

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2021.02.001

## 前瞻精细爆破

施富强

(四川省安全科学技术研究院,成都 610045)

**摘要:** 工程爆破的高质量发展在于以精细化推动应用研究,推动工艺创新、装备创新、器材创新,进而以精细化应用需求为目标,深化理论研究、过程控制、安全管理及智能化建设。精细代表着科学与技术的时代特征,是认知与实践的反映。精细包含着方方面面,但其核心应体现出精度的统筹和工艺的控制。“精”度的统筹应突出地表现在度、量、衡的需求组合和过程管控;工艺的控制应重点表现出重点环节“细”化的合理性。立意于“精”与“细”,阐述在统筹精度基础上的“精准化”是科学推进数字化并迈向智能化的关键,从而“多快好省”地实现数据的空间化、时域化和组织化,为数据管理数据奠定应用逻辑基础。在统筹关键工艺基础上的“精细化”是建立人、材、物合理匹配的管控逻辑,以完整的工艺手段环环衔接、闭环控制,为智能化积累过程要素。“精细化—数字化—智能化”承前启后、互为因果、对立统一。

**关键词:** 精细爆破;精度统筹;工艺逻辑;细化关键

**中图分类号:** TD235.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2021)02-0001-03

## Prospect of Precision Blasting

SHI Fu-qiang

(Sichuan Academy of Safety Science and Technology, Chengdu 610045, China)

**Abstract:** The high-quality development of engineering blasting lies in promoting the application research with refinement, innovation of process, equipment and apparatus. Aiming at the demand of precision blasting, the theoretical research process control, safety management and intelligent construction should be deepened. Precision represents the times characteristics of science and technology, and it is a reflection of cognition and practice. Meanwhile, Precision includes all aspects. However, its core should reflect the overall planning of precision and process control. The overall planning of precision should highlight the combination of demand and process control of length, capacity and weight etc. The process control should focus on the rationality of the fineness of the key links. In this paper, the concept of precision and fineness is expounded that precision based on overall accuracy is the key to scientific digitization and intelligentization, so as to realize the specialization, time-domain and systematization of data in a fast, good and economical way, and lay the application logic foundation for data manage data management. Based on overall planning of key processes, refinement is to establish a reasonable matching control logic of people, materials and things. Furthermore, with a complete process means of loop connection and closed-loop control, process elements would be accumulated for intelligentization. Precision, digitalization and intelligentization connects the past with the future, mutual cause and effect, unity of opposites.

**Key words:** precision blasting; overall planning of accuracy; process logic; refine key

伴随着工程爆破创新实践的发展历程,精细爆

破从概念、实践、探索走向了共识,逐步构建起了工程爆破高质量发展的理论基础、应用构架和研究方向。量化的设计、精准化的实施、标准化的管理多方面地诠释着精细爆破的理念、思想和方法,不断指

收稿日期:2021-04-11

作者简介:施富强(1961-),男,教授级高工、工学硕士,主要从事工程爆破与安全工程研究,(E-mail) sfq@swjtu.cn。

导着行业的创新、发展和进步。精细爆破有别于传统的控制爆破:一是在融合信息技术方面实现多维度、多层次、多领域的统筹;二是在量化层面实现体系化的精度统筹;三是在过程控制层面实现关键环节全面逻辑统筹。数据统筹、精度统筹、逻辑统筹之“三统筹”必将为工程爆破“精准化—数字化—智能化”奠定高质量科学发展的应用理论基础<sup>[1-20]</sup>。

## 1 数据融合与统筹

大数据不是简单的数据采集、传输、存贮,而是精准“定位、定向、定标”的价值数据的集合。定位,广义上讲是依需求定位,根据需求选定数据资源、数据属性、数据类别及数据层级。例如,露天爆破我们需要地理信息、岩土信息、开采信息、安全信息……,都为精细设计、施工、监测提供支持。定向,就是目标导向,环境目标、安全目标、质量目标、经济目标……,都为校核精细化控制提供技术支持。定标,本质上是目标的闭环过程管控,分项分级目标的过程控制统筹为总目标的体系管理。

精细爆破的数据融合与统筹在于给数据赋予人的属性,从逻辑关系梳理出时空关系,使其空间化、时域化、组织化(以下简称“数据三化”)。形象地说,就是给数据授衔,分层级组织化运行,以“数据三化”实现数据管理数据。例如,当爆破振动、飞石半径、坍塌范围受限时,相应的指标就成为设计结构性数据、孔网参数、时域控制的约束,以此完成“动力—运动”的耦合控制。

实现拟人化的数据管理、数据管理数据的重点是关键数据的逻辑分析、时空分析和权重分析。要善于抓准关键动态数据——实时监控险情,精准掌握强制稳态数据——精准落实防范,准确掌握基础保障数据——提高响应效率。按此三大类别统筹数据,结合其属性,形成标准,实时服务前线和后方,支持定量系统决策,构建基于精细爆破理论的工程爆破信息化工作系统,推动智能化逐步成熟。

高质量发展也要靠高水平的监督,精细爆破核心是精准、精细控制,信息化就是它的载体。精准、精细都应聚焦在关键环节,创新的重点在于善于抓重点。把控“关键少数”数据,借助数据平台逐级管理就是数据融合与统筹。

## 2 体系化的精度统筹

精细爆破之“精”突出地体现在精度的统筹,度、量、衡按需组合满足工程要求,便于工程实施。

这是精细爆破的科学应用基础体系,既要阐明“精”的所以然,也要规范“度”的适用范围。例如:拆除爆破同柱同段误差控制在几毫秒,就能有效防止防护体破坏后飞散物无(弱)阻抗离散;应用多普勒效应调控振动波基波频移时,孔间延时误差多少能够实现基波有效频移和受控叠加;深孔台阶爆破,同段误差与分段误差在特定条件下控制在什么样的合理范围内可以有效提高爆破能量利用率……。同样,结构化的孔网参数、药量分布在什么样精度控制条件下,能够达到现阶段工程能力最优化。

工程精度的统筹和过程控制需要经过大量的实验、实践、研究来满足阶段性的工程需求。既体现科学性,又考量经济性和可操作性。统筹精度的价值在于“宽严相济”,明理增信,指导行业、企业多快好省地科学创新,研用结合。统筹精度也是推动标准化向高质量发展的基础,以此不断全面提升工程爆破行业的进步,实现战略引领。

统筹工程精度具有时代性,精细爆破就是全面推动不断“创新—提高—开拓”的思想源点。元件精度、器材精度、检测精度、监测精度、设计精度、控制精度、检验精度……相互依赖、对立统一。统筹精度就是强调工程精度是系统工程,孤立的、局部的精度提升具备推动力并不具备普适性。行业的整体进步既需要科学家,也需要科普家,能用通俗的方法、通俗的手段、通俗的语言普及系统精度的运用是做强工业化体系的繁重任务。对精细爆破的深入研究、系统模拟、广泛实践必将会产生历史性的前沿思想,推动的不仅仅是工程爆破行业,而是工业文明理念和意识的深化与突破。

## 3 关键工艺的逻辑统筹

精度的统筹构建起高质量发展的世界观和方法论,细化工艺及措施则是实现精度统筹的生产力。“细”应体现在数理逻辑的系统性、生产工艺的完整性和关键环节的可控性,使科学方法转化成科普行动。“细”是相对的,不同的时空、不同的对象、不同的环节应有满足控制目标的“细”。例如:复杂环境下的工程爆破,孔网参数往往会细化到单段、单孔,过程控制会细到器材的选用、试爆、抗组合干扰及多重防控等等。这里“细”的重点是把握各关键环节在全过程的逻辑关系,并以完整的工艺手段统筹衔接,环环相扣,闭环控制。

关键工艺的细化与工程实际密不可分,从装备、器材、辅材的选择,孔网布局的考量,安全目标监测……到施工组织管理等都应掌握各自的“关键”,并充分

“细化关键的人、材、物”，以充分保障合理可行。其中，过程推演、动态模拟都是力求寻找“关键”、细化工艺以期有效控制，同样是科学性、经济性和可操作性的针对性优化。统筹关键工艺的逻辑细化，其价值在于“粗细结合，粗中有细”，实事求是，指导行业企业因地制宜、因材施教，充分发挥主观能动性，不拘一格借鉴优化。工艺逻辑的统筹也是集各行各业的数理逻辑，大成于工程爆破行业的创新发展。

细化关键工艺也是推动行业技术进步的源动力。细化的过程也是发现深层次问题的过程，也是探索本构关系的研究与实践。例如，当发现雷管延时误差与破岩过程飞散物的关联性后，提高雷管精度就成为共需；当数字雷管延时拒爆多发时，提高数字电路的抗振能力又成为新的研究课题。这些都是瞄准关键问题，细化“逻辑设计—制造工艺—应用工法”的全流程创新活动。也许，未来不仅仅是雷管的结构发生变化，制造工艺更加精细，而且应用工法也将便捷，以期满足“机器人”的自动操作。从这个意义上讲，“精细”化过程也是“精简”化的过程，“细之悟道，简而守理”，以最简单的动作实现最关键的正确操作。

#### 4 结语

精细爆破的提出是工程爆破追求时代化创新的思想结晶，精细爆破的创新实践是工程爆破开启高质量发展里程碑。精细爆破的广泛深入系统研究，推动着工程爆破应用技术体系不断满足社会需求。“精”于精度的统筹，“细”促工艺的精准。精细相辅相承，突出重点、把握关键、掌控全局，实现安全、绿色、高效的发展目标。精细爆破面向爆炸能量精准应用主战场，源于工程需求，服务工程创新、拓展行业领域。工程化的创新思维是其研究、开发、管理和普及的主基调，成果标准化、应用普适化是行业进步的支撑力，期待着精细爆破的战略战术构架日趋成熟，不断开创工程爆破新局面。

#### 参考文献 (References)

- [1] 汪旭光,周家汉,王中黔,等.我国爆破事业的发展 and 展望.中国典型爆破工程与技术[M].北京:冶金工业出版社,2006.
- [2] 谢先启,卢文波.精细爆破[J].工程爆破,2008,14(3):1-7.
- [2] XIE Xian-qi, LU Wen-bo. Precision blasting [I]. Engineering Blasting, 2008, 14(3):1-7. (in Chinese)
- [3] 谢先启.精细爆破[M].武汉:华中科技大学出版社,

2010.

- [4] 谢先启.城市高架桥精细爆破拆除[M].北京:科学出版社,2013.
- [5] 谢先启.拆除爆破技术的发展与展望[J].爆破,2019(2):1-7.
- [5] XIE Xian-qi. Development and prospect of demolition blasting technology[J]. Blasting, 2019(2):1-7. (in Chinese)
- [6] 刘昌邦,贾永胜,黄小武,等.异形结构楼房纵向逐跨空中解体爆破拆除[J].爆破,2019,36(3):84-89.
- [6] LIU Chang-bang, JIA Yong-sheng, HUANG Xiao-wu, et al. Blasting demolition technology of longitudinal collapse and aerial disintegration for special-shaped building [J]. Blasting, 2019, 36(3):84-89. (in Chinese)
- [7] 李新继.薄壁空心钢筋混凝土桥墩原位解体拆除爆破[J].工程爆破,2019,25(4):51-55.
- [7] LI Xin-ji. In-situ collapse demolition blasting of reinforced concrete bridge piers with thin-walled hollow [J]. Engineering Blasting, 2019, 25(4):51-55. (in Chinese)
- [8] 易克,李高锋,张文杰,等.异形全剪力墙结构危楼定向爆破拆除技术[J].爆破,2015,21(4):29-32.
- [8] YI Ke, LI Gao-feng, ZHANG Wen-jie, et al. The directional blasting technology of special shear wall structure of dangerous buildings [J]. Blasting, 2015, 21(4):29-32. (in Chinese)
- [9] 李振.爆破个别飞散物的抛飞规律研究及控制防护[D].青岛:山东科技大学,2009.
- [9] LI Zhen. The casting discipline study and controlling protection of blasting individual flying rock [D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2009. (in Chinese)
- [10] 林大能,刘小春.拆除爆破飞石及其防护研究[J].湘潭工学院学报,1999,14(3):9-13.
- [10] LIN Da-neng, LIU Xiao-chun. Study on the flyrock and its prevention of demolishing blasting [J]. J XiangTan Min Inst, 1999, 14(3):9-13. (in Chinese)
- [11] SASA Stojadinovic, NIKOLA Lilic, RADOJE Pantovic, et al. A new model for determining flyrock drag coefficient [J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Science, 2013(62):68-73.
- [12] 徐全军,唐勇,刘影,等.桥墩抛掷爆破飞散物初速度分析及防护研究[C]//中国爆破新技术III:1011-1019.
- [12] XU Quan-jun, TANG Yong, LIU Ying, et al. Initial velocity analysis and protection study of fly rock caused by throw blasting of bridge pier [C]// New Technology of Blasting Engineering in China III:1011-1019. (in Chinese)