

老挝万象平原钾盐矿床

朱延浙

(云南省地质矿产勘查开发局,云南 昆明 650011)

摘 要:经区域地质、区域重力、钻探、岩相古地理及矿床开采技术条件的调查与研究,老挝万象平原钾盐矿具如下特征:含盐地层为古近系塔贡组(E_{tg}),由膏盐岩与陆源细碎屑岩组成 3 个明显的沉积旋回,总体为一向北扬起的复式向斜构造;主矿体呈似层状产于塔贡组下段膏盐岩亚段(E_{tg}^{I-1})中,埋深 78.80 ~ 528.30 m(平均 272.57 m),厚 4.28 ~ 237.88 m(平均 50.24 m),单工程氯化钾的品位 9.70% ~ 30.76%(质量分数,平均 15.63%),顶底板均以石盐岩为直接围岩;矿石类型以光卤石矿石为主,钾石盐较少;矿床属碎屑岩系中的钾盐矿床,为海源陆生。

关键词:老挝;万象平原;钾盐矿床;含盐地层;矿石类型;矿床成因

老挝人民民主共和国万象平原位于中南半岛北部。地理坐标为东经 $102^{\circ}12'00''$ ~ $103^{\circ}20'00''$, 北纬 $17^{\circ}51'00''$ ~ $18^{\circ}40'00''$ 。行政区划属老挝万象市、万象省及波里坎赛省所辖。

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盐矿勘查,工作程度为普查。这些资料,为研究万象平原钾盐矿含盐岩系特征、矿体赋存层位及矿石特征奠定了基础。

2001 年 1 月 ~ 2003 年 11 月,云南地矿勘查工程总公司对万象平原钾盐矿进行勘查。经区域地质、区域重力、钻探、岩相古地理及矿床开采技术条件的调查与研究发现,万象平原钾盐矿具如下特征:①含盐地层为古近系塔贡组(E_{tg}),由膏盐岩与陆源细碎屑岩组成 3 个明显的沉积旋回,总体为一向北扬起的复式向斜构造;②主矿体呈似层状产于塔贡组下段膏盐岩亚段(E_{tg}^{I-1})中,埋深 78.80 ~ 528.30 m(平均 272.57 m)、厚 4.28 ~ 237.88 m(平均 50.24 m),单工程氯化钾的品位为 9.70% ~ 30.76%(质量分数,平均 15.63%),顶底板均以石盐岩为直接围岩;③矿石类型以光卤石矿石为主,钾石盐较少;④矿床属碎屑岩系中的钾盐矿床,具海源陆生特点。

根据工作程度,万象平原钾盐矿区可划分为班农

刀矿段、班通芒矿段、塔贡矿段及预查区。班农刀矿段和班通芒矿段位于万象平原东部,塔贡矿段位于万象平原西南部。在工作程度上,班农刀矿段和班通芒矿段已达勘探,塔贡矿段为普查至详查,其余地区仅为预查。

万象平原钾盐矿床的研究,较大幅度地丰富了陆相成钾理论,增补了钾盐矿床的典型实例,可指导我国滇西兰坪-思茅盆地的钾盐找矿工作。

1 矿区地质

万象钾盐矿位于印支陆块北部,地层发育,无明显岩浆活动与变质作用迹象,构造较为简单。

1.1 地层

矿区地层由新至老可划分为第四系、班塔博组(E_{1-2bt})、塔贡组(E_{tg})及班塔拉组(K_{1bt})^[1,2]。

第四系的成因类型以河流沉积为主,湖泊沉积较少。河流沉积可进一步划分为河漫滩沉积(Qh^{al})、河流一级阶地沉积(Qh_1^{al})、河流二级阶地沉积(Qp_{II}^{al})。

班塔博组(E_{1-2bt})为含盐系盖层,由灰紫、砖红色微-细粒岩屑石英砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及含粉砂泥岩组成,残存的最大厚度为 164 m,属河流沉积,时代为古新世—始新世。

塔贡组(E_{tg})为含盐地层,由膏盐岩与陆源细碎屑岩组成 3 个明显的沉积旋回,可划分为 3 个岩性段、

6 个亚段、15 个岩性层(表 1)。钾盐主矿体产于塔贡组下段膏盐岩亚段(E_{itg}^{1-1})上部。

班塔拉组(K_{bt})为含盐系下伏地层,由浅灰白、灰

紫色中-厚层状中-细粒(含砾)岩屑石英砂岩及少量石英质砂砾岩、复成分砾岩、粉砂质泥岩组成,厚 554 m,时代为早白垩世。

表 1 万象平原钾盐矿区塔贡组(E_{itg})划分

Table 1 Division of Tagong formation (E_{itg}) in the potash ore field in Vientiane plain

段	亚段	层	厚度/m	岩石组合
上段	碎屑岩	红色碎屑岩层 E_{itg}^{3-2-2}	39.84~117.18, 平均 82.25	紫红色中-厚层状(含)粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及少量薄层、纹层状白云质泥岩
	亚段	灰色碎屑岩层 E_{itg}^{3-2-1}	5.51~9.22, 平均 7.05	灰、灰紫、灰绿、灰黑色薄-中层状白云质泥岩、含粉砂白云质泥岩、含盐泥岩
	膏盐岩	石盐岩层 E_{itg}^{3-2-2}	37.18~81.90, 平均 53.58	灰白、无色、白色、灰色细-粗粒块状石盐岩、泥质石盐岩、含石膏石盐岩
	亚段	石膏岩层 E_{itg}^{3-1-1}	0.50	灰白色中厚层状细粒硬石膏岩, 岩石含深灰色有机质条带
中段	碎屑岩	红色碎屑岩层 E_{itg}^{2-2-2}	23.33~223.41, 平均 100.45	紫红色中-厚层状含粉砂泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、泥砾岩, 局部夹泥质石盐岩
	亚段	灰色碎屑岩层 E_{itg}^{2-2-1}	1.95~3.19, 平均 2.70	灰绿、紫灰、灰色薄-中层状(含粉砂)白云质泥岩、含石盐泥质白云岩、含石盐泥岩
	膏盐岩	上石盐岩层 E_{itg}^{2-1-3}	1.38	灰白、浅灰色中厚层状细-中粒石盐岩, 岩石夹灰黑色有机质条带, 透镜状硬石膏岩
	亚段	钾盐矿层 E_{itg}^{2-1-2}	1.70	浅白、粉红、橘红等杂色中厚层状中粒光卤石岩、钾石盐岩
下段		下石盐岩层 E_{itg}^{2-1-1}	13.55~102.77, 平均 59.21	灰白、灰黑色厚层-块状细-粗粒石盐岩、含泥质石盐岩、夹硬石膏石盐岩、硬石膏岩
	碎屑岩	红色碎屑岩层 E_{itg}^{1-2-2}	1.37~79.96, 平均 45.11	灰紫、紫红色中-厚层状含(石盐)粉砂泥岩、泥质粉砂岩夹少量薄层状白云质泥岩
	亚段	灰色碎屑岩层 E_{itg}^{1-2-1}	1.27~23.02, 平均 7.77	灰绿、黑灰、灰紫、灰色中层状白云质泥岩
		上石盐岩层 E_{itg}^{1-1-4}	0.27~21.97, 平均 8.18	浅白、白色中厚层-块状细-粗粒石盐岩
	膏盐岩	钾盐矿层 E_{itg}^{1-1-3}	4.28~237.88, 平均 87.19	粉红、白色、乳白色, 部分为浅紫红、橘红(黄)等杂色中厚层状中-粗粒钾盐矿; 岩石类型以光卤石岩为主, 含钾石盐光卤石岩、溢晶石光卤石岩次之, 局部为钾石盐岩
	亚段	下石盐岩层 E_{itg}^{1-1-2}	180.96~330.30, 平均 255.63	灰白、浅灰白、白色块状细-粗粒石盐岩、含光卤石石盐岩、含硬石膏石盐岩
		石膏岩层 E_{itg}^{1-1-1}	1.41~220.96, 平均 111.19	灰、浅灰、灰白色中厚层状硬石膏岩、含泥质硬石膏岩

1.2 地质构造

万象平原总体为一枢纽向北扬起的复式向斜构造。在向斜的核部和两翼, 见有北北西向(纵)断层和近东西向(横)断层。

复式向斜构造是万象平原的主体构造, 也是钾盐矿的控矿构造。向斜核部由班塔博组(E_{1-2bt})组成, 向东、西两翼依次出露塔贡组(E_{itg})、班塔拉组(K_{bt}), 向斜形态保存完好。向斜两翼相向倾斜, 倾角东陡($30 \sim 50^\circ$)西缓($8 \sim 15^\circ$), 轴面向东陡倾, 属斜歪褶皱。向斜翼间夹角为 $115 \sim 145^\circ$, 属平缓褶皱。

班通芒矿段和班农刀矿段位于复式向斜东翼。矿段内基岩均为单一的宽缓短轴背斜, 地层倾角一般小于 10° , 无明显断层迹象, 构造较为简单。

塔贡矿段位于复式向斜西翼。矿段内基岩褶皱形态复杂, 地层倾角多数为 $15 \sim 35^\circ$, 有北北西向、北东东向隐伏断层存在, 构造较为复杂。

2 矿体地质特征

万象平原钾盐矿的矿体形态简单, 埋深较大, 厚度

变化明显, 氯化钾品位中等, 矿石类型单一, 顶板、底板及夹石多为石盐岩。

2.1 矿体特征

万象平原钾盐矿的主矿体产于塔贡组下段膏盐岩亚段(E_{itg}^{1-1})中。在主矿体的上下盘塔贡组中段膏盐岩亚段(E_{itg}^{2-1})中, 还存在透镜状的次要矿体。次要矿体仅在局部地段具工业意义。

主矿体呈层状产出, 具加厚减薄现象, 局部地段具分支复合现象, 主要特征见表 2。

2.2 矿石特征

按矿物成分, 钾盐矿石可划分为光卤石矿石和钾石盐矿石^[3]。矿石类型以光卤石矿石为主, 钾石盐矿石较少。

(1) 光卤石矿石

光卤石矿石为橘红、橘黄、褐黄、白色, 半自形-自形粒状结构, 块状构造, 粒径一般为 $0.5 \sim 1$ cm, 大者可达 5 cm。矿物成分以光卤石($>90\%$)为主, 石盐($5\% \sim 20\%$)次之, 硬石膏、石膏($<5\%$)较少, 偶见钾石盐、方硼石、白硼钙石、白云石及铁泥质。

表2 主矿体的埋深、厚度及单工程品位

Table 2 The buried depth and thickness of main orebody and concentration of KCl in single drill hole

项目		全区	塔贡矿段	班通芒矿段	班农刀矿段
矿体埋深/m	两极值	78.80 ~ 528.30	78.80 ~ 347.00	174.33 ~ 437.10	189.15 ~ 528.30
	平均值	272.57	212.44	304.13	397.72
矿体厚度/m	两极值	4.28 ~ 237.88	5.40 ~ 42.10	18.39 ~ 110.94	4.28 ~ 237.88
	平均值	50.24	26.72	56.92	87.19
	变化系数		43.91%	60.51%	94.62%
单工程品位/%	两极值	9.70 ~ 30.76	9.70 ~ 22.41	11.65 ~ 16.99	12.48 ~ 30.76
	平均值	15.63	15.40	14.48	16.04
	变化系数		28.78%	13.60%	37.65%

注:单工程品位为氯化钾质量分数。

矿石化学成分以 KCl、NaCl、MgCl₂ 及水不溶物为主, CaCl₂、CaSO₄、Br 较少。氯化钾质量分数 14.19% ~ 15.18%, 平均 14.85%。氯化钠质量分数 35.49% ~ 37.77%, 平均 36.41%。氯化镁质量分数 20.13% ~ 20.88%, 平均 20.43%。

(2) 钾石盐矿石

钾石盐矿石为白色或微带红色, 他形 - 半自形粒状结构, 粒径一般为 0.01 ~ 0.06 cm、大者达 2 cm。矿物成分以钾石盐为主, 石盐、光卤石次之, 偶见硬石膏、方硼石。

矿石化学成分以 KCl、NaCl 为主, MgCl₂、CaSO₄、Br 和水不溶物较少。氯化钾质量分数多为 29.73%, 氯化钠质量分数多为 68.84%。

2.3 矿物特征

钾石盐 (KCl) 为钾盐矿的重要矿石矿物。矿物呈无色或白色, 部分略显浅褐红、橘红色。他形 - 半自形粒状为主, 立方体自形晶较少。粒径一般 0.01 ~ 0.06 cm, 大者可达 5 cm。矿物为光性均质体, 折光率小于加拿大树胶。该矿物常与光卤石共生, 较易溶于水。

光卤石 (KCl·MgCl₂·6H₂O) 为钾盐矿石中主要含钾矿物。矿物呈乳白、灰白、橘红、橘黄、褐色, 半自形 - 自形粒状, 粒径一般为 0.5 ~ 1 cm、大者为 5 cm, 硬度低。矿物具 2 ~ 3 级干涉色, 折光率小于加拿大树胶, 二轴晶正光性, 光轴角中等, 无解理, 极易溶于水。

石盐 (NaCl) 是主要脉石矿物。矿物呈灰白、白色, 他形 - 半自形粒状, 粒径一般为 0.1 ~ 0.6 cm、大者为 1 cm。矿物为光性均质体, 折光率大于加拿大树胶, 立方体解理发育。在部分光卤石矿石中, 石盐被光卤石

包裹。

2.4 矿体围岩与夹石

直接顶板多为塔贡组下段膏盐岩亚段上石盐层 (E_{1tg}^{1-1-4}), 厚 0.27 ~ 21.97 m。在部分钻孔中, 直接顶板为塔贡组下段碎屑岩亚段灰色碎屑岩层 (E_{1tg}^{1-2-1}), 厚 1.27 ~ 23.20 m。

直接底板均为塔贡组下段膏盐岩亚段下石盐层 (E_{1tg}^{1-1-2}), 厚 180.96 ~ 330.30 m。

在万象平原钾盐矿区的 36 个见矿钻孔中, 有 22 个钻孔含夹石, 钻孔夹石率为 61.11%。夹石单层厚 0.08 ~ 12.00 m。矿体厚度夹石率为 4.37%, 可剔除夹石为 2.11%, 不可剔除夹石为 2.26%。夹石均为石盐岩, 含少量光卤石、溢晶石、水氯镁石。

3 矿床成因

万象平原钾盐矿床属碎屑岩系中的钾盐矿床, 为海源陆生, 含钾卤水主要来自南部呵叻盆地, 钾盐矿通过海水的持续补给, 经自身浓缩形成。

3.1 矿床对比

万象平原属印支陆块之昆嵩微陆块^[4,5], 是地壳上相对稳定地区。万象平原位于沙空那空盆地 (呵叻盆地北部的次级盆地) 北部, 南部为乌汶盆地 (呵叻盆地南部的次级盆地), 北部为我国滇西的兰坪 - 思茅盆地。这些成盐盆地呈串珠状分布。

含盐岩系为塔贡组 (E_{1tg}), 由膏盐岩 (下部) 与陆源细碎屑岩 (上部) 组成 3 个明显的沉积旋回。膏盐岩的下部为石膏、硬石膏岩, 上部为石盐岩 (钾盐矿)。在陆源碎屑岩中, 碳酸盐岩较少。

主矿体呈似层状产出, 厚度变化较大 (表 2)。在主矿体的上、下部, 均可出现数米厚的透镜状矿体。

矿石矿物以光卤石为主,钾石盐较少.脉石矿物以石盐为主,水氯镁石、溢晶石、石膏、硬石膏、泥质物次之,菱镁矿、白硼钙石及白云石较少.

矿石类型以光卤石为主,钾石盐较少.

经大地构造位置、成盐盆地、含盐岩系、矿体形态、矿物组合及矿石类型对比,万象平原钾盐矿与碎屑岩

系中的钾盐矿床^[6,7]较为接近.

3.2 成因分析

万象平原钾盐矿区中溴元素质量分数及溴氯系数一般较高(表3).结合其他资料分析,万象平原钾盐矿的成钾物质主要来源于海水,少部分为深层卤水盐,有极少量的风化盐和再溶盐^[1].

表3 万象平原钾盐矿区溴元素质量分数及溴氯系数对比

Table 3 The concentration of Br and Br/Cl ration in the potash ore field in Vientiane plain

元素	Br/10 ⁻⁶			Br×10 ³ /Cl		
岩性	石盐岩	钾石盐中之石盐岩	钾石盐矿石	石盐岩	钾石盐中之石盐岩	钾石盐矿石
江城勐野井矿区	60~180	134~162	1420~2040	0.17~0.31	0.23~0.28	2.96~4.18
万象平原钾盐矿区	250~500	340~2500	560~1800	0.42~0.83	0.64~4.76	0.99~3.23

江城勐野井矿区资料引自:云南省地质局.云南思茅地区钾盐地质研究论文集.1980.

万象平原钾盐矿的主矿体厚度较大(平均 50.24 m),韵律、夹石不发育,反映了矿体形成于长期稳定的干燥炎热的气候环境.

塔贡组(E_{1tg})的下伏地层为班塔拉组(K_{1bt}),上覆地层为班塔博组(E_{1bt})均属陆相地层^[1].塔贡组(E_{1tg})夹于两套陆相地层之中,属海相成因的可能性较小.塔贡组(E_{1tg})产丰富的介形类、轮藻、昆虫化石.这些生物均形成于淡水环境,属陆相生物^[1,2].这些资料反映了万象成盐盆地应为陆相盆地.结合成钾物质主要来源于海水的资料分析,钾盐矿具海源陆生特点.

在呵叻盆地的绝大多数地区,均发现较好的钾盐矿,钾盐矿之下均存在较大厚度的石盐层,反映了钾盐盆地为石盐盆地的继承性盆地.但从钾盐层与石盐层的厚度比值变化较大^[1]的情况看,在成盐盆地的演化中,钾盐盆地曾再度发生拗陷.

万象平原钾盐矿的盐类物质主要来源于海水,但碳酸盐岩不发育,硫酸盐岩较少,氯化物较为常见.此现象说明:原生卤水在进入万象成盐盆地的过程中,已发生明显的变质作用,由碳酸盐型转化为硫酸盐型,甚至是氯化物型.

据溴元素的质量分数、溴氯系数的含量变化,在成钾过程中发生过3次较大的海侵、14次稍小的海侵.3次较大的海侵在岩(矿)石类型、溴元素质量分数及溴氯系数均有明显反映,14次稍小的海侵仅反映在溴元素质量分数及溴氯系数的变化上^[1].结合古气候条件分析,万象平原钾盐矿是通过海水的持续补给、经自身浓缩形成的.

参考文献:

- [1]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—220
- [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]DZ/T0212-2002.盐湖和盐类矿产地质勘查规范[S].北京:地质出版社,2002.
- [4]李兴振,刘朝基,丁俊.大湄公河次地区主要结合带的对比与连接[J].沉积与特提斯地质,2004,24(4):1—12.
- [5]李兴振,刘朝基,丁俊.大湄公河次地区构造单元划分[J].沉积与特提斯地质,2004,24(4):13—14.
- [6]袁见齐.钾肥与钾盐矿床[M].北京:石油化学工业出版社,1977.
- [7]袁见齐,朱上庆,翟裕生.矿床学[M].北京:地质出版社,1981.

THE POTASH DEPOSITS IN VIENTIANE PLAIN, LAOS

ZHU Yan-zhe

(Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Kunming 650011, China)

Abstract: Based on investigation and research on the regional geology, gravity, drilling, lithofacies and paleogeography, as well as the mining technology, the characteristics of the potash deposits in Lao Vientiane plain are known as follows: 1) The salt-bearing Paleogene Tagong formation (E_{1tg}) includes three apparent sedimentary cycles, which are composed of salt rock and terrigenous microclastic rock. The strata form a north-rising anticlinorium. 2) The main orebody occurs in the lower sub-member of Tagong formation (E_{1tg}^{1-1}) as bed, with thickness of 4.28 to 237.88 m (averagely 50.24 m), buried in 78.80 to 528.30 m (averagely 272.57 m) deep. The grade of KCl in single drill hole ranges from 9.70% to 30.76% (averagely 15.63%). The direct wallrock is salt rock. 3) The ore is mainly carnallite, with minor sylvite. 4) The deposits belong to ocean-sourced terrestrial potash deposit in clastic rock series.

Key words: Laos; Vientiane plain; potash deposit; salt-bearing strata; ore type; deposit genesis

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、专题研究及管理工作,通信地址 云南省昆明市东风东路东风巷 87 号地矿大厦,邮政编码 650011, E-mail/zhuyan zhe96@sohu.com

(上接第 39 页)

METALLOGENIC PROGNOSIS IN THE SURROUNDING AREAS OF SONGXI SILVER-POLYMETALLIC DEPOSIT IN MEIXIAN, GUANGDONG PROVINCE

CAI Xin-hong¹, LI Jun-dian², NI Shun-xin²

(1. No. 292 Geological Party, Guangdong Bureau of Geology for Nuclear Industry, Shantou 515041, Guangdong Province, China;

2. No. 931 Geological Party, Guangdong Bureau of Nonferrous Geologic Exploration, Shantou 515041, Guangdong Province, China)

Abstract: The Songxi Ag-Sb deposit is located in Baidu Town of Meixian, Guangdong Province, where submarine volcanic eruption and effusion took place in Early Jurassic period. During the intermission of and after the eruption, a large amount of residual polymetallic element-bearing gas and fluid deposited with terrigenous clast and intraclast in the sea basin, forming source bed of ore. Orebodies are formed by the reformation of later hydrothermal fluid and the superimposition and enrichment of ore-forming material. There is a similar ore-forming condition in the periphery within several kilometers from the Songxi ore field. Therefore the study on the ore-forming mechanism and establishment of an ore-forming model is significant to seek the "Songxi type" of deposits in the area.

Key words: pulsating eruption; Ag-polymetallic deposit; "Songxi type" of deposits; metallogenic prognosis; Meixian of Guangdong Province

作者简介:蔡信洪(1965—),男,广东普宁人,地质助理工程师,1987年毕业于华东地质学院,长期从事野外地质及研究工作。

通讯作者:倪舜鑫,通信地址 广东省汕头市金环路 60 号 办公楼地质科,邮政编码 515041, E-mail/nisunxin@163.com