

中国电子雷管技术与应用

颜景龙

(北京北方邦杰科技发展有限公司,北京 100085)

[摘要] 从2006年长江三峡围堰拆除爆破工程中首次在中国应用电子雷管以来,安全、可靠、精准、环保等电子雷管与生俱来的特点和优势已经获得爆破专家们的广泛认可。详细论述了中国电子雷管近十年来的技术发展和市场应用现状,对现阶段中国电子雷管的性能指标、标准体系、专利知识产权等方面进行了统计分析,从产业化推广应用和工程使用方面进行了总结,最后对电子雷管的发展给出了几点建议。可以看出,随着国内工程爆破技术的发展进步和电子雷管产品的日趋成熟,电子雷管的应用优势和价值日益凸显,中国电子雷管的春天将会很快到来。

[关键词] 电子雷管;数码电子雷管;数码雷管

[中图分类号] TQ565+.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2015)01-0036-06

1 前言

2006年6月6日16时,一阵巨响,长江三峡三期混凝土围堰成功拆除爆破,该工程使用了2506发澳大利亚Orica公司生产的当时世界上最先进的电子雷管,分961段起爆,总延期12.888s,这是电子雷管在中国的首次应用,创造了国内单次爆破分段数最多的纪录,被誉为“天下第一爆”^[1~3]。

2007年1月11日,北京北方邦杰科技发展有限公司(北方邦杰)研发的隆芯1号电子雷管技术通过了原国家国防科学技术工业委员会组织的技术鉴定和项目验收,标志着我国自主研发的具有在线可编程功能的数码电子雷管技术诞生,也标志着我国数码电子雷管技术达到了国际先进水平。隆芯1号电子雷管的研究始于2002年“密码雷管”概念的提出,经过十多年的研究与发展,隆芯1号技术及系列产品先后多次通过国家相关主管部门组织的科技项目验收和成果鉴定,并在国内授权十多家雷管生产企业应用该项技术。至2013年末,隆芯1号

已经生产和使用超过100万发,范围遍及全国22个省市的300多个工程点。连续的生产、广泛的使用促使隆芯1号技术迅速成熟并带动了国内电子雷管技术的蓬勃发展^[4~7]。

与此同时,贵州久联民爆器材发展股份有限公司(贵州久联)、四川雅化实业集团股份有限公司(四川雅化)和四川久安芯电子科技有限公司(四川久安芯)、新疆雪峰科技(集团)股份有限公司(新疆雪峰)和新疆创安达电子科技有限公司(新疆创安达)等多家企业也先后推出了不同档次的电子雷管,部分产品也已通过了有关部门的验收或鉴定,在一些爆破工程中也取得了试用^[8~10]。

电子雷管之所以能够获得如此快速的发展,首先是基于国内工程爆破技术发展的需求,特别是现场混装装药技术、大孔径大孔网参数爆破的发展和应用,对起爆器材精度、可靠性、安全性、网络可检测性等方面的要求越来越高,电子雷管的出现非常准确地匹配了施工现场对起爆器材的高品质要求;电子雷管的在线可编程特性也为工程爆破理论和

[收稿日期] 2014-09-01

[作者简介] 颜景龙,1960年出生,男,博士,教授,博士生导师,主要从事数码雷管和电子信息技术研究工作;

E-mail: yanjinglong@bangjunion.com

方法的创新奠定了技术基础,为精准控制爆破的发展提供了产品保证,电子雷管也因此被誉为“工程爆破的一场技术革命”。其次,随着国际反恐形势的愈加严峻,爆破器材的安全管控已成为举世瞩目的重大课题,我国电子雷管独有的内置密码和身份码的特性为雷管的全生命周期管理提供了有效的技术手段。因此,不管是基于行业发展还是国家管控需求,电子雷管无疑是工业雷管发展的必然方向。

2 中国电子雷管技术

电子雷管是一种新型爆破器材,从设计上完全颠覆了传统工业雷管的组成结构。电子雷管用电子芯片(模块)取代了传统雷管中的化学延期体,具有延期精度高、安全性好、网络可检测等优点。特别值得一提的是,中国的电子雷管内置密码和身份码,符合国家行业发展规划,符合民爆器材和公安涉爆产品流量流向监控和管理的要求,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。

中国电子雷管技术经历十余年的发展,主流产品性能指标已达国际领先水平甚至有赶超之势,技术标准已自成体系,知识产权布局已见雏形。

2.1 技术性能指标

电子雷管的技术水平主要体现在产品的延期设置方式、延期精度、延期范围、网络可检测性等方面。表1给出了国内最具代表性的隆芯1号电子雷管与国外最具代表性的I-kon电子雷管^[1]的性能对比。显而易见,我国电子雷管技术特性已毫不逊于国际知名产品,从系统设计的角度甚至已经达到国际领先水平。例如,针对我国民爆产品安全管控的特殊需求,国内自主研发的电子雷管遵循了“密码雷管”的设计理念,每发雷管都内置有唯一的身份码和起爆密码以预防电子雷管的非法使用;应国家相关部委的要求,隆芯1号电子雷管还匹配了能够对电子雷管的生产、运输、使用等环节进行全生命周期管理的安全监控管理系统,全方位提升民爆器材的安全性。

表1 隆芯1号电子雷管与I-kon电子雷管主要功能和性能对比

Table 1 Comparison of main functions and performances between Lux No. 1 electronic detonator and I-kon electronic detonator

项目	I-kon 电子雷管	隆芯1号电子雷管
延期时间范围/ms	0 ~ 15 000	0 ~ 16 000
延期时间设置方式	孔内在线延期时间编程	孔内在线延期时间编程
最小延期间隔/ms	1	1
延期精度	0 ~ 100 ms; ±0.1 ms 101 ~ 15 000 ms; ±0.1 %	0 ~ 100 ms; 0.5 ms 101 ~ 16 000 ms; 0.5 %
使用温度/℃	-20 ~ +70	-40 ~ +75
雷管起爆密码	无	有
抗直流	DC 60 V	DC 50 V
断线起爆能力	无	有
可测性	可在线检测	全功能可在线检测
网络完整性检测	无	有
安全监管性	无	有

注:DC为直流电

2.2 技术标准体系

随着我国电子雷管技术和应用的日益成熟,2011年工业和信息化部下发了工信厅科[2011]134号文件,由北方邦杰牵头承担《工业数码电子雷管》行业标准的编制任务。

考虑到国际上目前还没有针对电子雷管的通用标准,即使是国际标准EN 13763-27中也仅有关

于电子雷管安全设计规范的设计通则,为了使标准更加全面、科学、先进、合理,北方邦杰联合北京京煤集团有限责任公司(北京京煤)、辽宁华丰民用化工发展有限公司(辽宁华丰)、西安庆华民用爆破器材股份有限公司(西安庆华)和湖北卫东控股集团有限公司(湖北卫东)、四川雅化等近40家民爆器材研制、生产、应用、检验单位组成工作组,共同制定

中国《工业数码电子雷管》行业标准。

标准的制定在统筹考虑数码电子雷管产品本身固有技术特性、工程爆破现场使用现实需求、民爆器材监控管理安全需求三方面因素的基础上,以数码电子雷管产品在生产、运输、贮存、使用等环节的精准性、安全性、可靠性、环境适应性以及使用的方便性为主线进行设计。除基本性能指标外,在延期控制、起爆能量控制、内置雷管身份信息码、起爆密码、自检测、点火元件电性能测试、双向可通信等方面增加了要求,在脚线的绝缘性、耐磨性、低温抗裂性、抗拉性方面向国际标准看齐,在抗直线性、抗交流性、静电感度、射频感度等本质安全指标方面提高了要求,尤其在延期时间精度方面提出了全温度范围的性能要求。

经过十余次的讨论与审查,2013年底《工业数码电子雷管》行业标准已进入报批阶段。可以预见,我国《工业数码电子雷管》行业标准的制定将为中国电子雷管产品和产业的发展奠定坚实的基础。

2.3 专利知识产权

专利等知识产权是表征一个企业、一个行业、乃至一个国家技术发展水平的重要依据,是核心竞争力的有效体现形式。近年来,国外很多公司看到了中国电子雷管市场的巨大潜力,纷纷通过专利布局来占领先期市场。自2008年起,国内有关电子雷管的专利申请数量大幅度增长,年申请量由2007年以前的不足5件激增到近40件,专利总量也由2008年前的7件增加到2013年底的242件,并保持着持续上升势头。从欧洲专利局检索到的数据来看,世界范围内包含“电子雷管”的专利约573件,而在中国的专利量总计达到242件,占40%左右,排名前十的国家或地区的专利数量如图1所示,图2描述了中国“电子雷管”专利的申请和公开情况和发展趋势。

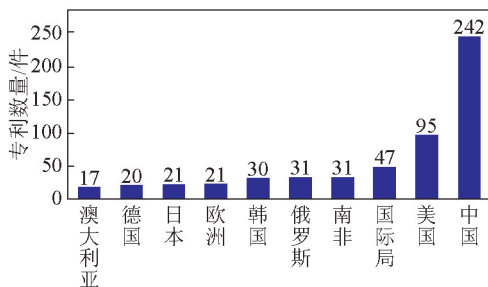


图1 世界范围电子雷管专利排名

Fig. 1 Rank of the amount of electronic detonator patents in the world

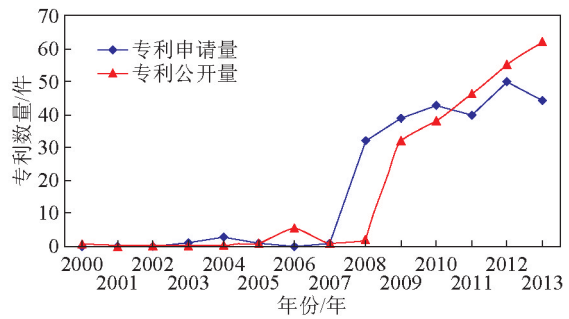


图2 中国电子雷管专利申请和公开趋势图

Fig. 2 Trends of patent publications and patent applications of electronic detonator

面对竞争日益激烈的电子雷管市场和国际民爆巨头挑战,国内电子雷管相关企业也积极主动地开展了知识产权保护战略。图3给出了已公布的国内主要的雷管研制生产企业的国内外专利申请情况,北方邦杰的专利技术持有量和质量优势明显,并且已经率先走出国门,在美国、澳大利亚、南非等国家拥有了一定数量的自主知识产权。

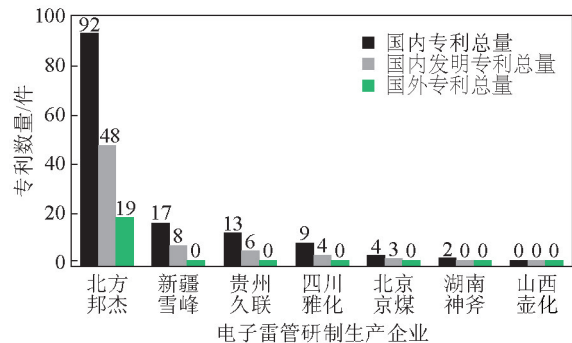


图3 国内主要电子雷管研制生产企业的国内外专利数量

Fig. 3 Amount of domestic and foreign patents applied by the main domestic detonator manufacturing enterprises

注:湖南神斧为湖南神斧民爆集团有限公司;山西壶化为山西壶化集团股份有限公司

3 电子雷管产业化及产品应用

3.1 中国电子雷管产业化情况

国内先后共有8家企业在研发电子雷管技术,其中有5家企业的技术和产品通过了技术鉴定或生产定型,可进行电子雷管(试)生产,其研发、定型、生产、试用和应用的情况如图4所示。

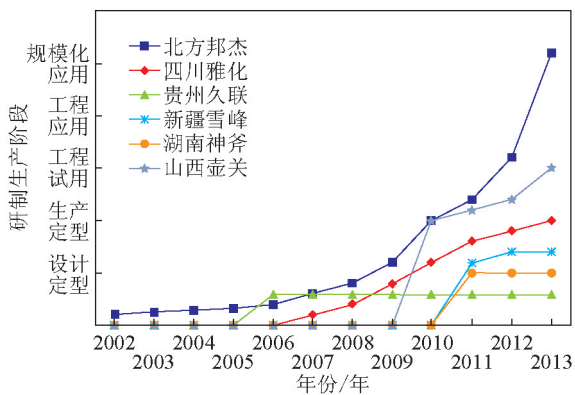


图4 国内各系列电子雷管技术的研制发展历程
Fig. 4 Development histories of various series of electronic detonators in China

2009年2月,北方邦杰研制的隆芯1号电子雷管及其起爆系统通过了工业和信息化部组织的科技成果鉴定暨设计定型,2010年1月通过生产定型。2010年1月,辽宁华丰率先通过了隆芯1号电子雷管生产线验收,具备年产50万发批量生产的条件。紧随其后,隆芯1号电子雷管陆续在湖北卫东、北京京煤、西安庆华、山东圣世达化工有限责任公司(山东圣世达)通过了生产线验收,并且在宁夏天长民爆器材有限责任公司(宁夏天长)、福建海峡科化股份有限公司(福建海峡科化)、四川省宜宾威力化工有限责任公司(四川宜宾威力)、云南燃一有限责任公司(云南燃一)、山西金恒化工集团股份有限公司(山西金恒)等10多家企业也通过了试生产条件考核,并进行了小批量试生产和工程试用,基本具备了生产线验收的条件。此外,山西壶化、四川雅化和久安芯、新疆雪峰和创安达等公司也先后具

备了生产线验收和试生产的条件。

3.2 中国电子雷管应用情况

从2008年7月隆芯1号电子雷管在杭州市钱塘江引水入城隧道掘进爆破工程中首次工程试用以来,国内电子雷管总用量已突破100万发,末端用量以每年近100%的速度持续快速增长。电子雷管的应用已覆盖隧道掘进、露天爆破、排危爆破、拆除爆破、城镇地基爆破、水利工程、地质勘探等各种爆破类型,应用分布在北京、新疆、河南、福建、贵州、湖北、山西等22个省市300多个矿山或典型工程^[12~16],在北京、新疆、河南、福建等省市部分区域更是呈现爆发式全面推广态势。隆芯1号电子雷管在澳大利亚和哥伦比亚等国外爆破工程中也取得一定效果。

从全国范围来看,隆芯1号电子雷管已在全国超过70%的省、市、自治区、直辖市取得工程应用,其中,用量最多的北京达到20万余发,其次依次是贵阳、河南、新疆、重庆、安徽等地,如图5所示。累计用量超过万发的地区有11个,用量超过千发的地区有10个。自2013年以来,隆芯1号电子雷管在北京地区月均使用近万发,主要典型工程有雁栖湖隧道工程、G111国道改建一期工程、燕房地区东北环线道路工程、北京长流水采石场爆破工程等,其在产品品质及综合效益方面显现的优势已得到用户的认可。电子雷管在新疆的应用主要集中在昌吉州奇台县,从2012年10月进入试爆到现在,特别是2013年9月份以来,每月均有11000发用量。河南地区目前为荥阳为主,平均月用量近万发,电子雷管能够降低采石作业综合成本,已获得用户共识。

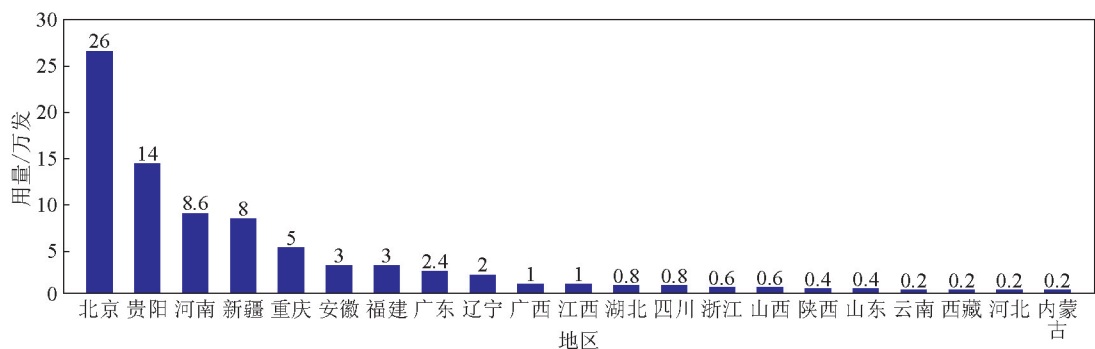


图5 隆芯1号电子雷管地区用量分布图(2008—2013年)
Fig. 5 Distribution of usage amount in regions of Lux No. 1 electronic detonators (2008—2013)

按工程类型划分,隆芯1号电子雷管在露天爆破、隧道爆破、拆除爆破等各种爆破工程中均已应用。图6给出了隆芯1号电子雷管工程用量分布。由图6可知,露天爆破用量最多,占总用量的75.56%,其中,露天非金属矿用量占37.95%,金属矿占22.56%,煤矿占15.04%。

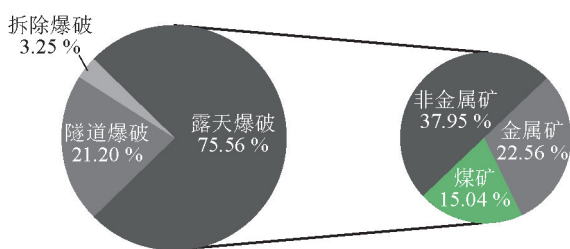


图6 隆芯1号电子雷管工程用量分布图(2008—2013年)
Fig. 6 Distribution of usage amount in engineering of Lux No. 1 electronic detonators (2008—2013)

4 结语

中国电子雷管主流产品已具备相当的品牌效应,在各项功能和性能方面已经达到或超越了国外先进水平,电子雷管的技术标准已基本建立,知识产权布局也初步形成,电子雷管在国内的应用也取得了可喜成绩。但中国电子雷管的发展还需在以下方面展开工作。

1)加强生产环节的质量控制,积极推动重要零配件的集约化生产,加快研制自动化生产关键设备,全面提升电子雷管生产自动化工艺水平和安全生产水平,提高电子雷管的生产效率和产量,这是电子雷管是否能够长足发展的关键。

2)加强流通、使用环节的过程控制,全面建设安全监管系统,将电子雷管的密码起爆功能与区域控制、现场记录、起爆授权等多种监管机制充分结合,彻底解决作业现场管控不严、使用末端流失危害公共安全等突出问题,提高民爆物品管控水平,促进行业科技进步。

3)加强电子雷管爆破技术服务体系的建立,针对各种工程类型和使用环境,积极开展爆破技术研究,系统研究并深入挖掘电子雷管的应用价值,加大人才培养力度,全面提升工程爆破行业的爆破技术服务水平。

参考文献

- [1] 赵根,张正宇,吴新霞,等.三峡工程三期上游RCC围堰拆除爆破设计与实施[J].湖北水力发电,2006(3):21-25,94.
- [2] 周桂松,江小波,向华仙,等.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.
- [3] 周桂松,侯国荣,唐书,等.三峡三期RCC围堰爆破拆除15#堰块拒爆原因分析[J].爆破,2007,24(3):97-100.
- [4] 国防科工委.“智能安全电子雷管控制器技术研究”项目通过验收[EB/OL].(2007-01-15)[2014-04-20].http://www.gov.cn/gzdt/2007-01/15/content_496585.htm.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部办公厅.隆芯1号电子雷管及其起爆系统通过科技成果鉴定[EB/OL].(2009-02-26)[2014-04-20].<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11293907/n11368277/12030484.html>.
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部.“隆芯1号电子雷管”通过生产定型[EB/OL].(2010-01-20)[2014-04-20].<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11293907/n11368277/12982847.html>.
- [7] 北京北方邦杰科技发展有限公司.隆芯1号数码电子雷管首次工程爆破应用获好评[J].工程爆破,2008(3):93-94.
- [8] 王晓敏.2.9万方围堰,2.3秒土崩瓦解[N].舟山日报,2008-09-13(13).
- [9] 王新江.壶化集团数码电子雷管通过国家工信部生产定型和生产线验收[N/OL].山西日报,(2010-07-18)[2014-04-20].<http://news.sohu.com/20100718/n273578497.shtml>.
- [10] 四川雅化实业集团股份有限公司.雅化集团电子雷管通过科技成果鉴定[EB/OL].(2010-11-11)[2014-04-20].<http://www.scyaha.com/news/ShowArticle.asp?ArticleID=1085>.
- [11] 澳瑞凯有限公司.概述[EB/OL]. [2014-04-20].http://www.oricaminingservices.com/cn/zh/page/products_and_services/electronic_blasting_systems/i-kon/overview.
- [12] 方桂富,方春,刘先魁,等.城镇爆破电子雷管延时优选工程实践[J].工程爆破,2011,17(3):81-84.
- [13] 朱家稳.城市密集建筑地区隧道微震控制爆破技术的实践研究[J].河南城建学院学报,2012,21(6):13-16.
- [14] 杨年华,张乐.爆破振动波叠加数值预测方法[J].爆炸与冲击,2012,32(1):84-90.
- [15] 杨年华.应用电子雷管进行干扰降振爆破试验研究[J].工程爆破,2013,19(6):41-45.
- [16] 张乐,颜景龙,张宪玉,等.露天采矿矿岩分离爆破技术探索[J].工程爆破,2011,17(3):77-80.

Technology and application of Chinese electronic detonator

Yan Jinglong

(Beijing Bangiunion Technology Development Co. Ltd., Beijing 100085, China)

[Abstract] Since the first application in the cofferdam demolition blasting engineering in Three Gorges Project of Yangtze River in 2006, the electronic detonators' inherent characters and advantages, such as safety, reliability, accuracy and environmental protection, etc., have been widely recognized by blasting experts. This paper discussed the technical development and the market application situation of Chinese electronic detonators through the recent ten years, analyzed the technical performance, standard system and intellectual property statistically, summarized the industrial generalizability and engineering application, and lastly provided some suggestions of the electronic detonator development. Obviously, with the rapid development of domestic engineering blasting technology and the maturation of electronic detonator product, the application advantages and value of electronic detonators have become increasingly prominent, so the spring of electronic detonator development in China will come soon.

[Key words] electronic detonator; digital electronic detonator; digital detonator

(上接35页)

tion and assemble line, the innovative concept is taken as the general principle for design with the emphasis on description of the new material, new technology, new construction method and new equipment used in the design. The application of innovative technology has provided a solid foundation and favorable guarantee for project quality and design service life.

[Key words] steel tubular composite pile; method of prefabricated pier and pile cap embedded below seabed; $\phi 75$ mm prestressing thicker reinforcing bar; orthotropic steel bridge deck; stayed cable with tensile strength of 1 860 MPa; seismic isolation