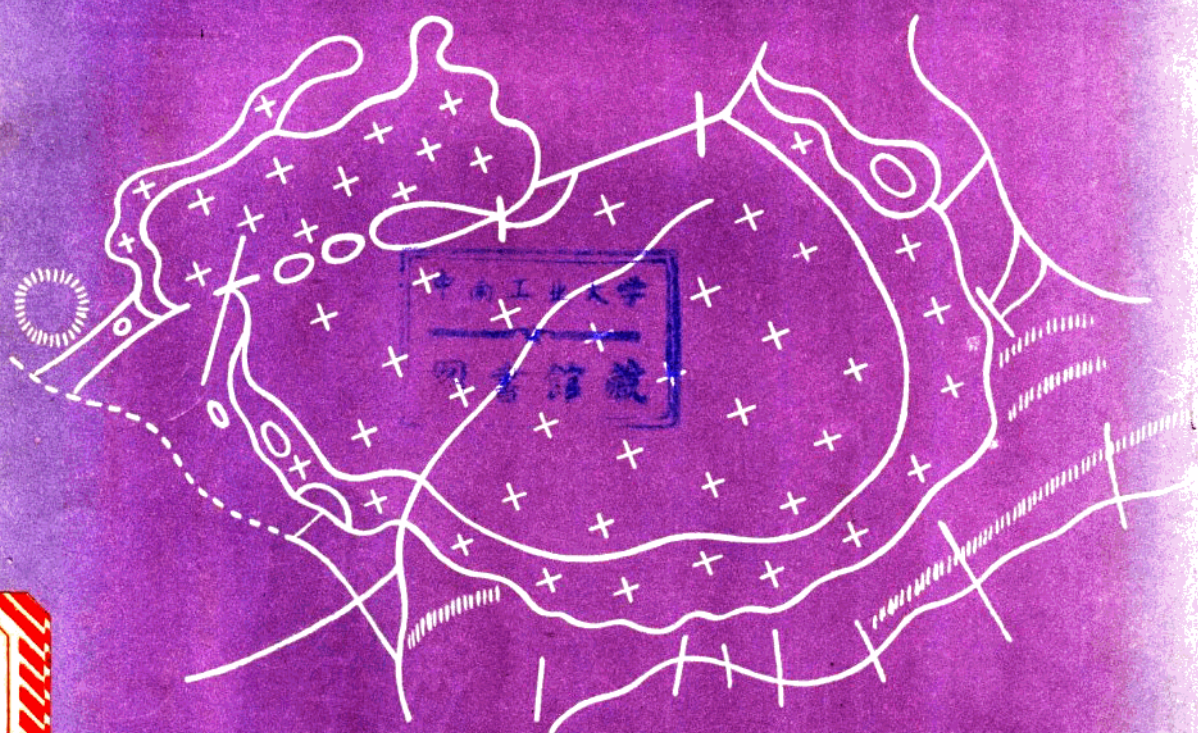


673222



江西灵山花岗岩 地质特征及其成 岩成矿作用

袁忠信 等著



● 北京科学技术出版社 ●

前 言

灵山花岗岩岩体出露面积约 200K m^2 ，为一由多期次岩体组成的复式岩体。主要在复式岩体西及西南侧的蚀变花岗岩和伟晶岩中有钽铌铁矿类矿物产出，在伟晶岩、石英脉和矿化角砾岩中有锡石、钨铁矿、方铅矿及闪锌矿等产出。此外，沿花岗岩西北部接触带尚有少量矽卡岩型铁矿；外接触带的石灰岩，当地农民正在采掘用以烧白灰。

灵山花岗岩及与其有成因关系的W、Sn、Nb、Ta、Pb、Zn矿化，前人进行过不同程度的地质研究工作，在70年代，江西省地质局赣东北地质队及九一五地质队，江西省重工业局九一三地质队、江西冶金地质勘探公司第十一地质队，以及中国科学院贵阳地球化学研究所等单位的同志都曾在本区作过调查研究，提交有相应的地质研究报告。最近在区内进行地质工作的是江西省冶金地质勘探公司第一地质队，国内很多同行知道的松树岗隐伏花岗岩就是该队在钻探中揭露的。1983年，武汉地质学院章锦统、夏卫华同志等曾从事本区花岗岩和石英脉的矿物包裹体及矿化机理的研究，有专门著述发表。所有这些单位和同志们的工作和论述，大大地深化了对灵山复式岩体及其有关矿化的认识。

本书中的研究工作开始于1981年，先后参加野外和室内工作的有袁忠信、白鸽、余时美、刘光海、李双保、郭永泉、王佩华。在研究报告编写之前，李双保和郭永泉分别于1982年底提出有关江西灵山花岗岩岩石矿物特征及成因的研究生论文。本书包括八章，第六章由刘光海独立编写，其余各章由袁忠信编写，最后全文由袁忠信统一定稿，图版照片及其说明由余时美整理编写。本书的编写是在上述许多单位和同志们的工作的基础上进行的：引用了大量数据资料；汲取了不少有益思想；得到了许多具体帮助。特别是江西省冶金地质勘探公司一大队二分队的同志，热情介绍情况，支援分析样品，对我们的研究工作帮助很大。与研究有关的测试分析工作由地质科学院矿床所、测试所、宜昌所、地质所、力学所等有关实验室完成。矿物包裹体测温由矿床所魏家秀、马秀娟担任。岩矿薄片和重砂照像由地质所照像室完成。没有这些先行工作，本书是写不出来的。

目 录

前言	
第一章 区域地质简况	(1)
第二章 岩体地质	(5)
第三章 矿物特征	(21)
第四章 稀土元素地球化学	(36)
第五章 同位素地球化学	(46)
第六章 岩体深部产状	(53)
第七章 岩体形成的物理化学条件	(60)
第八章 岩石成因及成矿机理探讨	(66)
结语	(71)
参考文献	(72)
英文摘要	(74)
图版照片说明及图版照片	(78)

第一章 区域地质简况

江西灵山花岗岩，大地构造上位于扬子准地台江南台隆与华南加里东褶皱带之间的过渡带——钱塘拗陷的西南端（图1），距著名的赣东北深断裂仅约10km。赣东北深断裂为江南台隆与钱塘拗陷的边缘深断裂，对区域内的岩浆活动与矿产的形成起着重要的控制作用。

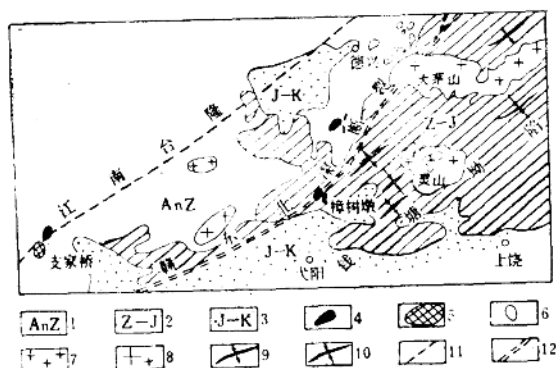


图1 灵山花岗岩大地构造位置示意图（根据朱训等，1983）

1—前震旦系 2—震旦系-侏罗系 3—侏罗系-白垩系 4—超基性岩 5—中性岩 6—酸性岩 7—花岗岩 8—花岗斑岩 9—背斜轴 10—向斜轴 11—断层和破碎带；12—深断裂

钱塘拗陷具双层结构，基底构造层为前震旦系(AnZ)双桥山群及漆工群，厚度在14000m以上，其地层特征见表1。

表1 前震旦系区域地层特征（朱训等，1983）

系	地方性名称	代 号	厚度 (m)	岩 性	接触关系
前震旦系	漆工群	AnZ ₁ qg	2700~3000	千枚岩、凝灰质千枚岩、变质沉凝灰岩和变质凝灰质砂岩，上部夹变质中基性熔岩，下部夹变质杂色砂砾岩	不整合
	双桥山群	AnZ ₁ Z	3000~7000	厚层状变质沉凝灰岩，夹凝灰质板岩，千枚状板岩和千枚岩	整合
		AnZ ₁ j	4360	凝灰质板岩、凝灰质千枚岩、夹千枚岩和变质沉凝灰岩，局部地段夹含炭板岩和变质中、基性熔岩	
	板桥组	AnZ ₁ b	4500	千枚岩、板岩和变质粉砂岩、变质砂岩	整合

由表1看出，前震旦系岩石，除最下部板桥组外，不同程度地含有凝灰质物质。区域内的沉凝灰岩受到浅变质作用又叫做变质沉凝灰岩，岩石呈浅灰、灰或深灰绿色，含大量钠长石和石英晶屑和岩屑，它们与千枚岩结合，呈互层产出，构成一套浅变质的火山-沉积岩系。双

桥山群九都组的岩石化学成分见表2。其中干枚岩和变质沉凝灰岩的Nb、W、Sn、Pb等微量元素含量见表3。从表2资料可以看出,四种岩石的成分十分近似。与一般沉积岩或粘土岩相比,它们的SiO₂、Al₂O₃、K₂O、Na₂O较高,有意义的是Fe₂O₃的含量十分低,这与一般正常沉积岩石显著不同。

表2 九都组岩石的化学成分

岩石名称	化 学 成 分 (%)												总量
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	
干枚岩	64.16	0.72	16.28	1.95	4.30	0.14	2.10	1.04	2.20	3.32	0.17	3.00	99.38
板岩	63.92	0.70	16.27	1.20	5.26	0.10	2.25	0.84	2.53	3.44	0.18	3.22	99.91
凝灰质干枚岩	64.98	0.80	16.10	3.02	3.28	0.02	2.05	0.19	2.03	3.20	0.13	3.08	98.88
变质沉凝灰岩	65.40	0.69	14.46	1.61	4.86	0.14	2.05	1.51	2.45	2.64	0.20	3.02	99.03

表3 九都组岩石的微量元素含量

序号	岩性	样号 ^②	元 素 含 量 ^① (ppm)																
			Li	Sr	Ba	Cu	Pb	Zn	Nb	Ta	Zr	Cr	Ni	Co	V	Mo	W	Sn	
1	变质沉凝灰岩	336	17.84	136.00	510.20	39.22	14.34	110.90	15.31	<10	123.60	65.36	21.95	13.26	87.24	<4			
2	干枚岩	337	25.57	104.60	665.80	67.57	14.38	126.80	19.75	<10	175.60	77.38	32.33	17.90	118.80	<4			
3	干枚岩	377	19.33	38.86	507.70	50.11	13.26	119.50	17.53	<10	184.30	127.60	32.48	11.56	115.40	<4			
4	变质沉凝灰岩	378	12.84	45.54	628.10	36.59	20.39	107.50	16.27	<10	150.00	116.10	26.80	13.80	93.65	<4			
5	干枚岩	411	36.80	127.90	590.00	60.26	19.36	117.40	18.77	<10	201.20	125.70	29.72	13.67	124.40	<4			
6	变质沉凝灰岩	412	33.27	180.30	430.80	56.25	21.08	109.30	15.29	<10	161.60	119.00	27.36	12.72	105.30	<4			
7	干枚岩-变质沉凝岩平均		24.28	105.33	555.43	51.67	17.14	115.23	17.15	<10	166.05	105.19	28.44	13.82	107.47	<4	5 ^④	8 ^④	
8	地壳克拉克值 ^③		21	480	390	63	12	94	19	1.6	130	110	90	25	140	1.3	1.1	1.7	

① 等离子光谱分析 地质科学院测试技术研究所

② 样品由矿床地质所季克俭同志采集

③ 根据黎彤等《元素丰度表》, 1981

④ 根据朱训等, 1983

前震旦系地层见于赣东北深断裂以北, 拗陷区内地表未曾出露, 但从后面讨论可知, 它最可能是灵山花岗岩及其矿化的岩源层和矿源层。

钱塘拗陷的上构造层由从震旦系到白垩系的沉积层构成。震旦系至志留系主要为砂页岩、火山-沉积岩及碳酸盐岩, 地层总厚8000-16000米。泥盆系至三叠系主要由砂页岩及碳酸盐岩组成, 厚度3500m。侏罗-白垩系为零星分布的火山岩、火山碎屑岩及砂砾岩, 总厚约

9000m。灵山花岗岩分布地区主要出露震旦-寒武系,其次见有三叠系及侏罗系。震旦系和寒武系直接构成灵山花岗岩的围岩,其中远离矿化地段的岩石的微量元素含量见表4。这些资料可用以探讨成岩成矿作用。

表4 区域震旦系-寒武系微量元素含量

序号	地层	岩性	元 素 含 量 ^① (ppm)													采样位置
			Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Cu	Pb	Zn	Sn	W	Nb	Ta	Zr	
1	震旦系志棠	灰绿色千枚岩	2	81	4	10	1770	27	22	78	12.5	2.2	11	2.9	326	上 坂
2	震旦系西峰寺组	碳质板岩	9	63	2	86	1440	30	17	39	10.2	0.7	0	2	98	高 家 岭
3	平 均		5.5	72	3	48	1585	33	19.5	58.5	11.4	1.5	5.5	2.5	212	
4	寒武系荷塘	灰色千枚状页岩	11	38	<1	10	10260	20	26	16	<0.1	0.7	0	2.5	68	蔡 村 南
5	寒武系杨柳岗组	暗灰色岩	6	7	2	231	140	18	41	20	<0.1	2.2	0	2	25	石 考 坑
6	寒武系华严寺组	灰黑色碳质页岩	67	122	14	97	16380	43	42	44	7.8	3.6	2.8	2	12	毛 山 东 南
7	平 均		28	55.7	5.7	112.7	8926.7	27	36.3	26.7	2.6	2.2	2.8	2.2	35	
8	地壳克拉克 ^②		21	78	1.4	480	390	63	12	94	1.7	1.1	19	1.6	13	

① 地质科学院测试技术研究所分析

② 根据黎彤等《元素丰度表》, 1981

区域构造主要可分为两类,一类是北东向的褶皱和断裂,常控制岩浆岩及矿带的展布,另一类是由岩浆侵入所造成的环状断裂,与矿化形成有密切关系。北东向褶皱构造最明显的是灵山-怀玉山复式背斜(图1)。灵山岩体所在的葛源向斜为其南翼的次一级向斜构造。北东向断裂最发育的是赣东北深断裂和可能为其次一级断裂的钱塘-信江深断裂。这两组断裂控制了本区的构造、岩浆岩,以及矿产的展布格局。赣东北深断裂的次一级断裂多次活动,既可能是灵山岩体早阶段岩浆上升的通道,又错断了早期岩体,导致晚期岩体的形成。大茅山花岗岩体和灵山花岗岩体,现地表出露为两个分隔的岩体,经研究得知(见第六章),下部这两个岩体相连而为一整体,整体岩体的延展方向大体也作北东向。至于环状断裂,在灵山岩体四周看得最为清楚(图2)。灵山岩体外围环状岩体及平行于岩体接触带的一系列边缘裂隙及逆断层等的出现,均受环状断裂控制。这些裂隙,以不同的角度向岩体中心倾斜,控制了本区伟晶岩的形成。此外,受岩浆侵入影响,与产生环状断裂的同时,还出现放射状裂隙或断层。

除北东向褶皱及断裂构造外,区域内还发育着东西向和南北向的断裂构造。大茅山花岗岩体地表形态作东西延展可能受北东向和东西向断裂构造的复合控制,灵山花岗岩体可能受北东向及北西向断裂构造的复合控制。

燕山期为本区最重要的构造岩浆活动期。构造以断裂为主,沿断裂岩浆喷发及侵入活动十分强烈,具有多期次连续活动的特点。区内主要的岩浆岩可分三类,相当于三期:

1. 基性超基性侵入岩。主要类型岩石有橄榄岩、纯橄岩、蛇纹岩、辉石岩、橄榄辉长岩、石英闪长岩等。樟树墩蛇纹石化橄榄岩及西湾蛇纹岩可作为代表。这类岩石出露面积不大,一般呈岩株、岩瘤及岩墙、岩脉产出,并常沿赣东北深断裂分布,它们的形成明显受深断裂的控制。另一方面,这类岩石的产出意味着赣东北深断裂的切割深度较大。这类岩石形成最早,大致相当于中侏罗世以前产物。

2. 酸性侵入岩。岩石类型主要为黑云母花岗岩,其次为花岗闪长岩。灵山、大茅山黑云母花岗岩可作为代表。这类岩石出露面积较大,呈岩基、岩株产出,也有晚期岩墙、岩脉。岩体的分布大体作北东向,受断裂及褶皱的复合控制。岩体的定位则受北东、东西及北西西向几组断破交汇的控制。岩体的形成具多阶段性,灵山岩体及大茅山岩体都是由同源演化岩浆分阶段侵入而形成的复式岩体。这类岩石形成于中侏罗世以后,属区域燕山期岩浆活动第二期产物。

与上述酸性侵入岩形成的同时或稍晚,有一系列中酸性或弱酸性浅成-超浅成侵入岩形成,它们的面积一般较小,具斑状结构,也多数是多阶段形成的复式岩体。主要岩石有闪长玢岩、石英闪长玢岩,花岗闪长玢岩和花岗斑岩。这些岩石常与铜、钼矿化有关。

3. 酸性及中酸性火山岩及次火山岩。这类岩石呈带状大面积展布,主要为酸性及中酸性熔岩及火山碎屑岩。相应成分的次火山岩,多为超浅成产物,伴有内生金属矿化。这类岩石形成于晚侏罗世以后。

由上简述可以看出,在空间上本区基性超基性及中酸性岩浆活动多局限于拗陷带两侧的断裂带及其附近,主要以浅成-超浅成或喷出形式产出。酸性岩浆活动,特别是酸性侵入活动,多见于拗陷中心部位,在这里地层厚度大。这些岩石的形成与区域地质构造和地层特征有密切成因关系。

由上简述可以推测,本区岩浆物质常具深源特征,除基性超基性岩及中酸性岩物质来源可以来自下地壳或地幔外,区内主要的两个花岗岩体——大茅山岩体和灵山岩体也反映出有深源岩浆物质参与。这两个岩体近于同时形成,大茅山岩体据江西省地质科学研究所铜室采样分析,锶的初始比值 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7051$,后者根据我们的资料, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7056$ 。灵山岩体距主干深断裂较远,位于拗陷的中心部位,其物质来源较为复杂。除部分成岩物质具深源特征外,正如本书将要讨论的,大部分成岩物质来自前震旦系沉积层。

本区的内生金属矿产与区内断裂展布及岩浆活动有密切关系。沿赣东北深断裂的基性超基性岩带分布的有Ni、Cr等的矿化。沿该断裂的中酸性浅成-超浅成岩带分布的有Cu、Mo、Pb、Zn、Ag等的矿床,沿南部浙赣深断裂的中酸性火山岩带分布的有Pb、Zn、Cu、V的矿产。而在拗陷内部与酸性花岗岩有关的有Nb、Ta、W、Sn、Pb、Zn、Fe、Cu等矿化。

第二章 岩体地质

灵山岩体出露于灵山-怀玉山复背斜次一级葛源向斜的西南翼，为一环状复式岩体，面积约200K m^2 （图2）。复式岩体四周多为陡峻高峰，中心地势平缓（图版照片1）。复式岩体的北东侧围岩主要为寒武系华严寺组上部地层，地层走向北西，倾向北东，倾角40°~70°。西南侧围岩主要为寒武系华严寺组下部地层，走向仍作北西，倾向北东，倾角近岩体处可达70°。北侧围岩主要为震旦系西峰寺组地层，而岩体西及西南侧主要为震旦系志棠组地层。复式岩体南面与三叠系安源组砂页岩接触，地层走向北西，倾向南西，倾角50°~72°。从围岩地层产状及厚度看，复式岩体的定位，未引起地层的多大牵引和变动。

灵山复式岩体接触带产状，没有完全搞清。岩体西南部钻孔查知岩体接触面往中心倾斜，但从区域矿化及蚀变面积，以及重力测量资料分析，岩体从上往下可能变大，其形态似北东-南西延伸的上小下大的岩基状岩体（图25、26）。沿岩体外接触带，角岩化、硅化、矽卡岩化作用普遍发育。接触带宽度可达2km。变质围岩有透辉石、堇青石角岩，角岩化白云质灰岩，大理岩化灰岩，矽卡岩化灰岩及透辉石矽卡岩等。在花岗岩内接触带见有围岩扑虏体，在局部地段，可见岩体边缘出现冷凝边，岩体与沉积变质围岩为清楚的侵入接触。

灵山复式岩体主要由下列不同的岩石组成：

I、粗粒似斑状角闪石黑云母花岗岩（ $\gamma_s^{2-2(a)}$ ）

II、中粗粒黑云母花岗岩（ $\gamma_s^{2-2(b)}$ ）

III、中细粒钠长石化黑鳞云母花岗岩（ $\gamma_s^{2-2(c)}$ ）（或简称 γ_{AI} ）

IV、花岗斑岩（ γ_s^3 ）

上述前两类岩石构成灵山复式岩体的主体。其中第一类分布在内，构成核心，第二类岩石沿外侧分布，第三类岩石呈小岩瘤见于第二类岩石的内外接触带。第四类岩体沿北东方向呈串珠状分布，受北东向断裂控制（见图2）。近年来，在松树岗地区，在地表以下约200m深处查定一个隐伏花岗岩体——中细粒铁锂云母钠长石化花岗岩（ γ_{AI} ）。该岩体的矿化与蚀变性质与上述第三类岩石相似但程度不同，可能为同期产物。此外，灵山地区还发育着各种脉岩，如闪长岩脉，花岗岩脉，花岗斑岩脉、花岗细晶岩脉、石英脉和花岗伟晶岩脉等。石英脉和花岗伟晶岩构成本区Nb、Ta、W、Sn、Pb、Zn的矿化。

灵山复式岩体各种岩石的分布见图2，相应的路线剖面见图3。

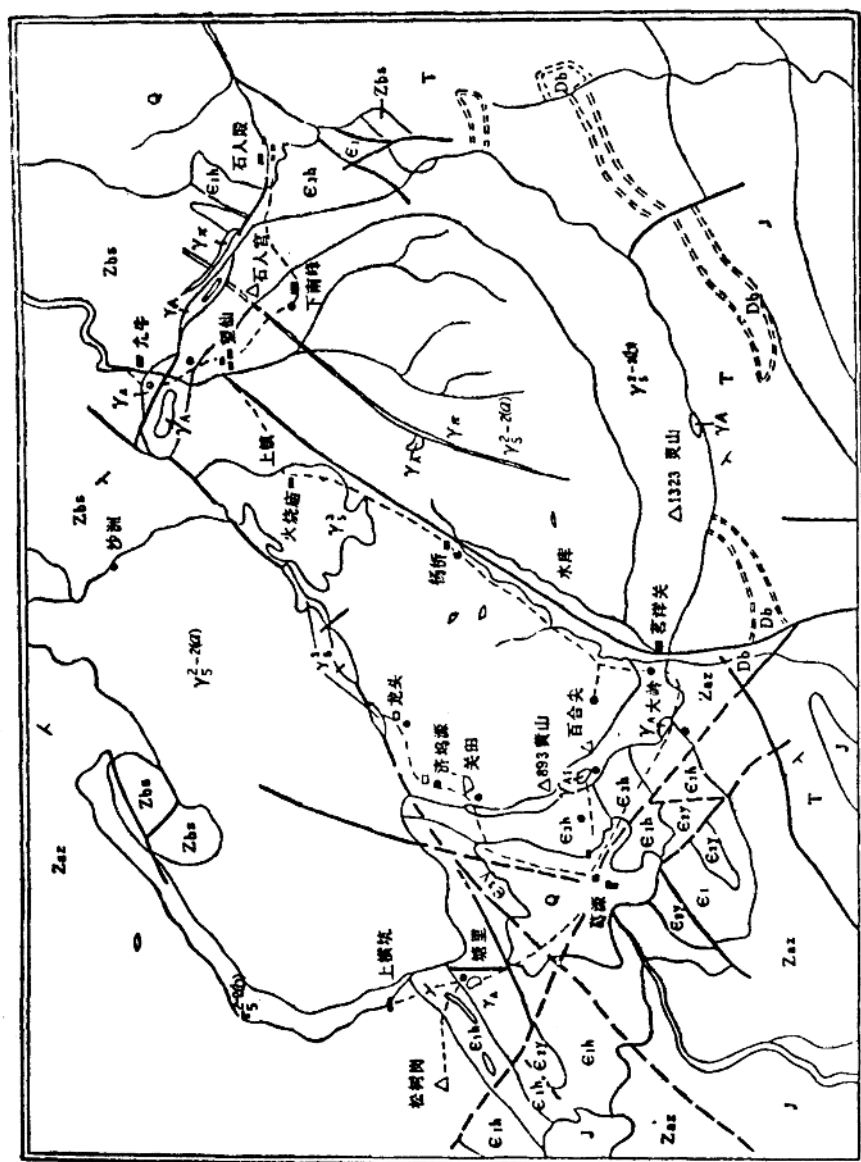
下面对各类岩石的特征作一简述：

一、岩石学特征

1. 粗粒似斑状角闪石黑云母花岗岩（ $\gamma_s^{2-2(a)}$ ）

这类花岗岩约占复式岩体总面积的65%。北面沙洲一带可见其呈枝叉状侵入震旦、寒武系地层中，岩石为灰白色，粗粒至巨粒，似斑状结构。斑晶主要是肉红色-棕褐色半自形正长石，粒度0.5~3cm，次之是更长石（An23~30）、微斜条纹长石及石英，粒度均在0.5~2cm。基质具花岗结构，由粒度不等（小于0.5cm）的更长石、微斜长石、石英、黑云母及角闪石等组成。角闪石、黑云母粒度多在0.1~2mm间。

图2 灵山复式岩体地质简图
(据江西冶金勘探公司一队资料修编)



- 1—第四系 2—侏罗系
- 3—三叠系 4—寒武系上
- 5—寒武系中
- 6—寒武系下
- 7—震旦系上
- 8—震旦系下
- 9—震旦系下统
- 10—动力变质带
- 11—花岗岩伟晶岩脉
- 12—花岗岩斑岩脉
- 13—钠长石化黑
- 14—粗粒似
- 15—中粗粒黑云母花岗岩
- 16—粗粒黑云母花岗岩
- 17—村落
- 18—采样点
- 19—断层
- 20—本次工作路线

Q	1	J	2	T	3	E_3X	4	E_3h	5	E_3y	6	E_3h	7	Zbs	8	Zaz	9	Db	10
γ_0	11	γ_π	12	γ_A	13	γ_5^{2-2G}	14	$\gamma_5^{2-2(b)}$	15	γ_5^3	16	γ_5^3	17	• 12	18		19		20

迪迪埃的分类 (Didier, 1973), 相当于微粒包体。这一类微粒包体 (以下简称 γ_E), 大量产出, 通常呈球形或卵形体 (图版照片 2), 灰绿色到灰黑色, 质地坚硬, 常以球状风化形式突出于岩石风化面上。它们在岩石中零乱分布, 无方向性。小的包体, 直径仅数厘米, 大的可达 0.5~1m。包体岩石常具斑状结构, 有时为细粒花岗结构, 块状构造, 基质为显微粒状或细粒花岗结构。

包体中的斑晶主要为正长石, 半自形, 有序度和三斜度低 (见表 14), 外部也常被覆一层白色更长石 ($An_{16\sim24}$) 薄壳。此外, 斑晶还见有更长石 (An_{30})、角闪石和石英。更长石具清楚的聚片双晶。石英呈浑圆状, 角闪石有时具筛孔构造。斑晶粒度较包围它的岩石——似斑状角闪石黑云母花岗岩中的斑晶要小些。基质矿物成分与斑晶类似, 唯暗色矿物 (黑云母和角闪石) 成分相对较多。基质矿物粒度约 0.2~0.5mm。微粒包体含更长石 30~40%, 石英 15~20%, 钾长石 25~35%, 黑云母 6~9%, 角闪石 5~7%。副矿物有微量锆石, 以及褐帘石、榍石、磁铁矿, 磷灰石、钛铁矿。磷灰石呈针状, 锆石呈自形短柱状。

根据包体的矿物成分和结构构造, 排除了它们是来自四周围岩的扑虏体的可能。另外, 包体的矿物成分和化学成分与包围它的岩石——似斑状角闪石黑云母花岗岩近似, 但成分更为基性, 因而, 也不能把这种微粒包体看作是花岗岩的析离体。这类微粒包体, 按矿物成分和化学成分与德兴铜厂一带的花岗闪长斑岩很近似。很有可能的是, 德兴花岗闪长斑岩和这类微粒包体都是粗粒似斑状角闪石黑云母花岗岩的母源岩石经部份熔融作用后的残留体, 有关这方面的问题, 后面要进一步讨论。

这一花岗岩经采样作 Rb-Sr 法内部等时线年龄测定, 得出年龄值为 $126.92 \pm 3.84\text{ma}$, 考虑到花岗岩形成后受到后期次岩浆和矿化的影响, 126.92ma 的年龄值不能代表岩石的形成年龄, 而可能是后期热事件的年龄。根据中国科学院贵阳地球化学研究所的同志采自黄山主峰的两个黑云母 K-Ar 法年龄资料, 一个为 199ma (表 37, 样品号 B55), 另一个为 140ma (表 37, 样品号 B51)。从地质情况全面分析, 后一个年龄值可能更接近实际情况。

2. 中粗粒黑云母花岗岩 ($r_s^{2-3(b)}$)

这一类花岗岩断续分布于前一类岩体的边部 (图 2), 岩石抗风化能力强, 形成陡峭山峰, 最高海拔 1400m, 出露面积约占复式岩体面积的 30%。岩石与沉积变质岩系直接接触。在内接触带见到大小不一的围岩扑虏体, 它们呈棱角状杂乱地分布。扑虏体呈灰黄-灰黑色, 其中可见千枚岩-砂岩等围岩的片理或层理 (图版照片 3)。因受热变质作用, 扑虏体边部见有黑云母条带。在这一类岩石中也见有少量上述微粒包体。

岩石肉红色-黄褐色, 中粗粒花岗结构, 块状构造, 矿物含量变化较大, 微斜条纹长石约占 40~60%, 更长石 ($An_{20\sim30}$) 10~30%, 石英 20~30%, 黑云母 4~6%。副矿物主要有锆石、磷灰石、磁铁矿、钛铁矿、独居石、锐钛矿、萤石及钍石等。将造岩矿物投在国际地科联推荐的 APQ 图解上得知, 本类岩石应定名为钾长花岗岩或二长花岗岩。

这一类岩体的矿物成分和化学成分变化较大, 大体可分出四个岩性段。

(1) 黄山、望仙、茗洋关等地岩性段 (图 3), 剖面 III

为本类岩体最常见的岩性段。矿物含量为微斜条纹长石 40~50%, 更长石 ($An_{20\sim30}$) 20~30%, 石英 25%, 黑云母 3~4%, 钠长石 1~2%。微斜条纹长石中的钠长石条纹状晶一般呈近于平行的细密束状。更长石聚片双晶发育, 偶被微斜条纹长石熔蚀。钠长石有时为镶边钠长石及交代条纹钠长石。镜下见石英具近六边形轮廓。

(2) 上横坑等地岩性段

矿物含量为微斜条纹长石50~60%，更长石含量降到5~15%，石英20~25%，黑云母1~2%，钠长石增多。微斜条纹长石条纹粗大，穿过长石本身的边界，格子双晶明显，有的边部有钠长石（ $An_2 \sim 5$ ）镶边。个别为反条纹长石。

(3) 茗洋关等地岩体边部岩性段

微斜条纹长石增至50~65%，更长石降至5%，石英含量可达20~35%，黑云母2~5%。

微斜长石为最大微斜长石，格子双晶发育，有时见有卡氏双晶。其中钠长石条纹粗大，在长石颗粒中的面积可达40%，有时甚至超过50%，形成反条纹长石。钠长石一般作微斜长石的镶边，为粒度约0.01~0.05mm的细小板条状。岩石中锆石、萤石、磷灰石的含量较前二类的高。

(4) 黄山矿区中粗粒黑云母花岗岩边部的细晶岩边缘岩性段

此岩性段厚约几十厘米，岩石具细粒花岗结构。矿物含量为微斜条纹长石45~55%，更长石5~10%，石英20~25%，黑云母2~3%，钠长石10%，微斜长石中的条纹钠长石常常延伸至长石以外和单体钠长石联成一体。有的钠长石呈须根状穿插在微斜长石中，具一种很独特的结构（图版照片5）。

3. 钠长石化中细粒黑磷云母花岗岩（ $Y_6^{2-7(c)}$ 或 Y_{Al} ）

这类岩石呈岩瘤状，岩脉状见于复式岩体的内外接触带，如黄山矿区、大岭矿区、九牛、塘里等地。岩体出露面积约0.008~0.1Km²。

岩体主要为灰白色及黄褐色，钠长化弱者为黄褐色，反之为灰白色或白色。块状结构，细粒花岗结构，有时具斑状结构。岩体的矿物含量视钠长石化作用的强弱而有较大的变化，大体上为微斜长石40~60%，钠长石（ $An_1 \sim 3$ ）5~20%，黑磷云母5~7%，石英25~35%。副矿物有锡石、锆石、萤石、黄玉、钼石、铌铁矿、氟碳铈矿、铌钽金红石及铁锂云母等。

这类岩体明显穿切上述第二类岩石，如在望仙-九牛路线的中段见到灰白色钠长石化细粒黑磷云母花岗岩呈条带状穿入中粗粒黑云母花岗岩（图版照片4）。另外，这类岩体不但见于内接触带，也呈岩瘤状赋存在围岩中或 $Y_6^{2-2(b)}$ 的内部。由此可知，钠长石化细粒黑磷云母花岗岩不是灵山复式岩体的边缘相，而是晚于 $Y_6^{2-2(b)}$ 的另一阶段的岩浆-热液活动的产物。

钠长石化细粒黑磷云母花岗岩内见到许多似伟晶岩的囊状体和不规则脉状体，二者之间有时也有较清楚的界线，但多半呈渐变过渡。似伟晶岩囊体外面的岩石多为强钠长石化的细粒花岗岩。这种似伟晶岩的矿物成分和化学成分类似本区的矿化伟晶岩，其中钠长石化作用强烈，云母为铁锂云母，并富含黄玉等富挥发分矿物。锆石晶体呈长柱状，透明度较差， Zr/Hf 比值较钠长石化花岗岩的小。由似伟晶岩和钠长石化花岗岩的关系，可大致推测本区伟晶岩和钠长石化花岗岩的关系，即二者大致近于同时，但伟晶岩是在岩浆-热液演化的更高阶段，在更多挥发分和稀有元素参与下形成的。

灵山岩体西侧约2km的震旦系千枚岩深处经钻探查明一隐伏小岩瘤——松树岗隐伏的铁锂云母钠长石化细粒或中细粒花岗岩（ Y_{Al} ）。岩体呈岩瘤状产出，查明岩体最大标高412m，距地表最小距离200m。岩体顶部平缓，边部较陡，倾角65°~70°。岩体东侧接触面平缓，西

侧较陡，而且形态多变（图4）。岩体从上往下可见到如下的蚀变岩石分带：1.似伟晶岩带；2.微斜长石岩带；3.云英岩或微斜长石云英岩化花岗岩；4.微斜长石钠长石化花岗岩；5.强钠长石化花岗岩。由于岩体带出的气液对围岩作用，地表震旦系岩石广泛受到蚀变作用，有角岩化、硅化、云英岩化、黄玉化、云母化及萤石化等。蚀变岩石的轮廓大致反映出深处隐伏岩体的轮廓及其延展方向（图5）。

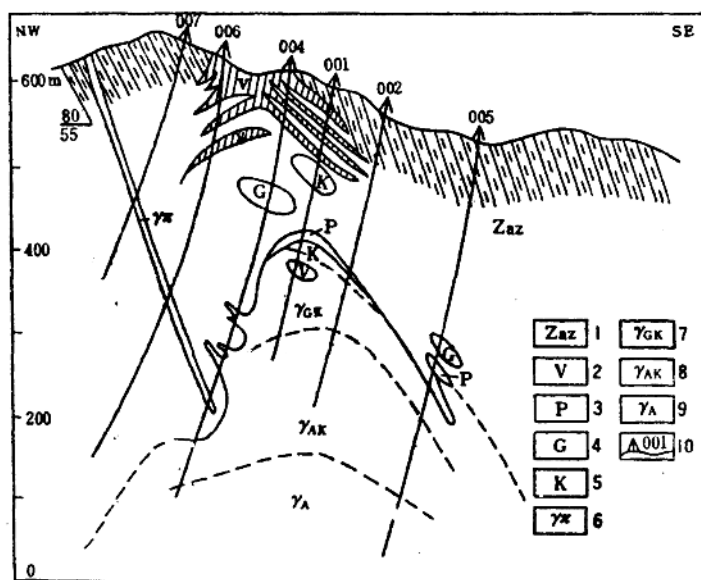


图4 松树岗隐伏岩体0线剖面示意图

1—震旦系干枚岩 2—含钨锡石英脉带 3—似伟晶岩带 4—外接触带云英岩 5—微斜长石岩 6—花岗岩斑岩
7—云英岩或微斜长石云英岩化花岗岩 8—微斜长石钠长石化花岗岩 9—强钠长石化花岗岩 10—钻孔及编号
(根据江西冶金地质勘探公司一大队二分队资料修编)

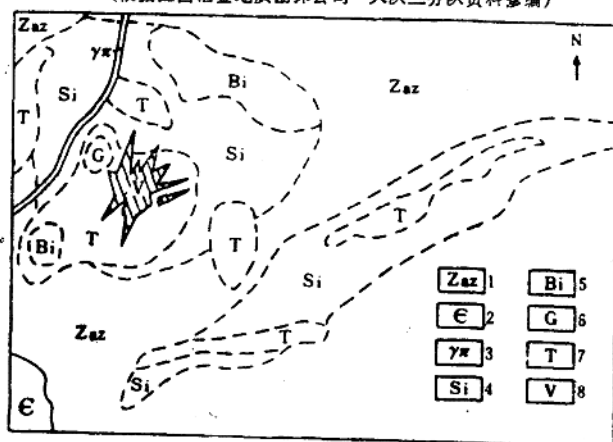


图5 松树岗地表蚀变岩石分布示意图

1—震旦系干枚岩 2—寒武系泥质灰岩及钙质页岩 3—花岗岩斑岩 4—角岩化及硅化岩石
5—云母化岩石 6—云英岩 7—黄玉化岩石 8—钨锡石英脉密集地段
(根据江西冶金地质勘探公司一大队二分队资料修编)

4. 花岗斑岩

花岗斑岩呈岩瘤和岩枝, 串珠状地分布在 $\gamma_2^{2-2(a)}$ 中, 明显受断裂控制。火烧庙岩体是其中最大的一个。岩石为肉红色, 斑状结构, 斑晶为钾长石和石英, 其中石英具六方双锥状, 常被溶蚀。基质具细粒结构, 有时具微晶结构, 钾长石和石英呈文象共生。岩石的矿物组成为钾长石(微斜长石) 50~60%, 石英30%, 钠更长石5~10%, 黑云母2~5%。副矿物见有磁铁矿、钛铁矿、锆铁矿、钼石及黄玉等。在岩体中部见有较粗粒的花岗斑岩, 由于受到挤压, 岩石具碎裂结构, 有时甚至具糜棱结构。石英波状消光及斜长石双晶弯曲现象常见。花岗斑岩是本区岩浆活动的最晚期成员, 黑云母K-Ar年龄为95ma。

在灵山复式岩体东部, 以及在松树岗地区地表, 见有厚达10~20m, 长可达1km以上的花岗斑岩脉, 岩石为肉红色, 石英斑晶也作六方双锥, 且同样受到溶蚀。这些花岗斑岩脉与火烧庙花岗斑岩是否为同期产物, 还不太清楚, 在图上以 $\gamma\pi$ 表示。

灵山复式岩体各种岩石的相互关系, 国内看法不一。大多数同志把上述第一类岩体($\gamma_2^{2-2(a)}$)当作中心相, 把第二类岩体($\gamma_2^{2-2(b)}$)当作过渡相, 第三类岩体($\gamma_2^{2-2(c)}$)当作边缘相。即它们是一种相变关系。钠长石化细粒花岗岩有两种产状, 一是呈单独岩体穿切 $\gamma_2^{2-2(b)}$, 我们把它看作是晚于 $\gamma_2^{2-2(b)}$ 的另一次岩浆贯入形成, 记为 $\gamma_2^{2-2(c)}$ 或 γ_{A1} 。另一是以细晶岩边缘形式见于 $\gamma_2^{2-2(b)}$ 与围岩的接触带上, 我们把它看作是 $\gamma_2^{2-2(b)}$ 的一个岩性段, 是后者的边缘相。

对于第一类和第二类岩石, 我们看作是不同期次的产物, 不认为它们具相变关系。主要根据是:

(1) 两类岩石的矿物成分迥然不同。第一类岩石含角闪石, 第二类完全不含。副矿物中第一类岩石以褐帘石、榍石、磁铁矿为代表, 第二类岩石以独居石、钛铁矿、锐钛矿为特征;

(2) 两类岩石的造岩元素和微量元素含量明显不同, 这在后面进行讨论。

(3) 两类岩石抗风化能力不同, 前者弱, 后者强, 从而形成的地貌也显著不同, 前者形成厚层风化壳及低洼沟谷, 后者形成陡峻高峰, 基岩裸露。

(4) 两类岩石的结构不同, 前者为粗粒似斑状结构, 后者为中粗粒等粒结构。

(5) 有一定野外接触关系 $\gamma_2^{2-2(a)}$ 和 $\gamma_2^{2-2(b)}$ 在大多数地方看不到接触关系, 而在某些地方又好像是逐渐过渡, 持相变关系的同志认为野外接触关系是确定是否为先后两次产物的重要依据。为此, 我们在野外花了较多时间找接触界线。在茗洋关公路附近, 尽管两类岩石接触处为浮土所盖, 未见二者的接触线, 但岩性在短距离内突然变化(图3剖面Ⅲ)。另外, 在关田水库泄洪通道和大坝的石基上见到两类岩石共存的人工爆破露头和转石, 界线十分清楚(图6)。

可以认为, 灵山复式岩体主要由先后不同的四期次岩石组成: $\gamma_2^{2-2(a)}$ 形成后, 在其边缘地段形成 $\gamma_2^{2-2(b)}$, 在 $\gamma_2^{2-2(b)}$ 形成后构造继续活动, 岩浆又复上升, 形成 $\gamma_2^{2-2(c)}$ 或 γ_{A1} , 最后 γ_2^0 的贯入定位结束了本区酸性岩浆活动作用过程。各类岩石的形成过程见图7。

有趣的是在前三类岩石中, 后一类多围绕在前一类的边缘分布, 形成一个套一个的套叠式构造。这种套叠式定位的岩体, 明显是受接触带及环状构造的控制。

上述前三类岩体的形成期次不同, 矿物成分和化学成分不同, 结构构造也不同。但在不同中它们又具有相似处, 它们彼此之间存在一种继承演化的关系, 岩体规模上从大到小, 结

表5 灵 山 岩 体 各 期 岩

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
岩 石 名 称	千枚岩夹沉凝岩		花岗闪长斑岩		角闪石黑云母花岗岩包体			粗粒似斑状角闪石黑云			
岩体代号	P		$\gamma_{\delta\pi}$		γ_E			$\gamma_{\delta}^{2-2(a)}$			
样品号			D ₁	D ₂	HY ₁₁	HY ₅ ⁰	A ₄₁	JD ₂	Hr ₈ ²⁻¹	A ₄₂	T ₅₃
SiO ₂	64.16	65.40	63.40	63.22	66.90	58.53	62.46	69.52	69.45	67.75	69.89
TiO ₂	0.72	0.69	0.46	0.45	0.80	1.39	0.93	0.54	0.55	0.61	0.48
Al ₂ O ₃	16.28	14.46	15.78	15.07	14.03	15.63	14.94	13.85	13.96	13.83	14.01
Fe ₂ O ₃	1.95	1.61	2.32	2.55	1.20	1.97	2.83	1.13	1.17	1.11	2.89
FeO	4.30	4.86	2.34	2.89	3.56	5.68	3.57	2.50	2.35	3.35	0.37
CaO	1.04	1.51	3.71	3.83	1.91	3.56	2.55	1.80	2.12	1.90	0.23
MgO	2.10	2.05	2.32	2.55	1.18	2.04	1.20	0.36	0.67	0.81	0.96
MnO	0.14	0.14	0.034	0.05	0.098	0.20	0.11	0.055	0.065	0.082	0.04
K ₂ O	3.32	2.64	3.13	3.38	4.20	4.97	6.32	4.98	5.08	5.35	5.72
Na ₂ O	2.20	2.45	3.65	3.78	4.35	3.18	3.60	3.95	3.73	3.70	3.68
P ₂ O ₅	0.17	0.20	0.04	0.25	0.22	0.70	0.33	0.16	0.145	0.18	0.10
H ₂ O ⁺	3.00	3.02	1.98	1.12	0.82	0.87	0.72	0.24		0.55	0.67
H ₂ O ⁻					0.24	0.18	0.12	0.22		0.14	0.45
CO ₂				0.21	0.075	0.09	0.27	0.057		0.23	
F			0.046		0.182		0.134	0.20	0.25	0.18	0.28
总计	99.38	99.03	99.31	99.35	99.77	99.104	100.08	99.56	99.54	99.77	99.25

注：1、2、4根据朱训等编著《德兴斑岩铜矿》；
 11、16、21、22根据中国科学院贵阳地化所资料；
 12、13根据江西省地质局区测队资料（1977）；
 其余14个序号样品均由地质科学院测试所分析（1982）。

石 化 学 成 分

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
母花岗岩		中粗粒黑云母花岗岩			钠长石化细粒黑鳞云母花岗岩						花岗斑岩
		$\gamma_{8^{2-2}}(b)$			γ_{A1}						γ_{π}
1808	1805	JD ₁	A ₈₀	T ₄₄	A ₁₂	Hy ₁₀	Hy ₈	A ₈₃	T ₃₈	T ₄₈	HY
69.22	68.42	73.02	74.98	73.33	75.98	72.84	75.66	73.88	73.33	73.51	70.77
0.55	0.55	0.22	0.41	0.16	0.04	0.07	0.21	0.05	0.06	0.04	0.46
13.87	13.78	12.96	10.56	12.64	12.85	14.38	12.41	14.30	13.19	13.32	13.47
1.68	1.23	0.76	1.08	0.65	0.29	0.33	0.55	0.16	0.90	1.30	1.40
2.81	2.99	1.43	2.22	1.49	0.74	1.09	1.38	0.78	0.36	0.93	1.89
1.75	1.59	0.73	1.11	0.48	0.16	0.16	0.29	0.10	0.68	0.48	1.11
0.49	0.74	0.15	0.21	0.48	0.054	0.10	0.29	0.075	0.16	0.48	0.55
0.06	0.08	0.035	0.049	0.04	0.012	0.022	0.023	0.013	0.04	0.08	0.055
5.05	5.00	5.15	4.73	5.13	3.85	5.30	3.50	4.85	3.70	3.60	5.32
3.70	3.60	4.45	3.30	3.84	4.83	4.83	4.40	4.80	5.18	5.00	3.33
0.15	0.18	0.04	0.053	0.06	0.047	0.027	0.053	0.053	0.04		0.13
0.69	0.76	0.22	0.28	0.57	0.12	0.16	0.44	0.44	0.39	0.39	1.08
		0.20	0.12	0.21	0.24	0.24	0.14	0.08	0.61	0.38	
		0.066	0.14		0.047	0.13	0.075	0.075			
		0.12	0.27	0.28	0.118	0.136	0.127	0.076	0.24	0.36	0.069
100.00	98.92	99.55	99.51	99.26	99.38	99.86	99.55	99.73	98.86	99.76	99.63

构造上由粗粒似斑状到中粗粒、细粒，矿物成分上，暗色矿物愈来愈少，浅色矿物愈来愈多，挥发分矿物和稀有元素矿物逐渐增多，造岩元素及微量元素种类及含量也作有规律的变化。因此我们把这些岩体看作是同源岩浆在深部多次分异而形成的复式岩体。 $Y_6^{2-2(a)}$ 和 $Y_6^{2-2(b)}$ 可能是一种在深部进行的结晶分异作用的产物。

二、岩石化学特征

灵山复式岩体不同岩石的化学成分列于表5，在表中也同时列入花岗岩中微粒包体(Y_E)的化学成分。

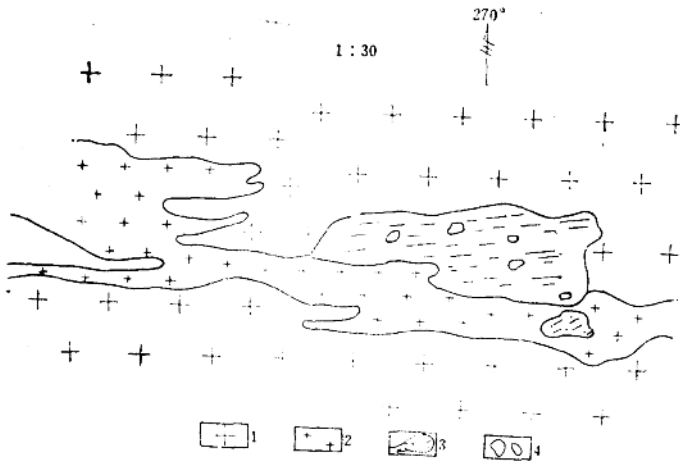


图6 关山水库大坝 $Y_6^{2-2(a)}$ 和 $Y_6^{2-2(b)}$ 相互关系平面图

1— $Y_6^{2-2(a)}$ 2— $Y_6^{2-2(b)}$ 3—围岩扑虏体 4—长石斑晶

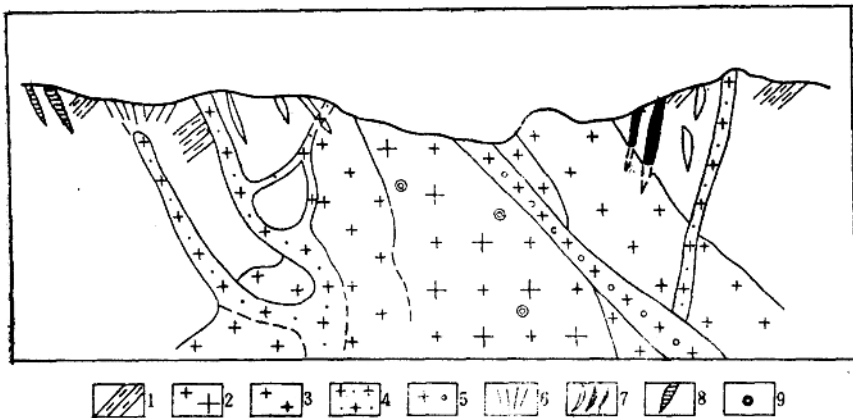


图7 灵山复式岩体各期岩石形成顺序示意剖面图

1—沉积变质岩 2— $Y_6^{2-2(a)}$ 3— $Y_6^{2-2(b)}$ 4— Y_A 5— Y_X 6—W, Sn石英脉
7—伟晶岩脉(含矿和不含矿) 8—PbZn石英脉 9—花岗岩中包体(Y_E)