

# 塔里木盆地西北缘中奥陶统、下志留统的空间分布特征及其相变的遥感分析

傅碧宏

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

**提 要** 根据塔里木盆地西北缘中奥陶统和下志留统各组岩石的光谱特征分析, 选择了 TM3/1 (Y) 2/3(M) 7/5(C) 减色比值合成影像对研究区岩石地层层序进行划分和对比, 划分出  $O_2$ 、 $O_2^1$ 、 $O_2^2$ 、 $S_1$  和  $S_1^1$  等 5 个影像岩石地层单元, 它们与研究区的岩性组一致, 但其精度高于研究区 1:20 万地质图。通过影像岩石地层的对比研究发现, 研究区西部皮羌断裂以西在中奥陶世几乎未接受沉积, 皮羌断裂以东出现了坎岭组, 再往东至研究区东部, 中奥陶统沉积较全; 早志留世早期研究区西部沉积了海相红层, 往研究区东部则相变为海相绿色地层。尤其是通过 TM 比值图像的分析, 发现前人认为分布很局限, 但具有很大生油潜力的印干组在研究区分布范围较广, 并推断其沉积中心位于与研究区相邻的塔北隆起和北部坳陷一带。这为塔里木盆地油气评价和勘探提供了新的资料, 并表明 TM 遥感数据的应用是沉积盆地油气勘探研究中的一种很有潜力技术方法。

**关键词** 塔里木盆地西北缘 中奥陶统 下志留统 影像岩石地层 TM 比值技术 沉积相演化  
**第一作者简介** 傅碧宏 男 29岁 助理研究员 遥感地质学

1984年9月塔北隆起沙参二井下古生界打出高产油气流以来, 塔里木盆地西北缘柯坪隆起出露完整的古生界成了众多中外石油地质学家研究的对象(郝继鹏, 1988; McKnight等, 1989; 马宝林等, 1990; 朱莲芳等, 1991; 胡明毅, 1994; 傅碧宏等, 1994)。本研究利用 Landsat TM 比值合成影像, 对柯坪隆起中奥陶统至下志留统的空间分布特征进行研究, 并判断它们的沉积相演化特征。

## 1 地层特征

柯坪隆起中奥陶统、下志留统在区域上岩性、岩相变化较大。

### 1.1 中奥陶统

中奥陶统萨尔干塔格群( $O_{2sr}$ ), 与下伏奥陶统丘里塔格群为整合接触。在研究区西部, 岩性主要为褐红色、紫红色砾屑微晶灰岩、泥灰岩、砂质灰岩为主, 与东部坎岭组的岩性大致相当, 研究区东部该群自下而上可分为四个组:

萨尔干组( $O_{2s}$ ): 主要分布于衣木干他乌山东段及印干山一带, 分布范围小, 厚度变化大, 且不稳定。岩性以黑色、灰黑色钙质页岩为主, 夹灰岩薄层或透镜体, 黄铁矿结核发育, 厚

度 2m~16m。

坎岭组( $O_2k$ ): 主要分布于衣木干他乌山、柯坪塔格山及印干山一带。岩性为紫红色薄层状含泥质生物碎屑微晶灰岩, 团块状泥灰岩夹灰绿色钙质粉砂岩, 厚 17m~36m。

其浪组( $O_2q$ ): 分布于衣木干他乌山, 柯坪塔格山东段及印干山一带, 岩性以灰绿色泥晶灰岩、粉砂质泥岩、页岩为主, 厚度达 158m~177m。

印干组( $O_2y$ ): 据前人资料(新疆维吾尔自治区地层表编写组, 1981; 马宝林等, 1990; 周志毅等, 1990)报道, 该组仅出露于印干山大狼沟一带, 厚约 35m。岩性主要为深灰、黑色炭质泥岩、钙质页岩及少理粉砂岩夹灰岩、泥灰岩。

其中萨尔干组、印干组是塔里木盆地较有利的烃源岩。

## 1.2 下志留统

下志留统柯坪塔格组( $S_1k$ ), 在柯坪隆起西段可分为上、下两部分: 下部红层以紫红色砂岩、粉砂岩、泥岩不均匀互层; 上部绿色层主要为深绿、灰绿色砂岩、粉砂岩及泥质互层。在研究区东段全为绿色层, 岩性以深绿、灰绿色砂岩、粉砂岩及泥质岩为主。柯坪塔格组与下伏中奥陶统为平行不整合接触。

## 2 岩石的光谱特征分析与 TM 图像处理

研究区中奥陶统和下志留统各组岩石的反射光谱特征分析表明: 中奥陶统坎岭组紫红色泥灰岩中由于含较多的赤铁矿, 导致岩石在 540nm 附近出现  $Fe^{3+}$  的强吸收谱带, 这个强吸收谱带位于 TM2 波段(520nm~600nm)范围内; 其浪组灰绿色泥灰岩中由于含绿泥石和方解石, 而分别在 700nm 和 2330nm 附近出  $Fe^{3+}$  和  $CO_3^{2-}$  的强吸收谱带, 这两个谱带分别位于 TM3 波段(630nm~690nm)和 TM7 波段(2080nm~2350nm)范围内; 印干组灰黑色泥岩则在 2200nm 和 2330nm 附近分别出现粘土矿物和  $CO_3^{2-}$  强吸收谱带为主, 这与 TM7 波段相对应, 同时由于其有机质含量相对较高, 其反射率普遍较低; 下志留统中的红层由于含较多赤铁矿而在 540nm 附近出现  $Fe^{3+}$  的强吸收谱带, 这与 TM2 波段相对应; 下志留统中的灰绿色岩层由于含较多的绿泥石, 在 700nm 和 2250nm 附近分别出现强吸收谱带, 这分别与 TM3 波段和 TM7 波段相对应。

根据上述分析, 我们选择 TM2/3 来提取岩石中所含的赤铁矿信息, TM3/1 提取岩石中所含绿泥石信息以及 TM7/5 提取岩石中所含碳酸盐矿物的信息, 并选用 TM3/1、2/3、7/5 进行比值减色合成, 给 TM3/1、TM2/3 和 TM7/5 分别赋予黄色(Y)、品红(M)和青色(C)。在这种 TM3/1(Y) 2/3(M) 7/5(C)减色合成影像上, 坎岭组紫红色泥灰岩和下志留统海相红层由于含赤铁矿使 TM2/3 的值最低, 在影像上显品红色、桃红色色调; 其浪组灰绿色泥灰岩由于含绿泥石和方解石, 使 TM3/1 和 7/5 值相对较低, 在影像上显草绿色色调; 印干组灰黑色泥岩由于含粘土矿物和方解石使 TM7/5 的值较低, 在影像上显青灰色色调; 下志留统灰绿色岩层由于含相对较多绿泥石使 TM3/1 值最低, TM7/5 值其次, TM2/3 值相对较高, 在影像上显黄色或黄绿色色调。

## 3 岩石地层单元的遥感影像特征

在经过计算机处理后的 Landsat TM3/1(Y) 2/3(M) 7/5(C)减色比值合成影像上, 研

究区各岩石地层单元都具有各自明显的影像色调特征,很容易将它们划分开。中奥陶统至下志留统各岩石地层单元的影像特征如表 1 所述。由于萨尔干组(O<sub>2s</sub>)厚度小,而且分布局限,在影像上无法识别,因此未将 O<sub>2s</sub> 单独划分开。

表 1 柯坪隆起中奥陶统至下志留统各岩石地层单元的影像特征

Table 1 Imagery features of lithostratigraphic units through Middle Ordovician to Lower Silurian sequences in Kalpin Uplift

地质时代	地层代号	影像岩石地层单元	影像色调特征(TM3/1(Y) 2/3(M) 7/5(C))
中奥陶世	O <sub>2k</sub>	O <sub>2</sub> <sub>1</sub>	品红、桃红色
	O <sub>2q</sub>	O <sub>2</sub> <sub>2</sub>	草绿色
	O <sub>2y</sub>	O <sub>2</sub> <sub>3</sub>	青灰色
早志留世	S <sub>1k</sub>	S <sub>1</sub> <sub>1</sub>	桃红色
		S <sub>1</sub> <sub>2</sub>	黄绿、铬黄色

#### 4 岩石地层层序对比与空间分布特征

根据各岩石地层单元的影像色调特征,在研究区各山系选取有代表性剖面 21 条(剖面位置见图 1)。

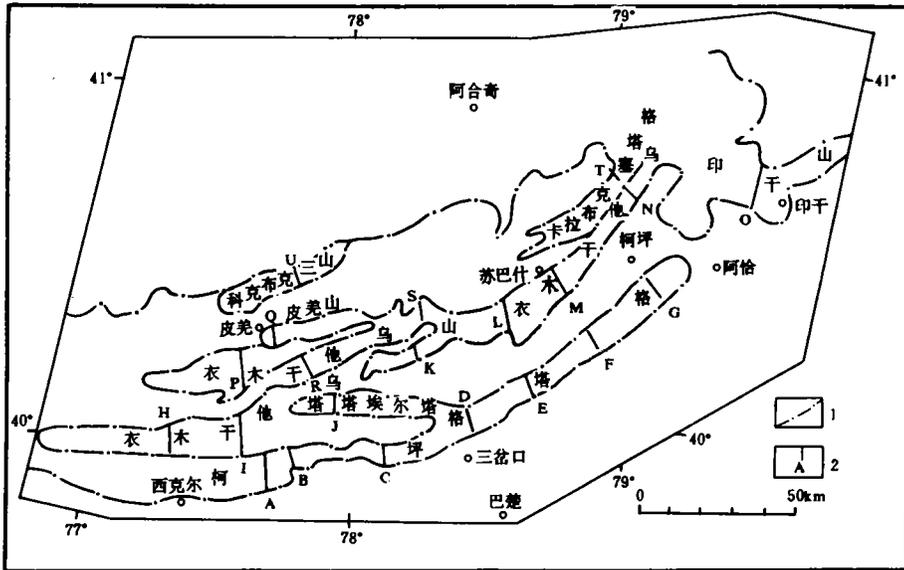


图 1 柯坪隆起各主要山系的分布及地层层序对比剖面位置

1. 山脉分布范围 2. 剖面位置及编号

Fig. 1 Distribution of main mountains and location of section for lithostratigraphic sequence correlation in Kalpin Uplift.

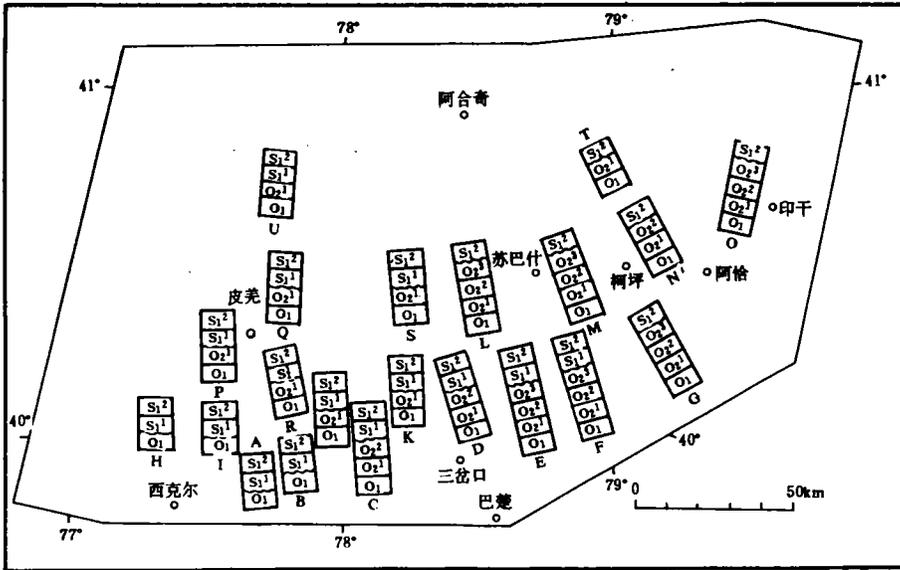


图 2 柯坪隆起下奥陶统一下志留统岩石地层层序对比

Fig 2 Correlation of lithostratigraphic sequences through Lower Ordovician to Lower Silurian in Kalpin Uplift.

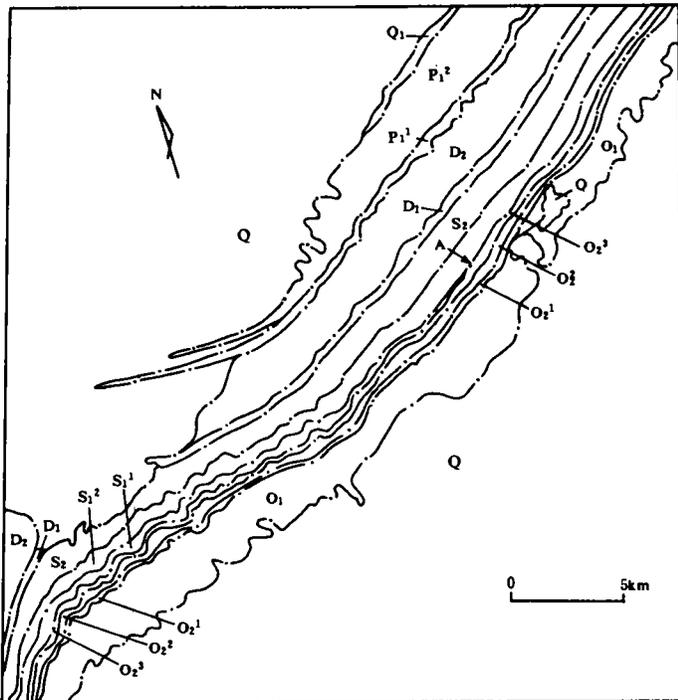


图 3 柯坪塔格山东段岩石地层解译图

Fig. 3 Lithostratigraphic interpretative map of the eastern part of the Kalpintage Mountain

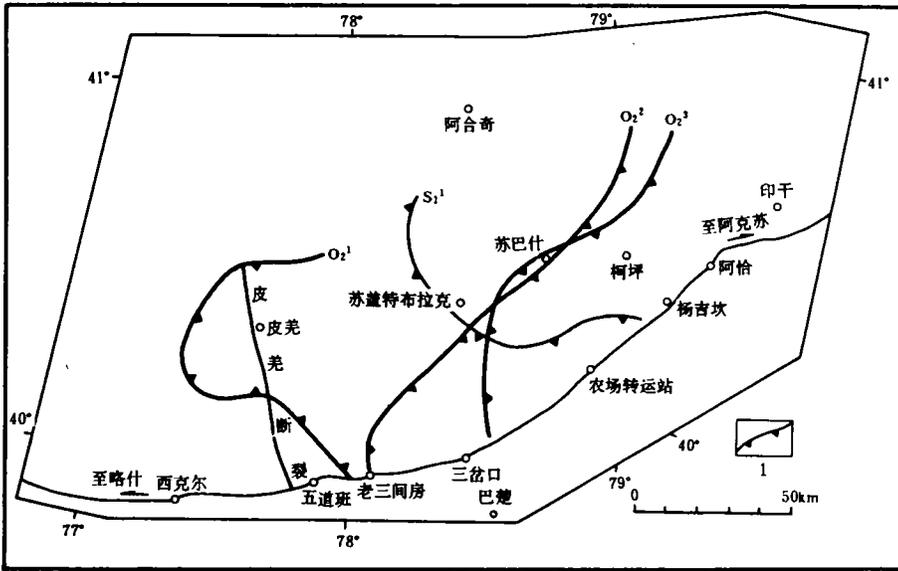


图 4 柯坪隆起中奥陶至下志留统的空间分布特征

1. 箭头方向指接受沉积方向, 光面方面指未接受沉积方向

Fig. 4 Distribution of Middle Ordovician to Lower Silurian sequences in Kalpin Uplift

进行岩石地层层序的划分和对比(图 2)。通过岩石地层层序的对比,可以清楚地追索  $O_2^1$ 、 $O_2^2$ 、 $O_2^3$ 、 $S_1^1$  及  $S_1^2$  在横向上的岩性变化,例如沿柯坪塔格山,  $S_1^1$  在杨吉坎西 A 点附近发生了明显的变化(图 3):A 点以西,  $S_1^1$  在 TM 比值影像上,显桃红色色调,岩性为紫红色砂岩、泥岩,在 A 点附近红层变薄、尖灭,向东影像上变为黄绿色色调,岩性变为深绿色砂岩、粉砂岩、泥岩。同时可以准确地确定不同岩石地层单元的空间分布特征(图 4):在皮羌断裂以西中奥陶统几乎完全缺失,  $O_2^1$  除了在皮羌西南有局部分布外,主要分布在皮羌断裂以东的广大地区;  $O_2^2$  主要分布在老三间房~苏巴什一线东南;  $O_2^3$  分布范围比  $O_2^2$  稍小,分布于三岔口东~苏巴什一线东南。  $O_2^3$  (印干组)是塔里木盆地的有利烃源岩之一,前人研究认为  $O_2^3$  只出露于印干山大狼沟一带,但通过 TM 比值合成影像的分析,发现  $O_2^3$  分布范围较广,除了印干山一带有出露外,在柯坪塔格山东段和衣木干他乌山中段也广泛出露(图 2、图 3、图 4)。野外考察也证实了遥感影像分析的正确性,例如,在柯坪塔格山东段的杨吉坎峡谷剖面(位置见图 4),印干组厚达 100 余米(图版 1)。  $S_1^1$  空间分布范围集中在杨吉坎西至苏盖特布拉克一线以西,  $S_1^2$  在整个研究区都广泛分布。前人研究中对下志留统红层( $S_1^1$ )的分布范围不甚清楚,只概括地叙述其分布于柯坪隆起西段。

## 5 沉积相演化特征

从 TM 比值影像分析获得的岩石地层层序的横向变化信息和空间分布特征,并结合少量野外考察获取的地质资料,将柯坪隆起中奥陶世、早志留世的沉积相演化特征作一分析。

### 5.1 中奥陶世

中奥陶世,柯坪隆起从西向东,气候由相对干旱变为潮湿,环境由氧化变为还原环境,而且从  $O_2$ 、 $O_2^2$ 、 $O_2^3$  空间分布特征来看,早奥陶世末期柯坪隆起存在着差异升降运动,形成西高东低的古地貌,导致中奥陶世时期研究区的沉积差异,尤其是皮羌断裂以西,中奥陶世时期几乎未接受沉积。而中奥世末期,整个研究区普遍抬升上隆,上奥陶世时期未接受沉积。研究世中奥陶世的沉积相变化有如下特征:

萨尔干期:从其岩性特征来看,为一套黑色页岩,并含大量黄铁矿结核,表明其形成于滞流的强还原环境;从其分布范围很局限来看,这时海盆范围较小。

坎岭期:从遥感影像上判识其岩性为紫红色泥灰岩,表明继萨尔干期之后,出现了短暂海退,水体变浅,为氧化环境,其分布范围较广。

其浪期:从遥感影像上判识其岩性为灰绿色泥灰岩,表明这一时期又恢复了海进沉积,沉积相为广海陆棚环境,其分布范围较广。

印干期:从遥感影像上判识其岩性为一套灰黑色泥灰岩、泥岩,表明其形成于弱还原环境,水体较深,沉积相为盆地亚相,其分布范围较广。

另外,从  $O_2$ 、 $O_2^2$ 、 $O_2^3$  沉积尖灭的界线逐渐向东南移动(图4)的特点表明,中奥陶世时期,塔里木盆地北缘中奥陶统沉积中心有逐渐向东南移动的趋势,因此,判断当时中奥陶统的沉积中心在与研究区相邻的塔北隆起和北部拗陷一带。

### 5.2 早志留世

从 TM 影像分析表明,早志留世早期,柯坪隆起杨吉坎至苏盖特布拉克一线以西出现了海相红层沉积,而这一线以东则相变为海相灰绿色层沉积,这表明晚奥陶世末期,研究区开始缓慢下降,但仍保持了中奥陶世时期的西高东低的古地貌特征:西部气候相对干燥为氧化环境,属滨岸相;东部气候相对潮湿,沉积相变为滨外陆棚相。从 TM 影像特征分析还显示,早志留世中晚期整个研究区均沉积了海相绿色层,表明研究区西部和东部沉积环境趋于一致,为正常浅海碎屑沉积环境。

## 6 结论

(1) 柯坪隆起从早奥陶世末开始形成的西高东低的古地貌特征,一直持续到早志留世早期,造成西部气候相对干燥,以氧化环境为主;而东部气候相对潮湿,以还原环境为主。

(2) 研究区西部皮羌断裂以西,中奥陶世时期几乎未接受沉积,皮羌断裂以东开始接受坎岭组沉积,研究区东段中奥陶世的沉积较全,沉积中心有逐渐向东南方向移动的特点。

(3) 早志留世早期,研究区西部为氧化环境下的海相红层,向东逐渐相变为海相绿色层沉积,沉积环境变为弱还原环境。

(4) 很有生油潜力的印干组( $O_2^3$ )不仅出露于印干山一带,在研究区其它地区也广泛分布,并且推断  $O_2^3$  在与研究区相邻的塔北隆起、北部一带也广泛分布,而且厚度更大。这一发现和认识对于塔里木盆地地下古生界油气的评价和勘探都具有积极意义。

总之,在岩石地层出露较好的西北干旱地区,通过 TM 比值技术可以有效地进行岩石地层层序的划分与对比,准确地确定各岩石地层单元的空间分布特征,追索岩性的横向变化,推断沉积相的演化规律,是一种很有潜力的油气勘探新技术方法。

本研究得到魏俊超、江德昕研究员的指导,参加野外工作的还有丑晓伟、师铮等同志,日本国(株)地球科学综合研究所(JGI)提供了 Landsat TM 资料,在此一并表示衷心的感谢。

收稿日期:1994年12月5

### 参 考 文 献

- [1] 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组,1981,西北地区区域地层表新疆分册,北京:地质出版社,309~334。
- [2] 郝继鹏,1988,塔里木盆地柯坪地区下古生界碳酸盐岩储油特征及油源对比,新疆石油地质,9(4):14~21。
- [3] 马宝林等,1990,塔里木沉积岩形成演化与油气,北京:科学出版社,10~11。
- [4] 周志毅等,1990,塔里木生物地层与地质演化,北京:科学出版社,56~157。
- [5] 朱莲芳等,1991,塔里木阿克苏-柯坪地区寒武-奥陶系沉积环境,沉积学报,9(2):55~62。
- [6] 胡明毅,1994,塔北柯坪奥陶系碳酸盐地球化学特征及环境意义,石油与天然气地质,15(2):158~163。
- [7] 傅碧宏,丑晓伟,1994,塔里木盆地柯坪隆起典型沉积岩类的热红外光谱特征研究,沉积学报,12(4):96~101。
- [8] McKnight, C. L., Caroll, A. R., Chu, J., Hendrix, M. S., Craham, S. A. and Lyon, R. J. P., 1989, Stratigraphy and Structures of Kalpin Uplift, Tarim Basin, Northwest China. Proceedings of the 7th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, Vol. 2, P. 1085~1096.

## The Analysis on Distribution Features and Sedimentary Facies Variation through Middle Ordovician to Lower Silurian Sequences in the Northwestern Margin of Tarim Basin from Remote Sensing Data

*Fu Bihong*

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

### Abstract

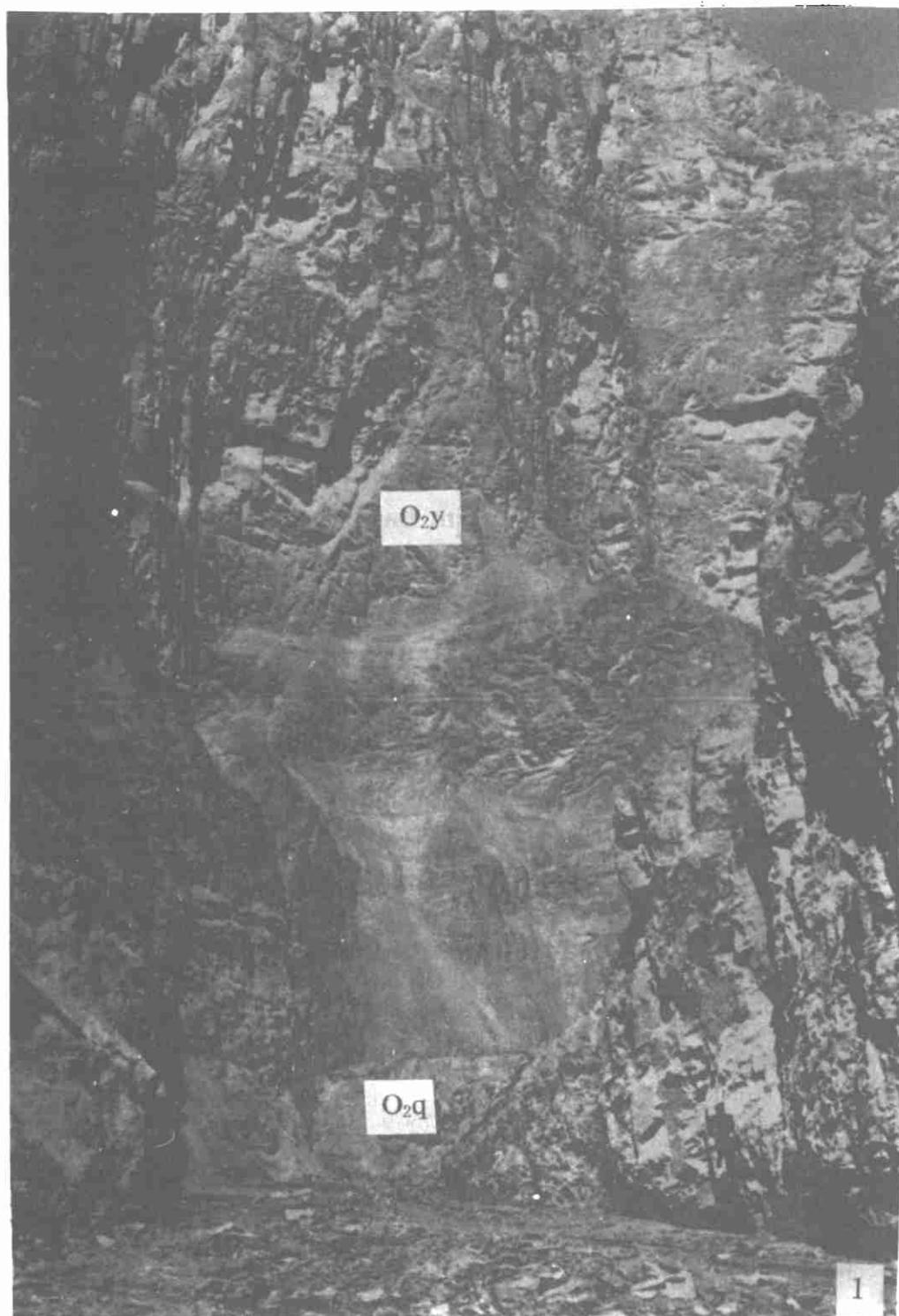
The Paleozoic sequences are well developed in Kalpin Uplift. The lithostratigraphic sequences from Middle Ordovician to Lower Silurian have been effectively distinguished and correlated by using Landsat TM ratio composite imagery (3/1(Y) 2/3(M) 7/5(C)). Lateral faices variation and spatial distribution of lithostratigraphic sequences can be also traced and delimited.

The analysis of TM ratio composite imagery shows that the depocenter of Middle Ordovician series gradually migrated toward the southeast, and the lower part of Lower Silurian is red bed of marine facies in the western part, it becomes to green bed of marine facies in the eastern part. The results indicate that the differential elevation and subsidence movement occurred during the end of Early Ordovician to Early Silurian from the west to the east, and the relevant paleotopography is from high to low in the studied area.

Yingan Formation has been first found that it not only distributes in the Yingan Mountain, but also distribute in the middle part of the Yimugantawu Mountain and the eastern part of the Kalpintage Mountain by the analysis of TM ratio composite imagery. We can infer that Shaergan and Yingan Formations, which are favourable source rocks in Tarim Basin, distribute widely in the North Tarim Depression and North Tarim Uplift.

The results of this study provide new data and evidence for the research of the Lower Paleozoic source rocks and petroleum exploration of Tarim Basin, and show that the remote sensing technology is a useful way for petroleum exploration in Northwestern China.

**Key Words:** Northwestern margin of Tarim Basin Middle Ordovician series Lower Silurian series Image lithostratigraphic unit TM ratio technique Evolution of sedimentary facies



图版 1 柯坪塔格山东段杨吉坎峡谷剖面印干组(O<sub>2</sub>y)黑色钙质泥岩

# 鄂尔多斯盆地油气地质的古地磁研究

黄华芳 杨占龙 彭作林

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

**提 要** 古地磁研究结果表明,鄂尔多斯盆地寒武纪一早中奥陶世位于北纬 $14^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的古纬度区内,气候温暖潮湿,其南部和北部边缘的滨浅海相地层中可能富含生物有机质,是寻找该时期油气资源的有利地区;晚奥陶世一早石炭世,它可能经历了大规模的南北向水平构造迁移;晚石炭世—二叠纪,盆地处于北纬 $20^{\circ}$ 左右地区,广泛发育的湖沼相沉积地层是煤成油、气的主要源岩层;三叠纪—侏罗纪,它位于北纬 $24^{\circ}\sim 31^{\circ}$ ,干湿交替的气候环境和差异构造旋转作用,为盆地边缘的油气形成和聚集创造了良好条件,因此有希望找到更多的中生代油气资源。

**关键词** 鄂尔多斯盆地 古地磁 油气资源

**第一作者简介** 黄华芳 男 35岁 副研究员 构造地质学与古地磁学

蕴含着丰富油气资源的鄂尔多斯盆地位于华北板块中部,地层出露较为完整,构造简单,是用古地磁方法研究油气地质问题的理想地区。

有关鄂尔多斯盆地及其周围的古地磁研究,已先后有多位学者进行过工作(如马醒华等,1984<sup>①</sup>;程国良等,1988<sup>①</sup>;方大钧等,1988<sup>②</sup>;彭作林等,1989<sup>②</sup>),取得了有益的古地磁资料和研究成果。为进一步研究鄂尔多斯盆地油气资源前景,我们在系统分析不同地质时期古地磁特征的基础上,结合前人资料,对盆地油气地质问题进行了讨论。

## 1 古地磁样品采集、测试和数据分析

古地磁采样工作是在1993年4月完成,样品分布情况是:贺兰山地区巴音浩特北小松山早奥陶世灰岩样品12个;吕梁地区柳林早奥陶世灰岩样品7个,晚石炭世灰岩样品19个;中阳~刘家坪中寒武世灰岩、砂岩样品14个,早奥陶世灰岩、砂岩样品17个,晚石炭世灰岩样品7个,早—中三叠世砂岩样品21个;鄂尔多斯盆地西缘三关口早奥陶世灰岩样品24个。总计野外采集样品127个。

古地磁样品测试工作在成都地矿所古地磁实验室完成,测试仪器为美制DSM—2型磁力仪,测试精度为 $10^{-4}\text{Am}^{-1}$ ,使用美制TSD—2型热退磁仪和GSD—5型交变退磁仪退磁。

对样品采用逐步退磁法退磁测试,以热退磁为主,交变退磁为辅,视样品的岩性特征和

① 马醒华,张正坤,1984,四川峨嵋、山西太原地区二叠纪的古地磁特征及其地质意义,地球科学国际交流论文(6)。

② 彭作林,黄华芳等,1989,鄂尔多斯盆地大地构造演化的古地磁学证据,与长庆石油局合作成果。