

桥梁工程地基基础检测的重要性及关键技术

吴青峰

华志（重庆）工程技术有限公司，重庆 400700

DOI:10.61369/ERA.2025060026

摘要： 桥梁工程的安全稳定运行依赖于坚实可靠的地基基础，而地基基础检测是确保其质量与性能的关键环节。本文详细阐述了桥梁工程地基基础检测的重要性，包括保障结构安全、满足设计要求、预防病害发生以及为维护决策提供依据等方面。同时，深入探讨了地基基础检测中的关键技术，如地基承载力检测技术、桩基础检测技术以及地基处理效果检测技术等，并分析了各种技术的原理、适用范围及优缺点。通过对这些内容的研究，旨在提高对桥梁工程地基基础检测的重视程度，推动检测技术的发展与应用，从而保障桥梁工程的质量与安全。

关键词： 桥梁工程；地基基础检测；重要性；关键技术

Importance and Key Technologies of Foundation Detection in Bridge Engineering

Wu Qingfeng

Huazhi (Chongqing) Engineering Technology Co., Ltd. Chongqing 400700

Abstract： The safe and stable operation of bridge engineering relies on a solid and reliable foundation, and foundation detection is a key link to ensure its quality and performance. This article elaborates on the importance of foundation detection in bridge engineering, including ensuring structural safety, meeting design requirements, preventing the occurrence of diseases, and providing a basis for maintenance decisions. At the same time, it explores in depth the key technologies in foundation detection, such as foundation bearing capacity detection technology, pile foundation detection technology, and foundation treatment effect detection technology, and analyzes the principles, scope of application, advantages and disadvantages of various technologies. Through the study of these contents, the aim is to increase the emphasis on foundation detection in bridge engineering, promote the development and application of detection technology, and thereby ensure the quality and safety of bridge engineering.

Keywords： bridge engineering; foundation detection; importance; key technologies

引言

桥梁作为交通基础设施的重要组成部分，承担着连接不同区域、促进经济发展和人员流动的重要作用。其安全性和稳定性直接关系到公众的生命财产安全以及社会的正常运转。地基基础作为桥梁结构的重要支撑部分，犹如建筑的根基，对桥梁的整体性能起着决定性作用。若地基基础存在质量问题，如承载力不足、沉降过大、桩身缺陷等，可能引发桥梁结构的变形、开裂甚至倒塌等严重事故。因此，开展桥梁工程地基基础检测工作，及时发现并解决潜在问题，对于保障桥梁工程的安全与稳定具有重要意义。

一、桥梁工程地基基础检测的重要性

（一）保障桥梁结构安全

地基基础是桥梁结构的承载主体，其质量状况直接影响桥梁的结构安全。通过检测，可以准确掌握地基基础的实际承载能力、变形特性等参数，判断其是否能够满足桥梁在各种荷载作用下的稳定性要求。例如，在桥梁运营过程中，随着交通流量的增

加以及环境因素的影响，地基基础可能会出现强度降低、沉降不均匀等问题。通过定期检测，能够及时发现这些隐患，并采取相应的加固或修复措施，防止结构安全事故的发生。据相关统计资料显示，许多桥梁垮塌事故的根源在于地基基础的失效，而有效的检测工作可以提前预警，避免此类悲剧的发生。

（二）确保满足设计要求

桥梁设计是基于一定的地质条件和使用要求进行的，设计文

件中对地基基础的各项参数和性能指标都有明确规定。在施工过程中，由于实际地质情况可能与勘察报告存在差异，以及施工工艺、材料质量等因素的影响，地基基础的实际情况可能偏离设计预期。通过地基基础检测，可以将检测结果与设计要求进行对比，验证施工是否达到设计标准。若发现偏差，可及时调整施工方案或采取补救措施，确保地基基础的性能与设计相符，从而保证桥梁结构的合理性和可靠性。例如，在某桥梁工程中，通过检测发现桩基础的实际承载力低于设计值，经分析原因后，对桩基础进行了加固处理，避免了因承载力不足而可能导致的结构安全问题。^[1]

（三）预防地基基础病害发生

桥梁地基基础长期处于复杂的地质环境和外界荷载作用下，容易受到各种病害的侵蚀，如地基土的湿陷、膨胀、冻融破坏，桩身的腐蚀、断裂等。这些病害在初期可能不易察觉，但随着时间的推移会逐渐发展，对桥梁结构造成严重威胁。地基基础检测能够及时发现这些潜在病害的早期迹象，通过采取针对性的预防措施，如改善排水条件、加强防腐处理等，阻止病害的进一步发展，延长地基基础的使用寿命，降低桥梁的维护成本。例如，对处于湿陷性黄土地区的桥梁地基进行定期检测，及时发现地基土的湿陷变形迹象，并采取相应的地基处理措施，可有效防止因地基湿陷而导致的桥梁病害。

（四）为桥梁维护决策提供依据

随着桥梁使用年限的增加，地基基础的性能会逐渐劣化。为了保证桥梁的安全运营，需要定期进行维护和保养。地基基础检测能够为桥梁维护决策提供准确、详细的数据支持。通过对检测数据的分析，可以了解地基基础的劣化程度和发展趋势，评估桥梁的剩余使用寿命，从而制定合理的维护计划和方案。例如，根据检测结果判断出地基基础的某些部位出现了严重的病害，需要及时修复或加固；或者根据地基基础的整体性能状况，确定是否需要桥梁进行限载、限速等措施，以保障桥梁的安全运营。^[2]

二、桥梁工程地基基础检测关键技术

（一）地基承载力检测技术

1. 平板载荷试验

平板载荷试验是确定地基承载力的一种常用原位测试方法，适用于各类土、软质岩和风化岩体。该试验通过在地基表面放置一定尺寸的刚性承压板，逐级施加竖向荷载，并测量承压板在各级荷载作用下的沉降量，绘制荷载 - 沉降（ $p - s$ ）曲线。根据曲线的形态和特征，结合相关规范和经验方法，确定地基的承载力特征值、变形模量等参数。平板载荷试验的优点是能够直接反映地基在实际受力状态下的承载性能，测试结果较为可靠；缺点是试验过程较为繁琐，需要耗费大量的时间和人力，且对试验场地的要求较高。在实际应用中，平板载荷试验可分为浅层平板载荷试验和深层平板载荷试验，分别适用于不同深度的地基检测。^[3]

2. 动力触探试验

动力触探试验是利用一定质量的落锤，以一定高度自由落

下，将一定规格的探头打入土中，根据打入土中的难易程度（即贯入锤击数）来判定土层的性质和状态，进而估算地基承载力。该方法适用于粘性土、砂类土和碎石类土等多种土体。动力触探试验设备简单、操作方便，可在不同场地条件下快速进行测试，能够连续获取土层的贯入阻力信息，对地层的变化反应灵敏。但其测试结果受多种因素影响，如落锤的能量、探头的规格、土体的不均匀性等，需要通过经验公式或地区性经验进行承载力的估算，存在一定的误差。在实际工程中，常用的动力触探类型有轻型动力触探、重型动力触探和超重型动力触探，可根据不同的土层条件和检测要求选择合适的类型。

3. 静力触探试验

静力触探试验是通过以静压力将圆锥形探头按一定速率匀速压入土中，测量其贯入过程中的锥尖阻力和侧壁摩阻力（或摩阻比），并根据这些阻力值划分土层，确定土的工程性质，进而估算地基承载力。该试验适用于软土、粘性土、粉土、砂类土及含少量碎石的土层。静力触探试验具有测试速度快、数据连续、精度较高等优点，能够准确反映土层的变化情况，且不受人为因素影响。同时，该方法还可结合地区性经验公式或相关规范，较为准确地估算地基承载力。但其对设备要求较高，试验成本相对较大，且在含有大块石、坚硬土层等复杂地质条件下，可能会出现探头损坏或无法贯入的情况。^[4]

（二）桩基础检测技术

1. 低应变反射波法

低应变反射波法是一种常用的桩身完整性检测方法，其基本原理是在桩顶施加一个低能量的瞬态激振力，使桩身产生弹性波，该弹性波沿桩身传播过程中遇到桩身阻抗变化（如桩身缺陷、桩底等）时，会产生反射波。通过在桩顶安装传感器，接收反射波信号，并对其进行分析处理，根据反射波的传播时间、幅值、相位等特征，判断桩身的完整性，确定缺陷的位置和类型。低应变反射波法具有检测速度快、操作简便、成本低等优点，能够对大量桩进行快速普查。但该方法对缺陷的定量分析能力有限，对于一些深部缺陷或微小缺陷的检测效果可能不理想，且易受桩周土和测试条件的影响。在实际应用中，为提高检测结果的准确性，需要合理选择激振设备和传感器，优化测试参数，并结合工程经验进行综合分析。^[5]

2. 声波透射法

声波透射法是在灌注桩施工过程中，于桩内预埋若干根声测管，在桩身混凝土达到一定强度后，将超声发射换能器和接收换能器分别置于两根声测管内，通过发射和接收超声波，检测超声波在桩身混凝土中的传播速度、波幅、频率等声学参数的变化情况，从而判断桩身混凝土的完整性，确定缺陷的位置和范围。该方法适用于各种直径的灌注桩，尤其对于大直径灌注桩的检测效果较好。声波透射法能够全面、准确地检测桩身混凝土的质量，对缺陷的定位和定量分析精度较高，且不受桩长、桩径和桩身周围土的影响。但其需要在施工过程中预埋声测管，增加了施工成本和工序，且声测管的安装质量和堵塞情况会对检测结果产生影响。

3. 钻芯法

钻芯法是通过采用钻机在桩身中钻取芯样，对芯样进行直观观察和物理力学性能测试，以判断桩身混凝土的强度、完整性、桩底沉渣厚度以及桩端持力层情况等。该方法适用于各类桩基础，是一种直接、可靠的检测方法。钻芯法能够获取桩身混凝土的真实质量信息，对缺陷的判断准确直观，可作为其他检测方法的验证手段。但钻芯法属于半破损检测方法，会对桩身结构造成一定的损伤，且检测成本较高、效率较低，检测数量有限。在实际应用中，通常在对桩身质量存在疑问或其他检测方法无法准确判断时，采用钻芯法进行验证检测。^[6]

(三) 地基处理效果检测技术

1. 标准贯入试验

标准贯入试验在地基处理效果检测中，可用于评估处理后地基土的密实度和强度变化情况。其试验过程与常规标准贯入试验类似，通过对比处理前后地基土的标准贯入击数，判断地基处理是否达到预期效果。例如，在采用强夯法处理地基后，通过标准贯入试验检测处理后地基土的贯入击数，若击数明显增加，说明地基土的密实度和强度得到了提高，地基处理效果良好。标准贯入试验设备简单、操作方便，但测试结果受多种因素影响，且对地基处理效果的评估较为定性，缺乏精确的定量分析。^[7]

2. 静力触探试验

如前所述，静力触探试验能够获取地基土的贯入阻力信息，在地基处理效果检测中，通过对比处理前后静力触探测试数据，如锥尖阻力、侧壁摩阻力等参数的变化，可直观地反映地基土工程性质的改变，从而评估地基处理效果。例如，在采用粉喷桩加固软土地基后，对加固区域进行静力触探检测，若处理后地基土的锥尖阻力和侧壁摩阻力显著增大，表明粉喷桩加固效果良好，地基土的承载能力得到了提高。静力触探试验测试数据连续、精度较高，能够较为准确地评估地基处理效果，但对设备和操作要求较高，且在复杂地质条件下可能存在一定局限性。^[8]

3. 载荷试验

载荷试验在地基处理效果检测中，可直接测定处理后地基的承载力和变形特性，是评估地基处理效果最直接、最可靠的方法之一。通过在地基上进行平板载荷试验或其他类型的载荷试验，获取地基在不同荷载作用下的沉降数据，绘制荷载-沉降曲线，根据曲线特征和相关规范确定地基的承载力特征值、变

形模量等参数，并与设计要求进行对比，判断地基处理是否满足设计要求。例如，在采用换填法处理地基后，进行平板载荷试验，若试验测得的地基承载力和变形模量达到或超过设计值，说明换填处理效果良好。载荷试验测试结果准确可靠，但试验过程繁琐、成本高、时间长，且对试验场地要求严格，通常在重要工程或对地基处理效果要求较高的情况下采用。^[9]

三、检测技术的融合与发展趋势

当下，单一检测技术难以满足复杂多变的桥梁地基基础检测需求，多种检测技术的融合应用成为趋势。例如，在桩基础检测中，低应变反射波法用于快速普查桩身完整性，发现异常后，再采用声波透射法或钻芯法进行精确定位和定量分析，这样既能提高检测效率，又能保障检测精度。

同时，随着物联网、大数据和人工智能技术的不断进步，桥梁工程地基基础检测正朝着智能化、自动化、高精度方向发展。借助传感器网络，可实时采集地基基础的应力、应变、沉降等数据，并通过大数据分析挖掘潜在问题。人工智能算法能对检测数据进行智能诊断，快速准确地识别病害类型和程度，大大提升检测工作的质量与效率，为桥梁工程地基基础检测开辟新的路径。^[10]

四、结论

综上所述，桥梁工程地基基础检测在保障桥梁结构安全、确保满足设计要求、预防地基基础病害以及为桥梁维护决策提供依据等方面具有不可替代的重要作用。同时，随着工程技术的不断发展，各种地基基础检测关键技术也在不断完善和创新，为准确评估地基基础的质量和性能提供了有力的手段。在实际工程中，应根据桥梁的类型、地质条件、设计要求以及施工情况等因素，合理选择检测技术和方法，确保检测工作的科学性、准确性和有效性。此外，还应加强对检测人员的培训和管理，提高检测技术水平和质量意识，严格按照相关规范和标准进行检测操作，以保证检测结果的可靠性。通过不断重视和加强桥梁工程地基基础检测工作，能够有效提升桥梁工程的质量和安全性，延长桥梁的使用寿命，为交通运输事业的发展提供坚实的保障。

参考文献

- [1] 尤奎. 桥梁工程地基基础检测的重要性及关键技术 [J]. 绿色环保建材, 2019 (12):228+230.
- [2] 陈磊. 桥梁工程地基基础检测技术分析 [J]. 交通世界, 2020 (11):116-117.
- [3] 张旭. 桥梁工程地基基础检测的重要性及关键技术 [J]. 建材与装饰, 2019 (28):265-266.
- [4] 刘立军. 桥梁工程地基基础检测技术要点分析 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43 (01):127+129.
- [5] 朱光强. 桥梁工程地基基础检测技术研究 [J]. 四川水泥, 2019 (09):292.
- [6] 王磊. 桥梁工程地基基础检测的重要性及关键技术探讨 [J]. 居舍, 2019 (27):173.
- [7] 刘斌. 桥梁工程地基基础检测技术的应用 [J]. 工程建设与设计, 2019 (16):116-117.
- [8] 李庆华. 桥梁工程地基基础检测技术研究 [J]. 科技创新导报, 2019, 16 (22):54-55.
- [9] 宋磊. 桥梁工程地基基础检测技术的应用分析 [J]. 四川建材, 2019, 45 (07):162-163.
- [10] 李勇. 桥梁工程地基基础检测技术要点探究 [J]. 交通世界, 2019 (19):128-129.