

利用地质规律 解放下组煤层

满铁男

(地质矿产部地质技术经济研究中心)

邯邢煤田位于河北省南部,为我国重要煤炭基地,已有多年的开发历史。石炭二叠系地层含可采煤层6至7层,由于中奥陶统石灰岩和上石炭统大青灰岩含水层的威胁,下部第7、8、9号煤(称下组煤)至今未能正常开采,其储量约占总量的二分之一。

从大量实际资料来看,遵循岩溶水的基本规律。根据井田不同的突水性和富水性,采取不同的治水方法,开采下组煤是有可能的。本文就此提出一些看法共同探讨。

一、邯邢煤田水文地质条件

煤田总体为单斜构造,岩层走向北北东,倾向南东东、倾角10—25度。煤田内断层发育,断距大于50米的有200余条,将煤田切割成不同形状和规模的地质块段,出露地层有前震旦系、震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、第三系、第四系。

本区属大陆性气候,平均年降雨量550—650毫米,雨量集中在七、八、九三个月。地势西高东低。西部山区石灰岩大面积裸露,为补给区,向东过渡为丘陵地形,形成迳流区和排泄区。共有九条河流自西向东流经煤田,在灰岩裸露处下渗补给。漳河、滏阳河为长流水,其余为季节性河流。

中奥陶统灰岩(以下简称奥灰)分三组九段。最上部峰峰组第二,三段厚度65~130

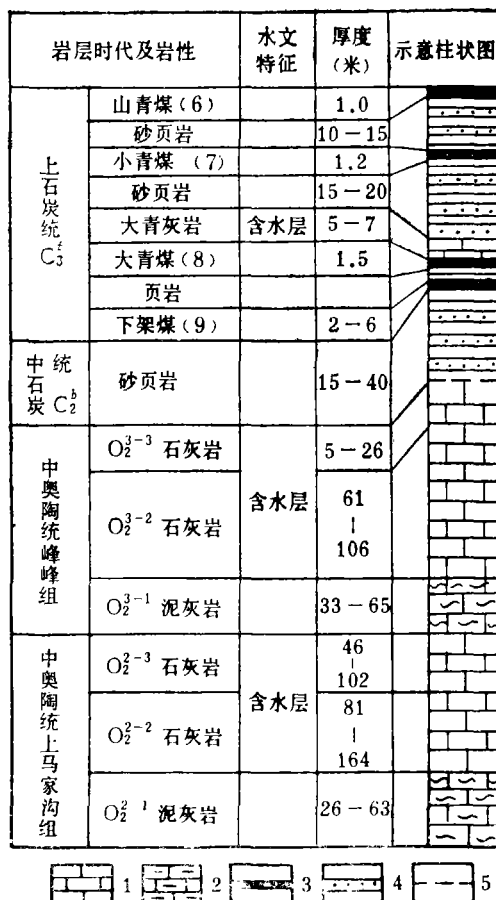


图1 水文柱状示意图

Fig. 1 Schematic map of the hydrological section

1. 石灰岩 2. 泥灰岩 3. 煤层 4. 砂页岩 5. 假正合面

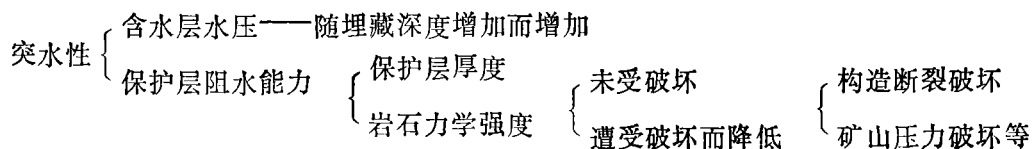
米,为强含水层。大青灰岩厚5~7米,距奥灰顶面30~60米,局部受奥灰水补给,但是大部地区联系不密切,富水性不强。煤系中其它薄层灰岩1—3米厚,一般富水性弱,容易疏干。砂页岩层则视为相对隔水层。

第7层煤下距大青灰岩15—20米,主要受大青灰岩来自底板的突水威胁。8、9两层煤下距奥灰15—40米,大青灰岩为其直接顶板,既受奥灰来自底板的突水威胁,也受大青灰岩来自顶板的突水威胁(图1)。

二、突水性和富水性

位于煤层顶板的灰岩含水层,由于距煤层近,开采时受到破坏而向矿坑涌水,主要应考虑其富水性问题。对于煤层底板灰岩含水层则既有突水性问题,也有富水性问题。

突水性反映矿井发生突水的难易。在一定的水文地质结构中,煤层底板含水层的突水性受以下因素控制:



突水性总趋势是随埋深而增强。

突水性主要用突水系数反映: $n \approx P/M$

n —反映突水性的突水系数, 公斤/厘米²·米;

P —作用在保护层底部的水压, 公斤/厘米²;

M —保护层厚度, 米。

上式未包括岩石力学强度因素, 只能反映突水性的近似情况。实际工作中, 必须考虑构造断裂和矿山压力等因素对岩石强度的破坏。

峰峰矿区的实际经验是: $n < 0.5$ 时采煤比较安全, $n > 0.7$ 时容易发生突水。由于保护层的阻水作用, 在浅于某一标高处存在一个安全开采地区。

富水性反映疏水降压时水量的大小, 一般用钻孔单位涌水量表示。

一个井田的富水性以所在泉域的规模为基础, 考虑岩溶发育强度, 断层封闭情况, 距泉域排泄点远近等为其迭加的影响因素。一般来说, 在井田较浅, 接近排泄区, 无断层封闭的情况下, 其富水性直接取决于泉域规模的大小, 规模越大富水性越强, 反之越弱。例如王凤煤矿处于黑龙洞泉域(面积2404平方公里, 泉水流量6—9米³/秒)的强迳流带上, 抽水1.565米³/秒, 中心区纯降深1.785米, 5~10分钟引起相距2000米~5800米的观测孔水位下降。据计算, 疏水降压开采±0标高时, 排水量为16米³/秒。而祁村井田属于石谷南焦泉域(面积251平方公里泉水流量0.868米³/秒)抽水0.4米³/秒, 中心区纯降深4米, 12~14分钟相距2300~2500米的观测孔水位下降。计算开采-75米标高时, 排水量为1.5~2米³/秒。可见, 祁村井田虽然历史上多次底板突水, 但其泉域规模小富水性弱, 治水比较容易。

根据以上分析, 邯邢煤田下组煤治水开发的有利地区为:

1. 小型泉域内的井田（如祁村、临城井田）；2. 浅部 $n < 0.5$ 的弱突水区；3. 浅部弱富水区（-500米标高以下）；4. 断层封闭块段；5. 远离泉域排泄区的井田；6. 奥灰中有大量岩浆岩侵入地区等。

三、各类地区下组煤的治水开采

1. 浅部弱突水区的治水开采

从峰峰矿区开采实践来看，在 $n < 0.5$ 的浅部开采下组煤，基本不用疏水降压，可以带压开采。弱突水区，可以根据灰岩的水压和保护层厚度，并考虑到岩石强度而具体圈定。这一地区的特点是水压低，不易突水，但灰岩埋藏浅，岩溶发育，因而富水性强。应以带压开采为主。要充分发挥保护层的阻水作用，采取强化保护层措施，包括：注浆加固破碎带，缩短工作面长度和加快回采进度以减少矿压对保护层的破坏，必要时留设煤柱。带压开采并不是绝对安全可靠的，特别是受气象影响，含水层水位大幅度变化。因此，必须有防水和安全措施；要有足够的排水能力，建立水闸门分区隔离，要有监测和报警系统、撤退路线以及抢险复修等措施。

现在有一些矿井在弱突水区进行下组煤的带压开采。如王凤矿在 $n < 0.5$ 的+10标高处采出315万吨煤；峰峰矿在 $n < 0.6$ 地区采出112万吨；白土矿在 $n < 0.7$ 的+50米标高处采出210万吨煤炭等，节约了大量排水费用，创造出带压开采的先例。

2. 深部弱富水区煤层的开采

岩溶发育受当地侵蚀基准面控制，随深度的增加而逐渐减弱。根据大量钻孔资料，邯邢煤田低于-200米标高深度，岩溶现象显著减弱。据统计，岩溶发育下限在峰峰鼓山以西为-410米标高（断层带为-560米）、鼓山以东为-500米（断层带为-750米）。裂隙充填率也随深度而增高（如表1、2）。

九龙口井田在深600米附近抽奥灰水，水质为 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Ca}$ 型，矿化度为6克/升左右，梧桐庄井田1501孔在奥灰标高-516米深处抽水、水质为 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Ca}$ 型，矿化度5.72克/升，说明深部地下水循环不良。预计奥灰含水层在-500米标高以下，岩溶水的静水压力虽高比较容易突水，但动水量不会很大，用疏水降压开采比较合适。

峰峰矿区深部井田（如九龙口、梧桐庄、羊渠河东，大淑村等）埋深皆在-500米标高以下，而且边界为大断层切割封闭，成为地垒构造，四周为不透水或弱透水边界，对于治水开采下组煤有利，为峰峰矿区较好的后备区。

3. 断层封闭区的治水开采。

邯邢煤田断层发育，将煤田分割成规模不同的地质块段、其中地垒构造尤为重要。地垒内部灰岩含水层与外部的砂、页岩对接，形成不透水或弱透水边界，使井田的富水性大为减弱。这种情况在大青灰岩含水层表现很明显。如羊渠河井田为地垒构造，周边为断层切割。W₅钻孔放大青灰岩水0.053~0.022米³/秒，水位下降90米，相距800米的W₆孔水位下降78米。从该矿系统放水资料来看，被断层分割开的四个区域自成体系，互不影响，断层的阻水作用十分明显。

峰峰二矿东南区受断层切割，自成一小型单元，井下-180米水平和-240米水平联合放

表 1 峰峰矿区岩溶发育垂直分带表

Table 1 Zones of the karst developing in the vertical section of the Feng-Feng mining area

垂 直 分 带	一 般 高 程 (米)	岩 溶 发 育 程 度							裂 隙 岩 溶 水 特 征		
		主要岩溶 形态	单孔平 均见溶 隙点数 (个)	裂隙充 填百分 比 %	含水组 裂隙岩 溶率 %	钻孔见 洞率 %	含水组 溶洞率 %	孔洞发 育点数 占总数 百分率 %	单位涌水量 升/秒·米	水 质 类 型	矿化度 克/升
强 带	水位 以下 至 ± 0	溶洞溶 隙为主	3.4	9 24	8.84	18.8	2.32	30	一般2.9~7.4 有利构造附近 ≥ 7.4	一般 HCO_3-Ca $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$	一般小于 0.3~0.4
中 带	± 0 -200	溶隙为主 在断裂带 背斜轴有 溶 洞	2.2	24 54	6.55	6.2	1.03	2.5	一般0.9 ~2.9 有利构造附近 2.3~7.4	一般 $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$ $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Mg}$	一般0.3 ~0.6
弱 带	-200 -500	溶孔发育 有少数溶 隙	0.57	54 66	1.55	0	—	—	一般0.4 ~0.9 有利构造附近 0.9~2.3	一般 $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}$ $\text{SO}_4-\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$ $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}$	0.6~6.0
极 弱 带	低于 -500	裂隙岩溶 不发育或 多为全充 填	—	大于 66	0	0	—	—	小于 0.3~0.4	以 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}$ 为主	大于6.0

注：根据矿区治水资料

表 2 临城矿区岩溶发育垂直分带表

Table 2 Zones of the karst developing in the vertical section of the Lincheng mining area

分 带	奥灰岩顶面标高(米)	岩溶率(%)	单位涌水量(升/秒·米)	矿井突水量(米 ³ /时)
强含水带	一般+75~-75 断层-300~-350	大于6	一般1.5~2 最大31.5	大于600~2000
较强含水带	一般-75~-200 断层-350~-500	6~8	一般0.6	100~350 一般100~130
较弱含水带	一般-200~-400 断层 ~-500	3~2	小于0.3	
弱含水带	-400以深	小于2		

注：根据矿区治水资料

大青灰岩水, 放水量 $0.055\text{米}^3/\text{秒}$, 2710 钻孔水位下降 253 米, 而 F₅ 断层另一侧南北区的钻孔水位却无变化 (图 2)。

大青灰岩厚度 5—7 米, 在断层落差大于 7 米时, 灰岩即被断开, 若无另一含水层与之对接, 侧向补给即被切断。这种情况对奥灰含水层也应适用。峰峰组二、三段总厚 130 米左右, 为强含水层, 当断层落差大于 130 米时可能形成封闭。如邵明井田, 东、北、南三面皆为落差 500 米—1000 米大断层

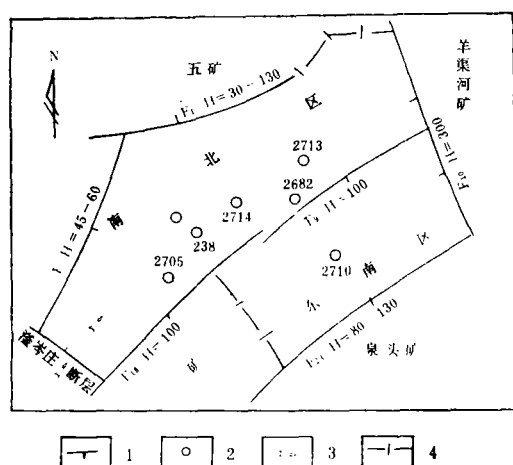


图 2 峰峰二矿断层封闭示意图

Fig. 2 Schematic map of the Feng-Feng No. 2 mine sealed by faults

1. 断层 2. 观测孔 3. 地下水流 4. 井田边界

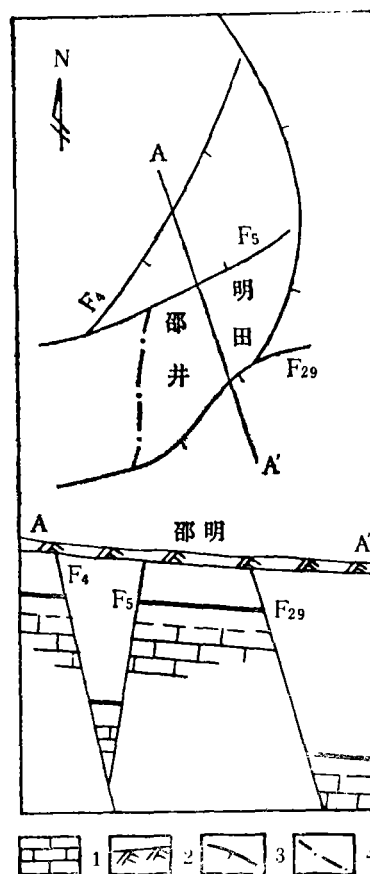


图 3 邵明井田断层封闭示意图

Fig. 3 Schematic map of the Shao-ming area sealed by faults

1. O₂ 石灰岩 2. 表土 3. 断层 4. 地层界线

切割, 形成一地垒构造, 奥灰水水质化验为高矿化度的 $\text{HCO}_3-\text{SO}_4-\text{Ca}$ 型水, 与其周围井田截然不同, 为断层封闭井田的一例 (图 3)。

有时断层落差不够大, 未能把含水层完全断开, 则形成局部连通。如九龙口 F₅ 断层南端, 梧桐庄井田 F₂ 断层南端等。或者含水层虽然断开, 另一含水层恰好对接, 形成新的补给关系。如峰峰二矿滏岭庄断层的两翼 (图 2)。这些局部的连通补给, 可采用帷幕注浆进行截流, 减弱其富水性, 以利疏水降压进行开采。峰峰二矿在滏岭庄断层附近用帷幕截流后, 使矿井中大青灰岩涌水量由 $0.43\text{米}^3/\text{秒}$ 减少到 $0.30\text{米}^3/\text{秒}$, 减少 28%, 取得初步成效。因此, 在断层封闭地区利用断层的隔水性, 采用帷幕截流, 疏水降压开采下组煤也是有可能的。邯邢煤田被断层切割, 形成封闭或半封闭的井田为数不少, 如东庞、临城、邵明、康城、陶庄、九龙口、梧桐庄、羊渠河东、大淑村等井田。

4. 小型泉域内井田的治水开采

祁村, 临城井田处于石谷南焦泉域之内, 泉域规模小, 富水性弱, 同时井田比较集中, 除利用上述各项有利条件外, 还可考虑加大开发强度, 多井联合排水开采下组煤。初步估算, 祁村、临城两个矿井按年产 180 万吨煤、开采时疏水量为 $2 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 计, 则每吨煤摊销排水费用 7 元。如果采用浅部带压开采 (过去老南、北大井采煤曾带压开采到 -50 米标高), 充分利用断层的阻水作用, 以及地面采取防渗堵漏等措施, 则排水费用还会进一步降低。

四、关于大青灰岩的富水性和第 7 层煤的开采

大青灰岩位于第 7 层煤下 20 米, 为第 8、第 9 层煤的顶板, 其富水性大小直接影响到下组煤的开采。从历史突水资料来看, 截至 1980 年, 峰峰开采第 6、7 层煤时, 大青灰岩共发生 15 次突水。其稳定涌水量在 $0.17 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 以上的 2 次, 最大 $0.24 \text{ 米}^3/\text{秒}$, $0.1 \sim 0.15 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 3 次, $0.05 \text{ 米}^3/\text{秒}$ 以下 10 次。大部分突水点突水后, 水量迅速衰减, 这说明大青灰岩水除少数地点受奥灰水补给外, 一般富水性不是很强, 可以疏水降压。第 7 层煤首先是受大青灰岩自煤层底板的突水威胁, 如果根据具体情况、采取带压、疏水降压, 帷幕截流等措施, 消除大青灰岩含水层的威胁, 开采第 7 层煤是不难做到的。

本文利用了治水、生产, 勘探等方面的实际资料, 对此表示谢意。

EXPLOITATION OF THE LOWER COAL MEASURES BY APPLYING GEOLOGICAL LAWS

Man Tienan

(*Research center of Geological Exploration Economics, Ministry of
Geology and Mineral Resources*)

Abstract

The lower coal measures of the upper Carboniferous series in the Handan--Xingtai coalfield can not be normally exploited yet under the threat of karst water in the middle Ordovician limestone. It is possible to harness the water by using different methods according to the water-bursting mode and water-bearing nature of each coal mine. Only in this way the exploitation problem of the lower coal measures may be solved.

1. It would be suitable to exploit under water pressure the upper part of the coal measure which is highly water-bearing but of little possibility of water bursting.

2. The deeper part of the coal measure which is of high waterbursting possibility but weakly water-bearing should be exploited after the water pressure is reduced by draining.

3. In areas enclosed by faults, water supply passages are concentrated, thus making the exploitation possible when a water-intercepting curtain is set up.

4. In small spring drainage areas where mines are densely distributed, joint draining can be done in addition to making use of the aforesaid favourable conditions.

The article has also proposed some of the suitable locations in the Handan-Xingtai coalfield where water can be put under control and the lower coal measures be exploited.

悼念乔·詹宁斯教授

——澳大利亚喀斯特地貌和洞穴学创始人

世界著名的喀斯特学者乔·詹宁斯 (Joseph · Newell · Jennings) 于1984年8月24日在澳大利亚新南威尔斯州不幸逝世, 享年68岁。

乔·詹宁斯1916年出生于英国约克夏郡, 幼年迁居柴郡。1935年以优异成绩考入剑桥大学, 在圣·凯瑟琳学院地理系就读, 1938年毕业, 获地貌学荣誉文学硕士学位, 随后成为剑桥大学植物院部研究生, 从事区域地层学和植物演变史研究。第二次世界大战期间, 他在英国皇家炮兵部队担负测量工作, 1946年成为累斯特大学地理讲师。

乔·詹宁斯于1952年迁居澳大利亚, 被聘为澳大利亚国立大学地理系高级讲师。1968年英国剑桥大学授予他哲学博士学位, 使他在澳大利亚国立大学研究院部生物地理和地貌学系晋升为专职研究员, 成为该系的骨干成员之一, 担任地貌学教授之职。1977年底, 他为了提拔年青有为的科研人员, 主动辞去地貌学教授的职务, 并宣布退休。后因接受中国学者进修喀斯特学的要求, 欣然同意继续留在国立大学生物地理和地貌系工作, 指导中国学者的进修学习。于1983年底正式退休。直至逝世前夕, 乔·詹宁斯教授从未停止科研活动。

乔·詹宁斯教授被推崇为澳大利亚现代地貌学和洞穴学之父。三十多年来, 他对澳大利亚的冰川、湖泊、海岸、沙丘、洞穴和喀斯特等地貌进行了广泛的考察研究, 先后发表200多篇学术论文, 主编出版了《澳大利亚和新几内亚地貌研究》、《系统地貌学丛书》(共七册), 为澳大利亚现代地貌学的发展奠定了基础。并荣获英国伦敦皇家地理学会的维多利亚金质奖章, 以及澳大利亚新南威尔斯州皇家学会的克拉克金质奖章。

六十年代初, 乔·詹宁斯教授把研究精力集中到喀斯特地貌和洞穴学方面, 组建了“澳大利亚洞穴学联合会”, 并任该会主席。他为“喀斯特”这一术语所确定的涵义, 广泛被世界各国的学者所引用, 他编著的《喀斯特》教科书亦公认为简明扼要, 概念确切, 最为适用的教本。特别是喀斯特地貌形态测量, 碳酸盐岩溶洞的形态和微地貌, 以及热带干旱、半干旱地区和古冰川作用地区的喀斯特地貌发育等方面的研究, 造诣更深, 对全世界的喀斯特研究具有重大的科学意义。为此, 美国洞穴学协会聘请他为终身名誉委员。

乔·詹宁斯教授曾于1975年随澳大利亚国立大学第四纪代表团来我国参观了贵州、广西一带的喀斯特地貌。

(包浩生)