**《道路基层用石膏材料》**

gypsum used in roadbases

JC/T XXXX-20XX

**编制说明**

《道路基层用石膏材料》标准编制组

2025年10月

**目 录**

[1.工作简况 1](#_Toc211419718)

[1.1 立项背景 1](#_Toc211419719)

[1.2 任务来源 2](#_Toc211419720)

[1.3 主要工作过程 2](#_Toc211419721)

[1.4 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作 3](#_Toc211419722)

[2.标准编制的原则和主要内容 3](#_Toc211419723)

[1.1 准制定的原则 3](#_Toc211419724)

[1.2 准的主要内容 3](#_Toc211419725)

[1.2.1 准名称 3](#_Toc211419726)

[1.2.2 准的适用范围 4](#_Toc211419727)

[1.2.3 用文件 4](#_Toc211419728)

[1.2.4 语和定义 5](#_Toc211419729)

[1.2.5 类和标记 5](#_Toc211419730)

[1.2.6 材料要求 5](#_Toc211419731)

[1.2.7 术要求 6](#_Toc211419732)

[1.2.8 验方法 6](#_Toc211419733)

[1.2.9 验规则与判定 6](#_Toc211419734)

[3.主要试验验证情况分析与指标确定 7](#_Toc211419735)

[3.1.验证试验数据分析 7](#_Toc211419736)

[3.2 验证试验总体情况 11](#_Toc211419737)

[4 标准中涉及专利情况说明 13](#_Toc211419738)

[5 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况 13](#_Toc211419739)

[6 采用国际标准 14](#_Toc211419740)

[7 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调 14](#_Toc211419741)

[8 重大意见分歧的处理依据和结果 15](#_Toc211419742)

[9 标准性质的建议说明 15](#_Toc211419743)

[10 贯彻标准的措施建议 15](#_Toc211419744)

[11 废止现行有关标准的建议 15](#_Toc211419745)

[12 其他应说明的事项 15](#_Toc211419746)

# 工作简况

## 1.1 立项背景

随着我国火电、磷肥及其他相关行业的不断发展，工业副产石膏的产出及堆放量急剧增加。工业副产石膏的大量堆积，不仅占用大量空间，同时还严重污染土壤，破坏生态环境。随着国家生态文明建设工作的不断深化，环保及大宗固废利用要求不断提高，工业副产石膏堆存与利用已引起政府与社会各层面的高度关注，在政府和企业的共同努力下，“十三五”期间工业副产石膏的综合利用率达到了70%。但在西北地区（包括内蒙、山西、陕西、新疆）由于地理、交通、人口等因素，大量脱硫石膏无法被当地消纳仍然被填埋处理。磷石膏、钛石膏等工业副产石膏的综合利用率依然很低，以磷石膏为例，2024年我国磷石膏产量8100万吨，利用量4500万吨，综合利用率为55.6%，每年仍然近4000万吨的磷石膏被堆存处置，历年累计堆存量已超过8.3亿吨，与“十四五”大宗固废综合利用的整体目标仍然存在很大差距。

目前，我国工业副产石膏主要用作水泥缓凝剂，制建筑石膏、硫酸联产水泥、石膏砂浆、石膏砌块等产品。工业副产石膏的综合利用途径同质化严重，市场竞争激烈，产品附加值低，企业积极性不高。2021年中国发改委等10个部门联合发布的《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》中明确指出，“要拓宽磷石膏利用途径，继续推广磷石膏在生产水泥和新型建筑材料等领域的利用，在确保环境安全的前提下，探索磷石膏在土壤改良、井下充填、路基材料等领域的应用。支持利用脱硫石膏、柠檬酸石膏制备绿色建材、石膏晶须等新产品新材料，扩大工业副产石膏高值化利用规模。积极探索钛石膏、氟石膏等复杂难用工业副产石膏的资源化利用途径。”

基层是路面的承重层，起到将路面传下来的荷载扩散到面层和路基结构中的作用。路基材料应具有强度高、刚度好、应力扩散能力强、水稳定性高等特点。我国路基材料一般采用水泥混凝土、废渣混合料、碎石混合料等材料，这类材料存在一种缺点，那就是由于凝结时间较快而产生收缩裂纹，这不仅影响基层材料本身的性能，同时还会导致路面开裂，从而使得道路往往达不到规定的使用年限。我国每年在公路建设领域消耗砂石等材料30~40亿吨，严重破坏了自然自然和生态环境，且生产过程中消耗了大量能源，造成了极大的碳排放。使用工业副产石膏作为路基材料不仅可以大量消纳工业副产石膏，减少传统材料的用量，节能减排，保护绿水青山，变废为宝，更可以降低公路生产成本，提高公路使用寿命。目前，贵州磷化（集团）有限责任公司、湖北昌耀新材料股份有限公司、湖北科创奇纳米科技有限公司等30多家企业生产并试点应用了工业副产石膏基路基材料，全国有大约200多条石膏基层材料的试点应用。

当前，国内没有关于道路基层用石膏材料的产品标准及技术指标要求，行业发展受限于产品质量参差不齐，主要表现在工业副产石膏掺量少，水稳性差和强度低等，难以满足道路建设的质量要求，大大影响了道路基层用石膏材料的推广和发展，因此亟需制定相关标准。制定该标准有利于拓宽工业副产石膏的应用途径，快速大量消纳工业副产石膏，提升工业副产石膏的综合利用效率，又能推动公路基础设施建设的绿色可持续发展，进而产生良好的经济效益、社会效益和环境效益，因此本标准的制定具有十分重要的现实意义。

## 1.2 任务来源

根据中华人民共和国工业和信息化部2025年1月下达的“工信厅科函〔2024〕503号”文《关于印发2024年第六批行业标准制修订计划的通知》，由建筑材料工业技术情报研究所、湖北科创奇纳米科技有限公司、湖北昌耀新材料股份有限公司等单位作为标准负责起草单位，组织2024-1925T-JC《道路基层用石膏材料》标准的编制工作。

## 1.3 主要工作过程

2025年1月，中华人民共和国工业和信息化部正式下达了《道路基层用石膏材料》的编制计划。2025年2月至2025年4月，建筑材料工业技术情报研究所对湖北、贵州、云南、山东等地的部分道路基层用石膏材料生产企业或施工现场进行了调研，深入了解道路基层用石膏材料生产状况以及该产品在筑路工程中的使用情况，生产企业的生产规模、产品规格、产品应用情况，听取了企业对道路基层用石膏材料标准的制定意见。同时，查询了国外道路基层用相关材料的生产使用情况，收集并研究国内外相关标准，包括GB/T 45931-2025《公路用建筑垃圾再生集料及无机混合料》、GB/T 35162-2017《道路基层用缓凝硅酸盐水泥》、JT/T 944-2015《公路工程 路面基层稳定用水泥》、JT/T 1551-2025《路用改性磷石膏》等。

2025年4月至2025年5月，建筑材料工业技术情报研究所开始根据调研的资料和对道路基层用石膏材料的了解，参考现有国内外相关标准，着手起草标准的工作组讨论稿。

2025年6月，建筑材料工业技术情报研究所在河北邯郸组织召开了标准的第一次工作会，会议成立由行业专家和先进企业技术人员组成的标准编制组，参会的12家企业代表对标准工作组讨论稿进行了讨论，发表意见建议，初步确定了标准内容和技术指标，同时进行了标准编制工作任务分配。

2025年7月至2025年8月，标准编制组根据第一次工作会议讨论的内容，对标准草案进行修改完善。同时，相关参编单位提供了所需的产品质量检测数据和资料。

2025年9月，标准编制组根据试验数据和专家、企业的修改建议，完善了标准文件内容，形成了征求意见稿。

2025年10月至2025年11月，标准编制组向全行业发布征求意见稿，进行了标准的广泛的征求意见。

## 1.4 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准的主要参编单位及其分工如下：

（1）建筑材料工业技术情报研究所、湖北宜化磷石膏科技开发有限公司：主要负责标准立项、标准讨论会组织及筹备、标准相关文献搜集及分发、行业征求意见汇总、标准正文的编写及修改等。

（2）湖北三宏新型建材科技有限公司、湖北昌耀新材料股份有限公司、湖北科创奇纳米科技有限公司、贵州磷化绿色环保产业有限公司、四川景达新材料科技有限公司、大悟海聚环境科技有限公司：为本标准提供了大量的验证试验样品，以及生产工艺和实际工程应用相关的大量材料。

（3）宜昌市信息与标准化所、贵州胜威凯洋化工有限公司、中建三局集团有限公司：在本标准制定过程中提供了大量技术支持和最新的科技查新资讯。

（4）一夫科技股份有限公司、青岛理工大学、重庆交通大学：负责本标准的验证试验工作，并对实验结果进行分析。

# 标准编制的原则和主要内容

## 标准制定的原则

本标准按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进行业健康发展和产品推广的原则。标准制定过程中参考了国内相关标准和各生产企业标准。试验方法尽量采用现行的国家标准和行业标准，以保证标准中技术指标的准确性、科学性与可操作性，各项指标值兼顾目前现状和发展需求。

## 标准的主要内容

## 标准名称

标准申报与计划下达的项目名称为《道路基层用石膏材料》。本产品不仅仅可以应用于道路基层和底基层，还可以应用于路基，特申请将标准名称变更为《筑路用石膏混合料》。

## 标准的适用范围

本文件规定了道路基层用石膏材料的分类和标记、原材料要求、技术要求、试验方法﹑检验规则、包装﹑标志、运输与贮存。

本文件适用于道路基层用石膏材料的生产和检验。

## 引用文件

本标准在制定过程中主要引用和参考了以下标准：

1. GB/T 5483 天然石膏

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料天然石膏的技术要求。

1. GB 6566 建筑材料放射性核素限量

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料放射性核素限量的检测方法依据。

1. GB 8978 污水综合排放标准

引用该标准作为道路基层用石膏材料试件养护后浸出液特征污染物的检测方法依据。

1. GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料磷石膏和烟气脱硫石膏的要求，以及浸出液特征污染物的相关要求。

1. GB/T 23456 磷石膏

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料磷石膏的技术要求。

1. GB/T 37785 烟气脱硫石膏

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料烟气脱硫石膏的技术要求。

1. GB/T 45015 钛石膏综合利用技术规范

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料钛石膏的技术要求。

1. GB/T 50123 土工试验方法标准

引用该标准作为道路基层用石膏材料的最小承载比指标的检测方法依据。

1. CJ/T 486 土壤固化外加剂

引用该标准作为道路基层用石膏材料的原材料固化剂的指标要求和检测方法依据。

1. HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法

引用该标准作为道路基层用石膏材料浸出液浸出方法的试验依据。

1. JC/T 2745 石膏矿渣水泥

引用该标准作为道路基层用石膏材料中原材料石膏矿渣水泥的技术要求。

1. JTG 3441—2024 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

引用该标准作为道路基层用石膏材料最佳含水率、无侧限抗压强度的检测方法依据。

1. JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

引用该标准作为道路基层用石膏材料术语和压实度的检测方法依据。

1. JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

引用该标准作为道路基层用石膏材料术语和原材料通用硅酸盐水泥、轻集料、拌合水和粉煤灰的指标要求和检测方法依据。

## 术语和定义

JTG 3441、JTG/T F20界定的相关术语和定义适用于本文件。本文件解释了道路基层用石膏材料的具体含义。

## 分类和标记

**2.2.5.1 分类**

根据调研结果，产品按用途分为：基层（J）、底基层（D）和路基（L）。

**2.2.5.2 标记**

本文件根据标准和行业惯例规定按照产品名称、标准号和分类代号进行标记并给出示例。

## 原材料要求

1. 石膏作为道路基层用石膏材料的重要原料之一，品位是保证道路基层用石膏材料产品质量的重要指标，天然石膏要求达到二级品以上的要求，同时二水石膏或混合石膏的“缓释”作用，可以为水泥提供长久而稳定的缓凝效果。作为道路基层用石膏材料的工业副产石膏，需要对工业副产石膏进行预处理，控制可能对道路性能有害或影响的物质含量，磷石膏、烟气脱硫石膏和钛石膏都给出了具体要求，其他工业副产石膏具体有害成分指标限量可根据筑路环境、用途以及工业副产石膏种类由供需双方协商确定。
2. 产品所用通用硅酸盐水泥、拌和水、粉煤灰应符合JTG/T F20的规定。
3. 产品所用石膏矿渣水泥应符合JC/T 2745的规定。
4. 产品所用固化剂应符合CJ/T 486的规定。
5. 为保证道路基层用石膏材料的使用安全性，因此规定原材料的放射性核素限量应符合GB 6566的规定。

道路基层用石膏原料符合标准要求，是保障道路结构安全、延长使用寿命、提高施工效率、降低成本、满足环保与规范的核心前提，对工程质量和长期效益具有决定性意义。

## 技术要求

标准制定过程中通过召开现场工作会议、电话会议、视频会议、赴生产企业实地调研、验证试验结果分析等多种形式，最终确定了本标准的各项技术指标要求。

**2.2.7.1** 通过最佳含水率指标控制筑路用石膏材料的水分含量，平衡其水化反应与物理性能，可优化施工和易性，便于摊铺压实，并减少与基层土、沥青面层的界面病害，最终保障道路结构的稳定性与耐久性。参考JTG/T F20中4.8.12条规定道路基层用石膏材料的含水率可根据施工因素和气候条件增加0.5%~1.5%。

**2.2.7.2** 道路基层用石膏材料的14d无侧限抗压强度是评估其作为路基或基层材料力学性能的核心指标。养护14d的试件基本接近材料的最大强度，标准参照参考JTG/T F20标准要求，按照填料应用部位和公路等级分别给出了限定指标。

**2.2.7.3** 最小承载比是评价路基填料强度的核心指标，指材料在规定压实度和含水率条件下，抵抗局部荷载侵入变形的能力最小值。不同工程场景对最小 CBR 值的要求差异显著，本标准参考JTG/T 3610标准要求，并结合道路等级、交通荷载及地质条件确定了限定指标。

**2.2.7.4** 压实度是衡量筑路用石膏材料施工质量与结构性能的核心指标，是石膏材料发挥筑路功能的基础，直接决定其能否在长期荷载与自然环境作用下保持结构稳定。该指标是检测道路基层用石膏材料应用的技术指标，标准根据验证试验并按照结构层和公路等级分别给出了限定指标。

**2.2.7.5** 浸出液限值是为了控制材料在环境作用下溶出的有害物质，实现基础设施建设与生态保护、人体健康、工程安全的协同。本标准规定道路基层用石膏材浸出液特征污染物应满足GB 18599中界定的第Ⅰ类一般工业固体废物的要求。

## 试验方法

本文件各项性能的试验方法主要是引用其他方法标准或产品标准中的相关方法。道路基层用石膏材料的最佳含水率、14d无侧限抗压强度按JTG 3441中规定的试验方法进行，最小承载比按GB/T 50123中规定的试验方法进行，压实度按JTG 3450中规定的试验方法进行，浸出液污染物按 GB 8978中规定的试验方法进行，浸出步骤按HJ 557中规定的试验方法进行。

## 检验规则与判定

**2.2.9.1 检验分类**

产品检验分出厂检验和型式检验两类，出厂检验项目为道路基层用石膏材料的最佳含水率、14d试件无侧限抗压强度和浸出液特征污染物，符合生产企业的实际质检能力，不增加额外成本。型式检验的检验项目包括标准中对道路基层用石膏材料产品性能的全部技术要求，以满足生产企业对产品质量控制的要求。

**2.2.9.2 批量与抽样**

由同一配方相同工艺制成的同种类的产品以5 000t为一批；不足一批的按一批计。

在每批产品中随机抽取5次试样，总计不少于20Kg，混合后用四分法缩分至4 Kg左右，经搅拌均匀后分成两组，其中一组用于检测，另一组作为复检样备用。

**2.2.9.3 判定**

若受检试样的检验结果符合本文件第6章的要求时，则判定该批产品合格。

若受检试样有一项不合格，即判该批次产品为不合格品。对不合格产品可进行复验，若复检结果全部合格，则判定该批产品合格；若仍有不合格项，则判定该批次产品为不合格品。**2.2.10 包装、标志、运输与贮存**

（1）包装

道路基层用石膏材料一般采用散装，同时需要做好防潮措施。

（2）标志

产品出厂时，应提供产品检验合格证，其内容应包括：a）生产企业名称和商标；b）产品标记和生产日期；c）产品批号和批量；d）出厂检验结果和检验签章。

（3）运输与贮存

道路基层用石膏材料应做到随拌和、随运输。装料前应将运输车清理干净，不得存有杂物，不同分类的产品应分别贮运避免混杂。运输过程中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。堆放场地应采取防渗措施，同时应防雨、防潮、防尘。

# 主要试验验证情况分析与指标确定

为保证标准指标要求的合理性，编制工作组对道路基层用石膏材料的生产企业进行了广泛的产品检测数据收集及试验。

## 验证试验数据分析

* + 1. **最佳含水率**

道路基层用石膏材料最佳含水率试验结果见表1.

表1 最佳含水率验证试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **样品编号** | **最佳含水率** | **最大干密度（g/cm3）** | **样品编号** | **最佳含水率** | **最大干密度（g/cm3）** |
|  | 12.0% | 1.380 |  | 12.0% | 1.552 |
|  | 5.7% | 2.090 |  | 5.4% | 1.981 |
|  | 5.7% | 2.090 |  | 5.7% | 2.090 |
|  | 5.4% | 1.981 |  | 14.0% | 1.850 |
|  | 11.0% | 1.650 |  | 15.0% | 1.700 |
|  | 22.2% | 1.495 |  | 26.5% | 1.499 |
|  | 11.0% | 1.690 |  | 26.5% | 1.499 |
|  | 22.2% | 1.495 |  | 12.0% | 1.499 |
|  | 12.0% | 1.490 |  | 15.7% | 1.640 |
|  | 14.0% | 1.690 |  | 16.0% | 1.510 |

道路基层用石膏材料的最佳含水率受到压实功、材料本身性质和试验条件这三类变量的综合影响，所以它不可能是一个固定的数值。在工程实践中，必须针对特定的材料，采用规定的标准试验方法，来确定用于指导该工程项目施工控制的最佳含水率和最大干密度。因此，本标准中未给出确定的数值要求。

* + 1. **14d无侧限抗压强度**

道路基层用石膏材料14d无侧限抗压强度验证试验结果见表2。

表2 14d无侧限抗压强度验证试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **样品编号** | **结构层** | **无侧限抗压强度/MPa** | **样品编号** | **结构层** | **无侧限抗压强度/MPa** |
| 1 | 基层 | 3.4 | 4 | 底基层 | 3.8 |
| 2 | 基层 | 3.5 | 9 | 底基层 | 4.8 |
| 3 | 基层 | 4.9 | 11 | 底基层 | 5.1 |
| 5 | 基层 | 4.2 | 14 | 底基层 | 4.5 |
| 6 | 基层 | 4.4 | 15 | 底基层 | 4.2 |
| 7 | 基层 | 3.1 | 16 | 底基层 | 4.7 |
| 8 | 基层 | 7.0 | 17 | 底基层 | 6.0 |
| 10 | 基层 | 3.8 | 18 | 底基层 | 4.3 |
| 12 | 基层 | 5.3 | 19 | 底基层 | 3.6 |
| 13 | 基层 | 7.1 | 20 | 底基层 | 5.9 |

道路基层用石膏材料根据道路设计要求基本可以满足各结构层无侧限抗压强度的要求，部分样品可能因为配合比不合理而导致无侧限抗压强度超过标准要求，道路基层用石膏材料的无侧限抗压强度验证试验合格率为85%。

* + 1. **最小承载比**

路基用石膏材料最小承载比验证试验结果见表3。

表3 最小承载比验证试验结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **样品编号** | **最小承载比** | **样品编号** | **最小承载比** |
|  | 4% |  | 3% |
|  | 3% |  | 6% |
|  | 2% |  | 4% |
|  | 4% |  | 3% |
|  | 2% |  | 3% |

路基用石膏材料最小承载比有2项不符合标准要求，验证试验合格率为80%。

* + 1. **压实度**

道路基层用石膏材料压实度验证试验结果见表4。

表4 压实度验证试验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **样品编号** | **结构层** | **压实度** | **样品编号** | **结构层** | **压实度** | **样品编号** | **结构层** | **压实度** |
| 1 | 基层 | 87% | 4 | 底基层 | 94% | 21 | 路基 | 88% |
| 2 | 基层 | 93% | 9 | 底基层 | 93% | 22 | 路基 | 90% |
| 3 | 基层 | 99% | 11 | 底基层 | 86% | 23 | 路基 | 89% |
| 5 | 基层 | 95% | 14 | 底基层 | 91% | 24 | 路基 | 89% |
| 6 | 基层 | 94% | 15 | 底基层 | 93% | 25 | 路基 | 92% |
| 7 | 基层 | 96% | 16 | 底基层 | 90% | 26 | 路基 | 87% |
| 8 | 基层 | 97% | 17 | 底基层 | 92% | 27 | 路基 | 91% |
| 10 | 基层 | 98% | 18 | 底基层 | 94% | 28 | 路基 | 90% |
| 12 | 基层 | 96% | 19 | 底基层 | 96% | 29 | 路基 | 86% |
| 13 | 基层 | 93% | 20 | 底基层 | 92% | 30 | 路基 | 93% |

道路基层用石膏材料压实度各结构层均有1项不符合标准要求，验证试验合格率为90%。

* + 1. **浸出液特征污染物**

道路基层用石膏材料浸出液特征污染物验证试验结果见表5。

表5 浸出液特征污染物验证试验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **样品编号** | **浸出特征污染物** | | | | | | | |
| PH | 氟化物（mg/L） | 磷酸盐（以P计）  （mg/L） | 总铅  （mg/L） | 总  镉  （mg/L） | 总砷  （mg/L） | 总汞  （mg/L） | 总铬  （mg/L） |
| 1 | 8.32 | 1.28 | 0.04 | 0.00826 | ND | 0.00552 | 0.00052 | ND |
| 2 | 10.94 | 1.68 | 0.18 | ＜0.0001 | ND | 0.00168 | 0.000094 | 0.012 |
| 3 | 12.40 | 1.96 | 0.16 | 0.01 | ND | 0.022 | 0.034 | 0.085 |
| 5 | 11.28 | 1.87 | 0.033 | ND | ND | 0.0000096 | 0.00000118 | 0.0000316 |
| 8 | 11.50 | 0.01 | 0.0004 | ND | ND | 0.0008 | ND | ND |
| 10 | 7.80 | 1.46 | 0.016 | 0.022 | 0.0053 | 0.0014 | 0.0035 | 0.0049 |
| 12 | 11.02 | 1.51 | 0.0035 | 0 | ND | 0.000586 | 0.00258 | 0.000072 |
| 13 | 8.10 | 2.11 | 0.014 | 0.017 | ND | 0.0007 | 0.0047 | ND |
| 4 | 6.87 | 3.75 | 0.245 | 0.058 | 0.0078 | 0.0121 | 0.0132 | 0.110 |
| 9 | 7.05 | 0.33 | 0.155 | 0.044 | 0.0015 | 0.0101 | 0.058 | 0.105 |
| 11 | 7.57 | 0.35 | 0.282 | 0.049 | 0.0051 | 0.0113 | 0.0471 | 0.103 |
| 14 | 7.46 | 2.39 | 0.241 | 0.045 | 0.0039 | 0.0114 | 0.0692 | 0.102 |
| 18 | 7.48 | 3.07 | 0.149 | 0.047 | ND | 0.010 | 0.00403 | 0.121 |
| 19 | 7.59 | 0.35 | 0.086 | 0.047 | 0.0011 | 0.0855 | 0.00453 | 0.127 |
| 20 | 7.42 | 2.99 | 0.272 | 0.048 | 0.0065 | 0.010 | 0.0595 | 0.095 |
| 21 | 7.75 | 3.24 | 0.255 | 0.045 | 0.0021 | 0.0103 | 0.0445 | 0.092 |
| 22 | 7.70 | 0.32 | 0.166 | 0.049 | 0.0038 | 0.0128 | 0.0368 | 0.121 |
| 25 | 9.05 | 1.63 | 0.162 | 0.350 | 0.0015 | 0.0299 | 0.0121 | 0.521 |
| 26 | 9.06 | 1.65 | 0.718 | 0.150 | 0.0018 | 0.0281 | 0.014 | 0.578 |
| 27 | 9.10 | 1.24 | 0.104 | 0.021 | ND | 0.0015 | 0.0035 | 0.016 |

道路基层用石膏材料浸出液特征污染物验证试验合格率为90%。

## 3.2 验证试验总体情况

表6 验证试验总体情况

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | | | | 合格样品 |
| 最佳含水率 | 无侧限抗压强度 | 最小承载比 | 压实度 | 浸出液特征污染物 |
|  | 合格 | 合格 | / | 不合格 | 合格 |  |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 不合格 | / | 不合格 | 合格 |  |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 不合格 | / | 合格 | 合格 |  |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 合格 | / | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | 不合格 | / | 合格 | 不合格 |  |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 不合格 | 合格 | 合格 |  |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 不合格 |  |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
|  | 合格 | / | 不合格 | 不合格 | 合格 |  |
|  | 合格 | / | 合格 | 合格 | 合格 | √ |
| 单项合格率 | 100% | 85% | 80% | 90% | 93% |  |
| 总体合格率 | 77% | | | | | |

道路基层用石膏材料单项产品的合格率在80%以上，整体合格率为77%，道路基层用石膏材料的产品在力学性能和环保性能方面质量仍有待提高。

# 4 标准中涉及专利情况说明

经检索，本标准所列技术内容没有涉及专利和知识产权的情况。

# 5 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

**（1）经济效益、社会效益、产业规模、推广应用、工程应用情况、预期达到的经济、社会效益；**

目前我国累计磷石膏堆存量约为8亿吨，烟气脱硫石膏堆存量约为3亿吨，其他工业副产石膏堆存量超过2亿吨，工业副产石膏累计堆存量超过13亿吨。2024年我国磷石膏产生量8600万吨，综合利用率仅为60%左右；火电厂脱硫石膏产生量超过1亿吨，综合利用率超过80%；钛石膏的产生量约为2800万吨，但其利用率很低，只有大约为10%。其中，中国沿海经济发达地区的脱硫石膏综合利用率较高，在山西、内蒙古、陕西等省份和西部经济欠发达地区综合利用率较低。大量堆存的工业副产石膏占用了大量耕地，对土壤、水体、空气造成了不同程度的污染，尤其是大量排放的磷石膏已经严重制约上游磷肥生产，进而威胁到国家粮食安全和生态环境安全。工业副产石膏经过净化处理后可以大规模运用于道路工程建设，过去采用开山挖河采集工程用碎石、河砂的方式越来越受到限制，使得工程用地材的价格不断地上涨。采用净化后的工业副产石膏来代替部分地材作为路基填料和基层材料，不仅可以节约资源，节能减排，成本上还具有一定的优势，因此，利用净化工业副产石膏作为工程用材在产业化、推广上是可行的，且是解决大规模消耗工业副产石膏的有效途径之一。

#### 我国对工业副产石膏应用的研究也有多年的历史，早在上个世纪60年代，我国就将废物回收应用在公路中，例如石灰工业废渣、铁尾矿砂、再生骨料等。近年来国内研究人员通过加入水泥、粉煤灰等其它胶凝材料或加入固化剂、激发剂等来改善工业副产石膏基层材料早期强度和水稳性等问题，使工业副产石膏工业固体废物得以在公路领域应用。目前贵州磷化（集团）有限责任公司、湖北昌耀新材料股份有限公司、湖北力达环保科技有限公司等30多家企业生产并试点应用了工业副产石膏基路基材料，全国有大约30处道路基层用石膏材料的试点应用，经鉴定道路基层用石膏材料符合道路设计标准。

#### 在经济效益方面，本标准的制定可减少硅酸盐水泥的用量，降低公路基材成本，据估算每吨石膏路基材料比水泥基路基材料节省2/3～3/4的成本费用，同时工业副产石膏的利用也可以减少企业对工业副产石膏堆场的维护费用。

#### 在生态效益方面，本标准的制定可以保证道路基层用石膏材料的质量，促进道路基层用石膏材料的使用，大量消纳工业副产石膏（每公里可消纳工业副产石膏约1万吨），降低工业副产石膏的堆存量，减少其对周边环境的污染。另外，如果石膏基路基材料能够替代水泥基路基材料，将有利于建材行业碳达峰、碳中和目标的实现。因此从保护环境、工业固废利用、降碳等方面看，制定道路基层用石膏材料标准在经济效益、社会效益、环境效益等多方面具有重要意义。

**（2）本标准指标的技术先进性以及本标准的发布对行业及社会发展的促进作用，即与“宜业尚品造福人类”的相关性。**

本标准是从道路基层用石膏材料应用技术的实用性、安全性、环保性的角度，规范产品相关的技术条件，包括材料的属性要求、安全性要求、道路特性要求等以及测试的项目及试验方法。首次明确了道路基层用石膏材料及其技术要求相关的名词解释，将道路基层用石膏材料进行了分类，规定了原材料要求及混合料的技术要求。与传统路基材料相关的标准相比较，本标准中进一步增加了工业副产石膏道路基层用石膏材料的无害化指标，确保其的使用对周围环境无影响。通过工程实践，提出将压实度、14d无侧限抗压强度等作为施工质量控制的主要指标，结合产品生产和应用的实际情况，提出了检验规则、包装、标志、运输与贮存的相关要求。

道路基层用石膏材料作为可大规模消纳工业副产石膏的产品，其产业尚处于发展阶段，本标准的发布实施，将有利于推动道路基层用石膏材料产业向规模化、高端化的发展，进而促进我国工业副产石膏的综合利用，符合行业及市场需求，有利于我国生态文明建设。道路基层用石膏材料作为绿色低碳产品，是减少我国碳排放的重要产品，随着国家大力推动工业固废综合利用，相关技术也更加成熟，利用工业副产石膏代替水泥、砂石，可大大降低生产成本，减少工业副产石膏堆存造成的土地占用，对于节能减排、发展循环经济、清洁生产、实现燃煤电厂废渣零排放、建设资源节约性社会有着极其重要的社会意义。道路基层用石膏材料秉承物尽其用、节能环保的理念, 代表着建材新型产业发展方向，符合“宜业尚品，造福人类”先进理念。

# 6 采用国际标准

无。

# 7 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调

本标准中内容均依照国内现行各类相关法律、法规、规章、标准予以要求。与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调一致。

# 8 重大意见分歧的处理依据和结果

无。

# 9 标准性质的建议说明

建议《道路基层用石膏材料》作为推荐性产品标准发布实施。

# 10 贯彻标准的措施建议

建议在本标准正式出台后，各生产厂家、科研单位、检测机构以及地方管理部门能够依据本标准中的相关规定对道路基层用石膏材料进行统一的评价和管理。具体实施措施建议如下：

（1）加大标准宣传力度，提高认知度，建立信息公共平台，将有参考价值的案例、好的做法和经验等在行业内部公开发布，引起有关部门领导和相关企业单位的重视，使相关单位能够积极主动的购买标准和资料、参加培训、结合本单位实际情况学习研究标准并准备贯彻实施标准。

（2）标准归口单位进行贯标指导，组织标准宣贯培训班，由标准制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业排忧解难，组织有关人员积极参加行业协会组织的各项活动，培训班等。及时了解标准制、修订信息。

（3）鼓励行业相关企业成立标准贯彻实施小组，组员由标准化技术人员、产品主管设计人员、工艺主管设计人员、检验人员、车间技术人员等工作人员组成，进行明确的分工合作，适时组织标准宣贯会，使有关人员拥有标准、了解标准、熟悉标准，执行标准。产品主管设计人员、工艺主管设计人员、检验人员、车间技术人员、操作人员均须按照细则要求进行相应工作。

（4）标准化技术人员全面负责贯标实施工作，跟踪服务对贯标中出现的技术问题进行协调处理作好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

（5）尤其要向道路设计施工行业加大宣传力度，促进道路施工行业采用道路基层用石膏材料产品。

# 11 废止现行有关标准的建议

无。

# 12 其他应说明的事项

无。