

黃鐵礦型銅礦之一例

劉 英 俊

黃鐵礦型銅礦又稱含銅黃鐵礦礦床，是銅礦床中突出的標準的類型之一，取這樣的名稱是因礦床中主要組成部分是黃鐵礦（達礦石總質量的95%或更多）的緣故。根據別爾烏辛等的統計，如果以銅的世界儲量（蘇聯除外）作為一百，則黃鐵礦型的銅礦約占百分之八（另一數字為10.2%）。佔所有銅礦類型中的第三位。

世界上黃鐵礦型銅礦的產地甚多，著名者有蘇聯烏拉爾山的東坡（北緯60°—52°之間，礦區總數約三十處），西班牙休爾瓦省之里奧廷陶，美國亞利桑那州之尤奈特德維爾德，田納塞州之達克塘，加拿大奎比克州之魯因等地。但必須特別指出的，黃鐵礦型銅礦尤以東半球（歐、亞、非）的各個國家裏，來得最為重要，它們常有着極重大的工業意義，例如到目前為止，全蘇聯的銅大部分都是從含銅黃鐵礦裏熔鍊出來的。

因此，我國目前對於黃鐵礦型銅礦的找尋和勘探也是相當重視的。國內除了四川、湖南及最近新發現的甘肅某地銅礦是屬於此類型外，其他尚少聽聞。為了對此類型的銅礦調查有所幫助，我們有必要對該類型銅礦礦床的有關問題作進一步的研討。茲就四川某銅礦為例，拋磚引玉，以求得對此類型礦床的較正確見解。

四川某銅礦是我國歷史上久已著稱的銅礦產地之一，同時也是比較典型的黃鐵礦型礦床的例子。

該區礦床猶如世界其他各國的黃鐵礦型銅礦一樣，都是分佈在綠岩地帶中，而屬於志留紀或志留泥盆紀的具有片理的火山噴出岩系，（包括輝綠岩，輝綠玢岩，正長斑岩和鈉長斑岩的噴出岩體）。這些岩石與石灰岩、石英片岩、石墨片岩、粘土質片岩及石英岩等成互層。礦床皆形成扁豆狀的礦層，每個扁豆體均沿走向及向深處尖滅，沿一定層位形成相連續之多數扁豆體。所有的扁豆狀礦體均沿近北三十度西的片理分佈而向東北傾斜傾角30—50度。礦區內可分為數帶礦層，其中主要礦層延長可達數千公尺。

礦體內的主要組成成分是黃鐵礦或磁黃鐵礦，一般均呈塊狀細粒集合體，大部分以黃鐵礦為主，也有個別主要礦層以磁黃鐵礦為主的。銅礦礦物幾乎以黃銅礦為唯一礦物，其他或氧化含銅礦物很少看到，顯微鏡下觀察均有少量之鉛鋅硫化物，即方鉛礦和閃鋅礦

與之共生，但很少有經濟價值，同時雖也可能含有少量的金或銀，但成分甚低恐亦無大意義。礦物成分之最大特點就是共生的脈石礦物為量甚少（如石英方解石等甚為少見），絹雲母、綠泥石為比較常見的脈石礦物，但在塊狀礦石中，其量也甚微。少量陽起石、透閃石、矽灰石及長石在薄片中有時看到。含銅黃鐵礦或磁黃鐵礦礦石裏銅之含量自千分之幾至百分之五左右，局部有達10%以上者，一般平均含量在1—2%，而硫之含量則甚高，一般平均含量在35%以上。故本類型礦床實應視為銅、硫二元素即有色金屬與化學工業原料的兩種資源。

礦石礦物生成之次序，在標本上及顯微鏡下均尚清晰，大致次序為磁黃鐵礦→黃鐵礦→閃鋅礦→黃銅礦→方鉛礦。

根據一般礦床原理，本類礦床含有大量的黃鐵礦和磁黃鐵礦，甚易氧化而形成次生富集現象，但該區因為礦體傾斜，地形陡峻，礦質盡行流失（至要原因還是礦體傾斜），故沒有通常黃鐵礦型礦床的垂分三帶情形，而只是在原生礦體的上部造成較薄的由褐鐵礦所組成的「鐵帽」或「黃木香」（當地俗稱）。該區沒有二次富化礦帶，當氧化的褐鐵礦層剝去後即直接露出原生礦體，因此「黃木香」是該區探尋原生礦體的直接標誌。

礦床之造成由於交代作用，只要稍加留神即見其特徵隨處皆是，不需贅述。由於沒有充填作用之特徵，所以我們不能同意礦床與圍岩同時形成的說法，而認為係交代既存的圍岩而形成的。

礦床的圍岩經過顯微鏡下觀察的結果，證實蘇聯學者們理論方面及經驗性的總結完全是正確的，那就是在他們的論文中指出的，黃鐵礦型礦床皆與細碧角斑岩層系的岩石有關。（細碧角斑岩層系是一種連續的噴出岩系列，從輝綠岩型基性異種，經鈉長輝綠岩至極酸性的異種——石英鈉長斑岩，這類岩石富含鈉是它們化學成分的主要特徵）。礦區大部分直接包圍着礦體的岩石，均是由這類岩石所變成的石英絹雲母片岩、石英綠泥石片岩、石英絹雲母綠泥石片岩，以及黑雲母綠泥石片岩、綠泥石片岩、角閃石片岩，角閃石黑雲母綠泥石片岩等，在乾岩窩之下尚可見到此類岩石輕微變化而保持其原來的面貌，（如鈉

長斑岩)。這些火山岩層中片理其所以如此發達,可能是與本區所受動力變質作用是分不開的。當然,因為圍岩的熱液蝕變作用所產生大量的絹雲母綠泥石亦可決定岩石的片理構造,不過就本區來看,當以動力變質作用為主,同時因為圍岩是已受過變質作用的,其所含礦物在環境改變下尚能穩定,故在成礦時圍岩(特別是結晶片岩)受礦液蝕變的影響是不大的。

需特別指出的,該區礦床並不是皆為交代細碧角斑岩層系岩石生成,但也有些層狀脈極大可能性係交代石灰岩而成,在新探銅口沿同層位向南一帶至馬家溝皆可見到未被交代完全的不純石灰岩,五三年暑期重大師生產實習,亦經證實此事實。交代此不純灰岩的塊狀礦石的薄片,在顯微鏡下觀察尚見有殘留的碳酸鹽類,並有針狀或柱狀的透角閃石甚至矽灰石與之共生,想原來圍岩為鈣質岩石該無疑問。

無論是交代石灰岩或各種片岩,礦石均保存着原來岩石的結構與組織,尤其交代石灰岩者更為清晰,礦石與石灰岩不分軒輊。交代片岩一般均呈帶狀結構,因此認為礦石是由於後來圍岩普遍發生變質而改變了原來結構的話,恐未必妥當,

〔從世界上已積累的黃鐵礦型礦床地質的新資料來看,沒有任何證據可以說黃鐵礦型礦床要受斷裂帶或者是褶皺構造的控制〕, (古達林〔銅〕譯本) 〔對銅礦來說,就所引述的實際材料證明,地球上已發現的銅的工業富礦的90%,其組成均與地質構造無關〕(同書)。這些綜合性的意見確是非常寶貴的,的確,世界範圍內的重要黃鐵礦型銅礦,大都是與圍岩有着極密切的聯系。但在該銅礦除了與圍岩的關係以外,地質構造的控制,亦相當普遍而顯著。

根據徐克勤教授的意見,對四川某縣某區成礦最有關係的構造確為褶皺後期之剪裂錯動(Shear)。此種錯動對於已受褶皺之岩層,表現為兩個系統之錯動。一為錯動面近於直立沿地層走向的錯動(大體走向 $N30^{\circ}W$),擦痕方向近於水平但大都稍向 NNW 傾角,傾角常在 $5-15^{\circ}$ 左右。另一系統之剪裂錯動表現為層面滑動,錯動面擦痕大體平行於層面,但亦偶有與層面成小角度之斜交者,此種層面錯動所造成之破碎及空隙,直接控制着所有該區西坡各處層狀交代礦體之形成(同時亦可解釋何以其他部分岩層未能成礦)。由於層面錯動使岩石破碎甚甚,則礦質交代亦愈多,其塊狀礦石擊開觀察,其未被交代的岩石,鮮有不呈角礫狀之破碎者。顯微鏡下亦常看到圍岩碎塊被硫化礦石所包圍或交代而殘存。

這兩種剪裂錯動可能同時或接近於同時發生,構成互相關聯之錯動系統,直立之錯動裂縫供給礦液上

升之孔道,層面滑動造成碎裂及空隙而為層面交代礦床所發生的場合。層面空隙不特控制着成礦作用,事實上礦區內極多數變質後的輝綠岩床之生成,亦可證明層面滑動之可能性。當然,這種推論是否可靠,尚有待今後工作之繼續觀察。

不過,可以肯定的講,錯動在此地區的表現並不是一次就停止的,而是一個相當複雜的過程,構造繼續和復活現象,還是非常顯著的,在新探銅所見到擦面如鏡一樣的礦石就是證明。

鑒於層狀脈既係交代不純石灰岩而生,但礦體中及礦層上下均未見產生顯著多量的高溫含鈣矽酸鹽類礦物,(標本上偶見針狀之陽起石,薄片中也只是很少量的陽起石,透閃石或矽灰石),故徐克勤教授認為該區或起碼是一部分層狀脈礦床之成因應屬於中溫熱水液礦床。當然在成礦作用中,高溫熱液也起着重要的作用,不過居於次要地位而已。

假若這種推論不謬,那麼就需要來追究一下成礦的熱液來源問題,也就是說與成礦有成因關係的火成岩究竟是什麼。

在附近一帶,火成岩的種類尚不算少,酸、中、基性均有其代表。如河谷中屢見有花崗岩石礫,他處尚有石英二長岩,花崗岩、中粒之閃長岩及二長岩等露出。但在礦區內最常見之火成岩,確為輝綠岩。通常皆呈岩床狀的產狀,或有呈岩脈狀者,在礦區範圍內無論地面或坑道內幾到處皆可見及。此岩一般均不具片理,顯示其侵入時期在變質以後。岩石悉作暗綠色,組織緻密,組成礦物肉眼不可識辨,鏡下觀察,皆自形全晶質,呈輝綠岩狀組織,(由普通輝石不規則的晶粒所形成的黑色及深灰色的背景上可以清楚的看出白色斜長石,最常見的是鈣鈉斜長石的條帶來)。不同程度上均遭受到熱液的蝕變作用,如某礦洞內之輝綠岩受碳酸鹽化,綠簾石化,新探銅之輝綠岩受綠泥石化及輕微矽化;及輝綠岩為塊狀礦所交代的現象,顯示其侵入時期當又在成礦之前,判斷這種變質後成礦前所侵入的輝綠岩,該是此礦區成礦熱液所密切關聯的火成岩。礦區內廣泛分佈的綠泥石片岩(和角閃石片岩)當亦係變質前所侵入於沉積岩層的輝綠岩岩床變化而來,因此該區輝綠岩的噴出或侵入,當亦不止一期。

綜上所述,顯然可以看出,我們對於四川某區黃鐵礦型銅礦生成的意見,假定當龍門山褶皺帶的褶皺時期,與輝綠岩有關聯的金屬礦液因直立的錯動而得以上昇,復沿層面的滑動而得達層面間進行交代置換作用。扁豆狀礦體的形成,或為岩層走向及傾斜之變
(下轉22頁)

r = 土壤單位容量，在水面以下時應以浸沒重計算

$$m = \text{係數，等於 } \tan\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

許可耐壓力(G)等於臨界壓力(P)除以安全率(n)，即：

$$G = \frac{P}{n}$$

通常安全率由 1.5 至 2.0 之間，如為永久性建築物，安全率要取得高，臨時性者取低一些。

對於無粘性土，且(Φ)小於 30° 者，格爾謝瓦諾夫給下面公式：

$$P = rh[2\tan^2(45^\circ + \frac{\Phi}{2}) - 1]$$

上述幾種方法，如遇到特別重要的建築物，都可以採用計算而比較之。

五、勘探工作的完成

當完成了勘測網的鑽探工作，則可以整理出下列資料：(1)整個廠址地層中各種性質土壤的分佈，根據鑽探及試坑的柱狀圖可以作出地層縱橫的剖面圖；(2)根據地下水位的高度可以作出地下水等水位綫圖，同時也求出坡度，有必要時測定其流速；(3)作揚水試驗可以計算地下水的流量。將土樣及水樣通過試驗室的試驗，也獲得這樣的資料：(1)土樣各種物理性質如容量、比重、孔隙比、天然濕度……等每個鑽孔的土樣試驗結果表；(2)水樣的化學分析和細菌鑑定表。根據土樣試驗結果的數字，進行計算地基的許可耐壓力和沉降量，這是最重要的工作，是為廠房地基設計的根據。

最後，就可以進行資料分析和做出地質結論工作了；如以選廠勘查(見地質學報33卷3期周慕林同志的選擇廠址工程地質勘測)作為工程地質的初步設計勘測時，則廠基勘探便可作為工程地質的技術設計勘測。前後兩期兩種工作的資料，可為分析的根據，例如選廠勘測獲得的水文資料，汛期、洪峯、水位年月的變化，

則從這次勘探中知道地下水的流向，因而知道是否為地下水供給河水，或汛期為河水供給地下水，這樣分析結果，從地下水的來源進一步研究其性質，是否影響技術用水的質量。又例如廠基地下水的流速，是否會冲刷基礎下的砂粒，致將來地基因此而下陷。又從地層剖面圖中觀察各種性質的土層是否成層狀或凸鏡狀，這對於計算地基的沉降量與不均勻沉降是有關係的，也會影響廠房的結構，影響機器位置不平衡而發生故障。所以資料的分析詳細和正確與否，對地質結論很為重要。

地質結論以報告書形式寫出。一般分為兩個部分：第一部分以文字為內容，如敘述工作經過、地形(包括地勢比高、地表水系)，地質(包括地層性質、分佈、地層力學計算結果)、水文地質(包括地下水的流向、流速和流量、承壓水或非承壓水、水的化學性質和細菌存在的評價)，以及對該廠址地基的結論；第二部分以圖表和照片為內容，或稱為附件，包括有地形、鑽孔位置和地下水等水位綫的綜合性平面圖(圖5)、地層縱橫剖面圖、鑽孔和試坑柱狀圖、土樣和水樣試驗一覽表，以及必要的照片等。

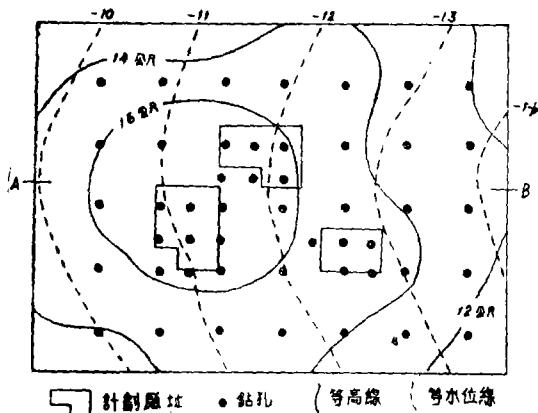


圖5 廠址綜合性的平面圖

註一：工業與民用建築物及構築物天然地基設計標準及技術規範。

(上接43頁)

化結合層面之滑動，或為不純石灰岩之厚薄變化與層面滑動相結合。是否是與古火山活動而為硫質噴氣孔噴出時的直接產物，當尚有進一步研討的必要。

由於礦床與細碧角斑岩系所變成的綠色片岩有着極密切的聯系，而該岩在川西北一帶分佈尚廣(朱森先生稱茂縣變質岩系)，這就提醒我們有擴大普查範圍的必要。進一步研究礦與圍岩的關係以及結合裂隙

構造的控制，想在此地區當有發現新產地或新礦帶之可能。

當然，最後需着重聲明的，由於筆者隨徐克勤教授在山觀察時間倉促，許多意見當不甚成熟，但為求得對此類型礦床有一正確見解，以利用今後的普查和探礦工作，故願就愚見所及，提供國內地質界共同討論。