

工业矿物原料丛书

铬铁矿

〔苏联〕C.C.戈尔拉諾夫 著

傅 蔭 平 譯

中国工业出版社

本书扼要地介绍铬的性质及其应用范围、含铬的工业矿物、铬铁矿床的工业类型、矿石的工业要求及质量试验等。
可供地质人员及地质院校师生参考。

本版由傅蔭平译，朱凯、段克勤、李明等校。

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
К КАЧЕСТВУ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
СПРАВОЧНИК ДЛЯ ГЕОЛОГОВ ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ
(ПЕРЕРАБОТАННОЕ)
ВЫПУСК 15
ХРОМИТ
Госгеолтехиздат 1963

* * *

工业矿物原料丛书

铬 铁 矿

傅 蔭 平 译

*

地质部地质书刊编辑部编辑 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $15\frac{1}{16}$ ·字数25,000

1965年2月北京第一版·1965年2月北京第一次印刷

印数0001—3210·定价(科四)0.16元

*

统一书号: 15165·3806 (地质-314)

第二版序言

以“工业矿物原料丛书”这个总名称出版的地质人员参考书，是由全苏矿物原料研究所主编，并由国家地质书籍出版社出版的。这套丛书第一版的编写和发行大约是十年以前的事情了。

为了满足地质人员的要求，全苏矿物原料研究所已经根据苏联和国外科学技术的新成就着手丛书第二版的编写工作。写作大纲仍然与以前相同。

在丛书中扼要地阐明矿产的性质和应用范围、矿物成分、矿床类型、工业矿石类型和初步加工方法以及对工业矿石的技术要求（标准、主管机关的技术条件、生产实践的资料，等等）、样品和标本的野外研究方法、表示该采矿工业部门发展动态和当前状况的最重要的经济资料。

丛书将针对每一种矿产分册出版，篇幅从1到3个印张，总计大约有60册。

本丛书第二版各册的编号，不管出版时间的先后，一律保持第一版的顺序。

目 录

第二版序言

第一章	鉻及其性质	1
第二章	鉻鉄矿的应用范围	4
第三章	含鉻的工业矿物	13
第四章	矿床的工业类型	15
第五章	鉻鉄矿矿石的工业类型及工业的质量要求	18
第六章	鉻鉄矿矿石的选矿	26
第七章	鉻鉄矿矿石的质量試驗	28
第八章	一些經濟資料	30
参考文献		37

第一章 鉻 及其 性 质

鉻与化学性质相似的鈹和鎢都是在元素周期表的第Ⅵ类中。鉻是法国化学家 П. 沃克林于1797年在“西伯利亚紅色鉛矿” $PbCrO_4$ ——烏拉尔別列佐夫斯克的鉻鉛矿中发现的，并因鉻化合物的鮮艳顏色而得名（希腊文的 $\chi\rho\omega\mu\alpha$ ——顏色）。純金属鉻是由 P. 朋泽于 1854 年电解鉻的氯化物溶液获得的。A. 穆阿桑于 1893 年用电炉炼出了含碳鉻鉄，1898 年 Г. 戈尔德施米特用鋁热法取得了脫碳鉻。

鉻是一种光亮的銀白色金属，在常溫下的空气中逐漸稍稍失去光泽，表面形成一层氧化薄膜而轉变为稳定状态。純鉻具有机械加工性能，但如含杂质将会变脆。在正常溫度下，鉻在空气和水中都是稳定的，不会受到腐蝕，但在 1800—2000°C 下的氧气中会燃烧而形成氧化物 Cr_2O_3 。

鉻的主要物理性质

立方体心格子，晶胞参数	2.871 Å
原子量	52.01
原子直径	2.57 Å
离子半径	0.64 Å
20°C 时的比重	7.19 克/立方厘米
熔点	1800°C
沸点	2327°C
20°C 时的比热	0.11 卡/克·度
导热率	0.07 卡/厘米·秒·度

在20—100°C时的线膨胀系数	6.7×10^{-6}
布林涅尔硬度	217—236公斤/平方毫米
莫氏硬度	4—5
零度时的电阻率	15.25×10^{-8} 欧米·厘米
18°C时的磁化率	3.7×10^{-6} 立方厘米/小时
电离势	6.7 电子伏特
电子逸出功	3.72 电子伏特
能量常数	4.75

在高温条件下 (1800°C 以上), 铬能直接与卤素、硫、氮、硅、磷及其它某些元素化合。在常温下铬容易同稀酸发生反应。已知有二价、三价、五价及六价铬的化合物, 其中以三价铬的化合物最稳定。六价铬的化合物, 其中包括铬酸盐, 具有强烈的氧化性质。目前已知铬有将近 300 种化合物, 其中有重要实际意义的是铬的氧化物 Cr_2O_3 、铬酸酐 CrO_3 、铬酸盐及已用于很多工业部门的重铬酸盐。

自然铬由四个安定同位素组成: Cr^{50} (4.31%), Cr^{52} (83.76%), Cr^{53} (9.55%) 及 Cr^{54} (2.38%)。各同位素的总电子数是: Cr^{50} —26, Cr^{52} —28, Cr^{53} —29 及 Cr^{54} —30。用人工可以获得具有不同半衰期的铬的放射性同位素 (见表 1)。

铬的重量克拉克值为 8.3×10^{-3} (Виноградов, 1962), 约为铁的克拉克值的 $1/66$, 但是在富矿中铬的含量为其克拉克值的 400—500 倍。铬还少量的存在于动物和植物中。铬的离子是一种色素。某些宝石和细工石料的红色为含铬的混入物所引起。三价的铬离子呈紫色和绿色。阴离子 $[\text{CrO}_4]^{-5}$ 显翠绿色, 阴离子 $[\text{CrO}_4]^{-3}$ 显浅黄色和橙色。

现今高强度结构钢、耐酸钢、不锈钢、耐热钢、工具钢 (包括高速切削钢) 及其他特种钢的生产都以含铬的铁合金

鉻的同位素

表 1

同 位 素	所占比例(%)	轉 变 类 型	半 衰 期
Cr^{46}	—	?	1.1秒
Cr^{47}	—	?	0.4秒
Cr^{48}	—	电子捕获	23小时
Cr^{49}	—	?	41.7小时
Cr^{50}	4.31	稳定的	—
Cr^{51}	—	电子捕获	27.75日
Cr^{52}	83.76	稳定的	—
Cr^{53}	9.55	稳定的	—
Cr^{54}	2.38	稳定的	—
Cr^{55}	—	—	3.62分

为基础。含碳、含鈷或含銀（鈷鉻鎢合金）的鉻合金用于制造切削工具，鉻鎳二元合金（鉻鎳合金）用于制造高溫装置和热电偶的电阻絲。加入硅和鋅的銅鉻合金用于制做电焊条，含鉻的銅合金广泛用来生产无軌電車及电訊方面的导綫、电触点、彈簧及化学工业用的軋制的半成品。加鉻的含鉑合金能提高合金的抗腐能力。

在鋼制品表面上，特別是在各种用具表面上通过电解或置換沉淀的办法涂上鉻后，能增强它們的硬度、耐磨性及在高低溫度下的抗氧化的能力，这是由于鉻具有变成鈍态、因而在酸里也不溶解的性能。鍍鉻使反射器的鏡子具有更大的反射能力，还能减少气体介质的不良影响（比銀好）。

鉻的化合物用于制造顏料、煤染剂、鞣料、接触剂及其他的化学葯品。鉻的放射性同位素 Cr^{51} 已在医药上应用。

有工业价值的鉻矿，仅同超基性岩，特別是同純橄欖岩有关。橄欖岩的三氧化二鉻含量可达 3—4%，輝石岩可达 0.4%，而花崗岩不超过十万分之几。地壳中的鉻約有 99.9%

为氧化物，称为铬尖晶石类矿物。由于这种原因，铬属于亲石元素，不过在有硫而缺氧时，它也表现亲铜的性质（同硫有亲和力）。铬尖晶石类矿物或一般所称的“铬铁矿”，是获取金属铬、含铬合金、铬盐及某些高级耐火材料的唯一矿物原料。

第二章 铬铁矿的应用范围

铁合金、耐火材料及铬盐等生产部门是铬铁矿的主要用户。

在革命前的俄国，化学工业曾是铬铁矿的主要消费部门，消耗量约占全部原料的60%。下余的40%用于冶金炉和机械工厂做耐火材料。冶炼优质钢所用的铬铁合金则长期依靠进口。在苏联，铁合金的生产是在第二个五年计划初期开始的，并随着优质钢产量的增长得到了迅速发展。目前，苏联铬铁矿的消费以生产铬铁合金占首位，耐火工业占第二位，化学工业占第三位。

美国铬铁矿的消费情况，大体上同苏联的情况相似。例如，在1959年美国冶金工业用了近60%的铬铁矿，生产耐火材料用了约29%，化学工业约11%。

铬铁的生产 据现行的国定全苏标准4757—49，铬铁的品种主要根据碳的含量，划分六类和13种合金牌号（详见表2）。

此外，在特殊用途的铬铁类中，铝的含量有限制，其含量不得高于Xp 61牌号——0.6%，而Xp 62和Xp 41——0.7%。

美国生产三种主要牌号的铬铁（见表3）。

表 2

鉻 鐵 合 金

(据国定全苏标准4757—49)

鉻 鉄 类 別	牌 号	Cr 不低于	C	Si			P	S	N 不低于
				低	中	高			
				不 高					
微碳鉻鉄	Xp 0000	65	0.06						
	Xp 000	65	0.07—0.10				0.06	0.04	—
	Xp 00	60	0.11—0.15	1.0	1.5	—			
低碳鉻鉄	Xp 0	}	0.16—0.25						
	Xp 01		0.25—0.50	1.5	2.0	3.0	0.06	0.04	—
中碳鉻鉄	Xp 1	}	0.51—1.0						
	Xp 2		1.1—2.0						
	Xp 3		2.1—4.0	—	2.5	3.0	0.10	0.04	—
高碳鉻鉄	Xp 4	65	4.1—6.5						
	Xp 6		6.6—8.0	2.0	3.0	5.0	0.07	0.04	—
特种微碳鉻鉄	Xp 61	}	到0.04						
	Xp 62		到0.04	—	0.8 1.0	—	0.02 0.03	0.03	—
氮化鉻鉄	Xp n1	70	到0.05	—	1.0	—	0.03	0.03	0.90

美国的铬铁成分
(据1954—1956年記載)

表 3

铬铁牌号及规格	含 量, %				
	Cr	C	Si	S	P
	不低于	不 高 于			
高碳的P-11e-E号规格	65.0	4.0—6.0	1.5	0.1	0.04
少碳的P-11a号规格	65.0	0.1	1.5	0.1	0.04
含硅的P11c号规格	39.0	0.05	42.0—	0.05	0.05
	41.0		46.0		

合金中铬的含量, 主要决定于矿石的 $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ 比和生
产合金的方法。炼铬铁的复杂性及其成本, 是随着含碳量的
减少而增加的, 因此, 炼钢时倾向于利用允许含碳量最高
的、较廉价的铬铁。

例如, 应用高碳的铬铁生产含铬低、含碳高的结构钢及
工具钢。中碳铬铁和低碳铬铁用来制造低碳结构钢、滚珠轴
承钢、弹簧钢及其他合金钢。微碳铬铁用于冶炼高铬低碳的
合金、不锈钢的耐酸钢、耐热钢以及电阻合金。

如果铬合金的含铁量, 必须严格限制, 则用金属铬来炼
合金, 其牌号据国定全苏标准5905—51, 分为三个(X0、X1
和X2), 化学成分的允许变化范围, 分别为(%): 铬98.5、
98.0、97.0 (下限), 铁0.6、0.8、1.2, 铝0.5、0.7、0.8,
硅 0.4、0.5、0.5, 铜 0.06、0.06、0.1, 碳 0.03、0.05、
0.06, 磷0.02、0.03、0.05, 硫0.02、0.04、0.05(上限)。

目前, 大多数的铬铁, 是用电炉炼的。小部分不是用电
炉生产的。

鉻鉄的生产是用品位富的原矿或精矿，加熔剂和还原剂炼成的。通常采用的还原剂为碳、硅或鋁。

碳素鉻鉄是用鉻鉄矿、焦炭及熔剂等配成的炉料炼成的。矿石中的氧化鉻被碳逐步还原 $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CrO} \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Cr}_7\text{C}_3$ ，总的反应式为： $7\text{Cr}_2\text{O}_3 + 27\text{C} = 2\text{Cr}_7\text{C}_3 + 21\text{CO}$ 。同时氧化亚鉄也被碳还原，反应式为： $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ 。

金属鉄熔化于碳化鉻中，并构成碳素鉻鉄。碳素鉻鉄常在有鎂砖內衬的豎式电弧炉中进行冶炼。

中碳鉻鉄主要利用硅还原鉻鉄矿石获得的。硅热法所依据的反应式是： $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Si} = 4\text{Cr} + 3\text{SiO}_2$ 及 $2\text{FeO} + \text{Si} = 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$ 。硅以高硅的硅鉄(90%Si)形式或硅 鉻鉄(27—33%Si)的形式进入炉料。第二种制取中碳鉻鉄的方法，就是利用氧化渣脫碳来精炼碳素鉻鉄。这种方法的根据是硅有一定的能力使金属合金脫碳。制取中碳鉻鉄的第三种方法，就是用氧气吹炼熔融的金属。利用氧气精炼碳素鉻鉄在特殊结构的迴轉炉內或者在电炉內进行。在冶炼过程要用高度稳定的耐火材料所制成的炉衬。

低碳鉻鉄和微碳鉻鉄常...是利用硅鉻鉄(含Si43—53%)中的硅还原鉻鉄矿炼成的，冶炼在电弧炉里加上生石灰进行。

含碳小于0.05%、含鉻大于70%的鉻鉄，則采用炉外的鋁热法来制取。以此法冶炼所用的鉻精矿含 Cr_2O_3 不小于45%， $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO} > 3.0$ 。这种方法的原理是用鋁还原氧化鉻和氧化鉄。鉻精矿和鋁粉的混合物事先加热到350—400°C，然后借助于着火物使其燃烧。熔炼过程的外热反应，在氧化鋁形成的同时，放出大量的自由能。如果預先加热一下炉料，就可以节约部分鋁粉，并能得到优质高鋁炉渣(高鋁炉渣已

表 4

美国金属铬的化学成分

(据1956年10月P.96号规格)

制 法	合 量, %													
	C _r 不低于	Fe	Al	C	Si	S	P	Pb	Cu	O+H+N	O	N	H	其他
							不	高	于					
电解法	99.20	0.20	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.003	0.01	—	0.50	0.03	0.008	0.01
铝热法	98.75	0.27	0.25	0.06	0.20	0.03	0.03	0.01	0.02	0.12	0.08	0.04	0.01	—

成功地用作生产快凝矾土水泥的附加料)。铝热反应是否能顺利的进行,在很大程度上取决于炉料粒度的均匀度(铬铁矿颗粒小于0.01毫米,铝粉不大于0.5毫米)。冶炼是在涂有镁粉的坩锅中进行的。铝热法制取铬铁的优点,在于能节约电力,并能制出高铬(70—78%)低碳的合金,另外还能对矿石中的铬,充分加以利用(70—75%)。

金属铬的工业生产用下列三种方法中的任何一种方法:(a)硅热法(是最便宜和最广泛的),反应式为 $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Si} \longrightarrow 4\text{Cr} + 3\text{SiO}_2$ 。制成的金属含99%的铬、0.8%的硅,其他成分(包括铁和碳)共0.2%。(b)铝热法(较贵的)反应式为 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 。金属含99.0%的铬、0.8%的 Al_2O_3 ,其他成分(包括铁和硅)共0.2%。(c)电解法(最贵的),采用电解铬酐溶液或铬的硫酸盐溶液,来获得金属铬。美国工业生产的金属铬,其化学纯度列入表4。

由表4可以看出,工业金属

鉻都含杂质，所以是脆的。实际上这样的鉻既不能鍛也不能軋。因此，近几年来特別注意改进鉻的生产方法，以期能够获得可鍛的超純鉻。据 克罗腊 1960 年的資料，“碘化法”（通过 CrI ）就是一种新的方法。由此法得到的产品，含鉻达 99.997%（即其中杂质总含量不超过 0.003%）。延伸率等于 44%，如再經過电弧重炼后，在溫度 20°C 时，可經受 180° 的弯曲。用改良以后的电解法得到的金属鉻，其氧的含量不超过 0.005%，氮的含量低于 0.002%，金属杂质仅为痕量（Dinnin, 1959）。

含碳很低的（小于 0.06%）鉻鉄，是在高真空的条件下用各种氧化物精炼細碎的碳素鉻鉄而得到的。

鉻鉄生产对于矿石中 Cr_2O_3 的最低含量、 $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ 的容許比值（必須將矿石中全部鉄都換算成 FeO ， Fe_2O_3 換算成 FeO 乘以 0.9 即得）、矿石的物理性质及夹石的成分等，都有一定的要求。原矿的 Cr_2O_3 含量决定着冶炼合乎质量要求的合金所消耗的矿石数量。冶炼 Cr_2O_3 品位低的矿石，会增加炉渣的数量，浪費电力，鉻鉄不合格，降低炉子的生产能力与矿石內鉻的回收率。为了获得含鉻 60% 的鉻鉄合金，原矿石的 Cr_2O_3 含量应不低于 40%。合金中鉻的含量，是随矿石或精矿中 $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ 比值的增加而增加的。 $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ 比值应不低于 2.5。

用电炉法和鋁热法熔炼低碳和微碳鉻鉄，所用矿石必須是矿粉或精矿粉。用其他方法制取鉻鉄，所用矿石可以完全用矿块，或者搭配一些矿粉。

夹石的成分及其含量决定着生产单位金属的出渣量，即影响冶金的经济效果及加入炉內以保証造渣和流动性的熔剂数量。

从1925年以后，工业上广泛地利用合金生铁生产专门用途的铸件，合金生铁包括含铬生铁、铬镍生铁、铬镍铜生铁和铬镍硅生铁等。含铬生铁的强度高、耐热、耐酸、不氧化，还有其他一些性质，因而可以用于化学工业、焦炭、冶金、锅炉、涡轮机制造及电器工业等方面。

用高炉生产含铬生铁，可以使用含 Cr_2O_3 35—40% 的铬铁矿石。

耐火材料的生产 利用自然状态的铬铁矿，亦即利用形状比较规则的矿块做耐火材料，其用量很有限。例如，薩拉諾夫的矿石，有时也用来砌筑馬丁炉的后壁及消除炉床的小的损坏，等等。由铬铁矿加上粘合剂所制成的铬质耐火材料及由大致等量的铬铁矿和菱镁矿制成的铬镁耐火材料，在工业上广泛的利用着。

铬质的耐火材料和铬镁质的耐火材料之所以有价值，是因为具有下列一些性质：

(1) 熔点高(約2000°C)。

(2) 对任何成分的炉渣都稳定。

(3) 在高温下(約达 1700°C) 能保持固有的体积，不发生收缩。

铬质耐火材料主要被用在馬丁炉里做酸性硅砖内衬与碱性镁砖内衬之間的中性衬垫物。铬镁质耐火材料用做炼钢炉和加热炉的砌体，也用做焙烧水泥熔块、菱镁矿和白云岩的迴轉炉的内衬。这种类型的耐火材料，用来砌馬丁炉的炉頂有着特殊的意义。因为使用铬镁砖砌成的炉頂，冶炼的次数比使用硅砖增加 1—2 倍，这样就能够提高生产过程的温度制度，并加快炼钢的速度。

用有机或无机粘合剂的铬砖，其承压变形温度相当低，

热稳定性也差。

使用一种被称为镁橄榄石粘合剂的制造高级铬砖的方法，是比较通用的。它的配料中有铬铁矿、焙烧过的纯橄榄岩及轻烧镁砂或冶金镁砂。在烧砖时形成一种熔点很高的（ 1890°C ）镁橄榄石，它把铬铁矿成分胶结一起。因此，这种耐火砖特别坚固并耐高温。

在高温下，铬镁砖比铬砖具有更高的耐热性和机械强度。铬镁砖分为普通的、耐热的和烧成的三种制品。普通的铬镁砖，是用大致等量的铬铁矿与冶金镁砂组成的配料做成的。先将配料磨碎，充分拌匀，放一定时间后再搅拌，随后压成砖坯。砖坯经过晾干后再焙烧即成。

耐热的铬镁砖（致密的方镁石-尖晶石制品），系采用帕纳林的工艺规程制成的。它的配料是由2毫米大小的焙烧过的菱镁矿和按1:1—4:1混合的铬铁矿与菱镁矿粉（小于60微米）的混合物组成的。然后在铬镁质的配料里加入粘合剂——亚硫酸盐酒精废液。所得到的制品，压强高于1000公斤/平方厘米，耐热能力大于 1650°C 。还有一种根据弗连克耳的工艺规程制成的高温铬镁砖，其稳定性更大，但目前尚未投入生产。

最近几年来，薩拉諾夫矿床的铬矿细粉，被一些鑄造車間用来做成水浆涂在石英砂和粘土做成的鑄型表面。涂上铬铁矿粉可以减少鑄件烧焦鑄型，这样就可以省去一道表面处理工序。

用于耐火材料的铬铁矿，对其化学成分，在个别情况下对其块度均有一定的要求。要求矿石最低品位为 Cr_2O_3 不低于32%，有害的成分（参看表7）为氧化硅、氧化钙及三氧化二铁。矿石里含有碳酸盐是非常有害的。在矿石里 CaO 含

量的增加，会导致耐火砖在焙烧时发生形变并互相熔接，以致不能在高温下进行焙烧。

铬盐生产 铬铁矿在化学工业上主要用来制造重铬酸钠 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，其次用来生产重铬酸钾 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

重铬酸盐是铬铁矿经过化学加工后的最初产品，但它也做为最终产品，直接用于各工业部门（制革工业上做鞣料、纺织工业上做染色剂以及用于油漆颜料工业等）。此外重铬酸盐还是生产许多铬化合物和制剂的原料，其中最重要的是铬酸钠、铬酸钾、铬酐及氧化铬等。

生产重铬酸盐的实质，就是把三价铬 (Cr_2O_3) 氧化成六价的铬 (CrO_3)，以获得钾或钠的铬酸盐。这种过程是将铬铁矿同硷金属和硷土金属的化合物一起放在火焰炉中氧化煅烧而得到的。将所得的铬酸盐熔体溶于水，并用硫酸处理，制成相应的重铬酸盐。

例如，生产重铬酸钠时，其炉料的成分如下：铬铁矿、煅烧纯碱、白云岩或石灰。按照工艺过程的技术条件需要把原料磨得极碎，特别是铬铁矿石。

在生产过程中，除成品——重铬酸钠外，尚可获得下列各种化合物：克罗马尔铝铬合金、硫酸钠和滤出的废物。

铬铁矿中， Al_2O_3 和 SiO_2 含量过高时，对生产过程会产生有害的影响，因为这些氧化物同苏打结合，即生成钙的铝酸盐和铝硅酸盐，因而使矿石之分解发生困难，并降低炉中铬的氧化率。

苏联过去生产铬盐所使用的铬矿石含 Cr_2O_3 34—37%。处理这样的矿石时，铬的回收率不超过60—65%，而生产一吨重铬酸盐消耗的矿石量是2.3吨。如果处理 Cr_2O_3 品位高的铬铁矿，铬的回收率可达90%，生产一吨重铬酸盐消耗的

鉻鉄矿量可以降低到 1.5 吨。可見用品位高的矿石做生产重鉻酸盐的原料，有可能在相同的設備条件下提高产量，节省原料、电力、燃料及劳动量。

对重鉻酸盐生产來說，任何一种物理状态的矿石都是适合的，但最好是采用毋須再花費劳动力进行破碎的粉状矿石或疏松矿石。

第三章 含鉻的工业矿物

自然界中已发现的含鉻矿物将近 30 种，其中只有鉻尖晶石类中少数几种矿物具有工业意义。鉻尖晶石类矿物有好几个分类，它是由不同的学者 (A. E. 鮑尔迪列夫、Г. A. 索科洛夫、C. A. 瓦赫拉麦耶夫、E. 西姆普桑) 提出的。需要詳細研究这一問題时，請參看有关文献，特別是 Г. A. 索科洛夫的著作 (1948 年)。只要掌握鉻尖晶石类中有工业价值的几种主要矿物，在评价鉻鉄矿的质量时，对解决实际問題就够用了。

鉻尖晶石类矿物的通用化学式为 $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$ 。鉻鉄矿的质量，主要决定于 Cr_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 和 Al_2O_3 等氧化物的比例关系。鉻尖晶石类矿物属等軸晶系、六八面体对称式。晶体构造同尖晶石相似， $a_0 = 8.18$ (鎂鉻鉄矿)； $a_0 = 8.24 - 8.26$ (硬鉻尖晶石)。在自然界有八面体的小晶体，常見的是圓形的或不規則的顆粒及致密的粒状集合体。尖晶石类矿物呈黑色，薄片透明，呈棕紅色到紅色，如果含 FeO 及 Fe_2O_3 很高时，薄片不透明。条痕为褐色，具金属光泽，无解理。硬度 5.5—7.5，比重 4.0—4.8。