

老挝万象平原钾盐资源

郭远生^[1] 徐世光^{[1] [2]} 吴 军^[3] 严城民^{[1] [2]} 朱延浙^[3]

[1] 云南地矿勘查工程总公司(集团)昆明 650011; [2] 昆明理工大学, 650093;

[3] 云南省地质调查院, 昆明 650011

摘要: 实施“走出去”战略, 到境外开发资源, 是解决我国钾肥短缺的重要途径之一。万象平原钾盐分布面积广, 厚度较大, 品位较高, 呈层状赋存于塔贡组下段膏盐层中, 埋深 179.78—527.43m。矿石类型以光卤石岩为主, 矿物成分包括光卤石、石盐、硬石膏及微量钾石盐。矿床为海源陆相为主的蒸发沉积型, 沉积盆地雏形出现于晚白垩世的燕山运动时期。计算钾盐资源的基础储量和工业储量巨大, 从资源角度看, 开发前景十分广阔。

关键词: 钾盐资源; 矿床特征; 光卤石; 成钾条件分析

1.0 前言

我国钾肥资源短缺, 绝大部分靠进口解决, 仅 2001 年就进口 543 万吨。实施“走出去”战略, 充分利用国内外“两种资源、两个市场”, 到境外开发资源, 是解决我国钾肥短缺的重要途径之一。

2000 年以来, 云南地矿勘查工程总公司(集团)在较详细地对老挝钾盐地质资料进行分析和研究的基础上, 先后开展完成了 1: 10 万地质调查; 1: 10 万重力测量; 物探电测深; 钻探; 水工环综合地质调查等工作, 取得了较为客观的认识。

万象平原属泰国沙空那空平原北西的一部分, 西部及北东为侵蚀溶蚀低中山——中山地貌, 最高点为区域北东普纳赛山, 海拔 1230m, 最低点为湄公河, 海拔 150m, 相对高差约 1100m。万象平原位于湄公河北岸, 属中生代坳陷盆地, 海拔 160~210m, 相对高差 50m, 地势总体上北高南低。

钾镁盐矿区南距万象市约 40 多 Km, 海拔 160~200m, 相对高差 40m。东北边缘为低山地貌, 海拔达 320 米。区内气候湿热, 长夏无冬, 春秋极短, 为热带雨林气候。年平均气温 20~30℃。蒸发量 6~9 月最低, 为 73~62 毫米, 3 月最高达 180 毫米。多年平均降雨量 1777.8 毫米, 其中 85%集中在 6~10 月, 形成雨季, 雨季道路泥泞, 部分低洼地带和道路被淹, 给交通带来不便。

湄公河是区内 I 级水系和排泄基准, 流经万象钾镁盐矿区长达 200Km, 河面宽 400~500m, 平均流量 2651~7750m³/s; 主干支流南俄河自北西向东南蜿蜒穿过首采区南端, 并在东部汇入湄公河, 河面宽 115~150m, 深 5~7m, 水位变幅 5.85~11.25m, 平均流量 655~1810m³/s; 南俄河次级水系多为山区季节性溪流, 总体由北向南汇入南俄河, 其水量雨季极丰, 但在旱季特别是 3~4 月基本断流, 成为较典型的季节性河流。区内还有很多水面面积在数百~数万平方米的湖泊或水塘, 多数水清质好, 是当地人民除取自水井或当地溪流以外的另一重要生产、生活用水来源。

2.0 矿区地质概况

万象平原钾盐分布于呵叻盆地北部沙空那空盆地的西北角,与泰国呵叻盆地、我国云南古新世勐野井同处于一个构造单元之内,分布面积约 2000 平方千米。该区属沉积岩区,地层发育、构造较为简单,未见岩浆活动及变质现象。构造形迹以北北西向纵断层、北北西向褶皱及近东西向横断层为主,褶皱均为平缓褶皱,断层附近节理发育、常见擦痕线理、岩石具不同程度的碎裂岩化。

矿区第四系残积物、冲积物极为发育,基岩露头很少见。地层自下而上可划分为班塔拉组(K₁bt)、塔贡组(E₁tg)、班塔博组(E₁-bt)及第四系。

班塔拉组(K₁bt)为盐下地层,由浅灰紫、灰白色厚层块状复成分石英质(砂)砾岩、中细粒(含砾)岩屑石英砂岩及少量粉砂质泥岩组成,厚 172.42—554.44m。

塔贡组(E₁tg)为含盐地层,可进一步划分为 3 个岩性段、6 个岩性层(详见表 1)。钾镁盐矿主要产于塔贡组下段膏盐层(E₁tg¹)中。

班塔博组(E₁-bt)为盐上地层,由紫红、棕红色厚层块状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩组成,底部具不稳定的紫红色中厚层状中细粒岩屑石英砂岩,厚度大于 59.36m。第四系以河流冲积占绝对优势,下粗上细的二元结构特征明显。下部为浅灰、黄灰、灰白色石英质卵砾石土夹粉土、砂土,上部为浅灰白、灰白色粉土、粉质粘土夹透镜状砾砂土,厚 5.19—24.21m。据冲积物的分布高程,可划分为三级阶地(Q_{pl}¹、Q_{pl}²、Q_{pl}³)。在局部地段,尚见有由砂质土、含砾砂土、含砂粉土组成的湖泊沉积(Q_h¹)。

表 1 塔贡组各单元岩石地层特征表

单元划分		岩 石 组 合
上段	泥质层 E ₁ tg ³⁻²	紫红、灰紫夹少量灰绿色中一厚层状泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主,夹泥砾岩、白云质泥岩、钙质泥岩,底部具不稳定的中细粒长石岩屑砂岩,厚 30.50—148.35m。
	膏盐层 E ₁ tg ³⁻¹	青灰、灰白、无色中一厚层状(含泥质)硬石膏岩、(含硬石膏条纹)石盐岩,厚 1.29—169.92m。该层在盆地边缘(首采区北东部)缺失。
中段	泥质层 E ₁ tg ²⁻²	紫红、灰绿色中一厚层状含石盐粉砂质泥岩、含石盐泥岩为主,夹含石盐粉晶白云岩、白云质泥岩、粉砂岩,底部具不稳定的细粒岩屑石英砂岩,厚 18.70—98.89m。
	膏盐层 E ₁ tg ²⁻¹	灰白、青灰色中一厚层状石盐岩为主,夹含石盐泥岩、硬石膏岩,偶见纹层状、条带状光卤石岩,厚 6.41—62.80m。该层在盆地北东边缘缺失。
下段	泥质层 E ₁ tg ¹⁻²	紫红、暗紫、灰绿色薄—中层状含石盐泥岩、含粉砂泥岩及少量粉砂质泥岩,底部具不稳定的中细粒石英(杂)砂岩,厚 0.36—42.25m。
	膏盐层 E ₁ tg ¹⁻¹	灰白、浅紫红、无色厚层状石盐岩为主,夹光卤石岩及少量钾石盐岩、泥质岩,厚 297.31—472.77m。该层在盆地边缘(首采区北东部)缺失。

矿区位于塔贡复式向斜北东翼,大致可划分为东、中、西 3 个北西向构造带。北东部构造相对

复杂, 整体为向南西倾斜的单斜构造。在万象平原与低山的交接部位, 为一走向北西、向南西陡倾的脆性剪切带; 中部构成主要含矿地段, 该带产状变化较大且无明显规律, 很可能存在由膏盐层塑性流动形成的短轴被动褶皱; 西南部褶皱发育, 轴向北北西的向斜、背斜相间排布, 并以背斜向南倾伏、向斜向北扬起为特征。

3.0 矿床特征

3.1 矿石类型

区内膏盐矿物较多, 按不同比例相互共生, 而构成种类繁多的岩矿石类型, 大致可划分为光卤石岩类、钾石盐岩类、石盐岩类、石膏岩类、水镁石岩类、溢晶石岩类等六大类; 按《盐湖和盐类矿产地地质勘查规范》(DZ/T0212-2002) 可分为光卤石矿石、钾石盐矿石两大类; 按一般工业指标 (KCl 边界品位: 3%, 工业品位: 8%) 及组分含量可划分为光卤石矿石、溢晶石光卤石矿石、水氯镁石光卤石矿石、钾石盐矿石、含光卤石钾石盐矿石、光卤石钾石盐矿石、脉状光卤石矿石等 7 大类。

矿石多具全晶质、它形、半自形、自形粒状结构、块状构造。偶见交代残余结构, 层状构造等。

3.2 矿体特征

钾镁盐矿主要呈层状赋存于塔贡组下段膏盐层 (E_{tg}^{1-1}) 中, 在塔贡组中段膏盐层 (E_{tg}^{2-1}) 中仅个别钻孔见透镜状钾镁盐矿, 塔贡组上段膏盐层 (E_{tg}^{3-1}) 中未发现钾镁盐矿。

产于塔贡组下段膏盐层 (E_{tg}^{1-1}) 的钾镁盐矿底板为石盐层, 厚 251.88—338.84m; 顶板多为厚 0.27—45.34m 的石盐层, 部分为厚 0.36—84.71m 的塔贡组下段泥质层 (E_{tg}^{1-2})。

矿体在东段呈等轴状背斜产出, 埋深 179.78—527.43m, 厚 22.25—214.99m (平均 105.53m), 单工程氯化钾品位 9.90—17.31% (平均 14.37%)。矿体厚度变化较大, 均方差为 67.27, 变化系数 63.74%。单工程氯化钾品位变化不大, 均方差 2.74, 变化系数 19.07%。西段矿体仍呈等轴状背斜产出, 埋深 173.93—374.82m, 厚 19.75—103.83m (平均 65.03m), 单工程氯化钾品位 10.87—16.99% (平均 14.49%)。矿体厚度变化明显, 均方差 34.16, 变化系数 52.53%。单工程氯化钾品位变化不大, 均方差 2.13, 变化系数 14.70%。

3.3 矿石特征

本区矿石以光卤石岩为主, 钾石盐岩较少。

光卤石岩呈浅红、浅黄、浅灰白、白色, 具半自形粒状结构、块状构造。矿物成分为: 光卤石 (80—90%)、石盐 (5—20%)、硬石膏 (<5%) 及微量钾石盐、方硼石、白硼钙石、铁泥质。

光卤石 ($KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$) 呈无色、白色、浅红色等杂色, 它形一半自形粒状, 2—3 级干涉色, 折光率 < 树胶, 二轴晶正光性, 光轴角中等。部分矿物中具聚片双晶。

钾石盐 (KCl) 呈浅褐红、无色, 它形一半自形粒状, 粒径 0.01—0.06cm, 均质体, 折光率 < 树胶, 分布于光卤石之间。

石盐 (NaCl) 呈无色、白色、浅灰色, 它形一半自形粒状, 粒径一般为 0.1—0.6cm, 均质体, 折光率 > 树胶, 立方体解理发育。

硬石膏 ($CaSO_4$) 呈浅灰、灰黑、褐色, 它形一半自形粒状, 粒径 0.003—0.02cm, 包裹于石盐、光卤石中。矿石化学成分以 KCl (9.90—17.31%)、NaCl (24.10—56.61%)、 $MgCl_2$ (14.02—26.03%) 为主, 含少量 $CaCl_2$ (0.01—5.14%)、 $CaSO_4$ (0.15—0.40%) 及水不溶物 (0.12—0.58%)。

矿石的伴生有益组分为: Li、Rb、Cs、B、Br、I。在上述元素中, 除 Br 外, 其余元素均未达到综合评价指标。Br 的单工程品位为 0.05—0.22% (平均 0.19%), 超过有关规范要求 (0.02%)。Br

含量与光卤石成正比, 推测可能存在溴光卤石。

4.0 成钾条件分析

综合分析含盐地层——塔贡组 (E_{1tg}) 的特征、古生物分布、沉积环境及含盐盆地的形成与演化, 结合我国兰坪——思茅成钾盆地资料分析, 可以认为, 发生于晚白垩世的燕山运动, 为古近纪红色陆源碎屑膏盐沉积盆地的形成与演化奠定了坚实的构造基础, 万象盆地的雏形开始出现于这一时期。

根据矿床成矿物质来源, 沉积环境、沉积相、成矿作用等, 初步认为本矿床应为海源陆相为主的蒸发沉积的钾镁盐矿床, 由海水的持续补给、经过不断蒸发浓缩形成。依据如下:

1. 塔贡组 (E_{1tg}) 的下伏地层班塔拉组 (K_{1bt})、上覆地层班塔博组 (E_{1-2bt}) 均为陆相沉积; 塔贡组 (E_{1tg}) 中所获介形虫均为陆相分子。
2. 矿床中膏盐沉积缺少典型的海相碳酸盐沉积, 未见内陆盐湖形成的标志性矿物碳酸钠, 仅有极少量 (0.01-0.20%) 的硫酸钠, 无硫酸钾、硫酸镁矿物。而以海相盐盆常见的光卤石、钾石盐、石膏、水氯镁石沉积为主, 矿床属氯化物型, 特别是光卤石已构成矿床的主体矿物。
3. 经曲一华等 (1988) 研究, 我国江城—勐腊地区的含钾卤水, 主要来自南部的呵叻盆地。万象平原属沙空那空盆地, 位于呵叻盆地之北、兰坪—思茅盆地之南, 是呵叻盆地含钾卤水向北流入兰坪—思茅盆地的必经之道, 成钾物质应以海源为主。
4. 经钻孔揭露, 万象平原的西部边缘带、中心地区均有厚薄不等、贫富不均的钾镁盐矿。从钾镁盐矿分布面积大, 平面上呈“牛眼式”分布, 同一膏盐层自下而上依秩出现石膏——钠盐——钾盐、次级旋回不明显的特征看, 万象平原的钾镁盐矿由海水持续补给、自身浓缩形成。
5. 我国江城——勐腊地区的勐野井组与万象平原的塔贡组为同时代地层, 特征基本相似。经袁品泉、张嘉澍等研究认为勐野井组有部分海相依据:
 - 1) 整合覆于勐野井组 (E_{1m}) 之上的等黑组 (E_{2d}) 含海相有孔虫;
 - 2) 勐野井组早期结晶的石盐中, 溴含量平均值为 0.006%、 $Br \times 10^3 / Cl$ 值 0.1, 与正常海水蒸发结晶的石盐相同;
 - 3) 粘土岩中硼含量为 $50 \sim 300 \times 10^{-6}$ 、一般为 $50 \sim 100 \times 10^{-6}$, 与一般的海相粘土岩特征相吻合;
 - 4) KCl 与 $NaCl$ 的厚度比值为 6.5, 大致与海水的计算值相接近;
 - 5) 经色谱分析, 石膏中有机质以饱和烃为主, 缺乏芳香烃, 反映出海源有机质特点;
 - 6) 钾石盐中多处发现球粒状海绿石、钾镁盐矿中发现 α 型方硼石矿物;
 - 7) 盐层中缺乏典型的陆相矿床中的钙芒硝等矿物;
 - 8) 勐野井组中之火山岩夹层中出现大量钠长石, 可能与海水富钠有关。
 - 9) 矿床规模大, 包括万象平原的呵叻盆地约 17 万平方千米, 其相变小、钾镁盐矿中水不溶物 (0.01-0.76) 有别于陆相沉积;

5.0 储量计算

5.1 储量计算工业指标

储量计算的工业指标为:

边界品位(KCl) 3%

工业品位(KCl) 8%

最小可采厚度 1m

夹石剔除厚度 3m

5.2 储量计算方法与主要参数

储量计算采用地质块段法,以相邻勘探线划分块段计算储量,块段平均厚度为单工程厚度算术平均,块段品位为单工程矿体厚度加权平均。

矿石量计算采用水平投影面积、铅垂厚度、实测体重计算。铅垂厚度采用现有钻孔见矿顶、底孔深之差。实测体重采用小体重样平均值 1.73t/m^3 。

矿体圈定与连接按工业指标,在保证主矿体平均品位 $\geq$ 工业品位前提下,表外矿无论厚度大小均圈入矿体;矿体按内边界一律用折线连接。

5.3 储量计算结果

参与储量计算的钻孔 10 个,划分为东、西 2 个矿段,两个矿段均划分为 4 个三角形块段。通过计算,获基础储量(122b):矿石量 76744 万吨,氯化钾(KCl)储量 11973 万吨,溴(Br)储量 1487859 吨;获工业储量(推断资源量 333):矿石量 190368 万吨,氯化钾(KCl)储量 25734 万吨,溴(Br)储量 3802374 吨。

6.0 结语

从资源角度看,老挝人民民主共和国万象平原钾镁盐资源开发前景十分广阔,目前主要的制约因素是交通条件不够好、环保要求比较高、加工能源偏紧缺。

浅析中国当代氟化盐的技术进步

皇甫根利

(焦作市多氟多化工有限公司氟化盐研究所 河南焦作 454191)

摘要:对当代无机氟化合物行业的科研、生产、工艺、设备等技术的发展和进步,进行简要的回顾和总结。

关键词:氟化盐 原料 产品 工艺 设备

建国后,随着中国铝工业的发展,氟化盐作为电解铝的必要辅料,也开始发展起来。上世纪八十年代以后,中国铝工业迅速发展,氟化盐行业也发展迅速。在生产能力不断提高的同时,氟化盐的技术也得到很大进步,本文对当代无机氟化合物行业的科研、生产、工艺、设备等技术的发展和进步,进行简要的回顾和总结。

上世纪八十年代之前,中国的氟化盐生产沿用前苏联的工艺技术,生产工艺单一,产品结构简单,生产设备落后。上世纪八十年代之后,随着市场竞争愈加激烈和电解铝的技术进步,氟化盐的技术也得到发展和进步。主要表现在以下四个方面:

- ※基础原料种类增多,资源回收开发利用。
- ※产品结构丰富合理,满足多种用途需要。
- ※生产工艺开发完善,产品质量得到提高。
- ※采用新型生产设备,提高自动控制水平。