

镍冶金学

В.И. 别列果夫斯基 著
Н.В. 古吉玛
李 潜 译

中国工业出版社

鎳 冶 金 学

В·И· 別列果夫斯基 著
Н·В· 古 吉 瑪
李 潛 譯

中国工业出版社

本书根据苏联冶金科技书籍出版社出版的 В. И. 别列果夫斯基和 Н. В. 古吉玛著“镍冶金学”1956年版译出，原书评阅者为 В. А. 瓦纽科夫，А. В. 瓦纽科夫，Г. В. 伊利依切夫和 А. А. 扎吉江。

本书叙述了镍冶金过程的理论与实践。包括冶炼前矿石的准备，鼓风炉、反射炉、电炉熔炼镍矿，铜和镍的分离，高镍的焙烧，氧化亚镍还原熔炼，粗镍的电解精炼，炉子及其它设备构造等。

本书供技工学校、中等技术学校学生及厂矿工程技术人员参考。

В. И. Береговский, Н. В. Гудина
МЕТАЛЛУРГИЯ НИКЕЛЯ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (МОСКВА—1956)

* * *

镍 冶 金 学

李 潜 译

冶金工业部图书编辑室编辑（北京东大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $11\frac{3}{16}$ ·字数288,000
1962年3月北京第一版·1962年3月北京第一次印刷

印数0001—1,310·定价(10—7)1.85元

统一书号：15165·1480(冶金—249)

目 录

前言	8
----------	---

第一部分 镍冶金基础

第一章 镍生产的發展	9
§ 1. 镍的發現及其生产發展史	9
§ 2. 镍的性質及其用途	11
§ 3. 镍矿的生成及其一般特性	15
§ 4. 硫化镍矿 关于采矿的概念 化学与矿物組成	16
§ 5. 氧化镍矿 关于采矿的概念 化学和矿物組成	18
第二章 冶金学及物理化学概論	22
§ 6. 冶金的定义 火法冶金与湿法冶金	22
§ 7. 物質不灭定律	25
§ 8. 盖斯定則	26
§ 9. 相的变化(熔化与蒸發)	26
§ 10. 冶金反应的平衡	27
§ 11. 氧化物与硫化物的生成热 分解压力 呂查特里原理	28
§ 12. 关于反应速度的概念 扩散	32
§ 13. 电位序	33
§ 14. 鍍	34
§ 15. 爐渣	35
第三章 耐火材料和燃料	40
§ 16. 耐火材料	40
§ 17. 燃料及其燃燒	44

第二部分 氧化镍矿的冶炼

第四章 氧化镍矿熔煉前的准备	49
-----------------------------	----

§ 18. 熔煉氧化鎳矿的工艺流程	49
§ 19. 氧化鎳矿的儲存	51
§ 20. 氧化鎳矿的破碎与篩分	58
§ 21. 氧化鎳矿的造塊 造塊的目的与方法	61
§ 22. 氧化鎳矿的干燥与制团	65
§ 23. 氧化鎳矿的燒結	71
§ 24. 氧化鎳矿燒結中的新方向	90
§ 25. 处理氧化鎳矿的特殊情况	91
第五章 氧化鎳矿的鼓風爐熔煉	94
§ 26. 熔煉的特性	94
§ 27. 熔煉制度	97
§ 28. 含硫添加剂——石膏与黄鉄矿的特性	98
§ 29. 熔煉氧化鎳矿鼓風爐的構造	100
§ 30. 鼓風爐熔煉氧化鎳矿的过程	110
§ 31. 焦炭的消耗	114
§ 32. 鼓風爐熔煉氧化鎳矿的爐渣	117
§ 33. 配料計算例题	119
§ 34. 鼓風爐熔煉氧化鎳矿的鎢	122
§ 35. 鼓風爐熔煉氧化鎳矿的爐气成分	123
§ 36. 鼓風爐的开爐	125
§ 37. 鼓風爐的装料	126
§ 38. 鎢的放出	129
§ 39. 渣的放出	131
§ 40. 对風口的維護	134
§ 41. 停爐修理	135
§ 42. 鼓風爐工作中的某些故障及其消除	136
§ 43. 鼓風爐熔煉的最重要指标	139
§ 44. 鼓風爐熔煉氧化鎳矿的热平衡	142
第六章 鎢鎢的吹煉	144
§ 45. 关于吹煉过程的概念	144
§ 46. 吹煉过程及高鎢鎢的組成	146
§ 47. 鈷的行为及轉爐渣	149

§ 48. 轉爐的構造	150
§ 49. 轉爐的維護 吹煉工段的故障	160
§ 50. 先進轉爐工人的工作及吹煉過程的主要技術指標	163
第七章 高鎳銻的焙燒及除銅	167
§ 51. 過程的特性	167
§ 52. 高鎳銻的第一段焙燒	169
§ 53. 從高鎳銻中淨除少量的銅	173
§ 54. 高鎳銻的第二段焙燒	175
§ 55. 高鎳銻焙燒車間的主要安全規程	179
第八章 氧化亞鎳的還原熔煉	181
§ 56. 電爐的構造	181
§ 57. 電爐熔煉的化學過程	183
§ 58. 電爐熔煉的工藝制度	185
§ 59. 電爐工作中的故障	189
§ 60. 電爐熔煉革新者的經驗	189
§ 61. 電爐熔煉的安全技術	191

第三部分 硫化銅鎳礦的冶煉

第九章 熔煉硫化銅鎳礦及精礦的准备工作	193
§ 62. 由硫化銅鎳礦及精礦中制取鎳和銅的工藝流程	193
§ 63. 熔煉前原料（精礦及礦石）準備的主要作業與目的	196
§ 64. 關於選礦的概念	196
§ 65. 硫化銅鎳礦與精礦的乾燥	204
§ 66. 硫化礦與精礦在多层爐中焙燒	206
§ 67. 硫化礦與精礦的燒結與制團	208
第十章 反射爐熔煉硫化銅鎳礦與精礦	212
§ 68. 熔煉的特點與對原料的要求	212
§ 69. 反射爐的構造	215
§ 70. 反射爐熔煉的工藝制度	222
§ 71. 反射爐作業及熔煉過程中的故障	227
§ 72. 改善反射爐熔煉的某些資料	232

第十一章	鼓風爐熔煉硫化銅鎳礦與成塊精礦	234
§ 73.	熔煉的特性及對原料的要求	234
§ 74.	鼓風爐及前床的構造	236
§ 75.	鼓風爐熔煉硫化銅鎳礦的過程	242
§ 76.	鼓風爐操作	244
§ 77.	鼓風爐的故障	249
第十二章	電爐熔煉硫化銅鎳礦及精礦	251
§ 78.	應用電爐熔煉的條件	251
§ 79.	熔煉礦石和精礦的電爐構造	252
§ 80.	電極的構造和工作	256
§ 81.	熔煉硫化銅鎳礦與精礦的電制度	261
§ 82.	渣成分對電制度的影響	264
§ 83.	電爐中的熱傳導	265
§ 84.	電爐電制度的調節	266
§ 85.	電爐熔煉硫化銅鎳礦與精礦的工藝制度	269
§ 86.	電爐操作 電爐熔煉的故障	271
§ 87.	電爐熔煉的主要技術指標	274
§ 88.	電爐熔煉的安全規程	276
第十三章	銅鎳銻的吹煉	278
§ 89.	過程的特性，它的特殊性以及與鎳銻吹煉的差別	278
§ 90.	銅鎳銻吹煉的工藝制度	280
第十四章	銅鎳高銻的處理	283
§ 91.	濕法冶金	283
§ 92.	用巽基法分離銅和鎳	284
§ 93.	用浮選法分離銅鎳高銻	287
§ 94.	用分離熔煉法處理高銻	289
§ 95.	用高壓濕法冶金回收銅和鎳	298
第十五章	頂銻與底銻的處理	301
§ 96.	第一頂銻吹煉成粗銅	301
§ 97.	第二底銻焙燒前的準備	303
§ 98.	底銻的焙燒	304
第十六章	鎳的電解精煉	307

§ 99. 过程原理	307
§ 100. 镍电解液的净化	320
§ 101. 工业电解槽的构造	325
§ 102. 镍电解过程的主要指标	328
§ 103. 镍电解车间的安全规程	331
第十七章 收尘	332
§ 104. 烟气含尘度与收尘的目的	332
§ 105. 气体在沉降室及旋风收尘器中除尘	334
§ 106. 气体的过滤除尘	337
§ 107. 气体在电收尘器中除尘	341
第十八章 炼镍厂的安全技术	348
参考文献	357

前 言

本書通俗地敘述了从氧化鎳矿和硫化銅鎳矿中生产金屬鎳的主要工艺过程。

煉鎳厂的工艺过程与其它重金屬的生产工艺过程不同，因而冶金工作者很有必要对它加以研究。

鎳生产中电爐熔煉广泛地被应用着。关于电爐熔煉在文献中叙述很少，但它在其他有色金屬的冶煉中也有很大發展前途，特别是当有强大的水力發電站的时候。

处理硫化鎳矿时使用着新穎的分离鎳和銅的方法。

И. Н. 馬斯良尼茨基首創的用浮选来分离鎳高硫的新方法已得到应用。这样，浮选方法第一次被应用于冶金系統的中間过程中。

鎳的电解过程有特別重大的意义。

本書中也敘述了冶金設備的構造及其工作。对先进生产者的工作方法也給予很大的注意。

本書是为受过8~10年級教育的青年工人而写，但也可能对鎳工業生产中的技术人員与工長們有益，它也可能对冶金工業相鄰部門的工程技术人員、中等技术学校与高等技术学校的学生們有用。

編写此書时作者应用了本国与外国的鎳冶金方面的文献，同时也应用了工厂工作中的經驗。

随着鎳金屬生产在苏联的进一步發展，本書中所提到的关于鎳生产的資料就具有更加重要的意义。

作者非常感謝本書的評論者 B. A. 瓦紐科夫教授，A. B. 瓦紐科夫副教授和 A. A. 扎吉江工程师与工作同志 A. Л. 罗吉年教授，H. H. 謝夫留科夫副教授，C. A. 莫尔古列夫工程师和 H. A. 別索諾夫工程师，感謝他們在閱讀草稿及本書的个别章节时提出了宝贵意見。

第一部分 鎳冶金基础

第一章 鎳生产的发展

§ 1. 鎳的發現及其生产發展史

鎳是比較新的金屬。鎳如銅鉛鉄錫銀金一样，在史前时期就已經为人类所知，並且已經应用在生活与工業中达 4000~8000 年；而鎳被广泛使用才仅有 100~150 年，只有所謂的“巴克东鎳白銅”(Пактонг)的鎳合金在紀元前就已为中国所知。

紀元前 235 年居住在中亞的圖尔克斯坦平原地方的巴克特利亞人使用了鎳幣，其中含鎳 20.04%，銅 77.68%。1694 年首次确定了鎳矿石的存在，这种鎳矿石就是現在所稱謂的鎳絲、紅鎳黃鉄矿或紅砷鎳矿。对于这种矿石薩克松的矿工們知道得非常清楚；他們把它称为紅鎳矿，即“炎銅者”的意思。

因为矿石呈紅色，所以認為其中含有銅。

很多年以后，即經過多次从此种鎳矿石中制取銅的無效果試驗之后，那时化学工作者們与冶金工作者們开始假設說在这种可疑的矿石中含有新金屬。

1751 年瑞典化学家克龙斯捷特首先制得了不純的金屬鎳。經過 25 年这个發現才被証实了，但仅仅在 1804 年时得以制出純金屬鎳。从这个时期开始了現代鎳冶金学的发展历史。

鎳生产的发展开始很慢。在 1840~1845 年間全世界每年仅产 100 吨鎳。那时鎳是一种貴重金屬，並且主要是应用在首飾上做裝飾品。

由于 1865 年在法殖民地新卡列多尼亞发现了含 7~8% Ni 的氧化鎳矿及发现鎳改善鋼質量的重要性能之后，才推动了鎳冶金工業的发展。

上世紀的 80 年代里，在加拿大发现了一个儲量很大的硫化銅鎳矿，从那时起开始了鎳工業的迅速发展。每年鎳的生产量列于表 1。

鎳的世界产量(苏联除外)

表 1

年 代	产 量, 吨	註 釋
1841~45	100	每年平均量
1861~65	300	
1880~85	300	
1900~05	13800	
1911	24000	第一次世界大战
1916	44000	
1921	12000	
1925	43000	經濟危机
1930	51900	
1932	15200	經濟危机
1936	90000	
1938	108000	准备第二次世界大战
1942	165000	
1946	87100	第二次世界大战
1952	145000	产量跌落
1953	154000	朝鮮战争
1955	194000	軍备竞赛政策

我們看到，在資本主义世界中經濟危机和战争严重的影响了鎳的产量。

資本主义国家中鎳的主要供給者是加拿大。例如，在1953年鎳的总产量154000吨的86%是在加拿大煉出的；而鎳的最老供給者新卡列多尼亞仅仅产出 6%，鎳的新供給者古巴也才仅佔 8%。

应当指出，在美国本土几乎没有鎳的生产。

战前德国和緬甸用自己的原料煉得出少量的鎳。

革命前的俄国虽然完全具有煉鎳的可能性，但却沒有鎳的生产。俄国的工程师們达尼洛夫，別尔米亞金，盖尔曼还在1860~1870年間已經順利地进行了从烏拉尔矿石中提取鎳的工業試驗。他們采用还原熔煉的方法制得了鉄和鎳的合金—鉄鎳合金。

晚些时候，在第一次世界大战期間，A. A. 拜果夫院士从事

了制取鎳的方法研究，但是沒有整頓好鎳的生產。

偉大的十月社會主義革命之後，在我們祖國的不同地區都發現了儲量相當大的鎳礦，廣泛的開展了鎳冶金的研究工作，這就保證了設計與建廠的必要條件，同時也為工廠生產中掌握鎳的生產方法提供了資料。

1933年烏發列鎳廠首先投入了生產，在1938~1946年間在烏拉爾和北極進行了巨大的鎳聯合工廠的興建。

我們的新工廠具有最先進的技術裝備，有高度熟練技術的工程師和工人在工作着。先進的工程師和工人先進生產者們不斷地改進工作方法。我們國家在鎳的生產中完全有可能在世界上佔居首要地位。

§ 2. 鎳的性質及其用途

在現代化學中研究元素及其化合物性質的基礎是偉大的俄國學者 Д. И. 門德列夫的週期律。

在 Д. И. 門德列夫週期表中元素的位置可以預見元素的很多性質及其在冶金過程中的行為。

在表中鎳佔第 28 個位置，並且是在鐵和鈷的後邊。鎳——依外形、化學與物理性質——是典型的金屬。純鎳的顏色是銀白色，特別是新制得的和磨光的鎳金屬表面還具有強金屬光澤。鎳可以鍛造和拉絲。鎳可以做成最薄的板和管子。由於水蒸汽與空氣中氧的作用鎳開始失去光澤而暗淡。稀硫酸和鹽酸緩慢地能溶解鎳。稀硝酸比其它酸與鎳作用得快。礆與鎳不起作用。鎳的大多數化合物是二價的 (NiCl_2 , NiSO_4 等等)。鎳與氧生成一種對冶金很重要的化合物 NiO ，和硫生成 Ni_3S_2 ，和 CO 生成 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 。關於鎳的某些重要物理性質列於表 2。

欲使鎳与其它金屬分開必須知道它的特性，鎳即利用這些特性而与其它金屬分離。鎳有幾個這樣的特性。

鎳具磁性。這樣好的特性事實上是很少有的。在已知 101 種

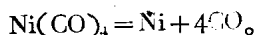
镍最重要的物理性質

表 2

性 質	註 解
原子量 58.69	
比重 8.8	电解镍
比重 9.04	化学純镍
比重 7.76	1500° 时液态镍
熔点 1455°	
居里点 358°	磁性消失
熔化热 73 卡/克	
比热 0.109 卡/克°C	熔融前
比热 0.167 卡/克°C	液态的
电化电位——0.23 伏	

元素中仅三种元素有磁性，即鉄、钴和镍。某些镍和鉄的化合物也具磁性。

第二个非常有意义的特性是镍和 CO 可以生成一种揮發性化合物。此化合物 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 叫作羰基镍。在标准条件下羰基镍是无色的重液体。羰基镍在 43° 时沸騰，而在 180° 时按下列反应分解：



任何一个有色金属都不能生成这种化合物。因此镍能以羰基镍形态与其它金属分离，仅与鉄分离时较为困难，因为鉄也生成类似的化合物。

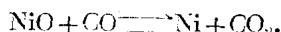
在水溶液中是按鉄—钴—镍次序排列的，镍最后被氧化。这样就可以把这些金属在溶液中进行分离。

根据罗戴 (Родэ) (1952年) 教授的研究，镍和氧生成三种化合物：氧化亚镍 NiO ，氧化镍 Ni_2O_3 和四氧化三镍 Ni_3O_4 。后二种化合物不稳定，在 320° 至 355° 間完全分解而生成 NiO 。

高温条件下工作的冶金工作者們仅能与氧化亚镍发生关系。氧化亚镍的熔点很高——1660°C，易被一氧化碳所还原。气体中只含 0.5% CO ^① 就能很快的將氧化亚镍还原为金属，如下列

① 对应于 $\text{CO} + \text{CO}_2$ 混合物而言。

反应:



全部重有色金属中仅仅铜被还原时需要更低的 CO 浓度。我們知道，要想使氧化亚铁还原为金属铁需要的 CO 浓度最少是 60%。

镍和很多金属可以生成化合物和合金。工业上有价值的是镍与铁、钴、铜、锌、铬和铝的二元和三元的合金。金属镍中含硫、砷和铅是不允许的，甚至于千分之几的含量，因为在热处理时这些金属容易造成镍的发脆。镍可以使合金具各种宝贵的性质，如延展性，韧性，耐酸性，高温强固性，能够减少热膨胀系数，改变磁性，使合金具美丽的外形等等。

与此相应的是镍首先做为结构钢的补加剂被应用（机械制造业）。镍由 2 至 5~6% 与铬 0.2~1.5% 可使钢成为不可代替的结构物，並可为机械与船舶的材料。钢含较高镍（6~8%）和铬（18~22%）时具非常好的耐酸性，因而也是化学机械工业的最好材料。镍和铜的合金也是如此，其中大家都知道的是孟奈合金（Монель-металл）。

其它合金应用于精密机械制造业，钟表业，仪器业，装饰品（与锌的合金）和制造工业电爐等。镍的磁性与非磁性合金应用于电工机械制造业，無線电工业与电话事业中。

依组成镍钢是非常复杂的合金，除了主要的成份铁外还含不定量的碳，镍和很多其它金属——铬，钨，铝，钒等等。镍钢的这种组成上的复杂性与其不同热处理条件的联合就可以制得现代工业中最广泛需要的金属。

应用在机械制造业的铜镍合金含镍量的波动范围很大——由 2.5% 到 70%。含镍量少的合金具特殊粉红色彩，而随镍含量的增加颜色逐渐变淡，含 25% 镍的合金有纯金属镍的颜色。这些合金无论是冷状态或热状态都易于进行机械加工，压延，锻造，冲压。絕大多数的铜镍合金在工业上是有专门名称的。

孟奈合金含 67% Ni 和 28% Cu 和 5% 的杂质（铁，锰，硅等）。此合金有可贵的机械性能，即無論在普通或高温条件下都可不受腐蚀。与其它铜镍合金不同，孟奈合金可保持本身的机械性能至很高温度（400~500°）。孟奈合金可以压延，拉長，锻造，在車床上加工，钎焊和焊接等。本合金可制成板状，棒状，絲带状，焊接管等形式。

根据統計学的数据在资本主义世界里鎳被使用的主要状态分佈为：45%~47%耗在与铁生产的合金上；以純鎳或与其它有色金属的合金状态被应用的鎳仅佔28~30%；应用于鍍鎳上的佔8~10%；应用于特种合金的佔7~8%；其它利用佔6~7%。其它应用一項包括生产碱性蓄电池和催化剂的鎳鹽。下面是美国1953年有关鎳应用方面的資料，以%計：

与鉄之合金	47.8%
电工合金	8.1%
与有色金属之合金	30.8%
鍍鎳	7.1%
催化剂	1.0%
其它	5.2%

总共 100.0%

因为鎳应用在很重要的国民經济部門，按国定全苏标准規定了鎳質量，並列于表3內。

按 ГОСТ 849-49 鎳的化学組成

表 3

牌 号	化 学 成 份, %							用 途 (概略)
	Ni + Co 不少于	杂 質, 不 多 于						
		Co	Fe	Si	C	S	Cu	
H 0	99.8	0.2	0.04	0.002	0.04	0.005	0.06	特种合金
H 1	99.7	0.3	0.10	0.005	0.06	0.01	0.1	可鍛合金
H 2	98.9	0.4	0.25	0.3	0.10	0.03	0.15	特种鋼
H 3	98.6	0.75	—	—	0.30	0.03	0.6	鋼
H 4	97.6	0.9	—	—	0.30	0.04	0.6	鋼

前三个牌号的鎳是經电解精煉制得的，后二个牌号是經火法精煉制得的。

現在，已經可以生产含鎳与鈷的总和为 99.95% 甚至于 99.99%的鎳，而杂质仅含 0.01%~0.05%。几种較常用的鎳合金列于表4。

某些鎳合金的組成

表 4

合 金	組 成 %	概 略 用 途
1. 尼赫罗姆鎳	Ni—67.5 Cr—15 Fe—16 Mn—1.5	加热器及电爐用
2. 錳鎳銅合金	Ni—3 Mn—12 Cu—85	精密电工測量仪表
3. 孟奈白銅	Ni—68 Cu—28 Mn—1.5 Fe—2.5	化工机械制造业，造船業
4. 鋅白銅	Ni—15 Zn—20 Cu—65	制造仪表及机械
5. 白 銅	Ni—20 Cu—80	建筑上的裝飾，首飾業
6. 因瓦鉄鎳合金	Fe—65 Ni—35	精密机械
7. 巴尔姆拉鎳 鉄合金(Пармоллой)	Ni—78 Fe—21.5 其它—0.5	电话
8. 米舍瑪鎳鋁 合金(Мишима)	Ni—22—30 Al—10—17 Fe—剩余部分	永久磁铁

§ 3. 鎳矿的生成及其一般特性

在現有的技术与經濟水平条件下可以从中提取国民經济所必需的金屬的岩石叫矿石。現代鎳工厂中处理兩种类型的矿石^①：

1. 硫化矿
2. 氧化矿

按本身的物理性質上述二类矿石差別很大。

硫化矿坚而硬，其中欲提取之金屬与硫成化合物状态存在。在硫化矿中經常还含銅，鉑族金屬，銀和金。氧化矿軟並具土質，很像粘土，其中欲提取之金屬（鎳，鈷）、鎂与氧、水和二氧化

① 其它类型的矿石，如含砷的，現在仅有科学研究的用途或者是做为提取其它金屬的矿石，比如鈷矿石。

硅化合物存在。几乎不含铜和硫，而铂族金属，银和金则根本没有。

不管它们的差别多大，硫化矿与氧化矿还有某些相似的地方。即它们都含氧化镁，这对冶金工作者是非常重要的，我们以后将会看到，因为氧化镁的存在对熔炼矿石造成的困难有多大。

在二类矿石中，与镍伴生的有钴。钴的含量在至今被我们发现的镍矿中为镍含量的 $\frac{1}{25} \sim \frac{1}{30}$ 。特殊情况很少有。

二氧化硅在硫化矿与氧化矿中的含量几乎不变而为 40~50%。二类矿石都含氧化铝，并且是大致相等的含量。二类矿石中钙化合物的含量都很少。

§ 4. 硫化镍矿 关于采矿的概念

化学与矿物组成

约佔世界镍产量的85%（除苏联外）是由加拿大的硫化铜镍矿中提炼的。

在苏联虽不像国外这样，但由硫化矿中提取的镍也超过了从氧化矿中提取的镍量。

优先由硫化矿中提取镍的主要原因是硫化镍矿有非常大的储藏量。硫化矿在基性岩石中生成成为矿脉和很大的矿体。矿脉与矿体能以很陡的倾斜度（几乎垂直的）和缓倾的（几乎水平的）状态分佈着。垂直的或斜倾的矿体上部常常伸出或接近地表面，而其下部则伸向数十米的地壳深处（达1200米还要多）。

硫化矿的开采从地表至深达500米可以用露天方法。而从更深处一般是用地下开采法。某些矿区里露天与地下开采的方法同时使用。

在基性岩石中铜镍硫化物或者是生成为密致的纯硫化物的矿脉或者是富的或多或少含有脉石的角砾石或者是微粒浸染形式。很少遇到大的硫化矿脉。硫化铜镍矿主要是以微细矿脉和浸染状态被发现，并与脉石同时开采。开采时落入矿石中的脉石越多，则矿石越贫（贫乏的）。根据矿石中脉石的量来决定贫化率的百分数。例如，如果贫化率是30%，这就意味着在开