

文章编号: 0253-9985(2004)05-0548-06

塔中地区石炭系非构造圈闭及有利勘探目标

苏宗富, 邓宏文, 樊太亮

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 根据圈闭成因、形态特征, 将塔中地区石炭系的非构造圈闭分为地层圈闭、岩性圈闭和复合圈闭3大类。这些圈闭的形成与不整合面、古地貌和沉积环境密切相关。由于受成因的控制, 非构造圈闭具有平面分带和纵向分层的特点。根据塔中地区石炭系非构造圈闭发育特征和空间分布特点, 指出东河砂岩超覆圈闭、中央隆起侵蚀沟谷充填岩性圈闭和阿瓦提北部复合圈闭为3个较为有利的勘探目标, 其中, 前两个是最有利的目标, 勘探中应优先考虑。

关键词: 塔中地区; 石炭系; 东河砂岩; 非构造圈闭; 地层圈闭; 岩性圈闭; 复合圈闭

中图分类号: TE112.322

文献标识码: A

Carboniferous non-structural traps in Tazhong area and prediction of favorable exploration targets

Su Zongfu, Deng Hongwen, Fan Tailiang

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract: The Carboniferous non-structural traps in Tazhong area can be divided into stratigraphic traps, lithologic traps and combination traps according to their genesis and shapes. Formations of these traps are closely related with unconformities, paleotopography and depositional settings. Non-structural traps are characterized by their lateral zonation and vertical layering due to the control of their geneses. Based on the developmental features and spatial distribution characteristics of Carboniferous non-structural traps in the study area, it is believed that the overlap traps of Donghe Formation sandstone, lithologic traps of sandstones filling the eroded ravines and valleys in the central uplift and the combination traps in northern Arwati are relatively favorable exploration targets, of which the former two are the most favorable, thus priority should be given to them in exploration.

Key words: Tazhong area; Carboniferous; sandstone in Donghe Formation; non-structural trap; stratigraphic trap; lithologic trap; combination trap

目前, 石炭系已成为塔里木盆地近几年中的主要勘探目的层系, 并开展了许多研究工作^[1~8]。但是, 位于塔里木盆地腹部、面积约 $11.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、已发现了大油田的塔中低凸起带仍然处于勘探初期阶段, 研究程度低, 而且以往的勘探主要集中在寻找构造油气藏上, 而有关非构造圈闭形成条件等方面的研究相对要少得多, 相应的研究成果也不多^[1~4]。因此, 加强对塔中地区非构造圈闭的勘探与开发已刻不容缓^[6]。

1 形成条件

1.1 顶底界面

底界面 $T_0^{\text{D}}(\text{C/S-D})$ 属于1级不整合面。它是由古构造运动、构造应力场转换以及伴生的重大的海平面下降造成的大规模的区域性不整合面, 代表着盆地收缩时的古风化剥蚀面。在该界面之下剥蚀了泥盆系、志留系和中上奥陶统(图1, 2); 界面之上可见由西向东的上超现象, 这为形成地

基金项目: 中国石化西部新区勘探项目“塔里木盆地塔中地区运用层序地层学寻找非构造圈闭研究”

第一作者简介: 苏宗富, 男, 28岁, 博士生, 层序地层与油气成藏系统评价

收稿日期: 2004-08-18

层削截圈闭和地层超覆圈闭提供了良好的地质条件。

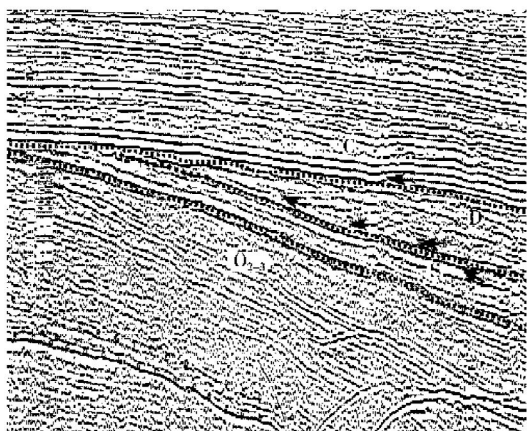


图1 塔中地区 C/D 和 D/S 间的不整合面特征

Fig.1 Features of C/D and C/S unconformities in Tazhong area

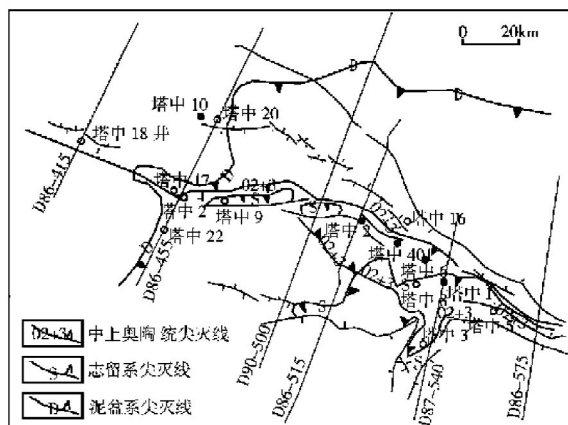


图2 塔中地区 O_{2-3} , S 和 D 地层剥蚀尖灭线

Fig.2 Denudation pinch-out line of D, S and O_{2-3} in Tazhong area

顶界面 T_4^4 属于 2 级不整合面, 是由明显的海平面下降造成的, 并伴随着地区性的构造运动。它在盆地不同部位表现为不同的性质, 盆地边缘带或隆起区为沉积间断, 除出现无沉积作用外, 还出现明显的侵蚀现象, 地震上见到削截和顶超。盆地内部可由无沉积作用到连续沉积, 地震上表现为上超至平行整合。该界面与构造、断层相配套, 易于形成良好的背斜-岩性圈闭和断层-岩性圈闭。

1.2 古地貌

泥盆纪末, 海西期运动开始活动, 造成塔中地区岛屿、丘陵、浅海、洼地共存的古地貌特征。古

地形地貌对东河砂岩沉积的影响贯穿始终。早期受到的影响较大, 晚期受到的影响较小。早石炭世, 海水从西南、西北方向侵入, 开始了隆起之后的一次海进事件。海水逐渐淹没了卡塔克隆起, 接受由西向东层层超覆的石炭系沉积。在塔中低凸起, 整体上由北西向南东方向超覆尖灭, 同时受“指状”三叉断裂带的制约, 在阿瓦提北部, 整体地形呈现北高南低的格局, 地层大致由南向北发生超覆, 与断裂相匹配, 可以形成较为有利的复合圈闭。

1.3 沉积环境

塔中地区石炭纪发生两次较大的海平面升降变化旋回。沉积环境经历了滨海-局限台地-滨海-局限台地的演变过程, 为非构造圈闭的形成创造了良好的条件。在这种背景下, 主要发育两种类型的储集岩体: 一是碎屑岩储层, 如东河砂岩沟谷充填砂体、东河砂岩超覆尖灭砂体; 另一种是碳酸盐储层, 即生物碎屑灰岩, 塔中地区石炭系生物碎屑灰岩厚度分布稳定, 岩性变化较小。但由塔中向北至满参 1 井岩性变化为泥晶灰岩与膏盐层互层, 向西至和深 1 井变为含泥、泥晶灰岩。这些生物碎屑灰岩发育于潮间相带和潮下高能相带, 水动力条件强, 有利于鲕粒滩、生物碎屑滩和砂屑滩等非构造圈闭的发育。

2 类型及特征

通过地震剖面识别, 结合已有的勘探成果, 并加以归纳, 可总结出塔中地区石炭系非构造圈闭类型主要有: 不整合面之下的地层削截不整合圈闭, 不整合面之上的地层超覆不整合圈闭; 与沉积作用有关的岩性透镜体岩性圈闭以及背斜-岩性复合圈闭、断层-岩性复合圈闭等 5 种类型(图 3)。表 1 列举了石炭系非构造圈闭的类型及发育层位。

2.1 地层圈闭

在塔中隆起发育有削截不整合圈闭, 如满加尔北部斜坡, 经历了海西早期和海西晚期构造运动的强烈改造, 地层大幅度抬升并长期遭受风化剥蚀, 造成由北至南震旦、寒武、奥陶、泥盆及石炭、二叠系依次削截尖灭, 在地震剖面上表现为一系列南倾和西倾的单斜, 其上为中、新生界不整合覆盖^[5]。

满加尔坳陷至卡塔克隆起的北部斜坡带上,

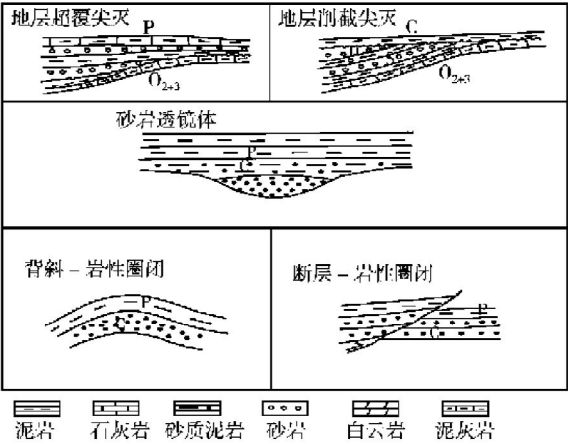


图 3 塔中地区石炭系主要的非构造圈闭类型及其形态特征

Fig. 3 Major types of Carboniferous non-structural traps in Tazhong area and their morphologic characteristics

表 1 塔中地区石炭系可识别的非构造圈闭的类型及发育层位

Table 1 Recognizable types of Carboniferous non-structural traps in Tazhong area and the horizons where they are well developed

类 型	发育层位
地层削截不整合圈闭	石炭系底部
地层超覆不整合圈闭	石炭系底部
岩性透镜体圈闭	石炭系底部
背斜-岩性圈闭	石炭系顶部
断层-岩性圈闭	石炭系顶部

石炭系表现为向隆起顶部上超。塔中隆起由塔中 17 井至塔中 9 井,塔中 4 井至塔中 5 井,下石炭统东河砂岩表现为两个楔状变薄尖灭体,构成超覆不整合圈闭(图 4)。在塔中 4 井,东河砂岩平均孔

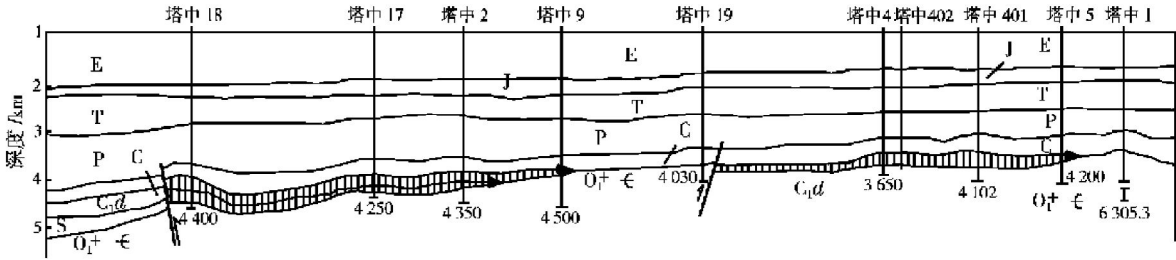


图 4 塔中隆起构造地质剖面及东河砂岩超覆不整合圈闭图(据文献[4])

Fig. 4 Structural and geologic cross section showing overlap traps in Donghe Formation sandstone in Tazhong uplift (according to reference [4])

隙度为 20%, 平均渗透率为 $285.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 上覆为 6 m 左右的假盖层和 40 m 厚的泥岩盖层。塔中 4 井、塔中 401 井等均获得工业油气流^[4]。

2.2 岩性圈闭

塔中地区石炭系底部为碎屑岩沉积,发育各种成因的砂体,具有形成砂岩透镜体的良好条件。特别是石炭系底部海进早期的充填沉积。由于泥盆系顶部是一个区域性的不整合面,下切沟谷发育,石炭纪早期的海进沉积,可在下切沟谷中形成充填状的透镜砂体,成为有利的岩性圈闭。

同时,石炭系碳酸盐岩发育,总体形成于潮间-开阔台地相。其中,潮下带发育的生物碎屑滩,形成了相对高能环境,分布局限,构成岩性圈闭^[11~14]。在巴楚地区,这套生物碎屑灰岩是一套重要的储油层,有多口井在这些层段发现油气。

2.3 复合圈闭

构造、断层与岩性、地层因素相配合,形成复

合圈闭,是各个地区普遍存在的一种圈闭类型,塔中地区比较发育,在石炭系已识别出此类圈闭,主要是断层与地层尖灭相配套,构成复合圈闭。

上述各类非构造圈闭受其成因的控制,具有平面展布分带性,纵向分布上具有分层性特点,图 5 对其时空分布规律进行了总结,可作为预测石炭系各类非构造圈闭的基本线索。其中,对塔中地区石炭系最具实际意义的是岩性圈闭和地层超覆圈闭。

3 成藏条件

石炭系的岩性圈闭、超覆圈闭和复合圈闭等,其储集层主要是巴楚组的东河砂岩、卡拉沙依组的(扇)三角洲砂体,其次为生物碎屑灰岩^[8~11]。东河砂岩主要形成于前滨、临滨相,为中-细粒砂岩,厚度大,分布稳定,储层物性好,成分与结构成熟度高。纵向上可分为 3 段,即含砾砂岩段、均质

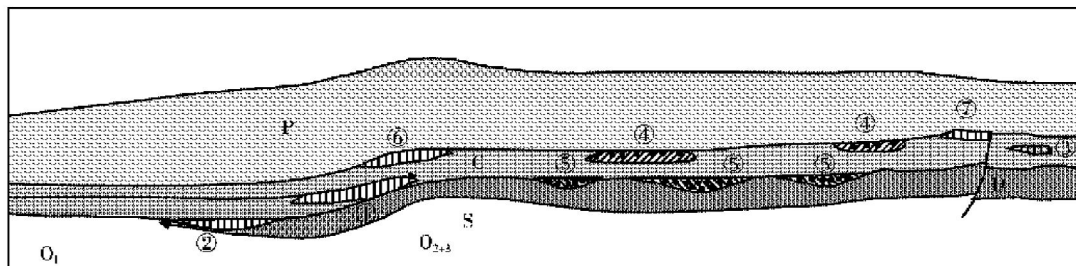


图5 塔中地区石炭系非构造圈闭及其纵向分布模式

Fig. 5 Carboniferous non-structural traps and their vertical distribution patterns in Tazhong area

- ①—地层超覆圈闭; ②—地层截断圈闭; ③—砂岩透镜体; ④—生物屑滩坝;
⑤—下切谷充填砂体; ⑥—背斜—岩性圈闭; ⑦—断层—岩性圈闭

砂岩段和底砾岩段。其中, 以均质砂岩段储层物性最好, 孔隙度为 $10\% \sim 28\%$, 渗透率为 $1.0 \times 10^{-3} \sim 1540 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 其他两段相对较差。生物碎屑灰岩段主要发育孔、洞、缝3种类型的储集空间, 但在不同地区孔缝洞的相对发育程度有差别, 孔隙度与渗透率最好的为塔中4井、塔中32、塔中16井区, 为白云岩孔洞型储层发育区; 其次为塔中3、塔中8、塔中15、塔中29井区, 为颗粒灰岩、白云岩孔洞型及裂缝—孔洞型储层发育区。

石炭系发育有3个泥岩段。下泥岩段厚50 m左右, 是东河砂岩的直接盖层, 其岩性为褐色、灰色、绿灰色泥岩、钙质泥岩, 在塔中地区除了剥蚀区高部位局部缺失外, 全区均有分布; 中上泥岩段累计厚度大于150 m, 夹有10 m左右的标准灰岩段, 全区分布稳定, 且厚度大。根据分析, 塔中地区下泥岩段的封盖性优于中泥岩段, 中泥岩段优于上泥岩段。经评价, 下泥岩段的封盖性为I类盖层。

在储盖组合方面, 石炭系为自储、自盖组合。东河砂岩段储层与下泥岩段盖层是第一套储盖组合, 也是最好的储盖组合; 上、中泥岩段与生物碎屑灰岩段构成第二套组合, 砂、泥岩互层段构成第三套组合。

4 有利勘探目标

4.1 东河砂岩沟谷充填砂体

在地震剖面上, 东河砂岩夹持于代表生物碎屑灰岩的强同相轴与代表石炭系底界面 T_0^0 反射界面之间。在两个同相轴之间, 发育着较弱的、断续的地震反射, 可能代表了东河砂岩的存在。追踪这一时断时续的弱反射, 可以发现几种不同的

形态: ①沟谷充填状反射: 底界面下凹, 内部发育双向尖灭的短连续反射波; ②叠瓦状反射: 弱反射波呈不明显的前积形式存在; ③连片反射: 弱反射波延伸范围较远。

以上述石炭系底部的弱反射波, 特别是沟谷状充填反射为线索, 进行追踪与平面编图, 可以揭示东河砂岩沉积之前的古地理面貌。预测东河砂岩, 特别是基准面上升期的下切沟谷充填砂岩的分布(图6)。从图6可以看出, 下切谷充填砂岩的分布具有明显的方向性, 基本垂直于沉积时的海岸线延伸, 平面上具有分带的特点, 可能与古地貌的高低不平、起伏变化有关。而滩坝相的砂岩则呈不规则的椭圆状分布, 砂体的伸展方向与海岸线平行, 其展布面积较大。塔中地区钻井揭示, 东

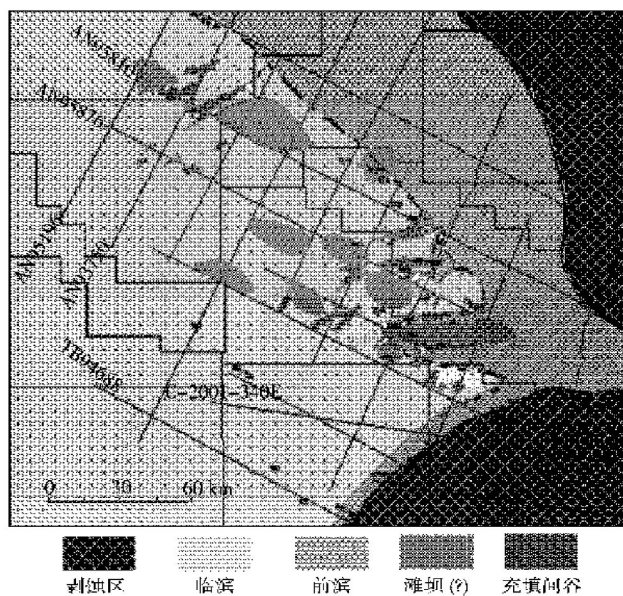


图6 塔中地区石炭系“东河砂岩”有利砂体分布图

Fig. 6 Distribution of favorable sandbodies in Carboniferous Donghe Formation in Tazhong area

河砂岩有两个较发育区,一是位于塔中 4 井附近,一是位于塔中 23 井区。图 6 中沟谷充填发育的区带,主要分布于塔中 23- 塔中 46 井区,与钻井相吻合。

4.2 东河砂岩超覆圈闭

塔中隆起近东西向构造带的发育为石炭系下部地层形成超覆圈闭提供了良好的地貌条件^[8~ 10, 13]。石炭系下部地层(东河砂岩)向近东西向的潜山带超覆、向边缘古侵蚀区超覆,形成了一系列的超覆不整合圈闭。根据超覆圈闭的形成条件,可分为以下两种类型。

(1) 滨岸砂体向潜山带超覆。塔中地区分布着 4 条指状伸展的潜山带,这些潜山带影响着石炭纪早期沉积,滨岸相的砂体在其两侧形成地层超覆(图 7)。

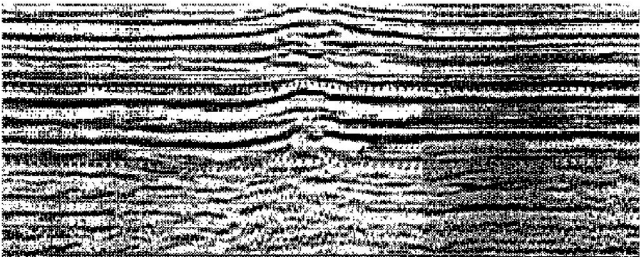


图 7 塔中地区石炭系下部地层
向着潜山带超覆(D91- 492. 5)
Fig. 7 Lower Carboniferous overlapping on the
buried hill zones in Tazhong area (D91- 492. 5)

通过超覆尖灭线追踪及作图,可以圈定出 5 个地层超覆不整合圈闭(图 8),分别夹持在 4 条潜山构造带之间。其中,1 号与 2 号超覆圈闭面积最大,分别为 620 km²和 250 km²。

(2) 砂砾岩体向边缘古侵蚀区超覆。塔中隆起东部存在着古剥蚀区,剥蚀区向其周缘提供粗碎屑沉积物,形成沿古侵蚀区边缘分布的砂砾岩体,形成地层超覆。据报道^[1],塔中 101 井区即发育此类圈闭,并形成油气藏(图 9)。塔中 101 井与塔中 1 井相距仅 1.4 km,塔中 1 井缺失东河砂岩段、含砾砂岩段及底部泥岩段,下伏地层为下奥陶统白云岩,为典型的潜山圈闭,潜山顶部的岩溶型储层中获得了工业气流。塔中 101 井位于潜山西坡之上,各岩性段均发育,底部的砂砾岩段及东河砂岩段的顶部含油气,但该油气藏与塔中 1 井的潜山油气藏分属不同的油水系统,属于潜山不整

合面之上的地层超覆油气藏。

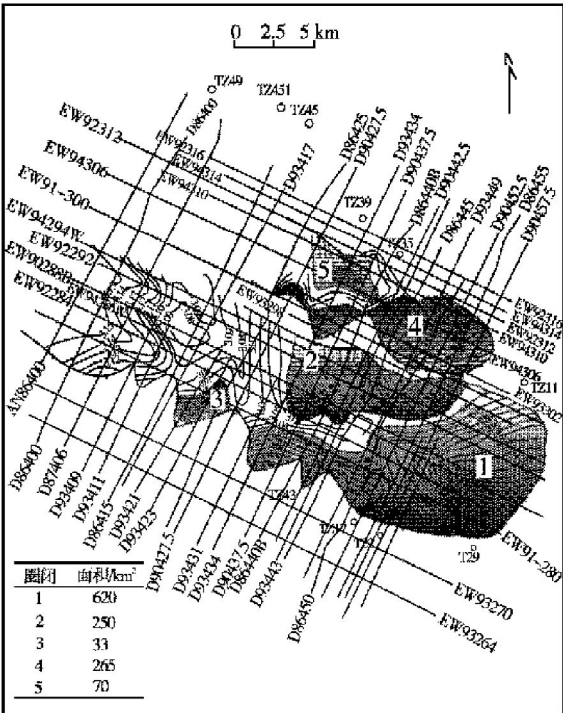


图 8 塔中地区石炭系底部“东河砂岩”超覆圈闭
Fig. 8 Overlap traps of Donghe sandstones at the
bottom of Carboniferous in Tazhong area

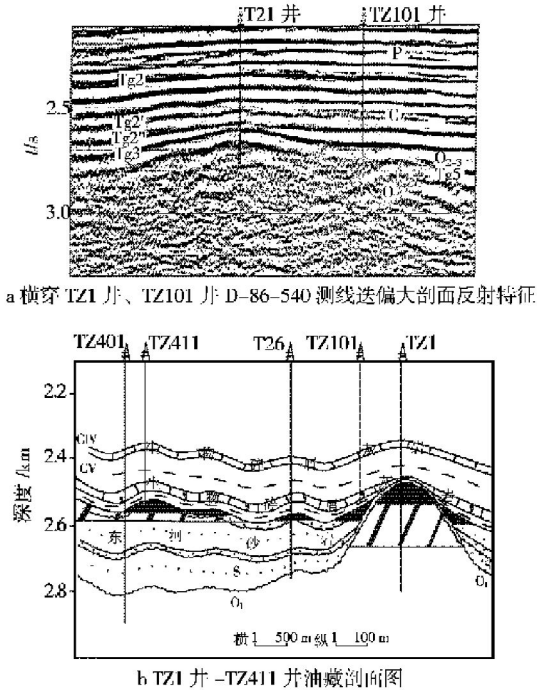


图 9 塔中地区侵蚀区边缘石炭系
地层超覆油藏特征(据文献[1])
Fig. 9 Characteristics of stratigraphic overlap
reservoirs with Carboniferous overlapping the periphery of
eroded zones in Tazhong area (according to reference [1])

4.3 阿瓦提北部复合圈闭

该区块主要发育一些砂岩透镜体圈闭, 同时, 由于断层在该区块的作用, 与超覆尖灭以及岩性因素的结合就形成了非常有利的复合圈闭。

将石炭系发育的各类非构造圈闭叠合在一

起, 可展示石炭系各类非构造圈闭空间分布特点 (图 10)。石炭系非构造圈闭的有利勘探目标包括东河砂岩超覆圈闭、中央隆起侵蚀沟谷充填岩性圈闭和阿瓦提北部复合圈闭。其中, 前两个圈闭是最有利的目标, 在勘探中应优先考虑。

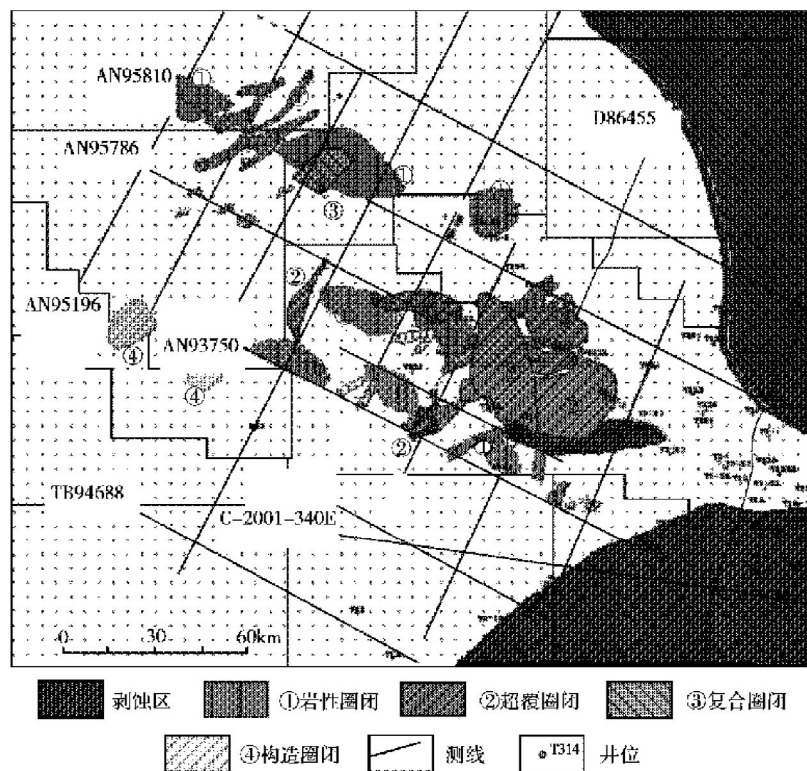


图 10 塔中地区石炭系有利非构造圈闭预测平面分布图

Fig. 10 Distribution of the predicted favorable Carboniferous non-structural traps in Tazhong area

参 考 文 献

- 郭建华. 塔中地区石炭系层序地层学与非构造圈闭[M]. 北京: 地质出版社, 1996
- 张振生, 韩宇春. 塔里木盆地塔中地区东河砂岩圈闭含油气控制因素探讨[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(4): 451~ 458
- 周江羽, 林忠民. 塔里木盆地北部石炭系盐体塑性形变与油气圈闭[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 216~ 219
- 牟泽辉, 杨克明, 肖朝晖, 等. 塔里木盆地非构造圈闭特征[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(4): 348~ 353
- 张振生, 刘社平, 王绍玉. 塔里木盆地海相地层层序地层学与非构造圈闭研究[J]. 石油地球物理勘探, 1997, 32(4): 538~ 555
- 郭建华, 翟永红, 刘生国, 等. 塔里木盆地古城鼻隆区非构造圈闭[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(3): 246~ 251
- 赵熬山, 蔡星, 孟晓丽, 等. 非构造圈闭——雅克拉断凸寻找油气藏的新领域[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(6): 456~ 458
- 何向阳, 演怀玉. 塔里木盆地北部地区油气富集规律及成藏模型[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(3): 303~ 313
- 吴金才, 刘兰兰. 非构造圈闭成藏的储集与封堵条件[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 148~ 151
- 王毅, 纪友亮, 熊继辉, 等. 塔里木盆地上泥盆统与石炭系层序地层分析[J]. 沉积学报, 1998, 16(2): 74~ 81
- 吴金才, 兰素清. 松南地区十屋断陷构造—岩性复合圈闭样式[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 62~ 64
- 金武弟, 王英民, 刘书会, 等. 东营凹陷下第三系低位域沉积及非构造圈闭[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 249~ 252
- 周荔青. 中国陆相含油气盆地斜坡区大中型岩性型油气田形成条件[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 362~ 366
- 徐怀大. 寻找非构造油气藏的新思路[J]. 勘探家, 1996, (1): 43~ 47