

# 冀西北下马岭组沉积层序分析及生油层

王立峰 李不惑

(河北地质学院)

**〔内容提要〕** 冀西北下马岭组构成了一个完整的沉积旋回,在这个陆棚沉积层序中,可划分为海侵体系域与高水位体系域,两者之间的黑色页岩、硅质泥岩及油页岩是本区油苗的生油层。

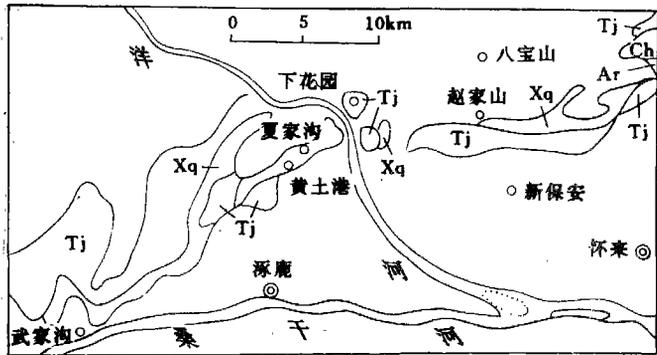
**关键词** 下马岭组 沉积旋回 生油层

## 1 地层特征

上元古界青白口系下马岭组主要分布于燕山地区及太行山北段,其中冀西北下花园、赵家山一带层序最完整、厚度最大、顶底界线清楚、分界标志明显。杜汝霖教授(1975—1979)在赵家山建立了下马岭组的标准剖面,从而为蓟县剖面下马岭组提供了更完整的新资料。

本区下马岭组主要分布于下花园、赵家山、夏家沟、黄土港及武家沟一带,与下伏蓟县系铁岭组呈假整合接触,与上覆长龙山组呈假整合接触,局部与侏罗系下花园组呈角度不整合接触(图1)。

下马岭组主要岩石组合以细碎屑岩为主,其中泥质岩占91%,砂岩占7%,碳酸盐岩占2%及少量的铁质岩等。汪长庆等(1981)在北京地区不同剖面的下马岭组页岩中,作了差热分析及化学分析(表1),其中SiO<sub>2</sub>含量中等,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>偏高,反映了伊利石的特征。而硅质泥岩主要由胶磷石粘土矿物及有机质组成。



Ar 1 Ch 2 Tj 3 Xq 4

图1 下花园地区简化地质图

Ar. 太古界, Ch. 长城系, Tj. 蓟县系, Xq. 下马岭组

Fig. 1 Simplified geological map of the Xiahuayuan region

Ar = Archean; Ch = Changchengian; Tj = Jixianian;

Xq = Xiamaling Formation

表1 下马岭组页岩差热分析及化学分析(据汪长庆等,1980)

Table 1 Differential thermal and chemical analyses for the shales in the Xiamaling Formation

剖面名称及样号	差热分析结果	化学分析结果(%)								
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO/MgO
Q3(1) 青白口剖面	伊利石	50.35	23.80	0.78	1.38	2.09	7.14	5.52	0.22	0.51
Q7 青白口剖面	伊利石	61.82	13.69	0.76	2.53	6.10	5.94	2.48	0.46	0.30
QCF-9(1) 青白口剖面	胶磷石,有机质	85.03	5.96	0.79	1.22	0.81	1.28	1.72	0.22	0.65
Sh5(2) 芹峪口剖面	胶磷石,伊利石	67.47	12.86	1.26	1.68	1.28	5.06	3.75	0.41	0.75
Sh11 芹峪口剖面	伊利石	62.31	13.35	0.69	1.66	1.17	4.22	5.18	0.19	0.42
SL11(1) 龙山剖面	伊利石	64.72	16.79	0.38	1.58	0.81	4.80	4.44	0.20	0.24

下马岭组按岩性特征自下而上可分为五个段(表2)。

一段 底部见少量的砾岩、铁质砂岩,砾石主要由燧石组成。本段主要为杂色页岩、纸片状页岩、薄层粉砂岩及细砂岩透镜体(透镜体大小为30—50cm,富含铁质结核,具水平层理)。它们组成了多个由细砂岩至页岩的韵律层,每个韵律层厚5—10cm。见有孤立波痕及潮渠等沉积构造。顶部为黄绿色薄层粉砂质页岩、粉砂岩、含铁质细砂岩透镜体,厚186.7m。

二段 主要为灰绿色薄层含海绿石粉砂岩,过渡为海绿石细砂岩及海绿石石英粗砂岩,上部为灰色铁质石英砂岩夹海绿石石英砂岩,平行层理发育。顶部偶见铁质岩透镜体,长约1—2m,厚8—10cm左右。

三段 主要为紫红色、鲜绿色纸片状页岩。据镜下观察及X衍射分析,紫红色页岩中的粘土矿物以伊利石为主,次为高岭石、水云母,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为8.31%,FeO含量为1.12%。绿色页岩中除含大量伊利石外,见有海绿石、绿泥石、黑云母,其Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为4.95%,较紫红色页岩将近低一倍,而FeO含量为3.30%,较紫红色页岩高近三倍。局部见砾屑白云岩透镜体,厚5—10cm不等。顶上可见2—3层豆粒菱铁岩。

四段 底部为绿色页岩、青灰色粉砂质页岩及黑色页岩组成的韵律层,且向上黑色页岩增多;下部为黑色页岩夹薄板状硅质泥岩、板状硅质泥岩夹黑色页岩,再过渡到黑色页岩夹

表2 下马岭组地层划分、对比表

Table 2 Stratigraphic division and correlation in the Xiamaling Formation

杜汝霖(1979)				本文			
界	系	组	段	群	组	段	岩性特征
上元古界	青白口系	下马岭组	四	青白口群	下马岭组	五	灰绿色页岩,铁饼状灰岩,叠层石灰岩
			三			四	黑色页岩夹薄层状硅质泥岩,硅质及粉砂质页岩,油页岩
			二			三	紫红色、绿色纸片状页岩
			一			二	细粒含海绿石石英砂岩
						一	杂色页岩,黄绿色页岩夹细砂岩透镜体

板状硅质泥岩,其中可见有极薄层的油页岩。硅质泥岩中含有丰富的分散状黄铁矿及较高的矾等元素,中部为黑色页岩夹灰绿、黄绿色粉砂质页岩及中粒钙质石英砂岩、灰黑色灰岩透镜体及黄褐色细砂岩;顶部为黑色页岩与黄绿色细砂岩、粉砂岩互层,局部见灰岩透镜体。本段以水平层理为主,亦见透镜状层理,顶部砂岩中见小型斜层理。

五段 底部为黄绿色钙质页岩夹黄绿色薄层钙质砂岩;下部夹有似层状、角砾状、蘑菇状、扁豆状、龟背石等灰岩透镜体,大小为5—35cm不等,似层状透镜体厚可达3—5m,出露宽度达20m,富含黄铁矿结核;中部为灰色、灰白色粉砂质页岩、泥质页岩夹薄层钙质页岩;上部为灰色—灰绿色泥质页岩、钙质页岩夹灰色叠层石灰岩,叠层石呈柱状、次圆柱状、倒锥状,据朱士兴和杜汝霖(1980)鉴定主要为 *Linella* (林内尔叠层石), *Gymnosolen* (裸枝叠层石), 及 *Katavia* (卡塔夫叠层面) 等组合。主要分布于夏家沟到黄土港以西,在夏家沟见有两层;顶部为灰绿色、灰白色页岩,钙质页岩及泥岩。

本套地层在横向上有不同,其岩性变化为图2所示。

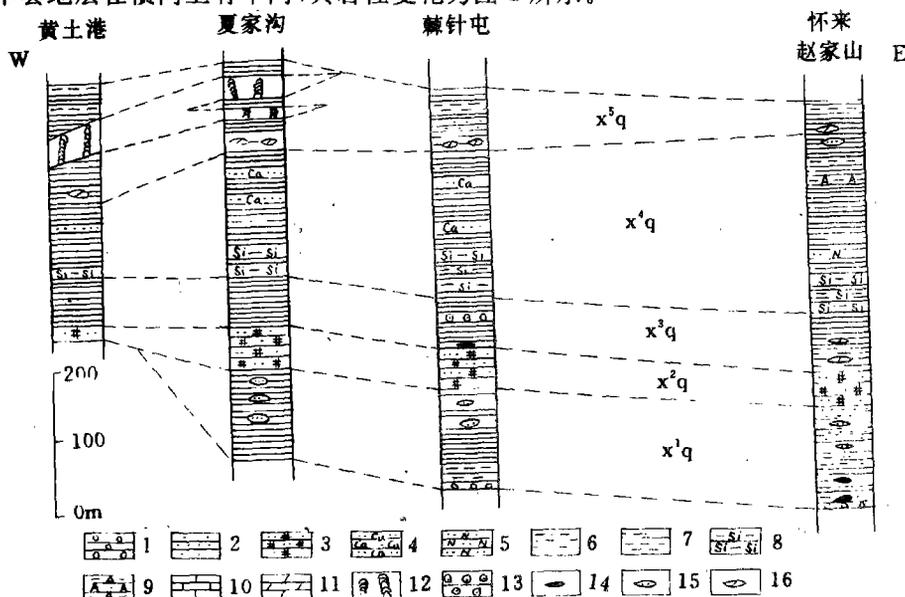


图2 下花园地区下马岭组岩性对比图

岩;2. 石英砂岩;3. 海绿石砂岩;4. 钙质砂岩;5. 长石砂岩;6. 粉砂质页岩;7. 页岩泥岩;8. 硅质泥岩;9. 铝质页岩;10. 石灰岩;11. 泥灰岩;12. 叠层石灰岩;13. 鲕状菱铁矿;14. 铁质岩;15. 砂岩透镜体;16. 灰岩透镜体

Fig. 2 Lithologic correlation in the Xiamaling Formation in the Xiahuayuan region

1=conglomerate; 2=quartz sandstone; 3=glaucconitic sandstone; 4=calcareous sandstone; 5=feldspar sandstone; 6=silty shale; 7=shaly mudstone; 8=siliceous mudstone; 9=aluminous shale; 10=limestone; 11=marl; 12=stromatolitic limestone; 13=oidial siderite; 14=ferruginous rock; 15=sandstone lens; 16=limestone lens

## 2 沉积环境分析

从以上所描述的地层特点来看,本组的岩性特征、沉积构造等均具明显的指相意义,铁质矿物尤为明显,自下而上为:赤铁矿(褐铁矿)→海绿石与赤铁矿→菱铁矿→黄铁矿→黄铁矿和赤铁矿→赤铁矿。这种与其它岩石学特征所反映的向上变深又变浅的沉积序列是一致的。从第一段到第四段底部表现为海侵体系域的退积型沉积序列,第四段、第五段组成了高

水位体系域的进积型沉积序列,其特征如下。

### 2.1 退积型沉积序列

本序列主要由五个微相组合组成,并联合成为海侵体系域(图3)。

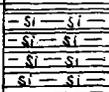
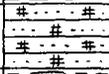
层序	柱状图	微相组合	解释	体系域
E		黑色页岩、薄板状硅质泥岩、硅质岩	深水盆地	海侵体系域
D		紫红色、鲜绿色页岩夹砾屑灰岩透镜体及球粒状菱铁矿	潮下低能(瞬时高能)	
C		含海绿石石英砂岩	潮下砂坪	
B		黄褐色页岩夹粉砂岩、细砂岩透镜体及铁质结核	潮间混合坪	
A		杂色页岩,水平层理	潮上泥坪	

图3 下马岭组下部退积型沉积序列

Fig. 3 Retrogradational sedimentary sequence in the lower part of the Xiamaling Formation

A. 该微相组合发育于下马岭组一段的下部,主要由杂色页岩、纸片状页岩组成,水平层理发育,向上夹有薄层粉砂岩。局部地区见有底砾岩,大部地区由页岩直接上超于铁岭组风化壳之上,系为潮上泥坪沉积。

B. 该微相组合发育于一段中上部,主要由页岩夹粉砂岩、细砂岩薄层或透镜体,含铁质结核,并向上增多,具水平层理、波状层理及非常发育的透镜状层理,系潮间混合坪沉积。

C. 该微相组合发育于二段,自下而上为薄层含海绿石粉砂岩、薄层海绿石细砂岩及海绿石粗砂岩,海绿石向上减少。碎屑主要由石英及硅质岩屑组成,含量80—90%,粒径为0.1—0.03mm,另见少量的斜长石及白云母。海绿石含量可达20%,呈颗粒状及填隙物产出,均匀分布。填隙物为海绿石、磷绿泥石及少量泥质杂基,呈孔隙式胶结,海绿石含量高时为基底式胶结。平行层理发育,可见小型斜层理及浪成波痕。系为潮下砂坪沉积。

D. 该微相组合发育于第三段,主要由紫红色、鲜绿色页岩、粉砂岩组成,夹有砾屑灰岩透镜体,韵律层理发育:下部由粉砂岩与泥岩组成,每个韵律厚3—4cm;上部韵律主要表现为颜色的变化。上部夹有2—3层豆粒菱铁岩,最厚40cm,延伸约15—20m,呈扁豆状,似层状分布,豆粒大小为0.5—1.5cm,球粒中心为白云石,包壳由菱铁矿组成,呈放射状排列,粘土质胶结,系为瞬时高能条件下堆积而成。系为潮下低能环境。

E. 该微相组合发育于第四段下部,主要由黑色页岩、薄板状硅质泥岩组成,见少量的油页岩,发育有丰富的分散状黄铁矿。系为强还原条件的深水盆地沉积。

### 2.2 进积型沉积序列

本序列由四个微相组合组成,并联合成为高水位体系域(图4)。

A. 该微相组合发育于四段中上部,主要由黑色页岩夹泥灰岩及钙质细砂岩、纸片状黑色有机质页岩、泥质页岩夹灰白或灰绿色、黄绿色粉砂质页岩及灰岩透镜体等组成,可见沥青质及铁质结核。具水平层理、透镜层理及小型斜层理。系由还原条件潮下深水低能沉积。

B. 该微相组合发育于五段底部,主要由黄绿色钙质页岩、透镜状灰岩组成。灰岩透镜体

呈饼状、扁豆状、蘑菇状及团块状,大小5—10cm不等,一般20cm左右,可具叠瓦状构造,透镜体内部可见有小型斜层理、水平层理及黄铁矿结核。系为潮下上部环境沉积。

C. 该微相组合发育于五段的中上部,由灰绿色粘土质页岩、钙质页岩夹灰色叠层石灰岩透镜体组成。叠层石的形态多为不规则的柱状、次圆柱状、倒锥状及其它不规则形态,其间充填有钙质、泥质或海绿石等填隙物,形成于潮间带。

D. 该微相组合发育于第五段顶部,主要由灰绿、灰白色粘土质页岩、钙质页岩及泥岩组成,水平层理发育,形成于潮上带。

通过上述两个沉积序列分析,自下而上表现了向上变深的退积型沉积序列和向上变浅的进积型沉积序列。这些连续的垂向沉积序列是不同沉积体系演化的结果,即退积型沉积序列是海侵体系域演化而形成,进积型沉积序列是高水位体系域演化而形成。因此,可建立退积型和进积型沉积模式(图5)。

海侵体系域包括了河流水道充填砂砾岩、潮坪、潮下带及深水盆地等沉积体系。从这一

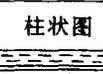
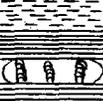
序列	柱状图	微相组合	解释	体系域
D		粘土质页岩、钙质页岩、泥岩	潮上带	高水位体系域
C		粘土质、钙质页岩,具叠层石灰岩透镜体	潮间带	
B		钙质页岩,铁饼状灰岩,含黄铁矿结核	潮下带 上部 (瞬时高能)	
A		黑色页岩,钙质砂岩,粉砂质页岩夹灰岩透镜体	潮下带	

图4 下马岭组上部进积型沉积序列

Fig. 4 Progradational sedimentary sequence in the upper part of the Xiamaling Formation

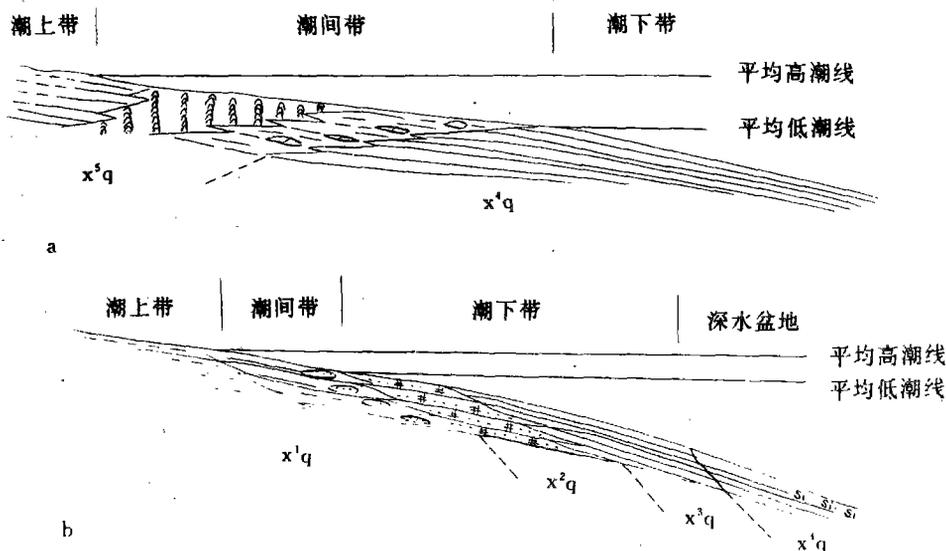


图5 下马岭组的沉积模式

a. 进积型; b. 退积型(图例同图2)

Fig. 5 Sedimentary model for the Xiamaling Formation

a=progradational; b=retrogradational (See Fig. 2 for explanation of symbols)

模式中可以看出,随着海平面的相对升高,海岸上超,各沉积体系向陆迁移,形成了穿时的岩石地层单位。

高水位体系域包括深水盆地、潮下带及潮坪等沉积体系,这是一种进积型沉积模式反映。随着海平面的相对降低,海岸上超下移,各沉积体系向盆地方向迁移,形成了进积型沉积序列。

### 3 沉积层序格架及年代解释

通过以上沉积模式分析表明,下马岭组沉积地层整体组成了一个由海平面相对升高到降低的完整沉积旋回。从沉积序列的特征来看,该盆地在其演化过程中,构造升降及沉积物供应量相对稳定,影响沉积可容空间变化的主要因素是海平面的相对变化,构造升降只表现在沉积盆地的形成,而没有影响到下马岭组沉积层序的演化。

该沉积层序的底界面表现为类型 I 不整合面。蔚县群铁岭组白云岩沉积之后,受芹峪运动(杜汝霖,1965)的影响,在广大区域上普遍形成了剥蚀面及古风化壳。同时,形成了以怀来、下花园和逐鹿一带为中心的沉积拗陷,为完整的下马岭组的沉积及演化提供了良好的古地理环境。河流作用主要表现为不强的冲刷下切,其水道被后期海侵作用充填沉积了燧石角砾岩、铁质砂岩等岩石组合。河流两侧的大部地区均保留了古风化壳及古岩溶的地貌特征,并被粉砂质页岩、泥质页岩等充填。随着海平面的升高,发育了潮坪体系的沉积组合。

在海侵体系域与高水位体系域之间发育了一套黑色缺氧事件沉积,主要为富含有机质、沥青及黄铁矿的黑色页岩、薄板状硅质泥岩、油页岩及地球化学异常沉积。这一饥饿段即是生油密集段(Vail,1987)。最大海侵面发生在薄板状硅质泥岩夹黑色页岩的相当层位,之上发育了高水位体系域的进积型沉积序列。

层序的顶界面受蔚县上升(杜汝霖,1979)的影响表现为侵蚀边界,这一界面在燕山西段及冀西都表现很明显。层序的顶部古风化壳由退色疏松粘土岩组成,之上上超了长龙山组岩层。岩层中可见下马岭组的黑色页岩、硅质泥岩及石英砂岩等砾石。从这些特征反映出,在9—8.7亿年之间可能存在一次构造运动,它不是简单的上升,而是在更广泛的区域内对层序界面可能有更深的影 响。

图6为下花园地区下马岭组的地层格架及年代解释。图中反映了下马岭组的岩相变化及岩石单位的穿时性。

## 4 油页岩及其成因

### 4.1 一般特征

早在60年代,在下马岭组第四段已发现了油苗沥青,并在下花园煤矿的坑道中见有稠油,而且发现油苗分布与下马岭组分布一致。经华北石油会战指挥部调查落实,肯定了油苗为震旦亚界(应为下马岭组)原生的<sup>①</sup>,但生油层一直没有得到解决。1985年河北地质学院阎学清查明,下马岭组四段黑色页岩一部分为油页岩,它是油苗的来源层。这些油页岩主要分布于下花园、黄土港、夏家沟、武家沟一带,一般厚度为十几米左右。

<sup>①</sup> 华北石油会战指挥部石油勘探开发设计研究院,“张家口市下花园区下马岭组油苗调查报告”,1977年燕山学术会议资料。

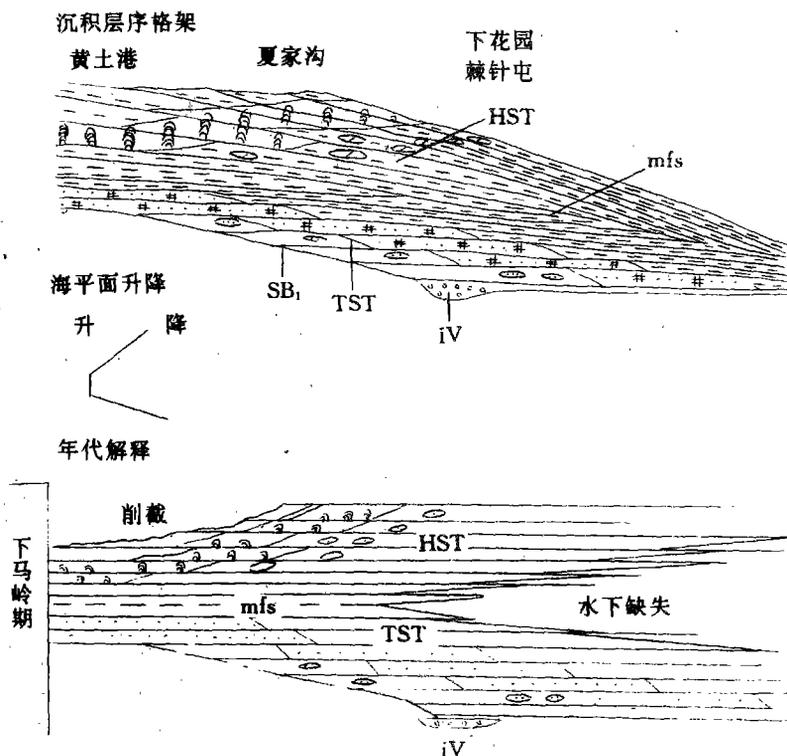


图6 下花园地区下马岭组沉积层序格架及年代解释  
SB<sub>1</sub>. 层序界面; TST. 海侵体系域; HST. 高水位体系域;  
mfs, 最大海侵面; iv, 河道充填

Fig. 6 Sedimentary sequence framework and chronological interpretation of the Xiamaling Formation in the Xiahuyuan region

SB<sub>1</sub>=sequence boundary; TS<sub>1</sub>=transgressive systems tract; HST=highstand systems tract;  
mfs=maximum transgressive surface; iv=channel filling

油页岩呈片状,不污手,比重约为 2.5,棕色、褐黑色,暗淡无光泽,指甲刻划有光泽的油迹,有的可直接用火柴点燃,并有浓烈的沥青味。质量较好的油页岩分布于夏家沟,并与较高的钒等元素及丰富的黄铁矿共生。

#### 4.2 生储条件

油页岩是细粒碎屑和低等动植物残体分解的有机质同时沉积形成的,产于有丰富的有机质来源和利于厌氧细菌活动的还原条件的环境。据杜汝霖等(1980)研究,在下马岭组一段中含有丰富的微古植物,如 *Laminarites antiquissimus*, *Eichw* (古片藻类) 的大量出现及 *Osoilla toriopsis* sp. (拟颤藻), *Obconicophycus* sp. (锥顶丝藻), *Treniatum prolutum* (宽家藻), *Trachysphaeridium cultum* (薄壁粗面球形藻), *Chuarina Circularis* (园形丘阿尔藻), *Shouhsienia shouhsienensis*, *Sh. longa* (长寿县藻), *Tawinia* sp. (塔乌藻) 等;在五段中见有丰富的叠层石,包括 *Linalla-Gymnosolen-Katavia* 组合。这些微古植物的存在为下马岭期沉积盆地的成油具备了物质条件。这些低等的菌藻类遗体,经过还原分解和沥青化作用,形成含矿物杂质较多的腐泥物质,经成岩作用和散失挥发物质等物理化学作用之后,沥青质在原地聚集形成油页岩,甚至石油。

生油层可以分布于各个体系域,但饥饿段是生油密集段(Vail,1987)。下马岭组沉积层序的饥饿段形成于强还原条件,所以它具备了生油环境。第四段底部的黑色页岩是重要的生油层,第五段中的白云岩、方解石结核及叠层石灰岩为储集层。

下马岭组沉积之后至中侏罗世,本区经过多期次的构造改造作用,对本组油气的保存起到了极大的破坏作用,大量的油气随地下水或沿断裂流失。

## 5 结束语

综上所述,对本区下马岭组的沉积层序分析有以下几点认识。

1. 本组发育于长期风化的夷平面之上,古构造运动对沉积盆地的演化影响甚微。海平面的相对变化是下马岭组沉积岩相的沉积及分布的主要控制因素。

2. 下马岭组主要形成于潮坪及潮下盆地环境,是由海侵体系域的进积型沉积序列及高水位体系域的退积型沉积序列所组成的沉积层序。

3. 饥饿段位于两体系域之间,是在还原条件下形成的一套微相组合,它是生油的密集段。

## 参考文献

- 杜汝霖,1978,“燕山地区震旦亚界及其矿产”,河北地质学院学报第二期。  
杜汝霖,1979,“燕山西段震旦亚界”,河北地质学院学报,第4期  
陈作全,1986,“石油地质学简明教程”,地质出版社。  
袁见齐等,1979,“矿床学”,地质出版社。  
韦尔 P. K. 等,1987,“层序地层学及其在巴黎盆地侏罗系年代地层对比上的应用”,国外地质科技,1989,第五期,地质矿产部情报研究所。  
张宏逵等译,1990,“应用层序地层学”,石油大学出版社。

# SEDIMENTARY SEQUENCES AND SOURCE BEDS IN THE XIAMALING FORMATION IN NORTHWESTERN HEBEI

Wang Lifeng    Li Buhuo  
(Hebei College of Geology)

## ABSTRACT

The Xiamaling Formation consists of a complete depositional cycle. The shelf sequence may be divided into the transgressive systems tract and highstand systems tract between which the black shales, siliceous mudstones and oil shales are ascribed to the source beds of oil shows in the study area.

**Key words:** Xiamaling Formation, depositional cycle, source bed