

江西右水瓷土(瓷石)矿床地质特征及其开发利用价值分析

袁钟池, 郑兵华

江西省地质矿产勘查开发局赣南地质调查大队, 江西 赣州
Email: 2268248084@qq.com

收稿日期: 2021年2月2日; 录用日期: 2021年3月6日; 发布日期: 2021年3月23日

摘要

右水瓷土/瓷石矿床是该区域发现的矿石品质相对较好的细晶岩脉型瓷土(瓷石)矿床。本文通过阐述矿区地质、矿床地质、矿床成因、矿石加工技术性能及矿床开采技术条件, 认为该矿区瓷土/瓷石矿成瓷性能优良, 矿床露天开采技术条件较好, 具备一定的开发利用价值, 为今后同类型瓷土/瓷石矿床勘查与开发提供有益的参考与启示。

关键词

瓷土/瓷石矿床, 细晶岩脉, 矿床成因, 成瓷试验

Analysis of Geological Characteristics and Exploitation Value of Jiangxi Youshui China Clay (China Stone) Deposit

Zhongchi Yuan, Binghua Zheng

South Jiangxi Geological Party of Jiangxi Bureau of Exploration and Development & Geology and Mineral Resources, Ganzhou Jiangxi
Email: 2268248084@qq.com

Received: Feb. 2nd, 2021; accepted: Mar. 6th, 2021; published: Mar. 23rd, 2021

Abstract

Youshui China clay/China stone deposit is a good quality-China clay deposit. This article expounds

on mine geology, ore deposit geology and ore deposit genesis, ore processing technical performance and mining technical conditions, can think the Chengci performance of the China clay/China stone is fine, strip mining technical conditions of ore deposits is good, have a certain development and utilization value, for the future with China clay/China stone deposit exploration and development to provide the beneficial reference and enlightenment.

Keywords

China Clay/China Stone Deposit, Granulite Dike, Genesis of Mineral Deposit Chengci Test

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

该区 1997 年填制和出版了右水幅 1/5 万地质图及说明书。2017 年至 2018 年勘查单位对该矿区进行了普 - 详查评价, 估算了瓷土/瓷石资源量。

右水瓷土/瓷石矿床在 70 年代前后有过民采, 由于前人对矿区矿石品质及矿床资源量等调查不够, 其开发利用价值不明。本文根据矿区最新勘查成果, 以矿床地质特征、矿石加工技术性能和矿床开采技术条件为基础, 分析了矿床开发利用价值。

2. 矿区地质

矿区位于武夷山隆起带西坡南端, 石城 - 寻乌北北东向深断裂、云霄 - 上杭北西向构造带交接复合的部位[1] [2]。矿区地层岩性单一, 构造简单, 岩浆活动强烈(图 1)。

2.1. 地层

由老至新主要有晚元古界寻乌岩组、晚白垩系周田组和第四系联圩组。寻乌岩组主要分布于矿区东部一带, 主要岩石类型为片岩, 片麻岩和变粒岩。周田组分布于矿区东南角周田红盆地内, 分为三个岩相带, 即以细碎屑为主的泥岩相, 以中等碎屑为主的砂砾岩相和以粗碎屑为主的砾岩相。联圩组分布于矿区内各主要河流两岸和山涧溪流的两侧, 呈不规则带状。

2.2. 构造

矿区构造简单, 仅见少量的片理褶皱和断裂构造。片理褶皱偶见于寻乌岩组变质岩中。断裂构造见于高圳排与庙背花岗岩体接触带附近, 主要为北北西向断裂, 呈北西 - 南东斜贯全区, 区内细晶岩脉主要充填于此组断裂中, 这组断裂构造为矿区风化型瓷土矿物元素的富集提供了有利的构造条件。

2.3. 岩浆岩

岩浆活动频繁, 出露有燕山晚期的高圳排岩体及燕山早期的庙背岩体。

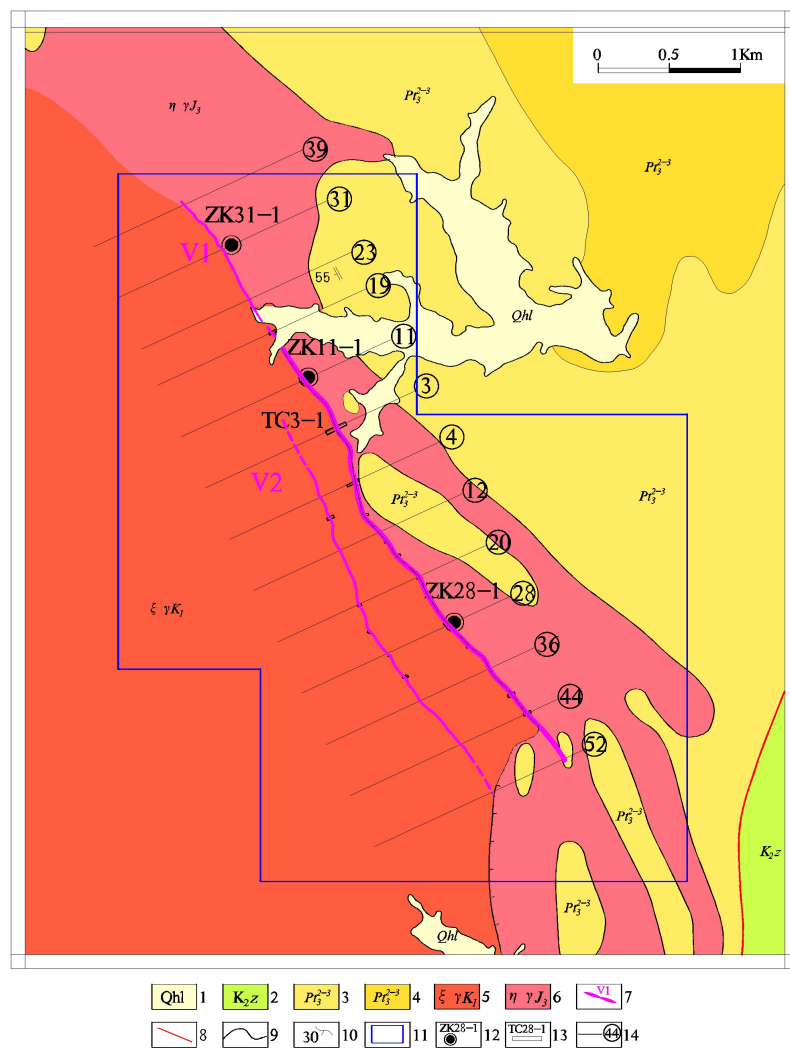
高圳排岩体: 广泛分布于矿区的南西部。为水头复式岩体的一部分, 岩性主要为细中粒斑状黑云母花岗岩、细(微)粒斑状黑云母花岗岩, 分布在水头岩体四周, 矿区内的高圳排岩体实属水头岩体的北东侧部分, 侵入于庙背岩体中, 接触面产状外倾, 倾角 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}$, 接触面见铁质析出物。在两个岩体的接触带附近发育了 2 条规模较大的北北西向断层(F1、F2), 断层中充填花岗岩细晶岩脉。岩体同位素年龄为 124

百万年(Rb-Sr)法), 时代归属早白垩世。

庙背岩体: 岩性主要为中细粒含电气石二云母花岗岩。分布在水头复式岩体的北东边缘, 岩体北东部明显侵入寻乌岩组的片岩中, 接触界线极不规则, 内部见大量片岩、变粒岩残留体和捕虏体, 内接触带发育宽窄不一的冷凝边, 接触面外倾, 倾角 40°~50°; 南西被水头岩体侵入。岩体同位素年龄为 151 百万年(K-Ar 法), 时代归属晚侏罗世。

2.4. 脉岩

矿区细晶岩脉较发育, 主要分布于矿区的中部, 总体走向北西向, 倾向北东, 倾角较陡。其中规模较大的有 2 条, 走向延长达 1.40 千米至 4.10 千米, 宽度约 6.87 米至 7.26 米。浅表因风化作用形成瓷土矿, 新鲜的细晶岩为瓷石。



1、联圩组; 2、周田组; 3、寻乌岩组: 变粒岩、片岩; 4、寻乌岩组: 片麻岩; 5、高圳排岩体: 细中粒斑状黑云母花岗岩、细(微)粒斑状黑云母花岗岩; 6、庙背岩体: 中细粒含电气石二云母花岗岩; 7、矿体及编号; 8、断裂; 9、地质界线; 10、片麻理产状; 11、矿区范围; 12、钻孔及编号; 13、槽探及编号; 14、勘探线及编号。

Figure 1. Geological sketch map of Youshui mining area

图 1. 右水矿区地质简图

3. 矿床地质

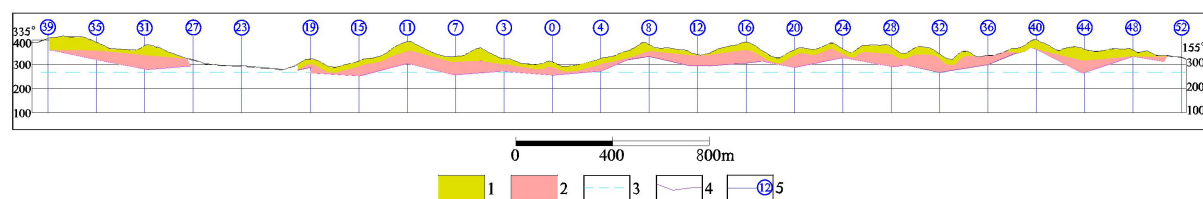
3.1. 矿体特征

瓷土矿是由细晶岩风化而成, 新鲜的细晶岩为瓷石矿[3] [4] [5]。瓷土矿往深部至瓷石矿往往具瓷土-瓷石混合矿层, 一般将其归入瓷石矿层。

矿区圈出 2 个瓷土/瓷石工业矿体, 矿体产出于高圳排与庙背花岗岩体接触带附近。瓷土矿分布于细晶岩风化壳内, 平面上呈脉状分布, 剖面上呈似层状随地形波浪起伏产出。瓷石呈简单脉状分布于瓷土矿层之下。矿体近平行产出, 间距约 420 米至 480 米, 矿体走向北西-南东, 倾向北东, 倾角较陡, 矿体沿走向、倾向略有舒缓波状变曲、膨大缩小的现象。矿体与围岩界线截然明显, 局部可见断层泥充填于矿体与围岩的界面上。

V1 瓷土矿体: 矿体连续性好, 矿体内部无夹层夹石, 分布较均匀。矿体走向长度 4100 米, 真厚度一般 2.07 米至 15.97 米, 平均 7.26 米, 变化系数 45.21%; Al_2O_3 品位在 13.10% 至 21.06% 之间, 平均 16.66%, 变化系数 10.78%。矿体浅表有浮土覆盖, 表土层厚度一般 0 米至 5.50 米, 平均 1.54 米。矿体主要分布在海拔+416 米至+267 m 之间, 矿体底板控制垂直埋深 0 米至 50.36 米, 平均埋深 21.45 米, 沿倾斜方向控制深度一般为 5.80 米至 55.12 米, 平均 23.48 米。

V1 瓷石矿体: 矿体连续性好, 矿体内部夹层夹石少, 分布较均匀。矿体走向长度 4200 米, 真厚度一般 1.73 米至 15.97 米, 平均 7.21 米, 变化系数 46.37%; Al_2O_3 品位在 12.26% 至 15.91% 之间, 平均 13.56%, 变化系数 5.41%。矿体主要分布在海拔+389 米至+251.33 m 之间, 沿倾斜方向控制深度一般为 22.30 米至 60.63 米, 平均 34.39 米(图 2)。



1、瓷土矿；2、瓷石矿；3、当地侵蚀基准面；4、露天开采底盘界线；5、勘探线及其编号。

Figure 2. Profile of V1 vein in youshui mining area

图 2. 右水矿区 V1 瓷土/瓷石矿体纵剖面图

V2 瓷土矿体: 工业矿体连续性较好, 内部无夹层夹石, 分布较均匀。矿体走向长度 1450 米, 真厚度一般 1.25 米至 16.90 米, 平均 6.87 米, 变化系数 58.75%; Al_2O_3 品位在 15.51% 至 19.14% 之间, 平均 16.72%, 变化系数 6.92%。矿体浅表有浮土覆盖, 表土层厚度一般 0 米至 4.50 米, 平均 1.43 米。矿体主要分布在海拔+455 米至+298 m 之间, 矿体底板控制垂直埋深 3.10 米至 39.54 米, 平均埋深 16.27 米, 沿倾斜方向控制深度一般为 3.74 米至 47.70 米, 平均 19.63 米。

V2 瓷石矿体: 工业矿体连续性好, 内部夹层夹石少, 分布较均匀。矿体走向长度 1450 米, 真厚度一般 2.25 米至 16.90 米, 平均 6.79 米, 变化系数 46.37%; Al_2O_3 品位在 12.26% 至 15.91% 之间, 平均 14.29%, 变化系数 5.41%。矿体主要分布在海拔+428 米至+294.51 m 之间, 沿倾斜方向控制深度一般为 7.10 米至 72.30 米, 平均 30.30 米(图 3)。

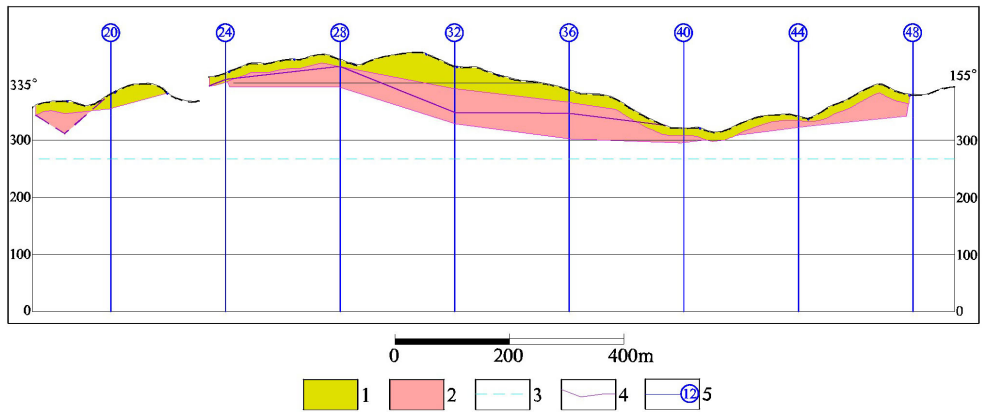
3.2. 矿石特征

3.2.1. 矿物成分

瓷土: 淡黄~灰白色, 全风化呈土状, 主要由粘土矿物和非粘土矿物组成。粘土矿物主要有高岭石、

云母、三水铝石和累托石等[6], 非粘土矿物主要有石英和长石等。主要矿物成分: 石英(33.02%)、高岭石(40.70%)、云母(21.08%)、长石(3.00%), 偶见三水铝石和累托石(图 4)。

瓷石: 灰白色, 呈致密块状, 自然白度 73.5 度~75.5 度, 主要由结晶矿物(60%)和长英质球粒(40%)组成。结晶矿物成分为石英(42.90%)、云母(29.90%)、长石(16.25%)、高岭石(10.90%)等(图 5)。



1、瓷土矿; 2、瓷石矿; 3、当地侵蚀基准面; 4、露天开采底盘界线; 5、勘探线及其编号。

Figure 3. Profile of V2 vein in youshui mining area

图 3. 右水矿区 V2 瓷土/瓷石矿体纵剖面图



Figure 4. Photo of highly weathered granulite

图 4. 强风化细晶岩(瓷土)照片



Figure 5. Photographs of fresh granulite

图 5. 新鲜细晶岩(瓷石)照片

3.2.2. 矿石化学成分

瓷土/瓷石主要有益组分为 Al_2O_3 , 主要有害组分为 Fe_2O_3 和 TiO_2 。矿区瓷土/瓷石原矿样品的化学成分结果(表 1)表明, SiO_2 含量偏高。瓷土 Al_2O_3 含量相对于普通砂质瓷土原矿较高、瓷石 Al_2O_3 含量接近普通砂质瓷土原矿。瓷土/瓷石在碱土金属含量上, $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量较低; 在碱金属含量上, Na_2O 含量较低, 而 K_2O 含量较高。瓷土原矿 Fe_2O_3 含量达到 0.87%, 瓷石原矿 Fe_2O_3 含量达到 0.65%, 同时含有少量的 TiO_2 和 MnO , 这些着色氧化物(有害组分)会直接导致成瓷后白度降低[7]。右水瓷土/瓷石原矿如采取有效的磁法除铁和漂白处理, 进行选矿加工, 可进一步提升其品质[8] [9] [10] [11] [12]。

Table 1. Table of chemical composition of China clay/China stone

表 1. 瓷土/瓷石矿化学成份含量表

| 矿石 | 组分含量(%) | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------|----------------|--------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|------------------------|----------------|------|
| | Al_2O_3 | SiO_2 | CaO | K_2O | TFe_2O_3 | Fe_2O_3 | FeO | MgO | MnO | Na_2O | P_2O_5 | TiO_2 | LOI |
| 瓷土 | 16.95 | 73.52 | 0.05 | 2.72 | 0.87 | 0.49 | 0.35 | 0.21 | 0.08 | 0.16 | 0.01 | 0.07 | 5.19 |
| 瓷石 | 14.1 | 75.83 | 0.32 | 3.42 | 0.65 | 0.28 | 0.34 | 0.14 | 0.07 | 2.35 | 0.02 | 0.05 | 1.13 |

3.2.3. 矿石物理性能

X 射线衍射分析: 瓷土原矿的矿物组成为石英、高岭石、白云母和非晶相。瓷石原矿的矿物组成为石英、高岭石、微斜长石、钠长石、白云母和非晶相。

形貌分析: 瓷土原矿的矿物形貌以较多叠片状和少量管状混合结构为主, 片的厚度相差不大, 边缘形状不规则, 高岭土矿物结构紧密, 边缘清晰, 风化裂隙明显。瓷石原矿的矿物形貌由大小不等颗粒组成, 其中有较多微小片状、叠片状混合结构, 但和瓷土相比较, 这样的混合结构较少。

粒度分析: 瓷土和瓷石原矿粒度主要分布于 0.2~2 μm 之间, 含量占比约为 73%~74%, 瓷土粒度平均值为 1.113 μm , 瓷石粒度平均值为 1.072 μm 。瓷土和瓷石主要由微细粒级颗粒组成。

差热/失重分析: 右水瓷土原矿在 500 $^{\circ}\text{C}$ ~580 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内产生一个小的吸热峰, 峰值温度为 547.7 $^{\circ}\text{C}$, 同时伴随有明显的失重现象产生, 总的失重量为-1.149%; 在 960 $^{\circ}\text{C}$ ~1000 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内产生一个小的放热峰, 峰值温度为 989.2 $^{\circ}\text{C}$ 。右水瓷石原矿在 400 $^{\circ}\text{C}$ ~600 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内产生一个小的吸热峰, 峰值温度为 523.8 $^{\circ}\text{C}$, 同时伴随有明显的失重现象产生, 总的失重量为-0.806%; 在 980 $^{\circ}\text{C}$ ~1000 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内产生一个微弱的放热峰, 峰值温度为 994.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

右水瓷土/瓷石原矿主要物理性能数据: 瓷土原矿与瓷石原矿的自然白度相近, 自然白度 74%。瓷土烧成白度 55.3%, 瓷石烧成白度 58.9%。瓷土泥料的可塑指数为 0.32, 可塑水率为 29%。瓷土泥料的干烧线收缩率为 2.4%, 烧成线收缩率为 6.97%。瓷土泥料的抗弯强度为 0.55 MPa。瓷土的始熔点为 1013 $^{\circ}\text{C}$, 软化点为 1217 $^{\circ}\text{C}$ 。瓷石的始熔点为 957 $^{\circ}\text{C}$, 软化点为 1166 $^{\circ}\text{C}$ 。矿区瓷土/瓷石颗粒粒度细且较均匀, 未分粒径测定瓷土比重为 2.44, 瓷石为 2.68。

上述数据表明, 矿区瓷土/瓷石泥料的可塑指数低, 抗弯强度也低。

3.2.4. 成瓷试验

右水瓷土/瓷石原矿可塑性一般、粘性一般、干燥强度较低、干燥收缩较低, 玻化温度范围宽(大于 200 $^{\circ}\text{C}$), 是适宜传统陶瓷的生产应用原料[13]。在 1310 $^{\circ}\text{C}$ 还原焰烧成制度下, 右水瓷土/瓷石原矿可应用于高档日用陶瓷的生产, 使用量以小于等于 30% 为宜, 30% 时综合性能最佳。最佳配方[14]下的成瓷产品的白度、光泽度、吸水率和抗热震性均达到或优于国家标准 GB/T 3532-2009 《日用瓷器》日用细瓷一等品的标准要求, 可满足高档日用瓷的生产要求。

3.2.5. 矿石结构构造

瓷土/瓷石矿石的结构主要有：花岗细晶结构、球粒结构、交代结构、交代残留结构等。瓷土/瓷石矿石的构造主要有：土状构造、块状构造、定向构造和斑杂构造等。

3.2.6. 矿石类型和品级

矿区瓷土矿石自然类型属细晶岩脉型风化土状矿石，瓷石矿石自然类型属原生块状矿石。按照瓷土、瓷石的不同用途进行分类，瓷土、瓷石矿石工业类型属日用陶瓷用瓷土、日用陶瓷用瓷石。矿区瓷土/瓷石原矿不分品级。

3.3. 围岩蚀变

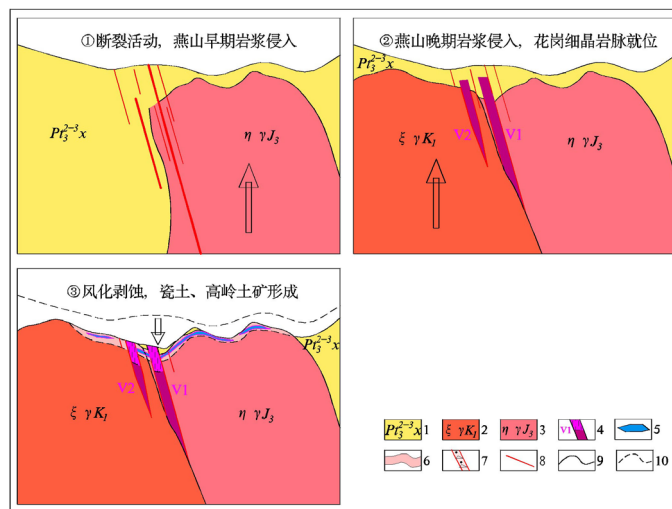
矿区瓷土/瓷石矿体的围岩主要为高圳排和庙背花岗岩。高圳排和庙背岩体中常见寻乌岩组变质岩(片岩和变粒岩为主)的残留顶盖或捕虏体，片岩和变粒岩也时常成为瓷土/瓷石矿体的围岩。

当矿体围岩为片岩和变粒岩时，未见明显的近矿围岩蚀变。当矿体围岩为花岗岩时，一般在花岗细晶脉的脉侧几厘米至几十厘米的范围内蚀变较强，瓷土/瓷石矿体本身蚀变也较强，远离瓷土/瓷石矿体，花岗岩蚀变相对更弱。主要蚀变有硅化、长石化、云母化、高岭石化、绿泥石化、黄铁矿化、电气石化。

4. 矿床成因、矿化规律及找矿标志

4.1. 矿床成因

矿区瓷土/瓷石矿床的形成经历了漫长的演变过程，大致可划分为三个阶段。一是燕山早期岩浆侵入 [15]，北西向断裂活动改造阶段：本阶段是富含钾长石的庙背花岗岩体的侵入形成时期，伴随规模较大的北西向断裂活动。二是燕山晚期岩浆侵入，细晶岩脉贯入就位阶段：本阶段是水头花岗岩体晚期携带的富含 K^+ 、 Na^+ 的成矿热液，在与庙背岩体的接触带附近，沿北西向断裂带导入就位，并发生强烈的长石化、云母化、高岭石化等蚀变。三是漫长的风化剥蚀期：寻乌岩组变粒岩、片岩、片麻岩被剥蚀，细晶岩脉出露地表经风化保留了其风化壳，形成瓷土(图 6)。



1、寻乌岩组片岩、变粒岩；2、水头花岗岩体；3、庙背花岗岩体；4、瓷土/瓷石矿体及编号；5、高岭土矿体；6、花岗岩风化壳；7、破碎带；8、断层；9、地质界线；10、推测古地形。

Figure 6. Metallogenic model diagram of China clay/China stone
图 6. 瓷土/瓷石成矿模式图

4.2. 矿化规律及找矿标志

4.2.1. 矿化规律

根据矿体特征、矿床成因浅析及野外实地观察, 可将矿区瓷土/瓷石矿化一般规律, 归纳总结如下:

1) 瓷土/瓷石矿体中主要有益组分、有害组分含量与厚度的相关系数小, 组分含量与厚度关系不密切, 基本无关。

2) 瓷土/瓷石矿体中 Al_2O_3 质量分数高低与高岭石含量的关系较密切, 总体反映 Al_2O_3 质量分数越高, 高岭石含量也越高, 高岭石化越强。

3) 瓷土/瓷石矿体高岭石化的强度与矿体的形态、产状、围岩性质关系不密切。与矿体本身的矿物组成、化学组分关系密切。当围岩岩性有变化(花岗岩、片岩或变粒岩)时, 瓷土/瓷石矿体的 Al_2O_3 的含量没有明显的变化。

4) 瓷土/瓷石矿体矿体的规模与容矿构造(断裂)的规模大小密切相关, 成矿期断裂规模大小是决定成矿规模大小的重要因素。成矿期断裂规模越大, 花岗细晶岩脉(矿体)的就位空间就越大。

5) 矿区瓷土矿是由细晶岩脉风化形成的, 细晶岩脉的规模大小是决定瓷土矿床规模大小的前提条件, 但同时与细晶岩脉的风化强度, 风化壳的保存完好度密切相关。当风化强度越强烈, 风化壳保存越完好时, 瓷土矿的规模越大, Al_2O_3 的含量越高, 高岭石化也越强。当风化越弱时, 瓷土矿 Al_2O_3 的含量越低, 高岭石化也越弱。瓷石矿中的高岭石矿物含量的高低与细晶岩脉自蚀变强度切密相关。

4.2.2. 找矿标志

根据右水矿区、矿床地质特征, 总结本区瓷土/瓷石矿找矿标志如下:

1) 细晶岩脉是本区瓷土/瓷石矿最直接的找矿标志。

2) 蚀变较强的燕山期花岗岩是瓷土/瓷石的重要矿质来源, 钾长石化、高岭石化、白云化细中粒花岗岩, 也是本区瓷土/瓷石矿重要的找矿标志。

3) 北西向断裂发育, 为风化作用提供有利的空间条件, 也是本区的瓷石导矿容矿构造, 是瓷土/瓷石矿重要的找矿标志。

4) 根据成母岩特性, 其物质来源和化学成份, 具富碱贫铁镁组分。

5) 丘陵地貌或山岭低缓地区, 相对高差 30 米~200 米, 基岩出露少, 面型风化壳发育, 是本区瓷土找矿的地貌标志。

5. 矿床开发利用价值分析

5.1. 矿床开采技术条件分析

矿区瓷土/瓷石矿体赋存于当地侵蚀基准面之上, 瓷土矿风化程度高, 表土层薄, 瓷土/瓷石矿体厚度较小, 花岗岩风化壳厚度中等, 矿体和围岩的工程地质条件较好, 属稳定或较稳定岩类。故矿山未来开采预计采用露天开采方式。瓷土采用机械开挖法采矿, 瓷石采用炸药(药品)爆破法采矿。开拓方式采用公路运输开拓。露天开采边坡安息角小于 60 度, 以 45 度至 55 度为宜。采矿台阶高度小于 10 米, 以 5 米至 8 米为宜。终了底盘宽度不小于 20 米, 以 20 米至 25 米为宜。

5.2. 社会经济效益分析

会昌县右水矿区瓷土/瓷石矿体规模大, 矿区之外还有延伸, 矿区外围也有较好的资源远景, 勘查开发本区瓷土/瓷石矿, 将较好地带动当地矿业经济可持续发展, 具有良好的社会效益。

目前会昌县以销售瓷土原矿为主, 瓷石矿使用雷蒙机粉碎成 200 目的瓷石粉即可出售, 主要销往福

建省武平县瓷厂和上杭县陶瓷厂, 近三年达标的瓷土矿原矿及瓷石粉平均销售价格 150 元/吨左右。

右水瓷土/瓷石矿适宜露天开采, 生产加工工艺简单, 生产成本低, 主要为运输成本和劳力成本。矿区有省道、高速公路直达福建省武平县约 80~100 公里, 交通便利。会昌县劳力资源充沛, 价格低廉。粗略估算, 采矿成本约为 35 元/吨, 运输成本约为 50 元/吨。另外, 将资源税等成本纳入开发成本后, 右水瓷土/瓷石矿还是有一定的开采盈利空间。

6. 结论

1) 本文对右水瓷土(瓷石)矿床地质特征、矿床成因、成矿规律和找矿标志等进行了研究总结, 认为本矿床有较好的资源远景。

2) 该矿床开采技术条件和社会经济效益良好, 预计未来矿山以露天方式开采, 将有一定的开发利用价值。

参考文献

- [1] 孙社良, 朱昌杰, 李永明, 等. 江西会昌曲水坑锡矿床地质特征及找矿前景分析[J]. 华东地质, 2016, 37(4): 291-299.
- [2] 刘俊生, 刘海波, 袁钟池. 江西会昌县高岭土地质特征及其开发利用价值[J]. 华东地质, 2017(1): 1-3.
- [3] 焦丽香. 山东省陶瓷土(瓷石)矿资源特征及成矿规律[J]. 山东国土资源, 2019, 35(6): 33-38.
- [4] 胡金山. 赣东北高岭土矿成矿地质特征与找矿方向[J]. 江西地质, 2017, 2(68): 98-99.
- [5] 王洪荣, 胡小良, 梁剑锋. 宁都县新屋瓷土矿床地质特征及工艺性能研究[J]. 建材发展导向, 2015, 19(2): 292-293.
- [6] 任磊夫. 粘土矿物与粘土岩[M]. 北京: 地质出版社, 1992(2): 60-65.
- [7] 陈志友, 苏小琼, 柳玉良, 等. 超导磁分离技术用于风化型高岭土除铁研究[J]. 非金属, 2020, 43(5): 67-69.
- [8] 蔡丽娜, 胡德文, 李凯琦, 等. 高岭土除铁技术进展[J]. 矿冶, 2008, 17(4): 51-54.
- [9] 施卓雄. 新型捕收剂+KY-3 在瓷土矿增白试验中的应用[J]. 现代矿业, 2016, 565(5): 71-72.
- [10] 刘瑞, 陈毛毛, 李树伦. 瓷土在涂布白纸板中的应用[J]. 生产实践, 2016, 58(2): 58-59.
- [11] 顾雪. 高岭土的功能化改性及其战略性应用研究[J]. 清洗世界, 2020, 36(7): 68-69.
- [12] 尹林江, 刘彦杰, 王延军. 高浓度瓷土浆料的生产及应用[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2003, 37(6): 26-27.
- [13] 刘垚. 中国日用陶瓷工业现状及发展方向[J]. 山东陶瓷, 2003, 26(5): 3-8.
- [14] 关李. 景德镇瓷土资源保护与开发战略研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2017: 1-34.
- [15] 聂晓亮, 汪龙飞. 江西省瓷土、瓷石矿床时空分布及成矿规律初探[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2019, 137(4): 41-43.