

广西地方标准

《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》

编制说明

一、任务来源、起草单位和主要起草人

（一）任务来源

根据《广西壮族自治区交通运输厅关于下达 2021 年度广西交通运输标准化项目计划的通知》（桂交科教发〔2021〕59 号），《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》列入 2021 年广西交通运输标准化项目计划，被批准立项为广西交通运输行业标准，项目编号为 2021-40。根据《广西壮族自治区市场监管局关于下达 2021 年第二批广西地方标准制修订项目计划的通知》（桂市监函〔2021〕2199 号），由广西壮族自治区交通运输厅提出，广西壮族自治区公路发展中心、广西交科集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西北投公路建设投资集团有限公司共同起草的《广西壮族自治区市场监管局关于下达 2021 年第二批广西地方标准制修订项目计划的通知》被批准立项为广西地方标准，批准项目序号为：2021-2158。

（二）起草单位和主要起草人

广西地方标准《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》项目任务下达后，广西壮族自治区公路发展中心成立了标准编制工作组，制定了标准编写方案，明确任务职责，确定工作技术路线，开展标准研制工作，具体标准编制工作由广西交科集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西北投公路建设投资集团有限公司

相关人员配合。

本标准负责起草单位：广西壮族自治区公路发展中心

本标准参与起草单位：广西交投集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西北投公路建设投资集团有限公司。

本标准主要起草人：冯永平、张洪刚、韦昌永、陶有成、韦顺敏、张云、岳爱军、赵承伟、陈庆林、黄冠海、罗军、周书林、韦理军、尹业豪、陈富强、罗克文、林立宽、骆俊晖、罗婷倚、李远涛、梁燕、何强、黄斌、蔡宇鹏、梁伟力。

二、标准制定的必要性和意义

据统计，到 2021 年底广西全区公路总里程达到 15.2 万公里，其中普通国省干线二级公路以上比例达到 70%。随着路网交通量尤其是重载交通量急剧增大，导致国省干线公路病害日益增多，同时伴随着早期建设的道路使用寿命日益接近，路网干线公路提质改造及大中修将成为普通公路建养管理的重点。

针对广西地区普通公路大中修建设面临的背景与需求：①近万公里的道路面临大中修，体量大，任务重；②大中修建设资金有限，需要高性价比材料实现重载、耐久、安全的可靠性能；③施工要求高，需要解决道路废渣或不产生道路废渣、不中断交通施工等问题。为解决上述问题，结合已有研究成果及工作基础，项目组开发了大粒径级配碎石基层技术，并在国省干线公路大中修工程中进行了推广应用。大粒径级配碎石基层自 2015 年百色靖西项目开始首次应用，截至 2019 年已先后在浦北、上思、容县、钦州、合浦、防城等区内 11 条国道、超过 300 公里大中修工程中得到了大规模应用，工程实体应用

及运营效果良好。

目前及未来将有数以万计的公路需要进行大中修，大粒径级配碎石基层应用技术对旧路高效循环利用、减少道路铣刨弃渣、不中断交通施工、改善旧路大中修工程性能和使用寿命、减少投资等方面具有明显优势。已有工程实践证明，该技术适用性高，将是普通公路旧路大中修采用的主要基层结构型式，大粒径级配碎石基层成套技术已具备大规模应用的条件，市场需求广阔且紧迫，本标准的制定有利于为大粒径级配碎石材料、混合料级配组成设计、施工过程质量控制、质量检测验收提供依据及指导，对改善道路的使用性能，延长使用寿命，推动旧路大中修技术进步具有重要意义。

三、主要起草过程

（一）成立标准编制工作组

广西地方标准《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》项目任务下达后，广西壮族自治区公路发展中心成立了标准编制工作组，制定了标准编写方案，明确任务职责，确定工作技术路线，开展标准研制工作，具体标准编制工作由广西交科集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西北投公路建设投资集团有限公司相关人员配合。

本标准负责起草单位：广西壮族自治区公路发展中心

本标准参与起草单位：广西交科集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西北投公路建设投资集团有限公司。

本标准主要起草人：冯永平、张洪刚、韦昌永、陶有成、韦顺敏、

张云、岳爱军、赵承伟、陈庆林、黄冠海、罗军、周书林、韦理军、尹业豪、陈富强、罗克文、林立宽、骆俊晖、罗婷倚、李远涛、梁燕、何强、黄斌、蔡宇鹏、梁伟力。

本标准编制分工：

1) 广西壮族自治区公路发展中心：编制总负责，制定工作大纲和编制大纲，调研大粒径级配碎石基层施工标准，负责大粒径级配碎石原材料研究。

2) 广西交投集团有限公司：协助制定工作大纲和编制大纲，调研广西公路基层结构形式，编制大粒径级配碎石混合料组成设计及基层施工方法。

3) 广西北投交通养护科技集团有限公司：协助制定工作大纲和编制大纲，调研广西普通公路基层结构形式，编制大粒径级配碎石基层施工前应进行的准备。

4) 广西北投公路建设投资集团有限公司：调研汇总广西普通公路基层结构形式，协助编制大粒径级配碎石基层施工方法，编制大粒径级配碎石基层施工质量管理与检查验收方法。

(二) 收集整理文献资料

本标准起草人员的前期研究工作分为资料调查与研究、工程应用调研及数据收集和总结、室内试验验证 3 个步骤进行：1、调研了国内外关于基层施工技术的实际案例和相关的标准规范、规程、政策文件及研究成果；2、搜集了国内及广西地区部分国省干线公路养护工程中大粒径级配碎石基层应用案例及数据资料，并进行总结和分析；3、对大粒径级配碎石混合料成型方法、力学性能等进行了室内试验

验证，为下一步的规范研究提供必要的指导和技术支撑。

实际案例的资料主要包括 G358 贵港至苍梧公路 K196+000 ~ K196+600 和 K205+100 ~ K212+607 段沥青路面大修工程、S311 线大寺至板利 K92+000~K99+000 段、G324 线福州至昆明（兴业县山心段）K1467+190 ~ K1487+590 路面大修工程、S306/G212 田阳百亩至康华公路沥青路面大修工程和 S311 线（新 G210 线）大寺至板利公路沥青路面大修工程、S207 线寨圩至张黄 K54+760 ~ K65+000 段大修工程等国省干线公路养护工程大粒径级配碎石基层施工资料及检测数据等。相关规范的资料主要包括《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）、《公路大厚度水泥稳定碎石基层施工技术规范》（DB34/T 3584-2020）、《水泥稳定碎石基层施工技术规范》（DB37/T 3577-2019）《振动拌和骨架密实水泥稳定碎石基层施工技术规范》（DB41/T 1419-2017）等相关行业和地方标准。

（三）研讨确定标准主体内容

标准编制工作组在对收集的资料进行整理研究之后，标准编制工作组召开了标准编制会议，对标准的整体框架结构进行了研究，并对标准的关键性内容进行了初步探讨。经过研究，标准的主体内容确定为术语和定义、原材料、混合料组成设计、大粒径级配碎石基层施工、施工质量管理与检查验收。

（四）调研、形成征求意见稿

为确保本标准的编写工作有序开展，编写工作组在前期大量的研究工作的基础上，于 2022 年 8 月上旬完成了《普通公路大粒径级配

碎石基层施工技术规范》的编制大纲和工作大纲，并经内部评审讨论后，于2022年9月27日召开了大纲外部评审会。

根据大纲评审专家的意见，以修改完善后的大纲作为项目的工作指导，编写工作组开展了标准正式的编写工作，并于2022年12月下旬完成了工作组讨论稿。2023年3月3日召开征求意见初稿讨论会，对工作组讨论稿进行会审，评审会针对征求意见初稿共提出了24条建议和意见，编写工作组全部采纳，并根据会审意见修改后形成征求意见稿。

（五）开展征求意见，完善形成送审稿

为确保本标准的可行性和适用性，于2023年7月4日向社会征求意见，共征求44家单位意见，其中5家外部单位回函并提出意见，反馈意见38条。同时对内部参编单位也进行了征求意见，共反馈意见20条。

编写工作组根据征求意见于2023年9月修改完善形成送审初稿，并聘请广西大学孟勇军教授作为审稿专家，编制小组根据审稿专家意见进行修改完善后形成送审稿。

（六）召开审定会，形成报批稿

2024年3月1日广西交通运输标准化技术委员会组织召开了审定会，对送审稿进行会审，评审会针对送审稿共提出了37条建议和意见，全部采纳。编写工作组根据审定会专家意见，2024年5月修改完善形成报批初稿，并聘请广西大学孟勇军教授作为统稿专家，编制小组根

据统稿专家意见进行修改完善后形成报批稿，2024年9月12日申请开展标准报批工作。

（七）标准发布

标准于2024年9月30日获广西壮族自治区市场监督管理局批准发布，并于2024年12月1日正式实施。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规的关系，与有关国家标准、行业标准的协调情况

（一）标准制定原则

本标准的编制遵循国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。编写工作组充分调研了国内外及广西地区目前大件运输桥梁结构安全评估的实际案例、数据资料及研究成果，研究和分析了国内外及广西地区公路大件运输桥梁结构安全评估技术的现状，以及国内外大件运输桥梁结构安全评估技术的发展趋势和新技术的应用状况。经过编写工作组成员讨论，确定标准编制遵循以下基本原则：

（1）科学性原则

本标准分析了国内外关于大件运输桥梁结构安全评估技术的建设现状和特点，结合国内及广西地区大件运输桥梁结构安全评估技术的实施现状，在此基础上对已发布的相关标准、规范、规程进行整理、归纳和分类，建立了科学、实用、合理的广西地区大件运输桥梁结构安全评估技术标准。

（2）承接性原则

本标准术语、符号、条文尽量与相应国家、国际、行业和地方标准的规定内容相一致，条文未出现自相矛盾的地方。标准技术内容与国家、国际、行业和地方标准兼容，未出现冲突，保证了一致性。标准技术内容中引用其他标准时，已明确指出所引用标准的内容或名称，增强了标准的可读性和可操作性。

（3）可操作性原则

本标准的起草充分调研了国内外、广西壮族自治区地区大件运输桥梁结构安全评估技术相关标准的应用现状，征求了高校、公路管理、设计院、施工单位等领域的专家意见。编写组在此基础上经过反复讨论和修改，编制此标准。标准内容针对性强，可操作性高，易于推广。

（二）标准与现行法律、法规的关系，与有关国家、行业标准的协调情况

经查阅，与普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范相关的标准主要有：《公路工程集料试验规程》（JTG 3432-2024）、《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG 3441-2024）、《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）、《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）、《公路土工试验规程》（JTG 3430—2020），《公路路基路面现场测试规程》（JTG 3450—2019）。

标准编制组承诺：标准的内容符合国家相关法律法规，技术要求不低于强制性国家标准的相关技术要求，与相关的国家、行业推荐性标准协调一致，标准的编写符合 GB/T 1.1—2020 的要求。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

（一）主要条款的说明

广西地方标准《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》主要章节内容包括：术语和定义、原材料、混合料组成设计、施工、施工质量管理与检查验收。

本标准的编制遵循国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。编写工作组充分调研了国内外及广西地区目前国省干线公路养护工程中大粒径级配碎石基层施工数据资料及相关研究成果，研究和分析了国内外及广西地区国省干线公路养护工程大粒径级配碎石基层施工技术的现状、发展趋势和新技术的应用状况。在此基础上结合广西地区国省干线公路养护工程中大粒径级配碎石基层应用经验，形成了广西地区普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范。

1. 标准名称

本标准名称为《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》，一方面界定了其应用范围为普通公路，另一方面限定了其应用对象为大粒径级配碎石基层。

2. 范围

本文件界定了普通公路大粒径级配碎石基层施工的相关术语和定义，规定了普通公路大粒径级配碎石基层的原材料、混合料组成设计、施工、施工质量管理与检查验收的技术要求。

3. 术语和定义

3.1 条：对普通公路进行了定义。参考《交通运输部关于进一步加强普通公路勘察设计和建设管理工作的指导意见》中“普通公路是指除高速公路以外的普通国省干线公路和农村公路，具有覆盖范围广、服务人口多、公益性强等特点，贴近群众，贴近民生，是公路网络的主体和基础”。

3.2 条：定义中突出了大粒径级配碎石混合料的“大粒径”特点：公称最大粒径为 53.0mm 且 19mm 粒径以上粗颗粒质量占比不低于 40% 的混合料。

3.3 条：为大粒径级配碎石混合料改良版，在大粒径级配碎石混合料中添加 1.5%~2.5% 的低水泥剂量，用来改善大粒径级配碎石混合料的强度。

3.4 条：增加粗集料体积率指标，主要用来评价大粒径级配碎石混合料压实性能特性：大粒径级配碎石混合料中 19mm 以上粗集料的体积占混合料总体积的百分率。

4. 原材料

4.1 条：一般规定

4.1.1 条~4.1.4 条：主要规定了集料生产、加工的基本要求。

4.2 条：粗集料

4.2.2 条：粗集料的质量技术要求主要参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20—2015）。根据大粒径级配碎石材料特点，粗集料公称最大粒径达到 53mm，且 19mm 以上粗集料占比达到 40% 以上，混合料可形成高度骨架嵌挤结构，在混合料压实时压实功对粗集

料的损伤比较大，易造成集料破碎而影响混合料的原始级配，因此为提升混合料施工性能，对粗集料的针片状含量提出了更严格的要求，根据广西区 600 多公里的工程应用经验，在该技术要求范围内，现场石料破碎率较低。

4.2.3 条：根据广西区普通公路养护工程中 600 多公里的大粒径级配碎石基层工程应用经验，对大粒径级配碎石基层用原材料的分档和规格进行了规定。

4.3 条：细集料

4.3.1 条：大粒径级配碎石混合料粗集料含量高，细集料含量少，细集料洁净度对混合料的强度和抗裂性能影响更敏感，因此对细集料提出了砂当量技术要求，对细集料的洁净度进行质量控制。

4.3.2 条：《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20—2015）中要求细集料塑性指数不大于 12。由于细集料性能对大粒径级配碎石混合料力学性能更敏感，因此对细集料塑性指数提高了技术要求。

4.4 条：水泥

水泥的质量技术要求主要参考《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20—2015）。

4.5 条：道路石油沥青

本标准中两油两料封层采用道路石油沥青，质量要求主要参考《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）。

5. 混合料组成设计

5.1 条：一般规定

5.1.2 条：由于大粒径级配碎石混合料中粗集料含量高，为减少压实过程中粗集料破碎，建议大粒径级配碎石混合料室内成型试件采用振动压实法。

5.1.3 条：为充分发挥大粒径级配碎石混合料的高承载力，在条件允许情况下，建议按 0~5mm、5mm~10mm、10mm~20mm、20mm~40mm、40mm~60mm 五档料备料及混合料的组成设计。根据对广西区石场调研，部分石场不生产 40mm~60mm 这档料，基于就地取材的原则，也可按 0~5mm、5mm~10mm、10mm~20mm、20mm~40mm 四档料进行备料和混合料设计。

5.2 条：混合料级配

5.2.1 条：根据对广西区石场调研，部分石场不生产 40mm~60mm 这档料，为提升标准的适用性，推荐了两种矿料级配范围。两种矿料级配范围是根据近 5 年广西区普通公路养护工程中大粒径级配碎石基层 600 多公里的工程案例进行的经验总结。

5.2.2 条：根据原材料备料情况，当为 5 档规格备料时推荐采用粗型级配 GA-1，当为 4 档规格备料时推荐采用细型级配 GA-2，在条件允许时，应优先采用 5 档规格备料。

5.2.3 条：根据广西区普通公路养护工程中大粒径级配碎石基层 600 多公里的工程应用情况，采用大粒径级配碎石基层可有效的提升路面结构的整体承载能力，对于中、轻交通具有良好的应用效果，但在重载及以上交通荷载等级，采用大粒径级配碎石基层时，在交通流量大、重载超载车辆多的局部路段仍然存在部分沉陷、开裂等病害。

为进一步加强大粒径级配碎石基层的承载能力，在部分工程项目中采用低掺加（1.5%~2.5%）水泥改善大粒径级配碎石基层，使用效果较好，因此为提升大粒径级配碎石基层在不同交通等级的适用性以及经济性，针对不同交通等级的公路推荐了混合料级配类型及是否掺加水泥。

5.3 条：配合比设计技术要求

5.3.2 条：根据大粒径级配碎石基层的应用层位和交通荷载推荐了混合料的 CBR 设计强度要求。采用本标准推荐的级配范围，不加水泥时大粒径级配碎石混合料室内 CBR 值达到 250~450，加了 2.5% 低剂量水泥后，大粒径级配碎石混合料 CBR 可达到 500 以上。

5.3.3 条：在矿料级配设计方面，为了获得良好的骨架嵌锁结构和力学性能，建议采用粗集料骨架间隙率、粗集料体积率两个指标进行双控。

5.3.4 条：根据不同含水率下 19mm 以上粗集料体积率变化规律发现，19mm 以上粗集料体积率随含水率先增大后减小。体积率越大压实性能越好，因此以不同含水率下体积率最大值对应的含水率为最佳含水率。

6. 施工

6.1 条：一般规定

6.1.1 条~6.1.6 条：对大粒径级配碎石基层施工厚度、施工环境、安全、试验段等进行了规定。

6.2 条：施工前准备

主要对大粒径级配碎石混合料施工前拌和厂建设、工地试验室建设、施工机械设备等进行了规定。

6.3 条：混合料生产

6.3.1 条：一级和二级公路施工设备条件相对完善，应采用厂拌生产，三四级公路施工设备条件相对简陋，可采用路拌法施工，提高本标准的适用性。

6.3.5 条：大粒径级配碎石混合料由于粗集料含量高，在生产过程中易出现离析，根据实际工程应用经验，在储料仓上设置横向隔板有利于控制混合料离析，实际应用效果较好。

6.4 条：混合料的运输

对大粒径级配碎石混合料后场卸料、运输过程保温、前场卸料等进行了规定。

6.5 条：混合料的摊铺

对前场摊铺机的准备、螺旋布料器、摊铺速度、松铺系数等进行了规定。

6.6 条：混合料的碾压

6.6.2 条：大粒径级配碎石混合料粗集料占比大，压实相对较困难，且压实功过大时可能造成粗集料的破碎。根据广西区普通公路养护工程中 600 多公里大粒径级配碎石基层应用经验，对大粒径级配碎石混合料的碾压工艺进行了规定。

6.6.8 条：大粒径级配碎石混合料粗集料占比多，在生产、运输、摊铺等各个环节可能存在混合料的离析，因此在摊铺压实过程中难免

出现局部离析。需要对粗集料离析比较明显的部位撒粉补压，改善大粒径级配碎石混合料的压实质量。

6.6.9 条：低剂量水泥大粒径级配碎石混合料是在大粒径级配碎石混合料基础上掺加少量的水泥，用于提升混合料的粘结性能和板结效果，从而改善混合料整体强度，是一种辅助措施。在施工工艺与质量控制方面与大粒径级配碎石混合料类似，仅在施工控制时间方面有所差异，碾压控制时间取初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间。

6.7 条：接缝处理

对混合料横向施工缝和纵向施工缝的搭接工艺进行了规定。

6.8 条：开放交通及其他

6.8.1 条~6.8.2 条：大粒径级配碎石混合料由于采用骨架嵌挤结构，粗骨料含量高，压实相对较困难，且压实功不宜过高，避免造成大量粗集料破碎而影响原级配，碾压完成后混合料处于相对稳定状态。开放交通后，通过交通荷载的二次压密，使混合料骨架结构进一步嵌挤稳定，提升整体的承载力。在开放交通后，根据实际工程经验，通常通车 3d~5d 后路表面的粉尘经过压实及轮胎带走，表面出现微微露石时，此时应尽快封油，避免因洒水不及时导致脱粒或雨水导致水损。

近年来，大粒径级配碎石基层应用部分代表性工程如表 4，施工过程如图 1。

表 4 大粒径级配碎石基层代表性应用工程

时间	工程名称	应用里程 (km)
----	------	-----------

2015	S210 线祥周至龙邦公路 K96+000~K110+700 沥青路面大修工程	14.7
2016	S308 兴业至灵山公路（规划 G324 线浦北大江口至乐民段）K29+250-K45+000 水泥砼路面大修工程	15.75
2017	G209 线呼和浩特至北海公路水泥砼路面 K3278+407-K3291+507	13.1
2017	S311 线大寺至板利 K92+000~K99+000 段	7
2017	S207 线寨圩至张黄 K54+760~K65+000 段大修工程	10.24
2018	G325 广州至南宁公路环广西公路自行车赛赛道整治工程	38
2019	S311 线大寺至板利公路（新 G210 线）K45+200~K56+550 段沥青路面大修工程	11.35
2019	原 S304 线（新 G358 线）苍梧至贵港公路 K196+0000~K212+607 段沥青路面大修工程	16.6
2019	S306/G212 田阳百亩至康华公路沥青路面大修工程和 S311 线（新 G210 线）大寺至板利公路沥青路面大修工程	22
2019	G358 贵港至苍梧公路 K196+000~K196+600 和 K205+100~K212+607 段沥青路面大修工程	8.1
2019	G324 线福州至昆明（兴业县山心段）K1467+190~K1487+590 路面大修工程	20.4
2020	G209 线呼和浩特至北海公路岭山段	12



生产



摊铺



图 1 大粒径级配碎石施工工艺

大粒径级配碎石混合料在施工过程中存在的主要问题在于：（1）混合料粗集料占比大，压实相对较困难，且压实功过大时可能造成粗集料的破碎；（2）由于粗集料占比多，在生产、运输、摊铺等各个环节可能存在混合料的离析，而影响施工质量。为了解决上述两个问题，在碾压工艺上提出了相应的要求，明确了钢轮压路机和胶轮压路机组合碾压工艺。针对大粒径级配碎石混合料存在的较突出的离析问题，本标准分别从原材料、混合料生产、混合料的卸料、混合料的摊铺等方面提出了防离析措施。另外大粒径级配碎石基层压实后对粗集料离析比较明显的部位撒粉补压，补压完成后洒水使路表面处于微微湿润状态，然后开放交通，无需进行封闭养生，减小了对沿线交通的影响。开放交通期间根据路表面及天气情况进行适当洒水养生，借助

交通荷载二次碾压，使混合料达到稳定密实状态。为了减少交通车辆对大粒径级配碎石层表面造成损坏，提出开放交通时间宜为 $3d\sim 5d$ ，及时施工同步碎石封层及沥青层。

7. 施工质量管理与检查验收

7.3.2 条：编制小组通过对广西区普通公路大粒径级配碎石基层施工现场调研，并与传统的级配碎石质量验收方法进行综合对比和研讨，提出了适用于大粒径级配碎石基层施工质量验收的关键指标：松铺系数、粗集料体积系数、弯沉三个控制指标。

对于级配碎石基层，传统的质量验收方法主要采用压实度、固体体积率及弯沉指标。但由于大粒径级配碎石混合料中粗集料占比大，公称最大粒径较大，达到 53mm，因此现场采用灌砂法测压实度时，因为大粒径粗颗粒较多导致开挖的坑洞侧壁凹凸不平，造成坑洞体积测试误差较大，另外大粒径级配碎石混合料易离析，测试的压实度离散性较大，对现场质量控制起不到较好的控制效果。而固体体积率主要是评价固体颗粒填充的密实程度，如细集料离析处更易压实，固体体积率更高，但承载力反而会降低，与室内大粒径级配碎石混合料的设计关联性较低，不能有效的评价混合料的整体力学性能。

本标准提出的质量验收标准主要从三个方面对大粒径级配碎石混合料施工质量进行控制，首先采用摊铺系数控制大粒径级配碎石混合料的压实性能，然后通过粗集料体积系数控制大粒径级配碎石混合料压实状态下骨架结构，最后通过弯沉指标控制大粒径级配碎石混合料压实后的整体承载能力。通过三个指标综合提升大粒径级配碎石混

合料的施工质量。

(二) 主要技术指标、参数、试验验证的论述

(1) 大粒径级配碎石混合料 CBR 设计强度依据

为得到不同矿料级配对大粒径级配碎石混合料 CBR 力学性能影响规律，从粗到细设计了 6 种矿料级配，分别开展了不同矿料级配下混合料击实试验和 CBR 试验，设计矿料级配如表 1 所示，CBR 试验结果如表 2 所示，试验过程如图 1 所示。

表 1 矿料级配

级配组成	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)														
	53	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
G1	100	83.4	55.3	43.8	35.7	32.8	31.1	29.4	20.0	14.1	10.8	8.0	5.3	2.0	1.8
G2	100	85.3	60.5	50.4	41.8	38.3	36.2	34.3	23.7	16.7	12.8	9.5	6.2	2.3	2.1
G3	100.0	87.5	66.5	57.9	47.0	41.9	38.7	36.3	24.7	17.4	13.3	9.8	6.4	2.4	7.8
G4	100	92.5	79.9	74.7	60.4	52.5	47.5	43.7	26.8	18.7	14.4	10.6	7.0	2.6	2.4
G5	100	100	100	100	73.4	58.9	51.8	48.4	28.7	20.1	15.4	11.4	7.5	2.8	2.5
G6	100	100	100	100	76.0	63.0	56.6	53.2	31.6	22.0	16.9	12.5	8.2	3.1	2.8



(a) 拌料

(b) 闷料



(c) 称料



(d) 振动成型



(e) 试件



(f) CBR 测试

图 1 大粒径级配碎石混合料 CBR 试验

表 2 不同级配大粒径级配碎石 CBR 试验结果

级配类型	序号	CBR 值	平均值	变异系数 (%)
G1	1	436	435	4.22
	2	457		
	3	412		
	4	253		
G2	1	278	320	9.07
	2	320		
	3	322		
	4	360		
G3	1	355	354	5.19
	2	369		
	3	369		
	4	324		

G4	1	242	257	7.88
	2	244		
	3	411		
	4	286		
G5	1	393	249	10.61
	2	226		
	3	286		
	4	235		
G6	1	340	305	13.49
	2	292		
	3	344		
	4	243		
注：表中标记红色数据为试验结果离散较大的数值，在试验结果处理时作为异常值舍弃。				

由表 2 可以看出，G1、G2、G3 三种级配中 19mm 以上粗集料质量占比达到 40% 以上，的混合料 CBR 值均高于 300；G4、G5、G6 三种矿料级配中 19mm 以上粗集料质量占比均低于 40%，混合料的 CBR 值在 250~300 之间。虽然混合料的 CBR 与 19mm 以上粗集料质量占比没有严格的正相关，但总体上随着 19mm 以上粗集料质量减少，混合料的 CBR 值整体呈下降趋势，因此大粒径级配碎石混合料具有更好的力学性能。

为了进一步验证低剂量水泥对大粒径级配碎石混合料力学性能改善作用，对 G2 添加 2.5% 水泥成型两组试件，一组试件击实成型后测试混合料的 CBR 值，另一组试件成型完成后养护 7 天测试无侧限抗压强度。试验过程如图 2 所示，试验结果如表 3 所示。

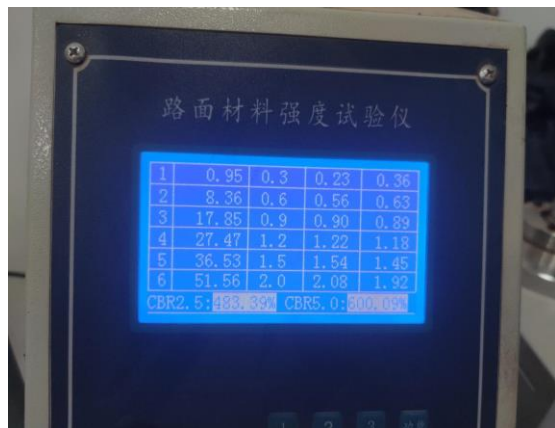


(a) 拌料

(b) 试件成型



(c) CBR 试验



(d) CBR 试验结果



(e) 无侧限抗压强度试验



(f) 强度试验结果

图 2 低剂量水泥大粒径级配碎石混合料试验

表 3 低剂量水泥大粒径级配碎石试验结果

指标	试验结果	备注
CBR	600	

无侧限抗压强度 (MPa)	11.26	养护 7 天
---------------	-------	--------

由试验结果可以看出,添加低剂量水泥后,大粒径级配碎石混合料的 CBR 值大幅提升,混合料养护 7 天后具有很高的强度,力学性能十分优异。由于低剂量水泥大粒径级配碎石混合料施工碾压完成后直接开放交通,不专门封闭交通养生,因此对低剂量水泥大粒径级配碎石混合料力学性能控制主要以 CBR 为主,以不低于 500 进行质量控制。

另外需要做出说明的是,根据 CBR 标准试验方法,传统的 CBR 试验主要是针对粒径不大于 40mm 的土,并不适用于大粒径级配碎石混合料,主要是因为大粒径级配碎石混合料中的粗集料粒径较大,当采用传统的 CBR 试验方法可能出现压头正好压在某一颗粗集料上,并不能真实反映整体的承载能力。项目组针对大粒径级配碎石混合料进行了大量的 CBR 试验,发现平行试验数量达到 4 组以上时,剔除离散性较大的数值后,剩余组的 CBR 值离散性不大,也相对比较稳定,因此仍然采用传统的 CBR 试验方法进行试验,只是增加了平行试验要求。

(2) 大粒径级配碎石混合料设计参数

大粒径级配碎石混合料中粗集料含量高,采用重型击实方法会增加粗集料破碎率,改变大粒径级配碎石混合料的矿料级配及力学特性,因此室内建议采用振动压实法。在矿料级配设计方面,为了获得良好的骨架嵌锁结构,建议采用粗集料骨架间隙率和粗集料体积率双指标进行控制。

VCA_{mix} 和 VCA_{DRC} 指标计算:根据初选的矿料级配对 4.75mm 以上的粗集料进行混合均匀后装入 15L 的容量筒,采用振动台进行振实后测

试振实状态下混合料毛体积密度，并结合混合料的合成毛体积密度计算振实状态下粗集料松装间隙率 VCA_{DRC} 。同时对不同级配的混合料根据初始含水率进行振动成型试验，对成型后的试件测试混合料的毛体积密度，进而计算标准试件的粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} ，同时计算标准试件的粗集料体积率。不同矿料级配下粗集料体积率如表 4 和图 3 所示。

表 4 不同级配下试件、振实状态、捣实状态下的粗集料体积率试验结果

级配	19mm 以上粗集料含量	试件 19mm 以上粗集料体积率	振实状态下 19mm 以上粗集料体积率	捣实状态下 19mm 以上粗集料体积率
G1	64.3	51.17	52.60	49.25
G2	58.2	46.29	50.45	46.93
G3	53	44.18	46.76	43.62
G4	39.6	32.82	35.72	33.39
G5	26.6	21.76	24.85	23.03
G6	24	20.74	23.80	21.64

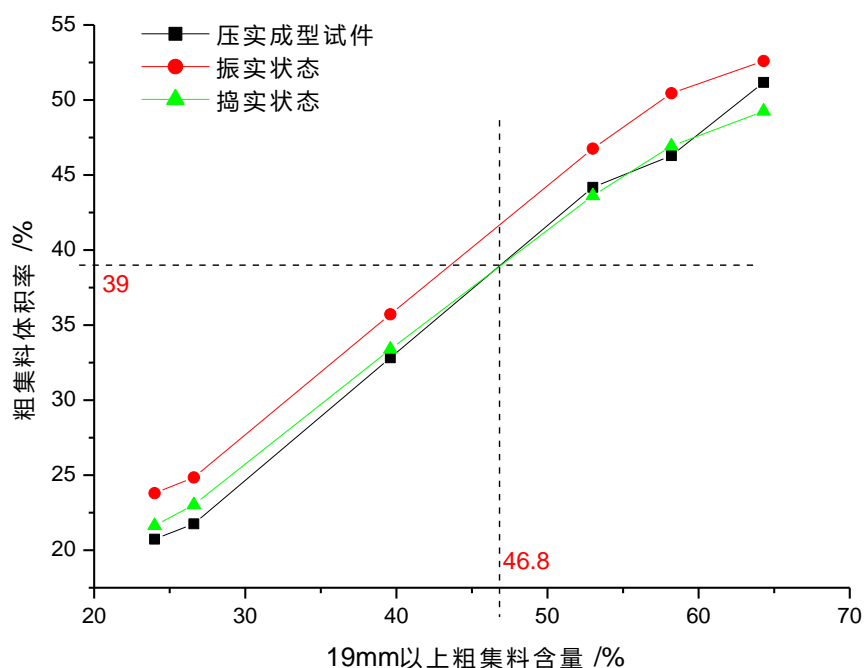


图 3 不同状态下粗集料体积率随粗集料含量变化曲线

根据表 4 和图 3 试验结果，成型试件中 19mm 以上粗集料体积率随 19mm 以上粗集料含量增加而增大，当含量达到 46.8% 时，试件中

粗集料体积率大于捣实状态下粗集料体积率，说明混合料形成了较好的骨架嵌挤作用，具有较好的力学性能。根据图 3 可知 19mm 以上粗集料含量在 46.8% 时试件中 19mm 以上粗集料体积率为 39%，因此提出标准试件中 19mm 以上粗集料体积率不低于 39%。

由于粗集料振实状态下更易形成良好的骨架嵌挤结构，因此为评价混合料压实后的骨架嵌挤状态，采用压实后混合料中 4.75mm 以上粗集料间隙率 VCA_{mix} 与振实状态下粗集料间隙率 VCA_{DRC} 进行对比，试验结果如表 5 和图 4 所示。

表 5 不同级配下 VCA_{mix} 和 VCA_{DRC} 试验结果

级配	4.75mm 以上粗集料含量	VCA_{mix}	VCA_{DRC}
G1	80	36.064	38.84
G2	76.3	37.776	38.40
G3	75.3	37.967	38.07
G4	73.2	38.627	38.19
G5	71.3	40.241	37.92
G6	68.4	40.740	36.60

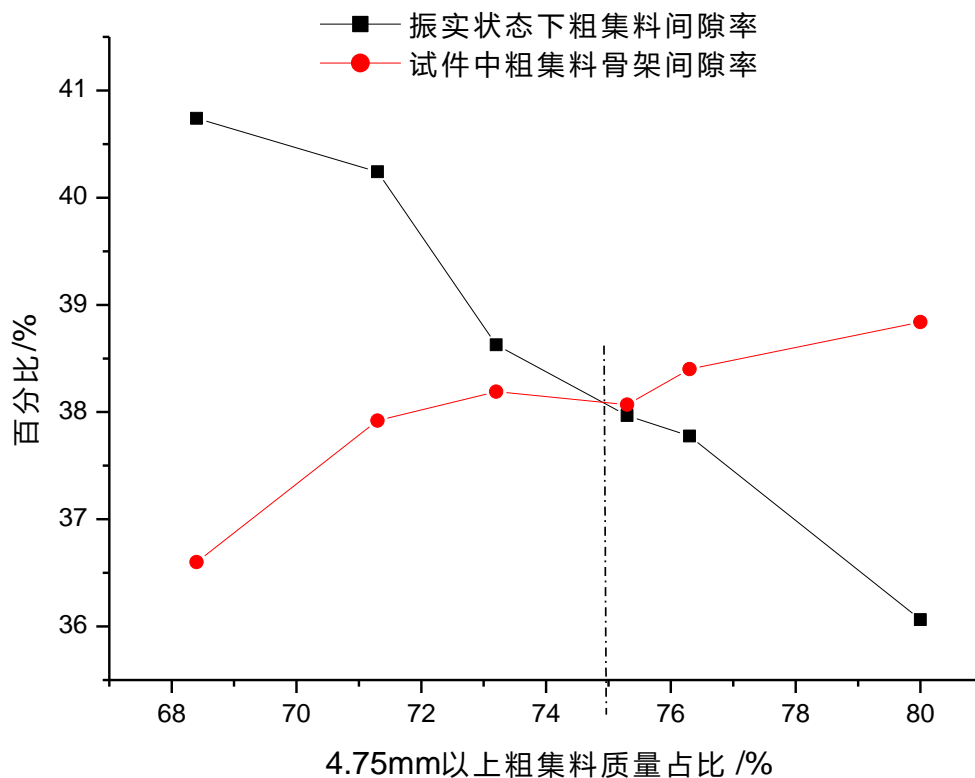


图4 不同状态下粗集料间隙率随4.75mm以上粗集料含量变化曲线

根据图4试验结果可以看出,当4.75mm以上粗集料含量为74.9%时,压实试件中粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} 与振实状态下粗集料间隙率 VCA_{DRC} 相当,4.75mm以上粗集料质量占比74.9%为混合料压实后骨架嵌挤临界点,4.75mm以上粗集料质量占比低于74.9%时,混合料压实后能达到较好的骨架嵌挤结构。需要说明的是, $VCA_{mix} \leq VCA_{DRC}$ 的标准主要是参考《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中沥青玛蹄脂混合料矿料级配设计思想,提高矿料骨架嵌锁结构及稳定性。

(3) 大粒径级配碎石混合料最佳含水率确定方法

为研究大粒径级配碎石混合料压实后粗集料体积率随含水率变化规律,对G2级配进行了不同含水率下混合料击实试验,并计算不同含水率下混合料粗集料体积率,试验结果如表6和图5所示。

表6 不同含水率下19mm以上粗集料体积率

设计含水率	19mm 以上粗集料体积率 /%	变异系数/%	实测含水率 /%	与设计偏差 /%
3%	40.90	4.5760	2.85	-0.15
3.50%	43.84	0.0370	3.32	-0.18
4%	43.84	0.2910	3.56	-0.44
4.50%	43.80	0.1441	3.83	-0.67
5%	43.07	4.2494	4.13	-0.87

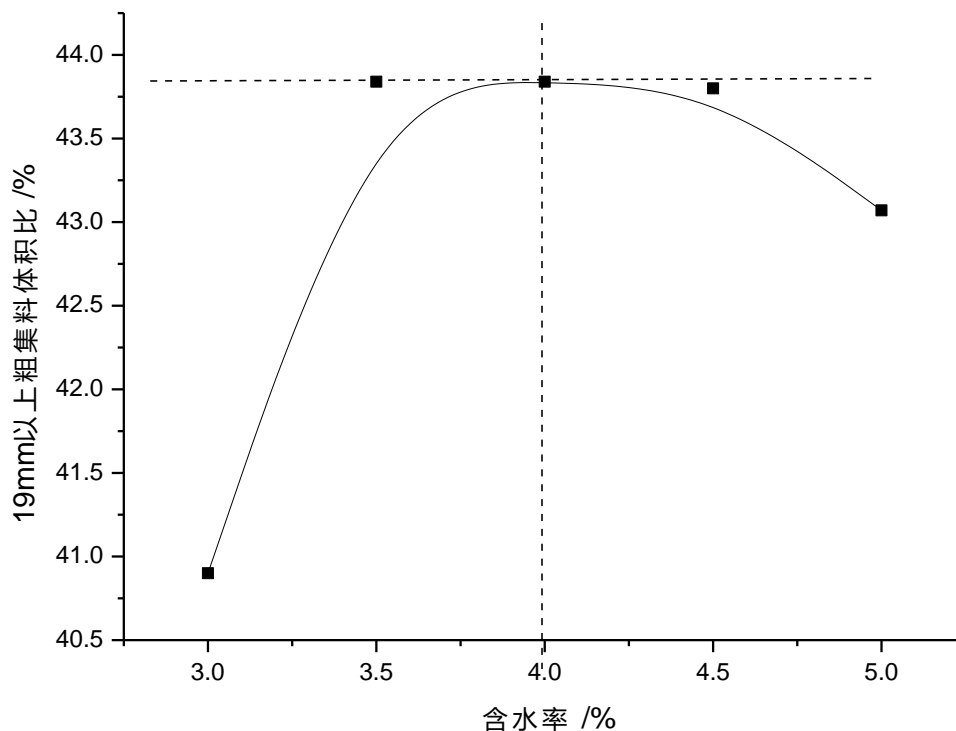


图 5 粗集料体积率随 19mm 以上粗集料含量变化曲线

由试验结果可知，19mm 以上粗集料体积率随含水率先增大后减小，体积率越大压实性能越好，因此以不同含水率下体积率最大值对应的含水率为最佳含水率。由于大粒径级配碎石混合料在进行振动压实试验过程中，混合料中的水分易流失，含水率越高水分损失越多，对压实效果有一定影响，在缺乏工程经验的情况下可以此方法确定的最佳含水率作为参考，根据实际施工效果再进行调整。

(4) 施工工艺参数确定依据

以南梧二级公路贵港段路面大修四期工程为例进行施工碾压工艺参数的研究，该项目是对苍贵线K142+000~K158+000、K161+000~

K164+000及K173+000~K174+000段共20km损坏严重的路段进行路面大修。原路面宽度12m，路肩墙宽度2*0.5m，路面类型为水泥混凝土路面。施工工艺采用碎石化技术，大修工程的路面结构为4cmAC-16沥青混凝土+粘层+5cmAC-20沥青混凝土+1cm下封层+20cm大粒径级配碎石基层+透层+碎石化旧混凝土路面。

级配碎石基层施工采用摊铺机摊铺、单钢轮双振幅重型振动压路机碾压工艺，基于现场跟踪检测(见图6~图9)，研究了大粒径级配碎石基层压实度和压实厚度随碾压遍数的变化规律。



图6 级配碎石拌和



图7 级配碎石摊铺与碾压



图8 级配碎石基层压实度检测



图9 级配碎石基层压实效果图

1) 压实度随碾压遍数变化规律

通过大量现场检测，得到了不同碾压次数（碾压1次、2次、4次、6次）后试验段各点的压实度及压实厚度如表7所示，压实度和压实厚度随碾压遍数的变化规律如图10和图11所示。

表 7 各试验点不同碾压遍数后的压实度

桩号	碾压遍数	干密度 (g/cm ³)	压实度 (%)	层厚 (cm)
K147+850	1	2.177	94.3	22
	2	2.224	97.3	20.7
	4	2.287	99.0	20
	6	2.279	99.5	19.9
K155+050	1	2.244	92.7	23.4
	2	2.277	95.2	22
	4	2.352	97.4	21.8
	6	2.400	99.2	21.6
K146+570	1	2.230	91.5	22.5
	2	2.308	95.9	21.2
	4	2.356	97.5	20.8
	6	2.415	99.4	20.5
K155+546	1	2.142	92.3	22.8
	2	2.205	95.0	22
	4	2.255	97.2	20.5
	6	2.287	98.6	20.3
K145+910	1	2.266	93.7	22.2
	2	2.331	96.5	21
	4	2.367	98.6	19.9
	6	2.417	99.2	19.8

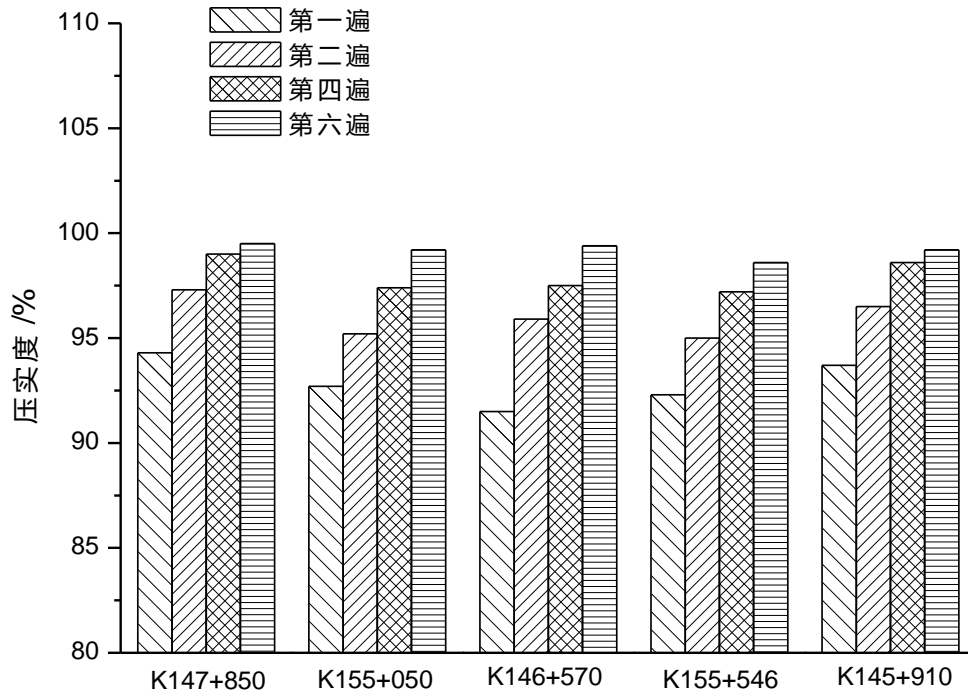


图 10 不同点位不同碾压遍数下压实度

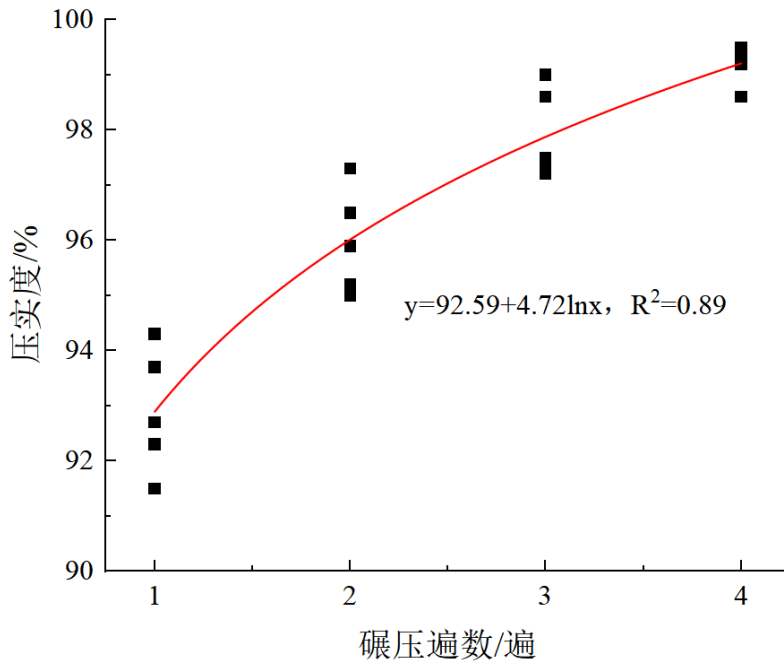


图 11 压实度随碾压遍数的变化规律

由图10和图11可知，不同碾压遍数下试验段各桩号点的实测压实度变化趋势基本一致：压实度随碾压遍数的增加而增大，在碾压前期（碾压遍数小于4次），压实度对碾压遍数比较敏感，增长幅度较大；在碾压末期（碾压遍数大于4次），压实度已不随碾压遍数的增多而明显提高，碾压遍数的继续增加对压实度影响逐渐减小，并逐渐趋于稳定。压实度与碾压遍数呈对数关系变化，相关系数达到0.89。这说明碾压次数达到6次时大粒径级配碎石混合料达到较好的压实状态，继续增加碾压遍数可能引起过度碾压致使大颗粒集料破碎而影响混合料的性能。

结合现场施工碾压效果提出钢轮、胶轮组合搓揉碾压工艺，使大粒径级配碎石形成更加嵌挤稳定的结构，即采用不小于20t钢轮压路机慢速静压1遍、中速小振2遍、中速强振2~3遍，然后采用胶轮压路机碾压3遍~4遍，对粗骨料存在离析部位人工补撒填隙料，钢轮压路机中速静压1遍~2遍，然后洒水湿润后开放交通，通过交通荷载进行

二次压密，进一步提升基层整体的强度和承载力。

2) 压实厚度随碾压遍数变化规律

摊铺厚度是影响级配碎石层压实的重要因素，为研究不同摊铺层厚度对压实性能的影响，测试了不同压实遍数下压实厚度，大粒径级配碎石混合料压实厚度随压实遍数变化规律如图12所示。

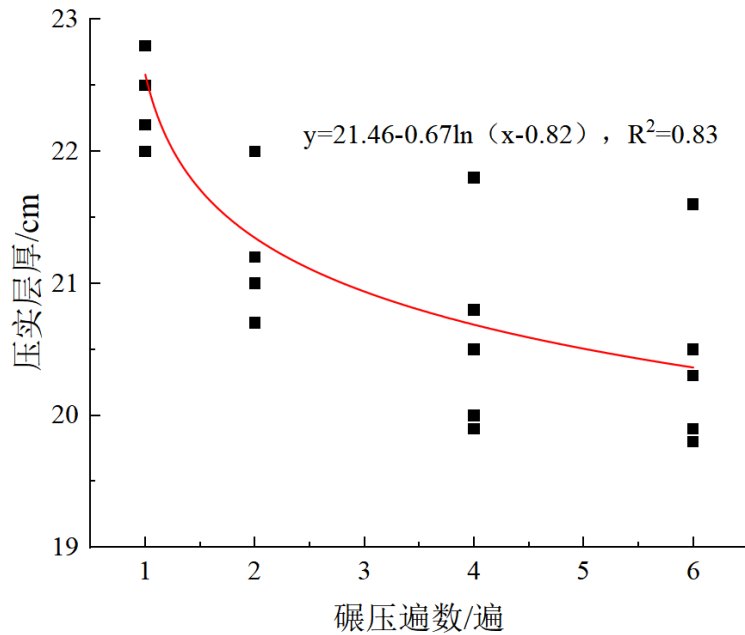


图 12 压实层厚随碾压遍数的变化规律

由图12可以看出，压实厚度随碾压遍数的增加而减小，并呈对数关系变化，相关系数达到0.83。在碾压初期，层厚减小幅度很大，说明大粒径级配碎石层可被压实空间较大，随着碾压次数的增加，级配碎石层逐步密实，可被压实空间逐渐减小。到碾压末期，层厚随碾压次数的增加已无明显变化，说明大粒径级配碎石层已达到较好的压实状态。不同桩号压实后的压实系数如表8所示。

表 8 不同桩号试验点压实后的压实度和压实系数

桩号	K147+850	K155+050	K146+570	K155+546	K145+910
压实度	99.5	99.2	99.4	98.6	99.2
压实系数	1.31	1.33	1.30	1.28	1.32

由表 8 可知，为保障大粒径级配碎石混合料达到较好的压实效果，且压实厚度达到设计要求，混合料的摊铺系数一般达到 1.30~1.35。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准研制过程中无重大分歧意见。

七、实施标准的措施

标准实施的措施主要包括三个方面，一是标准起草单位重点对交通主管部门、设计单位、施工单位等标准使用单位进行宣贯，加强标准使用单位对标准的理解；二是标准起草单位告知标准使用单位可从广西交通运输标准化技术委员会及广西壮族自治区交通运输厅门户网站免费下载标准文本，或标准起草单位直接将出版的标准文件免费寄送至标准使用单位，预留标准主要编制人联系方式，为行业相关技术和管理人员提供标准内容咨询和解释；三是利用各种宣传媒体，使相关单位尽快熟悉、了解、掌握和应用本标准，促进相关单位按照标准进行普通公路大粒径级配碎石基层施工的相关工作。

八、其他应当说明的事项

无

广西地方标准《普通公路大粒径级配碎石基层施工技术规范》

标准编制工作小组

2024 年 09 月 12 日