

# 广西地方标准

## 《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》

### 编制说明

#### 一、项目来源

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定项目计划的通知》（桂市监函〔2021〕2199 号）文件精神，由广西路建工程集团有限公司、长安大学、广西交通投资集团有限公司、广西路桥工程集团有限公司、德通智能科技股份有限公司共同起草的广西地方标准《公路路面水泥稳定碎石基层振动拌和施工技术规范》，列入 2021 年第二批广西地方标准项目计划表并立项，项目编号为：2021-2166。

本标准的编写将按照《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）及自治区市场监督管理局地方标准相关规定进行。根据审定会专家意见，标准名称更改为《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》，以下均采用该名称。

#### 二、项目背景及目的意义

在我国的等级公路中，半刚性材料被广泛地用作基层材料，并在目前的公路建设中占据着越来越重要的地位，等级公路至少 90% 以上都采用水泥稳定碎石半刚性基层。水泥稳定碎石基层具有较高的强度和承载力，主要表现在较高的抗压强度和刚度；其次，在这种基层上的沥青面层拉应力相应较小，提高了面层抵抗荷载破坏的能力；另

外，它还具有较好的稳定性。时至今日，我国等级公路主要还是以水泥稳定碎石半刚性基层为主。但由于水稳碎石呈脆性，且对温度、湿度的变化比较敏感，在施工和使用的过程中，会在温度和湿度交替变化时容易产生裂缝。不论是南方还是北方，通车一年或两年后，水泥稳定碎石的裂缝就会反射到面层。随着雨水和雪水的侵入，在大量行车荷载的反复作用下，使裂缝加宽，形成冲刷和唧泥，最终使路面失去行车功能。因此，采取何种措施有效减少半刚性基层的裂缝，就成为提高半刚性基层沥青路面耐久性的关键性问题。

广西路面半刚性基层碎石材料以石灰岩、花岗岩为主，石灰岩和花岗岩在广西分布广泛，石灰岩主要分布在桂北、桂西、桂西北；花岗岩主要分布在桂东、桂南，石灰岩、花岗岩在广西料源充足，产量大，质量好，是良好的路用材料。目前已经建成通车的等级公路绝大部分以石灰岩、花岗岩作为基层碎石材料，经过现状调查发现大部分通车等级公路的路面基层总体质量良好，主要病害以基层裂隙为主，基层裂隙将裂缝反射到沥青路面面层，加速沥青路面损坏，从而降低沥青路面使用寿命，因此有效解决半刚性基层裂缝问题，对进一步提高公路路面耐久性具有重要意义。

总结多年来试验研究成果并结合多年来的工程实践经验，人们发现，水泥稳定碎石基层之所以开裂，与材料的级配组成（尤其是细集料含量）、混合料含水量和水泥用量有直接关系，这是内因；而外因则是材料的拌和均匀性。材料的均匀性包括微观均匀（水泥在水泥浆中的弥散状态）和宏观均匀性（粗细集料的分布以及水泥浆与粗集料

的裹附状态)两个层面。过去,研究者大多注重内因,一味的减少细集料用量,提高粗集料比例,降低水泥用量(提倡低剂量抗裂水稳)。实践结果是:基层严重松散,取芯困难,或者基层耐久性急剧下降。究其原因,是材料内因发生了变化了,而外因没有相应的改变。也就是说在拌和方式没有改变、混合料的拌和均匀性没有提高的前提下,水泥剂量降低之后,其结果只会是导致基层强度的不足和摊铺过程中的离析。

振动拌和技术是在对混合料强制搅拌的同时施加高频振动作用,使得水泥稳定碎石混合料在拌和阶段更加均匀,水泥等细集料充分弥散,在提高水稳碎石强度的同时,降低水泥用量。在改进拌和工艺的前提下,对级配进行重新设计,从而提高水泥稳定碎石的路用性能(强度、抗冲刷,抗开裂),将极大的提高水泥稳定碎石半刚性基层沥青路面的整体使用寿命,是一项经济和社会效益双赢的新技术。振动拌和技术的应用,彻底解决了水泥稳定碎石混合料微观均匀性和耐久性两方面的问题,为水泥稳定碎石裂缝的彻底消除提供了新途径。

广西地处中、南亚热带季风气候区,气候温暖,降水丰沛,属于高温多雨地区,对公路路面建设质量和耐久性的要求比较高。为了进一步提高广西地区水泥稳定碎石基层施工质量,自2017年,开始应用振动拌和技术,已在贵港至合浦高速公路、河池至百色高速公路、钟山至昭平高速公路、乐业至百色高速公路、大塘至浦北高速公路、崇左至爱店高速公路等多个公路工程项目得到应用,大量的工程实践表明振动搅拌技术具有技术上的先进性和经济性。振动拌和是在强制搅

拌的同时，增加高频振动作用，从而使物料颗粒具有较高的振动频率和较小的振幅后处于颤振状态，破坏混合料间的粘性联接，降低物料间的内摩擦力，使水泥颗粒从结团状态变为均匀分布状态，水化更为充分，不仅能够改变被搅拌物料固液气三相结构关系，而且可以改变材料微观结构和宏观性能，是国内外公认的强化搅拌过程最为经济的方法之一。

基于振动拌和技术的水泥稳定碎石振动搅拌机不但比普通搅拌机搅拌频率高，同时搅拌装置每分钟又释放 1500 次以上振动弹力波，搅拌装置每次对混合料撞击能量达到静力搅拌机至少 10 倍以上，水泥等细集料充分弥散，水泥水化更加充分，水泥水化产物与骨料表面牢固粘结，减少路面反射裂缝，提升强度、耐久性及耐冲刷性等指标具有革命性的提升

编制《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》的重大现实意义主要有以下几个方面：

#### （1）推动我区公路路面基层品质提升

振动拌和水泥稳定碎石路面基层已在广西地区应用数年，施工技术和工艺日臻完善。本标准的编制，将规范广西地区振动拌和水泥稳定碎石路面基层的施工流程，为广西地区公路路面品质的全面提升提供技术支持，提升广西地区公路工程建设能力，引领行业技术进步，为国内其他省区品质工程建设提供示范效应。

#### （2）减少公路运营期养护费用

由于振动拌和技术可以提升基层混合料的匀质性，减少了路面的

反射裂缝，在公路运营期可以大幅度减少养护次数，延长公路使用寿命，减少运营期养护费用。

### （3）减少碳排放，社会效益显著

振动拌和水泥稳定碎石路面基层在保证强度的基础上，可以减少水泥消耗，减少污染和碳排放。根据测算，每少消耗1吨水泥，可减少0.79吨二氧化碳的排放，振动拌和水泥稳定碎石技术将助力我国“碳达峰、碳中和”双碳目标的实现，经济和社会效益显著。

因此，本项目编制的《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》将强有力的支撑广西地区路面基层品质的提升、节约养护费用和助力国家双碳目标的实现，为振动拌和水泥稳定碎石路面基层在广西的应用提供依据。

## 三、项目编制过程

### （一）成立标准编制工作组

广西地方标准《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》项目任务下达后，广西路建工程集团有限公司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，开展标准研究工作。具体标准编制工作由广西路建工程集团有限公司、长安大学、广西交通投资集团有限公司、广西路桥工程集团有限公司、德通智能科技股份有限公司相关人员配合完成。

本标准负责起草单位：广西路建工程集团有限公司

本标准参与起草单位：长安大学、广西交通投资集团有限公司、广西路桥工程集团有限公司、德通智能科技股份有限公司。

本标准主要起草人：王长兵（项目负责人）、李育林、姚运仕、张坤球、李战春、赵艳纳、姚青云、朱剑宏、何光献、梁裔举、白伟、许力、周业杰、段绪彬、张广照、李倍安、韦思、唐双美、黄云、吕东滨、唐清文、李臣光、张立亭、沈建军、苗全盛。

王长兵负责整个项目的技术及组织协调工作，李育林、姚运仕和何光献负责主要编写，其余参与人员根据安排参与标准的编写。

## （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收集总结、技术要求归纳、相关标准调研和路面基层新技术了解等 4 个步骤：

1. 振动拌和水泥稳定碎石路面基层应用工程技术资料的收集、归纳、总结；
2. 重点调研和收集典型案例，通过总结分析，得到振动拌和基层技术的相关技术要求。
3. 国内外路面基层的国家标准、行业标准、企业标准、地方标准及其它研究成果资料的调研；
4. 了解公路路面基层新技术、新材料研究方向和情况，研究在广西地区公路路面振动搅拌基层标准中引入新技术的可行性。

应用工程案例的资料主要包括贵港至合浦高速公路、河池至百色高速公路、钟山至昭平高速公路、乐业至百色高速公路、大塘至浦北高速公路、崇左至爱店高速公路等相关的施工资料、检测报告等。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）、河北省地方标准《公路路面骨架密实型水泥稳定碎石基

层振动拌和施工技术规范》(DB13/T 2470-2017)、河南省地方标准《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)、江苏省团体标准《振动搅拌抗裂型水泥稳定碎石施工技术规范》(T/ JSTERA 31-2021)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前沿、范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、振动搅拌设备、混合料组成设计、混合料生产、摊铺、碾压及养生、质量检查控制与评定,以及附录A、B。

### (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2021年12月上旬完成了《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》的编制大纲和工作大纲,并经内部评审讨论后,于2021年12月28日召开了大纲外部评审会,评审会针对大纲共提出了16条建议和意见。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7月中旬完成了征求意见稿。2022年8月12日召开了征求意见稿讨论会,共计提出了48条修改意见,编写组于2022年10月完成了修改。

2022年10月至11月,开展了标准征求意见,共向自治区内87

家行业内相关单位发出征求意见函。征求意见结束后有 20 家单位进行了回函，共计收到 25 条意见和建议。编制组对征求意见进行了仔细整理和研究，决定采纳意见 20 条，部分采纳 2 条，不采纳 3 条。

编制组根据征求意见于 2022 年 11 月完成了征求意见稿的修改工作，形成送审稿后提交专家组进行审查。专家组按照要求对送审稿进行了详细审查，删除了部分与行业标准重复的内容，于 2022 年 12 月 8 日形成审查意见，主要意见为：建议增加第 9 章“质量检查与控制”。包括混合料质量控制和成型质量控制的内容。混合料质量控制包括匀质性检查要求（引出附录 B）和允许延迟时间试验控制方法。成型质量控制包括试验路控制要求和成型质量控制要求，并将原第 8.2.8 条调整至该章。收到专家意见后，编制组根据专家审查意见对文本进行了修改。

#### **（五）组织召开审定会，形成报批稿**

2023 年 1 月 17 日，召开了审定会，专家组经充分讨论后，形成了 33 条审定意见，该标准具有科学性、实用性和可操作性，审定会专家组一致同意通过审定。建议起草单位根据专家的意见修改完善，形成报批稿，报送广西壮族自治区市场监督管理局。编制组在 2023 年 2 月 10 日完成了所有审定意见修改。

### **四、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公路路面振动拌和水泥稳定碎石路面基层实际案例、国内外相关标准及研究成果，研



究和分析了国内外及广西地区振动拌和水泥稳定碎石应用和研究现状，以及国内外公路路面基层技术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有关公路路面基层和振动拌和水泥稳定碎石基层应用现状和特点，结合广西地区应用振动拌和水泥稳定碎石路面基层的实际情况，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、合理的广西地区振动拌和水泥稳定碎石路面基层技术标准。

### （2）一致性原则

本标准术语、条文尽量与相应国家、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，增强了标准的可应用性。

### （3）可操作性原则

本标准的起草充分调研了国内其他省份和广西壮族自治区地区振动拌和水泥稳定碎石路面基层的应用现状，征求了高校、设计院、施工单位和检测咨询等领域的专家意见。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。

## 五、标准主要内容及依据来源

广西地方标准《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》主要章节内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、振动搅拌设备、混合料组成设计、混合料生产、摊铺、碾压及养生、质量检查控制与评定，以及附录 A、B 等。

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。编写工作组充分收集和总结了国内及广西地区振动拌和水泥稳定碎石路面基层应用工程的实际案例、检测报告及研究成果，分析总结了振动拌和水泥稳定碎石基层的技术要求，研究调研了行业、其他省份等相关的国家、行业和地方标准，国内外相关研究成果，了解了国内外路面技术的最新研究成果和技术研究趋势。在此基础上，结合广西地区地方材料情况和已应用工程情况，形成了广西地区振动拌和水泥稳定碎石路面基层技术标准。

## **1、标准名称**

为保证标准的全面性和针对性，原计划申请的标准名称为《公路路面水泥稳定碎石基层振动拌和施工技术规范》，根据审定会上各位专家的意见，本标准名称变更为《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》，变更后的名称更加准确、合理。

## **2、范围**

本文件界定了振动拌和水泥稳定碎石路面基层相关术语和定义，规定了振动搅拌设备、混合料组成设计、混合料生产、摊铺、碾压及养生、质量检查控制与评定等要求。

本文件适用于广西壮族自治区行政区域内高等级公路新建及改

扩建工程公路路面水泥稳定碎石基层振动拌和施工。

广西地区公路工程路面基层应用振动拌和技术已经至少有 6 年以上，因此制定一部相关地方标准来规范振动拌和技术应用是非常有必要的，本标准从振动拌和设备的性能要求、混合料的生产 and 施工等方面给出了具体的规定，是在调研和参考了大量工程应用案例的基础上提出的，具有我们地区的鲜明特色。

根据前期的应用工程调研分析，振动拌和基层主要应用在我省的高等级公路中，其他等级公路、城市道路和机场道路应用较少，因此本标准将适用范围暂时定为高等级公路的新建和改扩建工程。同时由于振动拌和技术的先进性，其他等级公路、城市道路和机场道路与高等级公路在技术上并无本质区别，所以建议其他类似工程可参考使用，也是为了这一技术能够尽快得到广泛应用。

### 3、术语和定义

本章给出了振动拌和水泥稳定碎石路面基层相关术语 2 个。

#### 3.1

振动拌和 vibratory mixing

在拌和的同时复合振动作用，强化拌和效果的一种新型拌和方式。

本条术语为新增加术语，来源于长安大学相关学术论文和课题。传统搅拌机在拌和混合料时，搅拌轴只做圆周运动，振动要尽可能消除掉，因为这样会对机械设备产生危害。振动拌和技术是对传统拌和技术的一次颠覆，是在传统拌和搅拌轴做圆周运动的同时，附加特定

的振动作用，这种振动作用的复合，可以强化拌和效果，对混合料的性能进行改性，提高力学和耐久性能。振动产生的能量通过一组专门设计的机械装置被混合料吸收，不会对设备产生机械危害。

### 3.2

振动搅拌机 vibratory mixer

采用振动拌和技术进行水泥稳定碎石混合料生产的搅拌机。

本条术语为新增加术语，来源于采用振动拌和技术制造的搅拌机。传统的水泥稳定碎石搅拌机目前被定义为“稳定土拌合机”，为了更好地区分，采用振动拌和技术进行水泥稳定碎石生产的设备本标准定义为“振动搅拌机”。振动搅拌机其实不但可以搅拌水泥稳定碎石，还可以搅拌水泥混凝土，本标准采用了狭义的概念，专指进行水泥稳定碎石生产的搅拌机。

## 4、基本规定

本章对振动拌和基层技术应用进行了基本规定，包括振动搅拌机的技术参数、混合料组成设计和延迟时间三个方面。

相关的研究和工程实践表明，振动拌和技术对水泥稳定碎石混合料性能提升的效果，与搅拌机的机械参数关系很大。相关机械性能参数如果达不到要求，虽然制造出来的设备也可以称之为振动搅拌机，但生产出来的混合料性能提升有限，达不到期望的工程质量提升的效果。所有机械参数中，振动电机的功率和振动装置的振动加速度是两个关键参数，可以通过仪器直接测量，也具有可操作性。

现行的水泥稳定碎石混合料组成设计规范中，试验时混合料的拌

制是采用人工进行的。在采用振动拌和技术生产水泥稳定碎石混合料时，如果试验时仍采用人工拌制混合料，与实际生产时的混合料性能相差是比较大的，不能真实模拟实际生产时的状况。因此本规范建议在进行混合料组成设计时采用振动搅拌试验机或实际生产时采用的设备进行混合料的拌制，更能模拟工程的实际情况。

允许延迟时间试验对水泥稳定碎石的施工非常重要，终压必须在水泥初凝前进行。实际工程中，水泥的初凝受多种因素的影响，包括环境温度、湿度等，振动拌和工艺对部分水泥的初凝时间也是有影响的，不同品种水泥影响程度也不同。鉴于以上原因，本条对水泥延迟试验特别做出规定，要进行延迟试验，同时考虑其他因素，是为了工程施工需要提出的。

## 5、振动搅拌设备

根据适用范围的不同，本章把振动搅拌机分为试验机和生产用的振动搅拌机。

**第 5.1 条：**从 6 个方面对试验机提出技术要求。

(1) 对试验机容量进行限制， $\geq 60\text{L}$ ；

现行的试验规范在拌制混合料时采用的是人工的方法，为了更好的模拟实际生产的情况，制作了生产设备缩小版的试验机。试验机为双卧轴装置，与生产设备结构一致。根据实际的测试结果，当试验机的容量小于 60L 时，双卧轴的机械设计方案会受到限制，拌制的混合料与实际生产的混合料性能相差也较大，因此本条对试验机的容量限定为不小于 60L。

(2) 振动电动机功率  $\geq 2.2\text{kW}$

本参数是振动搅拌试验机的一个关键参数，通过试验测试表明，当振动电机的功率小于  $2.2\text{kW}$  时振动效果会降低，因此做出规定，是为了保障振动搅拌试验机的试验结果。

(3) 振动加速度为  $20 \sim 50\text{m/s}^2$

本参数是振动搅拌试验机的另一个关键参数，由实际测试得出。原技术指标为“振动强度”，是一个无量纲指标，改为“振动加速度”更符合通俗提法。

**第 5.2 条：**从 2 个方面对拌和设备提出技术要求

第 5.2.1 条：振动搅拌机宜采用连续式搅拌机，拌和缸有效拌和长度不宜小于  $3.0\text{ m}$ ，混合料的有效振动搅拌时间不应小于  $8\text{ s}$ 。

生产水泥稳定碎石的振动搅拌机有间歇式和连续式两种，间歇式搅拌机因生产效率的原因较少采用，因此本标准亦推荐采用连续式搅拌机。现行《公路路面施工技术细则》规定混合料的拌和采用两次拌和工艺，拌和时间不应小于  $15\text{s}$ ，是出于当时拌和设备的技术限制提出的权益之计，目的是为了混合料达到均匀。振动拌和技术由于采用了强化拌和方式，在搅拌的同时复合振动作用，因此不必采用两次拌和即可。现在的搅拌机拌缸长度一般都不小于  $3.0\text{m}$ ，但由于拌缸末端出料口处有  $0.5 \sim 0.7\text{m}$  左右的无效段，会影响搅拌效果，因此本条对拌缸的有效拌和长度做出规定，同时对搅拌时间也做出规定，保证了振动拌和生产混合料的质量。

第 5.2.2 条：振动搅拌机振动发生源的振动频率宜为  $25\text{ Hz} \sim 50$

Hz，搅拌装置搅拌叶片中的振动加速度不应小于  $15 \text{ m/s}^2$ ，最大振动加速度不宜大于  $50 \text{ m/s}^2$ 。

虽然不同粒径和不同母岩的集料对振动搅拌效果的最佳频率不同，但通过试验测试发现，这个频率范围比较宽泛， $25 \text{ Hz} \sim 50 \text{ Hz}$  的频率范围对绝大部分的集料都是有效果的，超出这个范围后振动搅拌的效果会降低。其次，由于尺寸效应的存在，振动搅拌试验机和生产设备的最低振动加速度是不一样的，根据测试的结果，本条将生产用振动搅拌机最低振动加速度规定为  $15 \text{ m/s}^2$ ，而不是试验机  $20 \text{ m/s}^2$ 。

## 6、混合料组成设计

第 6.2.2 条：生产配合比优化阶段，宜采用振动搅拌试验机生产混合料，验证混合料对振动搅拌工艺的适应性。采用振动搅拌试验机生产混合料时，按照附录 A 的要求进行操作。

生产配合比优化阶段，可以采用振动搅拌机，也可以采用振动搅拌试验机验证，采用振动搅拌机时每次拌制的混合料量比较大，对材料来说是一种浪费。因为振动搅拌试验机可以较好地模拟实际生产的情况，因此推荐采用振动搅拌试验机进行工艺适应性的验证。振动搅拌试验机按附录 A 的步骤操作。

第 6.2.4 条：振动搅拌混合料水泥剂量标定曲线应采用设计级配的混合料，按照不同水泥剂量下最佳含水率时的水胶比加水配料，再按照 JTGE51 及现行试验标准要求进行试验。采用人工拌制的混合料进行标准曲线标定时，试样宜在试验室振动台上振动 30s 后再进行标定试验。试样制备时间相差不宜超过 30min，水泥剂量测定完成时间

不宜超过水泥终凝时间。

本规范推荐采用振动搅拌试验机进行混合料拌制，为更加符合工程实际需要。本条对未采用振动搅拌试验机拌制混合料时，水泥剂量的测试提出了一个解决方案。

第 6.2.5 条：振动搅拌混合料宜采用振动压实试验方法成型试件，符合 JTG E51 的要求。

水泥稳定碎石试件成型方法有振动成型法和静压法，对两种方法的学界至今仍有争论。根据振动搅拌基层应用工程的对比效果，振动成型法成型的试件相比静压法更接近于实际工程情况，因此本规范推荐采用振动成型法进行试件制作。

第 6.2.6 条：规定了振动搅拌混合料无侧限抗压强度试验试件数量。

为避免出现冲突，本条规定与现行行标《公路路面基层施工技术细则》保持一致。

## 7、混合料生产

第 7.2.1 条：振动搅拌站的计量系统应经过标定，计量器精度等级不应低于 C3 级，计量器灵敏度偏差值不宜大于 0.002mV/V。

为保证振动搅拌机生产混合料的效果，本条规定了振动搅拌机计量系统计量器的精度和灵敏性，现有行标对此未涉及。

第 7.2.2 条：水泥的计量宜采用减量计量给定称装置，其称重精度应小于 1%，分辨率应小于 0.2%。

现行行业标准《道路施工与养护设备 稳定土厂拌设备》（JB



T10956-2010) 规定了水泥的计量精度为 1%，但在实际施工中发现，如果仍然采用现在的流量计量方式，水泥的精度其实是无法得到保证的。随着技术的发展，减量计量技术目前可以达到 1%的计量精度要求，因此本条对计量装置的类型、精度和分辨率做出要求。

第 7.3.2 条：振动搅拌机的拌和电机和振动电机可以单独启停；在开机时，先启动拌和电机，再启动振动电机；停机时，先关闭振动电机，再关闭拌和电机。采用自动控制程序时，按照控制程序自动运行。

根据设备操作的需要，本条对振动搅拌机的拌和电机和振动电机操作顺序进行了规定。

第 7.3.3 条：高速和一级公路水泥稳定碎石底基层和基层采用双拌缸二次拌和工艺时，振动搅拌可用于第二级拌和。

虽然振动搅拌机单级拌和即可达到普通搅拌机二次拌和的效果，但部分施工单位为了双保险起见，使用振动搅拌机后仍然采用二次拌和工艺。本条对这种情况进行了明确，规定振动搅拌机应设置在第二次拌和时采用。

第 7.4.3 条：混合料从搅拌机出料至到达摊铺现场的时间应根据容许延迟时间、施工现场天气情况、摊铺和碾压完成所需的时间等因素综合确定，一般情况下不宜超过 1 h；超过经确定容许延迟时间的混合料应废弃。

本条对混合料从搅拌机到现场的时间进行时间规定，并对超过时间混合料建议废弃，与现行行标保持一致。

## 8、摊铺、碾压及养生

第 8.2.1 条：振动搅拌混合料摊铺宽度  $< 12\text{ m}$  时应全幅摊铺；摊铺宽度  $\geq 12\text{ m}$  时宜采用两台或多台摊铺机同步梯队摊铺。

振动拌和技术生产的混合料的抗离析性能有提高，为减少纵向接缝的数量，建议在混合料摊铺宽度  $< 12\text{m}$  时尽可能采用全幅摊铺；只有当摊铺宽度  $\geq 12\text{m}$  时，才采用两台或多台摊铺机同步梯队摊铺。

第 8.2.4 条：上、下结构层摊铺时宜进行层间处理；宜采用水胶比为 2.0 的水泥浆洒布，水泥浆洒布量为  $1.2\text{ kg/m}^2 \sim 1.5\text{ kg/m}^2$ 。

由于双层联铺工艺对施工设备的调度要求比较严格，同时施工质量不易得到保障，当不能采用大厚度摊铺工艺时，振动搅拌水泥稳定碎石基层建议仍然采用分层摊铺的方法。根据工程实际经验的总结，本条对层间处理提出了具体要求。

第 8.2.5 条：高速、一级公路在摊铺过程中宜设置纵向模板；横向施工缝处理应设置端钢模板。

实际工程费用测算表明，在分幅施工的高等级公路基层施工中，设置纵向模板和培植土模的费用相差不大，为保证工程质量和减少材料的浪费，本条推荐采用设置纵向模板的方式，横向施工缝亦推荐采用钢模板而不采用枕木的方式。

第 8.3.8 条：接缝处碾压时，应先采用双钢轮压路机平行于接缝进行碾压，碾压 1~2 遍后，人工整平接缝，再循环碾压 4~5 遍，直至接缝位置达到压实要求。

这种接缝处理方式目前效果比较好，本标准亦推荐采用。

第 8.4.5 条：养生结束后，应实行交通管制。因施工需要通行重型货车前，应编制合理的通行方案，同时车速不应大于 30 km/h，避免基层受到破坏。

养生结束后，对于必须通行的重型货车做出要求。因为行车速度大小和荷载分布对于基层的影响很大，因此要求车辆轮迹均匀分布，车速不能过快。

## 9、质量检查控制与评定

### 第 9.1 条 混合料质量控制

本条对混合料的质量控制提出了具体要求，其中匀质性的要求按照两个关键筛孔 2.36mm 和 4.75mm 通过率的变异系数进行表征，水泥计量通过绝对偏差和计量变异系数表征，并给出了检查方法。

允许延迟时间试验控制与现行行标 JTG/T F20 保持了一致。

### 第 9.2 条 成型质量控制

本条把振动搅拌基层成型质量控制分为试验路控制要求和已完成养生路段质量控制。试验路的质量控制与现行行标 JTG/T F20 保持一致，施工后已完成养生路段质量控制对芯样的截取方式和强度变异系数做出了要求，这个要求对于常规搅拌方式的基层来说提高了标准，但对于振动搅拌基层是可以达到的。

### 第 9.3 条 质量检验评定

为了工程建设质量的可比较性和延续性，振动搅拌水泥稳定碎石基层的质量检验评定与现行行业标准保持一致，仍按照 JTG F80/1 的要求进行。

## 六、预期的作用和效益

### 1、预期经济效益分析

《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》实施后，将规范广西壮族自治区内振动拌和基层的施工技术标准，提升路面工程整体品质，同时社会效益显著。首先，可直接降低工程材料费用，已应用工程表明，采用振动拌和水泥稳定碎石的路面基层，在保证同等强度的条件下可节约水泥约 20%，据此测算四车道高速公路每公里因此可节约水泥 156 吨，节约成本 6.5 万元。其次，采用振动拌和水泥稳定碎石的路面基层可减少裂缝数量 40%左右，裂缝平均间距加大，相比常规拌和技术，运营期可减少养护费用约 30%。再次，水泥用量的减少，还减少了碳排放，减少了环境污染，减少了整个社会污染治理的成本。因此，《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》具有良好的经济效益。

### 2、推广应用前景分析

本项目研究成果将实现广西公路振动拌和水泥稳定碎石基层施工的规范化和标准化，该规程更加符合广西地区地方实际情况，可操作性更高，有助于提升广西地区路面基层的整体质量和品质。

目前，广西正在大规模的实施“县县通高速公路”方案，根据广西交通发展规划，2018 年至 2030 年期间，广西将新建高速公路 8000 公里，路面基层品质的提高将对工程质量和使用寿命产生较大的影响。首先，振动拌和水泥稳定碎石路面基层的广泛应用，亟需进行规范和标准化，本标准的编制，正好满足了工程建设市场的需求；其次，本项目技术在目前国内外路面基层施工技术中，都处于领先地位，对于提高工程质量和品质具有重大意义；第三，本项目技术在经济效益

和社会效益方面效果显著，可以直接降低工程材料费用的同时，还可以减少运营期养护费用，减少全社会的碳排放。因此，《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》有着较大的市场需求，极具推广前景。

## 七、国内同类标准制修订情况及与法律法规、强制性标准关系

经查阅，与公路工程路面基层相关的标准主要有：《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20-2015）、《公路工程质量检测评定标准第一册 土建工程》（JTG F80/1）、河北省地方标准《公路路面骨架密实型水泥稳定碎石基层振动拌和施工技术规范》（DB13/T 2470-2017）、河南省地方标准《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）、江西省地方标准《公路振动搅拌水泥稳定碎石基层技术规程》（DB36/T 1648—2022）和江苏省团体标准《振动搅拌抗裂型水泥稳定碎石施工技术规范》（T/JSTERA 31-2021）等。

标准编制组承诺：本标准的各项指标不低于国家强制性标准和国家推荐性标准，内容与现行的法律、法规及强制性标准无冲突。标准的编写符合 GB/T 1.1-2020 的要求。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准研制过程中无重大分歧意见。

广西地方标准《振动拌和水泥稳定碎石路面基层施工技术规范》

标准编制组

2023年2月10日