

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 05 - 0608 - 05

华北型煤田下组煤带压开采突水判别 模型与防治水对策

马培智

(煤炭科学研究总院 西安分院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 指出了目前主要以突水系数理论为依据进行带压开采安全危险性评价在实践应用中存在着重大缺陷。根据显水带、导水带及阻水储备带相对下组煤在空间上的赋存状况, 总结归纳出 7 种带压开采判别模型, 并提出了相应的具体防治水对策。通过原始导高分带特点、显水带阻水带压并与阻水储备段共同抵御底板突水的理论, 指导邢台东庞矿 9103 工作面采前带压开采条件综合勘探, 成果资料说明符合 7 种带压开采判别模型中的两种模型, 并采取了相应的防治水对策, 使该工作面试采成功。说明采前根据 7 种带压开采模型预分析方法可行, 安全性评价客观符合实际, 防治水对策得当, 对于类似条件矿区采煤工作面可以进行试采。

关键词: 华北煤田; 下组煤; 带压开采; 判别模型; 有效保护层

中图分类号: TD745 **文献标识码:** A

Criterion models of mining under high pressure and groundwater controlling countermeasures for lower group coal of Northern China type coal field

MA Pei-zhi

(Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: It was pointed out that safety evaluation of mining under high groundwater pressure based on water inrush coefficient theory is irrational. According to occurrence conditions of aquiferous zone, groundwater conducting zone and storage segment of water-resistance for lower group coal, seven types criterion models of mining under high pressure was concluded and corresponding groundwater hazards controlling policy was put forward. Work face 9103 of Dongpang Mine in Xingtai, Hebei Province belongs to two kinds of seven. Work face 9103 mined successfully by applying theory and method last year. It is proved that safety evaluation model of mining under high groundwater pressure above-mentioned is effective and worth to further popularizing and applying to other coal mines with similar conditions.

Key words: Northern China coal field; lower group coal; mining under high pressure; criterion models; effective protection aquiclude

我国对于受下覆承压水威胁的华北型煤田下组煤目前最常用的评判带压开采安全标准是突水系数, 突水系数用地下水水压与隔水层厚度的比值来表示, 即

$$T_s = \frac{p}{M - C_p}, \quad (1)$$

收稿日期: 2005 - 04 - 26

作者简介: 马培智 (1963 -), 男, 陕西渭南人, 高级工程师. Tel: 029 - 87862106, E-mail: ma200412@126.com

式中, T_s 为突水系数, MPa/m; p 为水压值, MPa; M 为隔水层厚度, m; C_p 为采动后的底板导水破坏深度, m, 等同于以下图中的 h_{dp} .

这一标准在以往的应用中取得了显著成效, 已保护受水害威胁煤储量数千万吨, 为矿井防治水工作做出了重要贡献. 但在实际应用中发现, 由于该表达式还不能反映引起煤矿底板突水的多种作用因素, 因而其准确性受到质疑, 实际使用中, 小于规程要求突水系数临界值照样发生灾害性突水, 如峰峰二矿 2701 工作面突水系数为 0.04 MPa/m, 发生底板突水 2 400 m³ /h, 险些淹井; 尚庄矿下架煤层掘进中突水系数为 0.02 MPa/m, 发生底板突水 900 m³ /h, 矿井被淹^[1]. 说明完全以突水系数理论进行带压开采安全评价存在不足, 防治水对策主要以突水系数理论确定是否疏降或底板改造与加固, 在底板阻水满足带压开采条件时就显得保守, 而突水系数小于临界值时如上所述也有突水淹井的可能. 该方法适用于构造发育的隔水层底板, 因式 (1) 是从大量突水资料统计而来, 而 90% 以上是因构造突水, 且统计资料都未考虑底板的破坏深度, 故对于正常隔水层底板按此方法评价过于保守, 有的评价隔水层再扣除一定值的原始导高就更加保守. 以往国内外文献资料缺少对原始导高^[2,3]的深入研究, 所以采取的防治水对策较笼统而针对性不强.

1 下组煤带压开采底板隔水层阻水理论分析

华北型石炭二叠系煤田下组煤开采存在奥灰强含水层突水威胁, 其采煤底板存在极强的分带性, 也就是 20 世纪 80 年代以来提出的“下三带”概念, 即上部矿压破坏带、下部承压水原始导高带和中部完整的岩层带. 经过多年实践, 已普遍承认原始导高带的存在是采掘工程引起下覆充水承压含水层突水的主要矛盾, 因而业内人士提到下组煤带压开采不能不提到原始导高, 一提及原始导高就谈虎色变, 似乎底板一破坏到导高带一定发生大的突水. 在人们印象中似乎一揭露到底板奥灰水导升带, 带内就应该是奥灰水压, 水压就应该一致, 而实际原始导高也存在分带性.

下组煤要实现安全(水)压开采, 就要要搞清煤层底板各层段对带压开采的意义. 通过多年对底板水文地质探查研究, 原始导高带定义为含水层中的承压水沿隔水层底板中的裂隙或断裂破碎带上升的高度, 垂向上可再划分为阻水能力相差悬殊的上、下两个分带(图 1).

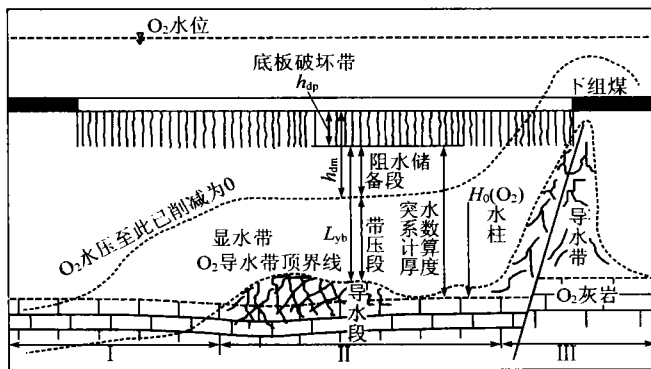


图 1 下组煤带压开采底板垂直分带

Fig. 1 Sketch map of vertical partition for water proof layer under lower coal group
 h_{dm} ——原始导高埋深; L_{yb} ——有效保护层厚度; h_{dp} ——煤层底板破坏深度

(1) 导水带 (下分带). 阻水能力极差, 其原始状态与采矿无关. 由于其导水性很好, 具有同下覆奥灰承压含水层相同的水压力, 并构成导水性极强的含水体的一部分. 底板中若存在导水带, 采掘靠近或揭露就会发生直通式突水, 其水量大, 危害性最大.

(2) 显水带 (上分带). 阻水能力相对较好, 渗透性较差, 它的功能是从其下界至顶界将奥灰水头从最高削减至 0. 显水带特点是带内充满水, 顶面的水压为 0, 离导水带愈近, 水压愈大, 直至其底面的水压等于导水性极强统一含水体之水压; 在采煤活动的作用下, 其顶面若在底板破坏带以上时, 就会发生大面积渗透性突水灾害事故. 当奥灰顶部存在古风化充填带或相对阻水的灰岩地段, 可将其看作是隔水层的一部分, 所以也将其中削减奥灰水头的部分定义为显水带范围. 同样, 导水带由于无阻水能力, 又同奥灰含水层连成一体, 可将其看作是含水层的一部分.

处于显水带和底板破坏带间的部分, 由于其未参与阻水削减奥灰水头任务, 不妨将其定义为阻水储备段. 而显水带和阻水储备段由于主要担负抵抗奥灰水压防止突水的责任, 故将其统称为有效保护层.

实际采掘中底板若不存在阻水储备段则处于渗透性突水的临界, 如果无有效保护层则存在直通式突水危险; 但如果显水带在奥灰顶部风化壳内, 实际上增加了阻水储备段长度, 增加了有效保护层厚度, 因而就无突水危险.

2 工作面底板隔水层充水性探查与阻水性能量化测试

2.1 工作面底板隔水层充水性物理勘探——原始导高为主要探查目标之一

在工作面回采巷道形成后, 先利用矿井直流电法和音频电透视方法联合探测, 进行工作面范围底板含、导水通道普查, 限于其探测能力和效果, 根据实践可以探查深度 60 m 范围底板承压水原始导高的赋存空间区域, 为进一步精查和验证原始导高存在进行防治水工程布置提供了明确的目标之一.

2.2 阻水性能量化测试——验证原始导高的存在及其赋存情况

利用底板隔水层构造控水规律, 结合以上工作面底板隔水层充水性物理勘探成果资料布置下一步的有疑必探的钻探工程, 主要查明底板隔水层厚度, 探明原始导高尤其是显水带赋存空间, 以确定工作面回采过程中各段进一步的防治水对策. 利用井下试验钻孔方法进行煤层底板隔水层阻水性能量化测试. 在试验钻孔施工过程中, 测试水压、水量和水温数据, 即所谓的“三量测试”, 然后对所测数据进行分析, 计算出存在原始导高地段显水带的带压系数, 评价底板隔水层阻水性能 (图 2).

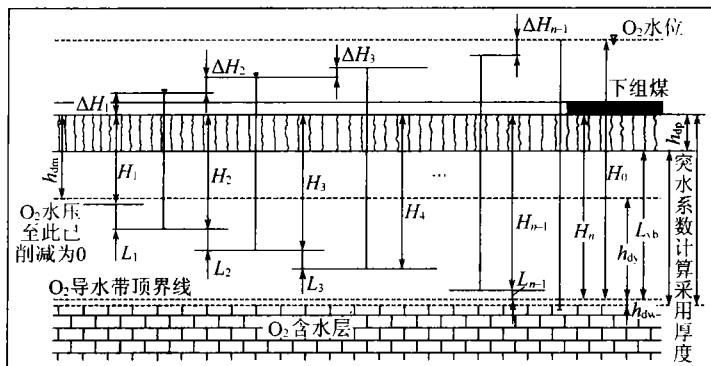


图 2 带压系数测试流程

Fig. 2 Flow chart of coefficient testing for mining under safe water pressure of aquifer

H_1, H_2, \dots, H_n ——见底板奥灰水后各测点孔深, m; L_1, L_2, \dots, L_{n-1} ——相邻孔深测点间的垂直煤层法线距离, m;

H_1, H_2, \dots, H_{n-1} ——由上往下依次观测, 相邻孔深测点间水压差值, MPa; h_{dy} ——阻水带压段 (显水带) 长度, m;

h_{dw} ——导水带高度

整个测试项目是在钻探过程中断续完成的. 其底板测试层段仅能取在孔口有出水时 (即孔内循环水有微量增加时) 开始. 在清水钻进过程中, 通过循环水的消耗量解决这一问题. 测试过程中再布置适量的化探工作量, 根据水压、水量、水温和水质变化规律来综合判定原始导高的存在与否.

为了进一步说明带压开采的评价标准, 通过相关测试数据, 探测原始导高赋存位置和空间区域, 计算出显水带带压系数, 进行带压开采安全性综合评价. 底板保护层阻水性能可通过显水带带压系数体现, 显水带分段测试、整段测试和平均带压系数分别为

$$D_{wi} = \frac{P_{w(i+1)} - P_{wi}}{h_{i+1} - h_i}, \quad \bar{D}_w = \frac{P_{wn} - P_{w1}}{h_n - h_1}, \quad \bar{D}_{w0} = \frac{H_0}{100h_{dy}}$$

式中, $P_{wi}, P_{w(i+1)}$ 分别为第 $i, i+1$ 次测定的水压值, MPa; $h_i, h_{(i+1)}$ 分别为第 $i, i+1$ 次测定的垂直煤层法线钻孔深度, m; i 为测试次数, $i=1, 2, 3, \dots, n$; H_0 为底板导水带顶水压水标高, m.

3 带压开采判别模型与防治水对策

根据带压开采煤层底板隔水层充水性分带性特点，主要依据显水带、导水带及阻水储备带（导高顶界至底板破坏带底界间部分）相对下组煤在空间上的赋存状况，提出以下 7 种带压开采判别模型^[4,5]（图 3），对于每种模型的充水特点可以根据其对采场危害程度提出相应防治水对策。

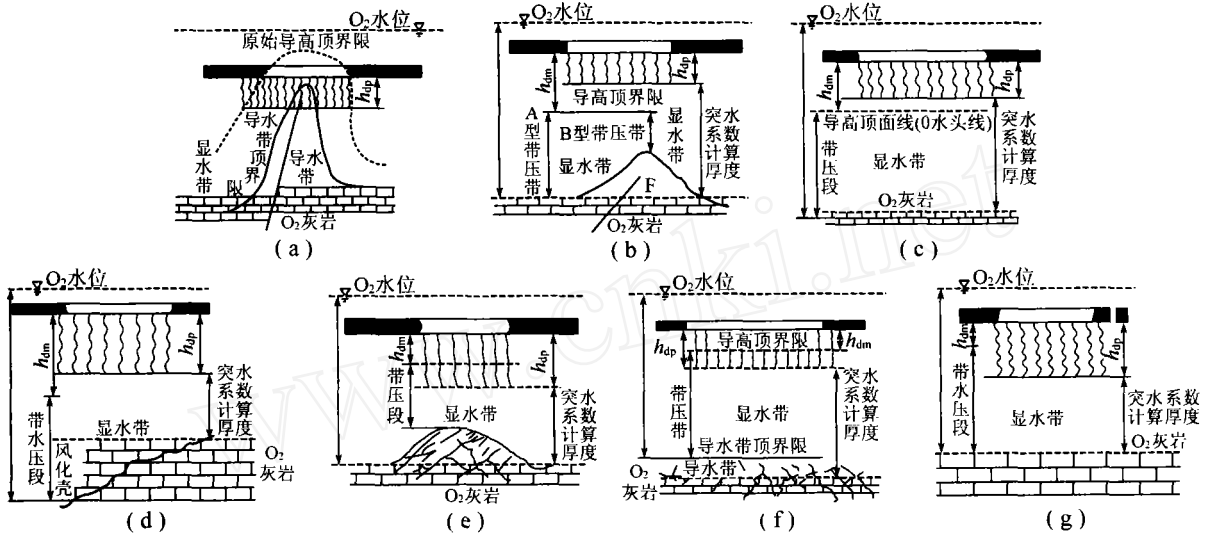


图 3 带压开采判别模型

Fig. 3 Criterion models of mining under pressure

(1) 模型 (图 3 (a)). 一级判据 $L_{yb} = 0$. 突水危险性评价：由于原始导高之导水带已接近采掘空间，底板将发生突水，采掘空间一旦揭露该地段时，就会发生直通式突水，这时突水量大小很难预测，主要与导水通道的过水能力和充水含水层富水性和水头高度有关。防治水对策：一般情况采取留设防水煤柱措施；建立有抗灾能力的排水基地和水闸门的相应防水设施；如果由于导水构造通道矿井无效排水过多，就要对其注浆封堵。

(2) - - 模型 (图 3 (b)). 一、二、三级判据分别为： $L_{yb} > 0, h_{dp} < h_{dm}, D_w > T_s$ ，其中 D_w 为带压系数。突水危险性评价：由于原始导高之显水带上覆阻水储备带的存在，一般情况底板应无突水危险。防治水对策：一般情况无需采取措施即可安全通过。

(3) - - 模型 (图 3 (c)). 一、二、三级判据分别为： $L_{yb} > 0, h_{dp} < h_{dm}, D_w = T_s$ 。突水危险性评价：由于原始导高之显水带上覆阻水储备带的存在，一般情况底板应无突水危险。防治水对策：一般情况无需采取措施即可安全通过。

(4) - - 模型 (图 3 (d)). 一、二、三级判据分别为： $L_{yb} > 0, h_{dp} < h_{dm}, D_w < T_s$ 。突水危险性评价：由于原始导高之显水带上覆阻水储备带的存在，一般情况底板应无突水危险。防治水对策：一般情况无需采取措施即可安全通过。

(5) - - 模型 (图 3 (e)). 一、二、三级判据分别为： $L_{yb} > 0, h_{dp} > h_{dm}, D_w > T_s$ 。突水危险性评价：由于显水带已进入工作面底板采动破坏带，因而具有渗透性出水危险。防治水对策：建立有抗灾能力的排水基地和水闸门的相应防水设施；应针对导水带及显水带部位进行注浆改造，提高隔水层完整性及阻水能力，防止突水。

(6) - - 模型 (图 3 (f)). 一、二、三级判据分别为： $L_{yb} > 0, h_{dp} > h_{dm}, D_w = T_s$ 。突水危险性评价：由于显水带已进入工作面底板采动破坏带，因而具有渗透性出水危险。防治水对策：建立有抗灾能力的排水基地和水闸门的相应防水设施；应针对导水带及显水带部位进行注浆改造，提高隔水

层完整性及阻水能力,防止突水。

(7) - - 模型 (图 3 (g)). 一、二、三级判据分别为: $L_{yb} > 0$, $h_{dp} > h_{dm}$, $D_w < T_s$. 突水危险性评价: 由于显水带已进入工作面底板采动破坏带, 因而具有渗透性出水危险. 防治水对策: 建立有抗灾能力的排水基地和水闸门的相应防水设施; 应针对导水带及显水带部位进行注浆改造, 提高隔水层完整性及阻水能力, 防止突水。

4 东庞矿下组煤 (9号煤) 首采工作面安全回采的防治水对策

9103工作面为东庞矿下组煤首采工作面, 该范围底板隔水层突水系数为 $0.064 \sim 0.129 \text{ MPa/m}$, 超过突水系数临界经验值 0.06 MPa/m . 位于矿井西部边界的多个小煤矿, 在开采 9号煤过程中, 已发生 7次底板奥灰水突出事故, 最大突出量达 $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 而 9103工作面与这些小煤矿 9号煤开采条件相比, 其开采标高较低, 采宽较大, 承受奥灰水压值较高, 在 9号煤开采过程中, 受奥灰水突出威胁程度更严重。

鉴于此, 工作面回采巷道形成后按计划分步骤进行了如下防治水工作:

(1) 利用回采巷道对工作面范围底板隔水层进行以直流电法和音频电透视手段为主的综合立体物理勘探, 圈定了 3个大的低阻异常块段。

(2) 利用带压开采理论指导, 根据以上物探成果和构造控水理论主要在这 3个区域陆续布置施工了 80余个探查试验孔. 通过采前阻水性测试成果分析, 9103工作面带压开采模型符合 - - 和 - - 两种模型。

(3) 通过对工作面分区性进行带压开采模型的预先判别、突水危险性评价, 对照以上两种模型有针对性地采取了防治水对策, 其中对模型 - - 地段的隔水层实施了注浆加固, 共注入水泥 313.6 t , 水玻璃 8.35 t , 提高了有效保护层带水压能力, 使导高顶界下移。

(4) 在工作面推进过程中进行了采煤工作面涌水量及其充水水源监测. 根据表 1监测资料说明回采期间采煤工作面涌水量不大, 而其矿井充水从水质判断主要以顶板砂岩水和大青灰岩水为主, 底板出水有限, 且工作面实现了安全回采。

表 1 9103工作面回采推进矿井涌水量与水源监测

Table 1 Monitor for the water yield of mine in work face 9103 and its waterhead

项 目	工作面推进距离 /m							停采线
	30	120	380	500	540	600	740	
采煤工作面涌水量 / $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	15	20	25	30	30	30	30	30
充水水源水质监测	$\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型 $\sim \text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型							

5 结 论

东庞矿 9103工作面安全试采成功, 证明采前根据 7种带压开采模型预分析方法可行, 安全性评价客观符合实际, 防治水对策得当. 说明原始导高分带特点、显水带阻水带压并与阻水储备段共同抵御底板突水的理论可以指导类似东庞矿水文地质条件的矿区进行带压开采条件综合勘探, 根据以上带压开采模型对于类似条件矿区逐步试采推广。

参考文献:

- [1] 解振伟, 袁 威. 对受水威胁煤层带压开采的几点认识 [J]. 河北煤炭, 2001 (3): 3~4
- [2] 庞荫恒, 王 良. 试论井陘地区岩溶承压水的“原始导高”与煤层底板突水 [J]. 矿井地质, 1991 (1): 31~37.
- [3] 瞿中文. 原始导高在矿井防治水中的应用 [J]. 河北煤炭, 1988 (3): 59~60.
- [4] 刘起才, 瞿中文, 刘正林. 河北南部煤矿奥灰岩溶水害的防治 [J]. 河北煤炭, 1994 (4): 44~49.
- [5] 马培智. 东庞矿试采下组煤 (9号煤) 带压开采防治水技术研究综合成果报告 [R]. 西安: 煤炭科学研究总院西安分院, 2003.