海南岛早前寒武纪片麻岩的岩石化学特征 和构造意义的初步研究

吴根耀¹,侯 威²

¹中国科学院地质与地球物理研究所,北京 ²中国科学院办公厅,北京

收稿日期: 2023年3月21日; 录用日期: 2023年5月25日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

海南岛九所 - 陵水断裂以北地区出露的中元古代花岗岩里有早前寒武纪花岗 - 绿岩地体的残块。片麻岩 是英云闪长质 - 奥长花岗质 - 花岗闪长质片麻岩(常称TTG岩套或灰色片麻岩)和花岗质片麻岩组合,以 低铝片麻岩为特征。岩石化学特征与扬子克拉通的早前寒武纪片麻岩相似,说明海南克拉通在起源上与 扬子克拉通有亲缘性。中生代时海南岛地区位于福建以南,因新生代亚洲东南大陆边缘的裂解而与福建 分离并向西南漂移。海南岛现今的北东向构造是福建沿海燕山期北北东向构造的南延,因海南岛逆时针 旋转了约160°而形成。片麻岩呈北东向条带状延伸即受这一新生代构造控制。

关键词

片麻岩,岩石化学,低铝型,北东向构造,早前寒武纪,海南岛

A Preliminary Study on Petrochemistry Features and Structural Significances of Early Precambrian Gneisses in the Hainan Island

Genyao Wu¹, Wei Hou²

¹Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing ²General Office, Chinese Academy of Sciences, Beijing

Received: Mar. 31st, 2023; accepted: May 25th, 2023; published: May 31st, 2023

Abstract

North of the Jiusuo-Lingshui Fracture, there outcrop some relict blocks of Early Precambrian gra-

no-greenstone belt terrene floating in the Meso-Proterozoic granites. The gneisses are composed of trondhjemitic-tonalitic-granodioritic gneiss (the TTG suite or gray gneiss) and granitic gneiss. The petrochemical features indicate the Hainan Gneiss being the low- Al_2O_3 type, similar with the basement gneisses of the Yangtze Craton. It means the Hainan Craton, originally, having an affinity with the Yangtze Craton. During Mesozoic, the Hainan district would locate in south of Fujian. The Cenozoic rifting of Asian SE continental margin resulted in that the Hainan Island disjointed from Fujian and drifted southwestwards in the South China Sea. Meanwhile, the Hainan Island rotated about 160° anticlockwisely. The schist extends in a northeastward band, which is controlled by this Cenozoic tectonic movement.

Keywords

Gneisses, Petrochemistry, Low-Al $_2O_3$ Type, NE-Striking Tectonics, Early Precambrian, The Hainan Island

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). <u>http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</u> CC ① Open Access

1. 引言

海南岛最醒目的构造,是一组近东西向的断裂,其中九所 - 陵水断裂是一条重要的构造边界(图 1)。 本文仅讨论九所 - 陵水断裂以北的地区。该地早前寒武纪的地质记录(最初被称为前地槽期的地质记录), 在 20 世纪 90 年代已获得了同位素年龄值方面的证据。分布于琼西昌江 - 感城一带的花岗岩,俞受鋆等 利用 U-Pb 法测得其锆石的结晶年龄为1440.87 Ma [1],梁新权获得 1379 ± 16 Ma 的 Sm-Nd 等时线年龄[2], 丁式江利用 Pb 蒸发法获得 1397 ± 46 Ma 的锆石 Pb-Pb 年龄[3]。这说明其形成时代为中元古代。

在中元古代花岗岩里常见片麻状花岗岩或片麻状花岗闪长岩的捕掳体。侯威等对琼西昌江的这些捕 掳体测得的 Sm-Nd 等时线年龄为 2885.07 ± 23 Ma [4]。张业明等则对琼中的斜长片麻岩和斜长角闪片岩 分别获得了 2562 Ma 的锆石 U-Pb 协和年龄和 2500 Ma 的 Sm-Nd 等时线年龄[5]。这表明琼西和琼中曾有 过中太古代 - 新太古代的基底岩石发育。此外,梁新权等对海南岛中部屯昌的玄武质科马提岩测到 1687 ± 10 Ma 的 Sm-Nd 等时线年龄[6],对昌江土外山抱板群的石英云母片岩测得 1700.9 Ma 的 Sm-Nd 等时线 年龄[2]。这说明海南岛中 - 西部地区发育过中 - 新太古代至古元古代的花岗 - 绿岩地体,原绿岩带的火 山 - 沉积岩系普遍遭受了角闪岩相的变质作用。本文将该地的原始大陆地壳称为海南克拉通。

尽管之后又不断获得了海南岛早前寒武纪花岗-绿岩地体的同位素年龄值(包括锆石 U-Pb 法年龄), 它们只是被中元古代花岗岩捕获的无根漂浮体,因而对其岩石学和地球化学的研究一直进展不大。笔者 则注意到这样的事实:这些捕掳体呈近北东向成带状分布,甚至其片麻理走向也几乎一致地呈近北东向, 与海南岛的近北东向区域构造线一致,反映它们尽管遭受了后期的改造,但仍可能保留了海南岛区域构 造演化的大量信息,故试着对这些片麻岩基底的残块作了一些初步研究。

2. 样品采集和测试

海南岛早前寒武纪片麻岩残留体分布于西、中、东三条带上(图1)。西带在昌江至二甲山一线。采样 点 1 位于昌江县石碌铁矿西南、抱板金矿带的东北,片麻岩以一条不宽的眼球状片麻岩带(韧性剪切带) 与儋县岩体分界。片麻岩内常见3期脉。第1期细脉己有较强揉皱,与片麻理的褶皱一致;第11期为含



金石英脉,近北北东走向。采样点2位于抱板镇以南的抱板金矿带一个兴建中的水库旁边。在金昌金矿 所见,片麻岩被绿岩带下部的变质酸性火山岩覆盖,部分地区片麻岩也可见糜棱岩化现象。

×及旁侧的数字示采样点位置及编号;断裂名称: F_1 .王五 - 文昌断裂; F_2 .昌江 - 琼海断裂; F_3 .东方 - 琼中断裂; F_g . 感城 - 五指山断裂; F_6 .九所 - 陵水断裂; F_7 .戈枕断裂; F_8 .白沙断裂

Figure 1. A map of Hainan Island, showing sample localities 图 1. 海南岛简图,示样品采集位置

中带的范围较大。采样点 3 位于龙塘至定安公路(县道)西侧,地名石磐村。该地的小山由花岗岩构成, 山脚即出露片麻岩; 片麻岩里的黑云母含量较高,故片麻理清楚。采样点 4 在屯昌东南,屯昌至中建农 场公路东北侧有一同兴采石场。样品 8817、8818 和 8820 采自采石场以西的小桥头,样品 8821 采自同兴 采石场,片麻岩上覆的绿岩带底部的变质火山岩内含较多硫化物。该地片麻岩中黑云母的含量较低,色 较浅。采样点 5 位于琼中县城至长征乡的公路旁。采样点 6 是长征乡至和平乡公路旁侧的两个采石场, 均开采绿岩带的岩石,该地的片麻岩和绿岩带地层里都见斜长角闪片岩的脉。采样点 7 位于琼中至红毛 乡公路,沿公路可见"漂浮"在琼中岩体上的绿岩带残块,仅 152 km 碑附近见片麻岩残块。采样点 8 位 于毛阳乡以东的上山公路旁、距山顶约 7 km 处,这里发育一条走向 35°的剪切破碎带,琼中岩体里有若 干个透镜状的片麻岩残块。

琼中岩体可东延至万宁市和琼海市,这两地的片麻岩残块构成本文所称的东带,特点是只见片麻岩 的残块,其上覆的绿岩带的岩石已被全部剥蚀掉了。采样点9位于万宁市北大镇北的内罗村,片麻岩内 见较多含辉钼矿的石英脉,脉走向近东西,产状稳定。采样点10位于琼海市塔洋镇至烟塘村公路的伍圆 村,片麻岩的黑云母含量高,内有较多变质酸性火山岩脉贯入。

总体看,海南岛的地表露头岩石已遭受了较强烈的物理风化作用。本次研究的样品都是在采矿场或 新开辟的通往采矿场的公路壁上采集的。22个岩石样品的常量元素分析由中国科学院地质与地球物理研 究所支撑系统的实验室用传统方法完成,测试结果列于表1。

米样点	样品编号	SiO_2	${\rm TiO}_2$	Al_2O_3	<fe<sub>2O₃></fe<sub>	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K_2O	P_2O_5	烧失	Σ
1	石 2	75.81	0.06	13.29	0.69	0.02	0.05	0.20	2.78	5.42	0.02	0.52	99.87
2	水 1	70.94	0.38	14.05	3.91	0.03	1.07	1.81	2.98	2.88	0.07	2.04	100.15
	水 2	70.29	0.41	13.68	4.13	0.06	1.11	1.57	2.72	3.64	0.07	2.06	99.74
	水 4	66.24	0.60	14.89	5.64	0.08	1.54	3.11	3.02	2.51	0.12	2.14	99.88
3	881	69.30	0.50	14.90	4.22	0.04	1.24	2.30	3.31	2.95	0.16	0.84	99.76
	882	66.21	0.87	15.24	5.87	0.09	1.58	3.99	2.87	2.12	0.20	0.68	99.71
	883	73.77	0.20	13.61	2.77	0.06	0.21	1.16	3.40	3.62	0.03	1.20	100.04
	886	54.98	0.96	17.29	7.80	0.14	4.89	7.76	2.46	2.22	0.24	0.96	99.70
4	8817	72.68	0.23	14.82	1.53	0.02	0.48	1.65	3.21	4.74	0.08	0.60	100.04
	8818	73.09	0.20	14.76	1.40	0.03	0.39	1.51	3.24	4.73	0.08	0.66	100.08
	8820	73.14	0.13	14.75	0.93	0.01	0.18	0.62	2.38	6.14	0.12	1.28	99.68
	8821	71.85	0.23	14.39	1.26	0.02	0.42	1.29	3.08	5.81	0.09	1.14	99.58
5	892	78.02	0.32	8.00	2.77	0.08	1.07	5.02	0.97	2.72	0.04	0.88	99.88
	893	67.88	0.42	15.20	3.27	0.03	1.26	2.84	2.77	5.02	0.25	0.62	99.56
6	894	60.70	1.57	15.59	7.35	0.07	2.52	5.20	2.81	1.65	0.64	1.60	99.71
	8910	56.42	1.71	15.51	9.25	0.14	3.68	6.84	2.75	2.18	0.47	0.62	99.56
7	Qh9	69.73	0.40	15.28	2.97	0.03	1.25	3.17	2.93	3.30	0.08	0.60	99.73
	Qh10	69.90	0.30	15.54	2.48	0.03	1.07	2.59	2.76	4.62	0.04	0.50	99.82
8	Qh15	74.54	0.15	13.79	1.20	0.02	0.13	0.61	2.28	5.82	0.04	1.26	99.83
9	内 1	70.74	0.37	14.48	3.15	0.04	1.90	0.74	2.47	3.46	0.13	2.42	99.89
	内 1	70.08	0.40	14.71	3.76	0.03	2.14	0.39	3.23	2.43	0.09	2.72	99.98
10	218	69.00	0.51	14.38	4.66	0.05	1.13	4.09	3.16	1.69	0.14	1.20	100.01

 Table 1. Analitical results of the Early Precambrian gneiss samples from the Hainan Island (wt%)

 表 1. 海南岛早前寒武纪片麻岩样品的测试结果(重量%)

3. 岩石化学特征

在 Ab-An-Or 三角图解(底图据 O'Conner [7])上(图 2 左),富钾的 9 个样品落入花岗岩区,为花岗质片 麻岩,富钠的 10 个样品落入英云闪长岩和花岗闪长岩区,表明它们属奥长花岗质 - 英云闪长质 - 花岗闪 长质片麻岩(常称为 TTG 岩套或灰色片麻岩)。另有 3 个样品落入石英二长岩区。

海南岛灰色片麻岩的岩石化学成分, Cao 含量随 Na₂O 和 K₂O 含量升高而降低的趋势较为明显。Na₂O

含量为(2~3)%时(7件样品), CaO 含量平均为 4.34%; Na₂O 含量为(3~4)%时(3件样品), CaO 含量平均为 3.17%。K₂O 含量为(1~2)%时(2件样品), CaO 含量平均为 4.65%; K₂O 含量为(2~3)%时(6件样品), CaO 含量平均为 4.31%; K₂O 含量为(3~4)时(2件样品), CaO 含量平均为 2.37%。这显然与太古宙灰色片麻岩 的特点(参阅 Condie [8])相同。

海南岛的花岗质片麻岩里 Na₂O、K₂O 和 CaO 三者的含量表现出与灰色片麻岩不同的变化。Na₂O 含量从(2~3)%上升至(3~4)%, CaO 含量相应地从 0.8%上升为 1.20%; K₂O 含量从(2~3)%上升至(4~5)%, CaO 含量从 0.39%上升为 1.58%; 随 K₂O 含量上升至(6~7)%, CaO 含量降至 0.62%。



左图中: Tr.奥长花岗岩; To.英云闪长岩; Gd.花岗闪长岩; Qm.石英二长岩; Gr.花岗岩; 右图中: ×为花岗质片麻岩; 黑点为灰色片麻岩; 圈为石英二长岩

Figure 2. Triangular diagrams of Ab-AN-Or classification (the left) and CaO-Na₂O-K₂O (the right) of the gneisses from the Hainan Island

图 2. 海南岛片麻岩的 Ab-An-Or 分类三角图(左)和 CaO-Na₂O-K₂O 三角图解(右)

Condie [8]认为在太古宙的花岗地体中存在两种火成岩演化趋势。一是以英云闪长岩 - 奥长花岗岩趋势, 其 K/Na 比值基本不随 Ca 降低而变化(图 2 右上小图中的①)。另一种则是花岗岩表现出来的更典型的钙 - 碱性趋势, 其 K/Na 比值明显随 Ca 的降低而升高(图 2 右上小图中的②)。在图 2 右的上图中可以 看到海南岛的灰色片麻岩和花岗质片麻岩岩表现出明显的钙 - 碱性趋势。

在海南岛的灰色片麻岩中, Al₂O₃含量随碱金属(Na₂O, K₂O, CaO) 含量增加而增高的趋势较为清楚, 花岗质片麻岩的这一趋势则不清楚(图 3 左下)。由于整套片麻岩的 Na₂O 含量变化较小,为(2~4)%,因而 Al₂O₃含量随 Na₂O 含量变化的趋势不太清楚(图 3 左上)。随<FeO>+MgO 含量升高,灰色片麻岩中 CaO 明显升高,花岗质片麻岩中 CaO 含量变化不明显(似略有降低,图 3 右下)。灰色片麻岩和花岗质片麻岩 的 Na₂O+K₂O 含量都清楚地随<FeO>+MgO 的含量升高而降低(图 3 右上)。

Barker [9]按 SiO₂ = 70%时 Al₂O₃ = 15%为界,将片麻岩分为高铝型与低铝型两类。海南岛片麻岩的平均 SiO₂ 含量为 69.97%,平均 Al₂O₃ 含量为 14.70%,应属低铝型片麻岩。与高铝型片麻岩(如格林兰 Amitsoq 片麻岩[10])相比,海南岛片麻岩的 Al₂O₃、MgO、Cao 和 P₂O₅ 含量明显偏低。

在 AFM 三角图解(图 4 左,图中虚线示贫钾的格林兰 Amitsoq 片麻岩的投影点范围,据[11])上可以 看到:海南岛的灰色片麻岩(未测到奥长花岗质片麻岩的样品)的部分样品可投入 Amitsoq 片麻岩的投影区; 未落入 Amitsoq 区的样品则随镁、铁含量相对增高,钾、钠含量相对降低而显示出辉长岩-奥长花岗岩 趋势(图 4 左小图中的 Tr,据[12])。花岗质片麻岩则较少落入 Amitsoq 片麻岩的投影区,但因其相对高碱 性而投影点较靠近于 A 端。



×为花岗质片麻岩;黑点为灰色片麻岩;左上图横坐标的2、3、4是 Na2O 含量

Figure 3. Al₂O₃ vs.alkali metals diagram (the left), Na₂O + K₂O vs.<FeO >+ MgO (the upper right) and CaO vs. <FeO> + MgO (the lower right) diagrams of the gneisses from the Hainan Island 图 3. 海南岛片麻岩的 Al₂O₃ 对碱金属(左), Na₂O + K₂O 对 <FeO >+ MgO (右上)和 CaO 对 <FeO> + MgO(右下)变 异图

在标准矿物 Q-Ab-Or 三角图解(图 4 右,图中 GT 和 CA 分别示辉长岩 - 奥长花岗岩趋势和钙碱性岩 趋势,据[12])上可以看出:海南岛的灰色片麻岩尽管因其相对富钾而不能落入 Amitsoq 片麻岩的范围, 其 Q 含量变化较大,基本服从辉长岩 - 奥长花岗岩趋势;花岗质片麻岩则因其高钾和 Q 含量相对稳定而 集中分布于该图的中央部位。



Figure 4. AFM (the left) and Q-Ab-Or (the right) triangular diagrams of the gneisses from the Hainan Island. 图 4. 海南岛片麻岩的 AFM 三角图解(左)和 Q-Ab-Or 三角图解(右)

4. 若干问题的讨论

1) 海南克拉通的基底(原始大陆地壳)是奥长花岗质 - 英云闪长质 - 花岗闪长质片麻岩(常称为 TTG 岩套或灰色片麻岩)和花岗质片麻岩组合,其岩石化学特征显示它属低铝型片麻岩。在扬子克拉通西缘地 区出露早前寒武纪的基底片麻岩,如川西南米易(南延入滇中元谋)的垭口片麻岩[13]和川西北康定地区的 康定片麻岩[14],还有江西北部的星子片麻岩[15]等,它们都是低铝型片麻岩。中朝克拉通(曾称华北地台) 上也有早前寒武纪片麻岩出露,如河北遵化的片麻岩,属高铝型片麻岩。这反映从原始大陆地壳的起源 上看,海南克拉通与扬子克拉通显然具亲缘性,与中朝克拉通没有亲缘性。

该套片麻岩代表的原始大陆曾发生过裂解,在新太古代-古元古代发育过绿岩带盆地。绿岩带的火山-沉积记录已遭受角闪岩相的变质作用,伴随基底片麻岩出露,但已遭受严重剥蚀,其残留部分是金 矿赋存的重要层位。

海南克拉通在新元古代卷入了晋宁运动,成为拼合的罗迪尼亚次大陆的一部分。早古生代,罗迪尼 亚次大陆裂解,在海南岛北部可见深水-半深水沉积的下古生界(曾被称为加里东期地槽)[16]。加里东运 动使早古生代的深水-半深水盆地闭合,也使海南岛普遍发育的近东西向构造最终定型。现今所见的早 前寒武纪花岗-绿岩地体的残块呈近北东向展布,应是中-新生代东亚大陆边缘的构造活动改造的结果。

2) 东亚大陆边缘最醒目的构造 - 岩石带,是从日本中部延伸至福建东部的一条燕山期高温变质带。 在日本称领家(Ryoke)变质带,在福建称平潭 - 东山变质带[17]。这条高温变质带实际上向西南延伸进了 海南岛,昌江县出露的抱板群变质岩,其红柱石片岩曾被称为抱板群的第一岩性段。即:这条高温变质 带断续延伸长度可逾 3000 km。

这条变质带已明显遭受了新生代构造活动的改造。在日本,因新生代日本海的张开,日本列岛从已 从亚洲大陆上裂解出去并向东漂移,远离了亚洲大陆本体。在福建,因新生代台湾海峡的张开,大陆边 缘解体,平潭-东山变质带的仅在几个岛上出露,其它地段已没入水下。其东的长乐-南澳断裂带大致 沿海岸分布。在海南岛,高温变质带却位于岛的西部。对这一现象最简单且直观的解释是:海南岛地区 原位于福建的南延位置上,因新生代东亚大陆边缘的裂解而与福建分离,成为南海中的一个岛,并在向 西南漂移的过程中发生了大角度旋转,原来位于岛东侧的高温变质带因岛的旋转而被转动到西部去了。 此外,这条高温变质带在海南岛呈北东走向,不同于福建的北北东走向。

说海南岛地区一度是福建的南延可以得到其他证据的支持。一个证据是:福建中部普遍可见三叠纪的深水-半深水沉积(以大田县发育最好),代表一条向东偏南倾的被动大陆边缘[18]。这条三叠纪的被动 大陆边缘与川滇西部的三叠纪被动大陆边缘呈镜像对称之势:川滇西部的被动大陆边缘向西倾,其西是 古特提斯洋,福建中部的被动大陆边缘向东偏南倾,其东是古太平洋。

海南岛中部也见三叠纪的深水 - 半深水沉积,总体呈近北东向延伸(福建的这套三叠系沉积呈北北东 向延伸)。进一步的调查可以发现:该套沉积向着北西方向水深加大。换言之,海南岛中部的这套三叠系 原是福建中部被动大陆边缘沉积的三叠系的南延,只是因为海南岛地区新生代时与福建发生了裂离,漂 移进了南海并在向西南漂移时发生了大角度的转动,现在所见海南岛的这条三叠纪被动大陆边缘是向北 西倾的(与福建的倾向相反)。

此外,在海南岛的高温变质带(抱板群第一岩性段)以西见一条糜棱岩带(韧性剪切带),实际上是福建的长乐-南澳断裂带的南延,只是因为海南岛发生了大角度的旋转,在福建位于变质带以东的断裂带在海南岛就变成断裂带位于变质带以西了。

3) 据此可进一步讨论新生代的改造问题。现今海南岛的地形是中部高,故河流呈放射状地从中部山 地流向南海。一个有趣的现象是:几乎所有的河流在入海口附近都发生了向左的拐弯。本来,河流在平 原上自高向低地流向大海时都会走直线,随河流携带的碎屑物质在河口沉积下来海岸线不断地向外推进。 如海南岛发生了左行的即逆时针方向的旋转,河口位置也会相应地不断左移,随海岸线继续向外推进而 在新形成的滨海平原上有新的河道形成。结果是:旋转阶段形成的河道相对原"静止"阶段的河道而言 就普遍发生了向左的拐弯。这说明海南岛地区与福建分离后、向西南漂移的过程在新生代里持续进行, 第四纪里还发生了逆时针的旋转。

旋转的角度有多大?由上述可知:海南岛现今所见的近北东向构造,实际上是福建沿海地区燕山期 形成的北北东向构造的南延。如果海南岛旋转的角度恰好为 180°,那么福建的北北东向构造在海南岛仍 为北北东向(只是原来的北端变成了南端);如果旋转的角度仅 160°左右,福建沿海的北北东向构造在海 南岛就变成近北东向构造了。

本文对海南岛近北东向构造的成因提出了一个新的构思: 福建的燕山期北北东向构造的南延并因海南岛发生了近 160°的逆时针旋转而形成。海南岛地区从亚洲大陆东南边缘解体出来并与福建分离,应与南海的张开有关。至于海南岛裂解出来之后发生向西南的漂移并在漂移过程中发生了逆时针旋转的原因,则还需作进一步的研究。

5. 小结

本文首次研究了海南岛的早前寒武纪片麻岩基底,指出它属低铝型片麻岩,表明海南克拉通起源上与扬子克拉通有亲缘性。该套片麻岩及上覆的绿岩地层经历了两次重大的改造。

第一次改造发生在中元古代中期,以上述 1440.87 Ma 的花岗岩活动为证据。花岗岩活动时大面积地 捕掳了基底片麻岩及其上覆的绿岩地层,并因其侵入活动使他们"上升"到地壳浅部或近地表处。当时 片麻岩仍呈面状分布,其片麻理和绿岩地层基本保持原来的产状。这次构造-岩浆活动在扬子克拉通西 部也有明显表现,其不整合面位于会理群的上亚群与下亚群之间,曾被吴根耀命名为西昌运动[19]。

第二次改造发生在新生代尤其是第四纪。海南岛新生代时因左行(逆时针)旋转而派生出的北西 - 南东 向挤压应力场使燕山期的北东向构造进一步得到加强,并有次级的北东向构造发育。中元古代花岗岩里 的早前寒武纪花岗 - 绿岩地体的残留漂浮体现今呈近北东向条带状出露,即是第四纪北西 - 南东向挤压 应力场改造的结果。在这一挤压应力场作用下,花岗 - 绿岩地体的残留体不仅因隆升出露地表,遭受剥 蚀,而且呈近北东向出露,各条带间的隆升也有差异。东带隆起最强,故片麻岩之上的绿岩带的火山 -沉积地层几乎全被剥蚀掉了;相应地,中带的隆起最弱,片麻岩之上的绿岩带的火山 - 沉积地层相对保 存最好,是寻找绿岩型金矿的主要靶区。在西带寻找金矿,还要考虑后期其西的断裂带(福建的长乐 - 南 澳断裂带的南延)的剪切活动和糜棱岩化作用对绿岩型金矿的改造和叠加成矿作用。

参考文献

- [1] 俞受鋆, 夏萍, 邓铁殷, 等. 海南抱板地区中元古代花岗岩副矿物锆石的特征及 U-Pb 同位素年龄测定[J]. 地球 化学, 1992(3): 213-220+313.
- [2] 梁新权. 海南岛前寒武纪花岗岩-绿岩系 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 1995, 11(1): 71-76.
- [3] 丁式江. 琼西戈枕侵入体的地质特征及其发现意义[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(4): 336-343.
- [4] 侯威,陈慧芳,梁新权,王可伏. 海南岛前寒武纪地层的确定及其大地构造演化[J]. 长春地质学院学报, 1992, 22(2): 136-143.
- [5] 张业明, 张仁杰. 琼中新太古宙结晶基底的同位素年代学证据[J]. 中国学术期刊文摘, 1997, 5(7): 872-873.
- [6] 梁新权, 范蔚茗, 许德如. 海南岛屯昌玄武质科马提岩 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质科学, 2000, 35(2): 240-244.
- [7] O'Conner, J.F. (1965) A Classification for Quartz-Rich Igneous Rocks Based on Feldspar Relations. U.S. Geological

Survey Professional Paper, 525-B, 79-84.

- [8] Condie, K.C. (1981) Archean Greenstone Belt. Elsevier, Amsterdam, 171-203.
- [9] Barker, F. (1979) Trondhjemite: Definition, Environment and Hypotheses of origin. In: Barker, F., Ed., Trondhjemite, Dacites and Related Rocks. Developments in Petrology, Vol. 6, Elsevier, Amsterdam, 1-12. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41765-7.50006-X
- [10] McGregor, V.R. (1979) Archean Grey Gneisses and Origin of the Continental Crust: Evidence from the Godthåb Region, West Greenland. In: Barker, F., Ed., *Trondhjemite, Dacites and Related Rocks. Developments in Petrology*, Vol. 6, Elsevier, Amsterdam, 169-200. <u>https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41765-7.50011-3</u>
- [11] McGregor, V.R. (1973) The Early Precambrian Gneisses of the Godthåb District, West Greenland. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 273, 343-358. https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0005
- [12] Barker, F. and Arth, J.G. (1976) Generation of Trondhjemitic-Tonalitic Liquids and Archean Bimodal Trondhjemite-Basalt Suites. *Geology*, 4, 596-600. <u>https://doi.org/10.1130/0091-7613(1976)4<596:GOTLAA>2.0.CO;2</u>
- [13] 吴根耀. 垭口片麻岩的主要岩石化学特征[J]. 岩石学报, 1990(1): 82-91.
- [14] 吴根耀, 张雯华. 康定片麻岩岩石化学特征的初步研究[J]. 矿物岩石, 1990, 10(2): 23-30.
- [15] 吴根耀, 符鹤琴. 江西庐山-星子地区早前寒武纪片麻岩基底的初步研究[J]. 大地构造与成矿学, 1998, 22(2): 138-147.
- [16] 侯威,肖勇,陈翻身.海南岛石碌韧性剪切带的主要特征与"北一"式铁矿的成因[J].地质科学,2007,42(3): 483-495.
- [17] Hayama, Y., Inomata, M., Koido, Y., *et al.* (1996) Comparative Geological Study between Fujian Region in Chins and Inner Zone of Southwest Japan. *Scientia Geologica Sinica*, **5**, 425-434.
- [18] 侯泉林,李继亮. 闽西南前陆褶冲带的初步研究[M]//李继亮. 东南大陆岩石圈结构与地质演化. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 72-83.
- [19] 吴根耀. 从关键地质事件看华南的前寒武系划分[J]. 地层学杂志, 2006, 30(3): 271-286.