

落锤式弯沉仪在公路检测中的应用研究

杨 健

宁夏锦隆工程试验检测有限公司 宁夏 银川 750200

摘要：本文详细探讨了落锤式弯沉仪（Falling Weight Deflectometer，简称FWD）在公路检测中的应用。通过对FWD的工作原理、主要设备构成、检测步骤及方法的深入分析，并结合其在公路检测中的实际应用和优点，展示了FWD作为一种先进无损检测设备的独特价值。研究表明，FWD在公路检测中具有检测速度快、数据准确、适应性强等优点，为公路的质量评估和维护提供了科学依据。

关键词：落锤式弯沉仪；公路检测；工作原理；设备构成；检测方法

引言

公路作为现代交通运输的重要基础设施，其质量直接关系到行车安全和运输效率。因此，对公路进行定期、全面、准确的检测至关重要。传统的公路检测方法往往存在检测效率低、精度不高等问题，难以满足现代公路管理的需求。而落锤式弯沉仪作为一种新型的无损检测设备，逐渐在公路检测领域得到广泛应用。本文旨在深入分析落锤式弯沉仪在公路检测中的应用，以期为公路管理和维护提供科学参考。

1 落锤式弯沉仪的工作原理

落锤式弯沉仪的工作原理是通过模拟车辆行驶时产生的动态荷载，对公路进行冲击测试，进而测量公路的弯沉变形。具体过程如下：首先，利用提锤装置将一定质量的重锤抬高到一定高度；然后，释放重锤，使其自由落下并冲击到承载板上；承载板将冲击力传递到路面，导致路面产生弯沉变形；最后，分布于距测点不同距离的传感器检测结构层表面的变形，并将信号输入计算机进行处理，得到路面测点弯沉及弯沉盆数据。

2 落锤式弯沉仪的主要设备构成

2.1 荷载发生装置

荷载发生装置是落锤式弯沉仪产生冲击荷载的关键所在，其设计精妙，确保了测试过程中荷载的准确施加。重锤，作为荷载的直接来源，通常采用高密度、高强度的材料制成，以确保在冲击过程中能够产生足够的能量。其质量可根据具体的测试需求进行灵活调整，以满足不同路面结构的测试要求。同时，重锤的提升高度也通过精密的控制系统进行精确设定，进一步保证了荷载的准确性和可控性。缓冲器与垫块则起到了至关重要的减缓冲击力作用。在重锤下落瞬间，缓冲器通过其独特的结构设计，有效吸收并分散了部分冲击力，从而保护了承载板和路面免受瞬间巨大冲击的破坏。垫块则作

为承载板与重锤之间的过渡层，进一步分散了冲击力，确保了测试的准确性^[1]。承载板，作为将重锤冲击力均匀传递到路面的关键部件，其材质选择尤为重要。通常采用高强度、高刚度的材料制成，以确保在承受巨大冲击力的同时，能够保持结构的稳定性和完整性。同时，承载板表面附有的橡皮垫，不仅减少了对路面的冲击损伤，还提高了测试的精度和可靠性。

2.2 弯沉检测装置

弯沉检测装置是落锤式弯沉仪中负责检测路面变形情况的核心部分。其由高精度位移传感器组成，这些传感器通常分布于距测点不同距离的位置，以全面捕捉路面在冲击荷载作用下的变形情况，形成完整的弯沉盆数据。这些位移传感器不仅具有高精度、高灵敏度的特点，还具备良好的稳定性，能够精确测量到微小的路面变形，为后续的数据分析提供了可靠的基础。信号处理单元则负责将传感器检测到的原始信号进行放大、滤波和转换等处理，以确保信号的准确性和可读性。通过这一系列的信号处理过程，弯沉检测装置能够输出清晰、准确的变形数据，为路面状况的评估提供了有力的依据。

2.3 运算控制系统

运算控制系统是落锤式弯沉仪的“大脑”，负责整个测试过程的控制、数据的记录与处理以及结果的分析。计算机作为系统的核心部件，不仅控制着整个测试流程的进行，还负责存储和处理测试数据。其配备的专门数据处理软件，能够自动计算路面测点的弯沉值及弯沉盆数据，大大提高了测试的效率和准确性。数据采集卡则扮演着模拟信号与数字信号之间的桥梁角色。它将传感器检测到的模拟信号转换为数字信号，并传输到计算机进行进一步的处理和分析。这一过程不仅确保了数据的准确性和完整性，还为后续的数据处理提供了极大的便利^[2]。软件部分则提供了友好的用户界面和强大的数

据处理功能。用户可以通过软件实时查看测试数据，进行数据的存储、打印和导出等操作。同时，软件还支持数据的深入分析和处理，如弯沉值的计算、弯沉盆的绘制等，为路面状况的评估提供了全面的支持。

2.4 机动装置

机动装置是落锤式弯沉仪能够灵活移动到不同测试地点的关键所在。通常采用汽车或拖车作为载体，不仅方便了设备的运输和转移，还确保了测试过程中的稳定性和安全性。液压或机械传动系统的应用，则实现了重锤的轻松提升和释放，进一步提高了测试的效率和准确性。通过机动装置的灵活移动和稳定支撑，落锤式弯沉仪能够在各种复杂环境下进行准确的弯沉测试，为路面工程的检测与评估提供了有力的支持。

3 落锤式弯沉仪在公路检测中的实施方法

3.1 准备工作

在进行落锤式弯沉仪检测之前，充分的准备工作是确保测试精准与顺利的关键。这一步骤主要包括设备的调试与校准以及测点的布置。设备的调试与校准是检测前的首要任务。这包括对重锤的质量及落高的精确调整，以确保冲击荷载的准确性和一致性。重锤的质量需根据测试路段的实际情况和测试需求进行灵活调整，而落高的设定则需通过控制系统进行精确控制，以确保每次冲击的能量相同。此外，还需对传感器和记录系统的精度进行细致检查，确保它们能够准确捕捉并记录路面在冲击荷载下的变形情况。测点的布置则是根据测试需要而定的。在布置测点时，需充分考虑路面的结构特点、交通状况以及测试目的等因素。测点可以沿着公路的纵向或横向分布，也可以根据特定的路面病害或疑点进行有针对性的布置。同时，为了确保测试结果的准确性，测点之间的距离应合理设定，以避免相互干扰。除了设备的调试与校准以及测点的布置外，准备工作还包括对测试路段的环境条件进行了解，如温度、湿度等，因为这些因素可能影响测试结果的准确性。此外，还需准备必要的测试辅助工具，如标记笔、测量尺等，以便于测点的定位和数据的记录。

3.2 实施检测

在准备工作完成后，即可进入实施检测阶段。这一阶段是落锤式弯沉仪检测的核心部分，主要包括测点定位、启动落锤、数据采集以及重复测试等步骤。（1）测点定位是实施检测的第一步。为了确保测点的准确性，可以使用距离传感器或人工方法进行定位。距离传感器能够精确测量测点与仪器之间的距离，从而确定测点的准确位置。而人工方法则可以通过标记笔等辅助工具在

路面上进行标记，以确保承载板中心对准测点。（2）启动落锤是实施检测的关键步骤。通过控制系统启动落锤装置，使重锤自由落下并冲击到承载板上。在这一过程中，需确保落锤的释放平稳且无阻碍，以保证冲击荷载的准确施加。同时，还需注意观察落锤的冲击过程，以确保其符合测试要求。（3）数据采集是实施检测的重要环节。传感器实时检测路面在冲击荷载作用下的变形情况，并将信号传输到计算机进行分析和处理。为了确保数据的准确性和完整性，需确保传感器与记录系统的连接稳定且可靠。同时，还需对采集到的数据进行实时监控和检查，以及及时发现并处理可能出现的异常情况^[3]。

（4）重复测试则是为了确保测试结果的准确性而进行的必要步骤。由于公路检测受到多种因素的影响，如路面材料的不均匀性、测试环境的差异等，因此每个测点通常需要重复测试多次（如3次），并取平均值作为最终结果。这一步骤能够有效减少偶然误差的影响，提高测试结果的准确性和可靠性。在实施检测过程中，还需注意以下几点：首先，操作人员需熟练掌握落锤式弯沉仪的使用方法和注意事项，以确保测试的顺利进行；其次，需严格遵守安全操作规程，确保人员和设备的安全；最后，需及时记录测试过程中的相关数据和情况，以便于后续的数据处理与分析。

3.3 数据处理与分析

检测完成后，即进入数据处理与分析阶段。这一阶段是落锤式弯沉仪检测的最终目的，也是评估公路承载能力和使用状况的重要依据。（1）数据预处理是数据处理与分析的首要任务。由于原始数据中可能包含噪声、异常值等干扰信息，因此需对原始数据进行去噪、滤波等预处理操作。这一步骤能够消除干扰信息对测试结果的影响，提高数据的准确性和可靠性。同时，还需对预处理后的数据进行检查和分析，以确保其符合后续处理的要求。（2）弯沉值计算是数据处理与分析的核心部分。根据传感器检测到的变形信号，可以计算出路面测点的弯沉值及弯沉盆数据。弯沉值反映了路面在冲击荷载下的变形程度，是评估公路承载能力和使用状况的重要指标。而弯沉盆数据则提供了路面变形在空间上的分布情况，有助于深入了解路面的结构状况和病害特点。（3）结果评估是将计算结果与预设的标准或规范进行对比分析的过程。通过对比弯沉值和弯沉盆数据与相关的公路设计规范或评估标准，可以评估公路的承载能力和使用状况。这一步骤能够及时发现路面的潜在问题，为公路的维护与管理提供有力的依据。（4）报告生成则是数据处理与分析的最终成果。将测试结果整理成报告形

式,包括测试数据、分析结论和建议措施等内容,以便于后续的管理和维护工作。报告应清晰、准确地反映测试过程、结果和结论,同时提出针对性的建议措施,为公路的改进和优化提供有力的支持。在数据处理与分析过程中,还需注意以下几点:首先,需选择合适的数据处理方法和分析工具,以确保数据的准确性和可靠性;其次,需对处理结果进行深入分析和挖掘,以发现潜在的规律和趋势;最后,需及时将处理结果和报告反馈给相关部门和人员,以便于他们及时了解和掌握公路的状况并采取相应的措施。

4 优点分析与应用场景

4.1 优点

落锤式弯沉仪在公路检测领域以其独特的优势脱颖而出,成为行业内的佼佼者。其检测速度之快,令人瞩目。每测点的测试时间通常不超过1分钟,相较于传统检测方法,大大提高了检测效率,为公路的快速评估与维护提供了有力支持。在数据准确性方面,落锤式弯沉仪同样表现出色。它采用高精度传感器,能够精确捕捉路面在冲击荷载下的微小变形,结合现代化数据处理技术,确保了测试数据的准确性和可靠性,为公路状况的精准评估奠定了坚实基础。此外,落锤式弯沉仪的适应性极强。它不受公路类型和交通环境的限制,无论是城市主干道还是乡村小路,都能轻松应对,展现出强大的适应性和灵活性^[4]。更为难得的是,落锤式弯沉仪实现了无损检测的目标。它无需对路面进行开挖或破坏,即可获取准确的检测数据,大大降低了检测成本,同时也减少了对路面的影响,保障了公路的正常通行。

4.2 应用

落锤式弯沉仪,凭借其高效、准确、无损的检测特性,在公路的质量检测、养护管理和维修加固等领域得到了广泛应用,成为公路检测与评估不可或缺的重要

工具。在质量检测方面,落锤式弯沉仪发挥着至关重要的作用。它定期对公路进行弯沉检测,通过精确的数据分析,评估公路的承载能力和使用状况。这种定期检测不仅有助于及时发现潜在的质量问题,如路面裂缝、路基沉降等,还能为公路的维护与管理提供科学依据,确保公路的安全与稳定。在养护管理方面,落锤式弯沉仪同样功不可没。它根据检测结果,为养护部门提供详实的数据支持,帮助他们制定科学合理的养护计划。通过有针对性的养护措施,不仅可以延长公路的使用寿命,还能显著降低养护成本,提高公路的整体效益。此外,在维修加固领域,落锤式弯沉仪也展现出了其独特的价值。对于存在质量问题的路段,它能够通过精确的检测数据,指导维修和加固工作。这不仅确保了维修加固的针对性和有效性,还大大提高了公路的安全性和畅通性,为公众的出行提供了有力保障。

结语

落锤式弯沉仪作为一种先进的无损检测设备,在公路检测中发挥着重要作用。其工作原理清晰、设备先进、检测方法科学、优点突出,为公路的质量评估和维护提供了有力支持。未来随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,落锤式弯沉仪在公路检测中的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1]姜艳,张勇.落锤式弯沉仪在公路检测中的应用研究[J].运输经理世界,2024,(21):29-31.
- [2]黄力.落锤式弯沉仪在公路检测中的应用研究[J].科学技术创新,2024,(10):86-89.
- [3]罗菁,杨川福,张建.落锤式弯沉仪在高速公路工程检测中的应用[J].四川水泥,2023,(04):218-220.
- [4]喻翠芳.落锤式弯沉仪在高速公路路基检测中的应用方法[J].交通世界,2023,(Z1):176-178.