

鹤煤六矿深层开采承压水头限值研究

李向楠

河南理工大学 河南省焦作市

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.295

[摘要] 目前我国煤矿开采都已达到埋深 500-800m 的深部,承压水头值偏高,严重威胁煤矿安全生产。为了确保煤矿的顺利安全生产以鹤煤六矿为例,基于 FLAC^{3D} 以及 ArcGIS 根据煤层开采地板破坏模拟结果和突水系数法对鹤煤六矿做突水危险性评价并指出承压水头限值。

[关键词] 底板突水; 承压水头; 突水系数法; 鹤煤六矿

随着我国煤炭资源的过度开采,浅部煤层逐渐被开采完,各煤矿进入深部开采,煤层底板承压水头增大,严重威胁煤矿的安全生产^[1]。所以十分有必要进行煤层底板承压水头限值的研究。本文综合利用现有鹤煤六矿基本地质、水文地质、钻孔资料数据参数,基于 Flac3D 进行煤层回采地板破坏深度模拟,并综合有效隔水层厚度对煤层底板承压水头基于 ArcGIS、突水系数法进行大致研究^[2-4]。

1 鹤煤六矿基本情况

1.1 自然地理

鹤煤六矿位于河南省鹤壁矿区中部,与鹤壁三矿八矿相邻,总体呈现低缓丘陵地貌,地势东南偏低,西北偏高,相对高差可达101m。矿井中部分布着起伏较大的低缓丘陵与岗垄。鹤煤六矿属海河流域中的卫河水系,汤河是矿区内唯一季节性河流。



图 1-1 鹤煤六矿地理位置

1.2 矿区地质、水文地质条件

鹤煤六矿井田地表覆盖新生界地层,由钻孔资料揭露,自上而下发育第四系(Q)、新近系鹤壁组(N₂h)、二叠系上统石盒子组(P₂s)和石千峰组(P₂sh)、二叠系下统山西组(P₁sh)和下石盒子组(P₁x)、石炭系本溪组(C₂b)和太原组(C₂t)以及奥陶系中统马家沟组(O₂m)。

鹤煤六矿井田整体构造特点为地层走向北北东,倾向南西西,倾向在 8°~47°之间。构造以断层发育为主,褶皱、陷

落柱其他构造也略有发育。据资料统计落差超过 30m 的断层有 27 条,均为正断层,地质构造复杂程度级别划分为中等。

依历年资料及计算,目标矿区水文地质类型条件划分为复杂(表 1-1),主要表现在煤层开采受突水危害影响较大,二灰水以及奥灰高承压水随着采掘的深度加深,水压变大,易发生通过断层等导水构造带向井田充水的隐患。

表 1-1 鹤煤六矿水文地质类型划分简表

分类依据		鹤煤六矿水文地质概况	类别划分
受采掘破坏或影响的含水层及水体	含水层性质及补给条件	受采掘破坏或影响的含水层是二 ₁ 煤顶板砂岩裂隙含水层和底板八灰水,富水性弱,补给不充沛,以静储量为主,影响采掘生产,但没有直接威胁。	中等
	单位涌水量(L/s·m)	1.0<q≤5.0	复杂
矿井及周边老空水分布状况		矿区井田周边小煤矿均已关停充填,本矿老空积水位置、范围、积水量清楚。	中等
矿井涌水量(m ³ /h)	正常 Q1	142-263	中等
	最大 Q2	492.5	
突水量(m ³ /h)		432	中等
开采受水害影响程度		随着采掘深度加深,水压变大,水害影响较大,时有突水发生。	复杂
防治水工作难易程度		防治水工作易于进行	中等
综合评价		水文地质类型复杂	

2 研究方法

2.1 煤层底板承压水头影响因素分析

通过对鹤煤六矿历年突水资料分析可以得出影响底板突水的主要因素为奥灰含水层的富水性及其对二₁煤层底板的水压,断层的分布状况以及有效隔水层厚度的大小。通过 Flac^{3D} 平台,对煤层开采地板破坏深度模拟,得出六矿二₁煤标高-740m 工作面,在斜长在 160m 条件下,底板采动破坏深度为 20.77m。依据破坏深度 21m 校准底板隔水层有效厚度,再计算底板承压水头值。

2.2 基于 Flac3D 进行煤层回采地板破坏深度模拟

选取鹤煤六矿边界处二₁-3009 工作面煤层模拟其回采工作,二₁煤底板标高-740m。设计全长 850m,倾斜长 120m-180m,煤层倾角平均为 14°。根据煤层赋存特征,设定岩层为相对水平分布,同时结合作业面布置方位以及模型对称性的特点,建立其对应的三维数值模型(图 2-1):

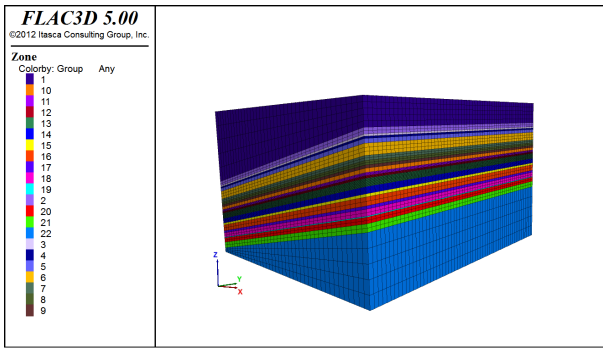


图 2-1 研究矿区 Flac3D 模型

模型中, X轴是工作面倾向; Y轴为走向; Z轴即为重力方向, 模型尺寸数据确定为600m×700m×400m, 模型共模拟22层, 模拟参数由实地钻孔资料以及实验室压轴试验等确定如表2-2:

表 2-2 模拟地层岩石物理力学参数表

岩性名称	密度 (kg·m ⁻³)	体积模量 (GPa)	切变模量 (GPa)	内聚力 (MPa)	内摩擦角 (°)	抗拉强度 (MPa)
砂锅窑砂岩(1)	2637	18.84	16.17	39.27	41	5.7
小紫泥岩(2)	2548	9.33	7.2	19.3	34	1.98
砂岩(3)	2637	17.24	15.81	39.27	41	5.1
泥岩(4)	2548	9.33	6.51	13.3	16	0.12
砂质泥岩(5)	2630	14.36	9.87	18	13	0.15
中粒砂岩(6)	2637	15.48	14.04	39.27	41	1.03
砂质泥岩(7)	2630	11.37	7.24	8.27	27	1.85
砂岩(8)	2637	14.74	13.75	7.87	35	3.19
砂质泥岩(9)	2630	7.33	4.11	9.2	15	0.34
煤(10)	1554	1.825	1.322	10.845	31.5	0.932
泥岩(11)	2548	9.33	3.82	2.3	34	0.19
砂岩(12)	2637	15.62	14.21	24.27	41	3.8
泥岩(13)	2548	9.33	6.48	5.94	34	1.2
砂质泥岩(14)	2630	10.26	6.84	35	35	3.98
石灰岩 L ₁ (15)	3417	28.65	21.02	41	28	4.89
泥岩(16)	2548	9.33	7.02	6.98	29	0.59
砂岩(17)	2637	18.84	15.24	39.97	41	4.9
砂质泥岩(18)	2630	13.82	8.02	35	15	3.84
石灰岩 L ₂ (19)	3417	30.02	30.06	41	22	4.02
砂质泥岩(20)	2630	14.03	8.61	35	15	4.59
泥岩(21)	2548	9.33	6.98	18.3	34	0.44
石灰岩 L ₂ (22)	3417	40.65	32.01	41	22	5.9

模拟开挖二1煤层, 工作面沿走向以10m为一步向前推进, 共开挖30步。在模拟回采工作面推进至160m处, 底板应力达到最大30.93MPa并在之后推进过程中达到稳定(如图2-2), 底板Z轴位移差也达到平衡(如图2-3), 塑性破坏区底板最大深度达20.77m其后也均稳定(如图2-4)。

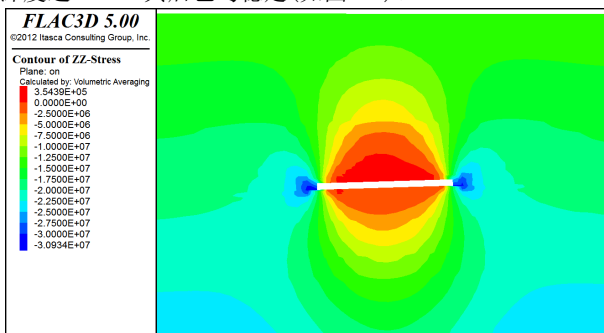


图 2-2 工作面底板岩体应力变化云图

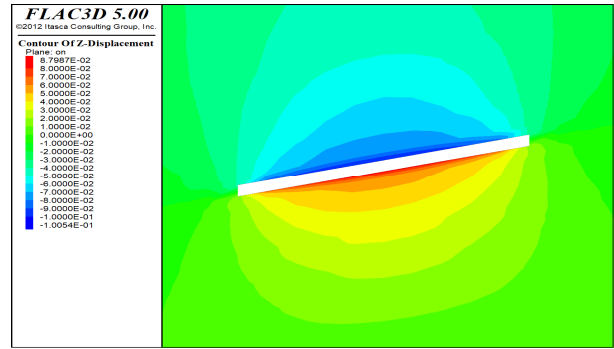


图 2-3 工作面底板 Z 轴位移差

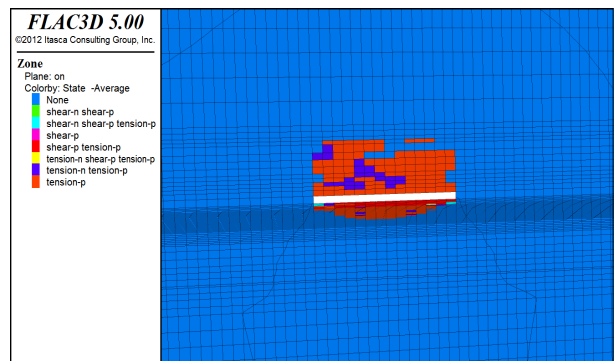


图 2-4 煤层顶底板塑性区分布

据多次模拟结果分析可得出, 在围岩条件不变的情况下, 由于埋深的增加、斜长增大, 工作面支承压力增大, 推进相同距离时, 底板破坏深度会随着埋深的增大而增大。埋深越大, 开采煤层时, 对底板破坏越大, 所以在开展深层开采时需要注意突水危险对煤矿的影响; 模拟最大破坏深度为20.77m, 距离煤层底板含水层还有一定距离, 在无其他影响因素的情况下, 正常开采对含水层不会破坏, 没有突水危险。若遇到断层、陷落柱等危险因素, 需要另外单独考虑。

2.3 承压水头限值计算

据矿区钻孔资料显示, 奥灰水位标高为+128m, 煤层底板距离奥灰顶界面之间的隔水层厚度在 136~184m 之间, 考虑煤层开采底板破坏深度 21m, 按照临界突水 $TS=0.06\text{MPa/m}$ 的限值, 突水系数超过临界值对应的煤层底板标高是公式(2-1):

$$\frac{h_{\text{临}} \times 0.01 + 1.36 + 1.28 - 0.21}{136 - 21} = 0.06\text{MPa/m} \quad (2-1)$$

因此, 六矿煤层底板标高-447m 以下的区域为奥灰突水危险区。考虑到断层是底板承压水的主要充水通道, 将煤层底板标高-447m 以浅但存在断层构造破坏区域也划分为突水危险区, 其它区域采煤工作面煤层底板均受二灰水压的作用, 但突水系数小于临界值, 属于突水威胁区。

作用在奥灰隔水层底板上的承压水头H可计算为公式(2-2)。

$$H = h_{\text{奥}} - h_{\text{临}} + M \quad (2-2)$$

其中 $h_{\text{奥}}$ 为奥灰水水位标高。

M, 隔水层厚度, 115~163m。

煤层底板标高超高-447~-692m, h 临界值-447m。

承压水头最小值为 128-(-447)+115=690m。

综上, 在鹤煤六矿奥灰承压水头大于 690m 时, 研究区内煤层底板开采突水危险增大。

3 结果验证

突水系数法随着科技发展进步逐渐完善公式, 目前运用最广泛的公式(3-1)为:

$$T_s = \frac{P}{M} \quad (3-1)$$

式中: T_s —突水系数, MPa/m。

P—底板隔水层承受的水压, MPa。

M—底板隔水层厚度, m。

鹤煤六矿奥灰含水层富水性, 是二灰含水层的间接不及来源, 在断层等破裂构造揭露下易发生井田突水事故。所以采用的奥灰承压水压以及考虑煤层开采底板破坏深度的底板隔水层有效厚度作为计算依据, 运用 ArcGIS 软件对水压和隔水层有效厚度进行处理, 得鹤煤六矿突水威胁分区图(图 3-1):

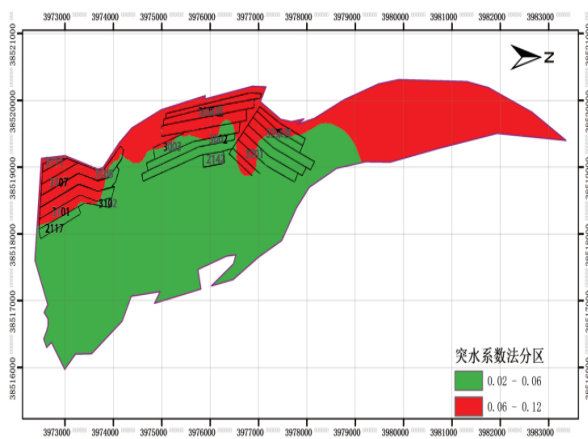


图 3-1 工作面突水危险区域

基于 ArcGIS 平台, 将承压水头分区图与矿井底板突水危险性分区图相叠加, 调节突水危险性分区图层透明度至 30%, 描绘出突水危险的边界线(图 3-2), 在边界线上部为鹤煤六矿底板突水危险区, 在边界线下部为安全区域。坐标点在界线一下为安全, 在界线以上为危险。突水危险界线上的承压

水头数值并不一样, 为了确保煤矿在安全开采, 承压水头限值应为界线上的最小值。在 ArcGIS 中识别出突水危险界线上的像素值导出界限上承压水头值。最小值 686.45m, 与公式计算承压水头限值 690m 相符。

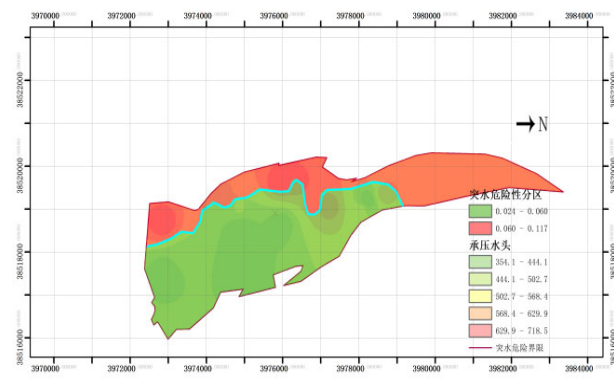


图 3-2 突水危险的边界线

可以很直观的看出工作面标低为-440m 的 2117 工作面以下均为突水危险区, 与计算值-447m 几乎吻合, 承压水头值计算也为相对正确。

4 结论

通过历年突水数据资料结合鹤煤六矿地质、水文地质条件确定影响研究区域深层开采突水危险条件主要是奥灰富水性及其高承压可通过断层等构造破坏裂隙向井田充水。通过 Flac^{3D} 进行回采模拟, 可知开采活动影响底板破坏深度可达 21m, 联系奥灰含水层得出奥灰隔水层有效厚度在 115~163m 之间, 通过公示计算得出煤层标高在-447m 一下为高承压突水危险区域, 承压水头限值为 690m。

【参考文献】

- [1] 靳德武, 刘英锋, 刘再斌, 等. 煤矿重大突水灾害防治技术研究新进展[J]. 煤炭科技, 2013, 41(1): 25-29.
- [2] 刘其声. 关于突水系数的讨论[J]. 煤田地质与勘探, 2009, 37(04): 34-42.
- [3] 武强, 张波, 赵文德. 煤层底板突水评价的新型实用方法: 基于 GIS 的 ANN 型、证据权型、Logistic 回归型脆弱性指数法的比较[J]. 煤炭学报, 2013, 38(1): 21-26.
- [4] 姜鹏. 基于综合评判法的煤矿突水水源识别分析[J]. 煤炭工程, 2016, 48(11): 61-64.