

文章编号: 1001-1986(2011)02-0007-06

# 开滦唐山矿逆冲推覆构造及其控煤作用

陈尚斌<sup>1,2</sup>, 朱炎铭<sup>1,2</sup>, 袁 伟<sup>1</sup>, 王道华<sup>1</sup>, 闫庆磊<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;

2. 中国矿业大学煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 中生代形成的逆冲推覆构造对煤层影响很大。以位于唐山块陷之上开平煤田西北侧的开滦唐山矿区域背景分析为基础, 从研究构造规律出发, 通过几何学、运动学和动力学分析, 主要探讨了以  $F_{III}$  逆断层为主体的逆冲推覆构造特征。结果显示, 唐山矿推覆构造的走向与煤田内褶皱轴大致平行, 沿地层走向呈 NE 向; 其以前展式扩展方式自 NW 向 SE 方向逆冲; 燕山运动早-中期, 库拉-太平洋板块与欧亚板块的相互强烈挤压作用是该推覆构造的主要动力来源。另外, 受褶皱和断层等构造控制, 特别是受推覆构造的控制, 唐山矿煤层厚度变化显著, 局部出现煤仓。

**关键词:** 推覆构造; 构造特征; 构造控煤作用; 开滦唐山矿

中图分类号: P618.1102 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2011.02.002

## Nappe structure characteristics and coal-controlling action of Tangshan mine in Kailuan

CHEN Shangbin<sup>1,2</sup>, ZHU Yanming<sup>1,2</sup>, YUAN Wei<sup>1</sup>, WANG Daohua<sup>1</sup>, YAN Qinglei<sup>1</sup>

(1. School of Resources and Earth Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. Coalbed Methane Resources and Reservoir Formation Process, Key Laboratory of Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** The thrust tectonic formed in the Mesozoic era has a terrific impact on the changes of coal seams, no exception for Tangshan mine located on the northwest to Kaiping coalfield on Tangshan block depression. Based on the regional background and structure rules of Tangshan mine, and combined with the theories of geometrical characteristics, kinematics and dynamics, this paper discussed the characteristics of thrust tectonic by taking  $F_{III}$  reverse fault as the dominant factor. The result shows that the trend of nappe structure is approximately parallel with axis of folds in the coal field, trending NE along the formation strike. The nappe structure was inversely moved from NW to SE. The intensive compression between the Kula-Pacific plate and the Eurasian plate of early-middle period of Yanshan movement was the main power to form this nappe structure. Besides, controlled by folds and faults, especially by nappe structure, the variation of coal seam thickness is remarkable, and coal bunkers appear partially, which is inconvenient for mining coal.

**Key words:** nappe structure; structure characteristic; structurally controled coal; Tangshan mine in Kailuan

20 世纪 80 年代以来, 我国构造地质学界开展了卓有成效的逆冲推覆构造研究, 建立了一系列几何学、运动学和动力学模式<sup>[1-2]</sup>, 发展了二维和三维平衡构造剖面方法<sup>[2-3]</sup>, 在造山带研究<sup>[3]</sup>和成岩控矿<sup>[4-5]</sup>等方面取得了许多世人瞩目的进展。

推覆构造由上覆(外来)系统、主滑面和下伏(原地)系统组成, 岩石圈和地壳内不同层次的物性界面和软弱层位都是产生逆冲推覆构造的有利部位<sup>[6]</sup>。煤层因具有低强度和高塑性而成为一个很好的滑脱层位, 因而煤系中推覆构造较为多见, 且其研究也为煤田构造

成因机制与控煤作用分析<sup>[7-10]</sup>, 以及隐伏煤田等<sup>[11-12]</sup>资源勘探提供了新思路, 并带来了巨大的经济效益。

河北开滦唐山矿位于开平煤田西北侧, 煤田内挤压体制下形成的以  $F_{III}$  断层为滑脱面的逆冲推覆构造控制全区, 常造成煤层的重复或缺失, 加之不同构造部位的控煤作用不同, 给煤矿安全生产带来了很大影响。前人曾对  $F_{III}$  逆冲断层有过研究<sup>[13-14]</sup>, 然而, 对于以  $F_{III}$  逆断层为主的逆冲推覆构造特征尚未做深入探讨。因此, 本文拟对开滦唐山矿逆冲推覆构造特征及其控煤作用进行研究, 以期对煤矿

收稿日期: 2010-04-28

作者简介: 陈尚斌(1983—), 男, 甘肃通渭人, 博士研究生, 主要从事煤、油气地质研究。

安全生产有所帮助。

## 1 区域构造背景

唐山矿位于开平煤田西北翼的西南端。开平煤田为一轴向北东、向西南倾伏的大型复合式含煤向斜构造,主体为一隔档式褶皱,呈线性平行排列,向斜开阔,背斜紧闭。向斜北西翼地层陡倾,甚至倒转,南东翼平缓;背斜则相反,多呈不对称。开平煤田包括开平向斜、车轴山向斜、弯道山向斜和西缸窑向斜 4 个含煤构造。其中,开平向斜规模最大,延展长度达 60 km,长宽比约 5:1,向斜总面积约 800 km<sup>2</sup>,是一个由古生界、中生界和新生界叠合而成的构造盆地。其地处燕山南麓,南以宁河—昌黎断裂与南堡凹陷相邻,东与茨榆坨卑子院背斜相连,整体上是一个被后期构造复杂化了的向斜构造。向斜由石炭系、二叠系及部分三叠系组成,向斜内部为第四系覆盖,周边地区出露奥陶系和寒武系。开平煤田内的断裂构造亦较发育。北西翼以压性走向逆断层及压扭性正断层发育为主;南东翼则

以张性、张扭性的高角度斜交正断层为主,并伴有岩浆岩呈岩墙状甚至局部呈岩床状产出。

## 2 唐山矿构造规律分析

唐山矿构造极为复杂,由北向南依次排列着  $F_I$ 、 $F_{II}$ 、 $F_{III}$ 、 $F_{IV}$  和  $F_V$  等主断层,组成了唐山矿断裂带<sup>[14]</sup>,其走向与地层走向基本平行,为 NE、SW 向(图 1)。 $F_I$  断层为北部边界断层,倾角大,局部近直立,为一下盘往上仰冲的压性断层,受其影响,断层北侧形成倒转不对称向斜,并发育了一系列规模中等的次级断层。 $F_{II}$  断层为一走向 40~50°,倾向 NW 的逆冲断层。 $F_{III}$  断层是唐山矿规模最大的主断层,延伸长,并将整个井田分为上下两部分。 $F_{IV}$  断层为一东正西逆断层,即井口至 15 号剖面之间为正断层,16 号剖面向西由正转为逆断层,相应断层面倾斜方向也由 NW 转向 SE,其走向为 35°,是唐山矿的边界断层之一。 $F_V$  断层是最南部一条从东到西横贯全井田的边界断层,走向 15~35°,倾向 NW,倾角 50~70°,为垂直断距大于 500 m 的逆断层。

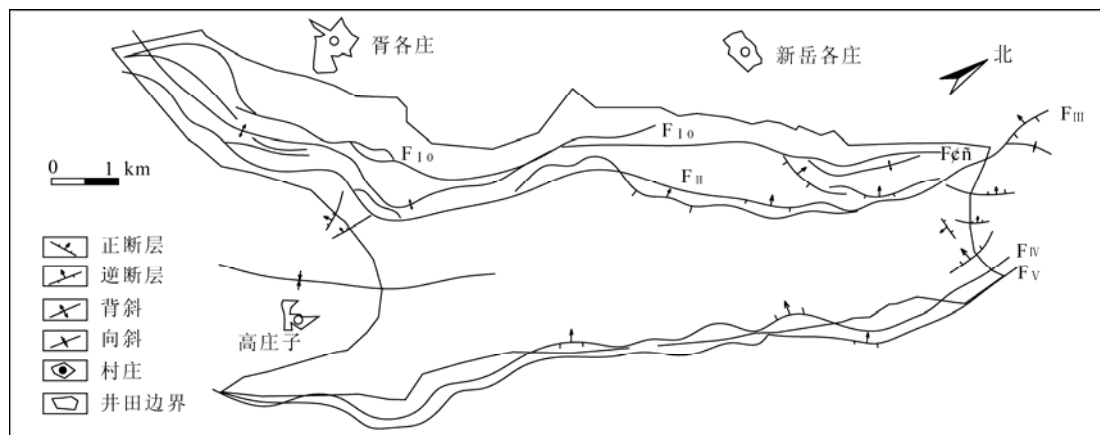


图 1 唐山矿构造纲要图(据唐山矿资料修改)

Fig. 1 Structure outline of Tangshan mine

唐山矿  $F_I$ 、 $F_{II}$ 、 $F_{III}$ 、 $F_{IV}$  和  $F_V$  断层控制了矿区构造骨架,基本呈平行排列,是最主要的断裂组合形式。断层间伴生组合与交叉组合特征明显,主要体现在大断层的旁侧伴生有许多小断层,尤其是  $F_I$  与  $F_{II}$  之间,  $F_{II}$  与  $F_{III}$  之间及  $F_{IV}$  与  $F_V$  之间是断层比较集中发育的地带,构成复杂构造带。伴生小断层与主断层平行或斜交,方向多变,表现为两组或两组以上断层以一定交角相交,组成共轭组合的特征较为多见。主大断层的发育导致井下小构造极为发育。地质统计方法所作的走向玫瑰花图揭示,小断层主要以近 EW 向为主<sup>[15-16]</sup>,但正、逆断层走向有一定的差异,逆断层主要以 NE 向为主,正断层相对方向多变,但主要有 NE 向和近 EW 向 2 个优势方向。

小断层在平面分布上也有较大区别,逆断层多分布在主褶皱的 NW 翼,特别是  $F_{III}$  断层一带;而正断层主要分布在  $F_{III}$  断层下盘,特别是褶皱较缓的一翼上。唐山矿褶皱构造也很发育,总体上为一轴向 NE 的背斜构造,但又为次一级的褶皱复杂化,除东部发育的  $F_{III}$  断层以南的主向、背斜外,向西部延伸区还发育西侧逆掩断裂带、胥各庄向斜带、岭子倾伏背斜带等一系列褶皱构造。

这些褶皱和主断层及其形成的一系列中小型构造直接影响着唐山矿井田区块的划分和煤层的赋存。此外,唐山地区深浅构造在空间位置、几何结构和活动性质方面关系密切,浅部的背向斜和断裂构造在几何结构和活动性质上都是其下部变形主体

向上延伸和扩展的直接响应结果,产生扩展逆断裂和反冲逆断裂,形成不对称的背向斜和配套的弯矩/弯滑断层<sup>[17]</sup>,控制了煤矿构造分布。

### 3 逆冲推覆构造特征

#### 3.1 几何特征

逆冲推覆构造的几何特征分析是构造及其运动学和动力学机制研究的基础,对探讨其控煤作用有重要意义。唐山矿逆冲推覆构造主要发育于开平向斜西翼,为第四系掩盖。井田中部的  $F_{III}$  逆断层是唐

山矿推覆构造的主体(图2),以  $F_{III}$  逆冲断层为主滑面,北起唐山市西北的凤凰山,南到丰南站西南 3 km,长约 15 km;断层面走向  $N40^{\circ}\sim 50^{\circ}E$ ,倾向 NW<sup>[13]</sup>,倾角变化大,为  $5^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ,浅部为  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ,最大可达  $85^{\circ}$ ,深部变缓约为  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,直至近水平状;断层面呈“S”形舒缓波状,且东部浅,倾角较大,西部深,倾角变缓,断坪、断坡交替出现;该断层垂直断距变化较大,最小 85 m,最大可达 550 m,一般为 200~300 m,此断层由北向南下切深度逐渐加深,由东向西依次切割二叠系、石炭系、奥陶系及寒武系。

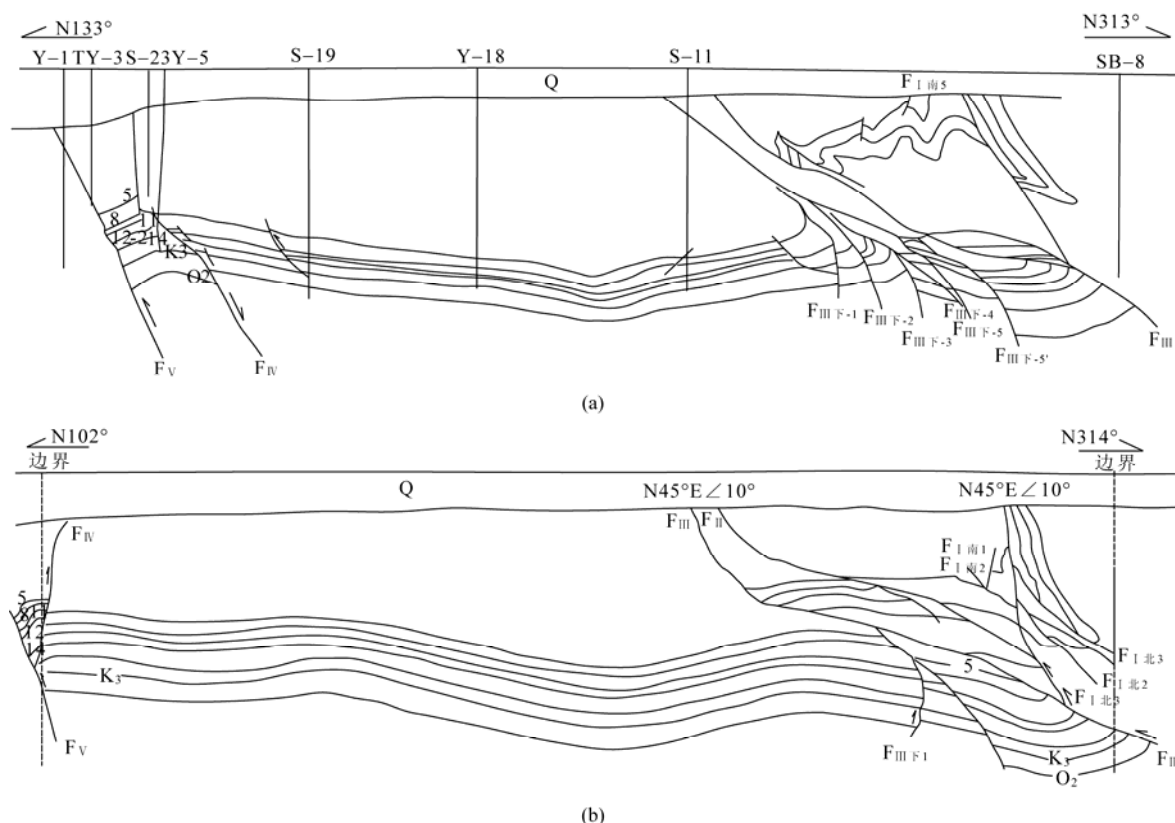


图2 唐山矿逆冲推覆构造 13 线(a)和 17 线(b)剖面示意图(据唐山矿资料修改)

Fig. 2 Profiles 13(a) and 17 (b) of Tangshan nappe structure

该逆冲推覆构造的上覆系统由奥陶系、石炭系及二叠系组成,次级同向的背、向斜褶曲、牵引褶曲及分支、派生断裂较为发育,地层强烈褶皱乃至倒转,局部构成帚状构造,对煤系破坏极大。下伏系统为奥陶系、石炭系和二叠系,受推覆构造影响,因应力扩散和能量释放,除临近断层部位由于断层所致地层较为陡立外,断层下盘及其以东的岩体受力作用相对减弱,以宽缓开阔的倾伏背、向斜形式出现,次级断层较少,构造亦较为简单,但不同部位因滑脱面产状的不同,断坪、断坡发生的部位不同,导致局部应力不均,对下伏构造的影响程度不均。

#### 3.2 运动学分析

唐山矿逆冲推覆构造呈向东南突出的弧形(图

3),根据 Elliott<sup>[18]</sup>的“弓箭法则”判定,总体运动方向为自西北向东南运动。在剖面上,断层面向西北倾斜,上盘向东南逆冲;煤矿开采中揭露  $F_{III}$  断层的上覆系统挤压作用强烈,破坏严重,产生复杂变形,发育小褶皱、伴生断层,下伏系统变形简单,变形幅度小,反映  $F_{III}$  断层的下盘为被动盘,上盘为主动盘,也说明断层是在 NW 向 SE 逆冲挤压运动中形成。

依据逆冲推覆构造总体变形特征,以及  $F_{III}$  与  $F_I$  之间的切割关系,发现  $F_{III}$  形成于  $F_I$  之后,且  $F_I$  断层上盘地层陡立倒转,变形强烈,是后期作用的结果,而向 SE 方向  $F_I$  与  $F_{III}$  之间的冲断岩席变形逐渐减弱,表明  $F_I$  断层往 NW 方向具有根带性质,其后每一次新的逆冲断层发育在  $F_I$  断层之下,各逆冲

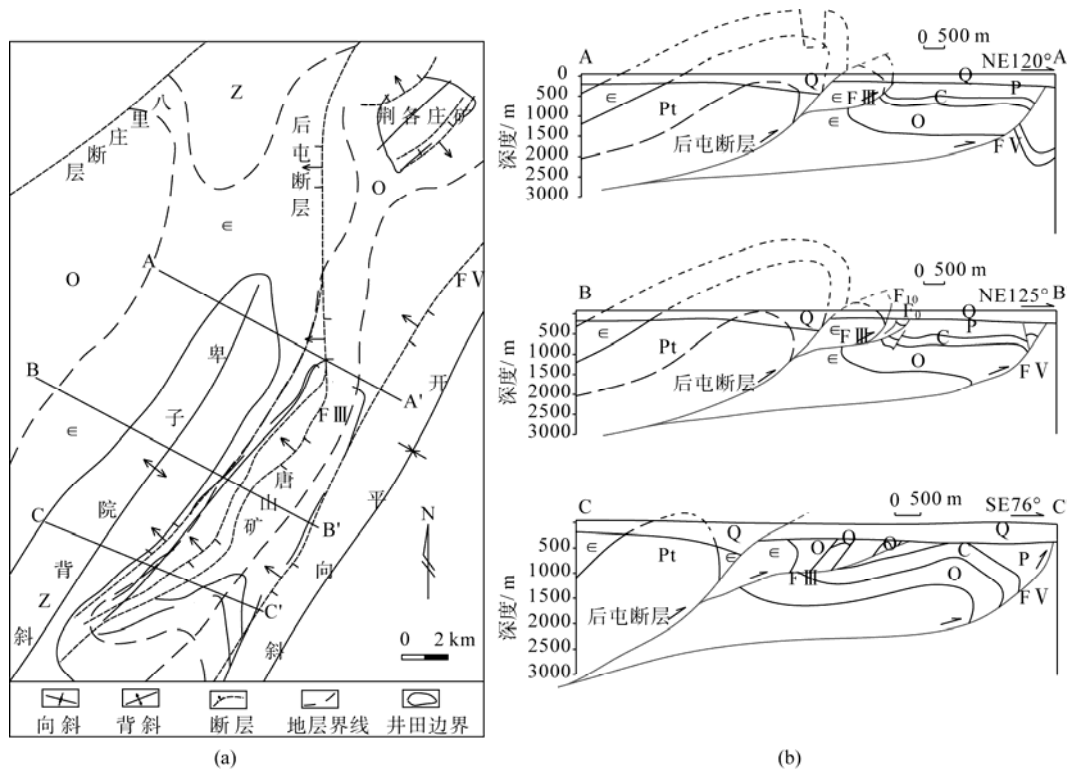


图 3 推覆构造运动学分析

Fig. 3 Kinematics analysis of Tangshan nappe structure

a——唐山矿构造简图; b——不同位置剖面图

岩席依次沿着逆冲方向即 SE 方向扩展,并增生在前进中的冲断岩席的前锋,由此推断,整个逆冲断层是由 NW 向 SE 方向呈前展式扩展。

张长厚等<sup>[19]</sup>认为,燕山地区发育的许多著名的中生代逆冲推覆构造具有空间分布的散在性、发育时间和运动方向的非极性等特点。唐山矿自西北向东南运动而形成的逆冲推覆构造是古生界煤系自形成以来经历了多期构造变动叠加后的构造格局,与燕山造山带构造运动及演化有着密切的关系。燕山运动前,以褶皱为主,开平煤田即处于遵化背斜南翼。燕山期构造运动在燕山地区表现为 NW-SE 向挤压应力场,形成了以 NE-NNE 向为主的逆冲断层系,唐山矿主体构造格架即在此期运动中形成。印支期 EW 向构造与其后期 NE-近 SN 向构造一起,共同构成燕山地区的主要构造。

在  $F_{III}$  断层以下,完整沉积了奥陶系、石炭系和二叠系, $F_{III}$  断层切割二叠系及早期形成的地层。依唐山矿所经历的构造运动以及  $F_{III}$  断层对地层的切割关系,可知从印支运动开始,特别是侏罗纪的燕山运动,因太平洋板块向欧亚板块俯冲,构造应力场发生重大改变,表现为 NW-SE 向挤压应力场,开平向斜及其以西的车轴山向斜在此期间形成<sup>[13]</sup>。因冀东凸起区受到的挤压较四周凹陷区更为强烈,唐山地区地层的大规模缩减,在褶皱的基础上,由原

先的箱状褶皱为主逐渐转变为斜歪褶皱为主,并在倒转翼发育了逆冲断裂构造性质的  $F_{III}$  断层,而在主断层两侧发育了一系列次级逆断层,特别是逆冲断层的上覆地层构造复杂,地层褶皱强烈,而下伏地层变形相对较弱。通过上述构造演化背景判定, $F_{III}$  断层形成于燕山早-中期(侏罗世)。

### 3.3 动力学分析

唐山矿逆冲推覆构造是在一个时序过程中各种应力-应变环境下发生和发展的。结合构造演化背景得知,晚古生代随着华北板块和西伯利亚板块的拼合,以及库拉-太平洋板块与欧亚大陆的相互挤压作用日益增强,燕山早-中期产生强烈的 NW-SE 向挤压运动。唐山地处燕山造山带的外缘,在 NW 向 SE 的挤压作用下,形成了开平煤田一系列近 NE 向褶皱,随着持续的挤压作用,产生强大的挤压应力场,在开平向斜的北翼发育了逆冲推覆构造。

对井下实测 3 组共轭 X 剪节理产状进行恢复,得其原始产状,作共轭 X 节理的极射赤平投影图(图 4),可得三向主应力轴的方位, NW-SE 向为该区域构造最大主应力方向,为挤压应力性质。并据区域构造背景,以  $F_{III}$  为主滑面的推覆构造是在 NW-SE 向挤压应力场作用下形成的,进一步证明唐山矿推覆构造的动力来源是库拉-太平洋板块与欧亚板块相互的挤压作用。

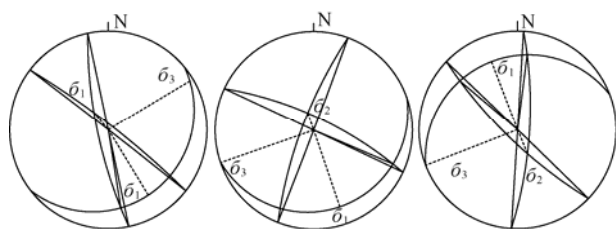


图4 共轭X节理极射赤平投影图

Fig. 4 The stereo project on figure of x-conjugate joint

本文还利用平衡剖面方法<sup>[20-21]</sup>进行应变分析。选取NW向切穿整个开平煤田,且受后期构造影响较小的剖面作为平衡剖面,对被剥蚀地层采用开平煤田各个时代平均地层厚度,以奥陶系与石炭系分界层——K<sub>1</sub>灰岩层作为标志层,采用线长守恒原则对其进行恢复。恢复后,标志地层长度  $L_0 = 43.4$  km,恢复前标志地层长度  $L_1 = 33.2$  km,缩短率  $e = -23.5\%$ (图5)。通过对开平煤田3个区段,即八里庄-后屯断层、后屯-F<sub>V</sub>断层和开平向斜区分别进行统计,开平煤田自NW往SE,地层变形总体为减弱趋势。但唐山矿推覆构造中间的后屯断层与F<sub>V</sub>断层所夹岩体,受力挤压变形更为强烈,对于规模更大的褶皱变形而言,其缩短率相对更大,达到42.9%。

可见,在推覆过程中,由于应力分布不均,致使不同部位的地层变化不同,局部缩短量存在差异。

#### 4 构造控煤作用

推覆构造影响煤层的埋藏深度、厚度及赋存状态<sup>[22]</sup>。开平煤田晚古生代石炭-二叠纪含煤地层形成后经历了印支期、燕山期和喜马拉雅期等多期次构造运动的改造和影响,形成了现今的构造格局,直接影响着唐山矿煤层的赋存情况。挤压体制下形成的逆冲推覆构造常使区域内发育强烈褶皱和断裂,易造成煤层变化。受推覆构造作用,由逆冲断层及其上盘推覆体或逆冲岩席组合造成局部构造复杂化,F<sub>III</sub>断层附近地层陡倾甚至倒转,挤压性的小断裂广泛发育,使煤层的赋存状态更加复杂,煤层重复与缺失现象较多,出现韧性流变现象,形成不协调褶皱。例如9煤局部受力拉拽变薄,局部挤压变厚,不协调尖刺状极为醒目,显示了强烈的流变作用;局部范围内单位面积煤炭资源量增高,煤层埋藏深度变化,在煤层褶皱和流变综合作用下,9煤在一个扇形背斜核部,聚集起厚达40 m的煤仓<sup>[23]</sup>(图6)。

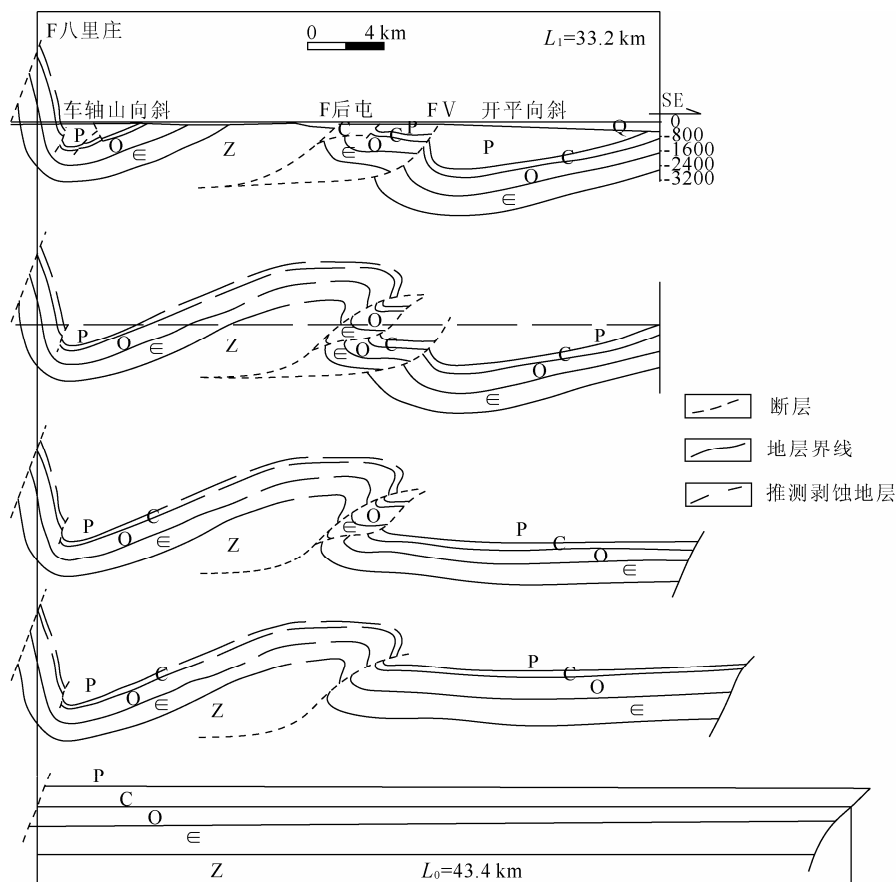


图5 开平煤田平衡地质剖面

Fig. 5 Balanced geological section of Kaiping coalfield

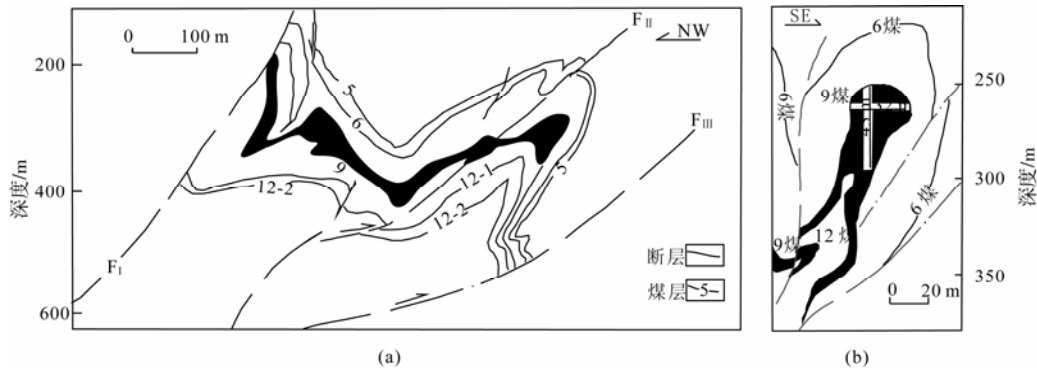
图 6 唐山矿 F<sub>III</sub> 上区局部剖面(a)与 9 煤煤仓剖面(b)<sup>[23]</sup>

Fig. 6 Part section of F (a) and coal bunker of coal seam 9(b) in Tangshan mine

推覆构造上覆系统煤层埋藏深度相对抬升,有利于资源的开采,但挤压作用导致次级构造发育,煤层形态更加复杂,破坏严重,发生流变现象,出现煤仓;下伏系统煤层重复出现,扩大了煤炭资源量,且由于推覆挤压作用,中小型断裂发育,形成一系列褶曲,增加了煤层的开采难度。

## 5 结 论

a. 唐山矿区总体为一轴向 NE 的背斜构造,并为次一级褶曲复杂化,在逆冲断层附近,常形成一系列牵引构造。矿区发育具有平行组合关系的 5 条主要断层,主断层之间伴有大量以近 EW 向为主的中小型断层,这些正、逆断层走向存在一定差异,在平面分布上也有较大区别。浅部的背向斜和断裂构造是其下部变形主体向上延伸和扩展的结果,控制了煤矿构造分布。

b. 以 F<sub>III</sub> 逆断层为主体的 NE 向推覆构造,自 NW 向 SE 方向以前展式逆冲扩展,是古生界煤系自形成以来经历多期构造变动叠加而成的构造样式。燕山运动早-中期,库拉-太平洋板块与欧亚板块相互挤压产生的 NW-SE 挤压应力场是发育推覆构造的主驱动力条件。

c. 因受构造作用,特别是推覆构造作用,煤层变化显著。上覆系统煤层埋藏深度相对抬升,有利于资源开采,但次级构造发育,煤层形态复杂;下伏系统煤层重复出现,增加了开采难度,影响煤矿正常生产。

## 参考文献

- [1] 朱志澄. 逆冲推覆构造研究进展和今后探索趋向[J]. 地学前缘, 1995, 3(1-2): 51-57.
- [2] 张开均, 施央申, 黄钟瑾, 等. 逆冲推覆构造最新研究进展评述[J]. 地质与勘探, 1996, 32(2): 23-28.
- [3] 吴运高, 李继亮, 樊敬亮. 造山带逆冲推覆构造研究的主要新进展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(4): 426-433.
- [4] 张元厚, 李宗彦, 张孝民, 等. 小秦岭金(钼)矿田北矿带推覆构造演化与成矿作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(2): 244-254.
- [5] 宋传中, 朱光, 刘国生, 等. 淮南煤田的构造厘定及动力学控制[J]. 煤田地质与勘探, 2005, 33(1): 11-15.
- [6] 王桂梁, 曹代勇, 姜波, 等. 华北南部的逆冲推覆伸展滑覆与重力滑动构造[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.
- [7] 杜菊民, 张庆龙, 杜松金, 等. 内蒙古中部石拐侏罗纪陆相含煤盆地构造变形[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(6): 8-11.
- [8] 孙淑静, 李星, 宋立军, 等. 闽西南苏桥-小溪洋井田推(滑)覆构造形成演化[J]. 煤田地质与勘探, 2008, 36(3): 6-11.
- [9] 陈泉霖. 试论苏邦煤矿区逆冲断层之成因机制及其控煤作用[J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(1): 6-8.
- [10] 黄尚泉. 龙永煤田四集矿区逆冲推覆构造特征与找煤分析[J]. 煤炭技术, 2009, 28(1): 134-137.
- [11] 张长厚, 陈爱根, 白志达. 河北省兴隆煤田及邻区厚皮式逆冲推覆构造与隐伏煤田问题[J]. 现代地质, 1997, 11(3): 305-312.
- [12] CAO Daiyong, GAO Wentai, WANG Changxian. The thrust and nappe tectonic zone along the southern margin of the coal-forming region of north China[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1992, 3(1): 103-113.
- [13] 曹炳臣. 唐山-丰南推覆构造初步研究[J]. 中国煤田地质, 1989, 1(2): 8-1.
- [14] 王景明, 王文秋, 苏幼波. 唐山市区断裂活动与地质灾害[J]. 河北理工学院学报, 1998, 20(1): 75-83.
- [15] 蔡超, 朱炎铭, 陈尚斌, 等. 开滦唐山煤矿地质构造规律性研究[J]. 能源技术与管理, 2007(6): 8-10.
- [16] 王国华, 王猛, 崔新瑞. 分形研究在唐山煤矿铁三、铁四区构造预测中的应用[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(3): 11-16.
- [17] 龙惠川, 徐锡伟, 吴建平, 等. 唐山地震深浅构造关系研究[J]. 地震地质, 2002, 24(4): 571-582.
- [18] ELLIOTT D. The construction of balanced cross sections[J]. Journal of Structural Geology, 1983(5): 101.
- [19] 张长厚, 宋鸿林. 燕山板内造山带中生代逆冲推覆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.
- [20] 陈伟, 卢华复, 施泽进, 等. 平衡剖面的正演计算及其应用[J]. 地质科学, 1993, 28(2): 117-126.
- [21] 陈竹新, 贾东, 张恒, 等. 龙门山前陆褶皱冲断带的平衡剖面分析[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 38-45.
- [22] 姜波, 王桂梁. 走滑断裂在煤田构造中的作用及意义[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(1): 14-20.
- [23] 王桂梁, 朱炎铭. 论煤层流变[J]. 中国矿业学院学报, 1988(3): 16-25.