

公路工程水稳（底）基层超大厚度摊铺施工工艺的研究与应用

陈赞赞

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]传统公路工程路面施工技术工艺要求道路路面水泥稳定粒料（底）基层的施工厚度一般要求碾压成型后摊铺厚度宜不小于160mm，最大摊铺厚度不大于200mm；对于与时俱进的工程施工领域已不能满足施工要求，结合新疆国道579项目以及乌奎高速互通项目的施工过程，通过机械改良、设计优化、技术优化等技术手段，改良出适合超大厚度（>30cm）水泥稳定土（底）基层整体摊铺的施工技术，该技术主要采用超大摊铺厚度、抗水稳级配离析、高震动振捣功率的水稳摊铺机摊铺，大吨位、高振幅、高震频震动进口压路机压实，大型灌砂筒（f200mm）压实度检测，采用薄膜+土工布覆盖+洒水养生7~10天，取芯检验整体性等一系列施工过程，开展超大厚度水稳的一次摊铺施工；通过施工过程不断优化施工工艺，改良施工技术，提高施工质量。

[关键词]公路工程；水稳（底）基层；超大厚度；32cm；f200mm大型灌砂筒

DOI: 10.33142/ec.v7i8.12987

中图分类号: U45

文献标识码: A

Research and Application of Construction Technology for Super Thick Paving of Water Stable (Bottom) Base Layer in Highway Engineering

CHEN Zanzan

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Traditional highway engineering pavement construction technology requires that the construction thickness of the cement stabilized aggregate (bottom) base layer of the road surface generally requires that the paving thickness after rolling should not be less than 160mm, and the maximum paving thickness should not exceed 200mm; For the advanced engineering construction field that no longer meets the construction requirements, combined with the construction process of Xinjiang National Highway 579 Project and the Wukui Expressway Interchange Project, through mechanical improvement, design optimization, technical optimization and other technical means, the construction technology suitable for the overall paving of ultra thick (>30cm) cement stabilized soil (bottom) base layer is improved. This technology mainly uses a water stabilized paver with ultra thick paving thickness, anti water stable gradation segregation, and high vibration vibration vibration power for paving. The imported roller with large tonnage, high amplitude, and high vibration frequency is used for compaction, and the compaction degree of the large sand filling cylinder (f200mm) is tested. The film+geotextile cover+watering and curing are used for 7~10 days, and the core is taken. Conduct a series of construction processes such as checking the integrity, and carry out a one-time paving construction with super thick water stability; Continuously optimize construction techniques, improve construction techniques, and enhance construction quality through the construction process.

Keywords: highway engineering; water stable (bottom) base layer; extra thick; 32cm; f200mm large sand filling cylinder

引言

随着工程施工领域机械设备的不断升级改造，传统的施工工艺已无法满足工程施工的要求，水稳（底）基层的施工技术需进行优化及改良。传统的施工技术工艺及施工技术规范要求：水泥稳定粒料（底）基层摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于160mm，最大厚度宜不大于200mm；对于本项目公路道路水稳（底）基层厚度32cm厚水泥（底）基层应分为两层（单层160mm）摊铺。但施工完成后32cm（底）基层两层之间摊铺容易因层间连接不好，上下两层之间各自形成单独结构层板体影响路面结构层工程质量，同时增加路面工程整体施工工期及施工措施费用。结合新疆G579项目以及屯坪路与乌奎高速互通立交项目施工研究出适合超大厚度（>30cm）

水泥稳定土（底）基层整体摊铺的施工技术，该技术主要采用超大厚度、抗离析、大功率摊铺机摊铺，大吨位震动压路机压实，大型灌砂筒（f200mm）压实度检测，养生7~10天取芯检验整体性等一系列施工过程，进行超大厚度（>30cm）水稳的一次摊铺、碾压、养护等施工。采用该工艺施工避免层间结合不好，增强基层整体强度、加快施工工期、减少机械成本及养生费用。

1 技术特点

超大厚度水泥稳定粒料（底）基层摊铺是指在基层（或底基层）在整体道路结构层中的厚度大于300mm时采用超大厚度一次性摊铺成型施工工艺进行施工，与传统施工工艺相比存在诸多优点：

（1）与传统施工工艺相比，可以减少分层摊铺时层

间结合不好的质量隐患；

(2) 与传统施工工艺相比，大厚度摊铺可以大幅提高施工速度，在一定程度上节约工期明显；

(3) 与传统施工工艺相比，因大厚度摊铺减少了分层摊铺养生以及层间结合的投入，从而降低施工成本。

2 适用范围

超大厚度水稳(底)基层摊铺施工工艺可以适用于所有厚度大于 30cm 的公路工程水泥稳定粒料(水稳稳定土)基层、底基层的施工。

3 工艺原理

采用超大厚度(大于 30cm)水泥稳定粒料摊铺设计的大功率摊铺机进行摊铺，同时选用大吨位(一般自重应在 25t 以上)压路机进行压实，施工过程中采用大型灌砂筒(f200mm)进行压实度检测，通过覆盖、洒水、养生至 7 到 10 天，对水稳基层进行取芯检验整体性。

4 施工工艺流程及操作要点

4.1 施工工艺流程

施工准备→测量放样→清扫下承层(路床、底基层)顶面→拌和水稳粒料(土)混合料→水稳粒料(土)混合料运输→水稳粒料(土)混合料摊铺→水稳粒料(土)混合料碾压→(底)基层养生

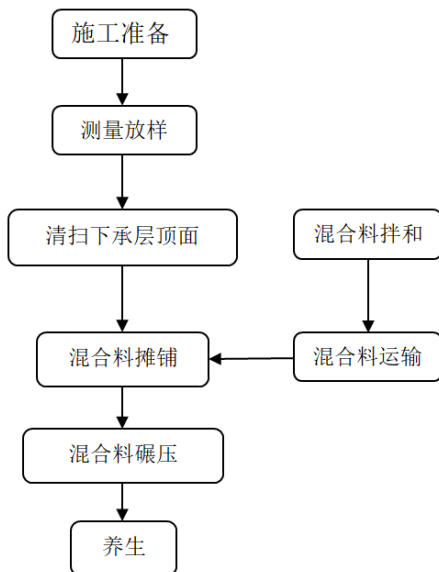


图 1 水稳(底)基层大厚度摊铺施工工艺流程图

4.2 操作要点

4.2.1 施工准备

根据工程施工技术规范、工程质量验收规范以及设计文件等相关要求，水稳(底)基层施工前，对下承层(路基顶、底基层)压实度、平整度、弯沉、宽度、标高、横坡及边坡等检测指标进行复测和全面检测指标及外观检查验收，其各项试验检查指标均应符合本项目施工图设计、现行技术规范以及验收规范要求。

4.2.2 测量放样

根据道路平面设计曲线参数恢复下承层道路中线，并根据道路中线以及(底)基层在两侧路肩边缘完位置放置控制桩，然后根据水稳基层(底)基层铺筑厚度进行水平高程控制测量，在两侧控制桩上挂好钢绞线标出水稳稳定(底)基层顶面的标高(该标高应包含水稳(底)基层松铺系数及摊铺机超声波找平仪预留的施工控制高度)。

4.2.3 清扫下承层顶面

将道路路床顶(或底基层)等下承层顶面清扫干净，使下承层表面无浮土、无杂物，保持下承层表面洁净，并采用水车洒水使下承层表面湿润，有利用水稳料于下承层之间的层间结合。

4.2.4 拌和混合料

水稳拌合站配置 1 台 WCB800 型搅拌机，单机生产能力计算： $800t/h \times 80\% \times 8 = 5120t/2.3t/m^3$ ，生产能力满足工期要求；每台拌和设备都装有电子称，对各种材料进行准确计量，拌和时根据实际情况调整各个料斗的开度，保证混合料配合比满足设计要求，试验人员要定期检查混合料中的各种材料的比例，含水量等指标，发现问题及时反馈给操作工以便及时找出问题进行调整。

4.2.5 混合料运输

水稳混合料采用自卸式装载汽车进行拌合站以及施工现场的混合料的运输工作，在混合料运输过程中保证运输车辆厢体以及车厢顶部密封完好，并根据新疆特色的炎热干燥的天气气候、拌合站到摊铺现场的运距以及施工现场的摊铺速度等情况，采用有效的覆盖措施、保水手段，防止水稳混合料中的水分蒸发或遭雨淋。自卸式装载汽车应空档停在混合料摊铺机前，让混合料摊铺机推着自卸式装载汽车行走、卸料，防止因倒车导致自卸式装载汽车撞击混合料摊铺机。

4.2.6 混合料摊铺

按照预先拟定的施工工艺进行优化后的专项施工方案，对库拜玉项目 32cm 的水稳基层进行超大厚度一次性摊铺碾压成型，为防止摊铺过程中水稳混合料骨料、沙石离析和避免道路基层表面出现纵向施工接缝，超大厚度水稳基层摊铺所用设备应采用专门设计的超大厚度水稳混合料摊铺机一台，对(底)基层一次超大厚度性摊铺成型的技术方法施工，混合料摊铺速度控制在 1.0~3.0m/min 之间；混合料摊铺开始前，提前调整好摊铺机熨平板下面的高度调整垫木，使垫木高度同摊铺后松铺层表面标高一致，松铺层表面标高等于钢丝线标高扣除摊铺机超声波找平仪预留的施工控制高度。

4.2.7 混合料碾压

碾压按照初压、复压和终压依次进行的顺序碾压方式；水稳(底)基层碾压作业采用道路宽度范围内全幅进行碾压，碾压过程要做到碾压均匀、不漏压，并做到道路各部位碾压遍数应相同，道路两侧边坡应适当增加压路机碾压的遍数，施工过程中在大型压路机无法到达、无法碾压的

局部地方，可以采用小型压路机后打夯机压实（夯实）。

4.2.8 施工缝处理

每日的水泥稳定粒料（土）混合料在摊铺，建议连续不间断作业，尽力减少施工接缝；如因社会原因、机械故障等因素水稳混合料摊铺中断时间超过 2h 的规定，则应及时提起摊铺机，在提摊铺机的位置设横向施工缝。水泥稳定基层摊铺施工过程中，当天施工完毕后，与次日施工的接头断面应设置垂直道路方向的竖向的横向施工缝；横向施工缝无论哪种均应保持同路面车道中心线垂直设置，同时接缝断面还应是竖向垂直的平面。

当日或该段水稳（底）基层施工完毕后，混合料摊铺机驶离混合料末端时，应安排辅助工采用爬犁等工具将该段（底）基层混合料修整整齐，紧靠端部的混合料应固定两根具有一定强度的方木，方木设置的高度与（底）基层混合料碾压后的压实厚度相同，修整整齐靠近方木的水稳混合料，并采用压路机将水稳混合料碾压密实。

次日在后续段落开始摊铺水稳混合料之前，将碎石和设置方木除去，并将路床、（底）基层等下承层顶面打扫清除干净。后退混合料摊铺机至已施工压实水稳（底）基层的端部，组织人员及机械后重新开展水稳混合料的摊铺。

施工组织部署过程中应尽量避免纵向施工接缝。如因特色原因不能避免必须设置纵向施工接缝的情况下，纵向施工接缝必须采用竖向垂直相接的方式，严禁采用斜接。

接缝尾料处理。接缝在机械配合人工铲除符合规定要求后，接缝尾料统一运到指定废料堆放区处理，严禁堆放在路肩带和中央分隔带位置，符合标准化和节能环保要求。

4.2.9 养生

在水稳（底）基层碾压施工完毕后，采用洒水车（底）基层顶面浇水并用塑料薄膜加两布一膜土工布覆盖的方式进行养生，养生时间 7~10 天，水稳（底）基层的整个养生期间应始终保持（底）基层顶面湿润，并早中晚定时安排洒水车进行浇水养生，并且每天浇水养护的次数视当天温度气候条件而定，养护期间应采用封闭交通的方式进行养护。

5 材料与设备

5.1 材料

本工法主要工程材料如下表：

表 1 主要工程材料

序号	材料名称	规格	材料含量 (%)
1	水泥	普硅缓凝 42.5 水泥	4.5
2	骨料	0-5mm	32
3	骨料	3-5mm	14
4	骨料	5-10mm	12
5	骨料	10-20mm	18
6	骨料	20-30mm	24
7	水	饮用水	4.5

5.2 设备

本工法采用的机械设备配置如下表：

表 2 主要机械设备

序号	设备名称	规格型号	数量	技术状况	技术指标
1	稳定土厂拌设备	山东宇洋 800t/h 双拌缸	1 台	完好	实际生产能力为 500t/h
2	装载机	柳工 50L	3 台	良好	
3	摊铺机	三一 SSP100C-8	2 台	良好	功率 170kW、最大摊铺厚度 50cm、标准摊铺宽度 10m、
4	双钢轮	宝马格 BW205	1 台	良好	功率 100kW、工作重量 15t
5	单钢轮压路机	宝马格 BW226	2 台	良好	功率 150kW、工作重量 26t
6	胶轮压路机	科泰 306	1 台	良好	功率 140kW、工作重量 30t
7	自卸车	陕汽德龙 3000	25 辆	良好	
8	洒水车	喷洒车 20m³	2 辆	良好	

6 质量控制

6.1 工程质量控制标准

6.1.1 基本要求

①碎石应符合设计和施工规范要求，并根据当地料源选择质坚干净的粒料。

②水泥用量和碎石级配按设计控制准确。

③水泥稳定粒料摊铺过程中，应采取有效的技术措施，以消除水泥稳定粒料在摊铺过程中发生的骨料、砂砾料等离析现象。

④水泥稳定（底）基层在碾压时，应保证混合料含水量保持在混合料最佳含水量±2%范围内，采用重型震动压路机将水泥稳定混合料碾压至设计及规范要求的压实度；水泥稳定类混和料从拌合站加水拌和开始到摊铺、碾压终了的全过程时间不得超过 3~4 小时，并应不大于水泥的终凝时间。

⑤水泥稳定混合料终了碾压完成并检查合格后应立即洒水并覆盖薄膜加两布一膜土工布进行养生，（底）基层养生应封闭交通，其他要求应符合规范要求。

⑥水泥稳定砂砾施工时在现场按规定频率取样，按预定达到的压实度制备试件。每 2000 或每工作班制备一组试件，试验段不少于 2 组。

6.1.2 水稳（底）基层施工

水稳（底）基层施工质量执行《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTGF 801—2017）。水稳基层施工技术要求如表 3 所列。

表 3 水稳基层施工技术要求表

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
			基层	
			高速公路、一级公路	
1▷	压实度 (%)	代表值	≥98	每 200m 测 2 点
		极值	≥94	
2	平整度 (mm)		≤8	3m 直尺: 每 200m 测 2 处×5 尺
3	纵断高程 (mm)		+5, -10	水准仪: 每 200m 测 2 个断面
4	宽度 (mm)		满足设计要求	尺量: 每 200m 测 4 点
5▷	厚度 (mm)	代表值	-8	每 200m 测 2 点
		合格值	-10	
6	横坡 (%)		±0.3	水准仪: 每 200m 测 2 个断面
7▷	强度 (MPa)		满足设计要求	7 天无侧限抗压强度

6.2 质量保证措施

超大厚度水泥稳定粒料基层的压实度、平整度及防止混合料离析是质量控制的关键。

6.2.1 压实度控制

在水泥稳定(底)基层施工过程中,应严格按照项目(底)基层试验段总结确定的压实机械、机械组合、压实方法、压实遍数、最佳含水量进行(底)基层碾压,碾压完成后及时开展(底)基层压实度、水泥含量、级配配合比等指标进行检测,压实度检测方法可以采用 200mm 灌砂筒进行检测。

6.2.2 平整度控制

水泥稳定(底)基层碾压时应注意压实机械、机械组合、压实方法、压实遍数、最佳含水量等,压路机碾压时压路机轮幅应重叠半幅,避免压路机的主动胶轮重叠,避免出现水稳(底)基层出现横向推移,造成(底)基层表面纵沟。压路机停机前提前先停止震动,然后再缓慢停止压路机,压路机之间梯形错位停机,避免压路机停机时停在一条线,避免基层出现纵向推移,造成(底)基层表面形成横沟;水泥稳定料摊铺过程中要注意保证摊铺密实均匀度,保证螺旋料槽和刮板料槽满料,摊铺速度和振捣频率不可随意变动。

6.2.3 混合料离析控制

水泥混合料生产拌和时,采用可靠的拌合改进工艺,改良拌合机械设备的生产性避免混合料出现骨料离析现象。混合料摊铺采用先进的抗混合料离析的摊铺机械,并安排专人对摊铺设备机械性能进行监测。

6.2.4 施工注意事项

①按照施工工序对施工道路划分施工段落。

②施工现场安排专职试验员填写试验记录表格,表格必须为正式试验用表,现场记录填报无误后由监理工程师签字确认。

③已压实的(底)基层上禁止行车,封闭管理。

④为防止盐胀危害,阻断毛细水上升通道,基层摊铺前,应对路基填筑用风积沙含盐量严格控制,对风积沙填筑质量和填筑厚度进行严格控制。

7 安全措施

(1)作业人员必须经过培训考核合格后,方可准许进入现场操作,操作前应穿戴好安全帽、反光背心、手套等安全保护用品。

(2)工程作业的交通控制,按照《中华人民共和国道路交通安全法》的规定和要求设置各种警告、过渡、缓冲、作业、下游过渡区和终止区标志,现场工作人员要穿着安全作业服装,严禁越过安全作业区,确保交通车辆、施工人员的生命安全。

(3)按照本工程项目特点,制定本工程施工中的生产安全事故应急救援预案;如果发生安全事故,按照《国务院关于特大安全事故行政责任追究的规定》以及其他有关规定,及时上报有关部门,并坚持“四不放过”的原则,严肃处理相关责任人。

8 环保措施

环境保护是我国的一项基本国策,施工过程中与当地政府和环保部门联合协作,严格执行国家及地方有关环保法律法规,扎扎实实抓好环境保护工作,坚持“预防为主,综合防治,全面规划”原则,有针对性地采取措施。

(1)项目经理部、各类拌合站、工人驻地的设置尽量利用原有的场地,要最大限度地减少占地面积。

(2)施工生产过程中产生的污水、废弃物不能直接倒入当地的河道或沟塘,按当地环保部门的规定进行有计划地处理。

(3)施工车辆途经附近居民区严禁鸣笛,在夜间更应注意噪音干扰居民生活。

(4)施工住区及现场材料堆放合理整齐,工完场清。设备分类集中堆放,设备不整洁、安全性不够、滴、漏油设备严禁进入作业区。

(5)配备专门洒水车、平地机、压路机定时对施工便道洒水养护。

(6)严格遵守环保规定,定期检查施工的环保工作,并诚恳接受当地环保部门的监督、检查和指导。

9 资源节约

国道 579 线库车至拜城至玉尔滚公路(二期)工程***同段位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区;起点 ZK***+***为 G217 线拜城岔口平交,终点桩号 ZK***+***,路线长度为 22.9km。一级公路,工程造价 1.84 万元;32cm 水泥稳定土基层 32.14 万 m²;每万平方米水稳基层机械设备功率消耗量预计节约 700kw~900kw,本项目预计共节约机械设备功率消耗量总 25700kw,约节约柴油 1700 升。耗油量得到有效控制,对保护环境,节约不可再生资源,起到

了积极的作用。

10 效益分析

超大厚度铺筑的水稳(底)基层将形成一个整体的板块结构,相对于分层铺筑来说,其抗拉伸、抗冲击能力较强,可有效避免和推迟路面下沉、车辙、水损坏等常见病害,对提高公路路面质量、延长使用寿命有很大意义;同时大厚度摊铺可以提高生产率和降低施工成本,大厚度铺筑有其不容置疑的优点,尤其是对于一些工期要求比较紧的大型路面项目。现阶段我国对高速公路路面施工过程工序控制的要求均很严格,大厚度摊铺在分层摊铺、层间结合处理等方面的节约了大量的人员机械投入。

此工法施工速度快,较以前的施工工法节约了基层层间养护时间,节约施工时长及相关人工机械设备投入时间;经初步测算,本标段 32cm 水泥稳定基层 32.4 万 m²,采用此工法施工可节约层间结合费用、人工费、机械费及相关措施费共计约 27.6 万,经济效益显著。

11 应用实例

国道 579 线库车至拜城至玉尔滚公路(二期)工程***项目

由新疆北新路桥集团股份有限公司承建的国道 579 线库车至拜城至玉尔滚公路(二期)工程***同段位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区;起点 ZK***为 G217 线拜城岔口平交,终点桩号 ZK***0,路线长度为 22.9km。

一级公路,工程造价 1.84 万元;32cm 水泥稳定土基层 32.14 万 m²。水稳基层施工过程中采用了大厚度水稳基层施工工法,质量可靠,综合效益显著,为后续施工创造了良好的条件。

**路与乌奎高速互通立交项目

由新疆北新路桥集团股份有限公司承建的**路与乌奎高速互通立交项目采用异形双喇叭设计方案,将**路与 G30 乌奎高速主线连通,辅助车道 10 条,匝道总长 5892.229m;总面积 450 亩。高等级公路,工程造价 2.61 万元;厚 34cm 水泥稳定砂砾基层 22710 m²、厚 36cm 水泥稳定砂砾基层 17904 m²。水稳基层施工过程中采用了大厚度水稳基层施工工法,质量可靠,综合效益显著,为后续施工创造了良好的条件。

[参考文献]

- [1] 李骁. 公路水稳基层摊铺施工技术[J]. 交通世界, 2024(2): 160-163.
- [2] 张欢. 公路施工中水稳基层裂缝防治技术[J]. 交通世界, 2024(1): 46-48.
- [3] 蒋涛. 公路工程水稳碎石基层双层连铺施工要点[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(14): 69-71.

作者简介: 陈赞赞(1990.7—), 男, 洛阳理工学院; 土木工程专业; 新疆北新路桥集团股份有限公司, 项目技术

负责人兼岩土分公司工程管理部副部长, 工程师。