6 振动频率、振幅、碾压速率应经试验段碾压确定，并根据混合料种类和层位选用。振动压路机倒车或变换方向时，应先停止振动，以避免混合料形成鼓包。严禁在充分碾压后的基层上再进行强振碾压。

8.7.7 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的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。

8.7.8 新建公路基层、底基层，在摊铺及碾压过程中，宜设纵向模板。

8.8 养生

8.8.1 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。

8.8.2 水泥稳定磷石膏混合料宜采用节水保湿膜覆盖养生。养生过程中，保持基层处于湿润状态，不应使基层频繁处于干湿交替循环状态，在养生过程中应适当补水。

8.8.3 用洒水车洒水养生时，洒水车的喷头宜用喷雾式，不得用高压式喷管，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。

8.8.4 水泥稳定磷石膏混合料层过冬时应采取必要的保护措施。应做好道路排水工作，尽量避免水泥稳定磷石膏混合料养生初期被雨淋，在水泥稳定磷石膏混合料层养护期间确保不被雨水浸泡，同时养护期内禁止重车通行。

8.8.5 水泥稳定磷石膏混合料基层碾压完毕并经检测合格的路段，待其表面风干后应及时洒布透层、铺筑封层，实行交通管制。

9 施工质量管理与检查验收

9.1 原材料检验

9.1.1 用作公路水泥稳定磷石膏混合料的原材料应按表 9.1.1 所列的试验项目和要求检测评定。

表 9.1.1 原材料检验项目和频度

试验项目	材料	目的	频度
含水率	集料、磷石膏	确定原始含水量	每种规格材料每天使用前测 2 个样品
颗粒分析	集料	检验合成级配	每 2000m ³ 测 2 个样品
强度、初终凝时间	水泥	确定水泥质量是否适宜应用	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
污染物指标	磷石膏	检验磷石膏质量	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
质量指标	固化剂	检验固化剂质量	每批 200 吨 1 次，少于 200 吨按 200 吨检测 1 次

9.2 现场施工过程检测

9.2.1 压实度检查应在碾压结束后立即进行，采用灌砂法检测，检测频率为每 1000m² 每压实层抽查 1 个点。

9.2.2 现场施工过程检测以压实后的水泥稳定磷石膏混合料层的密实度和含水率来反映施工质量。如果碾压成型后，密实度大于设计要求，则认为施工质量合格。

9.2.3 施工生产与施工时的质量控制和检测要求必须符合表 9.2.3 所规定的相关检测项目。

表 9.2.3 施工生产与施工时的质量控制和检测要求

检查项目		检测内容	检测频度
生产过程	搅拌站	固化剂、水泥、磷石膏、水的剂量	随时抽查
	试验室	击实试验	每施工日至少 3 个样品
		磷石膏筛分	随时抽查
		抗压强度试件	每施工日至少 9 个样品
施工过程	施工期间	标高、尺寸、摊铺、碾压、接缝处理等	经常
	混合料	含水量	随时抽查
		配合比均匀度	随时
		压实度	次/20m
		平整度	随时控制

9.2.4 施工过程中工程质量厚度、宽度、横坡度、平整度、压实度等检查项目、频度和技术标准等相关要求参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）规范执行。

9.3 现场施工后检测

- 9.3.1 水泥稳定磷石膏层芯样的无侧限抗压强度是检验其施工质量和整体性的重要指标。
- 9.3.2 水泥稳定磷石膏层材料养生 14~28d 后，可以进行弯沉检测，弯沉值应小于设计值。
- 9.3.3 取芯检测。水泥稳定磷石膏层的取芯龄期通常为 14d。

10 环境质量检测与监测

10.1 芯样环境检测

10.1.1 宜结合具体项目要求，采用基层芯样浸出液特征污染物浓度限值，评价材料环保性能。其特征污染物浓度限值应满足本指南表 10.1.1 的规定。

表 10.1.1 水泥稳定磷石膏基层材料浸出液特征污染物浓度限值

名称	技术要求						
	总磷(以 P 计) (mg/L)	水溶性氟化 物(mg/L)	铬(六价) (mg/L)	铅(mg/L)	镉(mg/L)	砷(mg/L)	汞(mg/L)
28d 水泥稳定磷石膏基层材料完整试件	≤0.2	≤1	≤0.05	≤0.01	≤0.005	≤0.01	≤0.001
28d 水泥稳定磷石膏基层材料破碎试样	≤0.3	≤2	≤0.1	≤0.1	≤0.01	≤0.05	≤0.002

10.2 环境质量监测

- 10.2.1 结合具体项目要求，对可能受到影响的土壤、地表水和地下水可开展监测；经过水源地、自然保护区路段，宜开展风险评估。
- 10.2.2 监测过程中应注重环境本底值或者背景值的采样、监测与分析，并与水泥稳定磷石膏层路段土壤、地表水和地下水监测数据进行对比。
- 10.2.3 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 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。

附录A
(资料性)
干湿循环强度试验方法

A.1 适用范围

本方法适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龄期的基层材料在经过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。

A.2 仪器设备

本方法采用的试验仪器应符合JTG E51的规定。

A.3 试件制备和养护

试件制备和养护要求如下。

- a) 试件采用1:1的 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的圆柱形试件。
- b) 按照JTGE51 T0804确定水泥稳定磷石膏混合料材料的最佳含水量和最大干密度。
- c) 按照JTG E51 T0843方法制备不少于12个 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准试件，其中不少于6个为干湿循环试件，不少于6个为对比试验。
- d) 按照JTGE51 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，应该将试件浸泡在水中，水面高于试件顶面约2.5cm。在浸泡于水中之前，应称试件的质量m。

A.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 T0805方法测定非干湿循环条件下的无侧限抗压强度R；
- c) 取其中干湿循环的一组试件，按编号置入恒温烘箱开始鼓风烘干试验。烘箱的温度为80℃，烘干时间为24h，保证试件周围至少留有20mm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℃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，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JTG E51 T0805方法进行干湿循环后的抗压强度（Rc）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。

A.5 计算

水泥稳定磷石膏基层材料的干湿循环强度比按式（A.1）计算。

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

式中：

GSR——经7次干湿循环后试件的抗压强度比（%）；

Rc——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）。

附录B
(资料性)
水稳定性系数试验

B.1 适用范围

本方法适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14d最后一天浸水的水泥稳定磷石膏稳定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。

B.2 仪器设备

本方法采用的试验仪器应符合JTG E51的规定。

B.3 试件的制备与养护

试件制备和养护要求如下。

- a) 试件采用1:1的 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的圆柱形试件。
- b) 按照JTG E51 T0804确定水泥稳定磷石膏混合料材料的最佳含水量和最大干密度。
- c) 按照JTG E51 T0843方法制备不少于12个 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 或 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准试件，其中6个为浸水24h试件，6个为未浸水试件。
- d) 按照JTGE51 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，应该将其中一组6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，第二组采用标准养生至同龄期（未浸水）。

B.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 T0805方法对上述两组试件分别开展无侧限抗压强度试验。

B.5 计算

水泥稳定磷石膏混合料的水稳定系数按式（B.1）计算

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

式中：
WSC——水稳定性系数（%）
 R_d^0 ——未浸水的无侧限抗压强度（MPa）
 R_d^1 ——浸水24h的无侧限抗压强度（MPa）