

淄川—博山地区伊利石化高岭石粘土岩 地质特征及其应用

郭宝奎¹, 曹丽丽¹, 杨学作¹, 王秀元¹, 张英勇²

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队, 山东 济南 250100)

摘要: 论述了淄川—博山一带的伊利石化高岭石粘土岩的区域地质概况及成矿地质条件, 按自然分布结合地质情况, 划分为3个成矿带, 叙述了各成矿带分布及含矿层特征。以南坡矿区为例, 详细论述了矿层赋存特征, 矿体的规模、厚度及其质量, 研究了矿石类型、化学成分及主要物理性能指标, 类比研究了加工技术性能, 经简单水洗即可达到较为理想的选矿指标, 具有高效、低成本优势; 结合有关研究, 认为该类粘土岩是在较高温度条件下由高岭石粘土岩加钾水化转变而成。山东省该类矿床总体勘查程度低, 具有较好的找矿潜力, 但优质粘土资源找矿难度大。

关键词: 伊利石化高岭石粘土岩; 地质特征; 应用; 找矿方向; 山东淄博

中图分类号: P588.22

文献标识码: A

山东省各类普通陶瓷用粘土种类繁多, 资源量巨大, 含矿层位主要为石炭—二叠系, 但矿石质量变化大, 含铁、钛较高。由于其质量较差, 制约了在高档陶瓷中的应用。而优质高岭土仅分布于新汶煤田、肥城煤田、淄博煤田, 作为煤层夹研出现(如新汶煤田11煤层和淄博煤田7煤层), 矿体呈薄层状, 一般仅厚十几到几十厘米, 产状与煤层一致, 厚度较稳定, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 一般小于1%, 质量较好, 但资源量较小, 难以满足工业需求^[1]。山东省高级陶瓷用粘土矿地质调查在淄川—博山一带发现, 10煤层底部赋存有伊利石化高岭石粘土岩, 其分布面积大, 层位较稳定, 质量较好, 具有一定的开发利用价值。

1 区域地质概况

该区大地构造位置属于鲁西地块泰山—沂山隆起邹平—周村凹陷盆地, 区内主要发育古生代及中生代地层, 为一套滨、浅海相至河、湖相沉积建造, 呈角度不整合覆盖于泰山岩群基底之上。区内褶皱构造为淄博向斜, 控制了区内地层的总体分布。断裂以脆性断裂为主, 走向分别为NE向、NW向、EW向及SN向, 其相互切割, 破坏了地层的连续性, 其中

以SN向的周村—博山断裂对地层的影响尤为明显, 断裂以东, 地层一般倾向NW; 断裂以西, 地层倾向一般为NE。地层倾角均较平缓, 一般为 $10^\circ \sim 20^\circ$ ^[2]。

石炭—二叠纪月门沟群太原组为一套以灰色砂质页岩、粉砂岩、长石石英砂岩夹多层中厚层灰岩及煤层的岩石组合, 含陶瓷用高岭石粘土岩, 为赋矿层位。厚度一般160~180 m, 呈带状出露于南部及北部冲沟内, 区内大部分为第四系覆盖。该地层分布受淄博向斜控制, 呈不对称形态分布于向斜两翼, 东翼地层走向NE, 倾向NW; 西翼地层走向NWW, 倾向NNE。由于受到近SN走向的周村—博山断裂的影响, 地层分布不连续。

2 含矿带特征

区内赋矿地层为石炭—二叠纪月门沟群太原组, 伊利石化高岭石粘土岩分布在10煤层顶底板附近, 其直接顶板一般为砂质页岩, 顶板为长石砂岩。以周村—博山断裂为分界, 该区形成东西2个大的含矿地段, 东含矿地段南部受到各次级断裂影响, 将含矿带错断, 故将该区划分为罗村—龙泉、西河和磁村—南

* 收稿日期: 2011-08-29; 修订日期: 2012-03-07; 编辑: 程光锁

作者简介: 郭宝奎(1967—), 男, 山东临朐人, 高级工程师, 主要从事地质勘查工作; E-mail: gbk0718@163.com。

坡等 3 个含矿带(图 1)。呈不连续带状分布,各含矿带内高岭石粘土岩矿体形态多呈透镜状和似层状分布,赋存矿体数量基本一致,共有 2 层,矿层产状与地层产状基本一致,厚度及质量变化不大。

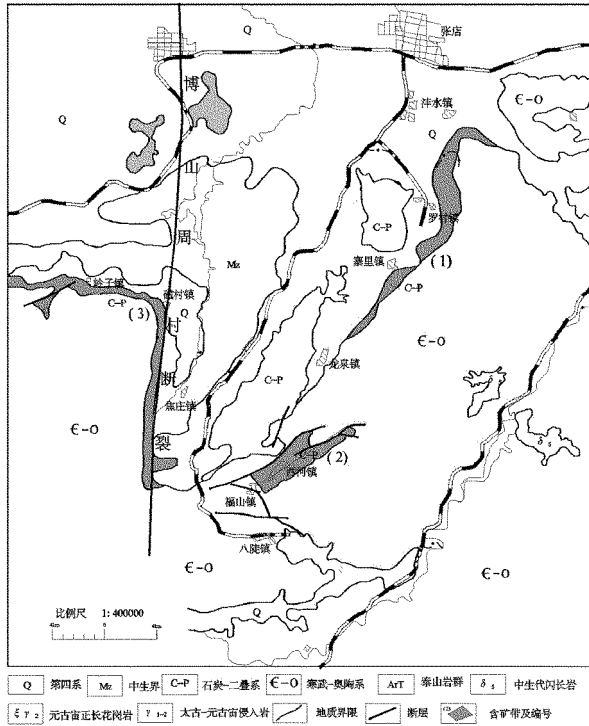


图 1 伊利石化高岭石粘土矿分布略图

(1)罗村-龙泉含矿带:分布于周村-博山断裂以东,呈 NE 方向沿淄川罗村-寨里-龙泉一带分布,主要分布在罗村及寨里等地。矿带延长约 13 km,总体产状 $300^{\circ}\sim 310^{\circ}\angle 9^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。伊利石化高岭石粘土分布在太原组底部,共分布 2 层粘土,两者间隔厚度一般为 10~30 m,下部粘土层厚 2.5 m,上部粘土层厚 1.8~2.0 m。矿石自然类型一致,均呈灰-灰褐色,泥质结构,块状构造。含有较多植物化石,风化后呈粉状,有轻微砂感。其顶板岩性一般为灰黄色砂质页岩,底部多为厚度 20~30 cm 的煤线;底板岩性一般为中厚层长石砂岩。总体看,矿石质量除部分样品中 $Fe_2O_3 + TiO_2$ 含量较高外, Fe_2O_3 含量较低,多为 0.6%~1.5%,且 TiO_2 含量适中,一般为 0.63%~1.42%(表 1),矿石可塑性中等,质量较好。

(2)西河含矿带:分布于周村-博山断裂以东,呈 NE 方向沿八陡-西河一带分布,主要分布于西河一带。矿带延长约 8 km,总体产状 $320^{\circ}\angle 14^{\circ}$ 。伊利石化高岭石粘土分布在太原组底部,共分布 2 层粘

土,下部粘土层厚约 2.0 m,上部粘土层厚约 1.5~2.0 m。矿石自然类型一致,均呈灰-灰褐色,泥质结构,块状构造。含有较多植物化石,风化后呈粉状,有轻微砂感。其中第二层粘土中,含有黄铁矿结核及星点状分布的黄铁矿晶体,故矿石含铁量较高。其顶板岩性一般为灰黄色砂质页岩,底板岩性一般为中厚层长石砂岩。矿石质量与罗村-龙泉含矿带相比, Fe_2O_3 含量略低,一般为 0.70%~1.75%, TiO_2 含量 0.88%~1.13%,(表 1),矿石可塑性中等,矿石质量较好。

表 1 含矿带矿石主要化学组分含量(%)

含矿带名称	化学组分含量(%)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	LOI
罗村-龙泉	45.94~71.34	18.77~38.59	0.60~2.35	0.63~1.42	5.92~14.02
西河	61.00~71.42	18.93~24.00	0.70~1.75	0.88~1.13	4.90~8.00
磁村-南坡	46.10~70.87	18.95~29.18	0.68~1.71	0.70~1.24	4.28~9.99

(3)磁村-南坡含矿带:分布于周村-博山断裂以西,沿焦庄-磁村-岭子一带分布,主要分布在岭子-磁村等地。矿带延长约 15 km,总体产状 $5^{\circ}\angle 15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。伊利石化高岭石粘土分布在太原组底部,共分布 2 层粘土,下部粘土层厚 1.40~3.50 m,上部粘土层厚 0.92~2.09 m。矿石自然类型一致,均呈灰-灰褐色,泥质结构,块状构造。含有较多植物化石,风化后呈粉状,有轻微砂感。其顶板岩性一般为灰黄色砂质页岩,底板岩性一般为中厚层长石砂岩。矿石质量中 Fe_2O_3 含量较低,为 0.68%~1.71%, TiO_2 含量 0.70%~1.24%(表 1),矿石可塑性中等,矿石质量较好。

3 典型矿床特征——以南坡矿区为例

3.1 矿床规模及分布

矿区位于淄博市淄川区岭子镇南坡村,面积 2.40km²。区内地层简单,主要为奥陶纪马家沟组八陡段、石炭纪月门沟群本溪组、石炭-二叠纪月门沟群太原组及第四系,其中太原组为赋矿层位。地层呈单斜产出,总体产状 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\angle 12^{\circ}\sim 28^{\circ}$,未见断裂构造,地表未见岩浆岩出露,但在钻孔施工中,揭露有细粒闪长岩及花岗细晶岩等呈岩床状沿砂质页岩及煤层等软弱层顺层侵入,对煤层的煤质、稳定性及连续性有一定破坏,但对粘土基本无影响。

区内矿床呈似层状及透镜状产出,沿走向长 1400 m,倾向最大延伸 485 m,最大控制厚度

3.50 m, 赋存标高 100~130 m。划分矿层 2 个, 编号为 KC01, KC02, KC0I 分布于下部, 矿层结构简单, 局部含一透镜状夹层, 厚度变化为 1.50~3.50 m, 平均为 2.21 m; KC02 分布于矿床上部, 结构简单, 无夹层, 厚度变化为 0.92~1.50 m, 平均为 1.20 m。

3.2 矿石自然类型及矿物成分

矿石主要自然类型为高岭石粘土, 次为砂质伊利石粘土, 分布局限。

(1) 高岭石粘土: 褐灰及紫灰色, 腊状光泽, 具滑感, 贝壳状断口, 质地致密, 碎块具棱角形, 含褐色及黑色植物根茎化石, 多见有星点状及球状黄铁矿。矿石具致密块状构造, 碎屑结构。碎屑一般由片状高岭石及石英、长石、黄铁矿等组成, 形态为次圆状和不规则状。基质为片状高岭石、伊利石等组成, 见有不均匀的重结晶现象。

(2) 砂质伊利石粘土: 呈灰绿色, 易风化, 风化后呈土状, 颜色呈灰黄色, 碎屑结构, 块状及层状构造。矿石手触有粗糙感, 切面不平整, 断口粗糙。含少量植物根茎化石碎片, 敲击易碎, 呈薄碎片状。碎屑一般由伊利石和石英等组成, 基质与碎屑相似, 但重结晶作用不明显。

根据 X 衍射分析, 在矿石主要矿物成分中, 粘土类矿物主要为高岭石、伊利石及少量蒙脱石, 一般呈集体出现, 很少单晶颗粒, 含量 30%~40%。非粘土类矿物主要为石英、长石和黄铁矿、金红石等, 其中黄铁矿多呈细小的颗粒状呈星点状分布, 少量形成粒径 2~3 cm 结核。

3.3 矿石的化学成分

两种矿石自然类型的化学成分基本一致, 无明显差异, 主要有益成分为 SiO_2 , Al_2O_3 ; 有害杂质为 Fe_2O_3 , TiO_2 。根据有益、有害组分质量变化, 划分为 2 个品级: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 \leq 1.60\%$ 为 I 级品, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 \leq 2.2\%$ 为 II 级品; I 级品占资源量的 76.72%。矿区平均组分含量为 Al_2O_3 22.42%, SiO_2 65.96%, Fe_2O_3 0.87%, TiO_2 0.88%, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 1.75%, LOI 6.91%。 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 平均为 0.34, 比值偏低, 说明矿石中粘土矿物含量较低(表 2)。 Al_2O_3 : 主要分布于伊利石、高岭石和蒙脱石等粘土矿物中, 含量为 17.44%~36.18%, 变化系数为 17.17%。

表 2 矿石主要化学成分(%)

品级	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	LOI
I	65.63	23.46	0.62	0.81	1.44	7.77
II	66.15	21.96	0.97	0.92	1.89	6.54
I+II	65.96	22.42	0.87	0.88	1.75	6.91

Fe_2O_3 : 主要分布在黄铁矿、钛铁矿等金属矿物中, 含量为 0.60%~1.50%, 变化系数为 31.11%。

TiO_2 : 主要分布在钛铁矿等矿物中, 含量为 0.64%~1.12%, 变化系数为 16.07%。

SiO_2 : 主要分布在石英及粘土矿物中, 含量为 47.19%~74.12%, 变化系数为 8.35%。

Al_2O_3 与 SiO_2 , SiO_2 与 LOI 均有显著的副相关性, 而 Al_2O_3 与 LOI 具有显著的正相关性(表 3)。

表 3 主要元素相关性分析

相关元素	$\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 - \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2 - \text{LOI}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$
相关系数	-0.99	-0.08	0.01	-0.91	-0.03
相关元素	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{LOI}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{LOI}$	$\text{TiO}_2 - \text{LOI}$
相关系数	-0.01	0.95	-0.10	-0.21	0.07

矿石质量沿走向一般较稳定, 而沿倾向一般自地表往深部, 有害组分有增高趋势, 可见后期的风化作用可以将矿石中的有害组分淋滤。

3.4 矿石的主要物理性能指标

矿石的粒度特征: 通过对矿石的矿物粒度测定, 粒度以 -0.2~+0.074 mm 为主, 占粒级总数的 50%; 从分析结果看, SiO_2 , Fe_2O_3 在 -3~+0.2 mm 粒级中含量较高, 而 Al_2O_3 含量较低, 该粒级中石英、黄铁矿等矿物含量高, 粘土矿物含量较低。

矿石的可塑性: 矿石的可塑性指数为 9.8, 属中等可塑性。影响矿石可塑性的主要因素为矿石中非粘土矿物石英含量较高。

矿石的白度: 经测定, 矿石自然白度为 39.99%, 烧成白度为 42.37%, 烧成白度较自然, 白度略有提高, 主要是矿石中有机质的挥发。但矿石白度总体较低, 主要原因是铁质含量较高, 煅烧后虽然有机质挥发, 但黄铁矿转化为赤铁矿, 使矿石呈粉红色, 对矿石的白度影响较大。

3.5 矿石的工艺性能及其应用

该类矿床矿层厚度适中, 埋深不大, 易开采, 且矿石硬度小, 质量较稳定, 交通方便。矿石质量较好, 粒度细, 有害杂质含量不高, 且常以颗粒状的黄

铁矿、金红石及锐钛矿等形式存在,易于选矿分离,通过简单的水选可以达到使有益组分提高,有害组分降低的目的,操作简单,成本低。参考贵州煤系地层中的高岭石粘土岩矿床选矿实验结果,经简单水选,一般可使原矿种的有益组分 SiO_2 、 Al_2O_3 含量各提高 1%~2%,同时对比 16 目筛和 200 目筛,两种筛型选矿的效果相似,高铁含量的原矿,通过 16 目筛水选, Fe_2O_3 的含量可降到 2%~3%;一般原矿通过 200 目筛水选, Fe_2O_3 的含量可降到 1%~2%。因此原矿如果采用 200 目水选,可达到降铁的目的(表 4)^[3]。目前该区高岭石粘土已广泛应用于陶瓷工业。生产实践表明,使用该类原料具有工艺配方简单、干燥收缩率及烧成收缩率小、烧成温度范围广、干燥强度高、成品质量好的特点。另外该类矿石质量优者,可用于橡胶填料及其他填料中,具有较广泛的用途,宜进一步加大开发力度。

表 4 高岭石粘土岩水选结果

样品 编号	试样 类型	分析结果(%)				
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	LOI
H101-2	原矿样	42.44	5.42	29.27	0.98	17.57
	水选样	44.09	2.77	31.41	0.94	15.68
H101-3	原矿样	42.03	6.00	30.50	0.94	16.50
	水选样	44.21	3.05	32.28	0.98	15.32
H91-1	原矿样	32.07	9.19	23.28	0.94	31.28
	水选样	43.36	2.45	34.32	1.11	15.85
	筛余样	19.52	39.35	6.23	0.33	33.53
H132-1	原矿样	44.65	3.39	33.55	1.06	13.89
	水选样	45.48	1.78	34.44	1.12	13.23
	筛余样	12.88	51.78	4.16	0.14	30.42
H132-2	原矿样	46.64	3.48	30.51	1.14	13.75
	水选样	48.04	1.96	31.95	1.10	12.78
	筛余样	37.44	29.27	3.94	0.35	28.78
H191-2	原矿样	42.73	2.91	30.15	1.24	19.68
	水选样	43.26	1.99	30.85	1.21	18.27
	筛余样	18.66	29.43	11.12	0.55	34.28

注: H101-2, H101-3 采用 16 目水选,其余均采用 200 目水选。

4 矿床成因

我国北方石炭-二叠纪煤系地层中的高岭石粘土岩的物源是成煤盆地周围的古老地层中的各种变

质岩、岩浆岩、古火山岩和部分沉积碎屑岩经风化、搬运、沉积和成岩作用下形成的^[4]。该区高岭石粘土岩中含有大量的伊利石,在偏光镜下及 X 射线衍射图谱中都有显示。伊利石斑晶的存在说明该类粘土岩曾发生过明显的后生变化。据 Althans(1966) 的实验研究,在 390℃ 中性环境下,若有钾离子存在及水的参与,高岭石和石英可反应形成伊利石:高岭石 + K^+ + SiO_2 + H_2O → 伊利石。因此认为区内该类粘土岩是在较高温度条件下由高岭石粘土岩加钾水化转变而成^[5]。

5 结论

淄川-博山一带的伊利石化高岭石粘土岩多分布于二叠纪太原组下部,与煤系紧密共生,具有层位稳定,呈带分布的特点^[6]。各矿带中多见 2 层工业矿体,厚度一般在 2 m 左右,矿石质量稳定,可塑性中等,通过简单的水洗加工,可有效提高有益组分含量,降低有害杂质,具有较好的应用前景。

目前山东省该类矿床勘查程度普遍较低,基本没有进行过较为系统的地质工作,因此找矿潜力较大。但因成矿地质条件制约,矿石质量变化较大,因此优质粘土矿找矿难有大的突破,山东省作为陶瓷生产大省,优质粘土资源为其紧缺矿种,有待进一步加大找矿投入及找矿力度。另外除淄博盆地外,在肥城盆地、新泰盆地、枣陶盆地中具有相似的成矿地质条件,具有一定的找矿潜力。

参考文献:

- [1] 张天祯,石玉臣,王鹤立,等. 山东非金属矿地质[M]. 济南:山东科学技术出版社,1998:244-249.
- [2] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006:781-785.
- [3] 陈锦海. 鄂西地区下二叠统底部含煤建造中的硬质高岭土[J]. 建材地质,1990,(4):2-7.
- [4] 郑直,吕达人,史路,等. 我国北方煤系地层中高岭石粘土岩的岩石矿物学特征、形成条件及其经济意义[J]. 中国科学院院报,1986,(14):47-56.
- [5] 余继峰,韩作振,王秀英. 淄博煤田煤系共生高岭石粘土岩地质特征[J]. 中国矿业大学学报,2000,(5):546-549.
- [6] 夏峥. 中国北方石炭-二叠纪高岭石粘土岩的岩石矿物特征[J]. 岩石学报,1985,(1):71-78.

Geological Characteristics and Application of Illitization of Kaolinite Clay in Zichuan – Boshan Area

GUO Baokui¹, CAO Lili¹, YANG Xuezu¹, WANG Xiuyuan¹, ZHANG Yingyong²

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Provincial Brigade of Geological Exploration Center of China Building Materials Industry, Shandong Jinan 250100, China)

Abstract: Regional geological condition and mineralization of illitization of kaolinite clay rocks in Zichuan – Boshan area have been introduced in this paper. According to natural distribution, and combining with geological conditions, this area can be divided into three metallogenic belts. Characteristics of metallogenic belt distribution and ore – bearing layers have been studied. Setting southern slope of the mining area as an example, occurrence characteristics, size, thickness and quality of ore bodies have been introduced in detail, types, chemical composition and physical performance indicators of ore have been studied, and processing technology has been determined as election by simple water. It can achieve good beneficiation indicators with high efficiency and low cost. It is regarded that clay rocks in this area is change by the potassium increase hydration of kaolinite clay rock at a high temperature condition. Exploration level of this kind of deposit in Shandong province is low. It has a good prospecting potentiality, but it is very difficult to explore clay resources with high quality.

Key words: Illitization of kaolinite clay rocks; geological characteristics; applications; prospecting direction; Zibo in Shandong province