

金川镍矿 工艺矿物与工艺关系

1987

金 川 镍 钻 研 究 所
峨眉 郑州矿产综合利用研究所

43

内 容 简 介

金川镍矿已投产廿多年，在生产和科研中积累了大量的选冶工艺与矿物关系的数据和资料。本书内容就是对这些数据和资料归纳、取舍、总结、对比和提高，阐述了矿物在选冶工艺过程迁移及变化的规律。在资料搜集中以取为主，舍为副，重实际资料，让大家进一步推敲的原则。前六章为选矿工艺矿物学；后四章为冶炼工艺矿物学。可供从事于以铜镍为主的多金属矿的生产、科研、教学及设计工作者参考。

前 言

金川镍矿是多金属共生的硫化镍矿，它的探明，不仅使我国硫化镍矿产资源一跃而居世界前列，而且也使国内短缺的钴和铂族金属资源有极大增长，金川镍、钴、铂族金属生产基地的建成投产，改变了我国缺镍、少钴、无铂的状况，生产规模正按国民经济发展的需要逐步扩大。

金川镍矿是国内规模最大的硫化镍矿床，金川有色金属公司又是国内唯一从采矿、选矿到冶炼提取镍、铜、钴、金、银、铂族金属的联合企业。为了使丰富的矿产资源得到最大限度的利用，无疑需要充分了解矿石矿物的工艺性质，了解这些矿物成分在不同选冶工艺条件下的变化规律，以更好地研究工艺机理和有效地选择合理的工艺条件，达到提高矿产资源综合利用的目的。

编写《金川镍矿工艺矿物与工艺的关系》，目的是使有关科技、设计、生产人员更好地了解和指导、开发金川镍矿的矿产资源。

本书是在原甘肃省地质局第六地质队勘探金川硫化铜镍矿床时进行的地质、岩石、矿物工作及金川有色金属公司与全国十余所研究院所、大专院校长期合作，进行金川镍矿硫化铜镍矿石及选冶提取工艺过程物质组成研究的基础上，由地质矿产部综合利用研究所朱惠娟、周满庚、柳云仙、黄亚琴、葛书华；金川镍钴研究所王瑞琦、印光宇、余美凤、周贵珍、杨润民、金在森等同志分别进行部分内容的编写，然后由金在森、葛书华重新编写成文。第一至第六章由金在森编写，第七章至第十章由葛书华编写。再由金在森、印光宇、葛书华修改定稿。

编写中参考和利用了兰州中心实验室、地矿部地质科学院、西北矿产地质研究所，中国科学院地球化学研究所、兰州地质研究所、兰州近代物理研究所，冶金部长沙矿冶研究院，中国有色金属工业总公司北京矿冶研究总院、西北矿冶研究院、北京有色金属研究总院、桂林有色冶金地质研究院、中南矿冶学院、昆明冶金研究所及金川有色金属公司所属各厂矿等单位，有关工艺矿物的生产和研究资料，以及其它单位发表过的资料。

《金川镍矿工艺矿物与工艺的关系》作为一项专题科研成果，由中国有色金属工业总公司组织有关专家进行并通过了鉴定，参加鉴定的专家一致建议作适当修改后在内部出版发行，使其对同类型矿产资源的开发利用及工艺过程中工艺矿物研究工作的开展有所借鉴，在出版之际谨向提出修改意见的专家、为金川镍矿资源开发利用辛勤工作和关心该项工作的同志，致崇高敬意和衷心感谢。

目 录

前 言

第一章 矿产资源	(1)
第一节 矿区地质概况.....	(1)
第二节 含矿岩体的规模及产状.....	(3)
第三节 含矿岩体的岩相划分.....	(3)
第四节 含矿岩体的蚀变.....	(5)
一、蛇纹石化.....	(5)
二、绿泥石化.....	(5)
三、滑石——碳酸盐化.....	(6)
第五节 铜镍矿体的成因类型及赋存位置.....	(6)
一、熔离矿体.....	(7)
二、熔离——贯入矿体.....	(7)
三、晚期贯入矿体.....	(7)
四、接触交代矿体.....	(7)
第六节 铜镍矿体圈定的工业指标及矿石工业类型.....	(8)
一、硫化矿石.....	(8)
二、混合矿石.....	(9)
三、氧化矿石.....	(9)
四、矿体最小可采厚度.....	(9)
五、矿体夹石最大允许厚度.....	(9)
第七节 矿床中有益伴生元素的分布及与铜镍的关系.....	(11)
一、有益伴生元素的种类及含量.....	(11)
二、主要有益伴生元素与主元素铜镍的关系.....	(11)
1. 钴.....	(12)
2. 铂、钯、金、银.....	(12)
3. 钼、铌、钽、铈、.....	(12)
4. 硫、硒、碲.....	(13)
5. 铬.....	(13)
第八节 各矿区矿产资源特点.....	(13)
一、一矿区.....	(13)
1. 矿区规模.....	(13)

2.主要岩相分布·····	(14)
3.矿体类型及铜镍主矿体的分布·····	(14)
4.有益伴生元素的分布·····	(17)
二、二矿区·····	(18)
1.矿区规模·····	(18)
2.主要岩相分布·····	(21)
3.矿体类型及铜镍主矿体的分布·····	(21)
4.有益伴生元素的分布·····	(22)
三、三矿区·····	(24)
1.矿区规模·····	(24)
2.主要岩相分布·····	(24)
3.矿体类型及铜镍主矿体的分布·····	(24)
4.有益伴生元素的分布·····	(25)
四、四矿区·····	(25)
1.矿区规模·····	(26)
2.主要岩相分布·····	(26)
3.矿体类型及铜镍主矿体的分布·····	(26)
4.有益伴生元素的分布·····	(31)
五、各矿区矿产资源特点简要对照·····	(31)
第九节 金川硫化镍矿产资源在国内外镍矿产中的地位·····	(33)
第二章 矿石中元素的赋存状态 ·····	(36)
第一节 主金属元素——镍、铜·····	(36)
一、镍Ni·····	(36)
二、铜Cu·····	(39)
第二节 贵金属元素·····	(39)
一、铂Pt·····	(40)
二、钯Pd·····	(41)
三、钌Os、铱Ir、钉Ru、铑Rh·····	(41)
四、金Au·····	(42)
五、银Ag·····	(42)
第三节 分散元素·····	(42)
一、硒Se·····	(43)
二、碲Te·····	(43)
三、镓Ga、锗Ge、铟Jm、铊Tl、铼Re、镉Cd·····	(44)
第四节 其它成矿元素·····	(44)
一、钴Co·····	(44)
二、铬Cr、钒V、钛Ti·····	(45)
三、铁Fe·····	(46)

四、铋Bi铅Pb、锑Sb、锡Sn、锌Zn·····	(46)
第五节 矿化元素·····	(48)
一、硫S·····	(48)
二、氧O·····	(49)
三、砷As·····	(50)
第六节 成岩元素·····	(51)
硅、镁、铝、铁、钙、钡、锰、钾、钠、磷、氢、碳、氧、氟·····	(51)
第三章 矿石的构造、结构 ·····	(53)
一、矿石的构造·····	(53)
二、矿石的结构·····	(54)
1. 矿石的宏观结构·····	(55)
2. 矿石的微观结构·····	(55)
第四章 矿石的工艺类型 ·····	(58)
第一节 特富矿石·····	(58)
第二节 超基性岩弱蚀变富矿石·····	(59)
第三节 超基性岩强蚀变富矿石·····	(62)
第四节 超基性岩挤压带富矿石·····	(63)
第五节 超基性岩中粗粒弱蚀变贫矿石·····	(64)
第六节 超基性岩中细粒弱蚀变贫矿石·····	(65)
第七节 超基性岩强蚀变贫矿石·····	(66)
第八节 接触交代富矿石·····	(67)
第九节 接触交代贫矿石·····	(67)
第五章 各类矿石的选矿工艺特性 ·····	(69)
第一节 一矿区富矿石的工艺特性·····	(69)
一、现行生产工艺过程矿石的工艺特性·····	(69)
二、镍硫分选试验过程矿石的工艺特性·····	(92)
第二节 一矿区贫矿石的工艺特性·····	(107)
一、现生产流程矿石的工艺特性·····	(107)
二、不同类型贫矿石的工艺特性·····	(121)
第三节 二矿区富矿石的工艺特性·····	(126)
一、可选性试验过程矿石的工艺特性·····	(126)
二、铜镍分选试验过程矿石的工艺特性·····	(132)
三、各种不同条件选矿试验矿石的工艺特性·····	(137)
四、中性介质选矿试验·····	(141)
五、二矿区富矿石的工艺特性与选矿的关系·····	(146)
第四节 二矿区贫矿石的工艺特性·····	(148)
一、试验矿样的采集·····	(148)
二、矿石工艺类型及矿石性质·····	(148)

三、矿石的化学成分及物相分析·····	(150)
四、矿石的矿物成分及含量·····	(150)
五、矿石中镍、铜、钴元素的赋存状态及分布·····	(153)
六、铂族元素赋存状态·····	(155)
七、矿石矿物的粒度·····	(156)
八、矿石磨矿细度试验及镍、铜矿物解离度·····	(157)
九、精矿、尾矿的物质组成·····	(160)
十、二矿区贫矿石基本特征与选矿工艺的关系·····	(166)
第六章 主要矿物的选矿工艺特性 ·····	(168)
第一节 镍黄铁矿·····	(168)
第二节 紫硫镍铁矿·····	(171)
一、紫硫镍铁矿的一般性质·····	(171)
二、紫硫镍铁矿的选矿工艺性质·····	(173)
三、紫硫镍铁矿的选别效果·····	(174)
四、氧化作用对紫硫镍铁矿可浮选性的影响·····	(175)
第三节 黄铜矿和方黄铜矿·····	(177)
第四节 镍黄铁矿与黄铜矿的微晶集合体·····	(181)
一、矿物性质·····	(181)
二、镍黄铁矿与黄铜矿微晶集合体的工艺性质·····	(183)
第五节 墨铜矿和羟镁硫铁矿·····	(183)
一、墨铜矿·····	(184)
二、羟镁硫铁矿·····	(186)
第六节 磁黄铁矿和黄铁矿·····	(187)
一、磁黄铁矿·····	(187)
二、黄铁矿·····	(190)
第七节 四方硫铁矿·····	(190)
第八节 稀贵金属矿物·····	(192)
一、铂矿物·····	(192)
二、钯矿物·····	(193)
三、金银矿物·····	(193)
第九节 磁铁矿·····	(193)
第十节 铬铁矿·····	(194)
第十一节 脉石矿物·····	(196)
一、蛇纹石·····	(196)
二、滑石——碳酸盐·····	(198)
三、其它脉石矿物·····	(199)
第七章 镍冶炼工艺矿物学 ·····	(201)
第一节 镍冶炼概况·····	(201)

一、镍生产现状	(201)
二、镍矿石与镍提取方法简述	(205)
1. 硫化镍矿的提取现状	(206)
2. 硅酸镍矿提取现状	(207)
3. 气化冶金提取	(208)
第二节 金川冶炼厂生产概况	(208)
第三节 冶炼精矿成分的对比	(211)
一、精矿化学成分特点	(211)
二、精矿的矿物成分特点	(212)
三、金川氧化镍矿石的特点	(213)
第四节 焙烧工艺中的矿物变化	(213)
一、硫化镍精矿焙烧的目的和意义	(213)
二、回转窑焙烧原料的成分特点	(214)
三、回转窑焙烧及焙砂的矿物含量变化	(215)
四、氧化焙烧中矿物的蚀变	(219)
1. 探针及电镜结果的分析	(219)
2. 焙砂的显微镜研究	(220)
五、焙烧过程中矿物的阶段性变化	(221)
1. 硫酸化及磁铁矿化阶段 (250℃~450℃)	(221)
2. 强氧化阶段	(223)
六、焙砂问题的讨论	(226)
1. 问题归纳	(226)
2. 问题讨论	(226)
第八章 电炉熔炼工艺矿物学	(227)
第一节 电炉熔炼中矿物原料的变化	(227)
第二节 低冰镍的形成与矿物组合	(230)
一、低冰镍的形成	(230)
二、低冰镍的矿物对冶炼过程的判断	(232)
三、矿物组合与相平衡	(233)
四、低冰镍中元素的赋存状态	(238)
第三节 低冰镍的矿物特征	(240)
第四节 电炉渣的渣型与矿物	(242)
一、电炉熔炼除铁的理论计算	(243)
二、渣型与二氧化硅饱和度及碱度	(244)
三、金川电炉渣的类型	(246)
四、历年炉渣成分的渣型分析	(247)
第五节 镍、铜、钴在渣中损失形式	(250)
一、镍、铜、钴的存在形式	(250)

二、镍在电炉渣中的损失机理·····	(255)
第六节 电炉渣在炉体内分层现象的剖析·····	(256)
一、停炉前的状况·····	(257)
二、各种成分在熔池中的垂直变化特点·····	(258)
第七节 渣相矿物特点和熔炼工艺·····	(261)
一、橄榄石与熔炼工艺·····	(261)
二、紫苏辉石和熔炼工艺·····	(262)
三、普通辉石、渣相玻璃与熔炼工艺·····	(263)
四、磁铁矿的生成机理·····	(264)
五、炉结与熔炼工艺·····	(266)
六、炉底沉积冻结物·····	(268)
第九章 转炉吹炼中的工艺矿物学 ·····	(269)
第一节 转炉吹炼工艺简述·····	(269)
第二节 高冰镍的物质成分·····	(270)
第三节 高冰镍的缓冷与结晶·····	(272)
一、重熔缓冷试验·····	(275)
二、高冰镍的缓冷与结晶特征·····	(275)
三、缓冷过程中的结晶作用·····	(277)
四、结晶粒度与保温的关系·····	(281)
第四节 高冰镍矿物特征与生成机理·····	(282)
第五节 转炉渣工艺矿物·····	(287)
一、各期渣的成分变化和矿物的生成机理·····	(289)
二、转炉渣中的矿物含量变化·····	(290)
三、转炉渣中钴、镍、铜的赋存状态及分布规律·····	(290)
四、转炉渣矿物的特征·····	(292)
五、高冰镍磨浮产品的物质组成·····	(293)
第六节 转炉提钴工艺矿物学·····	(295)
一、钴在铜镍矿石选冶过程中的迁移·····	(295)
二、转炉渣提钴工艺的基本原理·····	(295)
三、转炉渣提钴工艺现状·····	(296)
四、影响钴收率的主要因素·····	(297)
五、钴冰铜的缓冷与结晶·····	(297)
六、钴冰铜的矿物组合及钴的赋存状态·····	(300)
七、钴冰铜中铂族的分布·····	(301)
八、钴冰铜中主要矿物特征·····	(302)
第十章 其他冶炼方式工艺矿物学 ·····	(304)
第一节 倾斜式转炉吹炼工艺矿物学·····	(304)
一、倾斜式转炉的吹炼原理·····	(304)

二、吹炼制度.....	(305)
三、吹炼原料的物质成分.....	(305)
四、氧气吹炼过程中各种元素的赋存和分布规律.....	(307)
五、粗镍板的物质成分.....	(313)
六、氧气吹炼工艺中渣相与吹炼工艺.....	(314)
七、氧气吹炼过程中的烟尘成分.....	(315)
八、粗镍电解过程中的工艺矿物.....	(315)
第二节 贵金属火法提取工艺中的工艺矿物学.....	(318)
一、概 述.....	(318)
二、二次硫化的试料及操作条件.....	(318)
三、一次合金的二次硫化原理.....	(319)
四、二次硫化高冰镍的特征.....	(320)
第三节 反射炉熔炼工艺矿物.....	(328)
一、铜反射熔炼.....	(328)
二、镍反射熔炼过程中的工艺矿物与工艺关系.....	(332)
结 语.....	(336)
照 片.....	(337)
附表 罕见矿物化学成分.....	(371)
主要参考文献资料.....	(375)

第一章 矿产资源

金川硫化铜镍矿床，位于甘肃省河西走廊中部，兰新铁路北侧十余公里，属金昌市管辖。矿区铁路专用线与兰新铁路干线在河西堡相接，并有河西堡至金昌市的公路通过矿区。

金川镍矿于1958年由甘肃省地质局第六地质队根据群众报矿发现，继而分四个矿区进行详细勘探。1960年首先以矿体出露地表的一矿区为开采对象进行矿山开拓，1964年开始采、选、冶联合试生产，后经不断扩大规模并完善工艺流程，逐步建设成为具有相当规模的镍、钴、贵金属生产基地。从矿石中提取镍、铜、钴、金、银、铂、钯、钨、钼、钽、铌等金属，及其盐类和硫等多种产品。并提取出硒、碲、金属铬等试验样品。

金川镍矿资源丰富，可供利用的伴生元素不仅众多，且多为国家所急需，因而在1978年与包头稀土矿床、攀枝花钒钛磁铁矿床一起被列为我国矿产资源三大综合利用基地。

第一节 矿区地质概况

金川地处祁（连）吕（梁）——贺兰山山字型构造前弧的西翼北侧。大地构造位置属中朝准地台西部阿拉善隆起区南缘的龙首山隆起带。北部以龙首山北侧深断裂与阿拉善隆起区内部的潮水断陷相接，南部以龙首山南侧深断裂与祁连山地槽的走廊过渡带毗邻。

矿区位于龙首山东段北侧。主要出露于下元古界白家咀子组的蛇纹石化白云质大理岩、云母石英片岩、黑云母片麻岩和条痕混合岩等深变质岩系。岩层总走向北35°西、倾向南西，倾角40~70°。第四系古河床砾石层及近代洪积——坡积层分布于山麓、山间盆地及古河道阶地之上，缺失其它各个时代的地层。

矿区与整个龙首山区一样经历了吕梁运动以来的各次地质构造运动，留下了以断裂为主的构造形迹，大小断裂纵横交错，十分发育，矿区紧挨龙首山北侧与潮水断陷相邻的深大断裂。全矿超基性岩体侵入于与其斜交的次级断裂构造中。构造运动具长期、继承活动的特点。主要断裂带有下列几组：

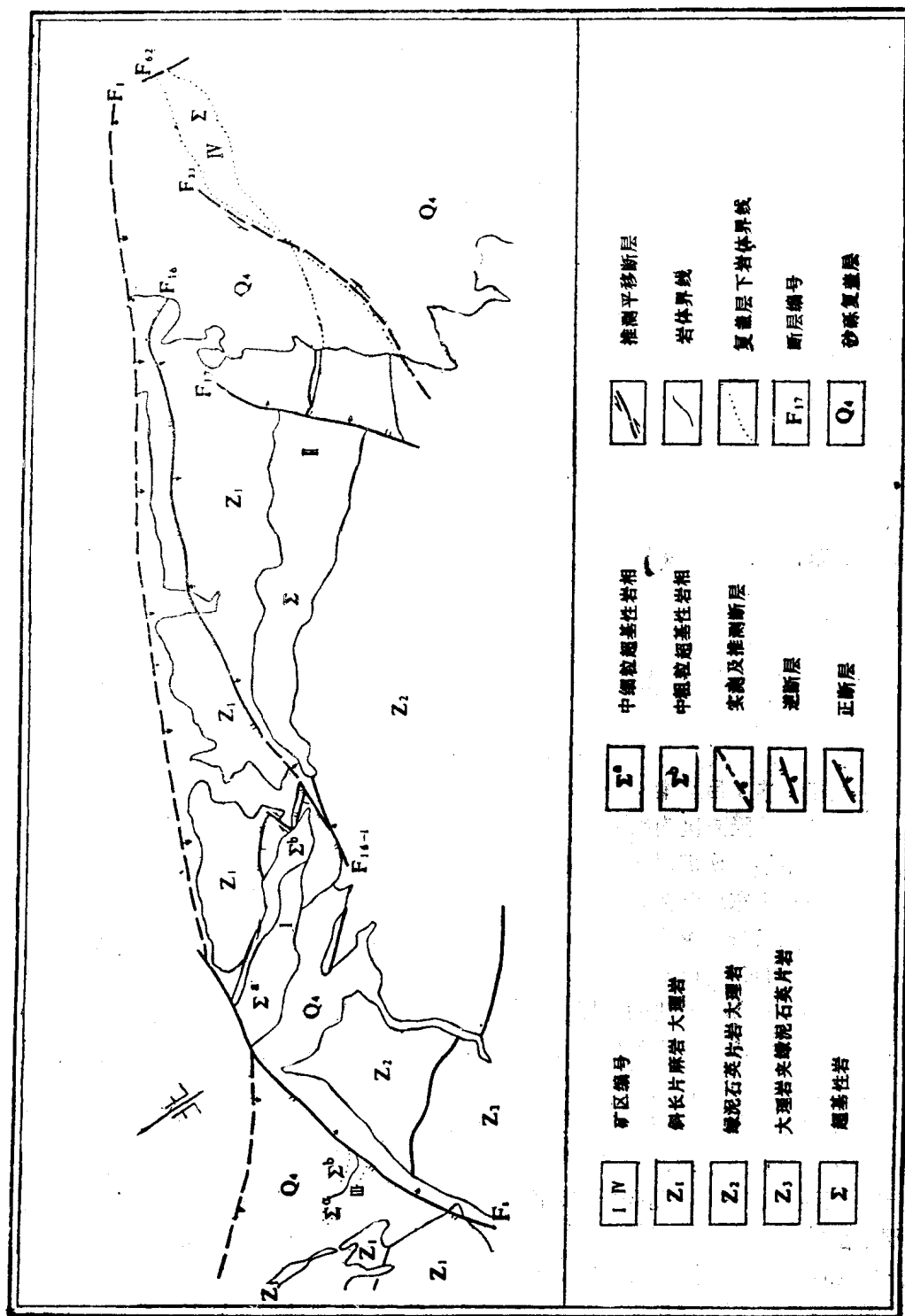
- 1.走向压性断裂，走向北40°~75°西，倾向南西，倾角46°~85°，规模最大，如F1、F16断层〔图1〕。

- 2.斜向扭性断裂，走向北东，倾向南东，倾角70°~85°，如将一矿区岩体向南西位错800余米构成三矿区的F8断层。

- 3 横向张扭性断裂，走向北50°东，倾向南东，倾角70°以上。在二矿区比较发育，如将

~ 1 ~

图1 金川硫化铜镍矿床地质略图



二矿区岩体位错约200米的F17及与其平行的一组断层。

此外尚有南北向、北西西、北北西等多组规模较小的断裂。

矿区内除含矿超基性岩外，还广泛分布不同时期侵入的伟晶质花岗岩、花岗斑岩、白岗岩、正长岩、细粒闪长岩、辉绿岩、斜长角闪岩等岩浆岩。

由于本矿区构造活动延续时间长，各向断裂相互交织。岩浆活动频繁，各种岩浆岩相互穿插，致使岩石切割破碎强烈，整体性差。本矿区受构造应力场的影响，应用不同方法实际测量，岩体中存在以水平构造应力为主导的地应力，并且水平应力随深度的增加而加大，每延深百米水平应力增加45公斤/厘米²。恶劣的工程地质条件给矿产资源的开发增加了困难。

第二节 含矿岩体的规模及产状

镍矿床的成矿专属性十分明显，著名的硫化镍矿床的形成均与基性或超基性侵入岩有关。

与本矿床成矿密切有关的岩体是：主要由橄榄石和辉石组成的超基性岩。仅少部份岩石中含数量不多的斜长石。

含矿超基性岩体呈不规则岩墙侵入于由白云质大理岩、云母石英片岩、黑云母片麻岩和条痕混合岩等组成的下元古界深变质岩中。岩体走向北50°~60°西，向南西倾斜，倾角较陡，一般均在70°以上，局部稍缓约50°左右，沿延伸和倾斜方向有明显的膨缩变化和波形起伏，岩体深部有分叉或复合现象。

含矿超基性岩体全长约6.5公里，依岩体产出状况及后期断层影响，形成的四个相对独立的岩段，分别称为一、二、三、四等四个矿区（图1）。一、二矿区的大部份岩体出露地表，出露面积1.34平方公里，长3800余米，地表岩体最宽处528米，以二矿区出露岩体规模最大，长约2200余米。岩体延深最深处就目前勘探的1200米深度尚未尖灭。岩体两端，即三、四矿区及二矿区的东部为岩块、砾石及泥砂覆盖，岩体延深至约700米尖灭。

第三节 含矿岩体的岩相划分

含矿超基性岩的 $MgO/[FeO]$ 比值为3~5.2，属铁质超基性岩。岩体分异较好，按橄榄石及斜方辉石、单斜辉石的不同含量划分为纯橄榄岩、含二辉橄榄岩、二辉橄榄岩、橄榄二辉岩、二辉岩等岩相。

单纯由橄榄石组成的纯橄榄岩并不发育，含二辉橄榄岩、二辉橄榄岩、橄榄二辉岩按组成矿物的橄榄石的结晶颗粒大小又可分为中细粒（<0.5~3毫米）及中粗粒（1~6毫米）两

种岩相；有部分中粗粒的含二辉橄榄岩及二辉橄榄岩中有较多的斜长石，斜长石含量1—5%称含长含二辉橄榄岩及含长二辉橄榄岩；如斜长石含量超过5%，则分别称斜长含二辉橄榄岩及斜长二辉橄榄岩。

由于金属硫化物富集形成单独的富含金属硫化物的岩相，除含10~20%的金属硫化物外，岩性分属纯橄榄岩、含二辉橄榄岩和二辉橄榄岩，分别命名为硫化物纯橄榄岩、硫化物含二辉橄榄岩和硫化物二辉橄榄岩。富含金属硫化物的岩相中橄榄石的粒度最小0.5毫米，最大5.2毫米。

此外，在超基性岩体两侧，即岩体与顶底盘围岩接触带的内侧，有一层片理化超基性岩，按矿物成分定名为边缘蛇纹石透闪石绿泥石片岩。

综上所述，含矿超基性岩体的岩相如表1。

含矿超基性岩体的岩相

表1

岩 相	粒 度	金属硫化物 %	橄 榄 石 %	辉 石 %	斜 长 石 %
硫化物纯橄榄岩	0.5—5.2毫米	10—20	75—80		
硫化物含二辉橄榄岩	0.5—5.2毫米	10—20	75—80	6%左右	
硫化物二辉橄榄岩	0.5—5.2毫米	10—20	50—60	30	
中细粒含二辉橄榄岩	0.5—3毫米		70—95	5—30	
中粗粒含二辉橄榄岩	1—6毫米		70—95	5—30	
中粗粒含长含二辉橄榄岩	1—6毫米		70—95	5—30	1—5
中粗粒斜长含二辉橄榄岩	1—6毫米		70—95	5—30	5—15
中细粒二辉橄榄岩	0.5—3毫米		70—30	30—70	
中粗粒二辉橄榄岩	1—6毫米		70—30	30—70	
中粗粒含长二辉橄榄岩	1—6毫米		70—30	30—70	1—5
中粗粒斜长二辉橄榄岩	1—6毫米		70—30	30—70	5—15
中细粒橄榄二辉岩	0.5—3毫米		30—10	70—90	
中粗粒橄榄二辉岩	1—6毫米		30—10	70—90	
二 辉 岩	4—10毫米		0—10	90%以上	
蛇纹石、透闪石、绿泥石片岩	片 状				

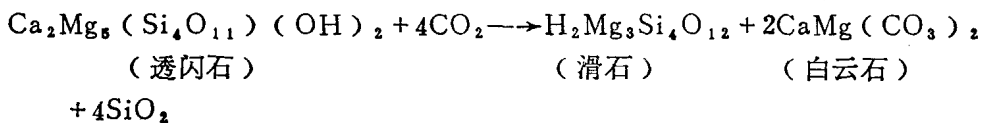
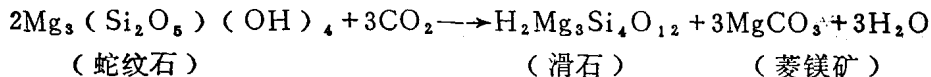
上列诸岩相中二辉橄榄岩分布最广，占整个岩体的一半以上。辉石岩分布比较零星。其余各岩相呈与岩体走向一致的似层状分布。但由于各矿区地质条件的差异，各岩相分布不尽一致。一般说来，以含二辉橄榄岩为核心向两侧依次分布二辉橄榄岩和橄榄二辉岩。这种分布以二矿区最为明显，各岩相间为过渡状态；中细粒的各岩相在一矿区西部和三矿区最为发育，一般位于中粗粒各岩相之上，中细粒与中粗粒岩相间界线清楚，含斜长石的岩相主要分布于二矿区东部及四矿区，一矿区分布零星；致于富含金属硫化物的诸岩相，不受岩相分布规律控制，可以出现于各岩相间，一般位于岩体深部或略偏于岩体底盘，有时直接与非超基

超基性岩体中常有后期的煌斑岩及细粒闪长岩岩脉穿插其间。

三、滑石—碳酸盐化

滑石——碳酸盐化是成矿后期热液作用及富含二氧化碳的地表水作用所形成，蚀变过程菱镁矿与滑石相伴产生，即为滑石——碳酸盐化，在不同类型矿体接触带和断层裂隙附近的超基性岩中十分发育，以至不能分辨原岩类型而成为滑石——菱镁矿。

橄榄石、辉石蚀变成蛇纹石，单斜辉石蚀变成绿泥石、透闪石，在此基础上滑石——碳酸盐化的反应式为：



蛇纹石化十分普遍，遭受蛇纹石化的含矿岩石物理性质变化不大；而蛇纹石——绿泥石化的含矿岩石较蛇纹石化的含矿岩石松软。在蛇纹石化或蛇纹石——绿泥石化基础上发育而成的滑石——碳酸盐化含矿岩石则十分疏松。

本矿床中,一般称蛇纹石化、绿泥石化、透闪石化的矿石为弱蚀变矿石,称滑石碳酸盐化的矿石为强蚀变矿石。

岩体的蛇纹石化绿泥石化发育程度与含矿性有关,含矿性好则蛇纹石化绿泥石化较强,含矿性差则蛇纹石化绿泥石化较弱,橄榄石、辉石残留较多。铜镍矿体中伴生元素富集地段滑石——碳酸盐化发育,但接近地表及构造裂隙由于含 CO_2 的地表水作用形成的滑石——碳酸盐化与矿化没有关系。

蛇纹石化、绿泥石化、滑石——碳酸盐化的强弱与矿石中金属矿物性质的变化没有直接关系，因为原生硫化物带脉石矿物的蚀变仍然普遍存在，至于地表氧化带及氧化带与原生带之间的过渡带金属矿物的氧化乃是由于地表氧化作用而形成。

第五节 铜镍矿体的成因类型及赋存位置

按照地质学的一般解释,当熔融状态溶解有铜、镍、硫的铁镁硅酸盐岩浆从地幔侵入到地壳中后,随着温度逐渐降低而冷凝,铁镁硅酸盐中橄榄石先于辉石结晶富集,形成橄榄石和辉石不同含量比例的各种岩相带,称为结晶分异,而镍铜硫化物结晶温度又低于铁镁硅酸盐矿物,且比重较大,就产生犹如冶金熔炉中常见的炉渣与镍钼的分层现象,使硫化物沉淀于深部而富集,称之为熔离。沉向深部尚未完全凝固的硫化物受到压力,则可能沿着裂隙,或与下部的橄榄石一起分次贯入浅部。温度较高的含矿岩浆侵入时,岩浆中的挥发性气体或含矿溶液还可能与周围的岩石产生化学作用,使围岩成分发生变化,使金属元素富集形成矿体,谓之

接触交代作用。虽然本类型矿床中铜镍矿体的形成过程比上述复杂得多，但总的来说本矿床中矿体的成因类型主要有如下几种：

一、熔离矿体

含矿岩浆侵入后熔离形成，金属硫化物集合体成粒状稀疏地散布于含二辉橄榄岩及二辉橄榄岩的橄榄石、辉石颗粒间，主要构成本矿床中的铜镍贫矿体，矿体与围岩之间呈逐渐过渡状态。含镍0.5~0.7%，局部可达1%以上。本类矿体铜镍金属储量分别占全矿床12.23%和11.40%。矿体规模不一，长数米至数百米，厚数米至百余米，矿体一般赋存于岩体的中部。主要分布于一矿区西部和三、四矿区。

二、熔离—贯入体矿

含矿岩浆侵入后，金属硫化物因熔离而富集于深部，在一定的地质条件下，与分异富集在深部的橄榄石、辉石一起再次贯入浅部，形成本矿床中最有价值的富矿体，某些区段富矿体的上端或边缘有薄层贫矿。矿体规模巨大，长数百米至千余米，厚数十米至数百米。含镍2~3%。铜镍金属储量分别占整个矿床的85.21%和86.14%。矿体位置受构造控制，一般在岩体的下部或深部，以至贯入靠近岩体底盘的片麻岩或大理岩等围岩中。本类矿体主要分布于二矿区及一矿区东部。

三、晚期贯入矿体

含硅酸盐矿物极少的金属硫化物矿液沿构造裂隙再次贯入形成。本类矿体形态不规则，规模不一，长数公分至近百米，厚数公分至几十米。赋存于贫富矿或超基性岩矿体与其围岩接触带等软弱结构面间或岩体内裂隙中，受构造控制。含镍3.5%以上，高者可达9%。矿体中镍金属储量虽只占全矿床的1.8%，但毋需选矿富集，可直接熔炼。矿体主要分布于二矿区F17断层以西地段。

上述三种类型矿体主要分布于超基性岩体中，虽然熔离—贯入及晚期贯入型部分矿体赋存于非超基性岩围岩中，但所含非金属矿物与超基性岩体的组成矿物一致，统称“超基性岩型矿体”。

四、接触交代矿体

含矿岩浆或矿液与非超基性围岩接触产生化学作用而在围岩中使金属富集形成铜镍富矿体或贫矿体。矿体规模一般不大，主要赋存于各矿区超基性岩体较深部的底盘大理岩、混合岩、斜长角闪岩、花岗岩等围岩中，尤以大理岩中的交代型矿体规模较大。矿体含镍0.5~2%。本类矿体的镍金属储量占全矿床1.28%。