

汶东盆地自然硫矿床地质特征

阎俊峰 邹传刚 陈延成 赵玉文 刘丰勤
(化工部化学矿产地质研究院) (山东省地质矿产局九队)

一八九四年弗拉斯法 (Frasch process) 采硫成功之后, 自然硫产量一直处于上升之势, 从而改变了世界硫源结构的面貌。我国自然硫矿床研究较晚。近年由山东省地质矿产局一队发现, 九队进行工作的汶蒙凹陷带中规模巨大的沉积型自然硫矿床, 不仅填补了我国的空白, 而且对该类矿床的成矿理论及国民经济建设均具有重要意义。

一、区域地质背景

汶蒙凹陷带属于我国东部中生代板内断陷-拗陷盆地系, 汶东盆地为其其中之一。该盆地东西向展布, 北侧受主断裂控制, 斜坡陡且距物源近, 另一侧则相反 (图1)。

基底为泰山杂岩和古生代地层。侏罗系及白垩系在凹陷带东段也有一定分布。自然硫则赋存于下第三系汶口组二段碳酸盐岩与硫酸盐岩中。汶口组厚达2700米, 北倾, 自近断裂一侧的凹陷中心向南侧超覆, 厚度渐减或平缓尖灭。自下而上为 (图2):

汶一段 ($E_{2+3}w^1$): 不整合于下伏岩系之上, 厚度为129—188米。以杂色—棕红色砾岩、砂砾岩为主。下部砾岩胶结物少, 砾径大, 无分选, 排列无序; 中部砂砾岩增多, 碎屑有分选性, 填隙物增多, 以泥质为主, 成层性明显; 上部细碎屑组分增多, 出现砂岩、泥岩、砾岩互层。由下往上总的趋势是碎屑逐渐由粗变细, 呈现出节奏性的韵律。砾石以先成砾为主, 有灰岩、白云岩岩砾, 次为砂岩、混合花岗岩, 多为棱角一次棱角状, 浑圆者少。

汶二段下部 ($E_{2+3}w^2$): 厚度39—788米。下部棕褐色泥岩、粉砂岩、砂砾岩呈厚度不等的互层, 韵律性明显; 上部以紫红色、绿色含膏泥岩、泥岩为主, 夹硬石膏岩。

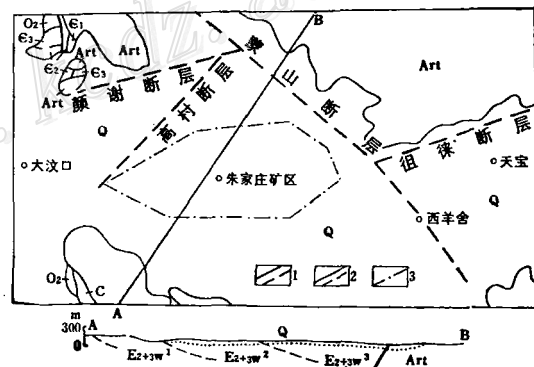


图1 汶东盆地自然硫矿床地质草图

Q—第四系; $E_{2+3}w^3$ —汶三段; $E_{2+3}w^2$ —汶二段; $E_{2+3}w^1$ —汶一段; C—石炭系; O_2 —中奥陶统; E_3 —上寒武统; E_2 —中寒武统; E_1 —下寒武统; Art—泰山群; 1—断层; 2—地质界线; 3—矿区范围

Fig.1. Schematic geological map of the native sulfur deposit in the East Wenkou Basin.

Q—Quaternary; $E_{2+3}w^3$ —the third member of Wenkou Formation; $E_{2+3}w^2$ —the second member of Wenkou Formation; $E_{2+3}w^1$ —the first member of Wenkou Formation; C—Carboniferous; O_2 —Middle Ordovician; E_3 —Upper Cambrian; E_2 —Middle Cambrian; E_1 —Lower Cambrian; Art—Taishan Group; 1—fault; 2—geological boundary; 3—boundary of the prospect.

泥岩中常含零星分布的粗大硬石膏单晶，瘤状、结核状硬石膏密集分布则形成块状层—鸡笼铁丝网状石膏 (Chicken-Wire anhydrite)。从下至上膏层从无到有逐渐增加。

汶二段上部 ($E_2-w_2^2$)；下部为含膏岩系，厚度 71—490 米。由硬石膏岩、石膏岩、泥

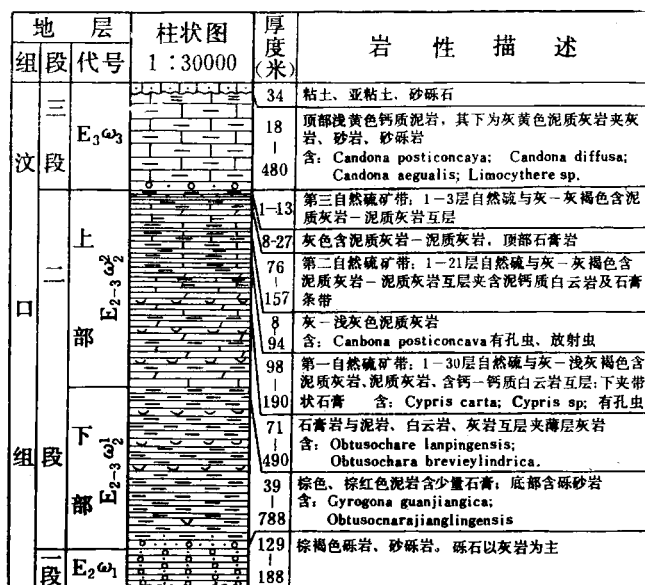


图 2 汶东盆地第三系柱状图

Fig. 2. Columnar section of Lower Tertiary strata in East Wenkou Basin.

岩、膏质灰岩和泥质灰岩组成。底部硬石膏呈板状、瘤状或结核状集合体，其间有泥质物、有机质或细砂质条纹围绕充填，层理不显著，与紫红—灰绿色杂色泥岩相间出现。往上泥质白云岩增多，间夹泥质灰岩薄层，硬石膏岩逐渐为纹层、条纹一条带状二水石膏岩代替。含膏岩系之上则为含硫岩系，其中有三个自然硫矿带（自下而上编号为 I、II、III）。含硫岩系的总厚度为 191—481 米。以含泥质白云岩、白云质灰岩、泥质灰岩为主，间夹石膏岩、砂岩、泥灰岩、油页岩，中上部有 1—2 层不稳定的砾岩。在 I、II、III 自然硫矿带之间一般为较厚的泥质灰岩。

汶三段 (E_3-w_3)：厚度 18—480

米。下部为浅灰色厚层泥质灰岩夹砂岩及灰岩薄层，往下纹层—薄层状含泥质灰岩增多。砂岩常含泥灰质砾石并具递变层理，与泥质灰岩有准同生冲刷现象。最底部有一层较稳定的砂岩或砂砾岩。上部主要为灰白色—灰黄色厚层泥岩、钙质泥岩夹少量薄层石英长石砂岩。

据化石组合汶一段到汶三段分别相当于济阳凹陷孔店组一段、沙河街组之四段、三段。地层时代属始新世—渐新世。

汶蒙凹陷位于鲁西隆起中部，该区以规模巨大的沂沭和聊考两断裂为边界。两断裂多次活动，性质复杂。燕山旋回时期沂沭断裂以挤压兼右行扭动为特征^①，造成一系列断陷式的山间盆地和凸起，这些盆地接受了中生代沉积物。喜山旋回始新世初，近东西向的断裂活动增强，汶蒙凹陷带向西扩展，东部抬升，活动的断裂控制着各盆地的沉积和发展。东部蒙阴盆地以碎屑—碳酸盐岩建造为主；汶东盆地相继沉积了粗碎屑物—硫酸盐岩—碳酸盐岩—碎屑沉积；汶西盆地则以氯化物—碳酸盐岩—硫酸盐岩相为特征并出现杂卤石，代表曾处于咸化程度很高的盐湖环境。地层时序和厚度反映出东老西新、东薄西厚的变化。

二、含硫岩系特征

1. 以一套低镁方解石或白云石及粘土矿物混杂分布含量互为消长的碳酸盐岩为主，夹

① 朱忠德 1982 年“山东早第三纪汶蒙盆地形成演化及成盐条件”。

硫酸盐岩、粘土岩和碎屑岩。碳酸盐岩以含泥质灰岩、含泥质白云岩为主, 次为泥质灰岩、白云岩、泥灰岩, 而内碎屑灰岩、砂屑灰岩及生物灰岩仅出现在某些层位。碳酸盐岩具泥晶结构, 次生碳酸盐多为粉—细粒晶。陆源碎屑总量常小于1—3%, 以石英、钾长石、斜长石为主, 偶见岩屑, 多呈次圆且略有溶蚀, 分布均匀, 分选性较好。泥质为浸染状粘土, 局部见显微鳞片状伊利石。硫酸盐岩以二水石膏为主。上部为纹层—薄层, 具微晶或细粒结构, 与泥质灰岩间互出现; 往下条纹或条带状及具肠状柔皱的石膏增加, 延续性差, 石膏多呈柱粒状。下部石膏亦呈大小不等的碎屑、团块、结核状, 偶见硬石膏残余体与钙质泥岩、泥云岩或泥质灰岩条带或纹层间互产出。碎屑岩层薄而不稳定, 厚度常小于0.3米, 多为钙质不等粒粉—中粒岩屑长石石英砂岩, 其胶结物为泥晶方解石, 常为基底式胶结, 碎屑与碳酸盐岩中者相似, 仅粒度略粗。岩屑以石英岩、花岗岩、云英岩或酸性喷出岩较常见。砾岩的砾石仍为钙泥质, 大者砾径达2—4厘米, 呈尖棱—滚圆状, 分选性好, 含量可大于30%, 胶结物为砂质灰岩。粘土岩厚数厘米很少超过0.2米, 以粘土为主, 偶见伊利石, 常含钙质或石膏晶粒。油页岩亦呈薄层出现, 厚度常小于0.2米。

岩性组合变化较明显, 由上往下白云岩、石膏层增多, 灰岩相对减少。

2. 生物屑、碳质碎屑和有机质沿层理定向分布, 在一定层位富集。有植物茎叶、孢粉、瓣鳃、复足、介形虫、藻类及有孔虫。鲁一井见三个有孔虫层位, 南京古生物研究所鉴定有小栗虫; 汶西发现沟边藻、沟裸藻属化石^①。本层含油指数较高, 沥青质也较丰富, 是主要生油母岩层; 油浸明显, 有裂隙油析出。

3. 具平稳波状层理, 呈纹层或薄层, 中厚层少。由泥质和有机质构成的纹层, 厚0.02—0.6毫米, 间距0.03—0.5毫米。层理面一般较平整, 但在石膏富集的部位层理常弯曲或柔皱, 变形层理发育, 包卷层理和缓角度多向小型斜层理较常见。局部见鸟眼构造。

4. 成分为灰岩—泥质灰岩—泥岩或灰岩—白云质灰岩(或钙质白云岩)—白云岩—石膏岩的韵律性沉积系列组合, 大多不完整, 以正韵律为主, 规模大小不一, 由0.5—25米。纹层中亦有白云岩—粘土岩或含泥质灰岩—含钙白云岩的韵律性变化。粒度韵律性在部分粉砂质灰岩及砂岩内也较明显, 往往下粗上细且底部有冲刷现象。

5. 自生矿物以黄铁矿分布最广, 呈草莓状星点或星云状, 常褐铁矿化, 一般含量近1—2%; 但矿层中黄铁矿极少, 似与自然硫互为消长。针状天青石出现在鸟眼构造内, 自生石英多见于白云质岩石中, 数量极微。

从岩石组合变化特点及古生态研究, 含硫岩系应属陆缘海陆交互相沉积。

三、矿床地质

(一) 矿带与矿层

汶口盆地自然硫矿床是一个规模巨大的层状矿床, 展布范围近43平方公里, 埋深200—500米。主要特征是矿层多而薄, 产状与地层基本一致; 单矿层常呈层状、似层状、透镜状或掌状产出; 在不同地段矿层层数多寡悬殊, 厚薄不一, 沿走向及倾向变化均较大, 延伸长

① 林焕庭、刘丰勤等1980资料。

度由200米至10余公里。据矿层密集程度及含硫岩系的沉积特点划分的三个矿带，其特征见表1。

表1 矿带与矿层变化特征表

矿带	规模及分布情况	埋深(米)	矿带厚度(米)	矿层层数(层)	单矿层最大延伸(千米)	单矿层厚度(米)	矿层累计厚度(米)	品位(%)	夹层间隔厚度(米)
I	规模最大, 矿层较连续稳定, 分布广	131—996, 一般为300—500	0.92—191.25, 一般为100—150	1—30, 一般为15	沿走向9.8, 沿倾向5	0.5—11.13, 一般1—2	0.92—57.5, 平均21.8	6—33.41, 平均10.19	1—68.36, 一般几米或10余米
II	比I矿带略差	63—714, 一般为200—300	0.79—159, 一般为50—100	1—21, 一般为10	沿走向11.25, 沿倾向5	0.5—5.62, 一般1—2	0.79—30.32	6—28.34, 平均9.51	1—60, 一般几米或10余米
III	规模小, 分布零星	48—497, 一般近200	1—12.78	1—3	沿走向0.4, 沿倾向2.75	0.54—3.22	0.57—3.22	6.02—15.97, 平均9.27	1—11

矿层间为厚薄不一的泥质碳酸盐岩、粘土岩、砂岩或石膏层, 间距由不足1米至数10米, 一般小于5米。矿带间为厚度较大的泥质碳酸盐岩隔开。含硫岩系略似楔形, 由南往北埋深和厚度逐渐增大。矿带厚度、矿层厚度和夹层间距也随之变化而变化, 南部聚拢往北撒开, 产状亦渐平缓(图3)。硫酸盐岩南富北贫, 如盆地南缘石膏岩富集部位硫贫, 或仅出现微弱

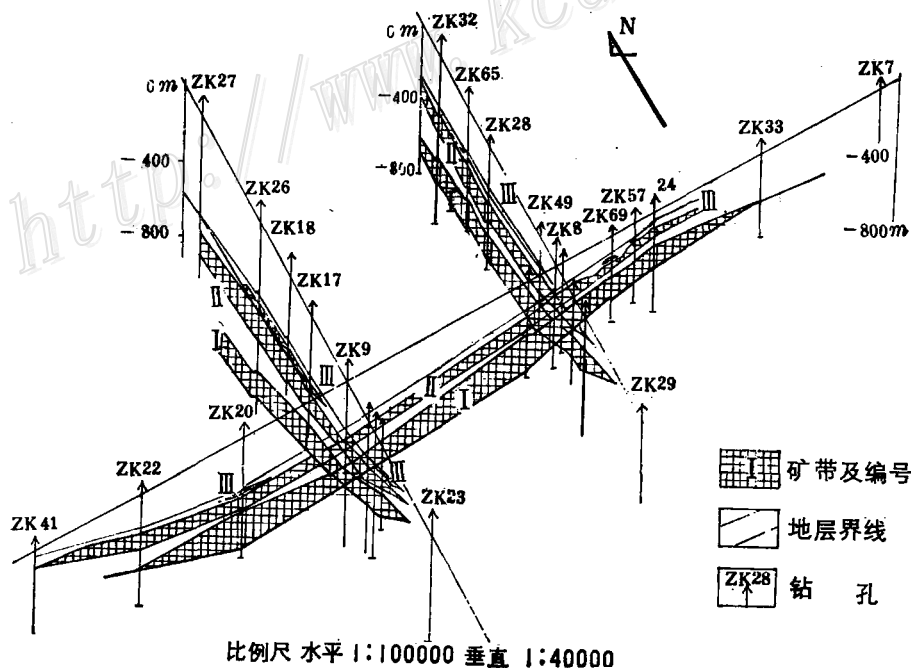


图3 汶东盆地自然硫矿床透视栅状图

Fig. 3. Perspective view of the native sulfur deposit in East Wenkou Basin.

矿化；沿斜坡地往北石膏岩逐渐减少，而自然硫反之富集。自然硫富矿层主要分布于盆地南部的斜坡上。在盆地深部硫酸盐岩不发育，矿化亦贫。碎屑粒度也有南细北粗之势，显示出盆地形成演化与矿带形态密切相关。

I 矿带自然硫较富，不同类型的碳酸盐岩、石膏岩和泥岩频繁交替，白云岩和石膏岩占相当比例，二水石膏中有硬石膏水化后的残余体。II、III 矿带中白云岩和石膏岩相对减少，泥质灰岩增加，自然硫变贫，反映出矿化由下而上愈来愈弱且分散。据泰 1、泰 2 井化学分析结果统计（图 4），自然硫的富集程度与氧化镁的含量高低成正比，随泥质增加而贫化。

（二）矿物及矿石

自然硫呈隐晶质和晶质产出，二者常共生。

II、III 矿带以隐晶质硫为主，I 矿带晶质硫增多。

隐晶质硫常呈灰白至深棕色，因含杂质不同而色异，以土黄色、浅棕色为主，具蜡状或土状光泽，常为显微胶泥状或胶粒状，集合体呈凝块、云雾、纹层、溶渣和细脉等形态产出。晶质硫为浅黄绿色或蜜黄色，呈粒状、柱状及板状，粒径 0.01—1 毫米，集合体为透镜状、团块、凝粒、条带和细脉等形态产出。

不同形态的硫用 PSEM-500 型（荷）电镜扫描，其结晶程度相近，多呈不规则的板状或斜方楔状（照片 4），其表面常有大小不等的瘤状突起，大小相近的杆状或瘤状突起呈链状或串珠状定向排列，亦见雨滴式放射状凸起（照片 5）与脉石互相支撑界线清楚（照片 6），未见嵌合或穿插现象。X 衍射分析其晶胞参数见表 2。数据表明，不同形态的硫质虽结晶程度有某些差异，但均属于晶质硫。

主要的矿石类型为自然硫含泥-泥质白云岩（钙质白云岩）型和自然硫含泥-泥质灰岩（白云质灰岩）型；次为自然硫石膏岩型、自然硫砂岩型；再次为自然硫油页岩型和自然硫泥灰岩型。富矿多与白云质岩石有关。

矿石构造可分为：

顺层型：自然硫产出方向与层理近一致。

具纹层状、条纹一条带状构造。纹层状硫多为蜡状，厚 0.1—1 毫米，个别达 5 毫米，与脉石界线清晰，多零星出现在 II、III 矿带含泥质灰岩内。条纹一条带状硫顺层断续分布，厚 0.1—10 毫米，部分达 2—5 厘米，局部膨大呈透镜状，与脉石界限常模糊不清，往往出现在含泥质白云岩或含泥质灰岩中，为重要类型之一。

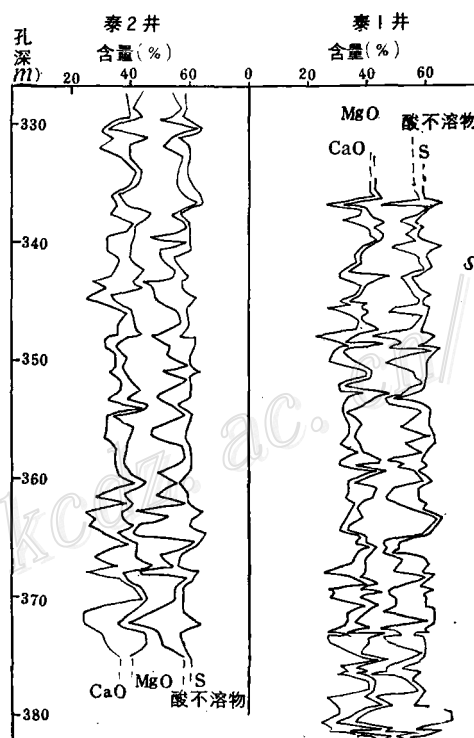


图 4 泰 1 井、泰 2 井之 I 矿带中 CaO、MgO、酸不溶物、S 累计含量变化曲线图（MgO 曲线为 CaO + MgO 含量之和；酸不溶物、S 曲线亦同样累计）

Fig. 4. Diagram showing accumulative variations in contents of S, CaO, MgO and insoluble acid substances.

(MgO curve represents CaO plus MgO; the same accumulation method is applied to curves of insoluble acid substances and S.)

准顺层型：自然硫产出方向与层理基本相近但有变异。具斑杂状或浸染状构造。斑杂状自然硫主要赋存于含泥质白云岩或钙质白云岩内，其次产于石膏岩及含泥膏质灰岩中，为最

表 2 不同类型自然硫晶胞参数

晶胞参数	a_0	b_0	c_0
自然硫形态			
棕褐色团块状晶质硫	10.423849	12.703403	25.498857
蜜黄色斑杂状晶质硫	10.430710	12.229450	25.169906
灰黄色条带晶质硫	10.458871	12.882345	24.245953
裂隙充填土黄色土状 隐晶质硫	10.469606	12.921372	24.402208
灰黄色条带状土状隐 晶质硫	10.455641	12.778882	24.912139
裂隙充填褐色腊状隐 晶质硫	10.450566	12.753260	25.004238
浅棕色团块状腊状隐 晶质硫	10.436037	12.731709	25.278261
暗褐色斑杂状腊状隐 晶质硫	10.454355	12.807843	24.695491
土黄色条带状腊状隐 晶质硫	10.438747	12.767379	24.863306

重要的富矿石类型。其特征是矿层上下层理与围岩一致且界限清晰，矿层内部原始层理被破坏，变形及包卷层理发育，显强烈塑性形变，部分具角砾状构造。自然硫呈条纹状、条带状、团块状、角砾状、浸染状，有时伴有花朵状玉髓并交代原生石膏和碳酸盐泥晶。脉石中的粉一细晶方解石增多，常垂直脉壁生长呈齿状缝合线结构，亦有呈条纹状、团块状、放射状等分布。粉一细晶方解石也交代自然硫、原生石膏和碳酸盐，与自然硫关系密切，白云岩化和去白云岩化现象也时有出现。浸染状自然硫多出现在砂岩和白云质灰岩中，呈星点或凝粒状、小团块状，大致顺层分布，往往与条带、斑杂状等其它形态的自然硫共同出现。

不顺层型：自然硫呈大团块或不规则的脉状切割层理产出。团块状硫一般直径1—3厘米，大者达7厘米，呈蜡状或土状，零星分布。脉状硫常沿裂隙充填，有分叉现象，多为显晶质，时与方解石或石膏、石英、天青石共生。

(三) 硫同位素特征

据16件样品的硫同位素测定结果，自然硫的 δS^{34} 值为4.5—25.6‰，平均为14.4‰，一般 $>10‰$ ； S^{32}/S^{34} 值在21.666—22.120之间。矿带上下盘的4件石膏样中 δS^{34} 值为19.5—24.5‰，平均值为27.08‰（图5）。 δS^{34} 值有随埋深变浅而逐渐变小的特点。

四、矿床成因

始新世时，我国东部处于干旱带^[1]，控盆主断裂的继承性沉降、沉积幅度及物源补给状况决定了汶东盆地的演化特点。

汶一段沉积后，由于喜山运动影响，盆地稳定下降处于半封闭状态，汶二段形成于干旱浓缩与湿润淡化交替变化的环境。下部沉积物中耐干旱盐碱植物麻黄属和喜温湿的榆、栎等不同成分孢粉混生，表明已由亚热带气候转为干旱或半干旱气候，水体蒸发量大于补给量，湖水浓缩咸化，沉积物的某些特点与波斯湾潮上环境相似^①。反映

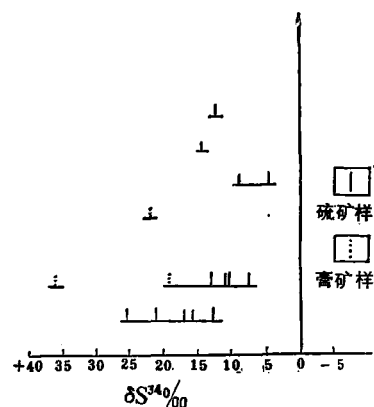


图 5 硫同位素组成

Fig.2. Sulfur isotope compositions.

① 据许靖华1980年“沉积学讲座”。

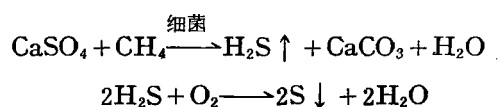
出沉积物多在浪基面上形成,水浅而咸化程度较高,盆地沉降速度超过补给速度,物源补给为非饱和状态,以泥质为主的陆源补给虽仍居主导地位但已逐渐由化学补给代替。硬石膏渐少,灰岩夹层增多,咸淡交替特征明显并向淡化环境转化。含硫岩系的特点表明,此时盆地沉降速度已远远超过补给速度,陆源碎屑不居主要地位。盆地规模小,浪基面深度和波纹指数有限,纹层的出现是盆地平稳沉降而水动力条件极弱的反映,但在短暂时间内水动力较强导致物源改变或出现底冲刷^[2]。此时古气候干旱与湿润交替,淡水补给量时而大于蒸发量,中间有一个相对稳定的淡化环境。干旱期,盆地边部常暴露水面,水体不深,有大量硫酸盐类沉积^[3];在淡化期,生物繁茂提供了丰富的有机质。据现代盐湖研究,即使在干旱浓缩期也有微生物活动,为成硫奠定了物质基础。

本区水文地质构造类型属承压水斜地,地下水运动受北倾的单斜岩层制约。从岩石和矿物的特征分析,含硫岩系赋存于硬石膏的水化带及黄铁矿的氧化带内,与含氧地表淋滤水的关系密切。横向上处于盆地边缘的含硫岩系富硫酸盐而少硫,盆地深部硫酸盐不发育硫亦贫,自然硫仅富集在硫酸盐开始减少的斜坡地段。垂向上,含硫岩系在汶东盆地基本上归属于汶二段上部,而汶西盆地却为汶三段下部,但其下伏层都是富硫酸盐沉积的蒸发岩。从水文地质条件和岩相变化分析,具有后生成硫的基本特征。

含硫碳酸盐岩的泥质含量较低,且见不同程度的白云岩化、去白云岩化和去膏岩化现象,次生方解石相对增加。富矿层常为孔隙度较高的含钙白云岩型或白云质灰岩型,次为含膏白云岩(或灰岩)型。沿层理方向分布的自然硫也常富集在岩层柔性变形(或破碎)弯曲最强烈的部位(照片1),变形、破碎更剧烈的部位则有条纹、团块、浸染等不同形态的自然硫出现。一般说来,砂岩的孔隙度优于泥晶灰岩,因而含硫岩系内的砂岩常有矿化,浸染状硫充填在矿物及岩屑间而形成溶渣状构造,且见含浸染状自然硫的砂岩呈不规则脉状穿入上覆无矿化的泥晶灰岩中,带有明显的后期充填特征。粘土质岩石由于较致密而渗透性差,常不易矿化,油页岩中仅见沿层理裂隙间有条纹或小透镜状自然硫出现,很少有富矿石类型。所以各种不同的溶解、交代作用形成的孔洞裂隙及溶缝与自然硫关系密切(照片2),自然硫富集在孔隙及裂缝发育的岩石中。

与层理方向一致的自然硫常为隐晶质蜡状、胶状或凝粒状,集合体呈稳定而平行层理的纹层、条纹一条带和透镜体产出,且内有细砂屑、碳酸盐或石膏残余体,与脉石无交代现象,这种硫有可能为同生阶段的产物。居于主导地位的自然硫结晶程度稍佳,多具消光现象,以粒状、不规则团块状、透镜状或凝粒状等各种形态产出。除被次生方解石或石膏交代外,自然硫内极少见到其它矿物。自然硫周围常有次生洁净的方解石或花朵状玉髓-石英出现,局部可见到与自然硫接触的泥晶碳酸盐受到改造而形成一重结晶的晕边环绕自然硫,与脉石的关系大部分都很清晰;其集合体以条纹、条带、团块等多种形态大致沿层理或斜交层理分布,有分叉现象,部分呈窗格状细脉,有穿插包裹早期硫现象(照片3)。更晚阶段形成的自然硫往往为不规则的脉状沿裂隙充填,部分产于方解石或天青石、石英组成的细脉中,呈显晶质,数量极少。

从上述特征分析,同生沉积阶段形成的自然硫仅居次要地位,而后生阶段形成的自然硫构成了矿床的主体。可能如Feely(1957)^[4]及Davis, Kirkland(1970)^[5]指出的那样,其反应方程为:

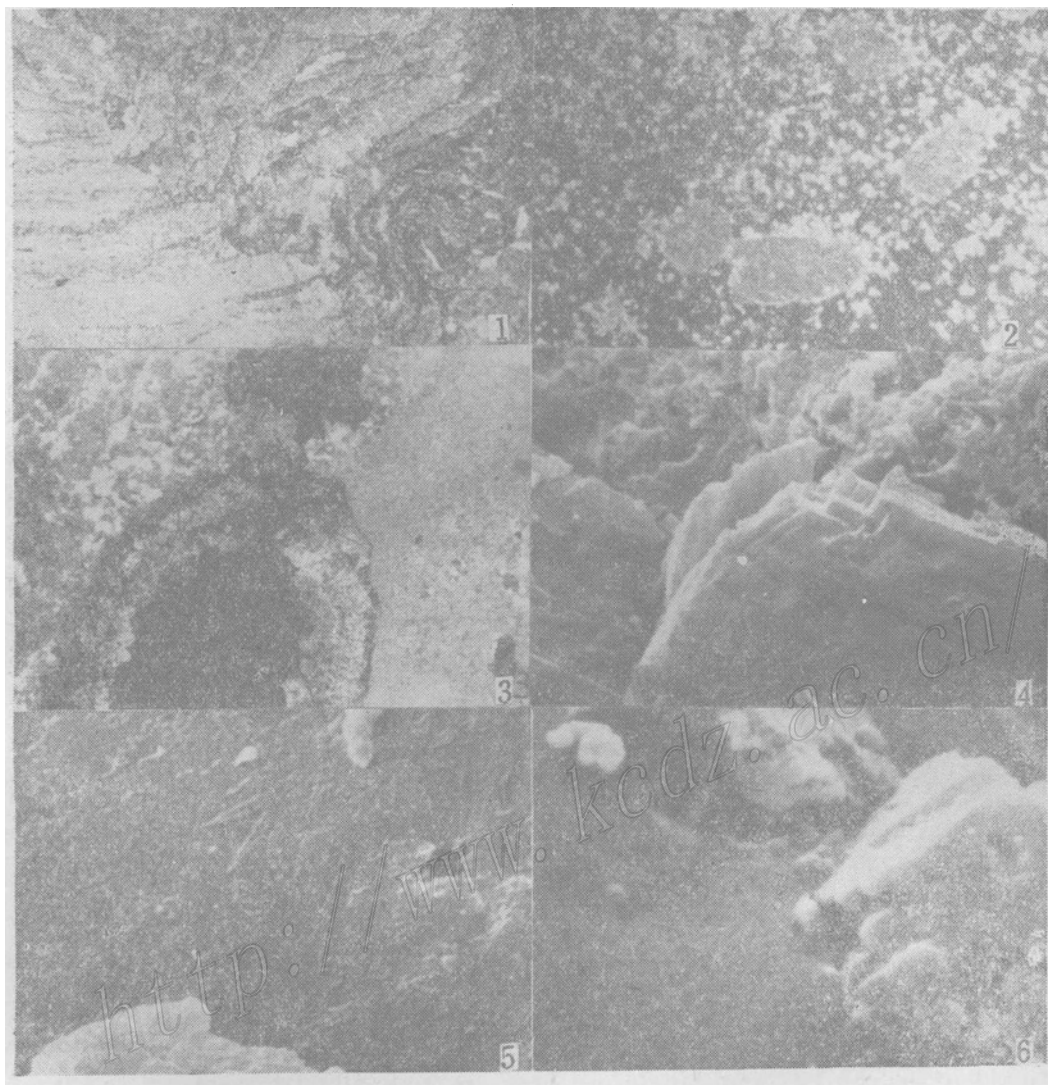


各种构造、交代作用形成的孔洞、裂隙制约了矿床的形成和富集空间。渗流带的含氧淋滤水、毛细水既溶解碳酸盐矿物也沉淀了碳酸盐矿物,同时改造了矿床。硫的活动性大,已形成的硫在后生变化中进一步重结晶或发生迁移,使矿石的结构构造和成硫期次更为复杂,所以矿床成因还需深入研究。

参 考 文 献

- [1] 刘训 1979 中国东部白垩纪—老第三纪盆地的沉积建造系列 地质出版社
- [2] 何起祥 1978 沉积岩和沉积矿产 地质出版社
- [3] 刘宝珺 1980 沉积岩石学 地质出版社
- [4] Feely, H. W. and Kulp, J. L., 1957, Origin of Gull Coast dome sulfur deposit. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Vol. 41, No. 8, pp. 1802—1853.
- [5] Davis, J. B., and Kirkland, D. W., 1970, Native sulfur deposition in the Castile formation. Culberson Co., Texas. Economic Geology, Vol. 65, No. 2, pp. 107—121.

<http://www.kcdz.ac.cn/>



照片说明

1. 自然硫（黑色）富集在柔性变形最剧烈的部位（+） $\times 12.5$
2. 白云质粉-砂屑灰岩中自然硫（黑色）分布在粒屑周围，呈充填状（—） $\times 40$
3. 钙质白云岩中隐晶硫（黑色）外环绕晶质硫（灰色）（-） $\times 40$
4. 自然硫呈斜方楔形，其表面仍有疣状突起，与碳酸盐矿物界线清晰 扫描 $\times 1250$
5. 自然硫表面上的雨滴式放射状凸起和串珠状凸起 扫描 $\times 2500$
6. 自然硫（表面有瘤状凸起）与脉石（白云石）呈支撑式接触 扫描 $\times 10000$

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A NATIVE SULFUR DEPOSIT IN THE EAST WENKOU BASIN, SHANDONG PROVINCE

Yan Junfeng, Zou Chuangang and Chen Yancheng

(Institute of Geology, Ministry of Chemical Industry)

Zhao Yuwen and Liu Fengqin

(The Ninth Geological Team, Geological Bureau of Shandong Province)

Abstract

The East Wenkou basin is located on the Mesozoic-Cenozoic faulted subsidence-depression tectonic system of east China with a great fault of long active duration lying along the north edge. In the middle of the basin accumulated Early Tertiary Wenkou Formation 2700m in thickness, characterized lithologically by such carbonate and sulfate rocks as dolomite, gypsum, micrite, marl, argillaceous limestone and argillite. A gigantic sedimentary native sulfur deposit was found in this Formation not long ago; this discovery bears great significance not only in national economy but in the study of metallogeny of this kind of deposits as well.

Native sulfur beds occur in Wenkou Formation; the sulfur-bearing sedimentary rocks are distributed relatively extensively and characterized by gentle slope. Ores belong largely to native sulfur-argillaceous dolomite type, native sulfur-argillaceous limestone type and secondarily to native sulfur-gypsum type, native sulfur-sandstone type and native sulfur-oil shale type. Native sulfur occurs mostly as yellow or brownish-yellow aphanitic and amorphous colloforms and to a less amount, as yellowish-green crystalline sulfur. Ore occurrences are seen following the bedding, approximately following the bedding or discordant to the bedding. Single ore beds are generally from several centimeters to several meters in thickness, and even reach 11—12m under certain circumstances; the roof and floor of the ore bed are mostly composed of gypsum bed or carbonate strata with 6—33% sulfur (9—10% on average). Native sulfur appears in multiple thin layers with distinct cyclothem. Ores are principally products of epigenetic sedimentation. Lithologic association and paleontologic character suggest that sulfur-bearing system resulted from sedimentation of alternative sea-terrestrial facies in continental margin sea.

Gypsum and anhydrite beds must have had a most important bearing on the formation of native sulfur; the authors investigation favors the theory that ores were produced through the reduction of gypsum or anhydrite under the action of bacteria.