

数码电子雷管应用对隧道施工成本的影响研究

杨通群

广东爆破工程有限公司 广东广州 510700

摘要: 随着电子雷管技术的不断发展与完善,其技术优越性在全球爆破界得到了越来越广泛的认识,其生产应用已从早期的稀有、贵重矿物开采领域扩大到普通矿山和采石场以及公路、铁路隧道开挖。数码电子雷管产量将会大幅增加,相信随着数码电子雷管产量的不断增加和生产技术的逐渐成熟,其生产成本将会逐渐降低,但短期内使用数码电子雷管代替其他工业雷管仍将会造成隧道爆破成本增加。

关键词: 数码电子雷管; 隧道施工; 施工成本

Study on the influence of digital electronic detonator application on tunnel construction cost

Tongqun Yang

Guangdong Blasting Engineering Co., LTD., Guangzhou 510700, China

Abstract: With the continuous development and improvement of electronic detonator technology, its technical superiority has been more and more widely recognized in the global blasting field, its production and application has been expanded from the early rare and valuable mineral mining field to ordinary mines and quarries as well as highway, railway tunnel excavation. The production of digital electronic detonators will increase substantially. It is believed that with the increasing production of digital electronic detonators and the gradual maturity of production technology, the production cost will decrease gradually. However, the use of digital electronic detonators instead of other industrial detonators will still cause the increase of tunnel blasting cost in the short term.

Keywords: Digital electronic detonator; Tunnel construction; Construction cost

引言

根据我国“十四五”基础设施建设任务的规划,众多工程项目建设趋向于向高寒、高海拔等复杂偏远地区推进,越来越多的特长铁路、公路隧道工程将穿越煤气田等富含瓦斯地层,伴随而来的问题是施工难度越来越大,施工安全风险越来越高。尤其是川藏铁路的全线开工建设,将面临高寒高海拔、高地应力、高地温、高瓦斯等不良地质问题。针对大断面高瓦斯隧道的爆破施工,其爆破所需雷管段位多,但由于雷管延期段位的限制,需要进行多次爆破,不但影响施工进度,而且增加了施工安全风险。根据常规采用的爆破方法,为避免电雷管火花引燃瓦斯,需要孔内延期而导致雷管使用量大,同时亦不利于排查爆破网络连线问题,不利于控制爆破质量^[1]。以前,隧道工程施工企业在经营管理中未把工程造价管理放在第一位,一些企业并未合理控制成本,同时也没有控制好造价,进而提高了企业的施工成本,降低了收益。因此,在企业的经营管理中,只能把施工成本和工程造价管理放在首要位置,才可以帮助企业获得更多利润,促进企业可持续发展。

一、数码电子雷管与爆破的基本情况

1. 数码电子雷管概述

数码电子雷管起爆系统由起爆器、编码器和雷管三部

分组成,起爆器通过自动识别所连接的编码器控制整个爆破网络编程与触发起爆,编码器是在爆破现场对每发雷管设定所需的延期时间,每发电子雷管都有相对应的独立编码,具有电子保险功能。数码电子雷管是一种可以任意设定并准确实现延期发火时间的新型电雷管,采用一个小型电路板取代普通雷管中的化学延期药与电点火元件。其核心原件是微型电子定时器,它将普通电雷管采用延期药进行延期时间控制更新换代为采用电信号进行延期时间控制,极大地提高了延期精准度,而且可以通过控制通往引火头的电源,最大限度地降低由引火头能量需求差异引起的延期误差。每只雷管的延期时间可按毫秒量级进行编程设定,其延期精度可控制在 $\pm 0.2\text{ms}$,即相邻炮孔的起爆延期时间最大可能相隔 0.4ms 。在高瓦斯隧道施工中单次爆破药量较大时,为减小爆破振动,可以通过调整前后段位的爆破时间差,使前一段位与后一段位的爆破振动波峰和波谷相叠加,从而产生干扰叠加,以达到较小爆破振动的效果^[2]。

2. 光面爆破的基本情况

光面爆破是一种控制爆破技术,通过光面爆破可以最大程度地保证开挖轮廓线与设计线吻合,是一种减少超欠挖的有效手段。在隧道爆破开挖过程中,是解决围岩超欠挖问题、节约工程施工成本的有效措施。光面爆破按照掏

槽眼、辅助眼、周边眼和底板眼分区逐次顺序起爆,最终形成较为平整的开挖轮廓面^[3]。其原理是在设计开挖线按照一定间距钻设与最小抵抗线相匹配的周边眼,在掏槽眼和辅助眼相继起爆后若干个周边孔内的炸药同时起爆从而形成平整的开挖面^[4]。由于光面爆破的实施效果显著,目前已在常规隧道施工中广泛应用。而在高瓦斯隧道爆破开挖施工中,由于受规范条款限制,尚未实现真正意义上的光面爆破施工。可以相信,随着数码电子雷管的逐步推广应用,依据数码电子雷管的优点,结合现有施工技术手段,可以为高瓦斯隧道实现真正意义上的光面爆破施工提供一种可能^[5]。

二、隧道工程施工造价成本的影响因素

1. 设计与施工因素

针对山岭公路隧道合理设计,可以为后续施工的造价控制提供重要保障。因此,在前期设计阶段应对隧道展开地质勘察、地质调绘、路线选择以及隧道参数使用等^[6]。在施工过程中,应有合理的施工组织,高效运转的机械、设备,适合隧址区地质条件的施工方法,这些均会对山岭隧道工程造价构成影响。

2. 施工合同因素

在签订施工合同时,施工企业一定要认真阅读合同各项条款,熟读招标合同、工程量清单计量规则、技术规范以及图纸等内容,能够掌握可能出现的地质风险因素。比如岩爆、大变形、涌突水、煤层瓦斯等,对这些风险要有处理预案,预案制作好能影响隧道造价。一般合同约定施工安全进行的防护设置,这主要是为了保障施工人员和机械安全^[7]。但是,有一部分施工企业为了降低投标报价,以较低价格中标,通常会故意省去这部分安全措施费用,而在施工过程中一旦出现事故,既不能保障施工企业利益,也要延误工期,增加管理和施工成本,最终导致建设单位和施工企业双方利益受损。

3. 工程变更

隧道作为地下工程,其特性决定了隐蔽性工程较多,因此影响造价的不确定因素较多,施工过程中极易出现不符合前期设计阶段地质勘察的情况。这时,需要开展施工阶段的监控量测,如遇到围岩级别或地质情况不符合设计图纸的问题,则需要调整设计,进行工程变更,而对工程变更控制得好坏,会直接影响隧道造价高低。

4. 建筑材料和施工设备

对于建筑材料来讲,一般外购的主要材料指钢材、水泥、沥青、炸药等,这些外购材料尤其是使用量很大的钢材和水泥,随着市场行情波动会影响购买单价,从而影响隧道造价^[8]。一般施工企业会关注这些材料市场行情,选择价格较低点一次性采购钢材和水泥等材料,这样会有效降低工程建设成本,提高施工企业利润。对于地材,其采购价格也对隧道造价影响很大,由于最近几年的环境保护政策,一些地区不利于环境保护的很多中小型地材开采企业被关停,使地材开采企业锐减,随着高速公路建设力度的加大,

导致地材供应量不足,市场价格不断攀升,这也是近几年公路工程造价一直居高不下的主要原因^[9]。这个时候需要施工企业审时度势,加强隧址区和隧址区周边的地质勘察手段,提高地材自采加工比例。

三、加强数码电子雷管应用并控制隧道施工成本的措施

2021年5月至2022年7月期间,该隧道使用数码电子雷管进行爆破施工,爆破方量为226792 m³(其中:四级围岩202540 m³,五级围岩24252 m³)。根据数码电子雷管起爆原理和安全性能分析,在使用普通毫秒雷管和数码电子雷管进行爆破过程中,主要在炸药、雷管、辅材、工日等方面数量存在差异,基本不影响其他材料和设备台班用量。现根据爆破单位方量土、石方消耗的炸药、雷管、辅材、人工成本对其总成本进行对比分析。

1. 炸药用量分析(单位:100 m³自然密实土、石)

该隧道在2021年5月至2022年7月使用数码电子雷管进行爆破期间,使用炸药167601kg,则每完成100 m³土石方爆破需要炸药73.9kg,根据《公路工程预算定额》(JTg/T3832-2018)中隧道工程正洞机械开挖定额炸药消耗量标准,每单位五级围岩开挖需炸药30.5kg,每单位四级围岩开挖需炸药76.7kg,由该隧道实际施工四级、五级围岩爆破方量比例加权平均得炸药每单位定额消耗量为71.8kg。由此得知使用数码电子雷管机械开挖每单位土、石方消耗炸药用量要比定额单位消耗量增加2.1kg。

2. 雷管用量分析(单位:100 m³自然密实土、石)

该隧道在2021年5月至2022年7月使用数码电子雷管进行爆破期间,使用数码电子雷管175629发,则每完成100 m³土石方爆破需数码电子雷管77.4发,根据《公路工程预算定额》(JTg/T3832-2018)隧道工程正洞机械开挖定额中雷管消耗量标准,每单位四级围岩开挖需非电毫秒雷管84发,每单位五级围岩开挖需非电毫秒雷管53发,由该隧道实际施工四级、五级围岩爆破方量比例加权平均得非电毫秒雷管每单位定额消耗量为80.7发。由此得知使用数码电子雷管机械开挖每单位土、石方消耗数码电子雷管用量要比定额单位消耗量(非电毫秒雷管)减少3.3发。

3. 辅材用量分析(单位:100 m³自然密实土、石)

该隧道在2021年5月至2022年7月使用数码电子雷管进行爆破期间,使用铜芯起爆线213300 m,则每完成100 m³土石方爆破需要铜芯起爆线94 m,根据《公路工程预算定额》(JTg/T3832-2018)隧道工程正洞机械开挖定额中辅材消耗量标准,每单位四、五级围岩开挖需导爆索53 m(四、五级定额消耗量相同)。由此得知使用数码电子雷管机械开挖每单位土、石方消耗铜芯起爆线用量要比定额单位消耗量(导爆索)增加41 m。原因分析:相比普通毫秒雷管,数码电子雷管自带辅线较短,须采用铜芯起爆线进行连接,且起爆线为一次性消耗品,不能重复利用,导致每循环爆破铜芯起爆线消耗量增加^[10]。

4. 爆破人工分析(单位:100 m³自然密实土、石)

该隧道在2021年5月至2022年7月使用数码电子雷

管进行爆破期间, 随机对一段时间内人工开挖工序进行统计, 该段时间内工序配备施工人员 45 人, 其中: 专职爆破员 1 人, 炮工 22 人, 渣车司机 10 人, 班组长 2 人, 技术员 7 人 (测置 3 人, 安全员 1 人, 现场技术员 2 人, 监控员 1 人), 挖机司机 1 人, 辅助工 2 人。该隧道爆破施工每循环工序时间介于 9.63 h -10.18 h 之间, 所用时间差别不大。平均每开挖每 100 m³ 土石方需人工 27.6 工日。根据《公路工程预算定额》(JTg/T3832 - 2018) 隧道工程正洞机械开挖定额中人工消耗量标准, 每单位五级围岩开挖需人工 29.2 工日, 每单位四级围岩开挖需人工 26.7 工日, 由该隧道实际施工四级、五级围岩爆破方置比例加权平均得人工每单位定额消耗量为 27.0 工日。由此得知使用数码电子雷管机械开挖每单位土、石方消耗人工用量要比定额单位消耗量增加 0.6 工日。

5. 成本汇总分析 (单位: 100 m³ 自然密实土、石)

该隧道在使用数码电子雷管进行爆破后在炸药、雷管、辅材和工日单位消耗量都发生了变化。根据《公路工程预算定额 X JTg/T3832 - 2018》基期价格: 炸药价格为 13.11 元/kg, 非电毫秒雷管价格为 3.16 元/个, 导爆索为 2.05 元/米, 人工工日单价为 106.28 元/工日; 而本地市场询价价格: 数码电子雷管价格为 32 元/个, 铜芯起爆线价格为 0.77 元/米。则与定额相比, 使用数码电子雷管爆破每单位土、石方将使成本增加。其中: 炸药成本增加 171.13 元, 雷管成本增加 2221.79 元, 辅材成本减少 36.27 元, 人工成本增加 63.77 元, 合计爆破每单位土、石方增加成本 2420.42 元。成本增加主要原因在于数码电子雷管单价较高。与《公路工程预算定额》(JTg/T3832 - 2018) 相比, 虽然使用数码电子雷管后每爆破 100 m³ 土、石方雷管用置平均减少 3.3 发, 但由于其与非电毫秒雷管单价差太大, 造成单位土、石方爆破成本大幅增加。

四、结束语

总之, 由于数码电子雷管价格较传统工业雷管要高, 爆破操作流程复杂, 会对隧道施工成本产生一定的影响, 尤其爆破开挖成本影响最大。因此, 需要合理地运用爆破技术, 以便更好地控制施工成本。

参考文献:

- [1] 刘兴斌. 加强高速公路隧道施工成本控制管理的途径探索[J]. 运输经理世界, 2022,(16):44-46.
- [2] 赵朋斌. 数码电子雷管对隧洞石方钻爆技术和费用影响的探讨[J]. 四川水力发电, 2021,40(06):104-106+118.
- [3] 刘明生, 刘泽艳, 范道林. 数码电子雷管在杨房沟水电站拱坝坝基开挖中的运用[J]. 四川水力发电, 2021,40(06):41-46.
- [4] 江妙根, 肖兴全. 数码电子雷管爆破技术在机场大型土石方爆破的应用[J]. 四川建筑, 2021,41(S1):175-177.
- [5] 戚天新, 魏琳, 陈小伟, 肖明辉. 数码电子雷管隧道爆破中盲炮问题浅析[J]. 西部探矿工程, 2021,33(10):182-184.
- [6] 陈文基, 陈姗姗, 杜华善. 数码电子雷管电子引火元件发火可靠性影响因素研究[J]. 煤矿爆破, 2021,39(03):15-18.
- [7] 姜文亮. 隧道施工成本的影响因素及管理措施分析[J]. 居舍, 2021,(18):157-158+160.
- [8] 唐阿敏, 杨剑, 陈能革, 李守爱. 数码电子雷管在某近城镇矿山的降振应用研究[J]. 现代矿业, 2021,37(04):172-175.
- [9] 桂涛. 如何加强隧道施工成本控制管理[J]. 价值工程, 2019,38(29):61-62.
- [10] 马星敏. 隧道施工成本管理与控制策略探析[J]. 智库时代, 2019,(19):58-59.