

公路大厚度水稳一体化摊铺成型技术分析

冉贤锐

新疆兵团市政路桥工程有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i4.15157

[摘要] 本文系统研究公路大厚度水稳一体化摊铺成型技术,深入剖析其技术原理,详细阐述施工工艺与质量控制要点,并以济青高速中线潍坊至青岛段工程为实例,展示该技术的实际应用效果。研究表明,该技术通过优化施工流程与设备协同作业,显著提升施工效率与质量,降低工程成本,为公路基层施工提供了高效可靠的技术方案。

[关键词] 大厚度水稳; 一体化摊铺; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: TU755.2+2 **文献标识码:** A

Analysis of the Integrated Paving and Forming Technology for High-Thickness Hydrated Lime Stabilized Base in Highway Construction

Xianrui Ran

Xinjiang Production and Construction Corps Municipal Road and Bridge Engineering Co., Ltd.

[Abstract] This paper presents a systematic study on the integrated paving and forming technology for high-thickness hydrated lime stabilized base in highway construction. It thoroughly examines the technical principles, elaborates on the construction procedures and key quality control measures, and illustrates the practical application effectiveness through a case study of the Weifang-Qingdao section along the Central Line of the Jiqing Expressway. The findings indicate that this technology significantly enhances construction efficiency and quality while reducing overall project costs by optimizing workflow and equipment coordination, thereby offering an efficient and reliable technical solution for highway base construction.

[Key words] High-thickness Hydrated Lime Stabilized Base; Integrated Paving; Construction Process; Quality Control

引言

随着我国交通基础设施建设的快速发展,公路建设规模不断扩大,对施工技术的要求也日益提高。传统水稳层分层摊铺施工存在施工周期长、层间粘结力弱、压实度不均匀等问题,难以满足现代公路工程高质量、高效率的建设需求。大厚度水稳一体化摊铺成型技术通过一次性摊铺较大厚度水稳层,实现摊铺、压实等工序的连续作业,有效解决了传统施工方式的弊端。本文对该技术进行全面分析,结合实际工程案例探讨其应用效果,为公路工程施工提供技术参考。

1 大厚度水稳一体化摊铺成型技术原理

1.1 水稳材料特性

水泥稳定碎石(水稳)由水泥、碎石、集料和水按一定比例组成。水泥作为胶结材料,与水发生水化反应生成凝胶体,将碎石和集料粘结成整体;碎石构成水稳层的骨架结构,提供强度和稳定性;集料填充碎石空隙,优化级配;水参与水泥水化反应,保证混合料的和易性。

水稳材料的强度形成主要依赖水泥的水化反应。在合适的温湿度条件下,水泥水化生成水化硅酸钙(C-S-H)、水化铝酸钙(C-A-H)等凝胶体,这些凝胶体包裹集料颗粒并填充孔隙,使水稳材料强度随时间不断增长。其耐久性和稳定性受原材料质量、配合比设计、施工工艺等因素影响。优质的原材料和合理的配合比设计,配合规范的施工工艺,能够确保水稳材料在长期车辆荷载和自然环境作用下保持良好性能^[1]。

1.2 一体化摊铺成型原理

大厚度摊铺是指将水稳层一次性摊铺至设计厚度,与传统分层摊铺相比,减少了分层施工产生的层间薄弱环节。传统分层摊铺每层厚度较薄,需分层摊铺、压实,层间粘结力易受施工间隔时间、表面处理等因素影响;大厚度摊铺则能保证水稳层的整体性,提升结构承载能力^[2]。

在一体化摊铺成型过程中,摊铺机、压路机等设备协同作业。摊铺机将运输而来的水稳混合料均匀布料,通过螺旋布料器摊铺至设定厚度,同时振捣装置对混合料进行初步振捣密实;随

后,压路机紧跟摊铺机进行压实,按照初压、复压、终压的顺序,利用不同类型和吨位的压路机对摊铺层进行碾压,使水稳层达到规定的压实度,实现各环节连续作业,提高施工效率与质量。

1.3 技术优势

施工效率方面:传统分层摊铺需多次重复摊铺、压实工序,设备频繁转移和调试,施工周期长。大厚度水稳一体化摊铺成型技术减少了摊铺和压实次数,缩短施工周期,降低设备周转成本,提高设备使用效率。

质量控制方面:该技术避免了分层摊铺层间处理不当导致的薄弱环节,保证水稳层整体性。一体化摊铺过程中,混合料均匀性好,压实度更均匀,减少因分层压实不均产生的质量问题,提升水稳层承载能力和稳定性^[3]。

经济效益方面:施工效率提升减少人工和设备租赁成本,一体化摊铺降低材料损耗,提高材料利用率。良好的施工质量减少后期维护成本,从整体上提高工程经济效益。

2 大厚度水稳一体化摊铺成型施工工艺

2.1 施工准备

原材料检验:水泥需符合《通用硅酸盐水泥》(GB175-2007)标准,检验其品种、强度等级、凝结时间等指标,每批次抽样送检;碎石和集料的颗粒级配、含泥量、针片状颗粒含量等指标需符合设计要求,采用筛分试验、含泥量试验等方法检测;拌和用水水质需满足《混凝土用水标准》(JGJ63-2006),检测酸碱度、氯离子含量等^[4]。

机械设备选型与调试:摊铺机选用具有大厚度摊铺能力、摊铺宽度可调、振捣和熨平功能良好的设备,如ABG8620型摊铺机,根据施工要求调试摊铺速度、振捣频率等参数;压路机选择不同类型和吨位的设备,如22t振动压路机、30t胶轮压路机,调试碾压速度、振动频率等;运输车选用25t自卸车,保证车厢密封性和装载能力,使用前检查维护。

下承层处理:下承层平整度偏差需控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内,不满足要求时进行找平处理;压实度需达到设计标准,不足则补充压实;清除下承层表面浮土、杂物,确保表面清洁,必要时进行拉毛处理,增强下承层与水稳层粘结力。

2.2 混合料拌和

配合比设计:依据工程要求和原材料特性,通过试验确定水稳混合料配合比。先进行原材料性能试验,再按不同水泥剂量、集料级配试配,经击实试验确定最佳含水量和最大干密度,通过无侧限抗压强度试验等,选择满足强度、耐久性要求的配合比。如济青高速中线工程,水泥剂量确定为4.5%,集料级配采用骨架密实型。

拌和设备与工艺:采用WDB600型强制式搅拌机,搅拌效率高、均匀性好。拌和过程中,严格控制搅拌时间为90-120s,保证混合料充分搅拌;利用电子计量装置精确控制水泥、碎石、集料和水的用量,配料精度控制在 $\pm 2\%$ 以内。

2.3 混合料运输

运输车辆选择与要求:根据摊铺机摊铺能力和运距,选择25t自卸车,车厢密封良好,防止混合料离析和水分蒸发。车辆使用前检查车厢密封性、刹车系统等,确保性能良好。

运输过程中的质量控制:运输过程中控制车辆行驶速度,避免急刹车和急转弯,防止混合料离析。采用篷布覆盖混合料,减少水分蒸发,若运输时间超过1小时,适当调整混合料含水量,保证其和易性。

2.4 摊铺作业

摊铺机工作参数设置:摊铺速度根据混合料供应能力、摊铺机性能和压实设备确定,一般控制在1.5-2.5m/min;振捣频率根据混合料性质和摊铺厚度调整,济青高速中线工程摊铺厚度36cm时,振捣频率设为60Hz;熨平板仰角根据摊铺厚度和平整度要求设置,通过试验段确定为2°。

摊铺过程中的注意事项:摊铺时通过调节螺旋布料器转速,保证布料均匀,布料高度控制在螺旋轴2/3处;实时监测摊铺厚度与平整度,利用超声波厚度传感器和找平装置辅助控制,厚度偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,平整度偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。

2.5 压实作业

压路机组合与碾压工艺:初压采用12t轻型钢轮压路机静压1-2遍,速度1.5-2km/h,使混合料初步稳定;复压采用22t重型振动压路机振压3-4遍,速度2-3km/h,提高压实度;终压采用30t胶轮压路机静压1-2遍,速度2-2.5km/h,消除轮迹,使表面平整。

压实过程中的质量检测:采用灌砂法、核子密度仪检测压实度,每2000 m^2 检测8点,压实度需达到98%以上;使用平整度仪检测平整度,每100m检测2处,平整度均方差小于1.2mm,不满足要求及时补压或修整。

3 大厚度水稳一体化摊铺成型质量控制要点

3.1 原材料质量控制

水泥质量控制:水泥进场时检查出厂合格证、质量检验报告,按批次抽样检验强度等级、凝结时间、安定性等指标。强度等级不符合要求、初凝时间小于3h或终凝时间大于6h的水泥,禁止用于工程。

集料质量控制:严格控制集料颗粒级配、含泥量、针片状颗粒含量。通过筛分试验检测颗粒级配,含泥量试验检测含泥量,游标卡尺检测针片状颗粒含量。集料含泥量需小于1%,针片状颗粒含量小于15%,不符合标准的集料处理或更换。

水的质量要求:拌和用水定期检测酸碱度、氯离子含量等指标,pH值需在6-8之间,氯离子含量小于300mg/L,确保水质不影响水稳材料性能。

3.2 施工过程质量控制

混合料拌和质量控制:每小时检测一次混合料拌和均匀性,观察颜色、颗粒分布,确保无花白料、离析现象。实时监测水泥剂量、集料用量,水泥剂量偏差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,集料用量偏差控制在 $\pm 2\%$ 以内。

摊铺质量控制:利用厚度传感器、找平装置实时监测摊铺厚度、宽度、平整度和横坡度。摊铺宽度偏差控制在 $\pm 20\text{mm}$ 以

内,横坡度偏差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内,发现偏差及时调整摊铺机工作参数。

压实质量控制:碾压过程中密切观察是否出现推移、起皮、松散等现象。若出现推移,降低压路机行驶速度或减少振动频率;出现起皮,调整压路机碾压遍数或更换轮胎;出现松散,检查混合料含水量和级配,及时调整。

3.3 施工后质量检测与验收

外观质量检查:检查水稳层表面平整度、密实度,有无裂缝、坑槽等缺陷。表面应平整密实,无明显轮迹、裂缝,平整度偏差不超过5mm,不符合要求的及时处理。

内在质量检测:采用钻芯取样进行无侧限抗压强度试验,每2000m²取3个芯样,强度需达到设计要求;利用雷达检测或钻芯测量厚度,厚度偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内;使用3m直尺或平整度仪检测平整度,平整度均方差小于1.5mm。

验收标准与方法:依据《公路路面基层施工技术细则》(JTG/TF20-2015)和设计要求制定验收标准。对水稳层进行全面检测,各项指标合格后,组织相关单位进行验收评定。

4 工程案例

4.1 工程概况

济青高速中线潍坊至青岛段工程全长130.2公里,设计时速120km/h,双向六车道。其中K20+000-K30+000路段采用大厚度水稳一体化摊铺成型技术,水稳层设计厚度36cm,分一层摊铺成型。该路段水稳层结构设计参数如下表1所示:

表1 济青高速中线K20+000-K30+000段水稳层结构设计参数

项目	参数值	技术标准
设计厚度	36cm	一次性摊铺成型
水泥剂量	4.5%	JTG/T F20-2015《公路路面基层施工技术细则》
集料级配	骨架密实型	符合表2级配范围
最佳含水率	5.6%	重型击实试验确定
最大干密度	2.38g/cm ³	重型击实试验确定
7天无侧限抗压强度	$\geq 4.5\text{MPa}$	设计要求

4.2 施工过程与技术应用

施工过程:混合料拌和采用WDB600型强制式搅拌机,严格按设计配合比配料,电子计量装置控制配料精度,搅拌时间120s。运输选用25t自卸车,车厢密封,运输中覆盖篷布。摊铺使用ABG8620型摊铺机,摊铺速度2m/min,振捣频率60Hz,熨平板仰角2°。压路机组合为12t轻型钢轮压路机、22t重型振动压路机和30t胶轮压路机,按初压、复压、终压顺序碾压。

技术创新点:施工中应用智能监控系统,实时监测摊铺机摊

铺速度、振捣频率、压实度等参数,自动调整设备运行状态,提高施工自动化和精准度。混合料配合比设计中添加早强剂,缩短水稳层强度增长时间,加快施工进度。

4.3 质量检测与效果评价

质量检测数据:原材料检验显示,水泥、碎石、集料等指标均符合设计要求。施工中,混合料拌和均匀,水泥剂量偏差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内,集料用量偏差控制在 $\pm 1.5\%$ 以内。摊铺厚度偏差在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,平整度均方差为0.8mm,横坡度偏差为 $\pm 0.2\%$ 。完工后,钻芯取样无侧限抗压强度平均值为4.8MPa,大于设计强度4.5MPa;雷达检测厚度偏差在 $\pm 5\text{mm}$ 以内;平整度均方差为1.0mm,满足规范要求。

效果评价:与传统分层摊铺相比,该工程采用大厚度水稳一体化摊铺成型技术,施工工期缩短15天,人工成本降低20万元,设备租赁成本减少18万元。水稳层整体性和压实度均匀性显著提高,经测算,后期维护成本预计降低30%。实践验证了该技术的可行性和优势,但施工中发现智能监控系统对复杂环境适应性有待提高,设备维护成本相对较高。

5 结束语

大厚度水稳一体化摊铺成型技术凭借施工效率高、质量可靠、经济效益显著等优势,为公路基层施工提供了先进解决方案。通过对其技术原理、施工工艺、质量控制要点的研究,以及济青高速中线工程案例,表明该技术在公路工程中具有良好的应用前景。未来,需进一步优化施工工艺,完善智能监控系统,提高设备稳定性,降低成本,以推动该技术在公路建设中更广泛应用。

[参考文献]

- [1]张翼飞.沥青混凝土心墙与路面摊铺质量实时监控研究[D].天津大学,2020.
- [2]李涛.高速公路大厚度水稳一体化摊铺成型技术分析[J].黑龙江交通科技,2020,43(03):70-71.
- [3]王强.水稳基层大厚度摊铺工艺在高速公路中的应用[J].工程建设与设计,2020,(24):189-191.
- [4]赵伟.摊铺机与压路机协同作业参数优化[J].筑路机械与施工机械化,2023,40(04):56-61.

作者简介:

冉贤锐(1999--),男,汉族,四川省人,大专,职称:二级建造师,研究方向:道路与桥梁。