

《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》

团体标准编制说明

标准编制组

二〇二二年四月

目 录

一、工作概况·····	1
二、主要技术内容·····	3
三、主要试验（验证）的分析、技术经济论证，预期的经济效果·····	5
四、采用国际标准的程度及水平的简要说明·····	6
五、重大分歧意见的处理经过和依据·····	6
六、其他应予以说明的事项·····	6

一、工作概况

1、任务来源

2020年，国家提出我国二氧化碳排放力争于2030年前达峰，2060年前实现碳中和的目标。我国交通基础设施建设仍处于高速发展期，体量巨大，同时，也带来了巨大的碳排放减排压力。在道路建设的碳排放中，材料的运输占30%，材料制造占60%，建设过程中的机械使用占10%，原材料碳排放占比巨大。通用硅酸盐水泥是交通基础建设的主要原材料之一，年消耗量巨大，同时硅酸盐水泥生产行业又是碳排放大户，每吨硅酸盐水泥生产大约需要排放700 kg CO₂，公路工程用通用硅酸盐水泥原材带来的材料制造碳排放巨大，是公路建设工程碳排放高居不下的重要原因之一，交通基础设施建设用水泥材料碳减排势在必行。

同时，水泥稳定碎石因其强度较高，抗渗度和抗冻性较好的特点，契合“强基薄面”的设计理念，在高级路面的基层建设中得到了广泛的应用，积累了大量的工程经验。但水泥稳定碎石技术也存在问题有待解决，其最主要的一个问题是水泥稳定碎石基层易出现裂缝，裂缝会向上延伸至路面层从而导致反射裂缝的形成，影响路面的使用寿命的同时，带来负面的经济和社会影响。为了防止反射裂缝的出现，沥青混凝土面层越来越厚，形成了“强基厚面”的情况，大大增加了项目投资，造成了巨大的经济浪费，同时产生了大量碳排放。因此，亟待研发和推广具有低碳排放、高抗拉、高抗裂特性的新型高性能水泥材料以提高水泥稳定碎石基层的耐久性。

鉴于此，由北京智华通科技有限公司提出，石家庄市市政建设总公司、河北工业大学、天津市交通科学研究院、天津路驰工程咨询有限公司和石家庄市排水总公司共同参与，设计研发了新型低碳高性能水泥稳定粒料。该水稳材料采用低碳水泥，水泥材料生产碳排放量不高于常规水泥的20%，同时具有高抗弯和高抗裂特性。现已将该低碳高性能水泥稳定粒料成功应用于水稳基层结构中，取得了良好的经济和社会效益。主要起草单位联合参编单位对已经施工的低碳高性能水泥稳定粒料基层项目进行经验总结，编制本规范，旨在明确低碳高性能水泥稳定粒料基层设计方法、施工、养护以及质量检测的技术要求。助力公路工程“双碳”目标的实现，为提高公路工程质量和使用寿命提供技术支持。

2、协作单位及主要起草人

本标准于2021年由中国技术市场协会交通运输委员会提出并归口，并由北京智华通科技有限公司、石家庄市市政建设总公司、河北工业大学、天津市交通科学研究院、天津

路驰工程咨询有限公司和石家庄市排水总公司共同参与共同起草，主要起草人为石红星、米分平、周健、李辉、孟喜存、刘海权、徐名凤、马宝员、宋丽丽、胡奎东、郑连生、李鑫、张茜、王巍、靳占飞、冯彦爽、刘倩、刘素华。

3、工作过程

2021年4月，由中国技术市场协会交通运输委员会提出，通过立项及大纲评审，启动了《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》团体标准的制定工作，成立了标准编制组，开始着手《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》标准的起草工作，于2021年10月完成标准草案，2022年4月完成标准征求意见稿，计划2022年7月完成标准送审稿并召开送审稿审查会，具体工作过程如下。

1) 标准调研、验证阶段（2021年4月~2021年7月）

2021年7月~2022年3月，明确工作后立即成立了编制组，邀请行业内优秀企业及相关的设计和施工单位参与。对现有公路工程中水泥稳定粒料基层材料碳排放以及基层材料的技术要求进行了充分的调研研究，结合已有的研究基础和施工经验，设计研发了新型低碳高性能水泥稳定粒料，并制定了低碳高性能水泥稳定粒料基层的基本设计方法以及配套施工技术要点，并联合参编单位对低碳高性能水泥稳定粒料材料性能进行了系统试验论证，就该项目的国内外相关技术标准进行了充分的调研，在充分吸收现有技术的基础上对该项技术进行了详细补充和完善。具体完善内容包括：

- a) 结合《环境标志产品技术要求 水泥》的相关规定，给出单位可比二氧化碳排（CO₂）放量（即水泥生产碳排放）以及低碳水泥的术语和定义；
- b) 在水泥的强度要求中，加入对水泥抗折强度的要求；
- c) 附录中给出低碳水泥的水泥生产碳排放计算方法。

2) 标准初稿起草阶段（2021年7月~2021年12月）

2021年7月，起草组完成标准初稿，经归口单位审阅，并与起草组进行了标准开题论证会，编制组开始分析整理试验数据，明确了低碳高性能水泥稳定粒料材料设计方法以及施工组织技术要点，完成了准备资料的收集整理，完成编制大纲资料初稿，并召开立项评审会及标准编制大纲评审会。编制组根据专家意见，对标准工作组草案进行修订，进一步完善了低碳高性能水泥稳定粒料的应用技术，同时完善了标准草案内容。完善草案包括以下几个方面：

- a) 进一步明确低碳利废水泥的定义以及碳排放量限值；
- b) 进一步明确低碳高性能水泥稳定粒料的7d和90d无侧限抗压强度标准值。

3) 征求意见稿起草阶段(2022年1月~2022年4月)

2022年2月,在充分调研和分析总结的基础上,编制组在标准初稿的基础上确定标准的各项技术指标,经过讨论和改进,完成征求意见稿,并进行公开征求社会意见。

4) 送审稿起草阶段(2022年5月~2022年6月)

2022年5月~2022年6月,根据意见汇总和处理情况,重新对《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》进行修订,完成标准送审稿,于2022年6月召开标准送审稿审查会。

5) 报批稿起草阶段(2022年7月)

2022年7月,根据标准送审稿审查会各位专家意见,对《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》修订,完成标准报批稿,于2022年8月提交归口单位,进行报批。

二、主要技术内容

1 概述

本标准在《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20-2015)、《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTGE51-2009)、《公路沥青路面设计规范》(JTGD50-2017)以及《公路路基路面现场测试规程》(JTG3450-2019)的基础上,详细规定了低碳高性能水泥稳定粒料基层的材料、混合料组成设计、混合料的生产、摊铺和碾压,养生、交通管制、层间处理以及施工质量标准与控制的要求。目的在于科学合理的指导低碳高性能水泥在水泥稳定粒料基层施工中的应用,推进公路工程“3060双碳”目标的实施进程,并提高水泥稳定粒料基层的施工质量和使用寿命,促进道路工程良性发展。

近年来,随着国家对水泥行业碳排放减排越来越重视,低碳水泥研发得到了快速发展,为加快低碳水泥行业标准化进程,国家和地区相继颁布了低碳水泥相关标准,如《环境标志产品技术要求 水泥》(HJ2519-2012)以及《低碳产品评价方法与要求 第2部分:通用硅酸盐水泥》(DB37/T2505.2-2014)等,在政府政策的支持下,涌现出一批低碳高性能水泥,如矿渣硫铝酸盐水泥、地聚合物水泥以及磷酸镁水泥等。这些水泥不仅水泥生产的综合碳排放极低,而且具有高强、抗裂等特性,在水稳基层中应用,不仅可以大幅降低基层原材料制造碳排放,同时可提高基层抗裂性能和使用寿命,以提高公路工程质量和寿命。目前,低碳水泥已在多个道路基层工程中得到应用,积累了大量材料设计与施工经验,具备制定颁布相关标准的基础和条件,但仍未颁布针对低碳高性能水泥稳定粒料基层设计与施工的相关标准。为了保证工程质量,迫切需要制定《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技

术要求》标准，实现低碳水泥水稳基层设计的标准化，推进低碳水泥在公路水稳基层等道路结构中的应用进程，对交通基础设施建设行业实现“3060 双碳”目标具有重要的意义。

2 编制原则及标准内容的确定

2.1 标准编制原则

(1) 认真贯彻国家有关法律法规和方针政策。标准中的所有规定，均不得与现行法律和法规相违背。

(2) 充分考虑使用要求，并兼顾全社会的综合效益。满足使用要求是制定标准的重要目的，在考虑使用要求的同时，也应兼顾全社会的利益。

(3) 合理利用国家资源，推广先进技术成果，在符合使用要求的情况下，有利于标准对象的简化、选优、通用和互换，做到技术上先进、经济上合理。

(4) 相关标准要协调配套。制定标准要考虑有利于标准体系的建立和不断完善。这样才能保证生产的正常进行和标准的有效实施。

(5) 积极采用国际标准和国外先进标准，有利于促进对外经济技术合作和发展对外贸易，有利于我国标准化与国际接轨。

2.2 主要技术内容和说明

2.2.1 主要技术内容

本规范规定了低碳高性能水泥稳定粒料基层的术语与定义，材料、混合料组成设计，混合料的生产、摊铺和碾压，养生、交通管制、层间处理及其他，施工质量标准与控制。

2.2.2 指标制订

2.2.2.1 低碳水泥分类与低碳高性能水泥稳定粒料定义

本标准通过对全国数家水泥生产企业水泥生产过程中的碳排放过程进行调研，根据水泥稳定粒料基层的实际强度设计要求，规定了低碳水泥的生产最高碳排放量以及材料的强度要求，并基于低碳高性能水泥稳定粒料强度发展规律，明确了低碳高性能水泥稳定粒料设计方法、强度要求以及相应的施工、养护和检测方法。

2.2.2.2 技术要求

(1) 材料

A. 低碳水泥

B. 水

C. 集料

(2) 混合料组成设计

A.一般规定

B.强度要求

C.目标配合比设计技术要求

D.生产配合比设计技术要求

(3) 混合料的生产、摊铺和碾压

A.一般规定

B.混合料的生产 and 运输

C.混合料的摊铺与碾压

(4) 养生、交通管制、层间处理及其他

A.一般规定

B.养生方式

C.交通管制

D.低碳高性能水泥稳定粒料材料层之间的处理

E.低碳高性能水泥稳定粒料材料基层与沥青面层之间的处理

F.基层收缩裂缝的处理

(5) 施工质量标准与控制

A.一般规定

B.材料的标准试验

C.质量管理

D.质量检查

三、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

3.1 主要实验（验证）的分析

(1) 新型低碳高性能水泥及其稳定粒料材料与普通硅酸盐水泥相比，在以下性能方面更优越：

①水泥生产碳排放量极低。PO42.5 硅酸盐水泥生产综合碳排放在 740 kg CO₂ e/t 左右，而新型低碳高性能水泥材料生产碳排放不高于 150 kg CO₂ e/t。

②具有更高的抗折强度。相同强度等级条件下，新型低碳高性能水泥 28d 龄期抗折强度是普通硅酸盐水泥的 1.5 倍；同时，在相同应力水平作用条件下，新型低碳高性能水泥疲劳寿命较硅酸盐水泥提高一个数量级。

③水稳材料强度更高。在水泥掺量和水泥强度等级相同条件下，低碳高性能水泥稳定粒料较硅酸盐水泥稳定粒料 90d 龄期抗压强度提高 20%，劈裂抗拉强度提高 50%以上。

3.2 技术经济论证

本标准结合新型低碳高性能水泥特点，结合已有低碳高性能水泥稳定粒料施工过程分析，总结工程经验，提炼技术关键。通过分析水稳基层工程需求，制订了完备的低碳高性能水泥稳定粒料基层材料设计、施工、养护与质量检测方案。由于新型低碳高性能水泥稳定粒料较硅酸盐水泥稳定粒料强度更高，在相同设计强度条件下，采用新型低碳高性能水泥可以降低水泥掺量，节省水泥使用，从而降低材料成本。同时，新型低碳高性能水泥还具有抗折强度高，抗疲劳性能优异的特点，可极大提高水稳基层工程质量，减少后期维护成本，是一类理想的水稳基层胶凝材料。

3.3 预期的经济效果

通过本标准的制订，将对低碳水泥在道路工程应用的推广具有重大促进作用，特别是在高速公路的水泥稳定基层领域，道路工程领域的年水泥用量约为 4 亿吨，按未来 10 年实现低碳水泥 10%代替硅酸盐水泥计算，每年水泥用量 0.4 亿吨，经济效益可达 280 亿，实现材料碳减排约 2400 万吨，按现阶段我国碳排放交易价格 50 元/吨计算，碳排放减少带来的经济效益为 12 亿元/年。

四、采用国际标准的程度及水平的简要说明

标准在编写过程中查阅了国内外先进的低碳水泥以及水泥稳定粒料标准，经过分析论证，《公路工程低碳高性能水泥稳定粒料基层技术要求》中提出的低碳水泥碳排放标准以及水稳材料力学性能要求，远远高于国际上对于低碳水泥的碳排放指标要求，具有国际领先水平。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中无重大意见分歧。

六、其他应予以说明的事项

虽然在标准的起草过程中，标准编制工作小组人员进行了大量调研工作，尽可能使标准制订地科学合理，但是由于认知的局限性，难免有疏忽之处。为了标准的进一步完善，请各单位在执行本标准的过程中，注意积累资料，总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料及时反馈给我们，以供修订时参考。