

# 琼州海峡西口表层沉积物地球化学特征及其对沉积环境的指示

李洁玉

中国海洋大学 海南 海口 570100

**摘要：**琼州海峡西口是南海北部湾和琼州海峡的关键通道。本文通过对琼州海峡西口的151个表层沉积物样品进行常量地球化学元素分析、粒度特征分析可知，西口SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、TiO<sub>2</sub>的平均值指示研究区物源主要来自海南岛、雷琼半岛花岗岩的风化产物，玄武岩风化产物是重要的次生物源。琼州海峡西口MnO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Eh等含量都反映了琼州海峡西口的氧化环境。琼州海峡西口表层沉积物具有细粒为主、分选差、负偏态、宽峰态的特征，空间异质性极强，指示西口物源上多样性显著，水动力强劲。

**关键词：**琼州海峡西口；常量地球化学元素分析；粒度特征分析

**引言：**琼州海峡西口作为南海北部湾和琼州海峡的关键通道，其表层沉积物地球化学特征对揭示沉积物源区属性、物质输运路径、沉积环境演变及人类活动影响具有重要意义。Nesbitt and young（1982）团队通过化学蚀变指数（CIA）量化了边缘海沉积物的源区风化历史<sup>[1]</sup>。赵青芳等（2009）通过对神狐海域109个站位表层沉积物样品的常量组分化学分析，得出神狐海域属于半深海沉积环境<sup>[2]</sup>。杨楚鹏等（2023）分析了南海的常量元素分布特征、微量元素分布特征、稀土元素分布特征等，研究了南海的沉积物物源、沉积环境和沉积过程<sup>[3]</sup>。

研究区概况：

琼州海峡西口北部是雷州半岛西南岸线，南部是海南岛西北岸线，西侧连着北部湾。琼州海峡位于华南地块与印支地块的结合部位，受中生代以来多期构造运动影响，形成了一系列北东向展布的褶皱和断裂构造，其走向大致可分为：东西向、北东向和北西向共三组断裂构造。

### 1 材料与方法

样品采集范围为琼州海峡西口的部分海域，面积约432km<sup>2</sup>。调查期间，除海底电缆等特别区域外，总体按照1km×2km的网格密度，利用蚌式取样器取得了151个表层底质样品，采样深度0~20cm,具体采样站位如图1所示。

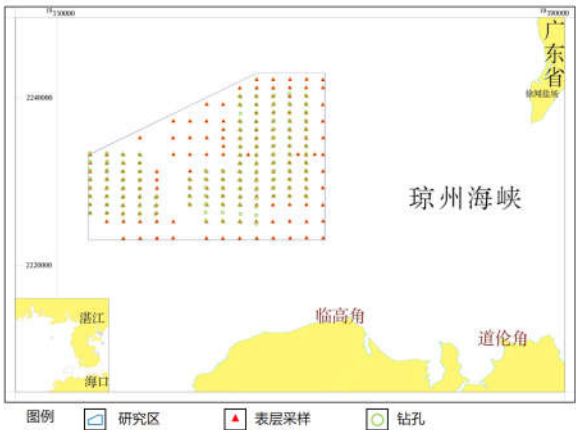


图1 研究区位置及表层取样、钻孔站位

样品的采集、保存和运输过程均严格按照《海洋监测规范》中的规定和要求进行。采用X射线荧光法（XRF）、电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-AES）、X射线衍射法（XRD）等，对沉积物样品中SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、碳酸钙等元素或项目进行了测试分析；沉积粒度

利用Mastersizer 2000 激光粒度仪进行测量。以上测试分析均在海南省地质测试研究中心进行，化学分析测试过程中以国家一级土壤标准物质（GBW系列）标准物质进行质量控制，结果表明相对标准偏差（RSD）均小于10%，符合要求。

2 结果

2.1 常量元素含量特征

对151个表层沉积物样品的Na<sub>2</sub>O等10个常量元素，以

及灼减量、碳酸钙等8个项目，以及各项的含量变化、平均值、变异系数等分别进行了统计分析，见下表。

测试项目	最小值	最大值	平均值	变异系数	南海浅海 <sup>[4]</sup>	海南岛花岗岩 <sup>[5]</sup>	海南岛表层土壤 <sup>[6]</sup>	海南岛北部玄武岩土壤（细土）	琼州海峡东口	海南岛深层土壤 <sup>[6]</sup>
SiO <sub>2</sub>	56.64	88.43	73.9	0.1	62.64	70.66	69.00	32.87	88.74	63.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.06	16.14	9.13	0.37	9.9	13.62	12.92	25.91	2.00	17.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.38	7.16	3.89	0.21	5.52	3.37	2.66	22.95	1.30	3.55
MgO	0.58	2.28	1.46	0.23	1.77	0.71	0.32	1.16	0.42	0.42
CaO	0.53	12.04	2.79	0.53	6.06	1.95	0.19	0.53	2.26	0.20
Na <sub>2</sub> O	0.65	1.93	1.28	0.17	1.62	2.79	0.34	0.53	0.72	0.36
K <sub>2</sub> O	0.76	2.59	1.87	0.21	2.01	3.56	2.42	0.34	1.12	2.52
TiO <sub>2</sub>	0.1	0.85	0.47	0.37	0.57	0.28	—	4.74	0.08	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.29	0.08	0.32	0.1	0.08	—	0.25	0.04	—
MnO	0.06	0.29	0.09	0.43	0.06	0.08	—	0.28	0.10	—
灼减量	1.68	9.6	4.6	0.34	—	—	—			—
碳酸钙	0.61	19.83	4.48	0.58	—	—	—			—
有机质	0.04	1.61	0.46	0.62	—	—	—			—
硫化物	2	23	9.81	0.44	—	—	—			—
Eh	276.7	422	370.45	0.09	—	—	—			—
pH	7.49	9.11	8.71	0.02	—	—	—			—
Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	0.17	2.76	0.63	0.87	—	—	—			—

注：表中SiO<sub>2</sub>至有机质等13项测试项目的含量单位为%，硫化物的含量单位为mg/kg，Eh单位mV，PH、Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>无量纲，西口各测试项目样品个数151。

由表1可知，表层沉积物常量元素中，含量最高的是SiO<sub>2</sub>，最大值高达88.43%，平均值高达73.90%，远远高于其它常量元素，其变异系数很小，仅为0.10，表明SiO<sub>2</sub>在研究区的分布较为均匀；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量其次，平均值为9.13%，变异系数相对较大，为0.37，表明其在研究区内含量分布不太均匀；Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量次之，其平均值为3.89%，变异系数较小，为0.21，表明其含量分布在研究区内较为均匀；CaO其平均值为2.79%，其变异系数大，为0.53，表明其含量分布在研究区内波动明显；其余常量元素的平均含量均在2%以下。

2.2 沉积物粒度特征

沉积物粒度参数与水动力条件关系密切，可通过粒度参数特征分析沉积物环境的水动力情况。本文采用距值法计算沉积物粒度参数，得到研究区的粒度参数特征，详见表2。

表2 研究区表层沉积物粒度参数统计表

粒度参数	平均粒径(φ)	分选	偏态	峰态	中值粒径(φ)
最大值	7.20	4.00	0.59	2.44	7.80
最小值	0.87	0.66	-0.67	0.50	1.35
平均值	4.71	2.29	-0.23	0.81	5.22

由表2可知，研究区的平均粒径值介于0.87φ-7.20φ之间，平均值为4.71φ，整体上属于细砂至粗粉砂的范畴。分选值介于0.66-4.00之间，平均值为2.29，分选差。偏态值介于-0.67-0.59之间，平均值为-0.23，大部分区域偏度小于0，属于负偏的范畴。峰态值介于0.50-2.44之间，平均值为0.81，研究区峰度总体表现为中等-平坦。中值粒径值介于1.35φ-7.80φ之间，平均值为5.22，数值跨度较大。

3 讨论

3.1 表层沉积物常量元素地球化学特征对环境的指示

由表1可知，研究区表层沉积物常量地球化学元素以SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO为主，三者平均含量之和为85.82%，表明区内沉积物以硅酸盐和铝硅酸盐及碳酸盐为主，说明研究区物源以陆源碎屑与生物化学沉积为主。

SiO<sub>2</sub>变异系数为0.10，变异系数极低，说明其来源稳定。平均含量为73.90%，其平均值远高于南海浅海平均值的62.64%，与海南岛花岗岩平均值的70.66%和海南岛表层土壤平均值的69.00%较为接近。这表明研究区以陆源碎屑输入，特别是来自海南岛的花岗岩风化产物是主要物源。研究区SiO<sub>2</sub>最大值88.43%和琼州海峡东口平均值的88.74%接近，表明局部区域石英极度富集，这可能

受强水动力分选影响。

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 平均值为3.89%，低于南海浅海平均值，高于海南岛花岗岩平均值，远低于玄武岩土壤和玄武岩平均值。推测主要原因是其含量被石英稀释。

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 变异系数为0.37，变异系数较高，可能反映多源输入。平均值为9.13%，与南海浅海平均值的9.9%较为接近，低于海南岛花岗岩平均值的13.62%和玄武岩平均值的13.90%，但显著高于琼州海峡东口平均值的2.00%。表明其在迁移过程中因稀释作用或水动力分选导致富集程度降低。

$\text{K}_2\text{O}$ 平均值为1.87%，低于南海浅海平均值，远高于玄武岩土壤和玄武岩平均值。说明研究区的物源以花岗岩岩石风化来源为主。

$\text{TiO}_2$ 的平均值为0.47%，低于南海浅海平均值，高于海南岛花岗岩平均值，与海南岛北部玄武岩土壤（细土）接近。这表明存在玄武岩风化物质的贡献，但其含量被高石英稀释。

$\text{CaO}$ 平均值为2.79%，低于南海浅海平均值，但高于海南岛花岗岩及表、深层土壤平均值，变异系数高达0.53，表明其分布受生物碳酸盐沉积主导，推测受局部生物活动或水动力扰动影响，呈现显著空间波动。 $\text{CaO}$ 最大值为12.04%，推测可能表明钙质生物碎屑的局域富集。

$\text{MnO}$ 的平均值含量高于南海浅海平均值，表明该研究区域的沉积环境呈现富氧特征。 $\text{P}_2\text{O}_5$ 平均值为0.08%，低于南海浅海，推测与研究区富氧环境下生物对磷酸盐的吸收有关，抑制了磷的沉积保存。 $\text{Eh}$ 平均值为370.45 mV，氧化还原条件稳定。 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值为0.63，比值较

低，反映沉积物中铁以还原态为主，可能受局部微环境影响。 $\text{pH}$ 平均值为8.71，说明研究区沉积物偏碱性，而有机质平均值为0.46%，含量较低，再次表明研究区为氧化性沉积环境，这样有利于硅酸盐矿物的稳定和抑制有机质积累。

#### 4 结论

琼州海峡西口 $\text{SiO}_2$ 平均含量与海南岛花岗岩平均值接近， $\text{K}_2\text{O}$ 远高于玄武岩土壤和玄武岩平均值，指示研究区物源主要来自海南岛、雷琼半岛花岗岩的风化产物。 $\text{TiO}_2$ 的平均值与海南岛北部玄武岩土壤（细土）接近， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 平均值虽被稀释但仍高于纯花岗岩预期，指示海南岛北部玄武岩、雷琼半岛玄武岩风化产物是重要的次生物源。

#### 参考文献

- [1]Nesbitt H W, Young G M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites[J]. nature, 1982, 299(5885): 715-717.
- [2]赵青芳,龚建明,陈建文,等. 南海神狐表层沉积物常量元素地球化学特征及其物源分析 [J]. 海洋地质动态, 2009, 25 (09): 10-14.
- [3]周娇,杨楚鹏.南海矿产资源[M].北京:科学出版社,2023.
- [4]崔振昂,夏真,黄向青,等.南海北部湾全新世环境演变及人类活动影响研究[M].北京:海洋出版社,2017.
- [5]许德如,梁新权,陈广浩,等.海南岛中元古代花岗岩地球化学及成因研究[J].大地构造与成矿学,2001,(04):420-433.