

大厚度(36cm)水泥稳定砂砾基层一次性摊铺施工技术质量控制研究

王晓鹏

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：针对风沙地区 36cm 大厚度水泥稳定砂砾基层一次性摊铺中压实均匀性不足、含水率波动及早龄期裂缝控制难度较大的问题，本文结合典型路面横断面结构和现场施工条件，分析了作业面处理、混合料摊铺、组合碾压及养生防护等关键技术，揭示了厚层基层施工中材料均质性、压实能量传递与边部约束之间的作用关系，提出了原材料、压实质量和裂缝病害的全过程控制措施。研究为风沙地区大厚度水泥稳定砂砾基层施工提供了技术参考。

【关键词】：水泥稳定砂砾；大厚度基层；一次性摊铺；压实质量；裂缝控制

DOI:10.12417/3083-5526.25.11.026

引言

随着沙漠地区公路建设规模持续扩大，风沙活动、昼夜温差及基层失水等环境因素对道路基层结构稳定性提出更高要求。水泥稳定砂砾基层材料承载力高、水稳定性好，可以良好地适应沙漠地区高温干旱的环境，因此也常被用于沙漠公路施工^[1]。相较传统分层施工工艺，36cm 大厚度基层一次性摊铺可减少层间施工间隔与接缝数量，但厚层结构内部压实均匀性、含水率控制、压实能量传递及早龄期裂缝抑制难度明显增加。基于此，本文结合风沙地区工程条件，对作业面预处理、混合料摊铺、碾压成型及全过程质量控制技术进行研究，为大厚度水泥稳定砂砾基层施工提供技术依据。

1 工程概况

本工程位于风沙活动较强路段，基层施工依托风积沙路基结构展开，路基横向设置 2.5m 砾类土包边，并设置硬路肩、拦水带及横向 PVC 排水管等排水与边部防护结构。路面结构下部设置 20cm 级配砂砾底基层，上部采用 36cm 水泥稳定砂砾基层一次性摊铺成型，形成适用于风沙地区公路的复合基层结构体系。为明确风沙地区路基边部约束、排水构造及基层结构层布置关系，典型路面横断面结构如图 1 所示。

该结构区别于常规 18~20cm 分层摊铺基层，单层厚度大、压实能量传递路径长，施工控制重点集中在松铺厚度、混合料均质性、竖向压实密实度、边部约束稳定性、钻芯完整性及基层顶面平整度。结合无机结合料稳定粒料基层施工控制要求，现场配置 WCB-800 水稳拌和站 1 套、DT2000 型 12m 全宽摊铺机 1 台、36t 单钢轮振动压路机 1 台、22t 单钢轮振动压路机 1 台、12t 双钢轮压路机 1 台、30t 胶轮压路机 1 台、28t 运输车 15 辆、10t 水车 1 辆、Z50 装载机 1 辆及土路肩滑模摊铺机 1 台，形成拌和、运输、摊铺、碾压、补水养生连续作业体系。试验段重点围绕 36cm 厚基层一次性摊铺条件下松铺系数确定、碾压遍数匹配、压实度检测、芯样成型质量、表面平整度及抗离析控制开展施工参数研究，为后续施工工艺优化提供现

场依据。

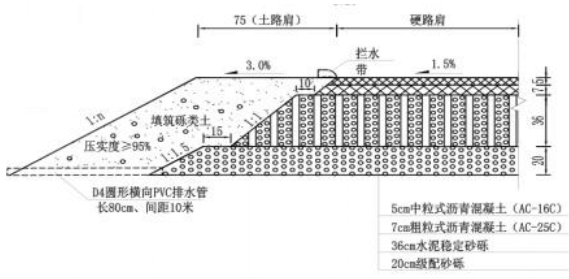


图 1 路面结构及路肩排水构造示意图

2 大厚度水泥稳砂砾基层一次性摊铺施工技术

2.1 作业面处理与基准控制

一次性摊铺前需把风积沙路基、2.5m 砾类土包边、级配砂砾底基层及边部排水防护结构作为连续承载体系进行复核，重点检查下承层压实度、纵断高程、横坡、宽度、边部线形、表层含水率及局部松散区^[2]。作业面清理应清除浮砂、松散颗粒、软弹夹层、离析砂窝及轮迹扰动区，局部低洼部位采用同类砾类材料找补整平，经平地机精平、轻型压路机稳压后形成均匀支界面。参照水泥稳定类基层施工控制研究，厚层摊铺基准宜采用钢丝绳、标高控制桩、横坡复核点联合控制，测点布设覆盖中线、轮迹带、边部及摊铺机熨平板拼接区，避免 36cm 结构层出现松铺厚度偏差累积。试验段松铺系数按 1.30 控制，36cm 设计压实厚度对应松铺厚度约 46.8cm，现场采用钢钎插测、挂线复核、自动找平系统联动校核。基层边缘受侧向约束不足影响，需同步校验砾类土包边密实状态、路肩边线顺直度及模板基准稳定性，为 12m 全宽摊铺、连续供料、抗离析布料及组合碾压提供几何基准。

2.2 混合料摊铺技术

混合料摊铺以厚层连续供料、等厚布料、低扰动成型为核心^[3]。水泥稳定砂砾宜采用厂拌法集中生产，拌和设备按目标级配、水泥剂量、施工含水率进行动态计量，含水率宜较最佳

含水率提高 0.5%~1.0%，用于抵消运输、卸料、摊铺阶段蒸发损失。运输车辆应覆盖篷布，按拌和时间、出场时间、到场时间建立台账，超过水泥初凝控制时限的混合料不得进入摊铺作业面。36cm 厚基层一次性摊铺采用 DT2000 型大功率履带式摊铺机进行整幅摊铺施工，熨平板拼装宽度与设计基层宽度匹配，螺旋布料器高度、料位传感器、夯锤频率、振捣幅值应在试验段标定后固定，避免厚层摊铺过程中出现中部堆料、边部亏料、粗细集料离析。松铺厚度根据试验段压实系数反算确定，经试验段数据计算得出，36cm 大厚度摊铺的松铺系数确定为 1.30，施工中应严格以此系数指导松铺厚度控制，并结合钢钎插测及挂线进行复核。

摊铺速度宜控制在 1.0~1.5m/min，供料能力需高于摊铺消耗量，料斗内混合料保持连续翻动，禁止摊铺机长时间停顿、频繁收斗、人工大面积补料。纵向基准采用钢丝绳或平衡梁控制，横坡采用自动找平系统联动调整；边部区域采用人工辅助整形，及时剔除超粒径骨料、干硬料团、灰条料带，保证厚层混合料上下均质、横断面饱满、表面粗细均匀，为后续高能量碾压提供稳定初始结构。

2.3 碾压成型技术

碾压成型采用“稳压定型、强振密实、弱振复压、静压收面”的厚层压实路径。36cm 水泥稳定砂砾单层摊铺后，混合料内部孔隙率大、骨架嵌挤调整时间短，碾压设备宜配置双钢轮振动压路机、重型单钢轮振动压路机、胶轮压路机组合施工。初压紧跟摊铺机进行，压路机由低处向高处、由边部向中部推进，行走速度宜控制在 1.5~1.8km/h，轮迹重叠 1/2 轮宽，禁止急停、急转、原地振动。复压阶段采用重型振动碾压形成主压实能，振动频率宜控制在 28~35Hz，振幅宜控制在 1.5~2.0mm，碾压速度宜控制在 1.8~2.2km/h，通过高频低幅向低频高幅过渡促使粗集料重新排列、细集料填隙、水泥浆体包裹骨架颗粒。厚层结构边部 20~30cm 范围受侧向约束不足影响，需采用先低频轻振后静压封边方式，必要时配置小型压实设备补压。

终压采用双钢轮静压消除轮迹、微裂纹、表面推移痕迹，表面不得出现拥包、松散、弹簧、泌浆。全部碾压作业需在水泥终凝前完成，压实终点以无明显轮迹、表面密实、边线顺直、高程稳定为判据；纵横向接头处预留阶梯形工作面，续铺前切除松散端部，洒水湿润后再摊铺新料，保证接缝区域骨料嵌锁、浆体连续、厚度一致^[4]。

2.4 机械组合方式

36cm 大厚度水泥稳定砂砾基层一次性摊铺对机械协同性及压实能量传递要求较高，机械组合需围绕厚度均匀性、抗离析与平整度控制进行配置。现场采用 WCB-800 水稳拌和站集中拌和，28t 运输车 15 辆连续供料，12m 全宽摊铺机实施整幅

摊铺，减少纵向接缝及供料波动引起的离析问题；Z50 装载机负责料仓调节与转运，土路肩滑模摊铺机同步完成边部成型。压实阶段采用“稳压—振压—揉压—终压”梯度机械组合方式，12t 双钢轮压路机稳压 2 遍，22t 单钢轮振动压路机弱振、强振各 1 遍，36t 单钢轮振动压路机弱振、强振各 1 遍，30t 胶轮压路机揉搓碾压 2 遍，最后 12t 双钢轮压路机静压收面 1 遍。各机械通过振动频率、行走速度及轮迹重叠宽度联动控制，降低厚层基层推移、波浪、边部欠压及表面离析风险，保证压实度、芯样完整性及基层顶面平整度满足施工要求。施工机械设备配置见表 1。

表 1 施工机械设备配置表

序号	名称	型号	数量	单位	设备状况
1	水稳拌和站	WCB-800	1	套	合格
2	12m 全宽摊铺机	DT2000	1	台	合格
3	单钢轮振动压路机	36t	1	台	合格
4	单钢轮振动压路机	22t	1	台	合格
5	双钢轮压路机	12t	1	台	合格
6	胶轮压路机	30t	1	台	合格
7	土路肩滑模摊铺机	/	1	台	合格
8	装载机	Z50	1	辆	合格
9	水车	10t	1	辆	合格
10	运输车	28t	15	辆	合格

3 大厚度水泥稳砂砾基层施工质量控制

原材料质量控制

原材料质量控制应围绕级配稳定性、胶结活性、含水率敏感性建立进场检验体系。砂砾集料需分档堆放、硬化场地储存、隔仓防混，粗集料压碎值、针片状含量、含泥量、泥块含量、有机质含量、软弱颗粒含量应按批次检测，最大粒径不宜超过 31.5mm，0.075mm 以下颗粒含量需严格限制，避免细料过量引起干缩敏感性增大。级配宜采用骨架密实型设计，重点控制 4.75mm、2.36mm、0.6mm、0.075mm 筛孔通过率，保证粗集料嵌挤骨架、细集料填充孔隙、结合料浆体均匀包裹。水泥宜选用普通硅酸盐水泥或道路硅酸盐水泥，强度等级、安定性、凝结时间、比表面积、烧失量需满足无机结合料稳定材料技术要求，初凝时间应适应拌和、运输、摊铺、碾压连续作业窗口。

施工用水不得含有影响水泥水化的油类、酸碱盐类及有机杂质^[5]。混合料生产前需完成击实试验、无侧限抗压强度试验、

水泥剂量滴定试验,确定最佳含水率、最大干密度、设计水泥剂量及施工允许波动范围。拌和站计量系统应定期标定,水泥剂量偏差、集料含水率波动、冷料仓供料稳定性需动态校核,保证36cm厚层结构内部水泥分布均匀、级配连续、含水状态一致。

4 施工质量控制评价

施工质量控制效果分析应以实测指标离散性、厚层密实均衡性、结构尺寸吻合度作为评价对象。检测结果需围绕压实度、厚度、高程、横坡、平整度、含水率、水泥剂量、7d无侧限抗压强度建立指标矩阵,采用单点判定、区段统计、变异系数分析相结合的方法识别质量波动特征。36cm厚基层一次性摊铺后,压实度检测不宜仅依据表层密度值判断,应结合钻芯完整性、芯样侧壁密实状态、层底骨料嵌挤形态进行综合评估;厚度检测应重点核查边部、接缝、摊铺机熨平板拼接区,防止松铺厚度误差转化为结构厚度偏差。平整度评价宜结合3m直尺、连续式平整度仪、纵断高程复测数据,分析摊铺停顿、供料波动、碾压推移对表面成型质量的影响。

从质量控制过程看,原材料级配连续性、水泥剂量稳定性、

施工含水率匹配度对强度离散程度影响显著;压实工艺参数、碾压时效、边部侧限条件直接决定厚层基层竖向密实均匀性。若无侧限抗压强度代表值满足设计要求,压实度合格率保持稳定,厚度偏差集中在允许范围,芯样成型完整且无明显夹层、松散、离析界面,可判定一次性摊铺工艺参数具有适配性。裂缝观测应记录裂缝出现时间、分布间距、走向、宽度、贯通深度及与施工缝、边部、风沙暴露面的关系,结合养生湿度、昼夜温差、风速条件分析诱因。该类评价不宜停留于合格率描述,应进一步揭示厚层摊铺条件下材料均质性、压实能量传递、早龄期收缩约束之间的耦合关系,为同类基层施工参数修正提供依据。

5 结论

36cm水泥稳定砂砾基层一次性摊铺可减少分层施工带来的接缝和工序间隔,但对松铺厚度、含水率、摊铺连续性和碾压能量提出了更高要求。施工中应以试验段参数为依据,合理控制松铺系数、摊铺速度和9遍压实工艺,并把边部约束、排水构造和覆盖养生纳入质量控制体系。后续类似工程可进一步结合实测压实度、芯样完整性、强度变化和裂缝发展情况,完善厚层基层施工参数评价方法。

参考文献:

- [1] 王首绪,胡杨子彦,赵娜.基于改进SSA-BP算法的沙漠公路造价预测研究[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2025,22(04):184-193.
- [2] 赵文.高速公路水泥稳定砂砾基层施工关键技术分析[J].交通世界,2024,(Z2):185-187.
- [3] 牛慧成.水泥稳定砂砾基层性能及病害处治技术研究[J].工程建设与设计,2025,(14):162-164.
- [4] 来建新.水泥稳定大粒径砂砾基层材料的设计及施工技术研究[J].交通世界,2024,(23):86-88.
- [5] 孙祥龄.水泥稳定砂砾抗压强度影响因素分析[J].交通世界,2024,(08):44-46.