

# 塔里木盆地西南地区 石炭系二次生油问题初步探讨

周兴熙 袁容

(石油部石油物探局)

塔里木盆地西南地区系指南天山西段、柯坪塔格与西昆仑、铁克里克山所挟持的三角形地区，面积约12万平方公里。包括喀什凹陷、叶城凹陷、西南斜坡及巴楚隆起西北部(图1)。

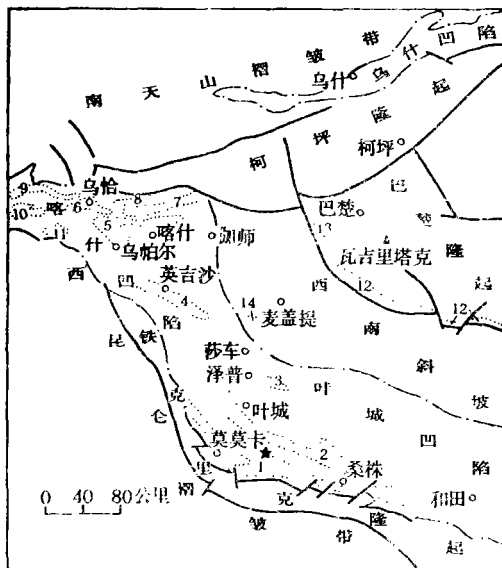


图1 塔里木盆地西南地区构造位置略图

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 1. 柯克亚构造带    | 8. 康希威尔构造带   |
| 2. 固满构造带     | 9. 康苏构造带     |
| 3. 泽普构造带     | 10. 库尔勒恰特构造带 |
| 4. 英吉沙构造带    | 11. 恩别尔特构造带  |
| 5. 明遥路—喀什构造带 | 12. 玛扎塔克构造带  |
| 6. 克拉托构造带    | 13. 亚桑背斜     |
| 7. 阿图什构造带    | 14. 艾里西湖背斜显示 |

这个地区在古生代沉积了4000—8000米以海相为主的地台型沉积建造(局部有地槽型沉积)，形成了几套可能生油的岩系。其中石炭系(局部包括下二迭统下部)生油条件较好，被视为本区的区域性生油岩。

华力西末期，本区发生了震旦纪以来的第一次区域性的构造运动，促使石炭系在初次埋藏过程中形成的油、气向构造高部位运移。

中生代中期以后到早更新世末，是石炭系再次埋藏阶段。侏罗系仅沉积在本区西部和西南边缘的狭窄范围之内。白垩纪和早第三纪沉积范围逐步由西南向东北扩展，海水漫入，形成一套厚度不太大的(最厚为2600米)以滨海、泻湖相为主的沉积。晚第三纪至早更新世，本区强烈沉降，沉降速率高达0.1—0.8毫米/年，堆积了一套巨厚(3000—7000米)类磨拉石建造。在此期间，石炭系随着埋藏的加深发生了二次生油。

喜山晚期构造运动活跃，在本区边缘地带形成了50多个背斜和许多逆断层，产

生了本区主要的储油构造和油、气运移通道。

在这种地质历史发展中，石炭系能否二次生油？能否成为油源？就必然成了评价本区含油远景的一个关键。

二

由上述可知，石炭系二次生油有两个必须具备的基本条件：一是在华力西末期抬升拱起之前，石炭系要有足够的有机质保存下来——即在初次埋藏中要处于“保存窗内”；二是在储油构造形成之时和之后，生油岩要具有向油、气演化的条件——即在二次埋藏过程中，石炭系要处于“油气窗”之中。

现代油、气生成学说认为：有机质向油、气转化的最主要方式是热演化，起重要作用的是生油岩的温度。许多学者认为，有利于油气形成的温度是在60°C—150°C之间。这个温度区间和与之相应的深度区间称为“油气窗”或“热成熟带”。油气窗上限，即大量形成油气的起始温度及与其相应的埋深，称为油、气形成的“门槛值”，它的下限是：能够转化为油、气的有机质可以保存下来的最高温度和最大埋深，称之为“死亡线”。

油气窗的这两个临界温度与生油岩受热的时间成互补性反比例关系。粗略的说，生油岩时代越老，临界温度越低；反之，越年青的生油岩，所需临界温度越高。其数量关系由康兰公式加以概括。在生油岩地质年龄已知的情况下，可用该公式求出油气形式的门槛温度：

$$T = \frac{3014}{\log t + 6.498}$$

T：绝对温度（K）

t：生油岩的年龄（10<sup>6</sup>年）

至于死亡线的温度，尚未见到求值方法。但鉴于大多数学者提出的数据，门槛值与死亡值之间，一般都相差90°C左右。所以本文将以门槛值加上90°C来求得死亡线的温度（图2）。在温度确定后，根据各地质时期地温梯度和地表温度，可以求出相应的深度值。公式如下：

$$H = (T_s - T_f) \div v$$

T<sub>s</sub>：地层温度

T<sub>f</sub>：地表温度

v：地温梯度

H：相应的地层埋深

根据以上分析，可以看出：在初次埋藏过程中，门槛深度以上的生油岩处于未成熟带，绝大部分有机质未

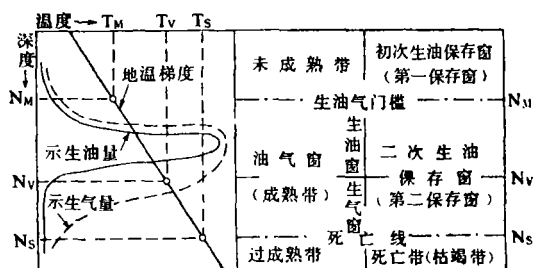


图2 二次生油保存窗与油气窗分布关系图

T<sub>m</sub> N<sub>m</sub>：门槛值 T<sub>v</sub> N<sub>v</sub>：油气分界值

T<sub>s</sub> N<sub>s</sub>：死亡值

经转化成油、气而被保存下来。所以在再次埋藏过程中，若进入油气窗，就会有油气生成，这就是第一次大量生油，可称为“初次生油保存窗”或“第一保存窗”。初次进入油气窗的有机质，则会热变、转化成油、气，这种转化作用随埋深、升温和时间延长而加强，相应的保存下来的有机质就会越来越少。而剩余的有机质经第二次埋藏，进入油气窗，就可以二次生油。所以初次埋藏中的油气窗本身，又可分为再次埋藏过程中的“二次生油保存窗”，也可称为“第二保存窗”。生油岩在二次保存窗中的位置越高，保存下来的有机质应越多（图2）。根据这些原则，分析本区的埋藏——热变史和构造史，可将其分成两大阶段讨论。

第一阶段是石炭纪到侏罗纪、白垩纪，有些地区到早第三纪，是生油岩形成——初次埋藏阶段。据康兰公式计算，本区石炭系在不同时代的数据列于表1。

石炭系在不同时代的油气窗数据表

表 1

地质时代	地质年龄(10 <sup>6</sup> 年)		温度值(°C)			当时地温参数		深度值(米)		
	顶部	底部	门槛值	油气分界值	死亡值	地面温度	地温梯度	门槛值	油气分界值	死亡值
二迭纪末	50		94.70	151.70	184.70	20°C	3°C/100M	2490	4489	5490
		120	78.39	138.39	168.31		3°C/100M	1946	3946	4946
侏罗纪末	143		75.30	135.30	165.30	20°C	3°C/100M	1843	3833	4843
		213	63.48	124.48	158.48		3°C/100M	1616	3616	4616
白垩纪	213		63.50	128.50	158.50	18°C	1.7°C/100M	2969	6449	8263
		283	63.80	123.80	153.80		1.7°C/100M	2692	6222	7986
早第三纪末	255		65.48	125.48	155.48	18°C	1.7°C/100M	2793	6328	8099
		325	61.52	121.52	151.52		1.7°C/100M	2560	6695	7844
中新世末	271		64.48	124.48	154.48	18°C	1.7°C/100M	2734	6269	8028
		341	60.75	120.75	150.75		1.7°C/100M	2515	6050	7809
现代	280		63.94	123.94	153.94	18°C	1.7°C/100M	2702	6237	7997
		350	60.33	120.33	150.33		1.7°C/100M	2590	6025	7783

根据表1可知，在此阶段中，石炭系的初次生油保存窗是埋深在1900米以上；二次生油保存窗在1900—5500米之间（图3）。根据区域性分布的二迭系推测，本区二迭系大部分原始厚度均在2000—2500米，这样，石炭系在二迭纪末，大部已处于二次生油保存窗上部，很少一部分在一次生油保存窗之中。

二迭纪末，华力西运动使本区的构造发生变动，引起了古生代生成的油、气发生运移。由于这时褶皱作用比较微弱，在本区尚未发现华力西期背斜圈闭。这样，油气主要向隆起的方向运移。在运移过程中，岩性遮挡也能使油气聚集。同时，由于中生代早、

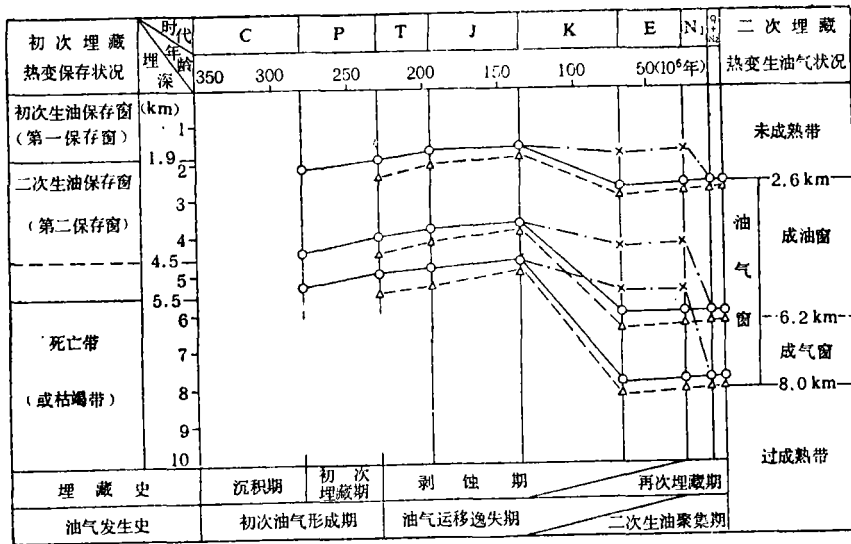


图3 石炭系的油气窗保存窗在地史中变化曲线图

○：以C底面为准则的计算值 △：以C顶面为准则的计算值 X：E剥蚀区的计算值

中期本区的剥蚀作用，会使初次埋藏形成的大部分油、气都遭到破坏或逸失。在柯坪塔克、合什拉甫等地所见到的沥青，可能就是这种作用的遗迹。

第二阶段是中生代中、晚期到新生代的再次埋藏——二次生油——油气聚集阶段。

从侏罗纪到白垩纪、早第三纪，沉积范围逐步扩大，到早第三纪末，除巴楚隆起外，均被这套地层覆盖，形成了1000—2000米厚的盖层，最厚处是在齐姆根一带，可达3000—4000米，西南斜坡只有500—1500米的深度（图4及图5）。此时石炭系的油气窗

是在2600—8000米埋深范围之内。由于石炭系本身厚度约1000米左右，所以石炭系顶面埋深大于1600米，其底部就进入了油气窗，而1600米至2600米埋深线之间，只有石炭系的一部分处于油气窗内。埋深大于2600米时石炭系才全部进入油气窗。

由图4可见，在早第三纪末，叶城凹陷和喀什凹陷的大部分地区，石炭系已埋深到油气窗中，处于油气形成区之内了。

图6和图7是把Y79—320地震测线上的麦盖提附近和固3井附近的两个点的埋藏——沉降曲线与生油保存窗和油气窗在地史中的变化曲线叠合在一起而

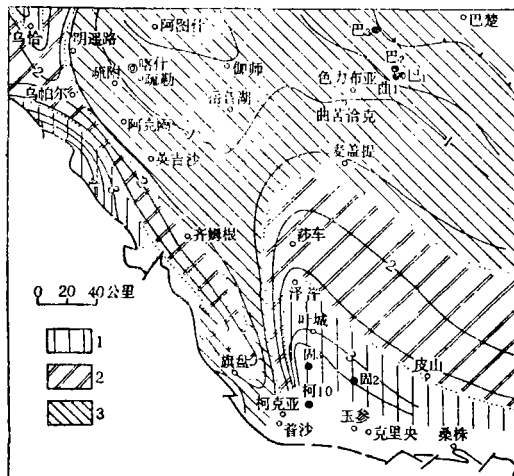


图4 早第三纪末石炭系顶面埋藏深度略图

(附油气窗分布状况) 1. 油气成熟区  
2. 部分地层油气成熟区 3. 油气未成熟区

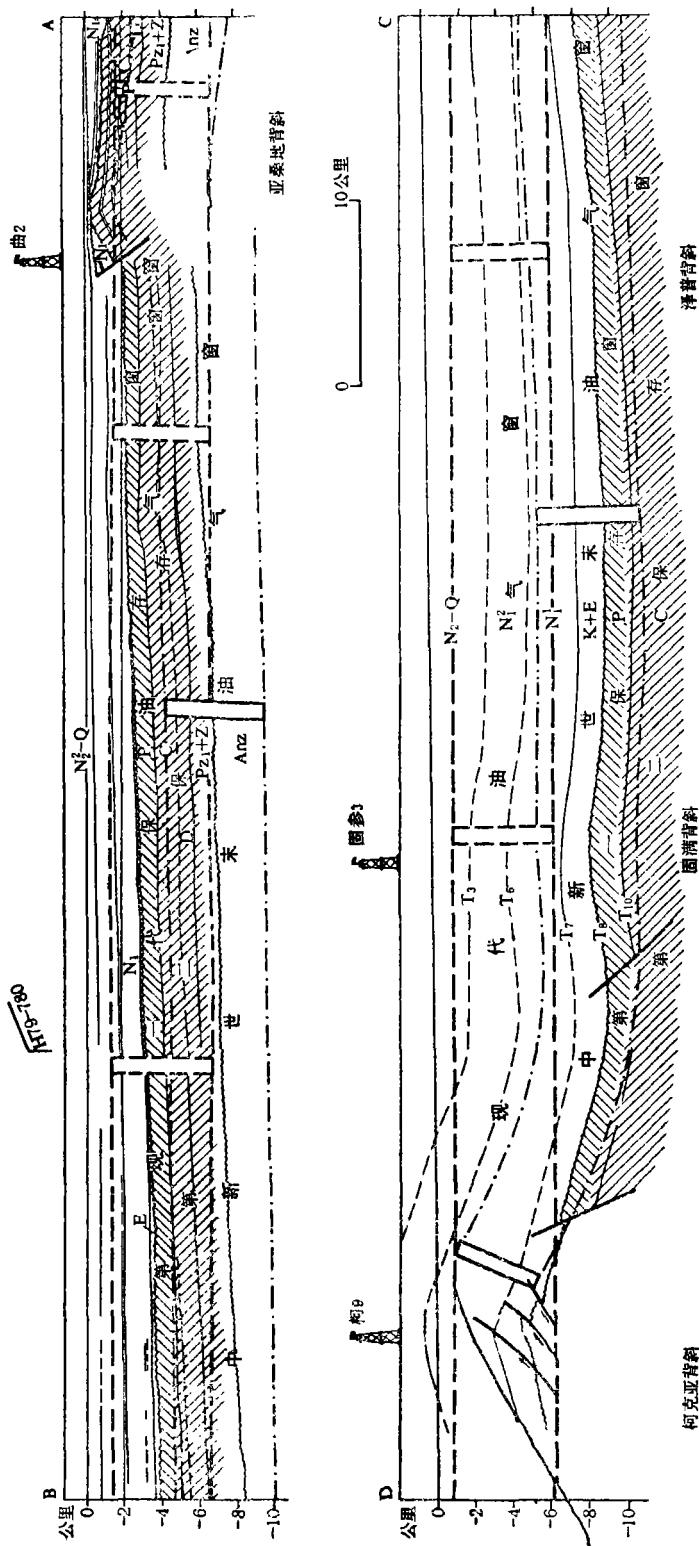


图5 Y79-320二次生油条件分析剖面图

组成的二次生油分析曲线图。从这两幅图上可以更清楚地看出这两个地点石炭系的埋藏——热变史与油气生成史之间的关系。例如在早第三纪末，它的埋深是2000—4000米，该系一部分或全部已进入了油气窗。中新世本区进入快速沉降阶段，石炭系埋深迅速增加。中新世末，（此时油气窗深度大致2600—8000米，图3），除巴楚隆起和西南斜坡东北缘仍处于未成熟区，以及当时凹陷中心——叶城以南，柯克亚以北的局部地带进入了过成熟带以外，本区大部分的石炭系均处于能够二次生油的地区（图5、6、7、8）。中新世末，喜山运动开始活跃，在本区边缘地带形成了一些背斜构造，如柯克亚背斜、玉力群背斜、亚桑背斜等。柯克亚背斜在中新世末位于古叶城凹陷南翼，当时凹陷中心轴在固3井附近通过。固3井附近及以东的凹陷中心已处于过成熟区。但其西以及柯克亚一带，还有相当大的范围，石炭系埋于油气窗下部。此时生成的轻质油和天然气，正好向背斜部位聚集，并且可以通过此时形成的断裂运移到西河甫组储油层之中（图5及图8）。亚桑背斜也是中新世形成的构造，它当时处于石炭系二次生油区内40—50公里处，地层倾角极为平缓（小于3°），此时形成的油、气很难大量运移、聚集其中（图5、8）。玉力群背斜尚无确切的石炭系埋深资料，但从地震、地质资料推断，背斜两翼还应有一定范围属于油气形成区。该背斜在中新世末已经形成，是一个值得进一步工作的地区。

上新世至早更新世，本区继续强烈沉降，使过成熟区范围不断扩大，

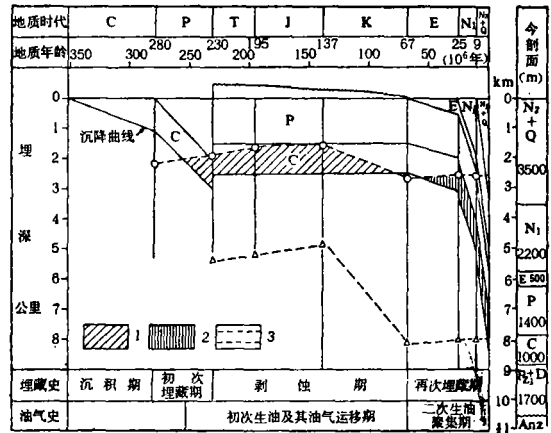


图6 麦盖堤附近石炭系埋藏——热变史分析曲线略图

1. 石炭系处于二次生油保存窗上部
2. 石炭系处于二次生油窗内
3. 生油窗变化范围

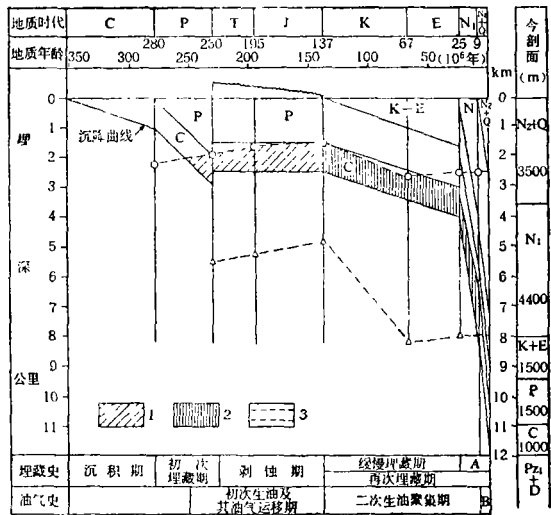


图7 固3井附近石炭系埋藏——热变史分析曲线略图

- A 快速埋藏期 B 过成熟期
1. 石炭系处于二次生油保存窗上部
  2. 石炭系处于二次生油窗内
  3. 生油窗变化范围

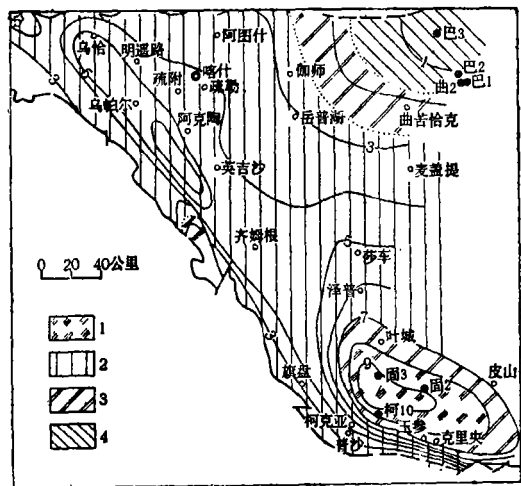


图8 中新世末石炭系顶面埋藏深度略图  
(附油气窗分布状况)

- 1. 油气过成熟带
- 2. 油气成熟带
- 3. 部分地层油气成熟带
- 4. 油气未成熟带

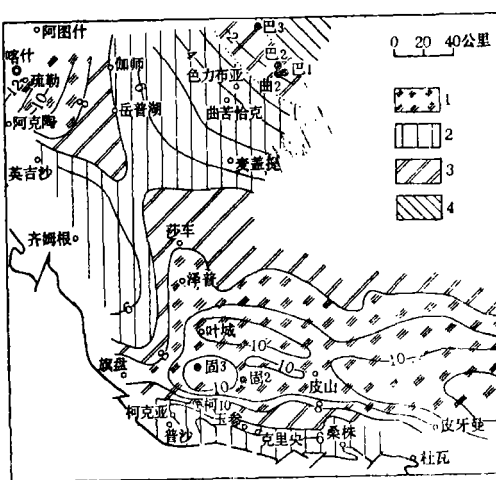


图9 现代石炭系埋藏深度略图

- 1. 油气过成熟带
- 2. 油气成熟区
- 3. 部分地气成熟区
- 4. 油气未成熟区

未成熟区明显缩小(图9)。由图9可见这个时期喀什凹陷、叶城凹陷的大多数构造已处于石炭系过成熟区之中。所以, 这些地区在早更新世末——即喜马拉雅运动主幕所形成的构造对于捕捉、聚集石炭系生成的油气已处于不利的地位, 此时油气形成区主要是在西南斜坡。

由上述分析可见, 在喀什凹陷和叶城凹陷主要寻找中新世末及以前形成的储油构造。同期生成的断层还可以把石炭系油源与中、新生界储油层连通起来, 形成次生油藏, 如柯克亚油田即为一例。另外, 柯克亚构造、玉力群构造也是寻找古生界原生油藏的可作工作的地区。西南斜坡石炭系至今仍处于油气窗中, 所以构造形成早晚, 对油气聚集影响不大, 关键是要找到圈闭, 巴楚隆起(指研究区内), 基本处于未成熟区内, 仅西南边缘部分石炭系处于油气窗之中。因而该区不是寻找石炭系二次生油油田的远景地区, 但若能找到华力西期形成的圈闭, 则是有利的构造。

### 三

在这个探索过程中, 有几个因素会影响到结论的可靠性, 必须进一步讨论。

#### 1. 降温效应

根据化学动力学原则, 康兰公式要有一个前提条件, 即现温度不能低于地质历史上达到的最高温度。以上所述, 一般是符合这个前提的。但是二迭纪末到侏罗纪、白垩纪(有的地方到早第三纪), 曾存在三千万年到二亿年的沉积间断, 在这段时间内, 剥蚀量虽然不是很大, 但生油岩演化成油、气所需的温度肯定会低于二迭纪所具有的温度。从理论上计算, 其降低幅度为: 剥蚀量如为1000米, 降温可达30°C左右。这种降温作

用，却有利于有机质的保存，同时会使热变减弱。在再次埋藏时，油气窗的各个临界深度要高于我们的计算值，临界深度也要比我们的计算值深。其结果是：因剥蚀引起的降温作用会缩小过成熟区，扩大未成熟区。

## 2. 滞后效应

本区中、新生界在再埋藏过程中，由于沉降速度较大，地温增加较快，会产生热效应的滞后现象。也就是说，生油岩虽已进入过成熟带，但热变反应仍属于在油气窗下部的状态；或者生油岩虽已进入油气窗之中，但大量油气形成作用尚未开始。关于这个问题，澳大利亚M·希包卡认为：“热成熟作用史与热史并不是完全相同的，因为成熟度的增加，不可避免的要落后于温度的升高”。

滞后效应与降温效应的影响是同向的，它们都会缩小过成熟区，扩大未成熟区。

## 3. 关于选定地温参数值

在把地温值换算成深度值时，地温参数（包括地温梯度和地面温度数值）选取得恰当与否有很大关系。

选取的地温梯度值越大，保存窗越小，油气窗也会缩小，各种临界值越浅。地面温度选取值越高，各种临界值也会变浅。鉴于此，本文在研究保存条件时，考虑到本区是亚热带的地台和后地台隆起区，地面温度和地温梯度选得稍大一点，（地面温度为 $20^{\circ}\text{C}$ ，地温梯度选取 $3^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ），这样所确定的保存窗不会比实际的深。分析再次埋藏阶段的油气窗时，在晚期快速沉积的塔里木盆地中，主要问题是石炭系是否在大部分地区已处于过成熟状态。同样为了慎重起见，以上的选值也还是稍大一点，以提高油气窗底界。地表温度取 $18^{\circ}\text{C}$ ，地温梯度取 $1.7^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ （实测数据为 $1.67—1.74^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ ）。由于地温梯度与地表温度在空间上有变化，故选用常数进行计算。地温梯度的一般变化规律是下沉区要低于隆起区，这就会使以上计算的临界值在凹陷中偏浅，反之，在隆起区则偏深。

总的结果是选值引起的误差与以上所述的降温效应和滞后效应的影响是互为补充的，也就是在深凹地带的过成熟区要比以上各图所表示的缩小一些，在相对隆起区的未成熟区要扩大一些。因此，较第二部分所得到的主要结论还是比较可靠的。

## 四

本区与国外著名的二次埋藏形成的大油田比较，存在着两方面的重大差异。

1. 本区的生油岩在初次埋藏阶段的埋深较大，达2000—2500米，因而进入了二次生油保存窗，有机质消耗较多。美国俄克拉荷马城油田的生油岩密西西比系沉积后，在没有上覆层的情况下，发生上升、剥蚀。又如阿尔及利亚的哈西·迈萨乌德油田，志留系生油层在初次埋藏阶段，上覆地层最厚只有500—800米。这两个大油田，生油岩在初次埋藏中均处于初次生油保存窗内，丰富的有机质未遭破坏。前人曾把这两个油田作为二次生油典型例子，实际上，它们都是二次埋藏过程中，生油岩初次生油。从热变史分析，它们也不是二次生油。而塔里木盆地西南地区的石炭系才是真正经历了二次生油！

2. 本区在再次埋藏过程中，背斜构造发育的地区，石炭系埋藏过深、过快。凹陷中



心有厚达10000米的上覆地层，致使石炭系在不具备良好的油气聚集条件下，就较快地穿过油气窗，进入过成熟带，以至有机质未能充分转化成油气，或者未能充分排出就“死亡”了。

俄克拉荷马城油田的生油岩再次埋藏深度仅2000—2500米，哈西·迈萨乌德油田也仅3300米，因而埋深适中，生油岩处于油气窗中的时间长，油气形成、运移、聚集的作用很充分，故形成大油田。

由于这两方面的差异，笔者认为：在塔里木盆地西南地区，以石炭系为油源，形成大型油气田的条件很不理想。

综上所述，塔里木盆地西南地区石炭系在中、新生代再次埋藏前，处于二次生油保存窗内，虽有部分有机质已转化成油、气，在华力西期后的剥蚀过程中被破坏或散失，但仍有一部分有机质保存下来，可供再次埋藏中转化为油、气。故石炭系可能在本区成为一些中、小型油、气田的油源。

根据各地沉降——热变史和构造发展史，笔者认为，寻找以石炭系为油源的油、气藏，首先在叶城、喀什两个凹陷周围的中新世形成的背斜上进行。其次是西南斜坡的构造，而巴楚隆起并非有利地区。

(收稿日期 1980年12月15日)

石油地质

### 参 考 文 献

- [1] 易荣龙、江圣邦，塔里木盆地古生界含油气前景，石油与天然气地质，第1卷第1期，1979年。
- [2] W·L·罗塞尔，石油构造地质学，第318页，科学出版社中译本，1964年。
- [3] Ю·В·谢音曼，东亚上古生代、中生代和新生代的气候带地质译丛，第5期 1960年。
- [4] А·N·耶戈罗夫，聚煤带和油气聚集带在地壳上的分布，附图见于煤田地质学，北京地质学院煤田教研室编，1962年。
- [5] J.Cannan, Time—Temperature Relation in Oil Genesis AAPG. Bull. Vol. 58, No.12, 1974.
- [6] G.W.Webb, Oklahoma City Oil—Second Crop from Preserved Subunconformity Source Rock. AAPG. Bull. Vol. 60, No.1, 1960.
- [7] A.Balducelin, G.Pommier, Cambrin Oil Field of Hassi—Messaud Algeria Geology of Giant Petroleum Fields. P477—488.
- [8] M.L.Coleman, C.D.Cutis, H.Irwin, Burial Rate—A key to Source and Reservoir Potential. World oil. Vol.188, N0.4.

## A PRELIMINARY DISCUSSION ON SECONDARY PETROLEUM GENERATION IN THE CARBONIFEROUS OF SOUTHWESTERN TARIUM BASIN

Zhou Xingxi, Yuan Rong

(Bureau of Geophysics, Ministry of Petroleum Industry)

### Abstract

Based on studies of the burial depth and the history of thermal variation of the Carboniferous in Tarium Basin, the present paper indicates that there was possibility of secondary petroleum generation in the carboniferous of the basin. The author suggest that oil reservoirs originated from the carboniferous may, in all probabilities, be found in the area, if only enough organic matter was preserved in the carboniferous, i.e., it was located in the so-called "preservation window", at the end of the variscian movement and prior to the uplift, and was present in "oil-gas window" at the time of or after the formation of structural framework. Moreover, in the light of the history of the structural evolution of the basin, the time of formation of structures of various stages of the basin is analysed and the hydrocarbon potentiality of the area assessed.