

①各类岩石镁铁比值及 Cr_2O_3 含量造矿和附生铬尖晶石 Cr^{+++} 晶胞原子数变化大。

②岩相带较清楚。

③有一定数量纯橄岩，而且集中分布。

④矿石中铬尖晶石晶粒粗大。

⑤岩体内脉岩发育。

从外因看，V类型两岩体均受张性断裂控制，岩体长宽比小，岩体空间形态复杂，基底产状变化多，有利于矿浆停聚的地段。

清水15号岩体尽管有大量辉长岩、辉石岩岩体，总的基性度不高，但其分异完善，亦形成小型矿床，唐巴勒岩体大、镁质高，但岩体 Cr_2O_3 含量低，分异不好，寻找较大规模的矿体比较困难。IV类型岩体尽管矿化点很多，但岩体 Cr_2O_3 含量低，分异不好，故含矿情况最差。

四、对今后找矿工作设想

(一)从全区来看，昆仑—阿尔金弧形构造两侧，特别是伴随有张性断裂地段有可能发现较大的岩体。

(二)从岩体类型看，应着重注意Ⅲ、V、Ⅶ三类型岩体。

(三)在已知岩体中，萨雷诺海岩体矿点多，镁质高，矿石质量好，分异较好，值得进一步工作，应详细研究其岩体、矿体、构造控制及岩体形态，注意中浅部找矿，红柳沟2、6号岩体及红柳沟与卡布拉克之间新发现岩体群值得进一步找矿。

新疆萨尔托海铬铁矿床地质特征及工作体会

新疆地质局第七地质大队一分队地质组

萨尔托海超基性岩体位于西准噶尔界山华力西褶皱扎依尔复向斜的南翼，侵入于达拉布特压扭性大断裂的西北侧次级断裂，即萨尔托海—木哈塔依分支断裂中，岩体全长20余公里，总面积约15平方公里。萨尔托海矿区位于岩体东半段，长6公里，面积约4.8平方公里。西宽东窄，平面形态宛如一只浮鹅，空间形态为一复杂的岩墙状岩体。

一、围岩地质

(一)建造

矿区存在着基性火山岩和陆源碎屑岩两类建造，前人认为是中泥盆世末期的连续沉积。命名为达拉布特组，将陆源碎屑岩命名为坎土拜克段，即下段，将基性火山岩命名为萨尔托海段，即上段。

近年来区测队将上述建造生成时代定为早石炭世，仍认为是连续沉积，我们无根据辨其时代之当否，仅对其接触关系和构造形成有些新认识，仍按原划分单元及名称简述如下：

坎土拜克段：按岩性可分为两个亚段，下亚段为黑灰色轻变质页岩、粉砂岩、砂砾岩夹

砾岩及透镜状晶屑凝灰岩和粗粒碎屑凝灰岩。走向北东，倾向北西。按其韵律为一套海退沉积。上亚段是砾岩及黑灰色页岩，在页岩中含海百合茎灰岩透镜体。

萨尔托海段：为岩体北盘直接围岩，是一套剧烈青盘岩化的基性火山岩，其岩性由绿色凝灰岩、凝灰角砾岩、碧玉岩、火山集块岩及次喷发的辉长辉绿岩等组成。平行岩体展布，层理不清，产状复杂，出露宽度变化很大，目前正在对其作详细调查。从其熔岩较发育地段总是伴有超基性岩支的侵入，联系密切，故西北地研所提议，将其和超基性岩一起称为蛇绿岩套，此段和下伏坎土拜克段多为断层接触。偶见呈不整合接触。

（二）构造

矿区内存在着东西向及北东向两种构造体系：

1、东西向构造体系：在岩体东南侧的陆源碎屑岩中强烈发育，主要是一些间隔大致相等宽约200米的挤压带，走向 90° — 100° 左右，向北陡倾，从矿区北部到南部，即岩体北东端到岩体中部可划出八个带。北部的两个带由成群的断裂组成。中间的两个带由紧闭背斜及其一侧或两侧的冲断层组成。上述几个带越偏南的挤压越强，岩石失去层理，生成东西向片理带，伴有硅化，在地貌上均成洼沟，各带之间呈舒缓的波状背斜或向斜，常构成山块。再向南的三个带被戈壁砾石层复盖，据岩体的一些迹象可肯定其存在。具体组成不明。

岩体北西侧的基性火山岩中，东西向构造发育微弱，仅见些宽度不大的断裂，其位置相对岩体南侧者，稍向南移，在西南地区有与东西向断裂配套发育的一对北东和北西向共轭扭裂发育，构成扁菱格状构造。

2、北东向构造体系：属于木哈塔依—萨尔托海断裂的一部分，为左推扭张断裂。其全体仍由几条北东约 65° 方向的压扭断层和北东 40° 左右的扭张断裂组成的多字型构造，总体走向 50° 多，斜穿矿区中央，分割基性火山岩和陆源碎屑岩两大建造。

区内 65° 方向之压扭断层仅岩体北东端一条，由主断带向西南一直伸入到火山岩中，沿线有超基性岩断续分布， 40° 方向的一段，被萨尔托海岩体侵入。

在基性火山岩中，还有一些北东向次级断裂，也均有超基性岩体侵入。

北东向构造体系的生成晚于东西向构造体系，明显切割了东西向构造。这一体系严格地控制着基性火山岩和超基性岩体未在断层南出现，并且火山岩中的细碧熔岩和次火山岩一起也均作北东向排布，占据着断裂位置，说明其生成与北东向构造体系有密切关系。即二者先后侵入于同一北东向构造体系中。因此可以判断矿区北西侧的基性火山岩建造与南东侧的陆源碎屑岩建造为新老两个构造层，其时代应有较大的间隔，上述二建造并非同一组，可能是不同世期产物。

分析上述建造和构造可以知道，在老构造层生成时，区域受着南北向挤压应力作用，使北东向的扎依尔复向斜发生了东西向挤压断裂带（包括小褶皱），并使矿区渐隆起，以北渐拗下。

在新构造层中仍有东西向挤压构造形迹，说明南北向压应力始终存在，北东向构造体系为其派生之扭压分力造成，这一构造体系非一蹴而成，仍有一段发展过程，初期引起基性火山岩活动，继续发展则有超基性岩侵入，故这一体系的规模和范围远比过去人们所谈者大。

二、控岩构造格架及岩体空间形态

近年来的地表及地下资料证明：岩体东半部所占据的萨尔托海断裂，又是一系列北东向次级断裂组成的多字型构造，这种次级单元主要有四个：

第一：从岩体北东端起，向南西到19矿群止，中间包括1、2、3、14、4、22、5、20等几个矿群。

第二：东起3矿群之南，过去所谓岩体侧枝的东端，经6矿群、7矿群、21矿群、23矿群，向西扭转到9矿群、10矿群为止，其中6—21矿群也可另作一支看待。

第三：从21矿群之南起，经17矿群、11及12矿群，向13矿群西延伸。

第四：自11号剖面南端起。平行岩体南界延伸，经13矿群南的橄榄岩山包一带向西。

上述单元大致平行，走向北东 40° — 50° 左右，倾向北西，倾角约 60° — 70° ，属于断裂带初期的扭性结构面，沿这带面均有基性火山岩（细碧岩）活动时期的浅成脉岩或次火山岩—辉绿岩侵入，在进一步的超基性岩成岩活动期间，这些断裂扭张扩大，并沿近南北向（ 10° 左右）同期次级张裂串通，形成成岩空间。

被岩体淹没后的体系单元，在现今地表的分隔标志是岩体中辉绿岩凝灰岩包体带以及岩体边部的围岩伸枝，而在岩体的底部与各单元相对应的则是“基底槽沟”和“基底脊梁”（岩体的每个次级单元东浅西深）。

小的多字型构造在剖面上，往往呈迭瓦或反迭瓦式排列，对萨尔托海断裂在剖面上将出现的规律还没有充分的判断依据。

岩体东半部的多字型控岩北东构造体系，很鲜明的受着东西向构造带的影响，各北东向次级单元，都是从一个东西向断裂带上开始，中间切过两个东西向断裂带到另一个东西向断裂带止，在与东西向断裂相交时，早已存在的东西向压性结构面，便作为一个边界面阻抑改变北东向扭应的方向，使之在其一侧或两个东西向带之间集中，造成深大扭张空间，矿化也好，而东西向构造带的另一侧或其本身则出现大包体带或基底抬起。从而显示出东西向构造带在岩体纵向上的隔挡作用。东西向构造的上述制约关系还体现在各单元内部，于是使其能分成更小的构造单元。

三、岩性分布、岩石化学及岩相分带

（一）岩性分布

1、斜辉辉橄岩：可分为两种，一是暗色块状，一是浅色片状。

暗色块状斜辉辉橄岩生成在岩体边部和包体带上，深绿—墨绿色，细晶致密坚硬，橄榄石被纤维蛇纹石和均质及半晶质蛇纹石交代，成均一的基质状态。

浅色斜辉辉橄岩生成在岩体中部，岩石普遍具片理，疏松易碎，形成洼地，岩石结晶的定向构造多与片理保持统一的应力关系，证明片理化作用在结晶同期已存在，最强烈的地方形成规模不等具揉皱的强片理条带。

岩石由深灰色纤维及胶蛇纹石化了的橄榄石和黄绿—深绿色绢石组成, 23矿群以西逐渐以黑绢石为主, 称“绢石带”, 肉眼可辨橄榄石粒度一般为3—5毫米。绢石粒度为2—4毫米, 趋近纯橄岩, 粒度可粗达10—8毫米, 岩石中二种矿物分别聚集成团巢状或条带状, 或成假聚斑状构造和条带状构造。一些透辉石蚀变后分泌出较多的尘状磁铁矿, 故使绢石呈黑色, 付矿物除铬尖晶石外, 尚出现硫化铜镍矿物。

2、橄榄岩: 呈分离体分布于暗色斜辉辉橄岩中, 与岩体边界或大包体保持相当距离, 但在上盘常可紧贴围岩, 地表所见下盘带多于上盘带, 最发育的地方是14—22矿群以南; 19—20矿群北; 9—10矿群一带及11—13矿群以南, 地貌多成小山丘。

二辉橄榄岩很少, 在13矿群南的橄榄岩中呈透镜体散布, 单斜辉石肉眼不易辨认, 仅以风化后呈白色者来判断, 镜下观察单斜辉石多以细发丝状平行生长在绢石(顽火辉石)中, 为固熔体连晶, 也有呈它形细粒单独产出, 为易变普通辉石。

3、纯橄岩: 按其生成部位分两类: 其一生长在暗色斜辉辉橄岩中, 靠近岩体边部或包体附近, 规模小、数量少, 现地表所见唯14矿群南产出者规模最大。这类纯橄岩属于早期结晶产物, 细粒, 14矿群以南者粒度最粗, 与块状斜辉辉橄岩呈渐变过渡, 常有些在野外定成纯橄岩, 而镜下发现绢石, 属斜辉辉橄岩, 化学分析又上升为橄榄岩, 可见其分异极不充分, 界线不分明, 其橄榄石全被纤维蛇纹石及半晶质蛇纹石交代呈细小网环结构, 析出的磁铁矿小而分布又不均匀。铬尖晶石无定向性, 星散分布, 这类纯橄岩多数遭受叶蛇纹石化作用。其二: 生成在浅色片状斜辉辉橄岩中, 地表出露较少, 且规模也小, 向深部增多规模变大, 形态多为透镜状、似脉状等, 与辉橄岩迅速过渡, 界线鲜明, 块状构造者多, 弱片状者次之。这类纯橄岩一般均与强片理化伴生, 象贯入体一样, 或在其一侧或在其一端, 而自身并未片理化, 或只弱片理化, 在13矿群冲沟中见这类纯橄岩侵入于橄榄岩中的小扭断面而成细脉, 可见这类纯橄岩成岩之晚, 应属残浆期产物。

4、分异脉岩: 由斜长石、单斜辉石及橄榄石组成的晚期分异脉岩, 总体说来此类脉岩在本岩体中极不发育, 规模也小, 岩相变化很大, 从浅色单矿物的斜长岩到深色的橄长岩都有分布, 其中主要是橄长岩和斜辉长岩。

5、酸盐岩: 是一套滑石化菱镁矿化超基性岩, 随着蚀变程度加剧浅色矿物增多, 岩性变化也增大。主要有滑石菱镁矿化超基性岩及滑石石英菱镁岩。分布在岩体的接触带及断裂带上, 尤以下盘最发育。

(二) 岩石化学

各类岩石化学成分见表1。

原三大队共采岩石化学全分析样30个, 我队采岩石化学全分析样157个共计187个, 利用吴利仁法对分析成果进行了计算对比。结果如下:

1、基本特征:

(1) 若按岩石化学分类: 根据岩体各类岩石 M/F 7.5—11, 属于镁质超基性岩。

(2) 根据 Al_2O_3 和 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 的含量及其变化关系本区各类超基性岩主要是铝过饱和系列(55.37%), 次为正常系列(41.8%), 碱过饱和系列极少(2.81%)。在纯橄岩中铝过饱和系列比例增大(70%), 正常系列减少。

(3)从二辉橄榄岩、橄榄岩、斜辉辉橄岩到纯橄岩,化学成分主要参数和补充参数的有规律变化基本上和岩石定名相符,随着单斜辉石的出现CaO有显著的增加。唯暗色岩相中的纯橄岩比较特殊,和岩石定名不符。若按斜方辉石、橄榄石的理论分子式计算,则相当于一号辉橄岩,即绢石含量可达10%左右。

2、暗色岩相和浅色岩相化学成分对比:

(1)斜辉辉橄岩在两个岩相带中化学成分基本相同,没有显著差异(见表1)。

(2)纯橄岩在两个岩相带中,其化学成分有显著的差异,浅色带中的纯橄岩酸性度小($Q = -34.66 \sim -37.91$),基性度大($M/F = 2.05 \sim 2.6$);暗色带中的纯橄岩酸性度大($Q = -26.7 \sim -32.47$),基性度小($M/F = 1.57 \sim 1.67$)。 Cr_2O_3 的含量在暗色带中的纯橄岩中含量极不均匀且低,浅色带中纯橄岩中 Cr_2O_3 含量偏高(见表1)。

3、浅色岩相带中纯橄岩化学成分变化:

纯橄岩沿走向变化不大,但随着深度呈现出极大的差异;随着深度增加,基性度、镁铁比以及 Cr_2O_3 和 Al_2O_3 的含量都有显著增高,此外,纯橄岩中 Cr_2O_3 的含量是极不均匀的。

根据22矿群近矿纯橄岩和远矿纯橄岩化学成分对比,前者基性度高,特别是 Al_2O_3 和 Cr_2O_3 有显著增高,近矿纯橄岩无疑是含矿母岩(见表2)。

表2 22矿群远矿和近矿纯橄岩化学成分

岩石名称	化 学 成 分						
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	FeO	MnO
远矿a	33.42	0.034	0.63	0.04	7.01	3.32	0.14
近矿a	31.56	0.033	1.91	0.97	6.09	3.26	0.10

岩石名称	MgO	NiO	CoO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
远矿a	38.96	0.27	0.021	0.23	0.04	0.04
近矿a	38.67	0.29	0.015	0.42	0.10	0.04

此外纯橄岩中 Cr_2O_3 的含量亦似有随着岩石色泽变淡含量增高的趋势。

(三)岩相分带

根据侵入的超基性岩浆在早晚两个成岩阶段明显不同的环境和状态,按一定的岩性组合及物理特征,将岩体分成两个原生相带:

1、早期偏酸性岩相带:以暗色块状斜辉辉橄岩—橄榄岩为主,包括细粒纯橄岩小铬铁矿体及脉岩等。此带岩石一方面自岩体边缘开始发育,形成相当厚的边部带,另一方面自内部包体开始发育,形成较薄的内部分隔带。二者联结一起约占岩体总面积的3/4,好象成

了岩体的背景相,而实质上勾划出了成岩构造空间的次级单元。此带上盘较薄,下盘及底部较厚,岩体狭窄处则连为一体。

早期偏酸性岩相带岩石生成及排布的剖面顺序是:细粒不等粒斜辉辉橄岩—分异不充分的细粒纯橄岩及细粒铬铁矿—“大麻子”橄榄岩,至于脉岩生成阶段尚难定论,可能部分是偏酸性岩相带结晶末期分异产物,如粗粒的橄长岩、斜长岩等,部分是更晚的浅色相带分异侵入的。

从此带岩石的结晶细、矿物无定向排列、成均匀块状构造,可知此带岩石生成时,在生成的部位,构造应力变化不大,体系的压力稳定,无挥发组分参加,温度下降迅速,化学平衡主要随温度下降梯度的变化而转移。

在重磁场上,该带为低磁高重力带,其岩石感磁低而剩磁强,剩磁以反磁化为主,方位集中 160° 及 200° 左右,倾角 60° 上下。

2、晚期偏基性岩相带:为浅色片状斜辉辉橄岩—纯橄岩,

包括铬铁矿体和少量异剥辉长岩橄长岩脉岩。这一岩石组合生成在多字型控岩断裂造成的成岩空间各单元的中部,成断续带状或透镜状雁行状排布,总观之以岩体中央带最发育。

此带岩石生成顺序是:浅色斜辉辉橄岩、纯橄岩、铬铁矿异剥辉长岩岩脉等。浅色斜辉辉橄岩一般和早期偏酸性相带的暗色辉橄岩渐变接触,个别地方如4矿群、2矿群见浅色者穿破暗色者。纯橄岩和铬铁矿侵入外带者也不鲜见。

从此带岩石的结晶粗大,定向构造发育,粗粒结构发育在矿体顶部,岩石中亲硫元素较外带多等特征可以判断,其生成时定向(构造)应力活跃,静压力低。挥发组分相对富集,温度下降缓慢,在此状态下,压力起着主要作用,而压力的变化乃构造运动所引起。

从地壳运动的一般规律可以设想,岩浆侵入到成岩断裂中,只是使构造应力接近于平衡。运动并不会停止,断裂两壁还会继续缓慢位移,成岩空间也相随变形,如果两壁扭张,其内粘稠的岩浆必在两壁拖带下于应力方向转换带造成负压区间,导致挥发分生成和聚集,降低了岩浆的熔点和粘度,使结晶缓慢,得以充分分异,所以这些分异而成的纯橄岩、铬铁矿体,一方面成一定方向的透镜状脉状等产出,一方面又常与围岩保持过渡关系。

自多字型构造第二单元起,晚期偏基性相带中,黑绢石开始出现,第三单元发育成带,而与之相应的是异剥辉长岩,橄长岩系列脉岩少见,钙离子分散在黑绢石辉橄岩中,多是晚期相带分异不良的征兆,这可能是成岩期构造应力首先在第一单元释放,致使第二、第三单元应力活动减弱造成。

第四单元内未见晚期偏基性岩相带发育。

在重磁场内晚期偏基性岩相带为高磁低重带,其辉橄岩剩磁弱,感磁强,剩磁正磁化比率高,磁化方向与倾角散乱无章,铬铁矿体正磁化率更高,但正反磁化方向集中在 0° 及 180° 左右,倾角均在 60° 上下。

有些构造区间,仅有浅色片状斜辉辉橄岩出露,不见纯橄岩,物理场具高磁低重特征,仍划归晚期偏基性岩相带。

四、矿床地质

(一) 矿带划分及其主要特征

按矿体的出露位置、展布方向及其和岩相构造的关系, 将各矿群划分为南、北、中三个矿带。

1、北矿带: 产于北部偏酸性暗色岩相带中, 围岩主要为暗绿色斜辉辉橄岩, 矿体数量少、规模小、未形成具有工业规模的矿床。

2、中央含矿带: 产于岩体中第一、第二、第三构造单元相互贯通的偏基性浅色岩相带中, 本带是矿区的主要含矿带(图1)。

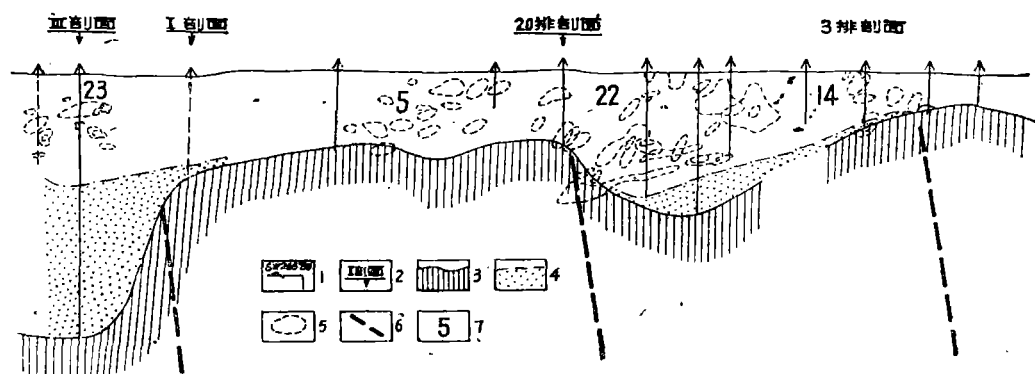


图1 超基性岩体中央含矿带纵投影及基底起伏示意图

1—剖面方向; 2—横剖面位置; 3—基底; 4—碳酸盐化超基性岩;

5—矿体投影; 6—东西向断层; 7—矿群

3、南矿带: 处于岩体下盘接触带处, 地表矿体产状和接触带一致, 21矿群的矿体在空间上的排列呈“入”字型。矿石类型很单一, 为稠密浸染状, $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 32\%$, $\text{Cr}/\langle \text{Fe} \rangle < 2.5$, 属于贫矿。

(二) 矿体的数量、规模、形状、产状

地表共发现矿体140多个, 地下盲矿体300多个, 大部分矿体长数米到几十米, 厚度0.5—5米, 矿体的走向长度往往大于倾向长度, 矿体规模总的趋势向深部逐渐变大。

矿体主要形状为透镜状、扁豆状、囊状。但细察地表矿体形态却是很复杂的。有的矿体明显追踪两组裂隙, 形成复杂的脉状, 很多比较规整的大矿体边部也有窄而长的脉状部分。

各矿群的产状随所处位置不同而异, 多受岩体形态、岩体界面的制约(图2)。矿体的产状随围岩界面而变化。部分矿带呈现出向南西侧伏的特征和本岩体总体流动方向基本一致。

(三) 矿体直接围岩及其接触关系

1、矿体的直接围岩主要为纯橄岩、辉橄岩及滑石碳酸岩化超基性岩。各矿群随着深度的增加, 纯橄岩所占比例增大, 以8—18、5—22矿群反映的最清楚。

2、矿体和围岩的接触关系有侵入接触、同生接触与构造接触。

(1) 侵入接触, 仅见于小的矿脉, 矿体边界平直, 具冷疑边, 冷疑边宽 2—3 毫米, 向内部迅速变为中粗粒结构。

(2) 同生接触, 矿和纯橄岩呈过渡关系, 绝大部分呈迅速过渡关系, 在致密块状和稠密浸染状矿体与围岩接触处, 存在着浸染状铬尖晶石, 过渡带宽一般一厘米到几厘米, 个别有几十厘米, 由于组成矿体的铬尖晶石和绿泥石与围岩纯橄岩色调有显著差异, 其接触界线是很清晰的, 根据 5—22 矿群的勘探资料, 这种关系仅局限于纯橄岩。

(3) 构造接触, 矿体和围岩绝大多数为此种关系。由于矿和围岩硬软相差悬殊, 在漫

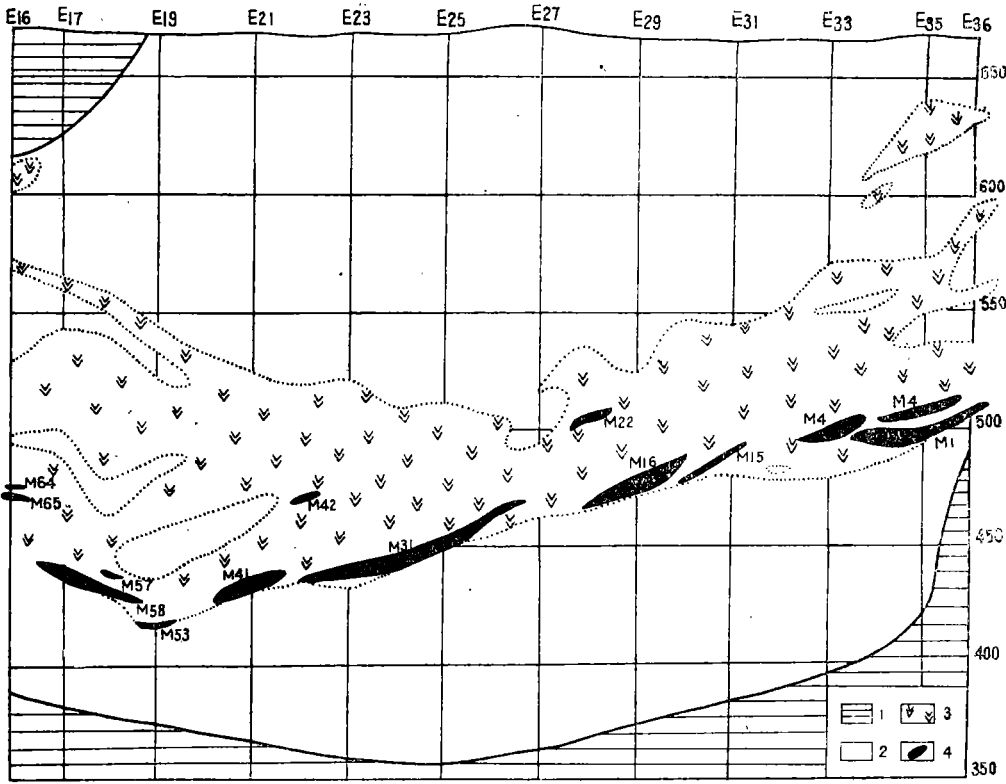


图 2 22 矿群纵剖面图

1—老地层; 2 斜辉辉橄岩; 3—纯橄岩; 4—铬铁矿体

长的地史中, 在构造应力的作用下, 二者的反应不同, 沿接触面有不同程度的错动, 产生了假冷疑边, 或在矿体边部保留有擦痕, 靠近矿体的围岩滑劈理发育, 滑劈理平行于矿体界面, 部分矿体边界成锯齿状。

(四) 矿石类型和结构、构造

地质科学院岩矿室陈正等同志, 对本矿区矿石类型结构、构造进行了细致深入地研究, 并有专著详细论述, 从地质的角度出发, 本区的矿石类型齐全, 结构、构造多样, 若从工业用途着眼, 具有工业意义的矿体, 主要由致密块状、稠密浸染状组成, 以及由二者混合组成的斑杂状及反斑杂状。在致密块状矿石中铬尖晶石主要呈半自形, 少量呈自形。粒度主要是中

一粗粒（3—6毫米），有的为伟晶（8—10毫米），稠密浸染状矿石主要为中细粒（粒度0.5—2毫米），半自形晶为主，其次为它形晶，铬尖晶石的粒度随着矿石类型的降级而变细，即致密块状矿石中粒度最粗，稠密浸染状中次之，到了星散及稀疏浸染状矿石中，铬尖晶石则变成细至极细粒状。

这种变化，充分说明了硅酸盐类对铬尖晶石的结晶起着不良的障碍作用。

（五）矿石的矿物成分

金属矿物主要是铬尖晶石，含量70—90%，沿其边部和裂隙多受蚀变，形成蚀变铬尖晶石，此外还伴有微量的硫化物、针镍矿、磁黄铁矿、砷镍矿、辉铜矿等。硫化金属矿物呈微晶它形一半自形，粒度0.08—0.2毫米分布于铬尖晶石晶粒间及脉石中。

脉石主要为绿泥石，其次是菱镁矿、水镁石，个别矿体中脉石矿物为淡绿色中一粗粒透辉石。绿泥石以淡斜绿泥石为主，隐晶质，镜下为细鳞片状，其次为叶绿泥石。

（六）铬尖晶石类型

从铬尖晶石分类图解中，一目了然地看出，本区的造矿铬尖晶石和附生铬尖晶石集中于三价图解Ⅳ区段中，其次分布于相邻的Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ区段内，在二价图解中密集于镁质、铁质部分，二者在图解中位置的密切相处，反映了他们的化学成分差别不大，同时又进一步揭示了二者成因上的内在联系，即造矿铬尖晶石承袭了岩体化学成分，围岩即为成矿母岩。

1、附生铬尖晶石类型 根据19个附生铬尖晶石单矿物化学分析，共发现七个类型（表3，按巴氏分类），而以镁质铝铬铁矿最多，其次是镁质富铁铝铬铁矿，其它类型个别，就各类岩石而论，唯纯橄岩中铬尖晶石类型最多，镁质铝铬铁矿不只是本区的主要附生铬尖晶石，而且遍布于各岩相中。这一现象道破了各类岩石形成时期物化环境的统一性和同期性。

表3 附生铬尖晶石类型及数量

铬尖晶石类型	样品种类	数量	铬尖晶石类型	样品种类	数量
镁质铝铬铁矿	$\varphi_2\omega$ 、 φp 、 $\varphi\omega_2$ 、 $v\varphi$ 、 φd	10	镁质富铁铝铬铁矿	φd	3
镁质硬铬尖晶石	$\varphi_2\omega$	1	镁质富铁硬铬尖晶石	φd	2
铁质铬铁矿	φd	1	镁铁质铬铁矿	$\varphi\omega_2$	1
镁质铁铬铁矿	φd	1			

2、造矿铬尖晶石类型 根据27个造矿铬尖晶石单矿物化学分析，共发现造矿铬尖晶石11个类型（表4），主要是镁质铝铬铁矿。其次是镁质硬铬尖晶石，镁富铁硬铬尖晶石和镁硬铬尖晶石等，铁铬铁矿和铁质铬铁矿是罕见的。

表 4 造矿铬尖晶石类型及数量

铬尖晶石类型	样 品 种 类	数量	铬尖晶石类型	样品种类	数量
镁质 铝 铬 铁 矿	Cr_1 、 Cr_2 、 Cr_3	14	镁质铁铝铬铁矿	Cr_1	1
镁硬 铬 尖 晶 石	Cr_1	1	镁富铁硬铬尖晶石	Cr_1	2
镁 铝 铬 铁 矿	Cr_1	2	镁质硬铬尖晶石	Cr_3 、 Cr_1	2
镁质富铁铝铬铁矿	Cr_3	1	铁 质 铬 铁 矿	Cr_5	1
铁质富铁铬铁矿	Cr_6 、 Cr_2	2	铁 铬 铁 矿	Cr_6	1

3、附生和造矿铬尖晶石对比 附生和造矿铬尖晶石,总的说来,主要是铝铬铁矿和硬铬尖晶石,处于同一区段内,若细察之,其成分仍有一些变化。三价元素,附生铬尖晶石 Cr_2O_3 平均值虽低,但成分变化大,在图解中位置不集中,而造矿铬尖晶石 Cr_2O_3 平均值高,在图解中位置集中。

4、不同矿石类型中造矿铬尖晶石化学成分对比变化不大。个别铬尖晶石类型和化学成分差别悬殊,属于铁铬铁矿和富铁铬铁矿。其中 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 高, Al_2O_3 、 MgO 低。正如巴氏指出的:“贫矿石和浸染状矿石中的铬尖晶石类矿物与其它矿石相比,含有最高量的铬和最低量的铝。而且随着三价元素中 Cr_2O_3 增高,而 Al_2O_3 降低,而二价元素中 MgO 也随着增高, FeO 降低。”

(七)矿床成因

由于矿体形态复杂,矿体直接围岩多变,及其接触关系的多种类型,对矿床成因产生了数种看法:其一,“贯入式晚期岩浆矿床”,认为矿体是热液末期的矿浆活动,矿体的分布严格受成岩后断裂构造的控制;其二,“残浆式晚期岩浆矿床”,认为矿体的分布受原生节理带的控制;其三,“就地分异流动分异晚期岩浆矿床”,矿体的分布受流体力学的控制,上述几种看法对矿床成因认识的深化都起到了积极的促进作用。现就近年来,22矿群取得的新资料,对矿床成因的几种假想简述如下:

1、岩浆有无深部分异?矿浆是否在深部已开始形成,这一问题是值得推敲的。

(1)纯橄岩、含矿纯橄岩、矿体随着深度增加而数量增多,规模变大。

(2)纯橄岩岩石化学成分愈深基性度愈大。

(3)22矿群含矿纯橄岩走向长600米,倾向长150米,厚20米,是矿区目前发现的最大纯橄岩,也是矿区最大矿群。然而22矿群所处岩体位置,并非岩体最宽大的部位,若用结晶分异形成含矿残浆或用就地分异形成含矿熔浆都是费解的。

(4)22矿群含矿纯橄岩的产状和岩体形态,与围岩界面完全吻合,这一地质特征,充分反映了含矿纯橄岩的分布产状受成岩空间的控制。

(5)22矿群矿体和纯橄岩,含矿纯橄岩和一号辉橄岩,一号辉橄岩和二号辉橄岩均呈岩相型过渡关系。

综合上述五点现象。诱导人们不约而同地推想岩浆未进入岩浆房之前,已经开始了熔离。

分异，形成含矿纯橄岩浆，并随形成岩体主体的辉橄岩浆一起侵入岩浆房。岩浆的深部分异为成矿提供了物质基础。

2、挥发分和重力作用对矿体分布的影响 22矿群的上部矿体和下部矿体有明显的差异。上部矿体规模小，矿石类型高，为致密块状。铬尖晶石为粗粒至伟晶状。围岩为辉橄岩或纯橄岩；下部矿体处于含矿纯橄岩底部，规模大，矿石类型低，由准致密块状和稠密浸染状组成，粒度细至中粒，围岩为纯橄岩。即使下部矿体其矿石类型也有变化，呈现了上贫下富，上述特点反映了挥发分和重力作用对矿体分布的影响，由于挥发分的参加，使部分矿浆活动性增强，向纯橄岩熔浆上部移动，形成矿群上部矿体。正如很多知名的地质学者所指出的那样，超基性岩浆是一种“乾”岩浆，挥发分的含量是有限的，作用也必然有限，绝大部分含挥发分少的矿浆终不能改变矿浆和纯橄岩浆的比重关系，矿浆受重力作用而沉淀于纯橄岩底部，也因为挥发分少矿浆的分异作用差，矿石类型和粒度都相应的受到了不良影响。

综上所述，本区的主要矿群、矿浆的形成可能产生于早期深部，以熔离形式进行，结晶于晚期。应属于分异式晚期岩浆矿床。需要顺便说明的是，既然矿浆分异发生于深部，本岩体的侵入，又处于地槽回返时期，构造活动频繁，就不能完全排除二次贯入成矿的可能性。此外，本岩体又以辉橄岩为主体，岩浆进入岩浆房后的结晶成岩过程中，必然还会进一步发生熔离分异和结晶分异，形成规模小、分布零散的残浆型矿床，这种成因的矿床，在各岩体中是经常碰到的，但一般很难具备工业规模。

五、找矿工作中的几点体会

萨尔托海超基性岩体，已经进行了近廿年的岩体评价及找矿工作。地表进行过从1:20万到1:2000等五种不同比例尺的地质测量工作，个别地段还进行了1:500平面地质测量。为配合上述工作，进行了大量的槽探、浅井及部分浅钻工程。同时为了找矿及了解岩体深部资料，已用了廿多万米岩心钻探进尺，此外，还进行了各种不同比例尺的磁法、重力扭秤样等物理探矿工作。但是到目前止，为国家探明的铬矿储量却是很少的。即使探明的这点储量，其一半以上也是文化大革命之后，即1971年到1977年之间探明的，现将近几年来在本区岩体评价及找矿工作中的几点体会介绍如下：

（一）就矿找矿和理论找矿相结合

就矿找矿是本区以往的主要找矿方法。这种方法，实际上在理论找矿尚未取得成熟的经验之前也是一种最实际、最有成效的找矿方法。因而它在一定历史阶段是一种必不可少的方法。这不仅在于它最易掌握，最快能够见到良好的效果。而且也因为它是为理论找矿提供资料，完善论据的必经途径。但是当已发现矿带追索到一定程度，如果找矿方法，仍然停留在就矿找矿阶段，那就不能适应工作的需要，就会使找矿工作进展缓慢，乃至停滞不前，在这种时候就需要有个“飞跃”，这就是“理论找矿”。

1、解剖麻雀，寻找规律

在就矿找矿过程中，要对个别有代表意义的大矿床，进行必要的解剖，寻找其成矿规

律,进而试验推广。如通过对22矿群的解剖,搞清了矿体赋存于纯橄岩体中的一定部位,而纯橄岩体的存在,又严格地受着基底构造制约的规律。

2、加强科研,总结经验

前已提及,本矿区是铬矿战线上大家熟知的岩体,历年来许多专家学者来此进行考察研究,对于矿床形成及其分布规律提出了深刻的理论和珍贵的第一性资料。对生产实践帮助极大。近年来,我们对前人的大量资料进行了认真地分析研究,首先从控岩构造分析岩相带特征等宏观方面探索矿床的分布规律;从了解岩体基底变化形式,查明构造、岩相与其关系。另一方面,从岩石化学成分、结构特征等微观方面探索矿床成矿特点。从上述工作结果,使我们更进一步树立起岩相和构造相结合,是本区开展找矿工作的唯一道路的信念。

近几年我们通过大量的地表、地下工作证实,本区所有已发现的矿体群,都是程度不同地受着岩相和构造的控制,但是在实际找矿过程中,这一对矛盾在各个阶段是互相转化的。也就是说在岩体中,进行选择有成矿希望的地段时,首先要搞清基底形态、构造特征,要选择到基底呈凹兜、台阶等基底低凹部位,这阶段的主要矛盾是构造,上述条件具备了,接着需要找厚大纯橄岩体,这时的主要矛盾又转到了岩相上。而矿体又往往存在于纯橄岩体中的一定部位(如22矿群的矿体多处纯橄岩体的底部和其上部枝叉处的顶端)。这又是受构造控制的结果了,这时研究构造又成了主要矛盾。并且在整个工作过程中,对岩相和构造的研究,只能有暂时的侧重,而不能形成整过程的偏奇。如在第一阶段选择成矿有利的构造部位时,也要研究岩相,因为一定的岩相分布,反映了一定的构造特征。这就是我们最近修测1:2000地质图的主要指导思想。通过修测等工作,证实了目前所划的浅色偏基性相带,都是处在一个基底低凹部位,也是目前已发现矿群所在的主要含矿地段,在物理场上属高磁低重带,而暗色偏酸性相带却处在基底的凸起部位,实际上也就是浅色带的边缘相带。是本区的不含矿地段。

上述两种找矿方法,有它的一定历史阶段。目前一方面由于理论找矿还不够成熟,再一方面由于钻探工程在深孔和硬岩层中钻进,还存在不少问题,一时难以过关。所以现阶段确定就矿找矿和理论找矿相结合的方针,是适合本区实际工作需要的,是必须坚持的方向。

(二)找矿勘探和岩体评价相结合

本区以往在找矿工作上,主要是两种战术,即“游击战”和“消耗战”。也就是在各个已知矿点上进行“出击”。对没有希望和希望不大的矿点,采取打完了掉头就跑的战术,从来很少再进行比较系统的地质工作,不搞小结,也很少作图。甚至有许多钻孔连座标都不测。致使以后工作造成重复浪费(如19、20矿群等)。另一方面如果发现了较好矿体,又采用了一圈再圈的“消耗战”。个别孔距达到了8米、5米之小(如21矿群等),这样不但占用了大量钻探进尺,而且也施延了储量报告的早日提交,更主要的是,拖住了力量,无法开展新区工作,在一定程度上贻误了早日完成岩体评价,及早使我国铬矿过关的大事。因此上述两种战术都是少、慢、差、费的方法。

从1974年开始,我们试着用理论找矿方法,选择了74——1区,在工作中坚持了找矿勘探和岩体评价相结合的方针。用两年时间探明了一个具工业价值的矿床。评价了约半平方公里范围内的岩体地质构造。提交了一份储量报告和一份区段地质总结报告,比较完善地结束

了该区段的岩体评价及找矿工作。同样我们对76—1区也是用这种方法。但未见工业矿体，最后除提交出该区段评价总结外，鉴于目前勘探手段限制，根据现有工作程度，提出ZK3649孔一带，由于在550米深还见到有比较好的纯橄岩体，认为是有希望的成矿段，因而建议以后在条件允许的情况下，再进行适当的深部找矿工作。

（三）科研和群众运动相结合

科研和群众运动相结合，是我党在社会主义时期工业建设的两条腿走路的方针在科研工作中的具体体现。以往在这方面我们做的比较少。今年我们在分队党支部的大力支持下，进行了一次全队职工讨论，“萨尔托海向何处去”的群众运动。具体做法是：首先向全体职工简介岩体、成矿特征，汇报以往工作情况，提出我们初步设想之后，按单位讨论（地质人员分到各班组去）。再由各班组代表在一起汇报，最后经过专业人员的整理、深化，经领导批准成为我们今后工作的方针。这样做不但给我们今后工作指出了方向，而且也完善了一些具体工作部署。统一了全队职工在找矿工作中的思想，如通过这次讨论，确定了今后我们在找矿上也要甩开膀子大干，也要迈大步，不能像过去那样普查选点不大胆，为了避免担风险，都愿意在已知矿点上，在好打的地层中施工。地质人员明确了要找大矿，就要加强科研工作，大胆提出新地段，丢掉怕负责任的患得患失的思想包袱。探矿、后勤明确了要找大矿，就要打深孔，就要打硬岩层顶盖，就要想方设法解决这些难题。从而全队职工劲就能往一处使，就能战胜一切困难，我们就能迈着整齐的步伐朝着既定目标奋勇前进！

此外，我们使用前人资料时，发现有些地方，由于一个时期的无政府状态，造成许多资料质量不高，影响了工作，也造成些浪费，深感到重新建立严格的规章制度的必要性，于是先后建立起比较严格的质量验收制度、技术责任制度、野外地质编录细则等规章制度。这些制度的建立，大大地促进了工作，保证了质量。

上面谈到的是我们近几年在本区工作中的一点体会。这点体会也都是许多教训换来的。是否合乎客观实际，还有待今后大量的实际工作去检查验证。

结 语

萨尔托海岩体是一个以斜辉辉橄岩为主体的复杂的岩墙状镁质超基性岩岩体，岩石具垂直分异特点。在六公里长的范围内，矿化非常普遍，到目前为止，虽然只发现一些不具重要工业意义的“土豆状”小型矿床，但是，这些矿群的发现已充分地肯定本岩体是一个含铬良好的岩体，对此岩体的工作必须做好、做细、做深、做透，以期发现规模更大、质量更好的矿床，为实现“四个现代化”提供更多，更富的矿产资源。