

基于碾压工艺的沥青路面压实度自动检测技术研究

陈承宇 梁葱葱

广西创新建筑工程质量检测咨询有限公司，广西 南宁 530000

[摘要]随着道路建设规模的持续扩大，沥青路面施工质量对于道路的耐久性以及行车安全而言显得极为关键。压实度作为评价路面施工质量的一项重要指标，当下主要借助人工取样以及核心试验来获取相关数据，这种做法存在着效率较低且滞后性较强的问题。近些年来，基于碾压工艺的自动检测技术逐渐开始投入使用，其能够通过实时采集路面的振动、应力以及密实度等一系列信号，达成对压实状态的动态监测效果，进而提升检测工作的效率与精度。不过就目前的情况来看，系统集成方面、传感器布局安排以及信号处理的方法都还有待进一步的优化，所以还需要展开更多的研究工作，以此来提高该技术的实际应用价值以及可靠性程度。

[关键词]碾压工艺；沥青路面；压实度自动检测技术

DOI: 10.33142/ect.v3i9.17850

中图分类号: TU535

文献标识码: A

Research on Automatic Detection Technology of Asphalt Pavement Compaction Degree Based on Rolling Process

CHEN Chengyu, LIANG Congcong

Guangxi Innovation Construction Engineering Quality Inspection Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the continuous expansion of road construction scale, the quality of asphalt pavement construction is crucial for the durability and driving safety of roads. Compaction degree, as an important indicator for evaluating the quality of road construction, currently mainly relies on manual sampling and core testing to obtain relevant data. This approach has the problems of low efficiency and strong lag. In recent years, automatic detection technology based on rolling technology has gradually begun to be put into use. It can achieve dynamic monitoring of compaction status by real-time collection of a series of signals such as road vibration, stress, and compactness, thereby improving the efficiency and accuracy of detection work. However, based on the current situation, further optimization is needed in terms of system integration, sensor layout arrangement, and signal processing methods. Therefore, more research work is needed to improve the practical application value and reliability of this technology.

Keywords: rolling process; asphalt pavement; automatic detection technology for compaction degree

引言

在当代的道路建设进程里，沥青路面已然成为城市以及高速公路交通极为关键的承载构造，其施工品质的好坏，直接牵涉到道路的使用期限、安全状况以及行车时的舒适程度。路面压实度属于衡量沥青路面施工质量的关键指标当中的一个，优质的压实情况，一方面能够提升路面的承载能力以及耐久特性，另一方面也能够有效地降低诸如车辙、裂缝以及松散这类早期病害出现的可能性。不过，传统的压实度检测办法主要是依靠人工去取样并且开展相关试验，如此一来，其检测所花费的周期较长，工作效率也比较低下，并且没有办法实时地反映出施工进程中路面的实际压实状况，因而难以给施工参数的优化给予及时有效的指导。伴随着碾压工艺以及智能化施工技术的不断发展，自动化压实度检测技术渐渐地变成了提升施工质量控制水准的一项重要途径。依据碾压工艺而构建的自动检测系统，能够借助传感器实时地收集振动、应力还有位移等一系列物理信号，与此再联合数据处理以及控制算法，达成对路面压实状态的动态化监测以及相应评价，从而为碾

压施工的过程给出科学且可操控的反馈信息。虽说在压实度自动检测技术这块领域，国内外已经积累了一定的研究成果，然而在系统集成、信号处理的方式、施工参数优化以及工程应用的适应性等方面，依旧存在着一些欠缺之处。针对这样的情况，此项研究着重于通过构建依据碾压工艺而来的沥青路面压实度自动检测系统，深入剖析碾压工艺参数对于压实效果所产生的影响，同时对系统的精度、稳定性以及适用性加以验证，并且提出有关施工工艺优化的相关策略，期望能够助力提升路面施工的质量，延长道路的使用寿命，推动智能化施工技术的应用发展，进而为其提供相应的理论依据以及技术方面的有力支撑。

1 压实度自动检测技术原理

1.1 自动检测技术分类

压实度检测技术主要分为传统方法和新兴自动化技术两类。传统方法包括灌砂法、环刀法、核子密度仪法和钻芯法等，其中灌砂法通过量砂置换原理测定体积，适用于各类土质，是公路工程的标准方法；环刀法适用于黏性土或粉土样本的密度测定；核子密度仪法利用伽马射线透

射原理，实现快速无损检测；钻芯法则通过取芯直接测量沥青混合料或基层的密度。新兴自动化技术以智能化和实时监测为特点，包括智能压实技术，通过压路机传感器实时反馈振动值和温度；连续压实控制，利用振动传感器监测压实均匀性；探地雷达采用非破坏性电磁波分析材料密实度；激光扫描和三维成像技术通过高精度表面扫描反演压实质量；物联网技术结合无线传输和云平台，实现施工全过程实时监控。

1.2 传感器及信号处理原理

在沥青路面压实度自动检测技术里，传感器以及信号处理系统属于达成高精度且实时监测的关键环节^[1]。传感器可采集路面于碾压进程当中所产生的振动、应力、位移这类物理信号，而这些信号可体现路面材料的密实程度以及结构状况。常用的传感器涵盖了加速度传感器、压力传感器、位移传感器还有电磁或者雷达传感器等，其能够把物理量转变为可测的电信号。因为原始信号一般都会存在噪声以及环境干扰的情况，所以得借助信号处理技术来完成滤波、放大、特征提取以及数据融合等工作，进而获取到与压实度紧密相关的指标。

1.3 系统集成与控制策略

在沥青路面压实度自动检测系统当中，系统集成以及控制策略属于实现高效且智能化施工管理极为关键的一个环节。该系统一般是由传感器模块、数据采集并且处理模块、碾压机械控制模块还有信息显示以及反馈模块等部分组成的，借助各个模块相互之间的协同运作来达成对路面压实状态的实时监测以及控制这一目的。数据采集模块会把传感器所采集到的振动、压力以及位移信号加以处理并进行分析，进而生成能够用于评估压实度的相关指标，同时通过控制算法与碾压机械控制模块相互联动起来，以此实现对碾压速度、振动频率、轮载等诸多参数的实时调节操作。

2 压实度自动检测实验设计

2.1 实验材料与试件制备

在开展压实度自动检测相关的实验设计工作时，实验材料方面的选择情况以及试件的具体制备流程，这两者无疑属于极为关键的环节，它们对于实验所具备的科学性以及最终结果所能达成的可靠性而言，都有着举足轻重的影响。就本实验来讲，其选用的沥青混合料是严格按照相应的设计规范来进行配制操作的，该混合料主要包含沥青、水泥稳定碎石集料还有适量的矿粉等成分，通过这样的配制方式来切实保障材料的物理性能以及级配结构都能够契合实际施工时的各项要求。其中，沥青与集料之间的混合比例、拌合时的温度状况以及搅拌所持续的时间长度，全都得到了严格的把控，以此来尽可能地模拟出在实际施工条件之下的混合料实际状态^[2]。在试件制备这一环节，会采用标准模具来开展相关工作，这些模具一般呈现出圆

柱形或者板块形的模样，其具体的尺寸大小以及厚度情况，都是依据实验设备的实际状况以及传感器布置方面的需求来加以确定的，与此同时还要确保每一个试件在压实度方面以及内部结构层面都能够在最大程度上保持一致的状态。

2.2 实验设备与系统搭建

在开展压实度自动检测相关实验的时候，如何恰当地选择实验设备以及怎样搭建起合适的系统，这二者可是决定实验数据是否具备准确性以及是否易于操作的关键所在。就本实验而言，其运用了诸如高精度振动传感器、压力传感器还有位移传感器等各式各样的检测元件，这些元件能够实时地把沥青试件在被碾压期间所发生的振动情况、应力状况以及密实度方面的变化信号都采集起来。与此还专门配备了数据采集与处理方面的模块，以此来针对传感器所输出的那些原始信号展开滤波处理、放大操作以及特征提取等工作。在系统搭建这件事情上，需要把传感器依照合理的方式布置到试件的各个关键部位，如此一来便能获取到具有代表性的压实状态相关信息。并且要借助高速数据传输接口来和计算机控制平台建立连接，进而达成数据的实时采集以及可视化呈现的效果。碾压机械或者模拟压实装置得和控制模块相互联动起来，凭借反馈控制策略去对碾压速度、轮载以及振动频率等做出实时的调节，从而模拟出实际施工条件之下的压实工艺情况。

2.3 实验方案与参数设置

在开展压实度自动检测相关的实验设计工作时，实验方案如何去制定以及各项参数要怎样设置，这两者是直接跟实验结果是否具备科学性还有可比性挂钩的。本次实验方案把模拟实际碾压施工的过程当作目标来设定，运用多组沥青试件展开对比实验，全面且细致地去剖析不同碾压工艺参数给压实效果所带来的影响情况。在实验当中所设置的参数主要涵盖了碾压速度、碾压轮荷载、振动频率、压实时的温度以及碾压次数等这些方面，每一个参数都是依据工程实际操作情况以及相关规范的要求来合理地确定其数值的，并且会借助单因素或者多因素组合实验的方式来进行把控，从而能够确保实验具备一定的全面性以及很强的针对性^[3]。为了让数据可以具备可重复性的特点，在每一组实验里都会在相同的条件之下开展多次重复性的测试操作，与此同时还会对试件做好编号以及标识方面的处理工作，如此一来便能够方便后续去进行对比分析的操作了。

2.4 数据采集与处理方法

在开展压实度自动检测相关实验的时候，数据采集以及后续的处理方法无疑是关乎实验结果准确性以及能否具备可分析性的重要环节。在实验具体实施进程中，事先布置于试件那些关键部位的振动传感器、压力传感器还有位移传感器会实时去采集碾压操作过程当中所产生的各

类动态信号,这里面就涵盖了像路面振动幅值这样的情况,另外还有应力方面的变化以及密实度所发生的种种变化等等这些物理量。所采集到的这些原始信号会经由高速数据采集模块传送到计算机处理平台这边来,在此之后便要先开展预处理工作了,预处理所涉及的内容包含了滤波操作、去除噪声干扰的操作、对信号进行放大的操作以及归一化处理等一系列操作,其目的就在于要把环境方面存在的干扰以及仪器自身可能出现的误差都给消除掉。接着,便会借助时域分析的方法、频域分析的方法以及小波变换这类方法来对信号的各项特征予以提取,进而去计算那些和压实度存在关联性的各项指标,像是密实度曲线、压实均匀性系数还有动态响应参数等等这些。与此还会把传感器所获取的数据跟碾压工艺参数相互结合起来,通过数据融合的方式以及借助统计分析手段来达成对压实效果展开定量评估的目的,并且针对其中出现的异常数据也会进行相应的筛选以及校正操作,以此来确保数据能够具备可靠性以及一致性。

3 实验结果与分析

3.1 压实度检测数据分析

在开展压实度自动检测相关实验期间,针对所采集到的压实度数据展开系统的分析工作,这无疑属于评估实验实际成效以及验证检测技术是否具备可靠性的关键环节所在。实验数据在初步获取之后,会先经过预处理以及滤波等一系列操作,如此一来便能够将其中存在的噪声以及异常值给剔除掉。接着依据不同的碾压工艺参数,对这些数据加以分类与整理,进而形成压实度随着碾压次数、轮载、振动频率以及温度等各项参数发生相应变化时的曲线图。借助对比分析的方式,可以较为清晰地察觉到在压实过程当中密实度的发展规律,这里面涵盖了初期呈现出快速增密的阶段、过渡期相对稳定的阶段,还有最终能够达成目标压实度的阶段。与此运用统计分析的相关方法,针对多组重复试验所获得的数据展开均值、标准差以及置信区间的计算工作,如此便能够对压实的均匀性以及试件之间的一致性予以量化呈现。从分析得出的结果来看,不同的碾压参数对于压实效果会产生较为显著的影响作用^[4]。比如说,适度的碾压轮荷载以及振动频率,在确保压实速度不受影响的情况下,还能够提升密实度的均匀性水平;然而倘若碾压参数过高的情况出现,或者偏低的情况存在,那么就极有可能引发压实不够均匀的状况,甚至还会致使试件表面出现损伤情况。

3.2 压实工艺优化建议

依据实验结果针对压实工艺展开分析,能够给出具有针对性的优化提议,以此来提升沥青路面施工的质量以及施工的效率。实验所得到的数据说明,碾压的速度、轮载、振动的频率还有碾压的次数,这些因素对于路面的压实度以及均匀性都有着颇为显著的影响。在这些因素当中,适

度的碾压轮荷载以及合理的振动频率,能够在确保压实速度得以维持的达成最佳的密实效果。过快的碾压速度又或者过高的轮载、过低的轮载,就比较容易致使压实出现不均的情况,甚至还会造成路面结构遭受损伤。所以,在实际开展施工作业的时候,需要依据路面材料的具体特性以及环境的实际条件,去合理地设定碾压速度、轮载以及振动的各项参数,并且要结合路面温度的变化情况,灵活地对压实策略做出调整。与此还应当采用分层压实的办法,同时配合多次复碾的操作方式,务必要让每一层的路面都能够符合设计所规定的密实度要求,进而促使整体路面的均匀性得以提升,延长其使用寿命。要是能够结合自动检测系统所反馈出来的实时数据,那么便可以达成对碾压过程的动态调整,针对那些压实不均的区域实施有针对性的补碾操作,如此一来便能够提高施工的精度以及质量的可控程度。

3.3 自动检测技术性能评价

在针对压实度自动检测技术展开的性能评定工作中,着重围绕着准确性、稳定性、实时性以及适应性等诸多方面来展开较为系统的综合剖析。经由相关实验所得到的结果清晰地说明了,该系统完全有能力在碾压作业开展的过程中,实时且有效地采集到路面振动、应力以及密实度变化等相关信号,并且还能够凭借对这些信号加以处理以及经过数据融合操作,进而生成出与实际的压实状态有着极高关联性的各项指标,其与传统的依靠人工来进行检测所获得的结果呈现出相当不错的一致性,由此充分彰显出了极为出色的检测准确性。与此该系统在面临不同试件以及处在不同的碾压参数条件之下,都能够很好地维持住数据采集工作的连续性以及稳定性,具备有效地去应对诸如振动、温度以及外界干扰等一系列因素的能力,从而切实保障了检测结果的可靠程度。就实时性来讲,自动检测系统能够在碾压作业实施的过程中,即时地将压实度相关信息予以反馈,进而能够为施工人员给予动态调整方面的有力依据,推动施工过程控制精度得以提升。

4 结语

此项研究专门围绕着基于碾压工艺的沥青路面压实度自动检测技术展开了较为系统的探究,并且还做了相应的实验来加以验证。经验证得出的结果显示,该检测技术是能够达成对路面压实实际状态进行实时且较为精确监测这一目的的,进而能够给施工进程给予科学层面的反馈信息以及决策方面的依据。借助实验所作的分析可以发现,不同的碾压工艺参数对于压实效果会产生颇为明显的影响,要是能对轮载、振动频率以及碾压速度做出合理的调整,那么便能够有效地提升路面的密实程度以及施工时的均匀特性。从整体的情况来讲,该自动检测技术一方面有益于提高沥青路面施工的质量以及延长其使用寿命,另一

方面也给智能化的道路施工以及施工工艺的优化给予了极为重要的技术方面的支撑,同时还为日后该技术的推广运用打下了相应的基础。

[参考文献]

- [1]李飞飞,段文虎,王德双.沥青路面施工关键工艺研究[J].中国新技术新产品,2024(20):81-83.
- [2]任勇.沥青路面压实度的检测与质量控制[J].交通建设与管理,2019(6):88-89.

[3]周合宽.沥青路面组合式碾压施工技术与工艺[J].筑路机械与施工机械化,2016,33(4):27-31.

[4]蔺凤宇.低温条件下提高改性沥青路面压实度的碾压工艺研究[J].天津建设科技,2016,26(2):74-75.

作者简介: 陈承宇 (1992.3—), 毕业院校: 桂林电子科技大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 广西创新建筑工程质量检测咨询有限公司, 职务: 工程师组长, 职称级别: 工程师。