

论煤田滑动构造与底板突水的关系^{*}

——以肥城矿区为例

孙立进 (山东煤炭工业局 济南 250031)

刘明雷 (江苏煤田勘探研究所 徐州 221006)

施龙青 (山东矿业学院矿压所 泰安 271019)

摘要 肥城矿区内重力滑动构造的基本特点是具有多层次性、多期性、小规模性和形式多样性。滑动构造加强了含水层之间的水力联系,降低了煤层底板的隔水能力,促进了岩石的应力溶蚀作用,复杂了水网络,减少了煤田深部突水。

关键词 滑动构造 突水 应力 溶蚀

中国图书资料分类法分类号 P641.46

作者简介 孙立进 男 36岁 工程师 煤田地质与勘探

1 引言

80年代以来,岩石圈中存在的滑动构造越来越被人们所认识,与此同时,浅层重力滑动构造在中国煤田中已大量发现^[1~7]。根据滑动构造的观点,地质工作者在找煤、区域构造及煤田内构造发育特征的重新认识等方面做了许多研究工作。然而对煤田滑动构造与矿井底板突水之间的关系研究重视不够。

2 煤田滑动构造基本特点

2.1 多层次性

煤田中滑动构造的发育在空间上具有多层次性,在时间上具有多期性的特点。煤田的重力滑动构造多沿煤层的顶、底及地层的不整合面或假整合面发育,因为这些接触面是岩石力学性质突变的界限。在水平挤压应力作用下,地层系统中这些接触平衡曲面上的点很容易达到奇点集^[8],因此垂直重力的很小变化也会导致岩层的失稳运动。

2.2 多期性

由于地壳中构造主压应力方向在各地质时期是不同的,所以某一特定方向的滑面在某一地质时期内相对活跃,而在另一地质时期内相对稳定,这就造成了滑动构造发育的多期性。同样,同一层位的滑面在不同的区域可在不同的地质时期内形成。

2.3 多级别性

由于地层中各薄弱面形成的机理、经受的地质历史不同,因此各滑动面在强度上具有多级别性,这就导致了滑动面具有主次之分。华北煤田的主滑面一般为奥陶系和石炭系之间的假整合面,次级滑面发育于上覆岩层的岩性界面中。另外,同一煤田的同一层位的滑面,在煤田的不同块断、不同深度滑动强度常有较大的差别。

2.4 小规模性

在重力作用下煤田内产生的重力滑动构造具有规模较小、滑动距离不大、滑动速度较慢的特点,特别是沿次级滑动面发育的滑动构造,多以蠕变式滑移为主。这是因为煤田内的滑动构造基本上是由于断块的掀斜使岩层失稳所造成,滑动的规模、距离、速度等受到断裂构造格架的控制,难以形成大规模、大区域的滑动构造运动。

2.5 形式多样性

滑动构造的主滑面多表现为顺层式,即沿层面发育,次级滑面则有多种表现形式,常见的有顺层式、切层—顺层式或顺层—切层式、切层—顺层—切层式和塑流式等。这就造成了不同滑面的力学性质复杂程度不同,以及同一滑面在不同的部位所表现的力学性质不同。如顺层式滑面的力学性质相对简单,而切层—顺层—切层式滑面的力学性质相对复杂,由浅到深可从张性—张剪性—纯剪性—压剪性变化。

^{*} 国家自然科学基金资助,项目代号:E0401,批准号:59774001

3 滑动构造与底板突水

3.1 滑动构造加强了含水层之间的水力联系

我国华北型煤田本溪组的徐家庄灰岩和奥陶系灰岩的岩溶水是矿井突水的两个主要水源。这两个含水层之间的距离一般在 10 m 左右,其间的岩性多为粘土岩、泥岩、粉砂岩,隔水性能很好,在正常条件下,这两个含水层不应该发生大规模的水力联系。然而大量的抽、放水资料表明,在大水矿区如肥城煤田,徐家庄灰岩和奥陶系灰岩的岩溶水具有相同的水质特征和同一的水位变化特征,成为统一水力系统。使得这两个含水层一体化的原因,除了通常的断层因素外,更重要的是滑动构造的影响作用。首先滑动构造能够造成地层的缺失或变薄,使得这两个含水层之间的距离缩短。在肥城煤田的杨庄、国庄、查庄等煤矿,这两个含水层的距离在一些地段只有 2~3 m,甚至完全接触。新汶煤田本溪组的缺失厚度为 1~17 m,个别钻孔还出现太原组和奥陶系灰岩直接接触的现象。值得一提的是这些区域地层的缺失时常以突变的形式出现,很难从沉积理论来解释。其次滑动构造使得这两个含水层之间的岩层破碎,岩石的力学强度降低,裂隙发育,且连通性好。奥陶系灰岩强度大,是原地滑动系统,其顶部的假整合面即为主滑面。上覆的本溪组构成滑动系统,因岩层强度低而易破碎。由此可见,滑动构造能够使奥灰水呈面型接触式地向徐家庄灰岩大规模补给,造成这两个含水层水动力条件基本一致或完全一致。这一认识对于研究煤矿底板突水机理具有重要意义。

3.2 滑动构造降低了煤层底板的隔水性能

在煤矿底板突水中,煤层底板隔水层是唯一的阻水因素,其厚度、岩性组合及损伤状况直接影响到其隔水性能。滑动构造除了能减薄其厚度外,更重要的是增加了其损伤度,在矿山压力及含水层承压水的作用下,隔水层能够整体被破坏,其隔水能力丧失殆尽。隔水层的损伤度与滑动构造发育程度成正比。滑动构造发育的程度可以用强度指数(K')来衡量,即:

$$K' = \frac{M_1}{M} + \sum_{i=1}^{M_1} N_i,$$

式中 M_1 —— 研究层段内滑面数;

M —— 研究层段内总层面数;

N_i —— 各滑动断层及节理密度。

滑动构造除了影响煤层底板的力学性质外,还影响其水理性质。由于滑动过程中会产生大量的热,组成岩石的矿物晶体内的原子或离子就会向晶体表面迁移,从而形成晶格点阵空位。一个指定的点阵成为空位的概率与热平衡的玻耳兹曼因子成正比:

$$P = \exp(-E_v/KT),$$

式中 E_v —— 将一个原子从晶体内部点阵移到表面上所需要的能量;

K —— 玻耳兹曼常数;

T —— 绝对温度。

如果晶体存在 N 个原子,则平衡条件下空位数 n 由下式表达^[9]:

$$\frac{n}{N-n} = \exp(-E_v/KT),$$

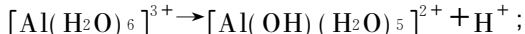
若 $N \gg n$,则近似有:

$$n = N \exp(-E_v/KT)。$$

一旦组成岩石的矿物晶体内出现晶体点阵空位,其隔水性能就会变差,原先阻水的岩石就会转化为透水或导水的岩石。

3.3 滑动构造有助于岩石的应力溶蚀作用

岩石在水介质和应力联合作用下,其裂隙形成和扩展的过程称为岩石的应力溶蚀。我们知道,碳酸盐岩在水的作用下能被溶蚀,其实所有的岩石都能被水溶蚀,只不过溶蚀进行的程度不同而已。组成底板隔水层的岩石多为泥岩、粉砂岩,它们的共同特点是矿物成分以粘土矿物为主。粘土矿物为层状硅酸盐,阳离子成分以 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 等为主,这些离子在一定的条件下能溶解于水中。例如, Al^{3+} 有下列水解反应存在:



$[Al(OH)_3(H_2O)_3]$ 析出物如果沉淀于裂隙表面则阻止水解反应向岩石的内部发展,裂隙难以扩展,但是由于构造应力及裂隙顶端张应力的局部集中,裂隙尖端的 $[Al(OH)_3(H_2O)_3]$ 钝化膜会破裂,使得溶蚀作用向纵深发展。此外,地下水的固体潮和水流能冲刷附着在裂隙表面的沉淀物,通过带走溶解的离子和析出物,促进应力溶蚀作用的发展。

滑动构造运动从两个方面有利于应力溶蚀作

用:一是造成残余构造应力沿滑面附近向岩石内集中,这就为应力溶蚀作用提供了动力条件;二是能使某些化学元素沿滑面附近富集,这就为应力溶蚀作用提供了物质基础。岩石的应力溶蚀作用能促进底板隔水层底部的原始导高上升,从而使隔水层的有效厚度减少。

3.4 滑动构造使水网络复杂化

滑动构造运动过程中,沿滑面两侧常常派生出大量的小断层和大裂隙,它们彼此交错,相互切割,形成复杂的导水网络系统,为突水提供了有利的构造条件,起到沟通水源的作用,直接成为充水、导水和突水的良好通道。滑动构造发育的煤田,底板突水常有以下特点:巷道底板突水相对增多;纯裂隙型采场底板突水增多;突水点不集中,呈散点状;突水点随采场的推进而游移;突水量多为中小型,水量较稳定。据统计,肥城煤田巷道突水占 25%,纯裂隙型突水占 27%。

3.5 滑动构造降低了煤田深部底板突水的概率

滑动构造在滑动过程中,能够产生铲式张性正断层和铲式压性逆断层^[10]。前者发育于滑动系统的后缘,后者位于滑动系统的前缘。由于煤田内的重力滑动构造多数是由断块的掀斜运动造成,所以煤田的浅部一般是滑动系统的后缘,而深部是滑动系统的前缘。在深部发育的断层因具压性特征而不导水,同时,因地层的重复和褶皱,底板隔水层厚度加大,增强了隔水能力。因此具滑动构造的煤田同一煤层的开采,在深部突水概率远远小于浅部。在肥城煤田,9 煤层的开采已进入 -250 m 水平,据统计,开采 9 煤层发生的底板突水共 82 次,其中在 -50 m 以上的突水 42 次;-50~-100 m 的突水 41 次;-100 m 以下的突水仅有 1 次。

此外,因滑动构造在浅部形成的断层呈铲状,给断层在深部延伸位置的预测和断层防水煤柱的留设带来了困难,这是浅部突水防不胜防重要原因之一。1993 年元月 5 日,肥城国家庄煤矿发生的我国采矿史上第二的特大型突水(32970 t/h),就是由缓倾角断层沟通奥灰岩溶水的强径流带所致。

4 结束语

煤矿底板突水是一个极其复杂的过程,是多种因素综合作用的结果,而滑动构造则是其中一个极为重要的主导因素,它能够底板突水创造必要的条件。它不仅能够使含水层之间发生面型水力联系,构成统一的含水系统,而且能使隔水层遭到严重的破坏、缺失,使其隔水性能变差或丧失,因此在研究有滑动构造存在煤田的突水机理时应该将滑动构造作为一个重要对象来研究。

参考文献

- 1 吕朋菊,张永双,张明利等.鲁西煤田多级滑动构造.地质论评,1995;41:503~507
- 2 张永双,吕朋菊,张明利,鲁西煤田滑动构造与矿井灾害.中国煤田地质,1995;7(2):11~17
- 3 魏久传,吕祥佑.肥城矿区煤系中的顺层断层.煤田地质与勘探,1992;20(6):8~11
- 4 李海玉,周东玲.新汶矿区多层次滑脱构造.煤田地质与勘探,1998;26(4):1~4
- 5 赵苏启.登封一新密煤田滑动构造的水文地质特征.煤田地质与勘探,1993;21(1):53~54
- 6 王志荣,高文泰.大冶滑动构造与芦店滑动构造关系的认识.煤田地质与勘探,1993;21(1):18~21
- 7 徐风银,龙荣生.矿井滑动构造的发育规律及研究方法.煤田地质与勘探,1990;(5):18~23
- 8 Henley·Catastrophe Theory Models in Geology·Mathematical Geology,1976;(8):649~655
- 9 刘雄.岩石流变学概论.北京:地质出版社,1994
- 10 马杏垣.重力作用与构造运动.北京:地震出版社,1989

(收稿日期 1999-04-06)

THE RELATIONSHIP BETWEEN GLIDING STRUCTURE AND WATER INRUSH FROM FLOOR

Sun Lijin (Shandong Bureau of Coal Industry)

Liu Minglei (Jiangsu Institute of Coal Exploration)

Shi Longqing (Shandong Institute of Mining & Technology)

Abstract The basic characteristics of gravitation gliding structure are multi-layer, multi-period, small scale, multi-form. The gliding structure enforces the hydraulic relationship among water-bearing layers, decreases floor water-resisting capability, promotes rock corrosion under the stress affection, complicates water work-net, and reduces the water-inrush in the depth of coal field.

Keywords gliding structure; water inrush; stresses; dissolution