

海南岛近岸浅海锆钛砂矿床富集规律探讨

王艳霞¹ 矫东风² 朱水权² 余兴邦³ 潘燕俊²

1. 海南省地质勘查局934地质队 海口 570206;

2. 海南省海洋地质调查研究院 海口 570206;

3. 海南省海洋地质调查局 海口 570206

摘 要: 锆钛砂矿是海南的特色优势矿产资源,其储量在全国同类矿床中占有重要地位。近年来对该类矿床的勘查与开采,积累了大量的数据和资料,为系统研究该类矿床的富集规律创造了条件。本文试图从数据出发,利用数理统计的方法,结合已往研究成果对海南岛近岸浅海锆钛砂矿床的富集特点及机理进行一些粗浅研究,以期对今后滨海浅海找矿提供一些参考。

关键词: 锆钛砂矿 统计 富集规律

锆、钛是经济社会发展不可缺少的重要金属矿产资源。90%的钛矿用于制造钛白颜料,其余10%是制造海绵钛、钛金属、钛合金、焊条涂料等,应用于钢铁、航空、航天、军事、交通、电器、医疗器械、新兴结构材料及防腐材料等工业,被誉为“继铁、铝之后处于发展中的第三金属”^[1]。锆矿主要用于炼钢生产中的不定形耐火材料及耐火砖的原料,锆金属是制取核反应堆结构材料和控制棒用锆和铪的不可替代的原料,使其成为重要的战略物资;其合金广泛用于原子能、宇航、机械、军事、耐腐蚀的机械设备等工业,锆被誉为“战略金属”和“电子技术最有前途的金属”^[2]。

中国是世界锆、钛资源丰富的国家之一(表1),而海南是中

国锆、钛资源比较丰富的省份之一(表2),其储量在全国同类矿床中占有重要的地位,亦有较好的找矿前景。

表1 截止2007年底中国、世界锆英石、
钛铁矿、金红石资源基础储量对比表

地区	锆英石 (ZrO ₂) 万吨	钛铁矿 (TiO ₂) 万吨	金红石 (TiO ₂) 万吨
中国	62.12	23312	58.7
世界	3750	68000	4200

(注:表1中基础储量为“111b+122b”)

表1 回收率测定结果

添加量 (μg)	平均本底量 (μg)	实测浓度 (μg)	回收率 (%)	RSD (%)
		0.0766	103.51	
		0.0755	102.03	
0.05	0.024	0.0743	100.41	2.78
		0.0749	101.22	
		0.0711	96.08	
		0.0412	105.64	
		0.0406	104.10	
0.015	0.024	0.0405	103.85	1.11
		0.0411	105.38	
		0.0401	102.82	
		0.0371	127.93	
		0.0352	121.38	
0.005	0.024	0.0321	110.69	10.19
		0.0293	101.03	
		0.0375	129.31	

2.4 样品测定结果

取试样溶液20 μl,注入高效液相色谱仪,记录色谱图,获取峰面积,用外标法进行计算。获得油条食品中的苯并[α]芘含量结果。

3 讨论与结论

3.1 提取溶剂的选择

利用苯并[α]芘在苯中易溶的特性,且国内外广泛采用苯来提取多环芳烃类物质,所以实验采用了苯为提取剂,其回收率、线性关系考察都有较理想的效果,实验结果表明效果很好。

3.2 提取方式的确定

本方法采用超声萃取并对提取的次数,时间以及溶剂的使用量等参数进行了优化,最终确定了本实验部分条件。且超声振荡提取后再进行皂化,从而根本上解决了直接皂化提取的弊端。

3.3 流动相的选择

流动相的比例及流速,色谱柱的柱温对分离效果有直接影响,流动相中乙腈体积的大小直接影响到苯并[α]芘的出峰时间,乙腈比例增大,对物质的洗脱能力增强,苯并[α]芘的保留时间缩短,但与样品中其他杂质分离不好,乙腈比例减小,样品溶液中各个色谱峰分离度改善,但苯并[α]芘的保留时间延后,增加分析操作时间,经反复试验,确定了A相乙腈B相为水,梯度洗脱,即可使保留时间缩短,又可以良好的分离。

3.4 安全分析

从分析结果来看,宝丰县城该抽查点的油条食品中苯并[α]芘的含量为5.086 μg/kg,超过我国食品的控制标准(5.0 μg/kg),说明该抽查点的油条食品安全状况对人的健康存在一定的影响。

总之,利用超声振荡提取后皂化的方法,可以提高样品的回收率,提高方法的准确性。色谱条件易于掌握,测得数据重复性好,线性关系好,精密度和准确度均能满足分析要求。

参考文献:

1. 杨业鹏,徐厚恩,芦春林,等.苯并[α]芘对人血淋巴细胞遗传损伤6项指标的敏感性比较[J].中华预防医学杂志,1994,28(5):275-277.
2. 刘治娟,姬艳丽,吴源,等.苯并[α]芘引起鼠胸腺细胞DNA损伤及其机制[J].毒理学杂志,2005,19(4):284-286.
3. 江艳艳,罗晓星,赵德化,等.苯并[α]芘对人胎盘绒毛膜上皮细胞中CYP1A1 mRNA表达的诱导作用[J].第四军医大学学报,1999,20(6):11-12.
4. 祝伟霞,魏蔚,杨冀州,等.高效液相色谱法测定乳饮料和奶制品中苯甲酸和山梨酸[J].中国国境卫生检疫杂志,2005,10(5):280-282.

表2 截止2007年底中国、海南锆英石、
钛铁矿、金红石资源储量对比表

地区	锆英石 (ZrO ₂) 万吨		钛铁矿 (TiO ₂) 万吨		金红石 (TiO ₂) 万吨	
	砂矿	岩矿	砂矿	岩矿	砂矿	岩矿
海南	188.6	—	1062.3	—	183.9	—
全国	263.2	375.6	2690.8	67254.9	464.8	950.2

(注:表2中资源储量为“111b+122b+333”)

截止2008年底,海南已探明的锆钛砂矿区55个(其中大型8个、中型9个、小型38个),积累了大量的勘查数据与资料,为系统研究该类矿床富集规律奠定了基础。

1 地质背景

大地构造位置上,海南岛地处两个一级大地构造单元,以海南岛南部的东西向九所-陵水断裂为界,以南的三亚地区及南海在内的广大地区属于南海地台(I₂),以北属于华南褶皱系(I₁),在此基础上进一步划分为几个二、三、四级构造单元(图1)。

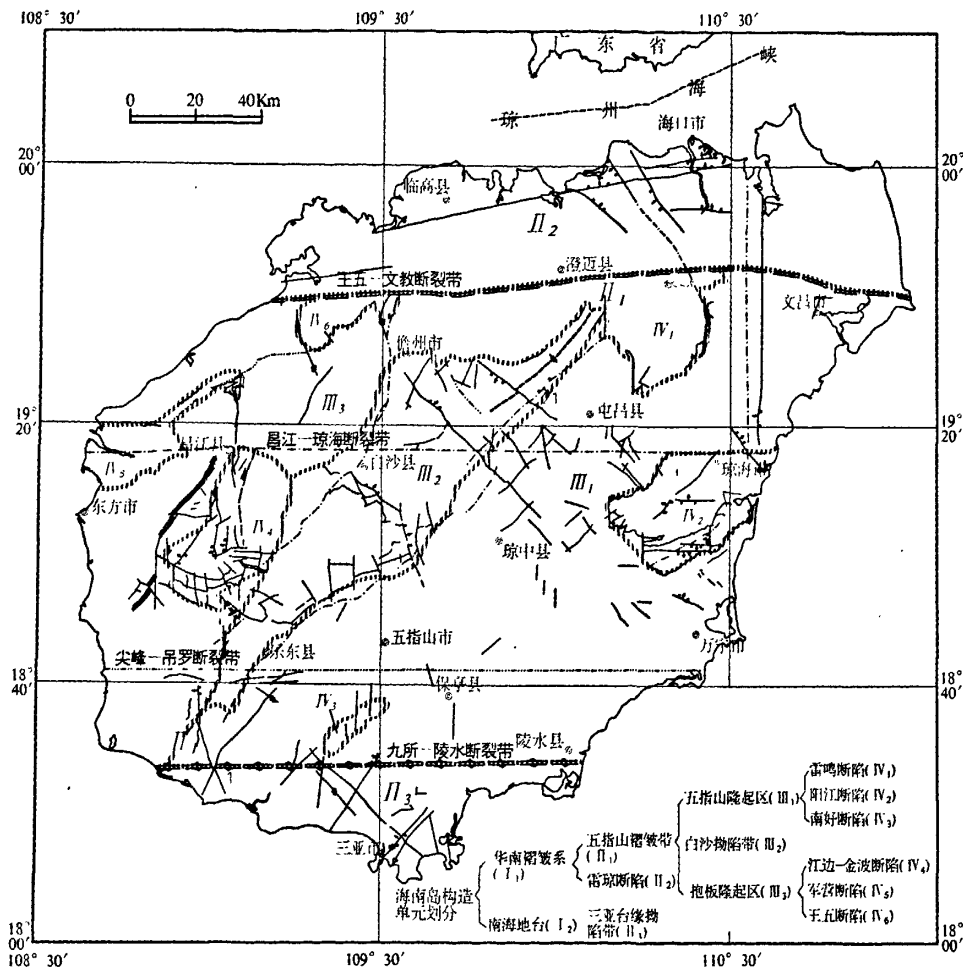


图1 海南岛构造单元划分(据文献[12]改编)

岛内地层发育较全,自中元古界长城系至第四系,除缺失蓟县系、泥盆系及侏罗系外,其它地层均有分布。综合地层分区为九所-陵水断裂以北属华南地层大区的东南地层区,其中九所-陵水断裂与王五一文教断裂之间为五指山地层分区,王五一文教断裂以北为雷琼地层分区的海口小区;九所-陵水断裂以南为南海地层大区,包括西沙群岛、南沙群岛在内的广大海域及近岸大陆架的莺歌海盆地,其中海南岛的陆地部分为三亚地层区。

海南岛侵入岩占全岛国土面积的36.62%。此外,近岸岛屿的岩石大部分为侵入岩组成。其成因类型有I型、S型及A型三种,以I型成因的岩体居主要。岩体时代除震旦纪至志留纪尚未发现有侵入岩之外,长城纪、泥盆纪至白垩纪都有侵入岩分布,尤以三叠纪的最发育,分布最广泛。侵入岩从镁铁质岩到中性岩、酸性岩-酸

性岩都有,60%以上岩性为二长花岗岩。

火山岩的分布面积占全岛国土面积的13.6%。此外,近岸的邻昌岛、东锣岛、西鼓岛也为火山岩所被盖。其中中生代早白垩世火山岩系陆相双峰式火山岩,呈岩被产出,覆盖面积有627平方公里;新生代中新世-第四纪火山岩,呈岩被产出,地表覆盖面积约4000平方公里。属大陆板块边缘内侧与裂谷有关的玄武岩,以富钠为特征的亚碱性的拉斑玄武岩系列和碱性玄武岩系列组成。

海南岛近岸浅海锆钛砂床在成因上与火成岩有密切联系。不同地质体岩石地球化学样品统计结果表明:(1)海南岛各时代地层岩石中Ti、Zr丰度均低于其地壳克拉克值(Ti为5700ppm,Zr为165ppm),同时也低于火成岩中的丰度;(2)对于Ti,火成岩中以喜山期玄武岩丰度最高(13358ppm),其次为海西期中基性岩

(5565ppm) 接近地壳克拉克值; (3) 对于Zr, 火成岩中以燕山早期花岗岩闪长岩(265ppm)、喜山期玄武岩(263.5ppm)、海西期中基性岩(247ppm)和印支期花岗岩(169.5ppm)丰度值大于地壳克拉克值。从成矿的必要性来看, 火成岩(侵入岩、喷出岩)在成因上与锆钛砂矿有着更为密切的关系(表3)。

表3 海南岛不同地质体中Ti、Zr及SiO₂岩石地球化学统计表

元素或氧化物	地层	火成岩	全岛
Ti (ppm)	1560.7	3619.9	1848.0
Zr (ppm)	115.9	192.4	139.0
SiO ₂ (%)	47.8	67.2	57.8

2 成矿物质来源

成矿物质(Ti、Zr)来源于海南岛陆地, 而非海洋。一是因为Ti、Zr难以形成可溶性化合物, 海水中钛的平均含量为0.001ppm, 大约相当于铁丰度的1/60, 锆的平均含量为0.026~0.03毫克/升; 二是由于Ti不易形成碳水化合物, 很难被生物大量吸收, 海洋生物中Ti、Zr的含量是很低的, 例如海生植物中Ti的含量约为12~80ppm。此外, 国内外许多相关研究也表明该类砂矿的物源多与火成岩有关^{[1]~[6]}, 本次岩石地球化学样品的统计结果也支持这一观点(表3)。

本次通过对各类火成岩样品中的Zr、Ti及SiO₂含量的统计分

析结果表明(表4), 火成岩中Ti、Zr丰度与SiO₂含量有密切的关系, 由玄武岩、基性岩至花岗岩随岩石基性程度降低, Ti的含量递降, 而Zr的含量逐渐升高, 这一变化趋势与许多学者对火成岩的研究结果是一致的^{[7]~[11]}, 而且由基性岩到超基性岩(橄榄岩或苦橄岩)钛的含量也降低, 甚至低于钛的克拉克值(表5、表6)。

表4 海南岛不同火成岩石中Ti、Zr及SiO₂含量统计表

岩石类别	Ti含量 (ppm)	Zr含量 (ppm)	SiO ₂ 含量 (%)
花岗岩	1417	281.8	72.3
花岗岩闪长岩	4950	263.0	60.3
中基性岩	5623	245.5	57.5
玄武岩	13490	162.2	51.3

表5 火成岩石中TiO₂含量统计表^[13]

岩石名称	花岗岩	花岗闪长岩	安山岩	辉绿岩	玄武岩	橄榄岩
含量范围	0.08~0.65	0.58~0.94	0.74~1.48	0.53~1.68	1.24~4.42	0.00~0.34
TiO ₂ 平均含量	0.37	0.66	1.04	1.07	2.40	0.015
样品数	227	42	36	80	110	33

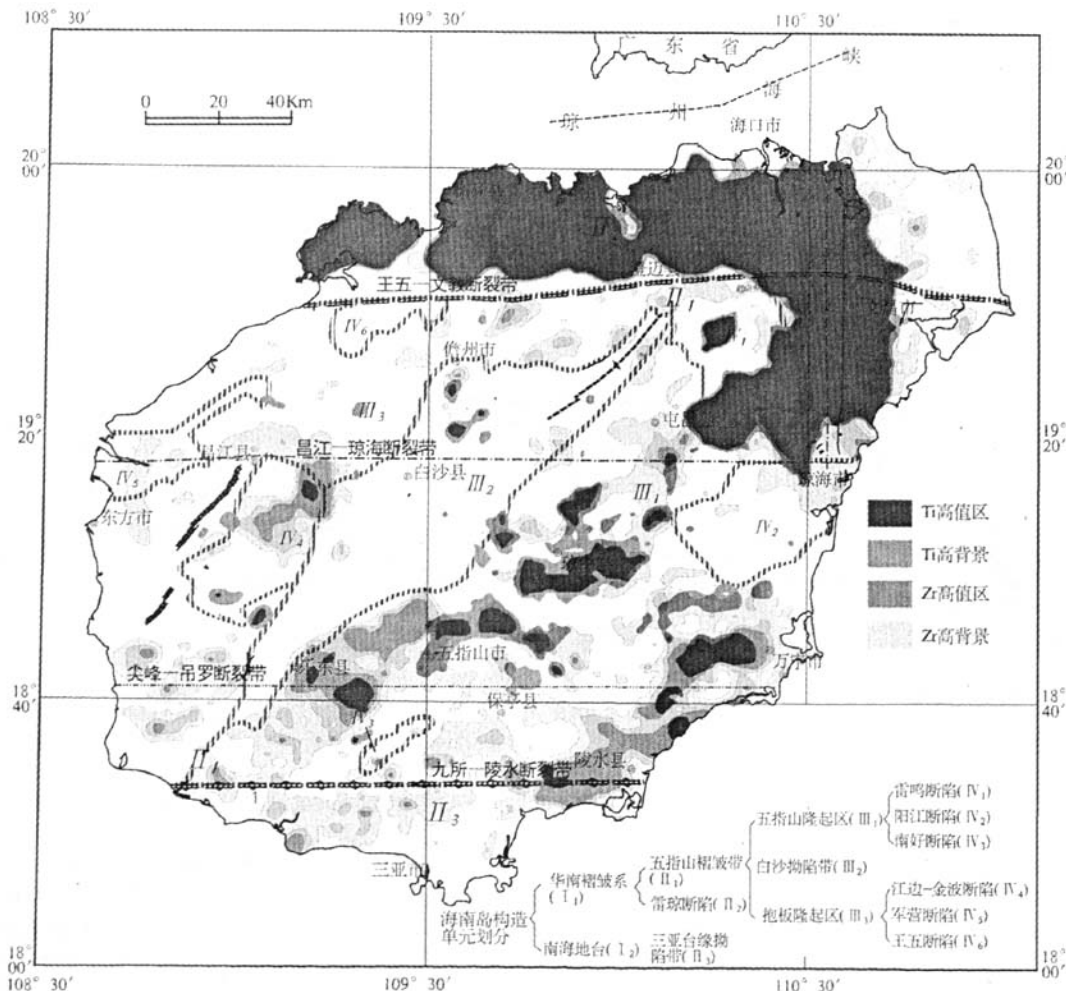


图2 Zr、Ti土壤地球化学高值异常分布

表6 各类岩浆岩中锆的含量 (ppm)^[13]

深成岩	Zr含量	喷出岩	Zr含量
霞石正长岩	680	响岩	600
正长岩	310	粗面岩	500
花岗岩	170	流纹岩	150
花岗闪长岩及闪长岩	140	安山岩	120
辉长岩、斜长岩	110	玄武岩	110
辉石岩+橄榄岩	45		

以上统计表明, 锆钛砂矿中不同有用矿物其物质来源不同, 即成矿物质是多源的。对于钛的来源很可能玄武岩的贡献最大, 其次是花岗闪长岩, 因为这两类岩石在海南岛火成岩中所占面积比例较大, 分布范围较广; 中性岩中Ti含量虽然较高, 但其分布是有限的, 对成矿物质的贡献有限; 对于锆的来源应以花岗岩及花岗闪长岩的贡献为主, 因为玄武岩分布面积虽大, 但其Zr含量有限, 中性岩、霞石正长岩、正长岩出露面积有限, 不是锆的主要来源。这一点与全岛Ti、Zr土壤地球化学测量成果所反映的事实是一致的(图2)。

此外, 本次亦对各期次侵入岩中Ti、Zr含量进行了统计分析, 试图了解成矿元素与岩浆侵入时间次序的关系。结果表明, Ti、Zr等主成矿元素的含量与岩浆侵入时代上不存在相关关系, 仅与岩石物质组成有关。

表7 各类火成岩石主要物质组分相关分析

	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
TiO ₂	1.00									
SiO ₂	-0.77	1.00								
Al ₂ O ₃	0.45	-0.50	1.00							
Fe ₂ O ₃	0.38	-0.43	0.09	1.00						
FeO	0.82	-0.89	0.37	0.40	1.00					
MnO	0.42	-0.63	0.13	0.33	0.55	1.00				
MgO	0.38	-0.72	-0.16	0.31	0.62	0.50	1.00			
CaO	0.54	-0.91	0.30	0.34	0.75	0.57	0.87	1.00		
Na ₂ O	-0.19	0.38	0.14	-0.17	-0.40	-0.15	-0.60	-0.49	1.00	
K ₂ O	-0.32	0.58	-0.18	-0.23	-0.46	-0.33	-0.65	-0.76	0.28	1.00
P ₂ O ₅	0.58	-0.60	0.46	0.37	0.50	0.46	0.22	0.41	0.12	-0.20

②当岩浆熔体中 $Fe^{2+} < Fe^{3+}$ (氧化条件), Ti与Fe形成金红石、赤铁矿组合。金红石中的钛经常被其离子半径相近的 Nb^{5+} 、 Ta^{5+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 Cr^{3+} 、 V^{3+} 等离子类质同象所替代, 形成许多金红石的变种。这种方式并不是海南岛钛铁矿、金红石的主要的生成、富集方式。

③在表生带的钛矿物 (和含钛矿物) 遭受风化作用时, 钛呈氢氧化物 ($TiO_2 \cdot nH_2O$) 沉淀在附近破碎带中, 这种氢氧化物的一部分失水并发生重结晶, 经过锐钛矿-板钛矿最后转变成金红石。这应该是海南岛金红石生成、富集的主要方式。因此在风化壳内部 (或土壤表面) 由于其它元素在风化、水化过程中流失使钛产生相对富集。钛铁矿或金红石在表生作用下常发生白钛石 ($TiO_2 \cdot nH_2O$) 和变榍石 ($TiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot nH_2O$) 化。

(2) Zr的富集机理

研究表明, 锆的独立矿物有38种, 主要是锆的氧化物及硅酸盐, 几乎所有的锆矿物都是内生的 (锆铁硅石除外)。锆的硅酸盐矿物多见于碱性岩 (正长岩), 氧化物 (斜锆石) 则与超基性岩—碱性岩类中的碳酸岩有关, 是在硅不足的情况下形成的。Nb、Ti、

以往研究表明, 各类造岩矿物中以链状硅酸盐Ti含量最高, 其中以角闪石类矿物Ti含量最高, 且随着所在岩石的碱性增强而增高: 铁闪石 ($TiO_2 4.52\% \sim 10.33\%$)、单斜辉石 ($TiO_2 0.29\% \sim 2.11\%$)、斜方辉石 ($TiO_2 0.1\% \sim 1.65\%$); 其次是层状硅酸盐, 其中以黑云母含钛最高, 次之为金云母, 白云母含Ti最低; 架状硅酸盐最低。玄武岩的主要成分为基性长石、辉石, 次为橄榄石、角闪石、黑云母, 花岗闪长岩中的暗色矿物也较多 (与花岗岩比较), 这也是这两类岩石中富钛的主要原因。

3 富集机理

(1) Ti的富集机理

从理论上讲, 钛在岩浆结晶作用中的地球化学行为取决于岩浆熔体的化学成分及钛的浓度和介质物理化学条件的变化^[13]。

①当岩浆熔体 (主要为中性、基性、碱性) 中 $Fe^{2+} > Fe^{3+}$ (还原条件), Ti^{4+} 与 Fe^{2+} 共同与氧结合形成钛铁族矿物, 大都是 $RO-RO_3$ 或 ABX (其中 $A=Fe^{2+}$, $B=Ti^{4+}$) 型的复氧化物。依生成条件不同而含有各种数量不等的类质同象混入物—Mg、Mn、V, 其次是Cr、Al。海南岛砂矿中的钛铁矿应以这种原生副矿物方式为主。本次研究中对岩浆岩的 Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值进行了统计, 花岗岩的 Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值介于1.02~12.62之间, 花岗闪长岩的 Fe^{2+}/Fe^{3+} 比值介于1.61~2.98之间, 表明其副矿物钛铁矿均是在还原条件的岩浆结晶形成的, 后因风化解体进入风化壳 (层) 中。这也是火成岩石中Ti与 Fe^{2+} 存在明显的正相关关系的主要原因 (表7)。

REE矿物中含锆最高, 锆也常存在于磁铁矿、钛磁铁矿、钛铁矿、金红石、榍石、钙钛矿和锡石中。暗色矿物辉石、角闪石、黑云母对锆的分散起着主要的作用, 浅色矿物含锆很低。

根据砂矿中钛铁矿、锆英石共生事实来推断, 海南岛砂矿中锆英石的富集方式, 很可能是在富Ti、Zr的岩浆结晶过程中以类质同象方式形成的, 以下两种方式为主:

①在富钙的岩浆熔体中, Ti则易形成榍石 ($CaTi(SiO_4)$)。其理论分子式中的化学成分是 $CaO 8.6\%$ 、 $TiO_2 40.8\%$ 、 $SiO_2 30.60\%$, 实际上常混入 ZrO_2 而形成 $ZrSiO_4$ 。

②在碱性富钙的岩浆熔体中 (如碱性岩浆同化了石灰岩或辉长岩和石灰岩接触带中间混染作用强烈的地段), Ti则形成钙钛矿 ($CaTiO_3$)。由于 Ca^{2+} 离子和稀土元素的离子半径较为接近, 首先稀土 (Ce、La……等) 可以类质同象进入钙钛矿。其次, 钙钛矿中的Ti还可被 Nb^{5+} 、 Ta^{5+} 置换, 为保持电荷平衡, 经常是1价 Na^+ 离子置换 Ca^{2+} 离子。由于 Na^+ 、 Ca^{2+} 离子半径相近能够保持矿物晶格构造的稳定性。另外, 在钙钛矿族的矿物中, 还可能类质同象混入Zr、Hf等多种元素。

4 滨海浅海砂矿富集规律

滨海浅海重矿物的次生富集成矿与持续不断的物源供给、成矿物质运移的水动力条件及沉积环境有密切的关系,对于滨海成矿来说,三者缺一不可。如仅有物源条件而水动力条件不足,其成矿也仅限于母岩附近,文昌东海岸陆上的锆钛砂矿床应属此类。母岩风化程度强烈,物源充足,但因基本为滨海平原,水动力条件弱,因此砂矿仅存在于陆上,滨海重矿物异常规模和强度不大,滨海浅海找矿前景一般,

在有利的沉积环境中(如海湾)也可成矿,但离物源(陆上原砂矿)不会太远。海南岛大部分分布的大面积Ti异常高值区,由于其水动力条件不足,成矿物质仅存在于原地风化土或砂层中。

东海岸万宁—陵水段具备了上述三个条件,其异常规模、强度较其他岸段都大,滨海浅海重矿物明显富集,找矿前景很大。近几年的勘查实践,特别是万宁保定海大型锆钛砂矿的发现更加印证了这一点。

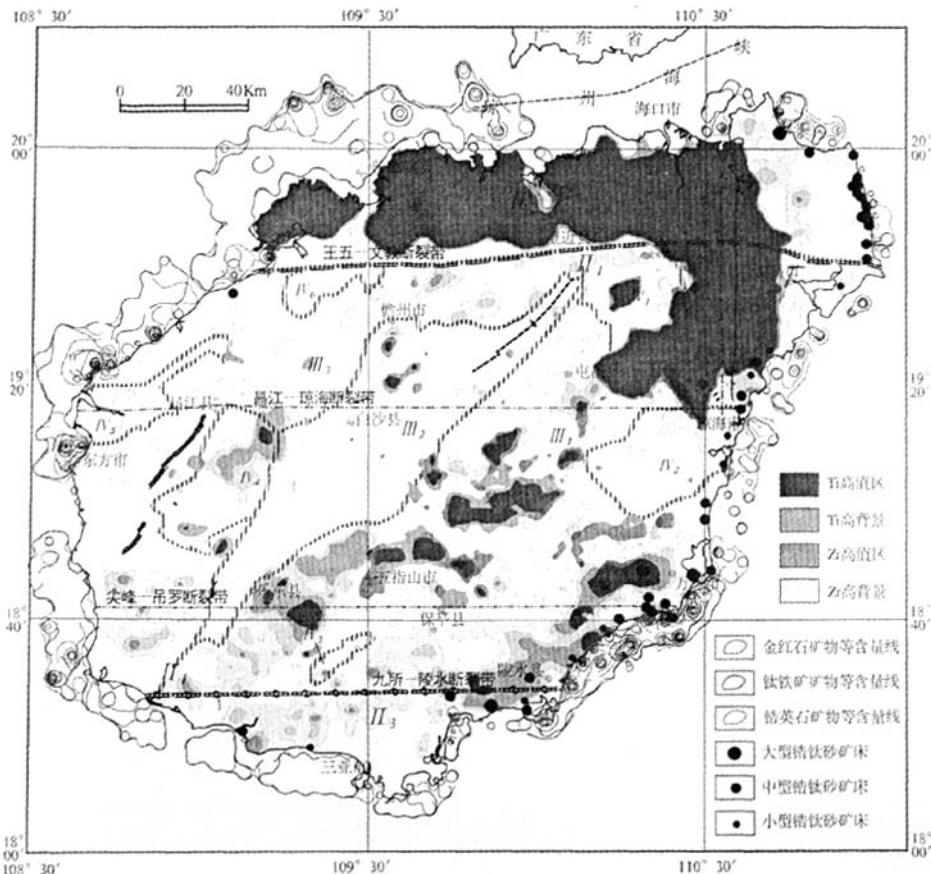


图3 Zr、Ti土壤地球化学异常及滨海重矿物异常分布图

5 结论

(1) 各类火成岩中Ti、Zr丰度与SiO₂含量有密切关系,由玄武岩、基性岩至花岗岩,随岩石基性程度的降低,Ti的含量递增,Zr的含量递减。

(2) 海南岛砂矿中矿物是多来源的:Ti的来源很可能玄武岩及花岗闪长岩贡献最大,Zr主要来源于花岗岩、花岗闪长岩。

(3) Ti是以副矿物方式存在于火成岩中。当富Ti的岩浆熔体处于还原条件($Fe^{2+} > Fe^{3+}$),Ti⁴⁺与Fe²⁺与氧形成钛铁矿物族矿物,大都是RO-RO₃或ABX(A-Fe²⁺,B-Ti⁴⁺)型氧化物,后因风化解体进入风化壳(层)中,海南岛砂矿中的钛铁矿应以这种方式为主。

(4) Zr是以硅酸盐形式为主存在于火成岩中,其很可能是在富Ti、Zr的岩浆结晶过程中以类质同象方式形成的,有以下两种主要方式:①在富钙的岩浆熔体中,Ti则易形成榍石(CaTi(SiO₄)),其理论分子式中的化学成分是CaO 8.6%、TiO₂ 40.8%、SiO₂ 30.60%,实际上常混入ZrO₂而形成锆英石(ZrSiO₄);②在碱性富钙的岩浆熔体中(如碱性岩浆同化了石灰岩或辉长岩和石灰岩接触带中同化混染作用强烈的地段),Ti则

形成钙钛矿(CaTiO₃),在钙钛矿族的矿物中,还可能类质同象混入Zr、Hf等多种元素而形成锆矿物。

(5) 表生带的钛矿物(和含钛矿物)遭受风化作用时,钛呈氢氧化物(TiO₂·nH₂O)沉淀在附近破碎带中,这种氢氧化物的一部分失水并发生重结晶,经过锐钛矿—板钛矿最后转变成金红石。因此在风化壳内部(或土壤表面)由于其它元素在风化、水化过程中流失使钛产生相对富集。钛铁矿或金红石在表生作用下常发生白钛石(TiO₂·nH₂O)和变榍石(TiO₂·Al₂O₃·nH₂O)化。这应该是海南岛金红石、白钛石及榍石等的生成、富集的主要方式。

参考文献:

1. 刘洪树.我国滨海砂矿在第四系中的富集规律[J].海洋地质与第四纪地质,1989,9(2):41~49.
2. 迟洪纪,李秀章,郑作平.山东省滨海砂矿成矿规律及远景区划[J].山东地质,2001,17(5):24~31.
3. 刘仕良.雷州半岛东里区滨海砂矿成矿期的划分.有色金属矿产与勘查,1992,1(5):280~285.
4. 张仲英.雷州半岛滨海砂矿的分布富集规律.地理科学,

跨越天然气管线桥梁桩基冲击钻孔施工数值分析

姜小兰

河南新乡广播电视大学 河南新乡 453000

摘 要: 本文结合跨越天然气管线的桥梁桩基冲击钻孔施工方案, 利用LS-DYNA3D程序模拟得到了管道周围质点的振动速度和位移的时程曲线, 分析了桥梁桩基冲击钻孔对天然气管线的影响规律, 为桩基冲击钻孔施工提供参考和技术支持。数值模拟结果表明: 有限元模拟得到的管道周围质点的振动速度时程曲线与现场实测的曲线比较相像, 幅值也比较接近; 天然气管道周围质点的最大振动速度为0.8cm/s, 最大位移也仅为0.3 μm, 小于冲击振动控制标准值和报警值, 冲击钻孔施工对管道安全不构成危害。

关键词: 顺层边坡 数值模拟 振动特性 临界振速

一、引言

早至古罗马时期, 地下管道就被作为城市排水设施使用。目前, 地下管道已经成为现代社会中一种重要的基础设施, 是除公路、铁路、水运和航空以外的第五大运输方式, 在市政、交通、水利、输油以及矿山等工程中得到了广泛的应用(如西气东输、西油东送、南水北调等工程), 在社会生产和生活中发挥着举足轻重的作用^[1]。

由于埋设在地下的管道, 除了要受到填土压力、交通荷载和管道内压等荷载外, 还会受到周围环境荷载的影响。特别的, 新建路桥不可避免的从地下管道旁边经过或者跨越, 由于施工产生的荷载虽然不直接作用在管道上, 但它通过地层的传递最终会对管道产生不利影响, 也给管道的正常使用与安全运行带来了严重的挑战。国内外曾发生过多起油气管线被施工、勘探破坏的严重事故。

冲击成孔法是桩基施工的重要方法之一, 它系用冲击式钻机或卷扬机悬吊冲击钻头上下往复冲击, 通过钻头的冲击作用, 将岩石或卵石破碎, 部分碎渣和泥浆挤入孔壁中, 大部分成为泥渣, 用掏渣筒掏出成孔。但是, 冲击式钻机在进入岩石地层时, 在整个冲击过程将产生非常大的冲击振动, 这个冲击振动的频率低、密度大、周期短, 将严重危及地下管线的安全。因此, 研究地下管线在冲击荷载作用下的力学特性具有重要意义和工程应用价值。

本文以某跨天然气管线桥梁桩基冲击钻孔施工为例, 利用LS-DYNA3D进行数值模拟, 分析最不利工况下管道周围各质点的振动特性, 为桩基冲击钻孔施工提供参考和技术支持。

二、工程概况

该标段施工项目中, 存在与既有天然气管线交叉的特大桥, 特大桥全长左幅817.5米, 右幅804米, 桥墩为双柱式钢筋混凝土桩

柱桥墩。桩孔直径1.8米的50根, 直径2.0米44根, 桩长20~33.5米不等。临近管线的桩位为11号墩至14号墩所在16根桩位, 距离管线分别为6.83至36米不等, 平均桩深27米。

2.1 工程地质概况

工程地质测绘及钻探揭露, 该桥址区属于河床地区, 地形略有起伏。河床堆积亚砂土、圆砾土、卵石土, 厚度大概在10~15米左右。下伏白云岩, 节理裂隙较发育, 岩石较完整, 场区内无不良地质现象。

2.2 施工方案

本处桩基施工采用 人工挖孔结合冲击钻孔施工, 人工挖孔使用混凝土护壁, 孔内地下水丰富无法进行人工挖孔施工, 则改用冲击钻进行钻孔施工。其中, 冲击锤重4吨。

三、有限元模型的建立

3.1 有限元模型尺寸

计算模型基本尺寸取天然气管道埋深4.2m、距冲击点最小距离为6.3m, 冲击钻孔已开挖深度7.7m, 如图3所示。

根据该工程的实际情况和对称情况, 取实际模型的二分之一来建模, 计算模型基本尺寸为20×20×10m, 如图2所示。天然气管道埋深4.2m、距冲击点最小距离为6.3m, 亚砂土层厚度1.3m、圆砾土层厚度1.5m、卵石层厚度3.9m, 强风化白云岩厚度12.3m。根据最不利位置, 选择冲击面刚好与天然气管道在同一水平时的最不利工况进行模拟, 如图2所示。

3.2 单元的选择及边界条件

各种材料的网格划分全部采用SOLID164单元, 采用渐变式网格对重点区域网格适当加密, 本模型共计264432个节点和248840个单元, 模型网格图如图3所示。为了较好地模拟无限域条件, 模

1991, 11(2): 134~141.

5.赵一鸣.金红石矿床的类型、分布及其主要地质特征.矿床地质, 2008, 27(4): 520~529.

6.杨胜明.华南滨海砂矿形成的若干问题.1994, 94(2): 20~30.

6.杨道斐.华南滨海砂矿分布特征和浅海找矿.1994, 93(4): 1~22.

6.牛玉勤, 姜成良, 李翠云, 肖洁.海滨砂矿中钛铁矿、金红石、独居石与锆英石浮选分离的研究.北京矿冶研究总院学报, 1993, 2(1): 23~29.

7.王占岐.海滨砂矿中金红石矿综合利用研究.地球科学—中国地质大学学报, 1998, 23(6): 624~627.

8.叶金镜.广东省西南沿海砂矿成矿地质条件浅析.西部探矿工程, 2006: 239~240.

9.李振元.广东省西南部滨海砂矿成矿地质条件及找矿方向初步分析.17~24.

9.洪文兴, 朱祥坤.独居石微粒微区成分分布的研究.高校地质学报, 2000, 6(2): 167~172.

10.高玉德, 向延松.残坡积型钛铁矿砂矿粗选工艺的研究.1995, 5(2): 91~96.

11.邓丽红.磷钇矿选矿特性的研究.矿产保护与利用, 1997, 3: 12~14.

12.海南省地质矿产勘查开发局.海南省矿床成矿系列及成矿预测, 2001: 1~157.

13.刘英俊, 曹励明, 李兆麟等著.元素地球化学.科学出版社, 1984: 1~518.

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项项目(项目编号: 200811126)资助。

作者简介: 王艳霞(1978年—), 女, 2001年毕业于中国地质大学(武汉)地质矿产勘查专业, 获学士学位; 现长期从事矿产地质勘查和研究工作。

作者: [王艳霞](#), [矫东风](#), [朱水权](#), [余兴邦](#), [潘燕俊](#)
作者单位: [王艳霞\(海南省地质勘查局934地质队, 海口, 570206\)](#), [矫东风, 朱水权, 潘燕俊\(海南省海洋地质调查研究院, 海口, 570206\)](#), [余兴邦\(海南省海洋地质调查局, 海口, 570206\)](#)
刊名: [大科技·科技天地](#)
英文刊名: [SUPER SCIENCE](#)
年, 卷(期): 2010(10)

参考文献(16条)

1. [刘洪树](#) [我国滨海砂矿在第四系中的富集规律](#) 1989(02)
2. [刘仕良](#) [雷州半岛东里区滨海砂矿成矿期的划分](#) 1992(05)
3. [迟洪纪](#); [李秀章](#); [郑作平](#) [山东省滨海砂矿成矿规律及远景区划](#)[期刊论文]-[山东地质](#) 2001(05)
4. [刘英俊](#); [曹励明](#); [李兆麟](#) [元素地球化学](#) 1984
5. [海南省地质矿产勘查开发局](#) [海南省矿床成矿系列及成矿预测](#) 2001
6. [邓丽红](#) [磷钇矿选矿特性的研究](#)[期刊论文]-[矿产保护与利用](#) 1997(03)
7. [高玉德](#); [向延松](#) [残坡积型钛铁矿砂矿粗选工艺的研究](#)[期刊论文]- 1995(02)
8. [洪文兴](#); [朱祥坤](#) [独居石微粒微区成分分布的研究](#)[期刊论文]-[高校地质学报](#) 2000(02)
9. [李振元](#) [广东省西南部滨海砂矿成矿地质条件及找矿方向初步分析](#)
10. [叶金镜](#) [广东省西南沿海砂矿成矿地质条件浅析](#) 2006
11. [王占岐](#) [海滨砂矿中金红石矿综合利用研究](#)[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 1998(06)
12. [牛玉勤](#); [姜成良](#); [李翠云](#); [肖洁](#) [海滨砂矿中钛铁矿、金红石、独居石与锆英石浮选分离的研究](#)[期刊论文]-[北京矿冶研究总院学报](#) 1993(01)
13. [杨道斐](#) [华南滨海砂矿分布特征和浅海找矿](#) 1994(04)
14. [杨胜明](#) [华南滨海砂矿形成的若干问题](#) 1994(02)
15. [赵一鸣](#) [金红石矿床的类型、分布及其主要地质特征](#)[期刊论文]-[矿床地质](#) 2008(04)
16. [张仲英](#) [雷州半岛滨海砂矿的分布富集规律](#) 1991(02)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dkj-kjtd201010227.aspx