

伯方煤矿3号煤层底板采动导水破坏带深度探测研究

王 鹏 李 洋

(山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿分公司)

摘 要:本研究针对山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿3号煤层承压开采区底板水害隐患,综合采用注水试验钻、孔电视、电阻率动态监测方法,对正在回采的3303工作面和相邻已采的3302工作面底板采动导水破坏带深度进行系统研究。通过施工6个井下钻孔,获取了底板岩层裂隙发育特征、电阻率动态变化规律。综合确定3号煤层底板采动导水破坏带深度为16.08m,其发育受岩性组合控制,软硬相间地层促使破坏带尖灭于石灰岩层位。研究成果为矿井带压开采安全性评价及水害防治提供了科学依据,对类似地质条件矿区具有重要参考价值。

关键词:底板破坏带;钻孔电视;注水试验;电阻率监测;承压开采

1 引言

伯方煤矿3号煤层西部区域存在奥陶系灰岩承压水威胁,实测底板破坏深度成为矿井安全评价的关键环节。现有研究多聚焦单一探测方法,缺乏多手段交叉验证。本研究以3303工作面为对象,通过多源数据融合,揭示底板破坏带动态发育规律,为精准防治水提供技术支撑。

2 研究区地质与水文条件

2.1 矿井地质特征

伯方煤矿位于沁水盆地东南缘,主采3号煤层,厚度3.15~6.13 m,倾角 $3^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。煤层直接顶板为粉砂岩,底板为一套海陆交互相地层,以砂岩、泥岩、灰岩、煤层为主,见表1。

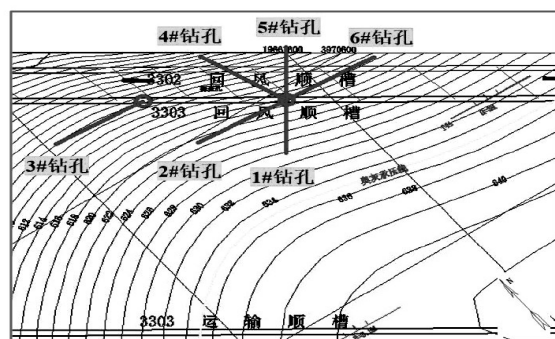
表1 3303工作面底板情况表

底板名称	岩石名称	厚度(m)	岩性描述
3#煤		5.3~5.88 平均5.59	黑色,块状,比重较大,半亮一半暗型煤,条痕为黑色,似金属光泽,具层状结构。结构:5.59=4.56(0.24)0.79
底板	灰黑色泥岩	7.80	灰黑色,厚层状,断口平坦,断面具滑感,含少量炭质,中部夹薄层粉砂岩,含少量植物根部化石,性脆,松软。
	灰色中粒砂岩	3.78	K7砂岩,灰色,巨厚层状,石英为主,含炭屑及白云母碎片,均匀层理,接触胶结,分选中等,次圆状,具方解石充填闭合裂隙,半坚硬。
	泥岩	1.40	灰黑色,断口平坦状,性脆,含少量植物茎部化石,松软。
	石灰岩	3.53	K5灰岩,灰色,胶结致密,块状,遇酸起泡,溶隙不发育,含少量动物蜓科类化石,坚硬。
	煤	1.07	黑色,半亮一半暗型煤,质硬,似金属光泽,块状结构,松软。
	细粒砂岩	3.12	浅灰色,巨厚层状,石英为主,含白云母碎片及炭屑,均匀层理,分选中等,次圆状,裂隙较发育,半坚硬。
	粉砂岩	8.76	灰黑色,厚层状,含星散状白云母碎片,含少量植物茎、叶部化石,松软。

2.2 水文地质条件

矿井含水层自上而下包括第四系孔隙水、基岩风化裂隙水、石炭—二叠系砂岩裂隙水及奥陶系灰岩岩溶水。奥灰含水层富水性不均,水位标高+645 m,峰峰组单位涌水量0.000171~0.219 L/(s·m),O2f+O2s单位涌水量为0.8151L/s.m,对3号煤层底板最大形成2.4MPa承压水头。本溪组铝土质泥岩(平均厚16.15 m)为关键隔水层,但其局部裂隙发育降低了隔水可靠性。

进行测试,钻孔孔径94 mm,控制孔深30 m,钻头钻进延伸0.5m进行耐压试验,试验压力不小于2MPa。

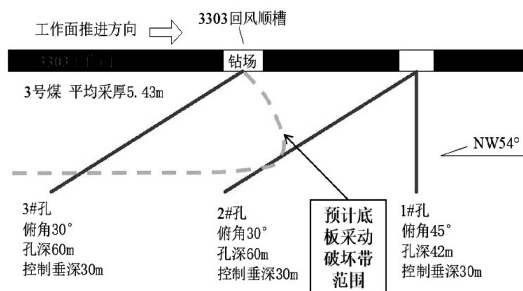


(a)观测钻孔布置平面示意图

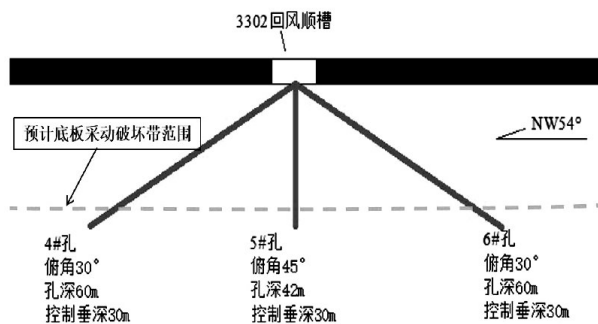
3 研究方法与工程实施

3.1 钻孔注水试验

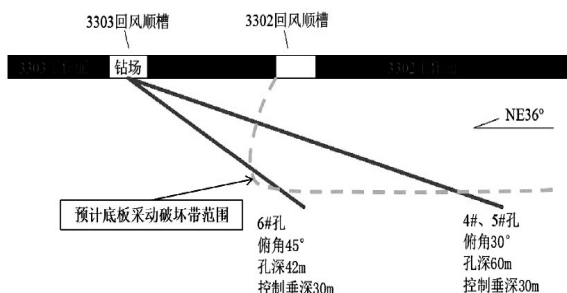
本次设计在3303工作面回风顺槽内实施6个俯斜注水钻孔,其中3个钻孔朝向3302工作面采空区底板方向监测已采工作面底板破坏情况,3个钻孔朝向3303工作面底板方向未采动区域,超前进行钻孔测试,同时获取采前和采厚的底板破坏情况。钻孔布置平剖面示意图见图1。采用双栓塞封隔系统



(b)3303工作面钻孔剖面图(NW54°)



(c)3302工作面钻孔(NW54°)



(d)3302工作面钻孔(NE36°)

图1 观测钻孔布置平剖面示意图

3.2 钻孔电视观测

采用钻孔窥视仪,对钻孔壁进行360°全景扫描,识别裂隙开度、密度及产状。

3.3 电阻率动态监测

布置并行电法测线,测线及测点紧贴煤层布设。共设测点3个,分别位于567m,540m,510m。每条测线均有16个电极,其中孔内放置电极8个,孔外巷道放置电极8个电极间距10m,每3采集数据1次,持续80天。

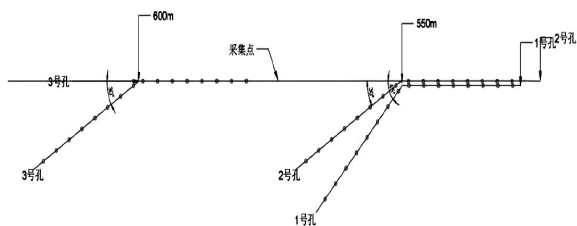


图2 网络并行电法测线布置示意图

4 结果与分析

4.1 钻孔注水试验结果

根据已经取得的观测数据,对照煤层底板的岩层分布对3个为原始岩层对比钻孔、3个采后观测钻孔的钻孔漏失量进行了定量和定性分析,取1号和5号孔进行对比分析,结果如下:

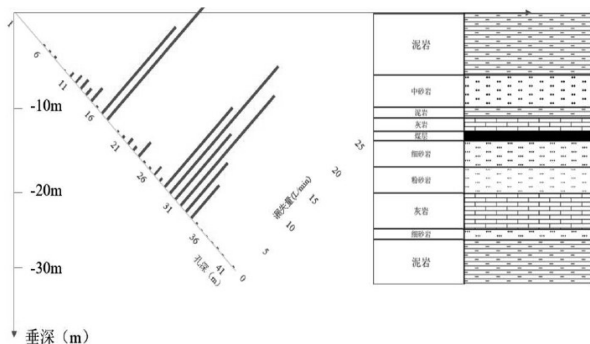


图3 1#钻孔漏失量柱状图

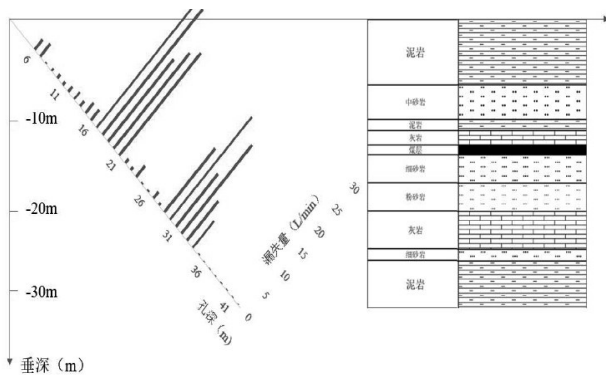


图4 5#钻孔漏失量柱状图

结合底板以下30m岩性图及实测资料,对5号钻孔分段漏失量进行了分析:孔深17m~21m段,对应垂深为煤层底板12.02~14.85m,漏失量急剧增大且稳定,渗透系数较2号孔对应位置相对较大,经分析该段已近处于底板采动破坏带中;孔深22m~28m段,对应垂深为煤层底板15.56~19.8m,漏失量非常少,渗透系数与1号孔对应位置基本一致,与该段位于细砂岩层和粉砂岩层有关;孔深29m~34m段,对应垂深为煤层底板20.51m~24.04m,漏失量较大且

稳定,渗透系数与1号孔对应位置基本一致,与该段位于灰岩含水层有关;孔深35m~42m段,对应垂深为煤层底板24.75m~29.70m,漏失量非常少,渗透系数与1号孔对应位置基本一致,与该段位于细砂岩层和泥岩层有关。因此,依据实测分析,底板采动破坏带深度为14.85m。

4.2 钻孔电视观测结果

5号钻孔是底板采动破坏带低位观测孔,主要用于对比1号钻孔,采用钻孔成像监测装置对5号钻孔进行了现场观测,实际观测总深度达到38.6m,经反复观看录像甄别,截取主要观测成果下图所示。

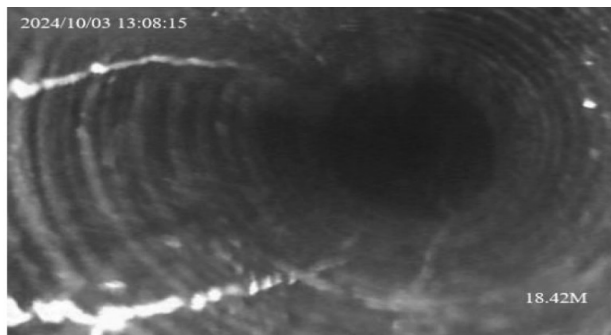


图5 5号钻孔18.42m处

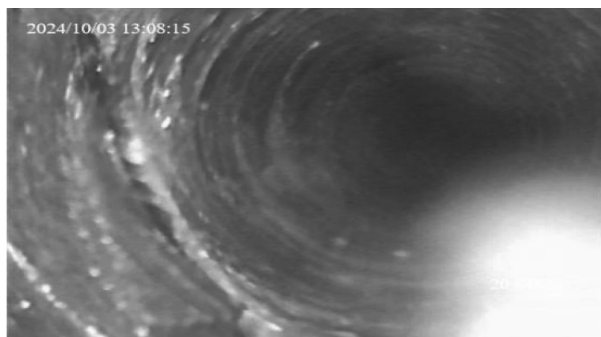


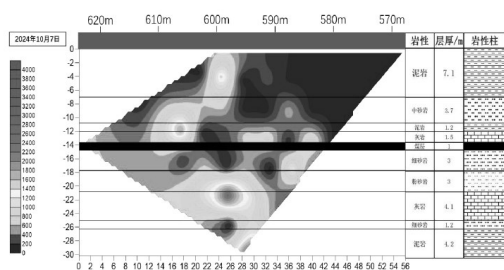
图6 5号钻孔20.84m处

底板采动破坏带测试孔5号钻孔观测结果:孔深在18m~19.5m段,钻孔孔壁出现明显裂隙,说明该段处于底板采动破坏带范围内;19.5m~20.84m段,孔壁破损测段间距较小,甚至出现较长范围的孔壁连续破碎段,说明该测段处于底板采动破坏带范围内;21.62m~22.16m段,孔壁段较为破碎,有明显的

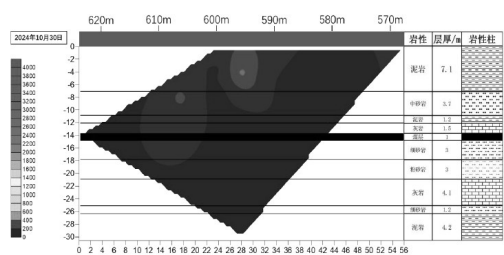
较长裂隙,说明该段依旧处于底板采动破坏带范围内;20.84m至终孔,孔壁完整,与1号孔中观测该段岩层情况基本保持一致,说明该测段出了底板采动破坏带范围内。孔深22.16m距煤层底板15.67m,可以确定底板采动破坏带发育高度为15.67m。通过对6号钻孔全长测段孔壁裂隙发育情况的分析,当孔深32.16m后,如图4-27所示,该处位于煤层底板以下16.08m,孔壁完整,说明该测段已经过了底板采动破坏带。6号孔与4号孔的观测结果基本一致,通过6号孔钻孔电视确定底板采动破坏带发育高度为16.08m。结果发现,6号孔与5号孔观测结果几乎一致。

4.3 电阻率动态响应特征

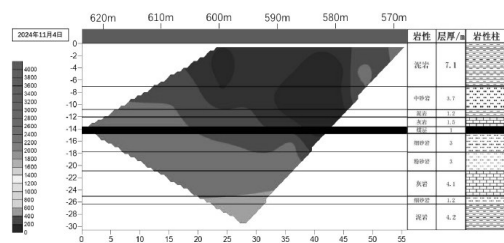
选取典型的3#孔物探数据进行分析。在3#孔的视电阻率剖面中,10月7日采线距离3#钻孔74m,将此时收集到的数据作为背景值。10月30日出现异常,此时3#孔的视电阻率相较于背景值整体变低,可认为此时进入超前应力区,应力重新分布,导致电极与围岩的耦合增强,电流增大,电阻减小。11月4日电阻率明显升高,此时距离3#孔仅仅26m,采线即将进入监测范围。采线于11月5日进入监测区,高阻异常区首次出现于2024年11月15日,相差10日,位于图像右侧区域,此时工作面回采至610.5m,距测点仅10.5m,岩层发生一定程度的破坏,造成孔内电极耦合性变差。此后随着采线推进,可观察到高阻异常区在不断扩大,并向右移动。在监测的最后阶段2024年11月18日,高阻异常区分布在0~16m范围内,最严重的区域位于5~15m,可推测采动破坏带发育深度为15m。破坏岩层主要为砂岩,因为砂岩岩性较硬,更容易发生脆性变形形成裂隙,反观上层泥岩破坏较小,则是因为泥岩岩性较软,即使出现裂隙也会被泥质填充物填充,并不会对岩石电阻率造成太大影响。



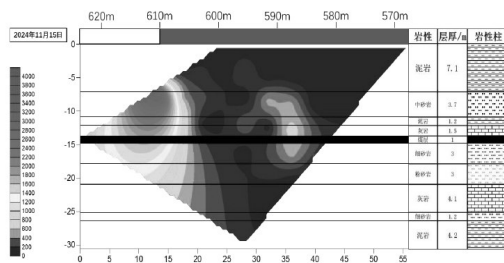
(a)2024年10月7日监测成果



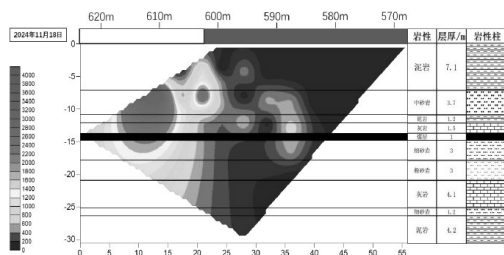
(b)2024年10月30日监测成果



(c)2024年11月4日监测成果



(d)2024年11月15日监测成果



(e)2024年11月18日监测成果

图7 3#孔监测图

5 结论

(1)通过注水试验、钻孔电视、电阻率测试底板破坏带深度分别为14.85m、15.21~16.08m和15m,综合确定伯方煤矿工作面底板采动破坏带深度为16.08m。

(2)通过电法监测表明,回采过程电阻率出现降低—升高的过程,表明监测线处于超前应力范围和底板破坏范围。电阻率动态监测揭示了破坏深度随采动应力演化的“快速增长—缓慢稳定”规律。

(3)综合理论分析、现场实测及相邻矿井类比数据,结合底板地层柱状图资料,煤层底板厚层灰岩可以作为底板关键层,细砂岩和粉砂岩相较硬度较大的灰岩具有较强的塑性,软硬相间的岩层组合有利于底板采动破坏带的尖灭。

参考文献:

- [1] 武强,赵苏启,孙文洁.煤矿水害防治技术现状及发展趋势J.煤炭学报,2021,46(1):112-122.
- [2] 许进鹏,张吉雄,周跃进.深部开采底板破坏深度动态演化规律研究J.岩石力学与工程学报,2019,38(S2):3402-3410.
- [3] 国家矿山安全监察局.煤矿防治水细则M.北京:应急管理出版社,2018.
- [4] 董书宁,刘其声.华北型煤田岩溶水害分区防治技术J.煤炭科学技术,2020,48(7):1-10.
- [5] 施龙青,韩进,翟培合.底板破坏深度多元信息监测方法及应用J.采矿与安全工程学报,2018,35(3):521-528.