

文章编号: 0253-9985(2001)01-0021-05

塔里木盆地大气田形成的地质条件

康玉柱

(中国石化新星公司西北石油局, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 塔里木盆地具有形成大气田的地质条件: (1) 多时代、多类型盆地叠加; (2) 具多时代气源岩, 气资源十分丰富; (3) 多个大型古隆起、断裂、区域不整合为气运移聚集提供了良好场所; (4) 有多时代、多类型的储盖组合; (5) 既有油型气又有煤型气, 以凝析气居多; (6) 气藏(田)以构造和地层不整合类型为主。天然气主要分布在克拉通隆起、断裂带以及前陆盆地断褶带内。

关键词: 天然气; 克拉通盆地; 前陆盆地; 气源岩

作者简介: 康玉柱, 男, 64岁, 教授级高级工程师, 石油地质

中图分类号: P618.13 文献标识码: A

按党中央、国务院西部大开发和西气东输的战略方针和决策, 将塔里木盆地北部作为西气东输的资源基地是完全正确的, 也是现实的。塔里木盆地不但是我国主要的含油大盆地, 更是含气大盆地, 天然气资源十分丰富, 初算为 $8.5 \times 10^{12} \sim 10 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 为全盆油气资源量 $200 \times 10^8 \text{ t}$ 的 $1/2$ 左右, 约占全国天然气资源总量的 $1/4$ 左右, 特别近年来先后在塔北、塔中、库车等地发现 18 个大中型气田, 使塔里木盆地天然气探明储量达 $5\,425 \times 10^8 \text{ m}^3$, 成为我国继四川、鄂尔多斯盆地之后的第三大气区。

1 地质特征

1.1 有利的区域构造部位

通过“八五”攻关认为, 古亚洲实际上是西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔及塔里木三个地块的聚敛。塔里木盆地西南昆仑山边缘坎地里克奥陶纪笔石砂岩页岩复理石的发现及西昆仑早古生代库地洋的证实, 进一步确认塔里木的古生代历史受控于古亚洲。因此, 塔里木盆地演化, 同时受到古亚洲(早期或古生代)及特提斯—喜马拉雅(晚期或新生代)两个构造域的叠加影响, 也就是中、新生代的塔里木盆地是上叠在加里东及华力西两期变形的“古亚洲”背景上^[1]。

特提斯构造域, 尤其是新特提斯开合运动所产

生的远距离的效应——碰撞效应, 影响并控制了盆地中、新生代的演化。特提斯—喜马拉雅作为一条横贯世界南北两个古大陆间的一条超巨型陆—陆碰撞型山链, 塔里木位于此山链北侧的后陆部位上。该带与特提斯造山带南侧的前陆盆地一起, 构成了当今世界上最重要最富集的油气区。

1.2 多时代多类型盆地的叠加

1.2.1 震旦纪—奥陶纪

震旦纪—奥陶纪是裂陷—克拉通盆地的演化阶段。它的展布是以巴楚型的碳酸盐岩台地为核心, 通过东、北、南三面分别过渡到非补偿的深海盆地相。以下寒武统为代表的这种缺氧的低沉积速率的静海沉积, 是一套微细层理发育的黑色页岩、含磷硅质岩、黑色硅质岩, 夹中基性火山岩, 为一套富含有机质(I型干酪根)的盆地中最主要的油气源岩, 代表一种浪基面以下不受生物扰动的深海环境, 这就是所称的静海盆^[2]。

1.2.2 志留纪—泥盆纪

由于南天山的挤压作用, 使塔里木地块与哈萨克斯坦地块拼合, 塔里木形成挤压型克拉通挠曲拗陷盆地。这时塔北沙雅隆起、塔中隆起已具雏形。由于海水不断退却海平面下降, 发展到以陆相为主的堆积, 形成良好的储集层(体)。

1.2.3 石炭纪—二叠纪

该时期是塔里木古生代第二次开合旋回。自石炭纪开始古特提斯洋扩张, 南天山形成新的裂陷槽带, 塔里木海平面上升, 形成了克拉通内拗陷盆

地。海水自东向西加深并呈现向西南开口的新格局。在塔里木西南出现了浅海陆棚相—开阔台地相的灰岩、泥质岩,形成塔里木古生代第二套主要油气源岩。

1.2.4 三叠纪—侏罗纪

海西末期的构造运动使天山、昆仑山及阿尔金山山链形成,在天山山前形成了库车前陆盆地;在西南地区形成了喀什—叶城前陆盆地;在东南地区形成且末—若羌前陆盆地。除此之外在塔里木中部形成了陆内浅坳盆地。这两种类型的盆地均发育有浅湖相—湖沼相的暗色泥页岩,其中有机质丰富,是中、新生代主要的油气源岩。

1.2.5 晚白垩世—早第三纪

该时期由于盆地周边造山带持续上升,迫使盆地不断沉降,三叠纪—侏罗纪前陆盆地沉积面积扩大,原沉积中心分别向盆内迁移。特提斯洋从西部的阿莱依峡侵入塔西南地区,从而堆积了一套滨海—泻湖相的碳酸盐岩及砂泥岩,并形成了新的一套具生油能力的油气源岩。总体为晚期前陆盆地阶段。

1.2.6 晚第三纪

晚第三纪受印度地块与欧亚大陆的碰撞拼合及此后的陆内俯冲产生的强大推挤,天山、昆仑山和阿尔金山快速崛起,塔里木盆地快速沉降,使晚

第三纪之前分割的盆地转变为统一的陆内盆地,并沉积了4 000~10 000 m的陆相地层,造就了良好的封盖条件。

由于古、中、新生代多类型的叠加复合,使塔里木盆地成为占中国显生宙沉积岩体积四分之一的盆地。

1.3 天然气资源丰富

这是一个拥有面积560 000 km²,显生宙沉积岩平均厚度达到10 000 m,以及沉积岩体积超过5 000 000 km³的巨大沉积盆地。沉积岩的体积几乎等于中国东部松辽、华北及中部四川、鄂尔多斯4个盆地之和,占全国沉积岩体积的近1/4(表1)。

表1 塔里木盆地沉积分布面积、体积与中国中东部几个盆地的对比

Table 1 Correlation between areas and volumes of sedimentary rocks in basins

盆地名称	松辽	华北	四川	鄂尔多斯	塔里木
沉积岩面积/10 ⁴ km ²	26.1	31.3	23	32	56
沉积岩体积/10 ⁴ km ³	65.25	83.56	65.45	57.6	2 400

在上述巨大显生宙沉积体系中,形成了多个大型生油坳陷,如满加尔、阿瓦提、喀什—和田、库车、唐古巴斯等坳陷。各时代生油气岩厚度为1 000~3 000 m,全盆地油气资源总量达200×10⁸ t。其中天然气资源量8.5×10¹²~10×10¹² m³,表明天然气资源十分丰富,并已发现大中型气田18个(图1)。

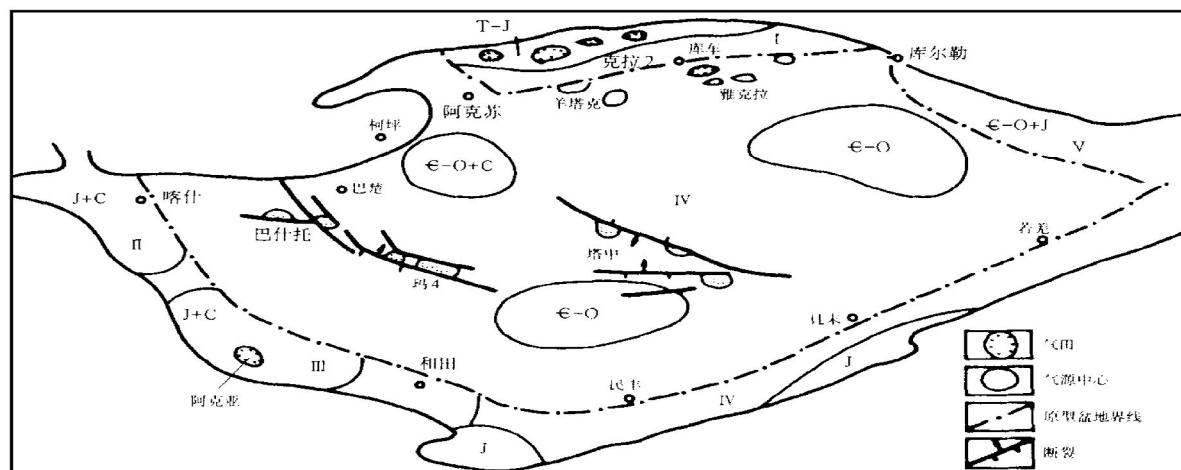


图1 塔里木盆地气田及气源岩分布图

Fig. 1 Distribution of gas fields and source rocks in Tarim Basin

I—库车前陆盆地; II—喀什前陆盆地; III—叶城—和田前陆盆地; IV—塔东南前陆盆地;

V—孔雀河前陆盆地; VI—塔中克拉通盆地

实践证明,无论是海相还是陆相,无论是碳酸盐岩、泥质岩还是煤层,无论是腐泥型还是腐殖型,

不同类型的源岩都有形成大、中型气田的气源条件,根据岩相、岩性、有机质类型、可溶组分的组成、

生源构成和成烃演化特征, 可将形成大、中型气田的源岩分为以下的三大类。

1.3.1 碳酸盐岩气源岩

碳酸盐岩是盆地大、中型气田重要的天然气源岩类型。碳酸盐岩在塔里木连片分布的总面积达 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$, 层位从上元古界至二叠系, 白垩—下第三系也有小范围分布。

海相碳酸盐岩以台地相为主, 有各种灰岩和白云岩。模拟实验结果表明, 碳酸盐岩具有三段式生烃模式: 早期生物大分子解聚成烃阶段、干酪根降解生烃阶段、以及深成作用后期和变生阶段包裹体有机质的释放成烃阶段。碳酸盐岩成气高峰处于成熟晚期至高成熟早期阶段和高成熟末期至过成熟早期阶段, 前者与可溶沥青早期裂解有关, 后者与沥青的重烃进一步裂解及包裹体有机质释放有关。这些作用为大、中型气田形成贡献甚大^[2]。

以塔中地区为例, 进行气源岩对比*。

(1) 应用 C_1 — C_4 碳同位素值对比结果, 塔中北斜坡上的天然气碳同位素比值的组成, 与富含藻的中、上奥陶统泥灰岩具很好的一致性; 中部凸起上天然气成气母质类型属腐泥型, 与寒武系—下奥陶统烃源岩有好的对比性。

(2) 对 TZ1 井天然气进行的生物标志化合物检测表明, 天然气具有较多的重排甾烷和较高的 C_{34} 、 C_{35} 藿烷, 与寒武系谱图形状相似(图 2), 与其它地层生物标志物谱图相差甚远, 因此判断 TZ1 井天然气来源于寒武系。

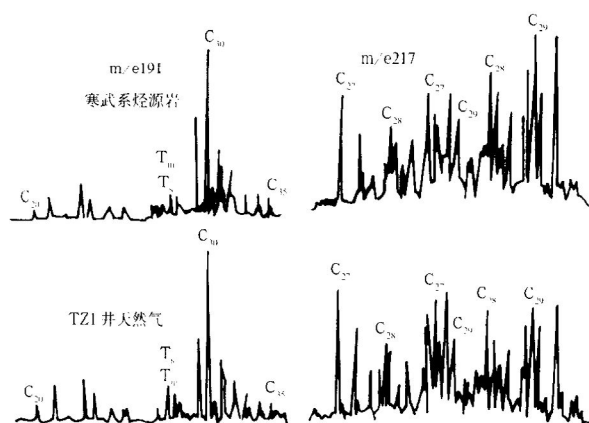


图 2 TZ1 井天然气与气源岩生物标志物组成分布对比图

Fig. 2 Biomarker Comparison between composition and distribution of natural gases and source rocks in TZ1 Well

(3) 应用轻烃碳同位素对比结果表明, 塔中 6 井天然气来源于奥陶系烃源岩; 塔中 4 井主要来源于寒武系—下奥陶统。

1.3.2 煤系气源岩

煤系气源岩是大、中型气田形成的重要源岩。塔里木盆地主要层位是三叠—侏罗系, 分布在盆地的周边前陆盆地和塔北的内陆浅拗陷盆地中, 气源岩厚度一般 100~1 000 m, 气资源也十分丰富。

塔北沙雅隆起羊塔克油气田全油碳同位素和组分碳同位素值较重, 全油碳同位素值为 -2.61‰ ~ -2.54‰ , 饱和烃碳同位素值为 -2.91‰ ~ -2.76‰ , 芳烃碳同位素值为 -2.71‰ ~ -2.57‰ , 这与三叠系泥岩抽提物碳同位素值相当。原油色谱分析姥植比为 1.66~2.89, 介于三叠系泥岩抽提物和侏罗系泥岩之间。

羊塔克油气田的天然气中甲烷为 68.38% ~ 92.38%, 乙烷为 4.85% ~ 12.9%, 丙烷为 0.97% ~ 2.25%, CO_2 为 0.05% ~ 0.39%, 氮气为 1.1% ~ 7.86%。甲烷碳同位素值为 -3.87‰ ~ -3.73‰ , 乙烷碳同位素值为 -2.43‰ ~ -2.30‰ , 丙烷碳同位素值为 -2.65‰ ~ -2.43‰ , 应属煤成气。据此判断气源于库车拗陷三叠—侏罗系源岩。乙烷碳同位素与丙烷碳同位素值的倒转可能是不同来源油气的混合引起的**。

1.3.3 泥质岩气源岩

泥质岩亦是塔里木盆地一个重要气源岩之一, 以古生代海相泥质岩为主, 如寒武—奥陶系暗色泥页岩, 石炭系、下二叠统灰色泥质岩等, 主要分布在塔里木盆地中部广大地区, 一般厚度 100~300 m, 生气能力亦较大。

气源供给的丰富程度是形成大、中型气田的先决条件, 勘探实践证明, 大、中型气田均具有分布范围大, 生气强度高的气源。而生气强度高的气源岩及相对厚度大小与形成大、中型气田关系密切。

1.4 优越的构造条件

(1) 多期构造运动的叠加, 使塔里木盆地形成了多个区域性不整合, 对气的远距离运移和聚集有重要作用。

(2) 塔里木盆地因长期受南北向的挤压和压扭动力作用, 造成该盆地中三组区域性大断裂, 即 NW、NE 和近 EW 向的大断裂, 控制了全盆地的构

* 李剑. 塔里木盆地塔中地区天然气气源对比. 1999

** 李小地. 塔里木盆地羊塔克油气田的特征. 1999

造格局。这些断裂具有长期活动的特点,是油气运移和聚集的主要因素之一。目前已发现的油气田无不与断裂构造有关。

(3)多旋回开合运动,造就了塔里木多个大型隆起区(带),如中央隆起区(面积为 $8.9 \times 10^4 \text{ km}^2$)、沙雅隆起(面积为 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$)、顺托果勒隆起(面积约 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$)、北民丰-罗布庄断隆(面积为 $5.2 \times 10^4 \text{ km}^2$)、莎车隆起(面积为 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$)和三大斜坡(麦盖提、孔雀河、古城墟)。这些隆起和斜坡毗邻生油坳陷区,成为油气运移的指向地区。

(4)盆内扭动应力场形成的局部构造极其发育,成排、成带、成群分布,并构成多种构造类型,单构造面积大。全盆地共发现150多个局部构造,一般都在几十平方公里以上,尤其阿克库勒($4\,000 \text{ km}^2$)、塔中一号($8\,200 \text{ km}^2$)、塔东一号($3\,600 \text{ km}^2$)等构造凸起面积巨大。目前发现的大中型油气田主要在这些隆起上。因此,上述隆起构造为形成大型-巨型油气田创造了优越的条件。

1.5 多时代储层

由于塔里木具多旋回的开合运动,多类型盆地叠加,使盆地形成多时代储层。目前已在塔里木盆地10个层系(上震旦统、寒武系、奥陶系、志留系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系、下第三系和上第三系)中皆发现了油气田,其他各系均见油气显示。这样多时代的储层,在国内外实属罕见。

该盆地既有中、晚古生界和中、新生界的碎屑岩储集类型,又有震旦系和寒武系-奥陶系、石炭系-二叠系的碳酸盐岩储集类型,而且有多层系储层,储集空间发育。碎屑岩储集的另一个特点,以次生溶蚀孔隙为主,一般孔隙度为15%~25%,渗透率为 $6 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最高达 $15\,881 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是高产油气的主要因素,亦是形成大型油气田重要条件。

1.6 多期生气和多期成藏

多期开合导致多时代生烃,多期成藏,主要有5期^[1]。

第1期大致在泥盆纪末期,为塔北首次大规模油气聚集期,哈1井储集性能良好的石炭系上覆在志留系288 m厚的沥青砂岩之上,无沥青显示,从宏观上佐证了它们成藏于早海西期。

第2期为晚海西期,以塔中1井、沙14井、沙9井、沙23井下奥陶统缝合线溶缝含沥青灰岩及东

河2井上泥盆统含沥青砂岩为代表。

第3期为印支-早燕山期,以沙5井上三叠统与石炭系不整合面上、下的含沥青(或稠油)砂砾岩为代表,其芳烃稳定分子化合物组合与前两期有较大差异,低分子量的前半部曲线呈递减式的斜坡状分布;后半部曲线则仍与1、2期近似,整体以高硫芴、高1-甲基菲及低的芴、低的三甲基菲为特征。储集空间是充填于中期粘土矿物胶结物及局部方解石胶结物的溶孔,表明沥青充填时间应在三叠系沉积之后,印支-早燕山期的产物。

第4期为晚燕山期,以沙15井下白垩统含沥青砂岩、下奥陶统含沥青灰岩及沙17井中三叠统含沥青砂岩为代表。芳烃稳定组成较1、2、3期又有较大改观,反映新的油源成分的3-甲基联苯、甲基二苯并呋喃、萤蒽等化合物明显增加,并以高菲、高甲基菲、高二甲基菲的组合,取代了前三种类型中代表下古生界油源特征的丁基萘、三联苯、二甲基菲的三个特征分子。储集空间是砂岩粒间溶孔,沥青充填面孔率可达1.5%,下伏奥陶统含沥青白云岩的沥青则赋存在由断裂所控制的张性裂缝——亮晶白云石脉的溶蚀孔缝中。

第5期为喜山期,塔里木盆地大多数油气藏是这个时期成藏的,如雅克拉、牙哈、克拉2、柯克亚等气田均属此期。

1.7 良好的保存条件

油气的保存条件亦是形成大气田的关键因素。塔里木盆地尽管海西晚期构造运动强烈,使海西期及其以前形成的油气田(藏)遭到不同程度的破坏,但以后的构造运动较稳定,尤其在中、新生代稳定沉降,形成了巨厚的沉积层,一般厚度为4 000~5 000 m。其中泥质岩占一半左右,泥质岩单层厚度也较大,并且含有膏岩盐或泥膏岩,故形成良好的区域性盖层。特别是下白垩统卡普沙良群上部泥质岩和中新统上部吉迪克组的泥质岩,厚度大、分布广,是盆内最佳的区域性盖层。此外,还有中生界、古生界地区性盖层和局部盖层。这就使部分早期形成的油气田(藏),尤其是晚期形成的油气田得以良好保存。因此,塔里木盆地中、新生代构造运动平缓及良好的保存条件,是形成大一巨型气田的又一重要因素。这是我国其他大型盆地(地区)所不能比的。

塔里木盆地具有丰富的油气资源,多时代成油气组合、多期成油气、优越的构造条件和良好的保

存条件。特别是从1984年9月沙参2井实现了我国古生界海相油气田首次重大突破以来,在塔北、塔中、库车等地区连获重大突破,也进一步证明了塔里木盆地是我国石油、天然气工业发展的战略接替区。

2 天然气分布规律

2.1 纵向分布

根据各时代沉积特征及成油气组合自下而上划分为四大含油气系统,即震旦-奥陶系含油气系统;石炭系-二叠系含油气系统;三叠-白垩系含油气系统;第三系含油气系统。

2.2 平面分布

油气分布主要受古克拉通盆地和中、新生代前陆盆地所控制^[1]。

2.2.1 古克拉通盆地

油气主要与古隆起、古斜坡、断裂带和区域性不整合有关。在古隆起古斜坡上油气又受次一级凸起和扭动构造带控制。

(1) 雅克拉-轮台断凸,其上又形成帚状构造带,油气田均分布于三排(北、中、南)构造带内,如北排羊塔克-大涝坝-丘里-拉依苏-提尔根^[3];南排沙西2号-红旗-东河塘-雅克拉-轮西2-轮台。

(2) 阿克库勒凸起上形成了旋扭构造带和盐边构造带,油气主要分布在这类构造带内。该凸起上奥陶系与上覆石炭系之间为区域性不整合面,控制了奥陶统碳酸盐岩油气田分布,是寻找大油气田重要部位,如塔河 1.07×10^8 t级大油田。

(3) 卡塔克隆起上发育了塔中凸起,在凸起上又形成塔中帚状构造带,油气田主要沿帚状构造带分布,如塔中、塔中4,今年又发现塔中北1号断裂构造带奥陶系大场面。

(4) 巴楚隆起沿色力布亚-玛扎塔克断裂控制了乌山气田(O_1)、玛4大型气田(O_1)。

2.2.2 前陆盆地

油气主要分布在前陆断褶带内,大涝坝、牙哈气田分布在前陆斜坡上。

2.3 三套膏盐控气

下第三系膏盐层(塔西南、库车地区)、下石炭统膏盐层及寒武系膏盐层分布广泛,成为油气最佳盖层,目前已在沙雅隆起西部玉东2井下第三系盐层之下发现了高产油气流,塔中寒武系盐下发现油气显示,随着勘探的不断深入一定有更大发现。

2.4 勘探目标

(1) 古隆起: a. 扭动构造带(雅克拉-轮台帚状构造带,塔中帚状构造带)^[3]; b. 克拉通隆起上的奥陶系及石炭系; c. 色力布亚-玛扎塔克断裂带附近。(2) 麦盖提斜坡非构造圈闭等。(3) 前陆盆地断褶带中大型背斜或扭动构造带及斜坡带。

参 考 文 献

- 1 康玉柱,黄有元,黎邦荣,等. 塔里木盆地古生代海相油气田[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 53~64
- 2 康玉柱,张文献,蒋炳南,等. 塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1996. 292~294
- 3 康玉柱. 中国主要构造体系与油气分布[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999

GEOLOGICAL CONDITION FOR FORMING BIG GASFIELDS IN TARIM BASIN

Kang Yuzhu

(Northwest Petroleum Bureau of NSPC, Petroleum and Chemical Industry Ltd. of China, Urumqi, Xinjiang)

Abstract: Tarim Basin possesses the geological condition of forming big gasfields: 1. superimposition of multi-age and multi-type basins; 2. rich gas resources of multi-age source rocks; 3. multi-age and multi-type caprock combinations; 4. multiple palaeo-uplifts, faults and regional unconformities favourable for hydrocarbon accumulation; 5. multi-type of gases with condensed gas in predominance; 6. tectonic unconformity and stratigraphic unconformity being the main types of the gas pools and gas fields. The gases are mainly distributed in cratonic uplift, fault belts and fault-folded belts of foreland basin.

Key words: natural gas; craton basin; foreland basin; gas source rock