

• 煤田地质 •

兴隆矿区外围推覆构造及煤田预测

刘天林 李涛

(煤炭科学研究院西安分院地质所 710054)

摘要 论述了兴隆矿区外围推覆构造上覆席体、下伏岩系、推覆剪切滑移带变形特征、构造岩特征和推覆构造形成过程。应用 Ramsay 等人有限应变测量新方法, 估算了推覆位移距离。在推覆体下预测出 52 km² 的隐伏煤系分布区。

关键词 兴隆矿区; 推覆构造; 矿区构造; 煤田预测

中国图书资料分类法分类号 P613

兴隆矿区地处燕山地区, 现有生产矿井 5 处, 年生产能力约 240 万 t, 截至 1988 年底累计保有储量不到 0.5 亿 t, 因而在矿区外围寻找后备煤炭资源已迫在眉睫。1989~1990 年, 我们开展了《兴隆矿区外围找煤研究》课题^①。研究结果表明, 兴隆矿区外围煤系展布严格受推覆构造控制。

1 矿区地质概况

兴隆矿区及其外围分布的地层与华北地块区基本相同, 有太古界、中上元古界长城系、蓟县系及青白口系, 古生界寒武系、奥陶系、石炭二叠系, 中生界中、下三叠系、侏罗系、白垩系及新生界第四系。其中石炭二叠系煤系自下而上可分为马圈子组(C_{2m})、张家庄组(C_{2zh})、荒神山组(P_{1h})、茂山组(P_{1m})、上石盒子组(P_{2s})和石千峰组(P_{2zh})。煤系总厚约 190~870 m, 含煤 11 层, 其中四号、六号煤为主采煤层, 厚 3~20 m, 其余为局部可采及不可采煤层。

矿区地处燕山东西向构造与北东向构造复合部位。东西向构造在这里为马兰峪复式

背斜, 兴隆矿区恰好位于马兰峪复背斜北侧的兴隆—平泉复向斜内。区内地层总体向南倾, 倾角 20°~40°。断层以东西走向、向南倾斜的叠瓦状推覆断裂系统为主, 东西两端被后期北东向断层切割改造(图 1)。

2 推覆构造的发育特征

2.1 推覆构造的空间展布

推覆体主滑移面露头线西起前苇塘, 向北东经荞麦岭、平安堡、煤岭沟和老爷庙南山进入门子沟以东被中侏罗统九龙山组覆盖, 长约 34 km。主滑移面向南倾斜, 浅陡深缓, 向南以低缓倾角向深部延伸。上覆席体主要由奥陶系、寒武系、青白口系、蓟县系、长城系及部分太古界组成。这些岩层在近推覆体前缘均倒转, 一般东西走向, 向南中等至陡倾角倾斜, 下伏岩层主要由石炭二叠系和部分奥陶系、蓟县系组成, 东西走向, 中等至缓倾角南倾。

主滑移面以北的石炭二叠系煤系和以南的奥陶系至青白口系倒转岩层中, 发育一组与主滑移面产状近一致的密集断层束, 近主

^① 参加此项野外工作和提供资料的还有刘渝、邸莲英、张金榜、陈天全等同志。

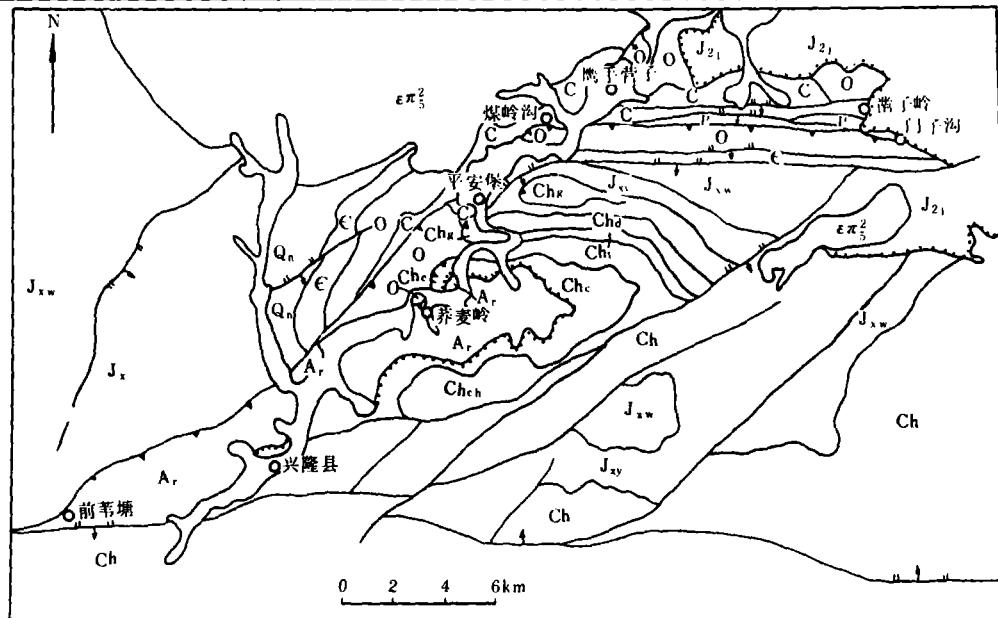


图1 兴隆矿区区域地质图

Ar—太古界；Ch_c—常州沟组；Ch_{ah}—串岭组；Ch_b—一团山子组；Ch_d—大红峪组；Ch_g—高于庄组；

Jx_y—杨庄组；Jx_w—雾迷山组；Qn_x—下马岭组；Qn_y—井儿峪组；—寒武系；○—奥陶系；

C—石炭系；P—二叠系；J₂—九龙山组；Q—第四系

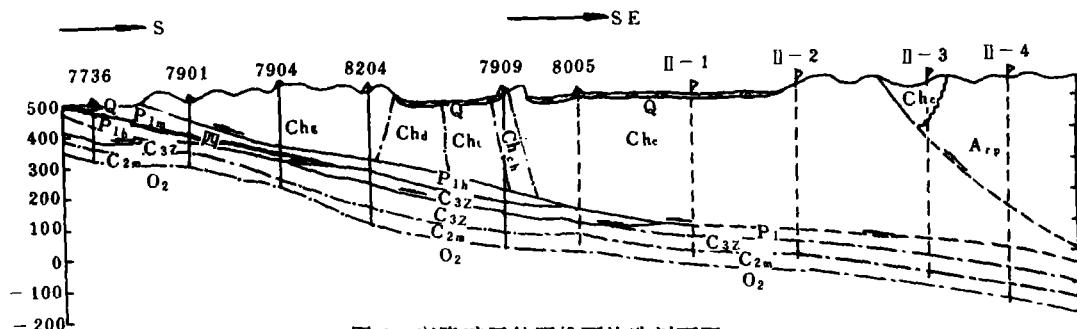


图2 兴隆矿区外围推覆构造剖面图

C_{3x}—上石炭统张家庄组；Ar_p—太古界跑马场组；其余同图1

滑移面密集，远离主滑移面稀疏，并有等距的特点，平面上舒缓波状，时而相交，时而分开，将煤系切割成一系列长轴近东西的透镜状岩块。

推覆构造剖面结构具如下特点。

西部荞麦岭—土城头一带，剖面具三层结构。上覆由长城系—青白口系倒转层序的白云质灰岩和石英岩状砂岩组成；中部为正常层序的石炭二叠纪煤系；下部由前奥陶系组成（图2）。

中部煤岭沟—凿子岭一带，剖面亦为三层结构，上覆为倒转层序的奥陶系到青白口系灰岩、白云质灰岩；中部为石炭二叠系煤系；下部为前奥陶系。

东部门子沟及其以东，剖面具四层结构，顶部为中侏罗统九龙山组火山碎屑岩；上部为倒转层序的奥陶系、寒武系和蓟县系部分岩层；中部为石炭二叠系；下部为奥陶系。

很明显，推覆构造剖面上、下部均为较刚性的灰岩及石英岩状砂岩，中部为较塑性的

煤系。推覆体主滑移面位于上部灰岩层与中部煤系接触部位。

2.2 推覆构造的变形特征

推覆体前缘及上覆席体可划分为碎裂岩带、强烈倒转褶曲及大型次级推覆滑移面发育带和地层陡立带(图 3)。其变形特征可归纳为如下几点。

a. 推覆体前缘碎裂岩带,发育两组或一组与主滑移面锐角相交的密集劈理面。在推覆过程中,岩石沿平行于这两组劈理之锐角平分线拉长和沿钝角平分线缩短及剪切、旋转、位移,从而形成推覆体前缘碎裂化构造岩带。已胶结的、致密坚硬的碎裂岩被一组向南东倾斜、倾角40°左右的大型劈理面切割,形成透镜状岩块,其最大扁平面有向南东倾斜之势。这揭示了推覆活动的多期性及后期构造对推覆体的改造。

b. 上覆席体倒转岩层内发育大小不等、规模不同、形状各异的褶曲,其轴面向南倾斜。

c. 大型次级推覆滑移面极为发育,近主滑移面较密集,远离主滑移面较稀疏。同主滑移面相似,次级滑移面在其前锋地带仰起,上陡下缓,并有一定规模的应变速带,向深部与主滑移面相交或相切。次级滑移面所切割的推覆片体内又有更次级滑移面及劈理化带发育。

以往有关推覆构造资料对下伏岩层的变形状况论述甚少，并认为下伏岩层稳定，构造变形简单。兴隆矿区外围推覆构造可以利用

井下观测研究下伏岩层的变形。下伏岩层中发育一组大型次级滑移面,含煤地层中的这组大型次级滑移面也在近主滑移面处密集、远离主滑移面稀疏,与主滑移面产状近于一致,剖面上波状起伏,时而顺层发育,时而切层而过,将煤层及煤系切割成大小不等、相互叠置的透镜体,造成煤层、煤系局部增厚、减薄或尖灭。这组大型次级滑移面多沿二煤顶部、四煤中部及与顶板接触处、六煤中下部及煤系中相对塑性的泥岩层内发育。煤层中的S型流劈理、假片理、页理、滑面及千姿百态的揉皱构造、鳞片状构造比比皆是。沿大型滑移面及次级滑移面附近均有厚薄不一的糜棱煤带发育,带内具韧性剪切带的S₁—S₂面理构造。下伏岩层中的构造现象均指示了上覆席体或岩层曾作过由南向北、由南东向北西及由北向南三个不同方向的推覆位移,其中以向北位移最为突出和普遍,北西向次之,向南最为微弱或仅在局部发生。

详细研究后发现,推覆构造不仅存在推覆滑移面,更为重要的是存在一个推覆剪切滑移带。剪切滑移带实质是推覆作用中的应力集中带及应变速率带,该带岩层是岩石力学上的相对薄弱面及软弱层。推覆作用可以没有滑移面,但不可没有剪切滑移带,如发育于古老片麻岩中的韧性剪切带及煤层中的似韧性剪切带。

剪切滑移带宏观上具明显的分带性:下部为次级滑移面及劈理发育带,位于主滑移面之下,近主滑移面处的岩层被密集劈理切

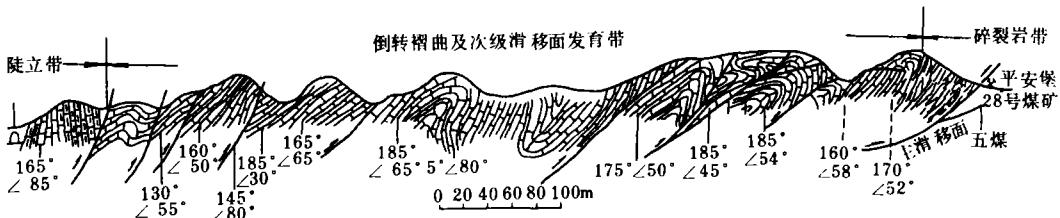


图 3 平安堡—土城头公路旁推覆体前缘及上覆席体构造变形素描图

剖面全由长城系雾迷山组灰岩、白云质灰岩组成,其中褶曲均是在倒转岩层的基础上进一步发育起来的背向斜构造。

割成碎裂状、细碎状及初裂状。远离此带见有发育在不同岩层中的大型次级滑移面。滑移面剖面上有断坪和断坡，断坡发育在厚层白云质灰岩切层处，断坪出现在灰岩的层面附近。

中部为强烈片理、叶理化碾转构造岩及糜棱岩带，厚约10m，由两种性质不同的物质组成，一种为褐黄色白云质灰岩、石英岩等构成的构造杆状体、透镜体、饼状体及眼球体；另一种为灰黑色鳞片状泥岩构成的片理化构造岩及糜棱岩。前者以碾转磨砾或石香肠状镶嵌在灰黑色片理化泥岩之中，构成纷繁复杂的变形图案，剖面出露大小不等的构造透镜体、杆状体，长轴以北北东向近水平状分布，扁平面向南东倾斜。构造杆状体周身具擦沟、擦槽，呈麻花状，边部又具卷曲刃状（图版I—1）；横断面呈眼球状，剖面上有灰黑色糜棱岩基质环绕、包裹构造透镜体。构造杆状体经切片观察，实为碎斑状糜棱岩和白云岩质粉碎状似糜棱岩和长英质糜棱岩（图版I—2、3）。剖面上部见有白云质灰岩及石英岩薄层与灰黑色片理化构造岩互层。这些貌似互层的现象，并不是原始的沉积互层，而是在强烈的推覆作用下，岩石经有规律地旋转、变形和碾转揉搓位移之后，不同成分的构造岩片相互叠置而成的。很明显，较强硬的灰岩、石英岩薄层在剖面上呈现为不连续的初透镜状、薄饼状及揉曲状，它们是构造杆状体、眼球体的前身。 S_1-S_2 面理是中部糜棱岩带及片理化构造岩带的最大变形特点（图4及图版I—5、6、7）。

上部为劈理化片麻岩、白云质灰岩带，其变形与下伏近中部强烈应变递变带相近，不同的是可见后期脆性破裂变形叠加其上，形成一些脆性破裂断层及劈开面。

剪切滑移带宏观上分带性明显，中部应变最强烈，应力最集中，剪应变最明显，向上下两侧应变逐渐减弱。剪切滑移带中诸如麻

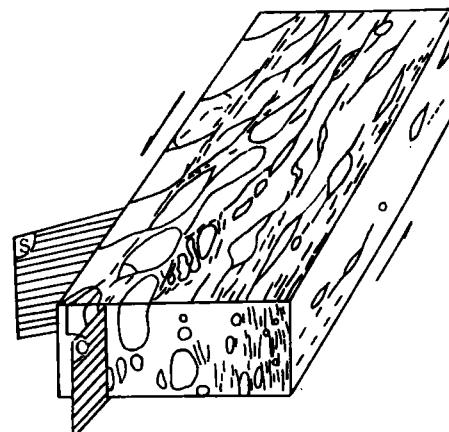


图4 S_1-S_2 面理(据 Nicolas)

花状构造杆状体、透镜体、眼球状构造、显微流劈理、流动构造(图版I—8、9)、糜棱岩带的 S_1-S_2 面理等构造现象，说明了先期推覆作用发生在地壳一定深度范围内，以塑性—准塑性变形为主，并显示了由南向北的推覆方向。剖面上出现的次级滑移面、断面及切割上覆碎裂灰岩的面理，显示了后期推覆作用以脆性破裂变形为主。从这些滑面上的擦痕、面理及与次级构造的关系判断，后期推覆方向由南东向北西。

3 推覆位移距的估算及推覆体的形成过程

3.1 推覆位移距的估算

从以下两方面估计推覆构造位移距离：

a. 从推覆体主滑移面上下片体间地层的接触关系分析。从前述可知，太古界跑马场组逆覆于奥陶系灰岩之上，这绝不是短距离推覆位移所能实现的。长城系白云质灰岩逆覆于石炭系之上，并以倒转层序形成了一系列的倒转褶曲，也说明推覆体曾有过大幅度的位移。

b. 从推覆体剪切滑移带的变形特征及应变强度来分析。推覆剪切滑移带内密集发育的劈理、片理，与主滑移面或带内次级滑移面间的夹角一般为 $4^\circ\sim14^\circ$ (图5)。这种劈理、片理不仅在滑移带露头宏观可见密集发



图 5 剪切滑移带内滑移面与次级滑移面
片理或劈理的关系

育,而且已渗透到微观领域,即使在扫描电镜下放大 1 000~2 600 倍,仍然非常明显。如此强烈的变形,其应变值到底有多大?

据 Ramsay 研究,简单剪切应变造成断层带内的片理面严格平行于断层带内的有限应变椭球体的 xy 面,因而它不是平行位移方向,而是垂直于有限应变椭球体最短轴分布的(图 6)。Ramsay 还推导了剪切滑移带内片理面与断层两壁的夹角 θ 与剪应变值 γ 之间的关系^[2]:

$$\gamma = 2/\tan 2\theta$$

据此公式推算出兴隆矿区及外围南部推覆构造剪切滑移带剪应变值在 3.76~14.23 之间(表 1)。

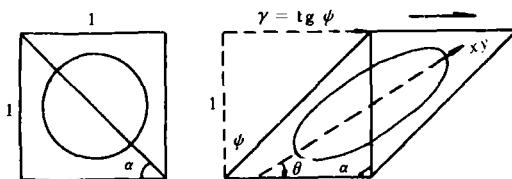


图 6 有限简单剪切示意图

发生简单剪切应变时,未变形的大圆变成椭圆,椭圆的长轴与剪切位移的方向(即为韧性断层两壁)的夹角为 θ ,

γ 即剪切方向上的剪应变

表 1 兴隆矿区南部推覆构造剪切滑移带
剪应变值推算结果

θ	4°	6°	8°	10°	12°	14°
γ	14.23	9.40	6.97	5.60	4.49	3.76

由于很多情况下剪切带内片理与主滑移面近于平行,因而剪应变值还会更大。剪应变值与位移为正比关系,估计位移量时应以 4°~6° 间的 γ 值为基准,也即剪应变值为 14.23~9.40。推覆体剪切滑移带的宽度,包括主滑

移面之下的含煤地层及上覆席体中近主滑移面之一部分,范围为 300~500 m,其位移在 5~7 km 之间。这就是说,兴隆矿区外围推覆体自南向北大约推覆了 5 km。

3.2 推覆体的形成过程

兴隆矿区外围推覆构造主体东西向展布,应隶属于东西向构造带。印支—燕山早期是形成推覆构造的关键时期,印支运动使长城系至三叠系间的岩层产生褶皱和断裂,形成了东西向褶皱带,褶皱以紧闭同斜倒转为主,并具等厚的特征。伴随褶皱作用,在倒转翼部开始发育低缓倾角的逆掩推覆断层。印支期的区域南北向挤压应力场一直持续到早侏罗世,致使沿倒转翼部发育起来的逆掩推覆体不但长距离挤压推覆,而且使上覆席体中具倒转层序的长城系白云质灰岩层再次褶皱,形成了一系列南倾、紧闭同斜的背向斜构造和次级逆掩推覆滑移面。

印支—燕山运动早期之后,该区形成一系列的东西向隆起和凹陷,在凹陷内沉积了中侏罗统九龙山组和髻髻山组。燕山运动中期,该区受欧亚地块相对太平洋地块间的不均衡位移派生出的区域北西—南东向挤压应力场作用,沿先期北东方向的扭裂面发生位移,形成一系列北东向的隆起和凹陷,如兴隆—寿王坟隆起。兴隆煤田由于两条北东向断裂之间地块的隆起使其抬升到地表,推覆构造随之也被暴露出来。北东向断裂在发育过程中,有的与先期推覆断面复合,使推覆片体整体由南东向北西逆覆,并加强了先期推覆作用,使变形更加复杂化;有的断裂则以陡倾角向深部延伸。由于两条北东向断裂的边界效应及北西—南东向的挤压应力,使总体呈北东向隆起的兴隆—寿王坟次级隆起带上,近两侧北东向断层处岩层向上翘起,而隆起的中心地带岩层相对向下凹陷。燕山运动中期是岩浆活动的重要阶段,先是大面积的火山活动,随后岩浆侵入,岩浆岩体分布大多受

北东向与东西向构造复合部位控制。兴隆矿区及外围岩浆岩主要分布北部,如雾灵山岩体和寿王坟岩体。这两大岩体对兴隆矿区煤系产状影响甚大,由于岩浆岩向上侵位,使矿区北部向南缓倾的煤系局部产状变陡,甚至使推覆体及其下伏片体和主滑移面产状亦有所变陡,局部地段出现上伏地层由北向南下滑;在矿区北部煤系中形成大量顺层及顺地层中反倾向裂隙侵入的大小不等、形态各异的中酸性火成岩脉或岩床。

燕山运动晚期至喜山期,岩浆活动仍在继续,构造应力场仍保持新华夏方向,但到后期应力场又转变为近南北向,使东西向断层又重新活动,表现在土龙沟—富景沟一带沿尚义—平泉断裂北侧的长城系逆覆在中侏罗统之上,门子沟以东形成中侏罗统东西向陡立带。这期活动比较微弱,主要表现为一些高角度断裂、推覆体前缘及西部切割先期准塑性变形推覆剪切滑移带的脆性破裂变形。

综上所述,印支—燕山早期的构造变形属准塑性变形,说明褶皱及推覆断裂形成于地壳某一深处;后期的燕山运动以断裂为主,使埋深于地壳一定深处的推覆体抬升地表并使上部遭剥蚀,从而形成现今所存推覆体多期变形,向东被中侏罗统覆盖,向南以低缓倾

角延伸,直到地壳一定深度处交汇于某一大型“层圈式”滑脱面上,统一构成地壳内的大型滑脱带。其力学机制可视为不均匀侧向挤压应力及地壳内不均匀剪切应力联合作用的结果。

4 兴隆矿区外围隐伏煤田预测

对兴隆矿区外围推覆构造的研究结果表明,推覆体主滑移面是向南以低缓倾角向深部延伸的,其下的石炭二叠纪煤系,亦以中等至低缓倾角随主滑移面向南稳定延展。电磁频率测深成果证实了这一认识,并为矿区外围煤田预测提供了不少定量数据。据此在兴隆矿区外围的老地层分布区提出了荞麦岭—土城头、矿区南部、门子沟一路家台三个可靠隐伏含煤预测区和申家胡同可能含煤预测区(图7),共计预测隐伏煤系分布面积约25 km²,相当于原矿区范围的两倍。预测煤系埋藏深度在450~800 m之间,煤系厚105~240 m,并提出了钻探验证设计和验证孔预想柱状。

我们认为,燕山地区推覆构造非常发育,兴隆矿区外围推覆构造只是其中的一部分,向东沿兴隆—平泉复向斜的南翼应发育相同类型的推覆构造。因此,兴隆—平泉复向斜及

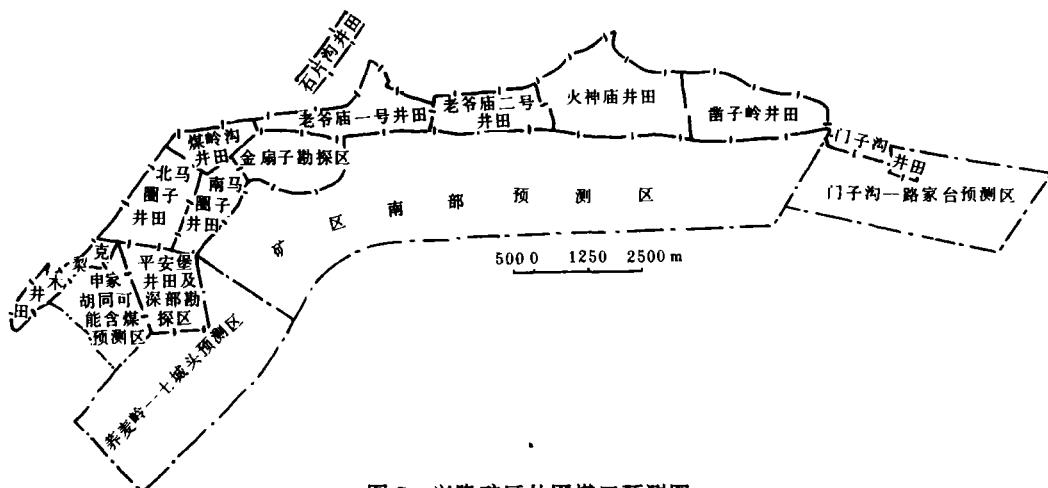


图 7 兴隆矿区外围煤田预测图

其南部将是今后寻找隐伏石炭二叠纪煤系的远景区。

本文承蒙我分院杨锡禄、朱榔如、赵景斌高级工程师、西安矿业学院黄克兴教授、西北大学张国伟教授的关怀指导,在此谨致谢意。

参考文献

- 1 朱志澄、宋鸿林主编.构造地质学.武汉:中国地质大学出版社,1990
- 2 郑亚东、常志忠主编.岩石有限应变测量及韧性剪切带.北京:地质出版社,1985
- 3 孙殿卿、高庆华.地质力学与地壳运动.北京:地质出版社,1982

(来稿日期 1991—11—18)

图版说明 图版 I

1. 剪切滑移带内似麻花状构造杆状体。杆状体周身具擦沟、擦槽,边部卷曲成刃状。
2. 组成杆状体的碾转磨砾(灰岩)及胶结它们的糜棱状物质。碾转磨砾透镜状、碎裂状,并具定向排列之势。6.3×10,正交
3. 组成杆状体的糜棱岩中的糜棱结构及石英糜砾的波状消光现象。6.3×10,正交
4. 剪切滑移带中的糜棱岩。6.3×10,正交
- 5、6、7. 剪切滑移带中片理化构造岩逐级放大的情景。组成片理化构造岩的组分,实为更细小的鳞片体及分割它们的微劈理,揉性的鳞片体围绕刚性构造磨砾形成的眼球状构造。扫描电镜,×78,×720,×2600
- 8、9. 滑移带内片理化构造岩中的流动构造及揉曲构造和显微劈理构造。6.3×10,正交

ON THE NAPPE STRUCTURE AND ITS APPLICATION TO COAL FIELD PROGNOSTICATION IN THE ADJACENT REGION OF XINGLONG

MINING AREA

Liu Tianlin Li Tao

(Xi'an Branch, CCMRI)

Abstract Nappe structure is an important and focal point in the field structure geology. The article deals with in detail not only the deformational characteristics of the overlying thrust sheet, underlying strata and shear slip zone, but also the tectonites of the nappe structure in the adjacent region of Xinglong Mining Area. Applying the new method measuring confined strain, proposed by Ramsay *et al.*, the displacement of the nappe is calculated approximately. On the above basis, a hypothesis is put forward to explain the development of the nappe structure, and an area of 52km² coal-bearing strata underlying the nappe is prognosticated.

Keywords Xinglong Mining Area; nappe structure; mining area structure; coal field prognostication

《打印机绘制地质柱状图软件的开发》通过鉴定

中国煤田地质总局第一勘探局科教中心完成的该项开发,于1992年4月12日至13日在西安通过鉴定。

鉴定认为,该项成果系统设计合理,具备参数设置、数据输入、图例编辑、打印柱状图和打印机选择等五大功能模块,使用方便、灵活。系统采用C语言编程,成图速度快、质量高;可在IBM/XT系列或其兼容机上的任何汉字操作系统和各种点阵式打印机

上操作运行,从而创造了面向地质队的使用环境。应用本系统编绘的钻孔柱状图符合地质要求,减轻劳动强度,提高效率20倍,经济效益显著,为即将进行的“地质工作站”项目奠定了基础。成果居煤炭系统领先、国内同类软件先进水平,建议尽快组织推广应用。

(张春才)