·技术探讨·

试谈攀枝花矿综合利用流程

和树桐

（峨眉铁合金厂）

本文初步定性地评价了钒钛磁铁矿中回收铁、钒、钛的各种流程，并针对攀西地区的具体条件提出：采用云南褐煤经沸腾床干馏，煤气用于竖炉还原，半焦用于电炉炼铁，钒富集渣中，尔后提钒的工艺流程。该流程具有经济性好，技术合理等优点。为此，推荐为攀西地区采用。

前　言

由于攀枝花矿是复杂的共生矿，且当地有丰富的水电，但缺乏焦煤，所以除攀钢现已形成的流程（传统的高炉—转炉）外，就决定了综合利用流程的多样化。从各种不同的研究流程中选择最佳流程，有所取舍，则是必然趋势。

（一）钒钛磁铁矿中钛的回收

钒钛磁铁矿原矿经选矿得到钒铁精矿、钛精矿、硫钴精矿等。所得含钒铁精矿是回收铁、钒的原料。而钛精矿需视成本高低、成分、粒度等情况决定其使用价值，两广等地钛精矿物美价廉有竞争力。铁精矿中的一些钛，目前可遗弃，这是因为：为了回收一些得不到经济效益的元素，而使得全流程冗长，从经济上考虑是不合算的。

（二）不同类型提钒流程的简要分析

目前，世界上53%以上的钒是从钒钛磁铁矿或含钒铁矿中提取的。用这类矿石提钒的流程中主要类型有：

1.高炉炼铁—转炉吹钒—钒渣提钒

苏联秋索夫冶金厂用库新的含钒铁精矿炼出含钒生铁，再用底吹转炉生产钒渣。下塔吉尔钢铁公司用卡奇卡纳尔钒钛磁铁矿高炉炼铁，在氧气顶吹转炉（130t）中吹钒渣。

我国攀钢用高炉冶炼含钒铁精矿，得到含钒生铁，然后雾化提钒。这与苏联基本上是属同一类型的。

该流程在生产钢铁的过程中钒作为副产物得以回收，得到含$V_2O_5$18%左右的、适合于制取V_2O_5的原料。在世界钒生产中用该流程提取钒的数量，占以钒钛磁铁矿为原料的钒产量的一半以上。故该法不失为生产钒的重要的、有效的流程。

在该类型的流程中还应包括原化冶所所长叶绪沛先生提出的含钒钢渣返回高炉富集的方法，即含钒铁水在碱性转炉内按照一般方法炼钢，然后将含钒的钢渣返回高炉富集，炼出含钒2—3%的高钒生铁，将此高钒生铁在一小转炉内吹炼，可得含$V_2O_5$30—40%的高钒渣。对于含钒较低的铁矿，国外曾作过类似的处理。我国在特定的情况下可考虑采用该流程，如马鞍山含钒铁矿中钒较贫，返回富集一次有利于钒的提取；或攀西的含钒矿石外运了，为了回收钒尚可考虑，但攀枝花地区主流程是不宜采用的，一是焦煤问题，另一是

处理环节多而使钒回收率低。

传统的高炉—转炉流程要使用大量的冶金焦。在炼焦煤短缺的地方，显然是不适宜的。

2.含钒铁精矿直接提钒

1958年以来锦州铁合金厂曾以承德铁钒精矿为原料，经焙烧、浸出后沉淀出V_2O_5，炼制钒铁。由于处理量大(约250t精矿产1tV_2O_5)，效率低，成本高；且提钒后水浸残渣含碱性氧化物很高，送给高炉配入烧结矿使用，困难较大，故仅作为过渡生产了几年，不受欢迎。1962年以后逐步改用钒渣为原料。

芬兰奥坦梅基厂(年产2300tV_2O_5)、木斯塔瓦拉厂（年产3000tV_2O_5）采用球团焙烧工艺，浸钒后水浸渣廉价出售或堆存。在国际市场的竞争中，新建的木斯塔瓦拉厂已停产。

南非德兰士瓦公司魏特班克厂（年产$V_2O_5$3000t）采用散料直接焙烧工艺，不满负荷生产并按市场钢、钒的需要量决定开工率[1]。

值得注意的是，国际上用直接提钒工艺的厂家原料中含钒都较高，如表1所示。

各直接提钒厂使用原料含钒量　　表1

国　　别	精矿中钒含量.%
中　国	0.4
芬　兰	0.62—0.90
南　非	0.8—1.0
澳大利亚	1.1

表1可见，直接提钒流程所用原料含钒量都是较高的，但生产尚不景气，而我们用近乎低一倍的含钒原料直接提钒，由于处理量大，附加剂用得多，酸耗、能耗高，产量小等，经济上不合理，没有竞争力。

芬兰奥坦梅基厂浸后球至今堆放渣场，实际弃去了铁。但有人提出：提钒后的球团再经回转窑还原—熔化分离等工序直至炼钢，明显的不合理之处就是经过多道工序、几次加热冷却、能源浪费大；除一些技术问题外，经济问题是该流程的致命弱点。

目前，世界上钒精矿直接提钒的生产能力为1.4万吨，在钢铁流程中钒以钒渣形式回收的生产能力为5.7万吨，其比约为1:4,而直接提钒的能力还有减少的趋势，芬兰新建的木斯塔瓦拉厂停产也说明该流程不具有旺盛的生命力。

3.回转窑还原—电炉炼铁—摇包提钒[2]

这是南非海维尔德钢钒公司的工艺，他们不采用传统的高炉方法，首先考虑的是磁铁矿（Fe53—56%，$TiO_2$12—15%，$V_2O_5$1.4—1.9%，$Cr_2O_3$0.15—0.3%）中TiO_2含量高，它将在炉缸中形成高熔点的碳氮化钛，使高炉操作造成很大困难；其次是矿石经回转窑预还原，在配料中可以用煤代焦作还原剂，并可有效地降低冶炼过程的能量消耗，因而是一个成本较低的炼铁提钒工艺。

我国对该流程也曾进行过研究。1965

年8—10月曾在吉林铁合金厂利用太和矿经回转窑预还原后，再经电炉冶炼试验172炉，处理精矿约1000t，所得生铁（连续35炉平均成分）为：

C = 3.58%，Si = 0.165%，

Mn = 0.311%，S = 0.046%，

V = 0.55%，Ti = 0.35%，炉渣 TiO_2 35%，渣铁畅流，其技术经济指标为：钒回收率86.8—89.8%，铁回收率97—98.7%，煤耗507kg/tFe，电耗1700度/tFe。

由此看来，对于缺少焦煤，但有水、电的地区，此流程应是有前途的。

（三）建议流程

1.建议流程考虑的基点

（1）建设目的应以回收铁、钒为主，并回收尾矿中选出的钛精矿、硫钴精矿。

因攀枝花地区矿石中含钒低，故主流程以提铁为主，钒富集后综合回收。

（2）不用冶金焦，而立足于二滩电站及附近的褐煤。

用粉状褐煤经沸腾床（单床）干馏，其产煤气用于竖炉还原铁精矿，半焦用于电炉还原金属化球团。褐煤半焦是矿热炉（埋弧电炉）的理想还原剂。

（3）利用高效设备。竖炉在效率方面优于回转窑；矿热炉炼铁并回收炉气；用摇包或其它方式制取钒渣。

对攀枝花铁钒精矿综合利用建议流程见图1所示。

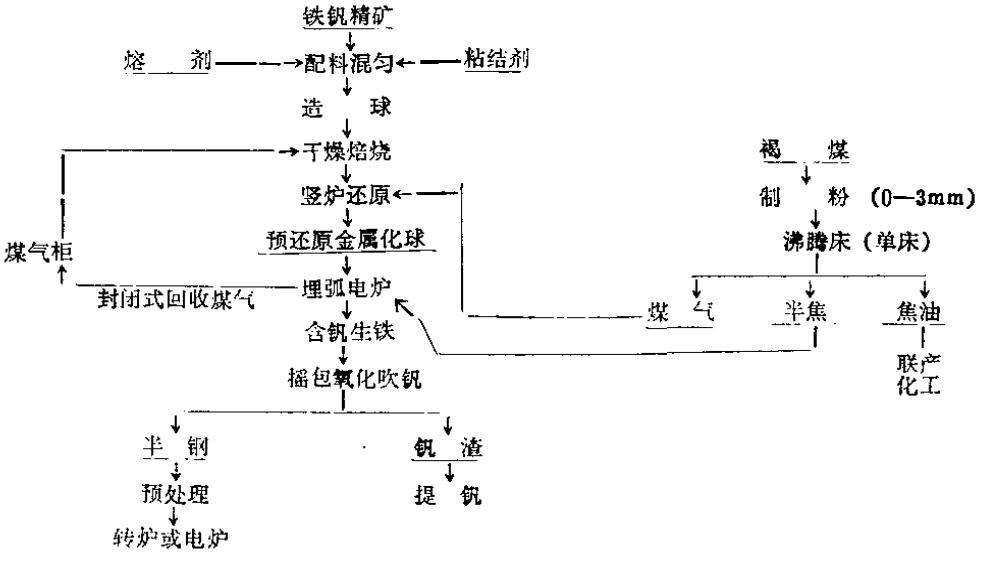


图1 对攀枝花铁钒精矿综合利用建议流程图

2.对建议流程的一些具体说明

（1）沸腾床制取煤气及半焦分别用于竖炉还原及埋弧电炉做还原剂。

回转窑法中直接使用固体褐煤作为还原剂，但具有褐煤利用率低、浪费煤中的有用物质、污染环境、物料中S的问题等等；而采用沸腾床产出的煤气用于竖炉还原球团矿则是较好的还原气体。铁矿石对还原气的要求一般是 H_2+CO 愈高愈好，氧化组分 H_2O 和 CO_2 对还原过程起阻碍作用，还原气体中少量的甲烷是容许的。

对云南省寻甸县的褐煤做过试验[3]，经干馏后所得煤气成分见表2。

条件：650℃干馏，流化速度0.15m/s

褐煤干馏煤气　　表2

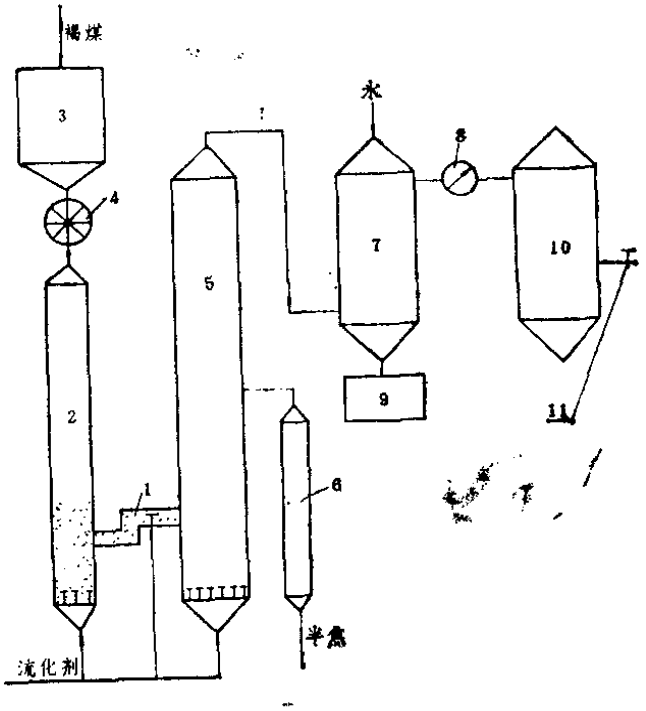
化学组成，%									重度	热值	产率
O_2	CH_4	CO	C_2H_4	C_2H_6	CO_2	H_2	C_3H_6	C_3H_8	kg/m³	kcal/m³	%
1.50	8.75	24.65	0.12	0.08	10.16	54.41	0.38	0.19	0.65	2995	12.07

沸腾床正常后流化剂就用煤气本身，从而保证了煤气的稳定。可安排褐煤产出的煤气与半焦各担负一半还原氧化铁的任务。竖炉还原后球团的金属化率达40—50%，还原温度也不需很高。

产生的半焦用于矿热炉中作为金属化球团的碳素还原剂。矿热炉所用的还原剂应具有高的反应能力（化学活性高）、低电导率、低成本、高的化学活性以保证氧化物以最大的速度还原。由于褐煤半焦具有化学活性好、比表面积大、比电阻大等一系列优点，故它是非常理想的还原剂。

沸腾床干馏制取煤气、半焦已可完全工业化。在煤的综合利用上做文章，既充分合理利用了资源，也为保护环境治理污染采取了根本性的措施。

流态化干馏褐煤流程示意图见图2。



1—料腿
2—流化疏松床
3—褐煤料仓
4—给料机
5—流态化褐煤干馏床
6—褐煤半焦出罐
7—煤气水洗器
8—煤气流量计
9—水、焦油出槽
10—煤气储罐
11—煤气取样阀

图2　流态化干馏褐煤半焦流程示意图

（2）采用竖炉替代回转窑，这可充分地发挥气体还原剂及竖炉效率高的优势。

据文献〔4〕介绍，攀枝花钒钛磁铁矿主要为钛磁铁矿和少量的钛铁矿，钛磁铁矿是磁铁矿和钛铁矿为主的致密共生矿物（形成Fe_3O_4—$FeTiO_3$连晶），以钛铁矿（$FeO\cdot TiO_2$）存在的铁约占全铁1/4～1/3，因而它是较难还原的矿石。回转窑内

固体碳对FeO还原是通过CO完成的：

$$FeO + CO = Fe + CO_2$$

$$CO_2 + C = 2CO$$

回转窑内由于$CO_2 + C$反应速度较慢，是整个铁氧化物还原的限制性环节，所以在竖炉中直接用气体CO，H_2还原，会加快整个反应速度。

（3）理论上讲，由于使用褐煤干馏的煤气做还原气体，其成分中含有大量H_2对去除球团矿中S会大有好处的。但也要使用竖炉才能发挥其优势。

回转窑与竖炉两法的比较列于表3〔5〕。

竖炉法将会成为今后直接炼铁的主流，也应是攀枝花新流程的选择依据，在竖炉法中存在的问题会逐步得以解决。国内外都有竖炉大规模工业化的实例。

两种直接炼铁法比较　　表3

方式	回转窑法	竖炉法
原料	球团矿、块矿、粉矿	球团矿、块矿
所需能量	4.0×10^6kcal/tFe	3.2×10^6kcal/tFe
所需电力	120度/tFe	130度/tFe
生产率	由于炉内每单位容积的炉料充填率低，故生产率低	每次还原气体利用率高，且固体、气体逆流，故热效率高，生产率高
设备	设备较简单，但庞大，需要排出物的分离设备	设备较小，投资较省

（四）结语

建议流程具有经济性好、节能、跨行业的综合技术利用合理（煤化工、竖炉、铁合金还原电炉）、污染小等优点，建议做联动的工业试验。

参考文献

〔1〕西德电冶金公司（GFE）来华座谈资料，1980年
〔2〕美国联合碳化物公司来华送资料，1981年
〔3〕和树桐，云南褐煤半焦，1981年
〔4〕邓朝枢，钒钛烧结矿固结机理与强化，1982年3月
〔5〕重庆情报所，国外竖炉还原，1977年二集