

祁连山地質誌

(第二卷 第二分冊)

中国科学院地質研究所
中国科学院地質古生物研究所
中国科学院兰州地質研究所
北京地質學院

科学出版社

祁连山地質誌

(第二卷 第二分册)

中国科学院地質研究所
中国科学院地質古生物研究所
中国科学院兰州地質研究所
北京地質学院

科学出版社

1962

目 录

祁連山的岩漿活动及变质作用	(1)
小 引	李 璞 (1)
超基性岩和基性岩	李璞、刘若新、侯珍清 (7)
北祁連山超基性岩和基性岩	(7)
南祁連山超基性岩-基性岩带	(31)
酸性岩	汪緝安、赵大升 (52)
北祁連山酸性侵入岩	(53)
南祁連山酸性侵入岩	(65)
小 結	(76)
噴出岩	李璞、解广襄、李錫林、霍玉华 (81)
火山活动在空間上和时间上的分布	(82)
加里东褶皱带內火山活动的特点	(82)
几个地区火山岩系的地质和岩石的描述	(84)
火山活动的产物及一般特征	(139)
火山岩与黃鉄矿型銅矿的关系	(149)
結 論	(149)
变质作用	汪緝安 (150)
祁連山地槽系发育簡史	李康、汪緝安 (155)
前寒武紀地史概況	(155)
加里东期地史概況	(157)
海西期地史概況	(163)
侏罗紀时期地史概況	(166)
白堊紀、第三紀、第四紀时期地史概況	(167)
祁連山大地构造	李康、鍾富道、李蔭槐 (171)
祁連山大地构造研究簡史	(171)
构造旋迴及构造层的划分	(172)
大地构造单元的划分	(174)
大地构造分区描述	(177)
大地构造发育的一些特点	(189)
关于深断裂問題(附地槽系边界的討論)	(191)
参考文献	(192)

祁連山的岩漿活动及变質作用

小 引

一、祁連山岩石研究簡史

祁連山地質調查，有正式記載的开始于前一世紀 70 年代，以后陸續有不少中外学者在这一帶进行工作。他們的工作，主要是着重在地理、地层和区域地質等方面，岩石学的研究記載不多。解放以来，随着国民經济的发展，对于与矿产有关的岩系进行了重点研究，特别是在超基性岩和某些火山岩方面。

1893—1899 年，在施俊仪 (Bela Szechenyi) 的“东亚旅行报告”中，和匈牙利地質学家 L. 洛采 (Loczy) 描述过兰州附近的变質岩。

1934 年，侯德封、孙健初也对兰州地区的变質岩进行了观察，提出“皋兰系”变質岩属元古界。

1940 年，杜瑞茲 (T. du Rietz) 发表了关于祁連山中西段一帶的岩石資料，对北祁連山加里东期岩漿岩的标本，按岩类进行系統的薄片及化学成分的研究，并把这一地区的岩漿岩与斯堪的那維亚的同期岩漿岩作了对比。

1946 年，李树勳研究了古浪西山堡的安山岩和集块岩、古浪峽老君山系中的安山岩和景泰小营盘水的火山岩，指出噴发时代为下石炭紀。

1948 年，宋叔和研究了皋兰杂岩，提出皋兰系乃泥盆系变質产物的看法。指出变質岩有分帶現象，由西北向东南可分为綠泥石带、黑云母带、石榴子石带和富岩脉带；他认为变質作用与岩漿活动有关。在最近的文章中 (1959) 他改变了这种看法，他同意把皋兰系划入前震旦系。

1948 年，陈梦熊研究了甘肅中部的皋兰系。他根据变質程度、褶皱形态、混合岩化和花崗岩活动等将皋兰系和南山系作了比較。他指出皋兰系包括了片岩和片麻岩，其时代可能为前震旦紀，可与华北的五台系相对比。

1948 年，宋叔和指出白銀厂变質火山岩可能属泥盆紀，并认为侵入岩有两种：一为花崗閃长岩，一为变質輝长岩。前者略晚于后者，但均属海西期。

1948 年，李树勳在茂藏寺一带发现变質花崗岩，南山系上部及属于維宪期的臭牛沟統不整合于其上，因此，推断为加里东期产物。

1949 年，宋叔和研究了白銀厂的火山岩及其变質作用，指出其成分变化是由中性到

酸性,又复酸性(两次噴发)。

1950年,陈梦熊討論了甘肅中部的南山系和皋兰系,指出皋兰系为区域变质产物,南山系为动力变质产物,二者間应有不整合。

解放以来,随着大量矿产资源的寻找和勘探工作的开展,对祁連山的超基性岩和火山岩有了进一步的研究。大部分地質工作者都同意火山岩系是海底噴发产物,并相当于細碧角斑岩建造,其中賦存有黄鉄矿型銅矿以及其他多金属矿。1956—1958年,李璞等研究了祁連山加里东褶皱带中段的超基性岩体,对岩类进行划分并提出鉻鉄矿常与純橄欖岩-斜方輝石橄欖岩杂岩体有关。

总的看来,截至目前为止,本区岩石的研究,主要偏重于火成岩和古老变质岩;对沉积岩研究不多,也缺乏文献記載。

二、祁連山区各岩类的分布概况

在1956—1958年之間,結合区域地質和成矿規律的研究,我們着重研究了某些地区的火山岩及侵入岩的分布、类型及其与成矿的关系。对沉积岩只作了一般性的观察;对变质岩除茶卡一带作了重点調查外,并没有进行較深入的工作。因此,我們在这一章也以岩浆岩資料为主。

岩浆岩在時間上的分布

本区从前震旦紀到第三紀初期都有岩浆活动,其中以下古生代和上古生代最为发育。前震旦紀早期有火山活动及超基性、基性小侵入体;末期伴隨褶皱隆起有大規模花崗岩的侵入,并有混合岩化現象。震旦紀时在中祁連山的西段和中段,由于拗陷幅度較大,出現基性火山岩噴发;在野馬河、拉排沟等地,又有超基性岩侵入。整个加里东期岩浆活动非常頻繁,除了有超基性岩直到酸性岩的侵入而外,还有大規模的海底噴发,岩浆活动是多旋迴的。总的趋势是:每个岩浆旋迴以基性开始而以酸性告終。寒武紀时在中祁連山西段以基性噴发为主,东段則伴有酸性噴发。奥陶紀也以噴出为主,侵入体次之。主要噴出活动可分为两期(如白楊河、阴沟及骧脏沟一带),基性、超基性侵入較发育,并有花崗岩的侵入(如高崖泉);志留紀以酸性侵入为主,火山活动仅見于中段和东段,但規模远不及寒武紀和奥陶紀广泛。在景泰、民乐一带,老君山砾岩下部,常有中基性的噴发岩。

加里东期花崗岩侵入体的規模大小不甚明确,北祁連山南緣及中祁連山都有发育(高崖泉、陶来山南側、黑大坂等)。海西期的岩浆活动以酸性侵入为主,但主要发育在南祁連山(魚卡、茶卡),走廊北山也有分布(永昌)。海西期的基性、超基性岩及火山活动都較微弱,甘肅永昌、民勤一带的小型超基性岩体可能属于海西期。燕山期也以岩浆侵入为代表,但較多見于东南部。总的說来,其意义远遜于上述各岩浆活动期。喜馬拉雅期的特点是基性噴发和基性岩脉的活动,以富含碱質为其特点(如紅柳峽),与中国东部新生代的噴出岩的成分和特征相似。

岩浆岩在空間分布上的規律(見祁連山岩浆岩分布圖)

在空間的分布上,同樣具有明顯的規律,某些岩浆岩往往只在一定的構造-岩相帶之內特別發育。基性及超基性岩主要是沿穩定程度不同的兩個構造單位的鄰接部分(即沿大斷裂帶)特別發育,而某些酸性侵入岩,除沿上述斷裂帶分布外,也常常出現於強烈上升的地區。

走廊山前拗陷帶內只有新生代的基性噴發岩。

在北祁連山加里東褶皺帶的兩側和褶皺帶內古老基底與下古生界接觸的部分常有侵入體出現,北祁連山基性岩和超基性岩可以大致劃分為三個亞帶:其一分布于褶皺帶的南緣(陶來山北坡),作北 65° 西方向分布;其他兩個亞帶,沿褶皺帶內隆起的兩側或沿褶皺軸分布,方向也是北西向。較大的酸性侵入體更集中於地槽的南北兩側邊緣(永昌—武威以南,金佛寺及高崖泉),北側似尤發育在地槽帶之中都是一些小型的順層侵入體。噴出岩在褶皺帶內普遍發育,除正常的玄武岩、安山岩、流紋岩等外,還有富鈉基性噴出岩(細碧角斑岩類)為其特點。

中祁連山前寒武紀褶皺帶內,前寒武紀花崗岩廣泛發育,在疏勒河腦有似環斑花崗岩不整合伏於震旦系之下。此外,還見有極少量的基性岩和超基性岩(上多索山)。中祁連山震旦紀拗陷帶的西段,發育了厚達1,200米的基性噴出岩。

南祁連山上古生代—中生代拗陷帶的東段,常見有可能為海西晚期—燕山早期的花崗岩。

南祁連山加里東褶皺帶內火山岩、基性岩和超基性岩都不發育,這是它和北祁連山加里東褶皺帶重要區別之一。在下古生代基底上發育的上古生代—中生代拗陷帶內,海西晚期的花崗岩十分發育,岩體大,分布廣,其侵入與大區域的隆起有關。

在南祁連山前寒武紀褶皺帶(即柴達木北緣隆起)內,前寒武紀和海西期花崗岩同等發育。特別是沿褶皺帶北緣的斷裂帶出現更多。此外,基性岩、超基性岩、偉晶岩和細晶岩脈的發育也很普遍。

就岩類而論,基性岩和超基性岩主要分布在北祁連山加里東褶皺帶和南祁連山前寒武紀褶皺帶內,都沿區域性的大斷裂帶斷續出現,呈綫狀分布,而在北祁連山較南帶更為發育。至於侵入活動,看來也主要有兩期,即前震旦紀和加里東早期。在拉排溝和野馬河一帶,則有震旦紀超基性岩的侵入。

花崗岩類的分布,各構造-岩相帶都有,但在不同的地區往往分屬於不同的時代。其活動時期从前震旦紀到燕山期,但多偏於每個造山旋迴的晚期,如前震旦紀末期、加里東末期和海西末期都有大規模的酸性岩浆侵入。

噴出岩从前震旦紀一直繼續到白堊紀以後,在北祁連山加里東地槽內有大規模的裂隙噴發,特別是寒武紀和奧陶紀。其他各期的噴發活動也有,但多局限於較小的範圍,規模不大。

其他如脉岩的活动,则多受小构造控制,在前寒武纪褶皱带内,伟晶岩脉发育。

现将祁连山地区岩浆活动列表说明于下:

地壳运动时代	岩 浆 活 动	构造环境	构造-岩相带及实例	
喜 马 拉 雅 期	基性岩墙侵入、基性火山喷发及碱性岩脉	构造裂隙	主要在祁连山边缘地区,如走廊拗陷带	
燕 山 期	中小型花岗岩体侵入	断 裂 带	南祁连山上古生代—中生代拗陷带及南祁连山海西褶皱带东段	
海 西 期	微弱的小型花岗岩侵入	断裂、裂隙	中祁连山前寒武纪褶皱带边缘	
	辉长岩小侵入体及强烈的花岗岩类侵入及大量岩脉	上升作用和断裂活动	南祁连山上古生代—中生代拗陷带 中祁连山前寒武纪褶皱带北祁连山边缘及中部	
	微弱的火山作用	构造裂隙	北祁连山加里东褶皱带边缘	
加 里 东 期	志留纪晚期	基性中基性和酸性火山喷发。大规模的酸性侵入作用和小型的基性、酸性和超基性岩脉岩侵入	下沉期构造裂隙地槽褶皱返末期	北祁连山加里东褶皱带边缘 北祁连山加里东褶皱带北缘的中部和东段,如永昌—武威以及“旱峡系”中的脉岩
		中基性岩脉及顺层小侵入体	上 升 期	北祁连山加里东褶皱带,如骀脏沟
	奥 陶 纪	小型中基性喷发	下 沉 期	同 上
		小型基性侵入和浅成喷出	第二次回返	北祁连山加里东褶皱带,如狼豺沟、柳沟泉、吊大坂
		中基性和中酸性火山活动	第二次下沉(中奥陶纪)	同 上
		基性、超基性及中酸性侵入体活动	第一次回返	北祁连山加里东褶皱带及加里东地槽南缘,如高崖泉
	强烈的基性海底喷发	第一次下沉(下奥陶纪)	北祁连山加里东褶皱带,如阴沟、白杨河、珠龙关、门源	
中、下寒武纪	强烈的基性和中酸性的火山喷发并伴随基性及超基性侵入	下 沉 期	北祁连山加里东褶皱带,如黑沟、照壁山、白泉、白银厂等地	
震 旦 纪	小型花岗岩侵入	褶 皱 期	中祁连山震旦纪(?)拗陷带的西段及中段	
	基性及中基性火山喷发	下 沉 期		
前 震 旦 纪	花岗岩侵入混合岩化和花岗岩化酸性及中性脉岩	褶皱上升期	前震旦纪基底隆起地区	
	火山活动及基性超基性侵入体的侵入活动	下沉期(?)	南祁连山前寒武纪褶皱带,如茶卡、小柴旦等地区	

从表中我们不难看出,褶皱带内的岩浆活动显示了基性岩的喷发总是与基底的拗陷紧密相连,而大规模的酸性岩侵入,不论在时间和空间上都与隆起有关。

已知岩类的规模、大小、形态

祁连山地区的岩浆活动极为频繁,从超基性到酸性,从侵入到喷出都很发育,特别是侵入岩,它们常常沿两个不同地质结构及活动性不同的构造-岩相带之间,或沿大断裂带分布。因此,决定了这些侵入体是长的链状分布,其轴向与北西西构造线方向一致,同一

祁連山岩漿岩分布圖

0 10 20 30 40 50 公里

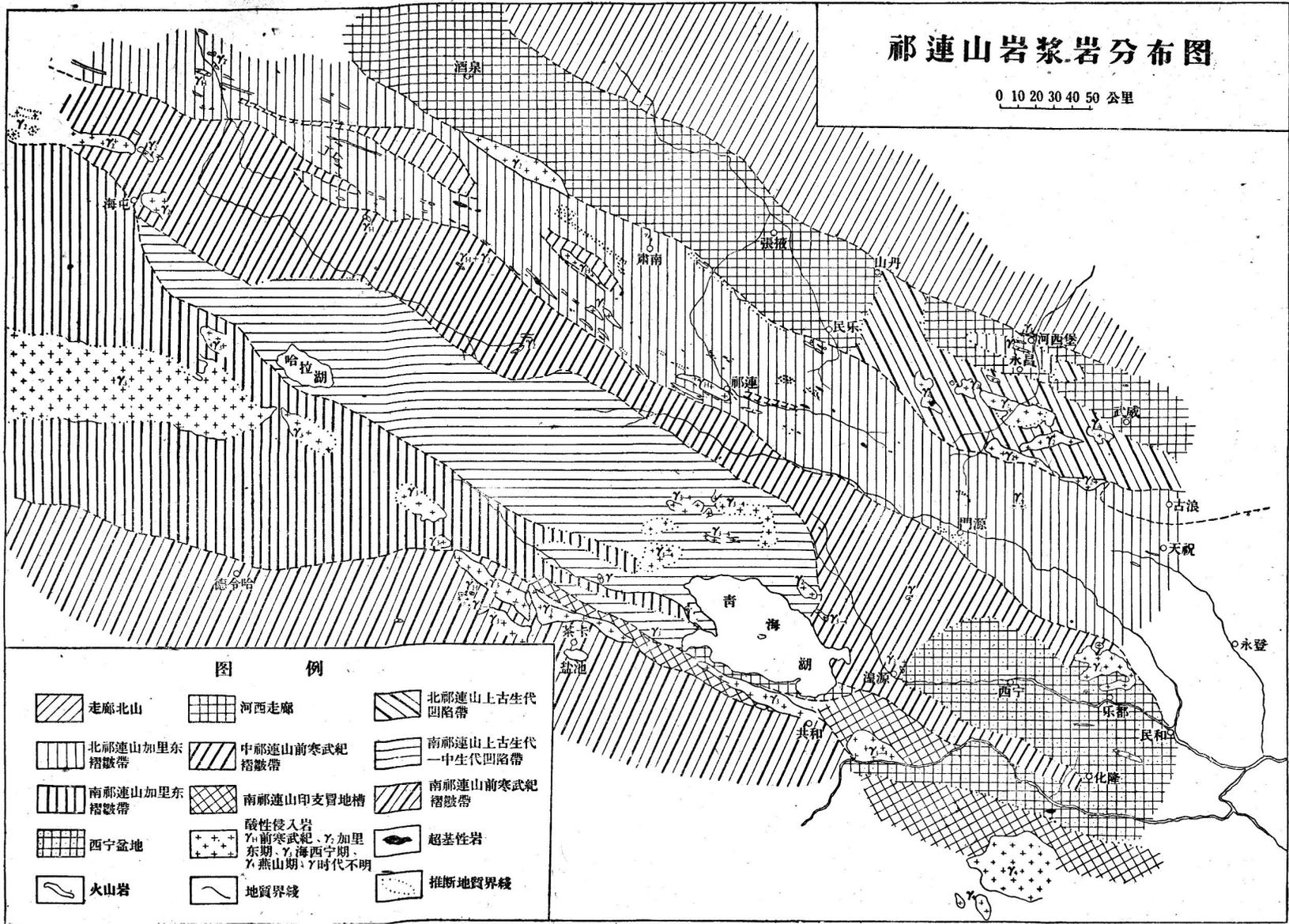


圖 例

- | | | |
|----------------|---|---------------------|
| 走廊北山 | 河西走廊 | 北祁連山上古生代
凹陷帶 |
| 北祁連山加里東
褶皺帶 | 中祁連山前寒武紀
褶皺帶 | 南祁連山上古生代
—中生代凹陷帶 |
| 南祁連山加里東
褶皺帶 | 南祁連山印支冒地槽 | 南祁連山前寒武紀
褶皺帶 |
| 西寧盆地 | 酸性侵入岩
Y ₁ 前寒武紀、Y ₂ 加里
東期、Y ₃ 海西寧期、
Y ₄ 燕山期、Y ₅ 時代不明 | 超基性岩 |
| 火山岩 | 地質界綫 | 推斷地質界綫 |

岩类的岩体,往往成羣出現,断續相連,組成特殊的岩帶。

就目前所知,侵入岩以酸性岩分布最广,除前寒武紀花崗岩和部分海西期的花崗岩而外,一般都是不大的岩株或小型岩株,并且主要是长透鏡状,很少有等軸状或不規則形狀的,超基性岩体尤其如此。酸性岩体分布面积較大,有的在几百平方公里以上。基性岩和超基性岩均呈鏈鎖状透鏡体,长軸比短軸显然要大得多,有时甚至呈脉状。就出露的規模和大小来看,显然比酸性岩为少,除个别岩体外,一般都在10平方公里以下,有不少岩体甚至不到1平方公里。

噴出活动在某些地区是十分劇烈的,規模也很大,常常厚达1,000米以上,它們常呈透鏡状和似层状,夹在由碎屑岩組成的复理层中。在岩性和岩相上,变化劇烈,沿走向常有相变,逐漸过渡为火山碎屑岩。有些火山岩体,其长度往往超过几公里甚至可达几十公里。从岩石的成分和构造来分析,它們應該是海底裂隙噴出的产物。

三年来,随着路綫地質調查,对全区岩石有了概括了解。以后在个别地区,也做了一些点的工作,但沒有全面地加以研究,只对若干地区的基性-超基性岩、酸性岩和火山岩进行了一些重点工作,在室內大約做了两千片的薄片研究和約两百个样品的岩石化学分析。至于沉积岩和变质岩,則很少进行室內的研究工作。下面仅就观察得較多的三种岩类(超基性岩、酸性岩和噴出岩)分述于后,基性岩在祁連山也有分布,在不少地区,它同超基性岩的关系很密切,并往往出現在同一岩帶內。

超基性岩和基性岩

北祁連山超基性岩和基性岩

祁連山区超基性岩的发现很早,唐詩中所說的“葡萄美酒夜光杯”中的“夜光杯”,据推論就是由北祁連山采来的蛇紋岩所凿成的。1935年,中瑞考察团发现紅水坝河上游三岔河一带的超基性岩体。1940年,杜瑞茲在他的“南山火成岩”的著作中曾加以描述。1952年,佟誠指出在黑河金砂中含有鉑金与区内超基性岩有关。1954年,地質部的普查队相繼在民乐三岔及祁連黑河流域发现一系列的超基性岩体,并在三岔岩体中发现鉻鉄矿,自此以后对祁連山区超基性岩及基性岩的調查研究及找矿工作才逐步开展起来。几年来,在南北祁連山发现的超基性岩体近百处,較大的如三岔、百經寺、三岔河、玉石沟、三岔石、吊大坂、寺大隆及沙柳河、綠梁山等岩体,并在許多岩体中进行过普查找矿及研究工作。

中国科学院地質研究所、兰州地質研究室(現为兰州地質研究所)及地質部矿物原料研究所、西北大学地質系曾于1955—1957年与地質部各勘探队共同进行过三岔、三岔河、玉石沟、三岔石、魚卡、沙柳河及綠梁山等岩体的研究,并对黑河流域的超基性岩带进行了較广泛的調查。

超基性岩在祁連山区的分布主要有两带:一带在南祁連山南側,岩体分布于前震旦紀結晶片岩之中,东起茶卡以南的沙柳河断續西延至魚卡綠梁山,侵入时期可能为前震旦紀(?) ;一带分布于北祁連山加里东褶皱带内,并大致可分为三个亚带,即陶来山超基性岩亚带、走廊南山南坡超基性岩亚带及走廊南山北坡超基性岩亚带,北西延长各約400—450公里,侵入时期主要为加里东期。在祁連县东北紅沟見到超基性岩成脉状切穿含植物化石痕迹的紅色岩层(可能相当于泥盆紀),这是目前在祁連山区所知道的唯一的例子,而它在侵入的时期上也比較晚(海西早期)。在其他构造-岩相带内,如南祁連山加里东褶皱带及中祁連山前寒武紀褶皱带,虽然也有超基性岩体出現,但分布极为零星。

关于祁連山区基性侵入岩的調查研究仅限于少数的岩体,在地質普查及路綫調查中所发现的一些岩体大都未經过詳細工作,因此从簡。

超基性岩体的分布与构造的关系,可以根据以下几个事实来分析:

- (1) 岩体多成羣的分布并局限于狹窄的地带内;
- (2) 岩体多呈长形透鏡体状或脉状,长軸方向与围岩构造方向一致;
- (3) 在北祁連山的三个超基性岩亚带或接近于加里东地槽与前寒武紀褶皱带的邻界綫附近,或接近地槽内部的地塹和地垒的兩側。

这些事实都表明超基性岩体的侵入主要是与深大断裂有极密切的关系(图IV-1-1)。

綫的北坡，沿北祁連山加里东褶皺帶和中祁連山前寒武紀褶皺帶之間的深斷裂作約北西 65° 方向分布，斷續延長達400余公里，包括大小超基性岩體25個以上，基性岩體至少在5個以上，二者在空間上有極密切的伴生關係。超基性岩體以斜方輝石橄欖岩為主，常含相當數量純橄欖岩；單斜輝石橄欖岩及輝石岩在一些分異得較好的岩體中亦常出現。

1. 玉石溝超基性岩體 位於黑河南岸陶來山分水嶺北坡，在肅南縣西南約80公里東距祁連縣約100公里，岩體出露地區拔海高度在4,000米左右。由未經蛇紋石化的超基性岩所組成的山峯高達4,500米。岩體南部界綫幾乎與山脈的分水綫相一致，冰川及常年積雪覆蓋着岩體相當大的一部分露頭（圖IV-1-2）。

岩體侵入於下古生代（寒武-奧陶紀）地槽相雜色板岩、千枚岩及石灰岩所組成的岩系中。在岩體北部下古生代地層只出現很少的一部分，然後就與石炭-二迭紀砂岩系成斷層接觸。岩體南部西段為千枚岩及石灰岩所圍繞，但有時夾中基性火山岩，東段則與輝長岩及輝長-輝綠岩接觸。所有地層幾全部向西南傾斜，傾角約 70° ，局部有隨岩體外形而變動的趨勢。岩體產狀與上述地層產狀基本一致。由於岩體是順層侵入體，因此，在岩體中（主要是岩體北部）常有石灰岩、千枚岩等圍岩的夾入。在主要岩體之南，又有一個獨立的長形扁豆狀的蛇紋石化純橄欖岩-斜方輝石橄欖岩體，其中含透鏡狀鉻鐵礦及脈狀硫化礦。兩個岩體之間為輝長岩所分隔。下面分別敘述岩體的主要特點。

(1) 北部岩體：岩體呈一個向南凸出的透鏡體，東西延長達6公里以上，最寬處2.5公里，占有6.5平方公里的面積。以斜方輝石橄欖岩為主，但包括純橄欖岩、單斜輝石橄欖岩、輝石岩以及輝長岩，具明顯的分異性。在岩體的北部分異現象表現得特別清楚，各類岩石成似層狀作有規律的遞變，在許多剖面中都能看到如下的分異系列：蛇紋岩或含絹石蛇紋岩（純橄欖岩或斜方輝石橄欖岩）—單斜輝石橄欖岩—輝石岩—輝長岩。除輝長岩與超基性岩之間具明顯界綫外，其餘各類均為比較急劇的過渡漸變關係。岩體中部及南部，成分漸趨穩定，主要為斜方輝石橄欖岩及局部的純橄欖岩；單斜輝石橄欖岩只在玉石溝以東比較常見。根據岩類在岩體內的分布及岩體形狀，推測北部代表岩體下部可以稱它為“強烈分異帶”，南部為岩體上部，分異性減弱。各岩帶的分布方向均與岩體走向一致，岩體內部蛇紋石化條帶以及原生條帶構造的方位，亦均與岩體長軸方向相符，這種情形正如李璞在研究三岔岩體時所指出的，是在有動力作用參與的情形下超基性岩漿在結晶過程中原地分異而成的。

純橄欖岩（蛇紋岩） 成獨立的透鏡體或與斜方輝石橄欖岩（絹石蛇紋岩）相混雜，分布寬度很少超過100米，但長達數百或數千米，它們在岩體中只占次要地位（在岩體北部分布較多）。

手標本顯示不同程度的蛇紋石化，呈黃綠色，塊狀，有時保存粒狀結構。鏡下，橄欖石或蛇紋石呈極清楚的網狀結構（照片IV-1-1），蛇紋石顆粒之間為塵點狀磁鐵礦所充填。純橄欖岩的礦物成分主要為蛇紋石（纖維蛇紋石及膠狀蛇紋石）及橄欖石殘晶，少量塵點狀磁鐵礦和副成分鉻尖晶石。橄欖石殘晶占24%，蛇紋石占70%，鉻尖晶石占1%。絹

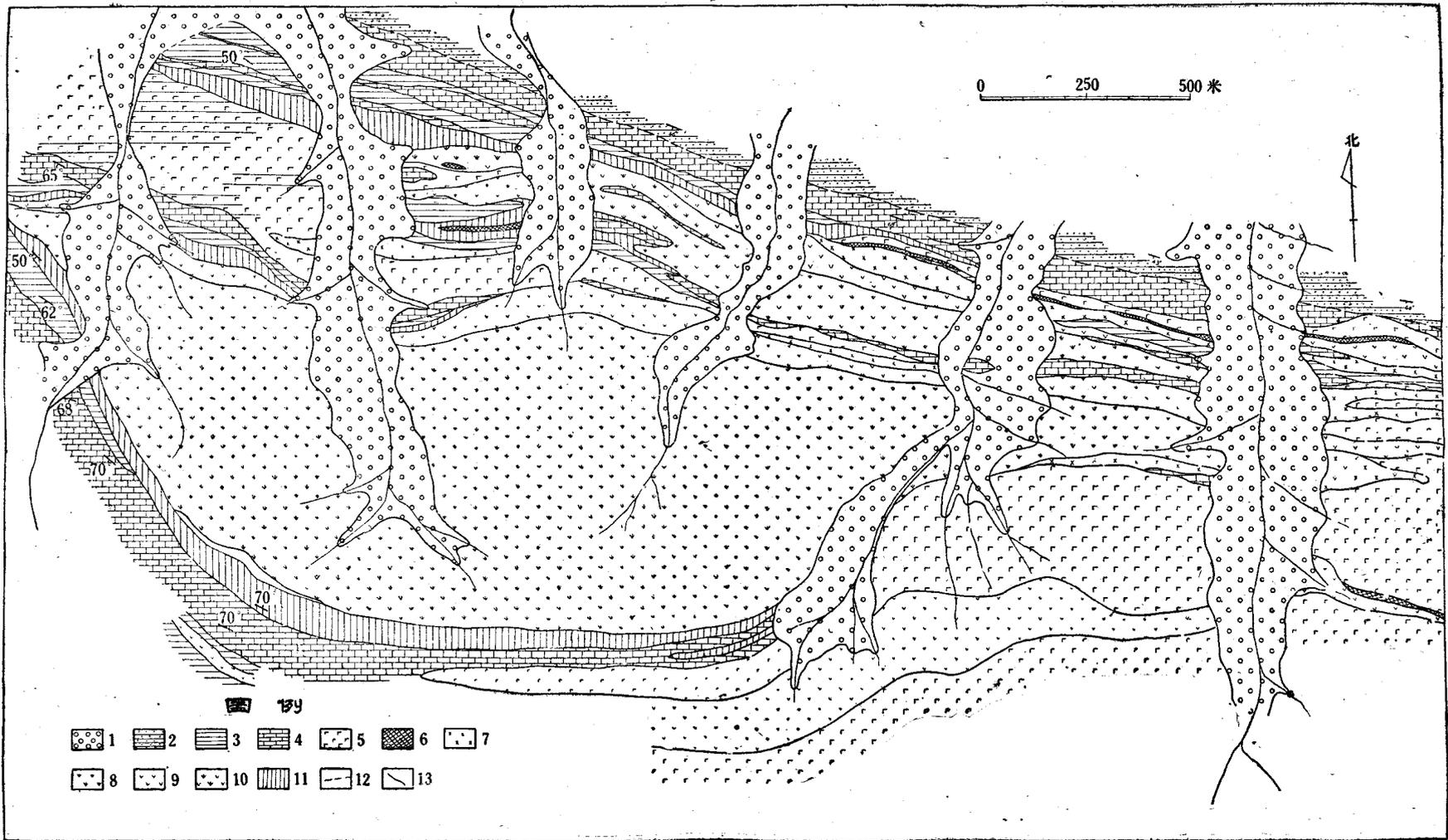


图 IV-1-2 玉石沟超基性岩体地质草图

1. 坡积及河床冲积 2. 石炭二迭纪砂岩 3. 绿色千枚岩或钙质板岩 4. 石灰岩 5. 辉长岩 6. 辉石岩 7. 蛇纹石化单斜辉石橄辉岩 8. 蛇纹石化斜方辉石橄辉岩 9. 蛇纹石化纯橄辉岩 10. 蛇纹石化斜方辉石橄辉岩-纯橄辉岩杂岩 11. 边缘蛇纹岩或片状蛇纹岩 12. 断层 13. 地质界线

石含量很少,一般均在 5% 以下,偶尔可以见到极少量的綠泥石及水鎂石。在岩体东部的純橄欖岩(或其他超基性岩中)几乎无例外地都含有約 2—5% 的碳酸盐矿物,它們交代蛇紋石或沿微細裂隙分布,表明进行蛇紋石化的殘液中有 CO_2 的存在。根据两个薄片的測定,橄欖石的光学常数 $N_m = 1.669-1.670$, $2V = (+)88^\circ-89^\circ$, 斜方輝石的 $2V = (+)75^\circ-76^\circ$ 。三个純橄欖岩的化学分析如表 IV-1-1 所示。

不論在純橄欖岩或斜方輝石橄欖岩中,常可以看到蛇紋石的网格呈“环带”构,結“环带”中心部分顏色較浅(无色或灰白色)向外逐漸具淡黃及浅黃色而折光率則向外圈漸增,这种情形可能表明蛇紋石化作用曾经历过若干次間歇,或进行蛇紋石化作用的溶液的性質和温度,前后亦略有变化。

表 IV-1-1 純橄欖岩(蛇紋石化)的化学成分

斜方輝石橄欖岩(絹石蛇紋岩)与純橄欖岩一起組成斜方輝石橄欖岩与純橄欖岩的杂岩带,二者錯綜复杂互相过渡,岩石外表常作花斑状(蛇皮状)或黃綠色块状;橄欖石及蛇紋石占 80—88%, 絹石(斜方輝石)含量一般在 10—12% 左右,有时可到 20%, 后者,均呈他形斑晶或充填于橄欖石假象顆粒之間。鉻尖晶石大都呈半自形,大部变质,很少有透明者,磁鉄矿粉末集中分布于网状裂隙中。

新鮮的斜方輝石橄欖岩分布于岩体的中心部分,在地形上形成岩体中最高的山峯,其周围分布着遭受不同程度蛇紋石化作用的斜方輝石橄欖岩,在它們中間也还分布着几条蛇紋石化很深的条带,其方向与岩相带方向一致,好象蛇紋石化溶液是順着原生的构造裂隙进行的。在岩体北部

与純橄欖岩交錯产出。新鮮斜方輝石橄欖岩呈浅黃或灰黃,微带浅綠色調,由 85—90% 的橄欖石及 8—15% 的斜方輝石所組成。副成分鉻尖晶石在一个薄片,只能見到几个顆粒,大多为自形。橄欖石成自形或半自形互相密接,大小在 1—4 毫米之間;对橄欖石及鉻尖晶石來說,斜方輝石总是他形晶(照片 IV-1-2)。

根据七个薄片的測定,橄欖石的光学常数 $N_m = 1.669-1.672$, $2V = (+)88^\circ-(-)89^\circ$; 斜方輝石 $N_m = 1.667$, $N_g = 1.675$, $2V = +76^\circ-78^\circ$ 。根据光性常数判断橄欖石仍系貴橄欖石,与純橄欖岩中所产一样。斜方輝石属頑火輝石,它們的光性常数表現得都相当稳定,但 $2V$ 較純橄欖岩中斜方輝石有某些增大的趋势。曾对橄欖石及斜方輝石进行过化学分析,結果如下:

	1	2	3
SiO_2	34.90	36.20	33.79
TiO_2	0.04	0.08	0.19
Al_2O_3	0.61	0.68	1.17
Cr_2O_3	0.16	0.16	0.27
Fe_2O_3	5.88	6.96	4.86
FeO	0.90	0.87	2.18
MnO	0.07	0.51	0.12
NiO	0.02	0.05	0.10
MgO	42.40	41.67	44.49
CaO	0.47	0.74	1.39
Na_2O	0.02	0.05	0.06
K_2O	0.02	0.01	—
H_2O^+	13.72	10.11	10.15
H_2O^-	0.64	0.35	0.65
P_2O_5	0.15	0.20	—
CO_2	0.51	0.04	—
总 計	100.51	99.68	99.42
MgO/FeO	12.4	10.7	10

註:

1. (玉-190), 玉石沟南部岩体純橄欖岩。
2. (玉-418), 玉石沟北部岩体純橄欖岩。
3. (218-10), 玉石沟北部岩体純橄欖岩。

分析 矿物	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	NiO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	总计	分子式
橄欖石	39.36	0.05	0.47	0.05	2.58	7.33	0.05	0.98	48.43	—	0.05	0.25	0.33	0.31	100.24	(Mg _{1.81} Fe _{0.20}) Si _{0.99} O ₄
斜方輝石	52.63	—	0.71	0.21	1.99	4.55	0.10	0.30	34.48	0.79	0.05	0.10	2.58	0.24	98.73	(Mg _{0.955} Fe _{0.095}) Si _{0.971} O ₃

两个斜方輝石橄欖岩的化学分析如表 IV-1-2 所示。其中标本 4 蛇紋石化微弱, 标本 5 蛇紋石化較強。从化学成分分析所得数据看来, 在蛇紋石化的过程中, H₂O 和 CO₂ 起很大的作用, Fe²⁺ 部分被移走, 部分氧化成为 Fe³⁺, 形成次生的磁鉄矿。

单斜輝石橄欖岩 主要分布于岩体东北边部并且在空間上总是伴随輝石岩或輝长岩, 因此我們曾經怀疑单斜輝石橄欖岩及輝石岩都不屬同一的超基性岩浆直接分异的产物, 而是由較晚侵入的輝长岩对原有超基性岩进行交代的結果, 但是从野外及室内观察都沒有获得有力的証据。单斜輝石在岩石中的含量常在 15% 以上, 个别高达 60%, 少数輝石遭受次生变化 (照片 IV-1-3), 在薄片中, 可以看到輝石具有一锯齿状或纖維針状的次生变化边, 即已变为透閃石-阳起石。根据三个薄片的測定, 单斜輝石的光学常数 $2V = (+)58^{\circ}-60^{\circ}$, $C \wedge Ng = 38^{\circ}-42^{\circ}$, 应属于透輝石类。

表 IV-1-2 斜方輝石橄欖岩化学成分

	4	5
SiO ₂	43.72	39.15
TiO ₂	0.10	痕迹
Al ₂ O ₃	1.11	0.74
Cr ₂ O ₃	0.29	0.16
Fe ₂ O ₃	2.39	5.89
FeO	6.34	2.89
MnO	0.12	痕迹
NiO	0.13	0.12
MgO	42.48	38.54
CaO	1.10	0.49
Na ₂ O	0.18	痕迹
K ₂ O	0.04	痕迹
H ₂ O ⁺	1.47	7.86
H ₂ O ⁻	0.34	0.82
P ₂ O ₅	0.13	0.19
CO ₂	0.31	2.43
总 計	100.25	99.28
MgO/FeO	9	8.4

注:

- (219-II-40) 玉石沟北部岩体斜方輝石橄欖岩, (蛇紋石化微弱)。
- (218-斜1), 玉石沟北部岩体斜方輝石橄欖岩, (蛇紋石化強烈)。

表 IV-1-3 单斜輝石橄欖岩化学成分

	6	7
SiO ₂	37.74	42.12
TiO ₂	0.25	0.02
Al ₂ O ₃	3.52	2.24
Cr ₂ O ₃	0.17	0.18
Fe ₂ O ₃	5.52	6.97
FeO	3.04	2.09
MnO	0.18	0.09
NiO	0.30	0.18
MgO	33.60	30.90
CaO	4.90	6.73
Na ₂ O	0.09	0.08
K ₂ O	0.14	0.05
H ₂ O ⁺	9.02	8.36
H ₂ O ⁻	0.44	0.52
P ₂ O ₅	0.21	0.21
CO ₂	—	0.13
总 計	99.12	100.87
MgO/FeO	7.5	6.62

注:

- (218-单2) 玉石沟北部岩体单斜輝石橄欖岩。
- (218-单3) 玉石沟北部岩体单斜輝石橄欖岩。

岩石中的橄欖石經蛇紋石化, 在近半数的标本中蛇紋石大多为胶体均質蛇紋石, 它占据几乎网格的全部, 纖維蛇紋石只分布在細小的网状裂隙中, 因此使岩石具有致密的貝状

斷口并显暗綠黑色。滑石及碳酸盐有时沿裂隙呈細脉状交代蛇紋石,有的薄片中可以見到沿单斜輝石解理分布的云雾状鈣質,与上述碳酸盐矿物显然不是由相同作用所造成的。在較多的标本中可以見到綠泥石,但为量不多。

副成分鉻尖晶石較在斜方輝石橄欖岩及純橄欖岩中更少見,而且都已遭受变質而不透明。粉末状磁鉄矿仍然是沿着网状裂隙集中。

除磁鉄矿及鉻尖晶石外,尚可見到为量不多的金属硫化物,呈細小的顆粒散布于矽酸盐矿物顆粒之間。两个单斜輝石橄欖岩的化学分析如表 IV-1-3。

輝石岩 在岩体东北部边缘形成一个厚度不超过 25 米的“外壳”与单斜輝石橄欖岩为渐变过渡,而与輝长岩則有明显的界綫。此外,也在純橄欖岩或斜方輝石橄欖岩中呈透鏡状或脉状产出。岩石呈淺綠微带灰綠色調,一般均为中粗粒結構,最大顆粒个别可达 2 厘米,推想輝石岩的結晶,是在所有上述超基性岩大部均已凝固之后。并且在殘浆中富集着相当量的揮发組分,使岩石遭受阳起石化及纤閃石化等。

輝石的光性常数与单斜輝石橄欖岩中的透輝石没有什么不同:

$$2V = (+)60^\circ, C \wedge Ng = 42^\circ.$$

橄长岩 只出現于岩体东南边部个别的地段中,代替輝石岩出現于岩体的边缘。岩石呈暗綠色,由 60% 的蛇紋石(呈細小网状結構,网格中心为均質蛇紋石,四周为纖維蛇紋石), 30% 左右的长石, 8% 的单斜輝石,以及少量磁鉄矿、硫化物所組成。斜长石均已鈣鋁石榴石化、綠泥石呈細脉或晶洞状出現,有时則代替石榴石。

滑石-碳酸盐片岩 沒有象在三岔石岩体中那样发育,常出現于岩体边部与石灰岩的内接触带中,但在岩体边缘的蛇紋岩中也有或多或少的滑石-碳酸盐交代蛇紋石。

透閃石岩,綠泥石岩以及白色疔瘡状石榴石輝石岩 都只局部出現,这里不作詳細描述。关于岩体中的纖維蛇紋石棉脉,在非金属矿床中将另作描述。

如前所述,輝长岩是沿着岩体的边部与围岩接触的地方侵入的。在岩体东部它包围着超基性岩并呈岩枝状伸入于超基性岩中。此外,在岩体中也还可以見到少数輝长岩脉。在岩体西北边部,也有輝长岩順着超基性岩体中的围岩夹层而貫入。大部分輝长岩都已經受变質,斜长石普遍遭到鈉黝帘石化、高岭土化或綠泥石化等,有时局部已为鈣鋁石榴石所交代。輝石大部仍很新鮮,但有时亦变成綠泥石,新鮮的輝石最大消光角可达 51° , 属于普通輝石-透輝石类。

在結束对岩石的簡單描述之前,还应当討論一下岩体蛇紋石化的情形,前面已經說到过只在岩体中心部分保存完全未經蛇紋石化的“新鮮岩石”,向四周逐漸蛇紋石化直到完全不保留橄欖石、斜方輝石等原生矿物。而在这种“新鮮岩石”中,也还出現有好几条(寬 50—100 米)蛇紋石化的条带,其方向与岩体走向大致相符。在岩体北部,岩石遭受极強烈的蛇紋石化,原生結構遭受不同程度的破坏,并普遍或強或弱地片理化,根据上述事实可以作出下列的推論:岩体蛇紋石化主要是由自变質作用所引起,当岩浆凝固的后期,殘余溶液中富集着大量的水及 CO_2 ,它們沿着岩体的原生构造及裂隙向上部及兩側逸散,与

橄欖石及斜方輝石发生反应,岩石薄片的观察証明,蛇紋石化过程决不是沒有間歇性的。至于岩体边缘蛇紋石化表現特別強烈的原因,除了动力作用在这里表現得更強,因而加速和促进橄欖石和輝石的蛇紋石化外,較晚的輝长岩侵入,也引起超基性岩的蛇紋石化。

在过去对祁連山区进行超基性岩体的普查和评价中,曾經有些地質人員認为,鉻鉄矿床是超基性岩体在蛇紋石化改造过程中富集起来的,因而他們把岩体遭受蛇紋石化的程度作为评价岩体是否可能含矿的标志。这个看法是不对的,而且对于普查和勘探是非常有害的。只要举出 Cr 元素在新鮮的超基性岩中和在完全蛇紋石化的超基性岩中並沒有任何数量上的差別以及鉻鉄矿体也存在于未經蛇紋石化的超基性岩中,就足以証明这种論断是錯誤的。

岩体含矿情况: 在現有露头中还没有找到过原生的鉻鉄矿体,仅在岩体西端坡积物中,获得鉻鉄矿轉石。根据轉石磨損情形判断,应当来自附近的蛇紋岩(純橄欖岩)与絹石蛇紋岩的杂岩中。此外,在双岔沟东山脊的相同岩相内,有长仅 10 余厘米的矿巢,并局部出現稀疏的鉻尖晶石浸染体,它們与含矿围岩的界限都不很清楚。薄片下鉻尖晶石顆粒呈半自形或自形,中心部分呈紅棕色。根据产状,認为这些小矿点稀疏的浸染体是属于岩漿結晶作用早期的分泌物。

(2) 南部岩体: 呈带状包围北部岩体,二者之間为輝长岩所分开,岩体出露寬約 300—350 米,长与北部岩体相近,东段全为輝长岩所圍繞,西段則可以看出是侵入于寒武-奧陶紀石灰岩和千枚岩系中。

岩体属于以純橄欖岩为主的純橄欖岩-斜方輝石橄欖岩类型,岩体中沒有单斜輝石橄欖岩、輝石岩、輝长岩呈脉状产出,在个别地方,尚有更晚期的云斜煌斑岩脉。和北部岩体比較起来,其岩相变化不如前者复杂,从图中可以看出純橄欖岩主要分布于岩体中部及南部,即我們把它当作是岩体的底部,向北为寬約 60 米的純橄欖岩与斜方輝石橄欖岩的杂岩带,其中含鉻鉄矿小凸鏡体数处,岩体的北部为遭受片理化的斜方輝石橄欖岩,在局部片理化微弱的地段,岩石中絹石含量在 15% 左右。因此整个看来,岩体仍然具有良好的分异性。

岩石受动力破碎剧烈,純橄欖岩具淡綠黄色的风化膜,顆粒状結構,磁鉄矿粉末填于蛇紋石假象顆粒(纖維蛇紋石)之間或沿网状裂隙分布,有的外形成美丽的图案,在副成分鉻尖晶石顆粒的周围或其裂隙中,分布着粉紅色的鉻蛇紋石,晶体呈与鉻尖晶石外边相垂直的纖維状(照片 IV-1-4)。X-粉晶照象証明这种鉻蛇紋石与叶蛇紋石的結晶格架相符,在粉紅色鉻蛇紋石的外围还分布一圈蛇紋石和綠泥石的“外衣”。我們知道,只有当鉻尖晶石的結晶被破坏时,Al, Cr 才有可能脱离鉻尖晶石而进入蛇紋石或綠泥石的晶格中。在一些地方,还看到鉻蛇紋石呈脉状出現于蛇紋岩中,說明他們曾經成溶液状态集中并发生某些迁移。

含矿的純橄欖岩与斜方輝石橄欖岩杂岩带的岩石多具鮮黃綠色的蛇皮状,这里的副成分鉻尖晶石变质輕微,不具鉻蛇紋石及綠泥石的“外衣”。矿体外层的純橄欖岩由約 65%