

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2016.06.011

# PVC 管注水爆破方法在煤矿火区中的应用\*

陈红刚 万红彬 李晓虎 黄显杭

中国葛洲坝集团易普力股份有限公司(重庆,401121)

[摘 要] 温度一直是制约煤矿高温火区爆破施工的重要因素,为了在相对高温区域进行爆破作业,采用 PVC 管注水装药的爆破方法达到预期的爆破施工进度及效果。PVC 管注水爆破方法改变原来直接炮孔装药中孔壁与炸药直接接触时热量的传导路线,用 PVC 管和水将炸药与炮孔隔开,增加隔热层;同时,在 PVC 管中注水起到了降温作用,延缓了炸药的升温速度,提高了爆破施工作业的安全性及进度。

[关键词] 温度;PVC 管注水;高温火区;热传导

[分类号] TD235.2

## 引言

在我国新疆、内蒙、宁夏、山西等煤层埋藏较浅地区,采用露天开采技术的煤矿越来越多,井工矿改露天矿的矿山也逐渐增多。然而,由于露天煤矿的煤层燃烧形成的高温火区对露天深孔爆破安全构成了较大的安全隐患<sup>[1-5]</sup>。因此,如何将高温孔( $T \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )转变为异常孔( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )或者常温孔( $T < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),采用何种方式、方法进行高温火区爆破,在保证安全条件下推进施工进度成为了关键<sup>[6]</sup>。目前,在露天煤矿高温火区,很多作业面进入高温区域,经长时间注水降温后,温度仍然较高,无法按照温度异常区进行爆破,采区爆破工作即将陷入停顿状态。针对这种情况,研究一种露天煤矿高温火区的爆破方法,既能保证施工安全,又能严格遵守煤矿爆破安全规程,达到预期的爆破施工进度及效果至关重要。

## 1 工程概况

宁夏羊齿采区因小窑开采等原因,致使二层煤沿露头形成了三面火区。火区范围走向长 2 140 m,倾斜宽 50 m,火区面积 10.7 万  $\text{m}^2$ ,火区强火带面积 4.2 万  $\text{m}^2$ ,占火区面积 39%,火区边缘裂缝明显,火区内沿裂缝有青烟冒出,火势旺盛。在没采动的情况下,火区燃烧速度沿煤层倾向每年延伸 2 ~ 3 m;在采动的情况下,火区燃烧速度沿煤层倾向每年延伸 3 ~ 5 m,难以治理。而羊齿采区施工已全面进入高温区域,部分区域经长时间注水降温后,温度处于 50 ~ 80  $^{\circ}\text{C}$  之间,且无法进一步降温,按照矿里安全规程要求无法进行爆破施工,工程进度即将进入停

滞状态。

为保障羊齿采区高温区爆破施工安全,杜绝事故的发生,确保施工的安全有序进行,在羊齿火区温度为 50 ~ 80  $^{\circ}\text{C}$  之间的区域<sup>[7]</sup>,采用 PVC 管注水装药的施工方法进行爆破施工。

## 2 PVC 管注水爆破试验方案

### 2.1 PVC 管注水爆破原理

采用 PVC 管注水装药结构进行装药爆破,实质是在煤矿火区爆破中创造一个水介质环境,此方法改变了原来直接炮孔装药中孔壁与炸药直接接触时热量的传导路线。用 PVC 管和水将炸药与炮孔隔开,增加隔热层;同时,在 PVC 管中注水起到了降温作用,延缓了炸药的升温速度,以此来增加安全作业时间,确保爆破施工安全。PVC 管注水装药结构主要有以下作用<sup>[8]</sup>:

1) PVC 管在底部封闭的情况下能保证管内的注水不外流,从而创造延缓热量传递速率的水介质环境。

2) 直接向炮孔装药时,热传导路线为“孔壁—炸药”;采用 PVC 管注水装药结构后,热传导路线为“孔壁—PVC 管—水—炸药”,由于水的比热容较大,在同等热量作用下,其升温速率低,增加了安全作业时间。

3) PVC 管相比其他柔性存水材料可靠性高,下孔简单、方便,提高了施工规模及作业效率。

### 2.2 试验要求

1) PVC 管要求:当炮孔直径为 140 mm 时,PVC 管径不小于 110 mm;当炮孔直径为 200 mm 时,PVC

\* 收稿日期:2015-11-13

作者简介:陈红刚(1986-),男,助理工程师,主要从事民爆行业科技管理。E-mail:398623340@qq.com

管径不小于 160 mm。

2) 炸药要求:必须采用卷装乳化炸药<sup>[9]</sup>,PVC 管直径为 110 mm 时,药卷直径≤110 mm;PVC 管直径为 160 mm 时,药卷直径≤150 mm。

3) 竹片要求:绑扎用的竹片宽度应在 30 ~ 40 mm 之间。

4) 充填物塑料袋要求:塑料袋必须结实牢固,保证充填过程中不会破损。PVC 管直径为 110 mm 时,塑料袋直径不小于 90 mm;PVC 管直径为 160 mm 时,塑料袋直径不小于 140 mm。

5) 爆破作业前降温要求:对于孔温高于 80 ℃ 的炮孔,必须将温度降至 80 ℃ 以下,才能采用 PVC 管爆破方式。在装药准备阶段,应用管径不小于 25 mm 的水管向各炮孔 PVC 管内注水。

2.3 装药结构<sup>[10]</sup>

1) 钻孔孔深为 4 ~ 6 m,孔径 140 mm,采用 4 ~ 6 m 长的底部封口的口径 110 mm、壁厚 2 mm 的 PVC 管插入炮孔内,并将水管放入管底,连续注水降温。

2) 使用 Ø90 mm 的乳化炸药,并将炸药绑扎在 30 mm 的竹片上,做成长为 1.5 ~ 2.5 m 的长药柱,装入 PVC 管中。

3) 使用 2.5 ~ 3.5 m 长的 Ø90 mm 的塑料袋装入岩粉或者细小颗粒做成炮孔堵塞柱。

4) 采用导爆索起爆网路进行起爆,连接好孔外导爆索起爆网路,并将导爆索插入长药柱内,绑扎牢固,检查网路连接后起爆,装药结构如图 1 所示。

2.4 爆破试验结果分析

2014 年 7 月 8 日至 8 月 20 日,在温度为 50 ~ 80 ℃ 的 ▽ 2 060 m 平台共进行了 28 次爆破施工,对其中的 24 组数据进行了统计,如表 1。由数据及现场爆破效果得出:采用 PVC 管、循环注水的方式可以安全地完成 50 ~ 80 ℃ 温度区间炮孔的爆破,爆破

效果可以满足挖装要求,达到了预期效果。爆破效果详见图 2,具体情况分析如下:



图 2 PVC 管注水爆破施工方法及效果

Fig.2 Construction and blasting effect of newly developed water-filled PVC tube method

1) 确保作业时间。试验过程中,除操作问题外,采用单人单孔装药爆破均未超过 4 min,PVC 管下孔、注水、装药时间受孔深的影响,炮孔越深,操作时间将越长。

2) 确保爆破网路安全。孔内、孔外采用导爆索连接,激发点采用导爆管雷管起爆的起爆网路能够可靠起爆,没有出现盲炮。

3) 达到预期爆破效果。各次试验爆破后,都能够使岩体不同程度地松散、破碎,虽然个别炮孔周围存在大块,与正常深孔梯段爆破的爆破效果存在一定差距,但已可以满足对高温火区爆破效果的要求。

4) 确保爆破安全。爆破飞石、振动、冲击波等爆破危害在可控范围内。

3 存在的问题及改善措施

3.1 存在的问题

PVC 管注水装药爆破施工方法虽达到了预期的爆破效果及目的,但仍存在一定的问题:

1) 相对常温孔爆破效果较差,爆破后需二次处理大块、根底较常规爆破多,导致挖装作业进度缓慢,增加整体采剥作业成本。

2) 这种施工方法具有一定的局限性,若炮孔较深,将直接影响装药速率,降低施工效率,只能在浅孔爆破中使用。

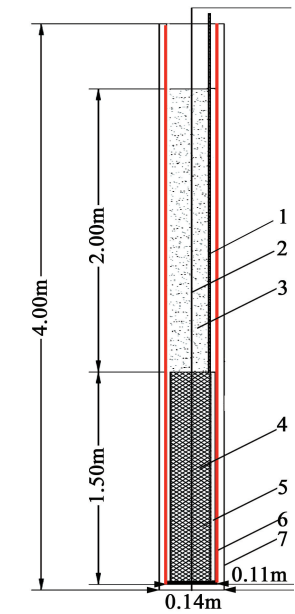
3.2 改善措施

1) 在后续作业过程中应不断摸索在保证作业时间不超过 3 min 的前提下,如何减少装药、充填的不耦合系数,改善爆破质量。

2) 加大爆破施工作业人员培训力度,提高作业人员的技术水平。

3) 加强高温区域爆破施工现场管理,进一步优化施工工艺,简化操作步骤,提高施工作业安全。

4) 炮孔深度不超过 5 m,炮孔角度小于 30°或大于 60°,适用的孔网参数见表 2。



1 - 竹片;2 - 导爆索;  
3 - 堵塞物;4 - 乳化炸药;  
5 - 水;6 - PVC 管;7 - 炮孔。

图 1 装药结构图

Fig.1 Charging structure diagram

表 1 PVC 管注水爆破情况统计

Tab. 1 Statistic of blasting using PVC tubes filled with water

序号	台阶 水平/m	孔深/ m	单次爆破 孔数	孔径/ mm	炮孔 角度/(°)	爆 破 情 况
1 <sup>#</sup>	2 060	4	3	140	倾斜 25	单人单孔装药爆破,首次装药、堵塞时间较长,爆破效果达到预期要求。
2 <sup>#</sup>	2 060	4	5	140	倾斜 25	单人单孔装药爆破,个别孔未采用堵塞柱堵塞,堵塞不严实,爆破产生冲孔。
3 <sup>#</sup>	2 060	4	8	140	倾斜 25	单人双孔装药爆破,操作时间 7 min,爆破效果达到预期要求。
4 <sup>#</sup>	2 060	4	3	200	倾斜 25	单人单孔装药爆破,操作时间 3 min 以内,爆破效果达到预期要求。
5 <sup>#</sup>	2 060	4	5	200	倾斜 25	单人单孔装药爆破,操作时间 3 min 以内,孔口存在大块。
6 <sup>#</sup>	2 060	4	8	140	倾斜 25	单人双孔装药爆破,操作时间 3 min 以内,岩石较硬,产生根底。
7 <sup>#</sup>	2 060	4	3	140	倾斜 25	单人单孔装药爆破,操作时间 3 min 以内,孔口存在大块。
8 <sup>#</sup>	2 060	4	5	140	垂直 90	单人单孔装药爆破,操作时间 3 min 以内,爆破效果达到预期要求。
9 <sup>#</sup>	2 060	6	8	140	垂直 90	单人双孔装药爆破,操作时间 7 min,孔口存在大块。
10 <sup>#</sup>	2 060	6	3	140	垂直 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
11 <sup>#</sup>	2 060	6	5	140	垂直 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
12 <sup>#</sup>	2 060	6	8	140	垂直 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
13 <sup>#</sup>	2 060	6	3	140	垂直 90	单人单孔装药爆破,操作时间 5 min,孔壁存在突石导致装药时间延长,前排抵抗线过大,局部有根底。
14 <sup>#</sup>	2 060	6	5	140	垂直孔 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
15 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	倾斜孔 25	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
16 <sup>#</sup>	2 060	6	5	200	倾斜孔 25	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
17 <sup>#</sup>	2 060	6	5	200	倾斜孔 25	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,个别孔口存在大块。
18 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	倾斜孔 25	单人双孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,爆破效果达到预期要求。
19 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	垂直孔 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,个别孔口存在大块。
20 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	垂直孔 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,个别孔口存在大块。
21 <sup>#</sup>	2 060	6	8	140	垂直孔 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,个别孔口存在大块。
22 <sup>#</sup>	2 060	6	8	140	垂直孔 90	单人双孔装药爆破,操作时间 7 min 以内,爆破效果达到预期要求。
23 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	垂直孔 90	单人单孔装药爆破,操作时间 4 min 以内,个别孔口存在大块。
24 <sup>#</sup>	2 060	6	8	200	垂直孔 90	单人双孔装药爆破,操作时间 7 min 以内,爆破效果达到预期要求。

表 2 不同炮孔直径适用的参数范围  
Tab.2 Parameter ranges for blasting holes  
with different diameters

孔径 /mm	单耗/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	孔距/ m	排距/ m	单孔药 量/kg	充填长 度/m
140	0.25 ~ 0.45	3 ~ 5	3.0	18 ~ 30	2.5 ~ 3.0
200	0.25 ~ 0.40	5 ~ 6	4.5	30 ~ 40	3.0 ~ 3.5

4 结 论

通过多次爆破试验验证,PVC 管注水爆破方式能够保证爆破作业过程安全可控,可靠性、作业效率、爆破质量等都能够满足特殊区段的爆破需要,可以在各采区进行推广,主要有以下优点:

1)PVC 管注水爆破方法在露天煤矿浅孔爆破作业施工中操作简单,装药及施工效率高,显著提高了单次爆破施工规模,提高了施工效率。

2)PVC 管注水爆破方法中采用的 PVC 管注水装药结构保证了良好的水介质环境,水温上升缓慢,延长了爆破施工安全作业的时间。

3)PVC 管来源广泛,成本低廉,相比机械强挖等其他火区爆破方法,该方法经济效益显著。

参 考 文 献

[1] 张贵峰,廖新旭,王涛.大石头露天煤矿高温火区爆破技术应用[J].现代矿业,2014(2):135-136,138.

[2] 许晨,李克民,李晋旭,等.露天煤矿高温火区爆破的安全技术探究[J].露天采矿技术,2010(4):73-75,89.

XU C, LI K M, LI J X, et al. Security technology of research on high-temperature fire area blasting in surface mine[J]. Opencast Mining Technology, 2010(4):73-75, 89.

[3] 蔡建德.露天煤矿高温区爆破安全作业技术研究[J].工程爆破,2013,19(1/2):92-95,73.

CAI D J. Security technology of high-temperature blasting

in open pit coal mine[J]. Engineering Blasting, 2013,19(1/2):92-95,73.

[4] 张加权,王丽萍.采空区、火区爆破作业的安全管理[J].露天采矿技术,2012(增刊):110-111.

[5] 周俊峰.大峰露天煤矿羊齿采区综合灭火方案的研究[J].露天采矿技术,2012(3):104-106.

[6] 郑炳旭.中国高温介质爆破研究现状与展望[J].爆破,2010,27(3):13-17,35.

ZHENG B X. Current status and prospect of high-temperature blasting research in China [J]. Blasting, 2010,27(3):13-17,35.

[7] 曹进军,朱宽,郝亚飞,等.露天煤矿高温火区爆破测温技术的研究与应用[J].爆破,2016,33(2):128-131.

CAO J J, ZHU K, HAO Y F, et al. Research and application of temperature testing technique in fire area blasting in open-pit coal mine [J]. Blasting, 2016,33(2):128-131.

[8] 束学来,郑炳旭,郭子如,等.煤矿火区降温措施的分析与实践[J].爆破,2014,31(3):154-158.

SHU X L, ZHENG B X, GUO Z R, et al. Analysis and practice of cooling measures of coal mine fire area [J]. Blasting, 2014,31(3):154-158.

[9] 林谋金,郑炳旭,李战军,等.高温炮孔中乳化炸药升温规律分析[J].爆破器材,2016,45(1):47-50,55.

LIN M J, ZHENG B X, LI Z J, et al. Temperature raising analysis of emulsion explosive in blast holes at high temperature [J]. Explosive Materials, 2016,45(1):47-50,55.

[10] 崔晓荣.露天煤矿高温爆破施工工艺与组织管理[J].爆破,2016,33(2):149-154.

CUI X R. Construction technology and organization of blasting in opencast coal mine with high temperature [J]. Blasting, 2016,33(2):149-154.

Application of Water-filled PVC Tubes for the Blasting  
at High Temperature Fire Area in the Coal Mine

CHEN Honggang, WAN Hongbin, LI Xiaohu, HUANG Xianhang  
Explosive Co. , Ltd, China Gezhouba Group Company (Chongqing, 401121)

[ABSTRACT] Temperature has been an important factor to restrict the blasting construction of high temperature fire area in the coal mine. In order to conduct blasting operations at the relatively high temperature range, a new blasting method using PVC tubes filled up with water was designed to meet with the expected progress and outcome. The current application will bring some changes to the heat transmission as a result of direct contact between the hole wall and the explosive in blasting hole charging method. The separation of explosive and blasting hole by water-filled PVC tubes will create an insulation layer, and the inside water could lower the temperature and thus slow down the heating up of explosive. The new application has improved the safety of blasting construction operation and speeded up the whole process.

[KEYWORDS] temperature; water-filled PVC tube; high temperature fire area; heat transmission