

国家自然科学基金面上项目（51574009、51774014、51874007）资助

安徽省经济与信息化委员会企业发展专项资金资助

煤矿安全高效开采省部共建教育部重点实验室资助

# 淮南矿区关键保护层 瓦斯预抽钻孔新技术

戴广龙 秦汝祥 周亮 唐明云 李点尚 翟艳鹏 著



目(51574009、51774014、51874007)资助

安徽省经济与信息化委员会企业发展专项资金资助

煤矿安全高效开采省部共建教育部重点实验室资助

# 淮南矿区关键保护层瓦斯预抽钻孔新技术

戴广龙 秦汝祥 周亮 唐明云 李点尚 翟艳鹏 著



中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

瓦斯灾害是煤矿安全生产的主要灾害,严重威胁着工人的生命安全,制约着煤矿生产。钻孔抽采瓦斯是实现煤与瓦斯突出煤层安全开采的前提和保证。淮南矿区煤层基本是煤层群赋存,随着开采深度的增加,绝大部分煤层已经进入煤与瓦斯突出危险区,主要采用关键保护层开采进行消除煤与瓦斯突出危险,而关键保护层本身也是煤与瓦斯突出煤层。关键保护层穿层钻孔和顺层钻孔预抽采瓦斯技术在很大程度上制约预抽效果。本书在分析淮南矿区钻孔抽采瓦斯影响因素的基础上,从钻孔抽采瓦斯封孔方法和参数、预抽钻孔有效抽采半径、抽采负压、抽采瓦斯煤岩气固耦合、底板穿层钻孔布置、顺层抽采钻孔护孔技术等方面进行理论与试验研究,其研究成果在淮南矿区潘三煤矿、谢桥煤矿、顾桥煤矿、丁集煤矿、朱集煤矿、顾北煤矿等得到推广应用。

本书可作为煤矿工程技术人员的重要参考书,也可供高等院校和科研单位的科技人员学习和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

淮南矿区关键保护层瓦斯预抽钻孔新技术 / 戴广龙等

著. — 徐州:中国矿业大学出版社, 2018.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4149 - 8

I. ①淮… II. ①戴… III. ①煤矿—瓦斯抽放—研究—淮南 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 224350 号

书 名 淮南矿区关键保护层瓦斯预抽钻孔新技术  
著 者 戴广龙 秦汝祥 周 亮 唐明云 李点尚 翟艳鹏  
责任编辑 李 敬  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83884103 83885105  
出版服务 (0516)83995789 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 787×1092 1/16 印张 11 字数 281 千字  
版次印次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 前 言

淮南矿区开采煤层是煤层群赋存,随着开采深度的增加,绝大部分煤层已经进入煤与瓦斯突出危险区,主要采用关键保护层开采进行消突,而关键保护层本身也是煤与瓦斯突出煤层。在突出危险性低的煤层布置顶(底)板岩巷,采用穿层钻孔预抽区域条带瓦斯消除煤与瓦斯突出危险,然后再进行保护层顺层钻孔预抽瓦斯,达到消除煤与瓦斯突出危险后方可开采,在开采过程中,结合穿层钻孔和(或)地面钻孔等立体抽采方式,抽采被保护层瓦斯。关键保护层穿层钻孔和顺层钻孔抽采瓦斯技术在很大程度上制约预抽效果,为此淮南矿区关键保护层瓦斯抽采钻孔新技术研究对淮南矿区安全开采有着重要意义。

关键保护层瓦斯预抽钻孔高效抽采瓦斯涉及钻孔封孔理论和钻孔抽采瓦斯时钻孔周围煤体瓦斯流场分布两个方面的问题,具体到工程问题,需要解决钻孔抽采瓦斯影响因素、钻孔抽采瓦斯封孔方法及其封孔参数、钻孔抽采瓦斯有效半径、抽采负压、抽采瓦斯煤岩气固耦合、穿层钻孔布置、顺层钻孔护孔套管等技术。为解决相关理论和工程技术问题,淮南矿区潘三、谢桥、顾桥、丁集、朱集、顾北等煤矿开展了理论分析和试验研究,并进行现场考察和推广应用。

全书共7章。第1章绪论,研究背景、关键保护层煤层基本特征及抽采瓦斯的影响因素;第2章研究瓦斯预抽钻孔的封孔方法和合理封孔参数;第3章提出预抽钻孔抽采瓦斯有效半径和相应的测算方法,研究淮南矿区的关键保护层预抽钻孔的有效抽采半径;第4章采用统计分析、理论分析和现场考察相结合的方法,探讨钻孔抽采负压;第5章建立预抽钻孔抽采瓦斯的煤与瓦斯气-固耦合模型,实现相应的数值模拟计算;第6章结合钻孔有效抽采半径,从钻孔施工工程量、钻孔抽采瓦斯浓度和钻孔之间相对抽采率较低的区域面积大小等方面研究穿层钻孔布置方式;第7章从理论分析和现场考察两个方面,探讨了顺层预抽钻孔护孔技术和使用条件。

本书的研究成果是研究团队共同努力的结果,参与研究的成员有李平、张纯如、杨应迪、唐明云、李尧斌、周亮、张文清、张锤金、张继兵、李应辉、陈建、王永保、丰安祥、何勇等,他们在现场试验、实验室实验以及测试结果分析中付出了艰辛的劳动,在此向他们表示衷心的感谢!

本书得到了国家自然科学基金面上项目(51574009、51774014、51874007)、安徽省经济与信息化委员会企业发展专项资金和煤矿安全高效开采省部共建教育部重点实验室的资助,在此表示感谢!在本书出版过程中,中国矿业大学出版社给予了大力支持,在此一并表示感谢!

著 者

2018年6月4日

## 目 录

1	淮南矿区关键保护煤层特征及钻孔抽采瓦斯 .....	1
1.1	研究背景 .....	1
1.2	煤层赋存特征 .....	2
1.3	关键保护煤层瓦斯基础参数 .....	7
1.4	钻孔瓦斯抽采 .....	7
2	预抽钻孔封孔方法与参数 .....	12
2.1	预抽钻孔封孔现状 .....	12
2.2	钻孔高效密封原理 .....	15
2.3	钻孔封孔深度 .....	18
2.4	淮南矿区关键保护层钻孔密封方法与参数 .....	20
2.5	小结 .....	29
3	预抽钻孔有效抽采半径 .....	30
3.1	钻孔周围煤体瓦斯分布特征 .....	30
3.2	钻孔抽采瓦斯的有效半径研究现状 .....	31
3.3	有效抽采半径的确定 .....	34
3.4	淮南矿区关键保护层钻孔有效抽采半径 .....	36
3.5	小结 .....	105
4	预抽钻孔抽采负压研究 .....	106
4.1	预抽钻孔抽采负压统计分析研究 .....	106
4.2	煤微观结构对瓦斯抽采负压的影响 .....	116
4.3	抽采负压试验研究 .....	123
4.4	小结 .....	131
5	抽采瓦斯煤岩气-固耦合研究 .....	132
5.1	煤岩瓦斯气-固耦合数学模型的建立 .....	132
5.2	煤岩瓦斯气-固耦合数学模型的求解方法 .....	134
5.3	煤岩瓦斯气-固耦合数值模拟的算法实现 .....	136
5.4	煤层钻孔瓦斯抽采渗透率反演 .....	136
5.5	小结 .....	140

<b>6 穿层预抽钻孔布置研究</b> .....	141
6.1 穿层预抽钻孔布置方式数值模拟研究 .....	141
6.2 穿层预抽钻孔布置试验研究 .....	144
6.3 小结 .....	151
<b>7 顺层抽采钻孔护孔技术研究</b> .....	152
7.1 顺层抽采钻孔护孔技术数值模拟研究 .....	152
7.2 顺层抽采钻孔护孔技术试验研究 .....	158
7.3 小结 .....	163
<b>主要参考文献</b> .....	164

# 1 淮南矿区关键保护煤层特征及 钻孔抽采瓦斯

## 1.1 研究背景

我国煤矿均为有瓦斯涌出的矿井,全国煤矿的年瓦斯涌出量在  $10 \text{ Gm}^3$  以上,国有重点煤矿中,高瓦斯和突出矿井占 49.5%。我国煤矿事故发生频繁,死亡人数仍然较高,2016 年,煤矿发生事故 249 起,死亡 538 人,其中瓦斯事故 13 起,死亡 170 人;一次死亡 10 人以上事故 8 起,其中瓦斯事故 7 起,可以看出瓦斯事故在我国煤矿生产中仍是相当严重的灾害。瓦斯事故主要以煤与瓦斯突出和瓦斯爆炸两种形式造成的事故后果最为严重。随着瓦斯灾害的防治理念与技术水平的提高,越来越多的管理与科研人员认识到抽采瓦斯,从源头消除瓦斯灾害的发生条件是有效的治本之策。

经历几十年的发展,我国在瓦斯抽采技术方面也有了长足的提高与发展,总体来看,我国瓦斯抽采经历了四个阶段:20 世纪 50 年代初期,以抚顺矿区为典型代表的高透气性煤层抽放阶段;50 年代末,以阳泉为典型代表的穿层钻孔抽放邻近层瓦斯阶段;70 年代开始,低透气性煤层强化抽放瓦斯阶段;80 年代开始,因综合机械化和放顶煤工艺的推广,工作面瓦斯涌出量大幅增加而采用的综合抽放阶段,期间,形成了丰富的科研成果,在一定的时期内为煤矿安全生产提供了重要技术保障。

近十几年来,随着人们对煤矿瓦斯的进一步认识,瓦斯治理已经从抽放上升为瓦斯抽采,变废为宝,将瓦斯资源加以充分利用,为实现瓦斯资源的安全高效应用,抽采的瓦斯必须具有一定的浓度值。与此同时,随着煤矿开采深度的增加,煤层的赋存特征、透气性系数、煤层瓦斯含量和瓦斯压力均出现了显著的变化,实现瓦斯高效抽采需要进一步解决钻孔抽采高浓度瓦斯方面的技术支撑与保障。

钻孔预抽采瓦斯是实现煤与瓦斯突出煤层安全开采的前提和保证,采用保护层开采结合钻孔预抽煤层瓦斯是淮南矿区煤与瓦斯突出煤层开采最有效的瓦斯治理技术。在煤与瓦斯突出危险性低的薄煤层布置顶(底)板岩巷,采用穿层钻孔预抽区域条带煤层瓦斯进行消突后,才开始掘进采煤工作面上(下)平巷,然后再进行保护层采煤工作面顺层钻孔预抽达到消除突出危险后方可开采,在开采过程中,结合穿层钻孔和(或)地面钻孔等立体抽采方式,抽采被保护层瓦斯。

目前淮南矿区钻孔施工工程量大,钻孔施工投入成本高。图 1-1-1 是淮南勘探工程处 2010 年至 2017 年钻孔工程量(不包含各矿自己施工钻孔),无论是煤孔还是岩孔,每年钻孔

量均非常大,2013年岩孔量甚至高达430万m。开采万吨煤约需施工1000m钻孔,包括各矿自己独立施工的钻孔,淮南矿业(集团)有限责任公司每年施工约650万m的钻孔,相应的吨煤治理瓦斯费用约需50元。但是,在目前的钻孔高成本投入下,钻孔抽采瓦斯效果尚不理想,主要体现在顺层钻孔有效抽采瓦斯时间短、抽采瓦斯浓度不高,穿层钻孔有效抽采瓦斯段过短、单孔瓦斯流量小等问题,出现较高的钻孔施工投入与低下的瓦斯治理成效不相符。

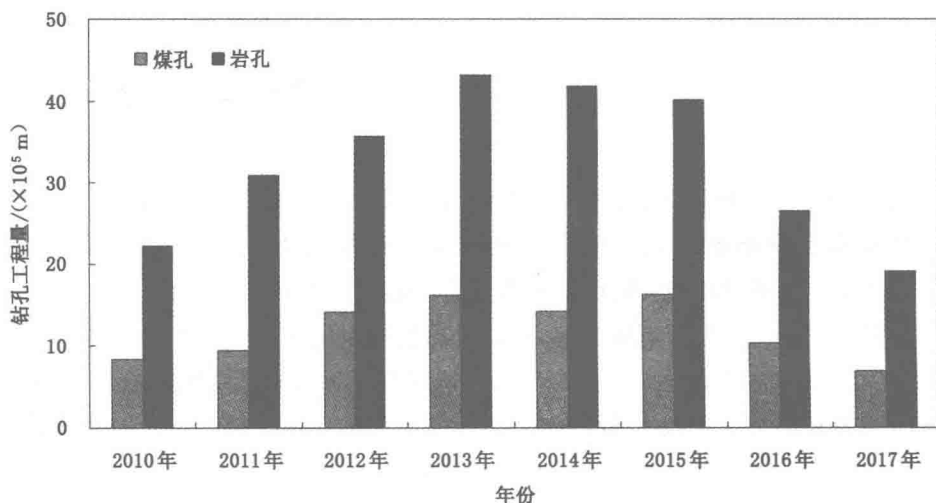


图 1-1-1 淮南勘探工程处近年钻孔工程量

无论是保护层开采还是预抽煤层瓦斯,钻孔在突出煤层消突中都有着重要的地位。目前钻孔预抽瓦斯技术方面仍有很多技术难题有待解决,包括高地应力、高瓦斯、低透气性煤层钻孔的成孔难,钻孔封孔质量不高,封孔后抽采瓦斯浓度低、抽采量小等实际问题。这些问题暴露了钻孔预抽瓦斯方面很多基础问题未能得到清楚的认识,对成孔与封孔的技术和方法未能完全掌握。因此,加强钻孔预抽技术的研究对解决煤矿瓦斯问题意义重大。为进一步提高瓦斯预抽效果,充分发挥钻孔工程效益,解决这一问题已到了刻不容缓的地步。

淮南矿区的特点是深井复杂地质条件下高瓦斯煤层开采,在淮南矿区开展关键保护层瓦斯预抽钻孔新技术研究,其研究条件具有代表性,研究成果可推广应用。

## 1.2 煤层赋存特征

淮南矿区煤层赋存为高瓦斯煤层群,包含9~18层可采煤层,煤层赋存条件极为复杂,关键保护煤层主要是6煤、9煤和11煤,其煤层特征如表1-2-1所列。煤厚的变化情况相对差不多,除顾北6煤较厚之外,其他基本都在2m左右。煤层倾角均较小,是近水平煤层和缓倾斜煤层。关键保护煤层顶底板情况如图1-2-1~图1-2-3所示。6煤和11煤的顶底板均存在较厚的泥岩段,为穿层钻孔的密封提供了有利的条件。

表 1-2-1 试验地点煤层特征

矿井	煤层	试验地点	埋深/m	煤厚/m		倾角/(°)	
				范围	平均	范围	平均
张集	9 煤	9-1 煤层、9-2 煤层	-596~-849.5	/	1.7	2~8	4
谢桥	6 煤	13516 上平巷和 21216 底抽巷	13516 上平巷: -681.1~-741.2 21216 底抽巷: -844.5~-864.8	0~6.75	2.91	10~14	13
顾北	6 煤	南翼 8-6-2 采区 6-2 煤底板矸石胶带机巷和南翼 8-6-2 采区煤层回风巷、13126 胶带机平巷回风联巷	-648~-705	0.57~5.87	3.93	3~8	5
顾桥	11 煤	顾桥中央区 1125(1) 运输平巷底板巷	-774.15~-938.4	1.4~5.1	2.9	1~8	2
潘三	11 煤	东一二水平 11-2 煤岩石回风巷, 17102(1) 运输平巷, 1662(1) 运输平巷, 2121(1) 运输平巷瓦斯综合治理巷	-732.8~-774.6	0~3.5	1.7	4~9	7
张集	11 煤	1414(1) 运输平巷, 1313(1) 运输平巷底抽巷, 1422(1) 运输平巷底抽巷	-704~-709	0.8~3.4	2.6	2~10	4
朱集东	11 煤	西翼 1222(1) 上平巷顶板巷	-912.5~-931.5	1.2~1.5	1.3	1~6	3
丁集	11 煤	11-2 煤层	-830~-930	1.6~3.2	2.6	0~15	/

层厚/m	柱状	岩性描述
0~1.01 1.01		6-2煤: 黑色, 块状, 煤质稍差
0.92~3.2 2.7		泥岩: 青灰色, 泥质结构, 块状结构, 平坦状断口, 具滑面, 富含植物化石碎片
0~4.07 1.5		细砂岩: 深灰色, 沿层面见白云母屑, 含根化石及痕根托, 具滑面, 向下粒渐粗, 偶见裂隙
1.71~5.45 2.5		6-1煤: 黑色, 块状, 半暗型煤, 以亮煤为主, 暗煤及镜煤次之, 油面光泽, 条痕黑色
0.8~11.33 4.16		泥岩: 深灰~黑灰色, 致密, 具隐水平层理, 偶见有根化石, 局部发育一层煤线, 厚0~0.68 m
5.2~9.8 7.2		砂泥岩互层: 灰色, 层面含云母片, 局部含菱铁质, 水平层理
1.0~7.2 2.9		泥岩: 深灰色, 块状, 富含植物化石碎片
2.0~7.8 4.88		中砂岩: 深灰色, 下部富含泥质包体, 局部含菱铁质, 硅泥质胶结
0.93~3.0 1.76		砂质泥岩: 浅灰~深灰色, 含菱铁质微带褐色, 断续出现, 垂直层面裂隙发育, 有钙质充填
0.7~1.52 1.36		5煤: 黑色, 强沥青光泽, 条痕棕黑色, 粉末状, 半暗型
3.4~6.24 5.1		粉砂岩: 深灰色, 粉砂质结构, 平坦状断口, 含炭屑, 富含植物化石碎片
1.5~2.61 2.09		砂质泥岩: 灰色, 砂泥质结构, 含砂量不均, 平坦~参差状断口和贝壳状断口, 性脆, 易碎
1.98~4.06 3.0		4-2煤: 黑色, 上部粉末状, 下部碎块状, 弱玻璃光泽, 条痕棕黑色, 属半暗型煤
0~0.8 0.8		砂质泥岩: 灰褐色, 含根化石, 贝壳状断口, 局部地段尖灭
0~1.24 0.8		4-1煤: 黑色, 炭质结构, 亮煤为主, 次为镜煤, 暗煤, 含少量泥质成分, 见大量擦痕, 煤质硬, 性脆, 煤芯呈柱状, 属于半亮型煤
1.74~7.45 4.4	泥岩: 浅灰色, 泥质结构, 块状构造, 平坦状断口, 局部含铝土质, 富含植物化石碎片	
8.4~15.5 12.14	砂泥岩互层: 灰及黑色, 薄层状, 含大量植物化石, 栉羊齿, 具水平及微波状水平层理, 偶见细砂包体	
0~3.3 2.0	铝质泥岩: 浅灰白色, 泥质结构, 块状构造, 平坦状断口, 手摸有细腻滑感, 见少量滑面, 富含菱铁质扁粒	
1.9~6.5 4.2	细砂岩: 灰白色, 细粒砂质结构, 半坚硬, 成分以石英为主, 次为长石, 余为其他暗色矿物, 泥硅质胶结, 次圆~次棱角状, 分选性差	
0~6.1 4.0	泥岩: 灰色~浅灰色, 泥质结构, 块状构造, 平坦状断口, 手摸有细腻滑感, 具滑面, 局部含菱铁质	
8.3~24.2 18.2	粉细砂岩互层: 浅灰色, 细粒砂质结构, 成分以石英为主, 次为长石, 余为其他暗色矿物, 泥硅质胶结, 夹菱铁质及黄铁矿结核, 局部不规则裂隙发育, 裂隙面含黄铁矿薄膜, 裂隙被方解石充填	
5.4~11.1 8.0	砂质泥岩: 浅灰~深灰色, 泥质结构, 断口平坦, 具滑面, 含少量植物化石碎片	
7.4~8.3 7.9	砂泥岩互层: 砂岩为浅灰色, 上部颗粒较大, 泥岩为灰色, 呈斜层理微波状透镜状层理, 层面含较多白云母片	
4.7~8.4 7.0	中砂岩: 灰白色, 中粒砂质结构, 半坚硬, 成分以石英为主, 次为长石, 余为其他暗色矿物, 泥硅质胶结, 次圆~次棱角状, 分选性差	
2.9~9.3 4.0	砂质泥岩: 深灰~黑灰色, 局部含砂量较高, 层面含较多白云母屑, 具隐水平层理	
8.63~20.64 14.6	细砂岩: 灰色, 成分为石英, 长石, 富含泥质包体, 呈混浊层理(局部水平层理), 层面含较多云母屑	
3.83~4.84 4.33	1煤: 黑色, 上部为块状, 以暗煤为主, 夹镜煤屑, 中部粉末状, 弱玻璃光泽, 下部为块状, 上、下部煤质差	

图 1-2-1 谢桥矿 6 煤层柱状图

层厚 /m	柱状图	岩石名称	岩性描述
7.70~34.22 20.61		泥岩	深灰色, 泥质结构, 块状, 含植物根部化石
0.29~0.50 0.39		煤	黑色, 粉末~碎块状, 条带结构
4.35~5.86 5.15		泥岩	深灰色, 薄层状~块状, 含炭质及较多植物根部化石
1.65~1.65 1.65		细砂岩	灰白色, 细粒结构, 块状
0~0.62 0.31		煤	黑色, 粉末~碎块状, 条带结构, 层状构造
7.08~14.28 15.68		泥岩	灰色, 泥质, 块状, 含较多植物叶片化石
4.25~4.65 4.45		13-1煤	黑色, 块状, 条带状结构, 主要由暗煤组成, 稍含镜煤, 半暗型煤
1.08~5.92 3.00		泥岩	灰色, 泥质, 块状, 含较多植物叶片化石
0.30~0.44 0.37		煤	黑色, 粉末~碎块状, 条带结构, 暗煤为主
0~0.80 0.40		泥岩	灰色, 泥质, 块状, 含较多植物叶片化石
0~1.50 0.75		细砂岩	浅灰白色, 细粒结构, 块状
0~0.32 0.16		炭质泥岩	灰~灰黑色, 粉末~碎块状, 条带结构
9.75~14.63 12.19		泥岩	灰色, 泥质, 块状, 局部发育有红褐色花斑
2.90~6.85 4.87		细砂岩	浅灰白色, 块状, 致密, 坚硬
4.70~16.50 10.60		泥岩	深灰色, 块状, 岩性较破碎
0~4.35 2.17		粉砂岩	浅灰色, 块状, 致密, 坚硬
0~45.10 22.55		泥岩	深灰色, 块状, 中部发育有1~2条不稳定的煤线
0~0.30 0.15		煤线	黑色, 块状
2.50~5.85 4.90		泥岩	灰~深灰色, 块状为主, 泥质结构
0~0.20 0.10		煤线	黑色, 块状
0~0.10 0.10		泥岩	灰~深灰色, 块状为主, 泥质结构
1.1~1.8 1.4		11-2煤	黑色, 末~块状, 条带状结构, 玻璃光泽, 主要由亮煤组成, 稍含暗煤, 半亮型煤
0~7.57 6.22		泥岩	灰~深灰色, 块状为主, 泥质结构
0.70~0.90 0.80		11-1煤	黑色, 粉末状
0~12.85 6.42		泥岩	灰~深灰色, 块状, 局部含岩质
0~23.30 11.65		粉砂岩	灰色, 粉砂质结构, 块状~碎块状, 含泥质

图 1-2-2 朱集东矿西翼 11 煤层柱状示意图



## 1.3 关键保护煤层瓦斯基基础参数

淮南矿区煤层瓦斯含量高达  $12\sim 36\text{ m}^3/\text{t}$ , 瓦斯压力高达  $6.2\text{ MPa}$ , 而煤体松软, 坚固性系数  $f$  为  $0.2\sim 0.8$ , 透气性低, 渗透率仅为  $0.001\text{ mD}$ , 11 煤层、6 煤层和 9 煤层是矿区的关键保护层。目前淮南矿区大部分矿井开采深度已达  $-700\sim -1\ 000\text{ m}$ , 且正以每年  $20\sim 25\text{ m}$  的速度增加, 瓦斯含量及瓦斯涌出量明显增大, 煤与瓦斯突出的危险性日趋严重, 淮南矿业(集团)有限责任公司的 9 对生产矿井全部为煤与瓦斯突出矿井。关键保护煤层的瓦斯基基础参数如表 1-3-1 所列。关键保护煤层瓦斯压力和瓦斯含量变化范围较大, 煤层瓦斯分布具有很强的不均性。透气性系数差异也较大, 大部分是低透气性煤层, 煤层瓦斯解吸较困难。

## 1.4 钻孔瓦斯抽采

### 1.4.1 抽采钻孔布置

抽采钻孔施工钻机主要采用 ZDY-3200S 和 ZDY-4000S 两种钻机, 钻孔以  $\phi 113\text{ mm}$  为主, 也有  $\phi 153\text{ mm}$  或  $\phi 300\text{ mm}$  钻孔。顺层钻孔孔间距  $10\text{ m}$ , 穿层钻孔主要为  $10\text{ m}\times 5\text{ m}$  (轴向 $\times$ 径向)布置方式, 如表 1-4-1 所列。

封孔采用囊袋式两堵一注和一堵多注封孔。封孔时, 顺层钻孔封孔  $20\text{ m}$ , 穿层孔从孔口封至煤层底板。

### 1.4.2 预抽钻孔影响因素

预抽钻孔抽采瓦斯影响因素较为复杂, 受到煤层瓦斯压力、瓦斯含量、煤层透气性系数、煤层厚度、断层和煤层及顶底板含水等因素影响, 同时预抽钻孔的施工、钻孔布置、封孔方法、抽采负压等对瓦斯抽采效果也有影响。

#### 1.4.2.1 煤层瓦斯压力

煤层瓦斯压力主要通过现场实测进行确定, 目前的技术水平难以准确测定煤层瓦斯压力, 从表 1-3-1 的统计结果及部分测试结果看, 相同煤层不同矿井煤层瓦斯压力与煤层埋深之间具有一定的规律性。这是由于淮南矿区煤层瓦斯地质条件复杂, 同一煤层在不同的地质构造区域内的差异大, 因而, 相互之间有借鉴作用, 但不能完全进行可比性分析。

从现有瓦斯抽采钻孔施工与抽采情况看, 煤层瓦斯压力越大越不利于瓦斯抽采钻孔的施工, 当煤层瓦斯压力超过  $1\text{ MPa}$  后, 钻孔施工过程容易发生顶钻、喷孔等情况, 加大瓦斯抽采钻孔施工的难度。

#### 1.4.2.2 煤层瓦斯含量

瓦斯含量表明了煤层中赋存瓦斯量的多少, 对钻孔施工和抽采过程中的瓦斯排放量有很大影响。表 1-3-1 的结果显示关键保护层煤层瓦斯含量相对不高, 仅丁集矿 11 煤出现了高于  $8\text{ m}^3/\text{t}$  的情况, 其余均小于  $8\text{ m}^3/\text{t}$ , 而对应地点的煤层瓦斯压力相对较高, 整体上关键保护层瓦斯特征表现为“高压低含”总体特征, 说明煤层瓦斯在成煤的变质时期中, 前期瓦斯封存条件差而后期瓦斯封存条件好, 也存在着煤层中封闭型微孔含大量瓦斯的情形。“高压低含”的关键保护层瓦斯赋存特征, 使治理本煤层瓦斯问题时, 更多的是依赖煤层内的钻孔

表 1-3-1 试验地点及煤层瓦斯基础参数特征

矿井	煤层	试验地点	瓦斯压力		瓦斯含量		吸附常数		透气性系数 /[m <sup>2</sup> /(MPa <sup>2</sup> ·d)]	流量衰减 系数 /(1/d)	突出指标		
			标高 /m	范围 /MPa	标高 /m	范围 /(m <sup>3</sup> /t)	a /(m <sup>3</sup> /t)	b /(1/MPa)			破坏 类型	坚固性 系数 f	放散初速度 ΔP/mmHg
张集	9 煤	东一、东二、西一、西三采区,东风井	-596~ -849.5	0.07~0.7	-596~ -849.5	1.78~ 4.96	20.464 6	0.841 7			V 类	0.57~ 1.02	2.4~7.5
谢桥	6 煤	21216 底抽巷	-802	0.19~1.5	-802	6.5	21.335 7	0.646 3	0.036 12	0.053 8	II 类、III 类	0.45~ 1.4	5~11.8
顾北	6 煤	南翼 8-6-2 采区 6-2 煤底板矸石胶带机巷	-570~ -704	1.1~2.7	-487.24~ -767.96	5.74	19.982 7	0.944 3	0.06	0.19	II 类、III 类	0.61	8.6
顾桥	11 煤	1124(1)工作面和 1125(1)工作面 11-2 煤层和中央区 1125(1)运输平巷底板巷	-877.6~ -938.4	0.16~0.55	-877.6~ -938.4	3.13~ 3.73	28.219 7	0.676 7	0.060 2	0.29	II 类、III 类	0.45	15.7
潘三	11 煤	东一二水平 11-2 煤岩石回风巷,17102(1)运输平巷,1662(1)运输平巷,2121(1)运输平巷瓦斯治理巷	-732.8~ -774.6	1.22~1.6	-794.7~ -801	6.148~ 6.942	18.107 1	0.959 2	0.028	0.431	III 类、IV 类	0.79	5.4
张集	11 煤	1414(1)运输平巷,1313(1)运输平巷底抽巷,1422(1)运输平巷底抽巷	-704~ -709	1.39~1.74	-650~ -690	5.64~ 7.7	21.403 3	0.742 7	0.000 273 1	0.030 9~ 0.048 6	II 类、III 类	0.71	8.7
朱集东	11 煤	1222(1)上平巷顶板巷	-913.9~ -925.7	0.2~0.73	-913.9~ -925.7	4.1~5.6	21.331 5	0.992	0.762~ 0.881 2	0.017 8	III 类、IV 类	0.97	9.1
丁集	11 煤	11-2 煤层	-830~ -930	0.5~1.1	-830~ -930	3.63~ 8.53	27.489 2	0.821 6	0.013 15	0.559 2	III-IV 类	0.75	8.3

表 1-4-1 抽采瓦斯钻孔布置与参数

矿井	煤层	钻机型号	注浆泵型号	钻孔布置		孔径		封孔方法	封孔位置	封孔长度 /m
				顺层孔距 /m	穿层孔距 (轴向×径向) / (m, × m)	顺层孔 /mm	穿层孔 /mm			
谢桥	6 煤	ZDY3200	ZBQ-30/3	15	10×5	113	113	穿层: 聚氨酯一堵多注; 顺层: 囊袋式两堵一注	从孔口往里 5 m 处封至 20 m 处	15
顾北	6 煤	ZDY3200S	ZBY-50/7-J	10	10×5 5×5	113	113	一堵一注、聚氨酯	1 英寸变 2 英寸变头之后 2 英寸花管向下 2 m 处	20
顾桥	11 煤	ZDY3200S	ZBQ-30/3	2、2.5、3、3.5	10×5 5×5	113	113	两堵一注	从孔口往里 5 m 处封至 20 m 处	15
潘三	11 煤	ZDY4000S	ZBY3/7.0-11	5	10×5 5×5	113	94、113	两堵一注	顺层: 0~20 m; 穿层: 0~20 m	20
张集	11 煤	ZDY-3200S	ZBQ-32/3	10	10×5	120	94、153	两堵一注、一堵多注、聚氨酯	顺层: 0~20 m; 穿层: 一堵多注时孔口至煤底板; 两堵一注: 0~20 m	20
朱集东	11 煤	ZDY-3200S	ZBY3/7.0-11	10	10×5	113	113	用封孔囊袋注专用水泥	顺层: 距孔底 1 m; 穿层: 距孔底 2 m	20
丁集	11 煤	ZDY-3200S	ZBY-50/7-J	10	10×5 5×5	113	113、300	穿层: 聚氨酯一堵一注; 顺层: 囊袋式两堵一注	顺层: 0~20 m; 穿层: 0~20 m	20

及其裂隙。

#### 1.4.2.3 煤层透气性

煤层透气性是影响煤层钻孔抽采瓦斯的关键因素,从表 1-3-1 看,不同煤层,其透气性差异很大,即便是同一煤层其透气性也有很大差异,甚至相差几个数量级,比如张集矿 11 煤的透气性系数比朱集东矿 11 煤低 3 个数量级。

透气性系数差异产生的因素也较多,不仅涉及煤体本身的孔隙分布,而且与煤层的埋深也有很大关系。从对国内外钻孔抽采瓦斯效果看,煤层埋深越大,受煤层上覆岩层压应力的作用,煤体的透气性系数一般呈指数关系增长。这种情况下煤层地应力的释放对提高煤层透气性系数具有重要的影响。但淮南矿区关键保护层其本身是煤层群的开采层,本身实现卸压只能通过钻孔方式,因此提高关键保护层的透气性系数难度较大,这非常不利于预抽钻孔抽采瓦斯。

#### 1.4.2.4 煤层厚度与钻孔布置

煤层厚度对钻孔的布置有重要的影响,煤层过厚或者煤层过薄均不利于布置瓦斯抽采钻孔。煤厚且软,煤层钻孔易于坍塌,往往需要采取护孔措施。过厚的煤层在施工顺层钻孔时,往往需要布置多排。在倾向长度超过 240 m 的工作面两巷施工顺层钻孔,会因煤层起伏变化的影响难以保证钻孔在合适层位,从而使得煤层关键区域内钻孔发生偏移。过薄的煤层,顺层钻孔难以保证处于煤层中,从而使得钻孔抽采效果下降。研究的 6 煤、9 煤和 11 煤厚度较好,除张集矿 9 煤、潘三矿 11 煤和朱集东矿 11 煤平均厚度为 1.7 m 外,其他基本在 2.6~3.9 m 之间。

#### 1.4.2.5 断层分布

断层多,不仅会影响钻孔抽采瓦斯的有效区域,而且对钻孔布置方面有重要的影响。断层的存在改变了煤层原有的完整结构,使得瓦斯抽采钻孔有效控制区域减小。但是断层附近煤体受地应力作用发生破坏,煤体的裂隙相对发育,瓦斯抽采钻孔的成孔相对困难,需要进行护孔;在张拉性外力作用下,瓦斯流动性增加,易于瓦斯抽采。因此,断层对钻孔瓦斯抽采的影响是多方面的。

#### 1.4.2.6 煤层及顶底板含水

煤层顶底板含水对穿层钻孔抽采瓦斯效果的影响非常大。煤层顶底板含水时,钻孔封孔质量差,往往引起钻孔渗水,煤层水在抽采负压作用下通过瓦斯抽采钻孔进入瓦斯抽采管路,会引起钻孔内抽采负压的急剧衰减,降低抽采瓦斯的作用力。当抽采钻孔为下向钻孔时,水会进入瓦斯抽采气室,堵塞煤层解吸瓦斯的气体通道,不利于煤层瓦斯的排放。

#### 1.4.2.7 钻孔封孔

钻孔封孔是实现瓦斯治理的关键,但封孔位置、封孔深度、钻孔密封后煤(岩)体周围裂隙分布等对钻孔抽采瓦斯效果有重要的影响。预抽钻孔周围煤体瓦斯流场及其随抽采时间的分布特征,以及如何布置钻孔获得最佳抽采效果,仍处于理论认识与推断阶段,缺乏实证依据,从而导致钻孔封孔的方法、封孔参数、确定预抽钻孔布置的标准尚不完全清楚,存在疑虑。这一状况不利于煤矿瓦斯抽采技术的提高与推广,也不利于煤矿安全高效生产。

#### 1.4.2.8 抽采负压

抽采负压成为制约抽采时间和抽采瓦斯浓度的主要因素,抽采负压越高,钻孔内外压差越大,钻孔密封难度加大,钻孔漏气严重,抽采钻孔瓦斯浓度相对越低。抽采负压越低,钻孔内外压差越小,钻孔的密封越好,煤层中瓦斯得以缓慢释放,瓦斯抽采量小,抽采时间长。《防治煤与瓦斯突出规定》要求预抽钻孔孔口抽采负压不得小于 13 kPa。