

钻孔成像仪系统设计与应用

张 怡 赵玉萌 郝舒娅 杨文波

陕西太合智能钻探有限公司 陕西 西安 710086

摘 要: 为满足钻孔精细探测要求, 本文设计了一种由自存储探头、深度测量仪和视频处理成像软件组成的钻孔成像系统。首先, 在机械结构方面, 主要对探头和深度传感器进行设计, 同时对探头材料进行选型; 其次, 在电路硬件方面, 设计了一套包含采集视频数据、处理深度信号、提供时间信息和光源照明等功能的硬件电路; 最后, 在系统软件方面, 设计了一款具有视频处理成像功能的软件。结果表明, 该系统不仅能够在现场打钻施工的过程中对孔内情况进行直观地勘察, 还以深度为基准对孔内孔壁情况进行分析, 为解决实际工程中的问题提供可靠信息。

关键词: 钻孔; 成像仪; 深度; 探头; 图像处理

引 言

钻孔成像是一种以光学成像为主的成像测井技术^[1-4], 适用于工程地质、水文地质、岩土工程等钻孔的可视化、精细化探测, 在观测岩层产状, 地层裂隙产状及发育情况和工程质量检查等领域发挥着重要作用^[5-7]。实际工程中, 为满足探查需求, 钻孔成像仪除具备视频录制功能外, 还需兼具轨迹测量、深度测量, 照明等功能。目前, 国内科研单位和仪器厂家开发了多款钻孔成像仪^[4], 其大多为线缆式, 适用于地面垂直钻孔, 可实现视频实时传输及显示, 但对于水平及倾斜孔, 探测深度通常在200m以内, 在某些特殊情况下难以适用。因此, 本文设计了一种由自存储探头、深度测量仪和视频处理成像软件组成的钻孔成像系统, 可实现垂直、水平及定向钻孔的精细化探测, 有效地解决地质勘测及工程施工中遇到的问题。

1 系统主要组成

钻孔成像仪系统分别从机械结构方面(探头、深度计数器)、电路硬件方面(深度采集模块、照明单元、定时模块)和系统软件方面(视频处理、图像展开、图像拼接)进行设计。

1.1 钻孔成像仪总体结构

设计钻孔成像仪, 目的是对钻孔图像、轨迹和深度等信息进行采集和处理, 主要由探头、深度计数器组成, 孔内录制的钻孔成像数据, 出孔后通过航插接头传输到电脑上, 可以做进一步观测、分析和研究, 仪器总体结构图如图1所示。

探头集成了摄像头、照明光源、定向传感器和扶正器等部件, 其中照明光源起到对孔壁照明的目的。定向传感器包括三轴磁通门传感器和三轴加速度传感器, 可以测量仪器的井斜角、方位角和工具面角等信息。扶正

器则是保证了摄像头拍摄时始终位于孔内居中位置。

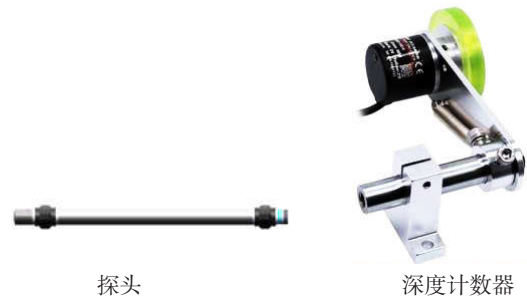


图1 仪器总体结构

1.2 探头

地面地质勘探中, 主要是对地下的地质结构和资源进行测量, 其中常见的有钻孔和水文孔, 孔径范围在40mm到200mm之间, 且多为水平孔或者俯仰孔。因此, 本文设计的探头直径为 $\varnothing 60\text{mm}$, 并在尾部设计变径接头与钻杆相连, 通过钻机带动钻杆工作, 从而推进探头在孔内行进测量。探头内部主要有摄像头、LED光源和电源驱动模块、定向传感器。摄像头选用1200W的高像素自动对焦镜头, 支持HDR模式, 通过FPC线与主板相连, 并采用特殊屏蔽电缆进行传输, 确保视频信号在传输过程中不会受到干扰。LED光源由发光二极管组成, 通过电源驱动模块驱动光源板照明, 为探头在孔内黑暗环境下观测提供必要光源。

1.3 深度计数器

深度计数器也称光电编码器, 本文选用光电编码器设计钻孔成像仪的深度计数器。将光电编码器的中心滚轴固定在计米轮上, 通过弹簧使中心滚轴与钻杆充分接触, 当中心滚轴与钻杆进行相对运动时, 光电编码器输出对应的脉冲, 得到钻杆进入的深度数据。

深度计数器实现了对探头在孔内的深度信息进行采

无法继续推进,不仅严重影响了施工效率,还可能对后续工程作业构成潜在威胁。为了解决上述问题,使用本文研制的钻孔成像仪系统对孔内进行探查。在探查遇阻后,将设备退出并将探测数据导出,对导出的数据进行如下分析。

根据视频数据,发现设备在进入孔内时,能够清晰地看到孔内孔壁的情况,了解孔内的结构,例如孔壁的粗糙度、岩石层的分层结构、以及孔内是否存在裂隙等关键信息。

随着设备的不断推进,系统捕捉到了孔壁部分岩石发生坍塌的情况。由于地质条件的不稳定或操作不当,孔壁部分岩石发生坍塌,导致碎石堆积于钻孔内部,形成了严重的阻塞。这一发现为施工人员提供了直观的证据,使他们能够根据实际情况制定解决方案,从而根据实际情况制定解决方案,最终成功解决了钻杆阻塞问题,恢复了正常的钻探作业。

将上述设备采集到的信息,通过系统软件进行处理与分析,结果显示,孔深0~0.5m为混凝土路面,0.5m以下为路基杂填土及碎石,图中0.5m附近(图中红线)为路面与路基分界面;孔深1.1m附近孔壁不完整,因土体掉块形成局部空腔,空腔大小约 15cm^2 ;孔深1.8m~1.95m位置存在半环状裂缝裂缝宽度大约5mm。

在设备采集视频信息的时候,姿态传感器发送探头的姿态信息,由主控接收探测过程中的姿态信息。此

外,同步采集显示探头进入的深度数据,能够使现场人员实时了解到设备进入的深度情况。最终,存储的视频数据、姿态数据和深度数据均通过时间做统一对标,得到一次探测过程中的完整信息。

结束语

本文分别从机械结构、电路硬件和系统软件三个方面进行阐述,最终实现了一款由自存储探头、深度测量仪和视频处理成像软件组成的钻孔成像系统。该系统不仅能够在现场打钻施工的过程中对孔内情况进行直观地勘察,还以深度为基准对孔内孔壁情况进行分析,能应用于复杂场景,例如:钻孔遇阻、孔壁破碎等,为解决实际工程中的问题提供可靠信息。

参考文献

- [1] 马峰,陈刚,胡成,等. 利用钻孔成像研究基岩地区的渗透张量变化规律[J]. 岩土工程学报,2011,33(3): 496-500.
- [2] 钟声,王川婴,吴立新,等. 钻孔雷达与数字摄像在地质勘探中的综合应用[J]. 地球物理学进展,2011,26(1): 335-341.
- [3] 王川婴,邹先坚,韩增强. 基于双锥面镜成像的钻孔摄像系统研究[J]. 岩石力学与工程学报,2017,36(9): 2185-2193.
- [4] 李旭. 基于Android系统的矿用钻孔成像仪软件开发[J]. 电子技术应用,2020,46(10): 88-92.