

沉积环境与影响矿井设计的顶板稳定性因素的探讨

葛宝勋 刘祖发

(焦作矿业学院)

煤层顶板的稳定性不仅是影响矿井开采技术条件中的一项主要内容,而且也是进行矿井设计与选择合理支护方法的基础。众所周知,由于顶板条件造成的冒顶事故是生产矿井中最常见、最容易发生的事故。据国内外有关事故的统计资料表明,因冒顶造成的井下伤亡事故常占各类事故之首。为了分析和预测煤层顶板的稳定性,重塑顶板形成时的沉积环境是一种有效的方法。在影响煤层顶板稳定性的诸因素中,顶板岩石的性质常起着主导作用,而决定顶板岩石性质的最主要的因素是顶板岩石的类型、结构构造及其组合特征,而这些均受顶板岩石形成时的沉积环境的制约。为此,在研究稳定性因素时,首先要查明顶板形成时的沉积环境,从而为预测顶板岩石潜在的性质和确定顶板支护提供依据。这样就使含煤岩系沉积环境的研究和煤矿生产紧密地结合起来,从而为沉积环境分析的实际应用和煤矿安全、经济地生产开拓了广阔的前景。

上述研究方法在苏联顿涅茨煤田的矿井中应用过,近年来,在美国怀俄明州西南部朗肯永煤矿开采前的设计阶段也得到了广泛的采用。本文将应用这种预测顶板岩性变化的方法,来讨论寿阳矿区9号煤层顶板的稳定性问题。该矿区位于山西省寿阳县境内,面积约350Km²。

一、地质概况

寿阳矿区含煤岩系属于石炭二叠系,主要含煤地层为石炭系上统太原组、二叠系下统山西组。其中,太原组为区内主要含煤地层之一,系连续沉积于本溪组之上,厚度为90.47—170.63 $\frac{\text{最小值}-\text{最大值}}{127.16(38)}\text{m}$ (平均值(参加统计的钻孔数))。岩性主要为深灰、灰黑色及黑色的泥岩、碳质泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及浅灰色砂岩与深灰色石灰岩。含煤6—8层,其编号自下而上分别为15、13、12、11、9及8号,其中的15、9和8号煤层为全区稳定可采煤层。

寿阳矿区位于太行山复背斜之西翼,为一地层走向近东西,向南倾斜的单斜构造上发育有次级的缓波状的短轴褶皱及规模不大的走向正断层,其落差多<20—30m,个别达50m。褶皱轴的方向大体上可分为东西向及北东东向两组,并以东西向者居多。

此外,矿区内尚可见有非构造成因的岩溶陷落柱,对煤矿安全生产有一定的影响。

二、9号煤层及其顶板的沉积环境

(一) 垂向上的相结合

据岩性的垂向序列自下而上分述如下：

(1) 9号煤层 系形成于广阔的废弃三角洲朵叶之上，其下伏地层为发育于三角洲平原上的分流河道，天然堤、决口扇和河漫湖泊等沉积。9号煤层厚度为 $\frac{0-3.60}{1.33(44)}\text{m}$ ，系中厚煤层，为全区稳定可采的主要煤层之一。其厚度变化的趋势是西厚东薄，是由于三角洲朵叶的废弃首先从西部开始之故。局部见到的煤层变薄带及尖灭带（6—5孔、6—7孔到6—8孔一线），系受以 S_2 砂岩为代表的分流河道的后生冲刷所致。硫分含量变化于 $\frac{0.24-1.07}{0.55(32)}\%$ ，为特低硫煤，灰分产率为 $\frac{10.51-12.58}{23.61(32)}\%$ ，系中灰煤。9号煤层的硫分含量特低而灰分产率较高主要是由于形成时的泥炭沼泽受淡水影响大而受海水影响甚小，并且顶板常为非海相泥岩及少量砂质泥岩、粉砂岩等原因，即当泥炭层形成后又为重返本区的分流河道及分流间淡水沉积物所覆盖而很少受到富含硫酸盐的海水影响所致。

9号煤层的测井曲线特征是，在 ρ_s 和 $\gamma\gamma$ 曲线上均呈指状或剑状异常；而在 γ 曲线上呈笋状异常（图1）。

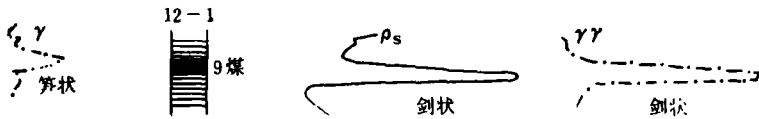


图1 9号煤层的测井曲线

Fig. 1 Logging curves of No. 9 coal seams

9号煤层形成之后，由于沼泽水深加大，逐渐变成河漫湖泊等环境的沉积，构成为9号煤层的顶板。

(2) S_2 砂岩 该砂岩位于9号煤层之上，系典型的三角洲平原上分流河道沉积物，并对下伏河漫湖泊沉积物及9号煤层有冲刷现象。

其岩性以中、粗粒砂岩为主，间夹含砾粗砂岩和少量细砾岩。岩石多具正粒序，其概率累积曲线为两段型，主要由跳跃组分和悬浮组分所组成（图2）。另用其 $SK_1=1.29$ ， $\sigma_1=0.72$ 投入离散图中，投点落入河流区。再用萨胡的环境判别公式，得出其 Y 值为 -9.634 ，小于判别值 -7.4190 ，指示为三角洲上的分流河道沉积。岩石中常具大型板状交错层理、收敛状及楔状交错层理。该砂岩

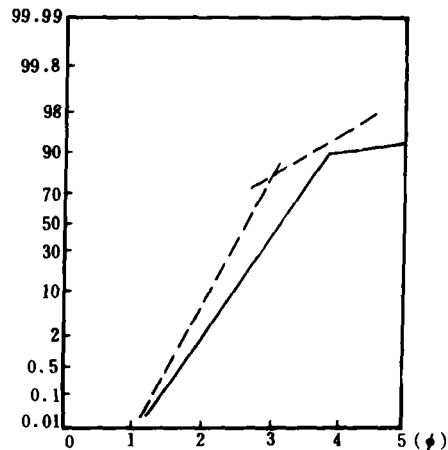


图2 S_2 砂岩的概率累积曲线

虚线为密西西比河分流河道的概率累积曲线

Fig. 2 Probability cumulative curves of S_2 sandstones

The dashed Line indicates that of the distributary channel sandstones from the Mississippi River

的厚度一般在6m左右,在本区的东部较发育,多呈近南北向延伸,反映了古水流方向系由北向南的总趋势。

在 ρ_s 和 γ 测井曲线上均呈正松塔形,反映了分流河道沉积的正粒序特点。

(3) S_2 砂岩之上,主要为河岸及泛滥盆地(包括天然堤、决口扇、岸后沼泽及河漫湖泊等分流河道间的各种微环境)的沉积。表现为沉积物较细,主要为中、细粒砂岩、粉砂岩、泥岩及8号煤层。

综上所述,在9号煤层形成之后,接着沉积的是河漫湖泊沉积物,之后,分流河道又重返本区,从而沉积了分流河道及其上的河岸及泛滥盆地沉积物,它们共同组成了9号煤层的顶板。

(二) 空间上的相变

笔者利用所收集到的17个钻孔柱子及其测井曲线、钻孔岩芯编录、岩矿地化资料以及9号煤层上下地层露头的地面观测资料等编制了两种图件。

(1) 层序图 它能提供顶板锚杆将穿过的顶板岩石类型的资料。对这些岩石进行沉积环境分析的结果表明,它们具有在不同环境中沉积的层序(图3)。把矿区内煤层顶板3m内的岩石层序组合起来就成为层序图4。煤层顶板不同层序的岩石,具有不同的稳定性:分流河道中沉积的层序多为厚层河道砂岩(层序类型1、7、8),多呈近南北向延伸,并常偏南东或南西向。与分流河道相邻的为天然堤沉积(层序类型4)。当洪水期河水冲开天然堤溃决时,就形成决口扇(层序类型2、3)。层序类型5和6则系9号煤层之上的河漫湖泊沉积,而层序类型9则系漫滩沼泽沉积。

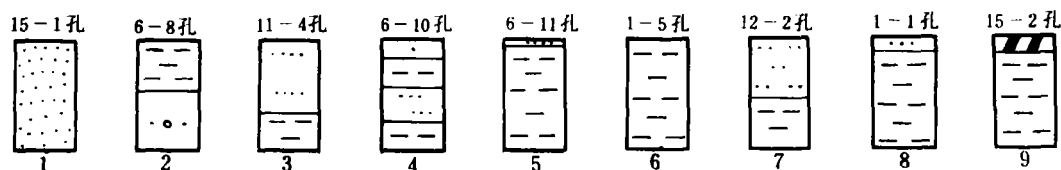


图3 9号煤层以上3m内的典型岩石层序

1-均质砂岩,厚度>3m; 2-9号煤层直接顶板的决口扇砂岩; 3-9号煤层以上1m的决口扇粉砂岩;
4-均质砂、泥岩互层; 5-向上变粗层序; 6-均质泥岩; 7-9号煤层以上1-2m处的河道砂岩,厚度>3m; 8-9号煤层以上2-3m处的河道砂岩,厚度>3m; 9-9号煤层以上2-3m内的碳质泥岩

Fig. 3 Typical sequences within the depth of 3 m above No. 9 coal seams

1=homogeneous sandstones with a thickness of more than 3 m; 2=crevasse-splay sandstones on the immediate roof of No. 9 coal seams; 3=crevasse-splay siltstones at the depth of 1 m above No. 9 coal seams; 4=homogeneous intercalations of sandstones and mudstones; 5=coarsening-upward sequence; 6=homogeneous mudstones; 7=channel sandstones with a thickness of more than 3 m at the depths from 1 to 2 m above No. 9 coal seams; 8=channel sandstones with a thickness of more than 3 m at the depths from 2 to 3 m above No. 9 coal seams; 9=carbonaceous mudstones at the depths from 2 to 3 m above No. 9 coal seams

(2) 分层图 它表明的是煤层以上某一特定层位的岩石类型的横向变化,也能提供有关常规长度的顶板锚杆的锚点放在何种岩石类型中的具体资料(图5)。由层序图所解释的沉积环境在分层图上也能观察到。砂岩分布于分流河道和决口扇地区,在天然堤上可见到互层的砂岩和页岩,而粉砂岩、砂质泥岩和泥岩则主要分布在河漫湖泊等处。

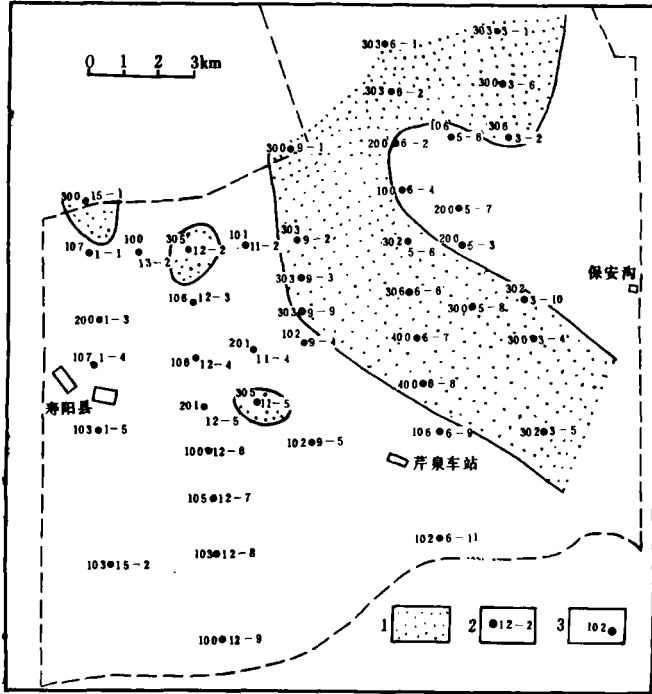


图5 9号煤层以上1.5m的岩石类型

1-砂岩; 2-钻孔号; 3-岩石类型; 100-均质泥岩; 101-灰色泥岩; 102-黑色泥岩; 103-含菱铁矿结核泥岩; 105-含菱铁矿和黄铁矿结核泥岩; 106-砂质泥岩; 107-发育节理的泥岩; 200-粉砂岩; 201-有层理的粉砂岩; 300-细砂岩; 302-粗砂岩; 303-含砾粗砂岩; 305-有层理的中砂岩; 306-有层理的粗砂岩; 400-细砾岩

Fig. 5 Transverse changes in rock types at the depth of 1.5 m above No. 9 coal seams

1=sandstone; 2=borehole number; 3=rock types; 100=homogeneous mudstone; 101=grey mudstone; 102=black mudstone; 103=siderite concretion-bearing mudstone; 105=siderite concretion- and pyrite concretion-bearing mudstone; 106=sandy mudstone; 107=jointed mudstone; 200=siltstone; 201=stratified siltstone; 300=fine-grained sandstone; 302=coarse-grained sandstone; 303=gravel-bearing coarse-grained sandstone; 305=stratified medium-grained sandstone; 306=stratified coarse-grained sandstone; 400=fine-grained conglomerate

10和6—4等孔处(图3中的层序类型7和8),河道砂岩没有直接冲刷煤层顶部,砂岩和泥岩间是楔形泥岩,它们多位于主要河道与河道间的过渡地带。由于泥岩和砂岩会因不同压实程度而产生擦痕面,也会引起重大冒顶事故,要谨慎提防,密切注意煤层顶部到河床砂岩底部的距离变化,保证使用合适的顶板锚杆锚住砂岩的底部。

另外,砂岩底部的交错层理(12—5、11—5等孔)也会降低岩石的强度,将使锚杆支护作用减弱,是易发生冒顶的地区,此时应采用特殊支护。

3. 天然堤沉积(图3中的层序类型4)

岩石中常会有植物根,这些根破坏了层理,削弱了岩石强度,偶尔在煤层之上还保存了原地生长的大块块状树桩,它们的位置又难以确定,所以必须加以特殊支护或迫使它们冒落。

4. 决口扇沉积(图3中的层序类型2和3)

这些沉积物中的顶板锚杆一般须锚入砂岩中。由于决口扇之上常可有碳质泥岩或薄煤层等岸后沼泽沉积物,此时,要注意决口扇的厚度和9号煤层到薄煤层的距离,应使锚点锚

在砂岩中或是碳质泥岩或薄煤层之上。

在研究工作中,得到了我院黄志明、张鸿升、许建国和119煤田地质队的大力支持协助,在此一并致谢!

主要参考文献

杨起、韩德馨, 1979, 中国煤田地质学 (上册), 煤炭工业出版社。

M·M 洛斯, 1976, 顿涅茨煤田围岩按稳定性和冒落性的地质分类, 乌克兰煤, No. 6, 矿业译丛, 1981, 1期。

岳翰等, 1984, 井巷锚杆及锚喷支护技术, 山西人民出版社。

刘宝珏、曾允孚, 1985, 岩相古地理基础和工作方法, 地质出版社。

葛宝勋, 含煤岩系沉积环境研究方法讲座, 煤田地质与勘探, 1985, 2、3、4、5期; 1986, 1、2、3、4和5期。

沈襄鹏, 1986, 成煤环境对煤层、煤质及开采技术条件的控制作用 (五), 煤田地质与勘探, 5期。

RELATIONSHIP BETWEEN SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND THE INFLUENCE OF COAL ROOF STABILITY ON MINE PLANNING

Ge Baoxun Liu Zufu

(Jiaozuo Mining College)

Abstract

The sedimentary environments of No. 9 coal roof in the Taiyuan Formation have been reconstructed in this paper with the aid of core records, columnar borehole sections, logging curves, chemistry and grain size analysis of the rocks and minerals from 47 boreholes in the study area. The sedimentary facies on the roof include flood lake deposits, distributary channel deposits, natural levee deposits, crevasse-splay deposits. Combined the environmental analysis of the coal-bearing series with mine safety and production, this paper has opened vast vistas for the research and utilization of the sedimentary environments.