 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9325

Application Strategy of Sand Filling Method in Highway Subgrade Test and Inspection

Jiedong Zhu

Hebei Tongda Engineering Supervision Consulting Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 061100 China

Abstract

As a critical method for assessing roadbed compaction, the sand filling method's operational standardization and measurement accuracy directly determine the evaluation of roadbed construction quality. This paper explores the practical application of sand filling in roadbed testing, systematically detailing operational procedures from preliminary preparation, test tunnel excavation, and sand calibration to on-site sand filling. Additionally, it proposes quality control strategies addressing common human, instrument, and environmental factors in actual testing, including personnel training, instrument maintenance, and process refinement, to enhance the reliability of test data and its engineering applicability, thereby providing practical technical support for roadbed compaction quality control.

Keywords

Sand Filling Method; Highway Subgrade; Test and Inspection; Compaction Degree; Quality Control

探讨公路路基试验检测中灌砂法的应用策略

祝介东

河北通达工程监理咨询有限公司，中国·河北 石家庄 061100

摘　要

灌砂法作为公路路基压实度检测的关键手段，其操作规范性与结果准确性直接关系到路基施工质量的评价。本文围绕灌砂法在公路路基试验检测中的具体应用展开探讨，系统阐述从前期准备、试洞开挖、量砂标定到现场灌砂的全过程操作要点。同时，针对实际检测中常见的人为、仪器及环境等因素影响，提出相应的质量控制策略，包括人员培训、仪器维护与流程细化等措施，以提升检测数据的可靠性与工程适用性，为路基压实质量控制提供切实可行的技术支持。

关键词

灌砂法；公路路基；试验检测；压实度；质量控制

1 引言

公路路基的压实度是衡量其工程质量的关键指标之一，压实不足或者过度都可能致使路面出现沉降、变形甚至是早期损坏的情况，所以在施工过程当中必然要严格检测。灌砂法作为被广泛使用的现场检测方式，主要通过将测定试坑中挖出材料的密度和实验室标准密度作对比，来计算压实度。然而，在实际运用中还是有着操作不规范、人为误差较大、环境干扰较多之类的问题，对检测结果的准确性造成影响。鉴于此，本文结合工程实践，系统分析灌砂法的操作步骤以及质控要点，以期能够为现场检测给予可行指导，提高检测工作的科学性与有效性。

2 公路路基试验检测中灌砂法的应用

2.1 前期准备工作

试验人员务必对所有设备予以彻底检查和确认，灌砂筒的上下部孔径，特别是倒置圆锥体尺寸一定要契合规范要求，这样才能确保砂流顺畅，并形成标准砂锥。电子天平的精度与量程应当满足称重要求，同时要提前开展校准工作[1]。挑选标准砂极其关键，一般运用粒径均匀、清洁干燥的石英砂，并且在试验之前要将其放置在通风处充分晾晒，让其含水量降到可忽略的水准，以保证它的密度稳定。现场测点的选择应当遵照设计或者随机抽样原则，保证检测位置能够代表整个路段或者特定区域的压实状况。在确定测点以后，需要仔细清理表面，移除松散的浮土、石块以及杂物，若是地表存在明显起伏，要用细砂或少量松散材料予以初步找平，从而让基板能够平稳、紧密地和地表贴合，这是预防后续灌砂时漏砂的重要前提。

【作者简介】祝介东（1981—），男，本科，工程师，从事公路工程试验检测研究。

2.2 试洞开挖

试洞的开挖作业是整个检测里对样本代表性有着直接影响的环节。把基板稳稳地置于准备好的测点之上后，操作者就能够借助基板中心的圆孔开始垂直向下挖掘。挖掘工具要依据土质的软硬程度来选用，不但得保证效率，而且要最大程度减少对洞壁的扰动。在开挖的时候，所有从试洞中取出的材料，无论是大颗粒土石还是细粒土，都务必毫无差错地收集进密封容器之中，这对于后续计算土样总质量来讲极为重要。试洞的直径应该和灌砂筒尺寸相契合，深度通常要求能够达到碾压层的厚度，洞壁应当保持垂直、规整，防止出现上大下小的喇叭状或是局部的塌陷情况。挖出的土样在称取其总湿重之后，需要马上从中取出一部分具备代表性的样品，装入铝盒进行密封，以便用于后续测定其含水率。这个含水率数据是把湿密度换算成干密度的关键所在，所以取样和密封一定要迅速，以此来防止水分蒸发损失。

2.3 量砂标定

量砂标定属于为整个试验创立度量基准的环节，这项工作一般要在实验室或者稳定的环境当中提前完成。标定的主要目的是精确测定所运用标准砂在当前状况下的松方密度，也就是每立方厘米砂的质量 [2]。标定过程需仔细完成以下几个步骤：首先把标准砂灌满已知准确体积的标定罐，过程当中要保证砂处于自由松散状态，不能振动或者压实；接着称量灌满标定罐所需要的砂重，借助质量与体积的简单除法可得到量砂密度。这里存在一个实际操作里容易忽略的要点，那就是标准砂的密度会因为环境湿度、温度以及反复使用后或许产生的颗粒破碎而稍微变化。所以，严谨的做法是，在开展一系列现场检测的前后，都要对量砂密度进行重新标定以及校核，如果发现较大差异，就应该运用新标定的数值来进行计算。唯有掌握了精准可靠的量砂密度，现场灌入试洞的砂重才可以被如实地转化成试洞的容积。



图 1 路基压实度检测（灌沙法）

2.4 试坑深度

完成试洞的开挖以及土样的收集之后，马上需要来准确测量试坑的深度，这一测量并非用来直接计算体积，而是作为过程控制以及校核的重要参考依据。测量的时候要运用专用的深度测量仪或者带有平板的直尺，把测量基准面平稳地安置于基板的上表面，随后将测杆垂直伸到试洞的底部。为了克服洞底可能有的局部不平整问题，规范要求在试洞圆周大致对称的位置测量最少三个点的深度，之后取其算术平均值作为该试坑的代表深度。这个深度值，结合已知的试洞直径（由开挖工具保障），能够用来粗略估算试洞的几何体积。这个估算值虽然比不上灌砂法测量得到的结果精准，但能够和后续灌砂得出的体积进行比较。若是两者差异太大，那么可能提示开挖过程存在严重塌孔、形状不规则或者灌砂操作有错误，需要分析主要原因甚至重新开展试验。

2.5 灌砂操作

称取湿土样，精确测完试洞尺寸后，操作人员把灌砂筒重新对准试洞，打开开关，借储砂筒内标准砂自由流入洞中 [3]。灌砂时要保持灌砂筒位置稳定，不能移动或抖动，直到洞内砂面不再下降，跟筒底齐平。接着关闭开关，仔细称取灌满试洞后剩下砂的重量，通过前后砂重的差值，再凭借之前标定的砂密度，就能算出具试洞的精确体积。有了试洞体积和从洞内取出湿土样的重量，即可算出湿密度；再对湿土样进行烘干，测其含水率，最终算出该测点土体的干密度。把实测干密度与在实验室测的最大干密度作对比，压实度数值就确定了。整个灌砂过程要求操作人员手法娴熟，注意力集中，因为任何砂料洒落或读数错误都可能致前功尽弃，所以灌砂操作是把前面所有准备工作成果变为有效数据的关键步骤。

3 灌砂法在公路路基试验检测中应用的质控策略

灌砂法，作为一种标准方法，在评估路基压实度时被广泛应用，但需注意，它不适用于填石路堤等含有大孔洞或大孔隙材料的压实度检测。在实际运用的过程中，核心原理在于利用粒径介于 0.30 至 0.60mm 之间、清洁且均匀的砂，通过一定高度的自由下落，填充至试洞中。根据单位重不变的原理，能够及时分析干密度，由此判断压实度。这种方法可以有效检测土体的密实程度，从而为工程施工提供科学依据。

3.1 强化人员管控，开展专项实操与规范培训

灌砂法数据易受储砂筒标定、试筒选择、试坑位置、深度与形状等因素影响，需规范操作，避免出现操作不规范和数据造假等问题。相关人员在检测过程中必须严格遵循《公路路基路面现场测试规程》，理论学习也要紧密围绕现行技术规范和规程开展，详细讲解灌砂法的基本原理、标准步骤、数据记录规则以及计算公式，重点对现场操作中相对典型的错误及原因深入剖析。专项实操培训应当在具有代表性的试验路段或者专用训练场中举办，人员需要从选点、放置基板、开挖试坑、回收全部试样，到开展灌砂、称重、含水率测定以及最终进行计算，完成全流程的标准化练习 [4]。这种练习要在经验丰富的指导者监督之下多次进行，一直到操作动作达到规范、熟练、连贯的程度为止。建立并严格执

行人员考核以及授权上岗制度是必须的，通过理论及实操双重考核对人员的独立作业能力加以鉴定，并对在岗人员实施定期技能复核以及抽查，进而构建起一支能够规范、稳定输出检测结果的技术队伍。

3.2 严控仪器精度，建立定期校准与维护机制

质控策略要对灌砂法中的所有仪器，像灌砂筒、标定罐、基板、电子天平、烘箱、标准砂等，开展从准入到报废的全生命周期精度管理工作。所有仪器在投入使用以前，一定要由法定计量检定机构进行检定或者校准，并且确定它符合精度方面的要求。更关键的一点是要建立并实行定期校准以及日常维护核查机制，按照设备的使用频率、环境条件以及重要性，制定清楚的校准周期和点检计划。比如，称量用的电子天平除了年度周期检定之外，应当在每个工作日使用之前，借助标准砝码来进行示值核查；而灌砂筒的容积以及标准砂的密度，是现场质控的要点，必须要在砂料来源有改变、新筒开始启用或者觉要有必要的时候开展现场标定，并且标定过程本身需要严格按照规范来执行。要建立详细的仪器设备管理台账，记载它的型号、编号、检定日期、检定结果、使用状态以及维修历史，确保每一台仪器的工作性能都能够追溯、一直处于受控状态。

3.3 规范流程管控，细化各环节操作验收标准

公路项目的整体质量关系到国计民生，应着重分析路基质量，明确其压实度是否达标，落实好相关的检验检测工作。从选取检测点起，点位要有代表性且表面平整，要确保基板能平稳放置，和地表贴紧。试坑的开挖是整个流程关键之处，得用合适工具让坑壁垂直、光滑，保证坑的几何形状规则，还要把全部挖出的松散材料都收集起来，一点都不能散失。灌砂的时候，要求灌砂筒的出口高度、砂的流动速度平稳均匀，砂面和筒顶齐平位置的判断要准确一致[5]。测定试样含水率，得严格按烘干法操作，留意烘干温度与时间控制。数据记录环节，采用现场原始记录表格化，规定必须实时记录，不许事后追记或誊抄，所有计算都要做独立校核。制定这么精细的作业指导书和验收标准，能在极大程度上约束操作随意性，使得不同人员在不同时间执行的检测具有可比性。

4 结语

总之，灌砂法是公路路基压实度检测常用手段，它的正确运用对控制路基施工质量意义重大。本文从实际操作入手，剖析该方法在前期准备、试洞开挖、量砂标定、深度控制以及灌砂等环节的技术要点，点明规范操作是确保检测结果精准的根基。并且，针对当下实践里常见质量问题，给出人员培训、仪器维护和流程规范为核心的质量控制策略，强调系统化管理在提升检测可靠性方面的作用。未来，伴随检测技术发展与工程要求提升，灌砂法还能在标准化、精细化方面予以优化，借助信息化手段达成数据实时记录以及过程追溯，进而更好服务于公路工程质量管控实际需求。

参考文献

[1] 高卉. 水泥稳定碎石基层压实度超密现象分析及控制措施应用研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 6 (04): 52-54.

[2] 王亚晓, 王来硕. 核子密度仪法与灌砂法检测路基压实度的相关性分析[J]. 公路与汽运, 2022, (06): 68-70+74.

[3] 张孟强, 刘树阁, 王贺, 杨广庆. 公路路基压实质量GeoGauge与灌砂法检测相关性分析[J]. 价值工程, 2022, 41 (25): 129-131.

[4] 柴亚. 灌砂法检测路基压实度超百现象原因分析及改进措施[J]. 交通世界, 2019, (31): 24-25+27.

[5] 杨金智. 新疆高等级公路天然砂砾路基压实质量控制快速检测技术[J]. 交通世界, 2019, (Z2): 110-111+113.