

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

矽 嘜 岩 的 找 礦 意 義

孟 憲 民

(中央地質部)

緒 言

一般金屬礦床中,出現較為廣泛的,及在找礦方面較易於追尋的要算矽嘜礦床。在酸性的,尤其是中酸性的侵入岩與碳酸質沉積岩或噴出岩相接觸的處所就有很大的可能有矽嘜岩的形成,而這種岩石中往往就可能有各種不同的金屬礦物,有的就成為有工業價值的礦床。雖然這類礦床所具有的各種金屬在世界儲量中不佔首要地位,但從它們所獲得的金屬則甚多,如鐵、銅、鉛、鋅、鎢、錫、金、銀、鉬、鈷、砷及鉍。矽嘜岩的分布亦甚廣泛。在國外大的矽嘜礦床甚多,如蘇聯烏拉爾磁山的鐵礦床,蘇聯圖里耶的銅礦床,美國阿里桑那州的許多含銅矽嘜礦床,澳洲的布魯根山的鉛鋅礦床,蘇聯及美洲的白鎢礦床等。我國矽嘜礦床亦佔重要地位,如湖北大冶鐵礦、安徽銅官山銅礦、湖南水口山和浙江諸暨高塢坑的鉛鋅礦、雲南箇舊錫礦等。以分布的區域而論,在東北、華北、華東、中南、西南等區,矽嘜礦床均為習見,而連綿成帶的則有起自鄂中沿揚子江下游南岸的接觸礦床,湘桂粵贛四省間的南嶺山脈中的矽嘜礦床以及南滿一帶的同樣礦床。由於矽嘜礦床的地質條件簡單,所產生的金屬礦床種類甚多,以及分布極為廣泛,作者認為值得就本人學習蘇聯先進經驗結合中國情況的體會,略作矽嘜礦床的找礦意義的介紹。主要地提出對今後矽嘜礦床的岩相應更深入的研究,一方面可以對礦床的成因理論得進一步闡明,而更重要地對找礦的方向能有所指明,甚而至於可以發現新的有用金屬。

一. 矽嘜礦床的一般地質現象¹⁾

根據庫列卡等(1954)所給矽嘜岩的定義如下:

1) 本節所述大致從庫列卡所編“近礦圍岩的蝕變及其找礦意義”(1954)一書中矽嘜岩章所摘述。其中國內的例子是作者補充的。

“矽噁岩是由柘榴石(鈣鋁榴石-鈣鐵榴石)、輝石(透輝石-鈣鐵輝石)及一些其他鈣鐵矽酸石所組成,由於石灰岩及矽酸岩(後者影響較小)經高溫交代過程及處於深度不大的條件下而形成的”。這個定義沒有強調接觸式的成因,這由於有許多的情況矽噁岩生成於接觸帶之外。

單純靠岩石成分來認別矽噁岩很容易把一些由於石灰岩在侵入岩的接觸帶內再結晶形成的角岩(僅以石灰岩中若干量的 MgO , SiO_2 , Al_2O_3 等等的再結晶,因而亦含有透輝石、鈣鋁榴石及符山石)當作矽噁岩看待。這種角岩一般不含礦,而且不是由熱液交代形成的。矽噁岩與角岩的基本區別如下:

(1) 在岩層產狀及形狀方面,角岩環繞侵入體成連續的接觸帶,不少的時候達到大的延展及厚度。矽噁岩不成連續的接觸帶,岩體形狀不規則,很少呈層狀,沿走向很少超過 1000 米,厚度通常少於 70—100 米。矽噁岩又常生成於裂隙構造中。

(2) 在礦物成分方面,角岩雖以矽灰石、透閃石、鈣鋁榴石、透輝石等為主,而這些礦物形成散漫體於大理岩化的方解石顆粒間。角岩呈淺灰、淺黃等色。矽噁岩主要由鈣鐵質的柘榴石及輝石所組成,顏色為深棕或深綠。富於矽灰石或方柱石的淺灰色矽噁岩較為少見,且常不含礦。

(3) 角岩中沒有各種不同後期礦物的發展,而相反地這是矽噁岩獨有的特徵。最典型的是綠簾石化,矽化,碳酸石化以及硫化物的出現。

在絕大多數的情況下,含礦的矽噁岩是生存於鄰近酸性侵入體的褶皺帶的邊緣地區內(如安徽銅官山、湖南香花嶺、雲南箇舊等處)。在褶皺帶中,侵入岩沿褶皺方向引長並在背斜穹隆部分貫入。矽噁岩主要聚生於褶皺的圓斜末端,侵入岩傾沒的地區。在這末端的地區是經受壓力最大的部分,有劇烈的破碎,因而引起了高度的交代蝕變作用。當侵入體受微弱侵蝕,矽噁岩則主要地分布在構造頂部,即褶皺的穹隆部分(如雲南箇舊老廠),或沿傾斜的接觸帶(如廣西平頭山)。

另一種情況是矽噁岩發展在比較活動的地台邊緣部分,有不厚的沉積覆蓋及為深度不大的侵入體所錯動或碎裂的地方(雲南會澤地台上的鉛鋅礦可能是這樣)。

伴隨矽噁岩的侵入岩有兩大類:

- (1) 花崗岩-花崗閃長岩-石英閃長岩;
- (2) 鹼性正長岩-花崗正長岩-二長岩。

侵入體中有時存在幾種不同的岩相:一般較基性成分的岩相常趨向於侵入體的外圍(如銅官山、水口山)。這可能是由於岩漿與石灰岩圍岩同化的關係。在這種情

況下就可能有很大的蝕變範圍，實際的表現為岩相成分有劇烈的變化與大量的混染岩(如東北區南滿的芙蓉銅礦)。

一般較酸性的或超酸性的侵入岩不特徵地具有矽嘜岩(如蘇州花崗岩)。最經常有矽嘜岩的是花崗閃長岩。

第二類岩石在中國僅知在山西臨縣及皖北廬江等處出現，而很少有矽嘜岩的伴生。在蘇聯尚有與暗色岩伴生的矽嘜岩(如東部西伯利亞)。

侵入岩的外形可區別為各種不同的形式(整合及不整合的侵入體、岩幹、層間侵入體等等)。在雲南箇舊馬拉格侵入體與灰岩的接觸為不整合(圖2)。而在箇舊松樹腳及廣西富賀鐘平頭山(圖1)則為整合。在湖南臨武香花嶺為層間侵入體，而在東

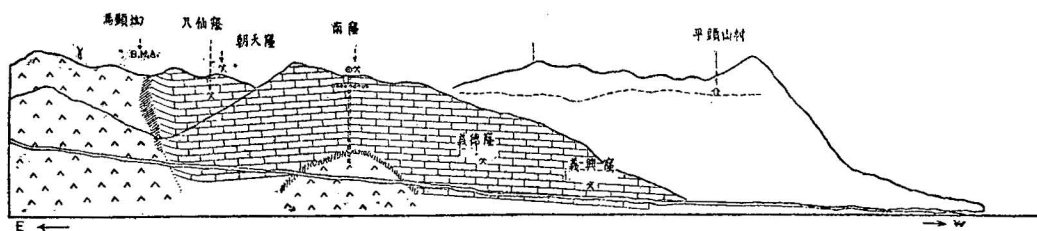


圖1 廣西富賀鐘區平頭山矽嘜岩的剖面，顯示侵入體與圍岩不整合的接觸(根據舒全安, 1948年)

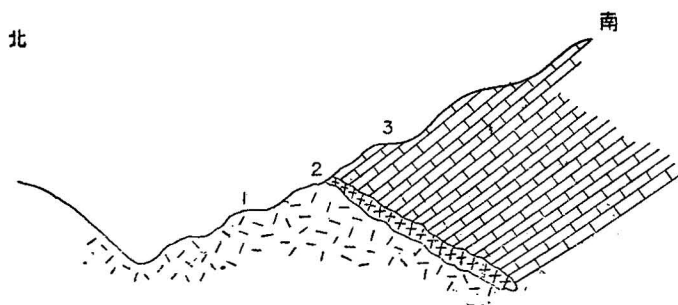


圖2 雲南箇舊馬拉格矽嘜岩化剖面圖

侵入體與石灰岩顯示不整合的接觸

1. 花崗岩 2. 矽嘜岩 3. 箇舊石灰岩

頭則演變成一岩脈。

矽吶岩尚有遠離侵入體而發展在圍岩中的(圖3)。

關於侵入岩在深度不大的處所凝固的事實可用下列現象證明之：

(1) 侵入岩的細粒及斑狀結構[如廣西姑婆山麓、安徽銅官山(圖版I—1)、湖南水口山及其他等處]。

(2) 斜長石呈帶狀現象[銅官山(圖版I—1)、水口山]。

(3) 角閃石顆粒中心部分有輝石的殘餘。

(4) 歪長石及正長石的存在代替了微斜長石。

與這類岩石有關的偉晶岩脈出現很少,或甚至完全沒有。

造成矽吶岩的岩石主要為石灰岩、白雲質石灰岩或白雲岩(如雲南箇舊、湖南香花嶺等處),而有時則為凝灰岩及噴出岩(如蘇聯烏拉爾的矽吶礦床及加拿大沙里文

礦床)。矽吶岩亦有產生在侵入岩中的。

按矽吶岩的金屬礦化的重要性,可分為鐵、銅、鉛-鋅、鎢及其他等矽吶礦床。可能在某一地區有時有這些種類中幾種的混合。

矽吶礦床中最廣泛的是鐵的礦化作用,以磁鐵礦及赤鐵礦為主(湖北大冶、安徽繁昌桃冲)。

銅的礦化作用在矽吶礦床中居第二位,以黃銅礦為主要工業礦物。一般伴生的硫化物為磁黃鐵礦和黃鐵礦。礦石呈浸染式或浸散式。銅的礦物在矽吶礦床中有重要意義,有時成巨大工業價

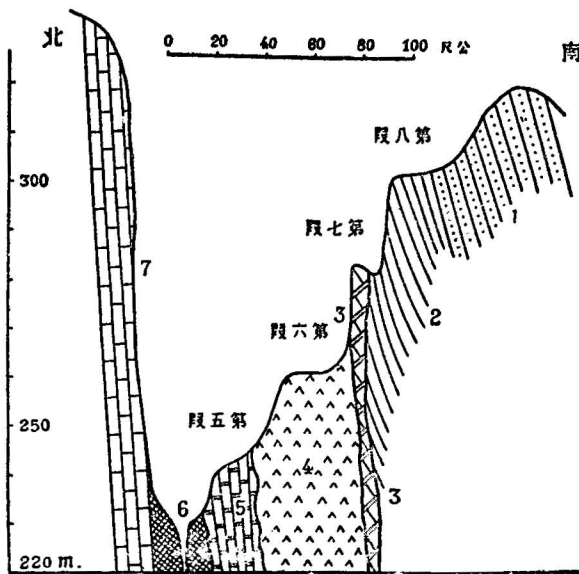


圖3 安徽繁昌桃冲矽吶岩脈剖面圖

1. 石英砂岩; 2. 頁岩; 3. 白雲質石灰岩; 4. 石榴石岩;
5. 再結晶石灰岩, 中含赤鐵礦; 6. 以磁鐵礦為主的鐵礦
石; 7. 石灰岩。(根據謝家榮等, 1935)

值的礦床(如蘇聯烏拉爾、圖里耶, 美國阿里桑那州許多銅礦床及墨西哥中央地台的礦床)。

鉛鋅礦化在矽吶岩中居第三位。礦石呈浸染式或浸散式。以方鉛礦及閃鋅礦為主, 有時構成很大的礦床(如澳洲布魯根山、雲南會澤金牛廠)。

鎢礦化作用居第四位。礦石呈浸散式及濃集式，以白鎢礦為主。沿砂嘎岩的裂隙沉澱。有時成很富的礦床。白鎢礦在砂嘎岩中有很重要的意義，在世界上鎢的儲量中佔重要地位。

其他如錫、鉬、金、銀、鈷、砷及鉍的礦化，有的可達很大的規模（錦西楊家杖子的鉬、雲南箇舊的錫）。不過目前在世界上這些礦化所成的礦床的金屬儲量尚不佔重要地位。

含礦砂嘎岩的礦物成分較為複雜而且有許多變種。它們的形成階段大致可分為兩大階段：即砂嘎岩階段和石英-硫化物階段。與這階段有聯系的是一些特徵的礦物

表 1 最常見的含礦砂嘎岩中礦物共生關係*

礦化類型	特 徵 的 共 生 組 合					
	非 礦 石 礦 物			礦 石 礦 物		
	主要的	伴 生 的		主要的	伴 生 的	
鐵	柘榴石 及輝石	綠簾石		磁鐵礦	赤鐵礦, 黃鐵礦, 黃銅礦	
		角閃石, 綠泥石, 方解石			閃鋅礦, 方鉛礦, 磁黃鐵礦	
		角閃石, 石英			輝鈷礦, 黃鐵礦, 黃銅礦	
		螢石, 石英, 綠泥石			日光榴石, 閃鋅礦	
		石英			白鎢礦	
鎢	柘榴石	石 英	符山石	白鎢礦		
	輝石		綠簾石			
	柘榴石 及輝石	石英, 斜長石			輝鉬礦	黃鐵礦, 磁黃鐵礦, 黃銅礦 閃鋅礦, 輝鈷礦,
			金雲母, 螢石		錫 石	
			碳酸石		金	
銅	柘榴石 及輝石		綠簾石, 綠泥石, 石英, 方解石	黃銅礦	黃鐵礦, 磁鐵礦	
					黃鐵礦, 磁鐵礦, 閃鋅礦	
					黃鐵礦, 閃鋅礦, 白鎢礦	
鋁-鋅	柘榴石 及輝石	石英, 綠泥石, 方解石	蔷薇輝石, 鈣蔷薇 輝石	閃鋅礦 方鉛礦	磁鐵礦, 磁黃鐵礦, 黃鐵礦, 黃銅礦,	
	輝石		綠簾石			
	斧石, 黑柱石					

* 根據庫列卡等所編的“近礦圍岩蝕變及其找礦意義”一書中, Е. Д. Карпова 及 Д. Г. Ибашенцов 寫的砂嘎岩章內(第 23 頁)表 2 所譯出的,

組合的形成。

在矽鹼岩階段的典型礦物是柘榴石與輝石。幾乎同時和柘榴石及輝石形成的礦物，有時也組成矽鹼岩的主要份子，為符山石、矽灰石、方柱石等。

在時間上其次形成的矽鹼礦物為磁鐵礦、綠簾石及角閃石，並交代已成的柘榴石及輝石。石英、錫石和白鎢礦可能是在這種礦物組合形成的末期開始出現的。尚有些不常見的而同是矽鹼岩階段的礦物為黑柱石、粒矽鎂石、尖晶石、斧石、硼鎂鐵礦、蒼薇輝石、鈣蒼薇輝石、剛玉及鈣鋁石。

在石英-硫化物階段的礦化是複合於矽鹼岩上的新礦層；礦物種類複雜，很難分出典型的礦物。參加這組合的礦石和非礦石礦物有幾十種。這階段的不同的礦石礦物的形成決定了矽鹼岩的錫、銅、鈷、鉛、鋅、金、鉬、砷以及大部分鎢的工業意義。

石英-硫化物階段的主要非礦石礦物為石英、方解石、酸性斜長石及綠泥石，有時有很多的螢石、金雲母、絹雲母以及碳酸鐵及錳。

石英-硫化物階段最常見的礦石礦物為黃銅礦、磁黃鐵礦、黃鐵礦、閃鋅礦、方鉛礦、輝鉬礦、輝鈷礦、毒砂、白鎢礦、錫石及自然金。伴生的副礦物，有時很典型地存在於矽鹼礦床中，為輝鉍礦、自然鉍、斜方砷鐵礦、輝鎳鉛礦、黃錫礦、砷黝銅礦及日光榴石。其他少見的礦物為方黃銅礦、輝砷鎳礦、針鎳礦、砷鈷礦及金的碲化物。

在表 1 中顯出了矽鹼岩中常見的鐵、鎢銅及鉛鋅礦化作用構成的共生關係。矽鹼岩中鉍礦化作用是與日光榴石有關及部分地與柘榴石及符山石的變種有關。美國鐵山的矽鹼礦床中含鉍的礦物與磁鐵礦-石英-螢石相聚生。含日光榴石的礦石特徵地表現獨異的細緻條紋結構。磁鐵礦組成暗色紋帶，螢石、日光榴石及石英組成淡色紋帶，前後兩種紋帶相間而生。

二．含礦矽鹼岩中主要礦物的生成特徵

方柱石 這礦物在矽鹼岩中頗為常見（如北京西山溫泉、湖南香花嶺及雲南箇舊等處）。一般出現於矽鹼岩中為量不多。僅有時聚生較為顯著，如在箇舊松樹腳的接合帶中。在後期礦物形成過程中，方柱石被鈉長石、綠簾石及方解石所交代。

柘榴石 這是矽鹼岩中最廣泛出現的礦物，呈菱形十二面體、偏菱形二十四面體或呈塊狀。有均質及非均質的兩種，後者較為常見。非均質柘榴石常呈帶狀結構（圖版 I—2），中心為均質而外圍為非均質。另有一種非均質柘榴石在薄片下的顯粒切面，當顯微鏡直交偏光下，顯出三角形的分段（三角形的底邊為晶面或晶邊，而所有三角

形的頂共會合於晶體的中心), 分別單獨消光(圖版 II—3)。這種非均質的柘榴石在高塢坑(浙江諸暨)尤為常見。柘榴石中如同時含有均質與非均質的變種, 非均質的較為後生而複合於早期的均質柘榴石上或交切之。

矽礫岩中柘榴石屬於鈣鋁-鈣鐵榴石的類質同像系列礦物。少鐵柘榴石的形成較先於高鐵柘榴石。其中含鐵的高低變種可以比重或折光率來確定, 例如銅官山的柘榴石:—

	比 重	N	確定的柘榴石變種
1. 天鵝抱蛋	3.3 —3.45	1.79	} —含鐵鈣鋁榴石或少鐵鈣鋁榴石 —鈣鐵榴石
2. 小銅官山及老山	3.63—3.70	1.89	
3. 筆山	3.59		
4. 寶山	3.67		

高鐵柘榴石大多與石灰岩鄰近的矽礫岩相適應, 而少鐵柘榴石則與侵入岩相鄰近的矽礫岩中生成。

根據庫列卡等(1954)的研究, 磁鐵礦及鉛鋅礦床中柘榴石以鈣鐵榴石分子有規律地佔優勢, 而在大多數的白鎢礦矽礫礦床中的柘榴石則以鈣鋁榴石分子佔優勢。銅矽礫礦床中的柘榴石含鈣鋁榴石與鈣鐵榴石分子的比例幾相等。矽礫礦床中有些柘榴石(例如美國鐵山)經光譜分析含錫達 0.5% 及含有 Ga, Zr, Cr, Bi, Ag 等元素。在後期礦物形成過程中, 柘榴石被磁鐵礦、綠簾石、石英、方解石、綠泥石等所交代。

輝石 如同柘榴石一樣, 輝石亦為矽礫岩中主要組成的礦物。在許多的鎢、銅、鉛、鋅矽礫礦床中, 輝石在量的方面比柘榴石佔優勢。在鐵矽礫礦床中, 輝石的量較次於柘榴石。

參入矽礫礦床中的輝石成分內的礦物分子為透輝石-鈣鐵輝石系列礦物: 透輝石($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)-次透輝石 [$(\text{MgFe}) \text{CaSi}_2\text{O}_6$]-鈣鐵輝石($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$)及有錳鈣輝石($\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$)與普通輝石 [MgSiO_3 與 $(\text{AlFe})_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}$ 的混合]的參雜。

根據庫列卡等(1954)以各種矽礫礦床中輝石的化學分析作研究得出下列結論:

- (1) 含鎢的矽礫礦床中的輝石成分以鈣鐵輝石分子佔優勢;
- (2) 在鉛鋅及許多鎢礦床中輝石內錳的含量增加(含錳的鈣鐵輝石)。

輝石同樣地有早期及後期形成的。早期的輝石與柘榴石共同組成矽礫岩的重要部分, 而第二期輝石多沿矽礫岩的節理與石英相聚生。第一期的輝石中又以少鐵變種輝石先成。

礦化過程進行時, 輝石常被陽起石、綠泥石、磁鐵礦及石英、方解石、硫化物所交

代(浙江高塢坑,閃鋅礦交代輝石,見圖版II—4)。輝石被交代的程度深淺不一,有劇烈被交代的地方,輝石則完全消失。除了這系列的透輝石-鈣鐵輝石礦物外,尚有三斜晶系的矽灰石、薔薇輝石(河北昌平西湖村,王竹泉 1936)及鈣薔薇輝石。

符山石 這為較常見的矽鈣礦物,並經常與柘榴石緊密共生。符山石與鈣鋁榴石成分特別相近,以及常常相互共生,表示着這兩個礦物在形成時間方面非常接近。在矽鈣礦床中如以鈣鋁榴石為佔優勢的柘榴石,則符山石發展很廣泛;相反地,以鈣鐵榴石為主的矽鈣岩,則符山石很少發展。在國內的一些矽鈣礦床中,符山石發展不多的或不存在的均為鐵、銅、鉛、鋅及部分白鴿矽鈣礦床,而符山石發展較多的則為錫鎢礦床,例如銅官山、馬鹿溝等處銅矽鈣礦床,大冶鐵矽鈣礦床,高塢坑、水口山鉛鋅矽鈣礦床均少見或不見有符山石;南嶺一帶及雲南箇舊的錫鎢礦床,則符山石為一常見的矽鈣礦物。

綠簾石 它屬於常見的矽鈣礦物,為柘榴石、輝石形成後所生的矽鈣礦物。常連同方解石及石英,有時和後期柘榴石呈細脈的形式割切輝石-柘榴石矽鈣岩。在隨後的礦化期間,綠簾石常被綠泥石及方解石所交代。

綠簾石屬於生成連續到很長的時限的這類礦物。僅小部分綠簾石可能與輝石-柘榴石聯合形成的。主要的綠簾石是在矽鈣岩階段末期以交代柘榴石及輝石而成的,也有以交代侵入岩的長石而成的。這裏要注意的是香花嶺矽鈣岩中綠簾石較為少見,而尖晶石則常出現。

閃石 閃石類礦物在大多數矽鈣岩中屬於分布不廣而較常見的礦物。陽起石為閃石中最常見的矽鈣礦物。透閃石及普通閃石則較少見。在隨後的礦化過程中,閃石類礦物均將為綠泥石及方解石所交代。閃石的生成均在矽鈣岩階段的末期,並後於輝石-柘榴石主體的形成。部分閃石與石英、方解石、硫化物的形成時間密切相聯,因而與石英-硫化物階段的初期相近。

其他典型的矽鈣礦物尚多,如尖晶石、粒矽鎂石、黑柱石、斧石及斜長石。其中有意義的為斜長石,幾乎在所有各種含礦的矽鈣岩中均有多少不一的斜長石,而最特徵地是生成於有白鴿礦化作用的矽鈣礦床中。較普遍的斜長石為酸性斜長石,形成於矽鈣階段的末期。有些礦床中,白鴿礦聚集在與矽鈣岩化石灰岩相接處的鈉長石化的花崗閃長岩部分,或在以斜長石(鈉長石及更長石)加富的矽鈣岩內。在另些礦床中,斜長石是白鴿礦-石英-硫化物層次中主要組成部分,並且割切矽鈣岩。

白鴿礦 白鴿礦在矽鈣岩中有兩種共生關係:(i)與矽鈣岩共生,(ii)與石英-硫

化物共生。矽噁岩的性質不論是簡單或複雜, 白鎢礦均與之相適應。常與白鎢礦共生的礦物為綠簾石、石英、斜長石、硫化物及方解石。在矽噁岩中, 白鎢礦特別與矽噁礦物間隙中的方解石密切相聯。

日光榴石 $3(\text{MnFe})\text{BeSiO}_4\text{MnS}$ 這礦物常在成分複雜的鐵矽噁礦床中得見。鉍為近代工業中一種重要金屬。綠柱石為鉍的工業礦物, 但產量尚不能滿足工業要求。日光榴石最近發現產於矽噁岩中, 同為鉍的工業礦物, 呈檸檬黃至紅的顏色, 又時呈更深暗的顏色。具玻璃或松脂光澤, 常與螢石共生, 成細晶的集合體。晶體完美的日光榴石為四面體及聯合的四面體。在空洞中與梳狀結構的石英、螢石及沸石共生。從外形上及物理性質方面十分近似柘榴石。

實際上在野外來區別日光榴石與柘榴石可以藉助於下述十分簡單的方法 (Gruner, 1944): 小量的試料在乳鉢中粉碎, 用硫酸(1:5)處理。加小量三氧化砷, 其後將溶液與試料燒沸達 1—2 分鐘, 這樣將餘渣用水洗淨。日光榴石的存在會因硫化砷而現出特徵的淡黃色。如拿銻來代替三氧化砷, 則餘渣將因硫化銻而呈紅色。這方法非常靈敏。在試料中存在的其他硫化物不會溶蝕, 因而不會與這鑑定日光榴石的方法相混淆。

表 2 美國鐵山礦床中柘榴石與日光榴石的特徵性質比較

特 徵 性 質	柘 榴 石	日 光 榴 石
硬度	6.5—7.5	6.00
比重	3.5—3.8	3.33
礦物粉末的顏色	肉桂灰色	肉桂黃色
晶形	菱形十二面體	四面體
折射率	1.865—1.885	1.746

三. 矽噁礦床的岩相特徵

經過交代原生岩石而成的矽噁岩沒有顯著的容量改變。矽噁岩中常常保存了原生岩石的構造和結構。按 Д. С. 柯爾仁斯基(Д. С. Коржинский, 1945)的觀察, 在花崗岩類岩石緊鄰所形成的內矽噁岩帶, 其中含的柘榴石以鈣鋁榴石分子佔優勢, 並常有符山石共生, 矽噁岩中並有殘餘的榍石、鉛石及磷灰石。因此可拿矽噁岩中所包有的殘餘體塊來決定它是在外或內變質帶形成的。內矽噁岩中方柱石的存在遠較外矽

嘔岩爲多。粗晶鈣鐵輝石或矽灰石的聚生是外矽嘔岩的特徵。Д. С. 柯爾仁斯基並指出 Al, Si 的比例數字在外矽嘔岩中要比內矽嘔岩的爲低。矽嘔岩從鎂質石灰岩及白雲岩發展的特徵地含有尖晶石、鎂橄欖石(香花嶺)、矽鎂石、透輝石等。

在成分複雜的矽嘔岩中,有各種不同的假像礦物的形成。綠簾石及磁鐵礦呈柘榴石的假像,輝石變成假像角閃石,片狀赤鐵中發展了磁鐵礦的假晶。在矽化及碳酸石化帶中,常有綠色細針狀平行排列的陽起石,呈隱約的輝石晶形輪廓。石英、碳酸石及綠泥石通常組成石榴石的假晶,其中尚保有柘榴石晶粒的肢架。

在原生岩中,首先由交代形成的是早期矽酸鹽,即成分簡單的矽嘔岩,以柘榴石-輝石爲主。成分複雜的矽嘔岩主要地以交代方式複合於早期形成的矽嘔岩上的,而且這些次期矽嘔礦物如柘榴石、綠簾石、磁鐵礦、白鎢礦、陽起石、薔薇輝石等也呈一系列的細脈交切成分簡單的矽嘔岩。石英-硫化物階段的礦物則不僅以交代方式形成,而且以充填方式生於矽嘔岩中的各個裂隙內。因此呈特殊的角礫狀結構,矽嘔岩的碎塊爲後生礦物所膠結。

矽嘔岩及侵入岩彼此的空間分布,按 Д. С. 柯爾仁斯基(1945)在圖里耶所列的剖面(由內而外)如下:

1. 石英閃長岩(斜長石、石英、角閃石;副生物:長石、磁鐵礦、柘石、磷灰石)。
2. 退色的石英閃長岩(更長石、石英、透輝石;副生物:柘石及磷灰石)。
3. 鄰近矽嘔岩的輝石斜長岩(斜長石成分因漸遠離石英閃長岩而使更長石漸轉換爲拉長石及倍長石;副生物:柘石及磷灰石)。
4. 輝石-柘榴石矽嘔岩,由逐漸遠離前述數帶,而柘榴石自帶 4 至帶 5 亦逐漸由鈣鋁榴石轉換爲近鈣鋁榴石;副生物:柘石及磷灰石。鈣鋁榴石中常伴有符山石。
5. 單礦物的柘榴石矽嘔岩。
6. 單礦物的次透輝石矽嘔岩。
7. 大理岩化石灰岩。

有的剖面缺帶 4 及帶 5 或帶 6。

庫茲涅茨克的阿拉套的剖面如下:

1. 角閃花崗閃長岩。
2. 矽嘔岩化的花崗閃長岩(含透輝石、柘榴石,有時有方柱石)。
3. 輝石矽嘔岩。
4. 柘榴石矽嘔岩。
5. 矽灰石矽嘔岩。
6. 大理岩化矽嘔岩。

這種排列常常受到干擾。惟一規律在許多情況堅持的是在外矽嘔岩靠近石灰岩方面,有單礦物鈣鐵輝石矽嘔岩的發展。這點在找礦時應予以注意,因爲白鎢礦是常

和鈣鐵輝石共生的。

四．矽嘎岩的生成情況

許多矽嘎岩研究者已認識到矽嘎岩的形成是與侵入體的岩脈的形成時間相近。比較常見的情況是部分的岩脈及小侵入體較矽嘎岩先生成，而另些部分生成較後。這兩種過程，矽嘎岩的形成及岩脈的產生，能在時間上平行地或彼此超覆地進行。

含礦矽嘎岩主要沿侵入體與圍岩的接觸帶上分布，但造成交代作用的氣體與溶液的來源不是出自與矽嘎岩直接相接觸的侵入體的部分，而有許多證據來認為這些氣體及溶液是由侵入體深部出來的。這可用下列事實來確證：

- (1) 矽嘎岩的形成在侵入體固化之後；
- (2) 含礦矽嘎岩在水平方向常與侵入體的距離頗大(有達 1,000—2,000 米)；
- (3) 含礦矽嘎岩與大小不一的裂隙有關係；
- (4) 含礦矽嘎岩與侵入體的導生脈在空間與時間上的關係。

含礦矽嘎岩是在深度不大的情況下形成的，這點在前面已經論述過。它形成時的溫度情況：在矽嘎岩階段的溫度間隔大約是在 800—500°；在矽嘎岩階段的末期，即磁鐵礦、白鎢礦、綠簾石、角閃石的生成時期，大約為 550—400°；在石英-硫化物階段，礦物的生成溫度則大約在 400—200°間。

五．矽嘎岩—礦石交代過程中引入和取出的作用

茲將中亞細亞的矽嘎岩的化學成分(十二個分析的平均)引錄於下〔按照 X. M. 阿布都拉也夫 (X. M. Абдуллаев,) 1950〕：

化學分子	%
SiO ₂	40.49
Al ₂ O ₃	8.74
Fe ₂ O ₃ +FeO	16.56
MnO	1.76
MgO	1.18
Ca	26.28
Na ₂ O	0.30
K ₂ O	0.15
燒量	3.78
總數	99.84

在這分析中，顯著地是鐵的引入及較小程度上錳的引入。這樣多的鐵和錳的聚

集不是石灰岩的特徵，即在噴出岩和其他沉積岩中所含的這二種氧化物的量亦較少。石灰岩成分中 CO_2 (約佔 50%) 則在矽噁岩中已不存在。

引恩普列畢 (Umpleby, 1917) 在敘述美國愛達和州梅克區的含銅矽噁岩所用的分析來說明交代過程中引入和取出 (表 3)。

表 3 矽噁岩及原生岩的成分以及矽噁岩化過程中的引入和取出 (按照恩普列畢的資料)

組 分	純淨石灰岩(1)		塊狀單礦物 石榴岩(2)		微弱矽噁岩 化的花崗斑 岩(3)		未蝕變的花 崗斑岩(4)		引入(+)及取出(--), 克/100cc		
	重量 (%)	克 100cc*	重量 (%)	克 100cc*	重量 (%)	克 100cc*	重量 (%)	克 100cc*	1與2分 析的比較	3與2分 析的比較	4與3分 析的比較
SiO_2	2.90	7.97	36.92	134.76	70.18	185.27	71.16	187.86	+126.79	-50.51	-2.59
TiO_2	—	—	0.26	0.95	0.54	1.42	0.56	1.48	+0.95	-0.47	-0.06
Al_2O_3	0.20	0.55	8.75	31.93	12.97	34.24	13.94	36.70	+31.38	-2.31	-2.46
Fe_2O_3	0.13	0.36	16.85	61.49	0.82	2.16	1.01	2.67	+61.13	+59.26	-0.51
FeO	0.09	0.25	0.50	1.72	0.86	2.28	1.35	3.57	+1.47	-1.56	-1.29
MgO	1.06	2.91	0.17	0.61	0.95	2.51	0.67	1.77	-2.29	-1.89	+0.74
MnO	—	—	0.67	2.44	0.55	1.45	0.55	1.45	+2.44	+0.99	0.0
CuO	54.21	149.08	33.71	123.04	3.98	10.51	1.64	4.34	-26.04	+112.53	+6.17
Na_2O	—	—	0.31	1.13	2.89	7.63	3.96	10.39	+1.13	-6.50	-2.76
K_2O	—	—	0.21	0.77	5.40	14.25	4.33	11.42	+0.77	-13.48	+2.83
CO_2	41.38	113.79	0.95	2.81	—	—	—	—	-110.98	—	—
$\text{H}_2\text{O}+$			0.39		0.29		0.55				
$\text{H}_2\text{O}-$			0.21	2.55	0.18	2.28	0.26	2.38	+2.55	-0.27	0.10
P_2O_5			0.30		0.29		0.12				
總 數	100.67	275	100.20	365	99.90	264	100.08				
容 重	2.75		3.65		2.64						

* 每“重(%)”行配合一行數字是以各組份的重量百分比乘容重再乘 100 而得。

從表 3 可看出，在石灰岩轉換成矽噁岩時 (1 與 2 分析的比較)，損失了幾乎全部 CO_2 及 20% 的 CaO ，引入了相當數量的 SiO_2 、 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 。花崗斑岩的矽噁岩化初期 (透輝石出現) 僅有少量 CaO 的增加 (4 與 3 分析的比較)。劇烈的蝕變發生大量的 CaO 與 Fe_2O_3 的引入與鹼質及 SiO_2 的取出 (3 與 2 分析的比較)。

根據國內矽噁岩的研究，作者認為在矽噁岩開始階段， SiO_2 、 Al_2O_3 及 CaO 不甚活躍，正如 Д. С. 柯爾仁斯基 (1945) 發表的接觸反應-交代矽噁作用理論中所敘述的，即沿石灰岩與鋁矽酸岩的接觸互相擴散，而在這情況下， SiO_2 、 Al_2O_3 及 CaO 變為遲鈍。這可以在本文後段敘述香花嶺矽噁岩現象時再予闡明。 SiO_2 的活動開始在矽噁岩階段的末期，即大約相當於白鈎礦開始沉澱的時期； SiO_2 延續沉澱的時限最長一直到礦化終了時期。鋁氧的引入大致在偉晶期。一般在矽噁岩中鋁氧的聚集

不大，多半伴同岩脈或侵入體而引入。鈣氧的活動也與矽氧相同，開始在矽礫岩階段末期而延續甚長，直至礦化終了之後。因此在矽礫岩礦化整個過程中，有大量的鐵、矽氧、鈣氧以及各種不同金屬的引入。個別情況下有相當數量的氟、硼等元素的引入。

六． 國內矽礫岩的地質現象及岩相研究

國內對於矽礫岩的地質研究遍載於各著作中，本文不擬全面來摘錄描述。僅將幾個典型的有矽礫岩發展的區域引述，以便論證前面所講的矽礫岩的特徵規律。

1. 湖南臨武香花嶺

本區（孟憲民、張更，1935）花崗岩侵入於泥盆紀東崗嶺石灰岩及蓮花山砂岩之間，成一層狀侵入體，其東南頭未出露而向東延展成一岩枝貫入於東崗嶺灰岩中。侵入體與灰岩的接觸均有變質交代現象，形成矽礫岩、角岩及大理岩。

本區的接觸變質及矽礫岩化作用，在矽礫岩階段中經岩相研究，可分為下列幾個不同的現象（由外矽礫帶至內矽礫帶）：

- （1）純粹熱變質，無外物的引入，主要為大理岩化與接觸礦物呈散漫狀的分布；其中，部分地與前述的沿接觸量的角岩性質相合，部分地與矽礫岩相合。
- （2）中級的氣化變質，形成黑鱗雲母-螢石-尖晶石岩石及錫石的引入。
- （3）高級的氣化變質，形成剛玉-鈣霞石-螢石岩石等等及錫石的引入。
- （4）電氣石化及黃玉化，形成電氣石岩、黃玉岩，這種岩相主要為偉晶期間的產物。

純粹熱變質 本區熱變質的主要特徵是很少有外物的引入，而在侵入岩的接觸量中的石灰岩連續地發展。變質現象雖有程度的深淺，而一般常見的現象為石灰岩大理岩化，其中散漫分布有針狀矽灰石，或扁柱形透輝石斑變晶，或放射狀柱形符山石的晶簇。薄層狀石灰岩或鎂質石灰岩有變質成白色矽灰石的條帶，棕色柘榴石、符山石、尖晶石及再結晶的方解石共生的條帶，棕紅色符山石條帶（中含次量的透輝石、方解石，有時有螢石），及碳質石灰岩（中含透輝石的斑變晶）的條帶等的互層。碳質灰岩中的細粒方解石已呈片狀結構。透輝石斑變晶沿其對稱晶軸方向有碳質的集中（圖版 III — 5）。間有石灰岩層變質成純為交錯構造的柱形透輝石晶體所組成的暗色條帶，其中有次量的符山石、柘榴石及方解石。同樣的暗色層有時主要以非均質的十二面體自晶柘榴石（約 5 毫米直徑）所組成。柘榴石間隙中常有透輝石及方解石的

發展。有的條帶含自變晶的非均質柘榴石(5—10 毫米直徑)、半自變晶的透輝石(0.5—3 毫米長)、針狀矽灰石、符山石(1—3 毫米長)及間隙的方解石。柘榴石的變晶一般包有各種其他礦物,如透輝石、方解石等。鎂橄欖石、粒矽鎂石、透閃石及直閃石亦偶有出現。

在上述一種變質岩相中,有用金屬的礦化作用較少,變質作用發展於遠離侵入體的接觸帶內,為外變質帶的現象,並為破碎影響甚微的部分。柘榴石(主要為鈣鋁榴石)形成較早而符山石及輝石似較後。含鎂質較富的圍岩有尖晶石、鎂橄欖石及粒矽鎂石的發展。碳質灰岩部分呈片狀,似有容量的改變。

中級氣化變質現象 這種現象多半發生在接觸帶內的圍岩經受斷層或碎裂影響的地區。特徵的表現是氣化作用複合式地交代熱變質的岩石。有錫石的引入及透輝石的副生。氣成變質岩一般較石灰岩更為緻密及比重大,呈暗綠色澤。礦物成分主要為黑鱗雲母、螢石及符山石。在熱變質岩中,符山石多呈深紅色,而本岩相中的符山石則呈深綠色。岩石呈條紋結構,為細條紋的磁鐵礦或尖晶石與較寬的黑鱗雲母—螢石紋帶相間而成(暫稱為一種條紋變晶結構(見圖版 III—6)。錫石即常沿某條紋結構發展(見圖版 IV—7)。再結晶灰岩中常有黑鱗雲母的細脈,黑鱗雲母—螢石岩有時亦被這類細脈所穿切。

高級氣化變質現象 在侵入體頂部出露處,常有殘存的小塊石灰岩,有的已接近為捕房岩。現時這種圍岩已轉變為剛玉—鈣霞石岩。被變質的岩石雖與花崗岩緊接相鄰而表現嚴重地缺乏矽氧。副生物有粒矽鎂石及方柱石。整個岩石呈複雜顯微地或細緻地褶綫的條紋變晶結構(見圖版 III—6),為黑鱗雲母—螢石紋帶,雙錐形或油桶形的剛玉(圖版 IV—8)及柱形鈣霞石組成的紋帶,及較細的黑色磁鐵礦紋帶的相間而生。錫石多沿黑鱗雲母—螢石紋帶沉澱。有時剛玉發展較少則成鈣霞石—螢石紋帶。

這兩種岩相,中級及高級氣化變質,特別表示在這階段中矽氧的遲鈍。螢石磁鐵礦及錫石均為引入的礦物,似為因接觸反應而在當時較活動的元素由擴散而形成的。早期所成的矽酸鹽礦物如柘榴石及輝石已不穩定,可能全部或部分地已轉換為黑鱗雲母。及至石英—硫化物階段,磁鐵礦紋帶常為磁黃鐵礦所交代。

低級氣化期的表現 本期活動多發展於侵入體的本身,尤特在花崗侵入體的頂部。主要的表現為黃玉化及電氣石化。黃玉化大都限於花崗岩的頂部,而電氣石脈則穿切花崗岩及石灰圍岩中。

熱液影響 熱液的活動期與前述的石英-硫化物階段相合，主要為部分錫石及硫化物（如黃鐵礦、毒砂、斜方砷鐵礦、閃鋅礦、磁黃鐵礦、黃銅礦、方鉛礦、砷黝銅礦及硫鎳鉛礦）的引入。熱液的活動地區主要為砂礫岩經錯斷而碎裂的部分及鄰近這種碎裂砂礫岩的石灰岩或白雲岩（如香花嶺七澗斷層附近的礦化砂礫岩及石灰岩）。在熱液的後期，綠泥石化作用很顯著，而沉澱延續最長的為石英及螢石。這兩種礦物，在最後硫化物已完全沉澱時，尚繼續活動，本區石灰岩空洞中常充填完美的螢石晶體，其上覆有膿包狀的細晶石英聚生。

香花嶺的砂礫岩及石英-硫化物二階段中所表徵的現象，可總結如下：

(1) 砂礫礦物中，除柘榴石、輝石外，有符山石、尖晶石及少數粒砂鎂石、鎂橄欖石、鈣長石、方柱石、黑鱗雲母等礦物的發展，特殊情況下有剛玉、鈣霞石的形成。條紋變晶結構的砂礫岩，據美國鐵山 (Jahns, R. H. 1944) 的例子即可能為含鉍的找礦標誌。

(2) 成分簡單的砂礫岩一般不含礦。經黑鱗雲母-螢石的，或石英-硫化物的交代始含礦。

(3) 錫石一般地沉澱始於氣化期而延至熱液作用的初期，主要以交代方式形成於剛玉-鈣霞石及黑鱗雲母-螢石紋帶中或大理岩化灰岩中。

(4) 硫化物沉澱時有顯著的綠泥石化作用，惟綠簾石化作用則甚少見。礦化的終期出現了大量的螢石、石英及碳酸石的沉澱。

(5) 在構造方面，香花嶺區適位於大背斜的北端及有一七澗平移斷層作為礦液的通道。

2. 湖北大冶鐵礦的變質現象

在大冶石灰窖以西一帶，沿揚子江南岸，三疊紀大冶石灰岩褶皺，約近東西的軸向，成一倒轉南向的構造，南面為一背斜。閃長岩即沿背斜北翼與向斜間貫入（黃懿，1954）。局部因褶皺的倒轉，閃長岩反在礦體的上盤，灰岩反成下盤。有時灰岩兩側為閃長岩所包而出現以灰岩為中心兩側均有變質帶的發展。由閃長岩至灰岩，一般出現的變質帶可分為矽化的、碎裂的、碳酸化的、綠泥石化的閃長岩，柘榴石-綠簾石-方柱石-輝石的砂礫岩，輝石砂礫岩，含輝石大理岩。鐵礦體即參差不齊的位於蝕變的閃長岩、砂礫岩及含透輝石大理岩間。本區為鐵砂礫礦床，柘榴石大多為鈣鐵榴石。符山石不存在。輝石似為次透輝石或鈣鐵輝石。本區之南即有一較大花崗閃長岩的侵入體（陽新），因之閃長岩似為該大侵入體的邊緣相。

3. 安徽銅陵銅官山的地質情況

本區(郭文魁、郭宗山, 1953)爲一石英閃長岩的岩床侵入於烏桐石英岩及上石炭紀灰岩間。由石灰岩至閃長岩又可分爲若干不同的帶: 如(i)石灰岩, (ii)含透閃石大理岩, (iii)含矽灰石大理岩, (iv)透輝石矽嘎岩, (v)柘榴石矽嘎岩, (vi)內變質閃長岩(含透輝石及柘榴石脈), (vii)石英閃長岩。磁鐵礦及含銅磁黃鐵礦即位於矽嘎岩帶或與矽嘎岩相鄰的大理岩中。矽嘎礦床中除柘榴石、輝石等外, 尚含有綠簾石及陽起石。

構成的變質帶的礦化現象有如圖4所示——這剖面與大冶構造現象相似——即由石英閃長岩至石灰岩爲閃長岩、矽嘎岩、磁鐵礦帶、矽嘎岩、含銅磁黃鐵礦

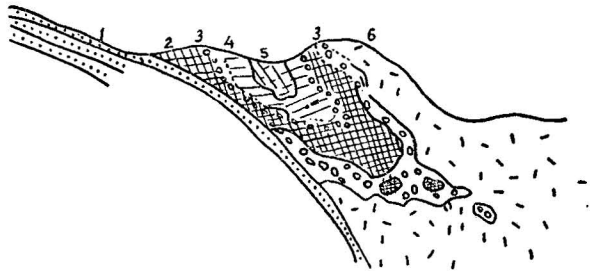


圖4 礦物帶狀分布剖面示意圖(按照郭文魁所測)

1. 石英岩; 2. 以磁鐵礦爲主; 3. 以矽嘎岩爲主; 4. 以磁硫鐵礦爲主; 5. 大理岩(交代殘餘); 6. 閃長岩。

帶。由此可見鐵的礦化距侵入體較銅爲近。皖南另一地區亦有類似的帶狀分布情況, 如以鐵的礦化爲核心, 則外圍爲黃鐵礦化現象, 再遠的外圍則爲銅的礦化現象。

銅官山的柘榴石在外矽嘎帶中大部分爲以鈣鐵榴石分子佔優勢的變種多呈均質光性。符山石甚少或不存在。這類矽嘎礦床現以銅鐵礦化爲主。

4. 遼東本溪馬鹿溝矽嘎礦床的情況

馬鹿溝(黃懿等, 1951)爲大致北北東引長的背斜層, 其中有扁豆形的角閃花崗岩侵入體。圍岩均爲寒武-奧陶紀的地層, 爲薄層或厚層石灰質及泥質層相間而生, 呈“條帶狀”結構。由於條帶狀石灰岩與侵入岩的接觸而產生本區的矽嘎礦床。矽嘎礦物爲非均質的柘榴石, 少數鈣鐵輝石、綠簾石、矽灰石、斜黝簾石, 並有石英、方解石、黑雲母、綠泥石的存在。有極少量的閃石(鐵鈉閃石、鎂鐵閃石)。礦石礦物有磁鐵礦、赤鐵礦、白鎢礦、輝鉬礦、黃銅礦、黃鐵礦、磁黃鐵礦(?)、方鉛礦、斑銅礦、閃鋅礦等。礦體中的共生礦物大致與銅官山相似, 因之亦爲一銅鐵矽嘎礦床。

5. 安徽繁昌桃冲矽嘎礦床

本區附近, 除基性岩脈外(後於矽嘎礦床生成的), 無侵入體的露頭。花崗岩的地面露頭距離礦區北約6公里。矽嘎礦床位於幾近直立的黃龍灰岩底部與烏桐石英砂

岩相鄰的處所(圖3)。根據這地區的地質情況為一典型的脈型矽嘎礦床。其深部可能有侵入體,然矽嘎岩已遠離接觸帶而成貫入於石灰圍岩間的矽嘎岩脈。矽嘎礦床(謝家榮,1935)由北而南的剖面為:(i)石灰岩略呈再結晶現象;(ii)有時出現有一層鈣鐵輝石,約3米厚,其中參雜有柘榴石;(iii)鏡鐵礦層,其中保存有淡色的(矽嘎礦物為主)與深色的(鏡鐵礦為主)相間條帶構造,淡色條帶中參雜有柘榴石、陽起石、方解石及石英,空洞甚多,中有柘榴石、鏡鐵礦、方解石、石英、冰長石的晶簇;(iv)扁豆體的大理岩,約十餘米厚,其中參雜有浸散狀的鏡鐵礦、鈣鐵輝石,及少許黃鐵礦及黃銅礦;(v)柘榴石層約50米厚,中亦富含鏡鐵礦、方解石、冰長石、石英等晶簇,柘榴石有時蝕變成方解石、綠簾石及絹雲母;(vi)白雲質石灰岩5米厚;(vi)下石炭紀的頁岩與石英砂岩。

這矽嘎礦床的特徵為:(i)礦石主要為鏡鐵礦組成;(ii)矽嘎岩中空洞甚多,其中有各種礦物的晶簇的形成,並有冰長石的晶簇,晶簇中沉澱次序為鏡鐵礦較先,次為冰長石,再次為石英;(iii)柘榴石為非均質的鈣鐵榴石($N=1.870-1.900$ 間,比重為3.7),輝石根據化學分析為鈣鐵輝石。因之主要為鐵的引入、部分矽氧的引入及微量的銅及硫的引入。

6. 其他地區

諸暨高塢坑(孟憲民,1931)的鉛鋅礦床最近由朱夏等在矽嘎岩下見有良好的花崗岩或花崗閃長岩的露頭,進一步證實其為接觸交代型的矽嘎礦床。該區的柘榴石為顯著非均質的變種,共生有透輝石及綠簾石。符山石不存在。柘榴石為棕色,輝石為深綠色,因此柘榴石,似為鐵質的鈣鋁榴石,而輝石則近次透輝石。湖南水口山的柘榴石為均質的含鐵鈣鋁榴石,輝石為次透輝石,符山石亦不存在。此二地同為鉛鋅礦矽嘎礦物的共生關係大致相同,僅柘榴石光性方面有別。二地的侵入岩均為花崗閃長岩-石英閃長岩類的岩石。

雲南東北會澤魯甸境內有東北-西南延長數十公里的平行三帶,均有鉛鋅礦的分布。此三帶均分別與逆掩斷層相鄰(其中鉛鋅礦區包括著名的樂馬廠、礦山廠及金牛廠),並皆位於雲南地台之上。沿地台被割切較深處的新村坪即出現有花崗岩(岩相尚未研究)的露頭,而與金牛廠相距東約十餘公里。據此,這三帶礦產地可能皆與花崗岩類岩石有關,亦可能均為鉛鋅矽嘎礦床。如此則礦化的深度可大大增加,找礦方面亦可利用矽嘎岩的發展為標誌。

雲南箇舊為三疊紀箇舊石灰岩構成的背斜構造,沿背斜軸向有大花崗岩體的

貫入。花崗岩頂部有成岩鐘侵入於灰岩中的，有與灰岩成不整合接觸的（圖 1），有與灰岩成整合的接觸的。沿花崗岩與灰岩的接觸所發展的矽噁岩含有各種不同金屬礦物，如錫石、磁鐵礦、赤鐵礦、方鉛礦、閃鋅礦、黃銅礦、黃鐵礦、磁黃鐵礦、毒砂、輝鉬礦、白鎢礦、黑鎢礦等。矽噁礦物已知的有柘榴石、透輝石、符山石、方柱石、矽灰石、粒矽鎂石、綠簾石等。氣成礦物有電氣石、黃玉、綠柱石及黑鱗雲母。後期蝕變礦物有綠泥石、蛇紋石、螢石、石英、方解石等。箇舊礦床受地表氧化甚深，一般礦石均呈紅色，其中鐵的成分均在 20% 以上。其中氧化較少者常見有白鐵礦細脈穿插矽噁岩體或磁黃鐵礦體。主要的成礦地帶為外矽噁岩帶及與外矽噁岩帶相鄰的大理岩化帶。礦化現象常出現於遠離侵入體及接觸量的地帶：有沿裂隙或斷層而沉澱的，有沿灰岩層理由交代而形成的。輝鉬礦的形成似較早，僅生於矽噁岩帶、花崗岩本身的蝕變帶或偉晶脈內。電氣石脈的生成延續較長，因之在矽噁礦體形成以後尚有電氣石、螢石、石英、方解石等單礦物脈的充填於礦體的裂隙中。白鎢礦在矽噁岩中發現不多。含黑鎢礦石英脈中常沿黑鎢礦的風化邊緣有次生的白鎢礦，呈粉末狀或薄殼狀。

根據張炳燊教授最近研究箇舊松樹腳矽噁礦床的結果，由外而內大致順序為：

(1) 大理岩；(2) 透輝石岩；(3) 透輝石-柘榴石岩；(4) 透輝石-方柱石岩；(5) 花崗岩（斑狀或細晶狀），常經蝕變而含有絹雲母、螢石及綠簾石。

大理岩與透輝石岩之間常為硫化物集中之處。矽噁岩經受後期礦化的現象有三種：(i) 交代透輝石中殘餘的方解石；(ii) 沿矽噁岩及花崗岩的裂隙充填，呈粗細不一的礦脈；(iii) 沿矽噁岩（透輝石岩）及大理岩的接觸部分形成緻密的硫化礦。錫石的發育，僅就在花崗岩-方柱石岩-透輝石岩帶中而言，似與螢石及絹雲母有密切關係。白鎢礦的存在尚未進行研究。

據此，矽噁礦床的礦物空間分布與蘇聯圖里耶所列者相似。礦化帶似與透輝石岩帶有關，而錫石的分布則與大理岩、輝石岩及方柱石岩有緊密聯繫，尤特在矽噁礦物間隙中的方解石為沉澱錫石的有利條件。

箇舊矽噁岩中條紋變晶結構亦為常見，似亦宜進行鉆的找礦研究。

廣西富賀鍾區的平頭山（舒全安，1948）亦有石灰岩與花崗岩接觸而成的矽噁岩。沿接觸量所產的矽噁礦物為：非均質的柘榴石、符山石、矽灰石、透輝石-硬玉、陽起石等。礦石礦物有錫石、毒砂、磁黃鐵礦、黃鐵礦、黃錫礦、黃銅礦、閃鋅礦、白鎢礦、輝鉬鉛礦等。石英-硫化物階段的非礦石礦物為黑鱗雲母、石英、方解石、綠泥石、螢石等。綠簾石少見。礦化帶中特徵地以毒砂居多，矽噁礦物以符山石佔顯著地位。因

之箇舊及平頭山二區礦化現象與香花嶺的大致相同。

七. 結 論

矽噁礦床的找礦工作不能僅限於直接與侵入岩相接觸的圍岩內，有時礦體可能位於遠離出露的侵入體相當距離之外，在水平方面有多至數公里者（安徽桃沖），在垂直深度方面達二、三百米者（雲南箇舊）。

矽噁礦床特別發育於有侵入體貫入的背斜鞍部及背斜末端的傾沒處。安徽繁昌桃沖的矽噁礦床則形成於沉積岩倒轉部分，呈岩脈狀，與侵入體遠離。湖北大冶矽噁岩雖形成於接觸帶，而同時為岩層倒轉部分。總之受應力強烈的地方亦為發育矽噁岩條件之一。

就矽噁岩中的礦物組合的性質可推論到它的含礦種類：如錫鎢礦床中有符山石及毒砂等礦物，高鐵的輝石及柘榴石為鐵銅矽噁礦床的特徵；錫矽噁礦床內石英-硫化物階段的礦物特別發育及複雜（如雲南箇舊、湖南香花嶺、廣西平頭山。箇舊錫礦中所共生的銅、鉛、鋅礦物並具有工業價值），而鐵銅鉛鋅矽噁礦床中同樣的礦物組合則較簡單。

由於矽噁礦床一般均表現有岩漿從高溫貫入時期至最後階段的低溫熱液現象的全部過程〔如水口山表現有高溫矽噁岩，熱液沉澱的鉛鋅礦及最後階段的矽化、高嶺土化及沸石、重晶石的沉澱；其他礦區，如已引述，均呈同樣的系列過程（孟憲民、張更，1935）〕。這不僅對礦床的成因有所顯示，而且可以根據岩漿所分異的，到達地表的低溫礦化現象來估計礦床的延深程度。例如箇舊老廠即根據其礦脈在地表淺處情況而得預計灰岩下伏的花崗岩的深度，以及推論會澤地台上鉛鋅礦床的延深程度，

矽噁岩帶經斷裂的地方，石英-硫化物階段礦物特別發育；典型的例子為香花嶺的沙子嶺的矽噁岩及大理岩化的石灰岩，因七澗平移斷層而為該區錫礦最富集的場所。研究矽噁礦床不僅將沉積岩褶皺詳細測繪，而尤應注意到成礦前的斷裂情況。

矽噁礦床從大區域的分布的現象來考察似有帶狀排列的情況。例如以南嶺（姑婆山—香花嶺—騎田嶺—搖岡仙—汝城白雲仙—大庾嶺—九連山）等處錫鎢礦床為中心，其外圍在北面有水口山的鉛鋅，東北至大冶—陽新的鐵銅礦床，東至銅官山的銅鐵礦床，再東北有一帶鐵礦床及至棲霞山（南京附近）而有鉛鋅礦床。侵入岩的性質（表4）由中心的花崗岩基演變成外圍的花崗閃長岩或石英閃長岩的較小規模的岩床侵入體。由帶狀的分布情況可以易於找到成羣的矽噁礦床。在小規模的侵入體的

四圍礦化現象亦呈帶狀的分布,如皖南一帶的矽礫岩外圍(由內而外)首為磁鐵礦,次為黃鐵礦或含銅磁黃鐵礦,再次為銅礦脈。

在矽礫岩形成階段一般伴隨有大量鐵的引入。大冶鐵礦,銅官山、箇舊等處均於礦床中有大量鐵的引入。鋁氧的引入一般與偉晶期有關。在熱液活動期間,矽氧及鈣氧開始引入而延續至熱液最後活動的時期。鋁氧的活動在個別情況下延續至熱液後期(如箇舊的成礦後的電氣石脈及桃沖的冰長石)。

關於矽礫礦床的研究,今後必須注意其中含鎢及鉍的價值。在世界上鎢的儲量

表 4 構成矽礫岩的花崗岩類岩石的化學分析

重量(%) 化學成分	雲南箇舊花 崗岩 4 個化 學分析的平均 結果 ¹⁾	湖南臨武香 花崗岩 5 個化 學分析的平均 結果 ²⁾	湖南臨武香 花崗岩 5 個化 學分析的平均 結果 ³⁾	安徽銅陵銅 官山石英-閃 長岩 4 個化 學分析的平均 結果 ⁴⁾	寧鎮山脈的 花崗閃長石 的平均化學 成分 ⁵⁾	湖南水口山 的石英-長 石的平均化 學成分(清水 塘) ⁶⁾	美國愛達和 梅克爾花崗 斑岩的化學 分析 ⁷⁾
SiO ₂	75.99	74.70	69.94	63.27	65.21	64.06	71.16
Al ₂ O ₃	12.94	13.62	16.06	16.80	16.53	15.81	13.94
Fe ₂ O ₃	0.51	0.47	0.90	1.44	1.80	2.69	1.01
FeO	0.93	1.08	2.52	3.18	2.48	3.13	1.35
MgO	0.16	0.25	1.07	1.95	1.75	—	0.67
MnO	—	—	—	—	—	2.32	0.55
CaO	0.79	1.21	2.70	5.49	4.01	4.07	1.64
Na ₂ O	4.22	3.49	2.71	3.77	3.48	2.88	3.96
K ₂ O	4.50	4.55	3.71	3.09	2.83	3.62	4.33
H ₂ O ⁻	0.07	0.35	0.36	0.35	—	—	0.26
H ₂ O ⁺	0.47	0.95	1.32	0.36	—	—	0.55
TiO ₂	—	—	痕跡	0.63	—	0.68	0.56
P ₂ O ₅	—	—	0.06	0.27	—	0.49	0.12
總 數	100.58	100.67	101.29	100.60	98.09	100.00	100.08
比 重	未 定	2.63	2.66	2.71	—	—	2.64

1) 摘自前中央研究院地質研究所西文集刊,第 15 號第 32 頁(1935)。

2) 摘自中國地質學會誌,第 16 卷第 434 頁(1936—37)。

3) 同 2。

4) 摘自前中央研究院地質研究所叢刊,第 4 號第 10 頁(1933)。

5) 南京鎮江間之火成岩地質史,前中央研究院地質研究所專刊。乙種第 1 號 62 頁後附表 2。

6) 摘自前中央研究院地質研究所西文集刊第 15 號第 4 頁。

7) Umpleby, J. K., Geology and Ore Deposits of Mackay Region, Idaho. U.S.G.S. Prof. Paper № 97, pp. 197, 1917.

在矽礫礦床中佔重要地位。矽礫岩中很少研究的為含鉍的日光榴石,柘榴石及符山石亦可能含鉍。尤其在鐵矽礫岩中及呈條紋變晶結構的矽礫岩中,含日光榴石的機會較多。

前面所總結的僅為根據庫列卡所編著的“近礦岩石蝕變及其找礦意義”一書中矽

矽岩章所載的重要特徵，並配合中國矽矽礦已知情況而作的概括論述，至於詳細的矽矽岩的找礦標誌，仍希讀者參閱庫列卡等所編著的專文。本文主要目的為引起同志們對矽矽岩的注意及其岩礦研究的重要性。其中不妥之處甚多，請讀者隨時提出批評及指正。本文寫成之後承趙家驤、張炳燾、朱夏等同志提出許多寶貴意見，均一一採納修正，專此誌謝。

參 考 文 獻

- [1] Umpleby, J. K., 1917. *Geology and Ore Deposits of Mackay Region, Idaho, U.S.G.S. Prof. Paper № 97*, 129 pp.
- [2] 孟憲民, 1931. 浙江乾興及其鄰縣地質附誌瓚山附近高塢坑的鉛鋅礦床。前中央研究院地質研究所叢刊第2號, 1—28頁。
- [3] 孟憲民、張更, 1933. 安徽銅陵銅官山磁鐵礦床地質。前中央研究院地質研究所叢刊第4號, 1—30頁。
- [4] 葉良輔、喻德淵, 1934. 寧鎮山脈之火成岩地質史。前中央研究院地質研究所乙種專報第1號。
- [5] 謝家榮、孫健初、程裕淇、陳愷, 1935. 揚子江下游鐵礦誌。地質專報甲種13號72—79頁。
- [6] 孟憲民、張更, 1935. 湖南臨武香花嶺錫礦床地質。前中央研究院地質研究所西文集刊第15號, 15—72頁。
- [7] 孟憲民、張更, 1935. 湖南水口山鉛鋅礦床中的礦物沉澱次序。前中央研究院地質研究所西文集刊第15號, 1—14頁。
- [8] 王竹泉, 1936. 河北昌平西湖村的薔薇輝石脈。中國地質學會會誌第15卷第1號, 87—104頁。
- [9] 孟憲民、陳愷、何璠, 1936—37. 雲南箇舊錫礦床地質。中國地質學會會誌第16卷, 421—437頁。
- [10] Johns, R. H. 1944. Beryllium and tungsten deposits of the Iron Mountain district, Sierra and Socorro counties, New Mexico, U.S.G.S. *Bull.* 945-c 79pp.
- [11] Jahns, R. H., 1944. "Ribbon rocks"—an unusual beryllium-bearing tactite, *Econ. Geol.*, 39(3), 173—205.
- [12] Gruner, J.W., 1944. Simple tests for the detection of the beryllium mineral helvite, *Econ. Geol.*, 39(6), 444—447.
- [13] Коржинский, Д. С., 1945. Образование Контактных Месторождений *Изв. АН СССР, сер. геол.*, № 3, стр 12—33.
- [14] 舒全安, 1948. 廣西富賀鍾區平頭山錫礦床地質。清華大學科學報告丙種第1卷第4號, 243—262頁。
- [15] Абдуллаев, Х. М., 1950. Генетическая связь оруденения с интрузиями, *Изв. АН УзССР, Ин-т Геологии*, 230стр.
- [16] 黃懿、瞿義春、柳賀昌、吳盛權, 1951. 遼東本溪馬鹿溝銅礦地質——(未刊稿)。
- [17] 郭文魁、郭宗山, 1953. 地質部有色金屬會議的發言——(未刊稿)。
- [18] Курека, Н.Н., 1954. Измененные окопрудные породы и их поисковое значение, стр 10—52.
- [19] 黃懿等, 1954. 湖北大冶鐵礦地質報告——(未刊稿)。

圖 版 說 明

圖 版 I

1. 安徽銅官山的石英閃長玢岩的組織,表示中性長石斑晶呈帶狀結構。直交偏光薄片照相 35×(孟憲民、張更,1933)
2. 寧鎮山脈句容鳳台附近的非均質帶狀石榴石。直交偏光薄片照相 40×(葉良輔、喻德淵,1934)

圖 版 II

3. 湖南香花嶺的石榴石表現三角形的分塊組織。直交偏光薄片照相 16×(孟憲民、張更,1935)
4. 浙江諸暨高塢坑的輝石被閃鋅礦所交代。柱形及解紋顯著的為輝石,其中黑色不透明的為閃鋅礦,表示後者沿輝石解理交代。偏光薄片照相 54×(孟憲民,1931)

圖 版 III

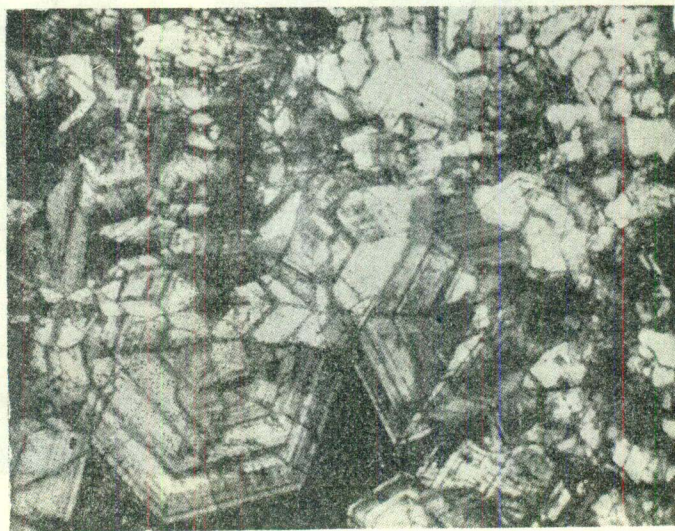
5. 湖南香花嶺的熱變質石灰岩中的透輝石自形斑變晶,顯示碳質及碳酸質的物質經變質後沿晶體軸向分布。偏光薄片照相 30×(孟憲民、張更,1935)
6. 湖南香花嶺的高度氣化變質所組成的條帶變晶結構,黑色條帶為磁鐵及磁黃鐵礦組成,白色大多為黑雲母-螢石組成。偏光薄片照相 14×

圖 版 IV

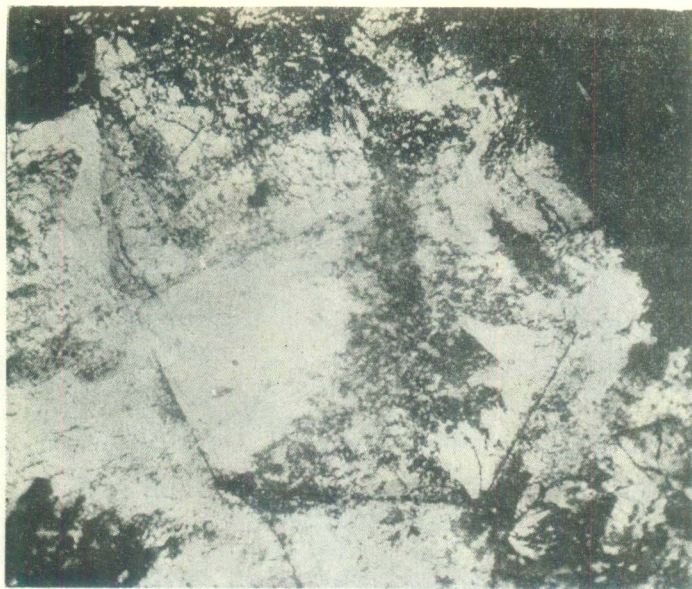
7. 湖南香花嶺錫石沿條帶變晶結構發展 偏光薄片照相(孟憲民、張更,1935)
8. 湖南香花嶺的高度氣化變質岩,中含雙錐形及油桶形的剛玉晶體及柱形鈣霞石晶形。偏光薄片照相50×(孟憲民、張更,1935)



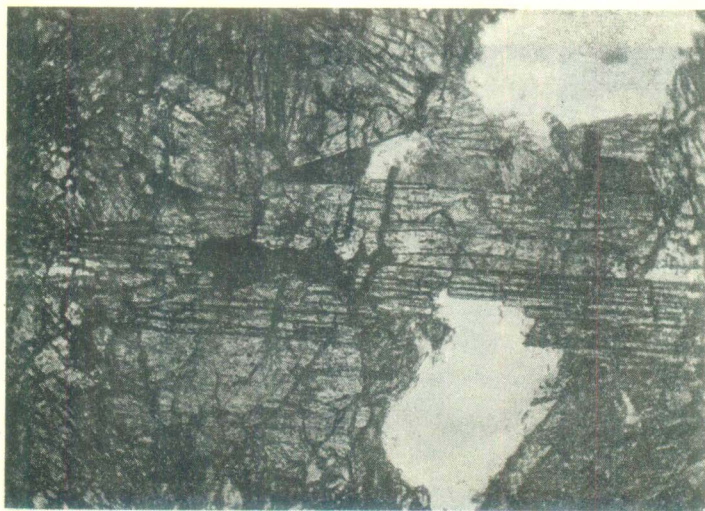
1



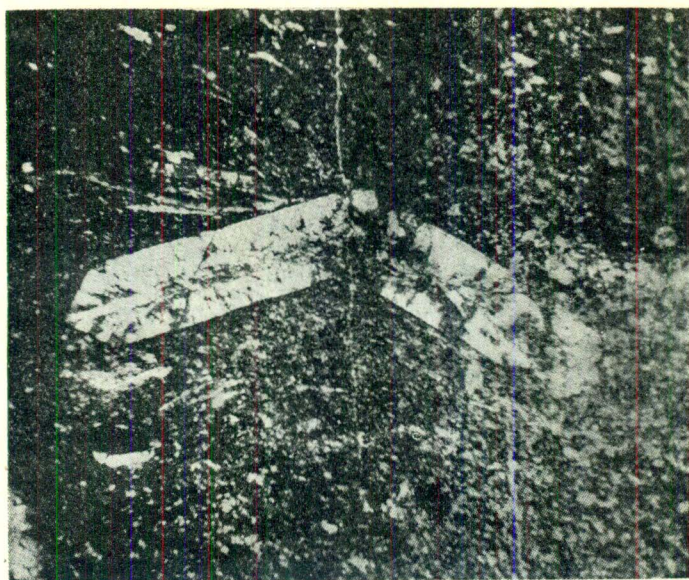
2



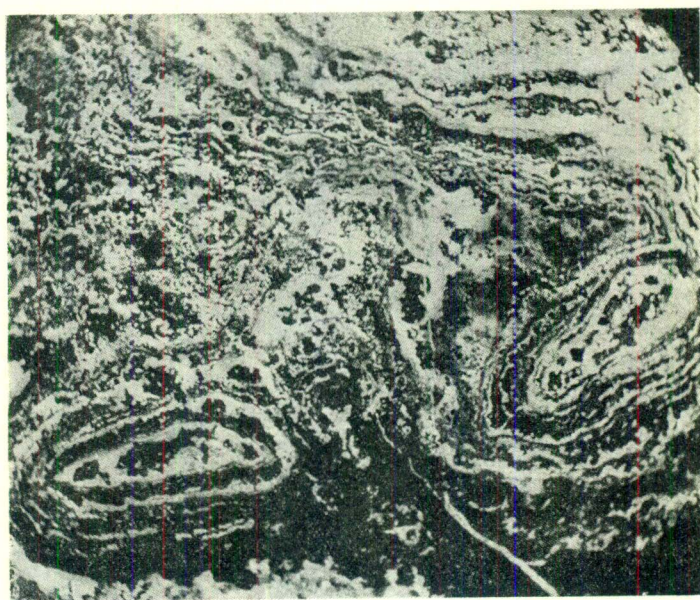
3



4



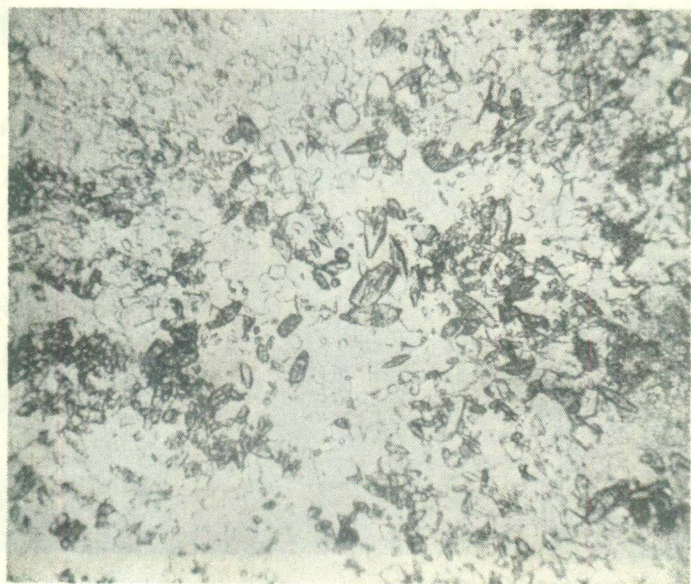
5



6



7



8