

# 高瓦斯隧道短竖井“VCR”法开挖施工技术探讨

罗世刚, 江林

(中国水利水电第七工程局有限公司第一分局, 四川彭山 620860)

**摘要:** VCR采矿法是一种先进的采矿方法, 该方法技术成熟、可靠, 具有安全性好、生产成本低、生产效率高、劳动强度低等优点, 目前已广泛应用于国内外的采矿工程。根据VCR采矿法原理, 对VCR采矿法进行了技术创新; 结合高瓦斯隧道竖井施工特点, 提出了在传统竖井中采用VCR采矿法施工的可行性, 创新了竖井施工技术, 提高了竖井施工的安全性, 具有较大的推广价值。

**关键词:** 短竖井; VCR法; 高瓦斯; 开挖

**中图分类号:** U21; U23; [U25]; U215

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2019)增1-0050-02

## 1 概述

VCR (Vertical Crater Retreat Mining) 是垂直深孔球状药包后退式崩矿法的简称, 其主要原理是以美国C·W利文斯顿漏斗爆破理论为基础发展而成的一种反向爆破开挖施工方法, 目前主要用于采矿工程。

随着工程结构的日益复杂, 竖井工程越来越普遍。针对深竖井, 目前主要采用反井钻机掘进法、爬罐法等施工方法; 但对于深度在50 m以下的短竖井, 如果采用反井钻机施工, 设备费用投入较大, 不经济; 如果采用从上往下的常规爆破开挖方式, 其安全风险高且施工进度难以保证。因此, 根据工程实际情况, 可以研究依据VCR法原理, 针对短竖井工程采用反向倒置漏斗爆破的开挖施工方法。

## 2 关键工艺

VCR法实施的关键原理在于球形药包的应用。与传统的爆破施工通过掏槽创造临空面不同的是: VCR法是通过球形药包的漏斗爆轰作用破碎岩石, 通过竖井中心大直径炮孔的球形药包, 结合周边炮孔自下而上逐层爆破, 崩落的岩石从下部坑道出渣。因此, VCR法炮孔施工的质量和装药质量是确保爆破效果的关键, 其施工工艺较传统工艺相对而言较为复杂。

VCR法爆破工艺主要包括钻孔、测孔、塞孔、装药、堵孔、连线与爆破, 笔者分别介绍于后。

### (1) 钻孔。

VCR法炮孔的钻孔准确度尤为关键。中心炮孔直径一般为110~165 mm, 采用潜孔钻机钻孔, 钻孔偏差不宜大于1%。

### (2) 测孔。

每循环需进行爆前和爆后两次测孔。爆前测孔的目的是为爆破设计提供依据, 确定爆破抵抗线长度及装药位置; 爆后测孔是为了检测爆破效果, 为下一次爆破设计调整提供参考。

### (3) 塞孔。

装药前, 先将炮孔堵孔塞(堵孔塞一般采用水泥、砂浆原料灌入模具制成)用铁线放置孔底并预留爆破设计的抵抗线。吊堵孔塞必须采用铁丝, 以保证炸药装在准确位置; 不能用尼龙绳吊堵孔塞, 以免尼龙绳受力伸长而造成炸药下移甚至掉入空场中。

### (4) 装药。

根据爆破安全规程的有关要求, 在高瓦斯隧道装药前, 应对环境中的瓦斯浓度进行检测, 待瓦斯浓度小于0.5%时方可进行装药施工。炸药采用高密度、高爆速、高爆热矿用乳化炸药, 雷管采用电雷管, 起爆网络中的电雷管应使用同厂、同批、同型号的电雷管。使用前, 应对雷管电阻值进行检测, 保证电阻值差不大于0.25 Ω。装药采用人工装药。

将药卷绑成圆柱形, 装药时将药卷按照设计要求用尼龙绳依次吊装到中心炮孔内。中心孔的装药长度一般不超过孔径的6倍(可视为集中药包)。在高瓦斯隧道中应采用电雷管起爆, 中心炮

收稿日期: 2019-01-22

孔的中部药包采用2发电雷管并联,脚线引出孔口。中心主爆孔的单层装药结构见图1。

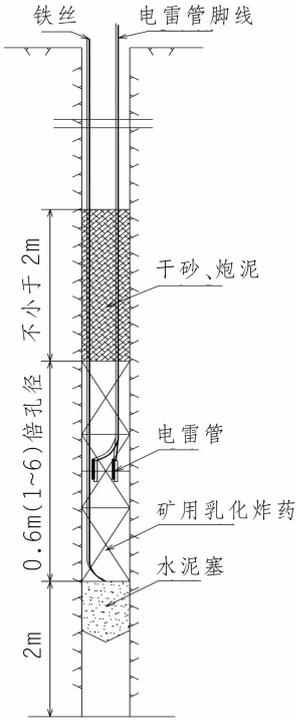


图1 中心主爆孔装药结构示意图

周边孔采用连续装药的方式。雷管装在中部,脚线引出孔口。

VCR法爆破可采用单分层或多分层爆破,分层数可根据一次爆破渣土量确定,一般可进行2~3层连续爆破。每次爆破分层的高度一般为3~4m。同层爆破的延时时间一般为25~50ms,层与层之间的爆破延时时间一般为50~100ms,最后一段的延时不得超过130ms。采用自下而上的起爆顺序。

(5) 堵孔。

采用单分层爆破。药卷装完后,可采用泡泥堵孔;如采用多分层爆破,层与层之间可采用竹筒间隔,亦可填泡泥间隔。装药完毕,再进行堵孔,堵孔长度不小于2m。

(6) 连线。

中心爆破孔孔内的电雷管采用并联方式,中心孔之间采用串联连接,周边孔采用串联连接,中心孔与周边爆破孔采用串联方式连接。

(7) 爆破。

起爆前,先进行工作面瓦斯浓度的检测,待瓦斯浓度小于0.5%时方可起爆。采用微差爆破,即

周边炮孔以中心起爆炮孔形成的空间为自由面形成抛掷。采用中心炮孔与周边炮孔的微差爆破,旨在实现爆破应力叠加、增加爆破自由面、增加崩落岩块碰撞、减少爆破地震等效应。

3 注意事项

(1) 采用VCR法进行竖井施工,对钻孔准确度的要求较高。在实施过程中一定要加强钻孔垂直度控制,一般以钻孔深度不超过50m为宜,钻孔偏差不宜大于1%;

(2) 对于爆破漏斗,应先进行模拟爆破漏斗试验,确定相关的爆破参数,防止在施工阶段爆破失败而造成堵孔,导致处理难度大;

(3) 每次爆破完成后,一定要进行爆破效果检查,根据爆破效果对中心集中药包和周边孔装药量进行调整,以提高爆破质量;

(4) 鉴于VCR法爆破炮孔内的铁丝、雷管脚线、堵孔材料等缠绕包裹在一起容易造成炮孔堵塞,因此,对于采用多次爆破施工的竖井中堵塞的炮孔要采用钻机扫孔。

4 依托工程

成都轨道交通18号线龙泉山隧道为油气田高瓦斯竖井工程,笔者对采用VCR法在瓦斯隧道短竖井施工的应用进行了探讨。

龙泉山隧道为油气田高瓦斯隧道,隧道全长9.7km,双洞分修,线间距30m,采用矿山法施工。隧道共设置1号、2号两座斜井,均为主、副井设置,1号斜井主井长400m,副井长362m;2号斜井主井长297m,副井长275m。1号、2号斜井与正洞之间均设置了排烟通道,排烟通道与正洞之间采用竖井连接,竖井净深度为6.44m,采用圆形断面,断面直径为6.1m,断面面积为29.2m<sup>2</sup>(图2)。

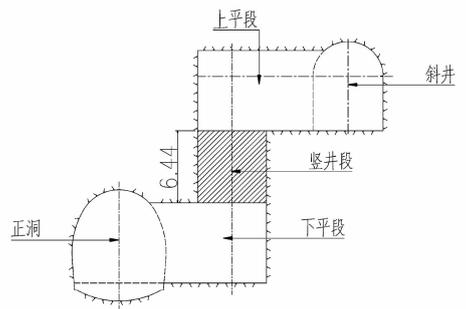


图2 短竖井工程示意图

(下转第53页)

度超限时,必须停止施工,先处理瓦斯,只有在2个工作面及其回风流中的瓦斯浓度均在1%以下时,所掘进的工作面方可爆破。每次爆破前,2个工作面入口必须由专人警戒。

单工作面施工剩余长度为10 m时,改为台阶法施工,坚持“管超前、严注浆、弱爆破、短进尺、早封闭、勤量测、紧衬砌”的原则,加强监控量测、超前地质预报工作,及时调整开挖工法及支护参数,先贯通上台阶,贯通后及时进行测风,启动射流风机,引导风流走向,在风速满足要求后再贯通下台阶。

### 2.3 针对隧道贯通采取的应急措施

由项目部及工区人员联合组成贯通应急救援指挥部,应急指挥小组分工明确,各司其职。现场配备救援机械和设备、交通工具、医疗设备和必备物品、生活保障物资等应急物资。遵循预防为主、常备不懈的方针,贯彻统一领导、分级负责、反应及时、措施果断、依靠科学、加强合作的原则。

### 3 结语

在建成都轨道交通18号线工程土建5标龙泉山隧道为油气田区地铁长大隧道,施工线路全长为9.7 km,分4个工区、12个工区面同时施工,目前左线已全隧顺利贯通,右线仅剩余1号斜井和进口工区尚未贯通,贯通施工过程中,加强了监控量测,严格按照贯通专项措施施工,加强了联络沟通,确保了隧道安全顺利贯通。

#### 参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿安全监察局.煤矿安全规程[M].北京:煤炭工业出版社,2016.
- [2] 中国铁路总公司.高速铁路隧道工程施工技术规程[M].北京:中国铁道出版社,2015.

#### 作者简介:

李江洪(1989-),男,重庆市人,助理工程师,学士,从事市政工程及水利水电工程施工安全管理工作;  
何 宾(1996-),男,河南南阳人,助理工程师,学士,从事轨道交通工程施工技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第51页)

该竖井为泥岩夹砂岩地层,水平构造,节理裂隙发育,围岩较破碎,隧道临近龙泉驿断层、马鞍山断层破碎带,为含油气瓦斯地层。

针对该工程,可以运用VCR法进行竖井段的开挖施工,在竖井中心钻设3个直径为120 mm的炮孔,两两间距为50 cm,呈等边三角形布置作为中心主爆孔,然后再钻设周边炮孔,间距40~50 cm。在高瓦斯隧道环境中钻孔应采用湿钻,严禁干钻。钻孔布孔情况见图3。

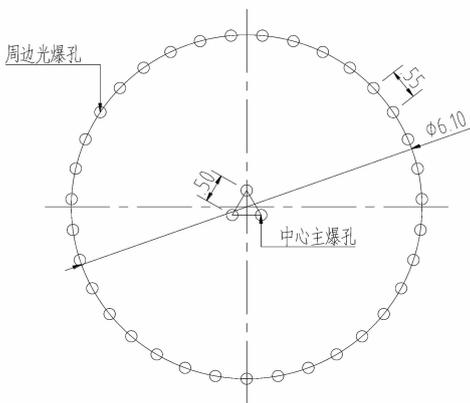


图3 竖井钻孔布置图

由于该竖井较短,若采用VCR法进行爆破

开挖施工可采用两层连续爆破方式,竖井一次成型,以减少中间重复钻孔、爆破和出渣环节,可节省工序循环时间,提高施工效率,同时亦可减小施工人员的投入,可有效保证施工人员的安全。

由于VCR法在传统竖井开挖施工中的应用实例较少,因此,可根据工程的具体特点,尝试采用VCR法进行竖井施工,通过实践,进一步完善施工工艺,积累工程施工经验,保证施工安全,改善作业条件。

### 5 结语

VCR法在短竖井开挖施工中具有安全、成本、效益上的诸多优点,只要能合理地利用,不断改进和完善,其具有很大的推广应用空间。

#### 参考文献:

- [1] 爆破安全规程,GB6722-2014[S].
- [2] 汪旭光,郑炳旭,张正忠,刘殿书.爆破手册[M](第一版).北京:冶金工业出版社,2010.

#### 作者简介:

罗世刚(1987-),男,重庆市人,工程师,学士,从事水利水电及市政工程施工技术与管理工;  
江 林(1992-),男,四川眉山人,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)