

# 从岩相古地理 论塔里木盆地西南地区石炭系油气潜景

牟中海<sup>1)</sup> 肖又军<sup>2)</sup> 王国林<sup>2)</sup> 唐勇<sup>3)</sup> 崔炳富<sup>2)</sup>

(1)西南石油学院,四川南充; 2)塔里木油田分公司勘探开发研究院,新疆库尔勒;  
3)新疆油田分公司勘探开发研究院,乌鲁木齐)

**摘要** 石炭系是塔里木盆地西南地区重要的海相烃源岩和储集岩地层,油气潜力很大,但目前仅发现了1个气田、1个油田和2个油藏,勘探程度很低。本文在岩相古地理和地震地层学岩性岩相研究的基础上,对本区石炭系的烃源岩和储集岩的类型、分布及其与沉积环境的关系进行了研究,对盖层性质和分布,尤其对石炭系经过多次大的构造变动后所形成的油气潜景区进行了较深入的探讨,并指出4个有利的油气勘探地区,即巴楚隆起西端、玛扎塔克断裂带—海米-罗斯断裂带、麦盖提斜坡的北缘、南缘推覆体上盘。同时指出了各有利地区的勘探对策。

**关键词** 石炭系 岩相古地理 烃源岩 储集岩 盖层

## 1 概述

塔里木盆地西南地区(简称塔西南)位于塔里木盆地西南部,其北西部为南天山褶皱带;北东部以图木休克断裂为界;南部被昆仑山褶皱带所围;东接塘古孜巴斯凹陷和塔南隆起,并以和田河为界;向西受天山和昆仑山的夹持而成峡谷状与中亚的卡拉库姆-塔吉克盆地、费尔干盆地相连,面积约  $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

塔西南地区自前震旦纪结晶基底形成以来,经历了(贾承造等,1990;何登发等,1994)<sup>①</sup>前震旦纪—奥陶纪、晚泥盆—早二叠世、侏罗纪—始新世3次大的拉张和志留纪—中泥盆世、晚二叠世—三叠纪、渐新世—第四纪3次大的挤压构造旋回,每一个构造旋回都具有其特有的沉积、构造演化模式。因而,多期、多种类型盆地叠合与并存是塔西南地区地质演化的特点。在石炭纪时,西昆仑康西瓦缝合带一线发生断陷形成裂谷,并进一步发展为洋盆,致使西昆仑、中昆仑处于大陆斜坡和陆棚边缘环境,沉积了一套深水相地层,塔西南地区则处于被动陆缘构造环境,以陆棚-台地相的碳酸盐岩和碎屑岩沉积为主。

石炭系是塔西南地区重要的海相烃源岩和储油

气层。目前,该区共完钻井约90余口,已发现了柯克亚、巴什托普、和田河3个油气田和山1井、巴参1井2个油气藏,共探明油气储量约  $1.3 \times 10^8 \text{ t}$ ,仅占油气预测资源量的3.6%。显然,本区的油气勘探程度是很低的。从统计资料看,四川盆地平均每  $47 \text{ km}^2$  有一口钻井,美国圣华金盆地平均每  $5.18 \text{ km}^2$  有一口钻井,美国密执安盆地平均每  $1.35 \text{ km}^2$  有一口钻井,而塔西南地区平均每  $2000 \text{ km}^2$  才有一口钻井,且分布不均。由此可见,塔西南地区有很大的油气潜力。

本文通过重点井优势沉积相分析、地震地层学(牟中海,1994)岩性岩相研究以及能独立反映沉积环境的某些特征因素,如厚度、结构组分、化石、岩性比率、岩石等单因素(冯增昭,1989,1992)分析,编制了研究层岩相古地理图件(另文详述)。在此基础上,对石炭系的油气生、储、盖条件,进行了专题研究,从而对油气勘探潜景及勘探方向提出了一些新的认识与建议。

## 2 岩相古地理特征

### 2.1 下石炭统

下石炭统在纵向上总体表现为正旋回特征,反映了海平面在继泥盆纪末下降之后的再一次持续上

注:本文为“九五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地西南地区勘探目标选择与评价”(99-111-03-04)成果

改回日期:2000-11-23;责任编辑:官月萱

第一作者:牟中海,男,1960年生,副教授,邮编:637001;电话:0817-2643154

①赵剑峰. 1995. 塔里木板块的基底和盖层结构特征. 新疆第三届天山地质矿产学术讨论文集, 69~82

升。海侵初期,由于地形高差相对较大,粗粒沉积较多,以粉、细砂岩为主并见底砾岩。随着海侵的进一步发展,地形变缓,陆源碎屑供应减少,这时则形成了泥页岩以至于碳酸盐岩地层。

在早石炭世早期,塔西南地区东高西低,海水从西向东侵袭。其北缘存在柯坪古陆,东南缘存在铁克里克古陆,造成了这个时期在古陆周围砂岩占百分比比较高,而西南缘碳酸盐岩含量相对较高的局面。随着海平面的持续上升,古陆范围缩小,到了早石炭世末古陆沉入水下,从而接受了晚石炭世的沉积。下石炭统顶部的灰岩在横向上分布稳定,但底部从东向西大致依次发育有碎屑岩潮坪相和陆棚环境的台地相碳酸盐岩沉积,构成了这个时期碎屑岩与碳酸盐岩共存的混积陆棚沉积特点。

## 2.2 上石炭统

上石炭统的优势沉积相在纵向上经历了从开阔台地—局限台地—开阔台地这一过程。顶、底界的开阔台地相沉积主要为生物碎屑灰岩。中部的局限台地在不同地区岩相有所差异:南缘的和什拉甫和杜瓦地区主要为开阔台地夹台地边缘相沉积;中部玛参1井井区及其以东主要为滨海-湖沼相;北缘主要为蒸发岩。这种相的纵向变化,说明了在继早石炭世海平面上升之后,到晚石炭世早期海平面继续上升,海水变深、变清,形成大面积分布的灰岩。随后,海平面逐步下降,水体变浅,气候干旱炎热,从而形成了巴楚地区卡拉沙依组石膏层、含膏地层以及玛扎塔克地区的滨海、湖及沼泽。而到了晚石炭世末,海平面再次上升,形成了该层顶部的一套灰岩(含泥、含鲕粒、含生屑等)。因此,晚石炭世早期为海退式碳酸盐岩台地相沉积模式,晚期为海进式碳酸盐岩台地相沉积模式。

由于该时期海侵范围扩大,铁克里克古陆在从震旦纪末隆起剥蚀以来,再次接受沉积。柯坪地区继早石炭世为物源区以来,则全被海水淹没。巴楚地区发育蒸发台地相,向SW方向依次为局限台地和开阔台地相。碳酸盐岩含量自NE向SW方向从40%增大到80%。地层厚度总体表现为东薄西厚。这些特征均反映了晚石炭世时北东高、南西低的古地理格局。

## 3 烃源岩

石炭系烃源岩类型多样,但主要为暗色泥页岩、

炭质泥岩、碳酸盐岩、煤等。

### 3.1 下石炭统

下石炭统烃源岩分布如图1所示。主要有3种组合:

(1)台地边缘-陆棚相碳酸盐岩及泥岩烃源岩:主要分布于阿图什—泽普一线西南,岩性主要为碳酸盐岩和泥岩,颜色以深灰、黑色为主,厚度约100~700 m。其中和什拉甫组和卡拉巴西塔克组具有中等烃源岩标准。

(2)台地相碳酸盐岩与潮坪相泥岩烃源岩:主要分布于阿图什—泽普一线东北,不包括巴楚隆起南缘,厚度小于100 m。该组合下部为巴楚组潮坪相的下泥岩段,岩性为泥岩、含膏泥岩,颜色以浅灰绿色为主,厚度小于60 m。但地化指标显示为较差烃源岩。上部为巴楚组台地相生屑灰岩段,厚30~60 m,主要为泥质纹层、泥晶灰岩、生屑灰岩,残余有机碳可达1%以上,有机质类型以II<sub>2</sub>和III混合型为主,为下石炭统的主力烃源岩。

(3)台地相碳酸盐岩烃源岩:主要分布于巴楚隆起南缘,厚度小于60 m。其它特征同上述(2)中的巴楚组台地相烃源岩。

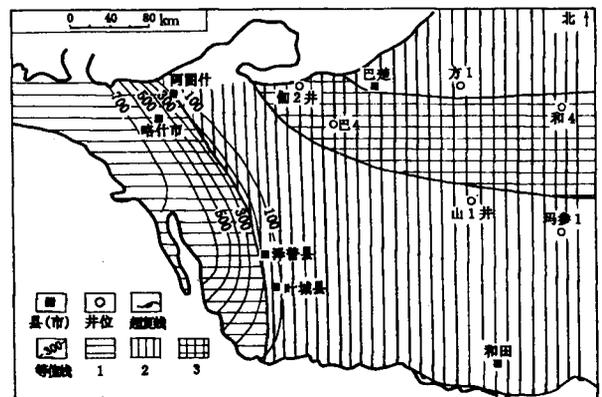


图1 下石炭统烃源岩类型及等厚图

Fig. 1 Isopach map of source rock type Lower Carboniferous

1-台地边缘-陆棚相碳酸盐岩及泥岩烃源岩发育区;

2-台地相碳酸盐岩与潮坪相泥岩烃源岩发育区;

3-台地相碳酸盐岩烃源岩发育区

### 3.2 上石炭统

上石炭统烃源岩主要有3种组合,分布如图2所示。

(1) 开阔台地相碳酸盐岩及泥岩烃源岩: 主要分布于喀什、叶城、和田凹陷及麦盖提斜坡的西段, 大部分地区厚度为 300~800 m。但无论灰岩还是泥岩, 生油指标均不好, 可能是由于资料点位于推覆体上盘, 代表性差的缘故。然而, 据麦盖提斜坡资料及地震地层学所作的岩性岩相分析, 应为一重要烃源区。

(2) 蒸发-局限台地相碳酸盐岩烃源岩: 主要分布于巴楚地区, 厚度小于 200 m, 生油指标较差。

(3) 开阔-局限台地相碳酸盐岩与滨海-湖沼相泥岩、炭质泥岩、煤等烃源岩: 分布于麦盖提斜坡东段及巴楚隆起区, 厚度 200~400 m, 主要发育于卡拉沙依组砂泥岩段和含灰岩段。据地球化学资料分析, 干酪根类型以 II 型为主, 其次是 I 型。而在从巴东 2 井到玛参 1 井一带, 有机质类型以 III 型为主。属于好的烃源岩。

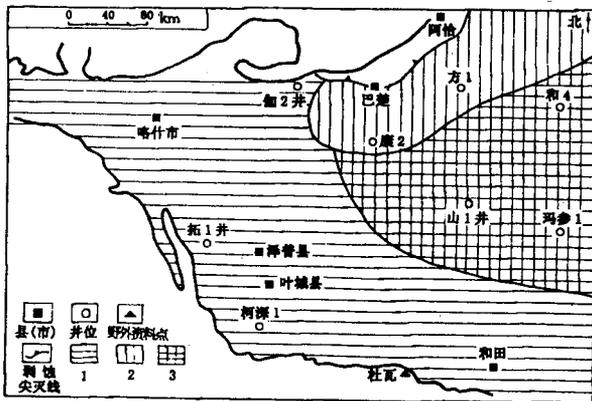


图 2 上石炭统烃源岩类型及等厚图

Fig. 2 Isopach map of source rock type Upper Carboniferous

- 1-开阔台地相碳酸盐岩及泥岩烃源岩发育区;
- 2-蒸发-局限台地相碳酸盐岩烃源岩发育区;
- 3-开阔-局限台地相碳酸盐岩与滨海-湖沼相泥岩、炭质泥岩、煤烃源岩发育区

综上所述, 石炭系烃源岩分布广、层位多, 但沉积相对烃源岩的发育程度起绝对的控制作用。下石炭统的优质烃源岩受控于台地相, 主要分布于巴楚隆起和麦盖提斜坡地区。上石炭统的优质烃源岩除受控于台地相外, 还受控于滨海-湖沼相, 且主要分布于巴楚隆起和麦盖提斜坡东段地区。然而, 由于地球化学资料均来自北缘和南缘, 埋藏浅, 且南缘资料来自推覆体上盘而为异地沉积, 因而影响对整个

石炭系烃源岩的评价。考虑到从巴楚组顶部的生屑灰岩到小海子组的开阔台地相沉积(东北部夹有滨海-湖沼相), 水体向 WS 方向加深, 暗色碳酸盐岩所占比重明显增加, 而目前喀什、叶城、和田凹陷地层埋深远大于巴楚隆起和麦盖提斜坡, 据计算其现今有机质成熟度  $R^0$  为 2.0%~2.6% (生干气阶段), 远大于隆起区处于低成熟和成熟演化阶段的 0.65%~0.77%, 因而 3 个凹陷区也不失为好的烃源岩分布区, 其暗色的碳酸盐岩和泥岩对资源量的贡献不可低估。

## 4 储集岩

本区已发现的石炭系油气藏存在于碳酸盐岩和碎屑岩中。如, 小海子组灰岩油气藏(麦 3 井)、巴楚组生屑灰岩油藏(群苦恰克带)和气藏(玛扎塔克带)、东河砂岩油藏(群苦恰克带)等。

### 4.1 下石炭统

下石炭统的储集岩主要为巴楚组的生屑灰岩段和砂砾岩段以及相当层位的克里塔克组的碳酸盐岩与和什拉甫组的碎屑岩、碳酸盐岩。

巴楚组生屑灰岩段主要为较高能环境的泥-粉晶灰岩与生屑、粒屑灰岩; 顶部有一层向西增厚的蒸发台地相的白云质灰岩和灰质白云岩。该段厚约 40 m。其有效储集空间主要为粒间孔、晶间孔、溶孔和构造缝, 储集类型为裂缝-孔隙型。物性分析平均孔隙度为 3.5% 左右, 最大为 19%; 平均渗透率为  $2.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 最大为  $128 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。该段的储集性能明显受控于原始沉积环境和后期成岩改造, 以巴楚为界, 东西有别。巴楚以东, 后期成岩改造不明显, 高能生屑滩的出现即意味着优质储层的存在; 而巴楚以西, 高能生屑滩的原始孔隙经多期方解石和石膏胶结或交代所剩无几, 但蒸发台地相沉积物经蒸发泵和回流渗透白云岩化后储集性能大大增强(群 5 井等), 成为储层发育的有利相区。

巴楚组砂砾岩段属于滨、浅海亚相, 厚度小于 40 m, 向 SW 方向尖灭。砂砾岩为不同粒级的砾岩和中、细砂岩, 分选差, 但磨圆度好。其有效储集空间主要为粒间孔、粒间溶孔、基质微孔, 次为构造缝和溶洞。储层表现为细孔细喉、特细孔细喉特征, 储集类型为裂缝-孔隙型。物性具低孔低渗特征, 非均质性强, 裂缝发育。平均孔隙度约为 3.5% 左右, 最

大为 14%；平均渗透率为  $3.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，最大为  $179 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。尽管储层孔隙度较低，但裂缝作为主要渗滤通道，仍可作为气藏储集层。

与巴楚组时代相对应的南缘和什拉甫组和克里塔克组，为台地-陆棚相沉积。碳酸盐岩储集岩为颗粒灰岩和细粉晶白云岩，厚约 270 m，物性有好有坏，非均质性强。碎屑岩储层厚约 15 m，石英颗粒次生加大明显，物性差。

综上所述，沉积环境、构造裂缝、白云岩化作用是控制下石炭统储层储集性能的主要因素。据以上特征，将下石炭统储集岩划分为 2 种组合(图 3)：

(1) 台地-陆棚相碳酸盐岩与浅海相砂岩储集岩，主要分布于喀什、叶城凹陷、麦盖提斜坡及巴楚隆起西端。

(2) 台地相生屑灰岩与滨浅海相砂砾岩储集岩，主要分布于巴楚隆起和田凹陷南侧。

这两种组合中，以第二种组合储层储集性能为最好。

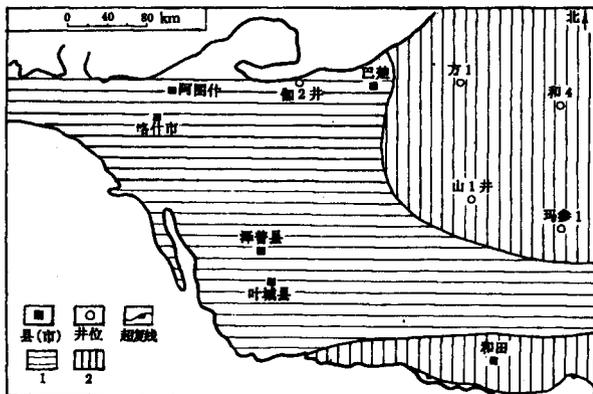


图 3 下石炭统储集岩分布图

Fig. 3 Reservoir rocks distribution Lower Carboniferous

- 1-台地-陆棚相碳酸盐岩与浅海相砂岩储集岩发育区；
- 2-台地相生屑灰岩与滨浅海相砂砾岩储集岩发育区

#### 4.2 上石炭统

上石炭统的储集岩主要为卡拉沙依组砂泥岩段的砂岩，以及全区分布的上石炭统碳酸盐岩。北缘地势较高，长期为蒸发台地与局限台地环境，因大气淡水的淋滤与改造而形成各种溶孔、溶洞，再加上准同生白云岩化作用，使白云岩占 90% 以上，储集岩发育。

巴楚南缘和麦盖提斜坡北侧卡拉沙依组的砂泥岩段的砂岩储层，属滨浅海相沉积，发育 8 个砂层组。砂岩总厚度为 99~141 m，平均单层厚度 13 m 左右，单层最大厚度约为 30 m。目前，4、5、8 砂层组为产气层。该砂层组物性很好，平均孔隙度约为 14%，平均渗透率为  $260 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。有效储集空间以粒间孔为主，还有少量杂基微孔和粒内微孔，为较好的储层。

位于喀什、叶城、和田凹陷及麦盖提斜坡南侧的开阔台地相碳酸盐岩，其特征为：①多次构造运动造成地层的抬升与沉降，使构造裂缝发育；②各种成岩作用对储层进行了改造；③上石炭统沉积期间，海退-海进式岩相转换，从而大大改善了碳酸盐岩储层的储集性能。

南缘卡拉乌依组、阿孜干、塔哈奇组下段储集岩为碳酸盐岩和碎屑岩。碳酸盐岩储层以结晶灰岩、颗粒灰岩、生物碎屑灰岩、白云岩为主，属中等储层；碎屑岩储层以细、中粒砂岩为主，物性差。

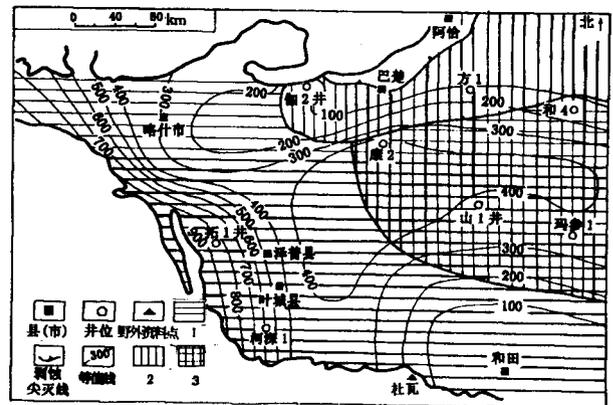


图 4 上石炭统储集岩分布图

Fig. 4 Reservoir rocks distribution Upper Carboniferous

- 1-开阔台地相碳酸盐岩储集岩发育区；
- 2-蒸发-局限台地相白云岩储集岩发育区；
- 3-开阔-局限台地相碳酸盐岩与滨浅海相砂岩储集岩发育区

从以上资料可知，上石炭统储层发育的控制因素与下石炭统是类似的，主要为沉积环境、构造裂缝、白云岩化作用。根据以上资料，结合沉积地质学、地震地层学的岩性、岩相研究成果(林少华等，1999；袁旭音等，1999)，将上石炭统储层组合分为 3 个区(图 4)：

(1)开阔台地相碳酸盐岩储集岩,主要分布于喀什、叶城、和田凹陷及麦盖提斜坡南侧,储集空间以构造裂缝及成岩晶间孔或溶孔为主。

(2)蒸发-局限台地相白云岩储集岩,主要分布于巴楚隆起西端,储集空间以白云岩晶间孔或溶孔为主。

(3)开阔-局限台地相碳酸盐岩与滨浅海相砂岩储集岩,主要分布于巴楚隆起南缘及麦盖提斜坡东北区,砂岩及灰岩是其主要储层。

在这三个区中,就储层储集性能而言,以第三区为最好;第二区次之;第一区较差。

## 5 盖层特征

石炭系盖层类型多样,膏盐类、泥页岩类、碳酸盐岩类均有。巴楚组的下泥岩段分布稳定,且向西变为陆棚相泥岩及泥灰岩,可作为区域性盖层。卡拉沙依组的膏质泥岩、膏质白云岩、石膏层、泥页岩(向东南到玛参1井相变为炭质页岩、泥岩,再向西南相当于卡拉乌依组的泥页岩)分布广,厚度可观,在地震剖面上可全区追踪,因而可作为区域性盖层。并且,石炭系生、储、盖层均发育,可形成良好的生、储、盖组合。

下二叠统的湖泊相、陆棚相泥岩分布范围小,只能作为局部盖层。上二叠统的泥岩,单层厚度大,层数多,主要分布于塔西南各凹陷区和斜坡区,可作区域性盖层。

第三系的盖层主要是阿尔塔什组的石膏层,这套地层在全区分布,在地震剖面上为一套连续、平行、强反射、可全区追踪、可作为区域性的盖层。

石炭系沉积之后,塔里木盆地西南地区经历了多次大的构造运动,特别是南北界山地区石炭系经多次构造运动已被改造得支离破碎,而且喜马拉雅山期的强烈抬升,使石炭系所剩无几,但整个塔西南地区仍保存完整。

## 6 油气勘探的有利地区及突破口

综上所述,可将塔里木西南地区石炭系油气勘探有利的地区概括为4个:

(1)巴楚隆起西端自石炭纪以来为持续隆起区,且具有蒸发台地相的准同生白云岩、准同生后白云岩、开阔-局限台地相的灰岩和生屑灰岩及滨-浅海

相东河砂岩等良好储层,尽管此处许多构造上的钻井已发现油气,但没有取得重大突破。因而,此处勘探的重点应放在构造-岩性油气藏和成岩油气藏的研究与发现方面。

(2)玛扎塔克断裂带—海米-罗斯断裂带是一个位于巴楚隆起南缘自第三纪以来构造运动频繁、断裂十分发育的地区。这里碳酸盐岩台地相及滨浅海-湖沼相烃源岩十分发育,滨浅海砂砾岩和台地相灰岩储层物性优良,玛扎塔克大气田的发现证明了这一点。但该气田的发现并未达到发现一个点,突破一个带的目的,因而,重点进行精细的构造成图、成岩演化与裂缝研究,则有望获得大的收获。

(3)麦盖提斜坡的北缘是一个目前仍未开垦的处女地。由于该处碳酸盐岩和砂岩储层广布,灰岩、泥岩、烃源岩发育,而且来自喀什、叶城、和田凹陷的油气源源不断地向该地区运移,因而有很好的找油气潜景。其北缘邻区的玛扎塔克气田、群苦恰克油藏的存在更是有力的证明。但由于该区是一个单斜带,构造简单,埋藏相对较深,因而勘探难度较大。进行地震攻关、预测地层——岩性圈闭和成岩圈闭以及靠近北缘断裂带的低幅度断鼻,是唯一的选项。

(4)南缘推覆体上盘多为异地沉积,烃源岩和储层并不贫乏,但至今没有大的发现。主要原因是由于构造复杂,石炭系露头零星分布,大部分地区无法用地震资料进行预测。因而,地震构造攻关、野外精细成图,将成为该区油气勘探获得成功的关键。

## 参考文献

- 冯增昭. 1989. 碳酸盐岩岩相古地理, 北京: 石油工业出版社.
- 冯增昭. 1992. 单因素分析综合作图法——岩相古地理学方法论. 沉积学报, 10(3): 70~77.
- 何登发, 吕修祥, 董大忠, 林永汉等著. 1994. 前陆盆地分析. 北京: 石油工业出版社, 369~384.
- 贾承造等著. 1990. 塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征. 北京: 石油工业出版社.
- 林少华, 庞雄奇, 周海燕. 1999. 深盆油藏与深盆气藏成藏对比及主控因素分析. 地球学报, 20(增刊): 552~560.
- 牟中海编著. 1994. 地震地层学解释方法及应用. 成都: 电子科技大学出版社.
- 袁旭音, 周华平. 1999. 新疆北阿尔泰石炭纪的沉积相和沉积环境. 地球学报, 20(增刊): 144~147.

## Oil and Gas Potential of Carboniferous Strata in Southwestern Tarim Basin Viewed from Lithofacies – Paleogeography

Mu Zhonghai<sup>1)</sup> Xiao Youjun<sup>2)</sup> Wang Guolin<sup>2)</sup> Tang Yong<sup>3)</sup> Cui Bingfu<sup>2)</sup>

( 1) *Southwest Petroleum Institute, Nanchong, Sichuan;*

2) *Institute of Exploration and Development, Tarim Oil and Gas Branch Company, Kurla, Xinjiang;*

3) *Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oil and Gas Branch Company, Urumqi, Xinjiang)*

**Abstract** Carboniferous strata are important marine source rocks and reservoir rocks in the southwestern Tarim basin. Oil and gas potential there is very rich. Nevertheless, due to insufficient exploration work, only one gas field, one oil field and two oil pools have been found. On the basis of researches of lithofacies – paleogeography and seismic stratigraphy, the authors made detailed investigation into the types and distribution of Carboniferous source rocks and reservoir rocks in relation to their sedimentary environments, the nature and distribution of regional and local capping beds, and especially the potential oil and gas area formed as a result of many times of important tectonic movements. Four most favorable areas for oil and gas exploration were delineated, i. e., the western end of Bachu uplift, Mazatake-Haimiluosi faulted zone, the northern edge of Meigeqi slope, the overthrust plate of the southern edge.

**Key words** Carboniferous lithofacies-paleogeography hydrocarbon source rocks reservoir rock capping bed