维普资讯 http://www.cqvip.com

山东淄博铝土矿地质特征及成矿作用

王翠芝[1,2],肖荣阁[1,2],贾琇明[1,3],周红春[1,2],刘 军[1,2]
(1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083;2. 中国地质大学岩石圈构造,深部过程及探测技术教育部重点实验室,北京 100085;3. 太原理工大学,太原 030024)

[摘 要]山东淄博铝土矿,是一水硬铝石型沉积铝土矿。它在本区有两个层位,一个是中石炭世的浅海和滨海相地层,另一个是早二叠世的陆相湖沼沼沉积地层。通过分析该区铝土矿地质特征,探讨了本区的铝土矿的成矿作用,认为该区铝土矿经过红土风化成壳、密度流搬运沉积、矿质定位成矿、后生蚀变改造和表生氧化富集等五个成矿阶段。

[关键词]铝土矿 地质特征 成矿作用 成矿阶段
[中图分类号]P618·45 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2005)02-0034-04

山东淄博地区建国以来,已发现铝土矿床(点)20余处,总储量已达5700万吨。大部分铝土矿都是50、60年代为铝业生产而勘探的,没有注重成矿理论研究。近几年来,随着山东铝业的发展,开拓有前景的铝土矿基地则是当务之机。本文旨在通过本区的铝土矿地质特征研究,探讨本区铝土矿的成矿作用,以期能对在本区寻找铝土矿有所启示。

1 区域地质概况

本区位于中朝古陆的鲁西地块北缘[8,9],为一南端封闭高耸,东西两翼迭宕起伏,中部低陷并向东北倾斜的簸箕状盆地。出露的地层有太古宙变质岩系,古生界海相碳酸岩沉积地层,中生界陆相沉积地层及新生界陆相沉积物。区内构造较发育。褶皱有轴向NE的湖田向斜、金岭窟窿、洪山向斜、十里铺背斜等;断裂主要有三组:NE向的淄河断裂、玉皇山断裂,NW向的北韩村断裂、炒米店断裂,SN向的文祖断裂、姚家峪断裂等。区内岩浆岩主要为燕山期的闪长岩类侵入体,另有煌斑岩、辉绿岩、闪长玢岩岩脉及新生代的玄武岩。

本区的铝土矿有中石炭世的"G"层铝土矿和早二叠世的"A"层铝土矿。1934年日本地质学者板本俊雄把我国烟台矿区的铝土矿和耐火粘土矿,自上而下划分为A、B、C、D、E、F、G等七层[7],本文中的矿层层位均与之对应。

2 矿床地质特征

2.1 铝土矿的分布

本区"G"层铝土矿主要分布在淄博盆地内部,呈NE向展布,出露连续性好,仅被NW的断裂分隔错位,以北韩村断裂和炒米店断裂可将本区"G"层铝土矿划分为南、中、北3个铝土矿带。南矿带主要有邹家庄、河东庄矿床;中矿带主要有沣水、田庄矿床;北矿带主要有湖田、北焦宋、金岭矿床等。本区"A"层铝土矿主要分布在淄博盆地的南、西边缘,矿体出露连续性差,南边的有大奎山、万山矿床,西边的有王村、冲山矿床,北部唐庄有零星矿体分布(图1)。

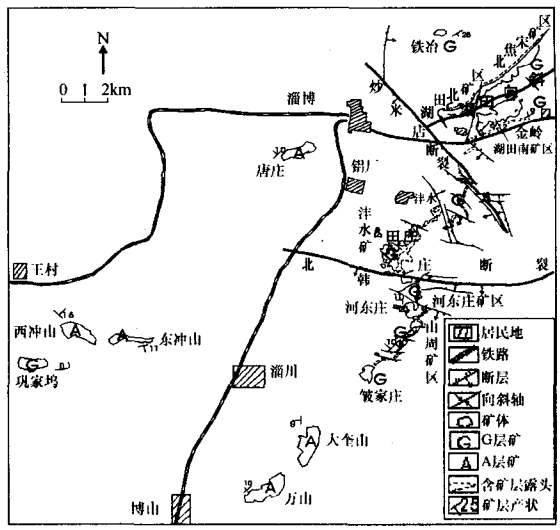

图1 山东淄博铝土矿矿体分布平面图

2.2 含矿岩系

"G"层铝土矿产于石炭系中统本溪组底部,属

[收稿日期]2005-05-17;[修订日期]2005-07-06;[责任编辑]曲丽莉。
[第一作者简介]王翠芝(1965年-),女,1986年毕业于武汉地质学院,获学士学位,在读博士生,高级工程师,现主要从事矿床地质研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

浅海和滨海相沉积铝土矿。含矿岩系位于奥陶系灰岩侵蚀面上,自下而上分为:下部矿层底板,由铁质页岩、粘土岩组成,厚4~7m;中部致密块状或鲕状铝土矿,厚1~7m;上部矿层顶板,由粘土岩及碳质页岩煤层组成,厚2~5m。

"A"层铝土矿位于二叠系上统南定组万山亚组第一段上部,系陆相湖沼沉积铝土矿。该含矿岩系自下而上分为:下部为矿层底板,由铝土岩、半软质粘土岩组成,厚0~2m;中部是铝土矿,一般1~2m;上部为矿层顶板,由铝土岩、高铁硬质粘土岩组成,厚4~10m。

2.3 矿体的形态、产状及其与围岩的关系

"G"层铝土矿矿体和产状受中奥陶系碳酸盐岩基底岩性及地形形态的影响较大,矿体多为透镜状,不规则的囊状、漏斗状;在地形平坦的地区,可形成较规则的饼状、层状、似层状的矿体。这类矿体的产状,剖面上顶板一般比较平整,界线也较清楚,底板则起伏变化大,界面也不清楚,常和下部的粘土岩呈递变关系。"A"层铝土矿一般为层状、似层状。

受构造影响,本区"G"层铝土矿矿体的形态和产状发生改变较大。轴部位于湖田一带,轴向北东东—南西西,并向北东东倾斜的平缓的不对称湖田向斜(南翼缓8°~12°,北翼陡20°~40°)及其次级褶皱使本区"G"层铝土矿形态和产状发生相应改变。多数矿区位于缓倾向斜的两翼及仰起端。区内断裂发育,不仅"G"层铝土矿各矿带是以大的断裂为界,而且在各个矿带、矿区内亦有密集成群出现的小型断裂构造影响了矿体延伸的连续性,给矿体的开采带来的一定困难[6]。"A"层铝土矿由于大部分出露南、西边缘地带,受湖田向斜影响较小,多表现为原始沉积时受当时地形影响的单斜构造,但是在北部局部分布的唐庄矿床因距湖田向斜较近,形态及产状受到影响。

工业矿体是根据品位划定的(Al_2O_3 >40%,Al_2O_3/SiO_2 边界品位为2.1、工业品位为2.6),因而铝土矿与围岩之间没有明显的界线,往往呈过渡关系。矿体一般为一、二层,个别三层,矿层沿走向几百米到千余米,矿层向深部延深几十米至几百米,常呈锯齿状尖灭。矿层厚度一般1~3m。矿体夹层呈单层状产出,内部结构简单,主要有粘土矿及其级外品和少量粘土岩及铁质组成。

2.4 矿石的物质成分

2.4.1 *矿石的矿物成分*

主要矿物为一水硬铝石、高岭石,次要矿物有勃姆石、水云母、黄铁矿、褐铁矿,此外还有微量金红石、锆石、绿帘石、重晶石、伊利石、叶腊石、锐钛矿、板钛矿等。另外,"G"层矿中普遍有鲕绿泥石,而"A"层矿中没有。一水硬铝石含量约为50%~75%。

2.4.2 *矿石的化学成分*

矿石中主要化学成分为 Al_2O_3(43.16%~61.72%)、SiO_2(13.37%~18.63%)、Fe_2O_3(4.00%~31.48%)、CaO(0%~13.85%)、TiO_2(1.15%~2.6%)、烧失量(12%~14.58%),另外还有S,其含量变化较大,从很低(无具体数值)到1.456%,Al/Si 2.95~3.98(表1)。从表1可知,各矿床中的主要化学成分基本相同,只是含量有一定差异。经分析对比可知,"G"层铝土矿的品位是南部矿带高于北部矿带,S的含量是南矿带低于北部矿带;"A"层矿品位变化不大,且普遍富铁低硫(与"G"层矿相比)。就单个矿体而言,矿体中部,矿石质量较好,杂质少;矿体的边部和产状不稳定的部位,矿层厚度小,矿石质量较差,杂质含量高;矿层由地表向深部 Al_2O_3 含量有逐渐降低的趋势,而S由地表向深部有逐渐增高的趋势;Al_2O_3 与 TiO_2 为正相关。

将本区的铝土矿化学成分与我国一水硬铝石铝土矿的平均品位 Al_2O_3 64.70%、SiO_2 11.48%、Fe_2O_3 4.8%、A/S 5.64中~低品位的铝土矿[6]相比,本区一水硬铝石矿属于高铁、高硅、低铝硅比、高硫低品位矿石,尤其是北部矿石S含量最高。但因其规模大、出露好、矿石利用工艺先进(山东铝厂可使用Al/Si为3~4贫矿石;张店铝厂可处理含硫1%的高硫铝土矿)、交通方便,仍具有良好的利用开发前景。

2.5 矿石的组构

按矿物结晶特征,矿石结构分为他形粒状结构、自形或半自形晶粒结构、泥晶或隐晶质结构、亮晶结构等。矿石构造类型有块状、层状、砂状、蜂窝状、豆鲕状、碎屑状等。

2.6 矿石的类型

2.6.1 *矿石的自然类型*

豆鲕状矿石:主要由晶粒状、泥晶状的一水硬铝石组成,次要矿物为高岭石、水云母、勃姆石、黄铁矿等。鲕粒多呈浑圆状、扁圆状,呈半定向-定向分布,粒径一般为0.4~2mm,同心层发育,一般2~3层。填隙物为泥晶水铝石、晶粒状水铝石、鳞片状粘土矿物。该类矿石质量中等,多分布于矿体的下、上部。该类矿石约占矿石总量的40%~50%。

碎屑状矿石:该类矿石一般分布在矿体底部。碎屑成分主要为铝土矿、少量硬质粘土矿,胶结物为一水硬铝石、粘土矿物(高岭石)及铁质等。该类矿石质量中等,约占矿石总量的25%~35%。

维普资讯 http://www.cqvip.com

致密块状矿石：矿石主要由粒度极小 (0.005mm)的一水硬铝石和少量高岭石、水云母、

表 1 山东淄博铝土矿化学组分一览表 ω_B/%

序号	矿区	Al_2O_3	SiO_2	Al/Si	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	烧失	S	层位、分布
1	北焦宋	53.16	13.37	3.98	13.08	2.55	2.11	12	0.899	G(北带)
2	湖田北部	55.42	15.11	3.68	10.00	1.00	1.15	14	<0.1	G(北带)
3	湖田南部	54.34	14.77	3.68	10.00	0.65	1.75	14	1.456	G(北带)
4	铁冶	53.92	15.20	3.55					1.2	G(北带)
5	金岭	54.51	16.83	3.24	7.39					G(北带)
6	田庄	60.56	15.22	3.98	9.19	0.40	2.43	14.58	<0.1	G(中带)
7	河东庄	60.56	15.11	3.98	10.5	0.20	2.25	13.50	<0.5	G(南带)
8	山周庄	56.20	15.23	3.69						G(南带)
9	皱家庄	58.55	16.00	3.66	11.00	0.40	2.25	14.00	<0.1	G(南带)
10	巩家坞	61.72	16.24	3.80	3.50	0.16	2.25	14.10	<0.05	G(西部)
11	冲山	58.47	15.31	3.82	7.85	0.50	1.50	13.50	<0.1	A(西部)
12	东冲山	54.97	18.63	2.95		0.004	2.60		很低	A(西部)
13	西冲山	55.00	14.00	3.93	4.00	13.85			<0.05	A(西部)
14	唐庄	54.49	18.13	3.01	11.79			12.92	0.009	A(北部)
15	万山	56.18	18.18	3.09	31.48	0.25	1.94	13.00	<0.1	A(南部)
16	大奎山	54.90	15.69	3.50		0.004	2.60		很低	A(南部)

注：表中化学成分为重量含量，为各矿区的平均值，数据来源于冶金工业部山东地质勘查局一队，1996 年。

黄铁矿。一水硬铝石多呈不规则状的泥晶，粒径小于 0.01mm。这类矿石质地均一，其品位低，多分布于矿体的中、上部。该类矿石约占矿石总量的 20% ~25%。

砂状矿石：多出现于铝矿体的顶部，尤其是在露头矿或构造破碎带矿体中分布较多。主要矿物为一水硬铝石，多呈他形粒状或半自形集合体，粒径一般 0.1 ~1mm，被隐晶高岭石胶结，矿石风化面呈砂土状结构，属优质矿石。该类矿石约占矿石总量的 10% ~15%。

蜂窝状矿石：这类矿石主要分布在潜水面以上的淋滤带。属优质矿石。该类矿石约占矿石总量的 5% ~10%。

以上矿石类型之间没有明显分界，往往是呈过渡关系或以复合类型产出。

2.6.2 矿石的工业类型

区内铝土矿按矿物组成及化学成分特征，依全国矿产储量委员会(1986)的质量标准，可分为低铁型(Fe_2O_3 < 3%)、含铁型($Fe_2O_3$3% ~ 6%)、中铁型(Fe_2O_3 6% ~ 15%)；低硫型(S < 0.03%)、中硫型(S 0.3% ~0.8%)、高硫型(S >0.8%)等类型的铝土矿。

3 铝土矿的成矿作用

通过分析本区铝土矿地质特征，作者认为本区铝土矿由是红土风化 - 沉积而形成的，它的形成经历了多种成矿作用，可分五个成矿阶段。

第一阶段：红土风化成壳，即物源形成过程。自晚奥陶世加里东运动以后，本区上升为陆，至中石炭世海侵以前，遭受长期的风化作用[1]。据古地磁资料，当时本区处于北纬 20°以南，古气候炎热潮湿[2]，长期裸露于地表或位于地表附近的太古宙的富铝质变质岩系和奥陶系的碳酸盐岩石受到强烈的红土化作用，为“G”层铝土矿的形成奠定了物质基础。在华力西旋回，本区中石炭世均衡下降，由浅海相变成海陆交互相，二叠纪开始整体上升转为陆相沉积，早二叠世为本区重要成煤期[1]。由早二叠世的成煤环境，可以断定当时的古气候也是炎热潮湿，同样为“A”层铝土矿的形成提供了“红土化的”物源前提。据华北古陆钛率研究成果[4]，本区“G”层铝土矿钛率为 24.6，与山西、河南的“G”层铝土矿相近，物源与古陆变质岩关系密切[3,7,6]；本区“A”层铝土矿的钛率较高，为 39.7，显然其物源不同，除了区域上与古陆变质岩有关，必然还与近源的动荡变化的陆海交互环境有关。在红土化作用下，首先是岩石发生分解，雨水将易溶的碱金属、碱土金属及一部分硅从地下水活动带带出，Al_2O_3、Fe_2O_3 和 SiO_2 发生分离，SiO_2 溶于碱性溶液中被带走，Al_2O_3、Fe_2O_3 发生水化，形成高岭石、氢氧化物、铝胶体等“残留物”的堆积。

第二阶段：密度流运移沉积，即矿质运移沉积过程。华北陆块进入显生宙以来，在相当长的时间内表现为稳定地台(除加里东期外)，沉积了巨厚寒武系及早—中奥陶统碳酸盐盖层，以后全区隆升，广大区域为古大陆剥蚀区，直到中石炭世，遭受海侵，重新沉降并普遍发育平行整合。从二叠纪开始整体上升转为陆相沉积[1]。由此说明本区长期以来为准平原化的地形形态，河流下切作用微弱，河水流速极

维普资讯 http://www.cqvip.com

慢,已红土化的铝凝胶长期处于水过饱和状态,易于与碎屑、砂、泥和水等组成高密度流体。在搬动的过程中,由于重力分异的原因,较粗粒的碎屑一般在古陆边缘发生沉积,而胶体溶液则被携带到离古陆边缘稍远的水体内沉积。

第三阶段:矿质定位成矿,即矿石形成过程。主要表现在已形成的沉积物在本层中的重新分配组合,使之有序化。豆鲕粒的形成分两个阶段即早期胶团从沉积物中快速形成和晚期胶团在自催化反馈机制作用下的有序化,在有序化过程中胶团能形成时—空有序的自组织结构,即鲕粒同心层[5]。另外,经过在地表氧化环境长期红土化、缓慢搬动的富铝胶体的高密度流,富有充足的氧分,其中铁质均以高价的氧化物形式存在。当在古陆边缘水体中沉积下来,其所处环境就发生了质的变化,尤其是滞流海湾或泻湖,厌氧细菌分解有机质及孔隙水中的SO_4^{2-},释放H_2S,使介质变为碱性还原环境,从而原呈胶体形式的氧化铝变成泥晶水铝石,使沉积物中的高阶铁的氧化还原为低价铁的硫化物(黄铁矿)及菱铁矿。

第四阶段:后期蚀变改造,即矿石改造过程。当矿层埋藏于地下,上覆压力增大,使已固结成岩的铝土矿体积减小,产生大量裂隙,为深部地下水或排出的孔隙水打开通道,这时矿化较高的水沿矿层裂隙产生粗大的交代充填物。当这种水呈酸性并含SiO_2时,常交代水铝石而成为透明纯净有序度较好的后生高岭石;当孔隙水呈碱性并含K离子时,高岭石及其它粘土矿物转变为水云母。当压力、温度更大时,促使水铝石和高岭石重结晶,成为颗粒粗大的亮晶水铝石和高岭石。当有热液活动时,铝土矿还可能发生热液蚀变,如伊利石、叶腊石、锐钛矿、板钛矿等都是热液蚀变矿物。当然,这个过程对铝土矿不利,因高岭石、叶腊石等矿物的形成是加硅的作用,会降低铝土矿的品位。

第五阶段:表生氧化富集,即矿石变优过程。中生代的燕山运动是本区的一次重要构造运动,使本区含铝岩系和铝土矿主要保存于向斜构造之内。随着地表的风化剥蚀,铝土矿被暴露出来。在风化作用下,极易产生硫酸、有机酸等酸性水溶液,当这些酸性水溶液作用于矿石可使高岭石等粘土矿物脱硅形成三水铝石、水铝石,被溶解出来的SiO_2与$Fe(OH)_3$一起被淋失,而Al_2O_3凝胶由于其化学性质稳定,绝大部分被残留原地,结果矿石颜色变浅(多呈土黄色),结构变松[10](砂土状、蜂窝状),品位变优。一般来讲,向斜构造的翼部及仰起端、断裂构造带、低山区边部的丘陵地带及次生岩溶地区,有利于大气水的渗透和地下水的排泄,加速对矿体本身的淋滤,便于铝矿体的氧化富集。

[参考文献]

[1] 翟裕生,邓 军,汤中立,等.古陆边缘成矿系统[M].北京:地质出版社,2002,19~23.

[2] 陈 涛,王 欢,张祖青,等.粘土矿物对古气候指示作用浅析[J].岩石矿物学杂志,2003,22(4):416~419.

[3] 陈全树,何文平,周 迪,等.河南省洛阳——三门峡铝土矿地质特征及其勘查开发前景[J].地质找矿论丛,2002,17(4):252~256.

[4] 李启津,杨国高,侯正洪.铝土矿矿床理论研究中的几个问题[J].矿产与地质,1996,122~126.

[5] 王江海.某些矿物中同心层状鲕(豆)粒的自组织成因[J].矿物学报,1993,13(2):143~149.

[6] 山西省矿产储量委会.铝土矿地质勘探规范专题研究参考资料(下册)[M].1984,12.

[7] 河南省地质矿产局第二地质调查队.河南省铝土矿成矿规律及找矿方向研究报告[R],1985.

[8] 曹国权.山东地质构造单元划分之我见[A].山东地质学会成立三十周年学术报告会论文摘要汇编[C],1989.

[9] 曹国权.鲁西地质发展轮廓[A],山东地质学会成立三十周年学术报告会论文摘要汇编[C],1989.

[10] 翟东兴,刘国明,陈德杰,等.河南省陕—新铝土矿带矿床地质特征及其成矿规律[J].地质与勘探,2002,38(4),41~44.

GEOLOGICAL FEATURES AND MINERALIZATION OF ZIBO BAUXITE DEPOSITS IN SHANDONG PROVINCE

WANG Cui-zhi[1,2], XIAO Rong-ge[1,2], JIA Xiu-ming[1,3], ZHOU Hong-chun[1,2], Liu Jun[1,2]

(1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083;
2. *Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobing Technology, Ministry of Education, Beijing* 100083;
3. *Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan* 030024)

Abstract: Zibo bauxite deposits in Shandong province are a sedimentary diaspores deposits. Ore beds are located in two horizons of middle Carboniferous shallow and littoral facies strata and early Permian continental lacustrine and swamp facies strata. Based on analysis of geological features, bauxite mineralization of the deposit is discussed. It is proposed that the Zibo bauxite deposits underwent five stages of mineralization like laterization, transportation and sedimentation of density fluid, location and mineralization of ore-forming elements, epigenetic alteration and shallow oxidization and enrichment.

Key words: bauxite deposit, geological features, mineralization, stages of mineralization