

公路路基压实度的试验检测方法及优化策略

郭林青

山西路桥集团试验检测中心有限公司 山西 太原 030000

摘要：公路路基压实度作为保障道路稳定性与承载力的关键指标之一，检测方法与优化策略对于公路工程质量与效率有着至关重要的影响。文章对公路路基压实度检测的意义进行系统梳理，对传统压实度检测方法存在的局限性进行分析，论述核子密度仪法，落锤式压实度检测法以及非破坏性检测技术等压实度检测技术原理及应用。本研究提出一系列优化策略，包括比较和选择压实度检测方法、在压实度检测过程中进行质量控制，以及对压实度检测数据进行深入分析和应用。研究表明：选用适当检测方法、强化质量控制、对检测数据进行合理分析等措施能够有效地提高公路路基压实度、保障公路稳定性与安全性。本研究对公路工程施工与养护具有理论指导与实践参考作用。

关键词：路基压实度；试验检测方法；核子密度仪法；落锤式检测法；非破坏性检测

引言

公路是国家基础设施中非常重要的一部分，公路质量的好坏直接关系到公路的使用寿命以及行车安全。公路路基压实度对保证路基稳定性及承载力具有重要的意义。公路路基压实度检测方法对于检测结果准确性以及工程质量都有着至关重要的作用。目前常规检测压实度的方法有灌砂法和环刀法，这些方法虽操作方便，但是效率低下，易受人为主观因素影响。但是核子密度仪法和落锤式压实度检测法这些新技术尽管检测快速准确，在国内应用并不普遍。非破坏性检测技术用于压实度检测也有局限性。为此，文章将对公路路基压实度试验检测方法进行探究，并且提出相关优化策略，希望能够提升公路工程质量与效益。

1 公路路基压实度的紧要性

1.1 路基压实度对公路稳定性的影响

公路路基是否稳定，是保证公路正常使用，行车安全与否的基石。路基压实度对其承载能力及抗变形能力有直接影响。路基压实度不够时内部孔隙率大、土体密实度不高，会造成车辆荷载作用下易出现不均匀沉降，甚至会发生坍塌和滑移，极大地影响了公路稳定。低湿度路基受雨水渗透影响，易出现湿陷现象，路基承载能力进一步下降，加大了道路维护难度及费用。^[1]

路基压实度不均匀对公路稳定性也有显著影响。施工期路基压实度因受机械操作，材料供应和施工工艺的限制，常常很难达到完全平整。这种不均匀性将造成不同地区路基承载能力的差别，从而使车辆运行时支撑力不均，易出现裂缝，车辙等病害而影响道路稳定性及使用寿命。

1.2 路基压实度对公路承载力的影响

公路承载力就是公路在车辆荷载作用下能安全稳定承受荷载不受损伤的能力。高压实度路基为路面提供较好的承载能力，降低路面变形破坏的风险。路基压实度对材料的力学性能有着直接的影响。当压实度提高时，材料的密实度也随之增大，而其内部的孔隙率则减少，这导致材料的抗剪和抗压强度都得到相应的增强。有利于增强路基稳定性、减少车辆荷载产生的变形及裂缝；对于路面结构层的承载力亦具有显著影响。高压实度路基对路面结构层起到均匀稳定的支撑作用，减少路面的不均匀沉降及应力集中现象。有利于提高路面的使用寿命和维护成本。

实际施工中受施工条件，材料特性以及施工工艺的制约，路基压实度通常很难达到一个理想的状态。不均匀压实度将造成路基内部应力的不均匀分布，加大路面损坏的危险。低压实度路基受车辆荷载作用易产生变形与沉降，从而影响公路的承载能力与行车安全。所以提高路基的压实度对保证公路承载力有着十分重要的作用。优化施工工艺，选用适当压实设备与方法并在施工期间加强质量控制等措施能够有效地提升路基压实度进而提升公路承载力与使用寿命。

1.3 路基压实度对公路使用寿命的影响

公路使用寿命就是道路能达到设计要求并能保证行车安全而处于正常使用状态所需要的期限。^[2]高压实度路基稳定性，耐久性较好。受车辆荷载及自然环境因素的长期影响，高压实度路基能保持良好的结构完整性并降低裂缝，变形及沉降等病害的发生率。有利于延长道路的使用寿命，减少修复与重建的频次与费用；低压实度路基受车辆荷载及自然环境因素的影响，易产生损伤。不均匀压实度将造成路基内部应力的不均匀分布，加大

裂缝及变形的风险。低压适度路基水文地质条件差,易出现湿陷、翻浆等病害,对公路的使用寿命及行车安全造成严重的影响。

要想提高公路的使用寿命就必须从如下几方面入手:优化路基材料的选择与搭配。选用与当地气候、地质条件相适应的物质,并合理设置物质配比,才能提高路基的稳定性、耐久性;采用先进的施工工艺与装备。通过使用先进的施工工艺与装备,例如振动压路机与冲击压路机,能够有效地提升路基的压实度与密实度;强化建设过程的质量控制。通过严格的质量控制来保证路基压实度满足设计要求,以免由于施工质量问题而降低公路的使用寿命;定期对公路实施养护与维修。通过定期的维护与保养,对公路病害进行及时的发现与治理,提高公路的使用寿命。

2 公路路基压实度的试验检测方法

2.1 传统压实度检测方法概述

常规的压实度检测方法有灌砂法、水袋法、环刀法。这几种方法操作简便、成本低,但是也有检测效率不高,依赖环境条件等缺点。灌砂法是将标准砂注入压实土样内,并测定土样体积,推求土样密度。水袋法是在土样内灌注一定水量并测定体积变化,从而测定土样密度。环刀法是取定体积土样并测出土样的质量与体积,从而计算出密度。这几种方法尽管由来已久,但是在现代公路工程当中仍然有其实用价值。

2.2 核子密度仪法的原理与应用

核子密度仪法根据放射性原理检测压实度。这种方法是通过测定 γ 射线穿透土样的能力反演土样密度。核子密度仪方法的基本原理是用放射性同位素发出的 γ 射线作用于土样内原子核而引起散射、吸收等现象。 γ 射线在土样中传播时会随土样密度增大而衰减。测量土样经过时 γ 射线强度可推算土样密度。核子密度仪一般包括放射源、探测器、计数器、数据处理系统。^[3]

核子密度仪法主要有以下几个方面:在施工期间进行实时检测:核子密度法能够对路基压实度进行快速精确检测,实时反馈施工情况,保证施工质量;质量控制及验收:公路工程竣工后,用核子密度仪测试路基,评定工程质量,达到验收标准;养护及维修:公路运营期间,采用核子密度仪对路基压实度进行测试,找出可能出现的病害并及时养护维修。

核子密度仪法亦有局限性。鉴于其放射性特性,在使用时必须严格按照安全标准行事,确保不对人和环境带来伤害。核子密度仪造价比较昂贵,这可能会制约它在某些区域的推广使用。核子密度仪对于土样中湿度、

颗粒大小等都有着一定要求,这可能会影响到检测结果精度。

2.3 落锤式压实度检测法的原理与应用

落锤式压实度检测法作为一种有效的动态检测方法,核心是准确地控制有标准质量重锤从规定高度自由下落并对路基表面进行瞬时冲击。在这一过程中重锤回弹高度就成了评价路基压实状态好坏的一个关键标志,回弹高,说明路基压实度较高,否则需要强化压实。本方法不但操作简单快速,可显著缩短检测周期,且整个过程对路基结构无任何损伤,保证检测过程安全和环保,是公路路基快速检测必不可少的一种重要方法。

这种检测法其原理植根于能量守恒定律。重锤冲击路基表面后,它的动能转化为路基弹性势能和一部分热能。如果路基压实度越大,弹性模量也相应越大,重锤回弹的高度也就越大。通过实测重锤回弹高度间接地反映了路基压实度。实际使用时需要考虑的因素有很多,比如重锤的质量,落高以及路基材料的种类等。在试验中,要选择合适的重锤质量及落高以保证试验结果准确可靠。

2.4 非破坏性检测技术在压实度检测中的应用

非破坏性检测技术(Non-Destructive Testing, NDT)是一种无损检测手段,广泛应用于公路路基压实度检测。相对于传统的破坏性检测方法,非破坏性检测技术的优势在于其快速,成本低且不损伤路基结构。^[4]

常见的非破坏性检测技术有地质雷达法,电磁感应法和声波透射法。地质雷达法是利用雷达波在各种介质中传播的特点,通过对路基上雷达波传播时间、反射信号等进行分析来评价路基压实度。电磁感应法是通过检测路基内金属的电磁感应信号来评价路基的密度与湿度。声波透射法则是通过分析声波在路基中的传播速度和衰减特性,从而判断路基的压实度。

非破坏性检测技术可以对路基压实度进行快速准确的评价,从而为施工质量控制及养护管理奠定基础。该项技术降低了路基结构破坏程度,提高了公路使用寿命。另外,非破坏性检测方法可以与其他检测技术相结合,从而提高检测结果的准确度和可靠性。

2.5 压实度检测方法的优化策略

为了促进公路路基压实度检测精度和效率的提高,需要采用一系列的优化策略。^[5]下面从几方面提出优化措施,即选择合适的检测方法,并根据路基材料种类,施工工艺和检测目的选择最合适的压实度测试方法。对不同种类、不同构造的路基可以综合运用各种检测方法进行检测,以提高检测结果准确、可靠;加强试验过程

质量控制：压实度试验过程中要严格控制试验条件，例如重锤质量、落高、路基表面湿度及温度。定期对检测设备进行校准，以保证检测数据准确；合理分析测试数据：科学分析收集的压实度测试数据，确定路基压实度分布规律及趋势。数据分析有利于找出路基压实度不充分的地区，从而为施工调整及养护管理奠定了基础；先进检测技术的运用：积极引进并运用先进的压实度检测技术，例如非破坏性检测技术，智能化检测设备。这些技术促进了检测效率的提高，降低了人为因素对于检测结果造成的影响；强化人员培训与技能提升：提高检测人员专业素质与技能水平是促进压实度检测质量提高的重点。定期组织检测人员进行培训及技能考核，以保证对各类检测方法及设备的熟练操作。

3 公路路基压实度检测的优化策略

3.1 压实度检测方法的比较与选择

选择适宜的压实度检测方法，对保证公路路基质量与安全具有重要意义。尽管传统的压实度检测技术，如灌砂法和环刀法，操作起来相对简单，但它们也有其固有的缺陷，例如检测效率不高和对外部环境的高度敏感性。核子密度仪和落锤式压实度检测方法在检测效率和准确性上都表现出色，但它们的成本却相对较高。非破坏性的检测方法，如地质雷达和超声波检测，能够在不损害路基结构的前提下进行，但其技术标准相对较高。所以在实际工程中需结合工程特点，成本预算以及检测精度要求，对各检测方法进行优劣综合评价，筛选最合适的方法。

3.2 压实度检测过程中的质量控制

压实度检测中质量控制是保证检测结果精度的核心问题。检测人员需经过专业培训以保证其熟练的检测方法及操作流程。在进行检测时，我们必须严格监控各种条件，如温度、湿度等环境变量，并确保检测设备得到适当的校准和保养。还要制定严格的检测流程及记录制度，实时监测并记录检测过程，做到发现问题及时整改。对其进行有效质量控制能够提升检测结果准确性与可靠性，从

而为公路路基施工与养护提供精准数据支撑。

3.3 压实度检测数据的分析与应用

分析和应用压实度检测数据是提升公路路基压实度检测效果的核心步骤。需通过统计分析检测数据如计算平均值，标准差等统计量来评价路基压实度总体水平及分布特征。可通过对不同检测方法检测结果的比较分析来评价各方法的准确性与适用性。也可将检测数据应用于路基压实度的预测与评价中，从而为施工过程中的调整与优化奠定基础。在实践中，可通过检测数据同施工规范及设计要求相比较，及时处理并纠正不满足要求的地方，从而保证公路路基质量安全。

结束语

对公路路基压实度进行检测和优化，是保证道路工程质量至关重要的环节。通过对各种检测方法优缺点的比较与分析，揭示出公路路基压实度变化的诸多影响因素，以期对公路工程施工与养护提供理论指导与实践借鉴。国内外学者的研究表明：合理选用检测方法，加强质量控制和对检测数据进行科学分析是改善公路路基压实度行之有效的方法。通过选用适当检测方法、强化质量控制、对检测数据进行合理分析等措施能够有效提升公路路基压实程度，保障公路稳定安全。这对提升公路工程质量与效率有重大意义，同时对公路工程可持续发展有强大支持。

参考文献

- [1]郑绪瑀.公路路基压实度检测试验及结果分析[J].江西建材,2023(12):159-160.
- [2]孟海波.基于灌砂法的公路路基压实度试验检测应用[J].交通建设与管理,2022(1):96-97.
- [3]张海龙.探究公路工程路基压实度试验检测方法[J].文摘版:工程技术,2021(1):30-31.
- [4]罗红梅.公路路基压实度现场密度试验检测方法实践[J].交通科技与管理,2021(20):0233-0234.
- [5]王稳强.探究公路工程路基压实度试验检测方法[J].甘肃科技纵横,2021(5):48-50.