

论河南安棚碱矿地质特征及其成因

王吉平 张幼勋 杨清堂 周建民 马秀莲

(化学工业部化学矿产地质研究院, 河北涿州市)



本文详细描述了河南安棚碱矿的4种岩石类型、沉积构造组合、沉积韵律和自生矿物特征, 讨论了矿体的产状、分布、矿床的矿物组成和化学成分, 并分析了碱矿床的成因。安棚碱矿是固体碱矿层和高浓度碱卤水并存的重碳酸盐矿床, 是我国一个新的碱矿类型。该碱矿床是富含 Na^{+} 、 HCO_3^{-} 的淡水, 在干盐湖环境中, 从盆地边缘向盆地中心, 经过一系列演化, 形成富钠的重碳酸盐型卤水, 在高二氧化碳分压下快速沉积形成的。

一、碱矿地质背景

河南安棚碱矿是继吴城碱矿之后在我国发现的又一个碱矿床, 是一种新的碱矿类型。安棚碱矿位于南襄盆地泌阳凹陷的东南部。该凹陷面积约1 000 km², 是燕山运动末期在秦岭褶皱带上形成的山间断陷盆地。其发展演化受南缘西北西向大断裂和东缘北东向大断裂控制, 具有南断北超、南深北浅之特征^[1]。

凹陷内中生界沉积厚度达8 000余米, 自下而上为: 白垩系, 下第三系玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、廖庄组以及上第三系上寺组。碱矿赋存在下第三系始新统核桃园组核二段、核一段顶部及核三段底部, 核二段为主要含碱层位。

二、碱矿地质特征

(一) 含碱岩系特征^①

核二段含碱岩系可划分为4种岩石类型(图1): 细、粉砂岩, 油页岩, 白云岩和重碳酸盐岩。

(1) 细、粉砂岩: 碎屑以长石为主, 次为石英、白云母, 并含有少量碳酸盐岩砂屑。泥晶白云石胶结。砂岩中发育波状层理、小型交错层理和波痕。

(2) 油页岩: 棕褐色, 通常由微晶白云石和有机质纹层组成。多含有分散的长石、石英等粉、细砂屑和微晶白云岩砂屑, 并常夹由碳酸钠钙石亮晶胶结的粉砂岩透镜体。具鱼化石和植物炭化碎片。这种油页岩实际上是一种纹理发育且富含有机质的微晶白云岩, 与美国绿河碱矿及我国吴城碱矿的油页岩建造相似^[2]。

(3) 白云岩: 核二段底部的白云岩多呈灰色、灰绿色, 厚度一般大于3m, 白云石含量60—90%, 含泥5—15%。碱层上下的白云岩中多含有沸石。白云岩均为微晶结构, 局部具有内碎屑

① 王吉平、周建民, 1985, 河南安棚碱矿沉积环境初步分析。化工地质, 第3期, 第94—102页。

本文1988年4月收到, 1990年6月改回, 邢瑞玲编辑。

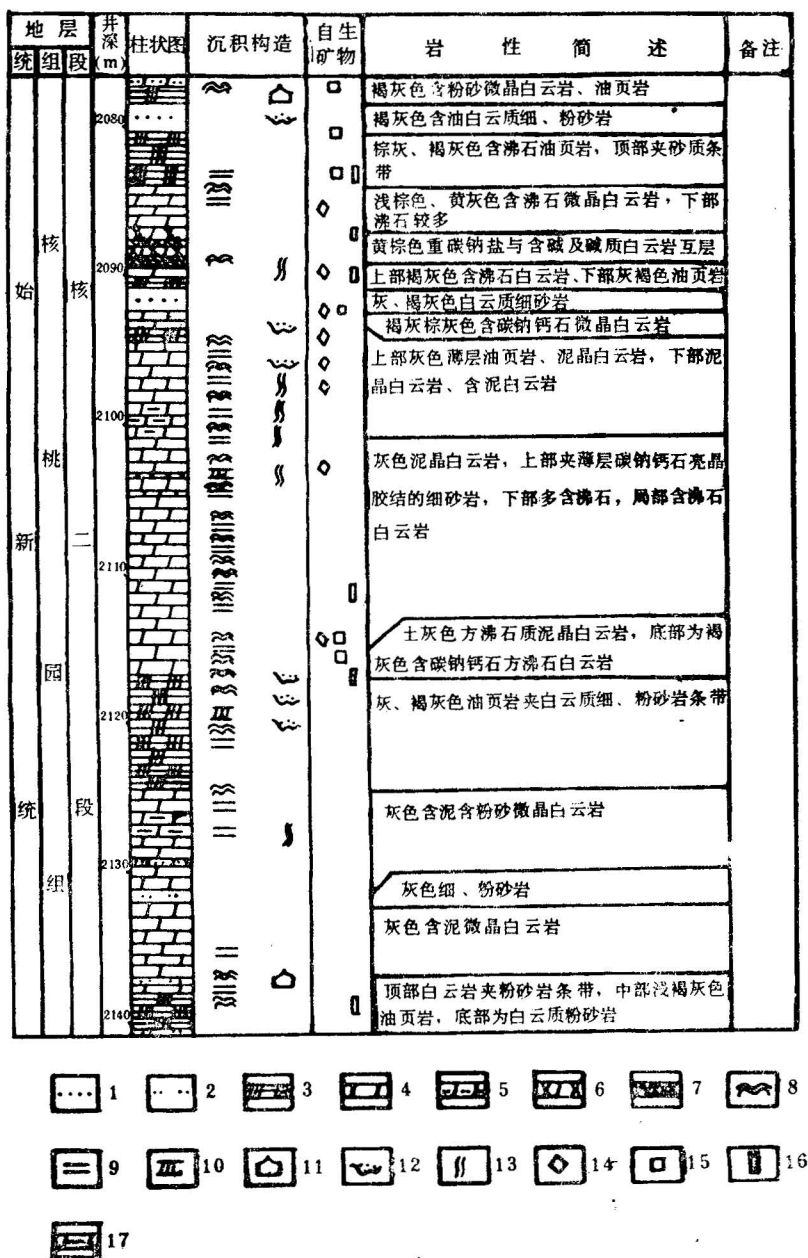


图 1 泌69井含碱段沉积特征综合柱状图

(据王吉平、周建民, 1985; 2 120.5—2 124.0; 2 128.0—2 134.7m两井段为岩屑录井)

Fig. 1 Comprehensive depositional characteristic columnar section of ore-bearing formation in well B-69

1—细、粉砂岩；2—粉砂岩；3—油页岩；4—微晶白云岩；5—含粉砂白云岩；6—含碱、碱质白云岩；7—重碳酸盐岩；8—波状层理；9—水平层理；10—交错层理；11—波痕；12—冲刷构造；13—干裂；14—碳酸钠钙石；15—方沸石；16—钠沸石；17—含泥白云岩

1—fine sandstone, siltstone; 2—siltstone; 3—oil shale; 4—microdolomite; 5—silt-bearing dolomite; 6—alkali-bearing or alkali dolomite; 7—nahcolite; 8—current bedding; 9—horizontal bedding; 10—cross-bedding; 11—current ripple mark; 12—wash structure; 13—drying crack; 14—shortite; 15—analcime; 16—natrolite; 17—mud-bearing dolomite

结构。具波状层理、冲刷构造和干裂构造。

(4) 重碳酸盐岩: 泌69井岩心中保留的纯重碳酸盐单层中, 厚者达15cm (井深2 089.18—2 089.33m), 薄者仅0.5cm, 局部夹数层厚1mm的灰色微晶白云岩纹层。该钠盐多为细晶半自形、自形结构, 致密块状构造。此外, 重碳酸盐还以粗晶、柱状或放射状自形晶呈团块状或星散状赋存于白云岩中, 构成含碱或碱质白云岩。

和其它碱矿相比, 美国绿河碱矿含碱段普遍存在凝灰岩^[3]; 肯尼亚的现代碱湖——马加迪湖也有火山碎屑岩^[4]; 安棚碱矿除这4种岩石类型外, 至今尚未发现火山岩和火山碎屑岩。

上述4种岩石类型在剖面上组成4种韵律类型, (1) 细、粉砂岩-油页岩-白云岩; (2) 细、粉砂岩-白云岩; (3) 油页岩-白云岩; (4) 细、粉砂岩-油页岩-白云岩-重碳酸盐岩。韵律基本上遵循着砂岩-油页岩-白云岩-重碳酸盐岩序列。这种韵律特征和美国绿河碱矿、我国吴城碱矿的沉积韵律是一致的^[5]。

含碱段的自生矿物有: 碳酸钠钙石 (浅黄绿色, 板状或菊花状集合体, 白云岩中常呈单晶出现; 在油页岩层面之间常构成薄透镜体; 砂岩中做为胶结物; 剖面中, 碱层上下最发育); 沸石类自生硅酸盐矿物有钠沸石 (呈雪花状分布于白云岩中, 或呈柱状生长在白云岩裂隙中, 局部构成钠沸石脉); 方沸石 (常充填于裂隙或呈粒状和不规则粒状集合体分布在白云岩中)。越靠近碱层, 沸石含量越高, 在碱层顶、底板的白云岩中含量最高。

与美国绿河碱矿相比, 绿河碱矿的自生硅酸盐矿物达20多种, 方沸石是主要的自生矿物之一, 钠沸石很少^[6]; 而安棚碱矿矿物简单, 且以钠沸石大量发育为特征。

(二) 矿体特征

安棚碱矿发现了固体碱矿层和高浓度碱卤水, 这种固液并存的碱矿床是安棚碱矿的重要特点之一。固体碱矿呈层状、团块状和细分散浸染状产出, 新鲜面致密。据目前岩心、岩屑、电测井资料解释, 核三段底部有数层固体薄层碱, 核二段底部有两层固体碱, 最大单层厚度1.60m (安3井2 333—2 338m段)^① (图2)。

碱卤水主要赋存于白云岩裂隙和砂岩孔隙中。碱卤水和固体碱成分接近, 且含碱层位裂隙发育并富含碱卤水, 如泌69井含固体碱的层位已测出碱卤水, 其北500m的泌2井中, 同一层位是高浓度碱卤水, 这种碱卤水可能是固体矿层被部分溶解造成的。

关于碱卤水的形成, 尚有两种不同认识。一种认为是原生卤水, 即封存的古碱湖卤水, 但岩心中固体碱和含固体碱的白云岩新鲜面致密, 岩心外围的溶洞是钻井过程中固体碱被溶解所致, 无原始古碱卤水的储集空间。另一种认为这种卤水化学成分复杂, 并伴生有较高含量的硼、锂及重金属元素, 可能为矿区南部、东部两条深断裂提供的深部热卤水^[7]。内蒙伊克昭盟现代碱湖卤水中硼、钾等元素含量也很高, 其来源与深断裂无关^②, 成分复杂并不为深部卤水所独有。笔者比较倾向于前一种看法, 因本矿床卤水在纵向上、横向上的分布都与固体碱的分布有关, 其深部物质来源的证据尚嫌不足。

安棚碱矿床的碱矿物主要是重碳酸盐, 次为碳酸氢钠, 属重碳酸盐型矿床。目前尚未发现天然碱和盐岩, 这是安棚碱矿的又一重要特点。在矿物成分上, 它与美国皮森斯克瑞克盆地碱矿相似, 而和绿河碱矿、吴城碱矿有很大差别^③, 是我国的一个新碱矿类型。

固体碱矿层的化学组分以 NaHCO_3 为主, 质纯、品位高, 泌69井核二段碱矿层化学分析结果

① 地质矿产部《地矿情况反映》, 1984年, 第7期。

② 化学工业部化学矿产地质研究院, 1988, 内蒙伊盟碱湖物质成分及综合利用研究前景, 专题研究报告。

③ 郭志敏、贺传永, 1974, 某地含盐天然碱矿床物质成分、矿石类型及成因的初步探讨。河南地质科技情报, 第3期, 第11—38页。

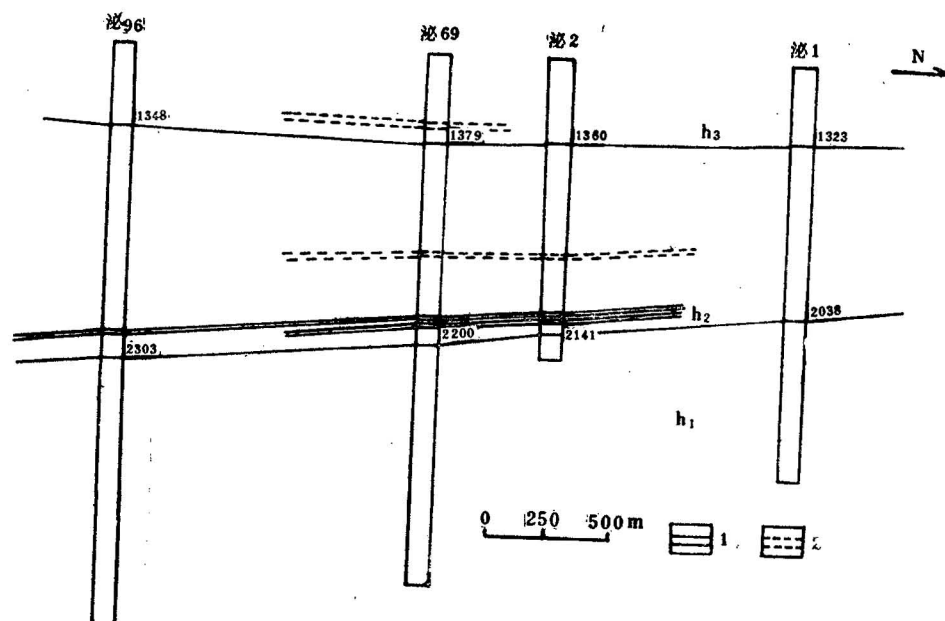


图 2 安棚碱矿南北向含矿层位对比图

Fig. 2 Diagram of ore-bearing strata in N-S comparative, Anpeng alkali deposit

1—含碱层; 2—电测解释含碱层

1—alkali-bearing strata; 2—alkali-bearing strata by well logging interpretation

表 1 泌69井核二段矿石化学分析结果

Table 1 Chemical composition of the ore in the well B-69

矿石名称	矿层深度 (m)	分 析 项 目 (%)						相应化合物 (%)	
		K ¹⁺	Na ¹⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	HCO ₃ ⁻		
含碳氢钠石重碳酸盐	2 087.72	0.017	23.55	0.12	0.08	0.003 0	54.66		4.06
同 上	2 089.00	0.010	25.30	0.10	0.006	0.001 5	62.94		2.23
矿石名称		分 析 项 目 (%)						相应化合物 (%)	
		SO ₄ ²⁻	Cl ¹⁻	Br ¹⁻	F ¹⁻	B ₂ O ₃	水不溶物		
含碳氢钠石重碳酸盐		<0.003	<0.05	<0.000 2	0.052	0.020	11.04	75.27	6.77
同 上		<0.003	<0.05	<0.000 2	0.005	0.035	1.30	86.67	3.62

见表 1。103 井核三段 1 543.0—1 546.0 m 碱层的化学组分与前者相似, NaHCO₃ 73.82%, Na₂CO₃ 7.78%, NaCl 很少。

碱卤水的化学成分以 NaHCO₃ 为主, Na₂CO₃ 次之, NaCl 很少, 几乎没有硫酸盐, Ca²⁺、Mg²⁺ 极少, 是很纯的高浓度碱卤水 (表 2)。

表 2 泌2井卤层测试结果
Table 2 Chemical composition of brine in the well B-2
(after Nanyang oilfield, 1976)

井深 m	卤 水 成 分 (mg/l)							总矿化度 (g/l)
	Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	
2 055—2 060	42.212	0	0	1.905	0.543	64.314	21.496	130.47

据南阳油田, 1976。

三、矿床成因

(一) 物质来源

泌阳凹陷周缘分布着古生代变质岩和一些燕山期花岗岩, Na₂O含量多在5—6%, 这些岩石经风化、搬运, 使湖水富含钠离子。大气降水溶滤汇水区岩石, 从大气中吸收部分CO₂, 流经变质岩和火成岩区, 形成重碳酸盐型水溶液^[8]。二者汇集于湖盆, 形成富钠的重碳酸盐型水。湖水中生物体腐烂分解, 提供了充足的CO₂, 使水体HCO₃⁻含量进一步增高。碱层上下的油页岩有机质丰富, 使CO₂来源得到保证。

(二) 沉积条件分析^①

(1) 细、粉砂岩层中发育波状层理、小型交错层理和层面波痕, 代表性的波痕参数 $L=15$ mm, $H=2.8$ mm, 波痕指数 $L/H=5.5$, 对称指数 $RSI=1.23$, 属浅水浪成波痕。细、粉砂岩与下伏岩层接触部位常发育冲刷构造, 下伏岩层往往发育干裂构造, 标志着该区处于浅水环境。

(2) 安棚碱矿含碱段白云岩岩心中见有较大的椭球状微晶白云岩砾屑, 其岩性与周围白云岩相同, 周边有褐色氧化圈; 干裂是白云岩中特征的沉积构造之一, 在泌69井2 089—2 105 m段最发育, 呈不规则“V”和“U”字型, 充填物为砂、粉砂或泥质物(图3)。砾屑和干裂的出现, 表明中心湖区附近有暴露的环境存在。

(3) 含碱段的每一个沉积韵律往往从底部的细碎屑岩开始, 以顶部的蒸发岩结束, 表征着一个蒸发浓缩过程。含碱段下部的韵律不完整, 均缺失重碳酸盐岩; 而位于含碱段上部的韵律则发育重碳酸盐层, 这种韵律特征表明含碱段沉积时期曾经历多次的水进—蒸干成碱过程。

(4) 泌阳凹陷核二段的岩相分布呈半环状(图4), 碱层分布在沉积中心, 向外被白云质泥岩、白云岩所包围, 最外是北部的砂泥岩、东北部的三角洲和南部冲积扇的砂砾岩, 具有内陆干旱成盐碱盆地的特征。

(5) 泌阳凹陷是一个受断裂控制的内陆闭流盆地, 古地貌可能是一个高山环绕的低盆地^[9]。据分析, 泌阳凹陷核二段沉积期以干旱、半干旱为主^[10], 并伴随交替出现相对湿润的古气候。

(6) 砂岩、白云岩中大量小型波状层理、浪成波痕、冲刷构造的存在, 表明安棚一带核二段底部沉积时处于水动力条件相对较强的浅水湖中, 砂屑白云岩和干裂的存在则表明在浅水湖周围存在着一个广阔的泥坪, 含碱段的沉积构造组合、沉积韵律和岩相分布, 符合干盐湖的沉积特征, 与用干盐湖模式解释的美国绿河碱矿极为一致^[3]。盆地边缘为灰质胶结的砂砾岩, 中部是广阔的暴露的白云质碳酸盐泥坪, 中心湖区为极浅水或季节性有水的浅水湖, 重碳酸盐岩是在这种

① 王吉平、周建民, 1985, 河南安棚碱矿沉积环境初步分析。化工地质, 第3期, 第94—102页。

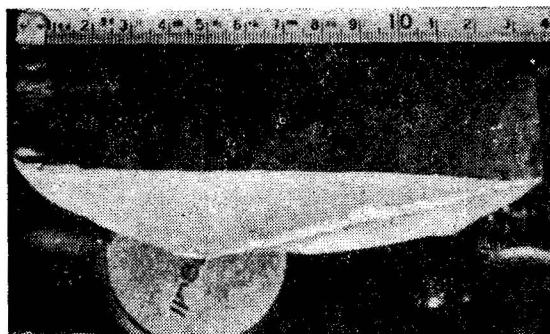


图 3 白云岩中的干裂

(白色部分为岩心底面)

Fig. 3 Drying crack in the dolomite

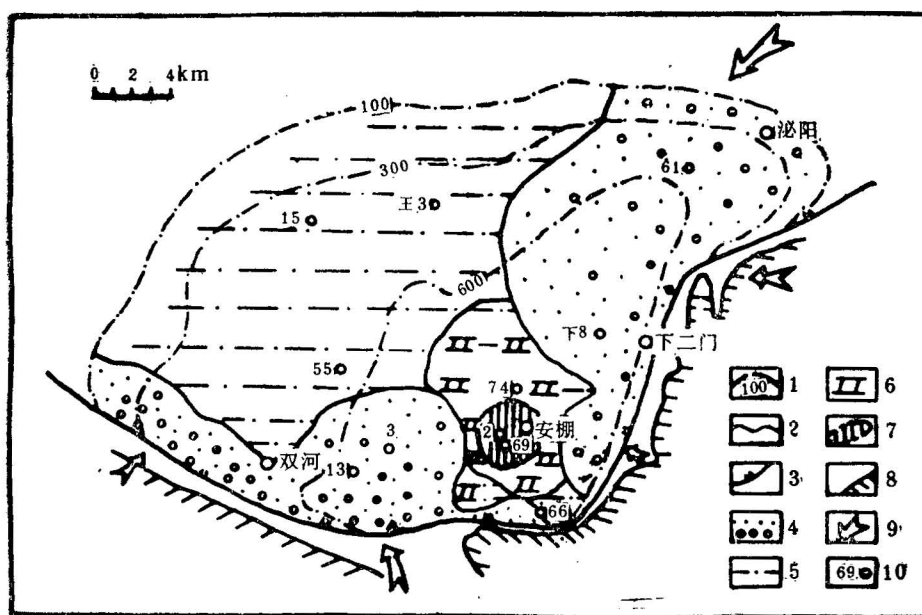


图 4 泌阳凹陷核二段沉积岩相略图

(据王吉平、周建民, 1985)

Fig. 4 Sketch of sedimentary facies for No. 2 Hetaoyuan Formation of Biyang depression

1—地层等厚线; 2—岩性区界线; 3—断层; 4—砂砾岩区; 5—砂泥岩区; 6—白云岩区; 7—重碳酸盐区; 8—出露区;
9—物源方向; 10—井位及编号

1—strata isopach; 2—area boundary; 3—fault; 4—the area of sandstone and conglomerate; 5—the area of sandstone and mud; 6—dolomite area; 7—nahcolite area; 8—crop area of bed rock; 9—Inflow; 10—well site and number

干盐湖环境的中心浅水湖中沉积的。

(三) 卤水演化及重碳酸盐的形成

流入盆地中心的水有地表径流和地下径流两种形式, 在干盐湖环境中, 以地下径流为主, 地表径流主要发生在暴雨和潮湿季节。

毛细作用对卤水演化有着极为重要的意义, 它使得地下水在运移过程中逐渐浓缩, 而碱土碳酸盐在浓缩的早期阶段就不断达到饱和, 沉积在冲积扇和干盐湖边缘。由于 CaCO_3 首先饱和, 析出方解石, 导致进入盆地的地下水 $^m\text{Mg}^{2+}/^m\text{Ca}^{2+}$ 比值的迅速增高, 从而造成含镁矿物相——白云

石更接近于盐湖中心出现。碱土碳酸盐的沉淀使得湖水中 Na^+ 和 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 更占优势。地下水的这种演化特点在泌阳凹陷核二段底部含碱段沉积时表现得很明显,位于冲积扇边缘的泌3井二段底部砂岩中,胶结物是碳酸钙并有方解石脉出现,向盆地中心是白云岩、重碳酸盐岩。由于强烈蒸发,泥坪上的毛细作用更为强烈,使大量碱金属碳酸盐在地表形成碱霜,暴雨时,地表径流把这些碱类物质直接带到湖中富集下来,这种现象在我国内蒙现代碱湖中十分普遍。

碱土碳酸盐沉积之后,卤水可达到较高的浓度,但重碳酸盐的沉积还是一个复杂的过程。在 Na_2CO_3 - NaHCO_3 - H_2O 体系中,有如下平衡关系: $\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HCO}_3^-$,矿物相的分布不仅受温度影响,而且还受二氧化碳分压的控制(图5)^[11]。从图中可看出,天然碱相区的 P_{CO_2} 与大气中的 P_{CO_2} 是一致的,所以天然碱在自然状态下是稳定矿物,而重碳酸盐的沉积则需要更高的 P_{CO_2} 。

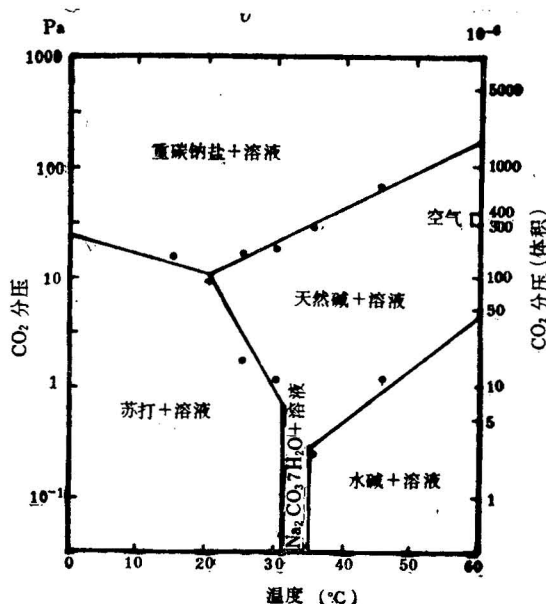


图5 Na_2CO_3 - NaHCO_3 - H_2O 体系 P_{CO_2} - T 图^[11]

Fig. 5 Diagram of the system of Na_2CO_3 - NaHCO_3 - H_2O in P_{CO_2} - T

H. P. Eugster 研究了马加迪现代碱湖和美国绿河碱矿的天然碱成因之后,认为湖卤水中 P_{CO_2} 最终会与大气达到平衡,只有天然碱才能聚集为层状沉积,而重碳酸盐则不能,它只是在还原环境的沉积物中通过生物作用所产生的 CO_2 来实现,因此,常呈团块状产出^[48]。而安棚的重碳酸盐主要是层状的,根据其结构、构造和韵律特征分析,它们显然是原生化学沉积物,而非埋藏之后形成的。含碱岩系中发育大量油页岩,有机质含量异常丰富,可以推断,当时湖水中生物繁盛,生物活动以及生物体的腐烂、分解,有可能提供充足的 CO_2 ,使湖水保持较高的二氧化碳分压。重碳酸盐矿物包裹体爆裂测温结果,成矿温度接近45℃,强烈蒸发导致快速沉积,形成了层状重碳酸盐。因此,笔者认为,只要碱湖卤水有足够的 CO_2 来源,使其保持较高的二氧化碳分压,经快速沉积是能够形成层状重碳酸盐的,安棚碱矿是一个极好的证明。

四、结 论

1. 安棚碱矿含碱段由细、粉砂岩、油页岩、白云岩和重碳酸盐岩4种岩石类型组成,浅水

沉积构造发育。

2. 该矿与国内外其它碱矿相比, 有其独自的特点: 安棚碱矿是固体碱矿和高浓度碱卤水并存的矿床, 碱矿物主要是重碳酸钠盐, 次为碳酸氢钠, 缺少天然碱和盐岩, 是我国一个新的碱矿类型; 碱卤水化学成分以 NaHCO_3 为主, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 极少, 是很纯的高浓度碱卤水; 沸石类自生矿物类型极为简单, 钠沸石大量发育。

3. 安棚重碳酸钠盐矿床是富含 Na^+ 、 HCO_3^- 的淡水, 在干盐湖环境中, 从盆地边缘向盆地中心经过一系列演化(主要是碱土碳酸盐的沉淀), 形成富钠的重碳酸盐型卤水, 在高二氧化碳分压下, 快速沉积形成的。

参 考 文 献

- [1] 朱水安、李纯菊、陈永正、高玉荣, 1983, 泌阳凹陷双河水下冲积扇的沉积特征. 石油学报, 第4卷, 第1期, 第11—16页。
- [2] Bradley, W. H., 1973, Oil shale formed in desert environment, Green River Formation, Wyoming. Geol. Soc. American Bull., V. 84, No. 4, pp. 1121—1124.
- [3] Eugster, H. P., and Hordie, L. A., 1975, Sedimentation in an ancient playa-lake complex, the Wilkins Peak member of the Green River Formation of Wyoming. Geol. Soc. American Bull., V. 86, No. 1—4, pp. 31—334.
- [4] Eugster, H. P., 1980, Developments in Sedimentology. 28. pp. 195—232. Amsterdam-Oxford-New York.
- [5] Zhang You Xun, 1983, Sixth International Symposium on Salt. V. 1, pp. 67—73.
- [6] Parker, R. B., Surdam, R. C., 1971, A summary of authigenic silicates in the tuffaceous rocks of the Green River Formation. Contributions to Geology., V. 10, No. 1, pp. 69—72.
- [7] 漆丹志、刘兴华、孟宪松, 1985, 河南中新代盆地盐类矿产及成矿预测. 河南地质, 第3期, 第12—19页。
- [8] Eugster, H. P., 1971, Origin and deposition of trona. Contributions to Geology., V. 10, No. 1, pp. 49—55.
- [9] 王定一、车自成、张树田、蔺作文、顿铁军、刘来民, 1987, 南襄盆地构造发育特征及形成机制. 石油与天然气地质, 第8卷, 第4期, 第363—371页。
- [10] 宜昌矿产地质研究所, 1979, 中国地区白垩纪—第三纪岩相古地理. 第1—75页, 地质出版社。
- [11] 曲懿华、钱自强、韩蔚田, 1979, 盐矿物鉴定手册. 第40—41页, 地质出版社。

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORIGIN OF THE ANPENG ALKALI DEPOSIT

Wang Jiping, Zhang Youxun, Yang Qingtang,
Zhou Jianmin and Ma Xiulian

(Institute of Chemistry and Mining Geology, Ministry of Chemical Industry)

Abstract

The Anpeng alkali deposit is located in the southeast part of the Biyang depression of the Nanxiang basin in Henan Province. The deposit occurs in Member 2, the top of Member 1 and the bottom of Member 3 of the Hetaoyuan Formation (Eocene). Member 2 is the chief alkali-bearing horizon. The alkali-bearing rock series is composed of sandstone, oil shale, dolomite and rock nahcolite. The form a rhythm at the section. Observation of drill cores shows that sedimentary structures that represent shallow-water and exposed sedimentary environments are well developed. Zeolite was formed mainly in the dolomite at the top and bottom of the alkali bed. There are also a lot of natrolites.

The Anpeng alkali deposit consists of solid alkali ore and highly concentrated brine, which is an important characteristic of the deposit. The main mineral of the solid alkali bed is nahcolite with subordinate wegschederite. Trona and halite have not been discovered yet. So it is a bicarbonate deposit—a new type of alkali deposit.

The Palaeozoic metamorphic rocks and some Yanshanian granite bodies at the peripheries to the Biyang depression offered Na^{1+} and HCO_3^{-} for the lake basin. The sedimentary structures and sedimentary rhythm and the distributions of sedimentary facies reflect the sedimentary characteristics of the playa.

By studying the Anpeng bicarbonate deposit, the authors consider that so long as there is enough CO_2 source from the brine of the alkali lake and the P_{CO_2} remains high enough, rapid deposition was able to give rise to bedded nahcolite.

作 者 简 介

王吉平, 1955年9月生。1982年毕业于华东石油学院石油地质专业, 现任化工部化学矿产地质研究院工程师, 从事沉积岩方面的研究。