

中国地质科学院
宜昌地质矿产研究所所刊

第 3 号

宜昌地质矿产研究所 编

1981年

丁
17.62
639

**中国地质科学院
宜昌地质矿产研究所所刊**

第 3 号

1981年

中国地质科学院

宜昌地质矿产研究所所刊

第三号

宜昌地质矿产研究所 编

•

湖北省新生印刷厂印刷

•

开本787×1092¹/₁₆·印张9张·字数: 216,000

印数3000册·定价1.50元

湖北省报刊登记证第91号



经地质部批准、并由湖北省出版事业管理局审核同意我所出版《中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊》，在国内外公开发行。本刊前身为《中国地质科学院报宜昌地质矿产研究所分刊》，中国地质科学院统一改为现名，但刊物总期号沿用，从1981年起，自第3号开始继续编号，请读者留意。

本刊是一种反映我所及与有关单位协作完成的科研成果的不定期连续编号综合性学术刊物。主要刊登我所在地层古生物、岩石矿物地球化学、构造地质、地质力学、内生及外生矿床、同位素地质、地质实验技术方法等方面的研究论文。同时也适当刊登所外反映华南地区的有关学术论文。刊物暂定每年出两期，必要时将增出某些专辑。

我们相信所刊的出版将能比较充分地反映我所的科研成果，对不断提高我所的科研水平、促进地质科学的发展和学术交流将起到一定的作用。

我们希望地质界同行能关心和支持这个刊物，经常给予指导，使我们这个刊物的质量不断提高。并欢迎所外同行惠寄有关稿件。

本刊编辑部
一九八一年五月

目 录

钠-氯型砂卡岩铁矿的地质-地球化学特征及其形成机制·····	杨超群 (1)
豫中皖西地区晚太古代地层及含铁层位的研究·····	梁约翰 俞受黎 李善择 杨家林 (21)
豫中皖西地区晚太古代变质岩系的岩石特征和原岩恢复 ·····	涂绍雄 邓明恺 高善继 程德琼 (40)
豫中皖西地区晚太古代铁山庙型铁矿成矿地质特征和含铁盆地轮廓的探讨 ·····	俞受黎 梁约翰 杜绍华 李善择 刘抗娟 (63)
河南嵩箕地区登封群变质岩系的原岩恢复与变质作用·····	涂绍雄 (79)
广西栗木稀有金属花岗岩的岩石学和地球化学特征·····	史明魁 孙恭安 (96)
南岭稀有金属花岗岩中云母化学成分及其地质意义的讨论 ·····	张传荣 彭长琪 王玉太 (108)
湖北建始—松滋地区马鞍煤系古构造与含煤性的趋势面分析·····	陈家怀 (124)
砂岩中重矿物指示水动力条件的标志·····	戴桂祥 朱浩青 (133)
〔简报〕	
关于菊石类 <i>Agathiceras frechi</i> Böse 一种的报导·····	孙旭荣 (143)

《中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊》

编 辑 委 员 会 名 单

主 编 章人骏

副主编 谭忠福 饶家光

委 员 (以姓氏笔划为序)

马自成 王玉太 叶伯丹 张自超 张宏良 张毓爽 吴保禄
杨超群 赵祥山 饶家光 贾慧贞 章人骏 熊成云 谭忠福

BULLETIN OF THE YICHANG INSTITUTE OF GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES
CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No. 3

CONTENTS

The Geological-Geochemical characteristics of the Na-Cl Type Skarn Iron Ore Deposit and Its Genetic Mechanism.....	Yang Chaochun (1)
The Study of the Late Archaeozoic Strata and Iron-Bearing Horizons in the Central Henan and Western Anhui	Liang Yuehan, Yu Shoujun, Li Shanze and Yang Jialin (21)
Petrological Character and Protolith Reconstruction of Late Archaean Metamorphic Rocks in Central Henan and Western Anhui	Tu Shaoxiong, Deng Minkai, Gao Shanji and Cheng Deqiong (40)
Research in Ore-Forming Geological Characteristic and Configuration of Iron-Bearing Basin of Tieshanmiao-Type Iron Deposits of Late Archaean in the Central Henan and Western Anhui	Yu Shoujun, Liang Yuehan, Du Shaohua, Li Shanze and Liu Kangjuan (63)
Protolith Reconstruction and Metamorphism of Denfeng Group Metamorphic Rocks in Songshan-Jishan Regions, Henan	Tu Shaoxiong (79)
Petrographical and Geochemical Features of Rare-Metal Granite at Limu in Gongcheng, Guanxi Chuang Autonomous Region	Shi Mingkui and Sun Gongan (96)
On the Chemical Composition of Micas in Rare-Metal Granites in Nanling Region and Its Geological Significance	Zhang Chuanrong, Peng Changqi and Wang Yutai (108)
On the Trend-Surface Analysis Interpreting the Paleotectonic and Coal-Bearing of the Lower Permian Maan Member in Jianshi— Songzi, Hubei	Chen Jiahuai (124)
Some Marks Showing Hydrodynamic Condition of Heavy Minerals in Sandstones	Dai Guixiang and Zhu Jieqing (133) (Brief Report)
Information on An Ammonoid <i>Agathiceras frechi</i> Böse	Sun Xurong (143)

钠-氯型矽卡岩铁矿的地质 —地球化学特征及其形成机制

杨超群

1978年,作者曾根据标型蚀变矿物所含主导元素的不同组合,将矽卡岩型铁矿划分为钠-氯(钠长石、钠柱石-针柱石等)¹⁾、钠-氟(霓石、镁钠铁闪石、萤石等)、钾-氟(钾长石、萤石等)、钾-硼(钾长石、电气石等)、钾-羟(钾长石、透闪石等)等五种地球化学类型²⁾。钠-氯型矿床是其中最重要的一种。

钠-氯型矿床的分布非常广泛。我国的华北地台、长江中下游、新疆—甘肃以及滇西南一带;苏联土尔盖凹陷、西伯利亚地台南部、阿尔泰-萨彦褶皱区;北美—南美洲西海岸沿海一带;以及瑞典的基鲁纳等地区,均有本类型矿床产出。

钠-氯型矿床的储量在矽卡岩型铁矿总储量中占有很大的比例(在苏联约占80%)。单个矿床的规模大、中、小均有,目前已知最大的可达14.534亿吨(苏联土尔盖的卡恰尔矿床, C₂级以上)³⁾。富矿石在各个矿床中所占的比例自50—90%不等。可见它具有重要的工业意义。

本文是在作者近年来对鄂东钠-氯型矽卡岩铁矿进行了研究的基础上,综合分析对比国内外有关文献资料写成的。谬误之处,恳请读者批评指正。

一、矿床的基本地质特征

(一) 构造控制

不论在地槽区和地台区,均有本类型矿床产出,它们均受超壳断裂(地缝合线或转换断层等)侧旁的次一级断裂控制,因此矿床常沿着超壳断裂成带分布。

东环太平洋成矿带是最典型的例子。沿着南、北美洲的西海岸,都有钠-氯型矽卡岩铁矿成带分布,其东侧并出现斑岩铜矿带⁴⁾。上述铁、铜矿带以及超基性岩带,均产在和板块构造有关的边缘断裂和大陆四周的活动变形带范围内,铁矿也可认为是海底扩张的产物⁵⁾。苏联乌拉尔板块地缝合线向西倾斜,在乌拉尔山脉西侧下切较深,出现与超基性岩有关的铬铁矿;东侧下切较浅,出现钠-氯型矽卡岩铁矿带⁶⁾。

鄂东地区的成矿作用,也明显受北西向可能属超壳的长江深断裂控制。江北分布着许多超基性岩,而钠-氯型铁矿和斑岩铜矿,则产于江南的次一级断裂中。

1) 括弧内为主要的标型蚀变矿物。

2) 杨超群 1978 矽卡岩型铁矿的地球化学类型及其找矿意义。

3) 中国地质科学院情报所矿产室摘译 卡恰尔矿床。国外地质科技动态, 1976年,第2期。

4) 陈光远 1977 有关铁矿通论和实践几个问题的探讨。

上述超基性岩、钠-氯型砂卡岩铁矿和斑岩铜矿形成“三位一体”，与超壳断裂伴随成带产出的规律，对从战略上指出找矿方向，具有重要意义。

(二) 成矿母岩

本类型矿床与侵入体有密切的成因关系。同一地质时代岩浆多次侵入并伴随多次铁的成矿作用的现象，普遍可见。从早期到晚期，岩浆均表现为由基性向酸性或碱性方向演化。岩浆岩的成矿专属性不明显，在各个不同地区各具不同特点。

1. 地台区：如华北地台的燕山期侵入岩，表现为由Ⅰ.辉长岩—闪长岩类→Ⅱ.闪长岩—二长岩类→Ⅲ.碱性、钙碱性正长岩类的方向演化。第Ⅰ期形成规模不大的矿体，第Ⅱ期对成矿最为有利，第Ⅲ期尚未发现工业矿床。又如扬子准地台的鄂东地区，燕山早期表现为由闪长岩→石英正长闪长岩→花岗闪长斑岩的多次活动，伴随的矿化则由铁→铜铁→铜演化；而燕山晚期则表现为由闪长岩→石英正长闪长岩—二长花岗岩→花岗岩的多次侵入，其中第二、三次均伴随有大型铁矿的形成。西伯利亚地台南部安加拉矿田的本类型矿床，则均与橄榄粗玄岩等暗色岩有关。

2. 地槽区：新疆北天山海西优地槽褶皱带中¹⁾，华力西中期第一次侵入的为含石英辉长岩—石英闪长岩类，第二次侵入的为花岗岩类。铁矿的形成主要在石英闪长岩和花岗岩侵入之后。苏联土尔盖凹陷²⁾，组成侵入体的岩石，从辉长苏长岩和辉长岩到石英闪长岩和花岗闪长岩均有，有时为花岗岩。它们均伴随有规模不等的铁矿床产出。

不论是在地台区还是地槽区，尽管侵入体的岩石类型多种多样，但是最早期侵入，可作为代表母岩浆成分的中—基性岩石，其化学成分都与拉斑玄武岩十分接近（表1），说明母岩浆均来自上地幔。由于母岩浆的结晶分异以及与围岩混染同化的结果，因而在不同的地质区域，形成了复杂多样的各种侵入岩。

据作者在鄂东地区的研究，侵入体的岩相分带明显与否，与铁矿化的强度成正比。这可能与岩浆是否富含碱质及矿化剂，以及由此而导致的岩浆分异作用是否完全有关。

在同一岩浆活动旋回中，除侵入活动外，有时还同时有喷发活动。喷发活动可发生在侵入活动之前或之后，形成海相或陆相中—基性或（及）中—酸性火山岩。

(三) 矿化围岩

在地台区，含膏盐的碳酸盐建造是最主要的矿化围岩。含膏盐的层位常控制了岩体的侵入和矿化。华北地台中奥陶统和鄂东中—下三迭统含膏盐的碳酸盐地层中，所产的本类型铁矿的储量，均各占该区本类型铁矿总储量的98%以上。在地槽区，如苏联的土尔盖凹陷和阿尔泰—萨彦褶皱区⁽⁶⁾，矿床也产于含盐盆地中，只是由于各种原因，这些含盐盆地没有形成盐的沉积而已。此外，不论在地台区和地槽区，中—基性火山岩也是矿化的有利围岩。

(四) 砂卡岩的矿物相及矿石的矿物组合

本类型矿床中，多发育以钙铝榴石—钙铁榴石和单斜辉石为主组成的钙砂卡岩，有时可见尖晶石和镁橄榄石等组成的镁砂卡岩。

矿石的矿物组合，在与中浅至中深成侵入体有关的矿床中，以透辉石—磁铁矿及金云母—透辉石—磁铁矿为主；而在与浅成至超浅成玢岩相侵入体有关的矿床中，则以透辉石（阳

1) 中国地质科学院地质所火山岩及侵入岩组 1978 新疆北天山阿齐山—多头山地区中酸性侵入体。

2) 中国地质科学院情报所矿产室编写 苏联土尔盖凹陷磁铁矿矿床的地质特征及其勘查过程。国外地质科技动态，1976年，第2期。

表 1

与钠-氯型砂卡岩铁矿有关的最早期侵入体的化学成分

大地构造 或 地理位置	产 地	岩石名称	化 学 成 分 (%)															资料来源			
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂		烧失 量	总计	样品 数
		拉班玄武岩 平均成分	51.00	1.40	15.60	1.10	9.80	0.20	7.00	10.50	2.20	1.00							99.80		(3)
华北地台		橄榄辉长岩	48.51	0.48	11.89	3.64	6.45	0.15	16.46	8.45	1.95	0.94							98.92	34	华北地质研究所、 河北地质学院 1976
华北地台		苏长辉长岩	50.50	0.65	14.84	3.96	6.88	0.17	9.99	9.50	2.43	0.68							99.00	13	华北地质研究所、 河北地质学院 1976
锡子准地台	南京蒋庙	碱性辉长岩	50.41	0.91	18.06	6.68		0.10	2.84	12.93	2.90	2.69	未测定	0.46					97.98	1	王德滋等 1963
锡子准地台	大冶铁山	黑云母 长岩	51.82	1.09	16.02	4.58	5.92	0.12	4.48	8.04	3.73	2.50	1.54	0.38	0.36				100.58	1	
美国东北部	康沃尔	辉绿岩	51.93	0.83	14.32	8.69	1.76	0.19	9.77	11.11	1.79	0.51							100.00	6	(3)
美国东北部	劳雷尔山	辉绿岩	50.34	1.55	15.11	2.60	9.37		5.78	10.81	2.43	0.82	0.75	0.25					99.81	1	J. Puffer等 1974
苏联西伯利 亚地台	安加拉涅 伦丁	粗玄岩	48.91	1.12	15.76	1.87	8.00	0.10	7.40	11.74	2.30	0.68			0.27			1.67	99.82	6	(4)
新疆北山海 西优地槽	磁海	辉绿岩	49.71	1.68	15.19	1.61	7.08	0.15	6.87	9.90	3.25	1.30	1.98		0.20	0.08	0.12				甘肃省地质局二队 1977
苏联土尔其 凹陷	土尔其	辉长岩类	48.39	0.99	17.81	5.08	6.26	0.15	5.10	9.62	3.49	0.60	0.26					1.74	99.49	12	(5)

起石)-磷灰石-磁铁矿为主,形成了特征的“三矿物组合”。

当矿床中发育钾长石化时,矿石中常有黄铜矿伴生,铜的矿化强度常与钾长石化的强度成正比。

二、钠、氯在成矿作用中的表现

不论成矿母岩和围岩为何种岩石,本类型矿床均以钠、氯交代作用普遍发育为特征。其主要表现为钠长石化和针柱石-钠柱石化,其次是富含钠和(或)氯的闪石化及含钠的沸石化,再次是霓石-霓透辉石化,偶见富氯磷灰石化。

(一) 钠长石化

钠长石化主要发育于侵入体中,在中-基性火山岩及泥质沉积岩等围岩中,有时也可见到,侵入体中的钠长石化强烈时,可形成厚达数百米的钠长石交代岩,有时则呈似脉状产出。钠长石化的表现形式主要有三种:

1. 斜长石的脱钙化:在薄片观察,斜长石脱钙化后,以析出细密而均匀的氧化铁质和泥质尘点而显云雾状为特征(图版 I-1),手标本中呈浅桃红至肉红色。由于蚀变程度的差异,脱钙化后可形成钠长石或奥长石,因此在同一标本中常可见到不同牌号的斜长石。山西塔儿山斑状二长闪长岩中,白色和肉红色(脱钙化)斜长石斑晶的化学成分对比表明,后者明显脱钙,牌号显著降低;同时 Fe_2O_3 增高,因而颜色变红(表2)。

山西塔儿山斑状二长闪长岩中不同颜色斜长石斑晶的化学成分(据山西冶金一队,1976) 表2

样号	矿 物	化 学 成 分															分子组合
		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	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	总量	
单 1	白 色 斜长石	58.32	0.05	24.36	0.81	0.70	0.01	0.24	6.43	6.50	0.91	0.26	0.46	0.60	0.07	99.64	An _{33.8} Ab _{66.0} Or _{0.2}
单 2	肉红色 斜长石	58.80	0.07	23.81	1.08	0.76	0.01	0.49	3.27	6.60	2.98	0.34	0.46	1.05	0.18	99.72	An _{17.4} Ab _{83.5} Or _{10.1}

2. 糖粒状钠长石化:钠长石呈粒径0.01—0.1毫米的集合体产出,它首先交代中酸性岩体中斜长石颗粒间的钾长石和石英,进一步则沿斜长石边缘及其解理裂隙进行交代,这时蚀变岩石出现以斜长石等为斑晶、糖粒状钠长石为基质的似斑状结构(图版 I-3)。当蚀变十分强烈时,则整个岩石蚀变为钠长石交代岩。此外,还可见糖粒状钠长石集合体交代暗色矿物斑晶,并保存其假象,还伴有白钛石等含钛矿物析出。糖粒状钠长石在薄片一般洁净透明,手标本中呈灰白色,钠长石一般为 $\text{An} = 0-7$ 。

3. 钠呈离子交换方式取代斜长石中的钙或钾长石中的钾,形成钠长石,并具净边、条纹或补钉状、豹皮状等结构(图版 I-5),交代强烈时则整个晶体转变为钠长石。交代同一长石晶体的钠长石,其光性方位一致,说明交代作用是沿晶格进行的。这种钠长石一般在薄片洁净透明,手标本中呈灰白色。

上述三种钠长石化方式中的任何两种,常同时出现。岩体钠长石化后,暗色矿物和磁铁矿减少到消失,颜色变浅(表7),磁化率和体重降低(表3)。

华北地台侵入体钠长石化后磁化率和体重的变化 (据沈保丰等^[7], 1977)

表3

岩石类型	磁化率K (10^{-3} CGSM)			体 重		
	样品数	最小→最大	平均	样品数	最小→最大	平均
1 闪长岩	5	4.3→5.3	4.80	6	2.75→2.81	2.78
2 正长闪长岩	2	4.3→5.0	4.65	2	2.71→2.74	2.73
3 二长岩	56	0→8.3	5.30	2	2.69→2.80	2.75
4 钠长石化闪长岩	7	0.1→1.5	微弱	2	2.69→2.73	2.71
5 钠长石交代岩	24	0.06→0.2	微弱	18	2.45→2.68	2.60

(二) 钠柱石-针柱石化

钠柱石-针柱石化主要发育于内接触带侵入体中,呈脉状或网脉状产出。钠柱石-针柱石常呈柱状结晶,粗大的晶体长轴可达20厘米以上。薄片可见它沿斜长石或钾长石的解理裂隙交代,有时一个大晶体中,可见几个不同光性方位的长石微晶。在同一标本中,虽然被交代的长石的成分不同,但生成的方柱石的成分差别不大,可能在交代过程中发生了组分的均一化。苏联土尔盖卡哈尔铁矿床中的方柱石¹⁾,发育在中性岩中的为针柱石($\text{Ma}_{70}\text{Me}_{30}$),而发育于酸性岩中的则为钠柱石($\text{Me}<15$),说明方柱石的成分与原岩斜长石的牌号有关。代表性矿床中钠柱石-针柱石的化学成分及光性常数等见表4。

(三) 含钠及(或)氯的角闪石化

包括低铁钠闪石化、富氯低铁钠闪石(氯闪石)化、韭闪石化、含钠的阳起石化等。这些角闪石类矿物常交代砂卡岩中的透辉石等矿物产出,其化学成分和光学常数等见表5。

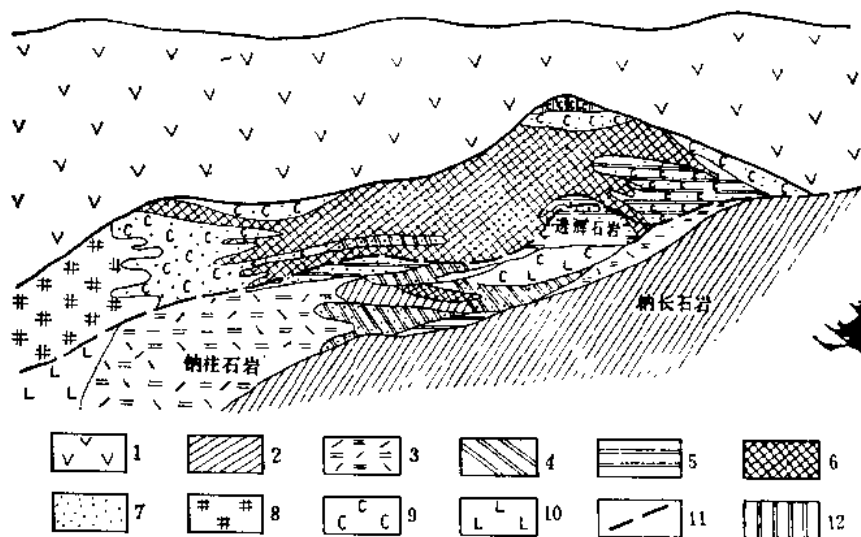


图1 宁芜梅山铁矿地质纵剖面图 (据宁芜研究项目编写小组简化, 1978)

1—蚀变安山岩等; 2—含透辉石钠长石岩; 3—宽透辉石-钙铁榴石-钠柱石岩; 4—钙铁榴石-宽透辉石-拉长石岩; 5—方解石-透辉石岩; 6—块状富铁矿石; 7—贫铁矿石; 8—黄铁矿-方解石-高岭石-石英岩; 9—碳酸盐化; 10—高岭石化; 11—安山岩与闪长玢岩(浅成侵入体)分界线; 12—磁铁矿-透辉石-钙铁榴石岩。

1) 中国地质科学院情报所矿产室编译 卡哈尔矿床。国外地质科技动态, 1976年, 第二期。

表 4 钠-钙型砂卡岩矿床中钠柱石-针柱石的化学成分和光学常数

化 学 成 分 %														比 重		折 光 率			矿物名称 或牌号	资料来源			
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	N ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂	F	Cl	S	总计	样数	No	Ne			测定数		
56.82	0.13	22.08	0.05	0.24				7.69	1.82	1.15	0.13	0.03	3.52			97.83	2	1.5406	1.535— —1.5613	8	Me=10— 30%	华北地质研 究所等1976.	
								(7.57— 7.80)*					(1.71— 5.32)						1.547				
53.46	0.03	21.67	0.42	0.77	0.01	6.53	0.59	7.14	2.19	2.23	1.04	0.023	2.58	SO ₃	2			1.553	1.536— —1.573	10	Me=23— 49%	地质部矿产 研究所1965	
								(6.57— 7.70)					(1.87— 3.28)	0.36					1.547				
																					Me=15±%	〔8〕	
																		1.546	1.537— —1.584	1.570		钠柱石—中 柱石	〔4〕
								8.15	1.34	2.14	0.31	0.024	1.68					1.541	1.539— —1.558	1.543	14	Me=13— 37%	〔9〕
54.47	0.42	19.25	1.21	1.55	0.12	5.50	2.78	(6.85— 10.30)					(0.92— 2.40)	0.11	99.48	12— 14							
								8.88					1.83	SO ₃				1.541	1.534— —1.552	1.544	4	Me=11.12 —21.8%	〔5〕
54.85	0.09	21.36	1.38	0.59		4.36	1.44	(6.20— 10.51)	1.21	1.95	0.19		(1.13— 2.80)	0.16	98.37	5	2.48						
																		1.545	1.536— —1.558	1.544	9	Me=18— 36%	〔10〕
																					Me=0— 25%	〔11〕	
苏 联 阿 尔 泰 地 带	安 查 斯 台 阶																						

* 括弧内为含量变化范围

表5

钠-辉型砂卡岩铁矿中含钠辉角闪石的化学成分及光学常数

大造位 地质部
--

(四) 含钠的沸石化

包括方沸石化、钠沸石化、杆沸石化、片沸石化、束沸石化及菱沸石化等，它们大多形成于成矿之后，交代含钠矿物或呈细脉产出。含钠的沸石的化学成分及光学常数等见表6。

(五) 石盐化

仅见于苏联西伯利亚地台安加拉矿田，有些矿床在钻孔深部穿过的磁铁矿矿石和矽卡岩中，含石盐达20%，或更多⁽⁶⁾。

钠、氯交代作用与铁矿化的关系主要表现为：

1. 钠、氯交代作用的存在与否，是区别接触带有矿和无矿的首要标志。

2. 钠、氯交代作用的强度和广度，与铁矿化的强度和广度成正比（图1、2）。

3. 钠、氯交代作用在空间上常与铁矿体紧密相伴，而且有愈靠近铁矿体愈强的趋势（图3）。

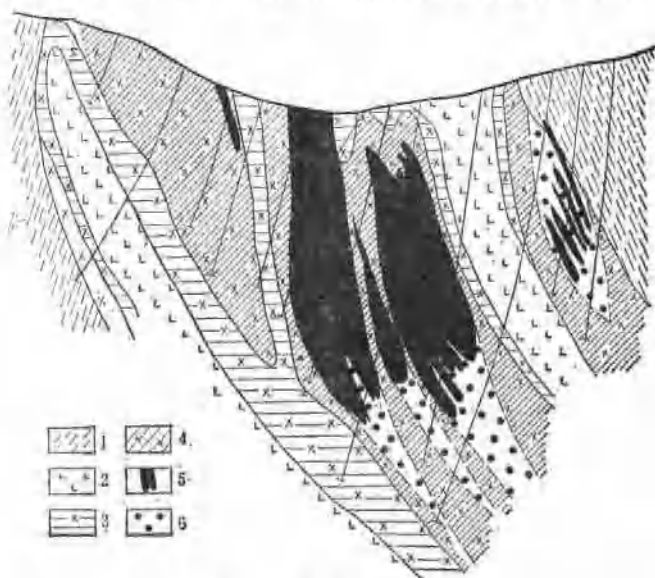


图2 西萨彦安查斯矿床地质剖面图

（据И.И.Курбанов等 1961）

1—原岩为泥质-硅质成分的页岩，未发生交代蚀变；2—未经蚀变的辉长岩；3—辉长岩中的强烈方柱石化带；4—辉长岩中的强烈钠长石化带；5—磁铁矿体；6—含磁铁矿矿集的岩石。

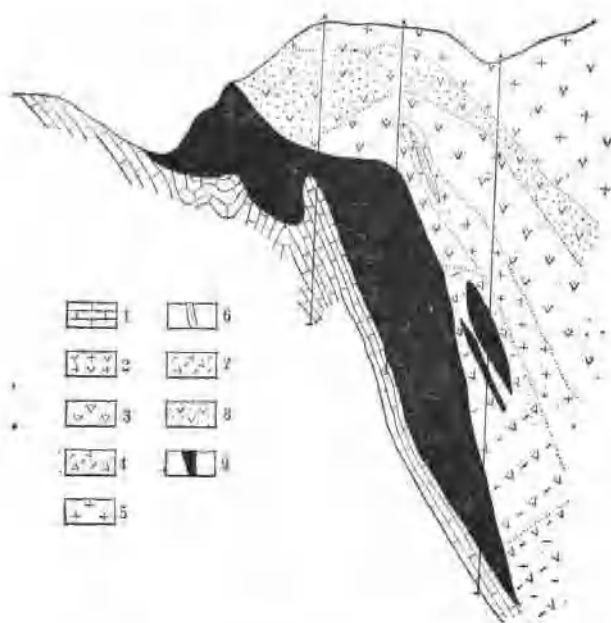


图3 大冶铁山狮子山矿体地质剖面图（据地质部矿床研究所 1965）

1—大理岩；2—脉状红长石化石英闪长岩；3—钠长石化透辉石化含石英闪长岩；4—轻微方柱石化钠长石化含石英闪长岩；5—细粒致密透辉石-钠长石交代岩；6—闪长岩；7—绿云母化角砾状变质闪长岩；8—碳酸盐化钠长石化闪长岩；9—铁矿体。

4. 钠、氯交代作用，常贯穿于整个成矿作用过程的始终。其发生顺序大致为：霓透辉石-霓石化→钠柱石-针柱石化和富含钠、氯的角闪石化→钠长石化→磁铁矿化→含钠的沸石化。还可见钠柱石-针柱石被钠长石交代，前两者又被含钠的沸石交代，并保存被交代矿物

表 6

钠-钙型砂卡岩铁矿中含钠的沸石的化学成分和光学常数

大地构造位置	成矿区或矿床	矿物名称	化 学 成 分										折 光 率			c/Np	资料来源				
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	烧失量			样品数	Ng	Np	测定数
扬子准地台	宁芜地区	方沸石																			(8)
"	大冶铁山	菱沸石																			杨超群1978.
冀东西伯利亚地台	安加拉矿田	杆沸石	39.44	0.03	29.89	未发现	0.18	未发现	痕量	11.69	4.67	0.01	13.52			99.43	1.527	1.518	1		(4)
"	"	含钙、钠的沸石	44.70	未发现	26.33	0.30	未发现	0.002	0.43	3.40	13.77	0.14	10.60			99.67	1.526	1.518	1		"
鄂东土尔盖四陷	卡恰尔萨尔拜	菱沸石	51.18	0.01	14.23	0.38	—	—	0.22	7.21	2.61	1.45	11.46	7.96	0.22	96.91	1.473-1.470-1.436	1.479			(5)
"	卡恰尔	杆沸石	50.52	0.05	17.46	1.96	—	0.04	0.48	6.88	3.97	0.84	—	—	16.94	99.14	1.542	1.528	1		"
"	索科洛夫	片沸石	56.3	痕量	16.44	0.56	—	0.04	1.02	5.40	2.33	1.70	2.60	13.60	—	100.11	1.503	1.494	1		"
"	卡恰尔	束沸石	54.6	—	18.0	—	—	0.01	0.04	7.90	1.50	—	—	—	13.81	100.86	1.503-1.491-1.505	1.495	1	9-11*	"

假像的现象(图版 I-2)。因此这些蚀变矿物,均可作为本类型矿床的找矿标志。

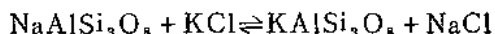
5. 矽卡岩化的强度与铁矿化的强度之间,不存在正比关系,但含钠、氯的矽卡岩化(如霓石化、钠柱石-针柱石化、含钠、氯的闪石化等)例外。

三、矿床地球化学特征

(一) 钠、氯在成矿中的作用

1. 钠、氯在成矿气液中的浓度

据实验资料⁽⁷⁾当温度在400°—600℃,压力为600—1000巴时,



(钾长石)

上述反应是可逆的。当浓度比值 $C_{\text{Na}}/C_{\text{K}} + C_{\text{Na}} < 82\%$ 时,反应向右进行;当比值 $> 82\%$ 时,反应向左进行。本类型矿床钠长石化的初始阶段,岩石中的钾长石即为钠长石交代,说明上述反应是向左进行,而且气液中钠质的浓度是很高的。

矿物包裹体的成分,具有高盐度的特点,是成矿溶液富含钠、氯的又一证明。如大冶铁山的钾长石、方柱石等热液形成的矿物的包裹体中,均含有石盐子矿物¹⁾。又如苏联西伯利亚地台南部的安加拉铁矿田,氯不仅作为含氯矿物的组份,而且存在于一般矿物的气-液包裹体中,因此内生矿石和岩石中氯的含量,有时达1%或更多²⁾。

2. 钠、氯等与铁组成的络合物是铁的主要搬运形式

一些重金属元素如铁等在成矿中以络阴离子或易溶解的络合物进行搬运的假说,目前已成为许多学者所接受。实验证明,在弱盐酸(0.8—2.6% HCl)中加入钠或钾,大大加速了矿物和岩石中铁的萃取,同时在溶液中形成 $\text{Na}[\text{FeCl}_4]$ 或 $\text{K}[\text{FeCl}_4]$,铁被萃取的程度与溶液中碱金属的含量成正比³⁾。因为Fe是电价高、半径小,亦即离子电位高($\text{Fe}^{3+} = 4.48, \text{Fe}^{2+} = 2.41$)的阳离子,它通常形成络阴离子的中心离子,而Cl是形成络合物的良好配位体;碱金属Na、K离子则具有最大的离解能力和很小的反极化能力,因而能与Fe和Cl等组成络合物。实验还证明,Fe与Cl组成的络阴离子,只有与碱金属阳离子(Na^+, K^+)结合时,才具有最大的稳定性和最大的溶解度。

络合物与简单化合物的差别,在于它对成矿作用具三个最重要的性质³⁾:强烈地从岩石和矿物中萃取铁质;在气相和液相中络合物的溶解度大大增长;在溶液中的稳定性相当高。所有这些络合物的特点,都大大促进了铁质的萃取与搬运,而远非胶体和普通离子化合物所能比拟。

3. 钠、氯交代作用是去铁、固硅作用

发育于内外接触带侵入体及火山岩中的钠、氯交代作用,一般均毫无例外地导致铁镁矿物、石英和磁铁矿副矿物的减少以至消失。从蚀变前后岩石中组成矿物的种类和含量变化(表7),以及矿物中 SiO_2 的含量对比(表8)表明,钠、氯交代作用,不但导致岩石中铁质的大量析出;而且还可以使铁镁矿物等蚀变后析出的 SiO_2 ,进入钠长石、钠柱石等蚀变矿物中固定下来。因此随着钠长石化的增强,岩石化学成分总的变化趋势是: Na_2O 不断增高,TFE不

1) 刘家齐 1979 鄂东南大冶式铁(铜)矿床包裹体特征及其成矿温度研究。

2) 据Г.А.Сороков资料,1961。

3) Л.Н.奥伏琴尼科夫等 内生矿作用中物质的汲取和搬运。地质快报。1965年,第10期。

山西西安里含石英闪长岩钠长石化前后主要特征对比 (据华北地质研究所1975) 表7

对比特征		含石英闪长岩	钠化闪长岩	强烈钠化闪长岩
颜色		灰黑—灰色	灰白色	白色
结构		半自形粒状似斑状结构	交代残余结构	花岗变晶结构
矿物含量 %	斜长石	61.6	76.7—81.5	96.2
	正长石	8.8	5.6	
	角闪石	18.8—20.2	少量	
	透辉石		7.87—12.8	
	石英	4.1—8.3		
	磁铁矿	2.3—3.9		
其它				3.8
化学成分 %	SiO ₂	56.45—57.14	52.76—53.10	66.4
	Na ₂ O	4.19—4.38	4.62—6.50	9.30
	Fe	5.54—5.70	2.15—3.20	0.94

断减少, SiO₂ 逐渐增加 (表7)。根据钠长石化的模拟实验结果¹⁾, 电子探针X射线像表明, 实验前黑云母中的Fe等呈均匀的点状分布 (图版 I-4), 但用碳酸钠溶液 (0.5N) 处理后, 则Fe等明显地从矿物中心向边缘迁移 (图版 I-6), 并可转入溶液中。

岩浆岩中的原生矿物和蚀变矿物SiO₂的含量对比

表8

原生矿物		蚀变矿物	
矿物	SiO ₂ 含量 (%)	矿物	SiO ₂ 含量 (%)
正长石	64.70	钠长石	68.81
钙长石 (斜长石中)	43.28	钠柱石	63.00
黑云母	32.83—44.94		
普通角闪石	37.94—55.73		

从表8可看出, 斜长石中一个钙长石分子蚀变为钠长石时, 可多吸收25.53%的SiO₂, 蚀变为钠柱石时可多吸收19.72%的SiO₂。同理, 当黑云母、普通角闪石蚀变为钠长石时, 均可多吸收一定数量的SiO₂。因此, 暗色矿物等钠化后, SiO₂ 为钠长石、钠柱石等大量吸收而固定下来, 其中的铁质则析出进入成矿溶液中, 使其中的铁质大大富集起来。

外接触带的含铁沉积岩经钠化褪色后, 也有大量铁的析出。如宁夏地区白象山矿区, 黄马青组紫色页岩经蚀变褪色后, Fe₂O₃ + FeO 平均约析出40% (表9)。

国内外大量的矿床地质研究资料表明, 钠、氯交代作用的发育程度与矿化强度成正比。有的矿床经概略估算, 交代作用析出的铁与铁矿储量近乎相等, 说明析出的铁是成矿物质的重要来源。

1) 北京铀矿地质研究所成矿实验组 1977 钠交代作用在铀成矿中的模拟实验