

www.yskw.ac.cn

阿拉善地区花岗岩中的同心多环带球体

黄振宇 李文杰 高三轩

(西北地勘局二一七大队)

一九八一年，我们在内蒙古阿拉善左旗北部地区进行岩体调查时，在巴音诺尔公复

式花岗岩体中发现一些球状体(图版 I—1)，单个球体直径为10—14厘米(图版 I—3)，

常有破裂和剥落现象。球体之间为花岗质岩石。

在通过球体中心的切面上，可以见到同心多环带构造，矿物呈辐射状生长。我们认为它是一种少见的具有重要地质意义的现象。并初步从区域地质、球体特征等方面进行了工作，认为这是花岗质岩石中的一种特殊现象。由于我们水平和工作条件所限，对它的认识肤浅(特别是成因问题)，谬误在所

难免。恳祈读者批评指正。

球体在野外由蔡焕新同志发现，高三轩、李文杰同志做了野外工作。室内工作由黄振宇、李文杰同志承担。并承蒙南京大学地质系刘英俊副教授审阅。

一、区域地质概况

巴音诺尔公复式岩体(图1)，呈东西向展布，长近70公里、南北宽约35公里，出露面积两千平方公里左右。

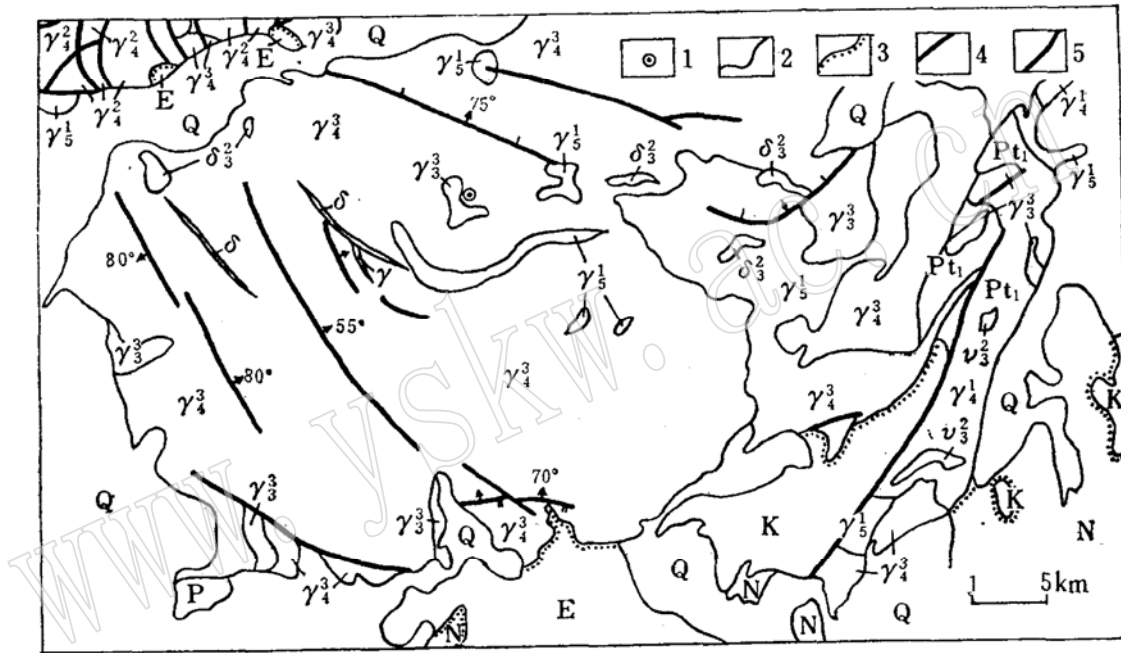


图1 巴音诺尔公复式岩体示意图

Q—第四系浮土，风积沙，洪积沙，砾石；N—第三系泥质粉砂岩，砂岩，砂砾岩，砾岩；E—第三系砂质泥岩，粉砂岩夹含砾砂岩，砾岩；K—白垩系砂砾岩，砾岩夹砂岩、炭质泥岩，含煤层；P—二叠系凝灰岩、凝灰熔岩，流纹质角砾熔岩、角砾岩；Pt₁—下元古界大理岩，黑云石英片岩，片麻岩，混合岩变粒岩；γ₅¹—印支早期花岗岩，γ₄²—海西晚期黑云母花岗岩，γ₃²—海西中期花岗岩，γ₂¹—海西早期花岗岩，γ₁²—加里东晚期花岗岩，δ₂²—加里东中期闪长岩，ν₂²—加里东中期角闪辉长岩；γ—花岗岩脉；δ—闪长玢岩脉。1—环带状球体产出地点；2—实测地质界线；3—实测地层不整合界线；4—断层及产状；5—性质不明断层。

复式岩体处于“阴山-天山构造带”南侧，祁吕贺“山”字型构造体系的“阿宁盾地”北部，谓之“阿拉善台地”。构造形式以断裂为主。本区构造以东西向、北东向及其派生的北西向构造和旋扭构造等为主。前二者为主要的构造骨架，控制着复式岩体的形成发展、山脉分布以及矿化等。

本区地层缺失很多，出露的主要有元古

界和太古界老地层。以片麻岩、变粒岩、混合岩和各种石英片岩为主，夹有中基性火山岩、大理岩等。古生界仅见二叠系上统，岩性为基性-酸性火山岩。中生界在本区以盆地沉积为主，为一套碎屑岩，分布于复式岩体东、南两侧。新生界分布广泛，地貌上形成弧山或高平台。

复式岩体由不同期花岗岩组成，其中以

海西期 (247-365百万年)花岗岩为主。海西期花岗岩分为早、晚两期。早期以花岗岩为主,局部见有黑云母花岗岩、二长花岗岩及花岗闪长岩等,出露于复式岩体的东部都日吉一带(约120平方公里),沿铁马库龙山近南北向分布。常被海西晚期花岗岩穿切,或呈残留顶盖状覆于海西晚期花岗岩之上。海西晚期以灰白-浅肉红色中细、粗粒黑云母花岗岩、似斑状黑云母花岗岩为主,其次见有灰绿-微红色中-细粒花岗闪长岩。该期花岗岩是巴音诺尔公复式岩体的主体,分布面积广泛,约1600平方公里。岩体的南、西、北部被新生界地层覆盖。东被印支期花岗岩穿切、破坏。印支期(199百万年)花岗岩,发育程度次于海西期。岩性主要为肉红-灰红色细-中粗粒花岗岩、似斑状花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩等。出露于复式岩体的东部台吉塔塔、劳斯台一带,面积220平方公里左右。其形态复杂,为岩株、岩盆、岩枝等。受东西向构造控制明显。该期花岗岩明显穿切海西期花岗岩,且其中常见加里东期各类花岗岩捕虏体。东、西两侧均与海

西晚期花岗岩呈侵入接触,南被白垩系,第四系等所覆盖。部分地段与海西期花岗岩呈断层接触。加里东期花岗岩一般作为前两期的捕虏体出露于其中,面积小、分布零星。岩性主要为斜长花岗岩、二长花岗岩、片麻状二云母花岗岩等。

复式岩体各期花岗岩的化学成分(表1)的共同特点是 $K_2O > Na_2O$, 多数为铝过饱和,部分为正常值。整个岩体剥蚀深度不大。脉岩较发育,东部常见酸性脉岩产出,西部以中-基性脉岩为主。在复式岩体的东部和北部混合交代和混染交代作用普遍显著。同心多环带球体产于岩体北部的海西晚期似斑状黑云母花岗岩中(图1)。此岩石属于混染交代型花岗岩,因此兼有岩浆型和混合型花岗岩的双重特点。

似斑状黑云母花岗岩分布广泛,为复式岩体的主要岩石。野外具球状风化外貌。岩体内(深部和浅部)常有大小不等(数公分一数十米)的加里东期暗色岩浆岩的捕虏体和其它围岩的残留体。形状不规则,无一定方向性。有的捕虏体具混染花岗闪长岩的特

复式岩体各期花岗岩平均化学成分表

表 1

期次	加里东晚期 (γ_3^1)	海西早期 (γ_2^1)	海西晚期 (γ_3^2)	印支早期 (γ_2^2)
主要岩石类型	斜长花岗岩、二长花岗岩、片麻状二云母花岗岩	花岗岩、花岗闪长岩	黑云母花岗岩、似斑状黑云母花岗岩、花岗闪长岩	肉红色花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩。
SiO ₂	73.3	76.0	73.6	75.2
TiO ₂	0.17	0.06	0.17	0.1
Al ₂ O ₃	13.33	12.7	13.0	12.5
Fe ₂ O ₃	0.24	0.61	1.04	0.9
FeO	1.35	0.58	1.2	0.9
MnO	0.056	0.001	0.04	0.03
MgO	0.65	0.25	0.37	0.3
CaO	1.47	0.44	1.1	0.9
Na ₂ O	3.68	3.84	3.6	3.8
K ₂ O	4.42	4.75	4.97	4.6
P ₂ O ₅	0.036	0.019	0.04	0.03

资料来源于宁夏地质局区测队

点。似斑状黑云母花岗岩为一种钾长花岗岩(图版 I-2),交代作用发育。岩石主要由钾长石(30%左右)、斜长石(30%左右)、石英(20-25%)和黑云母(10-15%)等组成。钾长石为微斜长石和条纹长石,晶形很不规则,多呈填隙状或沿空隙处出现于其它矿物之间,较大晶体为变斑晶。交代特点明显,因此在其晶体中可见到长石、石英、黑云母等残留体。尤其是晶体边部常有这些矿物的细小包嵌体,与斜长石接触处特别是凸入钾长石晶体内的斜长石中见有蠕英石的生成。斜长石为中更长石,多呈半自形板状晶体。钠长石聚片双晶发育,双晶带细密而直,核心部分有弱的绢云母化,显示不太清楚的简单的环带状构造。在较大的斜长石晶体边部见有浑园状石英包体。斜长石与钾长石接触的晶体有时显示净边现象。石英为他形晶,较小的石英晶体呈浑园状,具裂纹和微弱的波状消光现象。黑云母呈叶片状,似呈定向分布,细小晶体以聚晶出现,有轻度绿泥石化现象。晶体中常见锆石、磷灰石和偶见榍石等包体矿物。

从似斑状黑云母花岗岩的岩石化学成分(表2)可以看出: $Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$,用巴尔特法对其主要元素计算结果:

带入元素:K、Na、Si。

带出元素:Mg、Fe、Ca、Ti等。

以上特点(组构、成分)和变化说明由

于K、Na、Si不断带入,尤其是钾长石化逐渐加强的结果,形成(钾质)似斑状黑云母花岗岩。

二、球体特征

野外球体似以堆积形式出现于似斑状黑云母花岗岩中,露头地势平坦,面积为两平方米左右。在通过球体中心的切面上,可以见到同心环带构造。肉眼可以分出暗灰色的核心、黑白相间的过渡带和浅色的外部环带。显微镜下根据主要矿物成分、含量和结构的变化,由中心向外壳大致可以分为五个带(图版 I-3)。各带特征是:

I带:为核部,直径为3.5-4厘米,矿物粒度相对较粗(1-2毫米)。以酸性斜长石为主(75.5%左右)。另外含有石英(8.8%左右)和少量钾长石。黑云母较少(<10%)。副矿物有榍石、磷灰石、绿帘石等。其矿物成分和化学成分含量见表2和表3。

斜长石为更长石(og)(№20-25),它与石英(Q)有交生现象(图版 I-4),即具同时消光和独特规则外形的石英呈长石的嵌晶出现。有的呈似文象结构的特征(可能是硅化作用的结果)。斜长石的聚片双晶发育,并有波状消光现象。

钾长石(Po)含量很少。晶体细小,存在于斜长石之中,构成类似反条纹构造的特征(图版 I-5)。

黑云母(Bi)呈黄褐色,似条柱状、片状。

球体各带化学成分表

表2

含量 % 氧化物 环带	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	烧失量
I	62.12	0.54	20.24	1.34	2.37	<0.04	1.30	3.68	6.77	1.28	<0.04	0.87
II	55.01	1.18	20.21	2.03	6.11	0.07	2.51	3.20	5.80	2.62	<0.04	0.91
III	55.33	1.15	20.41	2.34	5.49	<0.04	2.30	3.59	6.32	2.38	<0.04	1.02
IV	60.56	0.30	22.27	0.61	1.81	<0.04	0.78	4.21	7.52	0.82	<0.04	0.85
V	73.40	<0.02	13.75	0.09	0.20	<0.04	0.05	0.04	2.20	8.80	<0.04	0.66
似斑状黑云母 花岗岩	70.42	0.38	13.66	0.99	2.23	0.058	0.74	1.85	3.695	4.865	0.38	0.82

球体各带标准矿物含量表

表 3

含量 (%)	环带	I	II	III	IV	V	似斑状黑云母 花岗岩*
矿物名称							
榍石		1.1	2.5	2.5	0.7	—	0.5
磁铁矿		1.4	2.1	2.4	0.7	0.1	1.05
角闪石		—	—	—	—	—	5.8
黑云母		9.2	22.5	19.7	6.5	0.5	3.65
斜长石		75.5	63.7	69.4	85.2	20.3	38.65
钾长石		2.2	2.8	3	0.3	52.2	26.6
白云母		—	—	—	1.3	1.3	1.6
高岭石		1.5	2.8	0.9	1.7	0.5	0.5
石英		8.8	3.7	2.1	3.6	25.2	24.85
斜长石性质 (An含量)		23	23.3	23.8	23.8	0	13—29

* 似斑状黑云母花岗岩为球体的围岩

多色性显著, 吸收性强, 解理发育, 某些解理与晶体延长方向垂直。

磷灰石: 细小针状或柱状晶体。无色透明多为斜长石或石英中的包体。

榍石(SP): 没有完好的晶形, 但有明显的解理或裂开面, 有的呈不规则的柱状集合体。并有沿长石裂隙充填而成细脉的现象。

绿帘石(EP): 为黄绿色或无色粒状及粒状集合体, 有的呈脉状, 多交代黑云母, 从而使其些黑云母呈现筛孔状。

此带自中心向边缘黑云母渐增, 岩石的颜色逐渐变深, 矿物颗粒由粗(1—2毫米)变细(0.1毫米左右); 主要矿物的晶体沿长轴方向发育并相互排列一致指向中心, 构成辐射状。

II带: 为暗色带, 厚2—4毫米, 深灰色。主要由酸性斜长石和大量的黑云母组成。石英的含量很少。另外有榍石和绿帘石。暗色矿物黑云母和浅色矿物斜长石相互组合, 向核心呈辐射状分布。

III带: 此带厚度较大(10—15毫米)。由于矿物含量的变化而呈现出数个到十几个黑白相间的环状薄层。相应层的矿物成分和结构相近。有的部位黑白相间现象不明显。此带亦以酸性斜长石为主, 钾长石含量略有增

加, 石英含量减少, 有少量绿帘石。钾长石和斜长石互呈不规则的条带状连生并构成明显的辐射状(图版I—6)。黑云母的含量在此带的外圈(边部)突然聚集, 因此形成了一个光滑的外壳, 使得本带与IV带构成截然的分界线。而且使整个球体的外层(IV和V层)在此处很易剥落。

IV带: 浅色带, 厚4—6毫米, 以酸性斜长石为主, 含量大于85%。另外有黑云母和石英。斜长石具棋盘格状构造, 晶体长轴方向明显地指向核心。环带状节理发育并具波状消光的特征。

V带: 为浅色变晶带。此带最发育, 厚15—20毫米, 与IV带有一明显的突变界线。呈淡肉红色。含有大量的钾长石和石英; 酸性斜长石显著减少, 仅含零星的黑云母。钾长石为微斜长石和微条纹长石, 较大的晶体包含着细小的(0.1毫米左右)他形粒状石英, 形成筛状结构, 有的具有变晶结构的特点。少数斜长石也见于钾长石晶体之中。斜长石有明显的净边现象。并在其与钾长石接触处见有蠕英石的生成。钾长石晶体延长方向亦大致指向核部。

球体周围及球体之间的“胶结物”为富钾的花岗质岩石—似斑状黑云母花岗岩。

三、球体成因问题探讨

这种独特的球体是地质历史演化的记载体。对于它的研究可以说明原岩性质、本区花岗岩成因以及后期变化等一系列问题。关于球体的成因还没有统一的认识。目前主要有两种意见,即岩浆分异产物和花岗质岩石中的“包体”。岩浆分异说有许多问题不好解释。如矿物成分在小范围内呈多环带排列、变化和辐射状构造形成等;尤其是很难说明球体呈堆积体产出的原因。因此我们认为它是属于花岗质岩石的一种特殊“包体”。它很可能是在漫长的地质历史中被改造过的沉积岩结核。简单表示如下:沉积岩的结核→变质作用(重结晶)→部分重熔和花岗岩化作用。从球体及其围岩的结构构造和成分(矿物、化学)特征都证实了这个过程的可能性。

首先从球体成分及其变化特征分析:

(1) 矿物成分:球体各带的矿物成分(表3)都不同于花岗岩,特别是I—IV带,这些带中的斜长石和黑云母的含量都很高,而

钾长石和石英的含量又很低。第V带的矿物成分与花岗质岩石接近,但它又具变晶结构的特点。

(2) 化学成分:从球体化学成分(表2)的变化特征可以看出, I—III带中钛和铁含量较高,而IV带偏低, V带中几乎没有。I—IV带中 Al_2O_3 含量都较高(20%以上),并且 $Al_2O_3 \gg K_2O + Na_2O + CaO$,这显然大于火成岩中的 Al_2O_3 平均含量(15.37%)。

第二,球体各带主要元素的变化特征,用巴尔特法计算结果(表4和图2),明显看出: I—III带带入成分为K、Si等; IV带和I—III带情况较相近; V带情况与I—III带正好相反,即主要是K和Si的带入,与围岩(似斑状黑云母花岗岩)特点相似,表现出受混染交代作用的影响。

第三,结构构造的特点:核部为粒状变晶结构,粒度较粗,并有斜长石和石英的交生现象。II带矿物为细粒集合体; III带为特征的辐射状构造。V带为花岗变晶结构。整个球体在构造上除呈多环带的特点外,各带

球体各带元素带入带出情况表

表 4

球体各带	带 入 带 出	K	Na	Ca	Mg	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al	Ti	Si
I	带 入 带 出	30	52	21	6	6	1	6	2	73
II	带 入 带 出	14	40	17	25	36	6	76	7	113
III	带 入 带 出	16	48	21	21	31	8	76	6	113
IV	带 入 带 出	36	66	26	1	2	4	89		84
V	带 入 带 出	55	28	15	10	10	7	4	2	23
围 岩	带 入 带 出	19	10		4	3	1	14		4

矿物在镜下显示指向核心的辐射状排列，辐射线不十分连续，且以自然分带为界线。如进一步又可细分：I—II带辐射线大体是连通的；II—III带有变化；III—IV带又可相连起来；V带辐射线另成体系。

从这些特点考虑，我们认为：

①球体I—IV各带 Al_2O_3 含量均大于20%是最突出的特点(表2)。从表5可知只有泥质岩石和部分粉砂岩才含有如此多的 Al_2O_3 。

②变晶结构、交生现象和II—III带黑云母的方向性分布以及钾交代在球体外部增强等，充分指出球体经历过变质、重熔和交代等作用。

③球体核部粒度较粗；II—III带致密而细。表明原始成分和结构的差异。

④球体内矿物的辐射状排列，和原始结核具有放射状裂纹有关。这可能是沉积成岩时发生收缩作用的缘故。

综上所述，可归纳出以下简要结论：

1. 球体各带均有含碱高、铝过饱和的性质；而II—III带钠质和镁铁质含量较高。因此球体可能是一种具有环带构造、中心与外部物质成分有差异的沉积岩泥质结核经改造而成。

2. 球体的最外层(壳)成分与结构均接近于围岩性质，而围岩一似斑状黑云母花岗岩为混染交代作用的产物。因此球体是在此

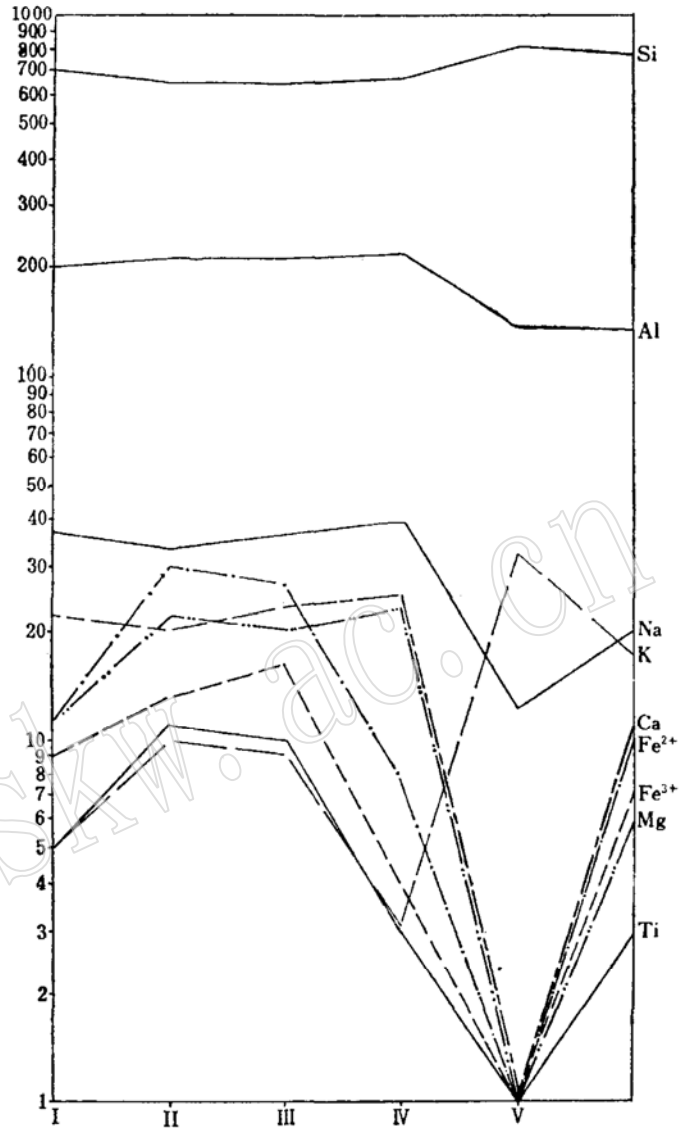


图2 球体各环带主要元素带出带入图解
I—V—球体各带；VI—当地花岗岩

作用下、仍然保持原始形态的一种特殊“包体”。之所以能保留下来很可能与当时的温度未达到使原岩完全重熔的程度以及受致密细粒结构的球体的第III带的屏障作用有关。

球体的出现和成因问题的确定，为主岩是副变质岩提供了有力的证据。

球体及各类岩石的化学成分比较表

表5

化学成分	球体		沉积岩类*			各类岩浆岩*				
	I—IV带 平均成分	球体平 均成分	粉砂岩	页岩	高岭石 粘土岩	基性岩	中性岩	酸性岩	碱性岩	岩浆岩 平均成分
SiO ₂	58.3	61.28	52.68—68.50	46.35	45.05	48.25	58.05	70.40	64.30	60.88
Fe ₂ O ₃	1.97	1.6	3.73—10.66	8.22	1.58	4.17	3.23	1.38	2.44	2.67
FeO	3.95	3.2	—		—	7.61	3.57	1.77	2.57	3.49
Al ₂ O ₃	20.97	19.38	14.97—20.80	17.95	39.68	14.90	17.41	14.48	16.21	15.37
TiO ₂	0.78	0.62	—	1.01	—	2.08	0.79	0.31	10.52	0.81
CaO	3.67	2.94	0.66—2.86	0.56	0.05	8.27	5.77	1.93	1.71	4.92
MgO	1.47	1.39	1.28—2.58	2.32	0.02	6.93	3.24	0.94	0.63	3.82
P ₂ O ₅	<0.04	<0.04	—	0.29	—	0.56	0.44	—	—	0.22
MnO	<0.04	<0.04	—	—	—	0.21	0.15	0.08	0.16	—
K ₂ O	1.77	3.54	0.21—3.26	3.04	—	1.72	2.36	3.79	5.51	3.10
Na ₂ O	6.6	5.72	0.35—3.17	1.35	—	3.30	3.57	3.77	5.00	3.43
其他**	0.97	0.95	—	3.95	13.30	—	0.85	0.65	—	—

* 系引用前人资料; **指烧失量H₂O⁺、H₂O⁻等。

主要参考文献

[1] 长春地质学院贺同等: 1980, 变质岩岩石学, 地质出版社。

[2] 苏联科学院地质所, 苏联地质保矿部全苏地

质所编写, 知平等译: 1963, 沉积岩研究法(第一卷), 中国工业出版社。

[3] 武汉地质学院岩石教研室编: 1980, 岩浆岩岩石学, 地质出版社。

The Polycyclic Spheroids in the Granites of Alxa Zuoqi Region

Huang Zheyu Li Wenjie Gao Sanxuan

Abstract

In making a survey of Bayinuoergong rock mass in the north of Alxa Zuoqi region, Nei Monggol (Inner Mongolia), the authors have discovered a kind of polycyclic spheroids with diameter of 10—14cm. They occur in the Hercynian granites in the form of accumulation and may have been the particular granitic inclusions resulted from the transformation of sedimentary nodules during the long geology history. The authors suggest the following sequence in development of transformation, development of sedimentary nodules→metamorphism→remelting and granitization. This sequence was supported both by the composition (mineral and chemistry) and the texture (or structure) of the spheroids and their round rocks.

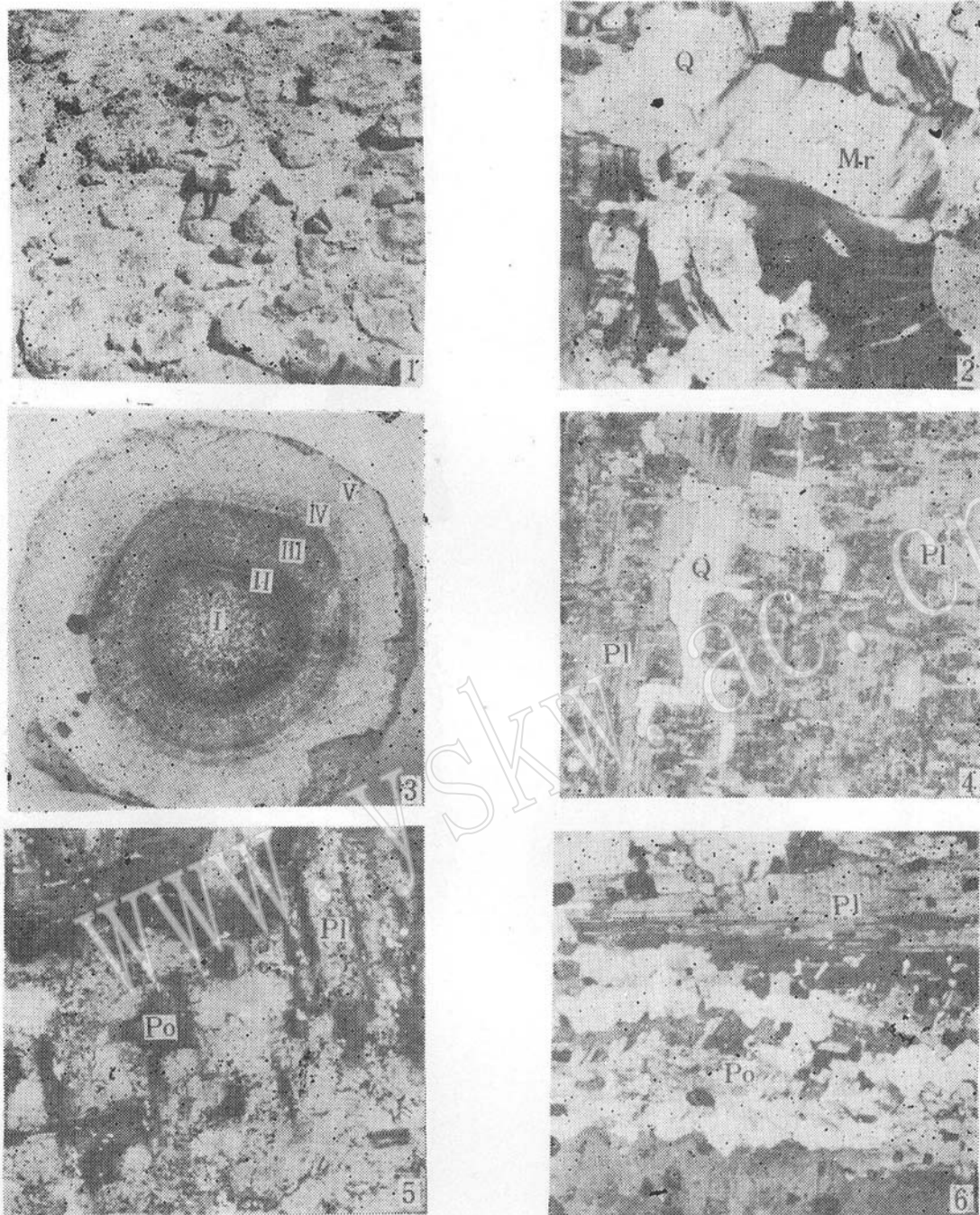


图 版 说 明

图版 I—1 球体堆积体

图版 I—2 钾长花岗岩（正交偏光，25×）。

图版 I—3 球体分带情况。直径比实物缩小1/2。

图版 I—4 石英呈长石的嵌晶。（正交偏光，30×）。

图版 I—5 钾长石和斜长石中构成似反条纹构造（正交偏光，100×）。

图版 I—6 钾长石和斜长石不规则连生，并互呈辐射状的条带。（正交偏光，30×）。