

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

铬矿床成矿作用的探讨

王清廉

(陕西省地质局第十三地质队)

笔者在学习前人资料的基础上,结合自己从事铬矿工作的实践,对铬矿的成矿作用和特征,略有体会,现不揣浅陋,笔之于后,不妥之处,望批评指正。

一、超基性岩与铬矿床的成因联系

目前世界上所发现的铬矿床,均与超基性岩有关。据地球化学方面的研究, Cr^{3+} 与 Mg^{2+} 离子半径相近(Cr^{3+} 为0.63, Mg^{2+} 为0.65),二者离子电位均较大,并且都随 SiO_2 的增多而减少。同时又因 Mg^{2+} 的离子电位大于 Fe^{2+} (Mg^{2+} 为3.0; Fe^{2+} 为2.7),所以,超基性岩中 Si^{4+} 与 O^{2-} 聚合体的外围, Mg^{2+} 比 Fe^{2+} 较优先吸引,故超基性岩中含 MgO 较高(一般重量百分数为35—45%),由于铬有亲镁性,故超基性岩中含铬亦高。

据新疆、宁夏等地超基性岩体的研究资料,含镁较高的超基性岩中,铬原子数平均占岩石总原子数的0.37%;而含铁相对较高的超基性岩中,铬原子数仅占岩石总原子数的0.07%(表2、3)。

表 1

岩石名称	克拉克值 (g/T)	备 注
橄 榄 岩	3400	据塔塔林诺夫矿床成因论
辉 长 岩	340	
闪 长 岩	68	
花 岗 岩	2	
霞石正长岩	0.7	
细粒角闪岩	35—79	据宋叔和资料

表 2

肯皮尔赛岩体		萨尔托海岩体	
岩石名称	Cr_2O_3 分子数	岩石名称	Cr_2O_3 重量百分比(平均)
纯 橄 岩	0.15	纯 橄 岩	1.1
斜辉辉橄岩	0.10	斜辉辉橄岩	0.44
二辉橄橄岩	0.05	橄 长 岩	0.27

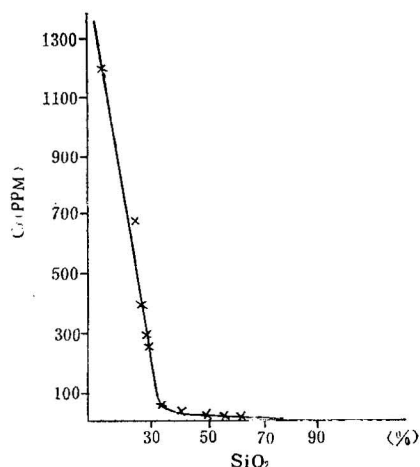


图 1 超基性岩中氧化硅与铬含量关系曲线图
(据 Frolich)

再从地壳各类岩浆岩中铬克拉克值分布状况来看,金属铬的平均含量为200克/吨,但在不同的岩浆岩中,其含量极不相同(表1)。

在超基性岩类的不同亚类中,因 MgO 的含量和基

性程度不同, 其含铬量也不一样 (表 2)。

富热希又对岩石中 SiO_2 与 Cr 的含量, 进行了对比, 如图 1。

从上可以清楚地看出, 铬在超基性岩中含量较高, 并随酸度的增高而降低。因此超基性岩 (特别是纯橄岩和斜辉辉橄岩) 和铬矿床是有成因联系的。

二、超基性岩岩浆的来源与类型

超基性岩的来源, 历来就有争论。大多数学者, 如赫斯、毕麦伦等仍认为超基性岩是深部的岩浆, 经过地壳运动, 沿深大断裂等上升侵入就地凝固的产物。岩浆来源: 一类来自地壳下部的玄武岩层 (图 2), 来源较浅, 原始岩浆的成分为 $[\text{Ca}-\text{Mg}(\text{Fe})]$ 系列的基性岩浆 (或玄武岩), 经过深部分异, 其岩石的化学成分以含 Fe、Ca、Al、Ti、 SiO_2 较高, 而含 Mg 较低; 一般 $\text{M}/\text{F} < 7.5$, 较偏酸性, 岩石的平均化学成分, 大致相当于单辉辉橄岩的成分。如我国宁夏小松山岩体, 主要化学数字特征如表 3。

此类超基性岩, 一般在地壳较稳定的条件下, 多侵入前寒武纪地层中, 产状平缓, 面状分布, 呈规模较大的岩床、岩盆等形态产出; 成矿方式, 以重力分异作用为主; 铬矿体一般赋存于岩体中下部较偏基性的杂岩相中, 严格受岩相的控制, 且多呈层状、似层状, 产状与岩体产状吻合。其成分含铁较高, 多为富铁铬铁矿, $\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{FeO})$ 一般在 2 以下。其例除小松山外, 尚有布什维尔德及斯提耳沃特等杂岩体中的铬矿床。

另一类超基性岩则来自地幔的橄辉岩层¹⁾, 来源较深, 经构造运动, 沿深大断裂带或减压带上升侵

主要数字特征	平均值	备 注
B/S	1.48	$\frac{\text{Mg} + \text{Ni} + \text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ca} + \text{Na} + \text{K}}{\text{Si}}$ (原子比)
M/F	3.45	$\frac{\text{Mg} + \text{Ni}}{\text{Fe} + \text{Mn}}$ (原子比)
Al/Si	0.096	$\frac{\text{Al}}{\text{Si}}$ (原子比)
Ca (%)	12.9	Ca 原子数在 Ca + Mg + Fe 原子数之和中的百分含量
Cr (%)	0.07	Cr 原子数在岩石总原子数中的百分含量
Ti (%)	0.7	Ti 原子数在岩石总原子数中的百分含量

据原西北地质研究所

入, 形成蛇绿岩, 超基性岩浆的化学成分, 大致与斜辉辉橄岩相当, 以富 Mg, 贫 Ca、Ti、Fe 为特征, 较之前一类基性程度高, 一般 $\text{M}/\text{F} > 7.5$; 以我国新疆的萨尔托海、克拉美里、唐巴勒, 青海的玉石沟、绿梁山, 陕西的楼房沟、鞍子山等岩体为例, 其数字特征如表 4。

主要数字特征	平均值	主要数字特征	平均值
B/S	1.71	Ca (%)	0.03
M/F	9.5	Cr (%)	0.37
Al/Si	0.03	Ti (%)	0.01

注: 1. 据原西北地质研究所; 2. 计算方法同表 2。

此类岩体, 多分布于优地槽或不同古板块之间的深大断裂带等地壳活动地带, 且往往与细碧岩共生, 岩体组成岩带。岩带长达几十至数千公里不等, 岩带中的岩体, 多呈陡倾的单斜或岩墙等产出; 其成矿方式, 以各种不同的液态动力分异为主, 矿体多赋存于岩体的中轴膨大部位及边缘地带, 呈透镜、脉状、不规则状等, 成群成带分布, 分段集中, 矿体受岩相和构造双重因素的控制; 造矿铬尖晶石含铬较高, 以镁质硬铬尖晶石及镁质铝铬铁矿为主, $\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{FeO})$ 一般为 2—4, 质量较前者为优。我国绝大多数超基性岩体中的铬矿床, 属于此型。

1) 地壳、地幔的分层及玄武岩层与橄辉岩层的深度, 本文采用 V. 毕麦伦的观点, 但不同意他对奥非奥岩来自玄武岩层的观点。

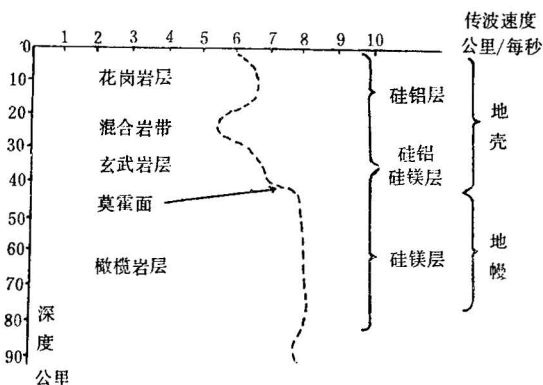


图 2 V. 毕麦伦之地壳地幔分层地球物理推断图

地壳较稳定的构造单元, 深大断裂等构造的数量、幅度、深度、规模均不大, 同时又因地温梯度的增大(地台区每深 30—80 米增加 1°C ; 地盾区每深 100 米增加 1°C) 地球等温面较低, 故只能使玄武岩层局部熔化, 因此, 地壳稳定的构造单元, 只能有较浅的原始玄武岩浆所分异的超基性岩产生。

相反, 在地槽区, 或不同古板块接触的地带, 是地壳比较活动的单元, 也是应力容易集中和易于释放的地带, 因此该区构造运动不仅频繁发生, 地质构造的幅度、深度都较大; 而地温梯度则较小(一般每深几米就增加 1°C) 地球等温面较高, 这样就可使深部熔点较高的橄榄岩层发生熔化, 并沿深大断裂上升侵入。

三、铬矿床的成矿作用

(一) 岩浆分异作用的存在

国内外许多超基性岩体中, 有岩相分层、分带现象, 如布什维尔德等岩盆中的垂直分带; 我国新疆唐巴勒等岩体中的水平对称分带现象; 又如我国新疆、内蒙古、甘肃等地超基性岩体的斜辉辉橄岩相中有纯橄岩的分离体存在。许多有工业价值的铬矿体与较多的纯橄岩分离体相联系; 相反在一些较单纯的纯橄岩体中, 则工业铬矿体却很少。这不仅说明超基性岩分异作用的存在, 而且也说明铬矿床的形成与超基性岩的分异作用有关。

开斯等人的实验, 也可证明岩浆有分异作用发生, 开斯将数量不同的 MgO 、 Cr_2O_3 和 SiO_2 三种氧化物混在一起加热, 使之熔化, 然后使之慢慢冷却, 结果产生了镁铬尖晶石、镁橄榄石, 斜顽火辉石及方镁石等矿物, 其矿物组合大致与镁质超基性岩相近。

王述平根据铬矿浆存在的事实, 并引伸珍珠岩中玻球与玻基之间的关系、铁矿浆存在的事实和根据水与酚醛树脂二种液体在 250°C 以下为有限互溶可分为两层等现象。强调岩浆的“有限混熔”或分熔作用的存在, 这些都为岩浆的分异作用, 提供了比较科学的根据。

(二) 岩浆分异作用的主要方式

1. 岩浆的熔离作用(液态分异作用)

笔者在新疆等地从事超基性岩体工作时, 曾见到许多扁豆状、椭球状铬矿体, 呈致密块状构造, 成分均一, 矿体表面浑圆(图 3), 同时也见到一些铬矿

石中有豆状、瘤状等向块状过渡的现象(图 4)。

豆状、瘤状矿石, 显示了铬矿浆从岩浆中熔离时表面张力的特点; 浑圆状、椭球状矿体, 除熔离作用外, 其它作用也难解释。熔离作用既然存在, 并可使铬组分分离并富集, 因此无疑是铬矿床成矿的一种主要方式。王恒升先生对此有不少的论证, 故不赘述。

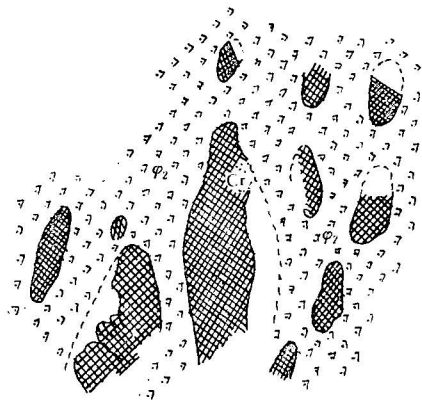


图 3 新疆萨尔托海矿群素描图

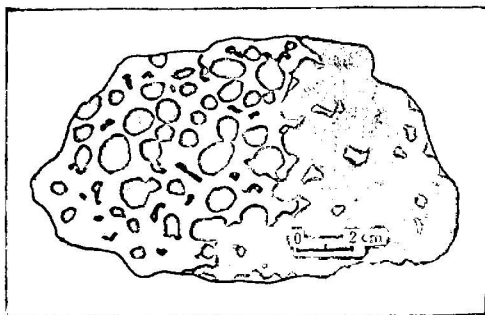


图 4 内蒙古索伦山由豆状矿石过渡而成为块状矿石

2. 岩浆的结晶分异作用

萨尔托海超基性岩体南部边缘纯橄岩相中, 铬铁矿呈星散稀疏浸染状分布, 铬铁矿自形程度很高, 粒度较细, 多在 0.5 毫米以下, 最大也不超过 1—2 毫米, 其含量在纯橄岩中也不过 2—3%, 宁夏小松山超基性岩体中的一些铬矿化, 也都可能属于结晶分异作用的产物。

铬铁矿在岩浆中要先结晶, 除考虑其熔点因素外, 主要还得考虑其和硅酸盐矿物的共结比例, 经实验, 铬铁矿的共结比(共结点)是 Cr_2O_3 达到 2% 以上时, 才可先从岩浆中结晶出来, 但在岩浆初始阶段, Cr_2O_3 的浓度一般达不到 2%; 因此不能先从岩浆中结晶并聚集成矿床; 所形成的铬矿化, 不过是局部的特殊偶尔的情况。所以结晶分异作用不是铬矿床的主

要成矿作用。

3. 岩浆的重力分异作用

产状比较平缓的超基性岩体中，不同的岩相，呈层状分布，较偏基性的在岩体下部，依次向上，基性减弱，铬铁矿层，一般赋存于较偏基性的岩相中。这一规律的出现，表明了岩浆重力分异作用的存在。

根据，晶体原子结构和现代原子物理学的概念，岩浆在高温条件下，其中的原子以离子状态存在，呈离子状态的岩浆，侵位以后，由于比重的差异，重者向下，轻者在上。

岩浆中主要为 Si^{4+} 、 O^{2-} 离子所组合的络阴离子四面体，并吸引着 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子，从各种离子所占的体积来看， O^{2-} 含量最多，体积最大，约占岩浆中各种离子总体积的 90% 以上，氧体积虽大，但原子量小，因此岩浆比重的大小就取决于 O^{2-} 的多少了。矿物愈偏基性，阳离子与氧离子的比数越小，

愈偏酸性，比数则越大（表 5）。所以偏基性的岩相在下，偏酸性的岩相在上。

表 5

矿物名称	氧离子数	阳离子数
镁橄榄石	4	
顽火辉石	3	2
石英	2	1

重力分异作用所形成的铬矿床，其矿体严格受岩相的控制，规模较大，一般呈较平缓的薄层状，矿体产状与岩体产状吻合。如布什维尔德和斯提耳沃特等杂岩体中的铬矿床等。

4. 岩浆的流动分异作用

笔者 1961 年，根据萨尔托海许多铬矿体呈流线型，并多赋存于岩体的边缘拐弯和膨大部位等曾提出过岩浆流动分异成矿的看法，后来在陕西、甘肃等地也发现有与新疆类似的情况，经进一步研究，则确认岩浆有流动分异作用的存在，并认识到这是成矿的重要作用。近年来许多铬矿工作者，也相继承认流动分异这一成矿作用的存在，并有不少的论证。

所谓岩浆的流动分异作用，是指超基性岩浆，由于本身的内压力等因素，在侵入过程中发生流动，在流动过程中使岩浆各种不相混熔的组分，各自进行汇集，形成独立的形体和相带；岩浆中原铬组分熔体，因其浓度较小，所以在随岩浆流动的过程中，流速较快，且由于流速的差异和由于流速差所产生的切应力，使铬矿浆由星点流动汇集成熔团，进而逐渐汇集

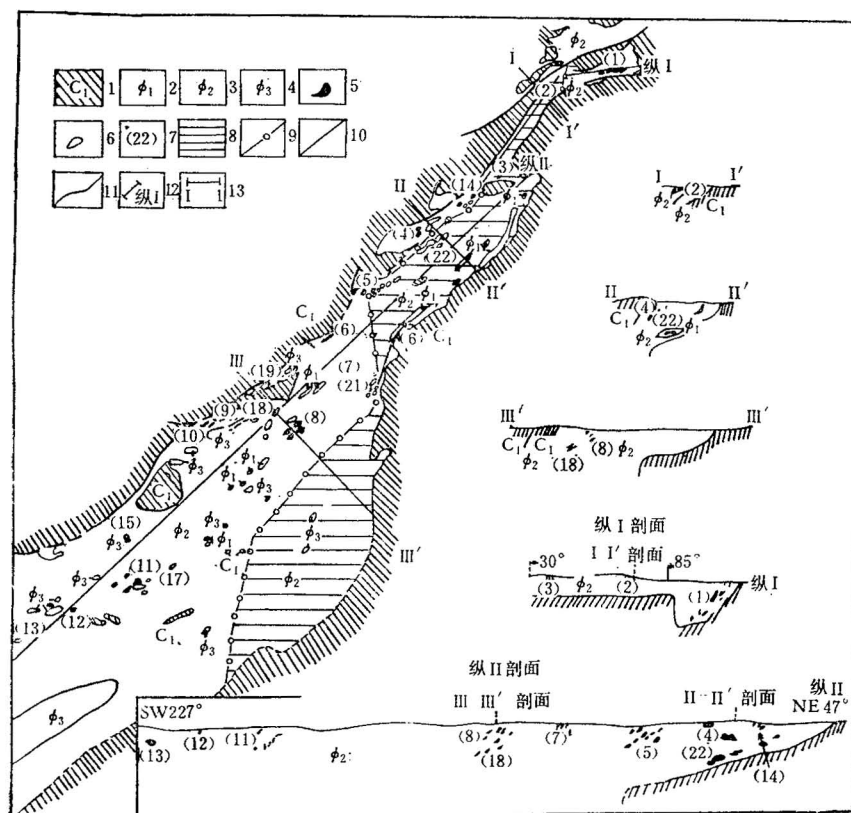


图 5 萨尔托海矿区地质略图

(据新疆三大队资料)

1—早石炭世中基性火山岩碎屑岩；2—纯橄岩；3—斜辉辉橄岩；4—橄榄岩；5—铬铁矿（纵剖面图上为纵投影）；6—盲矿体水平投影；7—矿体群编号；8—岩体侧枝台阶水平投影；9—岩体主干与侧枝转折线的水平投影；10—断层；11—地质界线；12—纵投影面位置；13—横剖面位置

成矿体或矿体群,其方向一般与岩浆的流向基本一致;多在岩浆流速减小的部位停留和聚集成矿床。如萨尔托海岩体中的一矿群集中于岩体向南东拐弯的部位,矿群并有侧伏现象;另外该区的18矿群、11矿群等均在岩体的中轴膨大部位;该区的14矿群、22矿群等均在岩体空间由陡变缓的部位;该区3矿群恰在岩体平面上由窄变宽的部位等等(图5)。组成以上矿群的矿体形状均呈流线型透镜状或椭球状,矿体外缘浑圆,各矿群中的矿体大致平行排列,并与斜辉辉橄岩岩相中的纯橄岩分离体的方向一致,有时也与斜辉辉橄岩中绢石排列所反映的流线构造一致。

甘肃大道尔吉超基性岩体南部,由块状与不同稠度的浸染状矿石所显示的条带现象,也可能就是由于岩浆与其中的矿浆,在应力作用下发生层流和流动分异的结果。

另外陕西的松树沟超基性岩体中的铬铁矿呈毛、条、体、带现象,也反映了流动分异作用的迹象。

除线流和层流运动之流动分异作用所形成的铬矿床外,尚见由局部涡流使矿浆富集成矿的现象,如青海玉石沟超基性岩与岩体中的流线构造相向汇集区,常有较大的铬矿体或矿群;又如陕西鞍子山超基性岩体东南拐弯部位的8号铬矿体呈陡倾的矿柱产出,这些都可能系岩浆发生旋涡时矿浆分异汇集的产物。

5. 残浆挥发分的成矿作用

在超基性岩浆的晚期阶段,大部分岩浆已经基本凝固,但尚有残浆存在,残浆中含有大量的挥发组分,由于挥发组分的积极活动,使残浆中的铬矿组分从中分离出来,并进而富集成矿。挥发组分有搅拌残浆的作用,并可降低岩浆的浓度和矿物的结晶点,延长其结晶时间,因此可使分散在残浆中的铬组分较能彻底的从中分离出来,最后富集成矿床。

这类矿床,一般也在陡倾的超基性岩体中部地带的伟晶岩相中,铬铁矿成粗大的聚晶并伴有铬石榴子石、铬透辉石、铬云母、铬绿泥石等矿物。矿体常呈脉状、不规则状等,矿体与围岩接触处有蚀变退色现象,并可见铬铁矿充填于已固结的硅酸盐矿物之间,

形成“填隙构造”,矿床中铬铁矿的成分一般含铁较高。如我国新疆等地的超基性岩体的纯橄岩岩相中有之。据上述特点,该类矿床具有伟晶矿床的性质。

四、铬矿床的成矿规律

总结上述,其成矿规律是:

1. 在地壳较稳定的构造单元中,成矿的超基性岩体,一般多侵入于前寒武纪的地层中,岩体多呈层状、似层状岩盆、岩床等形态,产状平缓,规模较大,成矿方式以液态重力分异为主,矿层多位于岩体中下部偏基性、超基性岩相中,矿体产状与岩体产状相吻合,矿床规模较大。其岩浆来自地壳下部的玄武岩层中,因岩石类型较偏酸性, $M/F < 7.5$,所以形成的铬矿床,含铁量较高,质量较差。

2. 在地壳较活动的构造单元中,超基性岩体多侵入于古生代及其以后的地层中,岩浆来源较深,来自地幔层中的橄辉岩层中,岩石类型较偏基性, $M/F > 7.5$;岩体多呈较陡的单斜及岩墙等形态;成矿方式以各种动力分异作用为主,特别是岩浆的流动分异较为显著,矿体多呈透镜状、流线状、脉状、不规则状等,并多成群、成带分布,分段集中于岩体的中轴膨大部位、岩体的边缘拐弯部位、岩体空间由陡变缓及阶坎等部位、矿床往往有侧伏规律可寻,矿石质量较优。我国大多数工业铬矿床属于此型。

主要参考文献

- [1] 张弛、乌统旦、查友直、王广瑞, 1975, 新疆含铬超基性岩成矿因素初步探讨。地质学报, 第2期。
- [2] 白文吉、崔翼万, 1977, 铬铁矿床类型及其成因的探讨。地质学报, 第1期。
- [3] 王述平, 1977, 岩浆多次分熔和控制铬铁矿的岩相-构造、物理化学条件。地质学报, 第1期。
- [4] 魏文忠, 1978, 论甘肃一铬铁矿的成因和成因类型。地质学报, 52卷4期。