

国外地质矿产资料选译

铬铁矿问题专辑

2

华东地质科学研究所

1973

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

目 录

1. 铬铁矿成因问题的发展和现状..... (1)
2. 交代作用在铬铁矿和含铬岩石形成上的意义..... (15)
3. 超基性岩的地球化学及其含铬性的对比研究..... (31)
4. 肯皮尔赛岩体的铬铁矿矿化..... (42)
5. 铬尖晶石类的成分与特性..... (75)
——铬尖晶石类不同形成条件的标志
6. 超基性岩蛇纹石化时的交代蚀变..... (126)

铬铁矿成因问题的发展和现状

Н.В. 巴甫洛夫 И.И. 丘勃勒宁娜

铬铁矿成因观点的发展史

铬铁矿矿床的成因问题，在其形成观点的历史上，可以相对地划分为三个阶段。

铬铁矿研究的第一阶段（十九世纪后半期到二十世纪前四分之一） 铬铁矿的形成与超基性岩的蛇纹石化有关，这是论铬铁矿成因的第一个假说，也是十九世纪后半期几十年内长期存在的假说（Graddeok, 1879, Arzrumi, 1882; Cossa, Arzrumi, 1883; Карпинский, 1926 等）。同时认为：铬铁矿是硅酸盐的组成部分，当硅酸盐同铁一起蛇纹石化时，铬就游离出来，形成铬铁矿的分凝。蛇纹石化作用则被认为是表生作用。鲍姆格特（Baumgartel, 1904）通过显微镜研究查明，异剥铜橄榄岩中的铬透辉石，在蛇纹石化时发生分解，形成次生铬铁矿。福格特（Vogt, 1894）指出，铬铁矿常见于未蚀变的岩石中，于是提出铬铁矿的岩浆成因假说。他的观察已被很多学者所证实（Руба, 1900; Высоцкий, 1913; Дурого, 1920; Левинсон-Лессинг, 1928; 等）。根据福格特的假说，超基性岩产生于辉长岩成分岩浆的分异条件下，而铬铁矿的分凝则是由于铬尖晶石类颗粒的分结作用产生的，因岩浆结晶早期铬尖晶石类发生晶出，并向岩浆房下部沉淀。稍后，福格特（1927）对自己的概念作了适合现时情况的修改，并且提出，铬尖晶石类由于在橄榄岩开始凝缩阶段发生结晶，并向岩浆源深部和较热部分沉淀，从而发生了“选择性的熔蚀”，因此岩浆分异重新开始，形成铬铁矿的分凝。

一九二三年，斯皮尔在《论岩浆》（Sperr, 1923）这一名著中指出，铬铁矿和铂不是超基性岩结晶初期的产物，而是晶出于岩浆分异的晚期，这一点可以从它们在橄榄岩中呈脉状产出形态而得到证明。

一九二六年，А. П. 卡尔宾斯基提出了铬铁矿矿床形成的假说。根据铬铁矿首先在岩浆源深部分凝和固结的推断，А. П. 卡尔宾斯基认为，在随后的爆发过程中铬铁矿被带到上部层位是可能的，这同金伯利岩中带有深成辉岩和金刚石的情况相似。铬铁矿矿体所以呈脉状、柱状和其它形态，他认为是由于较深带的产物“机械侵入”的结果。А. П. 卡尔宾斯基把超基性岩的压碎结构、瘤状晶出形态等（他认为这是卵石）作为他的假说的理论基础。一九二六年，随后一九二八年，А. Н. 查瓦里茨基先后反对福格特的概念，却赞同斯皮尔的意见，从而推断，乌拉尔含铂铬铁矿矿床不是由硅酸盐熔融体直接结晶形成的，而很有可能是同某种化合物的化学分解作用有关。纯橄榄岩中的铬铁矿和铂，既可以形成于岩浆阶段，也可以一直到气成和热液发育阶段。А. Н. 查瓦里茨基

所研究的下塔吉耳岩体各矿床的矿化地质位置、矿物共生关系、矿石结构-构造特征，是这一假说的理论依据。

鲍文在《火成岩的进展》一书中 (Bowen, 1928)，部分地涉及到铬铁矿的成因问题。对于由玄武岩浆晶出的晶体 (镁橄榄石和钙长石) 的分离结晶作用，以及此种晶体在深部较高温条件下同液态熔融体的反应，鲍文赋予它们以很大的意义。钙长石和镁橄榄石同液态岩浆的相互作用，形成富铬的尖晶石类，正是由于它们的某一部分发生分离，在重力作用的影响下就形成分凝物。鲍文并不认为存在着有侵入能力的液态矿质的可能性。

从一九二九年到一九三一年这一时期，在《经济地质》上出现了一系列有关铬铁矿成因问题的文章 (Sampson, 1929, 1931; Ross, 1929, 1931; Fisher, 1929; Keep, 1930, 1, 2, 等)。我们准备探讨全部的争论，只详细地谈谈桑普松的带结论性的文章 (1931)。在该文中，他再次提出大部分铬铁矿床都是热液成因的意见，但是也不反对形成矿石分凝的其他方式。作者对铬铁矿床的成因作了如下分类：

1. 由于早期形成的铬铁矿晶体发生分凝而形成的真正岩浆矿床。
2. 晚期岩浆阶段形成的矿床 (含有古铜辉石、斜长石——布什维尔德)。
3. 热液矿床 (按照桑普松的意见，分布广泛)。

最后必须提提丹纳特的著作 (Donath, 1930)。他在研究谢尔彼矿床以后得出结论，铬尖晶石类可以在不同温度下晶出，无论是早于或晚于硅酸盐。丹纳特认为，不同的结晶温度是由于铬尖晶石类中有不同的类质同象杂质 (FeO , MgO , ZnO , Fe_2O_3)。但是铬铁矿的主体，根据该调查者的意见，是在岩浆结晶早期由于铬尖晶石类的重力沉降和堆积而形成的。

铬铁矿研究的第二阶段 (一九三〇——一九五〇) 这一阶段，苏联很多地质工作者都把注意力集中在这类矿床的成因问题上。例如 H.A. 沙特隆、П.М. 塔塔林诺夫、B.П. 克罗托夫、A.Г. 别捷赫琴等科学家，就系统地总结了超基性岩及其有关矿产的综合研究方法问题。这些研究奠定了在苏联境内系统的研究铬铁矿的基础。一九三七年 A.Г. 别捷赫琴的有重大价值的著作出版问世，它对铬铁矿床成因的知识进行了总结。A.Г. 别捷赫琴在分析了大量实际资料以后得出结论，铬铁矿床是在岩浆源演化的早期于岩浆源中形成的。铬的主要部分集中于纯橄榄岩和橄榄岩的铬尖晶石类副矿物中，铬尖晶石类同橄榄石同时结晶或比后者稍早。这一元素只有一小部分同岩浆中一定数量的挥发组分有关，形成某种挥发的化合物。这些化合物由于在岩浆期本身的较晚时刻发生分解而形成工业矿床。作为挥发物并把铬保持到深成岩形成的晚期的组分有氟、硼、硫、磷和氢，而首先是氢。

П. М. 塔塔林诺夫 (1936) 曾提出了非常近似的概念。稍后，Г. А. 索科洛夫 (1948) 在有关乌拉尔铬铁矿的综合著作中，不但坚持 A.Г. 别捷赫琴的成因原理，以及 A.H. 查瓦里茨基较早早期的观点，而且还有所发展。在 Г. А. 索科洛夫的研究中，属于新内容的是铬铁矿矿石结晶的近低共融序列的查明，以及对它们在后成岩浆型中的两个亚类型的划分——自岩浆型和异岩浆型。在 Г. А. 索科洛夫的著作中，确定了铬铁矿矿石同原生围岩地球化学和岩石化学联系的最主要的特征。这个问题，H. B. 巴甫洛夫 (1949) 有更详细的研究，他指出了铬尖晶石类的成分与围岩的成分的密切依赖关系。

铬铁矿研究的现阶段（自一九五〇年以来） 第三阶段的特点是，国外研究铬铁矿矿床的兴趣日益增长。出版了国外研究人员的一系列专辑和大型文章（Hessleitner, 1951, 1952; Wijkerslooth, 1954; Petrascheck, 1957; Banerjee, 1960; Kraus, 1954; Forster, Grafenauer, 1958; А.П. Виноградов, 1961; 等等）。

巴尔干半岛和小亚细亚某些地区超基性岩的地质和含铬性，载于希斯莱特纳（Hessleitner, 1951, 1952）的有价值的著作中。该书对作者二十多年的调查作了总结，并对其他超基性岩调查者的经验进行了综合。

作者对表现为橄榄岩浆派生的铬铁矿，得出了真正岩浆成因的结论。根据作者的意见，铬铁矿的结晶作用可以发生在广阔的时间范围内。可分为早期岩浆矿石和晚期岩浆矿石，而且呈矿条和矿瘤分布于带状分异岩体的不同层位。规模最大的分凝体形成于深成岩的底部。由于长期结晶分异，以及由于形成铬铁矿熔体，铬铁物质形成团块，而铬铁矿熔体是在构造张力条件下于运动中结晶的，它有可能被挤压到岩体的较高层位。

在维克尔斯洛特（Wijkerslooth, 1954）《以阿纳托利亚高原新的调查为依据论铬铁矿矿床的成因问题》的著作中，划分了两个矿床类型——细粒（1—2厘米）和粗粒（大于2厘米）铬铁矿。根据作者的意见，不同的粒度说明不同的成因条件，因为这些矿床没有同时出现。细粒的矿石由较粘性的岩浆结晶而成，粗粒的由粘度较小的岩浆结晶而成。含矿橄榄岩浆的侵入发生于与造山运动同期的条件下。侵入体是由于一系列非混合岩浆依次下层侵入而形成的。每一个类型的矿床的形成，既可以发生于构造运动的条件下，也可以发生于宁静条件下。细粒的矿石是在岩浆凝固与分层时形成的。分层现象受不同成分的下层侵入体和分熔体的结晶分异控制。这样的熔体具有不同的粘度，从而决定了铬铁矿晶体的不同分结程度。在不同粘度的熔体群之间的界面上，也发生了铬铁矿的堆积。铬铁矿矿层的数量受侵入体的原始层理和各别熔体的粘度差异所控制。在没有构造运动的条件下形成的矿层，以具有稳定的厚度为特征。

在非宁静构造环境下，就在不同水平位置上产生带状矿石的扁平状矿条，这是因为高粘度的岩层曾产生变形，同时有矿石堆积在上面的控制层位发生位移。在粗粒矿石形成的时候，所有非混合的液态层的粘度，都未大到足以阻止铬铁矿晶体沉淀的程度。在宁静的构造环境中，这些晶体向下沉淀，穿过不同成分的熔体，富集于侵入体的基部附近（作者认为布什维尔德铬铁矿的富集就是这样形成的）。

铬铁矿的分凝在尚未完全固结的“粥状”岩浆中形成单个团块，所以在非宁静的构造环境中可以沿着构造破碎带挤到已经固结的原始岩中。

佩特拉舍克的著作《铬铁矿矿床的成因类型及其找矿》（Petrascheck, 1957）具有很重要的价值。该著作反映了保加利亚和土耳其铬铁矿区域调查的成果，同时还使用了包括苏联在内的其他调查者的资料。作者在自己的著作中，一开始就提出一个很有价值的声明：“这种矿石的矿床骤然看来是简单的和同类型的，而实际上是极难理解的和多种多样的，其它矿床是没有这样的矿石的。”佩特拉舍克探讨了由岩浆熔体形成的铬铁矿矿石、矿床类型和普查方法。

作者强调指出，从上世纪末到现在，铬铁矿主要被看作是早期岩浆的重力作用的产物，尽管也有很多科学家都认为是晚期岩浆成因的，甚至部分是热液成因的。

作者列举了下述主要论据作为铬铁矿矿床的真正岩浆成因的证据：1. 超基性岩脉

被较晚的铬铁矿矿体切割，相反，矿体被纯橄榄岩和橄榄岩切割，2. 矿石的结构和化学成分取决于原始围岩的类型和位置；3. 铬铁矿矿床形成于岩浆分异的不同阶段。

在某些分异橄榄岩侵入体中有两个甚至三个原生铬铁矿层位。在主要纯橄榄岩区的岩体基部附近，分布着由于铬尖晶石类重颗粒下沉而形成的下部层位。希斯莱特纳以拉杜什（马其顿）矿床为例，指出这一含矿层有特殊的实际意义。第二含矿层位产于纯橄榄岩层和橄榄岩层的交界线上（拉杜什岩体的中富集带）。佩特拉舍克指出，这一层在肯皮耳赛岩体中是特别有远景的。原生铬尖晶石类的上部层位，赋存于橄榄岩和辉石岩的交界处，以古巴的矿床为代表，根据 Д.Е. 弗林特的意见，这里已知的矿层，百分之九十分布在距辉长岩和橄榄岩交界处约 0.5 公里的地方。具有类似位置的矿床在土耳其的一些岩体中也是众所周知的（卡拉拜尔）。

佩特拉舍克用 X 光谱研究了瘤状矿石。曾经查明，浑圆状铬铁矿颗粒由很多颗粒组成。作者在综合了苏联调查者的资料和考虑到波尔赫尔特的研究成果之后得出结论，瘤状矿石是粗粒的含矿硅酸盐乳胶体。根据佩特拉舍克的意见，这一矿石结构类型对于贯入矿床是有代表性的。

作者以阿纳托利亚高原西南的岩体为例强调指出，上部层位的矿石以 Al_2O_3 高含量为特征，而下部层位相反地是富铬氧化物的矿石。这种从属性可能对普查冶金级的铬铁矿和耐火级的铬铁矿都有实践意义。

随后，作者同意拜特门的意见，对真正岩浆的铬铁矿矿床划分了下列形成阶段：

1. 早期岩浆的晶出

- 1) “分散”的结晶作用（铬铁矿副矿物和贫矿浸染体）；
- 2) 晶体的分结作用（铬铁矿层和矿条）；
- 3) 早期形成单个团块的分结物的贯入，它们集中于岩体的深部带并被挤压到上部。

2. 晚期岩浆的晶出

- 1) 液态分结作用——瘤状矿石；
- 2) 贯入的液态分结作用（矿脉）。

铬铁矿矿床的成因类型是按不同液态程度的岩浆的结晶标志划分的，而首先是按照铬尖晶石类颗粒度大小。在更详细的分类中，要考虑由熔融体晶出的铬尖晶石类在结晶过程中的构造条件，以及岩浆质在深成岩形成时期由于构造条件而引起的运动。铬铁矿的富集可能发生在岩浆长期分异过程的不同阶段，同时总的说来构造运动并未发生，如果发生，很可能是出现在深成岩形成的时候或在它固结之后。所有这些，就确定了矿床类型的多样性，以及它们的分布规律的差异。

佩特拉舍克根据成因特征，把铬铁矿矿床划分了八个类型。

1. 具有水平岩浆层理的铬铁矿层（布什维尔德），受重力分异作用的控制，是在没有构造运动的情况下发生流动的。铬铁矿层的层位控制在岩浆体的最深部。佩特拉舍克把美国斯提耳沃特岩体的矿床归属于此一类型。

2. 基底铬铁矿体（拉杜什，马其顿），位于深成岩基底附近的纯橄榄岩中，是形态不规则的粗粒铬铁矿体或浸染状富矿石的矿体。由于结晶作用早期晶出的铬尖晶石类颗粒的分结，矿体形成于侵入体的深部。不规则的矿体形态，受粘性岩浆的流动和岩浆

成分的不均匀性所控制。

3. 分结体(巴索林和卡拉拜尔, 土耳其)。矿石形成不规则的矿株状矿体, 分布于岩体的上部。矿体由浸染状矿石组成, 同围岩呈逐步过渡关系。矿石是在岩浆熔体运动的情况下, 以局部分结的方式而形成的。

4. 扁平状矿条(屈塔亚, 土耳其)。层状矿条呈水平状或略倾斜状产出层状岩体的中部和上部。这种扁平类型的矿条的形成, 是因为统一的或多或少较稳定的铬铁矿层发生分离, 随后它的一部分被中等活动的岩浆中的流动构造所位移。

5. 陡倾斜的条带状矿体(奥尔米格里亚, 希腊)。根据希斯莱特纳的意见, 陡倾斜的条带状矿体, 是在岩浆上升运动过程中, 由于重力-动力结晶分异而形成的。此一类型具有流动褶曲的特征。很多调查者认为, 在这种情况下的陡倾斜产状, 是由于水平矿体的构造倒转所致, 作者不同意这样的意见。

6. 贯入矿瘤(卡瓦克, 土耳其)。这一类型的矿床是由于富矿残余熔体在晚期侵入到固结或半固结的橄榄岩中而形成的。肯皮尔赛岩体的“巨物”矿床就属于此一类型。

7. 铬铁矿脉(哈里沃托, 乌拉尔)。是由于固结的岩石中的裂隙被富矿熔体所充填和该熔体结晶而成。这一类型是根据 A.Г. 别捷赫琴的描述划分的。类似的矿体作者在保加利亚也曾有发现。

8. 受构造破坏的矿体(屈基坎, 土耳其)。作者在划分此一类型时指出, 矿体在遭受构造破坏的情况下, 单个的矿块由于错动而失去其原始产状特征。

关于新格赫姆地区若若哈土铬铁矿矿床的形成, 巴涅尔耶(Banerjee, 1960)的看法是有价值的(比哈尔邦, 印度)。根据该作者的意见, 矿体形成于岩浆结晶的晚期。铬和铁聚集于自形晶间的液体中, 当液体在橄榄石和辉石晶体之间向下沉淀, 渗入于较深部位, 就富集在不同固结程度的层位的界面上, 并一起结晶。

一九五八年, 福斯特和格拉芬奥尔的文章问世(Forster, Grafenauer, 1958)。在该文中, 作者不同意克劳斯在《土耳其铬铁矿的矿相研究》一文(Krause, 1958)中提出的关于铬铁矿矿床成因问题的概念, 同时提出了他自己的关于铬铁矿成因的观点。克劳斯根据下列基本论点绘制了铬铁矿矿床成因示意图: 1. 在超基性岩浆熔体结晶时, 镁橄榄石被抛入于固相, 而铬和铁则聚积于熔体中。随着熔体的继续结晶, 橄榄石会变得铁质一些。这就不但使铁成为铬铁矿的组成部分, 而且也使铝成为它的组成部分; 2. 由于橄榄石和铬尖晶石类发生蚀变, 它们的比重也就发生变化; 3. 随着结晶作用过程的进行, 由于温度的下降和硅酸数量的增长, 熔体的粘度也随之增大。

这三种因素的综合, 就可以使致密铬铁矿在熔体高度液态状况下, 以重力方式聚积起来。在较粘性的熔体中, 由于橄榄石和铬铁矿的分离有困难, 于是形成浸染状矿石和浸染状贫矿石。

福斯特和格拉芬奥尔研究这类矿床以后, 得出了另外的结论。他们划分了两个成因类型。

1 类型。铬铁矿矿床在成因上同原始橄榄岩的结晶作用有关。

1) 铬铁矿是橄榄岩和纯橄榄岩的副矿物, 为浸染状贫矿石;

2) 条状矿体——由于重力分异作用的结果, 铬铁矿富集于橄榄岩中。

2 类型。由富含挥发组分的铬铁矿矿浆形成的矿床（最重要的工业类型）。

1) 由矿浆团块所在地位移出来的矿体；

2) 由于矿浆侵入固结的母岩而形成的矿体。

由上述所有情况可以看出，在铬铁矿的成因问题上，还有很多不清楚的问题。

最近这几年，在苏联地质文献中，出现了很多探讨超基性岩成因问题及其有关矿产的文章。

A. П. 维诺格拉多夫《论地壳物质的成因》（1961）和《地球外壳的成因》（1962）两著作，总的说来对于岩石学家和从事超基性岩研究的调查者，特别是对从事铬铁矿矿床研究的调查者，是非常有价值的。这些著作探讨了包括纯橄榄岩在内的某些超基性岩及其有关的铬铁矿富集的形成。

两著作中援引了分布于陨石、纯橄榄岩和玄武岩中的大量化学元素的实际资料，同时提出了关于地壳物质形成的崭新的概念，亦即地壳物质是在放射热的影响下，以地幔物质的熔化和去气作用的方式形成的，从而使这些物质分为易熔相（玄武岩浆）和难熔相（纯橄榄岩）。并且还提出，地幔是由于类似球陨石、碎片状和角砾状陨石这类宇宙物质附聚而成的。作者在“大致的和极其概略的推断”一节中，曾涉及到铬铁矿矿床的成因问题。在地幔物质熔化和去气的过程中，当难熔相（纯橄榄岩）和易熔相（玄武岩浆）之间的比值在某一特定位置变为后者占主导地位的时候，玄武岩浆侵蚀纯橄榄岩，从而使它部分地发生同化，变为橄榄岩和辉岩等。同时产生铬尖晶石类的分结作用。尤其是在岩浆酸化带内，根据已熔的易熔部分及其挥发物的成分和温度为转移，铬铁矿的成分也产生变化，但铬铁矿并未转化为熔体。

由 A. П. 维诺格拉多夫上述的概念可以得出结论，纯橄榄岩和铬铁矿矿体不是由岩浆熔体形成的，而玄武岩浆则是其形成的积极因素。这一概念与自然界中观察到的事实不符。地槽区具有工业价值的大型铬铁矿矿床的含铬侵入体，在其成分中却不含或几乎不含玄武岩浆的派生成分。辉绿岩甚至辉岩在这里都出现得很少。这些岩体是由橄榄岩组成的，并有少量的纯橄榄岩。可是根据 A. П. 维诺格拉多夫的概念，含铬岩体中必然大量地或明显地出现辉绿岩类，或大体上有玄武岩浆的派生成分。

从自然界中观察到的事实使我们相信，纯橄榄岩、橄榄岩和铬铁矿经历了岩浆熔体阶段，因为它们与围岩发生突变接触，形成岩墙和岩脉等。

不久前在苏联地质刊物上刊载的其它一些著作，也试图提出超基性岩的非岩浆成因的论据。在这些著作中，基性岩和超基性岩的形成被看成是沉积岩、喷发岩和变质岩的交代置换或地幔物质的交代改造的结果。这一概念的代表者有 H. M. 乌斯宾斯基（1949, 1952）、C. B. 莫斯科列娃（1954, 1958_{1,2}, 1959_{1,2}, 1961_{1,2}, 1962, 1963_{1,2}, 1964）、Г. H. 巴基罗夫（1961_{1,2}）、Г. M. 维诺格拉茨卡雅（1952, 1954）等。因为这些观点对铬铁矿的成因问题也有着直接的关系，我们认为必须批判地对它们进行专门探讨。但是首先需要谈谈这个问题的某些一般问题。

超基性岩成因的某些观点

对于超基性岩成因的理解关系到一系列重要问题的解决。这些重要问题是：超基性

岩的时代；侵入体在地质构造上的位置及其形态；组成侵入体的岩石成分、岩石化学特征、内部结构、相互关系；组成超基性杂岩的矿物的分异作用和相互关系；矿化在侵入体内的位置；造岩矿物、造矿矿物和副矿物的成分特征；超基性岩的蛇纹石化和蛇纹岩在构造活动带内的性状。研究很多大区超基性岩体积累起来的经验证明，超基性岩体赋存于地壳上区域性构造断裂中。已经查明，断裂的形成和超基性岩沿断裂的侵入，在地质历史上包括从前古生代到中-新生代的地质历史时期。同时也证明岩浆侵入于同一长期活动的区域性断裂的重复性。

超基性岩侵入体的形态各不相同，而且受某一特定区域带的变质岩层和喷发-沉积岩层的构造所控制。弥合构造断裂的超基性岩岩墙是大家都知道的。而超基性岩形成与围岩产状相整合的岩鞍型、岩盖型、岩盆型、岩床型的岩体，则是相当普遍的。已知有不整合的岩罐型岩体。也还存在着岩铸型岩体，部分受共轭断裂的控制，部分受与不同时代围岩的侵入接触的控制。经常发现整合产出的单斜层形态的岩体。目前已经查明，在地台区，确切地说，在地向斜和地台的共轭带内，有类似侵入超基性岩的岩石（麦美奇岩）和由橄榄石与暗色玻璃质组成的喷发岩存在。这就证明存在着超基性岩浆的熔蚀体，就其化学成分来说，接近于橄榄岩。

根据超基性岩侵入体的成分和岩石化学特征，可以大致划出四个彼此之间成矿分异作用明显不同的建造。这就是真正的橄榄岩建造（纯橄榄岩-斜方辉橄岩建造）、纯橄榄岩-橄榄岩-辉绿岩建造（含铂建造）、超基性岩-硷性岩建造和金伯利岩建造。在此情况下，使我们感兴趣的是真正的橄榄岩建造，它以特别明显的含铬性为特征。同时在此一建造中通常没有铂和铂族元素的工业富集，没有钛矿床和铁矿床，也没有硫化物-镍矿的工业富集。同其它建造的岩石相比，此一建造的岩石以较高的镁质和很低的硷质为特征。

真正的橄榄岩建造在深成岩中的分异程度，没有象在含铂建造或超基性-硷性岩建造杂岩中那样明显。但是在所讨论的建造中，仍然或多或少地出现明显分带的分异侵入体。分带性之所以出现，是因为较酸性的亚类局限于侵入体的上盘和其顶板附近，以及由于橄榄岩的数量在深成岩的深部逐渐增加（纯橄榄岩、顽辉纯橄榄岩、贫斜方辉石的斜方辉橄岩）。大型铬铁矿的工业富集照例延伸到侵入体较深的内带。

上面已经指出，此一建造的造岩矿物以高镁性为特征。可以清楚地看到硅酸盐的晶出顺序：最早的矿物是橄榄石，与它同时或稍晚晶出的是斜方辉石，而以单斜辉石的结晶告终，单斜辉石也往往在后岩浆阶段以交代方式而形成。橄榄岩的部分铬尖晶石类虽然同橄榄石和辉石同时结晶，但其晶出的主要阶段却是在熔体结晶的末期。橄榄岩建造的岩体中铬尖晶石类副矿物和造矿铬尖晶石类的化学成分的资料是很有价值的。无论异斜占铜橄榄岩或斜方辉橄岩的铬尖晶石类副矿物，都是高氧化铝的和低铬的；而纯橄榄岩中的铬尖晶石类则是高铬的，仅含少量的氧化铝。对于同橄榄岩区和纯橄榄岩区有关的铬铁矿床的造矿铬尖晶石类，也有这样的规律性出现，尽管其中铬和铝之间的数量比，与采自这些岩区的铬尖晶石类副矿物中的数量比是不一样的。造矿铬尖晶石类的第二特征是，铬尖晶石类由母岩中继承了高含铁性或高含镁性。当岩石中 $MgO:FeO$ 之比值等于 9—12 时，铬尖晶石类中 $MgO:FeO$ 之比值等于 1.8—2.6。当岩石中 $MgO:FeO$ 之比值小于 9 时，则此一比值在铬尖晶石类中就小于 1.8。

这里我们粗略地谈谈长期构造活动区内的强烈蛇纹石化橄榄岩和变橄榄岩质蛇纹岩的性状。不久以前已经指出，在阿尔卑斯地槽褶皱系，往往可以在蛇纹岩同围岩接触带上看到构造关系，在接触带上即使对矿化的最详细的研究，也没有发现对围岩的明显影响。然而蛇纹岩本身却发生非常强烈的揉皱和透镜体化，而且有时其中还含有围岩的碎块。这就说明蛇纹岩有时沿构造带有相当距离的位移或挤压。在这种条件下可以证明蛇纹岩的“变迁”。

铬铁矿矿床的成因问题直接关系到超基性岩形成的性质和过程的查明。关于布什维尔德、斯克尔加尔德分层侵入体和其他类似岩体，如果查明它们的岩浆成因和它们主要由拉斑玄武岩成分的玄武岩而成是确切的，那末，地槽区的真正橄榄岩体由硅酸盐熔体所形成，就会争取到一系列岩石学家的支持。 Φ ·捷尔涅尔和Д.Ж.费尔弗根（1961）是这样肯定橄榄岩型超基性岩成因问题的状况的：“岩石学家目前必须从二者择一的两假说中选择一个：1. 橄榄岩浆是水岩浆熔体，可能在成分上接近于蛇纹石……， Φ ·洛多奇尼科夫和赫斯等人坚持这一观点……。2. 橄榄岩‘浆’主要由橄榄石和辉石的晶体组成，晶体之间的空间为岩浆液和水蒸汽所充填。”接着，这些岩石学家指出，“……只是由于鲍文和塔特最近的著作，才使问题变得明确起来。目前我们可以采纳下列双关性的假说作为工作假说，即：橄榄岩‘浆’在很大程度上是在结晶状态下侵入的，其组成矿物（橄榄石和顽辉石）由于受到来自周围地槽沉积物或酸性岩浆侵入体的溶液或水蒸汽的作用，就同时或稍后蛇纹石化。”

众所周知，在赫斯的假说影响下，鲍文和塔特研究了 $MgO-SiO_2-H_2O$ 系统，并且指出，液相（熔体）的形成，在温度 $900-1000^{\circ}C$ 和压力大于 $280kg/cm^2$ 的情况下是不可能的（Bowen, Tuttle, 1949）。这一实验使人相信，橄榄岩熔体即使在其中有水存在的情况下，也只有在大致 $1600-1800^{\circ}C$ 的非常高温的时候才有可能实现。

但研究围岩的变质作用，甚至在橄榄岩成分大岩体影响下的围岩变质作用表明，相当于低变质程度的温度，显然也不超过 $500^{\circ}C$ 。

根据我们的看法，关于形成橄榄岩深成岩的岩浆熔体的状况问题，必须考虑肯涅基（Kennedy a. oth, 1960）关于 SiO_2-H_2O 的实验，同样也必须考虑基宁赫姆（Gillinochem, 1950）关于硅酸的溶解度和迁移以及其他不挥发物质被水蒸汽带走的实验。

这些实验证明了这样的推断，即：在高压下，当温度在 $1200^{\circ}C$ 时，硅酸盐熔体中的水有很大的溶解度。A. T. 巴泽列夫斯基（1966）关于深成岩和橄榄岩熔体的结晶温度的实验资料，以及他考虑到负荷物压力和水蒸汽压力的可能影响而进行的换算值，所有这些都证明，在此情况下，橄榄岩浆结晶的初温不可能低于 $1300 \pm 100^{\circ}C$ ，而结晶的终温不可能低于 $1100 \pm 50^{\circ}C$ 。这样一来，反对富含挥发组分的液态超基性岩浆的概念，就没有充分有价值的理由，尽管在橄榄岩成分的岩体附近没有出现较高温的接触矿化还是一种神秘的现象。

关于交代作用在超基性岩和铬铁矿形成中的作用

在熟悉了 C.B. 莫斯科列娃、Г.М. 维诺格拉茨卡娅、A. Г. 巴基洛夫等人的文章

之后,首先给人的印象是,对一个极复杂的问题的看法是片面的和肤浅的。理论性的阐述,必须为寻找与超基性岩体有关的有用矿产这一实际工作指出方向。实质上为了反对关于超基性岩及其有关矿产的岩浆成因假说,就应该详细地分析作为这一假说依据的实际资料。然而这些文章的作者却没有进行这样的分析。尤其是几乎完全忽略了一些地质矿产学家近百年来在铬铁矿和铂的详细地质普查勘探工作中积累起来的大量实际资料的研究。从事铬铁矿床研究的地质工作者积累了关于深成岩的形态和内部结构的资料,以及关于超基性岩和矿石分布大致达深度1000—1200米左右的资料。在所探讨的大多数文章中都没有考虑到这一资料,以及其他调查者对此一资料的综合研究。然而没有这些研究,进一步对问题的综合是不可能的。尽管考虑到有关铬铁矿床研究的全部已有资料是非常重要的,因为铬铁矿是超基性岩的变种之一,但铬尖晶石类副矿物实际上在所有超基性岩中都是存在的。

在C.B. 莫斯卡列娃和其他“交代学派”专家的文章中,都缺乏超基性深成岩形态方面的某些过硬的实际资料,以及缺乏对了解这些岩石的成因来说是极其重要的问题的情报分析。例如C.B. 莫斯卡列娃在谈到超基性岩和围岩的关系时,否认突变接触的存在。因此在一系列的文章中都指出,超基性岩对其周围岩石的十足的化学塑性是真正斜方辉橄岩建造的特征,因为“斜方辉橄岩成分的超基性岩体,在任何时候和任何地方都未发现同任何成分和任何时代的围岩有接触影响。这种众所周知的情況甚至被作为公理载入方法学指南中”(Москалева, 1962)。接着甚至援引了维尔雅蒙斯(Вильямс)、吉纳(Tegner)、吉尔别尔特(Тильберт, 1957)、Н.П. 米哈伊诺夫(1960)、吉纳、费尔弗根(1961)的资料。可是,例如吉纳和费尔弗根仅仅指出,这在目前是一个尚未解决的矛盾,因为岩浆必须有很高的大致1500—1800°C的结晶温度,而接触蚀变的特征是温度500°C或低于500°C。

C.B. 莫斯卡列娃在援引Н.П. 米哈伊诺夫的著作时,直接歪曲了作者的论点。实际上作者在该书“接触地区的观察”一节中写道:“……这些接触关系的描述在文献中有记载。可以举出作者(Михайлов)在伯特帕克大列观察到的超基性岩对奥陶纪的接触影响作为实际例证。”随后该作者写道:“看来,……对超基性岩接触带未作充分详细的观察,是蛇纹岩和超基性岩在围岩中未引起任何蚀变这种意见产生的原因(Михайлов, 1960)。”

莫斯卡列娃在自己的文章中声称,她研究了克拉克、肯皮尔赛等岩体的超基性岩和围岩的接触关系,在任何地方也没有发现明显的影响。我们所进行的调查,完全一致地表明,在上述岩体周围形成极具有代表性的矿化接触晕。

为了解决超基性岩的成因问题,有关超基性岩体的内部结构、岩石在侵入体内的分布位置及其相互关系的实际资料,也具有相当重要的意义。国外的地质铬铁矿专家掌握了无可辩驳的以大量详细图件和剖面表示出来的资料,从这些资料可以清楚地看到含铬岩体的带状结构(不管在平面上或剖面上)。并且在概略示意图上可以看出,较酸性的岩石变种分布于边缘地区和侵入体的顶部,而向深部朝内带则变为较基性的超基性岩变种。而且已经查明有生产价值的铬矿层在深成岩体中的分布规律(Petrashchek, 1957),铬铁矿层的数量有时达到三层。C.B. 莫斯卡列娃毫无证据地否定了她所探讨的阿尔卑斯型侵入体有分带现象的存在。

为了论证超基性岩的交代成因，С. В. 莫斯卡列娃等人引证了些什么实际资料和怎样论证这一假说呢？С. В. 莫斯卡列娃在《论乌拉尔斜方辉橄岩的构造位置》（1962）一文中列举了下述情况：“乌拉尔超基性岩体生成于其周围现今沉积形成之前，而它们被确定的时代，仅相应于使它们出露并发生在沉积岩系形成之前的那段剥蚀作用的时间，在现代侵蚀切割下它们出露在这些沉积岩系之中。”这种理论是以下列相互关系为依据的：1. 不管其成分和时代如何，在围岩层中靠近超基性岩的直接接触带，都没有出现岩体的化学、热液和动力影响的特征；2. 构造填图表明，超基性岩体和沉积围岩的构造平面图明显不一致。超基性岩的原始构造发生于另一“构造条件”时期，而不是乌拉尔“构造条件”期；3. 在所有岩体的沉积围岩中都有蛇纹岩、铬铁矿、硬铬尖晶石、斜方辉石以及部分辉石的碎屑，即超基性岩固有的矿物共生组合的碎屑。

С. В. 莫斯卡列娃在文章中说，所有这些资料是在研究克拉克、哈巴尔宁斯克、肯皮尔赛、哈里洛夫斯克岩体以及乌拉尔其他一系列岩体的时候获得的。

上面已经指出，关于超基性岩对围岩既无化学影响也无热液影响的说法，我们是不同意的。我们对这些岩体的观察结果证明是矛盾的。

我们在肯皮尔赛、哈巴尔宁斯克和克拉克进行的构造填图（Лонгинов и др., 1940; Соколов, 1937, 1948）证明，这些岩体的原生构造要素有极复杂的“花纹”。在某些岩体范围内铬铁矿矿体的条带构造的方向、离异结构的方向和矿体延伸的方向，在空间上都具有不同的定向。因此不能肯定原生构造的形成是在“非乌拉尔构造环境”时期。例如肯皮尔赛岩体中顿斯克铬铁矿矿床的主要矿体具有近于午线方向，而不是莫斯卡列娃所认定的与某些岩体相适应的西北西方向。至于南克拉克岩体的原生构造，我们编制的图件表明，比 С. В. 莫斯卡列娃附在所探讨的文章上的示意图有更复杂的依赖性。我们不久前的调查证明，早先对克拉克岩体所进行的原生构造分析（Соколов, 1948），非常客观地描述了事物的状况。С. В. 莫斯卡列娃在文章中提到的其他岩体也有同样的情况。

С. В. 莫斯卡列娃发现超基性岩的所有沉积围岩中有因剥蚀作用而由这些岩体中搬运出来的蛇纹岩和铬尖晶石类碎块，这种看法是不符合实际情况的。例如在肯皮尔赛岩体的寒武和奥陶纪沉积围岩中就没有出现蛇纹石、橄榄石和铬尖晶石类。铬尖晶石类和蛇纹石卵石只发现于上泥盆纪复矿碎屑砂岩和砾岩中。南克拉克岩体的下伏复矿砂岩、集块岩、细砾岩和硅质岩（ D_3-O_1 ）都具有超基性岩影响的明显迹象，表现为形成厚度大于1米的接触矿化岩石晕。这些岩石中的确夹有铬尖晶石类和蛇纹岩的碎块，但是要知道它们位于岩体之下，其中出现超基性岩碎屑物质只能证明在克拉克岩体形成之前的长时期内，当后来包围它的沉积岩系形成的时候，曾发生过对更古老的超基性岩的冲刷。克拉克超基性岩体侵入于上泥盆一下二迭岩层中，这种可能性从总体上对于乌拉尔来说，С. В. 莫斯卡列娃企图加以否定。

根据 С. В. 莫斯卡列娃的意见，橄榄岩和纯橄岩是由于原生辉岩的镁交代作用而形成的。可是辉岩的成因，她却没有进行探讨，虽然曾在一篇文章中指出过（1962）超基性岩体一开始就是固体的“同一橄榄岩底层的岩颈”。

Г. А. 巴基罗夫认为纯橄岩和铬铁矿的形成，是因为橄榄岩成分岩石的交代改造

作用的结果。

橄榄岩、纯橄榄岩和铬铁矿石的交代性质基于下列一些论据：

1. 一系列超基性岩的逐步过渡性：辉岩—橄榄辉岩—橄榄岩—纯橄榄岩；
2. 橄榄岩中出现纯橄榄岩细脉；
3. Si、Al、Ca 在辉岩—橄榄岩—纯橄榄岩序列中有规律的递减，而 Mg 却有规律的增加；
4. 岩石中的橄榄石随其数量的增加而出现镁的饱和，即处于由辉岩经橄榄岩过渡到纯橄榄岩的条件下；
5. 对橄榄石的形态和发育情况的观察表明：
 - a) 橄榄石辉岩的“蜂窝状”结构（巨粒辉石被细粒橄榄石所包裹）；
 - b) 橄榄石形成于辉石颗粒内。

根据上面刚才提到的构造观察，可以得出这样的结论，改造母岩的物质是沿着晶体之间的空隙和毛细管裂隙以及晶格空隙进行渗透的，也就是说，这种物质是不可能以硅酸盐熔体的形式存在的。

前面四点不可能作为严肃地探讨橄榄岩和纯橄榄岩交代成因的有利依据。实际上超基性岩成分逐步和依次的变化，可能是因为硅酸盐熔体在重力作用和分结作用参与下的结晶分异的结果，或者是因为岩浆在液体状态下的重力分异的结果。橄榄岩中存在纯橄榄岩墙，只能证明纯橄榄岩在其周围的橄榄岩已经是固体岩石的时候还是液体状态，或者还未完全过渡到固体状态。而在由橄榄石辉岩过渡到纯橄榄岩的情况下橄榄石中镁的饱和，并未被观察结果所证实。

至于谈到斜方辉橄榄岩中的橄榄石与斜方辉石和单斜辉石的相互关系，的确在斜方辉石颗粒内部，有时出现零星的椭球状或浑圆状橄榄石的融蚀晶体，它们在结晶时被辉石所俘虏，但在这种情况下并未发现这些包体因后来物质的带入而增长的任何迹象。这样的橄榄石颗粒却少量地以包体形式出现在斜方辉橄榄岩和纯橄榄岩的铬尖晶石类副矿物中，但特别经常地出现在成矿铬尖晶石类中。另一方面，巨粒斜方辉石（达 3—4 毫米以上）具有齿状外形。在此情况下发现，既有橄榄石颗粒被斜方辉石颗粒的边缘带所溶蚀，也有橄榄石被辉石局部剩余交代。细粒斜方辉石族通常占据橄榄石颗粒之间的空隙，且结晶较它们为晚。

异剥古铜橄榄岩中的单斜辉石照例对于橄榄石都是他形的。但是同样也有橄榄石被单斜辉石明显交代的情况。单斜辉石有时沿斜方辉石呈融蚀性发育，形成融蚀边和伸入顽火辉石颗粒的楔形分叉。超基性岩矿物的结构关系表明，橄榄石结晶早于辉石，如果说有它的同时或稍晚的结晶阶段，那末这也是液态熔体同已经晶出的辉石颗粒相互作用的结果。

但是必须指出，在特殊条件下斜方辉石被橄榄石交代的置换现象终究仍有出现，同时在这种情况下要否定橄榄石化作用是没有根据的。目前可以十分肯定地确认，在橄榄岩区的同生铬铁矿矿体的接触带上，由于受含矿硅酸盐熔体析出的挥发物的作用而经常产生纯橄榄岩的“外套”。这样的纯橄榄岩边缘在矿体周围具有相对不太大的厚度，并逐步过渡为橄榄岩。关于在有后生铬铁矿矿体的含矿带内依靠橄榄岩同样地可以形成纯橄榄岩和辉石橄榄岩，这是有令人信服的证据的，但是它们也同样与矿石的结晶作用

有关。

这样一来，在超基性岩形成过程中，从总体上来说，橄榄石化和辉石化都有发生，但是这种现象的规模都不大。所以把岩体的主要橄榄岩和主要纯橄榄岩的成因看成是由于辉岩或其它任何岩石的“橄榄石化”，是没有任何决定性的根据的。可以这样设想，以借助镁交代作用而形成超基性岩作为理论根据的文章作者们，的确碰到过属于这种作用的个别事实，但由于把它们推广到极其广阔的范围，因此也就犯了错误。

超基性岩及其有关矿产交代成因的拥护者的上述这些概念，尽管对它们在刊物上积极普及，却没有得到乌拉尔研究超基性岩问题和交代作用理论的地质工作者和专家的承认。

П.М. 塔塔林诺夫、В.Р. 阿尔捷莫夫、Н.П. 米哈伊洛夫等（1965）对 С.В. 莫斯卡列娃的主要著作之一提出了深刻的有论据的批评意见，并且作了下述结论：该著作中所阐明的“一系列假说和原理，对于研究超基性岩问题很少了解的调查者，就很可能认为是新的有某种科学价值的……，事实上却或则不是新的，或则往往是没有考虑到事实的意见，因而不是科学的。” П.П. 斯莫林也作了类似的结论。必须援引 Д.С. 柯尔仁斯基关于此一问题的意见作为上述问题的补充。一九六五年七月以 Д.С. 柯尔仁斯基为首的科学小组，包括“交代派”代表（С.В. Москалева, Л.А. Ефимов, В.Ф. Морковкина и др.）和“岩浆派”代表（Н.В. Павлов, Д.С. Штейнберг, И.А. Махалов и др.），完成了对乌拉尔一系列超基性岩体的观察。特别是对下述岩体进行了追索：塔吉耳（锡尼亚山）、努腊里、乌兹扬斯克、南克拉克、哈巴林斯克、肯皮尔赛等岩体。在地质旅行之后进行了总结和交换意见。其中某些结论已被 Д.С. 柯尔仁斯基反映在关于乌拉尔旅行的野外报告中。我们由这个报告中作些摘要如下：

“在观察岩体和矿山的时候对岩石和矿化的成因问题进行了讨论，而且主要是‘交代’和‘岩浆’成因观点的争论。出现了同任何物理化学理论已经失去联系的边缘交代概念风行的情况。例如 С.В. 莫斯卡列娃以纯橄榄岩同辉岩的接触带的确存在辉岩橄榄石化的交代作用为根据，坚信所有纯橄榄岩是由于辉岩经交代作用而成的。但是也有橄榄石被辉石交代的置换作用出现，这就为 Л.А. 叶菲莫夫的相反的结论，即所有辉岩都是由纯橄榄岩生成的结论提供了依据。这两种结论在方法学上是价值相等的；他们都是对局部现象毫无特殊证据地赋予大量的包罗万象的特征作为依据的。同时对于那些广泛发育的并且辉石在其中多多少少呈均匀分散的橄榄岩，不可能被认为是或者由于纯橄榄岩或者由于辉岩的交代作用的结果。交代作用不可能使任何一个矿物的一部分被置换，而它的其他特定部分却残留于岩石中，形成含有一定百分比的残留矿物均匀分布的岩石……。”

随后接着写道：“以此为依据对橄榄岩的观察却有利于证明它们的岩浆成因。” Д.С. 柯尔仁斯基在他的报告第四页中写道：“在雅乌姆巴耶沃村附近南克拉克岩体的西接触带，我们发现了蛇纹岩同集块岩的原生接触带……。特别明显的是，这里的围岩以及蛇纹岩中的辉绿岩脉显示出接触脱硅作用，随之使它们变为透辉石-钙铝榴石岩和符山石岩（异剥钙榴辉长岩）。这种岩浆期后的高温热液蚀变无疑地证明超基性岩的侵入性质……”。最后，在同页中作者写道：“铬铁矿的成因问题是一个极其复杂的问题。在肯皮尔赛矿床中很明显地分为两个有稳定成分的矿石类型。富矿石含有大致85—90%

的铬铁矿，浸染状矿石含有大约50%（斑点状，平衡表外的），其余的进入蛇纹石化橄榄石。根据成分的稳定性，这些矿石完全与岩浆岩相适应。不可能认为这些矿石的形成是由于纯橄榄岩的交代作用的结果，因为在矿石形成的时候橄榄石的某一特定部分被置换，而另一特定部分却逃脱了被置换。交代作用的理论不容许有这样的情况。”上述这些从Д.С. 柯尔仁斯基报告中的某些原理的摘录表明，他是关于超基性岩和主要铬铁矿的岩浆成因观点的支持者，因为客观自然事实的分析不可能得出其它的结论。

乌拉尔超基性岩的交代现象和岩浆现象的标志，Д.С. 柯尔仁斯基在《超基性岩体的形成和矿化问题》一文中（1966）有较深刻的论述。

关于铬铁矿成因的现代概念

分析大量出版物中阐述的或从某些方面涉及铬铁矿成因问题的资料可以证明，目前绝大多数调查者都得出铬铁矿矿床的真正岩浆成因的结论。铬铁矿矿床被认为是超基性橄榄岩浆派生的，虽然已知有与较酸性的辉绿-橄榄岩浆有关的铬铁矿矿床的情况（布什维尔德，印度某些矿床等）。关于在侵入体形成过程中铬铁矿在岩浆源的不同结晶阶段（由最早到最晚）都有特殊的地位的原理，越来越深刻地被证实。铬铁矿矿床形成于侵入体不同部位的资料，以及在一系列侵入体中出现两个或三个赋存在由辉绿-橄榄岩岩石系列到橄榄岩和由橄榄岩到纯橄榄岩过渡带上的铬铁矿层位的资料，都越来越多。而“基底的”亦即分布于侵入基底附近的下部铬铁矿层则是极具有代表性的。

越来越清楚地表明，成矿铬尖晶石类的成因同围岩的岩性成分特征有着极密切的关系。研究极不相同的大区岩体铬尖晶石类的成分证明，由较酸性成分组成的侵入体上部层位，含有高氧化铝的铬尖晶石类，然而橄榄-纯橄榄岩和纯橄榄岩成分深成岩的中带尤其是下带，却有 Cr_2O_3 含量很高的铬铁矿矿床。

铬铁矿矿床的很多调查者都对自上而下表现为岩石的较酸性变种被较超基性变种所代替的岩体垂直分带进行了描述。其中每个带的多相性都说明了岩浆在液体状态的重力分异作用和硅酸盐熔体融离成一系列非混合液体，结晶分异作用，以及岩浆从深部多次上升和这部分熔体彼此之间的非混合性（条带结构和深成岩分离体与橄榄岩、辉岩等的交替性）。

铬铁矿矿体的控制位置不仅是由于铬尖晶石类和橄榄石的结晶颗粒的重力分异，而且也是由于岩浆的状态即它的液态程度和粘度，以及岩浆囊中个别岩浆质因在熔体不同结晶阶段出现的构造力影响下而产生的位移。这些就是矿体不同形态类型的原因，并在此基础上划分铬铁矿矿床的成因类型。

很多调查者虽然小心谨慎地认为，鲕状和结核状矿石的形成是由于岩浆熔离酸性硅酸盐液体的熔离作用所致，从而形成酸性-硅酸盐乳胶体。

国外大多数调查者都认为，某些矿体是由于深成岩下部的富矿物质，侵入到侵入体较高层位的固结或半固结岩石中而形成的。同时认为岩浆源下部矿石物质的富集，是由于重力作用或熔离作用所致。

几乎所有国外调查者在研究岩石和矿石中的矿物结构关系和晶出顺序时，是以“干”岩浆的概念为依据的，而没有考虑到挥发组分的作用和它们在物理化学系统中对组份性

状的影响。

含铬铁矿深成岩的形态，它们的真厚度和内部地质构造，亦即岩相分布及其原生构造特征，这一切尚研究得很差。

过高地估计成矿后构造对铬铁矿矿体产状的影响，是没有根据的。经常见有这样的说明，矿体陡倾斜的产状受褶皱变形的控制，早先呈水平产出的矿体发生变形，变为陡倾斜的和倾斜的矿体。

必须特别强调指出，在我国和外国地质文献中，关于矿体在某些侵入体中的分布规律解决得非常一般化。

只有“冶金级”铬铁矿在基本上以纯橄岩组成的深部带的局限分布是很明显的，虽然深成岩体上部层位往往含有“耐火原料级”铬铁矿和“化工级”铬铁矿。

可寄不很大的希望于地球物理普查方法，尽管在肯皮尔赛岩体的地球物理工作实践证明是相反的。当地球物理方法同构造-岩性填图和构造钻相结合时，可以揭示矿床的分布规律，更好地了解深成岩体的形态特征和内部结构；地球物理工作在直接普查矿体方面也有重要的作用。

在国外科学家的著作中，关于岩浆熔融体在其形成时期的多样性的概念发展，引起了人们的注意，这种多样性是由于熔离作用或新的岩浆再次侵入和这部分岩浆的非混合性引起的，也就是说，是由于熔离体在液体状态下的分异作用引起的。

铬铁矿矿体所以产生形态和成因类型的多样性，是由于多相岩浆质在深成岩体中的量变与质变的比例关系和铬尖晶石类在正结晶的熔融体中晶出的长期性所决定的，外国科学家的这一概念，从我们的观点来看，是很先进的。

上述关于铬铁矿成因问题的所有理论，无疑对铬铁矿的普查有着重要意义。但是目前这些理论只能使我们对铬铁矿矿体在各别侵入体内的分布规律问题接近于较合理的解决。

戎 人 译自《ХРОМИТЫ КЕМИРСАЙСКОГО ПЛУТОНА》1968