

公路路基压实度施工过程动态控制技术与应用研究

贺立强

宁夏华吉工程咨询有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 公路建设规模扩大与质量要求提高,使路基压实度成为保障工程质量的关键。本文分析材料特性、施工机械、工艺及环境等压实施工关键要素,介绍新型动态监测技术原理与架构,阐述基于监测数据的压实度预处理、分析及评估方法,提出针对性控制策略并配套安全管理措施。研究通过动态控制技术应用,为提升路基压实度施工质量控制水平提供理论与技术支撑,保障公路运行安全与耐久性。

关键词: 公路路基; 压实度; 动态监测技术; 控制策略

引言: 公路路基压实度直接关联公路使用寿命与行车安全,是公路建设质量的核心指标。路基压实施工受材料、机械、工艺、环境等多重因素综合影响,质量控制难度较大。传统压实度监测方法操作繁琐、耗时较长,数据代表性不足,无法及时反馈施工质量,难以适应当前施工快速推进与精准控制的需求。动态监测技术的发展为解决这一问题提供了有效路径,开展路基压实度施工过程动态控制技术研究,对提升施工质量、保障公路安全稳定运行具有重要意义。

1 公路路基压实度施工过程关键要素分析

1.1 材料特性

公路路基压实度受材料特性影响显著,不同类型土质的物理力学性质差异直接决定压实效果。黏性土因颗粒细小且黏聚力强,在压实过程中需严格控制含水量。当含水量处于最佳范围时,土颗粒间的润滑作用增强,颗粒易于重新排列,压实度可达到较高水平;若含水量过低,土颗粒间摩擦力大,难以压实;含水量过高则易形成弹簧土,同样影响压实度^[1]。砂性土颗粒较粗,透水性好,压实过程中对含水量要求相对较低,但颗粒级配的均匀性对压实度影响较大。级配良好的砂性土,粗细颗粒相互填充,压实后孔隙率小,压实度高;反之,级配不良的砂性土压实度难以保证。碎石土由碎石与细粒土组成,碎石的粒径、形状及含量对压实度有重要影响。碎石粒径过大,在压实过程中不易被细粒土填充,易形成架空结构,降低压实度;碎石含量过高,细粒土不足,同样难以达到理想的压实效果。

1.2 施工机械

各类压实机械的工作原理与性能特点不同,对压实度的作用效果也存在差异。静力压路机依靠自身重量对土体产生静压力,使土体颗粒被压密,适用于压实黏性土等塑性较好的土质,一般自身重量在10-20吨,但对砂

性土等透水性好的土质压实效果有限。振动压路机通过振动轮的激振力,使土体颗粒产生振动,克服颗粒间的摩擦力和黏聚力,重新排列达到密实状态,对砂性土、碎石土等压实效果显著,激振力一般在200-500千牛。轮胎压路机通过轮胎的揉压作用,使土体颗粒在压力和揉搓力的共同作用下达到密实,对黏性土和沥青混合料的压实有独特优势,轮胎数量通常在6-10个。机械参数如压实轮宽度影响压实覆盖面积,一般在2-3米;激振力大小决定压实能量;行驶速度则影响压实时间与压实均匀性,一般行驶速度在2-5千米/小时,合理调整这些参数可有效提高压实度。

1.3 施工工艺

施工工艺环节对压实度影响不容忽视。分层填筑厚度需根据土质和压实机械性能确定,填筑过厚,压实能量难以穿透整个填筑层,导致下部压实度不足,一般分层填筑厚度控制在20-30厘米;填筑过薄,则增加施工成本和工期。碾压顺序一般遵循先边缘后中间、先轻后重的原则,先碾压边缘可防止土体向外挤出,先轻后重能逐步增加压实度。碾压遍数需根据土质和压实度要求确定,对于黏性土,碾压遍数一般在5-8遍;对于砂性土,碾压遍数一般在4-6遍,遍数过少,压实度不达标;遍数过多,可能造成土体结构破坏,反而降低压实度。不同施工工艺组合下,压实度变化规律复杂,需通过试验确定最佳工艺参数。

1.4 环境因素

施工期间环境条件对压实过程及压实度有重要影响。温度升高,土体水分蒸发加快,含水量降低,若未及时调整,可能影响压实度;温度过低,土体冻结,难以压实。湿度变化影响土体含水量,进而影响压实度。降雨会使土体含水量急剧增加,形成弹簧土,严重影响压实质量。在施工过程中,需密切关注环境条件变化,

采取相应措施,如调整含水量、选择合适施工时间等,确保压实度满足要求。

2 公路路基压实度施工过程动态监测技术

2.1 传统监测方法局限

当前公路路基压实度检测中,灌砂法、环刀法、核子密度仪法等传统方法应用较为广泛。灌砂法通过测定灌入试坑砂的质量来计算压实度,检测过程需人工挖坑、灌砂、称重,操作繁琐且耗时较长,完成一次检测一般需要30-60分钟,难以满足施工快速推进的需求。环刀法利用环刀取土样测定密度,虽操作相对简单,但取样数量有限,一般一次检测取3-5个样,数据代表性不足,且同样无法实时获取压实度信息。核子密度仪法利用放射性元素测量土体密度,检测速度有所提升,完成一次检测约需5-10分钟,但设备成本高,一台设备价格在10-20万元,且存在辐射安全风险,检测周期也难以做到实时连续。这些传统方法共同存在的检测周期长问题,导致施工过程无法及时根据压实度情况调整工艺参数,数据离散性大则使得检测结果难以准确反映整体压实状况,无法为施工质量控制提供及时有效的支撑。

2.2 新型动态监测技术原理

随着物联网、传感器技术、无线通信技术的飞速发展,新型动态监测技术应运而生。实时监测压实度传感器安装在压实机械上,能随机械作业同步感知土体压实过程中的物理量变化,如振动频率一般在20-50赫兹、加速度一般在5-15米/秒²等,通过内置算法将这些物理量转换为压实度数据。智能压实监测系统整合多种传感器数据,借助无线通信模块将数据实时传输至终端平台,实现对压实度全过程连续、精准监测。这种技术突破了传统方法的时间与空间限制,可随时掌握压实度动态变化,为施工调整提供即时依据。

2.3 监测系统架构设计

公路路基压实度施工过程动态监测系统总体架构涵盖多个关键部分。传感器选型需综合考虑监测精度、环境适应性等因素,确保能准确捕捉压实过程信息。布置方面,根据压实区域特点合理分布传感器,一般每隔5-10米布置一个传感器,保证数据全面性^[2]。数据采集与传输模块负责将传感器采集的数据快速、稳定传输至数据处理中心,采用高速无线通信技术保障数据传输效率,数据传输速率一般在1-10兆比特/秒。数据处理与分析平台对接收的数据进行深度挖掘,生成直观的压实度分布图与变化曲线,为施工决策提供科学参考。

2.4 监测数据精度与可靠性保障

为提高监测数据精度与可靠性,需采取一系列措

施。传感器校准是基础工作,定期校准可消除设备误差,保证测量准确性,一般每1-2个月进行一次校准。数据滤波处理能去除噪声干扰,提取有效信号,提升数据质量,采用常见的滤波算法如均值滤波、中值滤波等。异常数据识别与修正算法可自动检测并修正错误数据,避免因个别异常数据影响整体分析结果,为后续数据分析和控制决策筑牢准确依据。

3 基于动态监测数据的压实度分析与评估方法

3.1 数据预处理

在公路路基压实度动态监测过程中,采集到的原始数据往往夹杂着诸多干扰信息。这些干扰可能源于监测设备的精度误差、施工环境的复杂多变以及数据传输过程中的噪声等。为了提高数据质量,为后续分析提供可靠基础,需对原始监测数据进行一系列预处理操作。数据清洗能剔除数据中的明显错误值和异常值,确保数据的合理性;去噪处理可进一步消除数据中的随机噪声,使数据更加平滑;归一化操作则将不同量纲的数据统一到相同范围,便于后续算法的处理与比较。通过这些预处理步骤,有效去除干扰信息,提升数据质量,为精准分析压实度奠定基础。

3.2 压实度实时分析模型

基于动态监测所获取的信息,构建压实度实时分析模型极为关键。借助时间序列分析算法,能够深入挖掘压实度随时间变化的内在规律,从而对后续发展趋势做出预测。机器学习算法可对大量历史情况展开学习,自动识别压实过程中复杂多样的模式与特征,进而对压实度变化进行精准分析,像支持向量机、神经网络等都是常用的算法类型。利用这些分析算法,模型可以实时监测压实度的动态状况,及时察觉压实过程中出现的异常变动,比如压实度突然下降或者上升等情况,为施工人员提供及时警报,方便他们迅速调整施工参数,以此确保压实质量。

3.3 压实度评估指标体系

构建科学合理的公路路基压实度评估指标体系是全面评价压实质量的关键。该体系需综合考虑多方面因素,压实度均匀性反映不同位置压实度的一致程度,一般通过计算不同位置压实度的标准差来衡量,标准差越小,均匀性越好;稳定性体现压实度随时间或施工进程的变化情况,可通过观察压实度在一段时间内的波动范围来评估;与目标值的偏差则直接衡量实际压实度是否达到设计要求,一般设计压实度在90-95之间,偏差绝对值越小越好。通过综合考量这些因素,制定相应的评估标准与方法,能够全面、客观地评价压实度质量,为施

工质量控制提供有力依据。

3.4 压实度质量等级划分

依据评估指标体系,将公路路基压实度质量划分为不同等级。不同等级对应不同的质量标准与要求,清晰地界定压实质量的优劣程度。这种等级划分方式为施工质量控制和验收提供了直观、便捷的依据。施工人员可根据等级划分结果,及时调整施工工艺与参数,确保压实质量达到相应等级标准;验收人员也能依据等级划分,快速判断路基压实质量是否合格,提高验收效率与准确性。

4 路基压实控制过程安全管理方案及措施

4.1 运输车辆安全管理

公路路基压实施工中,运输车辆承担材料运输重任,安全管理不容忽视。严格把控车辆准入标准,进入现场车辆须有合法证件与安全检验合格标志,保证性能良好,关键部件正常运行^[3]。对驾驶员严格培训考核,使其熟悉现场道路和交通规则,掌握应对突发情况技能。现场设置明显交通指示和限速标识,规定车速不超15千米/小时,合理安排行驶路线,避免交叉拥堵。定期维护保养车辆,检查轮胎、刹车等,排除隐患,保障运输环节平稳有序。

4.2 碾压机械安全管控

碾压机械是压实施工核心设备,安全运行关乎施工质量与人员安全。投入使用前全面安全检查,涵盖外观、发动机、传动及液压系统等。操作人员须持证上岗,熟悉操作规程和安全事项,严格按手册操作。启动和停止按规定程序进行,碾压时观察周围环境,确保碾压区域无人员和障碍物。合理控制碾压速度和遍数,定期保养维护,更换磨损零部件,确保机械稳定高效作业。

4.3 施工现场人员安全防护

现场人员众多,做好安全防护是保障施工安全重要环节。为人员配备安全帽、安全鞋、反光背心等防护用品,要求正确佩戴使用。设置安全警示标志和隔离设施,划分施工区域。定期开展安全教育培训,提高人员安全意识和自我保护能力,培训内容包括安全规章制度、事故预防措施、应急救援知识等。安排专人巡查,

纠正违规行为,建立应急预案,定期演练,提升人员应急处置能力。

4.4 安全管理制度与监督

健全安全管理制度是保障施工安全的基础。制定安全生产责任制,明确各级人员安全职责,将责任落实到个人。建立安全检查制度,定期全面检查,包括设备、人员、环境安全等方面,及时消除隐患,跟踪整改情况。加强安全监督,设立专门机构或配备人员,全程监督施工过程,严肃处理违规行为。通过制度与监督双管齐下,筑牢施工安全防线。

4.5 环境安全保障措施

施工环境的安全也对路基压实施工有着重要影响。在施工现场周边设置围挡,防止无关人员和车辆进入,减少外界因素对施工的干扰。对施工现场的临时用电进行规范管理,采用三相五线制供电系统,设置漏电保护装置,确保用电安全。在施工现场设置消防设施,如灭火器、消防栓等,并定期进行检查和维护,保证消防设施的完好有效。同时,关注施工过程中的环境保护,采取有效的防尘、降噪、废水处理等措施,减少施工对周边环境的影响,营造安全、健康的施工环境。

结束语

公路路基压实度施工过程动态控制技术,依托实时监测与数据分析实现施工精准指导。关键要素分析为技术应用奠定基础,动态监测体系突破传统方法局限,配套控制策略与安全管理措施形成完整管控体系。该技术有效提升压实质量,保障施工效率与成本控制,推动施工管理向智能化与精细化转型,为公路建设质量提升筑牢基础,在公路工程领域具备广泛应用价值与推广前景。

参考文献

- [1]孙义.连续压实控制在公路路基施工中的应用[J].交通世界(上旬刊),2022(4):23-25.
- [2]姜湘平.高速公路路基压实均匀性控制技术研究[J].工程机械与维修,2023(5):192-194.
- [3]周致富.公路高填方段土石混合路基不同压实措施的对比分析[J].交通世界,2025(4):129-131.