

水利工程地基承载力检测方法比较与优化研究

杨骞尧

塔城水利工程质量检测有限公司 新疆 塔城 834700

摘要：水利工程地基承载力检测是确保工程安全稳定的关键环节。本文比较了平板荷载试验、螺旋板载荷试验、标准贯入试验、动力触探试验、静力触探试验及旁压试验等传统方法，并探讨了探地雷达法、剪切波速法等现代检测技术的应用。针对现有方法的不足，提出了改进措施，并结合水利工程特点，提出了综合检测方案。研究旨在为水利工程地基承载力检测提供科学指导，确保工程质量和安全。

关键词：水利工程；地基承载力；检测方法比较；优化

引言：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其地基承载力的准确评估对于确保工程安全稳定具有重要意义。本文旨在通过对多种地基承载力检测方法的比较与优化研究，为水利工程提供更为科学、准确的检测手段。通过深入分析传统方法与现代技术的优缺点，本文将探索一种高效、经济的综合检测方案，以期为保障水利工程质量与安全提供有力支持。

1 地基承载力检测方法的理论基础

1.1 地基承载力的基本概念

（1）定义与影响因素：地基承载力是地基土单位面积上随荷载增加所发挥的承载潜力，通常用单位kPa表示。这是一个评价地基稳定性的综合性指标，但它并非土的基本性质指标，而是针对地基基础设计提出的实用性专业术语。地基承载力的影响因素众多，主要包括土质类型、土层埋藏顺序、基础底面的形状和大小、埋深、上部结构对变形的适应程度、地下水位的升降以及地区经验等。（2）承载力与地基变形的关系：在荷载作用下，地基会产生变形。随着荷载的增大，地基变形逐渐增大。初始阶段，地基土中应力处在弹性平衡状态，具有安全承载能力。但当荷载增大到地基中某点或小区域内各点的剪应力达到土的抗剪强度时，就会发生剪切破坏，进入极限平衡状态。此时，地基虽可能仍能趋于稳定，但变形会增大，必须验算变形值不超过允许值。若荷载继续增大，地基将出现更大范围的塑性区，显示承载力不足而失去稳定。

1.2 检测方法的分类与原理

（1）原位试验方法。原位试验方法是在现场直接对地基土进行测试的方法，如平板荷载试验和螺旋板载荷试验。平板荷载试验通过在刚性承压板上分级施加荷载，观测地基土的变形情况，从而确定地基承载力。螺旋板载荷试验则是将螺旋形承压板旋入预定深度，通过

传力杆施加压力测定下沉量。这些方法能够较真实地反映地基土的实际承载性能。（2）室内试验方法。室内试验方法是在实验室内对地基土样进行试验，通过模拟地基受力情况来评估其承载力。虽然室内试验能够控制试验条件，但可能无法完全反映现场实际情况。（3）现代检测技术。现代检测技术如探地雷达法和剪切波速法在水利工程中具有潜在的适用性。探地雷达法利用电磁波在介质中的传播特性来探测地基结构，而剪切波速法则通过测量剪切波在地基土中的传播速度来评估土的力学性质。这些方法具有非破坏性、快速高效等优点，但在水利工程中的具体应用还需进一步研究和验证。

2 水利工程地基承载力常用检测方法比较

2.1 平板荷载试验

（1）方法概述与操作步骤。平板荷载试验是一种在现场模拟建筑物基础受荷条件的原位测试方法。其基本原理是通过在地基土表面逐级施加竖向荷载，观测地基土在各级荷载作用下的沉降变形，从而确定地基土的承载力和变形特性。操作时，先在试验点开挖试坑，试坑深度与基础埋置深度相同，清理坑底后铺设20-30mm的砂垫层找平。将一定尺寸的刚性承压板放置在砂垫层上，通过油压千斤顶逐级施加荷载，每级荷载施加后按规定时间间隔测量承压板的沉降量，当沉降量达到相对稳定标准后，再施加下一级荷载，直至地基土破坏或达到试验设计最大荷载^[1]。（2）优缺点分析。平板荷载试验的优点在于能直观反映地基土在实际受荷条件下的工作性能，试验结果可靠性高，可直接测定地基土的承载力特征值和变形模量。但该方法也存在明显不足，试验周期长，需逐级加载并等待沉降稳定；受场地条件限制大，大型设备搬运安装不便；试验费用较高，且试验影响深度有限，一般仅能反映承压板下2-3倍承压板宽度范围内土层的特性。（3）在水利工程中的应用案例。在某大型

水库大坝建设中,采用平板荷载试验检测坝基粉质黏土地基承载力。通过试验,准确获取了地基土在不同荷载下的沉降数据,确定了地基承载力特征值,为大坝基础设计提供了可靠依据,保障了大坝的稳定性和安全性。

2.2 螺旋板载荷试验

(1) 方法概述与适用范围。螺旋板载荷试验是借助人力或机械,将螺旋形承压板旋入地面以下预定深度,通过传力杆对其施加压力,测定承压板下沉量。该方法适用于软土、一般粘性土、粉土及砂类土,尤其在深层地基土或地下水位以下地基土测试中具有优势,能在不破坏土层原始应力状态下,获取不同深度地基土承载特性。(2) 与平板荷载试验的比较。与平板荷载试验相比,螺旋板载荷试验无需开挖试坑,对场地要求低,可在较小空间开展,且能便捷地测得同一点不同深度地基特征,适用于水下地基测试。但平板荷载试验承压板面积大,影响范围广,结果更能反映较大区域地基综合特性;螺旋板载荷试验承压板较小,影响深度有限,对土层局部变化敏感。在数据准确性上,平板荷载试验技术成熟完善,数据可靠性高;螺旋板载荷试验受操作过程影响大,如旋入深度、速度控制不当,会降低结果准确性^[2]。(3) 应用实例与效果评估。在某水利泵站工程中,为了解深层软土地基承载力,采用螺旋板载荷试验。在不同深度进行试验,获取各深度土层荷载-沉降曲线,确定了地基承载力分布。依据试验结果,对深层软土地基采用合适的加固措施,如深层搅拌桩加固。工程建成运行后,经长期监测,泵站地基沉降满足设计要求,验证了螺旋板载荷试验在该工程中应用的有效性。

2.3 标准贯入试验与动力触探试验

(1) 方法原理与操作要点。标准贯入试验属于动力触探的一种。钻孔至预定深度后,以63.5kg落锤从76cm高度自由落下,锤击标准探杆,记录贯入30cm的锤击数,以此评估地基承载力等。操作时,钻孔要保持垂直,确保探杆顺利贯入,锤击过程连续均匀,精确记录锤击数与贯入深度。动力触探试验则利用一定质量的落锤,将特定尺寸、形状探头打入土中,依据贯入锤击数判定土层名称与工程性质。操作要点在于根据土层性质合理选择探头与落锤质量,严格控制锤击频率与垂直度。(2) 适用性探讨与限制条件。标准贯入试验适用于一般粘性土、粉土及砂类土,可快速获取土层相对密度与强度信息,操作简便。但它无法直接给出地基承载力具体数值,仅提供相对参考数据,且对砾石、碎石等粗颗粒含量高土层不适用。动力触探试验适用于粘性土、砂类土和碎石类土,能划分土层、评估地基均匀性。然而,其

测试结果受落锤能量传递效率、探头磨损等多种因素影响,准确性较平板荷载试验等低,不适用于对地基承载力精度要求极高的工程。(3) 与其他方法的对比分析。相较于平板荷载试验,标准贯入试验和动力触探试验操作简便、成本低、效率高,能快速获取大量土层信息,但平板荷载试验结果更直接、准确反映地基承载力。与静力触探试验相比,标准贯入试验和动力触探试验可在一定程度上区分土层,但对土层性质定量分析能力较弱,静力触探试验能更精确测量土层贯入阻力,确定土的工程性质。

2.4 静力触探试验与旁压试验

(1) 静力触探试验的方法特点与优势。静力触探试验是用静力将装有阻力传感器的探头匀速压入土中,通过测量探头的贯入阻力,测定土层的工程性质。该方法具有测试连续、快速、效率高、数据准确等优点,能准确划分土层,确定地基土的承载力、压缩模量等参数,且对环境影响小。(2) 旁压试验的原理与操作流程。旁压试验是将圆柱形旁压器竖直放入土中,通过旁压器在竖直的孔内加压,使旁压膜膨胀,并由旁压膜将压力传给周围土体,使土体产生变形直至破坏,通过量测施加的压力和土变形之间的关系,即可得到地基土的力学指标。操作流程包括钻孔、放置旁压器、分级加压、测量变形等步骤^[3]。(3) 在复杂地质条件下的应用效果。在山区水利工程的复杂地质条件下,静力触探试验和旁压试验发挥了重要作用。静力触探试验能快速穿过软硬不均的土层,获取连续的土层参数;旁压试验则可在钻孔中对不同深度的土体进行原位测试,准确测定土体的力学性质,为水利工程基础设计和施工提供可靠数据,有效保障工程安全。

3 水利工程地基承载力检测方法的优化研究

3.1 传统检测方法的改进建议

3.1.1 针对现有方法存在的问题提出改进措施

传统检测方法如平板荷载试验存在周期长、费用高且影响深度有限的问题;标准贯入试验等动力测试方法易受外界因素干扰,结果需经验修正。针对平板荷载试验,可采用自动化加载与监测系统,通过传感器实时采集沉降数据并自动分析,减少人工观测误差,缩短试验周期;同时开发轻便型、可拼接的承压板,降低设备搬运难度,扩大适用场地范围。对于标准贯入试验和动力触探试验,研发高精度的锤击能量控制装置,确保每次锤击能量稳定,减少因能量波动导致的误差;并建立基于大数据的区域修正模型,结合大量试验数据和地质资料,优化锤击数与承载力的换算关系。

3.1.2 改进后的方法效果预测与验证

改进后的平板荷载试验预计将试验周期缩短30%-50%，降低人力和设备成本，且通过扩大承压板拼接尺寸，可使影响深度增加1-2倍，更全面反映地基土特性。自动化监测系统能实时准确记录数据，提高试验结果可靠性。对于改进后的动力测试方法，高精度锤击能量控制装置可将锤击能量误差控制在极小范围内，大数据修正模型能使承载力换算精度提升20%-30%。通过在多个水利工程场地进行新旧方法对比试验，收集数据进行统计分析，验证改进后方法的有效性和准确性。

3.2 现代检测技术的应用与探索

3.2.1 探地雷达法、剪切波速法等在水利工程中的适用性分析

探地雷达法利用高频电磁波在介质中的传播特性，通过分析反射波图像来探测地下介质分布，适用于检测地基土中的空洞、疏松带等缺陷，对浅层地基的分层和不均匀性检测效果良好。但该方法受土体含水量和电磁干扰影响较大，在含水量高或电磁环境复杂的区域应用受限。剪切波速法通过测定土体中剪切波的传播速度，可快速获取土体的动弹性模量等参数，适用于各类土层，尤其在评价土体动力性质和液化可能性方面具有优势。不过，该方法需要与其他方法配合，才能准确确定地基土承载力^[4]。

3.2.2 新技术的应用案例与效果评估

在某河道整治工程中，采用探地雷达法对堤防地基进行检测，成功发现了多处隐藏的空洞和疏松区域，为及时处理地基隐患提供了依据。经后续开挖验证，探地雷达检测结果与实际情况高度吻合。在另一大型水库大坝抗震加固工程中，运用剪切波速法快速测定了坝基土层的动力学参数，结合其他检测方法，准确评估了地基土的液化可能性，为抗震设计提供了关键数据，保障了大坝的抗震安全。

3.3 综合检测方案的提出

3.3.1 结合水利工程特点，提出综合检测方案

水利工程地基具有规模大、地质条件复杂、受水影响大等特点。综合检测方案可采用“前期普查+重点详

查”模式。前期利用探地雷达法和剪切波速法进行大面积快速普查，初步掌握地基土的分层、缺陷和动力性质，确定重点检测区域。然后针对重点区域，根据地质条件选择合适的传统检测方法，如平板荷载试验、静力触探试验等进行详查，准确测定地基土承载力和变形参数。同时，引入智能监测系统，对检测过程和地基后续运行状态进行实时监测。

3.3.2 方案的可行性分析与效益评估

该综合检测方案在技术上，结合了现代检测技术的高效性和传统检测方法的准确性，各方法相互补充，能够全面准确地获取地基土信息。在经济上，通过前期普查缩小详查范围，可减少不必要的传统检测工作量，降低检测成本；智能监测系统的应用可提前预警地基安全隐患，避免后期维修加固的高额费用。在工程效益方面，准确的检测结果为水利工程基础设计和施工提供可靠依据，保障工程质量和安全，延长工程使用寿命，具有显著的社会效益和经济效益。

结束语

综上所述，水利工程地基承载力的准确检测是保障工程安全稳定的基础。通过对传统检测方法与现代检测技术的全面比较与优化研究，我们不仅认识到各种方法的优势与局限性，更探索出了一套综合检测方案，以期实现检测效率与准确性的双重提升。未来，随着技术的不断进步与创新，我们有理由相信，水利工程地基承载力的检测将更加智能化、精细化，为水利工程的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]郑明峰.水利工程地基基础岩土实验检测分析[J].城市建设理论研究,2025,(05):41-42.
- [2]于洋.水利工程勘察中原位测试方法的应用研究[J].江西建材,2024,(11):124-125.
- [3]周永平.农田水利工程地基处理方法研究进展[J].农业灾害研究,2024,(04):69-70.
- [4]惠伟伟,罗小玲,伍芝铭.基于多源数据的水利工程施工复合地基承载力估算研究[J].科学技术创新,2022,(13):146-147.