

浅谈底板双层熔岩含水层加固技术在葛泉矿东井 9[#]煤层 1295 工作面的应用

◆尹立星

(冀中能源股份有限公司葛泉矿东井, 河北 邢台 054102)

【摘要】葛泉矿东井区因构造抬升影响导致 9[#]煤赋存较浅,由于构造较多,多以正断层存在,且存在多处小断层及向斜构造。通过井下间距小于 25m 的本溪及奥灰顶部 5m 范围内的灰岩注浆改造,在上下两巷及工作面内和工作面外 60m 范围内对下组煤 9[#]煤层底板本溪灰岩及奥陶系灰岩含水层进行注浆加固改造,增强底板隔水强度,降低突水系数,确保工作面安全回采。

【关键词】下组煤;含水层;注浆加固;防治水;技术研究

葛泉矿东井位于河北省邢台沙河市西部十里亭镇东 3km 附近,该区域长 2.2km,宽 1.9km,面积约 3.8km²。本区因构造抬升影响导致 9[#]煤赋存较浅,但是构造较多,多以正断层存在,且存在多处小断层及向斜构造。此区域内 8[#]、9[#]煤层合槽,致使煤层厚度大(4~6m 左右),该区域原始奥灰水位较高,底板压力较大。矿井涌水量大约 400~800m³/h 左右,9[#]煤层至奥灰隔水层厚 35~55m,平均 40m。

1 工作面简介

1295 工作面处于大油村向斜构造的轴部,该工作面拟采用机械化综采放顶煤开采方法,储量约为 48.4 万吨,煤

层底板标高在-90~-185m 之间,局部地区上山下山倾角较大,巷道掘进、支护以及后期的回采难度较大。

2 地质概括

2.1 地层

葛泉煤矿范围内发育的地层从老至新依次为奥陶系、石炭系、二叠系及第四系底砾系,地处沙河河滩附近,地表以沙土为主。葛泉矿整个井田煤系有多个可采煤层,主采煤层两个,即上部主采山西组 2[#]、下部主采太原组 9[#]煤。葛泉矿井田范围内的区域只有 7[#]煤局部可采和主采 8[#]、9[#]煤。煤层顶底板情况如表 1 所示。

表 1 煤层顶底板情况一览表

名称	岩石名称	厚度(m)	岩性特征
老顶	大青灰岩	5.5	灰色至黑灰色,隐晶质结构。上部质纯,致密坚硬夹燧石薄层,下部含泥质。厚层状,发育细脉状及网状裂隙,多被方解石充填。
直接顶	8 [#] 煤	2~2.4	黑色、褐黑色条痕,具有玻璃光泽和弱玻璃光泽,主要由亮煤、镜煤少量暗煤组成,为半光亮型煤,呈块状。
	粉砂岩	1.8~2.2	灰色、深灰色,颗粒较均一,岩石致密性脆,块状无层理,平坦状断口,含菱铁质条带及结核。
伪顶			
直接底	铝土质粉砂岩	9.5	灰色、浅灰色,性脆,具有滑感。上部含铝土质,下部含泥质,有时可见细砂显示的水平层理,顶部含植物根化石。
老底	中细粒砂岩	6.5	灰色、浅灰色,粒度较均一,主要成分为石英、长石,上部含铝土质,中下部较硬,具有波状层理,泥硅质胶结。

2.2 工作面煤层及顶底板

1295 工作面处于大油村向斜构造的轴部,煤层呈单斜构造,倾角 1°~15°。9[#]煤直顶为粉砂岩,灰色、深灰色,颗粒较均一,岩石致密性脆,块状无层理,平坦状断口,含菱铁质条带及结核,厚度为 1.8~2.2m,平均 2.0m。煤层底板为铝土质粉砂岩,灰色、浅灰色,性脆,具有滑感。上部含铝土质,下部含泥质,有时可见细砂显示的水平层理,

顶部含植物根化石,区内表现较稳定,厚度为 7.5~12m,平均 9.5m。

2.3 工作面地质构造

根据地面三维地震资料分析,该工作面内无地质构造,面外发育断层 3 条,断层落差均小于 5m,如表 2 所示。另外,工作面位于大油村向斜轴部,受向斜影响局部围岩裂隙较为发育,岩石较破碎,对工作面顶板管理造成一定影响。



表 2 地面三维地震资料显示 1295 工作面 3 条断层参数

构造名称	走向	倾向	倾角	性质	落差 m	对掘进影响程度
SF ₃₃	74°	343°	70°	正断层	小于 5	无影响
SF ₃₄	340°	250°	69°	正断层	小于 5	无影响
SF ₃₅	127°	37°	74°	正断层	小于 5	无影响

3 影响工作面开采的充水因素

3.1 第四系底砾含水层

砾石成分单一,为肉红色、紫红色石英岩、石英砂岩,砾径 10~1000mm 不等,充填物为紫红色不等粒砂或含砂粘土。含水层厚度约 34m,富水性弱。根据 1295 工作面内 2 个及上部 1271 工作面 3 个孔冲积层孔水质化验结果,水质类型为 HCO₃-Ca-mg 型水。工作面运料巷切眼处冲积层标高为-50m(运料巷冲积层 LC-1 孔),煤层顶板标高为-95m。运料巷切眼处距冲积层煤(岩)柱为 45m,运输巷切眼处冲积层标高为-40m,煤层顶板标高为-83m,运输巷切眼处距冲积层煤(岩)柱为 43m。

3.2 大青灰岩含水层

大青灰岩含水层为灰、浅灰色,隐晶质结构,层厚 4.0~7.0m,平均厚 5.5m。根据工作面大青灰岩钻孔钻探资料分析,含水层水位-170m,该含水层富水性弱至中等。根据 1295 工作面内 4 个大青灰岩孔水质化验结果,水质类型为 HCO₃-Ca 型水。

3.3 本溪灰岩含水层

本溪灰岩含水层为浅灰色,层厚 4.5~9.7m,平均厚 7.1m,富水性弱到中等。该工作面通过计算分析得到单位涌水量为 0.0047~0.164L/s·m,其底板的渗透系数为 0.02~0.319m/d。含水层水位-18m(补 42 孔)、-78m(补 41 孔),工作面 5 个本溪灰岩钻孔孔水化验水质类型为 HCO₃-SO₄-Ca 型水。

3.4 奥陶系灰岩含水层

根据工作面内 153 个奥灰探查孔资料,该含水层为褐灰色,细晶结构,致密,含黄铁矿和角砾状灰岩,裂隙和小溶洞发育,顶部有黄泥状风化壳,富水性强,单位涌水量为 0.0968~2.3991L/s·m,渗透系数为 0.116~7.68m/d。含水层水位+39.69m(补 31 孔),工作面 9#煤层底板至奥陶系灰岩含水层的隔水岩层厚度约 33.8~43.5m,平均 38m。工作面 5 个奥灰钻孔孔水化验水质类型为 HCO₃-SO₄-Ca-mg 型水。

3.5 上覆 1271 工作面老空动水

1295 工作面上覆 35m 为 1271 工作面采空区,1271 工作面于 2020 年 11 月开始回采,平均煤厚 1.3m(采高 1.5m)。截至 2021 年 4 月 30 日,1271 采线位置超前 1295 工作面切眼 385m。1271 工作面为俯采,5m³/h 采空动水通过水沟自流至 7#煤轨道上山排水点,不会形成积水区。1295 工作

面推采 190m 后位于 1271 工作面采空区下方,届时 1271 老空动水将浸入 1295 工作面。

根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中提到的导水裂隙相关公式,如导水裂隙带高度

计算公式 $H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$ (计算公式一) 以及 $H_{li} = 20 \sqrt{\sum M} + 10$ (计算公式二),得出该工作面 9#煤导水裂隙带高度为 51~59m。《葛泉矿煤层开采覆岩“三带”发育规律研究报告》实测导水裂隙带高度范围为 46~60m。

4 底板注浆加固工程设计

4.1 底板加固工程

该工作面为一采区上山煤柱工作面,施工的底板注浆加固钻孔的终孔层位要求为奥陶系灰岩顶面。工作面底板钻探工程以及注浆加固工程主要通过两巷钻窝进行。

4.2 1295 工作面防治水工作技术路线

1295 工作面在回采前实施本溪及奥灰顶部注浆改造、坑透探测内部构造、直流电法测深等工作。回采过程中加强水文观测的管理以及突水报警系统的管理,各个阶段的具体任务各有侧重,最终达到安全回采,其彼此直接的衔接和前后关系如图 1 所示。

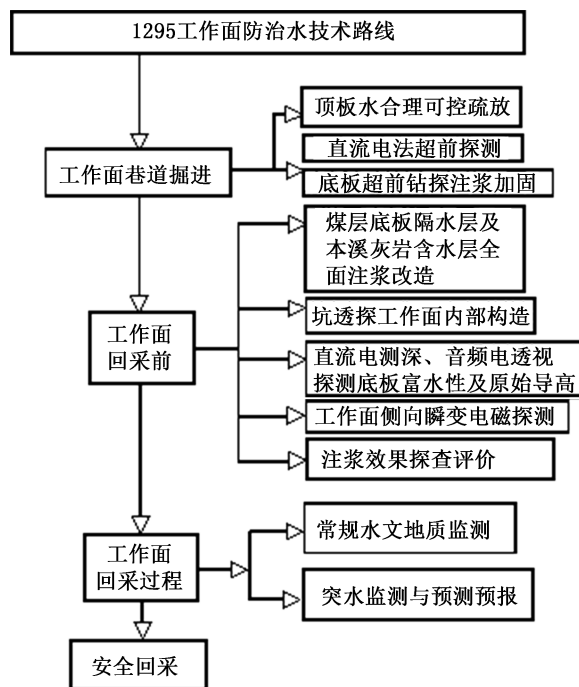


图 1 1295 工作面防治水工作技术路线框图

5 水害隐患治理工作

5.1 工作面钻探工程

1295 工作面原计划设计施工 172 个钻孔，其分布及工程量如表 3 所示，实际现场根据施工要求共计施工钻孔 538 个，三倍的工程量，确保了工作面的安全掘进及回采。

表 3 1295 工作面原计划设计施工钻孔参数

位置	个数	工程量(m)	备注
1295	56	3200	面外
运料巷	14	1100	面内(含奥灰孔 3 个)
1295	54	3300	面内(含奥灰孔 15 个)
运输巷	48	3200	面外
合计	172	10800	

5.1.1 掘进期间本溪灰岩钻探工程

巷道掘进期间共计施工超前注浆钻孔 183 个，本溪灰岩加固钻孔 23 个。

5.1.2 底板加固奥灰期间钻探工程

1295 工作面在掘进前以及后续的底板注浆加固期间，从保险安全的角度出发，严格遵守相关规定的同时，加大加强实施加密钻孔布置，针对奥灰施工钻孔共计 319 个，其中包含了 1295 工作面面内孔 153 个，面外孔共计 166 个。

5.2 综合物探成果分析

5.2.1 综合瞬变电磁、电测深、音频电穿透探测结果

为了探查 1295 工作面内及巷道外侧 60m 范围煤层底板隐伏含水情况，工作人员对其构造进行了探查。其中 4 号异常主要位于 1295 工作面运输巷 40~150m，由运输巷底板向面内延伸 77m，异常区垂向位于底板 52m 以浅，分析为煤层底板至奥灰岩浅部局部岩层破碎含水反应，但不排除 1295 工作面巷道实施监测过程中底板潮湿影响。

5 号异常主要位于 1295 工作面运输巷 250~340m，煤层巷道底板下 32~63m 范围，分析为煤层底板至奥灰岩浅部岩层局部破碎含水反应。

6 号异常主要位于 1295 工作面运料巷 350~390m、运输巷 370~440m 之间，从运输巷外帮 40m 延伸到运料巷里帮，异常区垂向位于底板 44.2m 以浅，分析为煤层底板至奥灰岩浅部局部岩层破碎含水反应，但不排除受接地条件影响

因素。

7 号异常主要位于 1295 工作面运料巷 430~580m、运输巷 540~650m 之间，从运输巷外帮 29m 延伸到运料巷外帮，异常区垂向位于底板 50m 以浅，分析为煤层底板至奥灰岩浅部岩层局部破碎含水反应。

相关工作人员结合不同深度地层的岩性对异常的性质进行了分析，该工作面底板下的主要充水含水层为本溪组灰岩含水层和奥陶系灰岩含水层。本工作面底板下 0~30m 的异常为本溪灰岩局部相对赋水所致。底板下 30~45m 的异常为奥灰岩局部相对赋水所致。工作面其它区域未发现明显异常。

验证情况：针对上述 1295 工作面探测出来的 7 个异常区，我们成立分析小组，邀请各位专家对其深入分析。各位专家从工作面的实际情况出发，结合钻探施工的成果进行分析，以及实施多个后期检查钻孔，并实施补注浆以及补打验证孔，直至达到检查标准。

5.2.2 坑透异常区

无线电波透视成果：本次无线电波透视在 1295 工作面中探测出 4 个相对主要的透视异常区域(K1、K2、K3、K4)。K1 异常区位于 1295 工作面停采线附近，面内距离运料巷 5~15m，分析为小断层或煤层变薄带影响；K2 异常区位于 1295 工作面运料巷 220m 附近，面内距离运料巷 2~17m，分析为小断层或煤层变薄带影响；K3 异常区位于 1295 工作面运料巷 400m 处，面内距离运料巷 0~30m，分析为小断层或煤层变薄带影响；K4 异常区位于 1295 工作面运料巷 500m 处，工作面内部延伸 70m，分析为小断层或煤层变薄带影响。工作面内部没有发现隐伏的陷落柱构造。

验证情况：对无线电波透视 4 个异常区施工构造探查孔 10 个，钻孔全煤，未发现新增加的隐伏构造，回采过程中注意观测验证。

6 水害隐患治理情况分析

1295 工作面巷道圈定前以及切眼实施完毕，工作面圈定范围内底板奥灰注浆加固改造工程共施工注浆钻孔如表 4 所示。

表 4 工作面内奥灰钻探注浆成果统计表

阶段	孔数	单孔涌水量 (m ³ /h)	初见水深度 (m)	初见平均深度 (m)	单孔平均涌水量 (m ³ /h)	总注浆量 (t)	单孔平均注浆量 (t/孔)
前奥灰钻孔	56	1~100	6.3~27.1	20	22.2	2903.95	52.8
后奥灰钻孔	97	0~10	13~35.4	23.2	6	625.67	6.5
合计	153					3529.62	

6.1 前期注浆孔单孔涌水量分析

前期注浆孔单孔涌水量反映了工作面底板下伏含水层富水性原始特征。前期 56 个注浆孔中单孔涌水量大于或等于

100m³/h 的钻孔 2 个，占 3.6%；中等水量钻孔(50m³/h≤单孔涌水量<100m³/h)10 个，占 17.8%；小水量钻孔(10m³/h<单孔涌水量<50m³/h)33 个，占 58.9%；单孔涌水量≤



10m³/h 的微水量钻孔有 11 个, 占 19.6%。

6.2 后期检查补充注浆孔单孔涌水量分析

后期检查补充注浆孔的布置是在工作面施工底板注浆加固孔以后进行的。在对前期注浆效果进行分析和评价的基础上, 结合已经施工的检查孔分布情况对物探异常区、后期水量及注浆量相对较大地段布设检查补充注浆孔。检查补充注浆孔一方面对前期注浆效果不理想的区段可以起到补充注浆的作用, 另一方面是对前期注浆效果的检验。工作面内共施工后期检查孔 97 个, 从施工情况来看, 检查孔水量全部不大于 10m³/h。

7 结束语

葛泉矿东井 1295 工作面在实施了底板注浆加固, 阻止了奥灰水导升裂隙向上延伸的趋势。实施验证孔以及综合

物探分析后可以得出结论, 奥灰水导水裂隙已经得到封堵, 该工作面具备了安全带压开采条件, 可以进行回采。

参考文献:

- [1]朱随业.采煤工作面底板注浆加固技术探究[J].技术与市场,2015(09):108-109.
- [2]李春彩,杜树安.回采工作面采前底板注浆加固工艺应用[J].煤炭与化工,2014,37(11):70-73.
- [3]杜四平,张文广.工作面底板注浆加固技术[J].中州煤炭,2011(11):79-80,82.

作者简介:

尹立星(1984—),男,汉族,河北邢台人,大学专科,助理工程师,研究方向:矿井防治水。