

文章编号: 0253-9985(2005)02-0147-08

# 羌塘盆地雀莫错沉降-堆积中心成因: 热力衰减塌陷沉降

刘池洋<sup>1</sup>, 杨兴科<sup>1,2</sup>, 任战利<sup>1</sup>, 郑孟林<sup>3</sup>, 赖绍聪<sup>1</sup>

(1. 西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 西北大学含油气盆地研究所, 陕西西安 710069;

2. 长安大学成矿作用及其动力学开放研究实验室, 陕西西安 710054;

3. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 在羌塘盆地东北部雀莫错地区侏罗系厚度巨大、层序齐全。其中, 侏罗纪最早沉积的雀莫错组和最晚沉积的雪山组, 现今地层残存厚度均超过 1 300 m, 分别属盆地内同期显著的局部沉降-堆积中心。这两期沉降-堆积中心的发育背景和演化过程颇为相似, 即前期均有热力-岩浆活动的证据和与之有关的隆起背景; 随后, 早期沉积较薄甚至遭受剥蚀的隆起区发生快速沉降, 接受巨厚沉积。这种隆-坳特征在时间上前后相随、上下叠置的特别现象, 为热力作用形成的构造所特有。这一特征是雀莫错地区经历了 (1) 早期深部热力-岩浆作用上拱、岩浆喷溢, 地壳表层隆升剥蚀, 和 (2) 晚期深部热力衰减冷却, 表浅层塌陷沉降之全过程的表现和记实。近年完成的航磁和大地电磁测深资料所反映出的深部结构方面证明此热力塌陷构造的存在。上侏罗统雪山组有机质镜质体反射率 ( $R_o$ ) 高达 1.63%~1.83%, 为中生代热异常的发生提供了证据。雪山期塌陷沉降型火山机构的热力衰减塌陷和伴随的岩浆活动, 一直间断延续到晚白垩世-早第三纪初。随后, 该区始发生抬升冷却。

**关键词:** 热力塌陷; 沉降-堆积中心; 雀莫错; 羌塘盆地; 侏罗纪; 青藏高原; 岩浆活动

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

## Genesis of subsidence-accumulation centre in Quemocuo area of Qiangtang basin: caving-in subsidence with thermal attenuation

Liu Chiyang<sup>1</sup>, Yang Xingke<sup>1,2</sup>, Ren Zhanli<sup>1</sup>, Zheng Menglin<sup>3</sup>, Lai Shaocong<sup>1</sup>

(1. Institute of Petroliferous Basin, Northwest University, Xi'an Shaanxi;

2. Open Laboratory of Mineralization and Dynamics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi;

3. Exploration &amp; Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

**Abstract:** Jurassic is very thick and has a complete sequences in Quemocuo area, northeastern Qiangtang basin. The Quemocuo Formation and Xueshan Formation, the earliest and latest Jurassic deposits, both presently have a remaining thickness of over 1 300 m, representing the apparent local subsidence-accumulation centers of the times in the basin. These two subsidence-accumulation centers have very similar development background and evolution process, i. e. there are the evidences of early-stage thermal-magmatic activity and relevant uplifting backgrounds, subsequently, the uplifted areas where the early deposits being thin or even denuded have subsided rapidly and accumulated very thick deposits. The special phenomena that uplifts and depressions occur successively in time and are superimposed vertically are characteristic of structures having been formed by thermal activity. This unique feature shows that Quemocuo area has experienced two geologic processes: (1) humping up of deep thermal-magmatic activity, magmatic eruption, and uplifting and denudation of superficial and shallow crust in early stage; (2) thermal attenuation and cooling down at depth and caving in and depression of superficial and shallow crust.

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (40372096) 和国家重点基础研究发展规划项目 (2003CB214600)

**第一作者简介:** 刘池阳, 笔名刘池洋, 男, 51 岁, 教授 (博导, 首席科学家), 盆地动力学和油气地质与勘探

**收稿日期:** 2004-12-28



未来油气资源重要的勘探领域和接替区<sup>[1~5]</sup>。该盆地主体为晚三叠世—侏罗纪发育的海相沉积盆地。在盆地东北部雀莫错-雁石坪地区(图 1),侏罗纪地层出露良好,厚度巨大。其中雀莫错剖面层序齐全,接触关系清楚,是盆地内为数不多的典型剖面<sup>[6~8]</sup>之一。

由于该盆地自然条件恶劣,综合地学调查和科学研究程度相对较低,因而仍有一些问题值得探讨。如关于该地区侏罗纪巨厚沉积形成的大地构造背景,就曾有“地槽型沉积”<sup>[9]</sup>、“一般地台区常见的稳定类型沉积建造”<sup>[10]</sup>和“大西洋型大陆边缘沉积”<sup>[11]</sup>等认识。在雀莫错地区,侏罗系虽厚度超过 4 500 m,但由后述可知,该区属展布不很广的局部沉降-堆积中心<sup>[12]</sup>。对此中心的存在和成因,迄今鲜有人议。此问题又与上述巨厚侏罗系形成的大地构造背景密切相关。

本文试图以近年来在羌塘盆地新获得的各种地球物理和油气地质调查资料为主,结合已有区域地质调查及研究成果,综合研究和探讨雀莫错沉降-堆积中心的成因及其演化。

1 基本特征

1.1 地层层序及接触关系

对雁石坪及雀莫错地区的侏罗纪地层,研究历史较长、工作单位和个人较多,地层划分不尽相同,群组命名也有多种称谓<sup>[6,7,10,13]</sup>,大多曾泛称为“雁石坪群”。目前一般将其划分为 5 组<sup>[8,14,15]</sup>,自下而上分别是中侏罗世雀莫错组(J<sub>2q</sub>)、布曲组(J<sub>2b</sub>)、夏里组(J<sub>2x</sub>)和晚侏罗世索瓦组(J<sub>3s</sub>)、雪山组(J<sub>3x</sub>),各组之间均为整合接触关系(图 1)。雀莫错组与下伏上三叠统等不同时代地层为不整合接触。本区中上侏罗统的 5 个组,自下而上分别相当于原雁石坪群“三砂夹两灰”中的下砂岩组、下灰岩组、中砂岩组、上灰岩组和上砂岩组<sup>[15]</sup>。这也间接地代表了北羌塘中东部各组地层的主要岩性特征。

最上部晚侏罗世雪山组在雀莫错地区厚度巨大,层序较为完整,但未见顶。雪山组含有早白垩世贝利阿斯期(Berriasian)化石<sup>[6,15]</sup>,其地层时代可延续到早白垩世早期。

1.2 各组地层厚度

雀莫错-雁石坪地区多条剖面的实测结果表

明,该区中晚侏罗世地层一般厚度巨大。但由于所测剖面的位置或路线不同、具体划分方案有异,中上侏罗统及其各组地层的厚度仍有一定差别(表 1)。为了反映和比较地层厚度的平面变化及相对厚薄,用已知实测剖面的各组地层厚度值,编绘了羌塘盆地侏罗系各组地层厚度趋势等值线图<sup>[5]</sup>。此研究表明,在雀莫错地区,侏罗纪最早沉积的雀莫错组和最晚沉积的雪山组,地层残存厚度均超过 1 300 m(表 1),为全盆地之最或最厚地区之一;但向周邻不远处,则地层厚度骤减。换言之,该区虽沉降幅度深、堆积厚度大,但展布不很广,分别为盆地内同期显著的局部沉降-堆积中心。除此而外,其余 3 组地层与周邻地区相比,厚度变化不大甚或相对较薄。

表 1 羌塘盆地雀莫错及邻区中晚侏罗世地层厚度对比  
Table 1 Thickness comparison of the Middle Upper Jurassic in Quemocuo and adjacent areas in Qiangtang Basin

| 地 层  | 地 区  | 地层厚度/m                                                  |                |                      |
|------|------|---------------------------------------------------------|----------------|----------------------|
|      |      | 文献[4]                                                   | 文献[8]          | 文献[7]                |
| 上侏罗统 | 雪山组  | 雀莫错<br>雁石坪<br>祖尔肯乌拉山<br>> 1 364.4<br>(590)*<br>> 321.4  | > 1 248.9      | 942                  |
|      | 索瓦组  | 雀莫错<br>雁石坪<br>祖尔肯乌拉山<br>> 347.82<br>(670.9)*<br>1 136.7 | 633.2<br>389   | 940                  |
| 中侏罗统 | 夏里组  | 雀莫错<br>雁石坪<br>祖尔肯乌拉山<br>378.5<br>> 549.4<br>639.4       | 401.8<br>645.7 | 402                  |
|      | 布曲组  | 雀莫错<br>雁石坪<br>祖尔肯乌拉山<br>> 494.8<br>571.3<br>947.9       | 266.2<br>674.4 | 266                  |
|      | 雀莫错组 | 雀莫错<br>雁石坪<br>祖尔肯乌拉山<br>1 939.3<br>> 1 517.4<br>> 234.8 | 1 219<br>2 410 | 上段: 531<br>下段: > 919 |

2 成因探讨

在北羌塘坳陷东部 10 多条侏罗系实测剖面上,目前仅在雀莫错及附近地区的中侏罗世雀莫错组底和晚侏罗世索瓦组中,见到火山岩和火山碎屑岩及凝灰岩(夹层)。这两套火山岩形成的时代,分别均略超前于前述雀莫错期和雪山期两个沉降-堆积中心发育的时期。这暗示二者可能有着某种成因上的联系。

2.1 雀莫错期

2.1.1 前期的热力-岩浆活动

在雀莫错湖畔,雀莫错组“底部为一层紫红色

\* 徐文凯,张岳桥,蔡习尧,等.羌塘盆地地层划分与对比研究报告.青藏油气勘探项目经理部研究报告,1998

巨厚层砾岩,砾石由中-细砾安山岩、英安岩、流纹岩、脉石英、砂岩和灰岩等”岩石组成,层位较稳定;“角度不整合于晚三叠世结扎群上部之灰绿色碳酸盐化含凝灰质中酸性熔岩夹板岩、紫色厚层状砂质细晶灰岩夹凝灰质砂岩、暗紫红色厚层状钙铁质层凝灰岩等岩层之上”<sup>[6]</sup>。

在雀莫错湖东南、鄂尔陇巴之北,青藏油气勘探项目经理部\*于雀莫错组之下发现一套厚约10~71 m的深灰色砂质泥岩、凝灰岩、凝灰质碎屑岩和泥晶灰岩。这套地层与上覆雀莫错组和下伏上三叠统均为不整合接触关系。与北羌塘中西部雀莫错组下伏的早侏罗世那底岗日组(为一套中酸性火山岩、火山碎屑岩夹砂质页岩及泥灰岩)对比,曾将这套地层暂定为下侏罗统,创名为鄂尔陇巴组\*;也有将其置于中侏罗世雀莫错组下段的划分方案<sup>[14]</sup>。这套地层在岩性上与上述所描述的晚三叠世结扎群上部地层特征<sup>[6]</sup>相似,二者均不整合于中侏罗世雀莫错组之下,是否属同一套地层,值得进一步研究。

在雀莫错湖西北约70 km处,雀莫错组砂岩颗粒格架中火山岩屑含量高达73%,为全盆地同时代地层的最高值。但在该区下伏晚三叠世肖茶卡组中砂岩几乎不含火山岩屑。

以上事实说明,雀莫错地区较强烈的岩浆活动,发生在中侏罗世雀莫错期之前,又可能在晚三叠世肖茶卡期之后,即大致在三叠纪末-早侏罗世。这与羌塘地块和可可西里地块间的陆间洋(有限洋)关闭,两地块拼接碰撞的时间相一致。雀莫错地区邻近此碰撞缝合带,故其岩浆活动应与此拼接碰撞事件有着因果联系。

### 2.1.2 古隆起背景

在雀莫错湖向东到东经92°之西,向北达玛章错钦附近的较广阔范围内(长、宽约65±5 km),地表主要被上侏罗统和更新地层及燕山晚期正长斑岩所覆盖。

值得注意的是,在此较新地层分布区的外围,呈似环状或弧型出露有较大面积的下二叠统、上三叠统及小范围石炭系。直接不整合覆盖其上的地层,除中侏罗世雀莫错组外,还有中侏罗世布曲

组(纳保扎陇西北、雀莫错湖西北和之南),甚至晚侏罗世雪山组(扎格碎纳保之北)(图1)。显然,该区在中侏罗世沉积前为一古隆起,早侏罗世末接受沉积;部分地区上三叠统已被剥蚀夷尽,下二叠统出露地表。在有些地区,直到中侏罗世中期,甚至晚侏罗世晚期才被覆盖。

本区在中侏罗世雀莫错期一开始沉积,即以沉降深、堆积快、厚度大为特色。但该雀莫错期沉降-堆积中心却发育在古隆起上;且在该区大幅度沉降,接受巨厚沉积的同时,在相距不远的周邻地区,也同时存在着正遭受剥蚀的似环状隆起。

### 2.1.3 热力衰减塌陷

由上述可知,在中侏罗世雀莫错期,雀莫错地区形成的沉降-堆积中心的展布范围较为有限,为一在特殊背景下局部快速沉降的产物。这种隆、坳单元在空间较小范围内相伴共存;在时间上呈现前后相随、上下叠置的特别现象,为热力作用形成的构造所特有\*\*。这是该区经历了(1)早期深部热力-岩浆作用上拱、岩浆喷溢,地壳表浅层隆升剥蚀,和(2)晚期深部热力衰减冷却,表浅层塌陷沉降之全过程<sup>[13]</sup>的表现和记实。

## 2.2 雪山期

### 2.2.1 索瓦期热力-岩浆活动及相对隆升

在雀莫错西北约60 km的波陇章巴东山,晚侏罗世索瓦组石英砂岩中夹有3层累计厚达110 m的角闪玄武安山岩<sup>[15]</sup>;各火山岩夹层的厚度分别为59.71 m, 13.24 m, 37.14 m\*\*\*。砂岩薄片岩石学研究也表明,雀莫错地区索瓦组砂岩中火山岩屑含量高;砂岩颗粒格架中斜长石含量居全盆地之首\*\*\*\*。这与本区发生同期中基性火山活动相吻合。

与周邻地区对比,雀莫错地区在索瓦期沉积厚度明显减薄(表1),表明该区相对隆升。这应与该区热力-岩浆作用上拱引起的隆升有关。

### 2.2.2 长期相对沉降

晚侏罗世雪山组为羌塘盆地的最高海相层位,也是该盆地消亡前的最晚沉积地层。雀莫错地区东邻盆地东部斜坡区。在雪山期,东部斜坡区抬升明显,沉积东界和沉积中心明显向西迁移\*\*\*\*\*。

\* 徐文凯,张岳桥,蔡习尧,等.羌塘盆地地层划分与对比研究报告.青藏油气勘探项目经理部,1998

\*\* 刘池阳.论热力构造.中原油田学术报告,1990

\*\*\* 罗建宁,雍永源,贾宝江,等.羌塘盆地西金乌兰湖-兹格塘错工程油气路线地质调查综合研究报告.青藏油气勘探项目经理部,1995

\*\*\*\* 夏邦栋,张开均,王锡银,等.羌塘盆地形成条件及构造特征.中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目研究报告,1997

\*\*\*\*\* 刘池阳,王定一,杨兴科,等.羌塘盆地构造特征及其演化.中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目研究报告,1999

雀莫错及其以东地区已为陆相河湖相沉积环境<sup>[4]</sup>。在羌塘盆地东北部,上侏罗统大面积缺失,残存的雪山组地层分布局限;至今仍保留较大面积、一定厚度的上侏罗统分布地区甚少。但位于盆地东部的雀莫错剖面,未见顶的雪山组至今残留厚度仍达1364.5 m。这表明,该区从晚侏罗世沉积到新生代,长期为相对沉降区。因而该区晚侏罗世(及白垩纪初)堆积巨厚,后期又遭剥蚀改造甚弱。

### 2.2.3 热力衰竭塌陷

由上述可知,雪山期与雀莫错期沉降-堆积中心的发育背景和演化过程颇为相似,即前期均有热力-岩浆活动的证据和与之有关的隆起背景;随后,早期沉积较薄的隆起区发生快速沉降接受巨厚沉积。故认为,雀莫错湖东北的雪山期沉降区为晚侏罗世热力作用衰减、冷却塌陷的结果。据雀莫错东北出露的正长斑岩的同位素年龄(79.3 Ma, 65.9 Ma, K-Ar法)(图1)分析,此热力构造的岩浆上拱和热力释放在晚白垩世晚期仍在进行。

在雀莫错地区,上侏罗统雪山组烃源岩镜质体反射率( $R_o$ )高达1.63%~1.83%。即使该区在雪山期沉积后,又被正常深埋数千米(此种假设在该

区不存在),也达不到此热演化程度所需的温度。这表明,该区在晚侏罗世晚期或之后,经历了异常的高热演化。这与该区热力作用活跃,同期曾发生热力塌陷沉降的现象可彼此印证。该区中上侏罗统磷灰石裂变径迹分析结果有4个冷却年龄值,变化范围为 $56.5 \pm 3.7$  Ma~ $26.0 \pm 1.7$  Ma。岩石冷却时期一般滞后于其抬升的时间<sup>[17]</sup>。所以中晚侏罗世地层抬升冷却的时期始于始新世及之前,主要发生在始新世晚期以来。这与该区正长斑岩的年龄,在时代上可彼此衔接、相互印证。二者均说明,该区活跃的深部热力作用发生在晚侏罗世—早白垩世。

## 3 深部证据

近年在研究区完成的地球物理探测资料为此热力塌陷构造的存在提供了深部结构方面的证据。

### 3.1 航磁资料

在航磁 $\Delta T$ 平面图上,雀莫错湖东北有一剧烈变化强磁异常集中分布区。位于负磁力异常区中间的正磁力异常高值区,被周邻七八个正负异常相间、呈环状分布的小型等轴状磁异常体包围(图2)。此乃航磁资料上火山机构的典型反映。

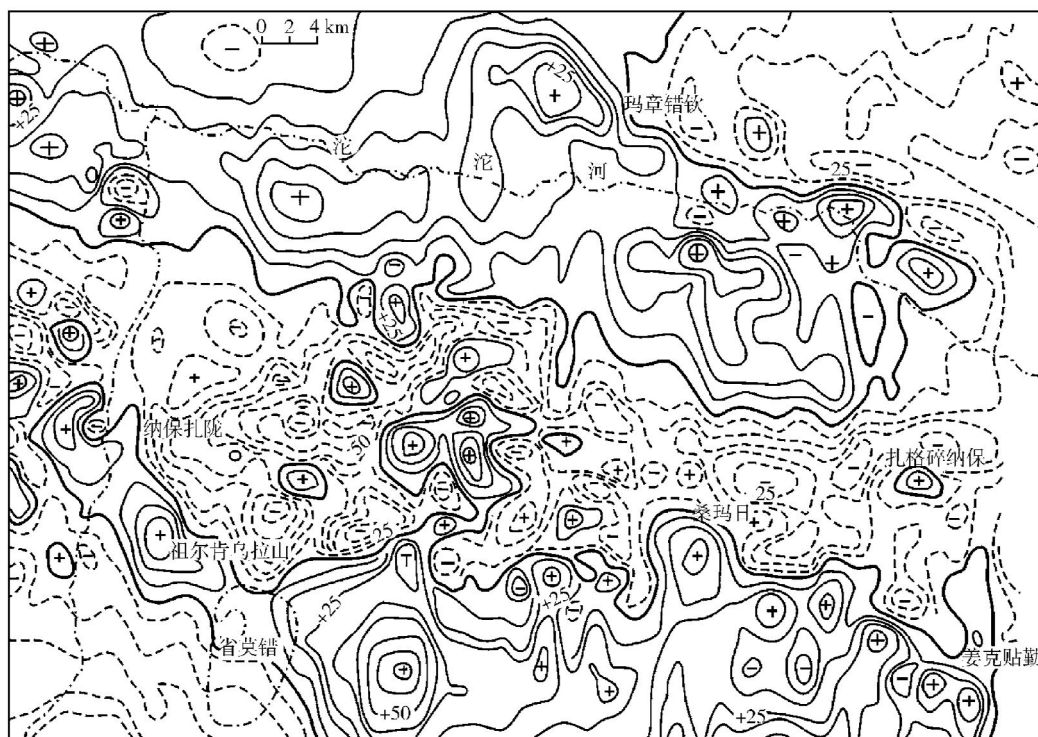


图2 羌塘盆地雀莫错地区航磁 $\Delta T$ 等值线图

(节选自青藏油气勘探项目经理部,核工业航磁遥感中心703研究所.羌塘盆地航磁测量工程研究报告,1996,有修改)

图中航磁异常等值线单位为nT;粗实线为磁场零值线;细实线为正磁场等值线;虚线为负磁场等值线;点划线为河流或湖泊

Fig.2 Contour map of aeromagnetic  $\Delta T$  in Quemocuo area, Qiangtang basin

据航磁资料所确定的火山机构总体为一规模较大的火山穹窿,直径达30~40 km(图1);被出露的石炭-二叠系和三叠系较老地层所围限的晚侏罗世地层广泛分布区(图1),为火山塌陷机构范围。对比(图1)可见,此火山穹窿仅是大型火山塌陷机构的核部,现今也已塌陷沉降。显然,该区晚侏罗世雪山组沉积巨厚,地层后期剥蚀甚弱,并得以保存,正是该火山塌陷机构的沉降而提供了负向地形。航磁 $\Delta T$ 异常和化极异常向上延拓5 km,该磁异常仍有表现;上延10 km,此磁异常特征基本消失。这说明此火山机构确有明显深部结构背景;但磁异常源规模较小、埋藏较浅。这正是火山机构的常见特征。地质矿产部门完成的高原中西部航磁概查工作,也认为雀莫错地区的磁异常反映了环状火山机构的存在<sup>[18]</sup>。两家航磁调查独立进行,推断结果不谋而合;二者可彼此印证。

### 3.2 大地电磁测深剖面

从该区通过的近南北向大地电磁测深(MT)剖面,到雀莫错湖东北因受地形影响,剖面线走向转为北东,正好横穿航磁资料所确定的火山机构(图1)。雀莫错地区的MT剖面(图3)显示,在地下30 km(海拔25 km)之下,为一宽逾100 km、电阻率小于和等于100  $\Omega \cdot m$ 的低阻区。在其上的中上地壳,与南、北高达几千欧姆·米的相邻高阻区相比,雀莫错地区的电阻率总体仍较低:在南北宽逾60 km范围内,被电阻率为250  $\Omega \cdot m$ 的等值线所围限。此范围与上述论及的热力塌陷构造范围(图1)相当,二者可彼此补充、相互佐证。在此低阻区内,间夹有电阻率达几百  $\Omega \cdot m$ 的两个小区。其中面积相对较大者即为航磁资料所确定的雀莫错火山穹窿所在位置,在地表多处出露有晚白垩世正长斑岩(图1)。该区剖面形态似倒三角形,250  $\Omega \cdot m$ 等值线上部宽约30 km,其内部电阻率达400~650  $\Omega \cdot m$ ,在核部值相应更高。此特征表明,雀莫错地区深部热力作用活跃,影响范围大,中上地壳相对邻区也有较强的热力活动。在雀莫错东北的火山穹窿分布区,由于前新生代岩浆喷溢、热力衰减和塌陷沉降,大量的深部热量在早第三纪早期及之前已释放。因而在火山塌陷机构区核部比周邻电阻率低值区的电阻率相对要高。这正是该区晚侏罗世晚期以来经历了局部热力衰减释放、火山机构冷却塌陷和进一步沉降,致使现今中上地壳温度相对较低的表现。

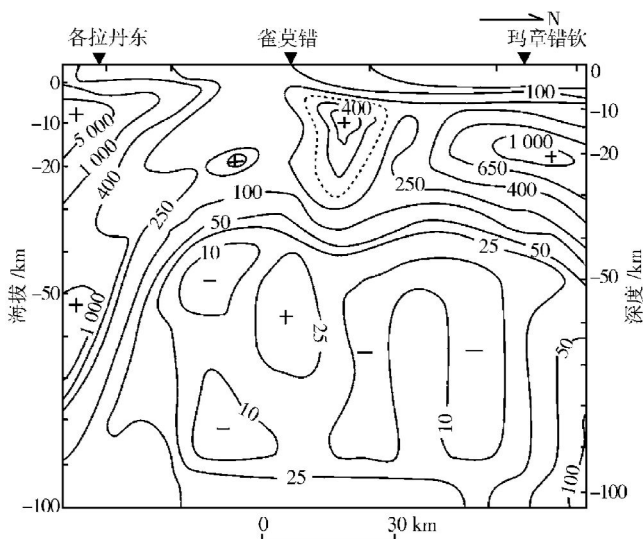


图3 羌塘盆地雀莫错地区大地电磁测深(MT)剖面图  
(据青藏油气勘探项目经理部,石油物探局研究院·青藏高原物探资料综合研究,1999)

图中电阻率等值线单位为  $\Omega \cdot m$ ,剖面位置见图1

Fig. 3 Profile of magnetotelluric depth sounding in Quemocuo area in Qiangtang basin

## 4 演化过程与展布范围

### 4.1 演化过程

根据上述分析,并结合区域研究成果认为,在三叠纪末-侏罗纪初,羌塘地块之北的拉竹龙-西金乌兰有限陆间洋关闭,羌塘地块与北邻可可西里地块拼接碰撞,在羌塘地块北缘伴有较强烈的构造变形和热力-岩浆活动,深部热力拱升、岩浆上侵喷出,表浅层隆升并遭受剥蚀(图4a)。在中侏罗统沉积前,局部地区下二叠统已出露地表。到中侏罗世初,深部热力作用衰减冷却,此穹窿型火山机构核部开始塌陷,发生快速沉降、接受沉积(图4b)。因而在该区,雀莫错期沉积地层巨厚,且不整合覆盖在下二叠统、上三叠统不同时代较老地层之上。

雀莫错核部塌陷型火山机构,在中侏罗世经过雀莫错期的塌陷沉降和沉积补偿填平;进入盆地最大海侵期布曲期和随后的夏里海退期,雀莫错地区已无显著差异沉降(表1)。晚侏罗世索瓦期,为盆地又一次海侵,雀莫错地区与邻区相比,沉积地层明显减薄,表明不仅没有显著沉降,反而有较明显隆升。这与该区开始发生较明显的深部热力上拱和中基性火山活动有关。雪山期为又一次海退期,加之东部斜坡的进一步抬升降起,在北羌塘东部已为陆相河湖相沉积环境。但由于雀莫

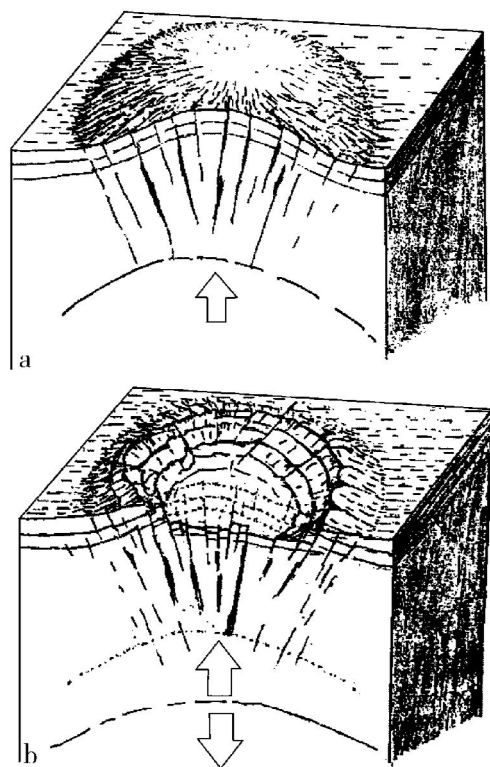


图4 热力构造形成演化示意图

Fig. 4 Sketch map showing development and evolution of thermal structures

a—早期热力-岩浆上拱隆升:热穹隆形成,遭受剥蚀;  
b—晚期热力衰减冷却、沉降:塌陷构造发育,接受沉积

错地区的热力隆起在雪山期已塌陷沉降,致使在盆地东北部同期沉积厚度总体比盆地西部和南部明显要薄的总背景下,在该区发育沉降中心,堆积地层巨厚。此热力衰减塌陷和伴随的岩浆活动,一直间断延续到晚白垩世。在始新世之前,该区的中新世地层已开始抬升冷却,遭受剥蚀。

研究表明,一次热力-岩浆作用结果之冷却,可分为初始的短暂快速冷却和相继的长期缓慢冷却两个阶段<sup>[19]</sup>。前者属于以热力-岩浆侵入体自身高温为主导的冷却,常伴有局部塌陷、快速沉降。后一阶段包括深部热源衰减和区域抬升剥蚀所导致的冷却,二者常同时存在。但在该阶段的冷却过程中,早期深部热源衰减占主导地位,导致更大范围的较快速沉降;晚期抬升剥蚀对冷却贡献较大,常在隆起的总背景下发生缓慢、幅度不大的差异沉降。

本研究区雀莫错期和雪山期热力构造的形成和冷却塌陷沉降过程,总体上仍表现出与上述过程的两个阶段和3个时期在特征上相似、时期上可对应的特点。有必要指出,雀莫错地区两期热力构造的形成和演化,每一期都是多幕次热力-岩浆作用的结果。因

而上述前两个冷却时期可能前后交替、穿插进行,故其过程可能更为复杂,时间相对更长。

## 4.2 展布范围

本区雀莫错期热力-岩浆活动,特别是塌陷沉降的范围和位置,由于后期热力作用的叠加和改造<sup>[12, 20, 21]</sup>,据现今地球物理资料已难以具体确定。但据雀莫错组地层厚度变化和其下伏不同时代地层分布等资料分析,推测雀莫错期热力隆起构造南起索日依多尔,北止欧乌格尔;东、西边界大致在今下二叠统出露区附近(图1)。其塌陷范围位于此热力构造分布区之内。雪山期塌陷沉降型火山机构的中心,位于雀莫错湖东北与航磁所确定的火山机构位置基本一致(图1)。该期热力隆起构造的东、南、西3边界,在位置上与雀莫错期构造基本重叠或继承;其北界明显向北迁移,大致位于玛章错钦之南。雀莫错地区雪山期热力隆起构造的分布,对现今沱沱河和通天河特殊的流径路线似有明显影响或控制(图1)。

## 参考文献

- 1 罗本家,戴国汉.羌塘盆地油气有利勘探区块[J].石油与天然气地质,1996,17(1):58~61  
Luo Benjia, Dai Guohan. Favorable blocks for hydrocarbon exploration in Qiangtang basin[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(1): 58~61
- 2 王成善,伊海生,刘池洋,等.西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J].石油与天然气地质,2004,25(2):139~143  
Wang Chengshan, Yi Haisheng, Liu Chiyang, et al. Discovery of paleo-oil reservoir in Qiangtang basin in Tibet and its geological significance[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 139~143
- 3 雷清亮,戴国汉.西藏油气远景分析[J].石油与天然气地质,1996,17(1):22~26  
Lei Qingliang, Dai Guohan. Analysis hydrocarbon prospects in Tibet[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(1): 22~26
- 4 沈启明,纪有亮,郭祖军.青藏高原中生界沉积相及油气储盖层特征[M].北京:科学出版社,2001.76~96  
Shen Qiming, Ji Youliang, Guo Zujun. Mesozoic sedimentary facies and characteristics of reservoir and cap rocks in Qinghai-Tibet plateau[M]. Beijing: Science Press, 2001. 76~96
- 5 刘池洋,杨兴科,任战利,等.羌塘中生代海相盆地后期改造[A].见:赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原大地构造特征及盆地演化[C].北京:科学出版社,2001.360~392  
Liu Chiyang, Yang Xingke, Ren Zhanli, et al. Later transform of Mesozoic era marine basin in Qiangtang [A]. In: Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. The tectonic characteristics of Qinghai-Tibet plateau and basin evolution[C]. Beijing: Science Press, 2001. 360~392
- 6 白生海.青海西南部海相侏罗纪地层新认识[J].地质论评,1989,35(6):529~536  
Bai Shenghai. New recognition of the marine Jurassic strata in south-

- western Qinghai[J]. Geological Review, 1989, 35(6): 529-536
- 7 杨遵仪, 阴家润. 青海省南部侏罗纪地层问题讨论[J]. 现代地质, 1988, 2(3): 278-292  
Yang Zunyi, Yin Jiarun. Discussion on the Jurassic strata in south Qinghai[J]. Geosciences, 1988, 2(3): 278-292
  - 8 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 249-250, 274-287  
Qinghai Bureau of Geology and Mineral Resources. Petrostratigraphy in Qinghai[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 249-250, 274-287
  - 9 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等(黄汲清指导). 中国大地构造及其演化(1:400万中国大地构造图简要说明)[M]. 北京: 科学出版社, 1981. 56  
Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. (Directed by Huang Jiqing). Tectonics in China and their evolution(Summary of 1:4000000 Geotectonic Map in China)[M]. Beijing: Science Press, 1981. 56
  - 10 文世宣, 章炳高, 王义刚, 等. 西藏地层[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 217-230, 397-398  
Wen Shixuan, Zhang Binggao, Wang Yigang, et al. Stratigraphy in Tibet[M]. Beijing, Science Press. 1984, 217-230, 397-398
  - 11 阴家润. 唐古拉山侏罗系沉积的若干特征及沉积盆地背景条件的探讨[J]. 现代地质, 1989, 3(2): 155-164  
Yin Jiarun. Discussion on several features of Jurassic deposit of Tanggulasan Mountain and ground conditions of sedimentary basin[J]. Geosciences, 1989, 3(2): 155-164
  - 12 刘池洋. 含油气盆地沉积-沉降中心迁移的形成机制探讨[A]. 见: 王宜林. 第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1997. 275-278  
Liu Chiyang. Discussion on forming mechanism of the moving of deposit and subsidence centre in gas and oil bearing basins[A]. In: Wang Yilin. Collected treatises of the fifth conference of national sedimentology and paleolithofacies and paleogeography academic theses[C]. Wulumuqi: Xinjiang Science Technology and Hygiene Press, 1997. 275-278
  - 13 蒋忠惕. 羌塘地区侏罗纪地层的若干问题.[A]. 见: 地质矿产部青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集(3) [C]. 北京: 地质出版社, 1983. 87-112  
Jiang Zhongti. Several problems of Jurassic strata in Qiangtang area [A]. In: Editing Committee of Ministry of Geology and Mineral Resources of Geological Collected Works on Qinghai-Tibet Plateau. Collected works on Qinghai-Tibet plateau (3) [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 87-112
  - 14 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 59-62  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Tibet Autonomous Region. Petrostratigraphy in Tibet Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 59-62
  - 15 李永铁, 罗建宁, 卢辉楠, 等. 青藏高原地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 125-139, 498
  - 16 Komuro H. Experiments on Cauldron formation: a polygonal Cauldron and ring fractures[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1987, 31: 139-149
  - 17 刘池洋, 杨兴科, 任战利, 等. 藏北羌塘盆地查桑地区构造格局与演化[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊): 14-19  
Liu Chiyang, Yang Xingke, Ren Zhanli, et al. Structural framework and its evolution in Chasang area of Qiangtang basin in northern Tibet [J]. Science in China(Series D), 2001, 31(Sup): 14-19
  - 18 熊盛青, 周伏洪, 姚正煦, 等. 青藏高原中西部航磁概查取得重要成果[J]. 中国地质, 2001, 28(2): 21-24  
Xiong Shengqing, Zhou Fuhong, Yao Zhengxu, et al. Aeromagnetic general reconnaissance survey in middle and western Qinghai-Tibet plateau acquired important achievements[J]. Geology in China, 2001, 28(2): 21-24
  - 19 单业华, 李志安. 区域变质作用对北京房山侵入体冷却影响的数值模拟[J]. 现代地质, 1998, 12(1): 68-74  
Shan Yehua, Li Zhi'an. Impact of regional metamorphism on the cooling of the Fangshan intrusive body, western Beijing: numerical simulation[J]. Geosciences, 1998, 12(1): 68-74
  - 20 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255-261  
Liu Chiyang. Strong late reformation: one of the important characteristics of sedimentary basins in China[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(4): 255-261
  - 21 刘池洋, 赵重远, 杨兴科. 活动性强, 深部作用活跃——中国沉积盆地的两个重要特点[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 1-6  
Liu Chiyang, Zhao Chongyuan, Yang Xingke. Strong activity and active deep action: two important features of Chinese sedimentary basin [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 1-6

(上接第146页)

- Zhang Xinmin. Coalbed methane geology and resource evaluation in China[M]. Beijing: Science Press, 2002
- 10 孙万禄, 应文敏, 王树华, 等. 煤层气地质学基本问题的探讨[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 189-194  
Sun Wanlu, Ying Wenmin, Wang Shuhua, et al. An approach to essential issues of coalbed gas geology[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(3): 189-194
  - 11 孙万禄, 应文敏, 樊明珠, 等. 我国煤层气储量、资源量级别分类[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 305-308  
Sun Wanlu, Ying Wenmin, Fan Mingzhu, et al. Gradation of reserves and resources extents of coalbed gas in China[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(4): 305-308
  - 12 孙万禄. 我国煤层气资源勘探开发前景与对策[J]. 天然气工业, 1999, 19(5): 1-5  
Sun Wanlu. Prospect of Exploration and Production of Coalbed Methane in China and Solutions[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(5): 1-5