

# 惠州晓联花岗岩矿地质特征及覆盖层综合利用分析

韦建全

(广东省有色金属地质局九三八队, 广东 惠州 516023)

**摘要:** 广东惠州晓联建筑用花岗岩矿区覆盖层资源量较大, 为提高资源利用率, 本文着重分析了本区建筑用花岗岩矿地质特征及覆盖层的综合利用情况, 认为矿山覆盖层可进行综合利用。

**关键词:** 地质特征; 覆盖层; 综合利用; 晓联花岗岩矿; 广东惠州

**中图分类号:** P619.22+2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-1885 (2024) 4-547-5

晓联矿区位于广东省惠州市大亚湾区晓联径西村。建筑用花岗岩矿体赋存于晚侏罗世花岗岩体中, 其抗压高, 质地坚硬, 是工程建设的基础材料, 矿体覆盖层为第四系残坡积层、全风化层、中风化层, 在矿山开采过程中, 覆盖层大量的堆积及排放会引发水土流失、土壤污染等环境问题, 且覆盖层中含有大量有用元素和矿物造成了浪费, 本文对矿区地质特征简介, 并对覆盖层的综合利用进行讨论。

矿区位于莲花山断裂带南西部, 夹持于莲花山断裂带两断裂束间, 区内断裂构造发育, 局部彼此切割形成网格状断裂格架, 中部画鹏山断裂经过。出露地层主要有泥盆系地层 (D) 及第四系 (Q)。岩浆岩为晚侏罗世婆罗单元 ( $J_3P$ )、石碑岭单元 ( $J_3S$ ) 及观音庙单元 ( $J_3G$ ), 同属三角窝顶序列。

## 1 矿区地质特征

### 1.1 地层

矿区地层仅为第四系残坡积层 (Q) 黄褐色、浅红色砂质粘性土。为矿区覆盖层, 呈硬塑, 干强度中等, 为花岗岩风化残积而成, 厚度 0.3m~1.3m, 平均 0.8m。

### 1.2 构造

矿区北东侧发育画鹏山断裂 (图 1), 位于北东侧, 穿过矿区, 北西端延伸出区外, 南东段入海, 控制长度约 4.5km, 宽约 3m。走向北西-南东向, 倾向南西, 倾角 70°。平面上呈舒缓的波状延伸, 沿断裂发育硅化带、碎裂花岗岩及石英脉, 为顺时针压扭性断裂。

### 1.3 岩浆岩

矿区大面积出露晚侏罗世石碑岭单元 ( $J_3S$ ) 及观音庙单元 ( $J_3G$ ), 两者侵入接触关系。石碑岭单元分布于矿区中南部及北部, 呈岩株状产出, 面积约 1.13Km<sup>2</sup>, 为灰白色、浅灰色细粒斑状黑云母花岗岩。观音庙单元分布于矿区中部, 呈岩枝状穿插在石碑岭单元侵入体中。面积约 0.78Km<sup>2</sup>, 主要为灰白色、淡肉红色中细粒斑状黑云母花岗岩, 地表岩石风化作用较强, 形成较完整的风化壳。

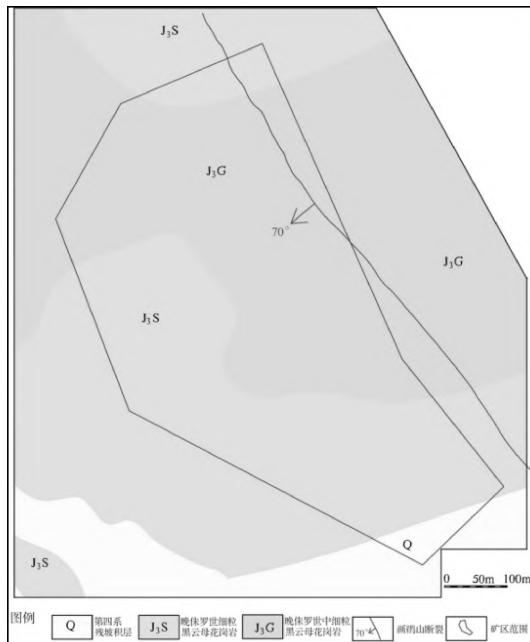


图 1 矿区地质图

Fig 1. Geological Map of The Mining Area

收稿日期: 2024-8-29

作者简介: 韦建全 (1986~), 男, 广西南宁市人, 地质工程师, 现从事地质矿产勘查工作。

## 1.4 矿体特征

(1) 矿体形态：矿体为微风化和未风化细粒-中粒（似）斑状黑云母花岗岩，呈不规则多边形块状体，长约1706m、宽约848m，厚2.10m~200.80m，平均厚约94m，矿体出露最低标高约+50m，最高标高+356m，矿体埋深深度约0m~306m，矿体赋存标高+356m~+50m，向四周及深部延出矿区外。

(2) 矿石矿物组成：细粒斑状黑云母花岗岩呈灰白色、浅灰色，似斑状结构、基质为细粒花岗结构，块状构造，矿石成分斑晶（15%~20%）由钾长石组成及基质（85%~90%），其中钾长石（40%~42%）、石英（23%~25%）、斜长石（14%~15%）、黑云母（7%~9%）及蚀变矿物绢（白）云母（2%~3%）、黄铁矿（<1%）等组成；中细粒斑状黑云母花岗岩呈灰白色、淡肉红色，似斑状结构、基质为中细粒花岗结构，块状构造，矿石成分为斑晶（15%~20%）钾长石组成及基质（85%~90%），其中石英（28%~30%）、钾长石（23%~25%）、斜长石（18%~20%）、黑云母（7%~9%）及蚀变矿物绢（白）云母（2%~3%）、绿泥石（1%~2%）、黄铁矿（<1%）等组成。

(3) 矿石物理特征：矿石致密坚硬，成块性较好，颜色较均匀，具耐磨、抗压、抗风化强度高优点。在微-未风化花岗岩取水饱和抗压样50个。根据矿石物理性能测试结果，天然块体密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.74\text{g}/\text{cm}^3$ ，平均值 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$ ，符合碎石天然密度 $>2.60\text{g}/\text{cm}^3$ 的要求；矿石吸水率值 $0.29\% \sim 0.45\%$ ，平均 $0.38\%$ ，符合Ⅰ类碎石吸水率 $\leq 1.0\%$ 的要求，吸水率值低；矿石饱和状态下的抗压强度 $95.09\text{MPa} \sim 123.58\text{MPa}$ ，平均 $108.40\text{MPa}$ ，参照GB/T14685-2022《建设用卵石、碎石》规范<sup>[1]</sup>，该区建筑用花岗岩抗压强度较高，可达到建筑用石料的水饱和抗压强度 $\geq 80\text{MPa}$ 的要求。

(4) 放射性特征：采集3件有代表性放射性检测样品，其中FS1位于石碑岭单元（J<sub>3</sub>S）花岗岩矿体中，FS2及FS3位于音庙单元（J<sub>3</sub>G）花岗岩矿体中，矿石中40K为 $546.59\text{Bq}/\text{kg} \sim 1339.32\text{Bq}/\text{kg}$ ，<sup>226</sup>Ra为 $70.57\text{Bq}/\text{kg} \sim 202.01\text{Bq}/\text{kg}$ ，<sup>232</sup>Th为 $57.17\text{Bq}/\text{kg} \sim 134.43\text{Bq}/\text{kg}$ ，内照射指数 $\text{I}_{\text{Ra}} = 0.35 \sim 1.00$ ，外照射指数 $\text{I}_{\text{r}} = 0.54 \sim 1.29$ 。根据GB6566-2010《建筑材料放射性核素限量》<sup>[2]</sup>，比活度同时满足 $\text{I}_{\text{Ra}} \leq 1.0$ ， $\text{I}_{\text{r}} \leq 1.3$ 时，矿石满足建筑用石料的相关要求，可作为空心率 $>25\%$ 建筑主体材料及A类装饰装修材料使用，其产销和使用范围不受限制。

## 2 覆盖层特征

矿体上覆自上而下分为第四系残坡积层、全风化层<sup>[3]</sup>、中风化层（见图2）。

第四系残坡积层：矿区地表覆盖层，遍布整个地表，由粘土、局部含少量砾石及植物根系等组成，厚度一般 $0.30\text{m} \sim 1.30\text{m}$ ，局部大于 $1.80\text{m}$ ，平均约 $0.80\text{m}$ ，估算开采标高+368m~+50m资源量 $79.4 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

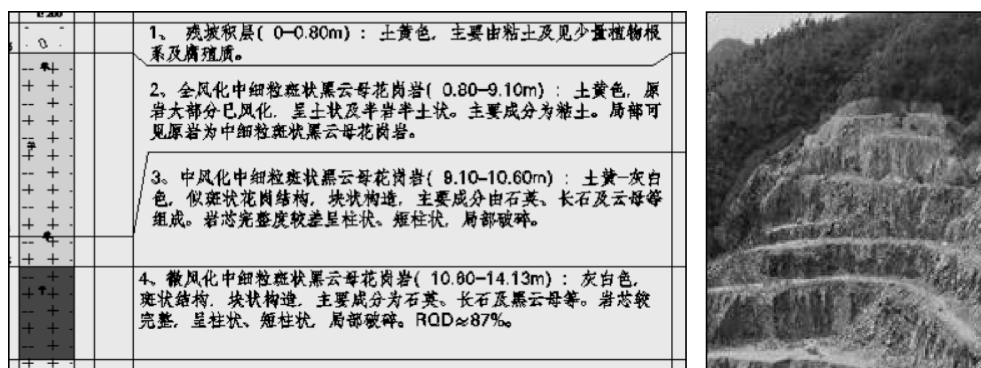


图2 覆盖层结构图及照片

Fig 2. Diagram and Photos of Overburden Layer Structure

全风化层：褐黄色、浅黄色，局部灰褐色，多呈土状，局部呈碎块状，结构松散，主要由粘土、石英和少量长石、云母等组成，一般厚 $2.00\text{m} \sim 12.90\text{m}$ ，局部大于 $21\text{m}$ ，平均厚约 $7.5\text{m}$ ，估算开采标高+368m~+50m资源量 $824.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

中风化层：灰色、灰白色、浅肉红色，可见原岩结构，节理裂隙较发育，敲击后易破碎，一般厚 $0.50\text{m} \sim 8.40\text{m}$ ，局部大于 $10\text{m}$ ，平均厚约 $5.60\text{m}$ ，估算开采标高+368m~+50m资源量 $267.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

### 3 覆盖层综合利用分析

矿区第四系残坡积层厚度较小, 含砂率较低, 矿山开发利用时可预留作为矿山地质环境保护与土地复垦的土壤资源。中风化花岗岩层抗压强度低, 达不到建筑用花岗岩碎石工业指标要求, 可作为没有相应指标要求的普通道路路基、建设场地回填等使用。全风化花岗岩层厚度稍大, 本次研究对其高岭土、稀土及建设用砂等方面综合评价。

#### 3.1 建设用砂评价

在矿区范围内按剥离面、老采坑分别在不同位置取6件样, 均取自全风化层, 经厚度加权组合成2个原砂组合样, 根据《建设用砂》(GB/T14684-2022)<sup>[4]</sup>的相关要求, 进行建设用砂评价。

(1) 全风化层原砂样评价: 据物理性能测试结果, ZH-SY1及ZH-SY2全风化层原砂含泥量分别为11.9%及23.5%, 平均值17.7%; 泥块含量分别为18.7%及25.2%, 平均值21.95%, 据《建设用砂》国家标准(GB/T 14684-2022), 天然砂(山砂)含泥量需 $\leq 5\%$ , 泥块含量需 $\leq 2\%$ , 不符合建设用砂标准, 需进行淘洗等洗砂加工。

(2) 淘洗加工后样品评价: ①颗粒级配: 淘洗加工后样品颗粒级配分析结果(表1), 根据1、2、3区标准值判断, 2个样品颗粒级配在2区标准区范围内; 根据细度模数判断, 一个样品为中砂, 另一个样品为粗砂; ②含泥量和泥块含量: 经淘洗加工后样品物理性能测试结果(见表2), 含泥量1.4%~1.7%, 平均值1.55%; 泥块含量0.4%~0.5%, 平均值0.45%, 据《建设用砂》国家标准(GB/T 14684-2022), 天然砂级配类别Ⅱ类含泥量需 $\leq 3\%$ , 泥块含量需 $\leq 1\%$ , 符合建设用砂质量标准; ③有害物质(表2), 经淘洗加工后样品云母含量均为0.0、轻物质含量0.1、有机物含量合格、硫化物及硫酸盐平均含量0.25。符合《建设用砂》(GB/T 14684-2022)中级配类别Ⅰ类云母含量 $\leq 2.0\%$ 、轻物质含量 $\leq 1.0\%$ 、硫化物及硫酸盐含量 $\leq 0.5\%$ 的要求<sup>[6]</sup>; ④表观密度、松散堆积密度、空隙率(表2): 经淘洗加工后样品表观密度 $2510\text{kg/m}^3 \sim 2530\text{kg/m}^3$ , 平均 $2520\text{kg/m}^3$ ; 松散堆积密度 $1430\text{kg/m}^3 \sim 1450\text{kg/m}^3$ , 平均 $1440\text{kg/m}^3$ ; 空隙率43%。据《建设用砂》(GB/T 14684-2022)的要求, 表观密度不小于 $2500\text{kg/m}^3$ , 松散堆积密度不小于 $1400\text{kg/m}^3$ , 空隙率不大于44%, 全风化层淘洗加工后此三项指标均符合建设用砂要求; ⑤坚固性(压碎指标)(表2), 经淘洗加工后样品坚固性(压碎指标)试验试验结果, 质量损失均为1%, 单级压碎指标27%~29%, 平均28%, 符合《建设用砂》(GB/T 14684-2022)中坚固性 $\leq 10$ , 单级最大压碎指标 $\leq 30\%$ 的要求。

表1 淘洗加工后样品颗粒级配表

Tab 1. Particle Size Distribution of Samples After Washing and Processing

委托 编号	砂的颗粒级配 (mm)、砂粒累计筛余量 (%)							细度模数	规格
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15		
ZH-SY1	0	0	15	29	55	81	97	2.8	中砂
ZH-SY2	0	0	27	43	70	84	99	3.2	粗砂
平均	0.0	0	21	36	63	82	98		

综上所述, 参照《建设用砂》(GB/T 14684-2022), 该区全风化花岗岩层经淘洗等加工后的样品符合建设用砂要求, 属天然砂2区级配区, 级配类别Ⅱ类。

(3) 淘洗率及含砂率: 经实验室测定, 本矿区全风化花岗岩层原砂经淘洗加工成建设用砂淘洗率为53.74%、58.98%, 平均56.36%; 含砂率分别为52.04%、58.33%, 平均为55.19%。

#### 3.2 砂质高岭土评价

在矿区范围内按剥离面、采坑分别在不同位置上采取2件砂质高岭土原样及原2件用于建设用砂淘洗后的矿泥。根据《高岭土、膨润土、耐火粘土矿产地质勘查规范》(DZ/T0206-2002)<sup>[5]</sup>相关要求, 对4个样品进行 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{T}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{SO}_3$ 等项化学分析。对区内全风化花岗岩层进行陶瓷用砂质高岭土评价。

表 2 淘洗加工后样品物理性能检验结果表

Tab 2. Physical Properties Test Results of Samples After Washing and Processing

检验项目	检验结果			符合情况
	ZH-SY1	ZH-SY2	平均值	
表观密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2530	2510	2520	合格
松散堆积密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	1450	1430	1440	合格
空隙率 (%)	43	43	43	I 类
含泥量 (%)	1.7	1.4	1.55	II 类
泥块含量 (%)	0.4	0.5	0.45	II 类
云母含量 (%)	0	0	0	I 类
有机物含量 (%)	合格	合格	合格	合格
轻物质含量 (%)	0.1	0.1	0.1	I 类
硫化物及硫酸盐 (%)	0.2	0.3	0.3	I 类
质量损失 P (%)	1	1	1	I 类
压碎指标值 $Y_{\max}$ (%)	27	29	28	III 类

(1) 全风化层原样评价: 原样化学分析结果 (表 3) 表明: 全风化层原样  $\text{Al}_2\text{O}_3$  14.54%~15.30%, 平均值 14.92%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$  2.19%~2.32%, 平均值 2.25%,  $\text{TiO}_2$  0.19%~0.23%, 平均值 0.21%, 根据《高岭土、膨润土、耐火粘土矿产地质勘查规范》(DZ/T0206-2002), 砂质高岭土原矿一般工业指标:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 14\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2 < 2\%$ , 其中  $\text{TiO}_2 < 0.6\%$ , 本次采集的化学全分析测试结果中,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  及  $\text{TiO}_2$  达到砂质高岭土要求, 其中所含 T ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) +  $\text{TiO}_2$  含量超出砂质高岭土 ( $< 2\%$ ) 的范围, 需除铁后方可达到砂质高岭土综合利用要求。

表 3 原样砂质高岭土化学成分统计表

Tab 3. Chemical Composition of Original Sandy Kaolin

送样 编号	化学成分 (%)								
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$
GLT-1	14.54	2.12	0.23	72.66	0.075	0.23	4.82	0.14	0.032
GLT-2	15.30	2.00	0.19	71.42	0.082	0.26	5.56	0.20	0.025
平均值	14.92	2.06	0.21	72.04	0.078	0.25	2.56	0.34	0.028

表 4 淘洗后的矿泥砂质高岭土化学成分统计表

Tab 4. Chemical Composition of Washed Mineral Mud and Sandy Kaolin

化验 编号	委托 编号	化学成分 (%)								
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{SO}_3$
11330	ZH-SY1	22.93	2.66	0.20	58.68	0.30	0.27	6.21	0.59	0.074
11331	ZH-SY2	21.32	2.48	0.19	61.16	0.32	0.30	7.63	0.52	0.075
平均值		22.12	2.06	0.21	59.92	0.31	0.28	6.92	0.55	0.074

(2) 用于建设用砂淘洗后矿泥评价: 建设用砂淘洗后矿泥化学分析结果 (表 4), 全风化层用于建设用砂淘洗后矿泥  $\text{Al}_2\text{O}_3$  22.32%~22.93%, 平均值 22.12%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$  2.67%~2.86%, 平均值 2.76%,  $\text{TiO}_2$  0.19%~0.20%, 平均值 0.19%, 据《高岭土、膨润土、耐火粘土矿产地质勘查规范》(DZ/T0206-2002), 淘洗后砂质高岭土一般工业指标:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 24\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2 < 2.5\%$ , 其中  $\text{TiO}_2 < 0.7\%$ , 样品化学全分析测试结果中,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  及 T ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) +  $\text{TiO}_2$  均未达砂质高岭土综合利用的要求, 用于建设用砂淘洗后的矿泥不建议用作高岭土矿。

根据《高岭土、膨润土、耐火粘土矿产地质勘查规范》(DZ/T0206-2002), 该区全风化花岗岩层需除铁后方可达到陶瓷用砂质高岭土综合利用要求。据广东省市场调查, 目前建设用砂价格约 100 元/



$\text{m}^3 \sim 150 \text{ 元}/\text{m}^3$ , 砂质高岭土价格约  $40 \text{ 元}/\text{m}^3 \sim 70 \text{ 元}/\text{m}^3$ , 高岭土经济价值低于建设用砂经济价值, 全风化花岗岩层经淘洗等加工后建议用作建设用砂原料。

### 3.3 稀土评价

在全风化层中取稀土样品 2 件, 据《稀土矿产地质勘查规范》(DZ/T0204-2002)<sup>[7]</sup>, 矿区全风化花岗岩全相稀土总量分别 0.018% 及 0.020%, 平均 0.019%, 低于稀土矿的边界品位 (边界质量分数: 0.05%), 未能达到稀土回收综合利用要求<sup>[8]</sup>。

## 4 结 语

(1) 矿区主矿种为微-未风化的建筑用花岗岩, 规模为大型, 矿石致密坚硬, 具耐磨、抗压、抗风化强度高优点, 生产的石料可供当地建筑及粤港澳大湾区等地城乡建筑用。

(2) 覆盖层中经各项分析, 第四系残坡积层可预留作为矿山地质环境保护与土地复垦的土壤资源, 中风化花岗岩层可作为没有相应指标要求的普通道路路基、建设场地回填等使用, 全风化层经淘洗加工后可作为建设用砂的加工原料。

## 参 考 文 献

- [1] 中国国家标准化管理委员会. GB/T14685-2022 建设用卵石、碎石 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB6566-2010 建筑材料放射性核素限量 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2010.
- [3] 宋晨成. 石群建筑用变质砂岩矿区地质特征及综合利用 [J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (11): 108~110.
- [4] 中国国家标准化管理委员会. GB/T14684-2022 建设用砂 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [5] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0206-2002 高岭土、膨润土、耐火粘土矿产地质勘查规范 [S]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [6] 胡希斌, 陈让利. 铁路工程干法与湿法制砂生产工艺对比分析 [J]. 工程技术研究, 2020, 5 (17): 131~132.
- [7] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0204-2002 稀土矿产地质勘查规范 [S]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [8] 胡欣昌, 徐桐. 广东省杨梅山陶瓷土矿床地质特征及综合评价 [J]. 四川有色金属, 2023 (04): 17~19+29.

# GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE XIAOLIAN GRANITE DEPOSIT AND COMPREHENSIVE UTILIZATION ANALYSIS ON THE OVERBURDEN LAYER, HUIZHOU

WEI Jian-quan

(Team 938, Guangdong Bureau of Nonferrous Geology, Huizhou 516023)

**Abstract:** The Xiaolian construction granite mining area in Huizhou, Guangdong has large overburden resources. In order to improve the utilization rate of resources, the geological characteristics of the granite deposit for construction and the comprehensive utilization of the overburden layer in this area were analyzed in this study. It is proposed that the overburden layer can be comprehensively utilized.

**Key Words:** Geological Characteristics; Overburden; Comprehensive Utilization; Xiaolian Granite Deposit; Huizhou, Guangdong