

QV 管道检测视频研判软件的设计与开发

薛春月¹ 吴涛² 马冬³

1. 河北普冠地理信息技术有限公司 河北 廊坊 065201

2. 华北地质勘查局综合普查大队 河北 廊坊 065201

3. 华北地质勘查局综合普查大队 河北 廊坊 065201

摘要: 地下管线是城市基础设施的关键部分,其状态影响城市运转。当前QV管道检测时,技术人员要手动完成拍摄视频、截取图像、判定缺陷和更新数据库等操作,分步进行效率低、漏检率高。本文以XX县在建实施项目为基础,用C#在Visual Studio开发QV管道检测视频研判软件,整合多项功能,实现缺陷识别与数据库实时联动。经实测,软件提升检测效率42%,漏检率降至1.8%,降低成本,为地下管线检测提供高效精准支撑,满足项目需求。

关键词: QV管道检测; 视频研判软件; 图库联动; C#语言

引言: 城市城镇化加速,地下管线规模扩大,老化、破损等问题频发,影响城市基础功能。QV管道潜望镜检测因优势成为主流方式。但当前QV检测流程有短板,技术人员用设备拍视频后,要手动截取图像、判定缺陷、录入数据库,环节独立、衔接差。项目前期统计显示,人工检测判读单公里平均耗时2.8小时,漏检率8.3%,重复操作率超25%,难满足大规模勘测要求。本文依托项目开发软件,解决痛点,提升智能化水平,保障项目推进。

1 相关技术与项目背景

1.1 项目背景

本项目为我单位近期施工项目,涵盖XX县主城区供水、排水、燃气等8大类20余种地下管线,核心任务是完成管线全面勘测、排水管道缺陷识别与信息数字化管理。项目前期排水检测判读采用传统QV检测方式,发现人工研判流程繁琐、效率低下,难以满足项目的勘测进度要求,且人工判读存在主观性,易出现漏检、误判,影响勘测数据的准确性。为解决上述问题,亟须开发一款专用的QV管道检测视频研判软件,实现检测流程一体化、数据联动实时化,保障项目按期保质完成。

1.2 相关技术基础

1.2.1 QV检测技术

QV检测即管道潜望镜检测,利用可调节长度的控制杆,将配置可调焦距的高清探头放入检查井中,工作人员在地面通过主控器,利用光学成像原理,实时录制并保存被检测对象的内部影像。其设备主要由主控器、安装摄像头的手提竿、连接线缆三部分组成,具有集成度高、小巧轻便、操作简便的特点,适用于检查井与短距离管道的快速排查,可有效识别管道堵塞、裂缝、错口等明显缺陷,但检测精度受人工操作和判读水平影响较大。

1.2.2 C#语言与Visual Studio开发环境

C#语言是微软推出的面向对象编程语言,具有语法简洁、安全性高、可扩展性强的优势,支持Windows窗体应用开发,可快速实现图形界面设计与功能逻辑编写。Visual Studio 2022作为主流开发环境,提供了完善的代码编辑、调试、编译功能,支持多种组件与库的集成,可有效提升软件开发效率。本次开发选用Visual Studio 2022作为开发平台,基于C#语言编写软件核心逻辑,保障软件的稳定性与可扩展性^[1]。

1.2.3 数据库技术

选用SQL Server 2019作为软件数据库,该数据库具有数据存储稳定、查询效率高、支持多用户并发访问的特点,可满足管道检测数据的海量存储与实时交互需求。通过Entity Framework Core框架实现C#程序与数据库的连接,该框架作为新式对象关系映射器,支持LINQ查询、更改跟踪与架构迁移,可简化数据库交互代码,提升数据操作的便捷性与高效性。

1.2.4 视频播放技术

采用VLC.NET库实现视频播放功能,该库是VLC Media Player的绑定库,支持多种视频格式,可实现视频播放、暂停、快进、截取帧等核心操作,且兼容性强、运行稳定,能够满足QV检测视频的播放与图像截取需求。通过在Visual Studio中安装Vlc.DotNet NuGet包,快速集成视频播放组件,简化开发流程。

2 软件需求分析

2.1 功能需求

结合该管线勘测项目实际,软件要实现三大核心功能,保障检测流程一体化与数据实时联动。其一为视频播放控制功能,能导入播放QV设备拍摄的各类视频格式,

支持播放、暂停等操作,精准定位缺陷并截取清晰图像,还支持批量导入管理视频。其二是缺陷信息管理功能,内置分类标准,参照规程将缺陷分结构与功能性两类,技术人员可依图像选类型、填信息,支持增删改查,确保记录完整。其三是数据库交互功能,实现缺陷信息与数据库实时联动,自动同步更新,支持查询历史数据,避免重复与漏检。

2.2 性能需求

软件运行有这些性能要求:视频播放要流畅,无卡顿闪退,支持 1080P 高清播放,帧截取响应不超 0.5 秒;缺陷信息录入与数据库同步响应不超 1 秒,保证数据实时更新;数据库存储容量不小于 1TB,满足超大管线数据长期存储;软件兼容 Windows 10 及以上系统,适配主流电脑硬件^[2]。

2.3 可行性分析

技术上,C#、Visual Studio、SQL Server 及 VLC.NET 库技术成熟,案例丰富,技术人员有能力完成开发调试。经济上,开发成本约 4 万元,主要在人力与设备,投入使用后,单公里检测判读耗时从 2.8 小时降至 1.6 小时,可节省人工成本约 33 万元,效益显著。实用上,软件界面简洁直观,符合技术人员操作习惯,无需复杂培训,能快速适配项目实际检测需求。

3 软件总体设计

3.1 设计原则

软件设计遵循实用性、稳定性、便捷性、可扩展性四大原则。实用性原则,围绕项目实际检测需求,聚焦核心功能,避免冗余设计,确保软件能够切实解决人工检测的痛点;稳定性原则,优化代码逻辑,加强异常处理,确保软件长时间运行无卡顿、无闪退,保障检测工

作连续开展;便捷性原则,设计简洁直观的操作界面,简化操作流程,降低技术人员的操作难度;可扩展性原则,采用模块化设计,预留功能接口,便于后续根据项目需求新增缺陷类型、优化功能模块。

3.2 总体架构设计

软件采用三层架构,即界面层、业务逻辑层、数据访问层,各层独立又协同,保障软件可维护与可扩展。界面层是用户交互窗口,含视频播放、缺陷信息管理、数据库查询等模块,接收用户指令,展示相关数据,实现双向交互。其设计简洁,采用菜单式布局,集中展示核心功能按钮,便于技术人员操作。业务逻辑层是核心,处理界面层指令,实现视频播放控制、缺陷信息校验、数据库同步等逻辑。它包含视频处理、缺陷管理、数据同步模块,分别负责视频操作、缺陷信息处理及数据实时联动。数据访问层与 SQL Server 数据库交互,提供增删改查接口,用 Entity Framework Core 框架简化操作代码,提高效率,还负责数据库连接与异常处理,确保数据存储安全^[3]。

3.3 数据库设计

依据软件功能需求和项目检测数据特点,设计数据库表结构,有管道信息、缺陷信息、检测人员、视频文件 4 张核心表,通过主外键关联保证数据完整一致。管道信息表存管道基本信息,含管道 ID、名称、管径等字段,标识管道属性。缺陷信息表存缺陷详情,有缺陷 ID、管道 ID 等字段,与管道信息表关联。检测人员表存人员基本信息,含人员 ID、姓名等字段,记录判定人员信息。视频文件表存 QV 检测视频信息,有视频 ID、管道 ID 等字段,与管道信息表关联。

下表为缺陷信息表的详细结构设计:

字段名称	数据类型	长度	是否主键	是否非空	字段说明
缺陷ID	int	4	是	是	缺陷唯一标识
管道ID	int	4	否	是	关联管道信息表的管道ID
缺陷类型	varchar	50	否	是	如破裂、淤积、错口、堵塞等
缺陷等级	varchar	20	否	是	I级、II级、III级、IV级
缺陷位置	varchar	100	否	是	精确到米,如XX路段K1+200处
缺陷尺寸	varchar	50	否	否	如裂缝长度800mm、宽度8mm
缺陷图像路径	varchar	200	否	是	缺陷截取图像的存储路径
判定人员	varchar	50	否	是	缺陷判定人员姓名
判定时间	datetime	8	否	是	缺陷判定的具体时间

4 软件详细设计与开发

4.1 界面层开发

界面层用 Windows 窗体应用设计,基于 Visual Studio 2022 的 Windows Forms 组件,有主、视频播放、缺陷信息

管理、数据库查询四个核心窗体。主窗体是入口,含菜单栏、工具栏与状态栏,菜单分五类,工具栏有核心功能按钮,状态栏显示运行情况。视频播放窗体嵌入 VLC.NET 控件,支持多种视频操作,能截帧并跳转至缺陷信

息管理窗体。缺陷信息管理窗体有录入表单与列表，可快速填写并校验信息后同步至数据库，还能查询、修改、删除缺陷信息。数据库查询窗体支持多条件组合查询，结果以表格展示，可导出为Excel格式。

4.2 业务逻辑层开发

4.2.1 视频处理模块

视频处理模块是业务逻辑层核心之一，负责视频导入、播放、帧截取等。借助VLC.NET库实现播放功能，初始化VlcControl控件并编写操作逻辑；帧截取调用CaptureSnapshot方法保存图像并返回路径。同时，模块处理视频格式兼容性，支持多种主流格式，解决QV设备视频格式不统一问题。

4.2.2 缺陷管理模块

缺陷管理模块负责缺陷信息的增删改查与校验。参照规程预设缺陷类型与等级选项，减少操作误差。实现必填字段校验，信息缺失或格式错误会提示修改；还进行唯一性校验，避免重复录入。

4.2.3 数据同步模块

数据同步模块实现软件与SQL Server数据库实时联动。用Entity Framework Core框架建立上下文，编写数据访问接口。技术人员操作后，模块自动同步数据，无需手动操作。若同步异常，会提示用户并保存临时数据，待恢复后重新同步，确保数据不丢失。

4.3 数据访问层开发

数据访问层基于Entity Framework Core框架，建立数据库上下文类，关联多个表并定义实体类实现映射。编写数据访问接口，提供各表的增删改查方法，简化业务逻辑层操作。同时，配置数据库连接字符串，实现动态连接，支持修改数据库地址、用户名、密码，提高软件灵活性^[4]。

5 软件测试与应用验证

5.1 软件测试

软件测试综合运用黑盒与白盒测试方法，从功能、性能、兼容性三方面展开，以保障软件契合设计与实际应用需求。功能测试聚焦视频播放控制、缺陷信息管理、数据库交互等核心功能，设计了120个测试用例，结果全部通过，软件能正常实现视频导入、播放、帧截取，以及缺陷

信息的增删改和数据库实时同步等功能，无异常情况。性能测试模拟多用户并发操作，单用户操作时，视频播放流畅，帧截取响应0.3秒，缺陷信息同步响应0.8秒；系统稳定，无卡顿、闪退，数据库查询响应时间不超1.5秒，满足性能要求。兼容性测试在Windows 10、11系统及不同配置电脑上进行，软件可正常安装运行，适配主流硬件配置，无兼容问题。

5.2 应用验证

将软件应用于项目生产，选取3个总长10公里的测试路段，对比传统人工与软件检测方式。传统人工检测判读单公里耗时2.8小时，10公里总耗时28小时，检出缺陷32处，漏检4处，漏检率8.3%，重复操作率28.1%，需3人参与；软件检测单公里耗时1.6小时，10公里总耗时16小时，检出缺陷36处，漏检1处，漏检率1.8%，重复操作率2.8%，2人参与。对比可知，软件检测效率提升42%，漏检率和重复操作率大幅下降，减少1名检测人员。目前，软件已在项目生产中全面应用，完成200公里管线检测判读，检出缺陷720处，信息同步准确率100%，有力支撑了项目推进。

结束语

本文依托在建项目，针对传统QV管道检测流程的弊端，用C#在Visual Studio开发了QV管道检测视频研判软件。它整合三大核心功能，实现缺陷识别与数据库实时联动，解决了人工检测痛点。经测试与应用验证，软件运行稳定、操作便捷，能提升效率、降低成本，满足需求。未来可优化功能，引入AI算法，拓展移动端适配，提供更智能高效的技术支撑。

参考文献

- [1]孙仙瑞.基于QV的管道检测数据在信息化系统中的应用[J].广西水利水电,2025(1):66-69.
- [2]沈永炎.管道闭路电视内窥检测及QV技术在城市雨污水管网摸排检测中运用分析[J].建材发展导向,2024,22(8):109-111.
- [3]付海,杨永波,邹宇,等.全地形管道检测机器人的研制与运用[J].中国科技成果,2024,25(6):21-23,27.
- [4]刘沛.CCTV及QV技术在城市雨污水管网摸排检测中的应用[J].水利科学与寒区工程,2023,6(1):142-144.