

# 铁合金工业的节能降耗 与合理利用资源

朱铁钰

(西安冶金建筑学院)

TF6

本文提出了我国铁合金工业节能降耗与合理利用资源的方向、途径和策略。

## SAVING ENERGY, REDUCING MATERIAL CONSUMPTION, AND RATIONALLY UTILIZING RESOURCE IN FERROALLOY INDUSTRY

Zhu Tieyu

(Xian Institute of Metallurgy and Construction Engineering)

The orientation, the way and the tactics for saving energy, reducing material consumption and rationally utilizing resources in domestic ferroalloy industry is proposed in this paper.

在我国，钢铁工业的重要分支——铁合金工业是解放后才真正发展起来的，近几年的发展速度尤为惊人。铁合金工业既是资源消耗大户，又是能源消耗大户。

我国的铬矿资源严重不足，锰矿资源量大质差；我国铁合金生产的料耗、能耗、品种、质量等与工业发达国家相比，差距较大。因此，实现节能降耗和资源的合理利用是提高铁合金产业的经济效益和社会效益的一条重要途径。这一问题涉及面很广，本文仅对部分要点加以论述。

### 一、贯彻精料方针

精料是铁合金正常顺产，节能降耗，合理利用资源的物质基础。精料，最重要的是提高入炉料的品位、性能和减少其杂质含量。为此，应做到以下几点：

#### 1. 加强原材料管理

铁合金生产需用的原材料种类繁多，加强原材料管理既是实现精料方针的必备条件，又是减少加工运输损耗的重要措施。重点应抓好各种矿石、还原剂、含铁料、电极或电极糊、熔剂、药剂、易燃易爆物（如铝粉、镁粉、硝石）等的管理，应修建牢固的堆料场或库房，并有防雨、防火、防爆等设施；应按产地、成分、粒度及特殊要求分类存放并加以明显标志；应对入炉前的合格料分仓储存备用……。

#### 2. 准确配料称量

依据配料计算结果；对入炉料进行准确的称量，既可减少多余的料耗、能耗，又可使生产过程及炉况正常顺行，渣量大为减少，减免事故发生，合理有效地利用资源。

#### 3. 选用优质还原剂

在铁合金工业领域，炭质还原剂得到了广泛的应用。其质量优劣直接影响着生产的消耗和产品质量，尤其是硅系和锰系合金。吉林、上海铁合金厂采用气煤焦冶炼硅铁时，电耗由8800kWh/t降到8300kWh/t左右。福州铁合金厂在1800kVA电炉上冶炼75%硅铁，吨硅铁配加300kg木屑时，冶炼电耗由9180降至8324kWh/t。国内一些厂家采用比电阻高、活性好、灰分低（低磷低铝）的蓝炭（大同、神府、西宁、天祝等地皆产）代替部分或全部冶金焦作还原剂生产75%硅铁时，有利于炉内正常反应和电极下插，冶炼电耗降到8000kWh/t左右，并使产品含铝量明显降低。苏联库茨涅茨克铁合金厂在29000kVA敞口电炉上用12—20%木质素压块（其灰分很低， $Al_2O_3$ 含量比冶金焦低6—8倍）代替冶金焦熔炼75%硅铁时，单位电耗下降3.3%，炉子生产率提高3.7%。

#### 4. 保证精料入炉

对所用原料，可区别情况和用途，采用水洗、精选、干燥、整粒、烧结、球团、压块、预热、预还原等办法，提高品位和改善性能，保证精料入炉。

表1

冶炼75%硅铁时Si回收率与硅石单耗的关系

工艺操作水平	低—————→高							
	92	93	94	95	96	97	98	99
Si元素回收率，%	92	93	94	95	96	97	98	99
硅石消耗，kg/t	1783	1763	1745	1726	1708	1690	1673	1656

注：硅石中含 $SiO_2$  98%

表2

生产硅钙合金时Ca回收率与石灰单耗的关系

工艺操作水平	低—————→高							
	38	40	42	44	46	48	58	68
Ca元素回收率，%	38	40	42	44	46	48	58	68
石灰消耗量，kg/t	1341	1276	1215	1160	1110	1064	880	751

注：石灰中CaO含量95%

### 三、调整产品结构

1. 硅系合金——扩大低硅硅铁的比率  
硅铁占我国电炉铁合金产量的40%以

如《INFACON,1989》载文报导，将40%河沙（主要成分是 $SiO_2$ ）、30%沥青焦、30%煤混匀，在500℃下加热压制成型，其压块单重20—27g、比重1.4—1.5g/cm<sup>3</sup>，用它作原料在22000和14000kVA电炉中冶炼金属硅时，回收率提高12.3%，电耗下降14.1%，电极消耗下降30.8%。

### 二、精心工艺操作

冶炼硅铁时要精心捣炉和加料，千方百计扩大坩埚。矿热炉要深而稳地插入电极，埋弧操作。要延长硅钙合金等品种的冶炼周期。要选择好高碳铬铁的渣型。要改进出铁浇铸工艺，要减少精整损失。要回收废渣、废料中的有价元素。要对硅系合金电炉实行半封闭（如矮烟罩），对其它铁合金电炉实行全封闭操作。要尽量保持入炉负荷的稳定和电极压放速度、焙烧速度、消耗速度三者的良好匹配……。

使用相同原料生产同一产品时，因工艺操作水平的高低，会使合金元素的回收率和消耗迥然不同。以硅铁、硅钙为例，见表1及表2。

上，是料耗、能耗最多的产品。随着硅铁含硅量的增加，硅回收率和炉子生产率降低，而单位能耗、料耗增加（表3）。

表3

合金中硅含量与耗电量等指标的关系

合 金 牌 号	硅45	硅50	硅65	硅70	硅75
合金中Si含量, %	42—47	47—52	63—68	69—74	74—80
一吨合金中1%硅的耗电量, MJ	399.6	406.8	442.8	464.4	496.8
原料中Si的回收率, %	95.7	94.6	90.0	87.2	83.5
电炉生产率, 1000k W使用功率的硅量, t	2.1	2.08	1.9	1.84	1.79

苏联的硅铁品种多达十几个, 可适应炼钢、铸造、新型材料诸行业的不同需要。近几年低硅硅铁(硅45、硅50)的产量已超过硅铁总产量的40%, 并可在封闭电炉中生产。日本的硅45耗用量约占硅铁总用量的15—20%。美国在1975年时硅50和低硅铁的耗用量已占硅铁总用量的56%以上, 大大超过了硅75的使用量。

在我国, 硅铁品种的设置和使用走了弯路。1962年前曾生产使用较多的45%硅铁, 而近年几乎全部生产使用75%硅铁, 酿成“品种单一, 硅75—统天下”的被动局面。

从理论和实践结合的观点来看, 扩大低硅硅铁的产用量比单纯产用硅75有很多益处。除已述及的之外, 低硅硅铁可以实现封闭操作, 改善劳动条件, 消烟除尘, 回收煤气, 减少污染; 可在炼钢工业中用于大多数钢种的脱氧合金化且硅的回收率较高, 因其熔点低而更利于钢包精炼之用; 可在一般铸造工业中得到更适宜的推广使用; 用硅45比用硅75时硅的烧损降低10—15%。

## 2. 锰系合金——扩大锰硅合金和镜铁的比例

我国锰矿资源中, 90%以上属低品位( $Mn \leq 25\%$ )、高 $SiO_2$ ( $\approx 20\%$ )的贫杂矿。用这种矿冶炼高锰铁时, 渣量大, 料耗、能耗、成本皆高; 而用来生产镜铁(含锰低的锰铁)和锰硅合金可以明显提高 $[Mn]$ 、 $[Si]$ 的回收率及降低料耗、能耗。对冶炼锰硅合金而言, 含锰30%、 $SiO_2$ 25%的锰矿石已属富矿, 用我国锰矿时在料批中不加或少加

硅石或硅铁渣即可满足冶炼要求。

我国的镇静钢和连铸比在逐年增加, 炉外精炼发展也较快, 炼钢中使用低锰高硅的镜铁或锰硅合金作复合脱氧剂、合金剂, 可同时提高脱氧效率和 $[Mn]$ 、 $[Si]$ 的吸收率。苏联采用以硅65为基、含 $Mn$ 10—15%的锰硅铁在350t转炉中成功地炼得低合金钢, 硅铁和锰硅合金的吨钢耗用量各减少1.2kg。

目前, 锰硅合金的产用比例, 日本已达45%, 而我国仅30%, 并且产量仅为日本的67%。我国应扩大锰硅合金和镜铁的产用比率, 以充分利用本国锰矿资源, 减轻进口大量优质锰矿的压力。

## 3. 铬系合金——适当扩大高碳铬铁的比率

六十年代后期发展的“VOD”、“AOD”、“CLU”等冶炼不锈钢的新技术, 不仅可以使用廉价的高碳铬铁, 而且可使用价格更低的装料级铬铁, 于是高碳铬铁的产用量占铬系合金总量的比例在国外增加很快。如美国由1976年的62%增到1980年的80%, 日本由1976年的85%增到1987年的90%。而我国1983—1988年才增至55—65%。

我国铬矿资源紧缺, 一是储量产量少, 目前每年产铬矿石10余万吨; 二是优质矿少, 又集中产在西藏。我国每年需进口铬矿石40—50万吨。所以, 扩大高碳铬铁的产用比率势在必行。若每年多生产和使用1万吨高碳铬铁以代替低微碳铬铁, 就能节电2100万kWh, 折合标准煤8547t。

#### 4. 开发新品种, 特别要发展我国富有元素资源的铁合金品种的生产与使用

①我国的Mo、W、V、Nb、P、Al、Ti、Si、Ca、RE等元素资源储量丰富, 易采易选。同时我国的复合矿(共生矿、伴生矿)居多, 如攀枝花、承德、马鞍山的钒钛共生矿, 白云鄂博铁矿中含有丰富的Nb、Mn、P、RE等, 应大力发展含这类元素的铁合金品种。如稀土铁合金、硅铝铁合金、磷铁、铌锰铁合金、硅钙铁合金等。

②本着节约、适用、合理的原则, 凡能利用氧化物(如 $\text{MoO}_3$ 压块、金红石)的, 不一定非要精制成铁合金产品(如钼铁、钛铁); 仅需要加工成中间产品(如 $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )即可满足用户需求的, 就应生产这些品种; 对于某些可直接使用富矿的(如用富铬矿冶炼含铬钢、用富锰矿富锰渣冶炼含锰钢), 则无须再加工成铁合金。

##### ③开发研制新型铁合金

近年来, 复合铁合金、发热铁合金、速熔铁合金等新型铁合金在国外发展很快。我国也有少量品种已经投产使用。

发热铁合金可以满足钢包合金化和喷射冶金之需。苏联叶尔马克夫铁合金厂于1989年在12000kVA电炉上生产的含Ba的Si-Al-Ca-Fe合金, 就是一种速溶发热铁合金。该合金在1150—1260℃时熔融, 更适应炉外处理钢液和生铁的要求。而SiCa合金则要在1350—1400℃时才熔融。钢液在1600℃时加入1%此种合金, 熔体温度可升高26—50℃。另外, 这种合金长期存放也不会粉化。

含有Ba、Ti、Sr、Mg、RE等的复合铁合金作为脱氧剂、合金剂、孕育剂、铸铁球化剂也已投放市场。苏联斯达哈诺夫铁合金厂1989年生产的稀土SiMgTi复合铁合金已成为轨钢脱氧调质及微合金化的优质新型复合中间合金料。

含Ca、Ba、Al的硅系合金既是良好的脱氧脱硫剂, 又能改善钢中夹杂物的形态。SiAlFe合金比纯Al在炼钢中使用效果好, Al的回收率高, 操作也简易安全。

各种复合铁合金可以实现一物多用(如在炼钢中同时作脱氧剂、脱硫剂、合金剂), 可以提高元素的回收率和节能降耗。我们应该因地制宜开发、研制和使用复合铁合金新品种, 如SiCaVFe、SiMnCrFe、SiCaAlFe、MnSiAlFe、SiAlFe、复合稀土铁合金等, 以有效合理地利用资源。

#### 5. 分粒度供应铁合金

随着炼钢、铸造、炼铁、有色、新型材料等工业的发展, 向铁合金提出了高质量、多品种、多规格、定量包装供货的严要求, 铁合金工业应据此安排生产, 以最大限度地满足用户的需要。当前, 分粒度供应铁合金已是急待解决的课题。

##### ①提供合格粒度的产品

近年来, 炉外精炼、喷射冶金、粉末冶金等新技术的广泛应用, 要求提供不同粒度的铁合金。如炼钢生产要求供应硅钙、钛铁、硼铁, 硅铁等粉剂和包芯线产品, 用作脱氧剂、合金剂及配制各种添加剂与发热合金材料。

苏联对锰系合金在炼钢中的分粒度使用做了新规定: 50—120mm者用于平炉, 5—50mm者用于转炉和钢包的脱氧与合金化, 其中10—15mm的用量占总需用量的55%。

目前, 我国许多工厂只生产块状铁合金, 而不分粒度供货的状况已远远不能满足用户的需要, 致使用户不得不进行二次破碎加工, 增加了破碎损失, 降低了金属回收率, 提高了产品综合消耗指标, 造成了资源的浪费并引出了二次污染。

##### ②粉状铁合金的合理利用

按粒度分级供应铁合金时, 在精整和破碎加工过程中势必产生一定数量的粉状合金(<5mm)。对于这部分资源, 除了向需要

粉剂合金的用户供货外，余者可从如下几方面开发利用。

a) 压块或团球 国外已有不少厂家将两种或两种以上铁合金粉剂如铬铁、锰铁、锰硅合金细粉制成圆柱或六角形的压块（还可根据用户需要在压块时添加熔剂和其它元素），每块单重0.2—2kg。这种压块在钢中的溶解速度、吸收速度远胜于块状铁合金。即使是单一的高碳铬铁团球，同样颇受合金钢厂的青睐。

苏联在分选锰系合金时产生的0.5—5mm的粉末量高达总产量的15—25%。该粉末用БПЭ-3型辊式压块机的压块工艺，生产出强度超过1.0kN/团块、速溶于金属熔池的10×10×7至25×25×16mm的团块商品锰系合金，使粉末得到了充分的合理利用。该团块长期露天存放不受水分的影响，浸于水中2天，干燥后的机械强度不下降，且其熔化速度比同样尺寸的块状锰系合金更快。

b) 重熔 南非在100kVA（石墨阴极-等离子枪）和140kVA（水冷钨阴极）等离子炉中对高碳锰铁（<6mm）进行重熔精炼得到了合格金属产品，[Si]大幅度降低，[C]稍降，[Mn]/[Fe]比值有所下降，单位电耗450—795kWh/t，热效率达75%。将高碳锰铁粉末和硅铁碎末同时重熔，得到[C]很低的合格的锰硅合金，其回收率Mn为97%，Si为80%。

c) 回炉 暂时不能或无力压块、重熔的粉末，可回炉重新冶炼。

#### 四、提高产品质量

#### 1. 贯彻执行技术标准

技术标准就是技术法规，应严格按铁合金产品标准和分析标准组织生产，进行质检。凡已有国标(GB)的应照办执行，暂时未定国标的可按冶金部标准(YB)或企业标准(QB)安排生产和验收。

对于出口的铁合金，应严格按合同规定的要求或国际标准(ISO)来组织生产和验收。

技术标准应在设计、施工、验收、生产、供销等各个环节都得以坚决贯彻执行。

#### 2. 提高元素的回收率和产品合格率

这是节能降耗的重要途径和方向。

#### 3. 提高产品的洁净度

这就是在提高产品中合金元素含量的同时，尽力降低杂质的含量。如电工硅钢要求铁合金厂供应铝、钙含量很低的75%硅铁；高级合金钢（不锈、耐热钢等）要求提供含硫、磷及气体很低的铬铁等。上海铁合金厂采用波伦法、电硅热法、盖渣保温浇铸或真空盖渣浇铸，选用干燥原料，保证浇铸设备干燥洁净等办法，产出了满足冶炼高级合金钢需要的含P、S、N、O、H很低的“洁净”的微碳铬铁。

#### 4. 降低产品消耗

我国重点钢铁厂平均吨钢消耗硅铁，1988年为4.3kg，而工业发达国家一般为2.2—3.5kg。我国“七五”期间平均吨钢消耗锰系合金为10.5kg，而日本1988年为5.9kg。因此，在炼钢和铸造业的生产活动中，降低铁合金耗用量，特别是降低硅铁和锰铁的用量，对节能降耗具有重要意义。