

公路工程施工中冲击碾压技术的应用分析

郭静静

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：冲击碾压技术的使用可以将设备机械动能、势能转化为冲击力，不断向路基施加间歇性撞击力，在公路工程施工中展现出卓越性能。推进公路工程施工中冲击碾压技术的应用，有效增强路基强度和稳定性，是提升公路工程安全性和整体质量的重要技术手段。文章以具体的工程案例为研究对象，根据工程高填路堤补强要求设计冲击碾压技术方案，重点阐述了冲击碾压技术在施工准备、测量放线、排水与地基处理、冲击碾压工序设计等方面的应用，争取达到最佳施工效果。

关键词：冲击碾压技术；公路工程；施工应用

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.008

引言

公路工程产品支撑路面交通荷载，其质量直接影响通行安全和效率，传统路基施工常用振动碾压技术提升力学性能与整体结构的稳定性，这类技术手段在处理复杂路基条件方面效率较低，无法满足大规模公路工程的建设要求。冲击碾压技术能够不断向路基施加间歇性撞击力，能实现对路基基地的连续冲击，产生的冲击波能深入土层，也能有效提升路基表面的密实度和稳定性，具有较为理想的压实效果。对公路工程施工中冲击碾压技术的应用进行分析，对于增强地基稳定性，满足公路工程高质量建设要求有着重要作用。

1 工程概况

南疆某某高速公路改扩建工程穿越软土及丘陵地貌，全长 76.52km，宽度为双向四车道，原路基服役超 15 年，存在显著差异沉降与结构损伤。地质勘察发现软土层分布深度 2~8m，压缩模量 2~4MPa。为消除软土地基、不良岩土层对公路施工产生的影响，确保路基基底在清除表土后充分压实，采取路基拼接工艺采用台阶式拼接。此外，施工区域存在大量老旧路段，长期使用、养护不足导致路面具有大量裂缝和结构老化问题，地基承载力低，部分区域路面出现明显的凹陷和破损，影响公路出行质量和行车舒适度。为了保障公路施工稳定以及公路的长期使用，制定高填路堤补强方案，选择冲击碾压技术作为本工程地基碾压的核心技术。

2 工程高填路堤补强设计

2.1 冲击碾压补强

冲击碾压技术是使用重型压路机通过振动等动态冲击力压实地基的技术手段，在提高土体压实度、公路承载力方面发挥着重要作用。高填路堤补强是一种分层夯实的路基施工方式，填料选用石质土、砂性土、砾类

土等粗粒土材料。为了达到标准地基压实度，工程选取多条试验路段确定冲击碾压技术补强处理的各项参数和指标设计，单条试验路段长度为 500~800m。冲击碾压补强的重点在于对区域内路基拼接的压实处理，纵向分层碾压、横向覆盖碾压，要求每次碾压作业都能独立运作，碾压路径保持相对独立。路床范围的压实度处理要求最高，应保障单路段碾压作业次数在 20 次以上。冲击补强应注重与公路构造物的适配效果，避免冲击力过大影响地基整体稳定性。

2.2 强夯补强

对部分路段破损程度较大，连续长度在 100m 以内的路堤选用冲击碾压搭配强夯补强的方式处理。路床设计标高 30cm 处为标准，每隔 3.5m 强夯一次，单次夯击动能应在 1000kN 以上，连续两次夯击沉降控制在 100mm 以内。单次夯击技术后判断沉降差是否满足标准施工要求，对沉降差超过 50mm 的路段进行冲击碾压，需要注重构筑物与路段之间的相对距离，冲击碾压位置应距离构筑物 30m 以上，避免强夯对构筑物产生不利影响，单次夯击结束后使用平地机推平处理^[1]。

2.3 土工格栅

本工程高填路堤补强设计方案中除了地基碾压补强技术，也在距离路床顶部两个相间部分额外设置两层土工格栅，避免冲击碾压过程导致地基产生不均匀沉降，这也是本工程用以保障路基结构整体稳定性的关键措施之一。使用 U 型钢筋拼接土工格栅，每块 U 型钢筋的间距与格栅间距正相关，能够有效保障公路基本结构稳定性，避免冲击碾压对公路底层构造产生影响。

3 冲击碾压技术的具体应用

3.1 施工准备与标准确定

冲击碾压施工前严格落实各项准备工作，包括材料

准备、作业设备配置、场地预处理几方面。材料准备方面,选择适配本工程的主要材料为路基填土,依据设计强度和密实度指标选择冲击碾压的填料,包括石质土、砂性土、砾类土等粗粒土材料。施工前对材料进行多方面的检测,包括含泥量、含水量和材料整体密度,确保填料粒径最小粒径保持在标准区间内。淤泥、腐殖土等液限大于50%,塑性指数小于26%的细粒土不能直接用于路堤填料,本工程最小承载比指标见表1。

表1 路基填料 CBR 要求

路基部位	路床底面以下深度 (m)	CBR	
		二级公路	一级公路
上路层	0~0.3	6	8
上路堤	0.8~1.5	3	5
下路堤	1.5 以下	2	4
下路床	0.3~0.8	4	6

严格按照施工方案要求和标准施工要求选用冲压

表2 冲击碾压技术要求

序号	项目	技术要求	参考规范文件
1	地基处理	压实度 95%以上	《建筑地基基础设计规范》GB-50007-2011
2	测量放线	全站仪与 GPS 系统检测, 偏差在 2mm 以内	《工程测量规范》GB-50026-2007
3	冲击碾压设备	冲击力需达到 3000~5000kN/m ²	《公路路基施工技术规范》JTG/T3610-2019
4	效果评价	产品投入使用后评价平整度和耐久性	《公路工程质量检验评定标准》JTG-F80/1-2017

3.2 测量放线

初始阶段选用高精度全站仪和 GPS 系统对施工场地进行初始测量,测量放线需要结合前期勘察数据规范开展,避免定位失误。基准点选择在公路两端的固定位置,确定基准线后,按照基准线位置依次布设。测量校准严格按照施工方案预设流程推进,组织多次测量校准,计算多次测量平均值,明确基准点坐标后记录并放线。根据每个路段的实际情况和施工条件调整间距,明确间距精度,要求测量放线的偏差控制在 2mm 以内,在路段每层控制桩之间设置中间桩,桩体之间配置激光测距仪测量精度,中间桩间距为 11m~13m,由施工技术人员携带电子水准仪测量中间桩高度,随后进行放线测量。测量操作过程中严格按照基准线和中间桩的位置组织放线,放线过程中使用全站仪跟进测量,测量期间能够明确施工区域中心线和边界线的位置并做好标注。使用测量工具跟进放线,放线的位置应具体、标识要清晰,严格按照施工图纸标准和技术标准进行放线,并开展动态的校核工作^[2]。完成以上操作后使用全站仪重新测量各个桩点的坐标和标高,并实现测量值与标准值的横向

机设备和压路机设备,本工程选择双钢轮振动压路机、单钢轮振动压路机以及冲压机作为主要碾压设备,在设备正式入场前全面检查设备性能和规格,确保设备正常运转,要求设备压实力度、振动频率、设备重量满足施工图纸设计标准。除冲压机、压路机等主要设备外,根据施工实际情况搭配其他辅助设备,根据施工方案和设计标准构建设备使用体系,使用路基弯沉仪、压实度检测仪器等设备检验设备。为保障冲击碾压的最终质量,在施工前需要对施工现场进行预处理,彻底清除施工现场的各类障碍物和杂物,避免影响设备进场和后续使用。铲除施工区域内的杂草、清除过硬土块,保障场地平整并对路基进行初步修整,避免施工现场存在显著凹陷、凸起问题,使施工区域表面平坦、结构相对稳定,具体的施工技术要求及标准见表2。

对比,在发现误差或偏差时结合实际区域进行调整和矫正。

3.3 排水与地基处理

为了降低地下水位,避免冲击碾压过程与地下水产生接触,采用水平排水和竖向排水结合的方法进行排水处理,控制可能出现的地基沉降问题。根据设计图纸要求,设置排水管和排水沟,其中施工路段两侧布置深 1.8m、宽 0.5m 的排水沟,在排水沟内每间隔 10m 布置 150mm 直径的排水管,排水管统一连接到检查井,提高排水效率。竖向排水采用 PVD 排水板,排水板长度与施工区域不良地基深度相关,要求能够插入软土层底部增强排水的有效性。施工时使用插板机这一设备,按照预设流程和标注位置,将排水板垂直插入地基,要求排水板的插入位置精准没有产生明显的形变情况。排水板顶部直接连接排水沟并组织多次排水测试,工程整体排水系统测试情况见表3,可以发现所有测试点的排水效果较为良好,能确保公路整体施工区域没有明显积水,为后续施工提供保障。

表2 排水系统测试结果

测试项目	测试点位	初始水位 (m)	排水时间 (min)	排水后水位 (m)	排水速率 (m ³ /min)	备注
排水管	X1	1.48	12.9	0.64	0.024	排水通畅
	X2	1.59	16.5	0.61	0.020	排水通畅
	X3	1.63	11.3	0.73	0.035	排水通畅
排水沟	Y1	1.32	12.1	0.56	0.032	排水通畅
	Y2	1.67	12.8	0.32	0.029	排水通畅

排水措施布置完全后对地基进行清表处理,清除施工区域表层的垃圾以及各类杂物,加强地基处理效果。

本工程使用挖掘机搭配推土机设备的方式对地基进行全方位处理,对障碍物和杂物进行处理后组织后续施工。

由于工程内部存在大量软土地基，在表面杂物处理完毕后，需要处理表层软土和不良地基的显露部分，具体方法为砂垫层+碎石垫层的换填处理，设计厚度为 50cm^[3]。换填时选取分层铺设方案，每层铺设厚度不得超过 20cm。在冲击碾压施工前对软土地基部分进行预压处理，使用砂带铺设搭配压路机设备加速地基固结。为避免砂袋和地基土体直接接触，在预处理过程中在地基表面部分铺设一层土工布，从一端逐层铺设到另一端，每层厚度控制在 30cm~50cm 区间，直至达到设计高度。预压过程中使用高精度水准仪设置沉降观测点，观察地基施工部分的沉降情况和固结效果，动态调整压实方案，满足施工质量要求。

3.4 冲击碾压

冲击碾压技术作为一种综合性技术手段，涉及工序较多。为了增强工程地基稳定性和地基承载力，需要根据施工区域的土层情况、地基情况选用相关的碾压设备，包括压路机和冲击碾压机。冲击碾压机冲击力、滚筒规格、设备质量和碾压速度与施工图纸保持一致，严格控制施工前的设备检验与校核。尤其是冲击碾压设备这一关键设备，应组织全方位的质量检查与维护更新，根据施工情况明确操作步骤，具体为：

(1) 初次碾压。根据测量放线的标注位置向前碾压，初次碾压速度、冲击频率略微放缓，确保碾压到位。碾压起始位置应根据放线情况确定，本工程选定为公路左侧边界线 0.5~0.8m 的位置，这一位置能确保冲击碾压设备覆盖整个公路区域。在碾压的过程中动态跟进偏差检测，避免出现偏离预定路线的情况，确保碾压范围和碾压速度的合理、精确。

(2) 二次碾压。在初次碾压完成后，立即组织开展二次碾压。此次碾压区别于初次碾压，从右侧边界线 0.5m 处开展，按照测量放线的标准直线前行，碾压过程中确保设备外侧保持在边界线控制范围内，要求二次碾压过程与初次碾压位置保持一定重叠，避免出现碾压遗漏的问题。

(3) 三次碾压。初次和二次碾压部分完成后，组织开展三次碾压作业，要求与前两次碾压路径略微错开并保持一定的重叠部分，能够保障后续的碾压稳定性和碾压效果。

(4) 后续重复碾压。根据地基实际情况评判碾压效果，对部分未达到标准的地基部分进行多次碾压，碾压次数控制在 6~10 次区间，每次碾压完毕后评估碾压效果，评估指标主要为路基压实度和平整度，使用变形模量测试仪实时监测地基压实度与变形情况，每次碾压后确保压实度能达到设计标准。

(5) 碾压检测。冲击碾压作业结束后进行全路段

检测，检测指标包括路基承载力、压实度和平整度，本工程选择使用 HWD 设备检测路段的压实度和承载力。检测作业期间，将整个路段划分为 5 个检测区并布置测点，碾压结束后立即组织压实度检测并做好全程记录，横向对比路段检测指标和检测数据，确保碾压作业能满足施工质量要求。每个监测点压实数据实时记录，用于后续的方案补充与参考，能够较为有效地比较各类数据。承载力检测方法主要为重型落锤试验方法，在选定的测量区域内组织承载力测试，用以明确区域内的所有承载力数据，比较分析确保地基满足使用要求。施工过程中需要严格按照技术规范操作，确保地基承载力能够满足公路工程整体建设要求，所有检测数据和分析结果必须全过程记录，这类数据可用于后续质量保证、技术文件的重要依据^[5]。结合试验路段的冲碾数据，要求路基单段冲碾应至少保证 20 次，在进行分层冲击碾压时可以进行不同层级的宽度控制，在压实度测量时应确保路层压实度保持在 95% 以上，对于未达到标准的路段重新碾压，直至满足施工标准。

4 结束语

综上所述，冲击碾压技术是现代公路工程的重要技术组成部分，在提升路基压实度、路基强度、路基均匀性方面有着重要作用。通过高频率、大能量的冲击碾压，能有效提升地基压实度、平整度和稳定性，在老旧道路结构强化方面也有显著效果。在多次冲击碾压和实时监测的基础上，为公路工程的稳定施工、老旧路段的稳定控制奠定基础，也能有效控制路段裂缝和沉降等病害问题。在冲击碾压技术使用期间，结合现场条件科学设计施工方案，选择合适的机械设备，明确常见的施工问题，把控每个细节做好问题控制，确保路基强度能够达到设计标准，为公路工程的高质量可持续发展提供充分条件。

参考文献

- [1] 周大鹏. 冲击碾压技术在公路工程高填方路基施工中的应用研究 [J]. 现代工程科技, 2025, 4(17): 137-140.
- [2] 郑霞芳. 路基回填拖式冲击碾压技术在市政道路中的应用研究 [J]. 建筑与预算, 2024, (10): 76-78. DOI: 10.13993/j.cnki.jzyys.2024.10.026.
- [3] 张新胜, 李辉, 李吉元. 高速公路湿陷性黄土路基处治中冲击碾压技术的应用 [J]. 交通科技与管理, 2023, 4(19): 110-112.
- [4] 农坪裕. 高速公路路基施工中冲击碾压技术分析——以惠清高速公路项目为例 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(05): 1-4.
- [5] 何林. 高速公路路基施工中冲击碾压技术的应用研究 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(02): 58-59.