

水利水电工程施工爆破振动监测新技术及应用

白静雯¹, 黄跃文¹, 陈群山²

(1. 长江科学院仪器及自动化所, 湖北 武汉 430010; 2. 长江科学院重点实验室, 湖北 武汉 430010)

摘要: 总结分析了目前水利水电工程施工爆破振动监测技术的现状及发展趋势, 结合水利水电工程施工爆破中振动监测的特点和要求, 开发了基于物联网的爆破振动监测新技术, 设计并研制了爆破振动无线监测系统, 并应用于金沙江上游向家坝水利枢纽施工爆破的振动监测中。应用结果表明, 基于物联网的爆破振动无线监测系统能够大大降低人工现场布线工作量, 组网灵活, 综合成本低, 可广泛应用于水利水电工程爆破振动监测, 具有较大的应用前景。

关键词: 施工爆破; 爆破振动; 物联网; 监测技术; 水利水电工程

中图分类号: TU751.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-7647(2012)S2-0115-04

工程爆破是目前我国水利水电建设、隧道开挖及矿山开采等工程的主要施工方法^[1], 随着我国水利、水电开发进程的加快, 三峡、南水北调、龙滩、小湾、锦屏、糯扎渡、溪洛渡、向家坝、构皮滩、彭水、银盘、瀑布沟、拉西瓦、亭子口等大型水利、水电枢纽工程相继开工建设, 越来越多的爆破工程和爆破实验在重要水利水电工程中进行, 爆破引起的振动影响附近建筑物及相关设施的安全也受到愈来愈多的关注^[2]。国家对爆破施工作业产生的安全及环境的影响高度重视, 出台了多项强制标准与法规。GB 672—2003《爆破安全规程》^[3]规定“ A、B 级爆破、重要爆破以及可能引起纠纷的爆破, 均应进行爆破效应监测”。因此, 采取科学有效的手段建立有效、实时的工程爆破振动监测系统对爆破振动进行实时监测, 可以了解和掌握爆破地震波的特征、传播规律以及对建筑物的影响、破坏机理, 及时调整爆破参数和施工方法, 制定科学的防震措施, 指导爆破安全作业, 避免或减少爆破振动的危害作用, 可为水利水电工程的安全施工和作业提供重要的科学数据和参考。

本文回顾和总结了工程爆破振动监测技术的现状和发展趋势, 结合爆破振动监测对监测仪器灵活性和实时性的测量要求, 介绍了基于物联网概念设计和研发的新一代爆破振动无线监测系统, 以及该监测技术在金沙江上游向家坝水利枢纽施工爆破振动监测中的应用情况。

1 国内外爆破振动测试仪器发展现状及趋势

国内外对爆破地震效应的测试已基本形成了各自的观测系统和手段, 因此各国的测试仪器也均不相同, 这是由各自国家的技术决定的^[4]。例如, 由北京矿冶研究总院研制推出的 DSVM 系列爆破振动测试仪; INV303/306 型智能信号采集处理分析系统即所谓的“虚拟仪器库”、“移动试验室”, INV303/306 功能较为强大, 但对测振而言, 开发和附带多种功能不仅会增加成本, 同时, 功能越多, 故障率也会越高; 由成都中科动态仪器有限公司推出的 DT 系列微型记录分析仪广泛应用于桥梁、矿山、公路、铁路、隧道等爆破现场的环境监测和定量分析; TOPBOX 爆破自记仪采用嵌入式微控制电路 80C31 模拟放大、数据采集、模拟和数字输出、电源控步信号检测 5 个单元组成, 可以记录完整的爆波, 波形齐全^[5-6]。TC-4850 是目前国内唯一集成了嵌入式计算机模块的智能化爆破测振仪, 采用置程自适应技术及特征值重采样处理算法, 现场无须设置量程, 可做到对各种幅值的信号都能准确捕捉, 真正避免了波形削顶或丢失信号的情况。超低频测振仪主要用于地面和结构物的脉动测量及一般结构物的工业振动测量。MINI-SEIS II 型小型数字式爆破地震仪是美国生产的国际上先进的便携式爆破地震仪^[7], 性能极好, 无须使用交流电, 具有 1 个声通道和 3 个爆破振动信号通道; Minimate 型振动和过压监测仪是

加拿大生产的建立在 Minimate Series III 系列监测系统成功运用基础上的最新产品,可以连接一个 ISEE 标准或 DIN 标准三向检波器和一个 ISEE 标准线性麦克风。

通过对老式的仪器和现阶段各国所使用仪器的研究分析,不难发现老式的仪器都存在着各种各样的问题,例如功能不足,计数容量不足,不便携带,现场布线繁琐等。现阶段的爆破测振仪器虽然在功能、准确性、耐久度等方面已经趋于完善,而像增加计数容量,确保爆破监测数据的真实有效,实现爆破数据无线实时传输,并将汇总的数据进行分析和处理等方面则需要依靠科学技术的发展以进一步地提高。

2 基于物联网的爆破振动无线监测系统

2.1 设计理念

物联网是新一代信息技术的重要组成部分,和传统的互联网相比,物联网有其鲜明的特征。首先,它是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性,按一定的频率周期性地采集环境信息,不断更新数据。其次,它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息,在传输过程中,为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。还有,物联网不仅仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技术,扩充其应用领域;从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的数据,以适应不同用户的不同需求,发现新的应用领域和应用模式^[8]。

新一代的爆破振动监测记录仪充分利用物联网和无线通讯技术,通过内嵌的移动通讯模块 GPRS, CDMA, EDGE, 3G, WiFi 网络进行传输,爆破数据由指定中央服务器接收,中央服务器连接互联网。现场工作人员只需安装好检波器后记录仪的开关,记录仪自动记录爆破数据,记录仪的参数设置均可由“监测管理系统”管理员或监测单位的技术员进行远程设置,测试完成后,记录数据自动发送到爆破振动监测系统的数据库中,供有权限的相关人员分析和查阅,实现了爆破数据的实时监测、统一管理和

储存。

2.2 系统设计

基于物联网的爆破振动无线监测系统包括安装在爆破现场的多台检波器,具有无线传输模块、RFID 和 GPS 功能的爆破记录仪,中央服务器和终端监测管理系统,可远程实时监控多个工程爆破点爆破情况。系统设计可同时监测多区域多点爆破情况。在每个爆破点现场按照实际需要安装检波器,用于接收爆破振动并转换为电信号,传输至爆破记录仪。爆破记录仪采用多路信号并行采集,并进行爆破数据处理。爆破数据由记录仪中内置的无线传输模块进行传输,由中央服务器接收,并进行解码处理得到所需数据。爆破数据在中央服务器中统一管理和储存,用户可连接互联网,在线登录终端监测管理系统获取爆破现场的数据资料。基于物联网的爆破振动无线监测系统原理计如图 1 所示。

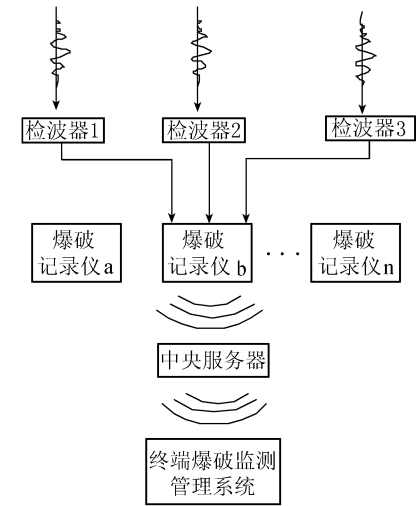


图 1 系统设计原理

2.3 远程无线爆破管理信息系统

远程无线爆破管理信息系统分为软件版和 Web 网页版,可以实现爆破数据的添加和下载,显示记录列表、打开记录、查找记录、导出数据、删除记录、打印记录以及查看记录地理信息,查看振动详细信息和振动波形,振动波形的分析(包括频谱分析、功率谱分析、一阶积分分析、一阶微分分析等),短信预警功能等。

a. 软件版远程无线爆破管理信息系统。软件版远程无线爆破管理信息系统是针对新一代的爆破振动监测记录仪研发的独立软件,操作界面如图 2 所示。

b. Web 网页版远程无线爆破管理信息系统。Web 网页版远程无线爆破管理信息系统是针对新一代的爆破振动监测记录仪研发的基于物联网的操作平台,操作界面如图 3~6 所示。

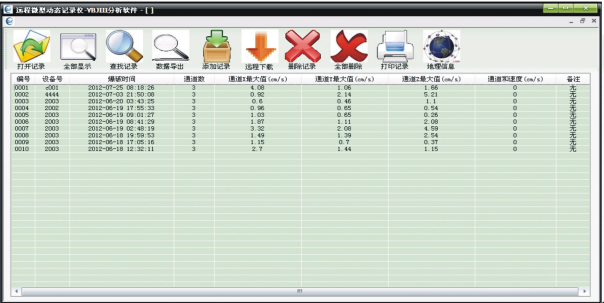


图2 软件版远程无线爆破管理信息系统界面



图3 登陆界面



图4 简报列表界面

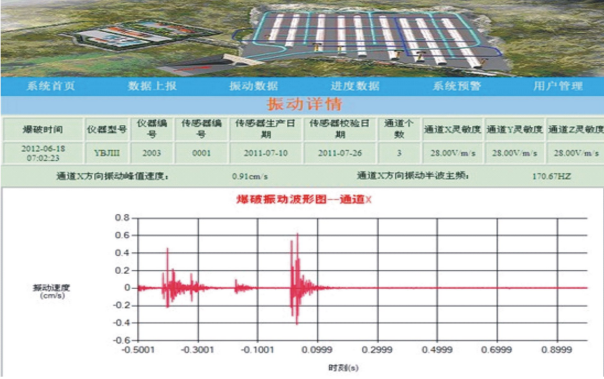


图5 振动详情界面

3 向家坝水利枢纽施工爆破的振动监测

3.1 工程概况

向家坝水电站坝址位于云南省水富县(右岸)和四川省宜宾县(左岸)的金沙江下游河段,是金沙江水电基地下游四级开发中的最末一个梯级电站,上距溪洛渡水电站坝址157 km。电站拦河大坝为混凝土重力坝,坝顶高程384 m,最大坝高162 m,坝顶



图6 报表查看界面

长度909.26 m。左右岸分别安装4台80万kW机组,装机规模仅次于三峡、溪洛渡水电站,目前为中国第三大水电站。

向家坝水电站二期纵向围堰B区(桩号:0+078.945~0+169.000),堰顶高程303.00~296.00 m,堰顶坡度7.09%,由于施工需要需拆除至高程280.00 m,拆除长度90.0 m,拆除高度23.00~16.00 m,堰顶宽度6.0 m,总方量约2.05万m³。该围堰周边环境较为复杂,上游端与303平台相连,下游端与296平台相连,属零距离爆破;6号导流底孔位于围堰的正下方,导流底孔的拱顶距围堰拆除底部高程的垂直距离只有6.00 m;与厂房安装间边墙的最近距离15.00 m,与冲沙孔坝段下游坡脚的最近距离17.15 m,与8号机帷幕灌浆区距离43.00 m,与已安装8号机蜗壳的最近距离仅为79.00 m。爆区周围均为重要的永久建筑物,爆破安全控制标准要求高,必须严格控制爆破振动效应的影响,确保爆区周围建筑物的安全。

3.2 施工爆破振动监测

由于向家坝爆破环境十分复杂,爆破难度大,因此必须在爆破结束后立刻评估周围重要建筑物是否受到爆破振动的影响甚至破坏,以便在最短时间内进行应急预案处理。根据GB 6722—2003《爆破安全规程》、DL5333—2005《水电水利工程爆破安全监测规程》及SL47—94《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》的规定,对建筑物或防护目标的安全有要求时,应进行爆破振动监测,而传统的爆破振动监测设备无法在第一时间给出具体值,必须使用远程爆破监测设备进行爆破振动监测。

本次拆除爆破共布置了两个远程爆破振动监测点,在监测点使用基于物联网的爆破振动无线监测系统,在监测点进行实时监测,其中,1号监测点布置在安装间下游墙基础,距离爆区 21.00 m,高程 280.00 m;2号监测点布置在冲沙底孔坝段顶启闭机排架基础,距离爆区 37.00 m,高程 340.00 m。

3.3 监测成果分析

2011年11月10日11时50分,向家坝二期纵向围堰B区拆除爆破顺利实施,预先设计的爆破缺口和爆堆形状全部形成。在11时52分,两台远程爆破振动监测设备的数据就通过无线网络传输到计算机上,显示1号监测点的最大质点振动速度为3.92cm/s(图7),2号监测点的最大质点振动速度为6.78cm/s(图8),振动速度均控制在GB6722—2003《爆破安全规程》的安全范围内,爆破未对附近重要建筑物造成影响。

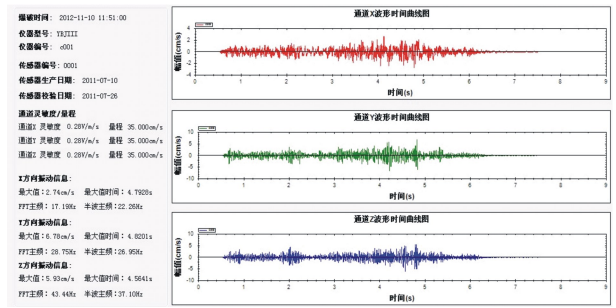


图7 1号监测点爆破振动历程与相关信息屏幕截图

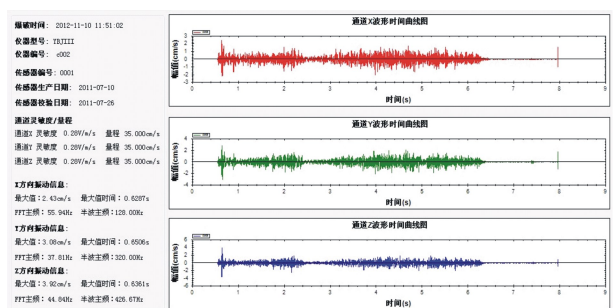


图8 2号监测点爆破振动历程与相关信息屏幕截图

4 结 语

与以往监测技术相比,设计的YBJ-III型爆破测振仪采用ARM为主控芯片的嵌入式操作系统,通过内嵌移动通讯模块无线实时传输爆破数据,用户仅需登陆终端爆破监测管理系统即可获取爆破现场实时数据,并能在线远程设置记录仪参数,设计具有RFID唯一认证和GPS定位功能,确保爆破数据真实有效。工程爆破振动无线监测记录仪结合物联网和无线传输技术实现了工程爆破数据无线、实时远程监控和管理,大大降低人工现场布线工作量,组网灵活、可扩展性好、综合成本低,可广泛应用于各个

领域的工程爆破振动监测。

向家坝的监测实例表明,基于物联网的爆破振动监测新技术的效率以及准确性满足工程要求,可以实现爆破振动数据线实时传输和爆破数据系统化管理;同时具有RFID和GPS功能,用于爆破设备的认证和爆破时的卫星定位和精确定时,对每次爆破的时间地点,仪器设备都能够精确监控,保证了测量数据的真实性和有效性。该技术为向家坝爆破工程的技术设计、分析控制等提供了及时有效的科学观测数据。

参考文献:

[1] 陈庆,王宏图,胡国忠,等.隧道开挖施工的爆破振动监测与控制技术[J].岩土力学,2005,26(6):964-967
[2] 李彤华,唐春海,于亚伦.爆破振动的频谱特征及其工程应用[J].工程爆破.2002.6(2):1-5
[3] GB6722—2003 爆破安全规程[S].
[4] 李彬峰.爆破振动的分析方法及测试仪器系统探讨[J].爆破,2003,20(1):81-84.
[5] 陈寿如,肖清华.无线自记测震系统在露天矿山爆破地震记录控制中的应用[J].爆破器材,1998,27(1):18-20.
[6] 刘殿中.工程爆破实用手册[M].北京:冶金工业出版社,1999.
[7] 范磊,沈蔚.爆破振动频谱特性实验研究[J].爆破,2001,18(4):18-20.
[8] 金江军.物联网技术在工业领域的应用研究[J].专家视点,2011,12(4):31-33.

(收稿日期:2012-07-25 编辑:熊水斌)

(上接第97页)

融合结果也更加准确。

参考文献:

[1] 涂善波,毋光荣,裴少英.弹性波CT在大坝截渗墙检测中的应用[J].工程地球物理学报,2010,7(3):286-291.
[2] 王运生,王家映,顾汉明.弹性波CT关键技术与应用实例[J].工程勘察,2005(3):66-68.
[3] 黄成芳,何利民.敌我识别MK XIIA 浅析[J].电讯技术,2007,47(4):66-71.
[4] 李辉,蔡敏,谈亮.基于改进粒子群优化RBF神经网络的算法[J].火力与指挥控制,2012,37(2):144-146.
[5] 高国琴,薛煌,张义贞.基于RBF神经网络的虚拟轴机床末端刀具运动位姿实时检测研究[J].机械设计与制造,2012(3):93-95.

(收稿日期:2012-07-30 编辑:熊水斌)