

袁湘涛,刘言,周东平,等.松藻矿区岩溶瓦斯“四位一体”防治技术及应用研究[J].中国岩溶,2020,39(1):88-94.  
DOI:10.11932/karst2019y33

# 松藻矿区岩溶瓦斯“四位一体”防治技术及应用研究

袁湘涛<sup>1</sup>,刘言<sup>2</sup>,周东平<sup>3</sup>,蒋和财<sup>3</sup>,陈景江<sup>4</sup>

(1. 重庆煤矿安全监察局救援指挥中心, 重庆 401121; 2. 重庆市煤炭工业管理局, 重庆 401121; 3. 重庆市能源投资集团科技有限责任公司, 重庆 400061; 4. 重庆迪蔺矿山工程设计公司, 重庆 401121)

**摘要:**岩溶瓦斯问题已成为影响和制约煤矿安全生产的重要致灾因素。为保障岩溶影响区岩石巷道掘进过程中的施工安全,有效防治岩溶瓦斯灾害,以重庆松藻矿区为研究对象,分析了岩溶瓦斯来源及岩溶瓦斯赋存规律,提出了基于岩溶瓦斯小块段区域预测、梯级渐进式局部探测、近距离局部防治和安全防护措施的“四位一体”防治技术。现场应用表明,严格实施“四位一体”防治技术能够有效防止岩溶瓦斯事故。

**关键词:**岩溶;瓦斯防治;四位一体;松藻矿区

中图分类号:TD712 文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2020)01-0088-07 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## 0 引言

石灰岩地层中,经过岩溶作用,岩土结构发生变化,岩石强度降低,对浅地表将形成地面塌陷及工程破坏。煤矿瓦斯抽采工程遭遇岩溶时,会造成岩溶裂隙与抽采钻孔导通,损失抽采负压,影响煤层瓦斯抽采效果。在采掘活动中,部分岩溶空间内有害气体、地下水因存在一定压力,在揭露岩溶的同时,伴生的有害物质高速运移,甚至以喷出、突出的方式破坏生产设施,影响安全生产。

重庆地区石灰岩地层出露较为普遍,辖区内开采的二叠纪、三叠纪煤系地层均有石灰岩地层揭露,其煤系地层含瓦斯,岩溶较为发育。松藻矿区、南桐矿区、永荣矿区、天府矿区、中梁山矿区在煤炭开采过程中均有揭露岩溶瓦斯,其中,又以松藻矿区岩溶瓦斯问题最为严重。随着矿井开采深度的增加及开采强度的加大,岩溶瓦斯问题已严重影响到煤矿的

安全开采<sup>[1]</sup>。然而,国内外以往关于岩溶的影响主要集中于岩溶发育特征<sup>[2-3]</sup>、岩溶塌陷<sup>[4]</sup>、岩溶水防治<sup>[5-7]</sup>等方面,而对于岩溶瓦斯的研究较少,特别是对矿井岩溶瓦斯的来源、岩溶的影响范围及岩溶瓦斯的防治缺乏系统研究<sup>[1]</sup>。

本文在分析岩溶瓦斯来源和赋存规律的基础上,提出岩溶瓦斯“四位一体”防治技术,以为含岩溶瓦斯的矿井提供防治参考,以保障矿井安全、有序地进行采掘工作。

## 1 岩溶瓦斯赋存规律

### 1.1 岩溶瓦斯来源

松藻矿区煤系地层属海陆交替相沉积煤层,煤系地层与上部长兴组灰岩( $P_2c$ )呈整合接触,与下部茅口组灰岩( $P_1m$ )呈假整合接触。本区含煤地层为二叠系上统龙潭组( $P_2l$ ),厚度为66~80 m,区域含煤

第一作者简介:袁湘涛(1965-),男,高级工程师,长期从事煤矿安全工作。E-mail:563032151@qq.com。

通信作者:刘言(1981-),男,注册安全工程师,主要从事煤矿瓦斯防治方面的研究。E-mail:297223511@qq.com。

收稿日期:2018-09-09

10~12层,含煤总厚度为4.01~9.88 m,平均厚度为7.58 m,平均含煤系数为10.2%。其中,局部可采煤层3层,即 $M_6$ 、 $M_7$ 、 $M_{11}$ 煤层,均具有突出危险性; $M_8$ 煤层全区可采,为矿区严重突出煤层。

从气体成份来看,岩溶空间内有害气体以甲烷为主。煤系地层瓦斯在成煤过程中产生并富集,煤层是最主要的储气介质。岩溶空洞和导通煤层裂隙的存在,为瓦斯在岩石中运移提供了通道,同时也为岩溶瓦斯积存提供了储存空间。随着地壳构造运动的反复平衡,石灰岩与煤系地层一起参与变形和破坏,富集于煤层中的瓦斯沿煤层露头、经断层孔隙逸散到大气,或反向流动至邻近的石灰岩溶洞。而茅口灰岩顶部与 $M_{12}$ 煤层相隔仅有一层平均厚度约3 m的铝土岩,距研究区主要瓦斯富集的 $M_8$ 煤层也不足50 m。可以判定,此岩溶瓦斯来源主要是位于茅口灰岩顶部的煤系地层,即矿区现有的 $M_{12}$ 、 $M_{11}$ 、 $M_{10}$ 、 $M_9$ 、 $M_8$ 、 $M_7$ 、 $M_6$ 煤层。

## 1.2 岩溶瓦斯赋存规律

松藻矿区煤系地层沉积时振荡频繁,沉积物粒度较细,围岩透气性低,这为岩溶内瓦斯的富集和存储提供了条件<sup>[8]</sup>。在矿区煤系地层沉积前,茅口组石灰岩长期受到风化、剥蚀,导致其上部溶洞、裂隙、落水洞等较为发育,古剥蚀面变得不平整,具有岩溶瓦斯富集、发育的先决条件。从勘探及施工揭露的情况来看,在溶洞内均不同程度地检测到甲烷等有害气体。对于半充填溶洞,由于积存空间较大,积存有害气体更多。岩溶空洞越大,积存瓦斯等有害气体的条件越成熟。按照瓦斯地质赋存规律,在帚状构造的收敛倾伏区的瓦斯封闭、富集条件好。由于研究区内煤系地层上覆岩层的透气性较差,成煤过程及后续地质变迁中积存的瓦斯不易逸散。隐伏构造切割煤系地层后,又直接切入到石灰岩地层,为瓦斯运移新增了渗流通道,其影响区域的岩溶瓦斯问题变得更为突出<sup>[9-11]</sup>。

## 2 研究区概况

研究区选择松藻矿区岩溶最为发育、瓦斯灾害最为严重的石壕煤矿和打通一矿,具体研究巷道为石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷和打通一矿西一区W1603E瓦斯巷。

石壕煤矿含煤地层为二叠系上统龙潭组,其下覆地层为二叠系下统茅口组,总厚约120 m,厚层状

石灰岩。龙潭组与茅口组为假整合接触。龙潭组总厚74.07 m,上部为深灰色,薄至中厚层状砂质泥岩、粉砂岩及泥质灰岩,灰岩含煤一层( $M_5$ ),不可采;中部以深灰色薄层状泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩为主,夹泥质灰岩、灰岩,含可采和局部可采煤层3层( $M_{6-3}$ 、 $M_{7-2}$ 、 $M_8$ ),其余为不可采煤层;下部为深色薄层状砂质泥岩、粉砂岩及灰岩,含煤3层( $M_{10}$ 、 $M_{11}$ 、 $M_{12}$ ),其中 $M_{12}$ 煤层可采,其余为不可采煤层;底部深灰色铝质泥岩,富含黄铁矿结核。石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷布置在茅口组石灰岩层内,岩溶裂隙比较发育,巷道掘进工程量为1 033 m。

打通一矿含煤地层为二叠系上统龙潭组,属海陆过渡带沉积,厚66~80 m,平均约73 m。与上覆长兴组为整合接触,与下伏茅口组假整合接触。由灰至深灰色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及少量细砂岩、泥灰岩、石灰岩和铝质泥岩组成,含煤10至12层,其中,可采煤层3层,自上而下有 $M_{6-3}$ (局部可采)、 $M_{7-3}$ 、 $M_8$ 煤层。打通一矿西一区W1603E瓦斯巷在茅口灰岩中施工,上覆煤系地层为一隔水层,茅口灰岩为弱含水层,岩溶裂隙较发育,巷道掘进工程量为1 246 m。

## 3 “四位一体”防治技术

### 3.1 整体思路

借鉴突出煤层瓦斯事故防控理念,提出岩溶瓦斯富集区“四位一体”的综合防治技术(图1)。第一步是岩溶瓦斯小块段区域预测,主要采取由宏观到微观、由远及近、由粗到精的防治理念;第二步是实施梯级渐进式局部探测,主要采取“物探先行、钻探验证、钎探补充、梯次推进”的原则;第三步是实施近距离局部防治,综合选取“绕、抽、排、堵”的防治方案;第四步是采取安全防护措施掘进,重点使用好远距离爆破、防逆流隔离正反向风门、紧急安全避险等措施<sup>[7]</sup>。

“四位一体”防治技术的4个流程相互作用、相互影响、相互修正。在这4个流程中,小块段区域预测是在矿井主控构造、地表水渗流情况、埋深、邻近区域岩溶揭露资料等综合因素分析的基础上,得出矿井岩溶分布总体特征,而小块段区域预测则是具体细化;在对区域岩溶赋存情况有初步预判的基础上,实行梯级渐进式局部探测,使用钻探工程措施进行验证,而钻探的资料又将进一步修正区域预测成果;

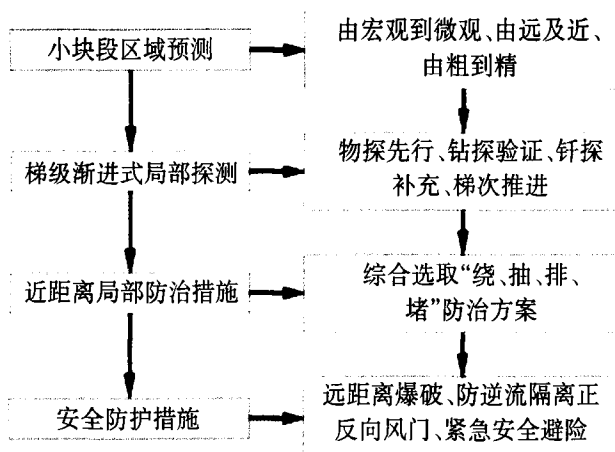


图1 岩溶瓦斯富集区“四位一体”防治技术流程

Fig. 1 Flowchart of "four in one" prevention and control technology in karst-rich area

对已知岩溶需要在探测的基础上进行科学处置,这就需要针对具体问题做具体分析,有针对性地采用“避让、抽采、排放、封堵”4种方案,择优使用;安全防护措施是要构筑最后一道防线,防止和减少事故影响范围和程度的扩大。

### 3.2 小块段区域预测

结合区域主控构造和已经揭露的岩溶裂隙瓦斯分布情况,可绘制出粗略的岩溶裂隙瓦斯区域分布图,然后再经过细致分析并预测出其分布的大体情况,但粗略的岩溶裂隙瓦斯分布范围对指导矿井设计及生产安全管理尚不具有准确针对性,故需要预测、推测出更科学、更准确、更细化的岩溶裂隙瓦斯分布点位置。因此,可结合煤矿瓦斯地质图的编绘理念,采用区域预测观点来预测岩溶裂隙瓦斯分布。

据石壕煤矿北三区、渝阳煤矿北三区、打通一矿西二区小块段区域预测成果图进行粗略计算,打通一矿预测岩溶面积占预测区面积的4.50%,石壕煤矿预测岩溶面积占预测区面积的20.21%,渝阳煤矿预测岩溶面积占预测区面积的11.13%。平均预测岩溶危险区域仅占预测区总面积的11.95%,实际探明岩溶面积约占6%。按照统计资料,实际岩溶瓦斯面积占整个茅口灰岩面积较小。因此,需要找到真正具有岩溶瓦斯喷出危险的范围,并做到“有的放矢”。

### 3.3 梯级渐进式局部探测

采用物探手段可初步预测前方80~150 m范围有无异常。没有异常时,则可减少钻探孔的密度,有异常时采用钻机进行探测,施工时辅助钎探钻孔作

更精确的探测。结合研究区实际,设计物探超前距为10 m,钻探超前距为5 m,钎探超前距为1.5 m。

(1)物探。所有茅口巷施工前,先进行物探试验,判断前方有无不良地质体。为使测定更加精确,每掘进80~150 m采用KDZ1114-6A30矿井地质探测仪对碛头进行1次全方位探测,根据物探探测结果进行综合分析后,划定物探异常区或非异常区。巷道进入物探异常区10 m前进行物探复核。

对复核仍存在异常的区域,在距异常区10 m前采取钻机探测。地质技术人员综合分析巷道物探异常区范围、已掘区域情况、所在采区或水平揭露的岩溶瓦斯赋存情况、构造发育情况,最后确定钻探孔参数。对复核不存在物探异常区的,不再采取钻探探放措施,但钎探孔的施工以及放炮要求仍按原物探异常区执行。

(2)钻探。选用ZYG-150型矿用坑道全液压钻机施工前探钻孔。钻孔数量视岩溶规模而定,通常以3~6个钻孔为宜,钻孔施工方向应尽量沿巷道中心线布置,钻孔孔径为75 mm。

钻探过程直接面临岩溶瓦斯异常涌出的风险。在岩溶较为发育的区域,巷道施工极易揭露岩溶,岩溶水、岩溶瓦斯、淤泥流砂等都将对采掘作业安全造成威胁。当岩溶瓦斯破坏通风系统或遭遇火源时,还极有可能引发瓦斯爆炸等更为严重的矿井灾害。为了实现岩溶瓦斯钻探过程中高压瓦斯、水的可控卸压,应用全封闭岩溶瓦斯临抽一体化装置进行钻探可控卸压。

全封闭岩溶瓦斯临抽一体化装置主要由瓦斯捕捉筒、气水渣分离箱和连接管路组成(图2)。钻进时,钻屑与岩溶瓦斯以及压风的共同作用下,混合进入瓦斯捕捉器,并通过排渣管引入气水渣分离箱内;经过缓冲和分离作用,气体由分离箱顶部被抽放管抽出,而钻屑在分离箱中下沉,通过分离器底部的管路排入巷道,实现自动分离。

(3)钎探。使用YT-29型气腿式风动凿岩机进行施工,安设 $\Phi 42$  mm钻头和 $\Phi 22$  mm六角中空碳素钢钎进行施工。

全岩掘进工作面设计5个探测钻孔,1<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>钻孔设计孔深2.60 m,2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>钻孔设计孔深2.79 m。在保证前后两轮钻孔控制范围交替覆盖的前提下,正常区域每个循环施工3个探眼,第一个循环施工1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>探眼,第二个循环施工3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>探眼。异常区域施工时,施工1<sup>#</sup>~5<sup>#</sup>探孔,钻孔布置如图3所示。

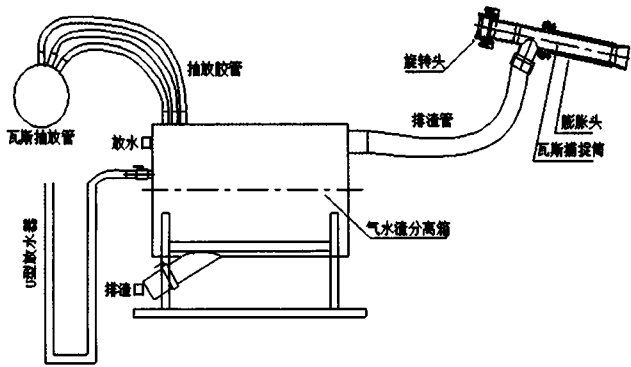


图 2 全封闭岩溶瓦斯临抽一体化装置结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram showing structure of a fully enclosed integrated facility for karst gas drainage

### 3.4 近距离局部防治措施

在对岩溶瓦斯进行近距离局部防治工作中,应根据前期预测分析结果,有针对性地选取“绕、抽、排、堵”的防治措施。

(1)绕。“绕”就是为避开裂隙和构造对安全生产造成较大影响,对已探明较为复杂的岩溶裂隙、构造,主要采用避让的主动方法以减少施工复杂程度和潜在的安全风险,修改施工设计,从而确保安全。

(2)抽。“抽”就是要利用研究区已经完善的主干抽采系统,在岩溶裂隙外直接封闭接抽,实现有害气体的安全使用,“变患为宝”。这就需要瓦斯抽采巷掘进施工时,同时安装瓦斯抽采管道,末端距离掘进工作面不超过 200 m 为宜,以便于及时接抽岩溶裂隙瓦斯。当短期内抽采管道安装有困难时,可直接将供水、供风管路改作岩溶裂隙瓦斯抽采管路,以快速有效减轻岩溶瓦斯威胁。

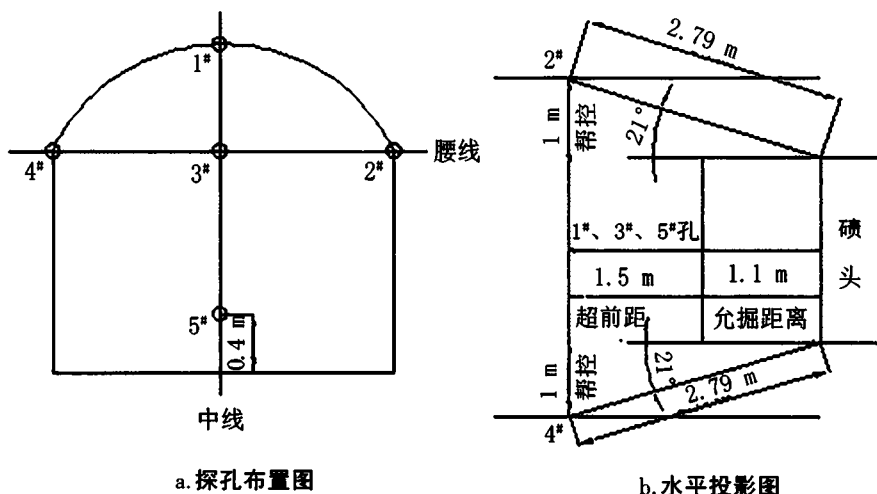
因此,当掘进工作面探测到岩溶裂隙时,在涌出

量小、浓度低、无压力的情况下,可直接采取临时封堵探眼抽采的方式进行处理。如果直接在掘进工作面进行探测及局部治理仍然存在一定的安全威胁时,方案设计可将抽采工程退后至距离掘进工作面 5~20 m 范围的施工浅部钻场进行处理,以确保有足够的屏障,抽采钻孔设计如图 4 所示。

(3)排。“排”就是当岩溶裂隙瓦斯富集量较少时,充分利用局部通风措施,将有害气体安全排放至矿井总回风系统。全岩巷掘进施工过程中,当各类探测钻孔获知岩溶瓦斯风险隐蔽致灾因素时,若岩溶内积存的水量少、瓦斯涌出特征平缓,对采掘工作面作业人员安全威胁较小时,可采用钻机或凿岩机在距岩溶一定距离施工钻孔以超前控制排放瓦斯、水等有害物质。

施工探测钻孔的同时,进一步验证了岩溶瓦斯的影响范围及含水情况,并根据瓦斯涌出量采取针对性的防范措施,将事故威胁降到最低。但排放瓦斯方案的核心是确保通风系统稳定可靠,且应根据实际探测结果进行分析计算,提高局部通风机能力或增设风机数量,以加大局部通风系统的供风量,将掘进工作面甲烷浓度降到 0.5% 以下,掘进工作面探眼内瓦斯浓度降至 5% 以下,有效实现安全、控制排放。

(4)堵。“堵”就是当岩溶瓦斯、水的涌出量较大,有持续的瓦斯和水源补给,短时间不足以将安全威胁降至容许范围内,而采取的屏蔽措施。以对岩溶封堵的位置来区分,大致可分为 3 类:一类是主要作用于岩溶内部,例如,对岩溶裂隙实施注浆封堵措施(如铁路、桥隧工程、矿井主要开拓井巷遇到岩溶时



a. 探孔布置图

b. 水平投影图

图 3 探眼布置示意图

Fig. 3 Schematic layout of detection boreholes

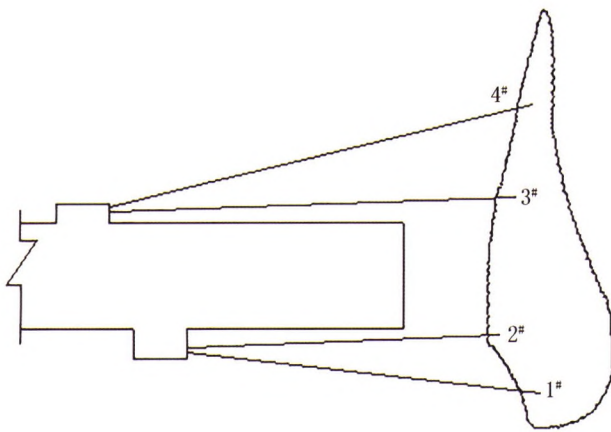


图4 岩溶裂隙瓦斯抽采钻孔设计图

Fig. 4 Design plot of borehole for gas drainage from karst fissures

应首选这类工程措施),目的是确保围岩稳定性,防止岩溶空洞的进一步扩大,进而危及工程安全;第二类是在岩溶外部实施封堵,对矿井用于抽采瓦斯的次要井巷工程,可首先选择实施避让,对揭露岩溶在较为安全的位置实施封堵,并对封堵区采取抽放措施,必要时还可以启封封堵设施(比较典型的做法是在掘进工作面退后一定位置施工一道密闭墙,并预留抽采钻孔进行抽放);第三类是在岩溶揭露处实施封堵,对于岩溶影响范围小,为确保支护安全,采用锚杆、锚网、喷浆、架设工字钢支架等措施对岩溶实施封堵、加固,目的是确保支护安全并防止岩溶空洞积聚瓦斯。矿井常用的岩溶外部封堵抽采设计方案如图5所示,岩溶封堵加固支护设计方案如图6所示。

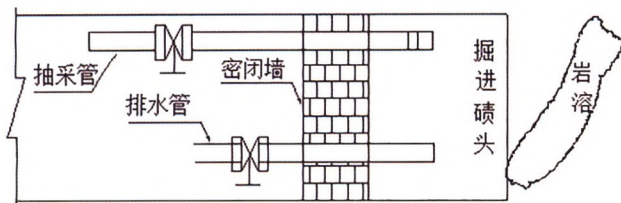


图5 岩溶外部封堵抽采设计方案

Fig. 5 Design scheme of karst plugging and extraction

### 3.5 安全防护措施

配套安全防护措施主要包括3个方面:防逆流隔离正反向风门、远距离爆破和紧急安全避险。

(1)防逆流隔离正反向风门是为了防止煤与瓦斯突出时瓦斯逆流于进风流中而构筑的安全防护设施,岩巷揭露岩溶时,高浓度有害气体不但会沿回风系统蔓延,还能迅速影响、破坏原有风流状态,逆流至进风系统,设置正反向风门可以有效防止岩溶瓦

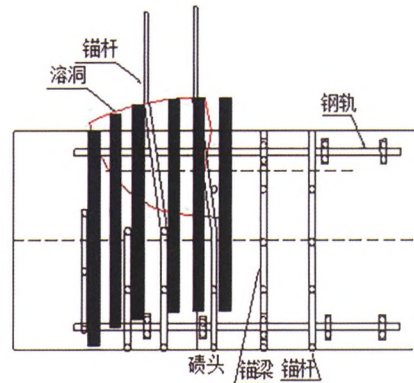


图6 岩溶封堵加固支护设计方案

Fig. 6 Design scheme of karst plugging reinforcement and support

斯异常涌出时事故范围的扩大,阻止高浓度瓦斯、硫化氢等有害气体逆流至进风区域。

(2)远距离爆破的目的是防止因爆破作业揭穿岩溶瓦斯富集区时瓦斯、水突然涌出伤人。结合岩溶瓦斯异常涌出的影响范围,对岩溶裂隙区实行远距离爆破,爆破点设置在防逆流正反向风门外的新鲜风流中,选择煤矿许用型火工产品,适度延长候炮时间,回风系统设置为行人禁区,消除一切引火源等。

防逆流隔离正反向风门及远距离爆破启爆地点设置如图7所示。

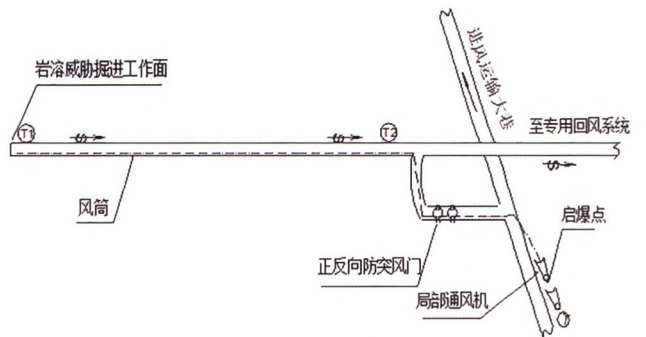


图7 远距离爆破启爆点示意图

Fig. 7 Sketch of initiation point of long-distance blasting

(3)岩溶富集区建设紧急避险系统是坚持以人为本的客观要求,将以“预防为主、超前防范”的“防灾”和以“安全逃生、避险、自救”为主的“避灾”有机结合。

## 4 现场实施效果

### 4.1 小块段区域预测分析

根据石壕煤矿N三区N12#瓦斯巷、打通一矿西一区W1603E瓦斯巷实际揭露的岩溶裂隙分布,结合矿

区多年已揭露的岩溶瓦斯分布及有关文献资料,将松藻矿区茅口灰岩岩溶瓦斯分布沿标高大致划分为三个区段:

(1)弱岩溶瓦斯发育区段。位于+380 m水平以上区域,从施工揭露情况来看,受岩体储存性能影响,有害气体逸散较多,且以干溶洞居多。

(2)岩溶瓦斯发育区段。位于海拔标高+380 m~+250 m水平之间,从施工揭露来看,区域含水溶洞时常有瓦斯、水积存,均为充气溶洞,其突水量基本上小于 $15\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ,瓦斯浓度通常小于10%,岩溶水能够在数小时排干,瓦斯浓度超限时间不超过1 d,该区段已对安全造成威胁。

(3)强岩溶瓦斯发育区段。位于海拔标高+250 m水平以下区域,施工揭露这一区段的岩溶时,其突水量大于 $10\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ,瓦斯浓度大于10%,且水和瓦斯都不能在短期内疏干和降低至安全范围以内。

经过生产现场实施证明,石壕煤矿开采北三区时,岩溶瓦斯问题逐步突显,岩溶瓦斯危害程度随埋深增加而逐步增加。石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷标高为+210~+324 m水平,因此将茅口灰岩岩溶裂隙分布划分为:大部分位于强岩溶瓦斯发育区段,小部分位于岩溶瓦斯发育区段。

打通一矿开采范围延深至西二区时,岩溶瓦斯问题也逐步突显,其危害程度随埋深增加而逐步增加。由于打通一矿西一区W1603E瓦斯巷标高为-40~+140水平,根据已揭露的岩溶分布规律和划分依据,该区域预测属于强岩溶瓦斯发育区段,应严防岩溶瓦斯灾害的发生。

## 4.2 远距离局部探测分析

(1)物探准确性。石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷于2015年7月1日开工,到2017年5月25日完工,采用KDZ1114-6A30矿井地质探测仪共探测了18次,有11次准确,7次误报,准确率为61.1%。打通一矿西一区W1603E瓦斯巷于2016年8月12日开工,到2017年9月4日完工,采用KDZ1114-6A30矿井地质探测仪共物探了13次,有10次准确,3次误报,准确率为76.9%。另外,根据现场实际揭露的情况得出,凡是出现岩溶裂隙孔洞小于0.4 m、岩溶裂隙孔洞过大或方解石条带时,物探波形反映都不明显,不能做出正确判断。

(2)钻探验证准确性。石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷于2015年7月1日-2017年5月25日,共钻探了5

次,均探测到异常情况,施工过程中在钻探异常区内均实际揭露裂隙、岩溶或方解石条带,准确率达100%。打通一矿西一区W1603E瓦斯巷2016年12月3日早班-2017年8月27日,共钻探了3次,2次探测到异常情况,1次无异常,与施工过程中实际揭露情况吻合,准确率达100%。

(3)钎探补充准确性。从石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷、打通一矿W1603E瓦斯巷岩溶钎探收集的资料来看,施工巷道范围内所有岩溶裂隙瓦斯、水均能探测到,钎探准确率达100%,其是近距离局部防治岩溶裂隙瓦斯的补充措施,能够实现安全可靠探测。

## 4.3 近距离局部防治措施分析

石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷、打通一矿W1603E瓦斯巷近距离局部防治岩溶裂隙瓦斯的措施,均采用了“绕、抽、排、堵”等综合治理措施,这不仅有效杜绝了瓦斯灾害事故,而且还变废为宝,有效利用了岩溶裂隙瓦斯。

## 4.4 安全防护措施分析

松藻矿区石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷、打通一矿西一区W1603E瓦斯巷揭露14次岩溶裂隙瓦斯的事实证明,过岩溶裂隙期间,只要管理到位,现场严格执行过岩溶各项安全技术措施,均能安全揭露岩溶裂隙,岩溶瓦斯风险总体可控。

## 4.5 实施效果

松藻矿区石壕煤矿北三区12<sup>#</sup>瓦斯巷、打通一矿西一区W1603E瓦斯巷在掘进工程中实施了以“小块段区域预测、梯级渐进式局部探测、近距离局部防治措施、安全防护措施”为主的“四位一体”岩溶裂隙瓦斯防治体系,均未发生水、顶板和瓦斯等人身伤害及其他安全事故,安全效果较好。

## 5 结 语

通过分析松藻矿区岩溶瓦斯来源及其赋存规律,提出以“岩溶瓦斯小块段区域预测、梯级渐进式局部探测、近距离局部防治措施、安全防护措施”为主的“四位一体”防治技术,经现场实施安全效果好。岩溶瓦斯区域预测提高了岩溶预测预报的准确性和可靠性,降低了不必要的钻探工程量;在局部探测中必须坚持“物探先行、钻探验证、钎探补充、梯次推进”的原则,钻探可使用“全封闭岩溶瓦斯临抽一

体化装置”以缓解施钻过程中的瓦斯超限问题;“抽、排、堵、绕”近距离局部防治措施为岩溶防治提供了针对性方案;采取远距离爆破、防逆流隔离正反向风门、紧急安全避险措施可有效防止岩溶瓦斯事故。

### 参考文献

- [1] 巫显钧. 松藻矿区茅口灰岩巷道中的瓦斯灾害特征与防治[J]. 中国煤炭地质, 2017, 29(1): 20-24.
- [2] 章贵松, 郑聪斌. 压释水岩溶与天然气的运聚成藏[J]. 中国岩溶, 2000, 19(3): 199-205.
- [3] 叶照桂. 粤北灰岩地基岩溶发育的特征与对策[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(S2): 3400-3404.
- [4] 高锡攀, 王来斌, 许光泉, 等. 淮南煤矿区岩溶塌陷现状及形成条件分析[J]. 中国煤炭, 2011, 37(11): 29-32, 36.
- [5] 李青锋, 王卫军, 彭文庆, 等. 断层采动活化对南方煤矿岩溶突水影响研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(s1): 3417-3424.
- [6] 巫显钧. 开拓巷道布置在茅口组灰岩中的岩溶水患防治技术[J]. 中国煤炭地质, 2013, 25(4): 40-44, 54.
- [7] 周述和. 重庆松藻煤矿茅口灰岩岩溶水害与治理[J]. 中国煤炭地质, 2005, 17(5): 65-67, 77.
- [8] 吴斌. 瓦斯地质研究及区域预测[J]. 煤炭科技, 2011(3): 74-76.
- [9] 胡建平, 何乃琼. 大坪子井田含水与充瓦斯岩溶洞隙赋存规律[J]. 煤田地质与勘探, 1994, 22(3): 38-40.
- [10] 王正伟, 杜涵. 渝阳煤矿茅口灰岩岩溶裂隙水与瓦斯治理研究[J]. 矿业安全与环保, 2012, 39(S1): 169-171.
- [11] 吴明亮, 漆继红, 许模, 等. 川东南隔挡式构造区隧道空间展布影响下岩溶涌突水特征简析[J]. 中国岩溶, 2016, 35(2): 190-196.

## Study on "four in one" control technology and its application of karst gas in the Songzao mining area

YUAN Xiangtao<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>2</sup>, ZHOU Dongping<sup>3</sup>, JIANG Hecai<sup>3</sup>, CHEN Jingjiang<sup>4</sup>

(1. Chongqing Coal Mine Safety Supervision Bureau Rescue Command Center, Chongqing 401121, China; 2. Coal Industry Bureau of Chongqing, Chongqing 401121, China; 3. Chongqing Energy Investment Group Technology Co., Ltd., Chongqing 400061, China; 4. Chongqing Diran Mine Engineering Design Company, Chongqing 401121, China)

**Abstract** Karst developed well in coal measures strata in the Chongqing area, and some karst contains a large amount of poisonous gas. When karst is uncovered, poisonous gas may be to exhale or outburst. The main component of the poisonous gas is methane. The Songzao mining area hosts the most karst in the Chongqing region, while the Shihao coal mine and Datong No.1 mine are the most serious karst in the Songzao mining area. The coal-bearing strata in this mining area are Longtan formation of upper Permian. The thickness of coal measures strata is 66 meters to 80 meters, with 10-12 layers of coal-bearing strata. The total thickness of coal is 4.01 meters to 9.88 m, 7.58 m on average. Among them, M6, M7 and M11 coal seams in local mineable seams have outburst danger, while the M8 coal seam in the whole area is a serious outburst coal seam.

The problem of karst gas has become an important disaster-causing factor affecting and restricting the safety of coal mine production. In order to ensure the construction safety of rock roadways in karst-affected areas and effectively prevent and control the karst gas disaster, the source and the occurrence law of karst gas in the Songzao mining area are analyzed by means of theoretical analysis and site tests. Results show that the main source of karst gas is the coal measures strata located at the top of Maokou limestone, i.e. M12, M11, M10, M9, M8, M7, and M6 coal seams in the mining area. The broom structure, semi-filling karst cave and concealed structure are gas enrichment areas, and low permeability of overburden rock in coal measures strata is also a key factor for generation of karst gas. The 12# gas roadway in the north three mining area of the Shihao coal mine and the W1603E gas roadway in the west No.1 mining area of Datong No.1 coal mine are selected as the test roadways. The "four-in-one" prevention and control technology of karst gas is adopted, which includes, (1) Prediction of small karst gas blocks; (2) Step-by-step local detection measures consisting of geophysical exploration, drilling and drill rod detection; (3) Local karst gas prevention and control technology with winding, draining, ventilating and plugging; (4) Safety protection measures. On-site application shows that strict implementation of "four in one" prevention and control technology can effectively prevent karst gas accidents, and can effectively use karst gas to ensure safe and orderly roadway excavation.

**Key words** karst, gas prevention and control, four in one, Songzao mining area

(编辑 黄晨晖)