

磷石膏基公路基层材料 技术规范

编制说明

标准起草组

2023 年 4 月

目 次

《磷石膏基公路基层材料 技术规范》编制说明.....	1
1 编制本标准的必要性.....	1
2 工作简况.....	2
3 标准编制原则和主要内容.....	2
4 行业基本情况.....	4
5 磷石膏替代传统水泥砂石作为路基材料的原理.....	23
6 磷石膏净化处理工艺技术及达到的效果.....	23
7 与相关标准的关系分析和配合比、施工方法、应用场景等说明.....	24
8 专利知识产权说明.....	24
9 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况.....	24
10 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性.....	25
11 重大分歧意见的处理经过和依据.....	25
12 标准性质的建议说明.....	25
13 废止现行相关标准的建议.....	25
14 其它应予说明的事项.....	25

《磷石膏基公路基层材料 技术规范》编制说明

1 编制本标准的必要性

磷化工、磷复肥行业是保障国家粮食安全，实现国家能源战略转变，支撑国民经济和社会发展的重要行业。湿法磷酸是磷化工、磷复肥行业的基础性原料。磷石膏是硫酸分解磷矿生产湿法磷酸的副产物，国内外大多数湿法磷酸装置采用二水物工艺进行生产，副产磷石膏主要成分为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

据统计，我国现有湿法磷酸装置产能约 2000 万吨（P2O5 计，下同），每年实际产量约 1600 万吨，每年新增副产磷石膏约 8000 万吨。过去，国内磷石膏没有进行规模化、资源化利用，大多数排至专门建设的磷石膏渣库进行露天堆存，全国历史堆存量已超过 8 亿吨。可以看出，全国磷石膏历史堆存量和每年新增数量都很大。

近些年来，国家和各级地方政府对发展经济与保护环境的关系及其政策导向发生了质的转变，将磷石膏等大宗固废综合利用要求提到了空前高度，不断出台一系列法律法规、通知公告等政策文件，明确提出了方向、任务、目标指标以及扶持政策，大力鼓励和推动磷石膏等大宗固废的综合利用。国家发改委于 2021 年 7 月 1 日印发《“十四五”循环经济发展规划》，提出主要目标：到 2025 年，大宗固废（含磷石膏）综合利用率达到 60%。但是在 2021 年，国内磷石膏产出量约 8000 万吨，利用量约 3650 万吨，利用率仅 45% 左右（包括大量用于充填和筑坝）。同时也提出：加强资源综合利用，进一步拓宽工业副产石膏（含磷石膏）、建筑垃圾等大宗固废综合利用渠道，扩大在生态修复、绿色开采、绿色建材、交通工程等领域的利用规模，完善政策机制和标准规范等要求，为磷石膏在更为广泛的领域应用提供了政策支持依据。

为此，国内相关单位如四川龙蟒新材料有限公司、贵州开磷磷石膏综合利用有限公司、云南云天化环保科技有限公司、安徽六国化工股份有限公司、安瑞科（蚌埠）压缩机有限公司、湖北炼石环保科技有限公司、秦皇岛华瀛磷酸有限公司、湖北大峪口化工有限责任公司等根据各自多年来开展的相关技术研究，并结合示范验证，通过严格控制磷石膏基筑路材料的质量指标，生产控制程序，以满足磷石膏基筑路材料在道路建设中的施工性能、长期耐久性性能以及环保性能，提出了磷石膏基筑路材料的应用技术规范。技术规范紧密结合磷石膏基筑路材料的优势和产品的特点，通过规范技术应用，易于企业生产，易于施工应用，对推动

磷石膏基筑路材料的普及，促使磷复肥行业健康良好发展具有重要意义，同时对实现建筑行业“碳达峰、碳中和”的目标具有重要意义。

2 工作简况

2.1 任务来源

根据工信部节能与绿色标准化研究项目的要求，依据《中国石油和化学工业联合会团体标准管理办法》，结合 2022 年绿色专项和联合会项目，计划开展磷石膏基筑路材料应用技术规范标准的编制。本标准的编制，由中国磷复肥工业协会邀请了多家相关企业参与磷石膏基筑路材料应用技术规范的编制，其中由四川龙蟒新材料有限公司提出，并以磷复肥工业产业发展和我国道路建设实际需求为出发点，以道路施工需要、市场需求和企业需求为导向，以磷石膏基试点道路等验证为基础，以四川龙蟒新材料有限公司为依托，联合安徽六国化工股份有限公司、贵州磷化（集团）有限责任公司、云南云天化环保科技有限公司、湖北楚星化工股份有限公司、湖北祥云（集团）化工股份有限公司、湖北大峪口化工有限责任公司、秦皇岛华瀛磷酸有限公司、湖北炼石环保科技股份有限公司、宜都兴发化工有限公司等相关技术人员组成，共同起草和编写磷石膏基筑路材料应用技术规范。这个标准将优化和完善磷石膏基筑路材料的应用技术规范，以确保其能够满足道路施工的要求和市场需求。

2.2 主要工作过程

四川龙蟒新材料有限公司在申请编制本标准前，首先对磷石膏的行业状况和国内关于公路路基材料的相关标准文件进行了广泛的调研分析，先后赴郑州三迪建筑科技有限公司、贵州磷化（集团）有限责任公司、云南云天化环保科技有限公司等多家磷化工及磷石膏综合利用行业相关单位进行了实地考察。

2021 年 2 月 4 日，四川龙蟒新材料有限公司通过了《磷石膏基公路基层材料 技术规范》团体标准项目立项。

2021 年 5 月 24 日，中国磷复肥工业协会在线上主持召开了《磷石膏基公路基层材料 技术规范》标准编制组成立暨标准制定首次工作视频会议，来自各地的科研院所、生产企业等负责起草与参编单位的领导和专家代表参加了会议，在本次会议上确定了本标准的编制大纲、工作计划及任务分工。

3 标准编制原则和主要内容

3.1 标准编制原则

本标准主要遵循科学性与实用性并重的原则，紧密结合道路建设、磷肥工业产业发展、环境保护要求等的特点，基于产品生产和应用的基本要求，编制本标准。

本标准按照《标准化工作导则第1部分:标准化文件的结构和起草规则》GB/T 1.1-2020及《工程建设标准编写规定》(建标[2008]182号)给出的规则进行编写。本规程的编制遵从以下规则: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,促进建筑行业健康发展和产品推广的原则。

本规程为控制普通水泥公路路基材料在后期出现收缩开裂的情况,结合磷石膏稳定层抗折、抗压强度高、抗冻性能好、具有微膨胀性等特点,以磷石膏经过无害化处理后为原料,生产制备具有缓凝作用、力学性能可控且性能良好的磷石膏公路基层材料,并用于稳定公路路面基层,基于合理的材料组成设计方法,进而对材料组成与性能之间关系进行评定,形成系统化的技术规程。并以国内实体工程实践为基础,提出其在实际工程中的应用技术指导,为实现磷石膏资源的综合利用产业高效发展添砖加瓦。本规程的内容借鉴工程实践经验,提出切实可行的磷石膏资源的综合利用方案,具体控制措施要简明扼要,通俗易懂。本规程适用于各等级公路、广场新建和改建工程的基层材料。凡本规程未做规定的,符合国家现行有关标准的规定。

将磷石膏用于公路路基材料主要遵循以下原则:

3.1.1 设计方面

(1) 工业固废循环利用。《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》(发改环资[2021]381号文件)中指出,需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材等领域的利用,在确保环境安全前提下,探索磷石膏在路基材料、土壤改良、井下充填等领域的应用。

(2) 设计中应积极采用补偿收缩技术,克服传统水泥水稳层容易干缩开裂的弊端。

(3) 重视工业固废质量检测,从源头上满足现行国家相关材料标准。

(4) 对于大面积摊铺应用,从降低传统水泥用量角度出发设计强度值。

3.1.2 材料选择和筑路材料的配合比设计方面

(1) 根据结构的要求选择合适的基层强度等级及胶凝材料的品种、等级,尽量避免采用早强水泥;

(2) 选用级配优良的砂、石原材料,含泥量应符合规范要求;

(3) 配合比设计应依据施工现场的搅拌工艺、操作水平等情况,合理选择施工方案,针对现场的碎石、石屑等原材料质量情况及时调整施工配合比。

2.1.3 现场施工措施

- (1) 磷石膏基筑路材料的制备；
- (2) 拌合料运输；
- (3) 摊铺工作；
- (4) 道路基层养护。

施工时应充分考虑拌合料的含水率问题，避免天气或人为原因造成拌合料缺水或多水，影响摊铺效果及路基强度效果及路基强度。

3.2 标准名称

《磷石膏基公路基层材料 技术规范》。

3.3 标准主要内容

本标准主要共分 12 章。分别为 1 总则；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 基本规定；5 材料要求；6 改性磷石膏混合料设计；7 改性磷石膏混合料生产与运输；8 摊铺与碾压；9 养生；10 改性磷石膏水稳层和路基质量检测；11 改性磷石膏水稳层和路基质量验收；12 施工流程图。

4 行业基本情况

4.1 国内磷石膏产生及利用情况

4.1.1 磷石膏产生情况

我国磷石膏年产生量约占工业副产石膏的 70%，湖北、云南、贵州、四川前四大磷石膏产出省占到全国磷石膏产生量的 80%以上，我国磷石膏资源和产排数量巨大，区域分布不均衡，综合利用成本较高，大量磷石膏长期堆存，不仅占用土地，而且存在一定环境安全隐患。特别是长江沿线，磷化工企业较多，磷石膏大量堆存，给长江经济带生态保护带来很大压力。我国磷石膏产生量在 2015 年达到顶峰 8000 万吨后呈下降趋势，2016 年以后，磷石膏每年的产生量基本维持在 7500-7800 万吨左右，2021 年，受国内化肥保供，及国际粮食、化肥市场波动的影响，为保障国家粮食安全，我国磷肥产量有了一定的增加，磷石膏产生量也相应增加，据统计，2021 年全行业磷石膏产生量约 8000 万吨，同比上涨 3.9%。

4.1.2 磷石膏利用情况

受环保压力和行业企业日益增强的绿色发展理念的影响，磷石膏利用量呈逐年上升趋势，由 2015 年的 2650 万吨增长至 2021 的 3650 万吨以上，磷石膏综合利用率也由 33.3%增长至 45.6%，但每年仍有约 4000 万吨磷石膏堆存量，磷石膏综合利用压力依然较大，依然存在较高的环境风险和堆存压力。

4.2 磷石膏作为道路材料的使用情况

4.2.1 国内磷石膏作为道路材料的使用情况

4.2.1.1 云南磷石膏用于筑路材料相关试验情况

(1) 2017 年，云南省交通投资建设集团有限公司、云南武易高速建设指挥部、中国科学院地质与地球物理研究所、交通运输部公路科学研究院、云南交通职业技术学院、云南交投集团云岭建设有限公司、云南交投集团公路建设有限公司、云南云岭高原山区公路工程检测有限公司、云天化集团有限责任公司、北京中地务实地质工程技术有限公司、湖北炼石环保科技有限公司承担了云南交通厅《高速公路土石混填及固体废弃材料路用关键技术研究》科研项目，对磷石膏用于高速公路路基材料特别是大掺量磷石膏路基材料的关键技术做了开创性的研究探讨，并在云南武易高速公路上建设了 500 米试验路段，2018 年项目验收，获得云南交通科学进步一等奖，中国公路学会评定项目达到国际先进水平，交通运输部时任总工程师签署证书，“磷石膏路基材料可以用于高速公路建设”，试验路段至今运行状况良好。

(2) 2019 年，云天化集团牵头，与云南省公路科学技术研究院合作，在易武高速九场辅道做了 400 米试验路段，至今无异常情况，但无具体试验数据。(2) 为获取具体试验数据，2019 年 3 月、4 月，云天化天安化工、天鸿工程公司与云南省公路科学技术研究院合作，在天安化工厂区内部道路铺设了 202 米和 145 米试验路段，铺设厚度 35 厘米，至今未发现问题。

(3) 2020 年 9 月，云南省交投集团牵头与其它单位合作，在姚楚高速铺设了 500 米试验路段，铺设厚度 39 厘米，至今未暂未发现问题。

(4) 2021 年 4 月，云南省交投集团牵头，与中科院地理研究所、交通部公路研究院、云天化环保科技等单位合作，共同申报了云南省科技计划项目“磷石膏固体废弃物路用关键技术、装备研发及综合应用”项目，计划在云南新建的三条高速公路上共铺设 15 公里，铺设厚度约 40 厘米，消耗磷石膏约 8 万立方。目前，该项目已经与云南省科技厅签订了项目合同，获得科技项目经费 800 万元，正在开展相关工作，目前已完成初期试验工作，云南交投集团已完成企业标准“磷石膏固体废弃物路用技术标准”（征求意见稿，2022）的编制。

4.2.1.2 云南磷石膏用于筑路材料，云天化天安化工的部分初步试验结果

云南省公路科学技术研究院与云天化天安化工合作，在未对磷石膏加工筑路材料配方及制备进行全面优化的情况下，在天安化工内部两条道路，开展了初步试验，得出以下初步试验结果，该试验结果不代表云南交投集团牵头正在开展的云南省科技计划项目，在对磷石膏

筑路材料配方及制备进行全面优化后的试验和检测结果（待项目开展、完成才能得出结论）。

（1）从两个试验路段的外观来看，经过近 10 个月的通车运行，路面外观整体良好，路面无明显坑槽、车辙、破损、裂缝等病害。

（2）水泥稳定磷石膏芯样切面可以看出，3-6mm 的未破碎的磷石膏颗粒仍明显，个别颗粒达 30mm，对水泥稳定磷石膏的整体性有不利影响，从受力角度来讲，因颗粒内部无水泥胶结料，这些颗粒集中的地方也是强度薄弱的地方。

（3）沥青芯样的劈裂强度基本大于 0.8MPa，个别能到达 1MPa 以上，说明强度均匀性不理想，劈裂强度指标略高于普通沥青混合料的芯样强度（我省沥青路面芯样的劈裂强度大都分布在 0.8-1.0MPa 区间）。

（4）水泥稳定磷石膏的劈裂强度不理想，达不到期望的大于 0.5MPa 的目标，这与水泥稳定磷石膏材料难以压实、密实度不高有关系；无侧限抗压强度均大于 3.5MPa。



图 1 路段一外观情况



图 2 路段一外观情况



图 3 路段二外观情况



图 4 路段二外观情况



图5 沥青面层芯样切片



图6 磷石膏芯样切面中的未分散大颗粒



图7 磷石膏芯样切面中为分散的小颗粒

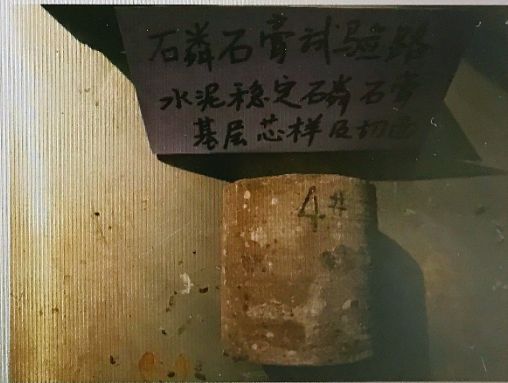
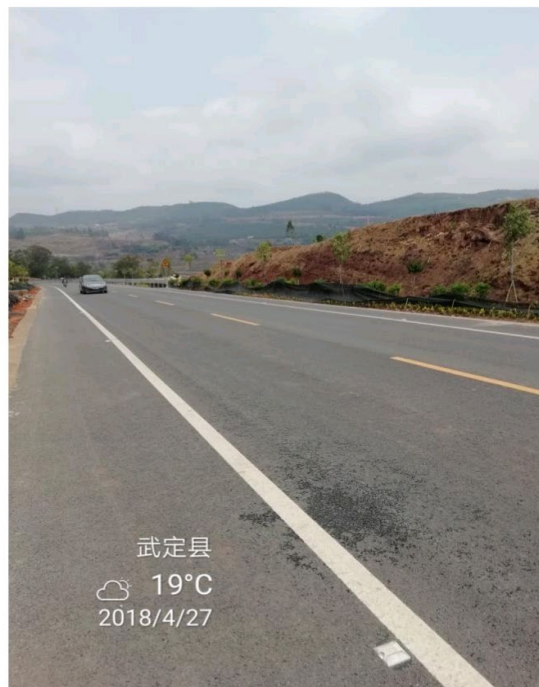


图8 水泥稳定磷石膏芯样切面

云南武易高速公路试验段



武定县
19°C
2018/4/27

4.2.1.2 湖北磷石膏试验路段

2016 年九月，湖北炼石环保科技有限公司在湖北武汉问津大道（市政一级）铺设了 200 米高掺量磷石膏水稳层，现场检测数据合格，至今无塌陷、裂缝等病害。



新洲汪辛公路磷石膏试验段

4.2.2 国外磷石膏作为道路材料的使用情况

全球磷肥的发展始于二战之后，首先在西欧国家、美国等地建成多个磷肥装置。这些磷肥装置利用磷矿与硫酸做原料，为了生产肥料所需的磷酸，每吨磷酸大约可以产出副产品 5 吨磷石膏。起初这些磷石膏在这类工厂附近堆存，或排入周边的河流或大海。当时由于磷石膏作为新兴的副产品，人们对其关注不足。随着局部磷石膏数量增加，人们开始尝试用于农业、水泥缓凝剂、建筑材料石膏粉（板、砌块等）。或将其与砂石、水泥等材料混配作为修路材料。利用磷石膏作为修路材料的在美国、巴西、俄罗斯、西欧、北非、印度等国家均有报道。

磷石膏在全球不同的气候条件下作为修路的路基材料。利用磷石膏做修路原料与其它物料（如粉煤灰等）掺混，可以节约一次性资源，利用可再生的二次资源，达到节能减排目的。将磷石膏与水泥（通常比例控制在 5-7%）时，其可以作为路基材料，于其它可以作为路基材料的次生物料相比，在使用周期内，其性能、耐久性及抗车辙性等指标良好，总体使用成本低。相关机构持续 25 年的对磷石膏路基材料进行的环境影响跟踪研究，表明无论是其中的放射性核素还是重金属，均对环境无负面影响。

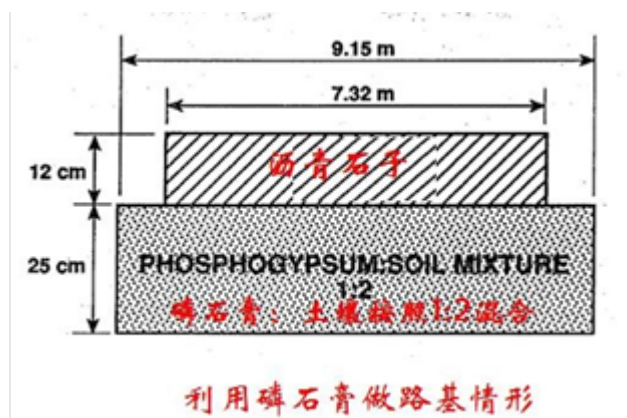
各国官方信息数据

4.2.2.1 美国利用磷石膏修路情况介绍

1992 年以前，美国国内用户利用磷石膏与粉煤灰、砂子、砾石或水泥混合，成功地用

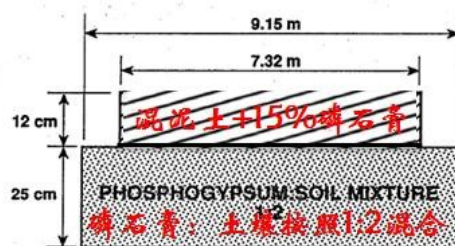
于道路、停车场和存储场地的建设。最广泛利用磷石膏作为修路材料的德克萨斯州休斯顿地区，同时在佛罗里达州也有使用（FIPR88）。1988 年度，德克萨斯和佛罗里达两个州销售用于修路物料的数量约为 14 万吨/年。北卡罗来纳州修路利用磷石膏数量不详。关于磷石膏在修路或停车场方面的应用（EPA90, TFI90A）说明如下：

（1）休斯顿地区附近的德克萨斯州拉波特市的城市大道其中的五个标段路基采用了磷石膏与粉煤灰或水泥混合料，这些磷石膏原料源于德克萨斯帕萨迪纳的美孚磷酸装置：



（2）佛罗里达州的波特县长约 2.4 千米的路基，采用磷石膏与粒状砂子混拌后压实，表面铺上一层 1-2 英吋厚的沥青；

（3）佛罗里达州的哥伦比亚县长约 2 英里的路基，采用 100%二水磷石膏与磷石膏和砂子混合物，按照掺混比例 1:2、1:1 和 2:1 处理，表面铺上一层 1-2 英吋厚的沥青；



利用磷石膏做路面情形

（4）在穿越北卡罗莱纳州沼泽区域道路中，利用磷石膏充当回填或路基材料；

（5）在佛罗里达巴托磷肥研究院，利用磷石膏（混入量 13%）和混凝土混合材料，铺设修建了 1670 平米（2000 平方码）车道和停车场。

多位调查人员跟踪分析了利用磷石膏所做的路基中伽马射线和 ^{222}Rn 的直接辐射量。罗斯勒报告了全部利用磷石膏所修建的路基向外辐射伽马射线的强度高达 20 微伦琴/小时，利用 25%的磷石膏与石子和级砂修建路基，上面铺设一层沥青的道路辐射伽马射线的强度达 10-11 微伦琴/小时。建成的路基表面监测的氡含量在 1-2 皮居/平方米.秒。铺上沥青后，

表面监测的氡含量小于 1 皮居/平方米·秒。在道路两边监测伽马射线辐射和流量水平分别为 8-10 微伦琴/小时和小于 0.1 皮居/平方米·秒。

1992 年禁止利用磷石膏做修路材料，美国环境署（EPA）禁止利用磷石膏的原因主要是其放射性。磷肥生产的原料磷矿石和硫酸含有放射性物质，大部分在生产过程中进入其副产品磷石膏中。因为人们越来越关注磷石膏中的放射性物质含量，1992 年 6 月 3 日美国环境署修订了 40CFR61 法规的 R 分章节内容。例外情况是允许磷石膏中 ^{226}Ra 含量不超过 0.37Bq/g(10pCi/g)时可以在农业领域利用。但是没有磷石膏用量的限值，并且农民无需持有证书和施用记录。

美国境内磷石膏堆场表面监测 ^{222}Rn （气体）释放速度每秒 0.06-0.44Bq/m²(1.62 - 11.89pCi/m²)，最高可达每秒 12.6 Bq/m²(340pCi/m²)，均值为每秒 0.25Bq/m²(6.8pCi/m²)。

在此之前，人们将磷石膏与水泥掺混作为修建道路的材料。1992 年 6 月 3 日 EPA 修订了 40CFR61 法规内容后，开始禁用磷石膏作为路基材料。

华盛顿时间 2020 年 10 月 14 日，美国国家环境署（EPA）署长安德鲁·惠勒批准了美国化肥研究院（TFI）关于在政府批准的道路铺设项目中利用磷石膏的请求。环保署署长安德鲁·惠勒说：“允许磷石膏的再利用表明环保署致力于以一种既减少环境废物又保护公众健康的方式与工业界合作”。“这一请求的批准意味着磷石膏——已经过大量的工程和监管控制成堆堆存的磷石膏——现在可以用于生产性用途，用于基础设施建设。该项核准表明特朗普总统致力于“双赢”的环境解决方案。”

美国国家环境署《撤销道路施工中使用磷石膏的批文》，2021 年 7 月 7 日美国国家环境署（EPA）通知。

<https://www.federalregister.gov/documents/2021/07/07/2021-14377/withdrawal-of-a-approval-for-use-of-phosphogypsum-in-road-construction>

环境保护署（EPA）撤销其在 2020 年 10 月 14 日下发的《政府道路项目中使用磷石膏的批文》。根据《清洁空气法》，如果磷石膏的其他用途包括某些规定信息，EPA 可以批准此类申请。经进一步审查，环境保护署（EPA）已确定该批文为时尚早，应予以撤销，因为关于此批文的申请文件中未包含所有要求的信息。通过这一撤销行动，磷石膏仍然被禁止用于道路建设项目。

<https://www.msn.com/en-us/news/us/epa-withdraws-rule-allowing-phosphogypsum-in-road-construction/ar-AALIkbn>

美国环保组织起诉佛罗里达州长德桑蒂斯对当地“Piney Point 磷肥厂渣场管理不

善”，导致 EPA 撤销《政府道路施工中允许使用磷石膏的批文》。

磷石膏是磷肥生产的副产品。目前没有找到安全有效的处置方式，因此美国环境保护署允许将其以废渣的形式堆存，即所谓的磷石膏堆场。

2022 年年初，美国佛罗里达坦帕湾的一座磷石膏堆场成了应急事件中心。由于担心前 Piney Point 磷肥厂渣场蓄水池底部发现泄漏后形成“即将塌陷”的区域，导致大量人员从该区域撤离。此次泄漏事件导致 4 亿多加仑富含营养的废水排入海湾。在美国佛罗里达州共有 25 座磷石膏堆场，其中有 22 座集中分布在曼娜提、希尔斯堡和波尔克县。

Table 2-4. Radium-226 concentrations in Florida phosphogypsum samples (Ho88).

Phosphogypsum Stack	Mean Concentration (pCi/g dry) ^a	Concentration Range (pCi/g dry)
Gardinier	33±2	31-37
W.R. Grace	30±9	19-48
Royster	30±11	16-49
Conserv	34±18	23-81
Estech	25±4	19-31

^a. Mean concentration with the standard deviation of samples from 10 locations on each stack.

小结：美国作为全球磷肥主要生产国，在副产品磷石膏利用方面进行了大量的尝试和研究工作。因磷矿的禀赋不同，其副产品磷石膏中放射性核素含量也不同。在农业领域应用要求小于 10 皮居/克。磷石膏堆存过程也会释放放射性物质，堆放也有环境风险。美国特朗普政府由于政治原因于 2020 年 10 月 14 日允许利用磷石膏作为路基材料，在 2021 年 4 月事件后，拜登政府 EPA 收回批文，再度禁止磷石膏用于修路。

4.2.2.2 俄罗斯利用磷石膏修路情况介绍

国际化肥协会（IFA）将俄罗斯利用磷农集团（PhosAgro）旗下的巴拉克沃阿皮泰特（Apatit）磷肥装置所产磷石膏修路技术列入其指南，即在各个领域利用磷石膏的最佳实践。俄罗斯利用磷石膏修路技术有着明显优势，即磷石膏的环境安全性。巴拉克沃阿皮泰特（Apatit）磷肥装置所产磷石膏的性能指标在指南中已经列出。利用磷石膏做修路材料减少级配砂石用量并减少修路成本。机械压实后，磷石膏在户外迅速硬化。磷石膏铺设和硬化时形成固体整体结实平整，每年都会增加硬度道路建设，使用磷酸石膏建造，实际上甚至超过了通常的水泥土和碎石路基，符合 GOST RV 的认证。使用磷石膏建造公路有两种选择：修建磷石膏的唯一道路，随后铺设顶层，整条道路的建设（所有层）来自磷石膏。

利用磷石膏作为修路路基材料，通常采用 10-25%的二水磷石膏作为土壤稳定剂，混配后强度增加 10-35%，文中特别提到新鲜的刚刚下线的磷石膏效果最佳。

矿源	化学成分						
	CaO	SO ₃	P ₂ O ₅	Ln ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	F
科拉	39-40	56-57	1.0-1.2	0.50-0.06	-	-	0.30-0.40
柯福多斯克	39-41	55-56	1.4-1.5	0.14-0.15	0.10	0.03-0.08	1.07

磷石膏路面的好处：

其余传统的板油路没有差别，路基厚度远远小于传统道路。道路的底部完全可以抵抗反复的温度急剧变化，包括冻结到大地深处。磷石膏基层不会被破坏，也不会被水冲走，缺乏通常在常规情况下形成的轨道沥青涂层。在道路上可以轻松驾驶重型机械，而不会损坏路面。在任何地方铺设路基的可能性地面，是否森林，田野或湿地。无需去除土壤表层或将灌木和树木的根部连根拔起，它们成为新道路的组成部分。当放置在潮湿区域时，进一步建立加强网格并增加最终覆盖层的厚度 30-40 厘米。

利用磷石膏修路价格较低，与传统的道路相比平均价格低 30%，全部利用磷石膏修建的道路主要分布在村落、乡村地方的道路。有些专家建议用其修建区域公路网。利用磷石膏替代级配砂石。在俄罗斯萨拉托夫市已经利用磷石膏修建道路 18 万平方米。这些路面长期使用保持良好、未曾修补。



施工现场图片

4.2.2.3 加拿大利用磷石膏修路情况介绍

加拿大在磷石膏利用方面主要参考美国佛罗里达磷肥研究所的研究成果。在加拿大的阿尔伯塔省磷石膏没有被列为危险废弃物。在阿尔伯塔省有两家公司副产磷石膏，Agrium 公司和西部合作社肥料有限公司 Westco。下表详细说明了这些副产 PG 的装置位置、数量和磷矿石来源，以及一些一般现场信息

堆场位置	堆场业主	产量 (吨/年)	堆存量 (万吨)	堆场面积 (英亩)	矿源	备注
------	------	-------------	-------------	--------------	----	----

Medicine Hat	Westco	0	约 1000	600	爱达荷磷矿	目前复垦中
Calgary	Westco	0	约 1000	345	爱达荷磷矿 + 佛罗里达矿	堆场目前复垦中；堆场 1955-1987 运行；总占地 3000 英亩
Redwater	Agrium	150 万	500	325	佛罗里达矿+西非矿+安大略省卡普斯卡辛	加拿大唯一运行的磷肥装置，自 1990 年开始使用安大略省卡普斯卡辛磷矿；预计占地 700 英亩，堆存高度 38 米。
Fort Saskatchewan	Agrium	0	3500	87	爱达荷磷矿 + 佛罗里达矿	堆场已经停用，上世纪 80 年代停用依据 AENV 环保要求，已经盖土表层植被。

在加拿大没有利用磷石膏做路基的应用案例。

4.2.2.4 芬兰利用磷石膏修路情况介绍

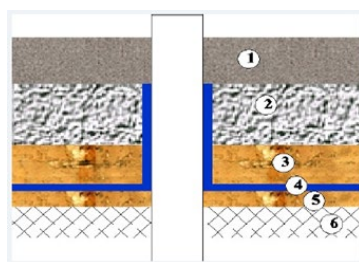


• Roads (Finland) •

芬兰修路图片

4.2.2.5 波兰利用磷石膏修路情况介绍

2009 年波兰戈里维斯（Geliwice）无机化工研究所利用磷石膏、粉煤灰以及粘合剂混配，修建了停车场基层，将三种物料掺混调配后，造粒作为 5X6 米停车场基层材料，停车场面层采用炼钢炉渣（如下图所示）。此停车场可以满足轻型交通霜冻保护层。周边的雨水、渗滤液等，已经收集取样依据 PNEN1245-4 进行了分析。



利用磷石膏/粉煤灰修建的停车场道路

(1. 炼钢炉渣面层, 20 厘米厚; 2. 粉煤灰与磷石膏混拌的路基-25 厘米厚; 3. 砂质滤层 10-15 厘米厚; 4. 防水膜; 5. 砂质找平层; 6. 土质底层路基)

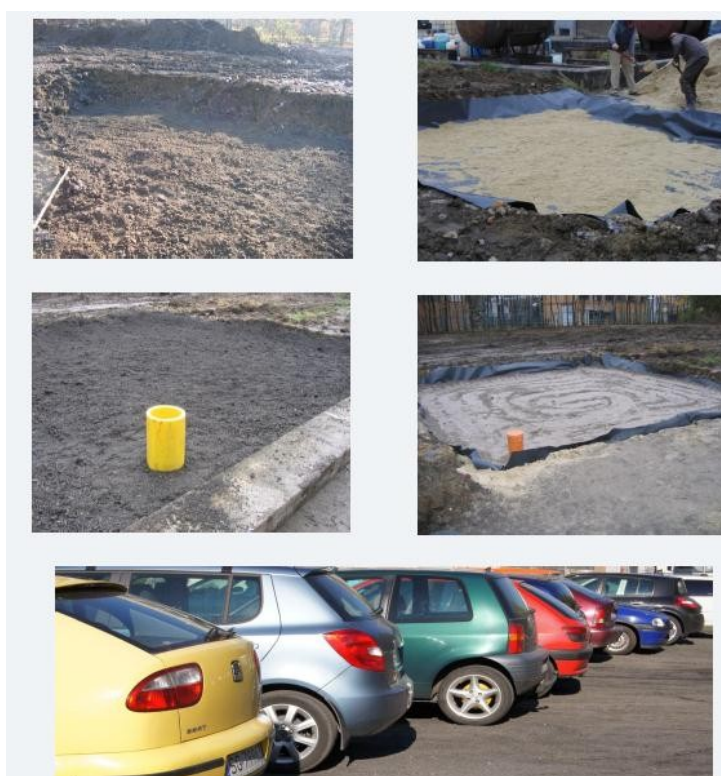


Image 2. Construction of the car park on the premises of Inorganic Chemistry Institute in Gliwice

停车场修建过程

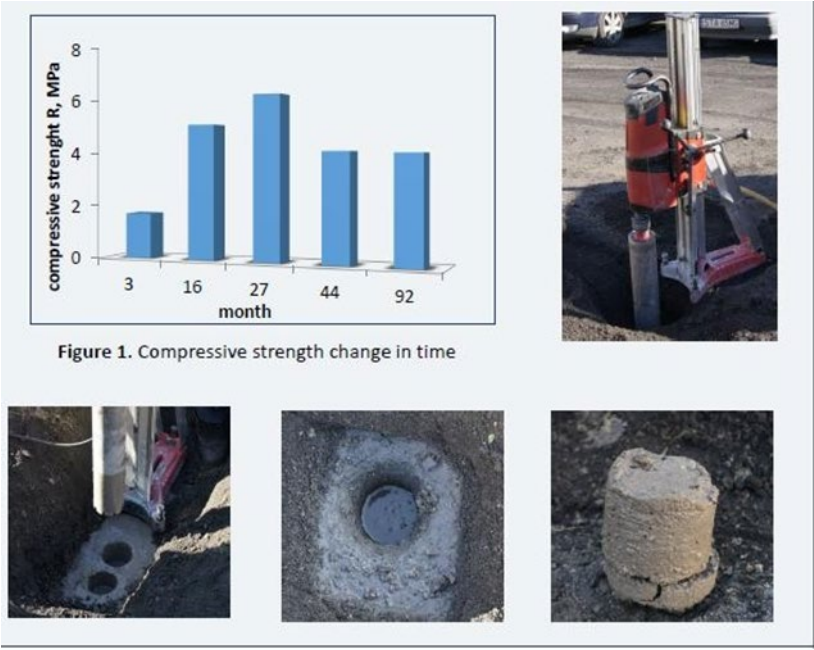
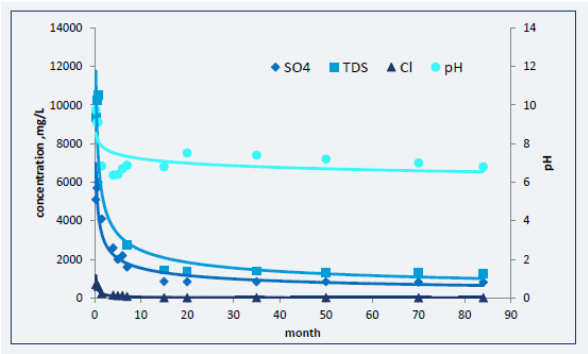


Figure 1. Compressive strength change in time

波兰停车场抗压强度数据



渗滤液中 SO4、TDS、Cl 、PH 值变化趋势表

波兰磷石膏中的放射性

Table 3 Radionuclides in examined samples of PG

Sample	Radionuclide	Series	Activity concentration (S) [Bq/kg]	Analytical error [Bq/kg]
PG1	K-40	—	< 20	—
	Ra-226	U-Ra	80.5	20.4
	Th-228	Th	76.2	6.8
PG2	K-40	—	< 22	—
	Ra-226	U-Ra	72.8	18.6
	Th-228	Th	86.8	7.6

注：1Bq/kg = 0.001Bq/g；1Bq/kg =0.001Bq/g=0.027 皮居/克；1Bq/g =27 皮居/克；1 皮居/克=0.037 贝
克勒尔/克 =37 毫贝克勒尔/克

4. 2. 2. 6 乌克兰利用磷石膏修路情况介绍

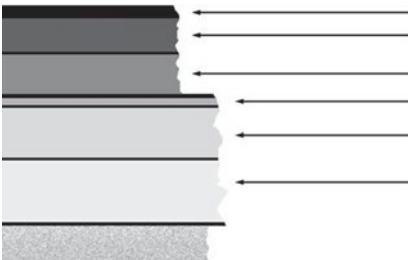
磷石膏用于生产基于沥青粘合剂的复合材料，以及用于道路基层施工的道路施工，以及

作为沥青混凝土混合物的添加剂。使用磷石膏的优势如下：使用磷石膏的道路比使用传统技术的道路便宜 30%，并且可以铺设在沼泽地区。因此，在道路施工的第一阶段，可以制作中间类型，用磷石膏制作基层，然后用碎石和沥青混凝土铺设其他施工层。同时，应注意的是，Soldatkin 和 Hohlov 进行的实验结果表明，在水交换率高的地区，使用磷石膏修建道路会导致道路破坏，土壤和地下水会受到硫酸盐的污染。

磷石膏与其他成分的混合物主要用于道路基层的施工，因为没有沥青覆盖层的磷石膏道路的特点是磷石膏碎片的机械分离，这可能会导致周围区域受到污染。然而，对含有磷石膏的路面进行长期测量（超过 5 年）和监测的结果表明，磷石膏成分（尤其是重金属）经常变形和浸出到环境中。例如，没有沥青路面的磷石膏道路的特点是磷石膏碎片拉伸，这可能会进一步污染周围区域。

4.2.2.7 摩洛哥利用磷石膏修路情况介绍

在摩洛哥 Jorf Lasfar 的一家磷酸厂，每年约有 700 万吨磷石膏副产物，这些磷石膏被倾倒入海洋中。在充当路基材料的研究中，磷石膏要么作为主要粘合剂的补充材料，要么作为填料活化剂，实验结果是积极的，但使用的磷石膏量很低。Puiatti 研究了在道路石灰形状层中使用磷石膏的情况，提出了一种利用 93%磷石膏和 7%水泥的混合物，其力学性能适合道路用途。为了找到利用磷石膏做路基材料的最佳配比，研究人员分别对全部利用磷石膏做路基材料，或将磷石膏与石灰混配，检测其力学性能。全部采用磷石膏的路基，在地下水量充足的区域性能不稳定。磷石膏和石灰各半的路基力学性能稳定，此处所利用的石灰为天然材料，用于替代水泥。此外，尽管道路基层被淹没的可能性很低，他们还对饱和试样进行试验，试验结果表明材料浸水后的力学强度损失很小[10]。除了用于路基材料，也可少量将磷石膏作为修路黏合剂。



磷石膏作为路基材料的示意图

4.2.2.8 突尼斯利用磷石膏修路情况介绍

突尼斯 Sfax 磷酸装置副产品磷石膏的岩土工程和力学特性表明，新生产的磷石膏性能指标，如酸度，对机械强度的水敏性产生了不利影响。为了提高承载力和机械强度并降低酸

度，建议与粒径为 0/4mm 的碎石石灰级砂 1:1 混配，即磷石膏：碎石石灰级砂=1:1。为了达到路基规范要求的机械强度，有必要进一步提高其抗摩擦的强度。经过试验发现，添加 7% 的 CPC II 32.5 水泥可以达到这些强度。我们在模拟气候条件下测试了所选配方（46.5% 磷石膏、46.5%砂和 7%水泥）。突尼斯的三个地点因地理位置和降雨量而异。所选配方可在两个最不潮湿的区域提供。通过整体浸出试验对材料的环境影响进行了评估。重金属的结果表明证明了胶凝基质的真正捕集效率。

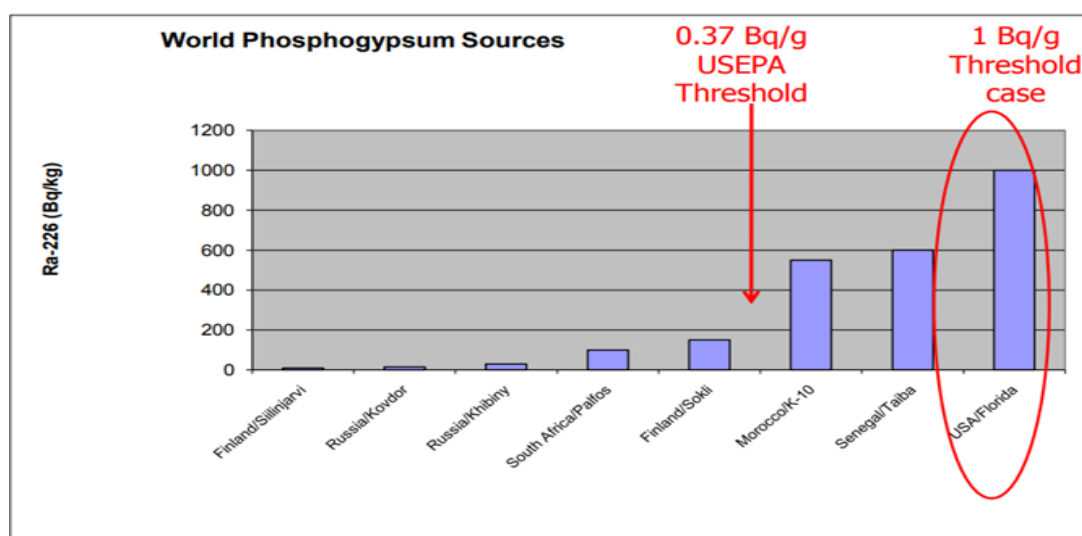
Tableau 1 : Radioactivité de phosphogypses à travers le monde (Bq/kg)

Origine du phosphogypse	Origine du phosphate	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	Références
Sfax	Tunisie	47.3 (35 ± 1.9 – 66 ± 3.6)	215 (209 – 223)	14.7 (8–20)	[14] - [16]
Sfax	Tunisie	-	350 ± 70	-	[17]
Sfax	Tunisie	-	200	-	[18]
Grèce	Taïba	-	429 ± 21	-	[19]
Grèce	Togo	-	261 ± 13	-	[19]
Grèce		181 (150 ± 68 – 211 ± 77)	380 (261 ± 13 – 473 ± 46)	-	[19]
Alberta	Idaho	-	890	-	[20]
Australie		510	451 - 500	10	[20]
Floride	Floride Centrale	130 (93 – 190)	1120 (836-1670)	3.7	[20]
Hongrie	Syrie	-	1093	-	[20]
Louisiane	-	-	1100 (700-1700)	-	[20]
Mississippi	-	-	780	-	[20]
Yougoslavie	-	-	390	-	[20]
Maroc	Maroc		1420 ± 330		[21]
Espagne	-		727 (470 ± 40 – 1536 ± 80)		[22]
Boucraa	-		1280 ± 130		[23]
Bangladesh	-		234.0 ± 12.8		[23]
Egypte	Egypte	134	411	19	[24]
Brésil	A	42 ± 6	695 ± 47	175 ± 23	[25]
	B	17 ± 5	100 ± 7	156 ± 38	
	C	41 ± 24	266 ± 21	174 ± 17	

Table 1. Typical and maximum concentrations in common buildings materials and industrial by-products used for building materials in the EU [2]

Material	Typical activity concentrations (Bq Kg ⁻¹)			Ra Equivalent	Maximum Activity concentrations (Bq Kg ⁻¹)			Ra Equivalent
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	
Concrete	40	30	400	114	240	190	1600	635
Aerated and light-weight concrete	60	40	430	150	2600	190	1600	2995
Clay red bricks	50	50	670	173	200	200	2000	640
Sand –lime bricks	10	10	330	50	25	30	700	122
Natural building stones	60	60	640	195	500	310	4000	1251
Natural gypsum	10	10	80	30	70	100	200	228
By-products phosphogypsum	390	20	60	423	1100	160	300	1352
Blast Furnace Slag	270	70	240	388	2100	340	1000	2663
Coal fly ash	180	100	650	373	1100	300	1500	1644

FIPR Data: The Impact of a Regulation



不同国家地区磷石膏放射性核素之数据

数据来源:

[https://www.parlimen.gov.my/images/webuser/jkuasa%20lamp/Memorandum/Kertas%20kerja%20Phosphogypsum%20\(PG\)%20-%20Uses%20and%20Current%20Handling%20Practices%20Worldwide/Phosphogypsum%20\(PG\)%20-%20Uses%20&%20Current%20Handling%20Practices%20Worldwide%20-%20Julian%20Hilton.pdf](https://www.parlimen.gov.my/images/webuser/jkuasa%20lamp/Memorandum/Kertas%20kerja%20Phosphogypsum%20(PG)%20-%20Uses%20and%20Current%20Handling%20Practices%20Worldwide/Phosphogypsum%20(PG)%20-%20Uses%20&%20Current%20Handling%20Practices%20Worldwide%20-%20Julian%20Hilton.pdf)

4.2.2.9 西班牙利用磷石膏修路情况介绍

西班牙磷石膏中的放射性核素总计 1352Bq/kg (折合 1.352Bq/g) [12], 略微超过欧盟用于建材的工业副产品中放射性核素的标准 (1Bq/g)。西班牙在农业方面利用磷石膏的情况在西欧游示范作用。

4.2.2.10 巴西利用磷石膏修路情况介绍

2000 年, 对其国内磷石膏与水泥掺混在实验室内进行了其作为修路材料的试验, 磷石膏的稳定性与水泥的掺入量相关联, 水泥含量以及固化时间增加会使磷石膏抗压强度和切向模量提高, 磷石膏的含湿量对磷石膏抗压强度和切向模量有微量的影响。实验结果表明, 磷石膏与水泥掺混, 抗压用于道路的路基材料。

4.2.2.11 印度利用磷石膏修路情况介绍

在印度, 根据中央污染控制委员会为磷石膏的运输、贮存、管理、处置的指南, 随着基于证据的科学研究工作不断深入, 磷石膏不在认为是一种废弃物, 而是一种有价值的多用途的资源。

表 印度关于用于路基(或次要道路)材料的磷石膏的指标

指标名称	建议的水浸出限值 (不超过以下数值)
F	< 50mg/L

Cd	< 2mg/L
Pb	< 2mg/L
As	< 1mg/L
Hg	< 0.1mg/L
含水量	< 15%

印度中央道路研究院（CRRRI）对磷石膏作为修路材料的适应性做了如下方面的工作：

对磷石膏进行表征；

土壤/粉煤灰进行表征；

利用磷石膏做道路基层或软基层利用磷石膏修建水泥路；

利用磷石膏做砌块铺设的粘合剂；



测试的磷石膏样品

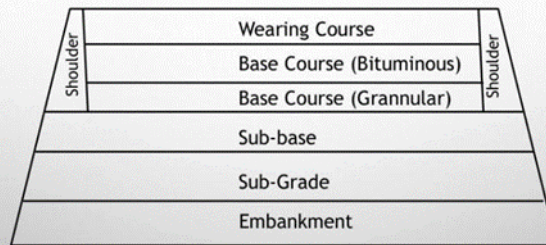


印度利用磷石膏修路的截面图

ROAD PHOTOS



ROAD CROSS SECTION



ROAD PHOTOS



印度利用磷石膏修路

结论：

磷石膏作为磷酸生产的副产品，可以用于道路路基修筑。在全球不同地区有磷石膏阐述的地方，几乎都有利用磷石膏做路基的情况。全球利用磷石膏进行修筑道路尝试和研究的国家包括：美国、加拿大、俄罗斯、芬兰、波兰、乌克兰、摩洛哥、突尼斯、西班牙在利用磷石膏做路基材料时，将其与粉煤灰、黏土或水泥混拌，使其性能更稳定；另外也需关注磷石膏的游离水分；利用磷石膏修建的道路尽量不得有水浸泡，水浸泡后会使其强度降低，其中

重金属会进入水体，对环境造成一定影响。

磷石膏中放射性核素也是影响磷石膏利用的参考条件，美国 EPA 对用于农业领域的磷石膏中放射性核素限值设定为不超过 0.37Bq/g(即 10 皮居/克)，国际原子能机构（IAEA）标准为不超过 1Bq/g（即 27 皮居/克）。西班牙胡尔瓦（Huelva）地区的磷石膏放射性核素含量在 0.7 Bq/g（即 18-20 皮居/克）因此，要定期对道路附近的水体、土壤等进行监测。

因磷矿的禀赋不同，其副产品磷石膏中放射性核素含量也不同。磷石膏在堆场堆存也存在辐射问题，不同地区土壤中也有放射性核素，与其在堆场堆存大量辐射，不如在修路、农业、建材等领域加以推广利用。

4.3 某公司未经净化的原始磷石膏的检验结果

表 1 磷石膏指标分析

成分 结果	TP ₂ O ₅	WP ₂ O ₅	SO ₃	CaO	SiO ₂	WMgO	WK ₂ O	Cl	As	Cd	Hg	Pb	Cr	内/外照射 指数	WF	fH ₂ O	pH
过滤机 样范围	0.71-0.9 8	0.12-0.3 2	37.8-40. 8	26.9-29. 5	9.3-14.9	0.01-0.0 5	0.02-0.0 9	100-700	2-6	0.1-0.4	1	62-350	13-16	0.4-0.6/ 0.2-0.4	0.04-0.4 8	20.0-27. 9	2.5-3.8
过滤机 样平均	0.81	0.29	39.1	27.8	13.0	0.03	0.04	196	3	0.2	1	78.5	14	0.5/0.3	0.19	23.4	2.9
石膏库 样范围	0.57-0.7 8	0.02-0.1 8	38.8-41. 2	27.6-29. 2	9.5-16.2	0.02-0.0 3	0.03-0.0 7	60-700	2-4	0-0.2	0.6-1	55-101	12-17		0.05-0.1 0	11.5- 18.4	2.9-5.2
石膏库 样平均	0.67	0.12	40.5	28.4	11.7	0.03	0.04	190	3	0.1	1	73	14	0.5/0.3	0.08	13.63	3.5

5 磷石膏替代传统水泥砂石作为路基材料的原理

一般而言，基层材料和路基填料需要满足足够强度、合适刚度和长期水稳性三个基本要求，建筑材料只要能够满足上述三个要求就能用于路基路面结构。

磷石膏经过净化处理之后，达到环保要求的净化处理后磷石膏与一般的自然岩土无异，在经过固化处理和水泥（或其它胶凝材料）稳定后，只要能够达到道路路基和基层材料三个基本要求，就能应用于道路工程建设。而是否能够达到上述三个基本要求，主要取决于固化处理的固化剂和合适的胶凝材料。

磷石膏的水稳定性研究及实践经验表明，由于磷石膏具有溶蚀再结晶特性及遇水微膨胀性，基层混合料在养生期及后期使用过程中，频繁经历干-湿循环变化容易使磷石膏筑路材料内部产生细微损伤，导致基层强度衰减，宜采用干湿循环强度比来评价混合料的水稳定性性能；冻融循环强度比是现行 JTG E51 用来评价基层抗冻性能的方法，本规范对该指标提出具体要求。

路基、路面结构层的力学强度和水稳定性以《公路路基设计规范》、《公路沥青路面设计规范》和《公路混凝土路面设计规范》为根据，试验方法以《公路土工试验规程 JTG E40-2005》2.7、《公路工程无机结合料稳定材料试验规程 JTG E51-2009》、《固化土道路技术规程 T/CECS》、《固化类路面基层和底基层技术规程 CJJ / T80-98》为依据。

6 磷石膏净化处理工艺技术及达到的效果

运用于道路工程的磷石膏的净化处理主要有三种工艺即水洗、中和、浮选。这三种工艺方法处理后的磷石膏基本可以满足环境要求。

水洗工艺就是磷石膏经泵送至过滤机，通过在过滤机中过滤、洗涤并压滤脱水，降低磷石膏中磷、氟等杂质含量，从而得到无害的磷石膏。

中和工艺就是将磷石膏按比例与电石渣、石灰或其它碱性物质混合搅拌均匀陈放或存放在中和槽（如磷石膏是流塑状）一段时间，石灰等与可溶性磷和氟发生化学反应生成难溶物质，并将反应后磷石膏的 pH 值中和至 6~9。

浮选工艺是在浮选槽、浮选柱等浮选设备中加入浮选药剂，与磷石膏充分搅拌均匀，通过改变磷石膏与杂质的表面疏水、亲水性将杂质分离并去除，浮选后的磷石膏送入过滤机脱水。

工程实践证明，通过上述三种工艺净化处理后的磷石膏可以运用于道路工程，填筑后磷石膏的浸出液、现场地基土和地下水环境监测基本能够满足相关规范的要求。

7 与相关标准的关系分析和配合比、施工方法、应用场景等说明

在磷石膏应用于道路工程的技术实践中,遵循的原则是在符合 GB/T 23456 《磷石膏》、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 建设用地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 91.1《污水监测技术规范》、HJ 557《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》、JGJ 79-2012《建筑地基处理技术规范》、《磷石膏无害化处理指南(报批稿)》等规范对磷石膏污染性的控制条件要求下,通过各种技术手段,使磷石膏达到 JTG 3430-2020《公路土工试验规程》、JTG/T 3610-2019《公路路基施工技术规范》、JTG/T F20-2015《公路路面基层施工技术细则》、JGJ 33-2012《建筑机械使用安全技术规程》、JTG E40-2005 2.7《公路土工试验规程》、JTG E51-2009《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》、T/CECS《固化土道路技术规程》、CJJ/T 80-98《固化类路面基层和底基层技术规程》对配合比、检测方法、检验指标、施工方法、应用场景的要求。

8 专利知识产权说明

本标准起草过程中,不涉及任何专利。

9 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

净化后的磷石膏运用于工程是大势所趋。由于我国提倡的“金山银山不如绿水青山”环保理念越来越深入人心,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。采用净化后的磷石膏来代替部分地材作为路基填料和基层材料,在成本上在大部分地区基本与传统的地材基本持平,在有些发达、缺乏地材的地区还有一定的成本优势,因此,利用净化磷石膏作为工程用材在产业化、推广上是可行的,且是大规模消耗磷石膏的出路。

在产业化情况方面,本标准关于磷石膏基材料用于公路路面基层是大量实际工程经验的总结与提炼。在材料要求、施工过程和质量管理等方面,提出了适用于各等级公路、广场新建和改建工程的基层、底基层的具体措施,已应用于多项市政道路工程。产业化情况如下:

(1) 2019年,云天化集团牵头,与云南省公路科学技术研究院合作,在易武高速九场辅道做了400米试验路段,至今无异常情况,但无具体试验数据。为获取具体试验数据,2019年3月、4月,云天化天安化工、天鸿工程公司与云南省公路科学技术研究院合作,在天安化工厂区内部道路铺设了202米和145米试验路段,铺设厚度35厘米,至今未发现问题。

(2) 2016年九月,湖北炼石环保科技有限公司在湖北武汉问津大道(市政一级)铺设了200米高掺量磷石膏水稳层,现场检测数据合格,至今无塌陷、裂缝等病害。

(3) 2019 年 4 月四川龙麟新材料有限公司在厂区与新市工业大道延伸线之间约 200 米的连接线,继续采用改良磷石膏用作路基填料进行试验段建设,现场检测数据合格,至今无塌陷、裂缝等病害。

在经济效益方面,本标准的制定可减少硅酸盐水泥用量,降低成本,降低工业固废的堆存量,减缓其对环境的破坏力,同时磷石膏道路基层生产工艺简单,具有抗折、抗压强度高、凝结时间长,抗冻性能好等优点,并且还具有微膨胀性可有效控制公路基层在后期出现收缩开裂的现象,改善公路基层的性能,提高公路使用寿命。因此,本标准对社会具有显著的经济效益和生态效益。

10 与现行相关法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性标准的协调性

磷石膏基公路基层材料 技术规程团体标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性标准协调一致。

11 重大分歧意见的处理经过和依据

对标准起草及修订过程中存在的分歧和意见,重点参考类似的已经发布的地方标准和国家标准进行妥善处理。

12 标准性质的建议说明

本标准的性质建议为磷石膏制土壤调理剂生产技术在企业生产中的规范性、通用性标准。

13 废止现行相关标准的建议

本标准为新标准,与已有的国家、行业、地方标准不抵触,无废止现行相关标准的建议。

14 其它应予说明的事项

无

附件:



中析研究所
ZHONGXI RESEARCH INSTITUTE

北京中科光析化工技术研究所 (材料实验室)

Beijing ZKGX Research Institute of Chemical Technology (Material Lab)

报告编号 (Report ID): ZX210916-050201

日期 (Date): 2021.09.26

第 1 页 共 4 页

测试报告

Test Report

报告编号 (Report ID): ZX210916-050201

样品名称 (Sample Name): 石膏

委托单位 (Client): 秦皇岛华瀛磷酸有限公司

测试类型 (Test Type): 委托测试

测试要求 (Test Requirement): 按照委托方要求测试

分析结果 (Test Result): 见后页

编制

审核

签发

北京中科光析化工技术研究所

全国免费电话 400-635-0567

网址: <http://www.bjfxcs.cn>

投诉电话: 010-82491398

声明: 本检测结果仅对送检样品负责; 评述仅供参考; 不得部分复制本报告 (复制无效); 请扫描全国报告防伪码查询真伪; 如对检测结果有疑问, 请致电咨询。



中析研究所
ZHONGXI RESEARCH INSTITUTE

北京中科光析化工技术研究所（材料实验室）
Beijing ZKGX Research Institute of Chemical Technology (Material Lab)

报告编号 (Report ID): ZX210916-050201

日期 (Date): 2021.09.26

第 2 页 共 4 页

研究测试报告

(Research Test Report)

研究测试结果 (Research Test Result):

样品名称及编号 Sample Name and NO.	测试项目 Test Item	测试结果 Test Result	单位 Unit
石膏 /ZX210916-050201	放射性比活度	^{226}Ra	20.4 Bq/kg
		^{232}Th	2.60 Bq/kg
		^{40}K	5.10 Bq/kg
	铅	1.21	mg/kg
	镉	未检出 (<0.01)	mg/kg
	汞	1.03	mg/kg
	砷	0.82	mg/kg
	铬	未检出 (<0.01)	mg/kg
	铊	未检出 (<0.01)	mg/kg

备注: 本报告为研究测试报告, 仅适用于产品质量内控和研发数据参考, 不能用于维权、纠纷和司法用途, 测试结果仅代表送检样品, 不对送检样品所代表的批量负责。

以下空白

北京中科光析化工技术研究所

全国免费电话 400-635-0567

网址: <http://www.bjfxcs.cn>

投诉电话: 010-82491398

声明: 本检测结果仅对送检样品负责; 评述仅供参考; 不得部分复制本测试报告 (复制无效); 请扫描全国报告防伪码查询真伪; 如对检测结果有疑问, 请致电咨询。



中析研究所
ZHONGXI RESEARCH INSTITUTE

北京中科光析化工技术研究所（材料实验室）
Beijing ZKGX Research Institute of Chemical Technology (Material Lab)

报告编号 (Report ID): ZX210916-050201

日期 (Date): 2021.09.26

第 3 页 共 4 页

样品图片 (Sample Picture):



扫描查询报告真伪

报告结束

(END)

北京中科光析化工技术研究所

全国免费电话 400-635-0567

网址: <http://www.bjfxcs.cn>

投诉电话: 010-82491398

声明: 本检测结果仅对送检样品负责; 评述仅供参考; 不得部分复制本报告 (复制无效); 请扫描全国报告防伪码查询真伪; 如对检测结果有疑问, 请致电咨询。



中析研究所
ZHONGXI RESEARCH INSTITUTE

北京中科光析化工技术研究所（材料实验室）
Beijing ZKGX Research Institute of Chemical Technology (Material Lab)

报告编号 (Report ID): ZX210916-050201

日期 (Date): 2021.09.26

第 4 页 共 4 页

注意事项

1. 服务双方必须遵守分析委托登记表/服务合同中服务通用条款的规定;

Both parties must comply with the provisions of the general service terms in the analysis of entrusted registration form/service contract;

2. 本报告无服务方签字人签名无效; 未加盖“北京中科光析化工技术研究所”科研测试专用章一律无效;

The report is invalid without the signature of the responsible person of the service party; The report is invalid without the special seal for scientific research and test of “Beijing ZKGX Research Institute of Chemical Technology”;

3. 由此测试申请所发出的任何结果, 服务方会严格地为委托方保密。除非相关政府部门、法律或法院要求, 否则未经委托方同意, 服务方不得就结果内容向第三方讨论或披露;

Any result of the test application will be strictly confidential to the client. Unless required by relevant government departments, laws or courts, the service party shall not discuss or disclose the results to any third party without the consent of the principal;

4. 本报告全部或部分复制、私自转让、盗用、冒用、涂改或以其它任何形式篡改的均属无效, 本单位将对上述行为追究其相应法律责任。

Any copy, transfer, misappropriation, false use, alteration or any other form of tampering of the report in whole or in part is invalid. The service party shall strictly investigate the corresponding legal liability for the above-mentioned acts

5. 测试得出的数据或结论是基于特定的时间、特定的方法以及特定的适用标准对测试样品特征、成份、性能或质量进行的描述, 采用不同的方法和标准、在不同的环境条件下对样品进行测试有可能得出不同的结论; 本报告为研究测试报告, 会参考相关标准的原理, 但根据实际情况可能并非完全依据标准进行, 结果仅供参考。

The data or conclusions derived from the test results are descriptions of the characteristics, components, performance or quality of the test samples based on the specific time, method and applicable standards, using different methods and standards, in different environmental conditions to detect samples may lead to different conclusions; This report is a research test report, which will refer to the principles of relevant standards, but may not be carried out according to the actual situation, and the results are for reference only.

6. 服务方接受样品进行测试的前提是, 委托方不能将该测试报告做为进行法律行动的依据;

The premise that the service party accepts the sample for testing is that the client cannot use the test report as a basis for legal action;

7. 测试结果仅代表送检样品, 不对送检样品所代表的批量负责; 样品来源信息由委托方提供, 并保证来源信息的真实性, 服务方不负责其真实性;

本报告有效期 12 个月。

The test result only represents the sample sent for inspection, and shall not be responsible for the batch represented by the sample sent for inspection; The sample source information shall be provided by the client and the authenticity of the source information shall be guaranteed. The service party shall not be responsible for its authenticity; The present report is valid for 12 months.

8. 本报告仅对所测样品的测试结果负责, 测试数据仅反映对该样品的评价且仅用于委托方科研、教学或内部质量控制、企业产品研发等目的; 出具的检测数据结果仅限定为特定委托方内部使用, 不对社会具有证明作用, 不得用于维权、纠纷、司法等法律用途, 对于测试数据的使用、使用所产生的直接或间接损失及一切法律后果, 服务方不承担任何经济和法律责任。

This report is only responsible for the test results of the tested samples, and the test data only reflect the evaluation of the samples and are only used for the purposes of scientific research, teaching or internal quality control, enterprise product development, etc. The test results issued are limited to the internal use of specific clients, and have no proof role for the society, can't be used for legal purposes such as safeguarding rights, disputes, judicature, etc. The service party shall not assume any economic and legal liability for the use of test data, direct or indirect losses caused by the use and all legal consequences.

9. 由于服务方的原因导致需要对测试结果内容进行更改的, 服务方应当重新为委托方出具测试结果, 并承担更改测试结果产生的费用, 委托方向服务方交还原测试结果。由于委托方自身的原因导致需要对测试结果内容进行更改的, 委托方应当向服务方提出修改申请。经服务方审核同意予以重新出具测试结果的, 相关费用由委托方承担, 委托方向服务方交还原测试结果。

If the content of the test results needs to be changed due to the reasons of the service party, the service party shall issue the test results for the applicant again, and bear the cost of changing the test results, and entrust the service party to submit the restore test results. If the content of the test results needs to be changed due to the reasons of the applicant, the applicant shall submit an application for modification to the service party. If the test result is re-issued after the examination and approval of the service party, the related expenses shall be borne by the applicant, and the applicant shall submit the test result to the service party for restoration.

北京中科光析化工技术研究所 全国免费电话 400-635-0567 网址: <http://www.bjfxcs.cn> 投诉电话: 010-82491398

声明: 本检测结果仅对送检样品负责; 评述仅供参考; 不得部分复制本测试报告 (复制无效); 请扫描全国报告防伪码查询真伪; 如对检测结果有疑问, 请致电咨询。



云南交通科学技术奖

获奖证书

为表彰在促进云南交通科学技术进步工作中作出重大贡献的单位，特颁发云南交通科学技术奖证书，以资鼓励。

获奖项目：高速公路土石混凝土及固体废弃物材料路用关键技术研究

获奖单位：云南省交通投资集团有限公司、云南武易高速公路建设指挥部、中国科学院地质与地球物理研究所、交通运输部公路科学研究院、云南交通职业技术学院、云南交投集团云岭建设有限公司、云南交投集团公路建设有限公司、云南云岭高原山区公路工程检测有限公司、云天化集团有限责任公司、北京中地务实地质工程技术有限公司、湖北炼石环保科技有限公司

获奖等级：一等奖 证书编号：18—01—01—001





成果	登 记 号	
登记	批准日期	

科学技术成果评价证书

中公评字[2018]第 049 号

成果名称: 高速公路土石混填及固体废弃材料路用
关键技术研究

完 成 单 位: 云南省交通投资建设集团有限公司
云南武易高速公路有限公司
中国科学院地质与地球物理研究所
云南武易高速公路建设指挥部
云南交投集团投资有限公司
交通运输部公路科学研究所
云南交通职业技术学院
云南交投集团云岭建设有限公司
云南交投集团公路建设有限公司
云南云岭高原山区公路工程检测有限公司
云天化集团有限责任公司
北京中地务实地质工程技术有限公司
湖北炼石环保科技有限公司

评 价 形 式: 会议评价

组织评价单位: 中国公路学会 (盖章)

评 价 日 期: 2018 年 4 月 29 日

评价批准日期: 2018 年 5 月 4 日

中国公路学会

二〇一八年五月

评 价 意 见

2018年4月29日,中国公路学会在昆明主持召开了“高速公路土石混填及固体废弃材料路用关键技术研究”项目成果评价会。评价委员会(专家名单附后)听取了项目组的汇报,审阅了相关技术资料,经质询讨论形成评价意见如下:

一、项目组提供的资料齐全、内容完整、数据翔实,符合科技成果评价要求。

二、项目组采用理论分析、设备开发、数值分析、室内外试验及工程验证等方法,研究了高速公路土石混填路基变形机理和路基稳定性能以及路用磷石膏路面基层材料关键技术,取得以下创新性成果:

1. 研发了基于多尺度、蠕变、冻融与渗流等多物理场控制条件下电机伺服控制土石混填大型压实固结与抗剪强度实验系统。

2. 建立了土石混填路基边坡由坡顶、坡脚变形向坡体发展的渐进变形开裂失稳模式。

3. 提出了以碾压方式、松铺厚度与回弹模量等多参数指标的路基压实质量控制方法。

4. 提出了固化剂、钠离子无机物等稳定磷石膏并作为高掺量路面基层材料的技术方法。

三、项目编制了《水泥基稳定磷石膏基层施工技术规范》与《土石混填路基压实施工技术指南》,获国家发明专利授权8件,软件著作权4件。项目成果在云南武易高速公路及连接线建设中得到成功应用,具有良好的经济社会效益和推广应用前景。

综上所述,该项目研究成果达到国际先进水平。

建议:加强工程应用效果的跟踪监测。

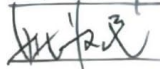
评价委员会主任:



副主任:



副主任:



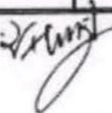
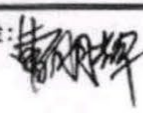
2018年4月29日

JB010705

无侧限抗压强度试验检测报告

试验室名称：交通运输部公路科学研究所武易高速公路指挥部中心试验室

承包单位	/			报告编号	/								
工程名称	武易高速公路			样品编号	/								
工程部位/用途	路面基层			判定依据	/								
样品描述	样品干净无杂质			试验依据	JTG E51-2009								
主要仪器设备	路面材料强度试验仪GL1010011、电子台秤GL01020004-2												
试验日期	2016年6月3日			试验条件	温度21℃、相对湿度53%								
结合料种类剂量	水泥10%，固化剂0.5%			混合料名称	改性磷石膏基层材料								
最大干密度 (g/cm ³)	1.440			最佳含水率 (%)	24%								
路段范围	/			养生龄期 (d)	7								
集料产地及种类	无												
检测结果													
试件编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
抗压强度 (MPa)	4.4	5.6	5.2	5.2	5.3	4.6	5.1	5.6	5.1	5.4	4.5	5.6	5.3
统计 评定	平均抗压强度 $\bar{R}$ (MPa)	标准差S (MPa)		偏差系数 C_v		保证率系数 Z_a		强度代表值 $R_d^0 = \bar{R} \cdot (1 - Z_a C_v)$		设计抗压强度 R_d (MPa)			
	5.1	0.410		7.96		1.645		4.5		/			
检测结论	改性磷石膏基层材料的强度代表值为4.5MPa。												
备注													

批准:  审核: 刘向元 试验:  批准日期: 2016年6月5日 (专用章)



JB021403

鄂GJCZ-004

路基路面厚度、强度试验检测报告

试验室名称: 湖北明华宸路桥科技有限公司新洲区汪辛公路施工标段工地试验室 报告编号: WXGL-C-WJL-2016-

委托单位	新七建设集团有限公司			委托编号	/	
工程名称	武汉市新洲区汪辛公路			样品编号	YP-C-WJL-2016-	
工程部位/用途	磷石膏试验段 (K1+060-K1+260)			试验依据	JTG E60-2008 (T0912-2008)	
样品描述	/			判定依据	JTG F80/1-2004	
主要仪器设备及编号	取芯机 (MHC-XZ-076)、游标卡尺 (MHC-XZ-039)、万能材料试验机					
检测方法	钻芯法			结构层次	基层	
序号	桩号	位置 (m)	实测厚度 (mm)	与设计厚度之差 (mm)	结果判定	
					强度	/
1	K1+070	距中线13.27	154	4	3.9	合格
2	K1+100	距中线13.73	156	6	3.4	合格
3	K1+130	距中线14.90	155	5	3.6	合格
4	K1+160	距中线13.41	153	3	3.9	合格
5	K1+190	距中线13.95	154	4	3.6	合格
6	K1+240	距中线13.18	155	5	3.7	合格
检测点数	6	平均值 (mm)	155	标准差 (mm)	1	
保证率 (%)	95	$t_{a/\sqrt{n}}$	3.74	设计值 (mm)	150	
代表值 (mm)	153	合格点数	6	合格率 (%)	100	
检测结论: 依据《公路路基路面现场测试规程》JTG E60-2008 (T0912-2008) 试验, 所检指标符合《公路工程质量检测评定标准 土建工程》(JTG F80/1-2004) 技术指标及设计文件要求。						
备 注:						

试验: 陈静 审核: 陈娟 签发: 程峰 日期: 2016 年 9 月 22 日 (专用章)

JB021405

WXGL-C-XCJ-2016-

[illegible]

备 注:

试验:

审核:

签发:

日期:

2016 年

月 22 日

(专用章)

路基路面弯沉检测记录表(贝克曼梁法)

JJ1405a

试验室名称: 湖北明华宸路桥科技有限公司新洲区汪辛公路工地试验室

记录编号: JL-C-XCJ-2016-

工程部位/用途		磷石膏试验段 (K1+060-K1+260) 右幅		任务编号		/			
样品名称		/		样品编号		/			
试验依据		JTG E60-2008		样品描述		/			
试验条件		室外		试验日期		2016/9/22			
工程名称		汪辛公路		委托/施工单位		新七建设集团有限公司			
主要仪器设备及编号		5.4m贝克曼梁弯沉仪、百分表、标准车							
后轴标准轴载P(kN)		100		一侧双轮荷载(kN)		50			
轮胎充气压力(MPa)		0.7		单轮传压面当量圆直径(cm)		21.3			
桩号	位置	读数 (0.01mm)				测点弯沉 (0.01mm)		沥青面层20℃换算弯沉(0.01mm)	
		左轮		右轮		$L_T = (L_1 - L_2) \times 2$		$L_{20} = L_T \times K$	
		最大读数 L_1	终读数 L_2	最大读数 L_1	终读数 L_2	左轮	右轮	左轮	右轮
K1+070	行1	459	450	374	362	18	24		
K1+080	行2	388	375	465	447	26	36		
K1+090	行1	478	467	364	355	22	18		
K1+100	行2	407	394	403	385	26	36		
K1+110	行1	315	306	180	160	18	40		
K1+120	行2	462	445	114	100	34	28		
K1+130	行1	236	218	491	477	36	28		
K1+140	行2	482	469	127	116	26	22		
K1+150	行1	282	270	353	338	24	30		
K1+160	行2	241	223	389	373	36	32		
K1+170	行1	189	175	465	456	28	18		
K1+180	行2	385	372	244	234	26	20		
K1+190	行1	482	472	193	177	20	32		
K1+200	行2	182	173	266	250	18	32		
K1+210	行1	192	181	211	198	22	26		
K1+220	行2	217	201	156	141	32	30		
K1+230	行1	430	410	440	427	40	26		
K1+240	行2	431	421	374	359	20	30		
K1+250	行1	436	422	350	330	28	40		
T ₀ = °C		T ₂₅ = °C		T _m = °C		T _e = °C		T = (T ₂₅ + T _m + T _e) / 3 = °C	
Za = 1.645		L (0.01mm) = 27.58		S (0.01mm) = 6.68		L _r (0.01mm) = L + ZaS = 38.56		K = n = 38	

备注:

试验:

复核:

日期:

2016年9月22日

检测专用章

湖北省建设工程质量检测专用报告单

监制

道路基层、面层厚度检测报告

MA 374287
161701280326

检验编号: LMZX18000013

委托编号: WT181963

第1页/共1页

工程名称	武汉市新洲区汪辛公路					
委托单位	新七建设集团有限公司		委托日期	2018.08.17		
见证单位	——		检测日期	2018.08.17		
检测代表桩号	磷石膏试验段 K1+060~K1+260		报告日期	2018.08.18		
结构层名称	水稳层		检验类别	委托检验		
设计厚度	150mm		委托人	——		
检验依据	JTG E60-2008		见证人	——		
主要仪器设备 及编号	混凝土钻孔取芯机 DGYS-255、钢直尺 DGYS-114。					
检 验 项 目 及 结 果						
桩号部位	实测厚度值 (mm)	实测偏差 (mm)	标准偏差(mm)	芯样外观描述	单项判定	
					强度	/
K1+070	152	+2	+10, -5	完好、无松散	4.1	合格
K1+110	150	+0	+10, -5	完好、无松散	3.8	合格
K1+150	151	+1	+10, -5	完好、无松散	3.9	合格
K1+190	153	+3	+10, -5	完好、无松散	4.1	合格
K1+230	154	+4	+10, -5	完好、无松散	4.0	合格
检测点数	5	平均值 (mm)	152	标准差 (mm)	1.581	
保证率(%)	95	$t_{\alpha}/\sqrt{n}$	0.953	设计值 (mm)	150	
代表值(mm)	150	合格点数	5	合格率(%)	100	
检测结论	经检测, 以上所检指标满足《公路工程质量评定标准 土建工程》JTG F80/-2017 要求			检测单位	湖北德高工程质量检测有限公司 检测专用章 鄂建检字(盖章) J16161 有效期至: 2019年9月8日	
备注	——					

批准: 王红丽

审核: 黄威

检测: 黄亚雄 王康

(本报告未经检测机构书面批准不得部分复制)

第一联: 档案馆
第二联: 委托单位
第三联: 施工单位
第四联: 监理单位
第五联: 存根

