

新驿煤田奥灰顶部相对隔水性及底板 突水危险性评价

白喜庆¹, 白海波², 沈智慧¹

(1. 中国煤炭地质总局 水文地质工程地质环境地质勘查院, 河北 邯郸 056004;

2. 中国矿业大学 深部岩土力学与地下工程国家重点实验室, 江苏 徐州 221008)

摘要: 为探索华北石炭二叠纪煤炭资源, 特别是大量受奥灰水威胁的“下组”煤的安全开采问题, 根据“奥陶系顶部存在隔水层并可作为隔水关键层”的观点, 通过对新驿煤田奥灰顶部岩性、裂隙岩溶充填情况及钻探漏水、测井出水段等各方面的综合研究措施, 论证奥灰顶部相对隔水性。在此基础上, 分析并评价煤层底板阻水能力的主要影响因素, 并对影响下组煤开采的底板奥灰突水危险性进行分区评价。研究结果为新驿煤矿区下组煤开采的防治水工作提供了参考。将奥陶系顶部相对隔水层作为整个煤层底板隔水层的一部分进行底板突水危险性评价, 可以使评价结果更准确。

关键词: 采矿工程; 奥陶系顶部; 相对隔水性; 突水; 危险性评价; 煤层底板; 煤田

中图分类号: TD 163

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 6915(2009)02 - 0273 - 08

RELATIVE STRATA IMPERMEABILITY IN ORDOVICIAN TOP AND RISK ASSESSMENT OF WATER INRUSH FROM COAL FLOOR IN XINYI COALFIELD

BAI Xiqing¹, BAI Haibo², SHEN Zhihui¹

(1. *Institute of Exploration for Hydrogeology, Engineering Geology and Environmental Geology, China Administration of Coal Geology, Handan, Hebei 056004, China;* 2. *State Key Laboratory for Geomechanics and Deep Underground Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China*)

Abstract: In order to explore the safety mining of Carboniferous-Permian coal resources, especially a great deal of lower coal seams being threatened by Ordovician karst water, relative impermeability of Ordovician top is demonstrated through studying lithology, filling degree of the karst fissures as well as water leakage of drilling fluid and aquifer shown in well logging based on the viewpoint that water-resisting strata exist in Ordovician top and can be considered as water-resisting key strata. Furthermore, the main influencing factors on impermeability of coal seam floor are analyzed; and divisional risk assessment of floor water-inrush from Ordovician karst is performed. Overall, accuracy of risk assessment on floor water-inrush can be improved by considering the relative water-resisting strata in Ordovician top as part of the whole ones.

Key words: mining engineering; Ordovician top; relative impermeability; water inrush; risk assessment; coal seam floor; coalfield

收稿日期: 2008 - 10 - 06; **修回日期:** 2008 - 11 - 19

基金项目: 国家重大基础研究发展计划(973)项目(2007CB209400, 2006CB202210); 国家自然科学基金重点项目(50634050); 高等学校学科创新引智计划(B07028)

作者简介: 白喜庆(1963 -), 男, 1984年毕业于山西矿业学院地质工程系, 现任高级工程师, 主要从事水文地质、环境地质方面的研究工作。E-mail: kcybaixiqing@163.com

1 引言

近 40 a 来, 国内外不少学者与专家^[1~9]在对煤层底板突水评价和预报研究中, 提出了各自预测底板突水的方法, 其取得的成果对保障煤矿安全生产提供了指导和技术依据。然而使用这些预测方法产生了 2 种结果: 一是处于奥灰水上的华北石炭二叠纪煤炭资源, 许多煤矿大量“下组”煤基本上不敢开采; 二是华北煤矿区许多突水事故的发生大大小于评价预测临界值^[10, 11]。因此, 有学者^[12]提出了高承压水上升过程中沿程“水头损失”和劈裂岩体裂隙的“能量损耗”理论来试图解释这一现象。但根据动力学、流体力学原理, 高承压水经过蓄势后, 静水压力是不会减小的, 对煤层底板的作用也不会减弱, 只能减小突水量。过于把焦点都集中在了含水层水压在传导过程中的变化和对煤层底板的作用方式及作用结果上, 反而忽略了对奥灰本身的研究, 具体表现在: 奥灰突水危险性评价预测时, 把奥灰统统当作含水层, 未考虑其可能的隔水性, 认为煤层埋藏越深, 奥灰水压越大, 危险性也就越大, 致使某些井田或某些采区预测的突水危险性偏大。通过近年对华北典型矿区的研究, 白海波^[13]提出“奥陶系顶部隔水层”的观点, 认为可溶岩层也可以成为隔水层; 加里东期华北地台上奥陶系顶界面以下的岩溶型风化壳, 经成熟的风化产物充填, 在晚古生代地层沉积、充填和压实胶结作用下形成隔水层, 由于各地奥陶系顶部残留层位和水动力等条件下而形成 2 种基本形式的隔水层、燕山及以后的构造运动对露头、浅埋区和断裂附近的隔水层产生破坏和改造。隔水层中陷落柱、断层等缺陷部位是隔水层改造和利用的关键点。

在山东、河北、山西从事多年岩溶水文地质勘探研究工作中, 笔者通过对这些地区大量勘探资料统计分析, 证实了上述观点, 即奥陶系顶部普遍有一层相对隔水层。这一相对隔水层的存在不但能很好地解释许多预测突水危险区并未发生突水, 预测安全的区域发生突水是隔水层中存在局部缺陷造成的, 而且为下组煤开采的防治水工作提供了科学的依据。本文以山东新驿煤矿区为例, 分析研究奥灰顶部相对隔水性及底板突水危险性评价方法, 旨在为开采受奥灰水威胁的华北煤田“下组”煤炭资源, 探索出一条新的途径。

2 矿区概况

新驿煤矿位于山东省鲁中南地区, 属渊源泉水文地质单元, 北起长沟断层和郟城断层, 南至崑山断层; 东起峰山断层, 西至济宁断层, 是一具有独立的补给、径流、排泄区在内的相对独立的水文地质单元。新驿井田位于渊源泉岩溶水系统北径流区, 面积 56.9 km², 探明地质总资源量约 3.0×10⁸ t。目前, 主采煤层为山西组 3 煤, 拟配采下组煤(16, 17 煤层)。

对开采下组煤有影响充水含水层主要为十下灰含水层、十三灰含水层、奥灰含水层。其中十下灰为下组煤的直接顶板, 富水性一般较弱, 易于疏降, 对采煤影响不大; 十三灰为下组煤的间接或直接充水含水层, 富水性总体较弱, 但中间泥岩及铝土泥岩隔水层较薄, 受开采扰动后, 具有潜在突水威胁; 奥灰为下组煤的间接充水含水层, 补给范围广, 水量丰富, 水压大, 且难以疏降, 对矿井安全生产威胁最大。

3 奥灰顶部岩层相对隔水性及其厚度

3.1 奥灰顶部相对隔水性评价

鲁西南区煤系地层下伏奥陶系顶部为八陡组浅灰色厚层微晶、泥晶石灰岩及砾屑、砂屑石灰岩。据钻孔资料统计, 厚层状纯灰岩段, 若没有构造裂隙通过, 几乎无岩溶现象, 加之在石炭二叠纪煤系沉积过程中, 奥陶系灰岩浅部岩溶空隙被充填, 使得浅部原有的水流通道被堵塞, 形成相对隔水层。据究西水源地、曹洼水源地、济北矿区、济宁煤田东区水文钻孔揭露, 八陡组上部岩溶裂隙不发育, 岩溶形态以蜂窝状溶孔为主, 且多被方解石、泥质充填, 特别顶部 10~60 m 内钻探未漏水, 测井未见出水层段; 下部岩溶裂隙较发育, 形态以溶洞为主, 细砂、粉砂充填, 钻探见溶孔率、测井出水层段率、漏水率均在 60%~80% 以上, 且出水层段多、厚度大, 富水性强。如究西水源地揭露该层上部的 17 个孔, 6 个钻遇漏水(见表 1); 曹洼水源地 12 孔, 仅 2 孔见溶孔钻遇漏水、测井见出水层段; 济北矿区 8 孔, 仅 2 孔见溶孔钻遇漏水、测井见出水层段; 济宁煤田东区 12 孔, 仅 3 孔见溶孔钻遇漏水、测井见出水层段。而且钻探见溶孔、漏水段、测井出

表 1 含煤孔奥陶系顶部灰岩岩溶裂隙发育统计表

Table 1 Degree of karst and fissures in Ordovician top uncovered by drilling holes

m

孔号	灰岩顶板埋深	钻探见岩溶裂隙深度	测井出水段深度	综合见岩溶裂隙深度	未发育岩溶裂隙厚度	漏水深度
观 6	523.29	610.08	545.20	545.20	21.91	566.77
鲍水 1	723.65	780.65	761.55	761.55	37.90	761.55
岱 - 1	558.50	589.25	569.35	569.35	10.85	584.23
岱 - 2	555.40	586.35	568.53	568.53	13.13	576.48
岱 - 3	559.10	603.24	573.15	573.15	14.05	587.43
岱 - 4	558.60	605.05	574.95	574.95	16.35	592.41
A10 - 13	567.30	612.52	588.89	588.89	21.59	601.15
A10 - 14	553.33	568.49	572.71	572.71	19.38	598.46
A10 - 15	560.90	605.48	582.77	582.77	21.87	610.25
A11 - 6	589.44	635.40	621.91	621.91	32.47	648.23
A12 - 14	572.40	602.54	589.05	589.05	16.65	591.63
10 - 20	702.60	756.86	746.07	746.07	43.47	752.45
X10 - 12	504.10	571.42	565.11	565.11	61.01	578.01
19 - 5	694.90	718.91	745.35	718.91	24.01	735.43
X7 - 8	714.30	768.45	747.72	747.72	33.42	764.24
X6 - 5	547.50	601.25	578.70	578.70	31.20	593.24
X15 - 3	669.00	698.54	681.14	681.14	12.14	699.48

水段均位于该层顶部 10~60 m 以下。

新驿煤矿区, 据已施工的 9 个孔, 岩溶裂隙发育、钻遇漏水, 测井见出水层规律与区域上一致, 除断裂破碎带, 八陡组上部 50 m 范围内岩溶裂隙不发育, 岩溶形态为蜂窝状, 且多被方解石、泥质充填, 顶部 6~30 m 未见岩溶裂隙、未漏水, 测井未见出水层段(见表 2)。

由此可见, 无论新驿煤矿区内还是区域上, 除断裂破碎带外, 奥灰上部可视为相对隔水层, 其中

顶部钻探未见岩溶裂隙、未漏水, 测井未见出水层段部分可视为隔水层。

3.2 奥灰顶部相对隔水层厚度的确定

一是利用已有钻探、测井成果资料, 统计并确定奥灰顶部隔水层厚度。同时, 统计钻探未见岩溶裂隙、未漏水的情况, 此时测井也未见出水层段的奥灰顶部厚度可作为隔水层厚度; 二是在施工勘探钻孔时, 采用跟踪观测, 记录不同深度稳定水位(水压)的方法来确定奥灰阻水带厚度; 三是利用测井资

表 2 奥陶系顶部灰岩岩溶裂隙发育统计表

Table 2 Karsts and fissures in Ordovician top uncovered by drilling holes

m

孔号	灰岩顶板埋深	钻探见岩溶裂隙深度	测井出水段深度	综合见岩溶裂隙深度	未发育岩溶裂隙厚度	漏水深度
3 - 3	669.35	694.10	683.35	683.35	14.00	702.10
3 - 7	681.32	705.04	695.41	695.41	14.09	733.08
3 - 5	578.65	591.91	584.60	584.60	5.95	618.20
6 - 2	749.80	760.11	758.00	760.11	11.31	
9 - 6	527.25	537.70	540.15	540.15	12.90	
水 1	510.44	511.60	520.38	520.38	9.94	532.00
补 2	428.29	482.22	441.23	441.23	12.94	465.25
群 1	587.40	620.35	595.30	595.30	7.90	685.80
群 2	570.00	617.20	603.75	603.75	33.75	617.20

料和三维地震资料进行波阻抗演解译隔水段厚度，然后计算有效阻水带厚度^[14]。根据新驿煤矿区已施工的 9 个孔统计资料，奥灰顶部的隔水层厚度一般为 6~30 m，平均厚度为 10 m(见表 2)。

4 底板阻水能力主要影响因素及评价

4.1 底板阻水能力的主要影响因素

(1) 隔水底板软岩与硬岩组合

据前人研究成果^[8]，隔水底板抗压强度及隔水能力与地层组合有很大关系。区内 16 煤底板至奥

灰顶界面岩层平均厚度为 58.84 m，岩层组合以泥岩为主，平均占 57%；其次为砂岩，平均占 21%；煤系灰岩平均占 18%；煤层平均占 2%。软岩与硬岩比值系数约为 1：1。这种互层状软、硬岩的地质结构对提高底板抗压强度及隔水能力比较有利(见表 3)。

(2) 奥陶系顶部相对隔水层

本区奥陶系顶部相对隔水层，总体东部、西部厚，中部略薄，断层带及其附近最薄。正常地段一般厚 12~15 m，最厚可达 30 m 以上，断层带及其附近一般小于 10 m(见图 1)。其厚度主要受地层岩

表 3 煤底板至奥灰间地层组合及特征汇总表

Table 3 Summary of coalfield from floor to top of the Ordovician limestone strata

孔号	全厚 /m	刚性岩石与柔性岩石组合情况								等效泥岩隔水层厚度/m	总体抗压强度/MPa
		砂岩		煤系灰岩		泥岩		煤层			
		厚度/m	比例/%	厚度/m	比例/%	厚度/m	比例/%	厚度/m	比例/%		
水 1	61.02	12.19	20	11.23	18	35.70	59	1.90	3	48.0	4.80
3-5	60.15	7.24	12	11.65	19	40.11	67	1.15	2	50.8	4.70
群 1	63.80	14.15	22	10.45	16	38.34	60	0.86	2	50.3	5.14
5-5	59.44	13.10	22	11.07	19	34.01	57	1.26	2	47.1	4.79
3-7	60.00	16.86	29	7.01	12	27.36	46	1.01	2	43.0	4.30
煤 6-2	54.29	10.10	22	9.45	17	30.33	56	1.60	3	47.0	4.08
汶 7-1	48.85	11.05	23	10.50	22	26.80	55	0.50	1	38.0	4.03
平均值		12.10	21	10.19	18	33.24	57	1.18	2	46.3	4.55

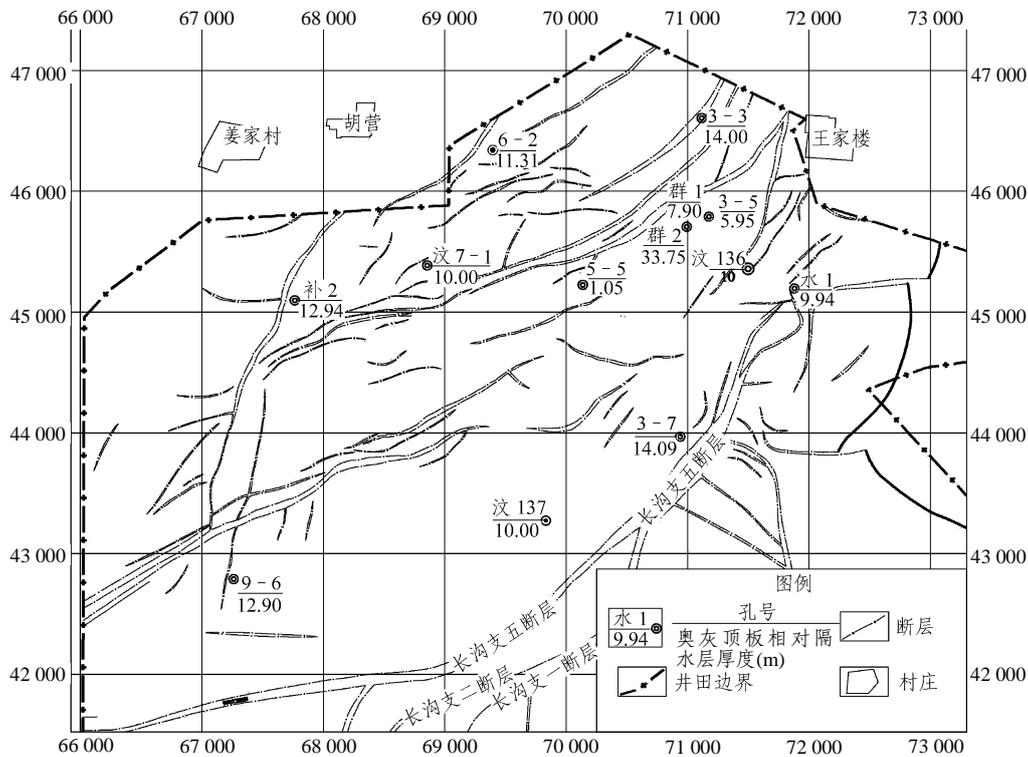


图 1 奥灰顶部相对隔水层厚度示意图

Fig.1 Schematic diagram of thickness of Ordovician top aquifuge

性、埋深、构造、充填程度及水动力条件的控制。本区奥陶系顶部主要为厚层微晶、泥晶石灰岩，砾屑、砂屑石灰岩，岩溶裂隙不发育，且多被方解石、泥质全充填，受断裂构造的影响局部变薄，中部受向斜构造的影响埋深较深，下部灰岩更深，更不利于岩溶发育，受水动力条件的影响，奥陶系顶部相对隔水层变薄。

(3) 矿压裂隙带及有效隔水层厚度

煤层开采导致工作面底板一定深度范围岩体的应力状态发生变化，岩体产生位移变形，最终产生采动裂隙带^[15]。据山东科技大学对全国 11 个采面的测试结果，一般扰动裂隙带深度(h)为 6~14 m，并给出其与采面斜长(L)关系式为

$$h = 1.86 + 0.11L \quad (1)$$

本矿东南侧的杨村矿实测扰动破坏深度为 11 m，按经验公式估算本矿井扰动破坏厚度取 12 m。16 煤底板有效隔水层厚度为煤系隔水层厚度与奥灰顶部隔水层厚度之和减去矿压扰动带厚度。前二者据钻探测井成果统计，无测井统计资料的则取其平均值(见表 4)。

表 4 16 煤底板隔水层厚度统计表

Table 4 Statistics of floor aquifuge thickness of coal seam No.16

孔号	煤系隔水层厚度/m	奥灰顶部隔水层厚度/m	矿压扰动带厚度/m	有效隔水层厚度/m
3-5	65.40	5.95	12.00	59.35
3-7	59.81	14.09	12.00	61.90
群 1	64.66	7.90	12.00	60.56
水 1	62.44	9.94	12.00	60.38
5-5	56.00	1.05	12.00	45.05
6-2	54.30	11.31	12.00	53.61
汶 136	60.50	10.00	12.00	58.50
汶 137	59.50	10.00	12.00	57.05
汶 7-1	60.10	10.00	12.00	58.01

(4) 底板抗压强度与隔水能力

据以往对代表性矿区各类岩石抗压强度及隔水能力的测试成果，刚性岩石隔水性差但其抗压强度大，柔性岩石则相反。一般刚性岩石的等效隔水系数约是泥岩的 0.4 倍；而柔性岩石的等效抗压强度系数约为刚性砂岩、灰岩的 0.5~0.7(见表 5)^[16]。根据标准岩石的等效隔水系数和等效抗压强度系数来进行换算，16 煤底板等效泥岩的隔水层厚度为

表 5 岩层等效隔水系数及抗压强度换算表^[16]

Table 5 Impermeable rock equivalent coefficients and compressive strengths of conversion^[16]

岩性	等效隔水系数	试验抗压强度/(MPa·m ⁻¹)
泥岩、泥灰岩、黏土、页岩	1.0	0.05
无岩溶化灰岩、泥灰岩	1.3	0.10
砂页岩	0.8	0.07
褐煤	0.7	
砂岩	0.4	0.10
砂、砾石、碎石、岩溶化灰岩、冒落裂隙带	0.0	

注：参考《煤田地质情报》、《矿井地质工作手册》以及《中国固体矿床水文地质特征与勘探评价方法》。

57.49 m，总体抗压强度约为 5.41 MPa，大部分区段即可抵御底板奥灰水压(见表 6)。

表 6 岩层等效隔水系数及抗压强度计算成果表

Table 6 Converted results of impermeable strata equivalent coefficients and the compressive strengths

孔号	等效隔水层厚度/m	总体抗压强度/MPa
水 1	60.92	5.79
3-5	58.54	5.30
群 1	60.57	5.93
5-5	48.47	4.90
3-7	61.32	5.71
6-2	61.70	5.21
汶 7-1	51.00	5.03
平均值	57.49	5.41

(5) 底板断层发育程度

构造作用对底板岩体的破坏表现在 2 个方面：一方面，断层形成岩体的不连续面，影响岩体的不完整性，易形成导水通道，尤其是当这些构造面与构造面边缘煤柱内的剪切带相连或相重叠时，就会造成煤层底板突水；另一方面，构造作用也导致构造带影响范围的岩体结构的破坏，其特点是次生裂隙发育，软岩层产生塑性屈服，强度降低^[14]。新驿煤矿区有不同规模的断层约 35 条，其中对采煤威胁较大落差大于 20 m 的断层达 12 条，断距大于 50 m 的断层达 6 条。一般区块断层密度达 3~6 条/km²。属断层相对发育区。断层不仅使煤层的成层性被破坏，对采煤造成困难，而且还导致底板抗压能力减低，成为以后导水的途径。

(6) 煤层底板承受水压力

在本区下组煤底板奥灰水压随其埋深变化较大。据实测水位在东部 16 煤底板-450 m 高程线以东, 底板承压水头高度为 478 m; 中部-450~-650 m, 水头高度为 478~678 m; 南部向斜部位, 水头高度最高达 800 m 以上。在八采区平均为 480 m 左右, 水压约为 4.80 MPa, 见表 7。

表 7 16 煤底板承受水压统计表

Table 7 Statistics of hydraulic pressure to coal seam No.16 floor

孔号	16 煤底板高程 /m	奥灰水位高程 /m	煤层底板承受水压力 /MPa
3-5	-468.7	29.0	4.97
3-7	-624.2	28.9	6.51
群 1	-472.7	29.3	5.02
水 1	-400.0	29.0	4.29
5-5	-591.9	28.9	6.21
6-2	-647.5	28.0	6.75
汶 136	-458.3	28.0	4.86
汶 137	-850.5	28.0	8.79
汶 7-1	-553.6	29.2	5.83

(7) 奥灰富水性

底板以下奥灰富水性是影响突水量大小的重要因素。由于岩性、成份、埋藏条件及构造影响不同, 奥灰含水层岩溶裂隙发育形态、程度、分布规律不同, 其富水性均存在明显差异, 可分为强、中、弱富水区。强富水区, 岩溶裂隙发育, 富水性强, 易发生大规模突水事故; 弱富水区, 岩溶裂隙不发育, 富水性弱, 理论上发生突水事故的可能性及规模远小于强富水区, 但往往易于轻视, 加之水压高, 实际发生突水事故的次数及造成危害并不小。本区内属于埋藏型岩溶区, 奥灰埋深一般为 200~800 m, 对煤矿影响的奥灰八陡组平均厚度为 104.34 m, 单位涌水量一般为 $0.026\sim 2.545\text{ L}\cdot(\text{s}\cdot\text{m})^{-1}$, 富水性总体为中等。

4.2 对奥灰水的阻水评价

16 煤底板对奥灰水的阻水强度为 4.90~5.93 MPa。东部底板承受水压为 5.00 MPa, 中部为 4.86~6.75 MPa, 向斜部位为 8.0 MPa 以上。总体阻水强度较高, 除中南部向斜部位和断裂带外, 大部分区段可抵御底板奥灰水压。东部富水性强, 但底板承受水压低、阻水强度高, 往西底板承受水压渐高、

阻水强度渐低、但富水性弱, 非常有利于煤矿开采。

5 奥灰突水危险性评价

5.1 评价方法及分区标准

突水系数法考虑了矿山压力对隔水层的扰动破坏, 同时还考虑了岩性、构造等地质因素。其含意是每米有效隔水层所承受的水压力, 当超过临界水压值时就易发生突水。计算公式为

$$T_s = P/(M - C_p) \tag{2}$$

式中: T_s 为突水系数(MPa/m), P 为煤层底板承受水压(MPa), M 为底板隔水层厚度(m), C_p 为矿压扰动破坏厚度(m)。

目前, 现行的各种矿井水文地质规范中, 还没有统一的突水威胁性分区标准。因此, 本次分区评价根据河北、河南、山东等省份一些矿区多年的开采经验, 区域临界有效隔水层突水系数一般为 0.060~0.150 MPa/m(见表 8)。

表 8 我国一些矿区临界突水系数

Table 8 Critical coefficients of water inrush of coal seam floor of some mining areas in China

矿区名称	临界突水系数/(MPa·m ⁻¹)
峰峰及邯郸	0.066~0.076
焦作	0.060~0.100
淄博	0.060~0.140
井陘	0.060~0.150

本区正常块段临界突水系数取 0.1 MPa/m, 在断层破碎带取 0.06 MPa/m。相对分区标准为:

- (1) 当 $T_s \leq 0.06\text{ MPa/m}$ 时, 突水威胁性小;
- (2) 当 $T_s = 0.06\sim 0.10\text{ MPa/m}$ 时, 突水威胁性较小;
- (3) 当 $T_s = 0.10\sim 0.15\text{ MPa/m}$ 时, 突水威胁性中等;
- (4) 当 $T_s = 0.15\sim 0.20\text{ MPa/m}$ 时, 突水威胁性较大;
- (5) 当 $T_s > 0.200\text{ MPa/m}$ 时, 突水威胁性大。

5.2 突水危险性分区

依据式(2)及有关参数计算的 16 煤底板奥灰突水系数, 按相对分区标准结合富水强度、断层密度、断距、抗压强度等对采煤危险性相对大小分为 4 个区(见表 9 和图 2)。除断层破碎带突水威胁性为较大

表 9 16 煤底板奥灰突水威胁性评价汇总表
Table 9 Risk assessment of water inrush of coal seam No.16 of Ordovician floor

分区名称	面积 /km ²	底板水压力 /MPa	断层密度 /(条·km ⁻²)	单位涌水量 /(L·(s·m) ⁻¹)	抗压强度 /MPa	突水系数 /(MPa·m ⁻¹)	突水威胁性评价
I	0.46	2.35	2.819	0.319~2.545	5.30	≤0.06	主要分布于东部边缘, 突水威胁性小
II	6.39	5.50	5.580	0.043~2.545	4.90 5.90	0.06~0.10	主要分布于东部单斜区, 突水威胁性较小
III	2.25	8.09	3.653	<0.043	5.21	0.10~0.15	主要为中南部, 突水威胁性中等
IV	1.58	6.15		>0.190		>0.15	主要为落差>20 m 的断层带, 突水威胁性较大~很大

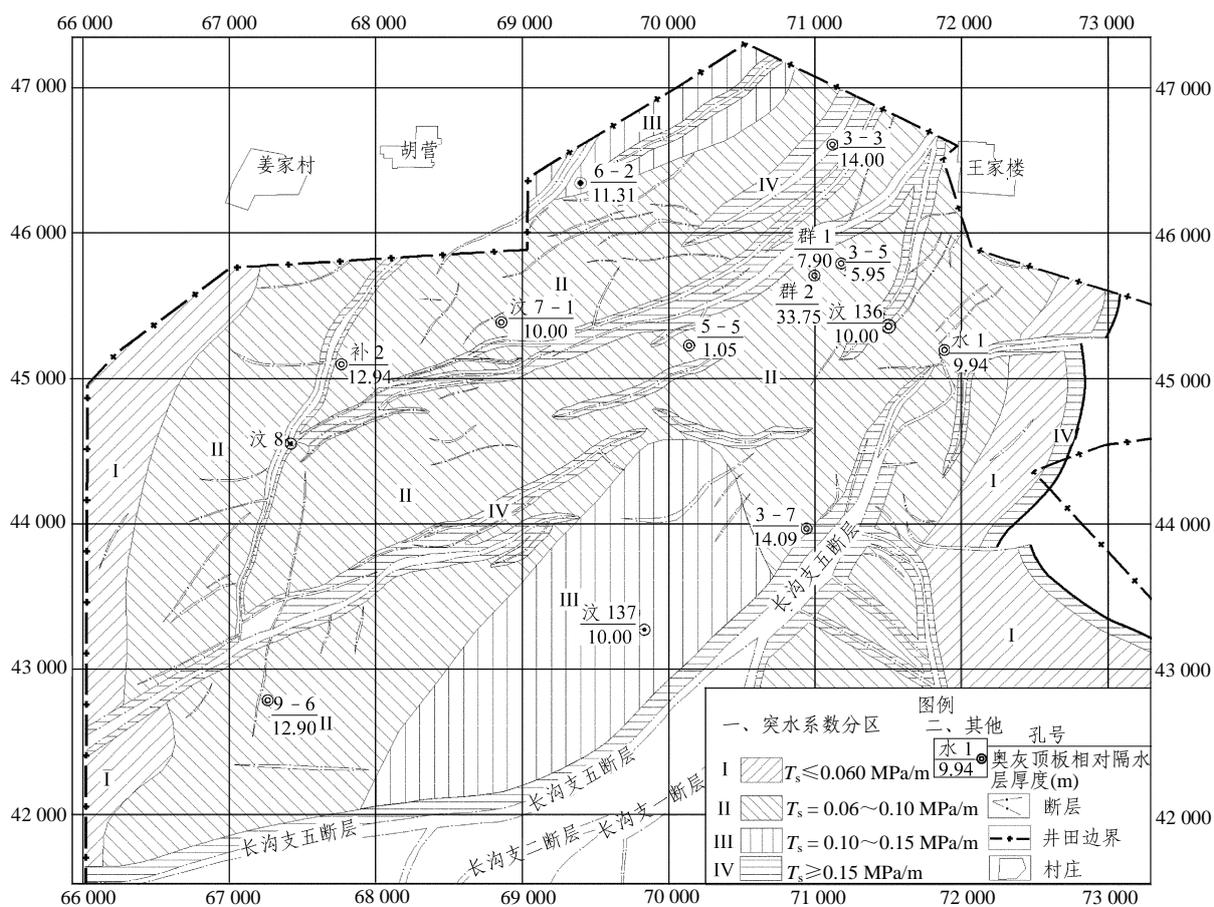


图 2 突水危险性分区示意图
Fig.2 Schematic diagram of division risk assessment of water inrush of coal seam No.16 of the Ordovician

或大外, 其他区段均可安全开采。若不考虑奥陶系顶部相对隔水层的情况下, III 区突水危险性较大, IV 区为突水危险性大, 均不能开采。因此, 利用奥陶系顶部隔水层仅首采区即可解放煤炭资源 3 000 多万吨。

6 结论与建议

(1) 通过对新驿煤矿区及其周围区域奥陶系八

陡组顶部岩性、裂隙岩溶充填及钻探漏水情况、测井出水段分析和研究, 论证了该区奥灰顶部的相对隔水性。进一步验证了华北型煤田的奥灰顶部存在隔水层的观点, 为华北型煤田“下组煤”开采的防治水工作提供了科学的依据。

(2) 经对新驿煤矿区开采下组煤突水危险性评价对比, 利用奥陶系顶部隔水层使 III 区突水危险性由较大降为中等而可以安全开采, 从而解放煤炭资源 3 000 多万吨。

(3) 鉴于奥陶系灰岩岩溶裂隙发育存在明显差异, 实际工作中应对不同构造部位、不同富水区均要有钻探控制。充分利用矿区钻探、漏水、测井等水文地质资料, 计算奥陶系顶部隔水层厚度。

参考文献(References):

- [1] 王连国, 宋 扬, 缪协兴. 基于尖点突变模型的煤层底板突水预测研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(4): 573 - 577.(WANG Lianguo, SONG Yang, MIAO Xiexing. Study on prediction of water-inrush from coal floor based on cusp catastrophic model[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22(4): 573 - 577. (in Chinese))
- [2] 缪协兴, 浦 海, 白海波. 隔水关键层原理及其在保水采煤中的应用研究[J]. 中国矿业大学学报, 2008, 37(1): 1 - 4.(MIAO Xiexing, PU Hai, BAI Haibo. Principle of water-resisting key strata and its application to water-preserved mining[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2008, 37(1): 1 - 4.(in Chinese))
- [3] 周瑞光, 成彬芳, 叶贵钧, 等. 断层破碎带突水的时效特性研究[J]. 工程地质学报, 2000, 8(4): 411 - 415.(ZHOU Ruiguang, CHENG Binfang, YE Guijun, et al. Time effect of water inrush in fault rupture zone[J]. Journal of Engineering Geology, 2000, 8(4): 411 - 415.(in Chinese))
- [4] 黎良杰, 钱鸣高, 李树刚. 断层突水机制分析[J]. 煤炭学报, 1996, 21(2): 119 - 123.(LI Liangjie, QIAN Minggao, LI Shugang. Mechanism of water-inrush through fault[J]. Journal of China Coal Society, 1996, 21(2): 119 - 123.(in Chinese))
- [5] 张金才, 张玉卓, 刘天泉. 岩层渗流与煤层底板突水[M]. 北京: 地质出版社, 1997.(ZHANG Jincai, ZHANG Yuzhuo, LIU Tianquan. Rock mass permeability and coal mine water inrush[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.(in Chinese))
- [6] WANG L G, MIAO X X, DONG X, et al. Application of quantification theory to risk assessment of mine flooding[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2008, 18(1): 39 - 41.
- [7] KONG H L, MIAO X X, WANG L Z, et al. Analysis of the harmfulness of water-inrush from coal seam floor based on seepage instability theory[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2007, 17(4): 253 - 258.
- [8] 靳德武. 我国煤层底板突水问题的研究现状及展望[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(6): 1 - 4.(JIN Dewu. Research status and outlook of water outburst from seam floor in China coal mines[J]. Coal Science and Technology, 2002, 30(6): 1 - 4.(in Chinese))
- [9] 周笑绿, 杨国勇, 郑世书. 东滩矿3煤顶板突水的影响因素[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(3): 281 - 284.(ZHOU Xiaolu, YANG Guoyong, ZHENG Shishu. Influencing factors on water inrush in the roof seam No.3 in Dongtan coal mine[J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2006, 23(3): 281 - 284.(in Chinese))
- [10] 马培智. 华北型煤田下组煤带压开采突水判别模型与防治水对策[J]. 煤炭学报, 2005, 30(5): 608 - 612.(MA Peizhi. Criterion models of mining under high pressure and groundwater controlling countermeasures for lower group coal of type coalfield in Northern China[J]. Journal of China Coal Society, 2005, 30(5): 608 - 612.(in Chinese))
- [11] 李满洲. 铝土矿床突水机制与防治技术[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2007.(LI Manzhou. Mechanism of water inrush and prevention technique on the bauxite aluminum ore[M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2007.(in Chinese))
- [12] 张文倬. 水力学沿程水头损失算式浅析[J]. 四川水利, 2001, 21(1): 1 - 3.(ZHANG Wenzhuo. Analysis formula of hydraulic head loss along the way[J]. Sichuan Water Resources, 2001, 21(1): 1 - 3.(in Chinese))
- [13] 白海波. 奥陶系顶部岩层渗流力学特性及作为隔水关键层应用研究[博士学位论文][D]. 徐州: 中国矿业大学, 2008.(BAI Haibo. Research on seepage characteristics and role of key aquifuge in top Ordovician[Ph. D. Thesis][D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2008.(in Chinese))
- [14] 赵阳升, 胡耀青, 杨 栋, 等. 底板岩石水力特性原位测试研究[J]. 工程地质学报, 1999, 7(4): 315 - 320.(ZHAO Yangsheng, HU Yaoqing, YANG Dong, et al. Study on in-situ measurement of hydraulic feature of base rocks[J]. Journal of Engineering Geology, 1999, 7(4): 315 - 320.(in Chinese))
- [15] 张金才, 刘天泉. 论煤层底板采动裂隙带的深度及分布特征[J]. 煤炭学报, 1990, 15(2): 46 - 55.(ZHANG Jincai, LIU Tianquan. Discussion on the coal seams floor fractured depth and distributing character[J]. Journal of China Coal Society, 1990, 15(2): 46 - 55.(in Chinese))
- [16] 葛亮涛, 叶贵钧, 高洪烈. 中国煤田水文地质学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.(GE Liangtao, YE Guijun, GAO Honglie. Hydrogeology of coalfields in China[M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2000.(in Chinese))