

新疆塔里木盆地层序地层格架^①

李兴平 许国明 李静琰 彭彦威 龚允坤

(地质矿产部西南石油地质局“〇五”项目工程处, 贵阳 550301)

笔者运用层序地层学方法建立塔里木盆地层序格架。

从震旦纪到新第三纪盆地演化大体分为两大旋回4个阶段, 沉积了不同类型油气源岩, 造就了多种类型储盖组合、储集体和圈闭。

关键词 层序地层 沉积框架 体系域

第一作者简介 李兴平 男 33岁 工程师 石油物探

塔里木盆地是在漫长地质历史中形成的复合叠加沉积盆地。自元古界至中生界经历了复杂的开合演化, 大体分为两大旋回4个阶段。震旦纪(Z)—晚泥盆世早期(D₃)开合旋回、晚泥盆世晚期(D₃)—新第三纪(N)开合旋回。第一阶段: 震旦纪(Z)—奥陶纪(O), 为拉张背景下的克拉通内盆地及其周边盆地稳定发展阶段, 此阶段发生过两次较大的相对海平面下降和上升, 一次发生在晚震旦世末(T₉), 另一次发生在早奥陶世末(T₈); 第二阶段: 志留纪(S)—晚泥盆世早期(D₃), 为挤压背景下的陆内拗陷盆地与前陆盆地发展阶段; 第三阶段: 晚泥盆世晚期(D₃)—早二叠世(P₁)为不均匀拉张背景下的克拉通内盆地阶段; 第四阶段: 晚二叠世(P₂)—新第三纪(N), 为聚敛背景下陆内拗陷盆地及前陆盆地发展阶段。4个发展阶段的层序格架有很大区别, 它们均受构造、海(湖)平面升降、物源补给、古气候条件所控制。

1 震旦—奥陶纪碳酸盐岩台地发展阶段

自塔里木运动后, 海水大面积退却, 仅在沟谷及槽盆内沉积了低水位的下震旦统, 大部份地区缺失, 晚震旦世海侵扩大, 形成了广泛的海浸—高水位体系域的沉积, 是台地的稳定发展阶段。

1.1 震旦系层序格架(图1)

震旦纪在塔北有两个东西向的周边沉降盆地和一个塔西南周边沉降盆地组成。下震旦统分布在北部阿瓦提与满加尔两个盆地与其他地区的切谷内, 底部在前震旦结晶基底或褶皱基底面上超, 沉积了低水位体系域砂砾岩, 柯坪地表有露头, 横向很快尖灭, 是I型层序界面, 河流回春深切谷普遍发育。满加尔、阿瓦提盆地分别向东、西两侧开口, 从3个方向向台地上超, 厚度在凹陷最深处最大。满加尔沉积中心厚度大于3000m, 目前尚无钻井揭示。

下统在库鲁克塔格地表露头发育, 厚达3000m以上, 为滑塌重力流-浊积岩相, 岩性为

① 该文是在“八五”国家攻关课题(85-101-02-03)报告基础上编写

满加尔盆地的斜坡一下斜坡厚度最大,达 3000~4000m,盆内只有 2000m 以下。塔西南盆地斜坡可达 3000m,再向南欠补偿更薄直到无补偿的凝缩薄层,使寒武系在塔西南逐渐下超而缺失沉积,下奥陶统下超的凝缩段比寒武系更向南。地震反射特征是逐渐下超尖灭,由于沉积物变得很薄,凝缩段薄层可能延伸很远,但地震波已无法识别。

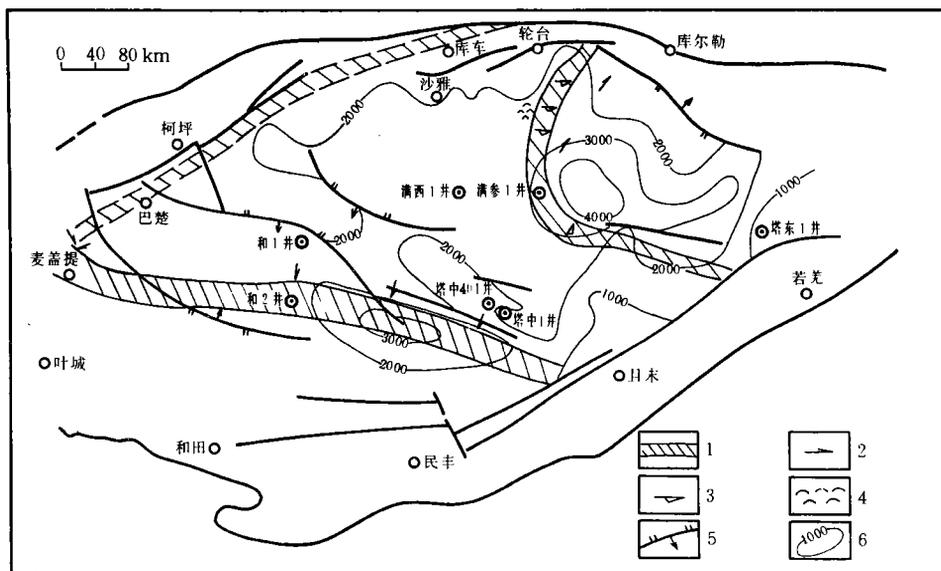


图 2 新疆塔里木盆地寒武一下奥陶统沉积框架及厚度图

1. 前积斜坡区; 2. 上超; 3. 下超; 4. 生物礁滩; 5. 断层; 6. 原厚等值线

西北部边缘盆地大体位于喀什—柯坪以北,因受后期天山褶皱带挤压破坏,难以恢复其原型盆地面貌。

中央碳酸盐台地沉积厚度稳定,中部均为 2000m 左右,局部 1000m 或 3000m,呈反扣的三角碟形。

满加尔和西南斜坡有倾斜的前积反射,前者斜坡陡而窄,后者缓而宽。和田河南段下奥陶统斜坡为“S”型,向玛孔塔克以南下超。

各区层序特征:

(1) 中央台地

乌什、巴楚、库车以南到塔中广大地区,底部玉尔吐斯组黑色泥页岩、含磷硅质岩,富含小壳化石,是台地淹没后海泛最大时期的凝缩段。该组在地震反射上是强振幅,在台地上普遍发育,是好的生油岩,厚度几米到几十米。以上是高水位体系域局限台地灰色白云岩、泥质白云岩、藻白云岩。下奥陶统在巴楚到乌什是台缘生物滩、砂屑滩、鲕粒灰岩及滩坝后低能球粒或泥晶灰岩。塔中 1 井寒武到奥陶系全为白云岩。

(2) 满加尔盆地

斜坡到盆地有丘状杂乱反射的低水位盆地扇堆积,寒武到下奥陶统均由暗色泥晶灰岩、硅质岩、泥页岩组成,厚度向盆地减薄。库南 1 井揭示寒武到奥陶系由泥晶灰岩、泥灰岩组

成。

(3) 库鲁克塔格隆起

为深灰色泥晶灰岩、钙质泥岩、白云岩、黑色泥岩，浅水—深水陆棚相。孔雀河地区为深水海槽浊积岩到盆地相含砾长石砂岩、粉砂岩、泥页岩、硅质岩及泥灰岩。

盆地内塔东 1 井 2766~4801m 为一套低水位体系域沉积物，寒武系是深海远洋盆地灰色泥灰岩、泥晶灰岩、灰质泥岩、硅质钙质泥岩，底部含砾屑、砂屑灰岩，有水平层理及放射虫。下奥陶统为一扇进序列，从远缘扇端到扇近缘水道浊积岩、粉砂、钙质泥岩、含砾粗砂岩等，具包马序列，底冲刷，波状-包卷-水平层理，含化石，地震弱振幅反射。

(4) 西南盆地

以极缓的角度向南倾斜，目前尚无一口井钻穿，从叶尔羌河麦 3 井及和 1 井向南，推断台地白云岩逐渐相变为深灰色泥晶灰岩、泥页岩及硅质磷块岩、黑色泥岩，这种凝缩段黑色泥岩薄层应向南延伸再逐渐尖灭。

早奥陶世在车尔臣河断裂与阿尔金断裂谷之间发育有海槽，巴什考贡断裂以北为海槽沉积，厚度 1100m 左右(O₁)，以南为台地，厚 500m 左右(O₁₋₂)。

1.3 中上奥陶统层序格架(图 3)

早奥陶世以后，发生了全球性海退，中晚奥陶世海侵达到新的高潮，整个台地再次被淹没，高水位体系域分布范围广泛，斜坡更向东推移。满加尔盆地的沉降和补偿均很活跃，沉积厚度巨大，沉降中心大于 5000m，其他地区稳定在 1000~2000m。台地大部分为缓坡陆棚、陆棚边缘盆地相深水碳酸盐岩、粉砂岩、泥页岩所复盖，清水碳酸盐岩分布在西部巴楚、库车、玛扎塔克等地。

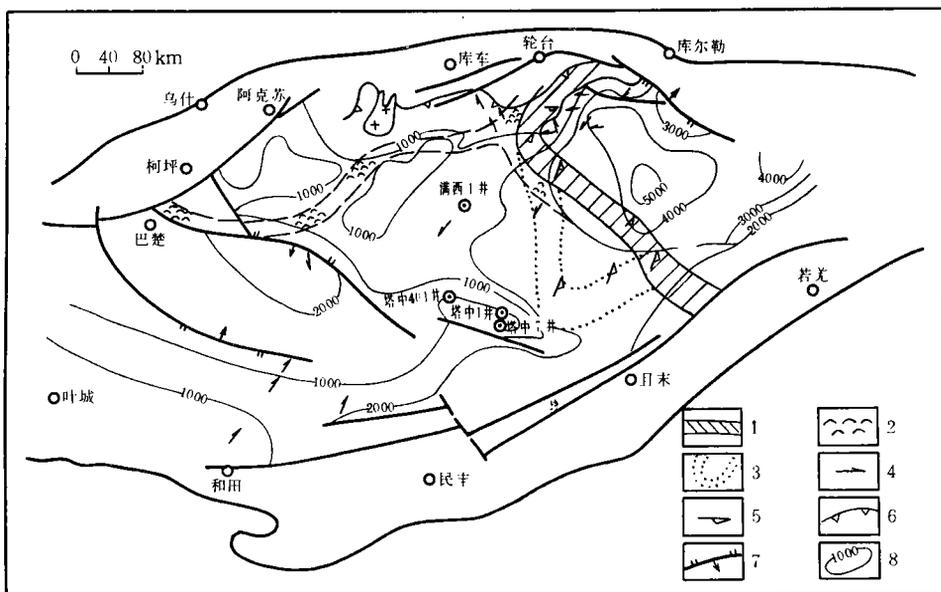


图 3 新疆塔里木盆地中上奥陶统沉积框架及厚度图

1. O₂ 前积斜坡区反射区； 2. 生物礁滩丘状反射； 3. O₃ 前积斜坡反射区； 4. 上超；
5. 下超； 6. 剥蚀尖灭带； 7. 断层； 8. 厚度等值线(m)

礁滩发育是该期重要特点,分布呈带状,从巴楚唐王城到阿瓦提向东,围绕满加尔盆地斜坡上方,均有发现。地表唐王城剖面藻礁与生物粒屑滩有相当规模,生物屑灰岩与颗粒灰岩厚达 299m。地震反射特征是断续的杂乱弧形反射,外形丘状或透镜状,斜坡下方向滩、礁上超。

东部为碎屑交替的混积陆棚相区,中奥陶统底部的台地第二次大淹没期,最大海泛面沉积的凝缩段黑色页岩普遍覆盖了台地,柯坪地区萨尔干组黑色泥页岩厚 40m,地震反射为强振幅,该段分布广泛,是好的生油岩。

西南盆地叶城一带,奥陶系可能为深水陆棚相,沿和田河玛扎塔格以南,中晚奥陶统向北上超,和田断层以北厚度约 500~1500m。

震旦—奥陶纪间,发生过两次较大规模的相对海平面下降和上升,起伏不平的界面上古潜山及切谷充填发育,具有重要的石油地质意义。

2 志留—泥盆系类前陆盆地发展阶段(图 4)

奥陶纪末发生较强烈的加里东中期构造运动,使塔里木大部分地区抬升成为陆地,海域范围不断缩小,北部南天山窄大洋封闭,塔里木板块内部由拉张向挤压背景转化,形成东西向的塔北隆起、中央隆起与拗陷相间,前陆拗陷东北部的轮台—库鲁克塔格前陆隆起带成为重要的物源区。晚泥盆世早期,海水向西大规模退出,沉积了干旱的红色滨岸碎屑岩,塔东有冲积扇三角洲,标志着海盆的完全封闭。

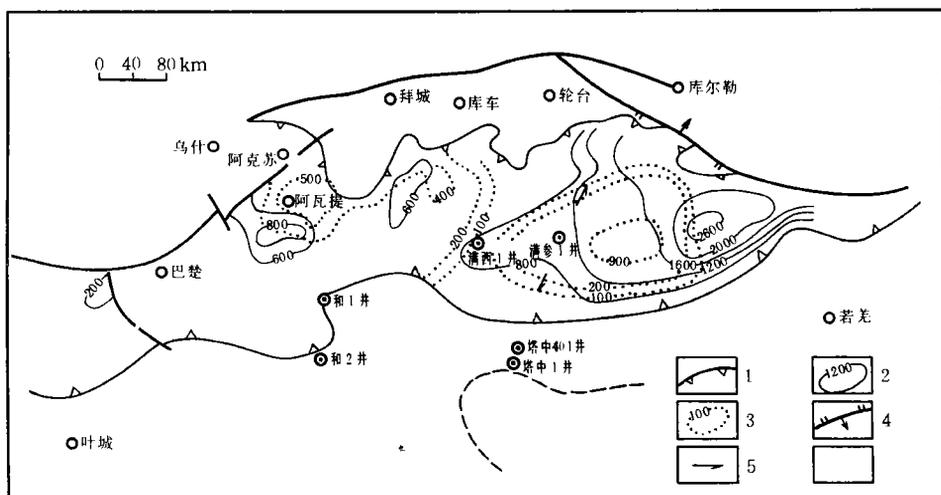


图 4 新疆塔里木盆地志留—泥盆系沉积框架及厚度图
1. S 剥蚀分布范围; 2. S 厚度(m); 3. D 厚度(m); 4. 断层; 5. 上超

塔东满加尔类前陆盆地志留系沉积在奥陶系侵蚀面上,中晚奥陶统被削截并形成起伏较大的侵蚀,志留系在此基础上上超逐渐填平补齐,沉积中心逐渐向东迁移,最厚的志留—泥盆系达到 3500m 以上。泥盆系又上超到志留系上,晚泥盆世海水退出,塔北气候干旱,多为红色风成滨岸碎屑岩,塔东有冲积扇三角洲。

残存的志留系分布范围比泥盆系略宽，如东北部草 1 井有志留系，缺失泥盆系，泥盆系仅在凹陷处才有沉积。满加尔盆地以满参 1 井揭露较全，泥盆系在井深 5000m 左右。沙 11 井、沙 12 井志留泥盆系为一套向上变粗的反旋回序列，反映北部隆起仍在抬升扩大，并不断向盆地推进。和 1 井与和 2 井之间志留—泥盆系为前积倾斜反射，推断和 2 井以南被削截缺失。

塔中隆起南侧的唐古兹巴斯拗陷区，是否被削截因反射波极弱而不能确证。

3 晚泥盆世晚期到二叠纪克拉通内拗陷盆地发展阶段

3.1 上泥盆统上部到石炭系层序格架(图 5)

经历了早海西运动巨大变革以后，海水再度由西向东侵入，阿克苏附近有峡口由北向南侵入湾内，形成东、北、南三面被陆地包围，向西开口的半封闭海湾，湾内有蒸发深湖相、潮坪沼泽相、冲积相膏盐、海岸砂、煤、灰岩、白云岩，向西逐渐靠海，变为开阔的浅海台地。东河砂岩作为重要的储层，已引起充分重视，从连井地震剖面追踪认为，应属海岸平原风成砂，成分以石英为主，占 85%~96%，填隙物有泥质和碳酸盐岩；结构、成分成熟度高，颗粒圆一次圆，有风成改造痕迹，因此是海岸砂经分选、冲洗、风力作用形成和改造的好的储集层。局部地区保存了低水位切谷充填砂体。陆地边缘有一系列冲积扇，由于周边山地的阻隔，海水从岛链间侵入，在海陆交互的改造下，分布了厚 300m 以内的席状砂体。

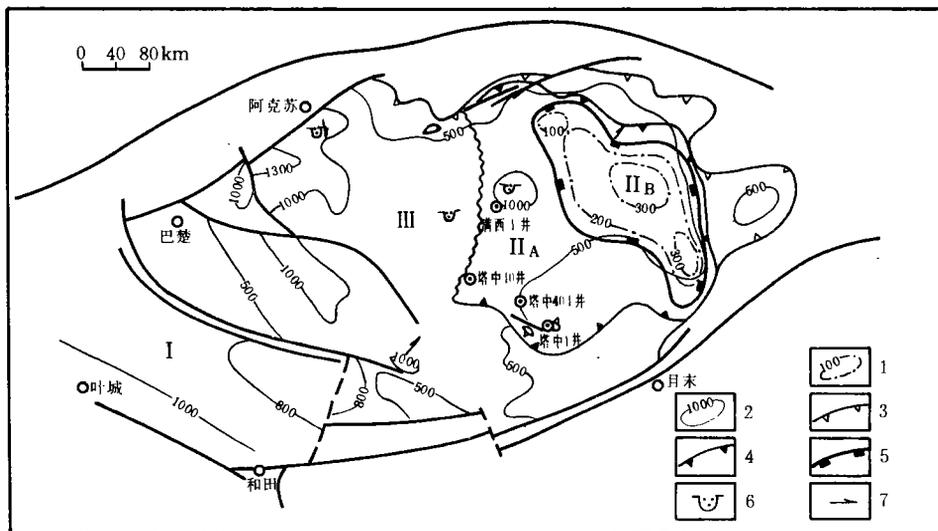


图 5 新疆塔里木盆地上泥盆统上部—石炭系沉积框架及厚度图

- I. 杂乱—倾斜前积相； II A. 下部 3~4 相位强振幅平行反射，上部空白—弱反射； II B. 两侧收敛丘状反射；
- III. 低频弱振幅平行反射； 1. 盐体透镜体分布厚度； 2. D₁-C 厚度(m)； 3. D₁-C 分布尖灭线；
- 4. 东河砂岩尖灭线； 5. 盐体尖灭线； 6. 切谷砂体(充填相)； 7. 上超方向

早石炭世正常浅海台地分布在西部，海域收缩，陆地扩大，局部有煤、膏、盐沉积，到晚石

炭世,海侵范围最大,海侵体系域上部海泛面有凝缩的黑色泥岩,与高水位碳酸盐岩互层,晚石炭世末,海侵范围再度扩大。

3.2. 二叠系从海向陆转化阶段的层序格架(图 6)

早二叠世早期继承了石炭纪晚期格局,西部广泛分布开阔的碳酸盐台地;东部已逐渐成陆,沉积了河湖相砂、泥岩。晚期海水大规模向西退却,仅塔西南局部有海。与此同时,有大量玄武岩喷发,分布在玛扎塔克断裂以北,最发育处有上、下两套玄武岩,和深 2 井钻穿玄武岩 330m。满西 1 井玄武岩呈透镜状分布,下二叠统厚度较稳定,最厚阿克苏—阿瓦提一带,约 600~1000m;上二叠统陆相沉积厚度从北向南加厚,曲三井厚 507m。

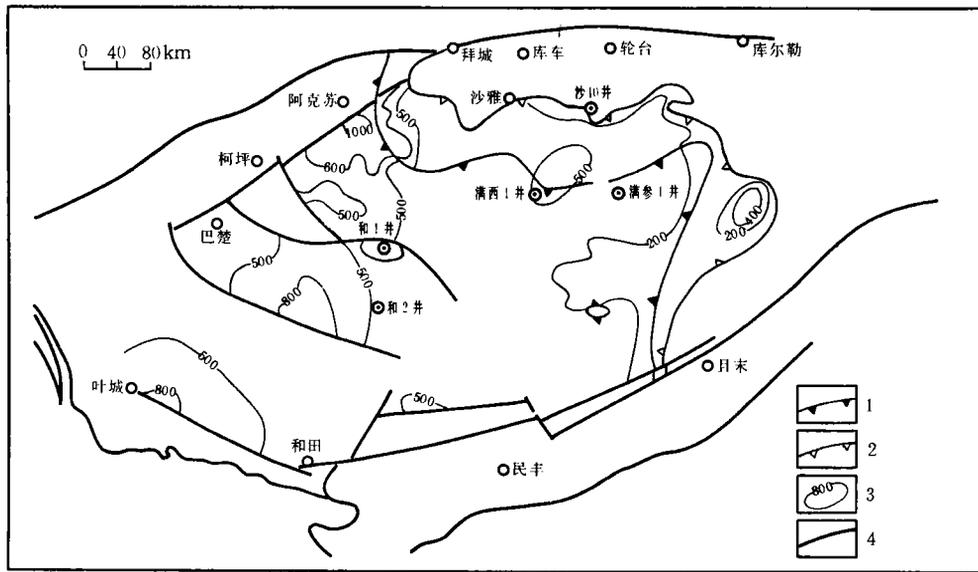


图 6 新疆塔里木盆地二叠系沉积格架及厚度图
1. P₂剥蚀尖灭线; 2. P₁剥蚀尖灭线; 3. P₁厚度(m); 4. 断层

晚二叠世晚期海西运动使周边天山、昆仑山优地槽完全闭合变成统一的大陆,造山运动的加剧,使塔木里完全处于挤压环境,褶皱变形,断裂发育及酸性岩浆岩侵入,最终海水完全退出,结束了古生代的海相沉积阶段。

4 中生代前陆盆地发展阶段

晚海西运动以后,塔北地区遭到长期剥蚀,西部阿恰断裂附近已开始隆起,三叠系向隆起上超未达到最高处,因此巴楚隆起缺失三叠系。这个阶段突出特点是:1)早中三叠世与以后各时代之间有一次重要转折,即印支运动的影响,晚三叠世进入了前陆盆地发展阶段。2)晚白垩世到老第三纪发生过海水入侵事件,塔西南台地有碳酸盐岩,由于台地内被分割,沉积了膏盐、膏泥,随着海侵范围的变化形成旋回。

4.1 三叠系层序格架(图 7、8)

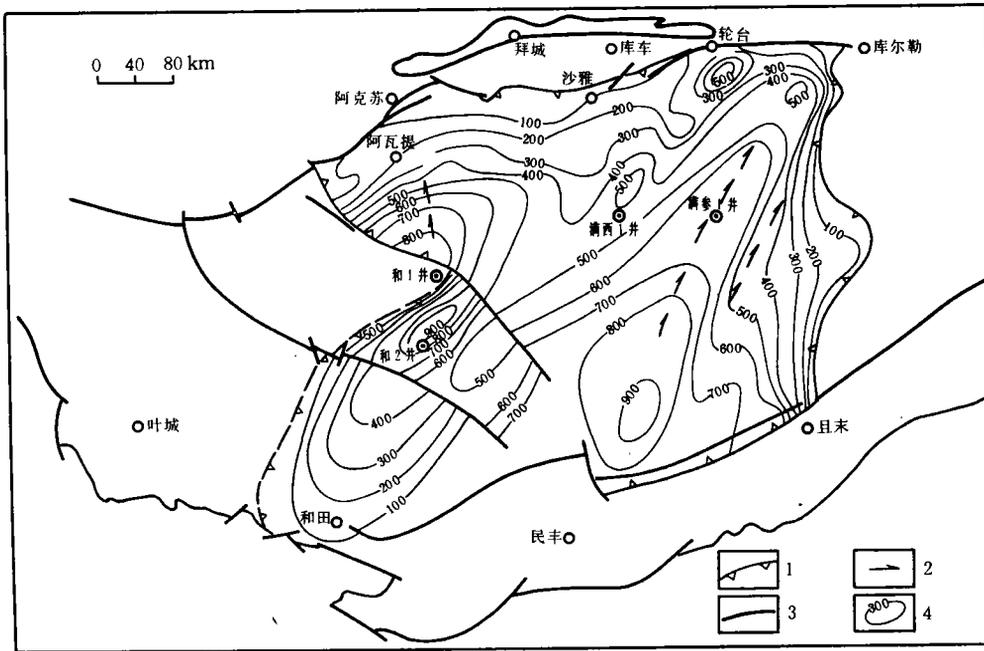


图 7 新疆塔里木盆地中下三叠统沉积框架及厚度图

1. 剥蚀边界； 2. 下超方向； 3. 断层； 4. 厚度等值线

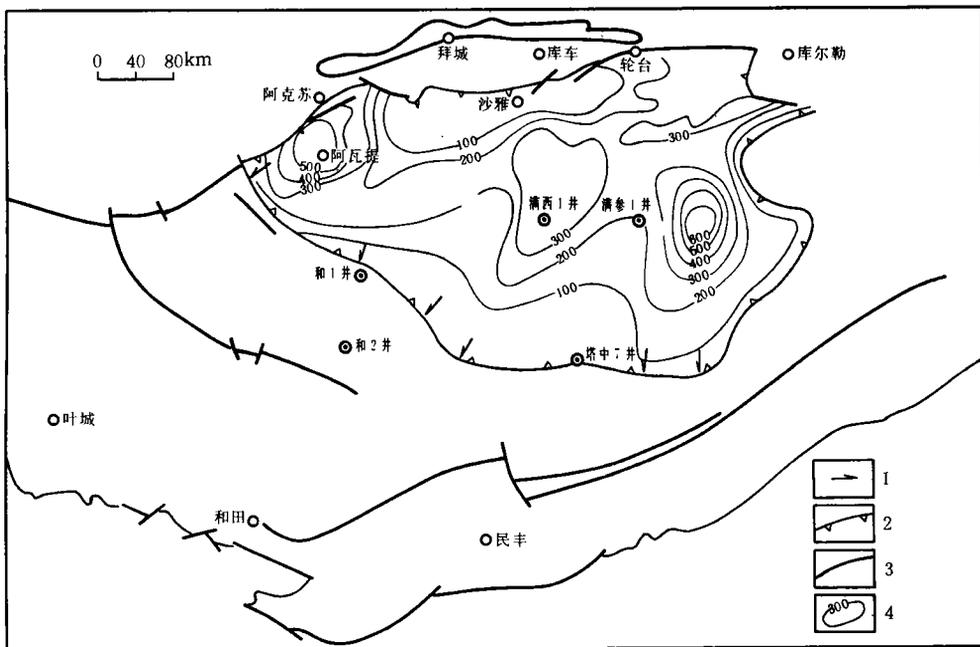


图 8 新疆塔里木盆地上三叠统沉积框架及厚度图

1. 上超方向； 2. 剥蚀边界； 3. 断层； 4. 厚度等值线

早中三叠世陆相湖盆沉积是在晚二叠世的基础上发展起来,湖盆位于塔里木中部。西北部边界在阿恰断裂附近。南北区域大剖面可将三叠系划分出两套沉积组合,下部是从中央隆起向北下超的进积型副层序组,厚度减薄,规模属大型;上部退积型从北向南上超,厚度北部大,向中央隆起减薄。从沉积框架上可看出早中三叠世为一个阶段,沙雅隆起定型,分割了库车与南部两个拗陷,阿瓦提与满加尔是湖盆的两个沉降中心,厚度最大可达千米,以浅湖-半深湖沉积为主,也有河流、沼泽、含煤沉积,是克拉通陆内拗陷的最后一个时期,该期与沉积走向大体北东向,与晚二叠世有相似处。从古地磁极性特征反映出,下中三叠统明显的是正、反极性交替带,而上三叠统几乎都是反极性,仅下部有正极性,两者有显著差别,早中三叠世与晚三叠世层序框架平面图在插图 7、8 上可显示了不同阶段的特点,后者与侏罗系以上各层序相似。

4.2 侏罗系层序格架(图 9)

侏罗系层序与晚三叠世类似,以南、北两个前陆盆地向中央隆起上超。北部湖盆面积大,外形朵状,前缘延伸到阿瓦提、塔中 10 井及塔东 1 井,沉积中心在东北群克和英南 1 井,盆地北缘库车地区及维马克向南发育冲积扇、河流相,其他为湖泊沉积。

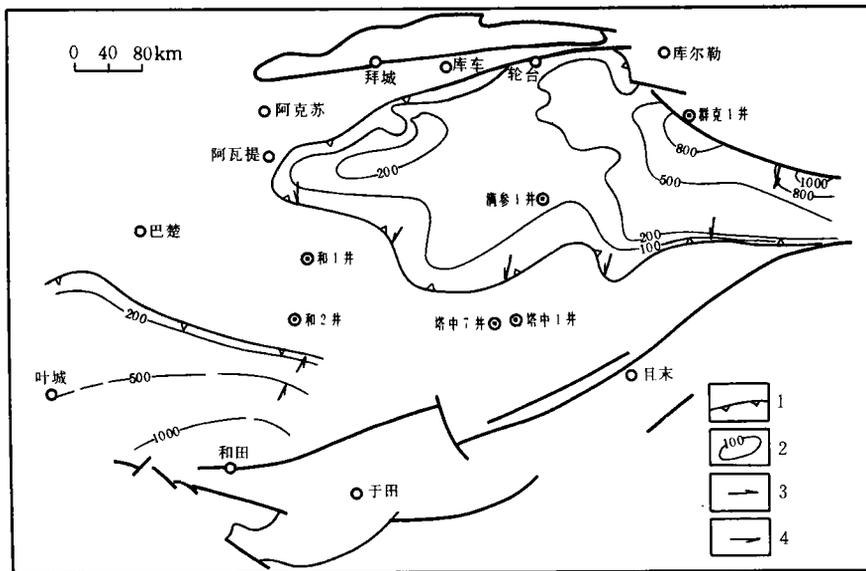


图 9 新疆塔里木盆地侏罗系沉积框架及厚度图

1. J 尖灭线; 2. 厚度(m); 3. 上超; 4. 下超

从群克 1 井向西、南方向,在一组强振幅组成的长连续反射波上下,厚度急剧减薄。该井中统为厚约 200m 的煤系地层,顶部灰褐、棕褐灰色泥岩与砂岩互层,向下暗色泥岩,浅灰色含砾砂岩夹煤层;维马克 1 井中下侏罗统上部含煤,下部砂、砾岩为主夹泥岩。从群克向西呈楔形减薄,煤系上下代表早、中侏罗世的湖相。

塔西南的侏罗系推断分布在玛扎塔克以南地区,从西南向北上超,其中包括侏罗系以上层序均呈上超关系。

塔东南断陷盆地从晚三叠到侏罗纪开始发育,出露在于田南、且末至若羌间的江格萨依等地,侏罗系面积约30000km²,在其格勒克剖面侏罗系底部发现含油砂岩。其母质类型和成熟度特征与塔东北、塔西南古生代生油岩类似,推断塔东南侏罗系层序不整合以下可能有古生代,应予以充分重视。

4.3 白垩一下第三系层序格架(图10)

北部前陆盆地在白垩纪继续向南扩展,沉积范围最南可达车尔臣河,到老第三纪略有收缩,总的趋势是从北向南上超,厚度1300余米。

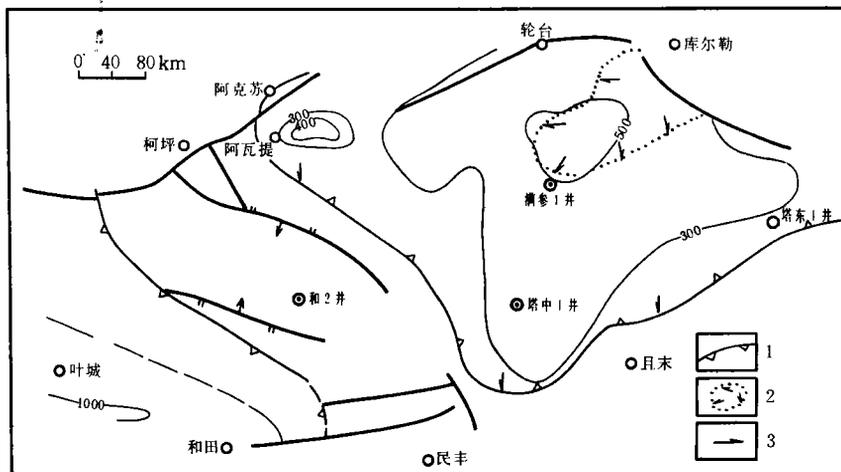


图10 新疆塔里木盆地白垩系一下第三系沉积框架及厚度图
1. K₂-E 尖灭线; 2. K₂-E 下部层序前积下超湖成三角洲; 3. 上超
I. 湖成三角洲前积相; II. 强-弱振幅平行连续湖泊相;
III. 下第三系海相、潮坪-局限台地强振幅长连续平行反射强振幅丘状相

白垩纪早期卡普沙良群为广泛的紫红色泥岩、灰绿色砂岩。沉积中心在满参1井东北部,厚500余米,形态为朵形。晚白垩世在库尔勒到群克与满参1井之间为湖成三角洲,由一套向西、南下超的缓倾斜坡,逐层下超前积发射组成。

塔西南地区早第三纪由西南侵入的海水,使该区出现海相沉积,由3~4个相位的强振幅组成长连续平行反射,在陆相地层中显得十分突出,横向有透镜状,串珠状分布。据曲3井揭示,阿尔塔什组(E_{1a})有95m巨厚层白色石膏夹薄层红褐色膏泥岩。地表露头均为潮坪与局限台地砂泥岩、泥晶灰岩,盛产牡蛎等海相生物。

分割东部前陆盆地与西南前陆盆地的隆起范围缩小到玛扎塔克山到吐木休克断层以南,巴楚隆起最高地区成为前缘隆起,直到晚第三纪早期,印度板块继续向北移动,加剧碰撞与拼合俯冲,喜马拉雅山脉、天山山脉进一步活动,大量的陆源碎屑物向盆地推移、加厚,使两个前陆盆地统一成盆。喜山运动在盆内造成吐木休克与玛扎塔克南断裂进一步逆冲成为隆起更高的背冲断块。塔北隆起边缘一系列断裂再次活动,由北向南大规模逆冲推覆,前新生界已形成的断裂褶皱又再次活动。塔东南阿尔金山断裂带在早海西逆掩推覆的基础上大规模走滑。

塔里木盆地各层序的演化对油气形成产生了巨大影响,归纳起来有:

- (1)寒武系—早奥陶世发育塔里木盆地最重要的油气源岩。
- (2)晚震旦世—奥陶纪,台地的暴露-淹没层序构成两个重要的储盖组合。
- (3)震旦纪—晚泥盆世早期发育几类与沉积有关的可能储集体(切谷、礁滩、扇等)。
- (4)早海西运动(D_3^1/D_3^2)造就了多种类型的圈闭,但它对早期聚集的油气破坏作用不可忽视。
- (5)塔西南发育石炭纪—早二叠世油气源岩,石炭纪碳酸盐岩是重要的油气层。
- (6)晚泥盆世晚期的东河砂岩(D_3d^2)是塔里木盆地目前最重要的储层。
- (7)三叠纪、侏罗纪是重要的油气源岩,也是好的储层。白垩—老第三纪也有极好—好的储层。
- (8)晚海西、印支—燕山及喜山期均为重要的局部构造形成期。

5 结 语

首次在塔里木盆地将地表露头剖面、地震剖面及钻井结合起来,用层序地层学的研究方法进行盆地分析,初步搞清几个原型沉积盆地的形成和发展。从震旦到新生界各层序格局虽不断变化,但其原型盆地面貌是可以复原成满加尔盆地、阿瓦提盆地、中央盆地、塔西南盆地、塔东南盆地、库车盆地。塔里木盆地在漫长地质历史中形成的复合叠加沉积盆地,演化阶段分为震旦到奥陶系碳酸盐岩台地形成、发展和逐渐成熟阶段;志留到泥盆系类前陆盆地碎屑岩阶段;石炭到二叠系局限海台地、潮坪及海域逐渐退出阶段;三叠到中生界前陆盆地及局部拉张到最后统一成盆阶段。

层序地层学方法在塔里木盆地的研究是有效的,该盆地虽经多次构造运动的改造,但原始沉积面貌未遭到很大破坏,海(湖)平面的变化周期、体系域、副层序组能从地震剖面上反映出来,以至将沉积框架复原,为选区评价提供了科学依据,因此层序地层学在油气勘探中的应用具有重要的石油地质意义。

(收稿日期:1995年11月15日)

参 考 文 献

- 1 [英]R. 麦克奎林等. 地震解释概论. 北京:石油工业出版社,1985
- 2 [美]C. K. 威尔格斯等编. 层序地层学原理. 北京:石油工业出版社,1993

SEQUENCE STRATIGRAPHIC FRAMEWORK OF THE TARIM BASIN, XINJIANG

Li Xingping Xu Guoming Li Jinglian

Peng Yanwei Gong Yunkun

(05 Project Engineering Department, Southwest Bureau of
Petroleum, Geology, MGMR, Guiyang 550301)

Abstract

The authors established a sequence framework of the Tarim Basin by applying the method of sequence stratigraphy. From the Sinian to the Neogene, essentially the development of the basin can be divided into two major cycles and four stages, respectively result in different types of oil/gas source rocks, and form into various types of reservoir-cap combinations, reservoir bodies and traps.

(上接 181 页)

GEOCHEMICAL CHARACTERS OF THE NATURAL GAS IN WEST LAKE DEPRESSION, THE EAST CHINA SEA

Ye Jun Guo Dixiao

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi 214151)

Abstract

Hydrocarbon fingerprints, chemical compositions and isotope analyses of different components for the natural gas in West Lake depression are applied to identify its physical and chemical characters, maturity and gas source rocks. Furthermore the directions along which natural gas in the depression had migrated and accumulated are determined. The paper may give geochemical evidences based on which to understand natural gas prospects and plan an explorative allocation.