

# 老挝万象平原含钾地层的岩相古地理

朱延浙<sup>1</sup>, 吴 军<sup>1</sup>, 严城民<sup>2</sup>, 胡建军<sup>2</sup>

(1. 云南省地矿局区域地质矿产调查大队 云南 玉溪 653100;

2. 云南省地质矿产勘查开发局 云南 昆明 650216)

**摘 要:**老挝万象平原的钾镁盐矿主要赋存在塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )中。经对6条实测剖面、53个钻孔的岩石组合、沉积构造、岩石特征、地层厚度分析,塔贡组下段( $E_{1tg}^1$ )岩相古地理具如下特征:①含钾地层可划分为半深湖亚相、浅湖亚相、滨湖亚相、湖泊三角洲亚相。滨湖亚相可进一步划分出内带和外带;②钾镁盐矿产于半深湖亚相、浅湖亚相、湖泊三角洲亚相中,前者厚度较大;③万象成钾盆地为东深西浅的不对称盆地,盆地的古地理特征与现在的万象平原较为相似;④在沉积过程中,盆地基底由持续下降到逐步趋于稳定,卤水由逐步浓缩到迅速淡化,古气候由持续干燥炎热到湿热多雨,水体由弱还原向弱氧化环境变迁。

**关键词:**老挝;万象平原;含钾地层;沉积岩相;古地理

**中图分类号:**P611.22

**文献标识码:**A

**文章编号:**1008-858X(2008)02-0001-06

## 1 绪 言

老挝万象平原位于东南亚呵叻盆地北部,地理坐标为东经 $102^{\circ}22'$ ~ $103^{\circ}19'$ 、北纬 $17^{\circ}51'$ ~ $18^{\circ}40'$ (图1)。

经1:10万区域地质调查、矿区地质勘查,万象平原的含盐地层——塔贡组( $E_{1tg}$ )由膏盐岩→泥质岩组成3个沉积旋回,可划分为3个岩性段、6个岩性亚段<sup>[1-3]</sup>。钾镁盐矿主要赋存于塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )中(表1)。

1974年,湄公河流域发展委员会在万象平原东部施工3个钻孔,首次在万象平原发现钾镁盐矿。1983~1986年,越南国家地质总局在万象平原塔贡地区进行钾镁盐矿勘查,工作程度为普查至详查。上述工作中,虽未进行万象平原含钾地层的岩相古地理研究,但为该项研

究提供了部分基础资料。

老挝万象钾镁盐矿分布面积约 $2\ 800\ km^2$ ,资源储量约 $140.80 \times 10^8\ t$ <sup>[4]</sup>。为查明万象平原钾镁盐矿的形成与保存条件、矿层厚度与矿石品位的时空变化规律,老挝万象平原钾盐矿勘查项目中进行了含盐地层的岩相古地理研究。经对6条实测剖面、53个钻孔的岩石组合、沉积构造、岩石特征、地层厚度分析,塔贡组下段( $E_{1tg}^1$ )岩相古地理具如下特征:①含钾地层可划分为半深湖亚相、浅湖亚相、滨湖亚相、湖泊三角洲亚相。滨湖亚相可进一步划分出内带和外带;②钾镁盐矿产于半深湖亚相、浅湖亚相、湖泊三角洲亚相中,前者厚度较大;③万象成钾盆地为东深西浅的不对称盆地,盆地的古地理特征与现在的万象平原较为相似;④在沉积过程中,盆地基底由持续下降到逐步趋于稳定,卤水由逐步浓缩到迅速淡化,古气候由持续干燥

收稿日期:2007-10-17

基金项目:国家发展计划委员会“老挝万象平原钾盐矿勘查”(计外资[1999]2298号)

作者简介:朱延浙,(1958-),男,辽宁省鞍山市人,高级工程师,长期从事地质矿产调查工作。电话:0871-3198507;E-mail:zhuyan zhe\_96@sohu.com.



将塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )、碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )作为一个研究单元,采用碎屑岩沉积相<sup>[5-6]</sup>的划分方案。

### 2.1 半深湖亚相

半深湖亚相主要分布于万象平原西部的班通芒—班农刀—班泡一带,在万象市附近也有出现(图1)。

该亚相以钾镁盐矿厚度较大(表2)、陆源碎屑岩粒度较细为主要特征。

碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )由灰、灰绿色含盐泥岩、含粉砂泥岩及少量粉砂质泥岩组成。岩石具水平纹层、沙纹层理、灰绿色斑点。

在代表性钻孔(ZK1、ZK3)中,膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )主要由石盐岩、钾镁盐矿组成,石膏岩较少(表3)。

上述资料反映出半深湖亚相位于浪基面之下,波浪作用极不明显,有间歇的风暴浪及湖流

作用。

### 2.2 浅湖亚相

浅湖亚相位于万象平原中部,包绕半深湖亚相分布,有11个钻孔控制(图1)。

该亚相以钾镁盐矿厚度较薄(表2),碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )占一定比例,泥岩中富含石盐团块为主要特征。

碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )上部紫红、棕红色,下部灰、灰绿色。岩石组合为含粉砂泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及少量含盐泥岩、钙质泥岩、白云质泥岩、水平纹层状白云岩,偶夹粉砂岩。岩石具水平纹层、沙纹层理、波状层理、递变粒序层理、同生变形层理、泄水构造、沙火山、波痕及少量透镜状层理、脉状层理。

在代表性钻孔(LK1、LK21)中,膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )主要由石盐岩组成,含少量钾镁盐矿、石膏岩(表3)。

表2 塔贡组下段钾镁盐矿与碎屑岩亚段厚度比较表

Table 2 Thickness comparison table of Kalium-Magnesium deposit between the lower segment of Thangon and the subsegment of clastic rock

| 沉积相     | 钻孔或剖面数 | 钾镁盐矿厚度/m     |       | 碎屑岩亚段厚度/m    |       |
|---------|--------|--------------|-------|--------------|-------|
|         |        | 两极值          | 平均值   | 两极值          | 平均值   |
| 湖泊三角洲亚相 | 6      | 0.00—154.08  | 38.70 | 51.20—84.76  | 73.75 |
| 滨湖外带    | 6      | 0.00         | 0.00  | 42.25—102.50 | 75.88 |
| 亚相内带    | 3      | 0.00         | 0.00  | 18.40—28.95  | 22.28 |
| 浅湖亚相    | 11     | 5.40—34.80   | 23.98 | 17.95—36.00  | 29.49 |
| 半深湖亚相   | 17     | 28.25—237.88 | 68.67 | 0.36—44.20   | 22.12 |

表3 塔贡组下段膏盐岩亚段与碎屑岩亚段厚度比较表

Table 3 Thickness comparison table of the lower segment of Thangon and the subsegment of salt-gypsum beds and the subsegment of clastic rock

| 钻孔    | 半深湖亚相   | 浅湖亚相        | 滨湖亚相内带     | 滨湖亚相外带    | 湖泊三角洲亚相   |           |
|-------|---------|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 碎屑岩亚段 | 0.4—1.9 | 1.0—27.3    | 18.4—29.0  | 主         | 54.8—93.0 |           |
| 膏盐岩亚段 | 钾镁盐矿    | 6.4—9.4     | 0.0        | 无         | 0.0—29.8  |           |
|       | 石盐岩     | 217.2—337.4 | 79.5—209.3 | 1.8—48.6  | 未见        | 45.3—54.3 |
|       | 石膏岩     | 1.4—42.8    | 1.3—2.2    | 2.4—4.4   | 少         | 1.6—9.9   |
|       | 合计      | 425.6—472.2 | 91.1—216.8 | 6.1—51.18 | 少         | 55.9—85.0 |

上述资料反映出浅湖亚相位于滨湖沉积带以下、浪基面以上地区,水动力条件主要是波浪和湖流的作用,拍岸浪影响不明显。

### 2.3 滨湖亚相

滨湖亚相位于万象平原边缘地带,可进一步划分出滨湖亚相内带(靠近浅湖的地带)和滨

湖亚相外带(靠近陆地的地带)。

### 2.3.1 滨湖亚相内带

滨湖亚相内带在万象平原西部边缘较为发育,有 3 个钻孔(LK4、LK5、LK10)控制(图 1)。

本沉积相以碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )厚度较大,未出现钾镁盐矿为特征(表 2)。

碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )以紫红、棕红色为主,下部夹灰紫、灰绿色。岩石组合为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩及少量块状白云岩、含粉砂泥岩、泥岩。岩石具沙纹层理、波状层理、递变粒序层理、同生变形层理、泄水构造、沙火山、波痕、铁泥质结核、碳酸盐团粒。

膏盐岩亚段( $E_1tg^{1-1}$ )厚度较小,以石盐岩为主,石膏岩占一定比例,未见具工业意义的钾镁盐矿(表 3)。

上述资料反映出滨湖亚相内带位于滨湖靠近浅湖的地带,水动力条件主要是波浪作用,拍岸浪和回流作用次之。

### 2.3.2 滨湖亚相外带

滨湖亚相外带出露于万象平原边缘地区(图 1),有 6 条实测剖面控制。

本沉积相以碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )发育,常缺失膏盐岩亚段( $E_1tg^{1-1}$ )为特征(表 2)。

碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )呈紫红、棕红色,下部偶夹灰紫、灰绿色。岩石组合为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主,粉砂岩、含粉砂泥岩次之,泥砾岩、石英(杂)砂岩较少。岩石具波状层理、平行层理、冲洗层理、脉状层理、透镜状层理、铁泥质结核、碳酸盐团粒、石膏团块、干裂、生物潜穴、生物爬迹、同生泥砾。

砂岩、粉砂岩分选较好、负偏、峰态中等一窄。粒度分布曲线由悬移和 2 个跳跃状总体组成,反映出波浪冲刷和回流特点。经  $SK_1-\sigma_1$  图解,投影点落入海、湖滩区。

膏盐岩亚段( $E_1tg^{1-1}$ )厚度极小,常缺失。岩石组合以石膏岩为主,在剖面中未出现石盐岩和钾镁盐矿。

上述资料反映出滨湖亚相外带水动力条件较为复杂,常与河流环境相伴出现。由于拍岸浪和回流的作用,湖水对沉积物的改造和冲洗都非常强烈。

## 2.4 湖泊三角洲亚相

湖泊三角洲亚相集中分布于万象平原东北部,呈大小不等的扇状产出。

该亚相碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )、膏盐岩亚段( $E_1tg^{1-1}$ )均较为发育,钾镁盐矿不稳定(表 2)。

碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )以紫红、棕红色为主,下部夹灰紫、灰绿色。岩石组合以粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主,粉砂岩、含粉砂泥岩次之,泥砾岩、石英(杂)砂岩较少。岩石具平行层理、脉状层理、透镜状层理、石膏团块、同生泥砾、递变粒序层理、同生变形层理。在塔贡组下段碎屑岩亚段( $E_1tg^{1-2}$ )等厚线图上,湖泊三角洲亚相厚度突然增大、与相邻钻孔或剖面厚度明显不协调。

砂岩、粉砂岩的分选较好、正偏、峰态宽一很窄。粒度分布曲线均为 3 段式,具地形较为平坦、水流速度较慢的河流沉积特征。砂岩的悬移总体斜率较小,粉砂岩的悬移总体斜率较大。在  $SK_1-\sigma_1$  图解中,投影点均落入河流区。

膏盐岩亚段( $E_1tg^{1-1}$ )厚度变化较大,可缺失。在代表性钻孔(LK4、3ZK3-0)中,该亚段以石盐岩为主,钾镁盐矿、石膏岩较小(表 3)。

上述资料反映出湖泊三角洲亚相位于河流入湖处,水动力条件以河流冲积为主,波浪作用可强可弱。

## 3 古地理分析

由于本区研究范围较窄,研究程度较低,难以进行全方位古地理分析。根据现有资料,本文在古构造分析之后,重点叙述膏盐岩和碎屑岩沉积期的古地形、古气候、水介质特点、陆源碎屑物来源。

限于篇幅,成钾物质的来源与钾镁盐矿的成因另文发表。

### 3.1 古构造分析

万象平原的含盐地层整体构成枢纽向北扬起的复式向斜构造。该复式向斜很可能在燕山末期就已出现雏形,对成盐盆地的形成与演化

起了极为明显的控制作用。其依据<sup>[4]</sup>如下:①塔贡组( $E_{1tg}$ )限布于万象平原内,在平原周边的低中山区至今未发现塔贡组( $E_{1tg}$ )的残留顶盖;②塔贡组下段( $E_{1tg}^{1-2}$ )的沉积相呈同心环状分布,沉积中心与万象平原的中部地区大致吻合;③塔贡组( $E_{1tg}$ )与下伏班塔拉组( $K_{1bt}$ )呈平行不整合接触;④分布于研究区南部的燕山晚期含黑云角闪二长花岗斑岩(图1)属I型(加里东)花岗岩,生成于挤压环境;⑤包含本区在内的特提斯造山区<sup>[8]</sup>在燕山晚期曾发生过强烈的构造运动,造成中特提斯海洋的闭合。

在钾镁盐矿等厚线图上,钾镁盐矿在班通芒一班农刀、班泡、万象市3个地区厚度较大,反映了这些地区为沉积盆地相对凹陷的地带,属半深湖区(图1)。班通芒一班农刀地区位于塔贡向斜东翼,是塔贡向斜东翼倾角较陡,西翼倾角平缓的体现。班通芒一班农刀地区可称之为万象盆地的沉积中心。班海地区为班通芒一班农刀地区在走向上的南延部分,二者基本可以连通,均与塔贡向斜东陡西缓明显不对称有关。万象地区的钾镁盐矿厚度异常区与班纳坡北西隐伏断层走向相一致,反映了该断层在塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )沉积时表现为北西向凹陷带。万象地区受班桑辛北东向左行平移隐伏断层影响向东发生明显位移。

万象平原构造简单,含钾地层多呈近水平状产出,局部地方出现近等轴状宽缓背斜,膏盐岩发生大规模塑性流动的可能性不大。塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )和钾镁盐矿的厚度较大(表2、3),最大厚度可达472.77 m,只能形成于基底持续下降的沉积盆地。

### 3.2 塔贡组下段膏盐岩亚段沉积期的古地理

古新世初,万象平原开始下降为沉积盆地。在绝大多数钻孔中,塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )未见陆源碎屑岩夹层。此现象反映了在膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )沉积时期,盆地周边的古陆地形较为平坦,剥蚀作用微弱,地表径流极不发育,沉积作用以化学沉积为主。

在不同沉积相中,塔贡组下段膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )的岩性组合虽有差异,但多数以下部

硬石膏岩、中部石盐岩、中上部钾镁盐矿、上部石盐岩为特征,总体构成了一个较完整的沉积旋回。从盐类矿物的沉积顺序<sup>[7]</sup>看,此现象反映了卤水在浓缩至淡化过程中化学成分无明显变化,是沉积盆地气候长期干旱、卤水较均匀地持续补给的结果。

### 3.3 塔贡组下段碎屑岩亚段沉积期的古地理

在不同沉积环境的膏盐岩亚段( $E_{1tg}^{1-1}$ )之上,覆盖着粒度不等、颜色不同的陆源碎屑沉积( $E_{1tg}^{1-2}$ )。滨湖外带多为暗紫、紫红色砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩。浅湖亚相、半深湖亚相多为下部灰绿色、上部浅紫红色含膏盐泥岩、粉砂质泥岩。这种变化反映了在膏盐岩沉积之后,沉积盆地的气候转向炎热多雨。充沛的雨量使地表水流量剧增,注入盆地后使湖水发生淡化,沉积作用由化学沉积转为机械沉积。在地表水补给湖水的过程中,将大量的陆源碎屑物搬运到湖泊中沉积。在湖水淡化过程中,滨湖带一直处于氧化环境,浅湖、半深湖则出现早期弱还原、晚期弱氧化环境。

在塔贡组下段碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )的厚度变化较大。总的趋势为万象平原的边缘较厚、中部较薄,反映了沉积盆地的范围和地貌与现今的万象平原较为相似。从总体上看,碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )在万象平原北部较厚、南部较薄,反映了万象平原的陆源碎屑物主要来源于北部山区,由北向南流动的南俄河在此期间可能已经存在。在平原南部的部分地区,碎屑岩亚段( $E_{1tg}^{1-2}$ )厚度较大,很可能是湖泊三角洲影响的结果。

### 参考文献:

- [1] 吴军,朱延浙.老挝万象钾盐项目及勘查主要成果[C]//云南省科学技术协会主编.云南省第一届科学技术论坛集萃.云南:云南科技出版社,2003:166-171.
- [2] 严城民,朱延浙,吴军,等.老挝万象地区基础地质调研的新进展[J].地球学报,2006,27(1):81-84.
- [3] 冯明刚,吴军,韩润生,等.老挝万象地区含盐系地层[J].云南地质,2005,24(4):407-413.
- [4] 郭远生,吴军,朱延浙,等.老挝万象钾盐地质[M].昆明:云南科技出版社,2005:6-22.
- [5] 刘宝琛,曾允孚.岩相古地理基础和工作方法[M].北京:

地质出版社, 1985, 98—130.

266.

[6] 曲一华, 袁品泉, 帅开业, 等. 兰坪—思茅盆地钾盐成矿规律及预测[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 32—47.

[8] 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 从全球看中国大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1999, 1—38.

[7] 刘宝琛. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980, 257—

## Lithofacies and Paleogeography of Potassium-bearing Strata in Vientiane Plane of Laos

ZHU Yan-zhe<sup>1</sup>, WU Jun<sup>1</sup>, YAN Cheng-min<sup>2</sup>, HU Jian-jun<sup>2</sup>

(1. Yunnan Geology and Mineral Resources Exploration Development Bureau, Kunming, 650216, China;

2. Regional Geological and Mineral Resources survey brigade, Yunnan Geology and Mineral Resources Exploration Development Bureau, Yuxi, 653100, China)

**Abstract:** The Kalium-magnesium deposits in Vientiane plain of Laos mainly exist in the lower segment of Thangon and the subsegment of salt-gypsum beds ( $E_{1tg}^{1-1}$ ). After the analysis of rock association, sedimentary structure, rock characteristics and the formation thickness of 6 measured geological profiles and 53 drilling holes, its paleogeography has followed features: ① The potassium-bearing strata can be divided into four sub-phases, they are semi-deep lake, shallow lake, lakeshore, lake delta; and lakeshore subphase can be further divided into inner part and outer zone. ② Kalium-magnesium deposits exist in semi-deep lake subphase, shallow lake subphase, lakeshore subphase and lake delta subphase, the former one has larger thickness. ③ The Vientiane Basin is asymmetric with its deeper east and shallower west, and its paleogeography characteristics is similar extremely to nowadays. ④ In the deposition process, basin basement decreased continuously until gradually it tended to be stable. Brine is desalinated rapidly from it concentrated gradually, paleoclimate gets damp-heat and rainy from its early drying and hot, water changes from weak reduction to weak oxidation.

**Key words:** Laos; Vientiane plain; Potassium-bearing strata; Sedimentary lithofacies paleogeography

## 《盐湖研究》合订本征订启事

《盐湖研究》是原国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993年创刊并在国内外公开发行。《盐湖研究》自公开发行以来,深受广大读者的厚爱,为了便于我刊读者和文献情报服务单位系统收藏,编辑部藏有94—95年、96—97年、98—99年、2000年、2001—2002年、2003年、2004—2005年、2006—2007年合订本共8册,每册仅收取工本费90元。数量有限,欲购者请与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话:0971—6301683。