

文章编号: 1000- 6524 (2002) 01- 0062- 07

塔里木盆地哈得 4 油田成藏年代学研究

赵靖舟^{1,2}, 田 军³

(1. 西安石油学院, 陕西 西安 710065; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要: 哈得 4 油田是近年来在满加尔凹陷北部发现的第一个海相油田, 一直被认为是喜山期形成的油藏。然而, 根据包裹体测温、伊利石 K/Ar 同位素测年以及油气水界面追溯等多种方法对其成藏年代重新研究表明, 该油田主力油藏石炭系 C III 油藏主要为晚海西期形成的古油藏, C5 薄砂层油藏则可能为喜山期由 C III 油藏垂向调整形成的次生油藏。

关键词: 成藏年代; 有机包裹体; 伊利石 K/Ar 测年; 油水界面追溯; 哈得 4 油田; 塔里木盆地

中图分类号: P618. 130. 2

文献标识码: A

Geochronology of petroleum accumulation of Hade 4 oilfield, Tarim Basin

ZHAO Jing zhou^{1,2} and TIAN Jun³

(1. Xi'an Petroleum Institute, Xi'an 710065, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083, China; 3. Tarim Branch, CNPC, Korla 841000, China)

Abstract: Hade 4 is the first large marine oilfield discovered recently in northern Manjiaer depression of Tarim basin. It was previously regarded as an oilfield formed in Himalayan (Neogene) period. Nevertheless, evidence from fluid inclusions, K/Ar dating of authigenic illite in the reservoir and retrospection of oil-water contact has revealed that the C III accumulation (the major accumulation in the oilfield) was formed in Late Hercynian, whereas the C5 accumulation might be a secondary one formed by vertical adjustment of the C III accumulation in Late Himalayan. Such a conclusion is of significance to the exploration and evaluation of western Manjiaer.

Key Words: geochronology of petroleum accumulation; fluid inclusion; K/Ar dating of illite; retrospection of oil-water contact; Hade 4 oilfield; Tarim Basin

哈得 4 油田是塔里木盆地近年来新发现的中型海相油田, 也是满加尔凹陷北部发现的第一个油田。储层为石炭系东河砂岩 (C III 油藏) 和中泥岩段内的薄砂层 (C5 油藏), 圈闭为

收稿日期: 2001- 03- 29; 修订日期: 2001- 06- 29

基金项目: 国家“九五”重点科技攻关项目资助课题 (99- 111- 03- 01- 05)

作者简介: 赵靖舟 (1962-), 男, 在读博士, 副教授, 主要从事油气藏地质、天然气地质及地球化学研究。

地层-构造复合型。该油田自发现以来,被普遍认为属喜山期形成的油藏,进而形成了晚期调整成藏和晚生晚聚两种成藏模式。但这种观点存在不少问题和矛盾。另外,对该油田的油源问题也存在不同看法,近来越来越多的研究者认为其油源为寒武系源岩,依此观点其成藏年代也不应在喜山期。

由于成藏年代是油气勘探评价的重要依据之一,不同的成藏年代认识往往产生不同的勘探思路。为了进一步搞清哈得4油田的成藏年代和成藏模式,笔者运用流体包裹体分析以及首次在哈得4油田运用的伊利石同位素测年和油气水界面追溯等多种方法对该油田的成藏年代做了重新研究。

1 根据包裹体分析确定成藏时间

根据油气储层中有机包裹体的产状、均一温度等确定油气藏的形成期次目前已得到广泛应用(Haszeldine *et al.*, 1984; McLimans, 1987; Burrus *et al.*, 1985)。笔者采集了哈得4油田石炭系储层26个样品,进行了包裹体观察分析和均一温度测定(表1)。

表1 哈得4油田石炭系包裹体相对比例及均一温度

Table 1 Fluid inclusion types and homogenized temperatures of Hade 4 oilfield

井号	深度 (m)	层位	样品	各种包裹体所占比例/%				均一温度/℃	
				OL+OV	OV	WL+OV	WL	范围	中值
HD2	5017.5	C5	油砂	20	5	20	60	102~130	125
	5019.3	C5	油砂	20	5	25	50	115~129	125
	5063.5	C6	砂岩	10	5	25	60	105~145	135
	5017.1	C5	油砂	45	5	20	30	85~125	110
HD4	5080.6	C III	砂岩	10	5	25	60	88~115	95
	5077.5	C III	油砂	25	15	20	40	92~110	105
	5079.2	C III	油砂	25	5	25	45	95~117	105
	5096.3	S	砂岩	10	5	25	60	91~123	95
	5084.5	C III	砂岩	8	3	24	65	105~165	115
	5080.0	C III	砂岩	8	5	27	60	95~150	125
	5068.8	C III	砂岩	4	4	27	65	93~120	95
	5072.4	C III	砂岩	4	1	25	70	105~160	125
	5087.0	C III	砂岩	3	2	20	75	92~115	110
	5069.0	C III	油砂	14	6	20	60	105~145	125
	5071.0	C III	油砂	15	5	25	55	87~103	90
	5073.6	C III	油砂	15	5	25	55	95~125	110
	5070.0	C III	油砂	20	8	22	50	87~105	95
	5070.5	C III	油砂	20	5	25	50	97~137	115
	5081.0	C III	砂岩	10	5	25	60	95~123	115
	5026.0	C5	油斑砂岩	10	5	20	65	89~114	95
5024.0	C5	油斑砂岩	10	5	15	70	105~135	115	
5025.0	C5	油斑砂岩	15	5	20	60	92~120	95	
HD5	5026.2	C III	砂岩	10	5	15	70	95~135	115
	5030.2	C III	砂岩	10	10	20	55	98~115	112.5

均一温度测定由国土资源部宜昌地质矿产研究所承担; OL—液态烃包裹体; OV—气态烃包裹体; WL—盐水溶液包裹体。

可以看出,哈得 4 油田有机包裹体主要为气液两相烃类包裹体(OL+ OV) 和液态烃包裹体(OL),纯气态烃包裹体(OV)一般在 5% 以下。气液两相有机包裹体中又以液态烃为主,气态烃一般占 10%~ 20% (体积比)。油层中包裹体一般较大,但差异也很大,最小的不足 1 μm ,最大可达 50 μm 甚至 80 μm ,形状也比较规则,多为圆形和椭圆形。油包裹体荧光颜色普遍为黄、棕黄和黄棕色,C5 油藏比 C II 油藏的包裹体荧光颜色略微偏深。有机包裹体多产于胶结物、碎屑颗粒的裂隙中,也有不少产于碎屑颗粒边缘的自生加大边或与胶结物的接触处,说明成藏不止一期。

包裹体均一温度变化范围较大,与油共生的盐水溶液包裹体的均一温度多分布在 85~ 145 $^{\circ}\text{C}$ 之间,油包裹体均一温度变化在 36~ 118 $^{\circ}\text{C}$ 之间。C II 油层与 C5 油藏的油包裹体均一温度主峰均在 70~ 80 $^{\circ}\text{C}$ 之间,但其共生盐水溶液包裹体的均一温度存在明显差异(图 1)。其中 C II 油藏共生盐水溶液包裹体的均一温度为 87~ 145 $^{\circ}\text{C}$,主峰较宽,在 90~ 120 $^{\circ}\text{C}$ 左右,但主峰只有一个,中值在 100~ 110 $^{\circ}\text{C}$ 之间。其油包裹体的均一温度也只有一个主峰,为 70~ 80 $^{\circ}\text{C}$ 。而 C5 油藏共生盐水溶液包裹体的均一温度为 85~ 130 $^{\circ}\text{C}$,中值为 120~ 130 $^{\circ}\text{C}$,高于 C II 油藏 20 $^{\circ}\text{C}$ 左右。油包裹体均一温度分布不集中,除一个主峰外,还有 2 个次峰,分别为 50~ 60 $^{\circ}\text{C}$ 和 90~ 100 $^{\circ}\text{C}$ 。由此判断,C II 油藏与 C5 油藏可能为不同时期形成的,前者形成时间早于后者的主要形成时间。按古地表温度 15 $^{\circ}\text{C}$ 、古地温梯度 3 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 计,C II 油藏形成时的埋深在 2 300~ 4 300 m 左右,埋深范围很大,主要成藏时期埋深为 2 800~ 3 200 m。结合埋藏史分析认为,C II 油藏的成藏时间可能主要在印支—燕山期。C5 油藏形成时的埋深在 2 300~ 4 000 m 之间,主要埋深为 3 500~ 3 800 m,形成时间与 C II 相近或略晚,即可能在印支—燕山期至晚喜山期,以晚喜山期为主。

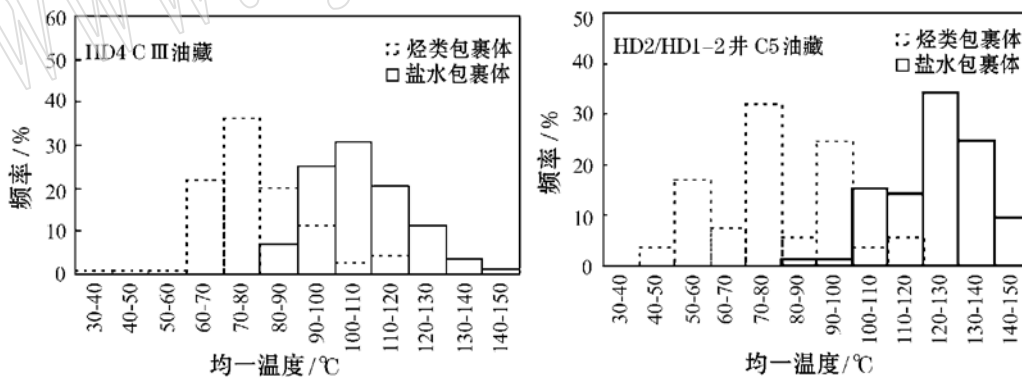


图 1 哈得 4 油田流体包裹体均一温度分布直方图

Fig. 1 Diagram showing distribution of homogenized temperature of Hade 4 oilfield

应当指出的是,以上估计的成藏期是根据与油包裹体共生的盐水包裹体的均一温度得出的。如果按油包裹体的均一温度估计,则哈得 4 油田在晚海西期即已成藏。C5 油藏的油包裹体均一温度分布显示了成藏的多期性,其油气注入可能有 2~ 3 期。由此可见,哈得 4 油田的有机包裹体均一温度分布范围较宽,成因比较复杂,其高达 140 $^{\circ}\text{C}$ 左右的均一温度可能与后期热事件影响有关。

2 根据伊利石 K-Ar 同位素测年确定成藏期

众所周知, 储层中自生伊利石和钾长石的形成需要一个流动的富钾水介质环境。当油气注入储层后, 这种环境受到改变, 伊利石的形成便会终止。所以, 利用储层中自生伊利石的同位素年龄确定油气藏的形成时间(Lee *et al.*, 1985; Hamilton *et al.*, 1989; 王飞宇等, 1997) 已成为近年来成藏期定量研究的重要方法。为此, 笔者采集了4个哈得4油田油层的油砂样品, 进行了自生伊利石 K-Ar 年龄测定(表2)。由表2可见, C5油藏的形成年龄为276~224 Ma, 即晚二叠世一早、中三叠世; C II油藏的形成年龄为242.8 Ma左右, 即二叠纪末期—三叠纪初。这与前述根据共生盐水包裹体确定的成藏期存在一定偏差, 而与油包裹体反映的成藏期比较吻合。

表2 哈得4油田石炭系油层伊利石 K-Ar 测年结果

Table 2 K-Ar ages of illites from Carboniferous reservoirs of the Hade 4 oilfield

井号	井深/m	层位	岩性	样品粒级/ μm	w (自生伊利石)/%	w (K)/%	K-Ar 年龄/Ma
HD1	5007.5	C5	油砂	0.8~0.3	53	3.850	267.85 \pm 3.85
HD2	5017.2	C5	油砂	0.8~2	55	4.480	224.09 \pm 3.21
HD2	5019.5	C5	油砂	0.45~0.8	47	3.500	275.77 \pm 4.01
HD4	5073.6	C III	油砂	0.8~2	52	3.470	242.80 \pm 3.50

由中国石油勘探开发研究院测定。

3 运用油水界面追溯法确定成藏期

油水界面追溯法是苟光汉等(1995)、邓良全等(2000)提出的一种成藏期研究方法, 并在塔里木盆地塔中4油田的成藏期分析中取得了良好效果。“九五”以来, 笔者(赵靖舟, 2001a)运用该方法对塔里木盆地多个油气藏的成藏期进行了进一步分析探讨, 亦取得了较好效果。该方法确定成藏期的原理是, 油气藏形成后其油气水界面通常为—水平界面(不规则的岩性油气藏和水动力油气藏除外), 那么只要能够确定出现今油气藏油气水界面在地质历史时期最早出现的时间, 就可以确定出成藏期。具体做法是, 首先编制大比例尺圈闭发育史剖面图, 然后计算现今油气藏的油气水界面在各地质历史时期的古埋深, 并标于各相应时期的剖面上, 则现今油气水界面埋深最早可连成水平直线的时间, 即是油气藏的形成时间。图2和图3为笔者编制的哈得4油田和哈得4号构造C II油藏的油水界面演化图。由图可以看出, 哈得4油田的形成和演化经历了以下3个阶段:

(1) 石炭纪—二叠纪: 哈得4油田古油藏形成时期

石炭纪双峰灰岩沉积期末, 哈得逊地区东河砂岩地层圈闭已经形成, 中泥岩段也形成了一个幅度很低的披覆背斜, 高点在哈得1井与哈得1~2井附近。此时哈得4油田C II油藏各井的油水界面埋深尚未连成一条水平直线, 只是在哈得4.402井可连成水平直线, 其油水界面埋深几乎相同, 分别为95.15 m和98.81 m。而哈得403井现今油水界面在石炭纪双峰灰岩沉积期末的埋深为111.95 m, 与前者不成水平直线。由此判断, 石炭纪双峰灰岩沉积结束时, 哈得4油田C II油藏可能已开始成藏, 但油藏面积很小, 仅限于哈得4井以北, 且油

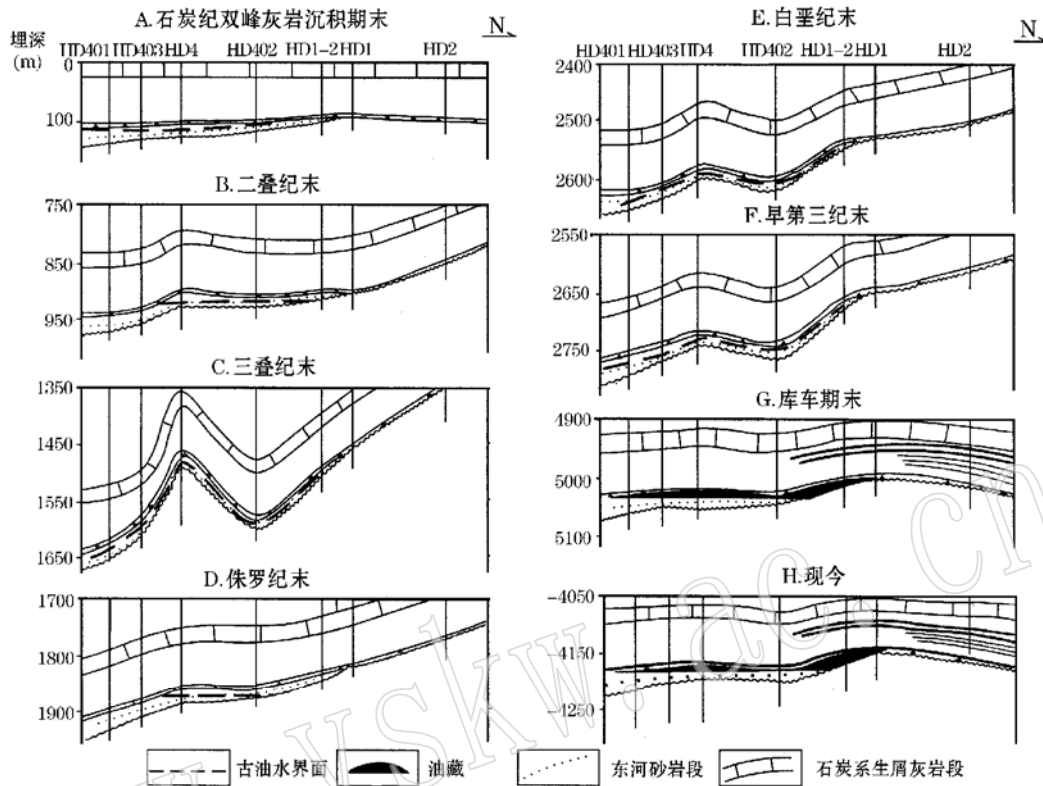


图 2 哈得 4 油田 C III 油藏油水界面演化剖面图

Fig. 2 Evolutionary profile of oil-water contact of C III reservoir in Hade 4 oilfield

柱幅度极小。二叠纪,哈得 4 号背斜形成,油水界面埋深仍然仅在哈得 4 井以北可连成水平直线,哈得 4 和哈得 402 井油水界面埋深分别为 911.15 m 和 907.81 m,几乎相等。但此时的油柱幅度明显增大,说明二叠纪时哈得逊油田已经成藏,只不过范围比现今油藏小而已。另一方面,由于受晚海西运动影响,二叠纪时哈得逊地区北部石炭纪地层强烈抬升,造成中泥岩段圈闭消失。

(2) 三叠纪:哈得 4 油田古油藏调整、破坏时期

此阶段特别是三叠纪末,哈得逊地区经历了较强烈的构造变动,哈得 4 油田圈闭发生强烈变形,背斜幅度显著增大,油水界面发生变迁,因而各井油水界面连不成水平直线。同时,哈得 402 井以北的哈得 1~2 至哈得 2 井一带强烈抬升,结果可能造成 C III 油藏一定程度的泄露和散失。但由于 C III 油藏为地层圈闭,因而估计古油藏的散失量不大。

(3) 侏罗纪:油藏再形成时期

侏罗纪,由于满加尔凹陷北部一塔北地区发生沉降,北倾南抬的哈得逊隆起形成,哈得 4 油田构造再次趋于平缓,因而侏罗纪的油水界面在哈得 4 井与哈得 402 井之间又一次趋于水平直线。但因此时哈得 402 井以北仍呈抬升状态,因而古油水界面并不完全是一个水平的界面,而是向南微倾斜的界面,二者油水界面的埋深分别为 1861.15 m 和 1851.81 m,相差约 10 m。

总的来看,三叠纪一早第三纪时,哈得逊地区石炭纪地层总体仍呈区域南倾面貌,油气

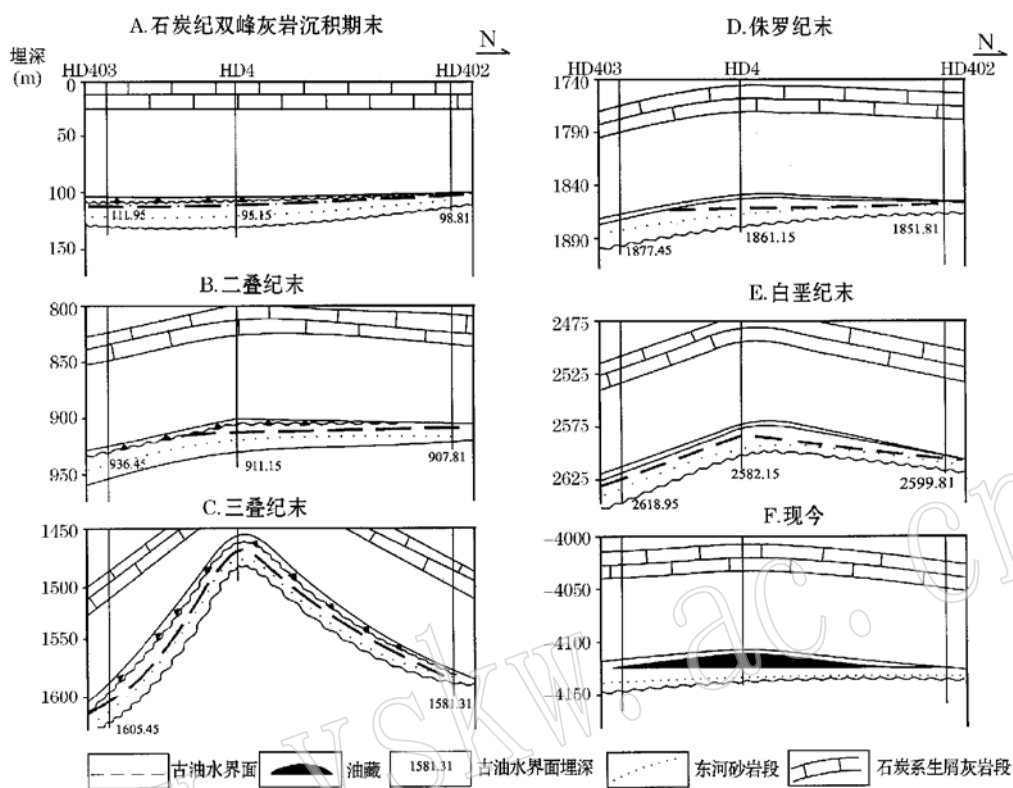


图 3 哈得 4 号构造 C III 油藏油水界面演化剖面图

Fig. 3 Evolutionary profile of oil-water contact of C III reservoir in Hade 4 trap

运移的方向同晚古生代一样,仍为由南向北或由西南向东北方向。同时,由于石炭纪地层依然表现为北抬南降的面貌,因而中泥岩段薄砂层此时仍未形成有效的圈闭。

(4) 晚第三纪: 现今油藏形成时期

晚第三纪,随着塔北—库车地区强烈沉降,哈得逊北部—轮南地区石炭纪地层发生反转,由原来的区域南倾变为区域北倾,哈得 1 号中泥岩段背斜构造形成,并形成了 C5 油藏。同时,哈得 4 油田 C III 油藏的油水界面埋深再次可连成水平的直线,现今油藏面貌形成。

特别值得指出的是,由图 2 和图 3 可以看出,晚第三纪以前,除石炭纪晚期哈得 4 油田 C III 油藏分布面积较大(向南可能延至哈得 401 井一带)、幅度很低外,二叠纪—早第三纪 C III 油藏因受构造变动影响,油藏幅度较大而面积变小,范围始终限于哈得 4 井及其以北。直到晚第三纪,随着塔北地区的强烈沉降,哈得 4 号构造幅度变小,面积增大,其油柱高度也相应变小,含油面积相应增大,并向南延伸到哈得 403—401 井一带。

以上分析表明,哈得 4 油田 C III 油藏可能是在石炭纪—二叠纪特别是二叠纪开始形成的,以后又受到多期调整改造,调整再成藏的时间主要为侏罗纪和晚第三纪。

4 成藏期综合分析

综合上述分析认为,哈得 4 油田为一晚海西期开始形成,以后又受到多期调整改造的一

个油藏。其中 C II 油藏为晚海西期一次充注、多期调整形成的一个原生古成藏；而 C5 油藏为多期充注、晚喜山期调整形成的次生油藏，其在晚海西期可能曾有过油的充注过程，但因晚喜山期以前无圈闭形成或圈闭幅度太小而始终未能聚集成藏，直到晚喜山期随着圈闭的形成才最终由 C II 油藏调整成藏，因此晚喜山期是 C5 油藏的主要成藏时期。岩芯观察发现，C5 油藏的形成是油气垂向运移的结果，运移的通道为裂缝，是 C II 油藏在晚喜山期随着裂缝的形成而发生垂向运移调整形成的次生油藏。这一认识对于满西地区的油气勘探和目标评价无疑具有重要的指导意义，由其所得出的成藏模式与喜山期的成藏模式有很大不同（另文讨论）。

事实上，根据笔者最近对塔里木盆地克拉通区海相油气藏成藏年代的研究结果，晚海西期是克拉通区目前所发现油藏的主要充注成藏时期，印支期是古油藏的主要调整破坏时期，燕山期和喜山期主要是古油藏的调整再成藏时期，喜山期同时也是塔里木盆地海相气藏形成的主要时期（赵靖舟，2001a）。这与寒武系—奥陶统海相烃源岩的生排烃史是一致的，该套源岩，特别是寒武系烃源岩，是塔里木盆地海相油气的主力源岩（赵靖舟，2001b）。

Reference

- Burrus R., Cercone K. R. and Harris P. M.: 1985. Timing of hydrocarbon migration: evidenced from fluid inclusions in calcite cements, tectonics and burial history[A]. Schneiderman N. and Harris P. M.: Carbonate Cements[C]. Tulsa: Soc Econ Paleontol. Mineral, 277~ 289.
- Deng Liangquan, Liu Sheng and Yang Haijun.: 2000. Study on periods of hydrocarbon formation reservoirs of Carboniferous in Tazhong uplift[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 21(1): 23~ 26 (in Chinese).
- Hamilton P. J., Kelly S. and Fallick A. E.: 1989. Isotopic constraints on diagenetic processes. 1. Radiometric dating of illite in hydrocarbon reservoirs[J]. Clay Miner., 24: 215~ 231.
- Haszeldine R. S., Samson I. M. and Cornfort C.: 1984. Dating diagenesis in a petroleum basin, a new fluid inclusion method[J]. Nature, 307: 354~ 357.
- Lee M., Aronson J. L. and Savin S. M.: 1985. K₂Ar dating of time of gas emplacement in Rotliegendes sandstone, Netherlands [J]. AAPG Bulletin, 69: 1381~ 1385.
- McLimans R. K.: 1987. The application of fluid inclusions to migration of oil and diagenesis in petroleum reservoirs[J]. App. Geochem., 2: 585~ 603.
- Wang Feiyu, He Ping, Zhang Shuichang, et al.: 1997. Hydrocarbon filling time determination by K₂Ar dating of illites in reservoirs[J]. Geological Review, 43(5): 540~ 546 (in Chinese).
- Zhao Jingzhou.: 2001a. Timing of the marine petroleum accumulation in the Tarim basin by oil/gas-water contact retrospecting [J]. Petroleum Exploration and Development (in press) (in Chinese with English abstract).
- Zhao Jingzhou.: 2001b. Evaluation on the Cambrian-Ordovician marine source rocks from the north Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 19(1): 117~ 124 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 邓良全, 刘 胜, 杨海军.: 2000. 塔中隆起石炭系油气成藏期研究[J]. 新疆石油地质, 21(1): 23~ 26.
- 王飞宇, 何 萍, 张水昌, 等.: 1997. 利用自生伊利石 K~ Ar 定年分析烃类进入储集层的时间[J]. 地质论评, 43(5): 540~ 546.
- 赵靖舟.: 2001a. 油气水界面追溯法与塔里木盆地海相油气成藏期分析[J]. 石油勘探与开发 (待刊).
- 赵靖舟.: 2001b. 塔里木盆地北部寒武—奥陶系海相烃源岩重新认识[J]. 沉积学报, 19(1): 117~ 124.