

鉻尖晶石类矿物的化学成分与 超基性岩侵入体岩石成分之间的关系

Н. В. 巴甫洛夫



科学出版社

鉻尖晶石类矿物的化学成分与 超基性岩侵入体岩石成分之间的关系

H. B. 巴甫洛夫 著

陆培芳 唐述楷 鲍明道 译
王笑非 杨剑秋

鲍 明 道 校

科 学 出 版 社

1959

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ВЫП. 103. СЕРИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (№ 13). 1949
Н. В. ПАВЛОВ
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХРОМШПИНЕЛИДОВ
В СВЯЗИ С ПЕТРОГРАФИЧЕСКИМ СОСТАВОМ
ПОРОД УЛЬТРАОСНОВНЫХ ИНТРУЗИВОВ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

內 容 簡 介

本书系根据苏联科学院地质研究所著作集, 金属矿床丛刊第103期(1949年)翻译的。书中以乌拉尔超基性岩体为例, 综合了多年来有关于铬尖晶石类矿物的化学分析资料以及有关于该区超基性岩的岩石资料。进一步地论述了铬尖晶石类矿物的成因、化学成分变化、类质同象和矿物的共生组合等问题, 从而阐明了铬尖晶石类矿物的化学成分与超基性岩侵入体岩石成分之间的关系。

本书对于我国地质工作者在找寻铬铁矿床和超基性岩研究方面有很大的参考价值。

铬尖晶石类矿物的化学成分与
超基性岩侵入体岩石成分之间的关系

Н. В. Павлов 著

陸培芳 唐述楷 鮑明道 譯
王笑非 楊劍秋

鮑 明 道 校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1959年8月第一版

书号: 1854 字数: 92,000

1959年8月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(数) 1—3,000

印张: 3 9/16 插页: 4

定价: 0.72 元

目 录

緒 言	1
I. 天然鉻尖晶石类矿物的化学成分 (天然鉻尖晶石类矿物的化学成分概述及其类质同象)	4
II. 烏拉尔超基性岩体的岩石成分簡述	21
烏拉尔超基性岩体的原始岩石成分(原始岩石成分的各种岩体)	21
III. 烏拉尔超基性岩体的岩石化学成分	29
IV. 附生鉻尖晶石类矿物及其与造矿鉻尖晶石类矿物的比較	45
1. 附生鉻尖晶石类矿物成分	45
2. 附生鉻尖晶石类矿物和超基性岩石原生矽酸盐类之間的結構关系	50
3. 烏拉尔某些矿床附生鉻尖晶石类矿物和造矿鉻尖晶石类矿物之間的化学成分对比	52
V. 造矿鉻尖晶石类矿物化学成分的变化与矿体在岩体中产出条件之間的关系	64
1. 同一矿体或若干相隣矿体范围内造矿鉻尖晶石类矿物的成分变化	65
2. 同一岩体内造矿鉻尖晶石类矿物的成分变化	69
3. 不同岩体的矿床中造矿鉻尖晶石类矿物成分的一般比較	73
VI. 造矿鉻尖晶石类矿物和超基性岩石在化学成分上的对比	82
VII. 鉻尖晶石类矿物的成分变化与含鉻鉄矿侵入体岩石成分特点之間的关系的可能解釋	93
結論	107
参考文献	114

緒 言

在闡述关于鉻鉄矿矿床的成因及其矿物学等問題的文献中，对于造矿鉻尖晶石类矿物的化学成分与含鉻鉄矿超基性岩体岩石成分有关的这一問題很少加以注意。这种情况，一方面是因为岩石变质很广，常常无法确定其原生成分；另一方面，則是由于对造矿鉻尖晶石类矿物的化学成分作过必要的詳細工作的研究工作者比較不多。过去，通常仅仅是为了了解“生”矿的工业特性，才大量地鑑定部分的氧化物—— Cr_2O_3 、“FeO”和 SiO_2 。

若一方面能比較广泛地闡明矿石成分与造矿鉻尖晶石类成分之間的关系，而另一方面也能闡明它与围岩的岩石成分和化学成分之間的关系，那么就毫无疑问地会加深我們对鉻鉄矿矿床的成因及鉻的地球化学特性的了解。这一問題的解决也有着重要的实践意义，这样就有可能来估定矿石的质量，并借此給工业以科学上的帮助。

許多研究工作者，如 Н. А. 沙特隆 (Шадлун, 1929)、Б. П. 克洛托夫 (Кротов, 1932)、А. Г. 別傑赫琴 (Бетехтин, 1933) 等都會指出，必須要深入地研究鉻鉄矿石及其围岩的化学变化概况。在 1941 年以前，А. Г. 別傑赫琴 (1937)、П. М. 塔塔林諾夫 (Татаринов, 1941) 以及 В. П. 罗吉諾夫 (Логинов) 和 Н. В. 巴甫洛夫 (Павлов)、Г. А. 索科洛夫 (Соколов) 三人合著 (1940) 的一些著作中可以找到一部分有关这一問題的事实，但为数不多。

本文作者在 1941 年曾以四个南烏拉尔的含鉻鉄矿岩体为例，初步地探討了造矿鉻尖晶石类的成分与围岩成分之間的关系問題。

Г. А. 索科洛夫 (1948) 在“烏拉尔鉻鉄矿”一书中，当探討到鉻鉄矿矿石的結晶过程及其分布規律时，也曾一般地提到矿石成

分与围岩成分之間的关系問題。

在国外的文献中，直到最近时期对于这一問題还未曾加以重視，虽然，从1941年起，美国研究工作者已开始注意到铬尖晶石类成分的变化及其与母岩間的成因关系。斯蒂文斯 (Stevens, 1944) 于“西半球某些铬鉄矿的成分”一书中探討了铬尖晶石类的类质同象，并进行了分类。另一美国研究工作者赛耶尔 (Thayer, 1946) 运用了西半球含铬鉄矿岩体岩石学的資料发展了这一著作中所論述的学說，并发表了“铬鉄矿与围岩在化学上的初步对比”一书。赛耶尔在该书中已經談到了不同岩区的铬尖晶石类矿物的对比。

最近十年来，在改进铬尖晶石类分析方法的同时，[Ю. Н. 克尼波維奇 (Книпович, 1937 年), Н. В. 拉查列夫 (Лазарев), П. А. 沃尔科夫 (Велков, 1946 年等)], 积累了大量的造矿矿物及附生铬尖晶石类矿物的分析資料；根据这些資料可以做出一些极为重要的結論。本文作者在1935年至1941年間曾在苏联科学院地质研究所铬鉄矿組工作，該铬鉄矿組曾对烏拉尔的大量含铬鉄矿岩体作过研究。1944—1946年，作者仍繼續从事于铬鉄矿的研究工作。所以，在闡明造矿铬尖晶石类成分与母岩成分之間的关系問題上所蒐集到的資料有可能比1941年所著的一文更为詳細。本书在IV—VII章中直接地闡述了这一問題。一方面概述了天然铬尖晶石类的造矿矿物以及附生矿物的化学变化；另一方面也对烏拉尔含铬鉄矿岩体进行了地质岩石的描述。

作者謹向苏联科学院地质研究所前铬鉄矿組工作人員：С. А. 卡申 (Кашин)、В. П. 罗吉諾夫以及 А. А. 菲里莫諾娃 (Филимонова) 表示深切的謝意，因为作者有可能利用他們的铬鉄矿的資料。作者特此向十多年来为提高这一科学水平而孜孜不倦地劳动着的 Г. А. 索科洛夫致謝。作者同样也謹向苏联科学院通訊院士 А. Г. 別傑赫琴致謝，感謝他审阅了手稿及提出了宝贵的指示与意見，以及在全部工作过程中所給予的帮助。

本文若能在某种程度上扩大了我们对于岩浆矿床理論方面

的知識，即使是很小的話，那麼作者也認為自己的勞動是有成效的。

I. 天然鉻尖晶石类矿物的化学成分

(天然鉻尖晶石类矿物的化学成分概述及其类质同象)

大家都知道，鉻尖晶石类矿物属于尖晶石类，即是說它是二元酸盐矿物—— $\text{H}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ 、 $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ 、 $\text{H}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$ 、 $\text{H}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$ 。由这些酸盐衍生出来的盐类，A. K. 博尔迪列夫 (Болдырев) 称之为：“鋁酸盐类”(алюминаты)、“鉻酸盐类”(хроматы)、“鉄酸盐类”(ферриаты)和“錳酸盐类”(малганиаты)。

根据本論題的基本任务——闡明天然鉻尖晶石类的化学成分与超基性母岩成分之間的关系，必須用統計的方法来研究天然鉻尖晶石类矿物的化学成分。

在这方面曾不止一次地发表过論著，但是，其中以 A. K. 博尔迪列夫、A. Г. 別傑赫琴和 Г. A. 索科洛夫所作的較为完善。

尖晶石类矿物中有类质同象的存在，根据这一点，A. K. 博尔迪列夫把該矿物作了分类。他根据三价和二价金属氧化物： $R = \text{Al}$ 、 Fe^{+++} 、 Cr 和 Mn^{+++} ， $M = \text{Mg}$ 、 Fe^{++} 、 Mn^{++} 和 Zn 在理論上可能相化合的原理，得出了 225 种可能存在的矿物。

在自然界中已知的有 32 种矿物，而其中真正属于鉻尖晶石类的只有 8 种，即：1) 鉻鉄矿—— $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$ ；2) 鎂鉻鉄矿—— $\text{Cr}_2\text{O}_4(\text{Mg}, \text{Fe})$ ；3) 鎂鉄鉻鉄矿—— $(\text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_4(\text{Mg}, \text{Fe})$ ；4) 鋁鉻鉄矿—— $(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4\text{Fe}$ ；5) 富鉻尖晶石—— $(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4(\text{Mg}, \text{Fe})$ ；6) 高鉄富鉻尖晶石—— $(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_4(\text{Mg}, \text{Fe})$ ；7) 高鉄鉻尖晶石—— $(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_4\text{Mg}$ ；8) 鉻尖晶石—— $(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4\text{Mg}$ 。

1) 这些名称是 A. K. 博尔迪列夫根据 A. 維尔涅尔 (Вернер) 所提出的綜合硫酸盐的名称规定的。

A. K. 博尔迪列夫把尖晶石类大组的矿种作了很好的分类，但是他并没有阐明铬尖晶石类亚组的类质同象界限。A. Г. 别傑赫明确了 A. K. 博尔迪列夫的分类，可是也没有谈到我们所关心的有关铬尖晶石类成分变化范围的问题。

根据上述分类，一种铬尖晶石矿物仅能表明其成分中除了 Cr_2O_3 以外，尚有一些主要氧化物—— Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 及 FeO 。主要氧化物 Cr_2O_3 的含量在铬尖晶石类亚组的个别矿种中变化范围极大，甚至超出这种范围。例如，该氧化物在不同矿种中的含量如下(重量百分数)：铝铬铁矿—— Cr_2O_3 从 19—57%；富铬尖晶石——20.7—62.3%；铬尖晶石——22.9—68.4%；高铁富铬尖晶石——13.1—52.6%；高铁铬尖晶石——14.6—47.2%；镁铁铬铁矿——17.5—52.6%。因此，按 A. K. 博尔迪列夫的分类，各种矿物不能确切地说明其 Cr_2O_3 ¹⁾ 的含量。

Г. A. 索科洛夫(1948)专门研究了天然铬尖晶石类成分的变化及其有限类质同象。

该作者细分了 A. K. 博尔迪列夫的分类，考虑到三价元素的有限类质同象，其目的是为了此种分类适应研究铬铁矿床矿石成分的专门需要。他以矿物的种、亚种及变种的一些不同名称来区分某一矿床铬尖晶石类矿物在成分上的微小差异。

Г. A. 索科洛夫所提出的分类，包括了 48 个不同名称的种、亚种及变种(表 1)。图 1 中所示的图解是此种分类的基础²⁾。

现在准备比较详细地谈谈 Г. A. 索科洛夫所采纳的、用以表示铬尖晶石类矿物成分的图解法，因为，这对我们要精细地研究铬尖晶石类矿物成分这一目的来说，是具有极其重要意义的。

既然铬尖晶石类矿物的一般实验式是 $\text{RO} \cdot \text{R}_2\text{O}_3$ ，那么任何一

1) E. 辛蒲生(Симпсон)和 С. A. 瓦赫罗美耶夫(Вахромеев)的分类未考虑到三价铁(Fe_2O_3)的含量，因此这里不加探讨。费舍尔(Фишер)的分类没有分出矿种，因此也不引证。

2) Г. A. 索科洛夫的图表利用了 140 个铬尖晶石类矿物化学分析的资料；其选择与换算大部分由本文作者所作。

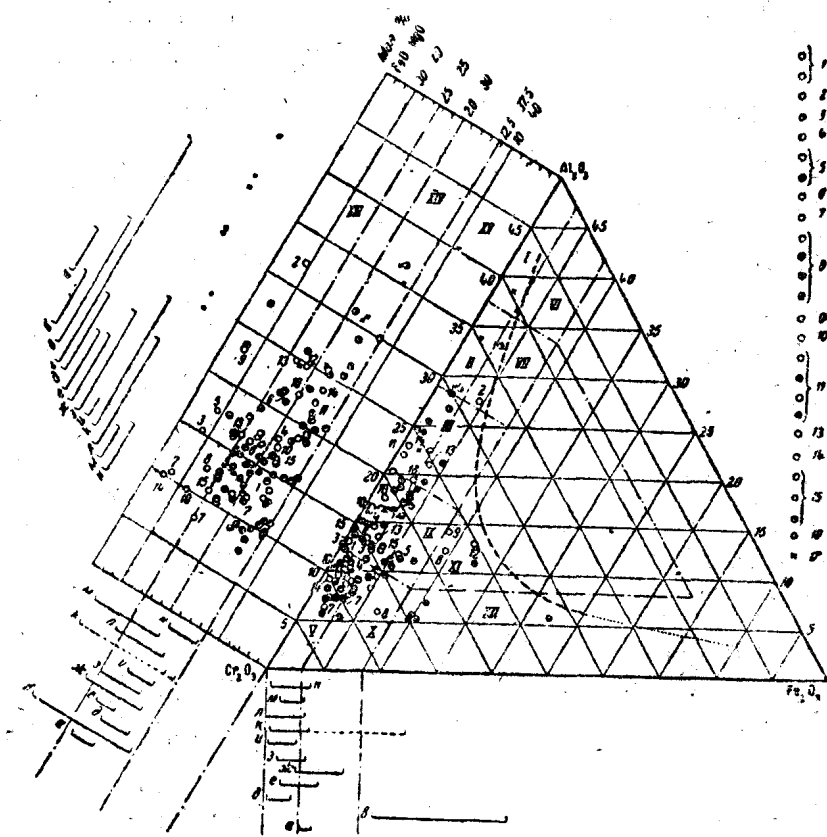


图 1 超基性岩体的钛尖晶石类矿物成分的图解

(編制者: Г. А. 索科洛夫)

I—XIV 种、亚种及变种区域

- I——钛尖晶石; II——铝富钛尖晶石; III——富钛尖晶石; IV——铝钛铁矿;
 V——钛铁矿; VI—X——富铁: VI——钛尖晶石; VII——铝富钛尖晶石;
 VIII——富钛尖晶石; IX——铝钛铁矿; X——钛铁矿; XI——高铁富钛尖晶石;
 XII——高铁钛铁矿; XIII——含铁的...; XIV——含铁的...; XV——含铁的...; XVI——含铁的...
 1——阿卡尔金, 阿拉帕也夫; 2——布什维尔德; 3——瓦尔沙夫; 4——维尔布留日耶山; 5——上塔尔吉, 戈洛山; 6——南高加索; 7——伊特库尔;
 8——卡麦连茨, 肯皮尔赛的 SO 部分; 肯皮尔赛的其他部分, 克拉卡; 9——库利科夫; 10——库塔尔斯坦; 11——纳斯列德尼茨克, 下塔吉尔, 波布日耶, 薩拉諾夫; 12——塔吉尔-涅維揚; 13——烏斯比; 14——烏法列依, 哈巴尔宁, 哈利洛夫; 15——舍弗琴科夫。
 X——阿克采索里迪 (Акцессориды)。а——薩拉諾夫; б——南高加索;
 в——下塔吉尔 (Pt); г——肯皮尔赛 (除去 SO 部分); д——戈洛山; е——维尔布留日耶山; ж——哈巴尔宁; з——烏法列依; и——阿卡尔金; к——哈利洛夫; л——克拉卡; м——伊特库尔; н——肯皮尔赛 (SO 部分)。

种铬尖晶石类矿物是由 50% (分子) 的二价元素氧化物和 50% (分子) 的三价元素氧化物组成的。因此, 可以单独地用图表划出二价元素氧化物和三价元素氧化物含量的变化。在这种情况下, 三价元素有一个三组分系 (Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3) ; 所以就有可能利用三角形来表示。二价元素氧化物系较为复杂, 因为在铬尖晶石类矿物成分中可能有 MgO 、 FeO 、 MnO 、 ZnO 、 NiO 等存在。可是根据已有的资料, 后三种氧化物的含量很少 (千分之几至万分之几)。把 MnO 和 ZnO 与 FeO 合併, NiO 与 MgO 合併, 那么, 二价元素的氧化物就可认为是二组分系。

Г. А. 索科洛夫曾建议采用等边三角形来表示铬尖晶石类矿物的成分。三价元素氧化物 (Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3) 分别在三角形的顶点。三角形的三边相应地分成 50 等分。三价氧化物几何点根据氧化物之比例列入三角形内或列在三角形的一边。对二价元素氧化物, 该作者建议用下法划出。三角形内的几何点沿 Cr_2O_3 的等含量线 (亦即平行于与 Cr_2O_3 顶点相对的一边) 投在 Cr_2O_3 — Al_2O_3 这一边上。从 Cr_2O_3 的等含量线与三角形 Cr_2O_3 — Al_2O_3 这一边的交点引垂线, 在垂线上以既定比例尺标出 FeO 的含量。使垂线补足到 50% (分子) 的其余部分表示 MgO 的含量。实际上, 在元素的二价氧化物 (FeO 、 MgO) 的此种图表上标出向量是没有必要的, 只要标出分割这种向量线, 使各等分与 FeO 和 MgO 含量成比例的一点就够了。

可见, Г. А. 索科洛夫用图解法来表示铬尖晶石类矿物的成分在原则上是合理的, 并且也是简便的。

如果用这种图解法表示铬尖晶石类矿物的成分, 那末按二价和三价元素氧化物的组或各个氧化物在图表上比较所有画上的成分或其一定的成分是极方便的。这对于研究铬尖晶石类亚组的成分变化的规律性及其有限类质同象 (предел изоморфизма) 都具有极其重要的意义。此外, 使用了这种方法我们就不必去用辛蒲生、瓦赫罗美也夫、集明 (Зимин) 等人的假定分子式, 因为它达到上述目的是不够方便的。

本文作者较为广泛地从国内和若干国外的矿床中收集了有关造矿铬尖晶石类矿物和附生铬尖晶石类矿物化学成分的材料，因而今天有可能将Г. А. 索科洛夫結論中的統計学可能性提高一步。

P. E. 斯蒂文斯所著的“西半球某些铬铁矿的成分”(1944)一文，使作者对Г. А. 索科洛夫图表上应标上那些数值这一问题产生了某些新的见解。

这里，我们就斯蒂文斯提出的铬尖晶石类矿物化学分析结果换算方法及图表编制法简短地谈一下。

该作者把尖晶石的原子结构作为换算铬尖晶石类化学分析结果的基础。作者根据布拉格(Bragg, 1937)著作中的尖晶石类矿物基础晶胞公式(Формула элементарной ячейки) $8(\text{RO}:\text{R}_2\text{O}_3)$ 得出，在铬尖晶石类矿物基础晶胞中具有八个二价金属(Fe^{++} , Mg)的原子和十六个三价金属(Al 、 Cr 、 Fe^{+++})的原子。氧化物的重量百分数根据分析结果，通常换算成分子数。根据 SiO_2 、 $\text{TiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 等的数量来看，矽酸盐及其他伴生矿物(橄欖石、蛇紋石、綠泥石等等)是除外的。三价元素氧化物的分子总数为 16；二价元素氧化物的分子总数等于 8。根据每一氧化物的分子数确定该尖晶石基础晶胞中某一金属的原子数。

斯蒂文斯使用三角柱的立体图形来表示用这种方法求得的结果(见图 2)。该柱体的两底均为等边三角形，每边分成十六等分，使与尖晶石空间基础晶胞中的原子数相当，而在角的顶点分别标上 Cr 、 Al 和 Fe^{+++} 。角柱体的高应按选定的比例相当于八个二价金属的原子，并相应地分成八等分。角柱体的下底应相当于八个铁原子，镁原子等于零，而其上底则相反铁原子等于零，镁原子则是八个。要把所得结果填到绘于平面的立体图上是有些困难的，因此斯蒂文斯建議把角柱体划分成两个平面图：1)等边三角形(与Г. А. 索科洛夫的三角形相同)用来表示三价原子的；2)矩形，用向量表示二价原子(Fe^{++} 、 Mg)。后者乃是一个从标有符号 Cr 的两个顶点到标有 Fe^{+++} 和 Al 符号的对边平分角柱体的一个平面

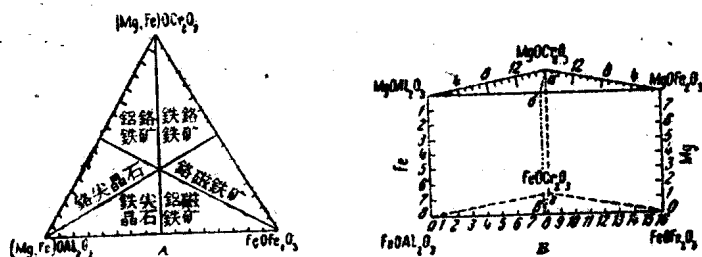


图 2 铬尖晶石类的分类和结构原理

(按斯蒂文斯)

A——铬尖晶石分类； B——铬尖晶石成分三角柱

(即平面 $ab\gamma\delta$, 图 2 B)。

这样，在用几何图形表示铬尖晶石类成分方面，斯蒂文斯和 Г. А. 索科洛夫一样，也是综合两个单独的平面图形来表示的。

Г. А. 索科洛夫在图表上用分子百分数表示出铬尖晶类的化学成分，而 Р. 斯蒂文斯则标上组成尖晶石类空间基础晶胞的原子数对比关系。尽管 Г. А. 索科洛夫和 Р. 斯蒂文斯的三价元素图表上表示尖晶石类成分的数值有所不同，但是它们的几何点 (фигуративная точка) 所在位置显然还是相同的。

在二价元素的矩形图表中，这些作者所标出的几何点不相重合，因为这些几何点投射在斯蒂文斯柱体的不同平面上，并且在方法上也略有区别。本文作者为了在统计上观察天然铬尖晶石类的成分，把上述两种方法稍加以结合运用。

在铬尖晶石类矿物的化学分析换算方面，作者采用了 Р. 斯蒂文斯的方法，其原因如下：

要正确地研究相当于第一性固态溶液 (твердый раствор 1-го рода) 矿物的有限类质同象，就不应根据假定分子式(辛蒲生等人)，也不能根据某种元素的氧化物(Г. А. 索科洛夫)，而要根据能在已确定的物质基础晶胞中作相互替代的原子。此外，这里用原子比例关系表示物质成分要比用分子百分数表示更为明显些。

我们不必因某一个尖晶石造矿组分的小数点数字而感到为难

(例如: 8.1 的鉻原子或 5.3 的鎂原子), 因为化学分析是表示很多基础晶胞的总和而不是一个晶胞。

可能, 在該鉻尖晶石类的晶粒中, 除了絕大多数原子成分相同的基础晶胞之外, 还有一些元素原子数量具有另一比例关系的基础晶胞。在某种程度上來說, 在不破坏晶架 [加謝尔 (Гассель), 1936] 的靜电强度下是可能的, 虽然这种差异就在薄片用光学方法也不能察觉。

为了用图解法表示鉻尖晶石类矿物的成分, 我們采用三角柱体的展开图; 其底部为一等边三角形。对三价元素來說, 这一图表与 P. 斯蒂文斯的图表是相同的。

三角形的上角标上 Cr, 左下角标 Al, 右下角标 Fe^{+++} 。为了表示二价元素 (Mg, Fe^{++}) 鉻尖晶石类矿物的成分, 应将 Cr 角和 Al 角之間和 Cr 和 Fe^{+++} 角之間的两条边展开成平面。而 Al 和 Fe^{+++} 之間的第三条边就不用展开, 其原因是由于 Al 和 Fe^{+++} 之間的类质同象不能直接表示, 是受較复杂的关系所約制, 这将在下面談到。

从頂点 Cr 引一条二等分綫将此三角形分成二等分。从分列于三角形左区的几何点引垂綫垂直三角形 Cr—Al 的边, 再从这一交点在矩形內引垂綫, 并按 Mg 和 Fe^{++} 原子数比例分划这一綫段。这样, 我們就得到了 Mg 和 Fe^{++} 的几何点。在三角形右区表示 Mg 和 Fe 鉻尖晶石成分的几何点也用同样方法求得。把三角形图表內的几何点引到 Cr— Fe^{+++} 边就是。

現在, 这里举出一种分析換算法 № 1 (見表 2) 为例。

为了研究天然鉻尖晶石类矿物的化学成分和有限类质同象, 作者利用了对苏联矿床的約二百个化学全分析以及斯蒂文斯著作中有关西半球鉻鉄矿矿床的五十个化学分析結果。此外, 还利用了布什維尔特 (Бушвельд) 鉻尖晶石类矿物和其他許多矿床的分析結果, 我們仅选择那些鉻尖晶石类矿物未受变質的分析結果, 它的标识是 $\text{R}_2\text{O}_3 : \text{RO}$ 的值不能超过 1:1。

图 3 (以及 3a) 是說明造矿鉻尖晶石类矿物和附生鉻尖晶石类矿物的綜合性資料。

表2 在图上鉻尖晶石类数量化学分析数据的計算方式
(据斯蒂文斯)

氧化物	重量百分比	分子数	除去的蛇紋石分子数	剩余的分子数	剩余的重量	重量百分比	分子数	$R_2O_3:RO$	調整 $R_2O_3:RO$ 到1.0	晶中的原子数 每一元素在基晶
SiO ₂	1.05	.017	.017	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	31.46	308	—	308	31.46	32.0	312	576	312	Al—8.7
Cr ₂ O ₃	35.43	233	—	233	35.43	36.0	237	576	237	Cr—6.7
Fe ₂ O ₃	4.26	027	—	027	4.26	4.3	27	559	-6 21	Fe ⁺⁺⁺ —0.6
FeO	11.77	164	—	164	11.77	12.0	167	559	+12=179	Fe ⁺⁺ —2.5
MgO	16.43	411	025	386	15.40	15.7	392	559	392	Mg—5.5
+H ₂ O	0.30	017	017	—	—	—	—	—	—	—
总和	100.8	—	—	—	98.32	100.0	—	1.03	—	—

在这一图表上我們用各种綫条控制了三价和二价金属原子儿何点分布的范围。对于三价金属我們得到了一条曲綫,它的形状和位置与Г. А. 索科洛夫图上的曲綫完全相同(見图1)。

因此,根据这些較广泛的資料,Г. А. 索科洛夫关于天然鉻尖晶石类三价元素的实验性有限类质同象的結論得到了証实,它的定义是“在鉻尖晶石类矿物中 Fe⁺⁺⁺ 的最大含量和 Al 的含量成反比,或者說 Al 的含量越高,那末在这一鉻尖晶石类成分中 Fe⁺⁺⁺ 的含量就越低。

二价元素的实验有限类质同象在图表上表示了两个区域,同时它們也表示出 Mg 和 Fe⁺⁺ 的数量和 Cr、Al、Fe⁺⁺⁺ 比例之間极有趣的关系,当三价元素中鋁和鉻的成分占多数而三价鉄的含量极少时(少于2.6个原子),那末这种鉻尖晶石类矿物就具有这样的特点,即鎂的含量随 Al 的含量增大而增加(而 Fe⁺⁺ 則减少)。

当三价元素中 Cr 和 Fe⁺⁺⁺ 的成分占多数,Al 占少量(小于2.6个原子)时,那末这种尖晶石类矿物的特点就是 Fe⁺⁺ 的含量随 Fe⁺⁺⁺ 含量的增加而变大(而鎂則减少)。

因此,鎂的最大含量与含大量鋁的鉻尖晶石类矿物有关。随着鉻尖晶石类矿物过渡到富含鉻的尖晶石类矿物时,鎂的含量稍有下降(而二价鉄則增加)。在富含三价鉄的鉻尖晶石中,鎂的含量則显著下降。

这点結論能闡明造矿鉻尖晶石类矿物成分与母岩成分之間的成因关系。

根据对二价元素有限类质同象較正确的統計及用于鉻尖晶石类矿物含鉄变种的較广泛的資料,作者对Г. А. 索科洛夫的鉻尖晶石类的分类作了某些修改和补充。現在讓我們来看一下Г. А. 索科洛夫的图表(图1)以及他所提出的矿物种类,亚种及变种的綜合表格(表1)。首先我們看一下作者在三角形內对三价元素 Cr、Al、 Fe^{+++} 所划分出的矿物种类和亚类的区域。他划分出十二个区域,其命名如下:

- | | |
|------------|-----------|
| 一、鉻尖晶石 | 二、鋁富鉻尖晶石 |
| 三、富鉻尖晶石 | 四、鋁鉻鉄矿 |
| 五、鉻鉄矿 | 六、富鉄鉻尖晶石 |
| 七、富鉄鋁富鉻尖晶石 | 八、富鉄富鉻尖晶石 |
| 九、富鉄鋁鉻鉄矿 | 十、富鉄鉻鉄矿 |
| 十一、高铁富鉻尖晶石 | 十二、高铁鉻鉄矿 |

我們的修改意見可归納如下:

1. VI区,也就是富鉄鉻尖晶石亚种区,对鉻尖晶石类矿物的种及亚种的分类只有假設的意义,因为該区已超出三价元素类质同象的實驗界限(因而,这种成分的鉻尖晶石类矿物沒有它的变种)。

2. “高铁富鉻尖晶石”(VI区)的这一矿物名称不大合适,因为 Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 三种氧化物只占 50% (分子),而 Cr_2O_3 不少于 25% (分子),甚至达 37.5% (分子)(或根据我們的图表来看,在 16 个原子中 Cr 占有 8—12 个)。这一种矿物称之謂“高铁鋁鉻鉄矿”比較正确。

3. 我們完全同意必須根据鉻尖晶石类矿物中三价鉄的不同含量来区分鉻尖晶石类矿物成分的意見。因为这样做,就能用矿物

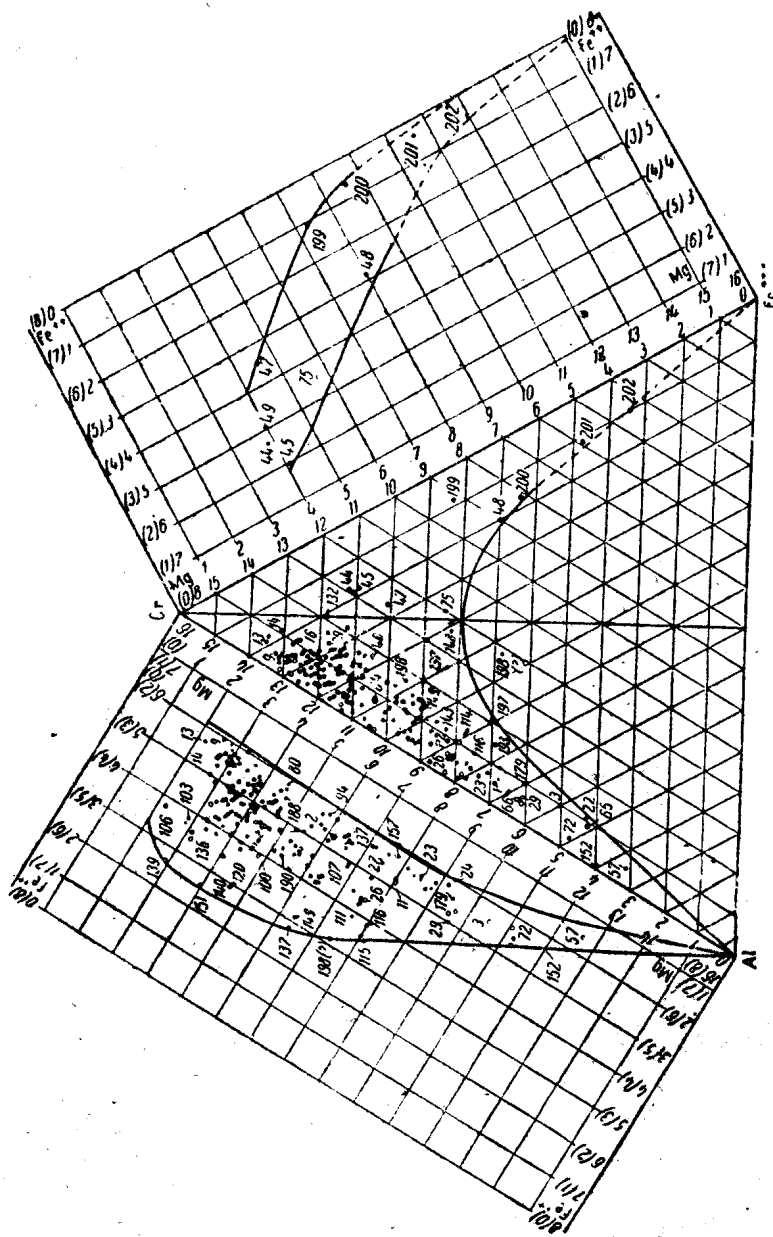


图3 造矿和附生锱尖晶石类矿物成分综合图解
编制者 H. B. 巴甫洛夫