

文章编号: 1001-1986(2012)06-0017-03

京西地质构造对矿井动力灾害的影响

兰天伟^{1,2,3}, 张宏伟¹, 韩 军¹, 宋卫华¹

- (1. 辽宁工程技术大学矿业学院, 辽宁 阜新 123000;
2. 中国矿业大学煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 江苏 徐州 221116;
3. 辽宁工程技术大学矿山热动力灾害与防治教育部重点实验室, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 研究京西(燕山西段及北京西山地区)区域地质构造及其演化对煤层的赋存控制作用, 对揭示京西煤矿矿井动力灾害发生的动力学背景具有重要意义。从京西煤田内矿井动力灾害发生的区域构造背景入手, 结合构造应力场分布特征, 利用地质动力区划构造凹地反差强度评价方法, 对具备发生动力灾害条件的矿井给出量化评价指标。通过分析确定, 京西煤田开采矿井具备发生矿井动力灾害的动力环境, 这对指导矿井安全开采具有现实意义。

关键词: 地质构造; 燕山构造运动; 矿井动力灾害; 地质动力区划; 构造凹地

中图分类号: P618 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2012.06.004

The influence of geological structure on dynamic disaster in coal mines in west Beijing

LAN Tianwei^{1,2,3}, ZHANG Hongwei¹, HAN Jun¹, SONG Weihua¹

- (1. School of Mines, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. State Key Laboratory of Coal Resources and Mine safety, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 3. Key Laboratory of Mine Thermo-motive Disaster and Prevention, Ministry of Education of Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: In the early middle Jurassic, Jurassic basin in west Beijing entered the important coal-forming period. It shaped current tectonic patterns during middle and late Yanshan tectonic movement. The study of controlling action on coal seam occurrence by regional tectonic and its evolution has great importance for revealing the dynamic background of mine dynamic disasters in west Beijing. The paper, based on the regional tectonic background for mine dynamic disasters in west Beijing coalfield, combined with tectonic stress field distribution characteristics, using geological dynamic division hollow contrast strength evaluation methodology, gave quantitative evaluation indexes to the mines which have hydraulic disaster condition. By the analysis, it was identified that there exist dynamic environments for dynamic disasters in coal mines in west Beijing coalfield, which has realistic significance for guiding safe mining.

Key words: geological structure; Yanshan tectonic movement; mine dynamic disaster; geological dynamic division; hollow structure

京西(燕山西段及北京西山地区)位于太行山脉与燕山山脉的结合部, 在构造上处于北北东向大兴安岭-太行山构造带与近东西向阴山-燕山造山带的交汇部位, 同时也是中国东部重力梯度带经过的重要地段之一。京西煤田地处华北地台燕山台褶带, 成煤期是在中侏罗世早期。由于受到中侏罗世中、晚期强烈的燕山构造运动影响, 使其构造形迹复杂。褶皱翼倒转, 不同方向褶皱的叠加, 使得煤层赋存状态更加复杂, 对矿井生产和安全带来很大影响。

地质学家对燕山运动及京西地质构造研究从未间断过, 燕山运动最早是由翁文灏先生命名的^[1-2]; 崔盛芹、任纪舜、赵越等对燕山地区的燕山运动进行了研究^[3-7]。对燕山运动的性质目前大多数学者认为, 燕山运动的本质是中国东部近东西向的特提斯构造域向北北东向的滨太平洋构造域的转换, 即从大陆碰撞构造体制转为以西太平洋陆缘俯冲构造体制为主导的陆内变形和陆内造山^[8-11]。构造运动导致岩浆侵入, 火山爆发作用使得燕山期成为我国

收稿日期: 2011-11-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2005CB221501); 国家自然科学基金项目(50574047); 教育部高校博士点基金项目(20040147005)

作者简介: 兰天伟(1982—), 男, 辽宁阜新人, 博士, 从事矿井动力灾害预测与防治研究工作。

最重要的成矿期。京西独特的区域大地构造位置,使本区成为开展中国东部大陆岩石圈板内构造变形过程、不同方向和构造动力学体制构造相互关系与转换过程研究的理想区域。区域内逆冲构造是最早发现和研究的构造形迹。关于京西地质构造,学者们开展了大量研究工作^[12-15],但对京西地质构造对京西煤田影响研究的文献很少,特别是京西地质构造对矿井动力灾害发生的动力学机制研究少见^[16-17]。本文在前人对京西地质构造研究基础上,针对京西煤田所处特殊的地质构造环境和区域动力背景,开展京西地质构造对矿井发生动力灾害影响的研究,旨在对矿井安全生产具有现实和指导意义。

1 研究区地质构造

1.1 京西煤田地质构造概况

燕山运动强烈的水平挤压力使京西煤田中侏罗统九龙山组及下伏地层产生一系列的褶皱和逆冲推覆构造系,构造线总体走向呈 NE-NEE 向展布,由一系列相间排列的复式向斜、背斜组成。其中百花山向斜、髻髻山-庙安岭向斜和九龙山-灰峪向斜呈雁行式排列。其基本特征是向斜宽缓而其间背斜紧密,在以褶皱构造为主的基础上发育有走向断裂构造(图 1)。他们控制了京西煤田构造格局,破坏、改造了晚古生代和侏罗纪煤层的赋存状态。木城涧侏罗纪井田地处京西庙安岭-髻髻山向斜南西段南东翼,向斜总体呈 NE 向延伸,轴迹呈反“S”形。

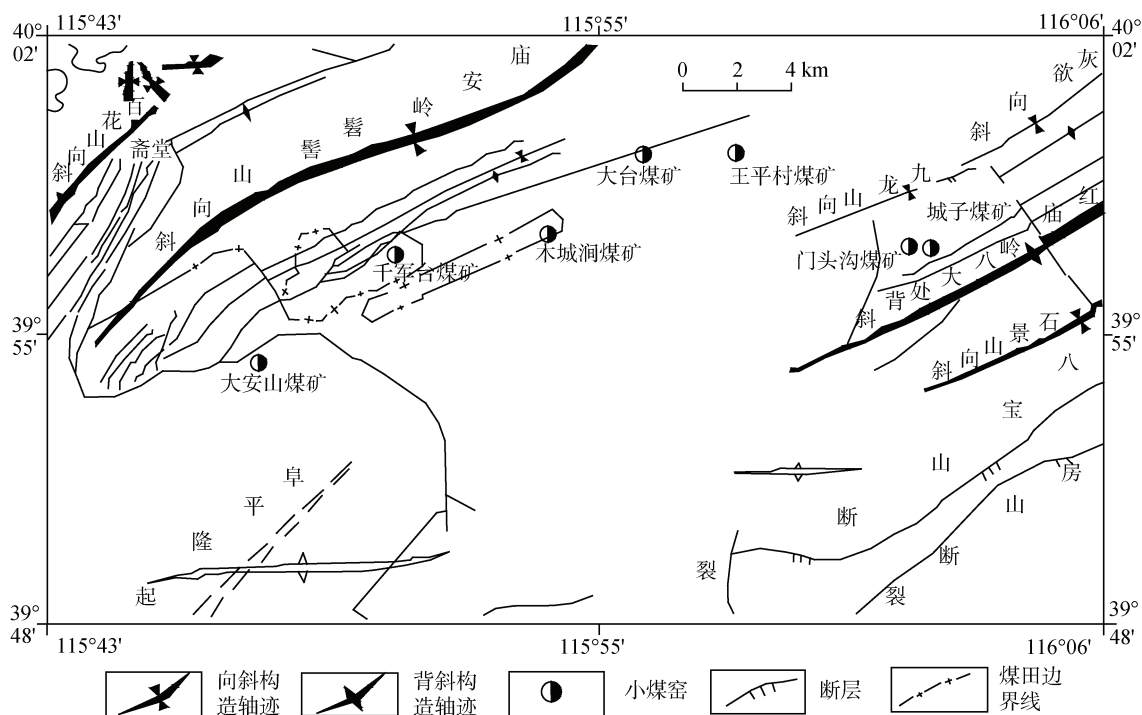


图 1 京西煤田地质构造略图

Fig. 1 Geological structures of west Beijing coalfield

1.2 京西煤田构造应力场特征

燕山中、晚期及喜山期的多次改造、叠加,塑造了京西煤田现今复杂构造格局,是在区域构造应力场作用下形成的。NE-NEE 向褶皱、向背斜和逆冲推覆构造系,可见早期区域构造应力场的最大主应力 σ 的方向为 NW-SE,与主要构造的走向近于垂直(图 2)。因此,在 NW-SE 向的强烈挤压作用下,产生了京西煤田构造格局,同时也反映了区域构造应力场对京西煤田煤层赋存的影响。

2 区域地质动力环境评价

在早期构造挤压作用下形成了京西现今构造格

局。京西煤田所开发的各矿井,普遍处于低山带和山地沟谷地带。地质动力区划理论将京西煤田构造地貌称为构造凹地^[18-19]。构造凹地的显著特点之一就是凹地两侧隆起区相对凹地较高的高程。利用构造反差强度来对构造凹地的地质动力环境进行评估。构造反差强度是指某一地区的地壳于某一发展阶段内在某种大地构造地壳运动类型控制下,由于褶皱、断裂、向背斜或其它构造导致的差异升降所形成的构造起伏(隆起和陷落)的密度、幅度及速度的总称。对于构造凹地的分析,考虑构造凹地现今的状态,暂不考虑时间因素,以一个构造凹地为单位来进行计算,可将构造凹地用以下函数描述:

$$C = f(\Delta h, \Delta l) \quad (1)$$

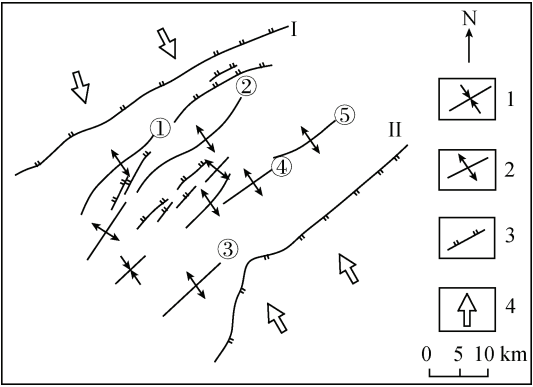


图 2 京西煤田燕山早期挤压构造应力场示意图

Fig. 2 Yanshan early stage extruding tectonic stress field in west Beijing coalfield

1—向斜；2—背斜；3—逆冲断层；4—区域主应力方向；
I—沿河城断裂；II—大辉厂断裂；
①—百花山向斜；②—髫髻山向斜；③—北岭向斜；
④—九龙山向斜；⑤—香峪向斜

式中 C 为构造凹地的反差强度； Δh 为构造凹地最高与最低高程的差值，m； Δl 为构造凹地的宽度，km。

式(1)为定性描述，考虑对反差强度进行定量计算，采用如下计算式：

$$C = A \cdot \Delta h + B \cdot \frac{1}{\Delta l} \quad (2)$$

式中 A 和 B 分别代表了构造凹地高程差 Δh 和构造凹地宽度 Δl 对于反差强度 C 的重要性，即权重。考虑到不同地形特征，其地形对于反差强度的贡献不同，确定按照表 1 进行取值，对于京西煤田山区地形， A 和 B 分别取 0.25 和 0.75。

表 2 构造凹地反差强度计算结果

Table 2 Calculation results of structure hollow contrast strength

煤矿名称	高程差 Δh		宽度 Δl		反差强度 C	计算灾害程度	实际灾害程度
	SW/m	归一后	SW/km	$1/\Delta l$			
门头沟煤矿	712.3	0.79	3.25	0.31	1.00	0.96	非常严重
木城涧煤矿	878.7	0.97	4.50	0.22	0.72	0.80	非常严重
城子煤矿	487	0.54	4.00	0.25	0.81	0.75	非常严重
大台煤矿	903	1.00	5.25	0.19	0.62	0.73	非常严重
大安山煤矿	802.2	0.89	5.50	0.18	0.59	0.68	较严重
王平村煤矿	744	0.82	5.40	0.19	0.60	0.67	较严重
千军台煤矿	572.7	0.63	5.00	0.20	0.65	0.66	较严重

据地质动力区划研究资料表明，当构造反差强度大于 0.50 时，构造凹地具有发生冲击地压等动力灾害的动力条件^[20]。从京西煤田各井田构造反差强度计算结果来看，构造反差强度最小为千军台煤矿，其次为王平村煤矿、大安山煤矿，表明京西煤田各矿井冲击地压灾害都具备发生冲击地压灾害的动力条件。目前生产的矿井中的大台煤矿、大安山煤矿等都具备发生严重冲击地压灾害的动力条件。

表 1 不同地形的 A 、 B 取值

Table 1 Value A and B in different topography

参数	山地	丘陵	平原
A	0.25	0.5	0.75
B	0.75	0.5	0.25

由于 Δh 和 Δl 的单位和量值不同，在这里采用相对归一方法进行处理，即对所研究的几个地区，择其中 Δh 和 $1/\Delta l$ 的最大值作为归一因子，所有地区所测量得到的具体数值均除以各自的归一因子。经归一化处理后，所有的参数都成为无量纲的数值。

3 京西煤田地质动力灾害研究

京西煤田构造凹地分析主要考虑了北西向凹地，即 C 为 NW 向反差强度。对京西煤田区域内 7 对矿井利用归一化定量计算方法，构造凹地的 C 值都大于 0.5，计算结果见表 2。

京西煤田内构造凹地反差强度值最大的为门头沟矿，7 对矿井都不同程度的发生了冲击地压灾害，其中以门头沟煤矿、千军台煤矿、城子煤矿和大台煤矿最为严重。门头沟煤矿自 1947 年 5 月首次发生冲击地压；1976 年以来有记录的冲击地压 11 万余次；据不完全统计，造成严重损失的达 172 次。大安山煤矿自 1996 年以来已多次发生震级较大的冲击地压；城子煤矿 1964 年开始出现冲击地压，历年生产中曾发生多次冲击地压。

4 结 论

a. 燕山运动强烈的水平挤压力使京西煤田中侏罗统九龙山组及下伏地层产生一系列的褶皱和逆冲推覆构造系，塑造了现今复杂构造格局。强烈的构造活动改变了煤层分布和赋存状态，对京西煤田安全开采有着重要影响。

(下转第 43 页)

比下层梁竖直位移大。

c. 整体来看地表框架柱的变形,中柱的沉降大于边柱,柱水平位移距隧道中心线越近,变形越大,且水平位移均朝向盾构一侧,使建筑产生向隧道一侧的倾斜;上层框架柱的水平位移大于下层,框架建筑物上层变形较大。

d. 远离隧道盾构中心线的建筑桩基水平位移越小,且水平位移沿埋深呈递增趋势。桩基产生向隧道一侧的水平位移。中部桩基的沉降大于两边的桩基,与盾构开挖引起的地表及框架柱沉降变形基本一致。

参考文献

- [1] 何川,曾东洋.盾构隧道结构设计及施工对环境的影响[M].成都:西南交通大学出版社,2007.
- [2] 李桂花.盾构法施工引起的地面沉陷的估算方法[J].同济大学学报,1986,14(2):253-261.
- [3] 曾小清,曹志远.半解析数值法在地铁工程线隧道分析中的应用[J].工程力学,1998,15(1):46-52.

(上接第19页)

b. 构造凹地具有发生冲击地压等动力灾害的动力条件。利用地质动力区划构造凹地反差强度评价方法,对京西煤田矿井进行灾害发生的危险程度评价,表明京西煤田内矿井都不同程度的具备发生矿井动力灾害的环境。对矿井安全生产具有重要的现实和指导意义。

c. 地质动力区划法为解决自然因素和技术因素的矛盾提供了新思路。将地质动力区划法应用到矿井动力灾害研究中,为灾害预测开辟了一个新的研究方向。该法具有工程投入少,简便易行,经济效益明显。

参考文献

- [1] 翁文灏.中国东部中生代以来之地壳运动及火山活动[J].中国地质学会会志,1927,6(1):9-36.
- [2] WONG W H. The mesozoic orogenic movement in eastern China[J]. Bull Geol Soc China, 1929(8): 33-44.
- [3] 崔盛芹,李锦蓉,孙家树,等.华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局[M].北京:地质出版社,2001:326-327.
- [4] 崔盛芹,李锦蓉,吴珍汉,等.燕山地区中生代陆内造山[M].北京:地质出版社,2002:1-386.
- [5] 任纪舜,王作勋,陈炳蔚.从全球看中国大陆大地构造—中国及其邻区大地构造图简要说明[M].北京:地质出版社,1999.
- [6] 赵越.燕山地区中生代造山运动及构造演化[J].地质评论,1990,36(1):1-12.

- [4] 壕继立.盾构施工引起的地面长期沉降研究[D].上海:同济大学,2002.
- [5] 范德伟,宋晓光.盾构开挖对地下管线影响的数值模拟分析[J].燕山大学学报,2009,33(3):247-253.
- [6] 贾瑞华,阳军生,马涛,等.既有管线下盾构施工地层沉降监测和位移加载数值分析[J].岩土工程学报,2009,31(3):425-430.
- [7] CHEN L T, POULOS H G. Pile responses caused by tunneling[J]. ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1999, 125(3): 207-215.
- [8] MROUEH H. A full 3D finite element analysis of tunneling — adjacent structure interaction[J]. Computer and Geotechnics, 2003, 30: 245-253.
- [9] CHUNGSIK Y. Finite element analysis of tunnel face reinforced by longitudinal pipes[J]. Computer and Geotechnics, 2002, 29(1): 73-94.
- [10] KLAR A, VOSTER T E. Soil—pipe interaction due to tunneling: comparison between Winkler and elastic continuum solutions[J]. Geotechnique, 2005, 55(8): 461-466.
- [11] PECK R B. Deep excavations and tunneling in soft ground[C]// Proceedings of 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Mexico City: State of the Art Report, 1969: 225-290.

- [7] 赵越,张拴宏,徐刚,等.燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J].地质通报,2004,23(9):854-863.
- [8] 赵越,崔盛芹,郭涛,等.北京西山侏罗纪盆地演化及其构造意义[J].地质通报,2002,21(4/5):211-217.
- [9] 张国伟,孟庆任,于在平.秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J].中国科学(D辑),1996,26(3):193-208.
- [10] 张宏仁.燕山事件[J].地质学报,1998,72(2):103-111.
- [11] 宋鸿林.燕山式板内造山带基本特征与动力学探讨[J].地学前缘,1999,6(4):309-316.
- [12] 张长厚,宋鸿林.燕山板内造山带中生代逆冲构造及其与前陆褶冲带的对比研究[J].地球科学—中国地质大学学报,1997,22(1):33-36.
- [13] 邵济安,何国琦,张履桥.燕山陆内造山作用的深部制约因素[J].地学前缘,2005,12(3):137-148.
- [14] 邓晋福,赵国春,苏尚国,等.燕山造山带燕山期构造叠加及其大地构造背景[J].大地构造与成矿学,2005,29(2):157-165.
- [15] 徐志斌,洪流.试论北京西山煤田逆冲构造样式及成因[J].大地构造与成矿学,1996,20(4):340-347.
- [16] 纪玉杰.北京西山侏罗纪煤田矿震与地质灾害的关系[J].北京地质,2002,14(3):11-21.
- [17] 张宏伟.地质动力区划方法在煤与瓦斯突出区域预测中的应用[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):621-624.
- [18] 韩军,张宏伟.构造演化对煤与瓦斯突出的控制作用[J].煤炭学报,2010,35(7):1125-1130.
- [19] 韩军.构造演化对煤与瓦斯突出的控制作用研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2008.