

# 公路路基压实度灌砂法检测常见误差来源与修正对策

赵伟岸

云浮市交通运输事务服务中心 广东 云浮 445300

**【摘要】**：灌砂法作为公路路基压实度检测的常用手段，在现场应用中经常受到多种因素干扰，导致检测结果出现偏差。研究围绕灌砂法检测过程中可能产生的误差来源展开分析，重点探讨仪器稳固性、操作步骤规范性、砂料密度稳定性以及开挖试坑形状控制等关键环节对检测准确性的影响。通过对典型误差机理进行归类，提出可操作性强的修正对策，包括优化试验流程、改进试坑成型方式、加强砂料校准管理与提升操作人员技术能力等措施。研究旨在提高灌砂法在路基质量评价中的精度与一致性，为现场检测提供具有实践价值的技术参考。

**【关键词】**：灌砂法；路基压实度；误差来源；检测精度；修正对策

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.002

## 引言

公路路基的压实质量直接关系到道路的承载能力与长期使用性能，因此对压实度的准确检测具有重要意义。灌砂法因操作简便、适应性强而在现场广泛使用，但该方法易受环境条件、人员操作、材料状态等多重因素影响，导致检测结果偏离真实压实状况。随着道路工程质量控制标准不断提高，灌砂法检测误差的识别与修正成为亟需研究的问题。明确误差来源并提出有效对策，有助于提升压实度检测的可靠性，为工程质量评估提供更有保障的方法基础。本研究即在此背景下展开分析，旨在为路基压实质量检测提供更加科学的技术支撑。

## 1 公路路基压实度检测技术的应用概况

随着道路交通建设规模不断扩大，压实度控制已成为质量监管体系中的核心指标。当前工程实践中形成了较为系统的检测技术体系，包括灌砂法、环刀法、核子密度湿度仪法、灌水法等多种手段，其中灌砂法因操作简便、适用性强、对土质影响小而被广泛采用。该方法通过测量试坑体积、结合砂的标准密度，实现土体原状密度的推算，为压实度评定提供可靠数据。

在实际施工管理中，压实度检测不仅用于评定施工质量，也承担着监控施工过程、验证施工工艺合理性、反映填料性能变化等多重作用。随着公路设计等级不断提高，对填筑材料质量的要求日益严格，压实度检测频次增加、检测精度需求提升，使得检测技术的规范化和稳定性显得尤为关键。同时，不同地区土质结构差异明显，水分敏感性、颗粒组成、压实特征曲线等条件会影响压实效果，促使现场检测手段必须具备良好的适应性。灌砂法作为其中应用广泛的一种检测技术，在黏性土、粉质土、砂类土等多种材料中均能开展工作，其便携性为工程检测带来便利，成为监理与施工单位共同认可的主要检测方法<sup>[1]</sup>。随着工程试验检测技术的不断发展，压实度检测工作体系逐步走向规范化。相关技术标准对仪器设备精度、试验流程、数据记录方式等提出了更明确的要求，使检测活动具备统一的操作规范。现场检测人员在执行过程中根据标准控制操作细

节，通过规范试坑成型、准确装填标准砂、保持砂料流动稳定等技术手段减小误差来源，以提高压实度数据的可信度。在监理验收环节中，压实度数据成为决定施工段落是否具备继续填筑条件的重要依据，也直接影响后续结构层施工质量。

随着道路工程建设对质量管理的重视程度提升，压实度检测技术的应用场景不断拓展。综合交通工程、山区道路、软弱地基加固段等特殊区域对压实度数据的依赖度明显增加，为检测技术提出了更高的精度与稳定性需求。灌砂法凭借操作灵活与数据可靠等优势，仍然在路基压实检测体系中占据重要位置，但其易受环境、设备及人为因素影响的特性也暴露出一定局限性。工程实践对检测结果一致性的更高要求，使得提升灌砂法检测精度与完善误差修正措施成为当前研究与应用中的关键方向。

## 2 灌砂法在实际检测中面临的关键误差因素

灌砂法在路基压实度检测中具有操作简便和适应性强的特点，但在现场环境下容易受到多种因素干扰，导致测得的试坑体积与土体原状密度出现偏差。误差的产生往往源于试坑成型质量、砂料密度稳定性、设备密封性、操作节奏控制等环节，其中任一环节出现微小偏差，都可能对最终压实度结果造成放大效应。试坑成型不规则是最常见的误差来源之一。试坑底面不平整、侧壁剥落、坑口尺寸偏差都会改变砂料填充空间，影响体积计算的准确性。现场土体结构较为松散或含水量变化较大时，试坑开挖更容易出现坍塌或边缘破损，使得砂料进入非目标体积，从而导致检测结果偏大。

砂料密度不稳定也是影响检测精度的重要因素。标准砂在长期使用过程中若受潮、颗粒破碎或混入杂质，会改变其容重特性，使灌砂瓶内标准砂与校准时砂密度不一致。砂料流动性受环境湿度和温度影响明显，当砂料流动速度发生变化时，瓶口截面的砂自流状态会产生波动，进而导致砂的体积计量出现细微误差<sup>[2]</sup>。此外，灌砂筒的阀门开合不够顺畅、密封垫磨损或瓶口与试坑接触不严密，也会造成砂料渗漏或流量不均，使

得灌砂量偏离应有值。设备状态在现场高频使用条件下容易降低稳定性，因此设备完整性是保持数据一致性的关键保障。

人员操作因素同样是灌砂法误差的主要来源。现场检测中操作动作的连贯性、灌砂速度的稳定性、试坑口与灌砂筒的贴合度等均依赖操作人员的经验与技术水平。如果灌砂速度忽快忽慢，会导致砂柱内部的密实程度不一致，从而影响体积推算的准确性。试验流程中的任意环节出现不规范操作，例如试坑外部残砂未清理干净、称量时间过长导致砂受潮、未按标准校准砂密度等都会使检测结果产生系统性偏差。此外，环境条件对误差影响也不可忽视。风力干扰可能使砂料散落，雨水会改变砂含水量，烈日暴晒可能加速砂的干湿变化，这些都可在短时间内影响检测稳定性。由于灌砂法的检测结果依赖多个环节的精细配合，误差呈现多源叠加特点。不同因素之间还可能产生联合作用，例如试坑侧壁剥落与砂料流动性不足同时发生，会使误差向偏大方向累积。工程现场的不可控因素较多，使误差问题具有复杂性和随机性，对操作人员、设备状态和环境管理提出更高要求。

### 3 提高灌砂法检测可靠性的技术途径

提升灌砂法检测精度的关键在于对影响结果的各环节进行系统化控制，使试验条件更加稳定可控。试坑成型质量直接决定体积测量的准确性，优化试坑开挖方式能够显著减少误差。采用专用成型工具、严格控制坑口直径、保持坑底平整度，可使试坑几何形态接近标准结构，从而使砂料填充空间呈现稳定的体积边界。对于易坍塌或含水量较高的土体，可采取分层缓挖、及时清理松散土块、避免侧壁扰动等措施，使试坑轮廓保持完整，提高后续灌砂操作的适应性。

砂料的管理是提高检测可靠性的重要环节。标准砂的密度稳定性对体积测算具有决定性影响，需通过定期校准、统一烘干条件与密封储存措施保持砂料颗粒状态一致。现场使用前对砂料含水率进行检查，可避免因吸湿导致密度变化。同时，优化砂料流动性是确保灌砂连续性的重要条件<sup>[3]</sup>。通过筛分处理去除碎砂及细颗粒，能够提升砂料流动特性，使砂柱在灌砂筒中保持均匀自流状态。灌砂设备精度的维护也同样关键。定期检查阀门密封性、瓶口垫圈耐久性以及刻度标识清晰度，可保证设备在高频使用中仍能保持稳定性能。灌砂筒与试坑口的贴合质量直接影响漏砂情况，通过更换磨损部件和校验筒口形状，可进一步减少因设备接触不严导致的误差。

操作流程的规范化可有效提升检测结果的一致性。通过控制灌砂速度，使砂料流动保持稳定状态，可避免因流速波动产生的局部堆积或砂柱密实度变化。试验过程中保持灌砂筒垂直姿态、避免震动和晃动，能够减少砂料回弹或空气夹杂现象。称量环节应在短时间内完成，使用防潮容器存放试验砂料，并确保秤具处于稳定地面，以防外界扰动影响读数精度。现场组

织方面可通过制定统一作业流程、配置双人复核制度、开展操作人员技术培训等方式，使试验操作步骤更具稳定性。

现场环境管理也是提高灌砂法可靠性的重要组成部分。通过设置遮挡、避开大风天气、保持试验区域干燥等措施，可减轻环境干扰对砂料状态的影响。对于高温条件下砂料易干缩的问题，可采取适当调整检测节奏、控制砂料温度等方法，使试验过程保持相对均衡。多项措施结合控制误差来源，可为灌砂法提供更稳定的技术保障，使压实度检测数据更真实地反映路基填筑状况。

### 4 典型工程中误差修正措施的应用成效

在实际工程环境中，灌砂法检测误差的修正措施经过系统应用后展现出显著的效果，使路基压实度评定结果更加接近真实状态。某些典型工程在实施过程中通过加强试坑成型控制，使试坑几何边界更为清晰，减少了因侧壁剥落或坑底不平产生的体积偏差。施工区域原地基土质较为松散，试坑易出现局部塌落，经过采用专用成型工具、增设临时支护与控制挖掘力度等措施，试坑结构稳定性明显提升，砂料填充空间趋于标准化，其体积测定的重复性得到改善。通过引入试坑成型质量检查制度，进一步提高了现场检测人员对坑形控制的重视程度，使试验有效性更高。

在砂料管理方面，统一砂料处理流程及定期校准措施的实施大幅减少了砂密度波动带来的系统性误差。一些工程项目对砂料储存采取密封容器、保持恒定干燥条件、试验前进行含水率快速检测，使砂料状态更加稳定。经过筛分处理后的砂料流动性更强，灌砂过程持续性提升，砂柱密实度均匀，从而减少因流动状态不稳定导致的体积测量偏差<sup>[4]</sup>。灌砂设备经由定期维护、更换磨损部件和校验密封圈后，漏砂现象明显降低，设备与试坑口贴合度提高，使砂料充填的有效体积更加明确，为密实度计算提供更可靠的基础数据。

操作流程规范化的推进也在工程实际中取得了良好效果。通过强化培训、实施双人核对制度以及记录关键节点数据，操作人员在灌砂速度控制、试坑清理、称量步骤等环节的稳定性显著增强。检测结果的波动范围相较以往明显缩小，说明人为操作因素造成的随机误差得到有效抑制。部分项目还引入信息化管理手段，通过移动终端记录试验过程数据，降低了手工记录可能引起的遗漏与偏差，使检测数据在管理链条中的可追溯性更高。在现场环境复杂的工程区域，通过设置风障、调整检测时间、控制砂料温度等措施，有效抵消了风力、湿度和温度变化对砂料流动性及含水率的影响。工程经验表明，在经过误差修正措施优化后，灌砂法检测结果与压实度现场抽查的其他方法数据之间更趋一致，偏差幅度收敛至可控范围。路基压实质量评价更具代表性，为施工过程控制提供了可靠依据。

## 5 公路路基压实度检测方法的发展方向

随着公路工程建设规模持续扩大和质量管理体系不断升级,压实度检测方法正逐步向高精度、高效率与智能化方向演进。传统灌砂法虽然仍在工程实践中占据重要地位,但受操作复杂度、环境敏感性与数据波动等因素影响,在满足更高等级公路建设要求方面已暴露出一定局限。因此,未来的发展需要在保持方法适用性的基础上,通过技术融合与工艺创新实现检测方式的深化与扩展,使压实度评价更加全面与可信。

检测方法的自动化和智能化是重要趋势。随着信息化手段在工程质量检测中的广泛应用,压实度检测设备正在向实时监测、数据自动采集与智能分析方向发展。部分现场设备通过传感器技术对土体密度、水分状态进行快速识别,使检测过程不再完全依赖人工判断,从而提升数据一致性。数据处理平台的引入使压实度检测结果可实现即时上传、自动比对与趋势分析,为施工质量控制提供了连续化的技术支持,有助于提前识别压实不足区段,降低质量隐患。多方法综合应用逐渐成为提高评价可靠度的有效途径。灌砂法、环刀法、干密度仪法和新型无损监测技术在使用特性、适用土质与检测效率方面各有优势,通过建立多方法互补机制可增强压实度评价的全面性。通过对比不同检测手段的结果,可对偏差来源进行分析验证,使最终评定更加准确。在复杂地基、特殊填料或大面积填筑工程中,通过多方法联合检测还能提高数据代表性,为现场施工提

供更稳健的技术支撑。

检测技术与施工工艺的融合也将成为未来的重要方向。为减小检测波动,一些研究尝试将压实度监测融入压实设备运行过程,通过记录压实遍数、机械振动参数、土体响应特征等构建动态压实时空数据模型,为后续检测提供基础参量<sup>[9]</sup>。施工机械与试验检测的联动方式可使压实质量控制更加连续,避免因阶段性检测造成信息断层,从而提升施工管理的整体效率。在规范体系建设方面,压实度检测方法的标准化与操作流程精细化仍需进一步强化。随着工程技术更新,传统试验方法在标准体系中的适用边界需要及时调整,使新旧检测方法能在统一的质量控制框架下运行。在推广新技术的同时,对灌砂法等传统方法的误差修正机制与操作规程也需进一步完善,使其在未来的技术体系中依然具备可靠性与适用性。

## 6 结语

本研究围绕灌砂法在路基压实度检测中的应用特点、误差来源及改进途径进行了系统阐述,并结合工程实践分析了误差修正措施所取得的成效。研究内容表明,检测精度受多因素共同影响,通过优化试坑成型、加强砂料管理、改进设备状态及规范操作流程,可有效提升检测可靠性。结合未来技术发展趋势,压实度检测将向智能化、多方法协同及标准体系完善方向深化,为道路工程质量控制提供更稳健的技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 罗永升.灌砂法在公路路基压实度试验检测中的应用[J].产品可靠性报告,2025,(08):201-202.
- [2] 张欣.灌砂法在公路路基压实度检测中的应用[J].汽车周刊,2025,(09):146-148.
- [3] 吴猛.灌砂法在公路路基回填料压实度检测中应用研究[J].汽车周刊,2025,(07):78-80.
- [4] 岳大伟,李林科.灌砂法在公路路基压实度检测中的应用研究[J].运输经理世界,2025,(16):44-46.
- [5] 赵浩然.灌砂法在公路路基压实度检测中的应用[J].交通世界,2024,(31):72-74.