

黄河水利根石探测方法创新及效果评估

王海燕 王顺生

濮阳黄河河务局范县黄河河务局 河南 濮阳 457000

摘要:黄河作为中国的第二长河,其水利工程的稳定与安全直接关系到下游地区的防洪安全及生态平衡。根石作为黄河河道整治工程的重要组成部分,其稳定性直接关系到防洪工程的整体效能。本文旨在探讨黄河水利根石探测方法的创新及其效果评估,通过分析传统探测方法的不足,提出新型探测技术的应用,并对其效果进行科学评估,以期黄河水利工程的维护与管理提供理论依据和技术支持。

关键词:黄河水利;根石探测;创新;效果

引言

黄河河道整治工程是防洪体系的重要组成部分,其中根石的稳定性直接关系到工程的安全与效能。传统根石探测方法存在探测精度低、劳动强度大、效率低下等问题,难以满足现代水利工程管理的需求。因此,创新根石探测方法,提高探测效率和准确性,对于保障黄河水利工程的安全具有重要意义。

1 传统根石探测方法及其不足

1.1 传统探测方法概述

传统根石探测方法是水利工程领域长期实践的产物,主要包括人工锥探法、探水杆法、铅鱼探测法等接触式探测方法,以及浅地层剖面探测等非接触式地球物理探测方法。这些方法各具特点,适用于不同的探测环境和需求。人工锥探法是一种直观且简单的探测方法,通过人工操作锥探工具对根石进行探测。然而,该方法受人为因素影响较大,探测结果往往存在较大的误差。探水杆法则是利用探水杆对根石进行敲击,通过声音判断根石的位置和深度。但该方法同样存在精度不高的问题,且对探测人员的经验要求较高^[1]。铅鱼探测法是一种将铅鱼投入水中,通过其下沉过程中的阻力变化来判断根石情况的方法。然而,水流、泥沙等自然因素对铅鱼的下沉轨迹和阻力变化产生较大影响,导致探测结果的不准确。浅地层剖面探测是一种非接触式的地球物理探测方法,通过向地下发射声波并接收其反射波来探测根石的情况。该方法在一定程度上提高了探测的精度和效率,但仍存在一些问题,如声波在复杂地质条件下的传播和反射规律难以准确掌握,导致探测结果的解释存在困难。

1.2 存在的不足

1.2.1 探测精度低

传统根石探测方法受水流、泥沙等自然因素影响较大,难以准确反映根石的实际情况。特别是在水流湍

急、泥沙含量较高的环境下,探测结果的误差往往较大。此外,传统方法对于根石的形状、大小、分布等细节的探测能力也有限,无法满足现代水利工程对根石探测的高精度要求。

1.2.2 劳动强度大

人工探测方法需要投入大量人力,且作业环境恶劣,对探测人员的安全构成威胁。在水利工程中,根石探测往往需要在水下或河岸边进行,作业环境复杂且危险。探测人员需要长时间处于恶劣的工作环境中,不仅劳动强度大,而且容易发生安全事故。

1.2.3 效率低下

传统方法探测速度慢,难以满足大规模水利工程的需求。在现代水利工程中,往往需要对大量的根石进行探测,而传统方法的探测速度较慢,无法满足工程进度的要求。此外,传统方法对于探测数据的处理和分析也较为繁琐,进一步降低了探测效率。

2 新型根石探测方法的创新

2.1 智能高精度根石探测仪

智能高精度根石探测仪是近年来针对传统根石探测方法存在的诸多问题而研发的一种新型探测设备。该设备充分利用了现代物联网技术,模仿传统抛铅铊探测方法的原理,实现了软接触式根石探测,极大地提高了探测的精度和效率。

2.1.1 设备组成

(1) 根石探头:采用特殊材料和设计,确保在不破坏根石的情况下,能够准确地感知到根石的存在、深度和形状。(2) 电机:为设备提供稳定的动力来源,确保在探测过程中设备能够保持稳定的运行状态,同时控制探头的升降速度。(3) PLC(可编程逻辑控制器):负责设备的整体运行控制,包括电机的启停、探头的升降、数据的采集与处理等,实现设备的自动化和智能化。

2.1.2 测量原理

一是软接触式探测：通过根石探头与根石的软接触，模拟传统抛铅铈探测方法，减少对根石的破坏。二是压力传感：利用压力传感器实时感知探头与根石之间的接触压力，从而判断根石的深度和形状^[2]。三是计米器测距：通过计米器准确记录探头的升降距离，为后续的数据处理和分析提供精确的数据支持。

2.1.3 数据处理与分析：

(1) 实时数据采集：在探测过程中，PLC实时采集压力传感器和计米器的数据，并进行初步处理。(2) 高精度算法：采用高精度算法对采集到的数据进行进一步处理和分析，以提高探测结果的准确性和可靠性。(3) 可视化界面：提供可视化界面，实时显示探测结果和数据，方便操作人员进行监控和调整。

2.1.4 智能化功能

一是自适应调整：根据探测环境和根石状况，设备能够自适应地调整探测参数和策略，以提高探测效率。二是故障自诊断：设备具有故障自诊断功能，能够在出现故障时及时报警并提示操作人员进行处理。三是远程监控与数据传输：支持远程监控和数据传输功能，方便远程操作人员对设备进行监控和数据管理。

2.2 浅地层剖面探测技术升级

浅地层剖面探测技术，作为一种非接触式的地球物理探测方法，在水利工程根石探测领域一直发挥着重要作用。近年来，经过不断的技术升级，形成了具有根石探测、数据存储、计算机信息管理功能的3200-XS浅地层剖面仪探测系统。这一系统的出现，极大地提升了根石探测的精度和效率。首先，3200-XS浅地层剖面仪探测系统引入了GPS动态差分功能。这一功能通过实时获取探测断面的精确位置信息，并与预设的探测路径进行动态差分计算，从而实现了探测断面的精确定位。这种定位方式不仅提高了探测断面的准确性，还减少了因探测断面变化带来的误差，使得探测结果更加可靠。其次，在数据处理和分析方面，3200-XS浅地层剖面仪探测系统也进行了优化。该系统配备了高性能的数据存储模块，能够自动存储大量的探测数据，并通过计算机信息管理功能对数据进行

高效地处理和分析。在处理过程中，系统采用了先进的算法对探测数据进行滤波、去噪和增强处理，进一步提高了探测结果的清晰度和准确性^[3]。最重要的是，3200-XS浅地层剖面仪探测系统在根石探测方面实现了技术创新。该系统采用了高分辨率的声波发射和接收装置，能够向地下发射高频声波并接收其反射波。通过分析反射波的波形、振幅和频率等特征信息，系统能够准确地识别根石的位置、形状和大小，并有效区分河道淤泥层与根石顶面。这一能力的提升对于水利工程的安全和维护具有重要意义，因为它能够确保工程师准确地了解根石的状况，从而制定出更加有效的维护和管理策略。

3 新型探测方法的效果评估

3.1 探测精度评估

新型根石探测方法在探测精度上相较于传统方法展现出了显著的提升。以智能高精度根石探测仪为例，该设备在实际应用中不仅操作简便，而且探测性能卓越，特别是在根石深度的测量上，其误差范围被严格控制在 $\pm 0.2\text{m}$ 以内，这一精度水平远超传统探测方法，为水利工程的安全和维护提供了更加精准的数据支持。为了更具体、更全面地说明智能高精度根石探测仪在探测精度上的优势，进行了一系列的对比试验。试验中，选择了多个具有不同地质条件和根石分布特征的探测点，分别使用传统探测方法和智能高精度根石探测仪进行探测，并对探测结果进行了详细的记录和分析。试验结果显示，传统探测方法在根石深度的测量上误差较大，误差范围通常在 $\pm 0.5\text{m}$ 至 $\pm 1.0\text{m}$ 之间，甚至在某些复杂地质条件下，误差会更大。这种较大的误差范围往往导致探测结果的可靠性较低，给水利工程的安全和维护带来较大的不确定性。相比之下，智能高精度根石探测仪的探测精度显著提高。在相同的探测点上，该设备的误差范围始终保持在 $\pm 0.2\text{m}$ 以内，甚至在一些复杂地质条件下，误差也能控制在 $\pm 0.15\text{m}$ 以内。这一精度水平的提升，使得探测数据的可靠性得到了极大地增强，为水利工程的安全和维护提供了更加准确、可靠的数据支持。以下数据表，用于展示智能高精度根石探测仪与传统探测方法在探测精度上的对比：

表1 传统传统探测与智能探测仪的对比

| 探测点编号 | 地质条件 | 传统探测方法 误差范围 (m) | 传统探测方法 平均误差 (m) | 智能高精度根石探测仪 误差范围 (m) | 智能高精度根石探测仪 平均误差 (m) |
|-------|--------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 砂质土壤 | ± 0.6 | 0.55 | ± 0.1 | 0.08 |
| 2 | 黏土土壤 | ± 0.7 | 0.65 | ± 0.2 | 0.15 |
| 3 | 岩石地基 | ± 0.5 | 0.45 | ± 0.15 | 0.12 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 平均值 | 所有地质条件 | ± 0.6 | 0.55 | ± 0.15 | 0.12 |

从数据表中可以看出,无论在何种地质条件下,智能高精度根石探测仪的探测精度都显著高于传统探测方法。智能高精度根石探测仪的平均误差仅为0.12m,远低于传统探测方法的0.55m。这一精度的提升对于水利工程的安全和维护具有重要意义,因为它能够确保工程师更加准确地了解根石的状况,从而制定出更加有效的维护和管理策略。同时,这也为水利工程的长期稳定运行提供了更加可靠的技术保障。

3.2 工作效率评估

新型探测方法在提高探测精度的同时,也显著提升了工作效率。以智能高精度根石探测仪为例,该设备搭载吊车和无人艇,实现了多点、自动、连续的测量,极大地提高了探测的覆盖范围和速度。与传统探测方法相比,智能高精度根石探测仪的日探测能力提高了数倍,使得大规模的水利工程根石探测工作能够在更短的时间内完成。此外,浅地层剖面探测系统也实现了探测主机、传输、数据存储运算的一体化作业。这一创新设计使得探测过程中数据的采集、传输和处理更加高效,大幅缩短了探测周期。同时,一体化的作业方式也减少了人为干预,降低了操作复杂度,进一步提高了工作效率。具体来说,传统探测方法往往需要人工操作,测量点数量有限,且每个测量点都需要单独进行数据处理和分析。而新型探测方法则实现了自动化、连续化的测量,能够同时处理多个测量点的数据,大大提高了工作效率。此外,新型探测方法还具备实时数据传输和远程监控功能,使得工程师能够实时掌握探测进展,及时调整探测策略,确保探测工作的顺利进行^[4]。新型探测方法在工作效率方面展现出了显著的优势。智能高精度根石探测仪和浅地层剖面探测系统的创新设计使得探测工作更加高效、便捷,为水利工程的安全和维护提供了有力的技术支持。

3.3 安全性评估

新型探测方法在提高探测精度和效率的同时,也格外注重操作安全性的提升。这一点在智能高精度根石探测仪的设计上体现得尤为明显。该设备采用遥控操作

方式,探测人员可以在安全距离外进行遥控作业,从而大大减少了水上作业的风险。尤其是在水流湍急、水域复杂的环境下,遥控操作能够有效避免探测人员因直接接触水面而可能遭遇的危险,确保了探测工作的顺利进行。另外,浅地层剖面探测系统也充分考虑了安全性因素。通过固定探测断面与行船轨迹,该系统能够确保探测过程中探测断面的稳定性和一致性,减少了因探测断面变化而带来的误差和安全隐患。这种设计不仅提高了探测结果的准确性,还有效降低了因操作不当或环境因素导致的安全风险。综上所述,新型探测方法在安全性方面展现出了显著的优势。无论是智能高精度根石探测仪的遥控操作设计,还是浅地层剖面探测系统的固定探测断面与行船轨迹设计,都充分体现了对操作安全性的高度重视。这些创新设计不仅保障了探测人员的安全,也提高了探测工作的可靠性和稳定性,为水利工程的安全和维护提供了更加有力的技术支持。

结语

通过创新根石探测方法,黄河水利工程在探测精度、工作效率和安全性方面均取得了显著提升。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,新型根石探测方法将在更多领域发挥重要作用。同时,应进一步加强技术研发和推广应用,提高黄河水利工程的整体效能和防洪能力,为黄河流域的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1]张佳,刘凯.黄河下游河道整治工程根石探测研究[C]//河海大学,西安理工大学,中国疏浚协会,山西省水利学会.2021第九届中国水生态大会论文集.黄河水利委员会山东水文水资源局,2021;(8):25-30.
- [2]袁占军,李长鹏,刘嘉森.黄河下游河道整治工程根石探测技术分析[J].山东水利,2021,(06):36-38.
- [3]董学刚,岳成鲲,董涛,等.浅地层剖面仪水下根石探测应用研究[J].工程建设与设计,2017,(19):84-86.
- [4]杨军,吴凤雷,郭黎伟.对黄河中下游河道整治工程根石探测工作的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2016,(30):92-93.