

中国塔里木盆地北部

油气地质研究

第二辑 构造与油气

贾 河 胥 主编

中国地质大学出版社

中国塔里木盆地北部 油气地质研究

第二辑 构造与油气

贾润胥 主编

中国地质大学出版社

1991 . 3

内 容 提 要

本辑是《中国塔里木盆地北部油气地质研究》一书的第二部分，共收入论文 35 篇，内容包括构造与油气两个方面。前者采用板块、槽台和地质力学观点，研究塔北大地构造属性、构造演化、盆地类型、构造区划、构造体系及构造型式、断裂和局部构造特征、构造对油气生成聚集和保存的控制等；后者包括油气性质与成因类型、油气生成与演化、生储盖层特征、圈闭类型、油气聚集带划分、资源评价和石油勘探决策研究等。与上述研究有关的古地磁、古地温和热模拟实验等研究内容亦收入本辑。论文反映：塔北曾经历大陆边缘、克拉通内部和内陆三大盆地发展阶段；塔东北坳陷区是最重要的生油坳陷；塔北和塔中两隆起是大型油气聚集带；寒武—奥陶系海相碳酸盐岩是主要生油岩系；海西晚期和喜山期是主要生油期；塔北具有形成大油气田的地质条件。

编辑委员会

主 编 贾润肾
委 员 刘鹏生 张文献 蒋炳南 周永昌

中国塔里木盆地北部油气地质研究

(二)

责任编辑 贺自爱 党仁珊 李占豪 孙宝珊 韩 军
外文编辑 彭玉斌 李大民
技术编辑 金彦君
封面设计 金彦君

中国地质大学出版社出版发行
地质矿产部石油地质印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 21.4 图版 5 字数 534 千字

1991 年 5 月第 1 版 1991 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—800 册

ISBN 7-5625-0587-x/p · 199

定价：套（共三辑） 平 48.00 元 第二辑 平 16.00 元
精 60.00 元 精 20.00 元

目 录

论塔里木盆地北部形成大油气田的地质条件.....	周永昌 贾润骨	(1)
塔里木盆地是我国油气资源战略接替区.....	康五柱	(11)
塔里木盆地北部地区构造区划及油气远景.....	张大权 李 明 张先树	(17)
塔北地区盆地构造演化及其与油气关系.....	陈发景 陈全茂 孙家振 张光亚	(29)
塔里木盆地东北部断裂构造特征及控油作用.....	汤良杰 黄太柱 王士敏	(39)
塔里木盆地东北部局部构造特征.....	汤良杰 林志民 王士敏	(49)
塔里木盆地北部地区构造应力场特征与油气移聚的关系.....	孙宝珊执笔	(57)
塔北地区构造运动特征.....	张先树 张大权 孙明珠 王 林	(67)
塔东北地区坳陷控油作用的研究.....	李 明 张大权 龚 铭	(74)
古地磁欧拉极及其在塔里木板块研究中的应用.....	陈汉林 金国海 方大钧 谈晓冬	(86)
塔里木板块北缘晚古生代、中生代古地磁结果与构造演化的初步探讨		
..... 方大钧 金国海 陈汉林 郭亚滨 王兆梁 殷苏杭 谈晓冬		(96)
塔北地区沙雅、柯坪隆起震旦系—古生界构造裂缝特征及分布规律		
..... 张光亚 陈发景 陈全茂		(105)
塔里木盆地成盆期及裂谷作用初探	王廷印 刘金坤	(115)
塔里木盆地北部三叠纪初期古地貌特征及水系恢复	刘宝馥	(125)
塔里木盆地北部基底构造特征	张守安	(130)
塔东北沙雅隆起构造体系、构造型式及与油气分布的关系		
..... 孙宝珊 张志国 周 军		(142)
沙雅隆起及邻区现今地应力场及其在油气移聚研究中的应用		
..... 王连捷 张利荣 赵京生		(150)
塔东北沙雅隆起区构造应力场的理论分析和实验研究	沈淑敏 郑芳芳 刘文英	(159)
试论塔里木盆地东北地区油气藏圈闭条件	汤良杰	(169)

塔里木盆地东北地区油气聚集带划分及评价	汤良杰	万文章	(177)
塔东北地区油气性质及成因类型	陈正辅	邵志兵	罗 宏 (185)
塔里木盆地东北地区生油岩特征及油气源区区划	罗 宏	马慧明	毛洪斌 (197)
塔里木盆地北部油气资源前景	胡 民	张寄良	虎北辰 (211)
塔东北地区石油勘探决策分析研究	程学福	白森舒	(225)
塔里木盆地东北地区盖层研究	高国强	叶德胜	王梅玲 (239)
塔东北地区油气生成与演化	顾 忆	黄 巍	(247)
塔里木盆地北部古地温及其石油地质意义	魏大卫	白嘉启	(257)
利用热模拟实验研究塔东北油气源岩	李 执	朱美茜	毛弘毅 (268)
原油和岩石的轻烃分析及其应用		钱志浩	(280)
典型油气源岩生烃能力模拟实验	李 执	朱美茜	毛弘毅 (288)
原油沥青质的高分辨透射电镜研究	曹 寅	承神复	张武宁 (298)
镜质体和沥青反射率相关性探讨	熊玉文	刘 易	(303)
塔里木盆地东北部储盖组合	叶德胜	高国强	(308)
塔里木盆地东北地区古油藏及其石油地质意义	叶德胜	刘树晖	(317)
塔东北地区石炭、二叠系生储盖特征及油气远景初探	罗孝质	王贵全	(327)

CONTENTS

- Geological conditions for formation of large oil and gas fields in North Tarim Basin
..... *Zhou Yongchang Jia Runxu* (10)
- Tarim Basin—a strategic succession of China's hydrocarbon resources *Kang Yuzhu* (16)
- Tectonic divisions and hydrocarbon prospects in North Tarim Basin
..... *Zhang Daquan Li Ming Zhang Xianshu* (28)
- Tectonic evolution of North Tarim Basin and its relation to oil and gas
..... *Chen Fajing Chen Quanmao Sun Jiazhen Zhang Guangya* (37)
- Features of fault structures and their controlling effect on the occurrence of hydrocarbons in
Northeastern Tarim Basin *Tang Liangjie Huang Taizhu Wang Shimin* (48)
- An approach to features of local structures in Northeastern Tarim Basin
..... *Tang Liangjie Lin Zhongmin Wang Shimin* (56)
- Relations between tectonic stress fields and oil-gas migration and accumulation in North Tarim
Basin *Sun Baoshan* (65)
- Features of tectonic movements in North Tarim Basin
..... *Zhang Xianshu Zhang Daquan Sun Mingzhu Wang Lin* (73)
- Oil-controlling role of depressions in Northeastern Tarim Region
..... *Li Ming Zhang Daquan Gong Ming* (85)
- Paleomagnetic Euler Pole and its application to the study of Tarim Plate
..... *Chen Hanlin Jin Guohai Fang Dajun Tan Xiaodong* (95)
- Preliminary approach to Late Paleozoic-Mesozoic geomagnetism and tectonic evolution in north
margin of Tarim Plate *Fang Dajun Jin Guohai Chen Hanlin Guo Yabin* (104)
..... *Wang Zhaoliang Yin Suhang Tan Xiaodong*
- Characteristics and distribution of structural fractures of Sinian and Paleozoic in Shaya-Kalpin
Uplift of North Tarim Basin *Zhang Guangya Chen Fajing Chen Quanmao* (114)
- A preliminary investigation on formative phase and rifting of Tarim Basin
..... *Wang Tingyin Lin Jinkun* (124)
- Geomorphic feature and drainage system in Early Triassic of North Tarim Basin
..... *Liu Baofu* (129)
- Structural feature of basement in North Tarim Basin *Zhang Shouan* (140)
- Tectonic system and structural type in Shaya uplift of Northeastern Tarim region and its relation
to hydrocarbon distribution *Sun Baoshan Zhang Zhiguo Zhou Jun* (149)
- Present-day field of geostress in Shaya Rise and adjacent area and its application to the study of
hydrocarbon migration and accumulation
..... *Wang Lianjie Zhang Lirong Zhao Jingsheng* (158)

- Theoretical analysis and experiment of tectonic stress field in Shaya Uplift areas, Northeastern Tarim Basin *Shen Shumin Zheng Fangfang Lu Wenying* (167)
- Trial discussion on trap conditions for hydrocarbon pools in the Northeastern Tarim Basin
..... *Tang Liangjie* (175)
- Division and appraisal of hydrocarbon accumulation belts in Northeastern Tarim Basin
..... *Tang Liangjie Wan Wenzhang* (184)
- Properties and origin types of hydrocarbon in Northeastern Tarim
..... *Chen Zhengfu Shao Zhibing Luo Hong* (196)
- Characteristics of source rocks and divisions of hydrocarbon source areas in North Tarim Basin
..... *Luo Hong Ma Huiming Mao Hongbing* (210)
- Hydrocarbon potential in the North Tarim Basin *Hu Min Zhang Jiliang Hu Beichen* (223)
- Study on oil exploration decision analysis in Northeastern Tarim Basin
..... *Chen Xuefu Bai Senshu* (238)
- Study on caprocks in Northeastern Tarim *Gao Guoqiang Ye Desheng Wang Meiling* (246)
- Hydrocarbon generation and evolution of Northeastern Tarim Region *Gu Yi Huang Wei* (256)
- Paleotemperature in the north part of Tarim Basin and its significance in petroleum geology ...
..... *Wei Dawei Bai Jiaqi* (267)
- Application of thermal simulation experiment to the study of source rocks in Northeastern Tarim
Basin *Li Zhi Zhu Meiqian Mao Hongyi* (279)
- Analysis of light hydrocarbons in crude oils and rocks and the application *Qian Zhihao* (287)
- Simulation experiment on hydrocarbon-generation potential of typical source rocks
..... *Li Zhi Zhu Meiqian Mao Hongyi* (296)
- Study on asphaltene in crude oils by high resolution transmitting electro-microscope
..... *Cao Yin Cheng Shenfu Zhang Wuning* (302)
- Study on correlativity of vitrinite and bitumen reflectance *Xong Yuwen Liu Yi* (307)
- Reservoir-cap rock assemblages in Northeastern Tarim Basin *Ye Desheng Gao Guoqiang* (316)
- Fossil oil pools and their significance in petroleum geology in Northeastern Tarim Basin
..... *Ye Desheng Liu Shuhui* (326)
- Characteristics of source, reservoir and cap rocks and hydrocarbon potential of Carboniferous-
Permian Systems in Northeastern Tarim *Luo Xiaozhi Wang Guiquan* (336)

论塔里木盆地北部形成 大油气田的地质条件

周永昌 贾润胥

(地质矿产部西北石油地质局, 乌鲁木齐)

塔北形成大油气田的地质条件是: ①大地构造位置处在塔里木板块接近南天山活动带的边缘。②多个大型叠覆生油坳陷。③大型隆起和背斜带控油。④地温梯度低, 长期生油, 油气资源丰富。⑤多储油层系, 多储集类型, 储集层叠置连片。⑥多套盖层, 保存条件好。⑦多类型圈闭, 多期和晚期成藏, 多种成藏模式。⑧区域不整合面和大断裂为油气运移聚集提供了良好条件。

“七五”期间, 塔里木盆地北部连获重大突破, 在三个构造带找到 6 个油气田(藏), 证实 8 个工业油气层位, 取得了一大批重要地质成果。中外石油地质专家公认这块处女地石油地质条件优越, 油气潜能巨大, 油气勘探前景十分广阔。依据区域地质条件、石油地质特征、若干油气田(藏)的成矿规律等综合分析, 概括出该区形成大油气田的有利条件。

一、构造部位优越

世界上已知油气储量 70—75% 集中在为数不足 1% 的特大型和大型油气田中。这些大油气田在空间上的分布规律是在不同时代的大陆边缘或接近大陆边缘的各种沉积盆地中^[1]。按照板块活动方式可将这些沉积盆地划分为两类: 一类是与板块扩张活动有关的盆地, 一类是与板块碰撞有关的盆地^[2]。例如: 苏联的伏尔加-乌拉尔盆地、提曼-伯朝拉盆地, 加拿大的阿尔伯达盆地, 美国东部的阿帕拉契亚盆地, 中东的波斯湾盆地等。它们在古生代大部分属于稳定地台上的扩张型沉积盆地, 而在海西晚期和阿尔卑斯期演化为与碰撞活动有关的靠近造山带的大陆边缘盆地。这些不同时期叠覆的沉积盆地, 油气资源十分可观。如伏尔加-乌拉尔盆地, 至 1977 年为止共发现 634 个油气田, 其中有 3 个特大型和 12 个大型油气田, 50 年代石油产量跃居苏联的首位, 1975 年产油 $2.26 \times 10^8 \text{t}$, 产天然气 $308 \times 10^8 \text{m}^3$ 。又如波斯湾盆地, 至 80 年代初发现 180 个油气田, 其中大油气田 62 个, 大气田 2 个, 大油气田的可采储量占整个波斯湾地区石油可采储量的 91.8%。

塔北地区大地构造位置处在塔里木板块接近南天山活动造山带的边缘。早古生代受南天山裂陷拉开影响, 形成克拉通边缘坳陷盆地、克拉通内坳陷盆地及被动大陆边缘盆地。中晚古生代由于南天山窄大洋收敛闭合, 塔里木板块与伊宁-中天山板块碰撞拼接, 在塔里木板块北缘出现一系列前陆冲断隆起, 从南天山逐渐向南迁移, 塔北演化为类前陆盆地。中、新生代欧亚大陆成为统一整体, 塔里木为大陆内坳陷盆地, 塔北为晚期类前陆盆地; 晚第三纪由于印度板块与欧亚板块相向移动挤压, 使塔里木四周褶皱山系强烈上升, 塔里木基底整体挠曲下拗, 塔里木成为前陆盆地。总之, 现今塔里木盆地北部, 在地史中既有与板块扩张活动

有关的原型盆地，也有与板块碰撞活动有关的原型盆地，是多种原型盆地叠合的地区（图 1）。与上述世界大油气田的盆地相类似，具有形成大型和特大型油气田的优越大地构造条件。

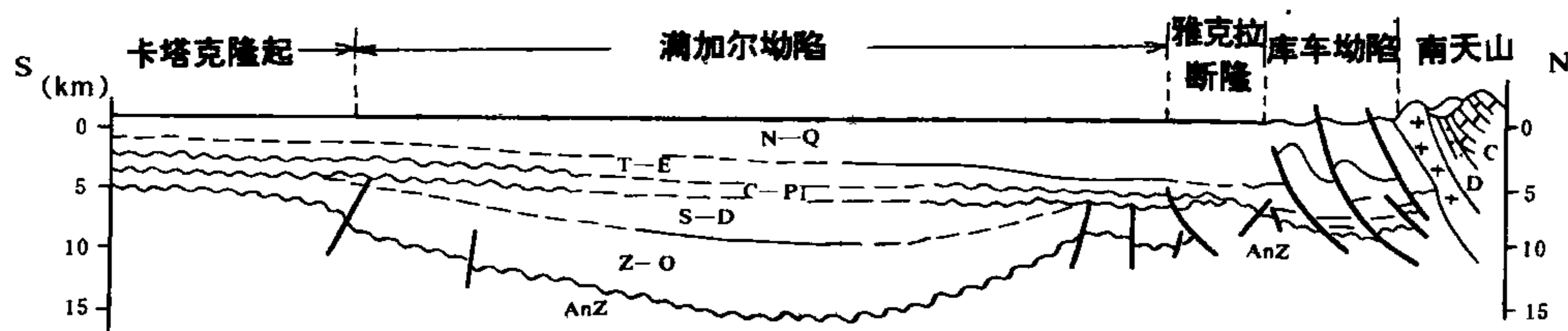


图 1 塔里木盆地北部横剖面示意图

Fig. 1 Sketch map of cross-section in North Tarim Basin

二、多个大型叠覆生油拗陷

松辽盆地已找到 15 个油气田，其中大庆油田和扶余油田是特大型和大型油田，它们都位于盆地中央拗陷，其油气资源丰富的根本原因是中央拗陷是松辽盆地的大型生油拗陷区^[9]。同理，渤海湾盆地的胜利和孤岛大油田产在济阳拗陷，任丘大油田产在冀中拗陷，大港大油田产在黄骅拗陷^[9]……。这些大型生油拗陷为大油气田提供了雄厚的油源保证。

塔里木盆地北部有四个大型生油拗陷（图 2）。①满加尔拗陷：位于塔里木板块接近南天山活动带的边缘，各时代地层发育齐全。是塔北形成最早（Z）、面积最大（ $7.5 \times 10^4 \text{km}^2$ ）、沉降最深、厚度最大（16 km）、长期发育的叠覆拗陷。震旦—奥陶纪为克拉通边缘拗陷盆地，发育了陆棚—深水盆地相沉积。震旦系泥质岩可能生油；寒武—奥陶系生油岩厚达 1000—3000 m，塔东 1 井见放射虫硅质岩和含沥青硅质泥岩，生油物质极其丰富。志留—泥盆纪演变为早期类前陆盆地，沉积岩厚度 4500 m，其中志留系为深灰色泥页岩与碎屑岩互层，也可能生油。三叠—侏罗纪为陆相半深水湖盆，沉积厚达 1700 m，黑色泥质岩和碳质页岩发育，生油岩厚度 200—700 m。②阿瓦提—满西油气源区：包括阿瓦提断陷和满西浅拗陷，面积 $5.26 \times 10^4 \text{km}^2$ 。震旦—奥陶纪为克拉通内拗陷盆地，沉积了浅海台地相、台地边缘相和陆棚相碳酸盐岩夹泥质岩，寒武—奥陶系厚度 3250—4500 m，生油岩厚度大于 300 m。石炭纪—早二叠世演变为类前陆盆地，阿瓦提地区成为沉积沉降中心，以半封闭海湾—泻湖相和蒸发盐坪相为主，发育碎屑岩、膏钙质泥岩、黑色泥岩夹泥晶灰岩和岩盐、膏岩等，石炭系生油岩厚度大于 200 m。③拜城—乌什地区：紧邻南天山，面积约 $1.0 \times 10^4 \text{km}^2$ 。震旦—奥陶纪由克拉通边缘盆地发展为被动大陆边缘盆地，由浅海台地相区演化为开阔陆棚相区，沉积物以白云岩、泥微晶灰岩、瘤状扁豆状泥质灰岩、泥页岩和碎屑岩为生，夹黑色笔石页岩；接近邻柯坪地区计算，寒武—奥陶系生油岩厚度 400—500 m。石炭纪—早二叠世为前陆盆地，海水逐渐变浅，由陆棚相演变为台地边缘斜坡相再变成滨岸相带；沉积物为泥岩、生物屑砾屑灰岩与碎屑岩互层；生油岩厚度 500—800 m。上述两套生油层叠覆，有机母质丰富，但后期改造显著，生油岩演化程度偏高。④库车拗陷：西部与拜城—乌什地区叠覆，面积 $2.92 \times 10^4 \text{km}^2$ 。古生代大部分为前陆冲断隆起，中、新生代演化为前陆拗陷盆地，其中三叠—侏罗系浅湖相泥质岩和碳质泥页岩有生油能力，生油岩厚 400—800 m。

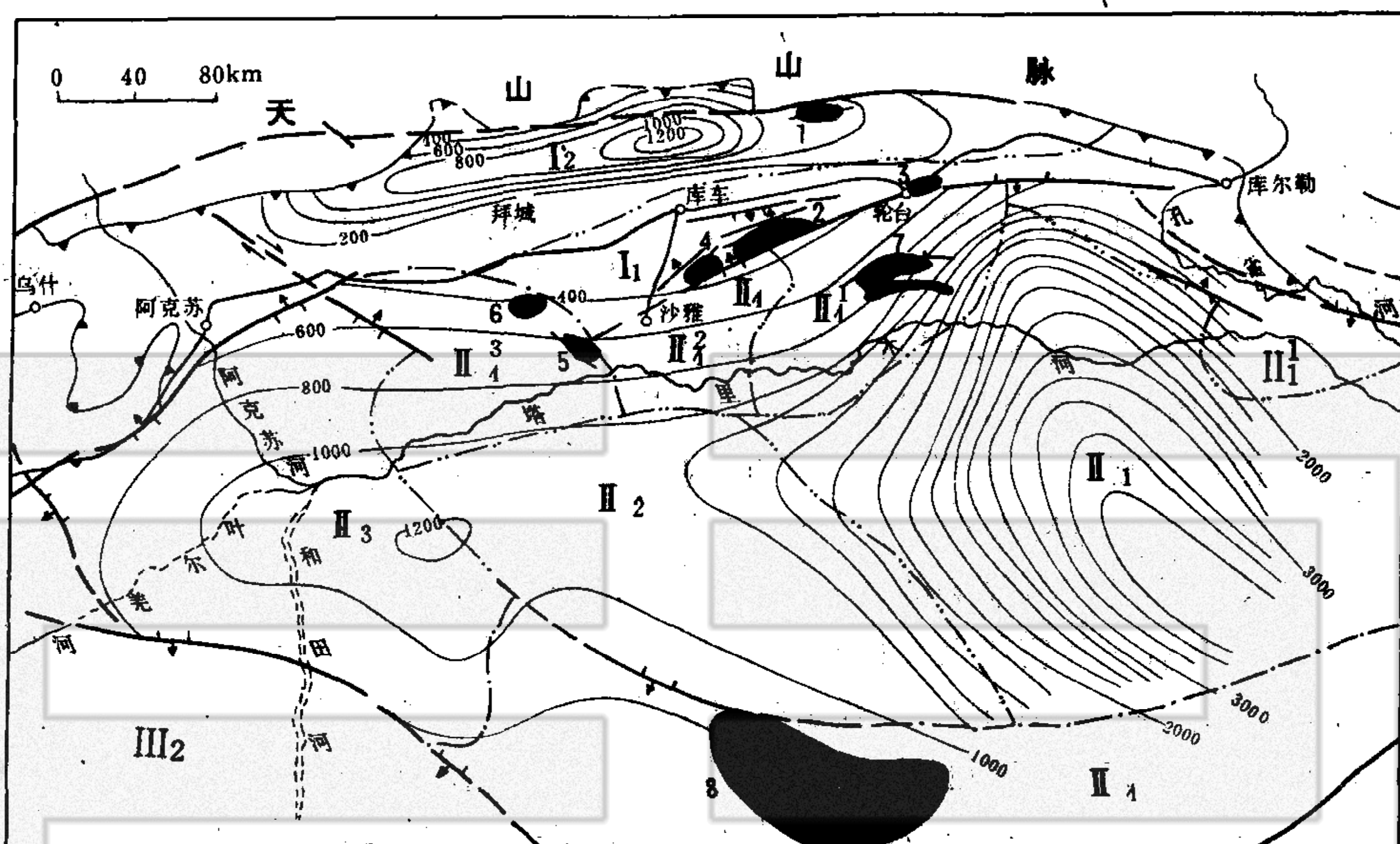


图2 塔里木盆地北部生油坳陷与油气田(藏)分布图

Fig. 2 Distribution of oil-generation depressions and oil and gas fields (pools) in North Tarim Basin

I₁—雅克拉断隆, I₂—库车坳陷, I₃—满加尔坳陷, I₄—库南鼻凸, I₁'—满西浅坳, I₂'—阿瓦提断陷, I₄'—阿克库勒鼻凸, I₄'²—哈拉哈塘凹陷, I₄'³—沙西断褶带, II₁—卡塔克隆起, II₂—巴楚隆起, 1—依奇克里克油田, 2—雅克拉油气田, 3—轮台油气藏, 4—波斯坦(东河塘)油藏, 5—沙西I号构造南油气藏, 6—英西油藏, 7—阿克库勒油气田, 8—塔中I号油气田; 图中等值线表示生油岩厚度(m)

根据油气源对比研究, 区内已发现的雅克拉、波斯坦、阿克库勒和塔中一号油气田的油气, 主要来自满加尔坳陷和满西浅坳的寒武—奥陶系; 沙西油气藏的油气, 主要来自阿瓦提断陷的寒武—奥陶系和石炭系; 轮台构造沙3井的油气, 来自满加尔坳陷的三叠—侏罗系; 依奇克里克油田的原油, 来自库车坳陷拜城凹陷的侏罗系油源层。

三、大型隆起和背斜带控油

罗马什金和杜依玛兹是伏尔加-乌拉尔盆地的两个特大型油气田, 它们受巨大的鞑靼隆起和隆起上的长垣背斜带控制^[3]。松辽盆地的大庆油田受控于大庆长垣背斜带。塔北地区已发现的油气田(藏)均受大型隆起和背斜构造带控制。

(1) 长期发育的古隆起和古凸起控油。在满加尔、满西和阿瓦提等生油坳陷周边, 有几个从奥陶纪晚期至中生代长期发育的大型古隆起和古凸起(图2)。“七五”期间, 在这些地区投入钻探均发现油气田(藏)。如卡塔克隆起的塔中一号油气田; 雅克拉断隆的雅克拉、波斯坦(东河塘)及轮台油气田(藏); 阿克库勒鼻凸的阿克库勒油气田; 沙西断褶带的沙西I号南和英西油气藏等。

(2) 在古隆起和古凸起背景上发育的背斜带具有富集油气成田成藏作用。世界上大油气田的突出特点之一是多属大面积短轴背斜圈闭, 或由多种多个圈闭组合控油, 或由一个或几

个构造带控油。塔北亦具有这些特点。①雅克拉断块潜山-背斜带，位于雅克拉断隆南部，受古老断隆和其南侧轮台大断裂控制^[4]。背斜带上有雅克拉、托库 I、托库 II、达格和波斯坦（东河塘）5 个局部构造。有 6 口井获得工业油气流。发现两个油气田（藏）：雅克拉大型凝析气田，古生界有 3 个产层（Z、Є、O），沙参 2 井在奥陶系日畅喷原油 1000 m³，天然气 200×10⁴m³；中生界有两个产层（J、K₁），沙 5 井在下白垩统日初喷原油 500 m³，天然气 240×10⁴m³；目前控制地质储量已达到大型气田储量标准。波斯坦（东河塘）油藏，突破上古生界石炭系产层，东河 1 井日产原油 389 m³，气少量；在中生界也见到良好显示。②阿克库勒穹隆大背斜，位于长期发育的阿克库勒鼻凸之上，圈闭面积 5800 km²，闭合高度 650 m。其上有 3 排背斜带，有 13 个局部构造和 8 个地震隆起显示；已有 19 口井获得工业油气流，发现阿克库勒油气田。该油气田已发现 4 个产层（O、C、T、J-K₁）。其中奥陶系为剥蚀潜山，有 3 块富集区（阿克库木南潜山、阿克库木东潜山、阿克库勒潜山），面积 185 km²，有 10 口井获工业油气流，单井酸化后最高日产原油 500 m³。石炭系为受奥陶系潜山控制的断块背斜和楔形沉积体，从轮南 9 井往南有一片富集区，面积约 300 km²，有 5 口井见工业油气，沙 18 井日初喷原油 1400 m³，天然气 420×10⁴m³。三叠系受披覆背斜和沉积砂体控制，有两块富集区（阿克库木断块潜山-背斜带，阿克库勒断块潜山-背斜带），面积 160 km²，有 11 口井获工业油气，轮南 2 井日产原油 700 m³，沙 22 井初喷日产原油 1000 m³，天然气 20×10⁴m³。③沙西构造群，位于沙西断褶带东部，包括沙西 I 号、沙西 I 号南高点、沙西 I 号北高点、英西等局部构造。特点是以内幕背斜为主，构造完整，拱褶高大，受 NE 与 NW 两向构造线横跨复合控制。已有 2 口井获工业油气流，突破两个古生界层位（Є、O），发现两个油气藏。沙西 I 号构造南高点油气藏，面积 20 km²，英买 1 井在奥陶系酸化后日产原油 353 m³，天然气少量。英西油气藏，面积约 170 km²，英 7 井在寒武—奥陶系白云岩日产原油 220 m³，天然气少量。

上述油气成果初步显示了大型油气田的规模和前景。今后随着向大型生油坳陷的坳中隆上开拓，将会有更大的发现。

四、地温梯度低，长期生油，多期供油，油气资源丰富

(1) 塔北地区不同于国内外许多含油气盆地的特色是，长期处于低地温状态。地温梯度加里东期 2.1—2.8℃/100 m，海西期 2.4℃/100 m，印支—喜山早期 1.6—2.3℃/100 m，喜山晚期 1.8—2.5℃/100 m。根据古地温和沉积埋藏史等测算出不同地质时期各生油层的生烃成熟度：加里东期寒武系在深坳陷部位已具备了生烃供油能力；海西早期是寒武系及深坳陷部位奥陶系油气形成的鼎盛时期；海西晚期奥陶系具备了全区性大规模供油能力；燕山—喜山期沙雅斜坡及隆起地带的寒武—奥陶系出现二次生油，坳陷区石炭—二叠系处于生油高峰期，三叠—侏罗系进入低熟—成熟生油阶段。由于地温梯度低，减缓了生油母质的热降解速率，增大（厚）了“生油窗”，使深埋 5000—6000 m 以下的古生界能长期生油，直到喜山期仍保持巨大的生油能力。因此，区内生油层具有长期生油和多期供油特点，特别是海西晚期及燕山—喜山期最具规模。

(2) 油气资源丰富。用成因体积法计算得油气资源总量为 105.13×10⁸ t，其中油 71.99×10⁸ t，气 33.14×10⁸ t。资源分布是：满加尔坳陷 57.04×10⁸ t，满西浅坳 4.42×10⁸ t，阿瓦提断陷 8.33×10⁸ t，沙雅斜坡 30.24×10⁸ t，库车坳陷 5.10×10⁸ t。用勘探层法和随机勘探模

拟法计算的资源量：雅克拉断隆 5.64×10^8 — 10.97×10^8 t，沙西断褶带 5.05×10^8 — 10.50×10^8 t，阿克库勒鼻凸 5.88×10^8 — 11.85×10^8 t。从而定量地展示了塔北巨大的油气资源潜能。

五、多储油层系，多储集类型，储集层叠置连片

(1) 储油层位多，产层多，分布广。区内从上震旦统至上第三系至少有 12 个地质层位可做储集层，各层位发育多种可供储油的沉积相带和储集体。已有 8 个层位 (Z、Є、O、C、T、J、K₁、K₂-E) 获得工业油气流。按岩石类型主要有白云岩储层、灰岩储层和碎屑岩储层三类。白云岩储层最好的层位是中上寒武统下丘里塔格群及下奥陶统上丘里塔格群下部，较好的层位是下寒武统肖尔布拉克组和上震旦统奇格布拉克组。灰岩储层主要是下奥陶统上丘里塔格群中上部。碎屑岩储层最好的层位是上第三系苏维依组、上白垩统一下第三系、三叠系和石炭系，较好的层位是下白垩统底块砂岩及志留—泥盆系。这些储层多数呈区域性大面积展布。

(2) 储集空间类型多。白云岩储层：主要有晶间溶孔、晶间孔、微裂缝、溶蚀洞穴等。受海西期末古表生溶蚀作用控制，多形成裂缝孔洞型储层，沙 7 井孔隙度 5.6—13.8%，渗透率 $187.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，沙参 2 井晶间孔直径一般 5 μm ，最大 200 μm ^[4]。灰岩储层：主要有溶孔、溶洞、裂缝、微孔隙及缝合线孔隙等。缝合线孔隙是指缝合线本身及沿缝合线溶蚀所形成的次生溶孔；微孔隙是指直径为几至几十微米的孔隙，沙 14 井扫描电镜微孔隙面孔率高达 15—20%，其分布与缝合线关系密切；灰岩储层物性差，已发现的储层属以微孔为基础，以缝合线及裂缝为通道的非常规储层。碎屑岩储层：有粒间溶孔、粒间溶蚀扩大孔（超大孔）、粒内溶孔、沿裂隙的溶缝等。成岩研究表明，三类储层均以次生溶孔为主，有利于储集空间发育的成岩作用主要是溶蚀（深部溶蚀、古表生溶蚀）作用和白云石化作用。由于地温梯度低，成岩演化缓慢，深埋 3000—5800 m 仍有良好的次生孔隙。如波斯尼亚石炭系碎屑岩，埋深 5700—5800 m 平均孔隙度 15%±，高者达 20—22%，平均渗透率 $60 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，高者 200×10^{-3} — $400 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；阿克库勒三叠系碎屑岩，埋深 4500—5000 m，平均孔隙度 20%±，平均渗透率 400×10^{-3} — $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。从而大大拓宽了油气勘探深度。

(3) 多储层叠合连片。雅克拉-波斯尼亚地区，前中生界顶部不整合面 (T₅⁰) 之下，从 NE 向 SW 依次为震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系产层连片分布，不整合面之上叠覆侏罗系、下白垩统高产油气层。阿克库勒地区，从南向北依次为志留—泥盆系、石炭—二叠系、三叠系储层横向连片，三者之下掩伏奥陶系储层，之上叠覆侏罗—白垩系储层。这种储层大面积叠合连片，对寻找不同时代不同深度油气田（藏），对形成多储层连片的大型油气田均提供了有利条件。

六、多套致密盖层，层层扩大封盖，保存条件好

美国二叠盆地、西内盆地古生代隆拗褶皱被二叠系蒸发岩和更新的泥质岩稳定铺盖，使古生界大油气田保存完好^[5]。塔北雅克拉大型凝析气田 74% 的储量分布在下白垩统区域性盖层之下，26% 的储量分布在侏罗系局部盖层之下。说明油气藏分布与盖层发育密切相关，油气丰度受封盖条件控制。

塔北地区早古生代沉积范围大，海西期构造运动造成隆拗相间，使古生界褶皱、剥蚀或

缺失，中生代各拗陷区大面积平缓沉积铺盖，新生代全区性接受巨厚沉积。这种沉积构造展布造成：①盖层层位多。上第三系吉迪克组和下白垩统泥质岩、膏泥岩是两套良好的区域性盖层；三叠系、下石炭统上部及志留—泥盆系泥质岩为三套较好的地区性盖层；下石炭统下部蒸发岩为好的局部盖层，侏罗系泥岩夹煤层及中上奥陶统泥质岩夹泥灰岩为较好的局部盖层。每套盖层厚度为50—350 m不等。②盖层质量好。微孔隙结构偏细（中值半径2.2—3.5nm），突破压力普遍较高（ $>10\text{MPa}$ ），封盖性能好，多数为I—II级好盖层。③多套盖层叠置展布。局部性、地区性盖层在下，区域性盖层在上，从古生界到中生界到上第三系沉积展布范围呈披盖式层层扩大，最有利于油气的封盖和保存。

七、多类型圈闭，多期和晚期成藏，多种成藏模式

(1) 圈闭类型多。区内已发现局部构造107个，其中地表构造58个，覆盖区构造49个。覆盖区还发现14个地震隆起和一批沉积砂体、碳酸盐岩隆及零星侵入体。物探和钻井查明多条不同性质不同级别的断层。根据对这些地质体和已经证实的油气田（藏）分析，认为：①圈闭类型可分构造圈闭、地层岩性圈闭和复合圈闭3大类，8个亚类，19个小类。已知含油圈闭18个，以构造圈闭为主，占油气藏总数的44.4%。据47个局部构造的6层构造面统计，圈闭总面积达8840 km²，单层圈闭面积大于50 km²的构造有14个，最大的阿克库勒奥陶系背斜圈闭面积5800 km²，为寻找大型油气田指出了方向。②不同时代地层的圈闭（或油气藏）类型不同。前震旦系和下古生界以潜山、内幕背斜和地层不整合遮挡型圈闭为主；上古生界多为牵引背斜型、背斜-断层型和背斜-岩性型圈闭；中、新生界以披覆背斜和复合型圈闭为主。③高产能的圈闭类型有断块潜山、披覆背斜、牵引背斜、披覆背斜-断层、披覆背斜-砂体等。④寻找地层岩性圈闭的主攻方向是：寒武—奥陶系台地边缘相带，志留—泥盆系地层缺失尖灭带，石炭—二叠系滨岸相带，中、新生界河流-三角洲和滨浅湖相带。

(2) 多期成藏和晚期成藏是本区重要特点。前面已述，低地温梯度造成区内有机母质长期生油、多期供油。经过对多套油源层油气生成期、圈闭形成期、断裂发生和活动期、储层储集空间形成演化期的综合研究，发现四者匹配得当的烃类聚集成藏期有4个（图3），最有利的聚油成藏时期是海西晚期及燕山—喜山期，其次是海西早期，而加里东期成藏条件较差。①海西晚期，区域构造格局已基本定型，一大批局部构造已经形成；加里东和海西早期形成的不整合面可以成为良好的油气运移通道；断裂强烈活动，有利于油气运移；满加尔拗陷的寒武—奥陶系尤其是奥陶系已进入成熟—高成熟阶段，可以提供大量油气；因此，海西晚期成为区内主要的聚集成藏时期。沙西地区英买1井、沙13井奥陶系产层的油气，沙11井志留系油砂都是该期的油气聚集；阿克库勒鼻凸轮南1井和沙14井奥陶系原油亦是该期聚集成藏的。②燕山—喜山期，各种类型的局部构造和圈闭全部成型；断裂再次强烈活动，切穿中生代地层，成为油气运移和再分配的良好通道；拗陷区的寒武—奥陶系虽然成熟度已很高，但斜坡地带的奥陶系进入二次生油高峰，有巨大生油能力，石炭—二叠系、三叠系、侏罗系在喜山期进入生油阶段；古生界和中、新生界各类储层的储集空间良好；古生界断隆、侵蚀潜山之上已有良好的盖层。因此，塔北出现了配置条件最佳的燕山—喜山期晚期油气聚集。已发现的雅克拉、轮台、阿克库勒油气田（藏）主要产层的油气就是此期聚集成藏的。占雅克拉凝析气田74%储量的中生界油气藏也是晚期聚集成藏的。

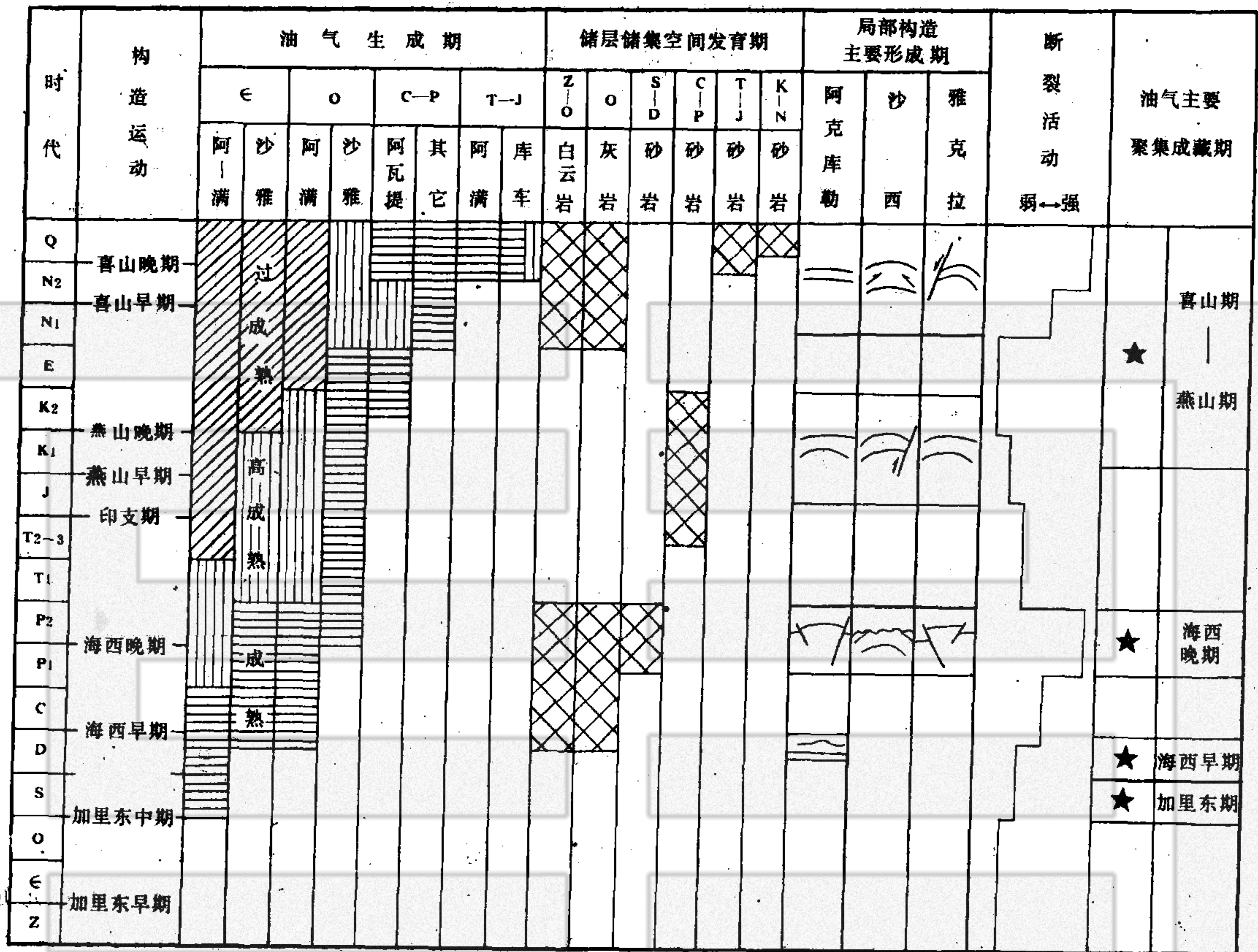


图3 塔北地区油气与构造配置关系图

Fig. 3 The collocation relation between hydrocarbon and structures in North Tarim Region

(3) 多种成藏模式。根据塔北已发现的油气田(藏)及区域石油地质特点,总结出该区有6种油气藏成藏模式(表1),3种油气田结构模式(图4)。从勘探效益出发,古生古储、后生古储、后生新储3种模式油气藏是当前主要勘探对象;而双层结构和多层结构油气田是寻找大型油气田的重点对象。

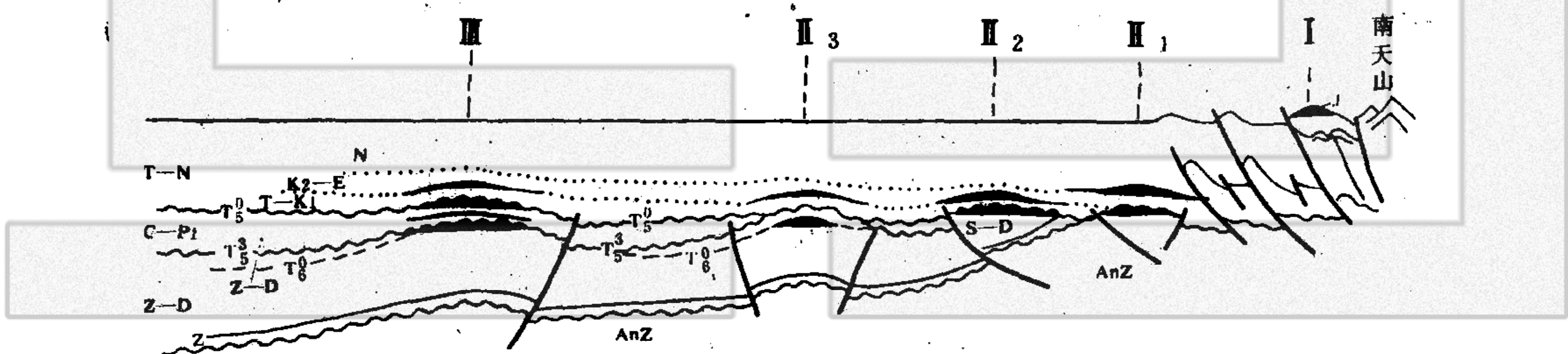


图4 塔北地区油气田结构模式图

Fig. 4 Structural model of oil and gas fields in North Tarim Region

四层结构指:中生界(T-N),上古生界的石炭—二叠系(C-P),下古生界和震旦系(Z-D),前震旦系(AnZ); I—单层结构油气田模式(库车依奇克里克式), I₁—双层结构油气田模式(I₁—轮台式, I₂—雅克拉式, I₃—沙西式), II—多层结构油气田模式(阿克库勒式)

表 1 塔北地区油气藏成藏模式分类表

Table 1 Classification list of formation model for hydrocarbon pools in North Tarin Region

成藏模式	古生古储 (沙雅西型)	后生古储 (雅克拉型)	后生新储 (阿克库勒型)	新生新储 (轮台型)	新生古储	古生新储
定义	海西期前生, 储层为古生界 油源岩 e-o	海西期后生, 储层为古生界及不整合面 油源岩为 e-o, c	海西期后生, 储层为中生界 油源岩为 e-o, c	喜山期生, 储层为中生界 油源岩为 T-J	喜山期生, 储层为前中生界 油源岩为 T-J	海西期前生、聚, 经后生改造重新分配, 于中生界储层内成藏 油源岩为 e-o
分布	沙雅西沙 13 井 (O) 沙 11 井 (D-S)、英买 1 井 (O)	雅克拉沙参 2 井 (O)、沙 7 井 (e)、沙 4 井 (Z)	阿克库木轮南 1 井、轮南 2 井 (T)、雅克拉沙 4 井、沙 7 井 (J)、沙 5 井 (K)	轮台沙 3 井 (K ₂ -E) 库车依 5 井 (J)	阿克库木沙 9 井 (O) 轮台沙 3 井 (P ₁)	满加尔坳陷周缘具备此类成藏条件
油气特点	后生变化大, 油质重, 气油比低	保存好, 油质轻, 气油比高	保存好, 后生变化小, 油质轻, 气油比高	石蜡型轻质油	多与海相油气混合	油质较好, 气油比很高

八、区域性不整合面和大断裂是形成大油气田的重要条件

世界上大油气田的形成多与区域不整合面和大断裂密切相关。苏联滨里海盆地有 86 个油气田, 古生界盐下组合与孔谷阶盐层和中、新生界之间为巨大的角度不整合, 是该盆地形成古生界和中生界大油气田的重要条件*。美国二叠盆地发现 4400 多个油藏和 900 多个气藏, 拥有 900 多亿桶石油和 $31 \times 10^{12} \text{m}^3$ 天然气的特大型油气聚集, 其二叠系及更新地层不整合在前二叠系组成的隆起上, 中央隆起的最高部位二叠系直接盖在奥陶系之上, 不整合面上下的古生界各层系均富集油气^[5]。

塔里木盆地北部基底之上有五个区域性不整合侵蚀间断面叠置分布, 与油气关系最密切的是石炭系与泥盆系之间 (T_5^3) 及古生界与中、新生界之间 (T_5^0) 两个角度不整合面 (图 4), 使不同时代新地层盖在不同时代老地层之上。如雅克拉断隆侏罗、白垩系直接盖在奥陶、寒武、震旦、前震旦系之上, 沙雅斜坡的三叠系和石炭系盖在奥陶系之上。从而造成有利的成油条件: ①不整合面之上的风化壳和底砂岩是重要的储油层, 不整合面之下的 (下古生界) 碳酸盐岩淋滤溶蚀带是良好储集体。②不整合侵蚀切割造成的区域性地层岩性尖灭带 (S-D, C-P₁) 能形成广泛分布的油气储集体。③区域性不整合面长距离沟通了油气源区与聚油区, 为油气运移和使不同层位油气连通提供了良好通道。④使那些直接盖在古生界油气源层之上的中、新生界良好储层 (T、J、K₁), 因“近水楼台”而成为高产富集油气层。⑤不整合面控制多种类型圈闭的形成, 地层超覆和地层不整合遮挡均能形成油气圈闭。塔北现有的主要油气田 (藏) 多数分布在不整合面上下。如雅克拉构造前中生界顶部 (T_5^0) 不整合面之下找到震旦、寒武、奥陶系断块潜山油气藏, T_5^0 不整合面之上找到中生界侏罗、白垩系披

* Г. А. Габриэлянц, 滨里海含油气省, 陈尚本译, 西北石油普查, 1986, (1-2), 47-49.

覆背斜油气藏。阿克库木构造 T_5^0 不整合面之下找到奥陶系断块潜山油气藏, T_5^0 之上找到三叠系披覆背斜油气藏。阿克库勒构造和艾协克构造 T_5^0 不整合面与 T_5^0 不整合面重合, 不整合面之下找到奥陶系断块潜山油气藏, 之上找到石炭系背斜加复合砂体油气藏……总之, 塔北地区不整合面具有控制油气聚集成藏的重要作用。

区内有几组大断裂十分发育, 其控油作用表现在: 不同级次的断层、节理、劈理、裂隙等, 构成了裂缝体系, 改善了储集性能, 增加了储集空间。“油气顺着断裂跑”, 那些出现在大型坳陷与隆起相邻边界上的大断裂, 使生油坳陷的丰富油气沿着断裂带和裂缝体系运移及储集, 并将深部古生界的油气运移到中、新生界成藏。断裂同不整合一样, 控制不同构造层中各类圈闭的形成和油气聚集。已经发现的油气田藏多数与断裂密切相关。如沙雅-轮台大型逆冲断裂带, 长 320 km, 水平断距 3.5—5 km, 垂直断距 1000—4000 m, 是塔北隆起区与塔东北坳陷区的边界断裂, 长期多期活动, 沿断裂带形成断块潜山、牵引背斜、披覆背斜、地层超覆等多种类型圈闭, 已发现雅克拉、轮台、波斯坦等油气田(藏)。

诚然, 塔北也有“地质构造复杂, 勘探难度大的”一面。诸如: 多套生油层形成复杂的油气类型, 使原油和天然气性质、成分千变万化难于掌握; 寒武—奥陶系生油岩成熟度偏高, 气油比高, 给开发和利用带来困难。多储油层系造成勘探目的层分散, 地层压力多变, 增加钻探和开采的难度。多种油气藏类型造成富集成藏规律很不一致, 油水边界、油气边界各不相同, 十分复杂……因此, 发现油气田相对容易, 但探明大油气田, 则需要投入相当多的人力、物力和时间。对此要有足够的准备。

国内外专家测算塔里木盆地油气资源量 $120 \times 10^8 - 180 \times 10^8$ t, 而本区占 105×10^8 t 以上, 列为全国 I 类油气资源区。目前, 已经发现 6 个油气田(藏)和一定数量的油气储量, 初步展现出大型含油气区的规模和前景, 说明在本区找到大型和特大型油气田, 增加油气储量和产量是现实的。只要继续深入扎实地做好各项工作, 预期不久的将来, 塔北地区将会成为我国重要的石油工业后备基地。

参 考 文 献

- [1] 冯 石、张 恺等, 构造地质学, 石油工业部勘探培训中心出版, 1981: 252—253。
- [2] 陈发景等, 板块与油气盆地, 中国地质大学出版社, 1988: 53—144。
- [3] 童崇光主编, 油气地质学, 地质出版社, 1985。
- [4] 周永昌, 天然气工业, 1987; 7 (3): 12—16。
- [5] Ward R. F., et. al., *Bull AAPG* 1986; 70: 239—262。

GEOLOGICAL CONDITIONS FOR FORMATION OF LARGE OIL AND GAS FIELDS IN NORTH TARIM BASIN

Zhou Yongchang Jia Runxu

(Northwest Bureau of Petroleum Geology, MGMR, Urumqi)

Abstract

Geological conditions for the formation of large oil and gas fields in North Tarim are: 1. Geotectonic location being placed at the edge of Tarim Plate near the active belt of southern Tianshan; 2. The presence of multiple large superposed oil generation depressions; 3. Large uplift and anticlinal zones that controlled hydrocarbon; 4. Abundant organic matter, low-geothermal field, long term of oil generation, multi-stage oil providing and rich oil and gas resources; 5. Multiple reservoir systems, various reservoir types and the reservoir beds that were superposed and joined together; 6. Multiple compact caprocks, expanded sealing covers and favourable preserving condition; 7. Various types of traps, multi-stage or late-stage formed pools and various kinds of pool-formation pattern; 8. Regional unconformity surface and large rift. The hydrocarbon potential reserves in North Tarim Region are estimated to be 105×10^8 t, and the region is considered to be the primary hydrocarbon resources province. Compared with those basins contain large oil and gas fields both at home and abroad, the present region has favourable geological conditions and it will become surely an important succession base for China's petroleum industry in the near future.