

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.06.009

新型数码电子雷管及其起爆系统的开发与应用*

刘庆 陈文基 陈姗姗 周桂松 杜华善 李晓虎 吴欣欣
中国葛洲坝集团易普力股份有限公司(重庆,401121)

[摘要] 针对现有数码电子雷管及其起爆系统在爆破作业现场使用中存在操作不便、输入延期时间繁琐和易错的问题,通过炮孔定位和数据采集技术,研发了新型数码电子雷管及其起爆系统。在使用过程中,可识别炮孔位置,自动匹配炮孔和雷管编号,自动写入延期时间,快速建立炮孔位-雷管ID码-延期时间三者的关系,各功能独立分开,但又相互配合,减少了误操作,提高了爆破作业现场自动化水平,增强了新型数码电子雷管起爆系统的安全性和可操作性。

[关键词] 数码电子雷管;起爆系统;延期时间;炮孔定位

[分类号] TD235.2⁺²

Development and Application of a New Type of Digital Electronic Detonator and Its Initiating System

LIU Qing, CHEN Wenji, CHEN Shanshan, ZHOU Guisong, DU Huashan, LI Xiaohu, WU Xinxin
Explosive Co., Ltd., China Gezhouba Group (Chongqing, 401121)

[ABSTRACT] In the application of current digital electronic detonator and its initiating system, there are some issues including inconvenience of manipulation, complexity in inputting delay time information and fallibility. A new digital electronic detonator and its initiating system were developed in combining the location of blasting holes and data acquisition technology. This new system could not only automatically identify the position of blasting hole, match the coding numbers between hole and detonators and encode delay time, but also rapidly associate the blasting holes location with ID numbers of detonators and delay time information. In addition, each function is independent and can coordinate well as a whole. Therefore, the new system can reduce handling mistakes, enhance the automation level of blasting operation and improve application safety and efficiency of current blasting system.

[KEYWORDS] digital electronic detonator; initiating system; delay time; location of blasting holes

引言

数码电子雷管属于民用爆破器材的高尖端产品,与普通延期电雷管相比,除了具备安全性好、延时精度高、延期时间设置灵活等优点外^[1],还有专门配套的起爆系统,在爆破作业中易于管控。虽然近年来国内的科研院所、公司对数码电子雷管进行了技术引进或联合开发工作,并拥有相对成熟的数码电子雷管产品,但是在爆破施工现场中需要对每发数码电子雷管进行检测、信息采集和输入延期时间,存在耗时较长和操作不便等难题。在起爆网路敷设过程中,需要将数码电子雷管的信息与炮孔位

置按顺序匹配,尤其是在炮孔数目较多的情况下,不仅工作量大,容易出错,对爆破效果也会造成一定的影响;而预编程型数码电子雷管的局限性在于雷管生产过程中已预先设定延期时间,在爆破现场不能根据实际需求修改延期时间^[2]。因此,研发新型数码电子雷管及其起爆系统对推进爆破服务是十分必要的。

1 目前常见的起爆系统

1.1 澳瑞凯 I-kon 起爆系统

I-kon系统是国际市场上较为先进的电子雷管起爆系统,2006年成功应用于国内三峡RCC围堰拆

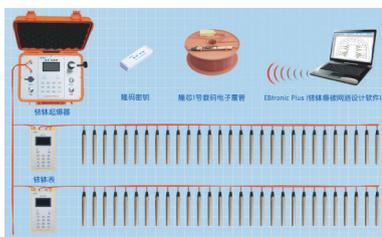
* 收稿日期:2017-03-20

作者简介:刘庆(1990-),男,本科双学位,助理工程师,主要从事火工品生产工艺研究。E-mail:liuq@expl.cn

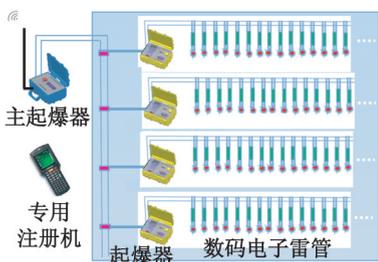
除爆破^[3]。系统主要由电子雷管、编码器和起爆器组成,如图1(a)所示。编码器用于在线注册编码、写入延期时间和检测;起爆器用于控制整个爆破网络的编程和起爆。但是其程序复杂、操作难于掌握,一般只能由厂家的技术服务人员操作,而且常常要借助复杂的软件实现编码工作,这容易形成管理的盲区,监控的难度较大,一旦出现问题,后果比较严重^[4]。



(a) I-kon 起爆系统



(b) 铍钵起爆系统



(c) 新型起爆系统

图1 起爆系统组网结构示意图

Fig. 1 Network structure of the initiating system

1.2 铍钵起爆系统

目前,国内数码电子雷管多用隆芯1号,其配套采用的是铍钵起爆系统。铍钵起爆系统结构和网路形式如图1(b)所示。

铍钵表与铍钵起爆器配合使用可实现数码电子雷管在线检测、在线编程、组网通信和网络化密钥形式的起爆控制^[5]。数码电子雷管在爆破施工现场组网操作中分为爆前注册操作和起爆控制操作两部分。爆前注册操作具体为数码电子雷管在线检测、在线注册编号、人工入孔装药、卡口组网、延期时间修改并检查、组网测试;起爆操作具体为插入密钥、电源开机、密钥验证、起爆流程(雷管测试、写入延时和起爆准备)、打开高压充电开关、充电操作和

起爆。

爆破员在爆破炮区注册编号时,必须连接数码电子雷管脚线,并按顺序对应采集;多排多孔微差爆破时,需根据排数反复操作,设置延期时间;虽然数码电子雷管的安全性极高,但是铍钵表含有起爆电压和起爆指令,同时用于注册和起爆,对爆破现场的操作人员来说,操作上存在安全问题。

2 新型数码电子雷管及其起爆系统

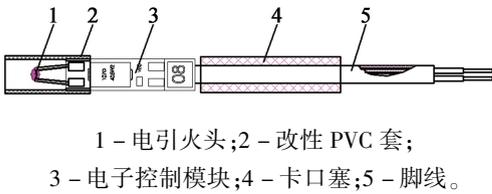
针对现有数码电子雷管及其起爆系统在爆破作业现场使用中存在操作不便、输入延期时间繁琐和易错的问题,通过炮孔定位和数据采集技术,开发的新型数码电子雷管及其起爆系统在使用过程中可识别炮孔位置,自动匹配炮孔编号与雷管编号,自动写入延期时间,快速建立炮孔位-雷管ID码-延期时间三者的关系,各功能独立分开但相互配合,降低了劳动强度,减少了误操作,提高了爆破作业现场自动化水平,增强了新型数码电子雷管起爆系统安全性和快捷可操作性。

系统由带标签码的新型数码电子雷管、专用注册机、专用起爆器以及信息管理系统等组成。在工程爆破中,专用注册机通过扫描标签码获取新型数码电子雷管和炮孔信息,编制成爆破作业表,并将数据传输给专用起爆器,由专用起爆器控制爆破。同时,多台专用起爆器与主起爆器通过主从方式配合使用,形成两级组网结构,如图1(c)所示,能满足大规模爆破的需求。

2.1 新型数码电子雷管

数码电子雷管的核心在于电子引火元件和基础雷管,传统的刚性或弹性点火元件与电子芯片模块对焊后,国内一般直接与基础雷管进行卡口装配,组装为成品数码电子雷管。与普通电雷管相比,数码电子雷管电子引火元件加入了内置密码和身份码的电子芯片模块,能够从技术上最大程度地实现对雷管爆破作业的监控管理^[6]。但在实际装配过程中,由于增加了卡口塞至引火头之间的距离,容易出现偏心现象,易造成引火头与管壳接触或引火头散裂,该新型数码电子雷管通过在电引火头外部装配柔性保护套,如改性PVC套和硅胶套等,如图2所示,不仅解决了上述电子引火元件偏心的问题,还能起到以下作用:

1) 避免电子引火元件在生产、运输过程中与金属管壁等发生碰撞,造成损坏或误引爆;



1 - 电引火头; 2 - 改性 PVC 套;
3 - 电子控制模块; 4 - 卡口塞; 5 - 脚线。

图 2 增加保护套后的电子引火元件

Fig. 2 Electronic igniter element with protective sleeve

2) 可以进一步加强对静电等外界不利因素的防护;

3) 保证电引火药的能量集中释放于基础雷管中的起爆药, 显著地提高发火可靠性。

新型数码电子雷管主要性能指标与现有电子雷管对比^[7], 具体性能见表 1。

2.2 标签码

标签码用于存储数据信息, 具体形式为二维码标签。数码电子雷管标签码代表其身份信息, 即雷管 ID 码; 雷管生产时, 采用专业注册打码设备制成数码电子雷管标签码。炮孔标签码代表其炮孔坐标信息, 具体信息还可包括该炮孔炸药量、延期时间、深度和直径等; 在爆破设计完成后, 通过计算机及打码设备制成; 在爆破施工验孔环节, 将各个炮孔标签码安置在相应设计的炮孔位置上。

2.3 专用注册机

专用注册机包含标签读写模块和爆破设计模块, 是一款带激光扫描功能的设备, 具有信息采集、爆破方案设计和数据传输的功能。一个作业表就是一个爆破网路设计方案, 工作时处于低电压状态, 不

含起爆能量和指令。具体采集过程见图 3, 标签读写器建立每发数码电子雷管与每个炮孔位置的对应关系, 爆破设计模块中输入每个炮孔所需要的延期时间, 并建立雷管的身份信息-炮孔位置-延期时间三者之间的对应关系, 形成爆破作业表^[8]。

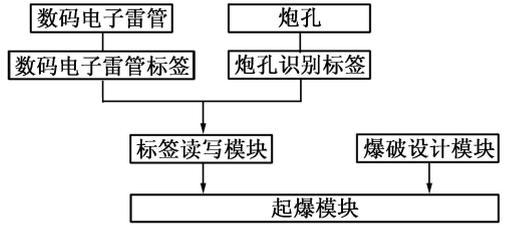


图 3 炮孔定位数据采集过程

Fig. 3 Acquisition process of location data of blasting holes

2.4 专用起爆器

专用起爆器具备 GPS 或北斗定位、数据传输、起爆授权、组网检测和起爆功能, 根据爆破作业表设计, 将延期时间批量写入数码电子雷管, 实现网路的最终检测, 并通过起爆授权验证, 控制起爆新型数码电子雷管以及完成爆破数据上传。

现有的《全国民用爆炸物品管理信息系统》是流向跟踪追索式的管理模式, 对于雷管在爆破现场的使用情况缺乏有效管理手段; 新型数码电子雷管使用专用起爆设备, 在雷管起爆过程中进行信息采集和起爆控制, 弥补了雷管使用环节的管理控制缺失问题, 从而实现了雷管的“C”型管理变为“O”型闭环管理。

表 1 新型数码电子雷管与现有电子雷管主要性能指标对比

Tab. 1 The main performance comparison between the new electronic detonator and the common electronic detonator

性能	新型	澳瑞凯 I-kon	隆芯 1 号
延期时间范围/ms	0 ~ 20 000	0 ~ 15 000	0 ~ 16 000
延期时间精度	0 ~ 150 ms; 误差 ≤ ± 1.5 ms; 150 ~ 20 000 ms; 相对误差 ≤ ± 1.0%。	0 ~ 100 ms; 误差 ≤ ± 1.0 ms; 100 ~ 16 000 ms; 相对误差 ≤ ± 1.0%。	0 ~ 100 ms; 误差 ≤ ± 1.0 ms; 100 ~ 16 000 ms; 相对误差 ≤ ± 1.0%。
起爆距离/m	1 000 (现场试验)	2 500	200 (现场试验)
标签信息	ID 码 (二维码和阿拉伯数字)	ID 码 (阿拉伯数字)	顺序编号 (阿拉伯数字)
信息采集方式	炮孔定位, 扫描采集	按顺序在线采集	按顺序在线采集
单台起爆器起爆能力/发	400	200	200
起爆方式	主从模式, 授权起爆	主从模式, 授权起爆	主从模式, 授权起爆
抗干扰	220 V AC, 48 V DC, 25 kV 静电、 射频和杂散电干扰	220 V AC, 50 V DC, 15 kV 静电、 射频和杂散电干扰	—
防水/m	20	30	—
使用温度/(℃)	-20 ~ 70	-20 ~ 70	-20 ~ 70

3 现场操作

装药前使用专用仪器检测每发数码电子雷管^[9],确保下孔雷管质量稳定可靠。

可识别炮孔位置扫描采集方式如图 3 所示,爆破员可不按炮孔顺序扫描,只需先扫描炮孔标签码,再扫描对应的新型数码电子雷管标签码,爆破设计模块所设计的延期时间会自动匹配对应。

爆破作业表设计完成后(图 4),人员撤离到安全位置;专用起爆器通过读取爆破员 IC 卡信息开机,并记录该爆破员信息。

14: 25		2016032502		[蓝牙] [Wi-Fi] [信号] [100%]	
第1排	第2排	第3排	第4排		
编号	ID码	延期时间	组别	状态	
1	0230045C8	00	1-1		
2	023006589	17	1-2		
3	023003801	34	1-3		
4	023004A12	51	1-4		
5	023008769	42	2-1		
6	023005786	59	2-2		
当前	2-2	ID码	023005786	延期	59
菜单					确定

图 4 爆破作业表

Fig. 4 Blasting operation data

起爆器进入功能界面后, GPS 或北斗自动搜索定位,记录当前位置和时间,若在爆破区域内定位成功,可进行功能性操作;否则停留当前操作界面,不能进行下一步操作。

通过利用有线、蓝牙或无线网,专用注册机将爆破作业表数据传输给专用起爆器。

将密码 IC 卡放在专用起爆器读卡区域,专用起爆器读取该批新型电子雷管爆破授权密码。专用起爆器根据爆破作业表和授权密码,对爆破网络中新型数码电子雷管进行全功能检测和写入延期时间。

完成检测和写入后,系统进入准爆阶段。打开

专用起爆器充电开关,对新型数码电子雷管进行充电操作;充电完成后,根据现场总起爆指令,按下起爆键,完成起爆。

起爆完成后,可将爆破信息上传至管理系统,爆破信息包括爆破作业表、爆破人员、爆破地点和时间^[10]。

系统由专人操作,需多重授权;爆破数据加密传输,爆破完成后,爆破数据自动生成,不能修改,保证了数据的原始性和真实性。

4 爆破应用

2016 年 3 月到 4 月,在重庆新希望水泥露天矿山进行了多次新型数码电子雷管现场爆破试验,试验采用大规模网路爆破。第一次是 80 发组网地表演示试爆试验;第二次是 200 发页岩爆破试验。爆破前进行了单发检测、数据采集、组网检测,均成功爆破,具体见表 2 和表 3。

新型数码电子雷管组网检测主要为通信检测、桥丝检测和充电检测。通信检测为电子芯片与起爆器通信状态;桥丝检测为短路、断路检测;充电检测为新型数码电子雷管内起爆电容充放电检测。

第一次 80 发产品全部起爆。组网检测中出现 2 发无通信,通过查看作业表,快速定位到这 2 发雷管位置并检测和排除故障。

第二次 200 发产品全部起爆。由于第一组网中,卡口出现问题,在进行第二次组网操作时,操作更加仔细,检测合格并全部起爆。

5 结论

经过多次试验验证,新型数码电子雷管及其起爆系统操作步骤简洁、耗时短、效率高,减少了爆破施工现场的出错率,降低了劳动作业强度,较大程度

表 2 第一次组网检测数据

Tab. 2 The first measurement of network test data

发数	通信检测	充电检测	延期时间	情况
80	78 发正常	78 发正常	孔间 17 ms,排间 42 ms	2 发雷管组网时卡口脱落,并重新卡口组网

表 3 第二次组网检测数据

Tab. 3 The second measurement of network test data

发数	通信检测	充电检测	延期时间	情况
200	200 发正常	200 发正常	孔间 17 ms,排间 42 ms	全部起爆

地提高了爆破施工作业的安全性与可靠性,可在各爆破施工中进行推广,主要有以下优点:

1)极高的安全性。新型数码电子雷管内置ID码和起爆密码,需专用起爆器控制起爆;专用起爆器具备爆破员IC卡信息匹配开机、GPS或北斗爆破定位、下载授权起爆密码、控制起爆和上传爆破信息功能,各种数据加密,通信可靠,极大提高了新型数码电子雷管使用的安全性。

2)可操作性和智能化。专用注册机和专用起爆器符合现场操作施工习惯,新型起爆系统可识别炮孔位置,自动写入延期时间,使现场操作更加快捷和智能化。

3)流通可控。爆破环节中会记录、采集和上传新型数码电子雷管相关爆破信息,使爆破信息可跟踪,实现了新型数码电子雷管从生产到使用的闭环管理。

4)专用注册机、专用起爆器和密码IC卡功能分开,但相互配合使用,通过使用开机密码和授权起爆密码实现多重防护,断绝了非法使用的风险,增强了新型起爆系统的安全性和可操作性。

参 考 文 献

- [1] 张力. 数码电子雷管的发展及应用研究[J]. 采矿技术, 2014, 14(5): 68-69, 165.
- [2] 工业和信息化部. 工业数码电子雷管: WJ9085—2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Ministry of Industry and Information Technology. Industrial digital electronic detonators: WJ9085—2015 [S]. Beijing: China Standard Press, 2015.
- [3] 周桂松, 江小波, 向华仙. I-Kon 电子起爆系统在三峡

RCC 围堰爆破拆除中的应用[J]. 爆破器材, 2007, 36(6): 23-26.

ZHOU G S, JIANG X B, XIANG H X. Application of I-Kon electronic blasting system in the demolition of Sanxia three gorge RCC cofferdam [J]. Explosive Materials, 2007, 36(6): 23-26.

- [4] 田小宝. 澳瑞凯数码电子雷管起爆系统优势及应用案例[J]. 矿业装备, 2012(10): 98-101.
- [5] 颜景龙. 铍钵起爆系统的安全性分析与试验[J]. 工程爆破, 2008, 14(2): 70-72, 24.
YAN J L. Safety analysis and experiments of the electronic blasting system [J]. Engineering Blasting, 2008, 14(2): 70-72, 24.
- [6] 颜景龙. 中国电子雷管技术与应用[J]. 中国工程科学, 2015, 17(1): 36-41.
YAN J L. Technology and application of chinese electronic detonator [J]. Engineering Sciences, 2015, 17(1): 36-41.
- [7] 赵根, 吴新霞, 周先平, 等. 电子雷管起爆系统及其在岩塞爆破中的应用[J]. 爆破, 2015, 32(3): 91-94.
ZHAO G, WU X X, ZHOU X P, et al. Electronic detonator initiating system and application in rock plug blasting [J]. Blasting, 2015, 32(3): 91-94.
- [8] 周桂松, 杜华善, 陈文基, 等. 可识别炮孔位置的数码电子雷管起爆系统及控制方法: CN103115537A [P]. 2013-05-22.
- [9] 爆破安全规程: GB6722—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
Safety regulations for blasting: GB6722—2014 [S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [10] 刘庆, 陈文基, 陈姗姗, 等. 高安全性电子雷管起爆系统及其方法: CN106017239A [P]. 2016-10-12.