

伊犁四矿23-2煤层底板水害分析与防治

杨 晨 张尚旺 孙远军

山东能源集团南美地矿建设分公司 山东济宁 273500

【摘要】通过分析前期勘探及采掘生产情况，伊犁四号矿井23221工作面在掘进过程中，局部底板存在泥泞潮湿现象。23-2煤层局部与下伏23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层(H_{5-2})之间分隔水岩层厚度较薄，因此在未来开采过程中可能存在带压开采情况。通过对井田内以往勘探工作与实际采掘揭露情况的分析，对矿井范围内23-2号煤层回采过程中底板水对矿井安全生产的威胁性做出了评价，并针对下伏含水层的特点，给出了矿井未来底板水防治工作的建议。

【关键词】底板导水破坏带；涌水量；突水系数；水害防治

伊犁四号矿井位于新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州霍城县东南部，行政区划隶属霍城县惠远镇及伊宁市英也尔乡。伊犁四号矿井的采矿权人为山东能源新疆能化有限责任公司伊犁新矿煤业有限责任公司。矿井设计生产规模600万吨/年，核定生产能力750万吨/年，井田面积76.6491km²，开采标高由+1075m至-550m。

伊犁四号矿井主采21-1、23-2与27煤层，其中21-1煤层与27煤层不受底板水威胁，23-2煤层局部与下伏23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层(H_{5-2})之间分隔水岩层厚度较薄，开采时，工作面底板可能导通下伏含水层，从而产生涌水现象。而且随着开采深度的增加，煤层开采产生的矿压也会随之增大，使得底板涌水量增大。为确保煤矿安全生产，对底板水进行防治和研究尤为必要。

1 23-2煤层地质概况

该煤层为井田主要可采煤层之一，位于八道湾组中上部。煤层厚度1.45~16.90m，平均8.95m，为特厚煤层，厚度变异系数为39.7%。该煤层属全区可采的稳定煤层，但因厚度变异系数超过30%，偏较稳定。煤厚变化趋势由东向西，由南至北逐渐增厚。开采方式为走向长壁综采放顶煤采煤法，顶板采用全部垮落法管理，煤层结构简单。

根据以往生产资料与技术资料分析，23-2号煤层采掘过程中主要受23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层(H_{5-2})影响。该含水层段位于八道湾组上段下部23-2~25-1煤层之间，埋深为54.99m~991.69m，由东向西埋藏渐深，层面标高866.40m~-113.15m；含水层岩性为砾岩、砂砾岩及中粗砂岩，较松散，浅部多呈渣状。由于其中部常夹有厚1.5~25m不等的粉细砂岩或泥岩，该含水层常分上下两段：上段含水层岩性以粗砂岩为主砾

岩次之，厚2~21m，平均厚度6.47m，上距23-2煤层底0~41.97m，平均为10.74m（一般5m）；根据钻探资料，区内在0、6、9、11、12五条勘探线，有8孔构成23-2煤层的直接底板。下段含水层岩性以砾岩为主粗砂岩次之，厚0.75~22m，平均厚度11.13m，下距25-1煤层顶0~36.63m，平均为13.15m。上下两含水层段总厚度1.07~41.99m，平均厚18.73m。根据ZK701、ZK302、ZK001钻孔及井检钻孔，由东向西埋深为14.16~475.20m，层底标高999.99~334.82m。据钻孔提水试验资料：水位埋深41.1~155m，水头标高840~868.82m，单位涌水量0.0001~0.029L/s·m，渗透系数 $K=0.00013\sim0.018\text{m/d}$ ，矿化度随埋深而增加为2.34~5.19g/L，水温14~17℃，pH值7.1~8.2，水质类型 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}-\text{Na}$ 或 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}$ 型，为弱含水层。该含水层在北部边缘与古近系砂砾岩含水层联系密切，局部为23-2、24、25-1煤层的充水含水层。

2 底板涌水对23-2煤层开采安全影响分析

23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层(H_{5-2})上段上距23煤层底0~41.97m，平均为10.74m（在23号煤层采掘范围内一般为5m左右）；根据钻探资料，区内在0、6、9、11、12五条勘探线，有8孔构成23号煤层的直接底板，为23号煤层的底板间接充水含水层，局部构成23-2煤层底板直接充水含水层。因此需针对23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层(H_{5-2})，对23-2煤层是否存在带压开采进行论证。

2.1 伊犁四矿23-2煤层底板导水破坏带深度预计

以未来三年23-2煤层回采工作面底板导水破坏带深度预计值对未来23-2煤层底板导水破坏带深度进行模拟。根据矿区以往勘探工作钻孔数据及矿井水文地质剖面图，在未来采掘规划区域内，伊犁四矿23-2煤层各回采工作面回采

生产中产生的底板导水破坏带可能沟通下伏23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2})，与25煤层以下含水层无水力联系或水力联系弱，因此在本文中只考虑23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 对23-2煤层开采产生的影响。

根据我国现场试验实测资料，经回归分析，已获得方便可靠的预计底板导水破坏带深度的经验公式。公式如下： $h_1 = 0.0085H + 0.1664\alpha + 0.1079L + 4.3579$

式中 h_1 为底板导水破坏深度，单位为m；

L为开采工作面斜长，斜长计算方法为工作面面长除以煤层倾角的余弦值，单位为m；

H为开采底板深度，单位为m；

α 为开采煤层倾角的弧度，单位为rad。

未来三年采掘规划区域内23煤层回采工作面设计参数见表3-1-1。

表3-1-1 未来三年采掘规划区域内23煤层回采工作面设计参数

工作面	采高/m	倾角/°	工作面面长/m	最大回采深度/m
23221	10	7	205	200
23215	8	6	300	195
23223	9	6	235	195
23225	9	6	285	272.2

根据上述数据，可对未来三年采掘规划区域内23煤层工作面底板导水破坏带深度 h_1 进行预计计算。计算参数与计算结果详见下表。

表3-1-2 未来三年采掘规划区域23煤层回采工作面底板导水破坏带深度计算

工作面	工作面斜长L	工作面倾角 α /rad	导水破坏带深度 h_1
23221	206.54	0.1222	28.36
23215	301.65	0.1047	38.58
23223	236.29	0.1047	31.53
23225	286.57	0.1047	37.61

将上述计算结果与23-2煤层底板隔水层厚度进行对比分析可得，未来生产过程中，23-2煤层回采产生的底板导水破坏带可能沟通至23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2})，存在一定的涌水风险。

2.2 伊犁四矿23-2煤层底板涌水量

2.2.1 涌水量预计计算

以目前已完成回采的23-2煤层回采工作面与未来三年23-2煤层回采工作面底板涌水量预计值对未来23-2煤层底板涌水量进行模拟。

在未来三年开采条件下，23-2号煤层煤层的直接充水含水层为23煤层底板砂砾岩含水层 (H_{5-2})，将未来3年23-2煤层开采范围视为一个集水大井，地下水符合层流运动。根据区内水文补勘及地面直通放水孔资料，采用承压~无压公式：

$$Q = 1.366K \frac{(2H - M)M - h^2}{\lg R_0 - \lg r_0}$$

①渗透系数K：根据区内钻孔的抽水试验平均值为0.0015m/d。

②水头高度H：根据区内钻孔的平均水位标高+854.41m和和未来3年23-2煤层开采工作面设计最低标高为629.6m，相减求得含水层水头高度为224.81m；

③含水层平均厚度M：取区内钻孔开采煤层顶板砂岩的平均厚度：M=10.74m。

④大井引用半径 r_0 ： $r_0 = (A/\pi)^{0.5}$ ，A为矿井未来3年23-2煤层工作面面积1869749m²计算， $r_0 = 771.47m$ ；

⑤大井的引用影响半径 R_0 ： $R_0 = R + r_0$ ， $R = 10 * S_0 * (K)^{0.5}$ ，式中S为煤层开采后水位降深，S=224.81m，K为渗透系数0.0015m/d，求得R=87.07m， $R_0 = 858.53m$ ；

⑥含水层与采空区连通后含水层水头高度h：由于本次计算中采用大井法进行计算，疏干后含水层水头高度为0。

将各参数带入公式得： $Q_{H_{5-2}} = 8.67m^3/h$ 。

最大涌水量按实际涌水量的1.5倍计算， $Q_{(H_{5-2})_{max}} = 8.67 * 1.5 = 13.01m^3/h$ 。

2.2.2 目前涌水量统计

根据涌水量统计，23213工作面下顺槽密闭墙涌水量稳定在1.1m³/h，23223工作面下顺槽密闭墙涌水量稳定在2.7m³/h。根据伊犁四矿23-2煤层已完成回采的各工作面采后总结，23213工作面回采时顶板有少量涌水，底板无涌水现象，下顺槽密闭后水量稳定在1.1m³/h；23217工作面回采时工作面无顶底板涌水或淋水现象，工作面涌水主要是生产用水，工作面下顺槽密闭后无涌水；23219工作面实际开采时顶、底板无淋水或涌水现象，工作面涌水主要是生产用水，工作面下顺槽密闭后无涌水。根据上述数据，23-2煤层底板23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 涌水量较小，对23-2煤层安全生产造成的影响较小。

2.3 回采工作面实测分析

根据23煤层已回采完工作面（23213、23217、23219、23221）采后总结及采掘过程中底板涌水情况进行分析，23213、23217、23219工作面采掘过程中无底板涌水现

象, 23221工作面回采过程中无工作面底板涌水现象。

2.4 23-2煤层底板水压强模拟计算

根据23221工作面底板水实测分析, 23221工作面掘进期间发现掘进工作面底板局部有泥泞潮湿现象, 回采过程中未发现工作面底板涌水现象。由此可判断, 23-2煤层底板砂砾岩裂隙孔隙含水层 (H_{5-2}) 水在受压上升至23221工作面底板以后, 涌出速度接近于0。承压水所受压力与重力在铅直方向上接近于平衡。因此可采用一般水压力计算公式对底板水压强进行模拟计算。

$$P = \rho gh_2$$

P: 23-2煤层底板水压强, 单位MPa。

ρ : 水密度, 单位 kg/m^3 。取 $1000kg/m^3$ 。

g: 重力加速度, 单位N/kg。取 $9.8N/kg$ 。

h_2 : 23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 承压水导升带最大高度, 单位为m。取 $8.1m$ 。

将上述取值代入到公式中可得: $P = 1000 \times 9.8 \times 8.1 = 79380Pa = 0.07938MPa$ 。

2.5 23-2煤层底板突水系数计算

根据以往勘探资料可得: 23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 顶板上距23-2煤层底 $0 \sim 41.97m$, 平均为 $10.74m$ (矿井采掘区域一般 $5m$), 之间岩性以致密泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩为主, 孔隙率低, 渗透系数小, 透水性差, 在完整情况下具有良好的隔水性, 因此计算未来三年采掘规划区域23-2煤层底板突水系数时采用 $5m$ 作为隔水层厚度。在未来三年开采条件下, 以未来三年23-2煤层采掘区域视作一个集水大井进行计算, 地下水运动地下水符合层流运动、近似稳定流运动。因此可采用一般矿井底板突水系数计算公式进行突水系数计算。

底板突水系数计算公式: $T = P/M$

T: 底板突水系数, 单位MPa/m。

P: 底板充水含水层水压强, 单位MPa。取模拟计算结果 $0.07938MPa$ 。

M: 底板隔水层厚度, 单位为m。取 $5m$ 。

将上述取值代入到公式中可求得: 未来三年采掘规划区域内23-2煤层底板突水系数为 $0.015876MPa/m$ 。

3 总结与建议

3.1 总结

综合对23-2煤层底板导水破坏带深度预计计算、煤层底板涌水量、回采工作面实测分析、压强模拟计算及底板突水系数计算, 可以得出如下结论: 23-2煤层回采所产生的底板导水破坏带可能会影响至23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}), 但该含水层富水性弱, 且赋存水量小, 未来三年采掘规划区域内23-2煤层底板突水系数为 $0.015876MPa/m$, 小于《煤矿防治水细则》及《煤矿防治水“三区”管理办法》中底板突水系数规范值 $0.6MPa/m$ 。综上所述, 23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 对矿井23煤层的安全生产影响较小。

3.2 建议

23-2~25-1煤层之间砂砾岩含水层 (H_{5-2}) 涌水量较小, 富水性较弱, 但在局部构成23-2煤层的直接底板, 在整体上为23-2煤层的间接或直接充水含水层。为保证生产安全, 在23-2煤层的采掘生产过程中, 仍需注意底板涌水情况, 尤其是在前期物探、钻探工作中揭露构造的块段, 需要加强对底板涌水的监测。必要时, 可采取超前探放水、注浆封堵等手段对底板涌水进行控制, 以保证矿井生产安全。

参考文献:

[1] 边凯, 李思宇, 刘博, 等. 承压水上含断层煤层开采底板突水规律研究[J]. 煤矿安全, 2022, 53(6): 169-177.

[2] 宋忠亮, 邓新刚, 陈玉海. 煤层底板突水评价及涌水量预测方法研究[J]. 能源技术与管理, 2021, 46(1): 140-141, 155.

[3] 乔伟, 李文平, 赵成喜. 煤矿底板突水评价突水系数-单位涌水量法[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(12): 2466-2473.

[4] 杨云, 樊洪江. 一种关于底板岩溶含水层矿坑涌水量预测的近似方法[J]. 西部探矿工程, 2015(3): 119-120.

[5] 李景恒, 许延春, 张波, 刘鸿泉. 深部首采工作面顶底板涌水量预计[J]. 煤矿开采, 2003, 8(1): 66-68.

作者简介:

杨晨 (1997-), 山东青岛人, 山东能源集团南美地矿建设分公司, 学士。