

平邑石膏矿坍塌事故5号救生孔施工工艺及钻具配置

程林¹, 李艳丽¹, 尹建国², 满国祥¹, 孔令沪¹, 张慧杰¹

(1. 河北省地矿局国土资源勘查中心石家庄探矿机械厂, 河北石家庄 050081; 2. 山西省煤炭工业厅煤炭资源地质局, 山西太原 030000)

摘要:阐述了2015年12月25日山东省临沂市平邑县保太镇玉荣商贸有限公司石膏矿坍塌事故救援中成功救出4名被困矿工的5号救生孔的施工过程。详细介绍了在抢险救援中国矿山应急救援淮南队采用德国宝峨公司RB-T90型钻机配套河北省地矿局国土资源勘查中心石家庄探矿机械厂(河北石探机械制造有限责任公司)SG219/152型双壁钻具空气反循环钻进施工5号大直径救生孔的整个过程,包括地层情况、钻孔设计、施工工艺、钻具配置、施工过程和施工中遇到的问题以及最终的解决方法。

关键词:空气反循环钻进;双壁钻具;钻具配置;钻孔救援;大直径救生孔;平邑石膏矿坍塌事故;矿难救援

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)05-0013-04

Construction Technology of 5# Rescue Hole in the Collapse Accident in Pingyi Gypsum Mine and the Drilling Tool Configuration/CHENG Lin¹, LI Yan-li¹, YIN Jian-guo², MAN Guo-xiang¹, KONG Ling-hu¹, ZHANG Hui-jie¹ (1. The Center of Land and Recourse Exploration, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shijiazhuang Hebei 050081, China; 2. Geology Bureau of Coal Resources, Coal Industry Office of Shanxi Province, Taiyuan Shanxi 030000, China)

Abstract: The paper gives an account of the construction process of 5# rescue hole in the collapse accident in Pingyi gypsum mine on Dec. 25, 2015. The application situation of RB-T90 drilling rig (made by Bauer of Germany) by Huainan rescue team of national mine emergency rescue organization matching with SG219/152 double-wall drill tools (made by Shijiazhuang Mineral Exploration Machinery Factory of the Land and Resources Exploration Center of Hebei Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources) is introduced in detail, the formation conditions, borehole design, drilling tool configuration, construction process, difficulties encountered and the final solution are also stated.

Key words: air reverse circulation drilling; double-wall drill tool; drilling tool configuration; rescue by drilling hole; large diameter rescue hole; the collapse accident in Pingyi gypsum mine; mine disaster rescue

2015年12月25日7时56分,山东省临沂市平邑县保太镇玉荣商贸有限公司石膏矿发生坍塌事故,由塌陷引起的震动相当于4.0级地震,致使29名作业人员被困井下。山东省委、省政府、国家安全监管总局精心组织12·25坍塌事故救援工作。由于井下坍塌十分严重,地层应力持续释放、坍塌仍在继续发生,在成功救出11名被困矿工后,井下救援工作被迫终止,使得从地面施工大直径垂直救生孔成为救援的唯一可选方案。

地面打孔救援工作在被困矿工最有可能聚集的4号矿井两侧展开,救援钻孔分为生命探测孔、救援孔和救生孔三种钻孔。生命探测孔用来搜索井下被困矿工,一旦发现被困矿工生命体征,生命探测孔即转换为生命通道(救援孔),为井下矿工提供通讯、食物、药品和工具等一切可保证生命所需物资的生

命保障孔;救生孔是用于将被困矿工提升出井的救援通道。

根据救援的需要,指挥部共安排施工生命探测孔3个,分别为1号孔、2号孔、6号孔,救援孔为2号和7号孔;救生孔3个,分别为3号孔、4号孔和5号孔。7个救援钻孔的分布见图1。其中2号生命探测孔钻通后成功发现了4名被困矿工,通过5号救生孔将4名被困矿工顺利救出。采用大直径钻孔垂直救援方式,营救出被困井下220m深处长达850余小时的4名矿工,创造了我国矿山事故救援的新奇迹。

5号救生孔由国家矿山应急救援淮南队施工,采用德国宝峨RB-T90型钻机配套河北省地矿局国土资源勘查中心石家庄探矿机械厂(河北石探机械制造有限责任公司)生产的SG219/152型双壁钻具。



图1 救援孔分布图

本文介绍5号救生孔的钻具配置、施工工艺、施工过程以及施工中遇到的问题以及最终的解决方法。

1 场区地质概况

山东省临沂市平邑县有丰富的石膏资源,当地有十多家石膏矿开采企业,但由于石膏开采利润不高,开采企业极少回填,这次坍塌事故就是由于临近废矿的坍塌引起的。矿区地层结构为典型的石膏矿区地层结构,地层分布为:表土层、石灰岩层、砂质泥岩、泥岩石膏互层,具体分布见表1。在石灰岩地层中多有溶洞发育,石灰岩地层和砂质泥岩风化层中均有破碎带和含水层的存在,加之坍塌引起的地震使地层破碎更加严重。

表1 地层分布

序号	地层	深度/m
1	表土层	0~1
2	石灰岩层	1~140
3	砂质泥岩	140~185
4	泥岩石膏互层	185~巷道

2 钻进难点

(1) 石灰岩地层中有多层溶洞,5号救生孔中有3层较大溶洞发育,地层破碎、裂隙发育、含水丰富。

(2) 砂质泥岩风化带和石膏互层破碎带在施工中不断产生坍塌掉块、缩径等现象,易造成孔内事故。

(3) 矿区坍塌导致应力的变化,使地层极不稳定,是施工中的一个重要难点。

(4) 钻孔垂直度要求高,220 m深钻孔,而井下巷道宽度只有3 m,孔位中心点距两边各1.5 m,对钻孔偏斜要求极为苛刻。

(5) 井下塌方不断,被困矿工生存空间不断变小,时间就是生命,钻进效率直接关乎救援的成败,要求钻进速度一定要快。

3 5号救生孔施工设计

3.1 施工工艺的选择

当地的地质条件及施工条件极其复杂,且破碎含水层较多,施工中要下入多级套管,才能保证救生孔的最终成功,这就要求开孔直径要尽可能的大,为多级套管留出空间。由于0~50 m浅层有多层溶洞的存在,故选用旋挖钻机进行钻进,这样可以增大开孔直径,为下设多层套管做准备,50 m以深采用 $\phi 711$ mm大口径潜孔锤空气反循环钻进,目的是提高钻进效率,缩短救援时间。

3.2 具体施工工艺

(1) 开孔使用 $\phi 1500$ mm旋挖钻头,钻进3 m后,下入 $\phi 1460$ mm表层套管。

(2) 二开换用 $\phi 1250$ mm旋挖钻头,钻进到54 m后,下入 $\phi 820$ mm套管并固井。

(3) 三开采用SG219/152型双壁钻具,配套24 in($\phi 610$ mm)空气潜孔锤, $\phi 711$ mm锤头,进行空气反循环钻进,钻进到170 m,下入 $\phi 610$ mm套管并固井。

(4) 四开为减小对巷道顶板的冲击震动,避免造成顶板大面积垮塌,选用 $\phi 565$ mm牙轮钻头,平稳推进至目的层位。钻孔结构见图2。

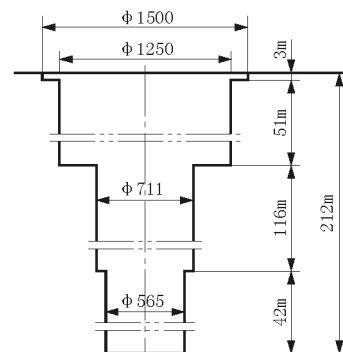


图2 钻孔结构示意图

4 设备配置与施工

4.1 一开钻进

采用宝峨BG38型旋挖钻机,配套 $\text{Ø}1500\text{ mm}$ 旋挖钻头施工,施工深度3 m。

4.2 二开钻进

采用BG38型旋挖钻机,配套 $\text{Ø}1250\text{ mm}$ 旋挖钻头施工,施工深度54 m,见图3。



图3 旋挖钻机施工

4.3 三开钻进

采用RB-T90型钻机配套SG219/152型双壁钻具,4台寿力900XHH-1150XH型双工况空压机,进行潜孔锤空气反循环钻进。钻具组合为: $\text{Ø}711\text{ mm}$ 锤头+24 in空气潜孔锤+减震器+正反接头+ $\text{Ø}711\text{ mm}$ 阻风环+2支 $\text{Ø}680\text{ mm}$ 扶正器+2支 $\text{Ø}650\text{ mm}$ 扶正器+SG219/152型双壁钻杆。如图4、图5所示。

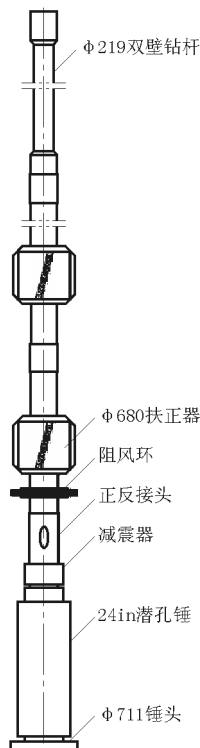


图4 三开钻进钻具示意图



图5 三开钻进钻具现场连接图

本次救生孔使用的是河北省地矿局国土资源勘查中心石家庄探矿机械厂(河北石探机械制造有限公司)生产的SG219/152型大口径双壁钻具系统,适用于空气反循环钻进,内外管之间的环空是向孔底输送高压空气的通道,而内管的内孔是冲洗介质携带岩屑上返的通道,这样由于冲洗介质的上返速度不受钻孔口径的影响,凸显了其在大口径钻孔中的优越性。配套4只扶正器既起到钻孔扶正、保直作用,又可作为钻柱配重钻铤;阻风环和正反接头结合使用可以用正循环潜孔锤实现反循环钻进。

4.4 四开钻进

采用RB-T90型钻机配套SG219/152型双壁钻具,4台900XHH-1150XH型双工况空压机,进行牙轮钻头空气反循环钻进。钻具组合为: $\text{Ø}565\text{ mm}$ 组合牙轮钻头+正反接头+ $\text{Ø}565\text{ mm}$ 阻风环+2支 $\text{Ø}540\text{ mm}$ 扶正器+2根 $\text{Ø}279\text{ mm}$ 双壁钻铤+SG219/152型双壁钻杆。

5 施工过程

一开、二开旋挖钻进较为顺利,为了保证钻孔的垂直度,刻意将进尺速度放缓;三开换用空气反循环钻进。换用空气反循环工艺钻进后进尺效率显著提高,平均进尺 4 m/h (见图6、图7)。钻进到170 m时,由于地层的不稳定性,发生了埋钻事故。经分析认为,到120 m以深进入破碎带,其下50 m为砂质泥岩,地层坍塌掉块产生大量的岩屑和岩块,另外溶洞孔壁留存的岩屑经地层水冲洗,均落在阻风环上,从而形成埋卡钻事故。最终经探测阻风环上落渣厚度



图6 空气反循环钻进施工



图7 排渣情况

为10 m左右,孔内水位距地表高度90 m。在强力提升未果的情况下,决定先将阻风环上的沉渣清理干净后,再活动钻具解卡,从而提出钻具。在清渣工艺上,选用了气举反循环抽渣,用现场 $\varnothing 73$ mm注浆管作为抽渣管,在抽渣管上附1 in($\varnothing 25.4$ mm)高压胶管作为进气管,形成一套简易的气举反循环抽渣钻具,并用注浆泵经 $\varnothing 50$ mm钻杆向孔内注入高压水流冲起沉渣,抽渣达到一定效果后活动钻具解卡,解决了埋钻事故。

用此方法排除孔内事故后,为保证孔段的安全,

在170 m钻深下设 $\varnothing 610$ mm套管,水泥固井,封闭不稳定地层和含水层。四开孔径565 mm,先后采用了空气正循环钻进工艺、泥浆气举反循环钻进工艺,但施工均遇到了不同的问题,最后孔段采用牙轮钻头空气反循环钻进工艺,为了避免孔内沉渣会减小钻孔有效深度,决定钻至228.5 m,由于钻孔未能与巷道直接贯通,在进行定位工作的同时从7号救援孔向井下送入工具,由被困人员从巷道向钻孔凿进0.8 m后贯通。鉴于孔壁的持续坍塌掉块,为了确保千方百计所施工的救生孔的安全,指挥部决定下入 $\varnothing 508$ mm套管至205 m石膏矿体层,建立起安全救生通道,顺利救出了4名被困矿工。

6 结语

5号救生孔的顺利打通,营救出被困井下220 m深长达36天的4名矿工,创出了世界第三例、亚洲首例地面大直径钻孔救援成功的案例,为我国的矿难救援又提供了一种强有力的手段,开创了我国抢险救援领域的新高度。

参考文献:

- [1] 周全兴. 钻采工具手册[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 孙松尧. 钻井机械[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
- [3] 王达,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [4] 张永成. 钻井工程施工手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,2010.
- [5] 孙明光. 钻井、完井工程[M]. 北京:中国石化出版社,2002.
- [6] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [7] 秦庚. 矿井施工组织设计指南[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002.
- [8] 周志鸿,马飞,等. 地下凿岩设备[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.