

文章编号: 1001-1986(2020)03-0035-10

准格尔煤田不连沟矿井构造特征及其对 煤矿生产的影响

马良¹, 郭瑞²

(1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077;
2. 内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010321)

摘要: 准格尔煤田位于鄂尔多斯盆地伊盟隆起和晋西褶皱带的转折部位, 煤田内的矿井构造样式多样, 而且矿井生产揭露前后构造复杂程度发生了重大变化。以不连沟矿井地质勘查和矿井揭露的褶皱、断层、岩溶陷落柱、火成岩侵入体等地质构造为主要研究对象, 通过数理统计方法对矿井内的构造发育特征进行了定量或半定量评价, 分析不同地质构造的形成机制、演化背景及矿井构造复杂程度变化的主要原因, 统计分析不同类型地质构造对矿井采掘生产的影响, 总结矿井地质构造探查经验, 提出适应于该区的构造探查思路。结果表明: 不连沟煤矿构造样式多样, 构造发育的分区特征明显, 构造组合具有耦合性; 矿井中部的弧形坡折带及波状褶皱形成开始于加里东构造运动, 属于黄河断裂和呼-清断裂的伴生构造; 区内走向 EW(或近 EW 向)和 NW 断层组合是鄂尔多斯盆地印支期 S—N 向挤压应力和燕山期 NW—SE 向挤压应力共同作用的结果。各类地质构造制约着矿井采区部署、巷道掘进、工作面回采速度, 造成大量资源损失, 给矿井防治水带来巨大挑战。针对类似研究区的复杂矿区, 建议采用三维地震勘探扫面, 井下槽波、电法勘探靶区圈定, 定向钻验证的“物探、钻探, 地面、井下”相结合的综合探查方案。

关键词: 构造特征; 构造探查; 采掘影响; 不连沟煤矿; 准格尔煤田

中图分类号: P642.3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2020.03.006



移动阅读

The structural characteristics and their influence on production of Buliangou coal mine

MA Liang¹, GUO Rui²

(1. Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China;
2. Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Industry Co. Ltd., Ordos 010321, China)

Abstract: Jungar coalfield is located at the turning point of Yimeng uplift and Jinxi flexure belt in Ordos basin. There are many kinds of mine structures in the coalfield, and the structural complexity has changed greatly before and after the exposure by mine production. Taking the fold, fault, karst collapse column, igneous rock intrusion and other geological structures exposed by geological exploration and mining as the research object, quantitative or semi-quantitative evaluation of structural development characteristics in the mine was carried out by means of mathematical statistics, and the formation mechanism, evolution background of different geological structures were analyzed. The main reasons for the change of mine structure complexity were found, and the influence of different types of geological structure on mining production was analyzed. The experiences of the structural exploration were summarized, and the routes of the exploration of the structure was established. The results show that the structural styles of Buliangou coal mine are various. The zoning characteristics of structural development are obvious, and the structural combination is coupling. The arc-shaped slope break belt and wave fold in the middle of

收稿日期: 2019-12-03; 修回日期: 2020-04-01

基金项目: 中煤科工集团西安研究院有限公司科技创新基金项目(2019XAYMS19); 国家科技重大专项课题(2016ZX05045-002)

Foundation item: Science and Technology Innovation Fund of Xi'an Research Institute of CCTEG(2019XAYMS19); National Science and Technology Major Project(2016ZX05045-002)

第一作者简介: 马良, 1982 年生, 男, 甘肃张掖人, 硕士, 助理研究员, 从事煤田地质、矿井地质研究工作。E-mail: maliang@cctegxian.com

引用格式: 马良, 郭瑞. 准格尔煤田不连沟矿井构造特征及其对煤矿生产的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2020, 48(3): 35-44.

MA Liang, GUO Rui. The structural characteristics and their influence on production of Buliangou coal mine[J]. Coal Geology & Exploration, 2020, 48(3): 35-44.

the mine belong to the associated structure of Yellow river fault and Hu-Qing fault, formed from Caledonian tectonic movement. The combination of EW(or near EW) and NW faults in the area is the result of the joint action of Indosinian S-N compressive stress and Yanshanian NW-SE compressive stress in Ordos basin. All kinds of geological structures restrict the location of the mining area, affect the tunneling, mining speed of working face, cause a lot of resource loss, and bring a huge challenge to the prevention and control of mine water. According to the geological structure characteristics of similar mine, a comprehensive geological structure detection method combining "geophysical exploration, drilling, surface and underground" with high-precision full-digital three-dimensional seismic exploration on the ground, delineation of exploration target areas by underground in-seam wave and electrical method, and directional drilling verification with drilling instead of roadway is proposed.

Keywords: structural features; structural exploration; mining influence; Buliangou coal mine; Jungar coalfield;

地质构造特征及其复杂程度是地质勘查工程部署、资源储量计算、水文地质、构造地质、瓦斯及其他开采技术条件评价的基础,也是矿井设计、安全生产的重要依据^[1-3]。笔者基于多年的地质勘查、二维地震以及首采区三维地震勘探等技术手段,及对鄂尔多斯盆地北部准格尔煤田内的不连沟煤矿构造特征形态的认识,认为构造特征总体上与盆地的构造形态相吻合,为西倾单斜背景上伴随的断裂构造,确定的构造复杂程度均为简单,因此,矿井的总体设计、采区布置等均依此设计。但随着矿井井筒的落底和首采区工作面井巷的揭露,逐渐发现矿井断裂构造发育、煤层底板起伏变化较大,勘查阶段在中部确定的大型断裂构造实际揭露为一个以坡折带为主同时伴生一系列小型断裂构造的组合带,回采工作面内的断裂构造、岩溶陷落柱发育,对矿井的正常生产和安全回采带来了巨大的危险,导致矿井投产多年不能达产,多个工作面、多条巷道废弃,造成矿井采区重大调整和经济重大损失。

目前,针对煤矿区地质构造研究,地面主要采用遥感地质调查^[4],地质填图和剖面测量,地质钻探断层破碎带、倾角变化和钻孔之间剖面、平面对比分析及地面三维地震等技术手段综合研究^[5-7]。地面的各种手段对大型断裂构造识别和解释基本可靠,而对于中型、小型尺度构造探测的可靠性较低,主要依靠煤矿井下巷道、工作面地质构造的探查、预测。矿井地质构造研究工作主要集中于断裂构造、岩溶陷落柱等可能导致矿井灾害的探查方面^[8-10],主要的技术手段有井下槽波 CT^[11]、坑透^[12]、孔中瞬变电磁勘探^[13-15]、井下地质钻探等,上述各项技术在该矿内均进行了施工,效果不一。近年来出现的孔-巷联合探测、随采地震^[16-18]、地面三维全数字地震勘探^[19-20]、地面全数字三维地震联合井下槽波和音频等物探联合定向钻组合的综合探查^[20-22],及钻孔径向射流断层判识等技术,为矿井地质构造探查提供了新的技术手段^[23-26]。但是,各技术手段都有其适用性,而适用性的研究是建立在对已有地质

构造再次解释的基础上,不断提取物性特征,建立相适用的解释模型和数据采集、处理流程,同时应当基于对区域性构造背景认识的基础上开展研究。

基于前人的研究认识,笔者以鄂尔多斯盆地北部准格尔煤田不连沟煤矿为研究对象,采用探采对比方法分析矿井地质构造发育特征;结合区域构造分析矿井构造形成机制,评价地质构造对矿井生产的影响,为矿井后续构造预测和采掘规划提供依据,进而评价矿井物探手段的有效性,为矿井后期构造探查手段选择提供参考。

1 区域地质背景

准格尔煤田位于内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗东部,北接乌兰格勒煤田,东临黄河,南抵黄河河曲(图 1a)。大地构造单元属于华北地台(I)鄂尔多斯台坳(II)伊盟隆起(III)东部,东临山西台隆,南接晋西褶曲带,北邻内蒙古台隆(图 1b)。煤田总的构造轮廓为东部隆起、西部坳陷,走向近 S—N,向西倾斜的单斜构造。北端地层走向转为 NW,倾向 SW,南端地层走向转为 SW—EW,倾向 NW 或 N。倾角一般小于 10°,构造形态简单。

自晚石炭世至晚三叠世,准格尔煤田古地形平缓,地层稳定沉积,早白垩世早期区内发生了强烈抬升,形成了 NE 高、SW 低的构造格局,形成煤田内波状褶皱和白垩系与下伏地层之间的角度不整合。晚白垩世,受燕山运动和火山活动影响,煤田内发育断层和火成岩体,并造成白垩系与上覆地层之间的沉积间断。煤田内的构造形式以褶曲和正断层为主。煤田中东部发育轴向呈 NNE 的短轴背向斜,如窑沟背斜、东沟向斜、西黄家梁背斜、焦家圪卜向斜、贾巴壕背斜。南部有走向近 E—W 的老赵山梁背斜、双枣子向斜,轴向呈 NWW 的田家石畔背斜、沙沟背斜、沙沟向斜,走向近 S—N 的罐子沟向斜(图 1c)。

不连沟煤矿位于准格尔煤田的北部,属晚古生

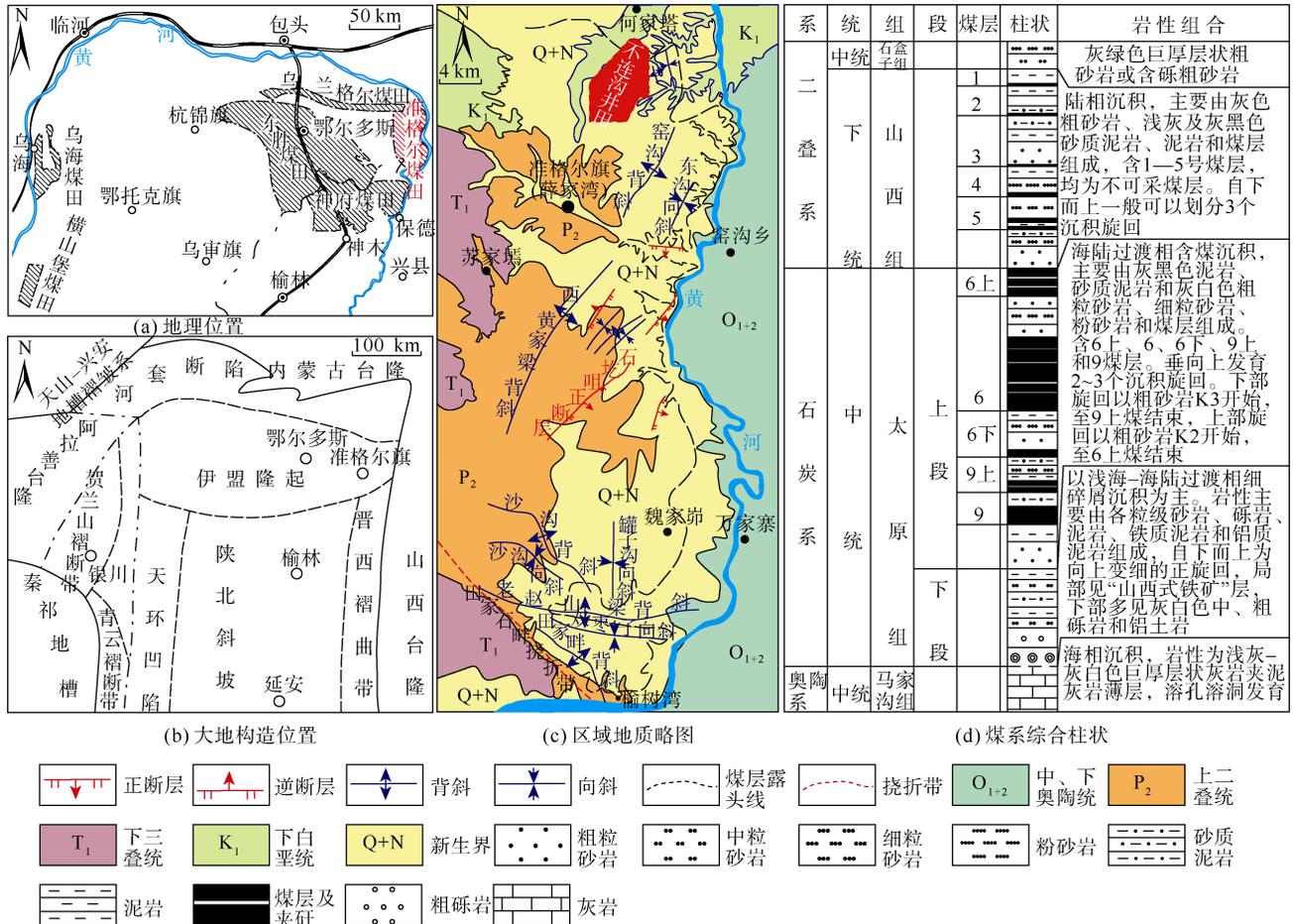


图 1 准格尔煤田地理及大地构造位置、区域地质及含煤岩系柱状

Fig.1 Geographical and geotectonic location, regional geology and column of coal measures of Jungar coalfield

代石炭—二叠纪煤田, 周边矿井有孔兑沟、唐家汇、玻璃沟、小鱼沟等生产矿井。其构造形态整体为向西倾斜的单斜构造, 地层产状较平缓, 倾角 3°~5°。地层由老至新依次为寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、白垩系、新近系和第四系, 其中石炭系与下伏奥陶系之间为平行不整合接触, 白垩系与下伏二叠系之间为角度不整合接触, 新近系与下伏白垩系之间为角度不整合接触。含煤地层为山西组和太原组, 地层厚度 0~274.56 m, 含煤层数约 15 层; 主力煤层为太原组上段的 6 煤, 煤层厚度 0~35.42 m, 平均 14.85 m, 北部存在局部剥蚀区; 煤层结构复杂, 含多层夹矸、煤层分叉合并频繁; 煤类以中灰、高挥发分、低硫、低磷、低砷、高氟、低氯的长焰煤为主, 局部存在高灰分见煤点或高灰煤区, 总体上属全区可采的较稳定型煤层(图 1d)。

2 矿井构造特征

随着地质勘查程度不断提高, 矿井生产活动逐渐深入, 对矿井构造形态的认识也越来越清晰。矿井地层总体走向为 SN 向, 向西倾斜, 构造线方向

与区域构造线方向基本一致, 同时在单斜的基础上发育褶皱、断层、陷落柱、古河道冲刷、岩浆侵入等。

2.1 褶皱

研究区褶皱构造包括 1 个坡折带和 2 组背向斜组合而成的宽缓波状褶皱(图 2)。坡折带位于矿井中部, 平面上呈弧形, 剖面上东高西低, 为一向西倾斜的斜坡, 研究区内走向长度约 7.2 km, 宽度 500~1 000 m, 核部地层倾角为 10°~15°。该坡折带已经在准格尔煤田中部的多个矿井中被发现, 总体走向近 SN, 在研究区内发生近 90°转向后在北部逐渐消失。

2 组波状褶皱分别位于研究区北部和中部。北部背向斜由 1 个背斜和 1 个向斜组合构成, 轴迹呈 NW 走向; 中部背向斜由 2 个向斜和一个背斜组合构成, 轴迹呈 NE25°~35°走向、背斜位于中间、向斜分布于两侧的“W”型组合, 褶皱两翼宽缓倾角约 4°, 轴部陡立, 褶皱的轴向延伸范围 1.5~5.0 km(图 2)。

值得注意的是, 研究区内 2 组波状褶皱构造线近相互垂直, 二者与坡折带的弧形走向大体相切。这种构造组合关系主要受到来自两个近垂直的区域

性断裂构造的影响，即西侧南北走向的呼和浩特—清水河断裂，北侧近东西走向的黄河断裂。另外，张泓等^[2]研究表明，晋西褶皱带与伊盟隆起为过渡关系，而研究区正好处于晋西褶皱带与伊盟隆起的转接部位(图 1)。晚古生代地层中的挠褶(坡折)现象主要受晋-冀-鲁-豫运动影响，奥陶纪地层中已初具雏形，在晚古生代和早中生代地层中进一步发展，在侏罗系与下伏地层的不整合面附近消失。

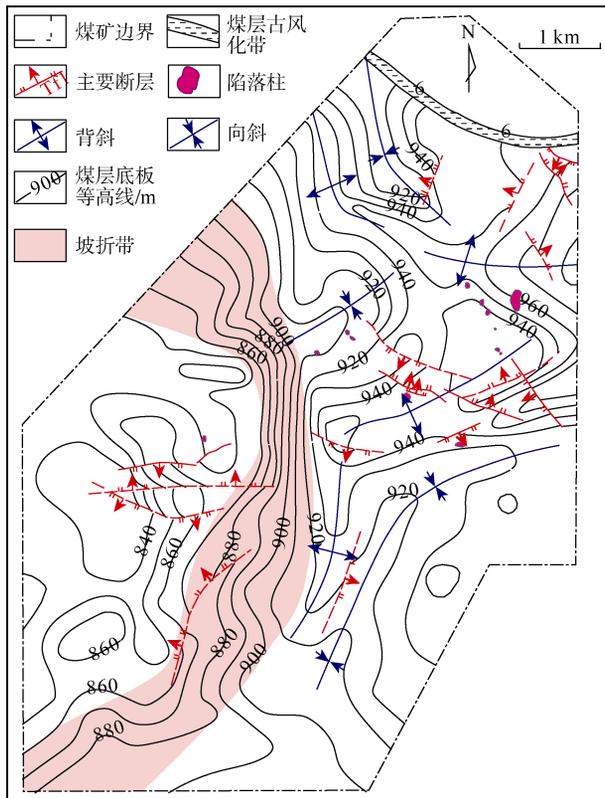


图 2 不连沟煤矿构造纲要
Fig.2 Tectonic outline of the study area

2.2 断层

矿井内的断层主要由煤层底板等高线推测、三维地震勘探解释、井下物探和巷道工作面采掘编录等几种手段判断。目前研究区范围内生产揭露断层 165 条，首采区三维地震解释断层 53 条(被验证 17 条)，地质勘探阶段推测断层 9 条。区内断层以高角度正断层为主，其中落差小于 5 m 的断层 146 条，占断层总数的 86%，落差 5~10 m 的断层 22 条，占断层总数的 9%，落差大于 10 m 的断层 23 条，占 10%，断层平面延伸长度一般为几十米到 2 km 不等。从剖面上来看，区内断层主要切割奥陶纪、石炭纪和二叠纪地层，对上部白垩纪和新生代地层影响不大。

区内断层走向主要为近 EW、NW 和 NE 向 3 组(图 3a)，其中，走向 NW270°~300°的断层占断

层总数的 31%，走向 NE60°~90°的断层占总数的 20%，其他走向的断层占 49%。断层倾向以 NNE 向和 SSW 向为主(图 3b)。区内断层倾角分布比较集中，最大倾角 89°，最小倾角 35°，平均 67°(图 3c)。

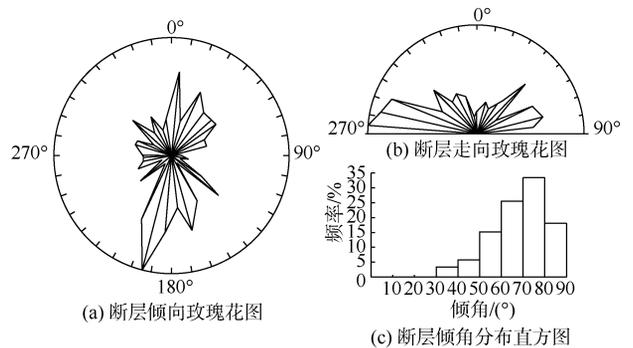


图 3 不连沟矿井断层走向、倾向、倾角特征
Fig.3 Characteristics of fault strike, inclination and dip in Buliangou mine

已完成回采的工作面断层数量、断层密度和断层强度统计(表 1)发现：各工作面中断层数量最多的是 F6207 工作面，揭露断层 32 条；断层面积密度为 0~105.9 条/km²，平均 26.6 条/km²；断层强度指数 730 m²/km²，由北向南断层密度和断层强度都有增大的趋势；在 F6207、F6206 至 F6210 和 F6211 工作面附近形成了一个近东西走向的断层密集带(图 4)。

断层构造线的分布方向表明，研究区成煤后先后受到至少两个方向的构造应力作用，这与鄂尔多斯盆地印支期和燕山期的最大主应力轴的方向基本一致。研究区断层极点密度图与盆地两期构造最大主应力轴产状密度图之间具有继承特征(图 5)。准格尔煤田印支构造运动最大主应力轴方向为近水平、SN 向(NNW359°—SSE179°)^[27]，研究区内 NW 和近 EW 走向的断层主要形成于印支运动时期伊盟隆起的挤压隆升过程。燕山运动期煤田附近的最大主应力轴向发生偏转，最大主应力轴的优势方向为 SE130°—NW310°，主要与区内 NE 走向断层形成有关。另外，当 NE 向断层与 NW 或 EW 向断层相交时，NE 向断层使 NW 和 EW 向断层发生切割位移，NE 向断层的形成时间要晚于 NW 向和 EW 向断层。

区内断层与褶皱的组合关系分析表明，矿井中部断层密集带的走向与弧形坡折带几乎垂直相交，除少数断层走向与褶皱轴迹平行外，大部分断层与褶皱轴迹呈斜交关系，断层使褶皱轴迹发生错动位移并形成小型的断鼻构造，这也说明区内褶皱与断层分别形成于不同的区域构造运动背景。

2.3 陷落柱

陷落柱主要发育于矿井中部和南部，目前共揭

表 1 不连沟煤矿研究区回采工作面断层密度统计
Table 1 Statistics of fault density in mining faces in Buliangou coal mine

工作面编号	面积/km ²	断层数/条	线密度/(条·km ⁻¹)	面积密度/(条·km ⁻²)	断层强度指数/(m ² ·km ⁻²)
F6102	0.255	0	—	—	—
F6103	0.156	10	15.2	64.3	967
F6104	0.357	3	2.0	8.4	233
F6105	0.420	1	0.6	2.4	15
F6106	0.449	7	3.7	15.6	539
F6107	0.169	0	—	—	—
F6108	0.132	14	23.5	105.9	632
F6201	0.192	9	11.2	46.9	667
F6202	0.345	3	2.1	8.7	68
F6203	0.335	0	—	—	—
F6204	0.320	5	3.6	15.6	192
F6205	0.420	17	9.5	40.5	407
F6206	0.519	18	8.1	34.7	584
F6207	0.493	32	15.3	64.9	730
F6208	0.454	7	3.7	15.4	196
F6209	0.555	8	3.6	14.4	452
F6210	0.426	8	4.4	18.8	254
F6211	0.293	8	7.5	27.3	504
F6212	0.352	4	2.9	11.4	202
大巷	0.453	11	—	24.3	831
平均		8	6.3	26.0	440

注: 断层强度: $I = \sum_{i=1}^n (H_i \times L_i) / S$ 。式中: H_i 为断层落差, m; L_i 为断层延伸长度, m; S 为面积, km²。

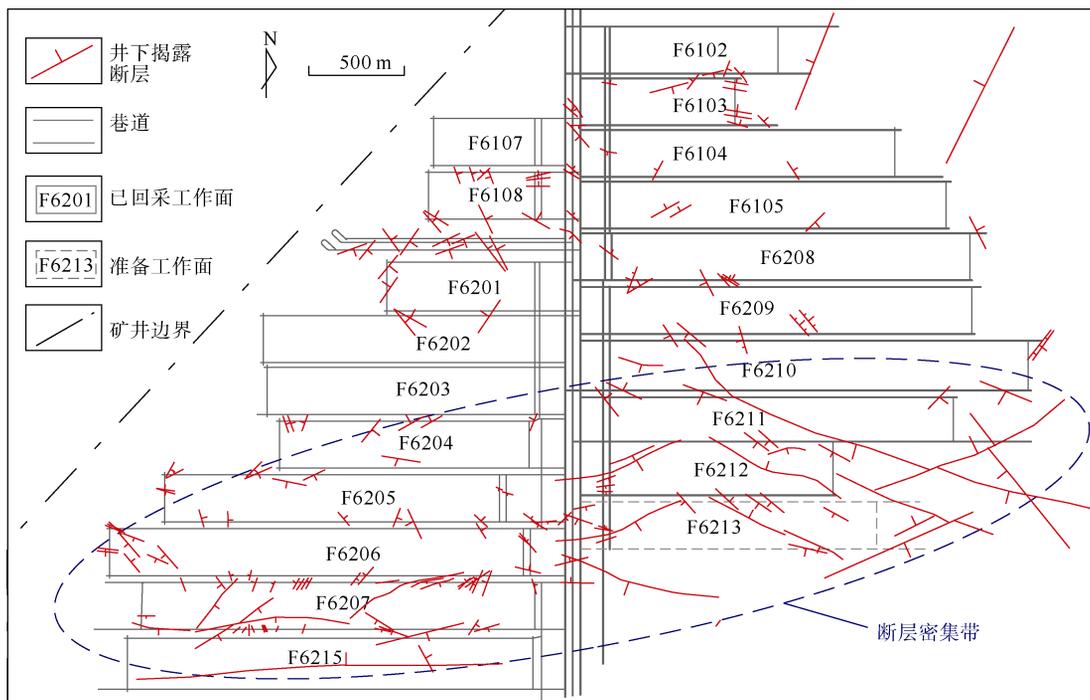


图 4 不连沟煤矿井下揭露小断层及断层密集带平面位置

Fig.4 Plan position of underground exposed small faults and zones of dense faults in Buliangou coal mine

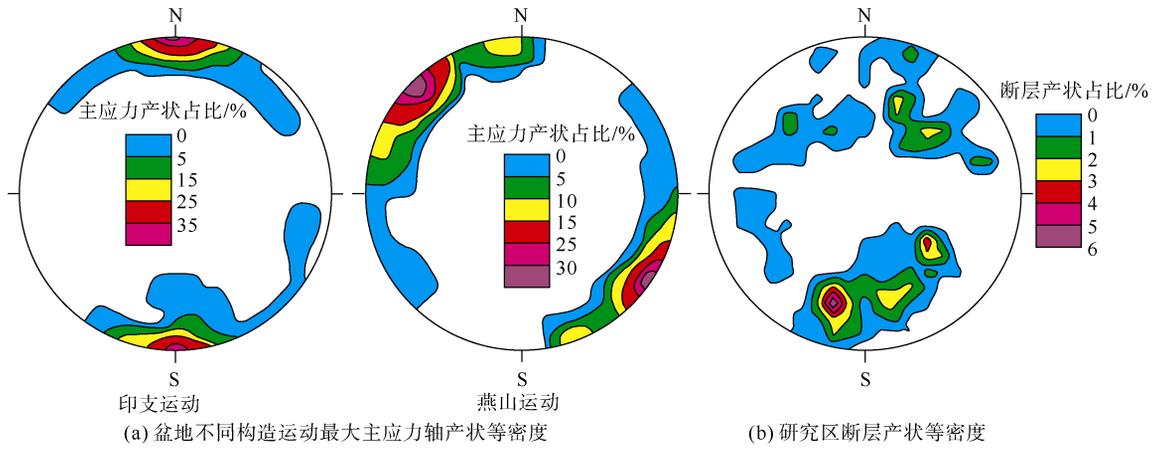
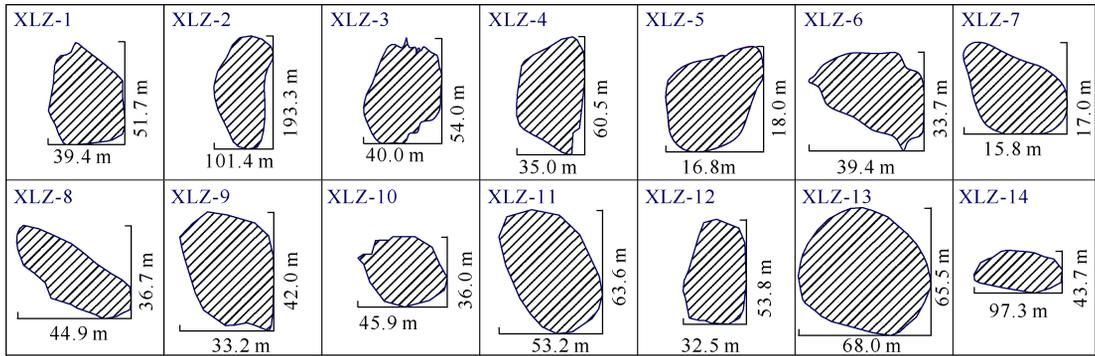
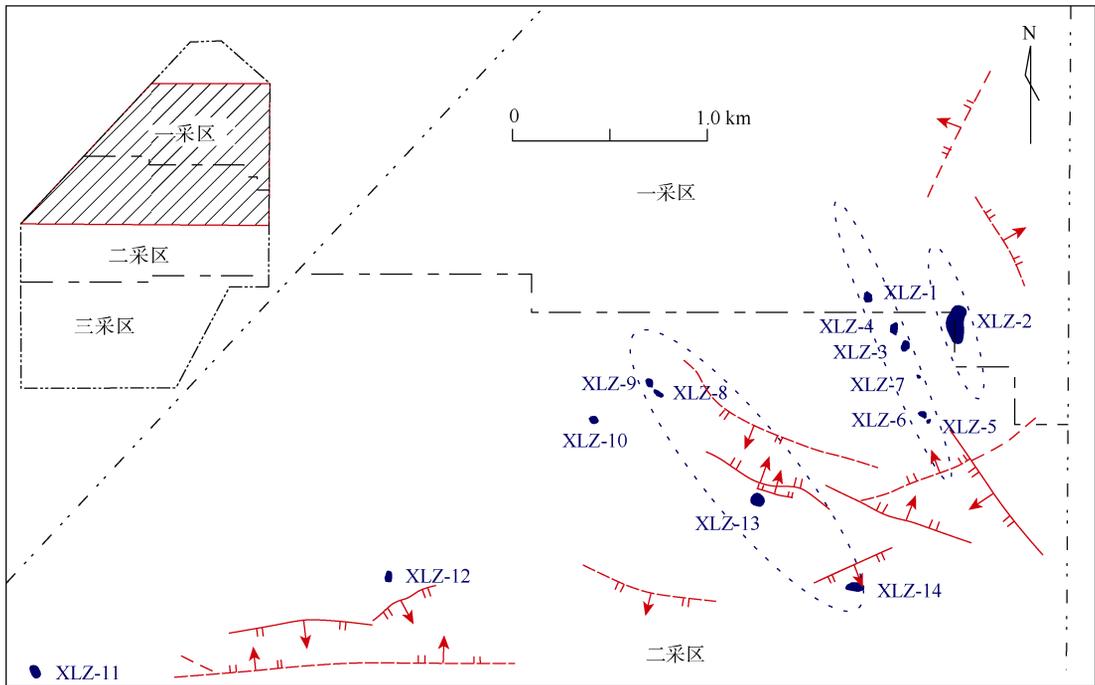


图 5 鄂尔多斯盆地最大主应力轴产状与研究区断层产状对比

Fig.5 Comparison of occurrence of maximum principal stress and occurrence of faults in Ordos basin



(a) 陷落柱形态特征



(b) 陷落柱平面分布



图 6 不连沟矿井生产揭露陷落柱分布

Fig.6 Distribution of collapse columns revealed in mine production in Buliangou coal mine

露陷落柱 14 个, 主要分布于矿井东部。陷落柱的尺寸为长轴 17~194 m, 短轴 11~87 m, 面积 218~13 636 m² (图 6a); 陷落柱在平面上呈串珠状分布, 其分布方向主要为 NW 向, 与其相邻的断层在走向上具有一致性(图 6b), 井下揭露的陷落柱周围小型正断层密集发育, 断层走向与陷落柱长轴方向相近, 说明陷落柱的形成受断层影响。

2.4 岩浆侵入

岩浆岩在全矿井大部分地区分布, 主要侵入于志丹群底部的砂砾岩中, 钻孔揭露厚度 1.90~27.70 m, 呈席状侵入, 岩体 NW 向展布; 中部区域厚度大, 且均大于 10 m, 向东北、西南方向变薄, 在矿井东北部对煤层有一定影响(图 7)。资料表明^[26], 准格尔煤田的火成岩属于燕山期的喷出岩, 在全煤田大面积分布, 火山口位于煤田内, 具体位置尚未查明, 但是火成岩的侵入影响煤岩煤质^[27-28]和煤层顶底板岩石力学特征^[29]。

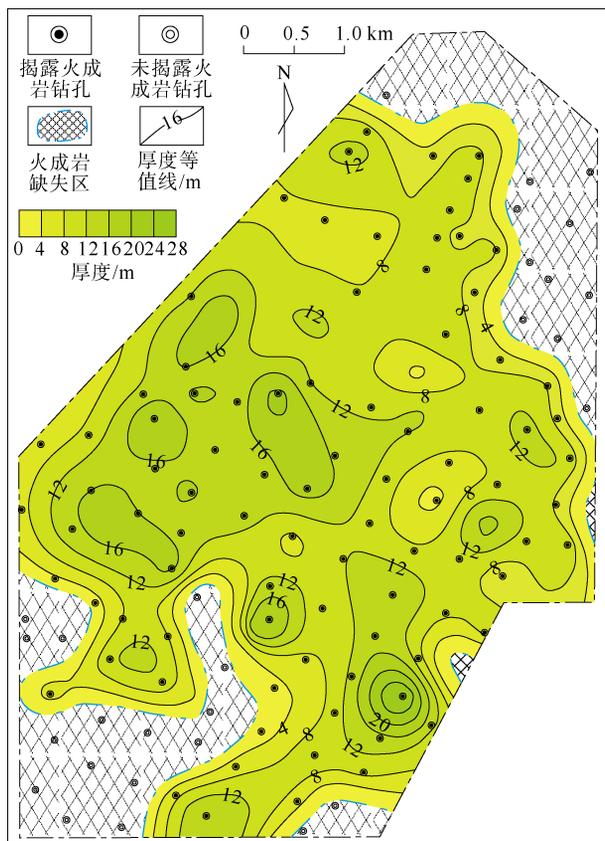


图 7 不连沟煤矿火成岩体厚度分布

Fig.7 Distribution of igneous rock thickness in Buliugou coal mine

2.5 矿井地质构造复杂程度

不连沟煤矿先后进行了多次地面勘查工作, 主要采用地面地质调查、三维地震勘探、钻探、测井、抽水试验、分析测试等多种技术手段, 从地面地质

勘查的角度而言, 全区基本达到了勘探(精查)程度, 地质控制程度已经能够满足煤炭开采的需求, 历次勘查认为, 研究区构造复杂程度为简单。然而随着矿井采掘不断深入, 以及井-地联合勘探工作的开展, 大量地面未查明的地质构造经井下探测时被查明或在采掘工程中被揭露, 矿井的构造复杂程度由简单变为中等, 平面上显现出构造复杂程度具有分区特征。经分析, 矿井地质构造复杂程度变化的原因主要包括: ① 除部分落差相对较大的断层可通过三维地震、煤层底板等高线追溯、煤岩层对比和勘探线剖面推测以外, 地面勘查对高角度小型正断层和陷落柱的探查效果非常有限; ② 煤矿地面广泛分布的第四系风积沙和侵入志丹群的席状侵入岩体影响了三维地震勘探对小构造的探查效果; ③ 煤层结构复杂, 分叉合并变化频繁, 且煤层间距较小, 进一步降低了三维地震对断层解释的可靠性; ④ 陷落柱尺寸小, 钻孔无法控制, 三维地震剖面上反映不明显。

3 构造对矿井的影响

不连沟矿井已完成 11 个工作面回采, 根据探采对比发现, 褶皱、断层、陷落柱、古河道冲刷、火成岩侵入等地质构造对矿井安全生产均造成了不同程度的影响, 其中断层和陷落柱对安全回采影响最大。地质构造的影响作用主要表现在回采效率、采区布置、煤岩煤质、储量损失和水文地质条件等几个方面。

3.1 降低工作面回采效率

不连沟煤矿 6 号煤采用底板综采放顶煤开采工艺, 当回采工作面遇到落差大于 10 m 的断层和长轴大于 50 m 的陷落柱时, 需要进行支架调整, 对工作面回采效率影响较大, 当遇到上述断层或陷落柱时, 回采月效明显降低。据统计, 正常工作面回采的月平均推进速度在 105~120 m/月, 当揭露断层和陷落柱时, 回采推进速度降至 80 m/月以下, F6211 和 F6206 工作面断层和陷落柱集中发育区回采推进速度甚至不足 50 m/月。

3.2 影响矿井采区布置

地质勘探报告确定的构造复杂程度为简单, 以此为基础进行矿井设计, 设计工作面走向为东西向, 长度 800~2 700 m, 宽度 240 m。目前矿井已按设计回采完成 6 煤层 11 个工作面。随着生产活动由矿井北部首采区向中部二采区推进时发现, 断层(尤其是断差较大的断层)和陷落柱对工作面的布置影响越来越大。部分工作面巷道掘进中发现局部构造集中

发育, 被迫提前开切眼, 工作面达不到设计长度, 造成部分巷道掘进工程浪费(图 8a), 且边角资源难以利用。如 F6215 工作面在两侧巷道掘进至 370 m 时发现煤层底板落差增大, 当掘进至 900 m 时两侧煤层底板落差达到 50 m, 综合分析认为可能存在与工作面走向平行的大落差断层, 不具备安全回采条

件, 矿方不得不放弃已施工的巷道。随着地面勘查和井巷揭露的逐步深入, 矿井的构造面貌特征越来越清晰, 基于地质和采矿的综合研究结果表明, 原有的采区设计和工作面布置与煤层起伏变化和构造发育规律之间匹配性越来越差, 必须及时根据矿井地质研究成果对续采区进行重新设计。

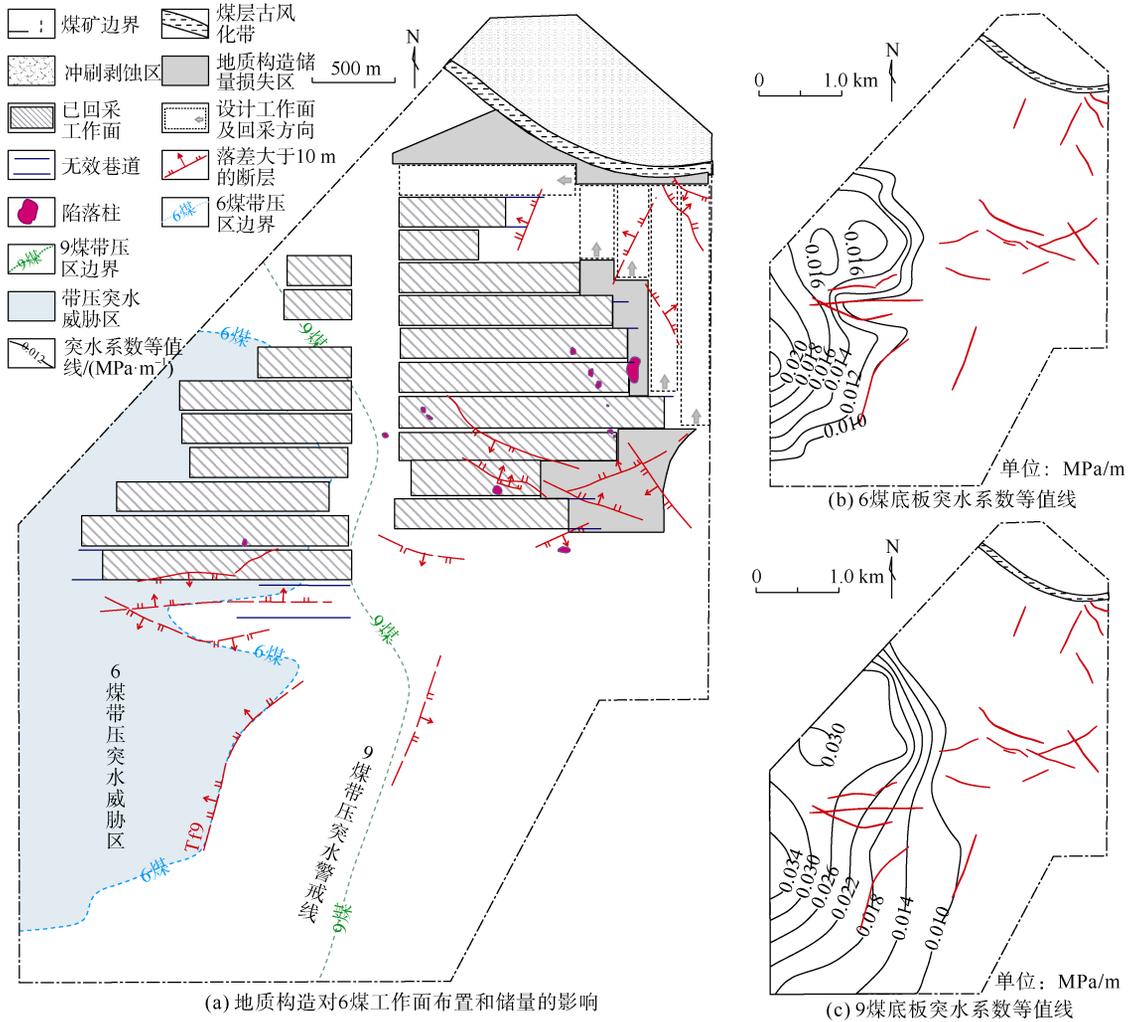


图 8 地质构造对矿井的综合影响
Fig.8 Comprehensive influence of geological structure on the mine

3.3 对煤岩、煤质的影响

结合区域构造及其演化过程, 综合分析研究区地质构造对煤层赋存和煤质的影响。

成煤前的基底构造形态决定了区内煤层赋存的基本特征, 煤层厚度由中西部向东北及南部呈逐渐减小的趋势; 成煤过程中的地质构造运动尤其是基底的不均匀升降运动造成煤层分叉合并、夹研层数增多、煤层间距变化及硫分、灰分增加等; 成煤后的构造运动对区内的影响表现为, 整体构造形态由成煤前的 NE、SW 两翼高、中部低逐渐转变为整体 NE 高、SW 方向变低, 中部凹陷逐渐演变为坡折的构造演化特征, 而在煤层厚度上响应为与地层厚度

呈正比、而与砂岩厚度呈反比的特征, 在煤质上表现为煤层厚度与灰分呈反比等特征。

北部成煤后, 古河道冲刷作用导致研究区煤层剥蚀, 构造隆升导致该区煤层局部暴露地表长期遭受风化氧化, 形成 6 煤层的古风氧化带和西南部的高灰煤区。

燕山期的火成岩喷发、侵入全矿井, 在北部隆升区内局部地段火成岩与煤层直接接触, 使局部煤的变质程度加深。

3.4 矿井储量损失

对煤炭储量的影响主要是风化带造成的三角煤柱、陷落柱防水煤柱、断层密集发育区及其造成

的无法回采的边角储量损失。经计算 6 煤的风氧化带保护煤柱及边角储量损失面积为 0.481 km², 损失量约 1 051 万 t; 陷落柱防水煤柱及其边角储量损失面积约 0.279 km², 损失储量约 783 万 t; 断层密集发育区造成的储量损失最大, 损失面积约 0.810 km², 损失量约 1 966 万 t。随着回采活动向南部推进, 地质构造造成的煤炭资源量损失可能会持续增长。

3.5 增加矿井水害防治工作难度

来自奥陶系灰岩岩溶含水层的底板突水事故是准格尔煤田北部各矿井面临的主要水害威胁。与不连沟煤矿邻近的唐家会煤矿曾发生过底板奥陶系灰岩岩溶水突水事故, 突水通道为断层, 瞬时水量达到 500 m³/h; 黄玉川煤矿超前探测中证实, 陷落柱也是底板灰岩水突水的通道之一。

不连沟煤矿西南部 6 煤和 9 煤为带压开采区, 根据《煤矿防治水细则》给出的公式计算 6 煤底板灰岩水突水系数最大不超过 0.023 MPa/m, 9 煤突水系数不超过 0.038 MPa/m, 平面上由东向西逐渐增大(图 8b、图 8c)。但是, 煤层底板突水系数计算的一个重要前提是认为底板隔水层是均一且连续分布的, 一旦有开放性的导水断层或陷落柱存在, 破坏隔水层的连续性, 突水系数将失去对防治水工作的指导意义。由此可见, 构造的发育无疑增加了矿井防治水的工作难度。构造探查一直是不连沟煤矿防治水工作要解决的首要问题, 断层、陷落柱等构造的导水性改造则是防治水工作要解决的关键问题。

为保证矿井安全生产, 探查方面采用了井下槽波、瞬变电磁、音频电透及井下钻探的组合探查模式, 治理方面采用了防隔水煤柱留设和导水构造超前注浆改造等多种方法, 实践证明, 目前采用的矿井构造及其富水性探查、治理方法行之有效。但是, 复杂的构造结合关系和物探成果的多解性仍是困扰矿井防治水工作的难题。

4 结论

a. 不连沟煤矿构造样式具有多样性, 褶皱、断裂、陷落柱、岩浆入侵、古河道冲刷等均有发育; 构造分布具有分区性, 表现为矿井北部构造复杂程度简单, 中部构造中等, 断裂、褶皱及岩溶陷落柱发育, 南部构造简单; 构造组合具有耦合性, 表现为陷落柱的长轴方向、陷落柱连线与断层走向基本一致, 断裂构造与构造应力场也具有耦合性等特征。

b. 矿井中部的弧形坡折带及其伴生褶皱是准格尔煤田北侧东西向黄河断裂和西侧南北向呼—清断裂共同作用的产物, 褶皱的形成开始于加里东构

造运动, 在成煤期后进一步发展演化; 矿井成煤后期先后受到印支期 S—N 向挤压应力和燕山期 NW—SE 向挤压应力的共同作用, 形成了走向 EW (或近 EW 向)和 NW 断层组合。

c. 地质构造对矿井生产的影响主要表现为: 降低工作面回采效率, 影响矿井采区布置, 并造成煤层灰分增高和大量的储量损失, 同时增加了矿井防治水工作的难度。

d. 针对不连沟煤矿地质构造探采对比的差异性及其对矿井的影响, 对矿井地质构造进行分区评价, 且这种构造分布的分带性在准格尔煤田具有典型性和普遍性, 研究成果可为准格尔煤田的地质勘查、生产矿井地质类型划分和评价提供参考; 针对类似研究区的复杂矿区, 建议采用三维地震勘探扫面, 井下槽波、电法勘探靶区圈定, 定向钻验证的“物探、钻探, 地面、井下”相结合的综合探查方案。

请听作者语音介绍创新技术成果
等信息, 欢迎与作者进行交流



OSID 码

参考文献(References)

- [1] 王双明. 鄂尔多斯盆地构造演化和构造控煤作用[J]. 地质通报, 2011, 30(4): 544-553.
WANG Shuangming. Tectonic evolution of the basin and Ordos basin coal controlling structures[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(4): 544-553.
- [2] 张泓, 晋香兰, 李贵红, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗纪白垩纪原始面貌与古地理演化[J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 1-11.
ZHANG Hong, JIN Xianglan, LI Guihong, et al. Original features and palaeogeographic volution during the Jurassic-Cretaceous in Ordos basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 1-11.
- [3] 马良, 王海军, 朱玉英, 等. 内蒙古自治区准格尔煤田不连沟煤矿煤炭资源储量核实报告[R]. 西安: 中煤科工集团西安研究院有限公司, 2019.
MA Liang, WANG Haijun, ZHU Yuying, et al. Verification report on coal resource reserves of Buliangou coal mine in Jungar coalfield, Inner Mongolia Autonomous Region[R]. Xi'an: Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., 2019.
- [4] 唐渊, 刘俊来, TRAN My Dung, 等. 奠边府走滑断裂带的构造特征、遥感解译及其区域构造意义[J]. 地质学报, 2009, 83(10): 1401-1414.
TANG Yuan, LIU Junlai, TRAN My Dung, et al. Structural characteristics of the Dien Bien Phu strike slip fault zone and its regional tectonic implication[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(10): 1401-1414.
- [5] 路智勇, 杨少春, 白青林, 等. 东辛地区断层调节带的地震震

- 别及特征[J]. 石油地球物理勘探, 2019, 54(2): 433-446.
- LU Zhiyong, YANG Shaochun, BAI Qinglin, et al. Seismic identification of fault accommodation zones in Dongxin area[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2019, 54(2): 433-446.
- [6] 张进, 曲军峰, 张庆龙, 等. 基岩区构造地质填图方法思考、实践、探索[J]. 地质通报, 2018, 37(2/3): 192-221.
- ZHANG Jin, QU Junfeng, ZHANG Qinglong, et al. The structural mapping in exposed bedrock areas: methods, practice and exploration[J]. Geological Bulletin of China, 2018, 37(2/3): 192-221.
- [7] 贾丹, 肖安成, 唐永, 等. 利用三维地震属性分析识别阿尔金断裂新生代早期构造活动[J]. 岩石学报, 2013, 29(8): 2851-2858.
- JIA Dan, XIAO Ancheng, TANG Yong, et al. Identifying tectonic activity of the Altun fault during Early Cenozoic from 3D seismic attributes analysis[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(8): 2851-2858.
- [8] 程建远, 聂爱兰, 张鹏. 煤炭物探技术的主要进展及发展趋势[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44(6): 136-141.
- CHENG Jianyuan, NIE Ailan, ZHANG Peng. Outstanding progress and development trend of coal geophysics[J]. Coal Geology & Exploration, 2016, 44(6): 136-141.
- [9] 李宏杰, 马君, 姜鹏, 等. 准格尔煤田岩溶水文地质特征及水害防治技术[J]. 煤矿安全, 2018, 49(9): 246-251.
- LI Hongjie, MA Jun, JIANG Peng, et al. Karst hydrogeological characteristics and prevention and control technology for water damage in Jungar coalfield[J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(9): 246-251.
- [10] 王程, 鲁晶津. 音频电穿透三维反演在含/导水陷落柱探查中的应用[J]. 工矿自动化, 2019, 45(8): 105-108.
- WANG Cheng, LU Jingjin. Application of 3D inversion of audio-frequency electric perspective in detection of water-containing/water-conductive collapse column[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(8): 105-108.
- [11] 杨雪, 宋俊磊, 王典洪, 等. 槽波地震勘探仪器的发展现状[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(1): 114-120.
- YANG Xue, SONG Junlei, WANG Dianhong, et al. Development status of instruments for in-seam seismic exploration[J]. Coal Geology & Exploration, 2017, 45(1): 114-120.
- [12] 高一峰. 无线电波透视在煤矿中的应用[J]. 物探与化探, 2007(增刊 1): 105-107.
- GAO Yifeng. The application of radio-wave transmission in coal mines[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2007(S1): 105-107.
- [13] 覃思. 随采地震井—地联合超前探测的试验研究[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44(6): 148-151.
- QIN Si. Underground-surface combined seismic while mining advance detection[J]. Coal Geology & Exploration, 2016, 44(6): 148-151.
- [14] 范涛. 矿井巷道—钻孔瞬变电磁二维拟地震反演方法及应用[J]. 煤炭学报, 2019, 44(6): 1804-1816.
- FAN Tao. Method and application on 2D pseudo-seismic inversion of roadway-bore hole transient electromagnetic detection in coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(6): 1804-1816.
- [15] 刘振庆, 于景邨, 胡兵, 等. 矿井瞬变电磁法在探查迎头前方构造中的应用[J]. 物探与化探, 2011, 35(1): 140-142.
- LIU Zhenqing, YU Jingcun, HU Bing, et al. The application of MTEM to detecting structures in front of roadway head[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2011, 35(1): 140-142.
- [16] 程建远, 朱梦博, 王云宏, 等. 煤炭智能精准开采工作面地质模型梯级构建及其关键技术[J]. 煤炭学报, 2019, 44(8): 2285-2295.
- CHENG Jianyuan, ZHU Mengbo, WANG Yunhong, et al. Cascade construction of geological model of longwall panel for intelligent precision coal mining and its key technology[J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(8): 2285-2295.
- [17] 程建远, 覃思, 陆斌, 等. 煤矿井下随采地震探测技术发展综述[J]. 煤田地质与勘探, 2019, 47(3): 1-9.
- CHENG Jianyuan, QIN Si, LU Bin, et al. The development of seismic-while-mining detection technology in underground coal mines[J]. Coal Geology & Exploration, 2019, 47(3): 1-9.
- [18] 陆斌. 基于孔间地震细动态探测的透明工作面方法[J]. 煤田地质与勘探, 2019, 47(3): 10-14.
- LU Bin. Method of transparent working face based on dynamic detection of cross hole seismic subdivision[J]. Coal Geology & Exploration, 2019, 47(3): 10-14.
- [19] 王琦. 全数字高密度三维地震勘探技术在淮北矿区的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(S1): 41-45.
- WANG Qi. Application of all digital high density 3D seismic exploration technology in Huaibei mining area[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(S1): 41-45.
- [20] 赵立明, 崔若飞. 全数字高密度三维地震勘探在煤田精细构造解释中的应用[J]. 地球物理学进展, 2014, 29(5): 2332-2336.
- ZHAO Liming, CUI Ruofei. Application of digital high-density seismic exploration in fine structural interpretation in coalfield[J]. Progress in Geophysics(in Chinese), 2014, 29(5): 2332-2336.
- [21] 鲁晶津, 李德山, 王冰纯. 超大采高工作面顶板电阻率监测可行性试验[J]. 煤田地质与勘探, 2019, 47(3): 186-194.
- LU Jingjin, LI Deshan, WANG Bingchun. Feasibility test of roof resistivity monitoring for super-high mining face[J]. Coal Geology & Exploration, 2019, 47(3): 186-194.
- [22] 牟义, 徐慧, 窦文武, 等. 矿井回采工作面隐蔽灾害综合物探技术研究[J]. 煤矿开采, 2016, 21(6): 22-27.
- MU Yi, XU Hui, DOU Wenwu, et al. Complex geophysical prospecting of hide disaster of mining working face in mine[J]. Coal Mining Technology, 2016, 21(6): 22-27.
- [23] 胡宝玉. 径向射流技术对断层产状探测定位的应用研究[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(4): 103-107.
- HU Baoyu. Application of radial jet technology in detection of fault occurrence and location[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(4): 103-107.
- [24] 董书宁. 煤矿安全高效生产地质保障技术现状与展望[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(3): 1-5.
- DONG Shuning. Current situation and prospect of coal mine geological guarantee technologies to improve safety and efficiency[J]. Coal Science and Technology, 2007, 35(3): 1-5.

- 成都: 西南石油大学, 2015.
- YANG Wujian. Fracture propagation and fracturing treatments in high dip angle coal seam[D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2015.
- [14] 张壮. 煤层气井压后返排工艺[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(5): 70–74.
- ZHANG Zhuang. Flowback technology after fracturing of CBM wells[J]. Coal Geology & Exploration, 2017, 45(5): 70–74.
- [15] 黄炳香, 李浩泽, 程庆迎, 等. 煤层压裂裂缝内支撑剂的压嵌特性[J]. 天然气工业, 2019, 39(4): 48–54.
- HUANG Bingxiang, LI Haoze, CHENG Qingying, et al. Compaction and embedment characteristics of proppant in hydraulic fractures of coal seams[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(4): 48–54.

(责任编辑 范章群)

(上接第 44 页)

- [25] 杜立志, 邱建慧, 张琪, 等. 高保真高分辨率遥测地震勘探采集系统研制及应用[J]. 地球物理学报, 2019, 62(10): 3964–3973.
- DU Lizhi, QIU Jianhui, ZHANG Qi, et al. Development and application of a high-fidelity and high-resolution telemetry seismic data acquisition system[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2019, 62(10): 3964–3973.
- [26] 赵云佩, 王伟, 侯献华. 基于克希霍夫偏移的槽波超前探测方法及应用[J]. 煤田地质与勘探, 2019, 47(4): 186–192.
- ZHAO Yunpei, WANG Wei, HOU Xianhua. Channel wave advanced detection method based on Kirchhoff migration and its application[J]. Coal Geology & Exploration, 2019, 47(4): 186–192.
- [27] 刘善德. 地勘时期无烟煤与天然焦的煤岩学识别: 以柳江盆地 C–P 煤为例[J]. 中国煤炭地质, 2019, 31(8): 1–5.
- LIU Shande. Coal petrology recognition of anthracite and natural coke during geological exploration: A case study of Permo-Carboniferous coal measures in Liujiang basin[J]. Coal Geology of China, 2019, 31(8): 1–5.
- [28] 马良. 柳江盆地内岩浆侵入活动对煤层煤质的影响[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(8): 125–134.
- MA Liang. Effect of magmatic intrusion activity on coal bed and quality in Liujiang basin[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(8): 125–134.
- [29] 王海军. 柳江盆地岩浆侵入对煤层顶板岩石力学特征的影响[J/OL]. 煤炭学报. <http://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2019.1237>.
- WANG Haijun. Influence of magma intrusion on rock mechanics characteristics of coal seam roof in Liujiang basin[J/OL]. Journal of China Coal Society. <http://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2019.1237>.

(责任编辑 范章群)