

邯邢地区深部 4 煤工作面煤层底板采动破坏特征研究

卫皓皓

(峰峰集团邯郸宝峰矿业有限公司九龙矿, 河北 邯郸 056000)

【摘要】为研究深部煤层底板破坏特征, 在 15445N 工作面开展了连续、实时、动态的底板注水数据监测研究。结果表明, 开采对监测点开始产生影响的距离为 66m 左右, 监测点越浅影响距离越远; 最大破坏位置位于工作面前方 5m 处, 采动影响范围为工作面前后 20 ~ 55m 范围内, 最大底板破坏深度为 34m。

【关键词】底板注水; 监测点; 采动影响

引言:

九龙矿位于峰峰矿区东南部, 1991 年 4 月 29 日投产。从投产至今, 已经开采了 7 个野青工作面, 各个工作面均发生了不同程度突水事故, 这主要是由于自然状态下, 水岩处于一个平衡状态, 一旦煤层开采, 将会引起回采空间周围岩层应力的重新分布, 破坏自然的平衡状态, 容易诱发矿井底板突水事故。本文以九龙矿 15445N 工作面为例, 通过利用现场探测和底板岩层扰动破坏的动态监测等手段, 综合分析确定煤层开采对底板的影响及破坏带的深度, 为分析底板岩层的变形破坏特征奠定了实践验证基础。

一、工作面概况

15445N 工作面位于矿区北五采区, 南部为北五采区皮带下山; 北部为北二皮带下山; 东部为 F₃₅ 断层; 西部为北二下部进风巷, 工作面标高在 -710 ~ -770 米。15445N 工作面南北走向长 480 ~ 496m, 倾斜宽度 126m。工作面为单斜构造, 煤层倾向为 N6°E, 倾角 12° ~ 15°, 15445N 工作面开采 4[#] 煤, 煤层为单一结构, 平均煤厚 1.6 米。

二、注水试验钻孔参数与施工工艺

(一) 注水试验孔布置

利用 15445N 工作面现有钻场 (经纬点 138 附近) 布置 4 个试验孔, 钻场距离开切眼 300m 左右。钻孔呈均匀排列, 其位置距离煤壁 1m, 方位角为 285°, 总体控制深度 18 ~ 35m。此外, 为便于得到连续的观测数据, 且防止在开采过程中对注水管等设备受到损坏, 需要在运输巷道 (下巷) 外侧引出 40m 注水管, 并安装观测设备。钻孔接头处需要用枕木保护。

(二) 注水试验钻孔结构与施工技术要求

1. 开孔采用 $\phi 127\text{mm}$ 钻进至距设计深度 (设计钻孔倾斜长度) 1m (依据实际情况确定) 时, 停止钻进, 测量实际长度和钻孔倾角。

2. 下 $\phi 108\text{mm}$ 套管至钻进深度, 后孔底加压注浆直至孔口管外壁冒浆为止;

3. 待浆液充分凝固后, 再用 $\phi 75\text{mm}$ 钻至设计深度, 裸孔长度 1m;

4. 将 $\phi 75\text{mm}$ 钢管变径后通过法兰盘与 $\phi 50\text{mm}$ 高压注水管连接, 孔口需严密封闭。

5. 钻孔施工过程中准确记录实际钻孔长度和倾角。

6. 所有连接应做到密封不漏水, 试验前应进行测试。

(三) 煤层底板破坏深度探测结果分析

为了监测回采前底板原生裂隙的发育情况以及顶板可能对底板破坏深度的影响, 观测时间从回采开始前开始, 直至回采结束。依据现场情况, 采用连续注水和间断观测。

现场监测要求: 监测设备安装完成后, 每两天观测一次; 在工作面开始推进以后, 每天观测 1-2 次, 直至不能观测为止。

1. 钻孔监测结果分析。4 个钻孔控制的煤层底板岩层最大垂直深度分别为 34m、26.38m、22.5m、18.35m。

(1) 1[#] 钻孔监测结果分析 (垂直深度 34m)。在工作面推过钻孔 10m 左右后, 因煤层底板底鼓使注水孔受到破坏, 无法进行正常观测。因此, 监测数据为采线距钻孔 70m 至工作面推过钻孔 9.8m 的区间, 监测结果如图 1-6 所示。图中工作面采线与钻孔的距离以钻孔为 0 点, 接近钻孔的距离标注为 “+” 号, 远离钻孔的距离为 “-” 号, 其余钻孔均采用相同的标注方法。注水试验前期 (采线距钻孔 76.93 ~ 31.3m): 钻孔单位注水量与工作面推进无关, 单位注水量为 0, 总体无变化。注水试验中、后期 (采线距钻孔 31.3 ~ -9.8m): 在工作面推进到距离钻孔 31.3m 时, 单位注水量开始有小幅增加, 在距离采线 22.3m 达到最大注水量 (0.038L/min)。以后随着工作面推进, 单位注水量呈逐渐下降趋势。上述变化特征表明, 该钻孔 34m 深度范围内原生裂隙不发育且连通性较差。在工作面采线与钻孔距离大于 31.3m 时, 工作面开采对该深度范围内的岩体基本无影响; 在工作面采线与钻孔距离小于 31.3m 后, 工作面开采对该深度范围内的岩体有轻微破坏。

(2) 2[#] 钻孔结果分析 (垂直深度 26.38m)。在注水试验过程中,随着工作面的推进,单位注水量前的变化不大,后期逐渐上升。在注水试验的前期阶段,当钻孔距离工作面的位置较远时,单位注水量基本为 0。当工作面推进至距钻孔 39.2 m 时,钻孔的单位注水量增大到 0.035L/min,以后随着工作面向钻孔的推进,单位注水量呈现跳跃上升趋势。当工作面推过钻孔 7.5m 后,单位注水量达到最大的 0.12 L/min。上述变化特征表明,此深度范围内原生裂隙不发育且连通性较差,但在煤层开采后,煤层底板应力会重新分布,并且煤层底板经历了压缩和膨胀的交替变化过程,使底板产生次生裂隙或发生裂隙扩展,从而引起注水量的变化。

(3) 3[#] 钻孔结果分析 (垂直深度 22.5m)。在注水试验过程中,随着工作面的推进,单位注水量总体上呈现由前期的基本不变到后期的突然上升的变化趋势。在注水试验的前期阶段,当注水钻孔距离采线的位置较远时,单位注水量变化比较小,基本为 0。当采线推进至距钻孔 12m 时,钻孔的单位注水量突然增大到 0.23L/min,以后随着采线面向钻孔的推进,单位注水量呈现明显的上升趋势,当采线推进至距钻孔 9m 时最大单位注水量达到 0.28L/min,此后单位注水量稳步下降。上述变化特征表明,前期注水量变化不大说明在此深度范围内原生裂隙发育较差且连通性较差。随着工作面与注水孔的距离不断减少,煤层采动对底板的影响明显增大,使得底板产生新裂隙或原生裂隙连通,单位注水量增加。采线推至钻孔附近,注水量的稳步下降说明新的应力场趋于稳定。表明此深度范围内,底板受到采动影响明显,煤层底板发生破坏。

(4) 4[#] 钻孔结果分析 (垂直深度 18.35m)。采线推进距 4[#] 钻孔 59.33m 时,因 4[#] 钻孔孔内出水,水压大于注水压力,造成无法向孔内注水,致孔口跑水,无法观测 4[#] 钻孔。在注水试验过程中,随着工作面的推进,前期单位注水量变化不大,后期注水量突然上升。在注水试验的前期阶段,当钻孔距离采线的位置较远时,单位注水量变化比较小,基本为 0。当采线推进至距钻孔 67.13m 时,钻孔的单位注水量开始增大,当采线钻孔到 59.33m 时,最大单位注水量达到 11L/min。前期注水量变化不大说明在此深度范围内原生裂隙发育较差且连通性较差。但在工作面推进过程中,煤层底板应力重新分布,使底板扩展原生裂隙或产生次生裂隙,从而引起注水量的变化,导致后期注水量的迅速上升。说明此深度范围的底板明显受到采动影响,煤层底板发生破坏。现场探测研究能够直观地反映不同深度的煤层底板的变形和破坏情况。综合以上对监测数据的分析,该工作面煤层底板监测钻孔控制深度内的底板岩层均发生了不同程度的破坏,现场监测点实测底板最大破坏深

度为 34m。最大破坏位置位于工作面前后 4~8m 处,采动影响范围为工作面前后 10~66m 范围内。

2. 底板应力随工作面推进的变化结果分析。选取距离煤层底板深度为 10.5m、25m、34.25m、39.5m,距离切眼的水平距离为 28m 和 130m,对底板应力随工作面推进的变化结果分析,模拟结果显示,当工作面推进距测点 15m 左右的位置时,底板所受压力逐渐升高,开始应力集中现象,当工作面推进至据测点 5m 的位置时,应力开始下降,当工作面推过测点 5m 左右的位置,应力值又开始上升,直至工作面推过测点 30m 左右的位置,应力开始回降,最终保持在一个平稳的状态。从这两组特殊点的模拟结果中可以看出,随着工作面的推进,煤层底板的应力要经历一个上升—下降—上升—下降的过程,最终趋于一种平稳的状态。造成这种情况的原因主要是,在开采初期阶段,所测点位于工作面前方,此时底板岩层承受工作面顶板支撑压力带来的超前压缩,使得工作面前方底板岩层呈现受压状态,应力集中,应力值升高。随工作面的推进,采空区范围逐渐增大,此时采空区下方开始卸压,从而使得应力值突然下降,当工作面推至测点前方 10m 左右的位置,应力值达到最低,也就是煤层底板最薄弱的位置,底板的变形破坏程度达到最大。工作面继续推进后,工作面顶板开始垮落,随着采空区内垮落矸石的充填压密,底板又开始受到压缩,应力值随之开始升高,随着覆盖岩层活动的稳定,应力恢复到原岩应力状态,应力变化出现较稳定的波动。上述模拟结果表明,在距离底板 10.5m 和 25m 的深度范围内,应力变化较大,分析认为,此深度的岩体已经遭到明显破坏。

3. 底板位移随工作面推进的变化结果分析。同样选取距离煤层底板深度为 10.5m、25m、34.25m、39.5m,距离切眼的水平距离为 28m 和 130m,对底板位移随工作面推进的变化结果分析,模拟结果可以看出,在开采的初期阶段,不同深度的煤层底板的岩层就开始产生移动。当工作面推进至测点 18m 左右的位置,底板开始上升,发生底板鼓起的现象,至工作面推进至测点前方 5m 左右的位置,底板的上升量达到最大值,此时底板的塑性变形已经达到最大程度,随即采空区开始卸压,集中应力的突然释放,底板即以脆性破坏的形式释放弹性应变能,以达到岩体内部能量的重新平衡,这样就可能引起工作面底板的岩体发生破坏。随着工作面的继续推进,工作面顶板垮落,使得底板的鼓起量逐渐减小,随着垮落岩层的充填密实程度,底板再次恢复到原始状态。随后,始终保持一个较稳定的变化趋势,至开采结束。而在图 3-28 中,在开采初期阶段,底板岩层位移变化量较小,基本保持不变,当工作面推至距离测点 30m 左右的位置时,煤层底板岩层才发生位移,其他变化特征同。随着工作面的推进,底板应力变化和底板位移变化的趋势相

符合,但从模拟结果来看,煤层底板的位移变化具有一定的滞后性。

综上所述,在矿压等因素的作用下,工作面的开采对煤层底板岩层的影响特点在水平方向上可以分为三个阶段:采前超压缩段、采后泄压膨胀段、采后压力压缩稳定段。随着工作面的推进,煤层底板岩层变形破坏在水平方向上呈现的上述三个阶段在开采过程中交替出现,直至工作面开采结束,且底板岩层最大的变形破坏位于工作面前方 5m 左右,并具有一定的滞后性。

4. 工作面跨度对底板破坏影响分析。煤层开采后,处于原始自然平衡状态的应力开始重新分布,其影响因素包括多种,既有外部因素,又有内部因素。外部因素包括:采煤方式、工作面大小、奥灰水压等;内部因素包括:隔水层厚度、岩性组合、岩体强度等。在其他条件(影响因素)一定情况下,对开采工作面不同开采跨度的情况进行了模拟计算,探讨开采过程中,探讨跨度对工作面底板的影响,并探讨二者之间的关系与规律。

(1) 开采过程中底板应力变化结果的分析。煤层开采后,煤层底板应力重新分布,影响范围的形态类似“马鞍形”,在巷道的附近出现应力集中现象,造成巷道的变形。自下巷至上巷,底板的应力分布情况为应力平稳区、应力增高区、应力降低区、应力增高区、应力平稳区。煤层底板应力集中系数的值,工作面两端大于中部。下巷应力影响范围大于上巷,应力集中程度更大,煤层底板岩层面支撑压力峰值点就出现在工作面下巷煤壁前方 5~20m 之间,即煤层底板的最大破坏深度位置出现在该区。针对工作面跨度的变化,煤层底板的应力情况相应发生变化。随着工作面跨度的增大,煤层底板的应力集中程度增大,使得煤层底板的破坏程度以及破坏范围都会相应加大,造成底板破坏深度的增加。同时随着距煤层底板距离的增大,应力值逐渐减小,受影响程度减小。针对工作面不同跨度的模拟情况,对模拟结果数据进行分析。在工作面跨度不同的情况下,选取距离底板不同深度的点作为关键点进行垂向应力分布特征的模拟分析。在开采过程中,随着深度的增大,垂向的应力值不断减小,说明随着深度的增加,对采空区的压力逐渐减小,受影响程度较小,当垂深达到 29m 左右时,应力值趋于一个稳定的状态,基本不再发生变化,而且没有再发生应力集中,说明在此范围内,不再受采动的影响。综上所述,工作面在采动影响下,在距工作面底板 29m 以内的范围的岩层可能遭到破坏,在破坏范围内,随着距离工作面底板距离的增大,受影响程度越小。

(2) 开采过程中底板位移变化特征分析。在模拟过程中,根据模拟需要,选择在工作面底板不同深度但位于同一剖面的点作为特殊点进行底板位移变

化的数值模拟。针对工作面跨度的不同,所选的剖面数量不同,本次计算针对工作面 150m、200m、250m 三种不同的跨度进行模拟,所选的剖面数值分别为 4 个、5 个、6 个,以工作面下巷的起点处作为初始剖面点,向下依次选取不同深度的点组成第一剖面。距工作面下巷 50m 处取第二剖面起始点,向下依次选取不同深度的点组成第二剖面,以此类推,每隔 50m 选取一个剖面,至完成模拟需要。通过对模拟结果进行分析处理,得出不同跨度的工作面的底板在采动影响下的位移变化等值线图。

工作面开采后,工作面底板应力重新分布,造成底板应力集中,煤层底板发生底鼓现象,随着深度的增加,底鼓量逐渐减小,工作面底板位移变化量的等值线总体呈现一个“马鞍形”的形态,与底板应力分布状态类似。随着工作面跨度的增大,底板位移变化量的密集程度也在增大,说明工作面跨度越大,对煤层底板的影响程度越大。在采动影响下底板的破坏程度,工作面的下巷大于上巷,最大破坏深度的位置应位于工作面下巷的下部,靠近第一剖面。数值模拟结果表明,底板破坏最大的部位发生在下巷工作面内侧靠近巷道的位置,并且在其他条件不变的前提下,随工作面跨度的增大,底板破坏深度增大。

三、结论

通过对矿井地区地质、水文地质条件分析,结合现场监测及数值模拟结果分析,九龙矿煤层底板的破坏特征如下:

1. 开采对监测点开始产生影响的距离为 66m 左右,监测点越浅影响距离越远;最大破坏位置位于工作面前方 5m 处,采动影响范围为工作面前后 20~55m 范围内。
2. 现状条件下,15445N 工作面监测点实测最大底板破坏深度为 34m。
3. 在不同的开采阶段,煤层底板的应力整体分布特征及形态基本不变,只是随工作面的推进,向前转移。
4. 受到采动影响的底板岩层,都会经历压缩—膨胀一再压缩的变形破坏过程。
5. 煤层底板岩层的破坏程度在垂向上呈现逐渐减小的趋势,即距离煤层底板较近岩层的破坏程度大于距离远的岩层。

参考文献:

- [1] 蒋勤明. 大采深工作面煤层底板采动破坏深度测试[J]. 煤田地质与勘探, 2009, 37(4): 30-33.
- [2] 田千. 深部煤层开采底板突水地应力控制机理研究[D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2015.
- [3] 吴基文, 姜振泉, 孙本魁, 煤层底板采动效应及其工程应用[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2011: 172-173.