

水压爆破技术在隧道掘进施工中的应用

张卫国

(中铁十七局集团 第三工程有限公司 河北 石家庄 050081)

摘要: 水压爆破是一种节能环保新型爆破技术,在提高工效、缓解工期压力、节省成本和保护环境等方面有比较显著的效果。通过介绍水压爆破的基本原理和工艺,结合在沪昆客专贵州段 5 标茅坪山隧道掘进施工中的实际应用,检验了水压爆破的优越性,对水压爆破在隧道施工中的应用进行了全面的总结分析,为水压爆破的推广使用提供了借鉴。

关键词: 水压爆破;隧道掘进;节能环保

中图分类号: U455.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2013)02-0046-06

1 概述

1.1 隧道掘进水压爆破概述

水压爆破是由我国著名的爆破专家何广沂教授在 20 世纪 90 年代提出来的,结合当前国内隧道工程爆破的现状,他发现绝大部分隧道的掘进都是采取不回填堵塞炮眼的装药结构,或者仅用炸药箱纸壳浸水堵塞,不但违背科学、浪费炸药,而且在放炮时地动山摇,爆破后效果很差,污染洞内环境,对身体造成了很大的伤害^[1-2]。何广沂教授为解决工程爆破中存在多年已久的不能充分利用炸药能量和严重污染环境的两大难题,在 1995 年提出了“露天深孔水压爆破”课题,在 2002 年提出了“隧道掘进和城市露天浅孔水压爆破”课题,试验研究了深孔、浅孔和隧道掘进水压爆破的装药结构。隧道掘进水压爆破新技术是当前股份公司在系统内大力推广使用的隧道掘进施工新技术。该施工技术在国外已经被广泛地运用到地下工程钻爆施工中,在国内已在技术、设备、施工组织与施工方法等方面总结出了面向全国普遍推广的经验,深受施工单位的青睐^[3-5]。

1.2 工程概况

由中铁十七局承建的沪昆铁路客运专线贵州段 CKGZTJ-5 标位于贵州省黔东南州,标段起讫里程为 DK593+466.41~DK623+941,长度为 30.474 km,标段内含隧道 12.5 座,隧道长度 20.761 km,占线路总长度的 68.13%。截止 2012 年 6 月底,隧道已掘进 9 976 m,剩余 10 785 m。尤其是茅坪山隧道是全线的控制性工程,设计为二级风险隧道,工期十分紧张,应用水压爆破技术可以提高工效,缓解工期压力;提高隧道掘进施工的劳动生产率,节省成本支出。

1.3 水压爆破技术的推广情况

为全面推广水压爆破技术,局指挥部成立了“水压爆破领导小组”,制定了“以点带面”的推广模式,选定茅坪山隧道进口和二号横洞 2 个工点为试点。经过一段时间的使用,水压爆破技术的“三提高、一保护”作用明显显现出来,最直观的感受就是降尘作用明显,洞内作业环境大大改善,工人的思想逐渐转变,从开始的完全抵触,逐步改变到目前主动要求使用的良好局面。试点成功后,指挥部及时召开了现场会,在其它工点全面推广。目前,我标段长度大于 1 km 的隧道已全部使用水压爆破,水袋、炮泥以工区为单位集中加工,工点领用,非常方便。

收稿日期:2012-12-14

作者简介:张卫国 男 1970 年出生 高级工程师

2 水压爆破工艺

所谓“隧道掘进水压爆破”,其定义为往炮眼中一定位置注入一定量的水,最后用专用设备加工成的炮泥回填堵塞炮眼。

2.1 技术要点及优势

水压爆破爆破设计与传统的隧道爆破设计方案基本相同,只是在装药结构和炮孔堵塞上进行了适当的调整。原理为“往炮眼中一定位置注入一定量的水,并用专用的‘炮泥’回填堵塞炮眼”,利用在水中传播的爆破冲击波对水的不可压缩性,使爆炸能量经过水传递到围岩中几乎无损失,同时,水在爆炸气体膨胀作用下产生的“水楔”效应,有利于岩石破碎,炮眼中的水可以起到雾化降尘作用,大大降低粉尘对环境的污染。

水压爆破成功解决了工程爆破中多年存在的“不能充分利用炸药能量”和“爆破产生的粉尘严重污染环境”两大难题。同时也是我国隧道掘进技术从“湿法”钻孔代替“干法”钻孔、从非电起爆代替火爆和电爆以来的第三个质的飞跃和变化。水压爆破具有明显的“三提高一保护”作用,即提高炸药能量利用率即节省炸药、提高施工效率即加快施工进度、提高经济效益即节约成本,保护环境即大大降低粉尘含量保护环境和人身健康。

2.2 水压爆破工艺流程

水压爆破工艺流程与普通爆破基本相同,不同之处在于要事先加工好爆破所需的炮泥及水袋,并在装药时按照设计的装药结构分次序装入水袋、炸药、水袋后,用炮泥堵塞。水压爆破工艺流程见图1。

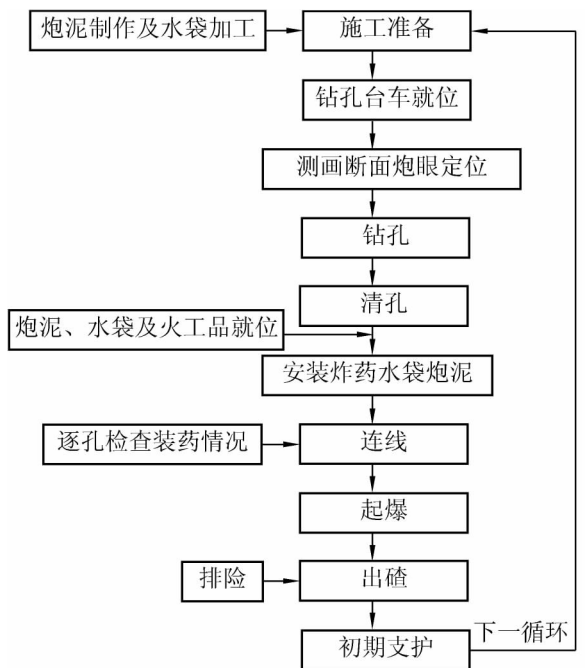


图1 水压爆破工艺流程图

2.3 水压爆破设备

加工制作炮泥的“炮泥机”和自动注水、封口生产水袋的“水袋机”,是实施隧道掘进水压爆破的基本保障设备。水袋的制作是采用 KPS-60 型塑袋灌装封口机,单台封口机每小时可生产水袋 500~600 个。炮泥的制作采用 PNJ-A 型炮泥机,单口机每小时可生产炮泥约 500 根,双口机每小时可生产炮泥约 900 根。

2.4 炮泥加工工艺

(1) 原材料准备。炮泥主要采用黏土、砂和饮用水三种材料。黏土采用干净的普通黏土,含水量控制在 8% 以下。最大颗粒不超过 10 mm,不得有草根等杂物,大颗粒要人工破碎。砂采用干净的细砂,最好

使用河砂,含水量控制在 3% 以下。水采用饮用水。

(2) 炮泥制作。制作时先将黏土、砂、水人工拌合,配合比一般按照土:砂:水=0.75:0.09:0.16。然后将混合料装入料斗中,经炮泥机挤压成型,生产出的炮泥按照 20~30 cm 的长度切割。炮泥制作工艺如图 2 所示。

2.5 水袋加工工艺

(1) 原材料准备。水袋的原材料即水和塑料袋。水采用普通生产或生活用水即可;塑料袋为常用的聚乙烯塑料,水袋长 200 mm,直径为 35 mm,袋厚约为 0.8 mm,水袋为厂制品直接购买使用。

(2) 水袋制作。制作时,先将封口机开机预热,排出手管内空气,然后将袋子分别安装在喷嘴,水袋灌满后自动热熔封口。水袋制作工艺流程如图 3 所示。

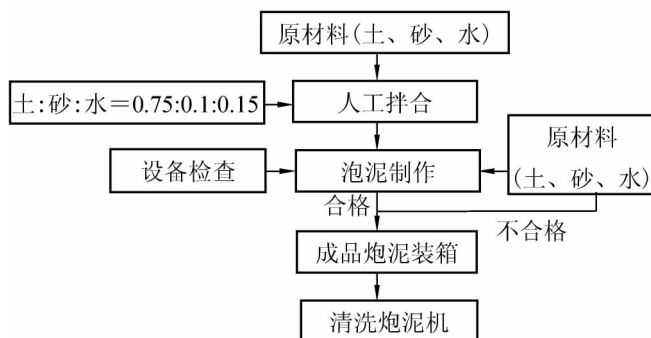


图 2 炮泥制作工艺流程图

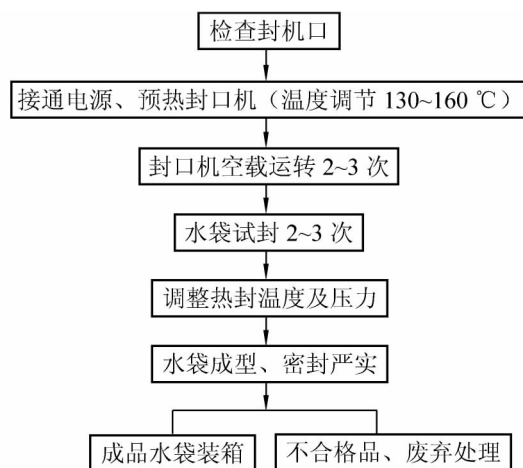


图 3 水袋制作工艺流程

2.6 水压爆破钻爆设计实例

茅坪山隧道进口承担 DK593+867~DK596+300 段 2 433 m 的施工任务,是本标段的重点工程之一。鉴于这种情况,茅坪山隧道进口是我标段最早使用水压爆破技术的,施工的循环次数,记录的数据都比较齐全,就以茅坪山隧道进口为例,做具体介绍。

茅坪山隧道进口段主要以白云岩为主,次坚石,围岩为 III 级围岩,施工分上下台阶开挖,上台阶开挖断面为 84.85 m²,常规钻爆设计采用垂直楔形掏槽,总的炮孔数为 154 个,炮眼设计深度为 3.2 m。

常规爆破全断面总计装药量为 216.15 kg,炮眼无回填堵塞。采用水压爆破时在掏槽形式、炮眼布置、数量、深度、起爆顺序和时间间隔等的设计与隧道常规爆破一模一样,所不同的是在每个炮眼中增加了水袋和炮泥,装药量和装药结构有所不同。茅坪山隧道进口炮眼布置见图 4,爆破参数见表 1。

表 1 茅坪山隧道进口 III 级围岩常规/水压爆破参数表

炮眼 分类	炮眼 个数	炮眼 深度/cm	炮眼角度/(°)		单孔装 药量/kg	小计装 药量/kg
			水平	垂直		
掏槽眼 1 组	16	400	53	90	2.4/2.25	38.4/36
掏槽眼 2 组	12	430	48	90	2.1/1.95	25.2/23.4
辅助眼	65	320	90	90	1.35/1.2	87.75/78
底板眼	11	320	90	90	1.8/1.65	19.8/18.15
周边眼	50	320	90	90	0.9/0.75	45/37.5

经过试验确定,茅坪山隧道进口水压爆破的装药结构与常规爆破相比,掏槽眼 1 组和 2 组每孔减少装药 0.15 kg;辅助眼每孔减少装药 0.15 kg;底板眼每孔少装 0.15 kg;周边眼每孔减少装药 0.15 kg;每循环总共节省炸药 23.1 kg。

2.7 装药和起爆

(1) 水压爆破的炮孔装药作业。所有炮眼先在眼底装一个水袋,再按爆破设计装入所需药卷,剩余炮孔按 3:4 的长度比例依次装入水袋和炮泥。装药结构图见图 5。

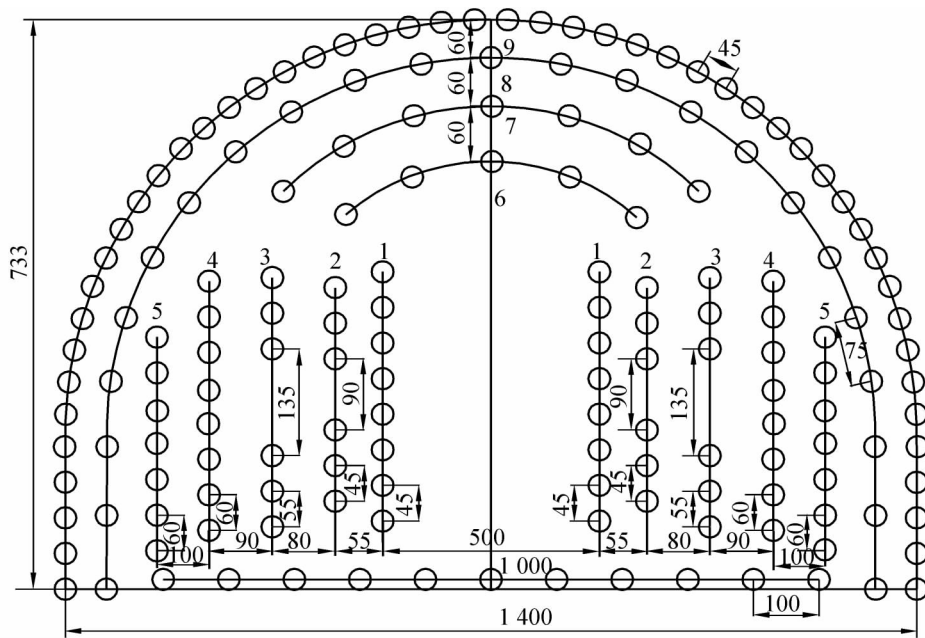


图 4 水压爆破炮眼分布示意图(单位: cm)

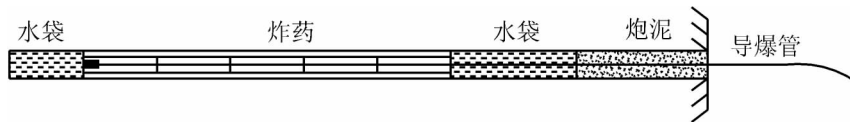


图 5 水压爆破炮孔装药结构示意图

(2) 起爆作业。起爆网络采取孔内延期微差、孔外簇联的起爆方式,各引爆雷管之间采取并联的方式,以保证起爆网络的可靠性和准确性。联结时要注意:导爆索的连接方向和连接点的牢固性;导爆管不能打结和拉细;引爆雷管用黑胶布紧紧包扎在离一簇导爆管自由端 10 cm 以上处,网络联好后,要有专人负责检查,确认无误后,方准起爆。

起爆顺序:从掏槽眼开始,一层一层向外进行,最后是周边眼、底板眼。起爆前应按要求做好各项安全防护措施。

3 实施效果分析

3.1 技术指标分析

目前茅坪山隧道进口自使用水压爆破以来,共施工了 40 个循环,总共掘进了 122 m,为了比较两个方法的效果,常规爆破也间隔施工了 40 个循环,掘进 106 m,围岩级别相同,都是Ⅲ级白云岩,设计掘进进尺都是 3.2 m。常规爆破每循环平均进尺 2.65 m;水压爆破平均进尺 3.05 m。平均每循环提高进尺 0.4 m。

常规爆破的炮眼利用率为 83%,而水压爆破的利用率达到了 95%,单位耗药量降低了 0.21 kg,通风排烟由过去 40 min 缩短为 10 min。由此可见,水压爆破在节省炸药、加快进度、缩短通风时间、改善洞内施工环境方面的优势是十分明显的。各项技术指标见表 2。

表 2 茅坪山隧道进口常规/水压爆破主要技术参数对比表

爆破类型	单位岩石炸药实际消耗量/(kg·m ⁻³)	平均炮眼利用率/%	实际进尺/m	爆碴块度/cm	抛距/m	通风时间/min
常规	0.96	83	2.65	70	30	40
水压爆破	0.75	95	3.05	40	25	10

3.2 经济指标分析

根据常规爆破和水压爆破的现场统计数据对比,在相同开挖断面面积、炮眼布置和钻孔深度的前提下,水压爆破比普通爆破每个循环多开挖 0.4 m,每循环节省炸药 23.1 kg,每爆破一立方岩石节省炸药

0.21 kg,最为显著的是通风降尘时间缩短了30 min。结合这些数据,采用水压爆破每一延米火工品节省266.75元,人工费节省222.6元,节省电费25.82元,制作炮泥、水袋每延米需另外支出的费用60.38元。

通过计算分析,应用水压爆破每延米可节省费用 $515.17 - 60.38 = 454.8$ 元(没有包含管理费用等)。

茅坪山隧道进口目前开挖剩余1300 m,按照水压爆破掘进每延米节省454.8元,贯通后可以节省费用59.12万元;13座隧道截至2012年6月30日剩余10785 m,可以节省费用490.5万元。

如果按照水压爆破掘进120 m可少钻爆6个循环,那么茅坪山隧道进口剩余的1300 m隧道,可少钻爆65个循环,可以缩短工期40~60 d。

4 水压爆破的应用体会

隧道掘进水压爆破经过应用试验、试点和推广,证明了与以往炮眼无回填堵塞相比具有显著的“三提高、一保护”作用,是真正的“绿色爆破”,完全符合我国可持续发展战略方针,有着广阔的应用前景。因此,从应用试验和推广来看,隧道掘进水压爆破技术经得起实践检验,并具有显著的效果,是值得推广的。

在现场的实际应用中及时总结经验,发现在该技术的使用时还应注意以下几个方面:

4.1 炮泥加工常见问题及处理方法

(1) 炮泥容易断裂。由于炮泥中含砂量偏高,应调整配比,即增加黏土含量,经过一段时间的总结,将配合比调整为黏土:砂:水=0.78:0.06:0.16之后,炮泥容易断裂的现象得到了很好的解决。

(2) 成形器挤不出炮泥。成形器端头内的拌料失水后干结而堵死是成形器挤不出炮泥的主要原因。排除及预防的方法是:卸下成形器端头,将内部的拌料清除干净,用水清洗成形器内表面,重新安装好即可。采用保湿及经常使机器运转可预防拌料干结。

(3) 料斗口不下拌料。其原因是在较长时间内未使用,拌料干结堵塞下料口造成下料不畅。排除及预防的方法是:加入少量水后使拌料湿润,反转立式搅拌输送机或用木棒整通后再加入较稀的拌料搅拌。

4.2 水袋制作常见问题及原因

(1) 供水不足或时小时大。造成的原因可能是连杆螺母松动;进水或排水单向阀内有异物;进水管中有空气或密封不良;曲柄滑动凸垫没有压紧;水桶中水位过高。

(2) 封口漏水渗水。造成的原因可能是温控调节损坏;上封头和下封座耐高温胶布损坏;电热线断开。

(3) 间歇不停。造成的原因可能是下侧倒盖板调整行程开关损坏或变位。

5 结束语

通过一段时间的推广使用,水压爆破在隧道掘进中的作用非常明显,其“三提高一保护”的效果也是毋庸置疑。但由于操作工人长期以来养成了不用炮泥和水袋的普通爆破方法,对水压爆破没有较深的认识,不能一下接受。因此水压爆破新工艺的推广,不仅需要解决技术的问题,还要解决操作工人的思想认识问题,这是一个系统工程,只有各方面工作都做好,才能使这项新技术得到很好的应用,发挥其节能环保的作用。

参 考 文 献

- [1]何广沂,徐凤奎,荆山,等.节能环保工程爆破[M].北京:中国铁道出版社,2007.
- [2]何广沂.工程爆破新技术[M].北京:中国铁道出版社,2000.
- [3]刘友平.水压爆破技术在黔桂铁路定水坝隧道掘进中的应用[J].铁道标准设计,2009(4):91-95.
- [4]李兵,刘祖彬.隧道掘进节能环保水压爆破施工技术[J].铁道标准设计,2005(10):95-96.
- [5]刘伟.后云台山隧道下穿楼房近接施工控制爆破技术[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2012,25(1):63-67.

(下转第100页)

- [2]周红梅,方芳. 航运集装箱空箱调运优化模型的研究[J]. 武汉理工大学学报. 2003, 27(3): 384-387.
- [3]施欣. 内陆集装箱运输环境下的空箱调运策略与租箱策略的数字仿真分析[J]. 交通运输工程学报. 2002, 2(2): 114-119.
- [4]杨洋. 基于班轮公司合作的海运空箱调运优化模型[J]. 上海交通大学学报. 2011, 45(1): 120-129.
- [5]刘浩. 基于成本的铁路集装箱空箱调运组织及优化[D]. 北京: 北京交通大学交通运输学院. 2012.
- [6]刘爽阳. 铁路集装箱空箱调运优化研究[D]. 成都: 西南交通大学交通运输与物流学院. 2012.
- [7]施亚萍, 陈兵. 铁路集装箱空箱调运最优化方案研究[J]. 铁道经济研究. 2010, 94(2): 41-45.

Analysis on Railway Empty Container Allocation Based on “Time-Freight” Cost

Zhu Yongqiu

(School of Transportation and Logistics , Southwest Jiaotong University , Chengdu 610031 , China)

Abstract: The disequilibrium of region economic development leads to frequent railway empty container allocation. Based on analyzing the process of railway empty container allocation , this paper takes allocation cost as the objective and establishes optimization model of railway empty container allocation. The allocation cost is composed of transportation cost and time cost. The time cost is based on the concept that if empty container allocation time is longer than the owners can bear , the owners will give up railway as the means to transport their goods , and railway will suffer revenue loss , and this loss is called the time cost when put into the allocation cost. To some degree , time cost in this paper not only can reflect the owner satisfaction , but also takes into consideration the income of transportation if empty containers turn to weight containers.

Key words: railway empty container allocation; allocation cost; time cost; single objective programming model

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 50 页)

Application of Hydraulic Blasting Technique in Tunnel Excavation

Zhang Weiguo

(The 3rd Engineering Co. Ltd. , China Railway 17th Bureau Group , Shijiazhuang 050081 , China)

Abstract: Pressure blasting is a new type of energy saving and environmental protecting blasting technique. It has a remarkable effect on improving efficiency , reducing duration pressure , saving costs and protecting the environment. This paper describes the rationale and process of hydraulic blasting combined with its application in Maopingshan Tunnel construction in CKGZTJ-5 , which demonstrates the superiority of this blasting technique , summarizes and analyzes the application of blasting in tunnel construction , and provides reference for promoting the use of hydraulic blasting .

Key words: hydraulic blasting; tunnel driving; energy conservation and environmental protection

(责任编辑 车轩玉)