

# 基于 UDEC 的开采岩层与地表移动动态模拟研究

雒瑞健 (山西吕梁离石西山晋邦德煤业有限公司, 山西 吕梁 033000)

**摘要:** 受地下采掘扰动影响, 采空区上覆岩层在围岩应力影响下产生移动和变形, 易造成地表塌陷地质灾害。本文以晋邦得矿为工程背景, 针对黄土层煤矿的地表变形, 采用 UDEC 数值模拟软件对地表变形塌陷进行仿真分析, 揭示了该矿综放条件下地表移动变形规律和覆岩破坏规律, 同时也为“三下”煤层的安全高效开采和后续工作的开展提供参考与借鉴。

**关键词:** UDEC 数值模拟; 岩层与地表移动; 塌陷; 变形观测

## 0 引言

矿井地表塌陷是威胁矿井安全生产的重要因素之一。随着, 矿井采掘规模和开采强度的不断增加, 地下煤层在采掘过程中, 岩体逐步松散冒落充填采空区并向上传递至地表, 导致地表移动; 如不及时采取措施回填, 受重力作用易造成采空区上覆岩层和地表移动发生地表沉降。而不同的地质构造下, 采空区的地表变形和沉降规律也存在明显的差异。为此, 诸多学者对煤矿采空区地表塌陷区域的地表变形和沉降规律进行过相关研究, 桂庆军, 范少华<sup>[1]</sup>基于 UDEC 数值模拟方法, 对厚黄土覆盖区, 综放开采条件下地表采煤塌陷区的移动变形分布规律进行研究。但是对于特殊地质条件下, 地表移动规律研究还相对缺乏。本文结合晋邦得矿实际地质条件, 采用 UDEC 数值模拟软件对地表的移动变形进行仿真分析, 研究地表移动变形的规律, 为矿井地质条件相类似的“三下”煤层安全高效开采提供理论参考。

## 1 矿井地质条件概况

晋邦得矿井田位于山西吕梁市离石区北约 15km 处的西属巴镇上则焉村、炭窑里村与茂塔沟村, 井田面积 9.02km<sup>2</sup>, 设计生产能力 120 万 t/a, 现主要开采 3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup> 和 10<sup>#</sup> 煤层。井田属吕梁山系, 为典型的黄土高原地貌。地貌类型以侵蚀的黄土梁、峁为主, 其次为黄土沟谷地貌中的冲沟。沟谷地段有新近系、二叠系上石盒子组出露, 井田内地形复杂, 沟谷纵横, 地势总体呈东西高, 中间沟谷低, 最高点位于井田西北部前梁圪塔, 标高 1319.40m, 最低点位于井田东部边界处的沟谷, 标高 1007.00m, 最大相对高差 312.40m。

## 2 数值模型的构建

结合晋邦得矿水文地质条件, 采用 UDEC 软件建立相应的地表覆岩模型, 对开采工作面的地表变形进行分析。UDEC 是进行离散单元计算分析的软件, 适用于覆岩及地表等非连续体的仿真分析, 可以较为准确的反应变形的情况。UDEC 包含不同的结构模型, 依据所进行分析的煤矿地质条件, 选取塑性模型进行数值分析。依据晋邦得矿的地质条件及工作面情况, 建立分析模型如图 1 所示, 在长度上模型为 500m 长, 煤层的平均深度为 146m, 分布在 126~167m 上, 煤层的厚度为 6m。

对于所进行分析的模型的边界条件进行设定, 两侧

约束为单约束, 底部为全约束, 上方为地表的自由表面, 对模型进行开采的长度为 300m, 沿长度方向设置不同的监测点一次进行地表变形的仿真分析<sup>[2]</sup>。

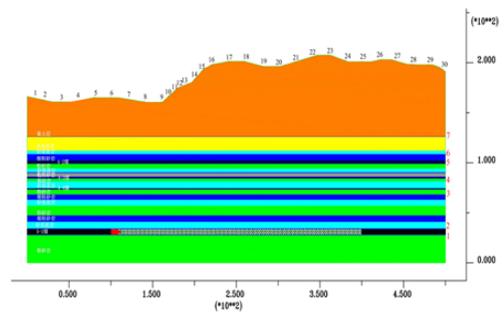
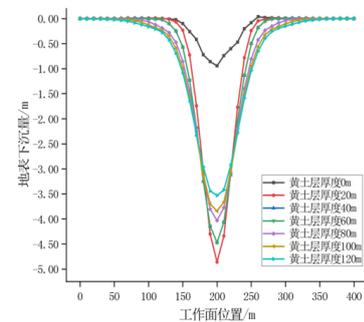
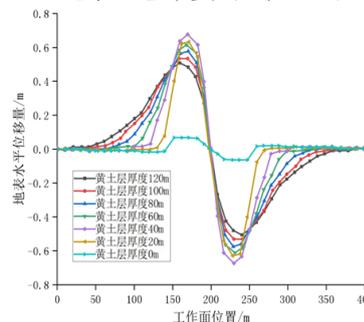


图 1 地表分析模型及监测点

## 3 开采地表变形仿真分析



a 地表垂直变形位移曲线



b 地表水平变形位移曲线

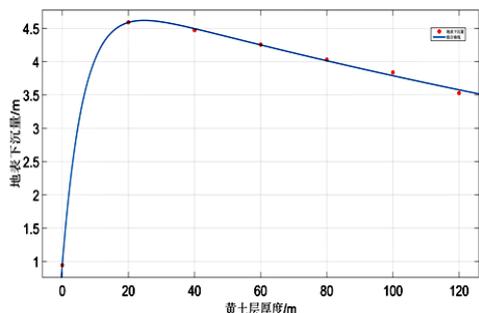
图 2 地表位移变化曲线

依据 UDEC 建立的模型, 对地表变形进行分析, 由于在地表变形中, 地质因素和采矿因素均是引起变形的原因, 而在这之中, 地表因素起主要的控制作用, 因此在分析中, 针对地质因素下主要的黄土层厚度进行分析。针对所建立的模型, 采用 UDEC 软件设置相应的煤岩的力学参数, 岩层的组合依据实际的矿井条件进行确定,

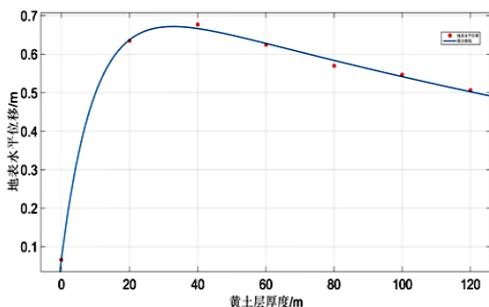
保证开采条件不变的情况下, 设置不同的黄土层厚度为 0-120m, 对不同厚度下的底边变形量进行分析<sup>[3]</sup>。

通过 UDEC 模拟计算, 得到不同黄土层厚度下的变形结果, 将相应的数据进行整理, 得到如图 2 所示的地表的垂直变形及水平变形的位移曲线。从图 2a 可以看出, 地表的垂直位移量随黄土层厚度的变化呈现相同的变化趋势, 在黄土层厚度较小时, 随着厚度的增加地表的垂直位移逐渐增加, 而黄土层达到一定厚度之后, 其地表的垂直位移量呈现减小的趋势; 在图 2b 中, 地表的水平位移量随黄土层厚度的变化同样呈现相同的变化趋势, 地表的水平位移量在黄土层厚度较小时, 随着土层厚度的增加, 水平位移量增加, 而在土层厚度达到一定值后, 地表的水平位移呈现减小的趋势<sup>[4]</sup>。

通过上述的分析可知, 在进行黄土层覆盖的煤层开采时, 地表的变形与黄土层的厚度具有一定的关系, 当黄土层厚度较小时, 厚度越大, 则变形量越大, 这时, 黄土层对变形施加载荷, 当黄土层厚度增加到一定值后, 对于地表的垂直位移起到缓冲的作用, 此时增加的黄土层减小了变形的载荷; 同样对于水平方向的变形量, 在厚度较小时, 增加了变形作用, 黄土层拉伸作用增加了变形量。随着黄土层厚度的变化, 地表的沉降量并不是呈现线性的增加, 这是由于黄土层的结构及易于移动造成的<sup>[5]</sup>。



a 厚度对地表下沉量影响



b 厚度对地表水平变形量影响

图 3 黄土层厚度对地表水平变形量影响曲线

在开采过程中, 由于采掘扰动作用的存在, 黄土层在一定厚度时, 破坏作用由工作面逐渐向黄土层传递, 由于黄土层比较松软, 会造成黄土层向下的移动, 黄土层不断进行压缩, 使得地表的沉陷逐渐增加; 而在黄土层增加到一定厚度之后, 黄土层自身对于采用作用进行消散, 其向上继续传递的载荷减小, 使得覆岩的破坏作用无法传递到地表面, 从而降低了地表的沉陷值<sup>[6-7]</sup>。

针对黄土层厚度及开采的下沉量进行拟合, 得到如图 3 所示的黄土层地表变形曲线。

从上图可知, 黄土层对于地表的垂直位移下沉量与水平位移作用是一致的, 均呈现出先增加后减小的趋势, 由此即可得到地表垂直位移及水平位移的函数方程<sup>[8,9]</sup>, 分别为:

地表的垂直位移变形量:

$$f(x)=5.054e^{-0.002879x}-4.11e^{-0.1559x}(0 \leq x \leq 120)$$

式中:  $f$  为地表的垂直位移下沉量;  $x$  为黄土层的厚度。

地表的水平位移变形量:

$$f(x)=0.7892e^{-0.002879x}-0.7236e^{-0.1017x}(0 \leq x \leq 120)$$

式中:  $f$  为地表的水平位移变形量;  $x$  为黄土层的厚度。

#### 4 结论

①矿井开采规模和强度的不断加大, 增加采空区面积, 造成开采地表的变形, 引发地质的塌陷。由于黄土层的地质构造松软, 对于地表下沉盆地异常陡峭受地表厚松散层影响, 地表下沉盆地异常陡峭。受矿压影响采空区上方下沉值大, 工作面边界附近下沉值变化迅速, 边界下沉逐步减小; ②地表的移动变形较为连续, 未出现明显的台阶状破坏和大的地表裂缝, 工作面正上方压缩变形相对明显; ③采掘过程中, 上覆岩层动态变化相对较短, 而整体变形时间相对连续, 动态变形过程相对缩短, 动态变形值大, 地表移动持续时间缩短, 特别是衰退期显著缩短, 地表沉降量主要集中于活跃期; ④通过采用 UDEC 数值模拟软件仿真分析, 相同的开采深度下, 地表下沉系数与黄土层厚度成正比关系, 厚度越大, 则变形量越大; 而岩移边界角与黄土层厚度则成反比关系。

#### 参考文献:

- [1] 桂庆军, 范少华. 基于 UDEC 的山区浅埋煤层数值模拟研究 [J]. 煤矿现代化, 2014(01):80-82.
- [2] 张纪星, 师修昌. 厚松散含水层下固体充填采煤岩层移动控制与实践 [J]. 世界地质, 2019,38(03):274-279.
- [3] 王金庄, 魏生海. 巨厚松散层下采煤地表移动规律的研究 [J]. 煤炭学报, 1997,22(1):18-21.
- [4] 张荣亮. 夹河煤矿深部开采地表移动变形规律 [J]. 徐煤科技, 2018(4):10-11.
- [5] 滕永海, 杨洪鹏, 张荣亮. 夹河煤矿深部开采地表移动规律研究 [J]. 矿山测量, 1998(04):15-17.
- [6] 陈钢, 赵飞. 基于 UDEC 的断层对岩层和地表移动规律的数值模拟与分析 [J]. 内蒙古煤炭经济 2014(9):183-184.
- [7] 柴文彦. 硬厚岩浆岩下采动地表沉陷规律研究 [J]. 山东煤炭科技, 2018,17(09):169-170+173.

#### 作者简介:

雒瑞健 (1993-), 男, 2015 年毕业于四川科技职工大学, 从事煤矿地质测量工作。