

西曲矿主要隐蔽致灾地质因素勘查及防治技术

李瑞斌*

(西山煤电<集团>有限责任公司西曲矿,山西 太原 030053)

摘要:为有效遏制煤矿重大地质灾害事故的发生,做好隐蔽致灾地质因素的勘查是非常重要的工作。结合西曲矿地质资料,采用综合物探勘探技术对井田内采空区、封闭不良钻孔、导水裂隙带、断层、煤与瓦斯突出和奥陶系含水层等潜在隐蔽致灾因素及安全隐患进行分析。据此,制定了切实可行的预防措施,以消除潜在的事故隐患,确保矿井的安全生产。

关键词:矿井地质;水文地质;隐蔽致灾因素;采空区

中图分类号:TD7 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2025)06-0097-03

1 井田概况

西曲矿位于西山煤田西北部,井田走向长6.5km,倾向宽6km,井田面积约34.31km²,设计生产能力300×10⁴t/a,采用平硐、斜井联合开拓方式,现主要开采山西组2+3[#]、4[#]、7[#]、8[#]、9[#]煤层。矿井地表沟谷纵横、地形构造较复杂。井田构造基本上为向南偏西方向倾斜的单斜构造,主要地质构造为断层和陷落柱,其次为宽缓褶皱。构造多集中在井田的西北部,中部和南部较少,并呈平行排列。为保证矿井的安全生产,做好井田内隐蔽地质因素的勘查非常关键。

2 隐蔽致灾因素分析

2.1 采空区

西曲矿目前共布置北一、北三、南三、南五共4个采区,其中南三开采8[#]煤,北一、北三开采9[#]煤,南五下组煤正在施工开拓巷道。井田内南一、南二、北二盘区已经采完并封闭,其余盘区2+3[#]、4[#]煤层已基本采空;8[#]煤层在南三、南四、北一、北三盘区形成大量的采空区;9[#]煤层北一、南一形成少量采空区。

通过查阅历史资料、相关台账和图纸,并采取调查等方法进行普查,采空区内无自燃发火情况,有害气体含量符合规定要求。为确保矿井安全生产,针对以上老空积水区,确定了积水线、探水线、探水警戒线,并绘制在矿井充水性图及采掘工程平面图上。采空区积水对下伏煤层的开采有直接的影响,通过监测全井田范围内各煤层采空积水面积约52.22×10⁴m²,积水量63.99×10⁴m³。

2.2 封闭不良钻孔

封闭不良钻孔是因为在井下开采过程中所产生的点状垂向导水通道,由于其隐蔽性非常强,并且导水性能较好,这就导致垂直向上各含水层间出现水力联系,尤其在附近区域产生采矿活动时,更容易发生突发突水事故。

西曲矿历经9次勘查,在井田内施工钻孔120个钻孔,其中地质孔110个、水文孔10个,由于年代不同,钻孔封堵工艺不同,后期未进行启封检查。封闭效果较差的钻孔,或者没有封闭的钻孔,会导致上下含水层发生联系,致使地下水涌入井内从而发生突水事故,对井下开采造成严重影响。通过观察记录掘进头和工作面异常变化,发现异常时,应分析原因及时处置,防止透(突)水事故的发生。因此封闭不良钻孔是本矿主要隐蔽致灾因素。

封闭不良钻孔可导通上、下含水层的水力联系,使地下水涌入矿井,造成突水事故,影响矿井正常生产,对于封闭较差或者缺少相应封控资料的钻孔,在作业前必须做好超前探测,同时还需要封堵和设置防水煤柱,有效防范突水问题的发生。

2.3 导水裂隙带

导水裂隙带是由于煤层开采过程中,岩层部分区域产生断裂坍塌所产生的裂缝,该类区域的导水性能相对较强,并且存在成层性和连通性。工作面回采结束后,顶板岩层会形成裂隙带,进而导致顶板含水层与地表水相连通,形成突水导水通道。相似导水裂隙带

* 收稿日期:2024-08-30

作者简介:李瑞斌(1986-),男(汉族),山西太原人,工程师,现从事煤矿地质防治水管理工作。

高度达到水体(或富含水层)时,涌水量会迅速增加,对矿井安全造成严重影响。在实际生产中为了准确掌握裂隙带高度,通过下述公式进行计算:

$$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$$

式中: H_{li} ——导水裂隙带高度;m;

M ——累计采厚,m。

矿井开采8[#]、9[#]煤层的厚度均已查明。根据上述公式,对8[#]、9[#]煤层的导水裂隙带进行计算。8[#]煤厚度为1.30~5.05m,平均厚度3.85m。代入上述经验公式求得8[#]煤层的导水裂隙带高度两极值为18.80~77.42m;9[#]煤厚度为0.45~2.91m,平均煤厚1.82m,有0.2m左右的夹矸2~3层。代入上述经验公式求得8[#]、9[#]煤层的导水裂隙带高度分别为77.42m、81.81m。

(1)开采8[#]、9[#]煤层时的影响。由表1可知:8[#]煤层导水裂隙带最大高度为77.42m,煤层回采冒落后,受采掘过程中构造裂隙或落顶后冒落裂隙的影响,8[#]煤顶板砂岩裂隙含水层和下石盒子组底部砂岩裂隙含水层中的水将直接充入矿井,构成矿井直接充水水源。9[#]煤层导水裂隙带最大高度为81.81m,通过计算8[#]和9[#]煤层导水裂隙带相通。

表1 煤层导水裂隙带计算结果表

煤层	煤层厚度	导水裂隙带高度	导水裂隙带波及含水层
8 [#]	1.30~5.05	77.42	8 [#] 煤顶砂岩裂隙含水层,部分导通下石盒子组砂岩含水层
9 [#]	0.45~2.91	81.81	灰岩含水层,8 [#] 煤采空区

(2)汾河水对矿井涌水量的影响。矿井涌水量与大气降水呈较明显相关性,主要表现在7、8、9月份,降水集中占全年总降水量63.87%,降水使汾河流量增加,河流汇集面广,汾河从井田南部边缘流过,对井田影响不大。

2.4 断层

西曲矿井田整体上是向南偏西方向倾斜构造。受断层影响,采区采面布置受到限制,影响采空区的规划及开采,整体难度较大。通过对矿井的地质勘查、各专项补充勘探以及对现在开采8[#]、9[#]煤层区域的三维地震勘探、井田深部区域进行了地面电法勘探、井下物探勘探和矿井生产揭露,查明了矿井的边界断层。截至2022年5月31日,共揭露断层1358条,落差不小于20m的断层5条,均为正断层,对煤层的破坏比较严重,严重影响正常采掘工作。本区断层较多,在断层附近发现

大量的张性裂隙,且多呈羽状。断层带附近的裂隙也是本区主要的构造裂隙。

结合当下采掘情况,断层基本不存在导水性,然而当采掘工作不断加深,就会对原有地层结构产生破坏,改变原有的地应力,导致断层裂隙张开,进而增加产后突水事故的发生率。

2.5 奥陶系含水层

奥陶系岩溶裂隙含水岩组构成了矿井主要的含水层。通过钻孔揭露资料的深入分析,我们发现其岩性以深灰色、灰黑色的厚层石灰岩为主,夹杂着灰白色的泥质灰岩。岩溶水的主要含水层段,通常位于奥陶系侵蚀面以下约20m至第一泥灰岩石膏带(O_2f)顶板之间。该层位具有良好的稳定性,埋藏深度较浅,地下水补给条件优越。通过地面观测和钻孔揭露,我们了解到该段岩溶裂隙发育良好,钻孔中所见的岩溶以溶孔为主,溶孔直径一般在5~20mm之间,形态多呈蜂窝状,水蚀现象较为严重。钻孔单位涌水量介于0.0018~7.91L/(s·m),渗透系数介于0.5625~123.77m/d,富水性从弱到极强不等,含水量相当丰富。在西曲水源勘探过程中,曾发现0.1~1.91m的空洞,个别裂隙宽度可达90mm。由于岩溶裂隙发育的不均匀性,富水性也表现出显著的差异。在井田及井田附近,共有16个钻孔揭露了本含水层。根据钻孔抽水试验的水位数据,井田峰峰组岩溶裂隙含水层的水位标高大约在885~915m之间。

西曲井田内奥陶水水位标高约在880~930m。奥陶系中统岩溶含水层裂隙溶洞发育,含水层富水性中等,地下水为埋藏型的承压裂隙溶洞水,本井田奥陶系岩溶含水层水位标高,西南部为880m,东北部为930m,岩溶水流向大致为自东北向西南方向。未来五年采掘活动,不在带压开采区内,对矿井安全生产影响较小。需要注意的是,在大构造带及其附近,特别是在断层带及陷落柱地段,如红崖子断层(F_{10})附近,煤层与奥陶岩溶水断距变小,可能发生突水,形成突水通道。

目前,西曲矿共有两个奥陶纪水位长期观测孔,分别是GS-16号和XQS-3号。其中,GS-16号孔已配备了自动水位监测设备,用于实时监测水位变化。根据监测数据显示,GS-16号孔在2022年5月19日的水位标高为911.86m,与2021年9月的水位数据相比,变化幅度较小。然而,与2017年8月25日的观测记录相比,该孔水位曾出现异常波动,最大上升幅度达到30m。根据最新的观测结果,该矿井区域内奥陶纪水位在过去

两年中总体保持稳定状态。

2.6 瓦斯

瓦斯涌出量的大小受多种因素的影响,但在相同的开采条件下,煤层瓦斯含量是决定因素。通过实测,8#煤层瓦斯含量值 $2.64\text{m}^3/\text{t}$,9#煤层瓦斯含量实测最大值 $3.10\text{m}^3/\text{t}$,均小于《煤矿地质工作规定》的最小瓦斯含量要求。经鉴定8#、9#煤层目前无煤与瓦斯突出危险。煤与瓦斯突出鉴定报告如表2所示。

表2 西曲矿8#、9#煤层煤与瓦斯突出鉴定报告

煤层号	破坏类型	瓦斯放散初速度 ΔP	煤的坚固性系数 f	煤层相对瓦斯压力 P_{max} (MPa)
9#煤层	Ⅲ	14.9	0.27	0.24
8#煤层	Ⅲ	10.7	0.25	0.38

3 未来开采安全技术措施

西曲矿主采煤层为8#、9#煤层。针对本矿主要隐蔽致灾因素和特点,为确保矿井安全生产,提出安全技术措施如下所述。

3.1 采空区安全技术措施

(1)采空区存在积水或有害气体对矿井安全生产会产生一定的影响。矿井在生产掘进时严格按照《煤矿防治水细则》的要求,做到逢掘必探。必要时需物探和钻探探明巷道前方水文地质情况。

(2)井下采掘时,必须做好对老空积水区域的勘察分析,并合理设置防止水煤(岩)柱,有效防范突水事故的发生,同时还需要在平面图和矿井充水性图中对探水警戒线、积水线等进行清楚标识。

(3)在老空区采掘施工时,需要做好积水的超前排放,对该区域的残存水情况进行探访,在确定无水害威胁后再作业施工。探水或接近积水地区时应编制探放水设计,并采取防止瓦斯和其他有害气体危害等安全措施,杜绝重大水患的发生,保证矿井的安全生产^[3]。

3.2 废弃老窑(井筒)安全技术措施

(1)加强矿井“雨季三防”工作,提前调查地面扒缝和井筒充填的变化情况,提前治理,同时,加强雨季期间矿井涌水量的观测,遇到异常情况,分析变化原因,进行治理,保证矿井安全度汛。

(2)目前,小煤窑全部关闭,且井筒已充填或棚盖,积水范围清楚,在井田浅部进行采掘生产时,采取有效的超前探放水措施后,放净积水后再进行采掘施工。

3.3 封闭不良钻孔治理安全技术措施

对于封闭不良钻孔,要准确地摸清每一个钻孔的位置、封孔情况等基础数据,并标注在采掘工程平面图及矿井充水性图上。为防止钻孔突水,应对采掘范围内穿越煤层顶、底板强含水层的钻孔进行核查,分析判定封孔质量,对封孔不良的钻孔应分别采取相应的防治水预防措施。

3.4 断层、导(含)水构造治理安全技术措施

井田内目前在采掘过程中揭露的断层,均无导水性,但在今后采掘过程中,为防止遇上导水陷落柱和断层而造成突水事故,故采取以下措施:

- (1)准确预测构造位置,查明构造的导水性。
- (2)留设足够的构造防水煤柱。
- (3)开采构造附近时,必须确定探水线进行探水,确保无突水危险后,方可前进,以防构造导水事故的发生。

3.5 奥陶含水层防治措施

- (1)加强对奥陶系含水层地下水水位的动态监测,掌握奥陶水含水层水位的变化规律。
- (2)对可能突水的破碎带、导水构造提前进行注浆加固。
- (3)掘进前应当同时采用钻探和物探方法,确认无突水危险时方可施工。制定专项安全技术措施,加强回采工程中的动态监测,制定现场应急处理预案。

4 结论

在全面搜集了各类相关水文地质资料,并通过地面与井下勘查分析的科学方法,对与矿井安全息息相关的隐蔽致灾因素进行了深入排查。准确识别了主要的致灾因素,并针对矿井存在的各种隐蔽致灾因素,制定了周密的治理工作计划和科学的防治措施。普查结果以及制定的治理计划和防治措施,均与矿井实际情况相符合,能够为今后指导矿井安全生产提供坚实依据。

参考文献:

[1] 陈立新.小煤窑复合火区“三位一体”综合治理技术应用[J].能源技术与管理,2020,45(4).

[2] 王贵林.大柳塔煤矿矸石山深部自燃火区注浆治理技术[J].煤矿安全,2012,43(B10):71-73.

[3] 薛刚.大柳塔煤矿排矸场综合一体化火区治理方法[J].煤炭科学技术,2022(S1):159-167.