

声音识别技术在水利工程质量检测中的应用

高庆龙¹ 宋 扬² 兰上步³

杭州信立工程检测有限公司 浙江 杭州 311100

摘要：声音识别技术在水利工程质量检测中展现出巨大潜力。该技术通过捕捉并分析水利工程结构、设备及环境产生的声音信号，实现对工程状态的实时监测与评估。本文探讨了声音识别技术在结构健康监测、设备故障诊断及环境声音监测等方面的具体应用，分析其提高检测准确性、降低维护成本的优势。实践表明，声音识别技术为水利工程的安全稳定运行和生态环境保护提供有力技术支持，具有广阔的应用前景。

关键词：声音识别技术；水利工程质量检测；应用

引言：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其质量与安全直接关系到人民群众的生命财产安全及生态环境的可持续发展。传统质量检测手段存在检测周期长、效率低等问题。近年来，声音识别技术的快速发展为水利工程质量检测提供了新的思路。该技术利用声音信号反映物体状态的特点，实现对水利工程的非接触式、实时监测，为提高检测效率和准确性提供了新的解决方案。

1 水利工程质量检测的重要性

水利工程质量检测在水利工程建设中扮演着至关重要的角色。它不仅是确保工程安全、稳定和持久运行的基础，也是衡量工程建设质量、保障人民生命财产安全及促进经济社会可持续发展的关键环节。第一，质量检测能够及时发现并纠正施工中的质量问题。在水利工程的施工过程中，材料、设备、施工工艺等多个环节都可能存在潜在的质量隐患。通过科学、全面、系统的质量检测，可以及时发现这些问题，并采取相应的补救措施，从而避免质量事故的发生，确保工程的整体质量。第二，质量检测是评价工程是否符合设计要求和规范标准的重要依据，水利工程的设计通常基于复杂的地质、水文等自然条件，以及严格的安全、经济、环保等要求。质量检测能够验证工程是否达到了这些设计要求，确保工程在投入使用后能够充分发挥其应有的功能和效益。第三，质量检测还有助于提升施工企业的管理水平和技术实力，在质量检测的过程中，施工企业可以了解自身在施工技术、质量管理等方面的优势和不足，从而有针对性地改进和提升。这不仅有助于提高企业的市场竞争力，还能为企业的可持续发展奠定坚实的基础。

2 声音识别技术在水利工程质量检测中的基本原理

声音识别技术在水利工程质量检测中的基本原理，主要是基于声音信号与物体振动状态之间的紧密联系^[1]。

在水利工程中，各种设备如水泵机组、水轮机、阀门和管道等，在运行过程中都会产生特定的声音模式。这些声音模式蕴含着丰富的设备运行状态信息，包括设备的振动情况、磨损程度以及潜在的故障信号等。声音识别技术通过采集这些声音信号，并利用先进的声纹采集装置和算法模型，对声音信号进行实时分析和处理。它首先会进行数据采集，使用高质量的麦克风或声学传感器阵列，在水利工程的关键部位采集声音信号。接着对采集到的声音信号进行滤波、去噪、归一化等预处理操作，以提高信号的质量和一致性。然后，利用时域和频域分析方法，提取声音信号的时域特征（如能量、过零率等）和频域特征（如功率谱密度、频谱熵等），以识别出设备特定的声音模式。通过将这些声音模式与预设的正常运行状态声音模式进行对比分析，声音识别技术能够及时发现设备运行状态的变化，从而实现对设备故障的早期预警和诊断。这种方法不仅提高了检测的准确性和效率，还为水利工程的安全运行提供了有力的技术保障。

3 水利工程的主要质量问题

3.1 常见的结构缺陷与隐患

在水利工程中，常见的结构缺陷与隐患主要包括几个方面：（1）混凝土裂缝。混凝土作为水利工程中的主要建筑材料，其质量直接影响到工程的整体稳定性。裂缝是混凝土结构中常见的缺陷，可能导致渗漏、钢筋锈蚀等问题，进而影响结构的耐久性；（2）结构变形。水利工程中的建筑物，如大坝、溢洪道等，在长期水压力、温度应力和地基变形等因素的作用下，可能出现结构变形。变形严重时，会影响结构的稳定性和安全性；（3）金属结构安全隐患。水利工程中的金属结构，如闸门、启闭机等，也可能存在安全隐患。如闸门叶止水破坏、裂缝、结构构件损坏，门框漏水，附属部件腐蚀，

升降杆和导轨变形等，这些问题都可能影响金属结构的正常运行和使用寿命；（4）输泄水建筑物安全隐患。如溢洪道闸室结构严重变形，溢洪道底板及两侧翼墙或边墙严重变形，放水涵（管）进口结构变形，放水涵（管）进口断裂、洞身严重变形等，这些问题可能导致输泄水功能失效，甚至引发安全事故。

3.2 工程质量问题的成因与影响

水利工程中质量问题的成因复杂多样，施工人员未按照设计要求和施工规范进行施工，是导致工程质量问题的重要原因。施工过程中的违规操作、偷工减料等行为，都可能影响工程的质量和安全性。建筑材料的质量直接关系到工程的整体质量。如果使用了质量不合格的建筑材料，如劣质水泥、砂石等，将严重影响工程的结构强度和使用寿命。工程设计不合理或存在缺陷，也是导致工程质量问题的重要原因。如结构设计不合理、排水系统设计不当等，都可能使工程在使用过程中出现问题。在选择施工场址时，如果地质勘测不准确，可能导致所选地质不适合开发，从而影响工程的进度和质量。工程的建址、水文和气象等环境因素也可能对工程质量产生影响。如极端天气条件、地质条件复杂等都可能增加施工难度和质量风险^[2]。

4 声音识别技术在水利工程质量检测中的应用可行性分析

4.1 水利工程中的声音特性分析

在水利工程质量检测中，声音识别技术的应用首先需要对水利工程中的声音特性进行深入分析。水利工程中的声音主要来源于水流、机械设备运行以及结构振动等多个方面。这些声音具有特定的频率、振幅和波形特征，能够反映水利工程中不同设备和结构的运行状态。例如，水流通过管道或阀门时产生的湍流声，可以反映水流的通畅程度和管道的磨损情况；机械设备如水泵、水轮机的运行声音，则能够反映其内部零件的工作状态和磨损程度。另外，水利工程结构如大坝、堤防等在水压力作用下的振动声音，也是评估其稳定性和安全性的重要指标。因此对水利工程中的声音特性进行准确分析，是声音识别技术应用的基础。

4.2 声音识别技术的适用性探讨

声音识别技术在水利工程质量检测中的适用性主要体现在几个方面：首先，声音识别技术具有非接触性、实时性和连续性等优点。通过安装声音传感器，可以实现对水利工程设备和结构的实时监测，无需人工干预即可获取大量声音数据。这不仅可以提高检测效率，还能及时发现潜在的质量问题，避免事故的发生。其次，声

音识别技术能够准确识别水利工程中的声音特征，并对其进行分类和识别。通过对采集到的声音信号进行预处理、特征提取和模式识别等步骤，可以实现对水利工程设备和结构运行状态的准确评估。这有助于及时发现设备的异常情况，为设备的维护和保养提供科学依据。另外，声音识别技术还具有较高的灵活性和可扩展性。随着技术的不断发展，声音识别算法的性能不断提升，可以适应更多复杂场景下的声音识别需求。声音识别技术还可以与其他检测技术相结合，如振动检测、温度检测等，形成多参数融合的检测系统，进一步提高检测的准确性和可靠性。声音识别技术在水利工程质量检测中的应用也面临一些挑战。例如，水利工程中的声音环境复杂多变，存在多种噪声干扰，这可能会对声音识别算法的性能产生影响。不同水利工程设备和结构的声音特征存在差异，需要针对具体情况进行算法优化和参数调整。因此在应用声音识别技术时，需要充分考虑这些因素，并进行相应的技术改进和优化。

5 声音识别技术在水利工程质量检测中的具体应用

5.1 水利工程结构健康监测

水利工程结构健康监测是确保工程安全稳定运行的关键环节。声音识别技术在这一领域的应用，为结构健康监测提供了新的视角和手段。水利工程结构，如大坝、堤防、水闸等，在长期承受水压力、风荷载及温度变化等外部因素的作用下，可能会出现裂缝、渗漏、变形等潜在问题。这些问题往往伴随着特定的声音信号，如结构内部的微小振动声、水流通过裂缝的湍流声等^[3]。声音识别技术通过高灵敏度的声音采集设备，如声学传感器阵列，能够捕捉这些微弱的声音信号。利用先进的信号处理算法和机器学习模型，对这些声音信号进行特征提取、分类和识别。例如，通过分析结构振动声音的频率、振幅和持续时间等特征，可以判断结构的整体刚度和稳定性；通过监测水流通过潜在裂缝时产生的湍流声，可以定位裂缝位置并评估其严重程度。这种非接触式的监测方式不仅提高了监测的准确性和效率，还降低了人工检查的风险和成本。进一步地，声音识别技术还可以与结构健康监测系统相结合，实现实时监测和预警。当结构出现异常情况时，声音识别系统能够迅速识别并发出警报，为工程管理人员提供及时的决策支持。通过对历史声音数据的分析和挖掘，还可以建立结构健康状态的数据库，为结构的长期维护和保养提供科学依据。

5.2 水利工程设备故障诊断

水利工程中的设备，如水泵、水轮机、发电机等，是保障工程正常运行的关键。这些设备在长期运行过程

中,由于磨损、腐蚀、振动等因素,可能会出现故障或性能下降。传统的设备故障诊断方法往往依赖于人工检查或定期维护,但这种方法不仅耗时费力,而且难以发现潜在的早期故障。声音识别技术在水利工程设备故障诊断中的应用,为设备的预防性维护和故障预警提供了新的解决方案。通过采集设备运行过程中的声音信号,声音识别系统能够分析设备的运行状态和健康状况。例如,水泵在运行时产生的振动和噪声,可以反映其内部零件的磨损程度和润滑状态;水轮机叶片与水流相互作用的声音,可以反映其转动是否平稳、是否存在不平衡或卡涩等问题。声音识别技术利用机器学习算法对声音信号进行模式识别和分类,能够自动识别设备的正常声音和异常声音。当设备出现故障或性能下降时,声音识别系统能够迅速识别并发出警报,提示工程管理人员进行检修或更换。通过对声音数据的持续监测和分析,还可以建立设备的健康状态模型,预测设备的剩余使用寿命和维修周期,为设备的长期稳定运行提供有力保障。

5.3 水利工程环境声音监测

水利工程环境声音监测是评估工程对周边环境影响的重要手段。声音识别技术在这一领域的应用,能够实时监测和评估水利工程周边的声音环境,为环境保护和噪声控制提供科学依据。水利工程在建设和运行过程中,会产生各种声音,如施工噪声、设备运行噪声、水流噪声等。这些声音不仅会对周边居民的的生活和工作产生影响,还可能对生态环境造成破坏。声音识别技术通过采集和分析水利工程周边的声音信号,能够评估噪声的强度、频率和持续时间等特征,从而判断噪声是否超标或是否对周边环境造成不良影响^[4]。声音识别技术还可以对水利工程周边的生物声音进行监测和分析。例如,通过分析鱼类游动时产生的声音,可以评估水利工程对水生生物栖息环境的影响;通过监测鸟类叫声的变化,

可以判断水利工程是否对鸟类的迁徙和繁殖造成干扰。这些生物声音数据的收集和分析,有助于了解水利工程对生态环境的综合影响,为制定环境保护措施和噪声控制策略提供科学依据。声音识别技术在水利工程环境声音监测中的应用,不仅提高监测的准确性和效率,还为环境保护和噪声控制提供新的技术手段。通过实时监测和评估水利工程周边的声音环境,可以及时发现和解决潜在的噪声问题,为水利工程的可持续发展和生态环境保护贡献力量。

结束语

综上所述,声音识别技术在水利工程质量检测中的应用,不仅革新了传统的检测方式,更在提高检测效率、降低维护成本、保障工程安全等方面展现出显著优势。随着技术的不断进步和应用的深入,声音识别技术将在水利工程质量检测领域发挥越来越重要的作用。有理由相信,在不久的将来,声音识别技术将成为水利工程质量检测不可或缺的一部分,为水利工程的可持续发展和人民生命财产安全提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]高振慧.声音识别技术在水利工程质量检测中的应用[J].电声技术,2024,48(12):194-196.DOI:10.16311/j.audioe.2024.12.058.
- [2]葛敬明.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].中国房地产业,2020(27):205.
- [3]田树斌.无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J].工程技术研究,2020,5(18):100-101.DOI:10.3969/j.issn.1671-3818.2020.18.045.
- [4]范志刚.探析超声法在水利工程质量检测中的应用[J].工程施工与管理,2024,2(8).DOI:10.37155/2972-435X-0208-10.