

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2026.03.026

工业电子雷管全生命周期大数据溯源设计与实现

张光雄¹, 刘洋², 邓云云³, 李颖², 魏宁³, 刘东²

(1. 保利久联控股集团有限责任公司, 贵阳 551400; 2. 保融盛维(沈阳)科技有限公司, 沈阳 110000;

3. 贵州盘江民爆有限公司, 贵阳 551400)

摘要: 随着工业电子雷管全面应用推广, 电子雷管本质安全特性与全生命周期可追溯能力已成为民爆生产企业、爆破作业企业共同关注的核心议题。基于大数据框架, 通过搭建一套电子雷管全生命周期溯源管理平台, 整合民爆企业已有智能制造生产线、信息系统等基础设施, 接入产业链上下游数据资源, 实现民爆物品跨企业、跨层级的研发、生产、销售、爆破全流程数据采集与管控。平台技术路线整体采用 SpringBoot 架构, 多层次架构设计、前后端分离模式, 数据库采用 PostgreSQL 高级企业级开源关系数据库; 基于平台特性, 系统缓存设计采用 Redis 缓存处理方案, 旨在优化系统性能、提升数据一致性和应对高并发访问。平台聚焦于工业电子雷管全生命周期中影响质量关键的 4 个环节(电子控制模块生产检测及质量控制、工业电子雷管生产检测及质量控制、存储和运输环节以及爆破作业环节), 共涵盖 26 个主要数据采集点, 包括电子控制模块电性能检测、注塑外观检测, 工业电子雷管电性能检测、卡扣检测、脚线压接检测、涂硅脂检测、三码绑定检测、药剂信息及基础管信息等、并采集超过 200 项数据要素。该系统实现了对工业电子雷管质量追溯全要素覆盖, 为事中事后质量追溯、问题定位及排查以及产品研发与工艺改进提供了有效的数据支撑与决策依据。

关键词: 工业电子雷管; 大数据; 溯源; 全生命周期

中图分类号: TD235.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-487X(2026)03-0257-06

Design and Implementation of a Big Data-based Full-lifecycle Traceability System for Industrial Electronic Detonators

ZHANG Guang-xiong¹, LIU Yang², DENG Yun-yun³, LI Ying², WEI Ning³, LIU Dong²

(1. Poly Jiulian Holding Group Co., Ltd., Guiyang 551400, China;

2. Baorongshengwei (Shenyang) Technology CO., Ltd., Shenyang 110000, China;

3. Guizhou Panjiang Explosives Co., Ltd., Guiyang 551400, China)

Abstract: With the comprehensive application and promotion of industrial electronic detonators, intrinsic safety characteristics and full-life-cycle traceability of electronic detonators have become core concerns shared by civil explosive manufacturers and blasting operation enterprises. Based on a big data framework, this paper presents the development of a full-life-cycle traceability management platform for electronic detonators. By integrating existing intelligent manufacturing production lines and information systems of civil explosive enterprises, the platform further incorporates upstream and downstream data resources across the industrial chain, thereby enabling cross-enterprise and cross-level data acquisition and control throughout the entire lifecycle of civil explosive articles, encompassing re-

收稿日期 (Date of reception): 2026-05-11

网络首发日期 (Published online): 2026-07-06

作者简介: 张光雄 (1979-), 男, 正高级工程师、博士, 从事采矿工程、爆破工程相关研究 (E-mail) bnlgzz@dingtalk.com。

通信作者: 刘洋 (1980-), 男, 高级工程师、硕士, 从事民爆器材生产工艺及设备 (E-mail) ly9855@163.com。

About the author: ZHANG Guang-xiong (1979-), male, Ph. D, professorate senior engineer, mainly engaged in mining engineering, blasting engineering, (Email) liying0303br@dingtalk.com.

Corresponding author: LIU Yang (1980-), male, master, senior engineer, mainly engaged in production technology and equipment of industrial explosive materials, (Email) ly9855@163.com.

search and development, production, sales, and blasting operations. The overall technical architecture of the platform adopts the Spring Boot framework, featuring a multi-tier design and a front-end/back-end decoupled mode. The database layer uses PostgreSQL, an advanced, enterprise-grade, open-source relational database. Furthermore, in line with the platform's operational characteristics, a Redis-based caching solution is implemented to optimize system performance, enhance data consistency, and handle high-concurrency access. The platform focuses on four critical stages in the full lifecycle of industrial electronic detonators that decisively influence product quality: production inspection and quality control of electronic control modules, production inspection and quality control of industrial electronic detonators, storage and transportation, and blasting operations. It encompasses 26 primary data acquisition points, including the electrical performance testing and injection molding appearance inspection of electronic control modules, as well as the electrical performance testing, crimping inspection, leg wire crimping detection, silicone grease application inspection, three-code binding verification, explosive composition information, and base tube information of industrial electronic detonators, with over 200 data elements collected in total. This system achieves comprehensive coverage of all essential elements for the quality traceability of industrial electronic detonators, providing effective data support and a decision-making foundation for in-process and post-event quality tracing, fault localization, and troubleshooting, as well as product research and process improvement.

Key words: electronic detonator; big data; traceability; full lifecycle

工业电子雷管(以下简称“电子雷管”)作为国家在民爆行业“十四五”期间产业升级的重要成果,凭借其在全生命周期内三码绑定的可监管性、爆破的高精度延期控制等优势已基本实现对传统雷管的全面替代。同时在可靠性、全生命周期可追溯性成为当前产业发展的核心竞争要素之一。2025年12月洛阳召开的“电子雷管电子控制模块领域标准化专项宣贯会暨电子雷管电子控制模块质量座谈会”提出,当前正积极推进《工业电子雷管全生命周期质量标准》团体标准的制定工作。

基于当前民用爆炸物品行业数字化转型战略背景,通过系统调研与需求分析,聚焦工业电子雷管全生命周期溯源大数据平台建设目标,研发构建了贯通电子雷管全产业链的“电子雷管全生命周期溯源管理平台”,系统阐述该平台的构建背景、总体架构设计、技术实现路径及核心创新特性。

1 政策环境及电子雷管企业现状

1.1 政策环境

民用爆炸物品行业(以下简称民爆行业)是国民经济和社会发展的基础性行业。《“十四五”民用爆炸物品行业安全发展规划》通过设置两个专栏系统阐述了工业互联网+安全生产、数字化智能化制造。其中“专栏4 工业互联网+安全生产”专项行动明确提出,鼓励龙头骨干企业构建工业互联网平台,通过连接并分析企业生产过程、全要素及全产业链数据,提升安全风险感知监测与预警处置能力^[1]。

2025年2月17日,针对当前民爆行业存在的安全生产基础薄弱、数字技术融合应用深度不足、数

字化转型基础差异显著等问题,为加快推进行业转型升级,工业和信息化部发布了《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》。其中“加快数字技术赋能,提升行业本质安全水平”章节明确指出:企业应加强数字基础设施建设,加大信息化建设力度,实现生产过程全流程数据采集与管控。推进生产设备数字化改造,推动设备联网和生产环节数字化链接。点线面结合打造一批数字化转型典型标杆,带动行业数字化水平提升。鼓励龙头企业牵头制定场景图谱,梳理要素清单,体系化、标准化、场景化推进民爆产业链数字化转型。开展民爆行业数字化转型案例征集和“工业互联网+安全生产”标杆项目建设。鼓励民爆企业加快建设数字化车间与智能工厂^[2]。到2026年底,遴选10个以上民爆行业数字化转型典型案例和“工业互联网+安全生产”应用案例;到2027年底,智能制造能力成熟度达3级及以上的企业超过50%,关键工序数控化率达到90%。

1.2 国内电子雷管企业信息化现状

当前,自动控制系统、MES、ERP等核心业务系统,以及人工智能、数字孪生、扩展现实等新兴技术,已在企业管理、安全生产等典型场景中初步应用部署,并逐步向质量控制、设备状态和参数监测、客户服务等场景拓展,数字技术在民爆企业“保安全、保质量、优管理、优服务”中的作用日益凸显^[3]。

尽管当前国内民爆行业信息化水平仍处于较低阶段,但近些年来各企业正积极推进信息化建设:融硅思创、无锡盛景、全安密灵等头部电子雷管芯片企业已建有工业电子雷管信息化大数据平台;盘江民爆、四川雅化、金奥博等大型电子雷管生产企业均部

署了“工业互联网+安全生产”信息化平台。

保利旗下的盘江民爆建成了国内首条工业电子雷管智能制造生产线,并以此为基础构建了综合信息化平台——民爆物品大数据综合管理平台(该平台包含民爆生产企业综合管理信息系统、智能仓储系统、“互联网+安全”民爆生产智慧安全监管系统及智慧能源管理系统)。

虽然国内头部企业在智能化生产与信息系统建设方面已形成初步基础,但当前信息化、数字化实践主要集中于基础业务层面,存在系统碎片化、集成度不足及数据没有全产业链贯穿等显著局限。鉴于民爆物品对质量安全的特殊要求,实现其全生命周期的质量控制、可追溯性及全流程一体化管理已成为行业聚焦重要议题。

在工业电子雷管的监管领域,除常规信息化平台建设及基于工业互联网、大数据的生产数据采集外有研究探索将区块链技术应用到电子雷管安全监管的应用。通过构建基于区块链可追溯电子雷管安全监管系统,首次在区块链网络中利用智能合约技术实现电子雷管流通过程的溯源与验证功能,从而保证电子雷管在流通领域的安全性。此系统是区块链和智能合约技术在电子雷管监管领域的首次应用^[4]。

1.3 民爆行业数字化常见问题

民用爆炸物品(以下简称“民爆”)行业数字化转型目前处于发展阶段,当前数字技术在安全生产、企业管理、质量控制及设备监测等典型场景中实现初步应用,但该领域目前仍面临数字化转型基础薄弱、解决方案供给尚显不足、关键核心技术亟待突破等问题^[3]。

1) 数字化转型基础薄弱

赛迪研究院2025年对15家企业的调研数据表明,多数开展数字化转型的企业存在数字化转型覆盖范围有限、系统间数据集成不高等数字化成熟度不足的问题^[3]。

2) 企业底层数据准备不足

当前国内主要电子雷管企业的生产线已基本实现了自动化生产,为数字化转型奠定了技术基础。但企业制造执行系统(MES)、企业资源计划(ERP)等基础信息化系统尚未全面普及,或存在建设不规范标准不统一的问题,致使在实施电子雷管全生命周期数据采集过程中,数据源的可靠性和自动化程度均存在显著局限。

3) 关键技术待突破

民爆行业具有高危属性,安全生产标准严苛,自动导向车(AGV)、射频识别(RFID)等先进设备、

技术须经专项改造和技术攻关,确保其符合民爆领域关于防爆、通信等安全生产标准规范后,才可以参与民爆行业数字化转型进程,从而制约了民爆高水平的数字化转型。

4) 数据价值挖掘深度不足

企业内部对数据的应用多集中在数据收集、统计、对比,在数据规模和时间尺度上有限,在数据价值的深度挖掘方面存在明显不足,未能有效结合数据分析方法与实际业务需求,亦缺乏数据应用实践案例^[5,6]。

5) 行业数字化人才缺乏

民爆从业人员数字化素养差异较大。行业数字化转型的深入推进,依赖于从业人员能力的系统性提升与认知能力的根本转变,尽管当前部分民爆企业在此领域开展实践,然整体成效尚未达到预期水平。

2 系统总体设计

2.1 总体目标

构建电子雷管全生命周期溯源管理平台,旨在整合电子雷管生产企业现有智能制造生产线及信息系统等建设成果,并进一步接入产业链上下游数据资源,实现民爆物品跨企业、跨层级的研发、生产、销售、爆破等全流程数据采集与管控,通过探索“爆破一体化”发展模式,最终构建一个企业级、综合性、一体化的数智化管理平台。

2.2 系统开发内容

1) 构建电子雷管生产企业全产业链大数据中心:围绕工业电子雷管全生命周期

全数据链,在模组生产检测、电子雷管生产检测、储运、爆破应用四个核心环节,围绕影响雷管产品质量关键节点进行数据采集^[7],构建围绕电子雷管的全生命周期大数据中心。

2) 建设电子雷管全生命周期溯源管理平台。实现对任意一发电子雷管从模组生产检测、雷管制造、储运至爆破应用的全生命周期的质量追溯。为爆破现场问题排查、质量追溯及产品研发迭代提供关键数据要素支撑。

3) 大数据分析 & 数据可视化平台建设:对海量生产检测数据、爆破应用数据进行深度数据挖掘及多维度统计分析。目标包括:驱动生产工艺参数的数据化调优;实时监控产线状态,依据预警信息及时调整,提升产品良品率及生产效率;构建市场可视化数据平台,动态跟踪产品使用数量、市场分布、重点客户、重点工程,设备投入及运行情况等,为企业市场销售、生产计划及采购等决策提供实时、准确的大

数据支撑。

4) 基础设施层改造:为实现数据自动化采集,需要对电子雷管生产企业引火药蘸药生产线、电子雷管装配线、出入库等环节进行基础设施改造,具体包括:增加模组入厂检测环节并对蘸药上料设备适配调试;增加模块蘸药前自动信息采集及将其与药剂信息自动匹配;改造电子雷管装配线检测设备,确保检测结果与模组 ID 唯一关联;增加基础管信息采集系统和库房信息采集系统,实现对任意一发电子雷管的精准追溯。

2.3 系统架构设计

1) 系统应用及服务层

为不同用户群体提供访问入口,主要集成了多个关键系统,包括:溯源管理系统、全生命周期服务系统、物联网(IoT)监控系统、数据可视化平台、标准 API 服务^[8]。

2) 业务逻辑层

(1) 全生命周期服务

数据服务、制造及执行系统(MES)服务、数据

可视化服务

(2) 数据层:系统运行及存储所需的基础数据信息,包含多种数据类型,如芯片 ID、管壳码、批次信息、视觉识别图片、爆破数据、日志信息、服务信息等。

(3) 链接与交互

内部连接:各业务模块之间通过 API 或消息队列实现数据交互和协同工作。

外部连接:通过 API 网关或集成平台与外部系统进行数据交互^[9]。

用户界面:为不同角色(如操作员、质检员、管理员等)提供定制化的操作界面。

(4) 安全与合规

安全机制:身份认证、访问控制、数据加密、安全审计等。

合规性:确保系统符合相关行业标准和法规要求。

见图 1。



图 1 系统总体架构图

Fig. 1 Overall system architecture diagram

2.4 技术方案

2.4.1 平台技术

采用 B/S(浏览器/服务器)架构技术,整体架构分为前端展示层、后端服务层级数据存储层,各层之间通过标准化接口通讯,确保系统的高内聚

与低耦合。利用前后端分离架构技术,在前端使用 Vue.js 框架开发,实现用户界面的动态交互与响应式布局;在后端采用 Spring Boot 框架,提供 RESTful API 接口,支持高并发、低延迟的业务处理。

2.4.2 快速部署及兼容性技术

系统支持 Linux 与 Windows Server 双平台运行,通过环境变量配置文件(.env)实现差异化配置。采用 Docker 容器化技术,实现跨环境的一致性部署。数据迁移工具,支持数据库的导出、导入与转化操作,并实现多种数据库无缝切换。

2.4.3 框架技术

通过多层级架构设计,每个层次负责不同的功能。实现系统的模块化和分层处理。包括表示层、业务逻辑层、数据访问层和数据存储层。模块化的多层架构设计,使得系统的可扩展性、可维护性及安全性得到保障。

2.4.4 开发语言

在电子雷管全生命周期溯源管理平台的开发过程中,采用了 Java、C#、Node.js 和 Vue 四种编程语言/框架,各自在不同的场景中发挥了重要作用,确保系统的稳定性、可扩展性、高效性及良好的用户交互体验。

2.4.5 数据库方案

采用读写分离与分布式部署相结合的 PostgreSQL 数据库架构,以满足高并发、高可用性和高扩展性的需求。采用双柱双从的高可用性架构,确保系统的稳定可靠运行。

2.5 技术特点及创新点

2.5.1 技术特点

电子雷管全生命周期溯源管理平台的核心技术特点在于,围绕工业电子雷管的全生命周期的关键质量节点进行识别与数字化采集,并实现各个节点的数据壁垒的贯通。主要技术难点体现在三个方面:其一,电子雷管作为民用爆炸物品,其生产、存储、运输及现场使用都受特定安全规范约束,对数字化工作提出更高要求;其二,电子雷管全生命周期涉及跨企业、跨层级的复杂体系,数据壁垒的贯通需要进行多方位综合协调推进,尤其当前电子雷管运输、存储管理受公安部统一监管,该部分的数据获取还需进一步协调和研究。其三,电子雷管生产检测产生海量数据,其全生命周期大数据具有显著特征:海量数据规模(单个生产企业年产生数据量在 5TB 以上)、数据流转快速且大部为动态数据,(主要源自产线设备自动生成)、数据类型多样(涵盖文字、图片及视频)以及数据潜在价值显著(利用大数据研究,挖掘数据与数据之间的关系^[10,11])。

2.5.2 创新点

1)本系统平台创新性消除了电子雷管上下游企业之间数据壁垒,构建了民爆行业数字化生态体

系,实现了工业电子雷管全生命周期核心质量数据的全面采集与可追溯。

2)创新性地设计了以数据驱动的质量管理模式,对质量信息进行深度整合与系统集成,显著提升了跨部门、跨企业、跨层级的质量管理与安全生产管理协同联动能力^[12]。

3)创新性地提出了电子雷管本质安全一体化管控理念,电子雷管质量受芯片模组研发生产、电子雷管研发生产与爆破作业和环境等多重因素共同影响,任一环节出现问题都可能引发电子雷管质量隐患,通过搭建电子雷管全生命周期大数据平台,实现电子雷管质量管控一体化,显著提升了电子雷管这一民爆物品的本质安全水平^[13,14]。

4)创新性地拓展了爆破增值服务,依托数据赋能,增强了电子雷管生产企业的“一体化服务”增值能力。平台集成了海量爆破作业数据与信息,可为客户提供爆破作业方案设计、工程应用案例、产品应用效果对比分析、市场应用分布分析等一系列数据驱动的决策支持^[15]。

3 结论

系统平台的设计严格遵循工业和信息化部等八部门联合颁布的《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》中关于“加快数字技术赋能,提升行业本质安全水平”的要求。

该系统平台围绕电子雷管全生命周期中影响核心质量的 4 大关键环节(电子控制模块生产检测、电子雷管生产检测、运输及爆破作业),在 15 个数据采集点(涵盖电子控制模块电性能检测、视觉检测,电子雷管电性能检测、卡扣检测、脚线压接检测、涂硅脂检测、赋码检测、药剂信息、基础管信息等)60 余项核心数据要素。实现了电子雷管质量追溯全要素的全覆盖,为后续质量追溯与分析、问题定位、研发改进提供了关键的数据基础。

后续研究将聚焦于数据驱动的质量管理模式,深度整合与集成质量信息,以提升跨部门、跨企业、跨层级的质量管理与安全生产管理协同联动能力。目标在于打造国内民爆数字化转型典型案例、核心解决方案提供商、标杆企业。通过推动生产经营过程的数字化、智能化转型升级,实现在中国民爆产业中的创新引领地位。

当前,我国民爆行业在多种因素综合作用下,面临较为复杂的发展态势。为实现行业发展的总体目标,企业需依据自身在产业链中的定位精准施策,将安全发展与高质量发展作为核心目标,将创新能力

的提升作为持续稳定发展的源动力,走服务化增值发展的道路。此举既能为行业繁荣注入发展活力,亦能显著提升企业生存发展的竞争力^[10,16]。

参考文献 (References)

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. “十四五”民用爆炸物品行业安全发展规划[S]. 2021.
- [1] Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. “14th Five-year plan for safety development of civil explosives industry”[S]. 2021. (in Chinese)
- [2] 工业和信息化部.《加快推进民用爆炸物品行业转型升级实施意见》[Z]. 2025:1-5.
- [2] Ministry of Industry and Information Technology. Implementation opinions on accelerating the transformation and upgrading of the civil explosives industry[Z]. 2025:1-5. (in Chinese)
- [3] 程明睿,许超凡. 我国民爆行业数字化转型研究[J]. 软件和集成电路,2025(21):70-76.
- [3] CHENG Ming-rui, XU Yue-fan. Research on digital trans of China's explosives industry[J]. Software and Integrated Circuits, 2025(21):70-76. (in Chinese)
- [4] 刘娜,蔡维德,刘元元. 面向区块链的数码电子雷管的安全监管系统[J]. 计算机工程与设计, 2025, 46(9):2722-2727.
- [4] LIU Na, CAI Wei-de, LIU Yuan-yuan. Safety supervision system of digital electronic fuse based on blockchain[J]. Computer and Design, 2025, 46(9):2722-2727. (in Chinese)
- [5] 张旭辉. 浅议民爆行业数字化转型[J]. 煤矿爆破, 2023, 41(1):27-30.
- [5] ZHANG Xu-hui. Discussion on the digital transformation of the civil explosion industry[J]. Coal Mine Blasting, 2023, 41(1):27-30. (in Chinese)
- [6] 杨波,赵雄飞,宁远明. 高端装备制造业数字化转型的思考[J]. 信息通信技术与政策, 2021, 47(1):34-37.
- [6] YANG Bo, ZHAO Xiong-fei, NING Yuan-ming. Reflections on the digital transformation of high-end equipment industry[J]. Information and Communication Technology and Policy, 2021, 47(1):34-37. (in Chinese)
- [7] 李颖,刘东,曹瑞雪. 工业电子雷管全产业链大数据平台的构建策略[J]. 价值工程, 2023, 698(42):19-21.
- [7] LI Ying, LIU Dong, CAO Rui-xue. Construction strategy of industrial internet of things platform for the whole industrial chain of electronic[J]. Engineering of Value, 2023, 698(42):19-21. (in Chinese)
- [8] 冷斌. 基于人工智能技术的计算机网络安全防御系统设计与实现[J]. 信息记录材料, 2024, 25(11):91-92, 95.
- [8] LENG Bin. Design and implementation of computer network security defense system based on artificial intelligence technology[J]. Information Recording Materials, 2024, 25(11):91-92, 95. (in Chinese)
- [9] 吕丰秀. 大数据时代下计算机网络安全防御系统设计与实现分析[J]. 电子世界, 2020(21):177-178.
- [9] Lü Feng-xiu. Analysis on design and implementation of computer network security defense system in the era of big data[J]. Electronics World, 2020(21):177-178. (in Chinese)
- [10] 杨安,徐耀. 大数据在民爆行业信息化中的应用[J]. 工程爆破, 2017, 23(7):86-89.
- [10] YANG An, XU Yao. Application of big data in the informatization of civil explosive industry[J]. Blasting, 2017, 23(7):86-89. (in Chinese)
- [11] 王璇,颜景龙. 民爆行业信息管理平台的设计与实现[J]. 工程爆破, 2010, 16(3):85-89.
- [11] WANG Xuan, YAN Jing-long. Design and implementation of information management platform for explosive industry[J]. Engineering Blasting, 2010, 16(3):85-89. (in Chinese)
- [12] 陈圣局. 一物一锁防伪溯源技术探析[J]. 中国品牌与防伪, 2022(7):53-59.
- [12] CHEN Sheng-ju. Research on anti-counterfeiting traceability technology of one item one lock[J]. China Brand & Anti-Counterfeiting, 2022(7):53-59. (in Chinese)
- [13] 朱心宁,常雯昕,张逸晨,等. 基于RFID的溯源和仓储系统研究[J]. 中国储运, 2023(5):60-61.
- [13] ZHU Xin-ning, CHANG Wen-xin, ZHANG Yi-chen, et al. Research on traceability and warehousing system based on RFID[J]. China Storage & Transport, 2023(5):60-61. (in Chinese)
- [14] 黄晓斌,钟辉新. 基于大数据的企业竞争情报系统模型构建[J]. 情报杂志, 2013(3):37-43.
- [14] HUANG Xiao-bin, ZHONG Hui-xin. Construction of enterprise competitive intelligence system model based on large data[J]. Information Journal, 2013(3):37-43. (in Chinese)
- [15] 贾国荣,何锦,刘伟时. 大数据思维的民爆安全云平台探讨[J]. 自动化与信息工程, 2014(6):6-10, 35.
- [15] JIA Guo-rong, HE Jin, LIU Wei-shi. Big data thinking of civil security cloud platform to explore[J]. Journal of Automation and Information Engineering, 2014(6):6-10, 35. (in Chinese)
- [16] 周萍. 试论民用爆炸物品行业战略转型[J]. 煤矿爆破, 2008, 2(81):26-28.
- [16] ZHOU Ping. Discussion on the strategic transformation of civil explosive industry[J]. Coal Blasting, 2008, 2(81):26-28. (in Chinese)