

文章编号:1001-6112(2000)02-0156-05

西藏伦坡拉盆地地温场特征及烃源岩热演化史

袁彩萍, 徐思煌

(中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:西藏伦坡拉盆地是在燕山期基底上发育的拉张型老第三纪陆相盆地。形成时间晚于中国东部新生代沉积盆地,它在始新世末发生短暂抬升,渐新世末突告结束,之后长期抬升剥蚀,沉积时间短。伦坡拉盆地具有典型热盆的特点,受区域异常热流影响,地温梯度高于 $50^{\circ}\text{C}/\text{km}$;其地表温度随青藏高原隆升而大幅降低。独特的构造、沉积演化史及地温场特征,导致了盆内牛堡组二、三段烃源岩成熟快、门限浅,利于油气生成和排运。但盆地后期改造复杂,裂缝发育,勘探证实原生油气藏破坏明显,对保存大规模的油气储量不利。

关键词:地温场;热演化;烃源岩;伦坡拉盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

西藏伦坡拉盆地位于西藏自治区班戈县境内,面积约 3600km^2 ,海拔 4600m ,是西藏地区众多第三纪陆相盆地中已初步获得工业油气流的一个,具有较好的油气地质条件和含油气前景^[1]。伦坡拉盆地所在的拉萨-冈底斯地体处于喜山运动强烈作用区,地壳厚度大,壳幔热结构特殊,加上构造韧性剪切生热和放射性热元素的影响,使该地体成为高热流异常区。因此,高地温是伦坡拉盆地的显著特点,它对于烃源岩的热演化产生了重要影响。本文通过讨论伦坡拉盆地的今、古地温场特征,进而恢复盆地中主要烃源岩的热演化史,探讨盆地油气远景。

1 基本地质背景

1.1 构造区划

伦坡拉盆地是在燕山期褶皱基底上发育起来的老第三纪陆相盆地。盆地早期北部拉张作用由东往西逐渐减弱,南部拉张作用则相反^[2]。盆地后期受压扭应力挤压改造,发育了3组断裂和众多的局部构造。由北向南的3个二级构造带为北部逆掩推覆带、中央凹陷带、南部冲断隆起带。其中中央凹陷带由西往东又分为三八二凹陷、蒋日阿错凹陷、江加错

凹陷、爬错凹陷及徐果错凹陷5个三级构造区块^[3](图1)。

1.2 沉积层序

同构造演化阶段相对应,伦坡拉盆地在始新世断陷期和渐新世拗陷期分别接受了牛堡组(E_2n)和丁青湖组(E_3d)的两套沉积层序。

牛堡组(E_2n)一段代表由断陷初期的粗碎屑冲积沉积。牛二段代表断陷稳定发育期的湖相细碎屑沉积。牛三段基本继承了牛二段的特点,但断陷活动变弱,湖盆水体变浅,为萎缩期沉积。整个牛堡组

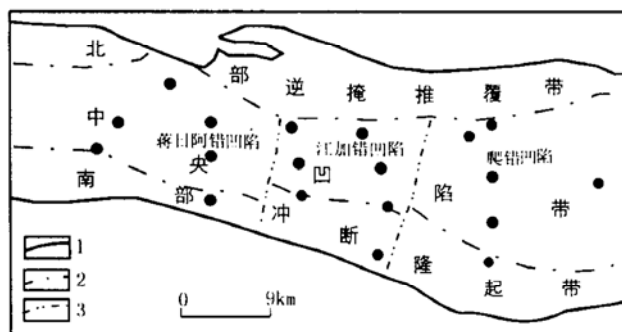


图1 西藏伦坡拉盆地构造区划图

1. 基底分布界线;2. 二级构造分区线;3. 三级构造分区线
Fig. 1 Structural division of Lunpolo Basin in Xizang

收稿日期:2000-01-11.

基金项目:国家“八五”西藏地勘专项(局-85-01-18).

作者简介:袁彩萍(1963-),女(汉族),湖北浠水人,工程师,在读硕士,现主要从事石油地质教学与科研工作.

形成了完整的沉积旋回。始新世末期盆地由断陷型逐步转化为坳陷型。

丁青湖组(E_3d)岩性较细,主要为一套半深湖-深湖相的灰色、深灰色泥页岩、泥灰岩夹细砂岩的沉积组合。渐新世末期表现为挤压抬升,结束了第三系沉积,进入长期抬升、剥蚀阶段。

1.3 基本成藏条件

伦坡位盆地地下第三系烃源岩以半深湖-深湖相的泥页岩为主,主力生油层为牛二段和牛三段。储集层以孔隙型为主,裂缝型次之。盖层发育于两个沉积旋回的中上部,横向上分布广泛,厚度稳定。已经揭示的圈闭主要包括背斜圈闭和断层圈闭两大类。

2 地层埋藏史分析

地层埋藏史是决定烃源岩层热演化史的基本地质过程。恢复地层埋藏史时必须对压实作用、抬升剥蚀作用等进行逆处理,即所谓的“脱压实校正”、“剥蚀量校正”等。

2.1 地层压实分析

藏1、西伦1和西伦2等钻井的声波测井资料,反映出盆地地下第三系地层的压实特征为:(1)丁青湖组和牛堡组分别属于两个不同的压实系统。(2)牛堡组三段总体属于正常压实。(3)丁青湖组基本上属于正常压实状态,压实斜率较大。(4)钻井之间的对比反映盆地压实特征的横向变化特点:西伦1井位于蒋日阿错凹陷范围内,牛三段具有明显的局部欠压实,藏1井和西伦2井沉积相相当,地层压实特征相似,均未发育欠压实。

2.2 地层剥蚀厚度恢复

地层剥蚀厚度恢复是盆地模拟的关键步骤之一,直接影响到对盆地构造发展史、沉积演化史和烃源岩热成熟史的认识。地层厚度类比法是常用的恢复剥蚀厚度的方法之一。

在牛堡组和丁青湖组两个沉积旋回中,牛二段、丁一段保存较完整,其上覆地层牛三段在始新世末、丁二-丁三段在渐新世末都遭到一定的剥蚀。因此可通过分析残余厚度比(牛三段/牛二段、丁青湖组/丁一段)粗略地计算相对剥蚀厚度。以LN-92-55.5测线的计算结果为例,牛三段剥蚀厚度为60~460m,丁二-丁三段剥蚀厚度为120~500m左右。

2.3 伦坡拉盆地典型井点埋藏史分析

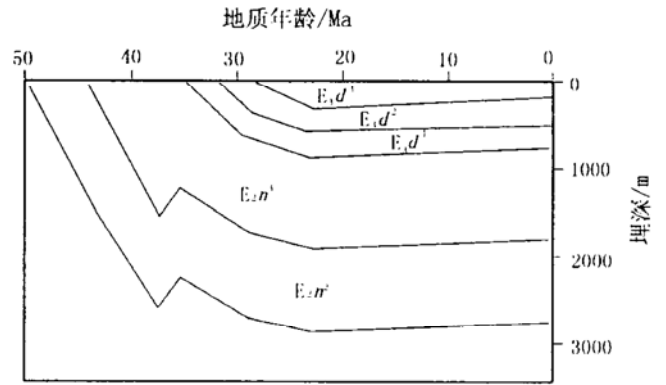


图2 伦坡拉盆地伦4井埋藏史图

Fig.2 Burial history plot of well Lun4 in Lunpola Basin

2.3.1 纵向演化特征

伦坡拉盆地典型井点埋藏史如图2所示。其纵向演化特征如下:(1)始新统牛二、牛三段地层沉积厚度大,沉积速率快,是盆地断陷扩张的主要时期;(2)牛三段对牛二段具有继承性,地层厚度更大、沉积速率更快;(3)丁青湖组各段相对较薄,沉积速率比牛堡组慢;(4)埋藏史图还清楚地表明,渐新世末存在一次较大规模的抬升剥蚀作用,始新世末的抬升剥蚀规模较小。

2.3.2 横向变化特点

不同部位的三级构造上沉积厚度和速度的差异,反映了埋藏演化史的横向变化特性。

牛二段沉积中心在蒋日阿错凹陷,该凹陷牛二段沉积厚度为1150~1430m,沉积速率达190~240m/Ma。江加错凹陷牛二段沉积厚度为830~1330m,沉积速率为138~220m/Ma。往东至爬错凹陷,沉积厚度仅500~760m,沉积速度降至83~127m/Ma。南部冲断隆起带相应的沉积厚度及速度更低。牛三段继承了牛二段的特点,且原始沉积厚度更大,沉积速率更快。

丁一段开始,沉积中心由蒋日阿错凹陷向东迁移到江加错凹陷,而且爬错凹陷的沉积厚度及速度比蒋日阿错凹陷更大。江加错凹陷丁一段地层原始沉积厚度为300~600m,沉积速度为100~200m/Ma;爬错凹陷原始沉积厚度为300~500m,沉积速度为100~170m/Ma,而蒋日阿错对应值分别为235~243m和78~81m/Ma。

3 地温场特征

含油气盆地的地温场研究是盆地模拟及油气地

质研究的重要内容。

3.1 今地温场特征

西藏是我国地热活动最强烈的地区之一。西藏南部的雅鲁藏布-冈底斯东西向的地热异常带,现今热流值在 $91 \sim 146 \text{mW/m}^2$ 之间^[4]。伦坡拉盆地可能稍低一些,但至少也在 80mW/m^2 以上。由于伦坡拉盆地海拔高,现今地表温度较低。据气象部门测定,伦坡拉地区年平均气温为 -8°C 。

盆地石油钻探表明,现今地温梯度比较高(图 3)。以地表温度为 -8°C 计算,则测温井段的地温梯度均在 $5^\circ\text{C}/100\text{m}$ 以上。越往浅处地温梯度越大。这是由于浅处受泥浆循环、未完全达到温度平衡的结果。总之,伦坡拉盆地属于地热异常区,今地温场的特点是大地热流值高、地温梯度大。但由于海拔高度高,故地表温度低。

3.2 古地温场特征

古地温场是影响盆地内地球化学动力学过程及物理化学过程最重要的直接因素。

由于地壳逐渐冷却且冷却速率比较稳定,平均为 $4^\circ\text{C}/100\text{Ma}$,已知今地表温度时,可以按此冷却速率反推地史埋藏的古地表温度。另外,由于海拔高度平均每增加 1000m 可使气温降低 6°C ,而位于青藏高原腹地的伦坡拉盆地现今海拔高度很大,因此在恢复其古地表温度时,必须考虑海拔高度的影响。青藏高原隆起过程较长,但主要是在上新世以后发生的^[5]。综合考虑高原隆起过程及地壳逐渐

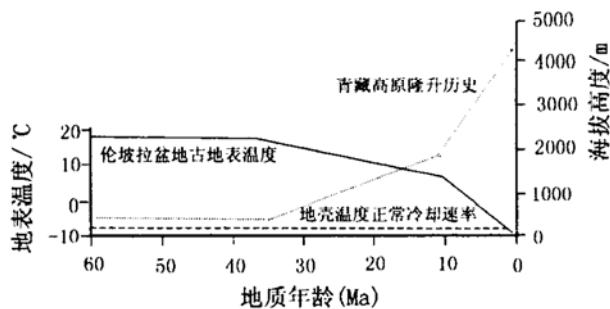


图 4 青藏高原隆升过程及伦坡拉盆地古地表温度图
Fig. 4 Plot showing uplift history of Qingzang plateau and ancient surface temperature in Lunpola Basin

冷却速率,可找出古地表温度变化规律(图 4)。

3.3 热史模拟的基本原理

热史模拟是在埋藏史模拟的基础上,根据地层热动力学参数,再现古地层温度变化过程。根据基本的热传导方程,可以由地层顶界的温度推知其底界温度:

$$T_2(t) = T_1(t) + \int_{D_1}^{D_2} \frac{Q(t)}{K(D(t))} dD(t) \quad (1)$$

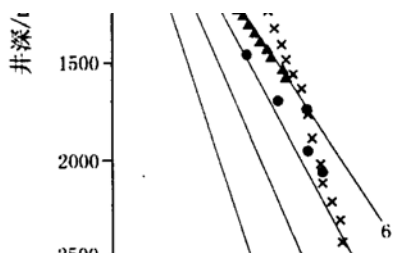
式中 $T_1(t)$ 、 $T_2(t)$ 分别为 t 时间地层顶、底界的古地温, D_1 、 D_2 分别为 t 时间地层顶、底界的古埋深。若地层为剖面最上面的表层单元,则 D_1 等于零, $T_1(t)$ 为古地表温度。 $Q(t)$ 为古热流值, $K(D(t))$ 为 t 时间地层埋深为 $D(t)$ 时的总热传导率。 $K(D)$ 是随岩性组成、地层孔隙度而变化的,可进一步表示成:

$$K(D) = K^1 - \varphi(D) \cdot K_{em}(D) \quad (2)$$

根据上述原理,应用模拟模型,模拟研究了盆地中 19 个井点的热史。

地层界面的古地温大小,主要受古埋深、古热流及热传导率的影响。古热流及热传导率随时间及埋深变化相对较小,因此古地温-地质年代关系曲线与古埋深-地质年代关系曲线有相似的变化趋势。

井温/ $^\circ\text{C}$
0 20 40 60 80 100 120



梯度就大。第二,同一地层地温梯度随着埋深加大而逐渐减小。抬升降温过程中(23Ma以后),由于孔隙度不再减小,所以地温梯度也不再明显地减小。第三,牛堡组地温梯度由始新世的7~8.5℃/100m变化到现今的5~6.3℃/100m,丁青湖组的地温梯度由渐新世的7~9℃/100m,变化到现今的6~7.2℃/100m。

伦坡拉盆地是一个典型的高地温梯度的含油气盆地。

4 烃源岩成熟史模拟

4.1 基本思路

成熟度是有机质在地质演化过程中对增温增时的效应。有机质的成熟度可通过测定镜质体反射率等参数而获得。地史上曾经历过的“古成熟度”只能借助于时-温指数(TTI)的计算而得到。地层埋藏过程中 TTI 计算方程如下^[6]:

的计算公式不难理解,成熟史模拟需要应用热史模拟结果。它是从地层开始埋藏向现今状态正演的。为了将模拟计算的 TTI 转换成常用的镜质体反射率 R_o ,可建立两者之间的关系:

$$R_o = A \cdot TTI^B \quad (4)$$

式中 A 、 B 为待定系数,它是通过拟合多个实测 R_o 与计算的最终 TTI 之间的关系而获得的。

4.2 典型井点成熟史分析

根据各凹陷典型井点成熟史模拟结果,编制了主要烃源岩牛二段(底界)、牛三段(底界)和丁一段(底界和顶界)在不同时期的成熟度 R_o 平面等值线图。

4.2.1 牛二段(底界)成熟史特征

牛二段底界在始新世末(35Ma)时的 R_o 等值线图(图5,a)可以看出,在始新世末期,中央凹陷带的主体蒋日阿错凹陷-江加错凹陷-爬错凹陷已进入成熟阶段,其中蒋日阿错凹陷 R_o 高达1.1%。进一步演化到渐新世末(23Ma)时,成熟度继续提高,普遍增高0.13%~0.28%,仍以蒋日阿错凹陷为最

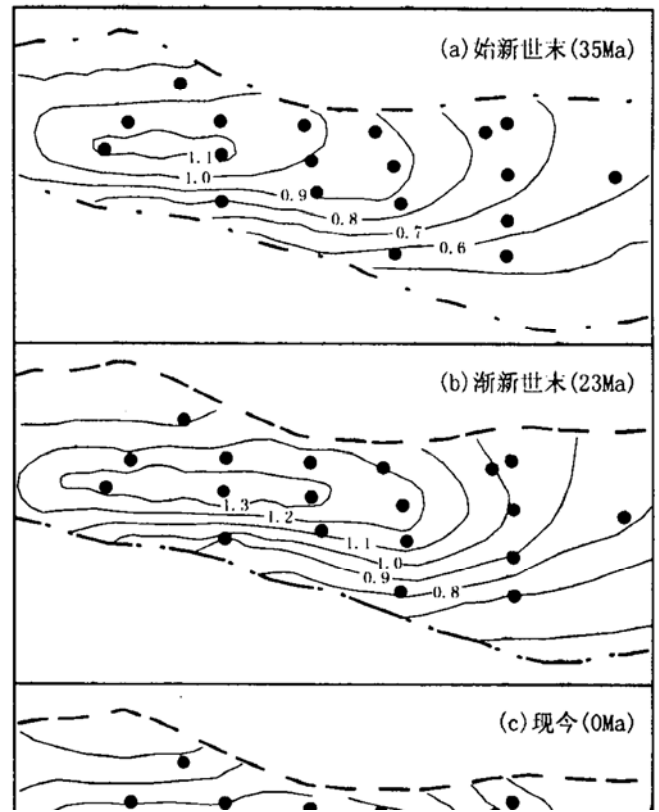


图5 牛二段底界烃源岩不同时期成熟度 R_o 等值线图

1. 井位; 2. R_o 等值线 %; 3. 成烃凹陷边界

Fig. 5 R_o contour map of source rocks of N-2 member in different periods

大,达到1.4%以上, R_o 等值线图(图5,b)形状与35Ma时基本相似,以蒋日阿错为高值中心,向东逐渐降低。晚第三纪以来牛二段主要处于抬升降温过程,成熟度只递增了0.03%~0.1%。现今 R_o 等值线图(图5,c)说明,牛二段底界目前所达到的成熟度,大部分在0.8%以上,其中蒋日阿错凹陷至江加措凹陷中心一带 R_o 达到1.4%,中央坳陷带大面积 R_o 在1.0%以上。牛二段底界进入成熟的时间,在始新世末(35Ma)以前。

牛二段底界对应于 R_o 等于0.5%的成油门限深度较浅,一般为1000~1200m。

4.2.2 牛三段(底界)成熟史特征

牛三段底界在始新世末(35Ma)时,除爬错凹陷东南部的局部地区外,大部分地区烃源岩已成熟

($R_0 = 0.5\%$), 其中蒋日阿错凹陷深处 R_0 达到 0.8%。总体上处于低成熟阶段。到渐新世末 (23Ma), 成熟度增幅一般为 0.1% ~ 0.35%, 且以江加错凹陷的井点增幅最大。这是由于渐新世丁青湖组沉积中心向东迁移到江加错凹陷的结果。此时, 蒋日阿错凹陷和江加错凹陷 R_0 达到 1.0%。晚第三纪以来, R_0 仅增加 0.02% ~ 0.1%, R_0 等值线与 23Ma 时的没有明显的改变。对应于 R_0 等于 0.5% 的门限深度一般在 800 ~ 1100m 范围内。

此外, 模拟结果还表明, 丁一段烃源岩的成熟度总体上偏低, 仅局部达到成熟, 门限深度比牛二段、牛三段更浅, 仅 700 ~ 1000m, 不利于大量提供油气来源。

5 结论

西藏伦坡拉盆地是典型的高地温盆地, 综合以上分析, 可以得出如下结论。

(1) 伦坡拉盆地开始形成时间滞后于中国东部陆相含油气盆地, 接受沉积时间短, 渐新世末盆地突然过早地消亡, 未接受上第三系沉积。始新世末和渐新世末分别发生规模不等的抬升剥蚀作用, 其盆地构造、沉积演化史明显有别于中国东部新生代沉积盆地。

(2) 伦坡拉盆地地温场具有两个特点: 一是受区域大地热流异常的影响, 古、今地温梯度特别高(大

于 $50^\circ\text{C}/\text{km}$); 二是其地表温度随青藏高原隆升而大幅降低。

(3) 由于西藏伦坡拉盆地特殊的构造、沉积演化史, 以及独特的地温场特征, 造就了盆内烃源岩快速成熟、成油门限深度浅。

(4) 烃源岩成熟快、门限浅的特点, 本身有利于油气生成和排运。但因盆地后期长时期抬升剥蚀, 构造改造复杂。勘探实践已证实本区裂缝发育, 原生油气藏受到明显破坏, 对本区保存大规模的油气储量不利。

参考文献:

- [1] 徐思煌, 梅廉夫, 邓四新. 西藏伦坡拉盆地烃源岩生、排烃史模拟[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(2): 179 - 183.
- [2] 雷清亮, 付孝悦, 卢亚平. 伦坡拉盆地第三纪陆相盆地油气地质特征分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(2): 168 - 173.
- [3] 罗本家, 戴光亚, 潘泽雄. 班公湖-丁青缝合带老第三纪陆相盆地含油前景[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1996, 21(2): 163 - 167.
- [4] 康文华, 李德禄, 白嘉启. 西藏地热异常带的划分及构造控制[A]. 中国地质科学院地质力学研究所. 地热专辑(第二辑)[C]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [5] 孙鸿烈. 青藏高原的形在演化[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.
- [6] D A Wood. Relationships between thermal maturity indices calculated using arrhenius equation and Lopatin method: applications for petroleum exploration[J]. AAPG, 1988, 72(2): 115 - 134.

CHARACTERISTICS OF GEOTEMPERATURE FIELD AND MATURITY HISTORY OF SOURCE ROCKS IN LUNPOLA BASIN, XIZANG(TIBET)

YUAN Cai-ping, XU Si-huang

(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Lunpola Basin, developed on Yensan basement, is an extensional Eogene continental basin. It started relatively later than other Cenozoic basins in eastern China, ended at the end of Oligocene Epoch, and then uplifted until present. Its deposition period was short. It also took place a short uplifting period at the end of Eocene Epoch. Lunpola Basin is a typical HOT Basin, in which geothermal gradient was higher than $50^\circ\text{C}/\text{km}$, and temperature was decreased as Qingzang plateau elevating. Special characteristics of structure, sedimentary history and geotemperature field made source rocks of Niubao formation in the basin bury shallow and mature fast. All of those are favorable for hydrocarbon generation and expulsion. But Petroleum exploration has shown that Lunpola Basin was reformed by succeeding structure and fracture and the primary reservoir was damaged. So it is unfavorable for preserving great amount reserves of oil and gas.

Key words: geotemperature field; thermal evolution; source rocks; Lunpola Basin