

焦作地区粘土矿床的地质特征及成因

李春生 (执笔) 陈广夫 冯志亮

(焦作矿业学院)

河南省焦作地区的粘土矿产于中石炭统本溪组中, 底板为 O_2 灰岩, 顶板是 C_3 太原组海陆交互相沉积。矿分3层, 受下伏古岩溶地形控制, 呈层状、透镜状和漏斗状。主要矿物是高岭石, 常见豆状、鲕状和碎屑状构造。成矿物质来源于古陆和红土化作用。在滨海湖泊中, 以机械或胶体凝聚方式沉积成矿。

关键词: 河南省; 焦作; 粘土矿; 成因特征

焦作地区位于河南省的西北部。粘土矿床主要分布在焦作、修武、博爱等地, 属太行山区。中石炭统本溪组是赋矿层位, 矿床产于被断层切割的低山丘陵地带或呈帽状残存于山包上。

矿床地质特点

1. 地层

含矿系下伏地层——中奥陶统马家沟组: 上部为青灰、灰黑色中厚—巨厚层状灰岩、豹皮状灰岩和泥灰岩; 中上部常夹多层角砾状灰岩; 下部为灰色致密状灰岩、浅灰色厚层白云质灰岩与褐黄—黄绿色泥灰岩、泥岩等互层, 总厚413~500米。

含矿系地层——中石炭统本溪组: 与中奥陶统呈假整合接触。岩系由山西式铁矿、绿泥石岩、铁质粘土岩、粘土矿、砂岩、粉砂岩等组成, 偶夹灰岩和煤线。岩性厚度受奥陶系顶部风化面控制, 变化较大(8~45米), 一般厚10~15米。

含矿系上覆地层——上石炭统太原组: 与本溪组整合。岩系由海陆交互相灰岩、泥岩、粉砂岩及

煤线组成, 上部夹有海绵岩, 灰岩中有丰富的浅海相生物化石(笔、珊瑚、腕足类等), 厚度40~130米, 一般70~90米。

本区粘土矿分为三层, 主要产于含矿系的中上部, 下部主要是山西式铁矿、绿泥石岩及铁质粘土岩等。

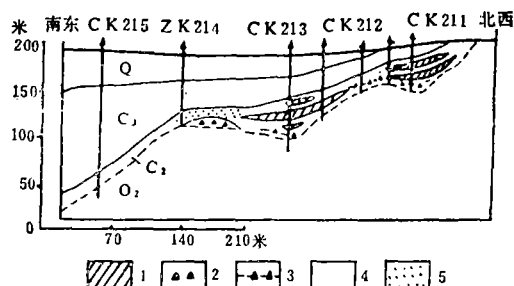


图 1 焦作上刘庄粘土矿区21线剖面图

1—粘土矿; 2—山西式铁矿; 3—铁质泥岩; 4—粉砂岩—泥质岩; 5—细—中粒砂岩

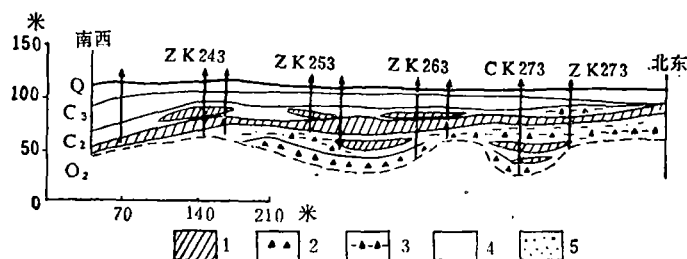


图 2 上刘庄粘土矿区I-I'纵剖面图

(图例同图1)

2. 矿体产状及规模

本区粘土矿体形态受下伏碳酸盐岩古岩溶地形控制。古地形平坦者矿体呈层状,古地形低洼者矿体呈凸镜状,古地形呈岩溶漏斗状矿体亦呈溶斗状(图1、2)。溶斗状矿体呈锥形赋存于下伏碳酸盐岩溶斗中,一般溶斗越深矿体越厚。

层状和凸镜状矿体产状与围岩一致,但其厚度和质量变化较大。上矿层及下矿层主要呈凸镜状,个别呈层状。中矿层一般呈层状或大凸镜状。例如,上白作矿区武钢粘土矿采场剖面,沿矿体剖面20米内,厚度由3.93米变为2.23米。大多数情况下,沿矿体走向厚度呈波状起伏,沿倾向一般向东、西方向变薄。

根据实测剖面、采场观察和各矿区底板等高线图的研究,整个含矿系岩相变化复杂,矿体断续分布。上刘庄矿区矿层一般发育2~3层,多者达5层;而大洼矿区一般发育3~4层,多者达10层。总的来看,各矿区主要发育有3层,即上、中、下矿层。各矿层呈不规则的断块。矿体顶部变化小,底部变化很大。无论是沿矿体走向还是倾向,都常有漏斗出现。

3. 粘土矿的富集规律

焦作地区粘土矿的富集严格受大地构造和下伏碳酸盐岩古地形的控制。

从河南省石炭纪古地理来看,西南濒临秦岭古陆,西北为中条隆起,中部和北部有嵩山古陆和武陵古高地。秦岭和中条两古陆呈喇叭口环抱河南省,焦作地区正位于喇叭口的一翼,所以,含矿系的展布和厚度受到了一定的限制。总体上,含矿系是东北厚、西南薄;含矿系中的粘土矿也有这种特点:以焦作地区为中心,向东北和西南矿层渐薄,以至尖灭或相变成铝土矿等。如辉县一带,同一层位的粘土矿相变为铝土质泥岩;在沁阳、陕澠一带相变为高铝粘土矿及铝土矿。本区粘土矿还受后期断裂的改造,呈现出北东—南西向延伸的断块。

另外,下伏碳酸盐岩古地形对含矿系的影响亦十分明显,表现为地形低洼含矿系厚度大,粘土矿或铁矿增厚部分也存在于此;反之,矿层变薄,甚至尖灭;矿层变贫,软质粘土矿变为粘土岩,硬质粘土矿变为铁质粘土岩或含铁粘土岩。

从物质组成和岩性上看,本区含矿系与华北广大地区石炭纪铝土矿的产出一样,自下而上有规律性的变化。即铁质先沉积,继之是铝土矿或粘土

矿,最后为煤系沉积。这是由于铁质与铝质一起搬运到盆地后,铁质较快地与基底碳酸盐岩发生作用而沉积。此外,最初溶液呈碱性,当 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 进入盆地时溶液中Si多于Al,故接着铁质沉淀的是高岭石质粘土矿;随着 SiO_2 的消耗,溶液中Al多于Si,于是沉积了铝硅比值稍高的高铝粘土矿和铝土矿。最后,随着有机质的增高,逐渐发育了煤系沉积。

焦作地区未出现铝土矿而仅有粘土矿沉积主要是因为后者的沉积受生成时的构造运动、气候、地理、溶液的pH值等因素的制约。如果地理环境发生变化,即使地质条件具备,也会影响到铝、粘土矿的生成或相变。

值得注意的是:同一矿体在横向上常有较大相变。如焦作大洼矿区主要是硬质粘土矿,但距其仅20米左右就变为硬质粘土矿、半软质粘土矿及软质粘土矿。在龙洞乡白马门村粘土矿采场同一层位矿层,南部为浅灰色硬质粘土矿,中间相距5米变为灰黑色炭质泥岩;泥岩中富含植物化石碎片及炭屑,与炭质泥岩相距不远的北部,变为浅灰黑色硬质粘土矿,并含粉砂质。这两种岩性的顶底板均为铁质粘土岩。笔者认为,这种变化可能与当时水质性质的局部短期变化有关。

矿石结构及物质成分

1. 矿石的颜色

矿石的颜色是其物质组成和成因的反映(表1)。焦作地区粘土矿的颜色多种多样,有灰白、白、浅黄绿、褐黄、浅紫灰、灰黑、砖青等色,还有红色矿石。

2. 矿石的结构构造及类型

矿石中常见泥状和胶状等结构,豆状、鲕状、碎屑状、砾状和角砾状等构造。按形态又可分为致密状、土状、粗糙状和层纹状等。

以粘土矿的物理性质(可塑性)可以分为:软

上刘庄矿区244孔不同颜色矿石的化学成分(%)表
表 1

矿石种类	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3
灰白色软质粘土矿	30.67	52.69	1.43
浅黄褐色半软质粘土矿	37.40	43.52	2.00
浅灰紫色半软质粘土矿	35.32	45.94	2.33

质粘土矿、半软质粘土矿和硬质粘土矿三种类型。
兹分述如下：

软质粘土矿 白—灰白色，性软，细粒块状或土状，具粘性和滑感，有时染手；吸湿性强，投入水中可糊化，可塑性好。断口参差不齐，多呈土状。见于焦作上刘庄、上白作、修武艾曲等矿区。

硬质粘土矿 青灰—深灰色，少数灰黑色。具致密细粒结构，豆鲕状、砾屑状和块状构造。性坚硬而脆，节理和厚层理发育。具贝壳状和锯齿状断口。主要见于焦作寺岭、大洼等矿区。

半软质粘土 灰白—浅灰色，少数黑色。具细粒碎屑和胶状结构，土状和块状构造。性较软，稍具滑感。粘性和吸水性不显著。断口粗糙，显次贝壳状断口。在各矿区均可见到。

以上三种类型有时可在同一垂向上出现，在横向上相变较快。

3. 矿石矿物成分

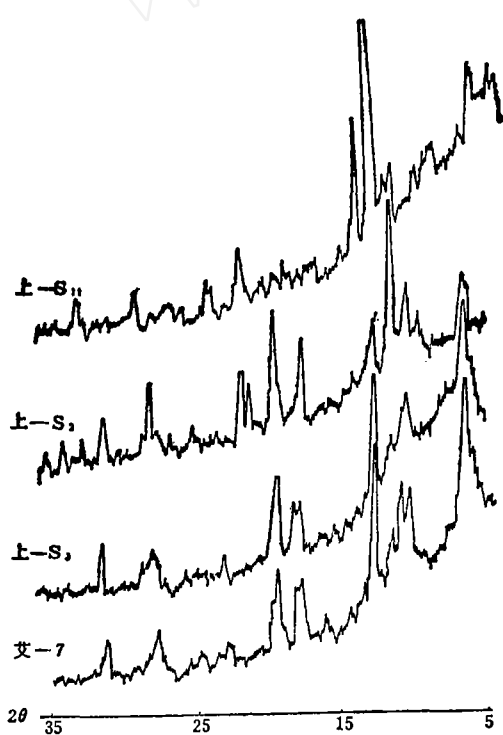


图 3 上白作、艾曲矿区粘土矿X射线衍射曲线

据镜下鉴定、X射线及差热分析，矿区中矿石的主要成分为高岭石、水铝石、叶腊石、水云母、次要矿物有绿泥石、蒙脱石、褐铁矿、赤铁矿、白云母和绢云母，并可见碎屑长石及少量石英、锆石、方解石、电气石、金红石、榍石和磷灰石等。

修武艾曲矿石X射线和差热分析矿物成分主要为高岭石和少量石英，上白作矿区主要为高岭石、硬水铝石、叶腊石、水云母、石英及蒙脱石(图3)。

分析表明，艾曲、上刘庄等地的粘土矿物以高岭石为主，大洼、寺岭、上白作等矿区以高岭石、水铝石为主，并含一定量的叶腊石、水云母和蒙脱石，个别矿石中叶腊石含量可达80%。

4. 矿石的化学成分

矿石一般具有高硅、高铝、低铁的特征(表2)，主要化学成分为SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、TiO₂、CaO、MgO、K₂O、Na₂O等。其中Al₂O₃、TiO₂是有益组份，Fe₂O₃、CaO、K₂O、Na₂O是有害组份。

粘土矿化学成分分析 表 2

化学成分	矿石类型	含量, %		统计块数
		最大~最小	平均	
Al ₂ O ₃	R	42.22~28.55	36.78	56
	B	49.93~28.04	37.18	105
	Y	46.79~26.08	36.35	209
SiO ₂	R	61.91~35.00	43.8	220
	B	56.02~38.40	40.77	105
	Y	56.78~30.09	42.91	220
TiO ₂	R	2.31~1.18	1.84	56
	B	5.06~0.86	1.97	105
	Y	3.72~0.75	1.89	73
Fe ₂ O ₃	R	2.45~0.495	1.52	303
	B	2.60~0.70	1.38	105
	Y	2.62~0.35	1.87	73
CaO	R	1.88~0.085	0.24	224
	B	1.82~0.06	0.22	105
	Y	1.075~0.025	0.215	320
烧失量	R	18.14~7.19	13.21	321
	B	14.92~6.98	12.19	105
	Y	15.03~7.84	13.34	221

矿石类型：R—软质粘土；B—半软质粘土；Y—硬质粘土。

矿床成因

同华北广大地区G层铝土矿的成因一样,许多地质工作者存在着不同的认识。本文通过室内外工作,提出以下三点:

1. 焦作本溪组的沉积环境 过去一些地质工作者把本溪组归为太原组,认为是海陆交互相沉积,也有人认为是泻湖相沉积。笔者认为滨海湖泊相沉积为主,晚期可与海沟通的湾湖环境,依据如下:

(1) 岩性标志 如前所述,本溪组的岩性自下而上为铁质泥岩、粘土岩→粘土岩→砂质泥岩、砂岩、粉砂岩→炭质泥岩、煤层,这与湖泊演化的规律相符。在这套地层顶部的泥岩中,发现有植物根化石,呈直立或倾斜状,说明它与煤层底部的根土岩一样代表了沼泽环境,而通常最易和这种环境发生转化的是湖泊环境。

本溪组上覆地层(太原组)的岩性序列,由下往上为石英砂岩、粉砂岩→页岩→灰岩,是一套海侵序列,说明矿床形成于海侵之前。含矿岩系与海相序列层呈渐变关系,表明湖泊是近海的。

(2) 古生物标志 本区含矿岩系除接近太原组岩层见极少量舌形贝化石外,其他层位未见海相化石,而植物化石较丰富,多为茎叶碎片。在龙洞白马门和安阳坡等矿区采到的植物化石鉴定主要为芦木类。

(3) 矿物成分 本区矿石矿物几乎均以高岭石为主。多数人认为,高岭石形成于温暖潮湿的大陆环境,pH值一般为5左右。这种条件在湖泊中出现的机会显然比海盆中多。

从本区矿石成分单一、岩性简单这一特点来看,其沉积介质主要是湖水。湖水中通常电解质较少,粘土物质可较长时间处于悬浮状态,分选彻底,而海水中由于大量电解质的存在,能使粘土物质较快的聚集成粗粒沉积下来,因此杂质含量较多。

(4) 含矿岩系及矿层的结构构造 本溪组岩石的结构从下往上为泥质、胶状→粉砂泥质、粉砂质→砂质,符合湖泊序列。矿石结构构造也依次在沉积盆地中呈闭合分带现象。如胶状者多位于中部,鲕状、碎屑状矿石多分布在周围。这与湖盆中部水动力条件弱,边部强是一致的。

本区北部安阳坡和寺岭矿区矿层顶板发现有厚

约1.5米的砂岩层,具单向收敛型交错层理。砂岩在横向上变化较大,短距离内有被粉砂岩或粉砂质、泥质岩代替的现象。砂体在平面上呈席状,剖面上呈凸镜状,据其特征认为是河流三角洲相沉积。它反映了湖泊发育的晚期,由于沉积物的不断充填,水体变浅;在局部河流入湖口及邻近的滨湖区发育河流三角洲相泥砂质沉积。因此,砂体具有较清楚的粒序结构。

(5) 地球化学标志 据光谱半定量分析,该区本溪组粘土矿中的主要微量元素含量为: Sr300~500ppm、Ni10~30ppm、Ga>20ppm、Mn10~30ppm,都属于陆相范围。本区含B量较高,这是因为矿层上、下地层都是海相沉积,粘土矿物对B的吸附所致。

2. 成矿物质来源 我国主要铝土矿、粘土矿在空间上都分布于构造相对稳定的地区,紧邻古陆或长期侵蚀区的边缘。如山东铝土矿位于胶辽古陆西缘,山西东部的铝土矿位于山西台背斜的东侧,河南铝土矿位于淮阳古陆之北和秦岭古陆东缘;其古地理位置都处于山前凹陷和边缘盆地中,又都产于灰岩的侵蚀面上。

笔者认为,形成焦作粘土矿的物质大部分是源于古陆上铝硅酸盐岩的风化物,搬运到湖盆沉积而成,它们构成了含矿系中上部的主体。

众所周知,秦岭古陆、中条古陆、崑山古陆及武陟古高地的岩性大多由古老的变质岩系组成,诸如前震旦纪的片麻岩,结晶片岩或震旦系的中酸性喷发岩等。这些岩石都富含铝硅酸盐矿物。据资料介绍,其化学成分中 $\text{SiO}_2 > 50\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 10 \sim 20\%$ 、Fe、Mg、Ca、Na、K、Ti的氧化物各占8%以下,分解出 Al_2O_3 的矿物主要有长石类、云母类和沸石等矿物。

本区含矿系沉积之前,古陆表面经受了长期的风化作用,加之石炭纪是成煤期,总体上气候温湿、植物繁茂,进一步促进了岩石的风化。由于长期的沉积间断及适宜的气候,使粘土质来源益加丰富;沉积区地处边缘凹地,易于接受流水携带来的古陆风化物。这些都有利于粘土矿的形成。

当然,粘土矿与下伏碳酸盐岩的关系亦很密切。下伏碳酸盐岩长期的红土化作用也是成矿的物源之一。但这种碳酸盐岩中 Al_2O_3 含量一般 $< 1\%$, SiO_2 为1~2%,对焦作粘土矿的形成不可能占主导地位。

3. 成矿物质的迁移、沉积方式 来自古陆的富含铝硅酸盐岩风化的粘土矿物、铝铁水合氧化物等主要是以碎屑或溶解的方式被水介质带入盆地, 其中部分碎屑物质在搬运途中又为富含有机酸的水介质的分解, 形成 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 的胶体溶液, 搬运至沉积盆地中以胶体凝聚方式沉淀。故形成具豆鲕状、凝块状和胶状构造的粘土矿。

此外, 由于水介质及其他条件的控制, 当溶液中硅多于铝而过饱和, 或铝硅达到平衡时, 不可能有较多的游离氧化铝沉积, 这是本区很少发现 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 > 1$ 的高铝粘土岩的原因之一。

部分成岩后的粘土矿或粘土物质沉积而未完全

固结, 经水下破碎而形成大量的粘土矿角砾和碎屑, 然后再次固结成粘土矿。在粘土矿的剖面上清楚可见角砾的磨圆度和分选性很差, 说明是在盆地内破碎, 搬运距离短, 沉积速度快。由此也说明, 在广大范围内的风化作用和沉积作用是频繁交替进行的。

综上所述, 焦作地区的粘土矿是在温湿的气候条件下, 主要由古陆上风化的物质和部分碳酸盐岩风化物搬运到滨海湖泊中, 以机械或胶体凝聚等方式沉积形成的。

本课题是在葛宝勋教授指导下完成的, 郎秀林同志参加了部分野外工作, 在此致谢。

Geological Features and Genesis of the Clay Deposit in Jiaozuo, Henan

Li Chunsheng Chen Guangfu Feng Zhiliang

The clay ore deposit of the Jiaozuo district, Henan occurs in Benxi Formation with limestone O_2 as its floor and the Taiyuan Formation C_3 as its roof bed, being a marine and continental alternative deposition. The ore bodies consist of three layers and are controlled by the underlying palaeokarst landform. They are stratified, lenticular and funnel in shape. Their main mineral is kaolinite, usually in pisolitic, oolitic or elastic structure. Source materials were derived from ancient land and lateritization. Ore bodies were deposited in littoral lake by mechanical sedimentation or colloidal condensing deposition.

(上接第19页)

石英包裹体成分分析结果(ppm)

表 10

pH	SiO_2	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{2+}	K^+	Na^+	HCO_3^-	Cl^-
5.4	0.28	4.78	4.49	0.82	11.62	34.12	35.53	14.12

了大量微裂隙, 加之脉旁围岩云英岩化, 使岩石有效孔隙度增高, 为成矿提供了有利的空间。

4. 白钨矿主要形成于中偏低温阶段、成矿流体由中性向弱碱性演化的条件下, 成矿时随着温度

降低, 白钨矿稳定的硫、氧逸度值明显降低, 而与硫化物共存的范围则相应增大。

野外工作期间得到了西华山钨矿王泽华副总工程师和熊以谦等同志热情支持, 特此致谢。

[1] 郭文魁: 矿床地质, 1983, 第2卷, 第2期

Mineralization Features and Ore-forming Conditions of Scheelite in the Xihuashan W-deposit

Li Peilan Yu Xingzhen

Scheelite in this district is the mineralization product at the early reworked period. Its mineralization intensity is in positive correlation with the wolframite with a mineralization scope larger than that of the wolframite. The formation temperature is below the range of $266-180^\circ\text{C}$ and the mineralization fluid has a pH value of 5.3—7.6. Its $\log f_{\text{O}_2}$ and $\log f_{\text{S}_2}$ at 400K, 500K and 600K are also listed in the paper.