

太鋼科技

1

1975

太原鋼鐵公司科技處

目 录

平炉配料计算	第一炼钢厂 吕治周 (1)
液压仿形自动车床试制成功	钢铁研究所物理室 (27)
薄板轧机主减速器安装形式的讨论	机动处 葛瑞群 (29)
平炉冶炼轴承钢($GC_{\gamma 15}$)生产总结	第一炼钢厂技术科 (32)
$ML_{15}MnVB$ 低碳马氏体钢的试制	$ML_{15}MnVB$ 攻关组 (42)
短轴联箱出炉辊道	第三轧钢厂 (55)
电渣熔铸异型复合冷轧工作辊	钢铁研究所 (57)
连续异型电渣熔注工艺的研究	钢铁研究所 (68)
抗氧化涂层电报电炉炼钢试验小结	兰州炭素厂 太原钢铁公司 (86)
氧气顶吹转炉装入制度确定的原则	科技处 刁国田 (89)
电子管用纯铁的一些问题	科技处工艺组 (93)
磷酸盐矽质耐火混凝土试验总结	耐火材料厂 (96)

平 炉 配 料 计 算

第一炼钢厂 吕治周

平炉配料是平炉冶炼操作中的一个重要环节。正确的配料不但能缩短冶炼时间，而且对保证钢的品种，提高钢的质量，降低材料消耗，起着很大作用。

为了解决平炉配料问题，曾经进行了大量统计工作。在此基础上，提出了配料计算公式，设计了配料图表，并对炉气氧化能力作了简单分析。这一配料方法曾对我厂平炉配料工作起了一定作用。但是，所有这些工作都是平炉用煤气加热的条件下进行的。现在平炉已改为重油加热，并加炉头富氧，生产条件有了变化，尤其是炉气氧化能力显著地增加了。只要在新的条件下，对炉气氧化能力重新加以测定，所建议的配料方法仍有一定的使用价值。

一，配料计算公式

在我厂来说，平炉配料主要是决定装料的铁矿石数量。

实践证明，影响装料铁矿石数量的因素是很多的。为了力争配料计算的准确，同时尽可能地科学地反映出，影响配料的各个因素之间的数量关系，必须将影响配料的各个因素，引入公式。这样就形成了配料计算公式的。复杂性。计算公式的繁简，主要取决于生产条件的优劣。因此，要简化配料计算，必须加强原料的管理，统一平炉操作。

配料计算公式是在熔化期熔池氧平衡的基础上，进一步分析了熔池消耗氧的各个项目和供给熔池氧的各个项目以后建立起来的。

1. 熔化期熔池氧平衡

在物理学上讲，任何东西虽然在形式上或性质上，可以有各种变化，但其数量总是不会增加也不会减少的。这叫做物质不灭定律。在平炉中，从装料到熔毕，正个熔池中的氧是保持平衡的。也就是说各方面供给熔池的氧和熔池所消耗的氧是相等的。供给熔池氧的项目大致有：

- a、装料铁矿石含的氧 E_1 ；
- b、炉氧供给的氧 E_2 ；
- c、废钢铁铁锈引入的氧 e ；

熔池消耗氧的项目有：

- a、铁水中杂质氧化消耗氧 E_3 ;
- b、废钢杂质氧化消耗氧 E_4 ;
- c、形成具有氧化性的熔渣消耗氧 E_5 。

以上各个项目之间有如下关系:

$$E_1 + E_2 + e = E_3 + E_4 + E_5$$

熔化期熔池氧平衡是建立配料计算公式的基础。

2. 供氧项的供氧量

在供氧项目中,由废钢铁锈引入的氧量(e)与其他项比较起来数量极少,可以略去不计。故只考虑由铁矿和炉气供给的氧量。

1) 铁矿石的供氧量。

铁矿石是平炉炉料杂质氧化所需氧的主要来源。确定铁矿的氧化能力,是配料计算的根本问题之一。

平炉所用铁矿石分赤矿和磁矿两种,其主要成份是氧化铁。赤矿以 Fe_2O_3 为主,磁矿以 Fe_3O_4 为主。我厂常用的是赤矿。矿石的一般成份如表一:

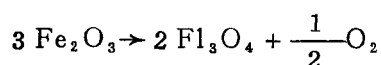
表一

矿 石 名 称		化 学 成 份 %								
产 地	性 质	Fe	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	P	S	Fe_o
海 南 岛	赤	60.15	5.52	0.74	1.59	0.51	0.11	0.019	0.102	7.33
〃	磁	55.74	4.90	1.15	4.60	4.08	0.14	0.05	0.046	18.25
利 国	赤	55.74	14.78	0.70	1.21	0.54	0.07	0.007	0.009	5.03
〃	磁	52.05	4.80	1.29	8.43	3.27	0.15	0.001	0.052	15.81

实际上,装入炉料中的铁矿的氧,只有一部份参予炉料杂质的氧化,而另一部份则由于分解而损失。因此需对矿石分解作用加以研究确定矿石中氧的有效利用率,进而推算出矿石的氧化能力。

a、铁矿石的分解理论

关于平炉装料铁矿石分解的问题,是国内外冶金工作者十分关心的一个问题,曾进行了不少研究工作。这些研究证明,在平炉炼钢的温度下, Fe_2O_3 分解,而使一部份氧损失。有人通过实验证明:当温度在 $1300^{\circ}C$ 以上时, Fe_2O_3 按反应。



进行分解。氧的分解压力随温度的提高急剧地增加。在 $1300^{\circ}C$ 时, Fe_2O_3 中氧的分解压

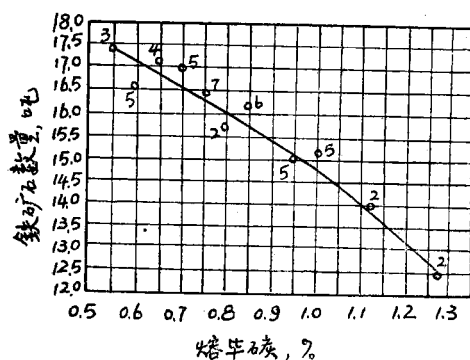
力已超过了平炉炉气中氧的分压力，1400°C时氧的分解压力为0.28大气压，1500°C时，为3个大气压，1600°C时，为25个大气压，1700°C时为165个大气压。这就说明，在平炉炼钢温度下， F_2O_3 是不稳定的。但是如果有Cao存在便能形成比较，稳定的铁酸钙， Fe_2O_3 的分解压力将减小。Sao愈多其分解的程度亦愈小。

g、铁矿石氧的有效利用率

为了查明我厂平炉矿石的氧化能力即矿石氧的有效利用率，曾于1963—1964年间进行了大量配料资料的统计。当时所用矿石为海南岛赤矿，平均含铁量58%， Fe_2O_3 74%，Feo 8%，理论含氧量24.18%。生产条件是：装入量100^t，炉料比7：3铁水矽在0.6—1.4%之间，热工期（指从装完料到熔毕）在4：30—7：30之间。铁水数量在50—90^t之间。

在配料影响因素波动较大的情况下，要比较准确地反映铁矿石和熔毕碳之间的关系，必须分析那些除铁矿石和熔毕碳以外的其他因素都基本相同的资料，为此，规定了以下条件：

- ①铁水量68~70^t；
- ②铁水矽0.8~0.9%；
- ③热工期 5：35~6：05。



图一、配料铁矿石量与熔毕碳的关系
(旁旁数字为统计炉数)

按照以上条件在约 800 炉的资料中只选出40余炉，将此关系绘成曲线如图一。

由图一看出，熔毕含碳量随配料矿石量的减少而提高。当铁 矿 量 为 17.5^t 时，熔毕含碳量为 0.55%，矿石量为12.5^t时，熔毕碳相应为1.27%，这样铁矿石每增加一吨，熔毕碳大约降低0.144%。也就是说，按照统计的结果，以碳表示的矿石的氧化能力是0.144%C/吨。如果以氧表示，则每吨矿石提供的有效氧量为：

$$100^t \times \frac{0.144}{100} \times 1.5 = 0.215 \text{ 吨。}$$

已知每吨矿石的理论含氧量为24.18%，因此，氧的有效利用率为：

$$\frac{0.215}{0.2418} \times 100\% = 89\%,$$

如果按化学反应式①计算即 Fe_2O_3 全部分解成 Fe_3O_4 时，氧的有效利用率是88.9%。

此外，M，Я梅德仁波斯基，和И，А，索柯洛夫在苏联库钢平炉车间进行了大量的统计，结果是占装入量1%的铁矿石，平均氧化的炭量为0.152%。该厂所用矿石的

理论含氧量为25.7%，有效利用的氧为22.8%，氧的有效利用率为88.5%。A, M, 毕给耶夫在苏联马钢平炉车间进行了配料统计，也得出了同样的结论。认为配料矿石中氧的损失和按 $F_{e_2}O_3$ 分解成 $F_{e_3}O_4$ 时的理论损耗相似近。

因此，可以认为：在装料和加热过程中，铁矿石中的 $F_{e_2}O_3$ 要进行分解，其分解损失的氧大致相当于 $F_{e_2}O_3$ 完全转变成 $F_{e_3}O_4$ 时所损失的氧量。

鉴于上述分析，和实际测定，铁矿中氧的有效利用率可取为90%。

C、铁矿石的供氧量。

铁矿石的品位通常都以矿石的全铁量表示。而矿石中的铁全部以氧化铁的形态存在。因矿石含铁量与其含氧量的变化是一致的。因此，有可能以矿石含铁量代表其含氧量。

现在以我厂曾经使用的铁矿石为例，计算单位含铁量的有效氧量。已知矿石含铁量58%，理论含氧24.18%，氧的有效利用率为90%，单位含铁量的平均有效氧量为：

$$\frac{0.2418 \times 0.90}{58\%} = 0.375。$$

这样，R吨铁矿石提供的有效氧量，可表为下式：

$$E_1 = 0.375 F_c \cdot R \frac{1}{100}$$

式中：E₁ 矿石提供的有效氧量，吨

R 矿石数量，吨

F_c 矿石含铁量，%

0.375系数

2) 炉气的供氧量

平炉炉膛内始终保持着氧化性气氛。平炉炉气对熔池有显著的氧化作用。实践证明，由炉气供给熔池的氧是相当可观的。特别是冷装时，炉气提供的氧量往往大于由铁矿石引入的氧量。因此研究炉气对熔池的氧化作用，同样是配料计算中的一个重要问题。

关于我厂炉气的氧化能力，曾在1963—64年采用统计的方法进行了分析。当时的生产条件是：装入量100^t，炉料比7：3和75：25铁水量在50~90^t之间，铁水砂在0.6—1.4%之间，配料矿石量在10~20^t之间，熔毕碳在0.30~1.60%之间。为了准确分析炉气氧化能力，专门分析了具有以下条件的配料：

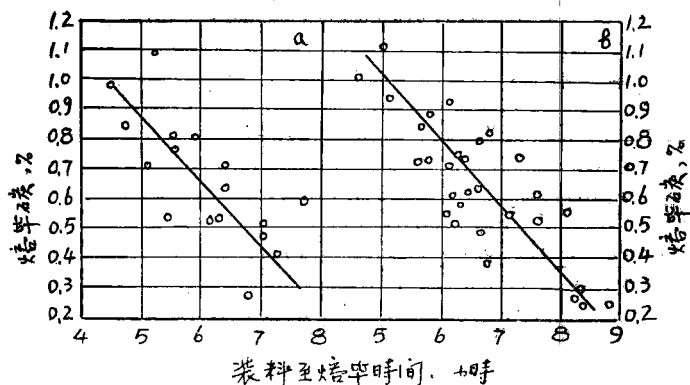
①铁水量65—70^t，

②铁水砂0.8~0.9%，

③矿石量16—17^t。

符合以上条件的在2[#]炉有17炉，在3[#]炉有30炉。1[#]炉因停产未统计。将此资料绘成图二。

因为图二中资料除热工期和熔毕碳以外其他因素都基本上相同。因此可以认为，熔毕碳的降低完全是由于热工期时间的延长，而引起的。这样就可能根据图中时间和熔毕碳的关系求出炉气的氧化能力来。

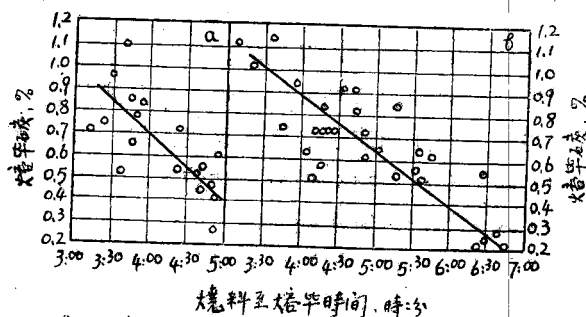


图二, 热工期时间与熔毕碳关系 a—2#平炉 b—3#平炉

对于2#炉来说, 热工期时间由4:30增加到7:30时, 熔毕碳由1.00%降至0.35% 每小时的降碳量为: $0.216\% \text{C/时}$ 。

对于3号炉来说, 热工期由5:00延长到8:30时, 熔毕碳由1.04%降至0.25%, 每小时的降碳量为: $0.226\% \text{C/时}$ 。

为了比较, 装料期和从烧料到熔毕的炉气氧化能力的差别采用同样的办法, 对烧料至熔毕的炉气氧化能力进行了统计分析, 结果如图三。



图三, 烧料至熔毕时间对熔毕碳的时间
a—2#平炉 b—3#平炉

根据图三资料计算, 2#炉烧料到熔毕的炉气氧化能力为 $0.30\% \text{C/时}$ <时间由3:30增加到5:00, 熔毕碳由0.85%降至0.40%>; 3#炉同时期的炉气氧化能力为: $0.25\% \text{C/时}$, <时间由3:30延至6:30熔毕碳由1.01%降至0.26%>

在进行配料统计的期间, 热工期的各阶段时间如下:

炉别	装料	装料到熔毕	烧料到熔毕
2#炉	2:10	6:10	4:00
3#炉	2:00	6:30	4:30

按照已知的阶段时间以及该阶段相应的炉气氧化能力有可能近似地计算出装料期炉气氧化能力来。

2*炉装料期炉气氧化能力：

$$\frac{6:10 \times 0.216 - 4:00 \times 0.30}{2:10} = 0.06\% \text{C/时},$$

3*炉装料期炉气氧化能力：

$$\frac{6:30 \times 0.226 - 4:30 \times 0.25}{2:00} = 0.17\% \text{C/时},$$

将两个炉子不同阶段的炉气氧化能力，换算成相当的氧量（以吨/时表示）列于表二。

(表二)

炉 别	阶 段 炉 气 氧 化 能 力 T/时		
	装 料	装料至熔毕	烧料至熔毕
2*炉	0.08	0.29	0.40
3*炉	0.23	0.30	0.33
平均	0.16	0.30	0.37

由表二看出，装料期炉气氧化能力是很低的。但是，装料期 2* 炉氧化能力小于 3* 炉，而烧料到熔毕则 2* 炉大于 3* 炉。这是因为 3* 炉为内倾式炉型，炉膛容积小，压力大，炉气中氧的分压力也大，因而加速了炉料的氧化；另一方面 3* 炉熔池深（900 %）而 2* 炉则浅（700—800）实际炉液面积 2* 炉大，3* 炉小。因此，2* 炉熔池降炭能力大于 3* 炉。相应地 2* 炉表现了较大的炉气氧化能力。

为了实际应用的方便起见，在进行配料计算时，只考虑从开始烧料到熔毕的炉气氧化能力。这是因为一方面装料期中炉温低，炉气氧化作用不大；另一方面装料时间往往波动很大，尤其是三座平炉同时生产时，碰头装料现象频繁出现。那时，或者减小煤空气等待，或者矿石上盖以石灰等待。这样，时间的长短与炉气氧化作用毫无关系。实践证明，只考虑烧料到熔毕的炉气氧化作用，对配料计算并无影响。

这样，由炉气氧化所提供熔池的氧量可以表为如下形式：

$$E_2 = Kt \quad (2)$$

式中 E_2 炉气提供的氧量，吨

K 炉气氧化能力 吨/时

t 热工期间〈烧料到熔毕〉，小时，

3. 耗氧项的耗氧量

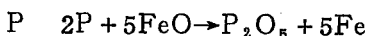
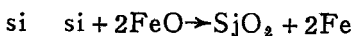
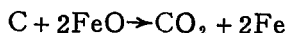
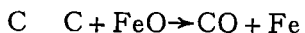
耗氧项包括铁水、废钢、熔渣三项。现分别分析如下。

1) 铁水杂质氧化耗氧量

铁水中含有较高的 C、si、Mn、P 等元素。这些元素在熔化期中有的绝大部分（如 si、Mn、P）有的相当一部分（如 C）被氧化掉。铁水杂质氧化消耗的氧占了熔池消耗氧的主要部份。

a、被氧化元素的耗氧系数。

C、Mn si P 等元素在熔化期中，按下列反应进行氧化：



现以炭元素为例，计算单位元素氧化时消耗的氧量，由反应式看出，碳元素的氧化有两种形式。第一种是一个克原子的碳(12)和一个克原子的氧(16)作用生成 CO (28)。单位碳氧化时消耗的氧为 1.33。第二种是一个克原子的碳与两个克原子的氧作用，生成 CO_2 ，单位炭氧化消耗的氧为 2.66。根据冶金工作者们新近的研究结果，认为熔池中碳元素的氧化有 87% 按第一种形式，有 13% 按第二种形式。因而单位碳元素氧化消耗的氧平均为：

$$\frac{1.33 \times 87 + 2.66 \times 13}{100} = 1.5$$

以此类推，其他元素氧化时的单位耗氧系数为：

Mn 0.29

si 1.14

p 1.29

g. 铁水份

目前，我厂平炉使用的铁水由 3 高炉供应，其化学成份波动较大。一般碳在 3.8~4.4% 之间，矽在 0.6—2.00% 之间，锰在 0.30—0.80% 之间，磷在 0.150~0.280% 之间，硫在 0.010—0.030% 之间。据 65 年底连续几个月的统计，每月三高炉铁水的大致成份如表三所示。

如果三高炉正常按平炉铁生产时，则可取以下平均成份 %

C	Si	Mn	P	S
4.16	1.10	0.44	0.228	0.026

进行了比较大量的铁水份的统计后发现，铁水含碳量与含矽量之间存在着一定关系。铁水含矽愈高，含炭量则降低。这个关系载于图四。

(表三)

期 间	铁 水 成 份 %				
	C	Si	Mn	P	S
65年11月	4.16	1.10	/	/	/
12月	4.11	1.12	/	/	/
66年元月	4.20	1.04	0.33	0.224	0.021
2月	4.00	2.33	0.74	0.206	0.024
3月	4.13	1.22	0.43	0.223	0.027
4月	4.10	1.78	0.62	0.187	0.027
5月	4.18	1.00	0.56	0.209	0.030

由图四看出,当铁水含矽在0.6—1.2%之间时,铁水平均含碳量并无多大变化,而含矽过高时,含碳量降低。因此,在使用铸造生铁配料时,必须考虑到这一影响,否则,将影响配料的准确性。

C、铁水杂质氧化的耗氧量

在熔化过程中,铁水中杂质绝大部分都被氧化掉了。熔毕时熔池残留成份一般为:

C	Mn	Si	P
0.5~1.1%	0.05%	0.02%	0.010%

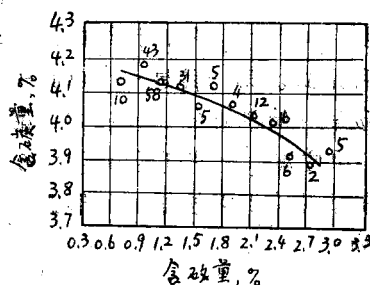
在所残留的元素中Mn, Si, P为极微量,可以略去不计。同时,为了计算方便起见,假设在熔化期中炭元素全部被氧化,这样铁水杂质氧化消耗的氧量便可表为下式:

$$E_s = \frac{N}{100} (1.5C + 0.29Mn + 1.14Si + 1.29P)$$

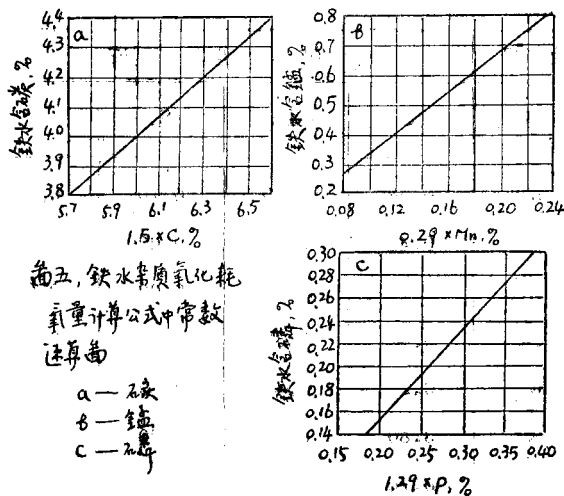
考虑到含矽量是铁水成份中的主要变量,而将其他元素视为常量。由此出发,将铁水平均成份代入上式得

$$E_s = \frac{N}{100} (1.14Si + Si6.66)$$

式中6.66为一常数,由C、Mn、P的含量决定。当铁水中C、Mn、P元素发生较大变动时,该常数随之变化。该常数可依据铁水成份,由图五确定。



图四、铁水含碳量与含矽量的关系



例如: 铁水成份为C3.9% Mn0.4% P0.280%时则根据图五中a查得5.85, B查得0.12, C查得0.36。此三项相加得6.33, 式中6.66以6.33代之即可。

前面假设铁水中的碳全部氧化。但实际上, 熔毕时熔池总保持一定的含炭量, 这是使熔炼能顺利进行的重要保证。其相当的氧量为:

$$1.5 \times T \frac{C}{100}.$$

因此, 铁水杂质氧化消耗的氧量应表为:

$$E_3 = \frac{N}{100} (1.14Si + 6.66) - 1.5T \frac{C}{100} \quad (3)$$

式中 E_3 铁水杂质氧化消耗的氧, 吨

N 铁水数量 (包括生铁), 吨

Si 铁水含矽量, %

T 装入量, 吨

C 熔毕碳, %

2) 废钢杂质氧化耗氧量

我厂平炉使用的废钢比较复杂, 从进行化学分析, 分类也不太清楚。配料比 (废钢: 生铁) 亦常变动, 曾使用过三种即3:7、25:75、17:82, 现在采用25:75。一般掌握的分类有一般料, 渣钢, 打包料、高低矽, 纯钢等五种。其每炉规定配比数量和大致成份如表四:

同计算铁水杂质氧化消耗的氧一样, 废钢杂质氧化时, 消耗的氧量可表为下式:

$$E_4 = \frac{M}{100} (1.5C + 0.29Mn + 1.14Si + 1.29P) \quad (4)'$$

将废钢平均成份代入式 (4), 该式即简化为:

(表四)

料 名	数 量	化 学 成 份 %				
	单	C	Mn	Si	P	注 解
一 般 料	5	0.25	0.45	0.10	0.03	工业或日用废钢
渣 钢	6	0.40	0.20	0.02	0.03	破碎钢块
打 包 料	1	0.10	0.35	0.02	0.02	厚板边角余料
高 低 矽	2	0.10	0.35	3.00	0.01	高低矽钢
纯 钢	8	0.25	0.45	0.20	0.02	废钢锭, 中管
再 生 铁	3	3.80	0.30	1.20	0.30	废生铁
平 均	25	0.70	0.36	0.47	0.06	

$$E_4 = 1.7 \frac{M}{100} \quad (4)$$

式中 E_4 废钢杂质氧化消耗的氧量, 吨

1.7 系数

M 废钢数量, 吨

当废钢成份和比例变化时, 可应用式 (4) 重新推导系数。

3) 熔渣消耗的氧

平炉渣中经常保持较高的 Fe_o 含量, 特别熔化初期放出炉外的初期渣中 Fe_o 更高, 有时竟达40%。放渣损失的或者是在渣中保持的 Fe_o 不是来自铁矿就是来自炉气对金属炉料的氧化。无论是熔渣数量的变化, 还是熔渣成份的变化, 都对配料有影响。因此, 有必要对熔渣成份, 数量及其所消耗的氧量进行研究,

a. 熔化期熔渣成份,

根据比较, 大量的熔渣的分析, 我厂熔化期各阶段的熔渣成份, 如表五所示。

(注): 熔初 (放渣阶段) 从开始熔化到熔池大翻

熔中 (大翻阶段) 熔池大翻, 渣面升高

熔末 (造渣阶段) 渣面下降熔池小翻

熔化期中 Fe_o 变化很大, 熔初含量最高, 在15—40%之间熔中急剧下降, 进入熔末缓慢下降将近熔毕渣中 Fe_o 保持稳定, 在10%左右。

分析表明, 熔初渣中 Fe_o 与装料铁矿石数量有关。矿石越多 Fe_o 含量越高, 如图六所示。初期渣中 Fe_o 随装料矿石数量增加而提高的原因主要是当矿石的相对数量增加时, 炉内矿石被金属炉料复盖的程度相应地减少。在装料和加热过程中, 直接受炉气加热而熔化的铁矿数量相应增加, 因而提高了渣中 Fe_o 。

(表五)

阶 段		范 围	熔 渣 成 份 %							
			Feo	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	P ₂ O ₅	MnO
熔 初	高	40	30	25	4	9	0.150	3.0	5.0	1.5
	低	10	10	15	2	5	0.100	1.0	3.0	0.6
	平 均	24	25	23	3	7	0.125	2.0	4.5	1.0
熔 中	高	30	38	25	4	10	0.100	5.0	5.0	1.6
	低	7	15	20	2	7	0.060	2.0	2.0	0.6
	平 均	17	25	23	3	9	0.080	3.5	3.5	1.1
熔 末	高	12	50	25	1	12	0.140	4.0	2.4	2.4
	低	7	305	15	1	10	0.090	2.0	1.0	1.6
	平 均	9.5	45	20	1	11	0.115	3.0	1.6	2.1

其次炉料加热时间对初期渣中 Feo 也有影响, 炉温愈高加热时间愈长则初期渣中 Feo 含量愈高。

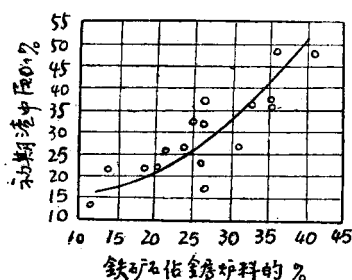
熔初阶段主要是放初期渣。因此, 熔初熔渣成份也就是放出炉外的初期渣成份。

B、熔化期熔渣数量

在我厂条件下, 要知道熔化期形成的总渣量, 既不能称量又难以计算, 只能应用统计的方法近似地求得。

我厂的生产条件是: 装入量100⁷, 炉料配比75:25, 使用海南岛矿石每炉装入量17⁷, 石灰量装炉20斗熔化期加入4斗, 共24斗计9.6^T。铁水矽在0.8~1.2%之间, 补炉熟白云石量每炉4.5^T。放出初期渣量8—10^T, 含 Feo 25%, 熔毕时渣中 Feo 10%。在此条件下, 熔化期形成的总渣量为:

渣物名称	数量, 吨
铁水中渣物	3.42
废钢泥土杂质	0.70
矿石中除Feo	
以外之渣物	2.55
石 灰	9.60
补炉材料	4.50



图六, 装料铁矿数量与熔初渣中 Feo 含量的关系

炉顶熔损	0.150
稀渣材料	1.50
初期渣损失Feo	2.25
熔毕时炉内Feo	1.80
共 计	26.97

如果熔化初期不放渣或者少放渣时，熔化期之总渣量将会大大增加。

C、熔渣消耗的氧量

我们已经知道熔化期熔渣成份和数量，而且能计算出单位 Feo 中所包含的 氧量为 0.22，这样，熔化期熔渣消耗的氧量即为：

$$E_5 = 0.22 \left[\frac{(\text{Feo})F}{100} b + \frac{(\text{Feo})B}{100} (Q - b) \right]$$

式中 E_5 熔渣消耗的氧量，吨

0.22 氧化铁单位含氧量

$(\text{Feo})F$ 初期渣中Feo含量，%

b 初期渣放渣量，吨

$(\text{Feo})B$ 熔毕渣中Feo含量，%

Q 熔化期形成之总渣量，吨

为简化计算取 $(\text{Feo})F = 25\%$ $(\text{Feo})B = 10\%$ 代入上式得

$$E_5 = 0.055b + 0.022(Q - b) \quad (5)$$

4. 公式的导出

前面已具体分析，熔化期供给熔池氧以及消耗氧的各个项目。在此基础上，就能够根据熔化期熔池氧平衡原理，推导出装炉铁矿石量的计算公式来。

按照熔池氧平衡原理有：

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4 + E_5$$

已知

$$E_1 = 0.375R \frac{\text{Fe}}{100}$$

$$E_2 = Kt$$

$$E_3 = \frac{N}{100} (1.14\text{Si} + 6.66) - 1.5T \frac{C}{100}$$

$$E_4 = 1.7 \frac{M}{100}$$

$$E_5 = 0.055b + 0.022(Q - b)$$

建立等式：

$$0.375R \frac{\text{Fe}}{100} + kt = \frac{N}{100} (1.14\text{Si} + 6.66) - 1.5T \frac{C}{100} + 1.7 \frac{M}{100} + 0.055b + 0.022(Q - b)$$

移项正理得：

$$R = \frac{N(1.14\text{Si} + 6.66) + 1.7M + 5.5b + 2.2(Q - b) - 1.5Tc - 100kt}{0.375 \times \text{Fe}} \quad (6)$$

式中各项符号同前。

推导出的公式，是比较复杂的，这是该计算公式的主要缺点。这给在日常生产中使用造成了很大困难。事实上没有必要在每炉配料时都进行如此复杂的计算。另一方面，由于该计算公式考虑了较多的配料因素，这就有可能用来解决在配料条件发生变化的情况下的配料计算问题。例如当装入量变动，炉料比变动，铁水、废钢，矿石成份变化，熔化期放渣或者不放渣，改变熔毕炭等等，在上述情况下仍可以进行比较准确的配料计算。这就表现了该计算公式的优越性。

已经指出，配料计算公式的繁简，主要取决于生产条件的优劣。当原料稳定，操作统一时，可将一些变量，取为常数。将计算公式做一定程度的简化，以便于日常生产使用。

二、配 料 图 表

应用配料计算公式进行配料计算时，尽管对计算公式进行了一定的简化，但还是离不开繁琐的计算，这就给此种配料方法的应用和推广增加了困难。但是，如果将计算公式变换成图表形式，以查图代替计算，则此种困难便有可能克服。

1、计算公式的分解

由于公式中引入了许多变量，该公式不可能以一个图表所概括，必须用几个图表，因此，计算公式须加以分解。

根据分析，计算公式（6）可分解成四个部份，即使

$$R = r_1 + r_2 - r_3 - r_4$$

式中：

$$r_1 = \frac{N (1.14\text{Si} + 6.66) + 1.7M}{0.375 \times \text{Fe}}$$

r_1 为铁水杂质，及废钢杂质氧化所需铁矿石量

$$r_2 = \frac{5.56 + 2.2 (Q - b)}{0.375 \times \text{Fe}}$$

r_2 为熔渣所消耗的铁矿石量

$$r_3 = \frac{1.5Tc}{0.375Fe}$$

r_3 为大熔毕炭相当的铁矿石量

$$r_4 = \frac{100kt}{0.375Fe}$$

r_4 为炉气氧化相当的铁矿石量

考虑到每炉废钢数量M变化较少，废钢杂质氧化所消耗的铁矿石量，基本上是一个常数，故与铁水杂质氧化消耗的矿石量合并。所分解的四个部份，可分别制成四个图表。

2、配料图表的绘制

在绘制图表前，应首先确定矿石品位，现以我厂常用的海南岛矿石为例，取Fe₆₀。这样分解后的各个部份中最多只包括两个变量，因此，可以座标图表示之。

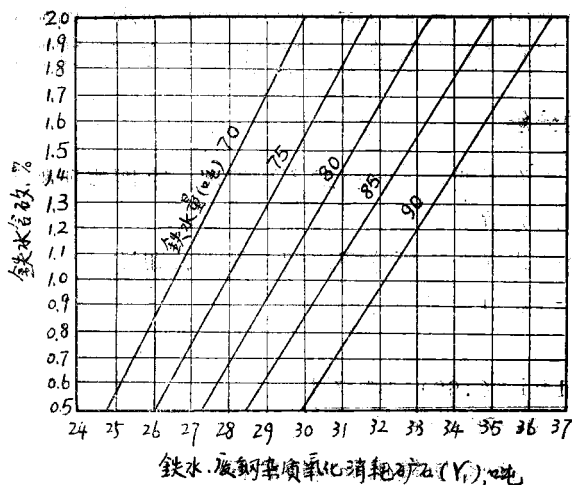
1) 铁水废钢杂质氧化所需矿石量 (r_1)

$$v_1 = \frac{N(1.14si + 6.66) + 1.7M}{22.5}$$

我厂装入量固定为100T故式中， $N + M = 100$ 串

以 $M = 100 - N$ 代入上式得：

$$v_1 = \frac{N(1.14si + 6.66) + 1.7(100 - N)}{22.5}$$



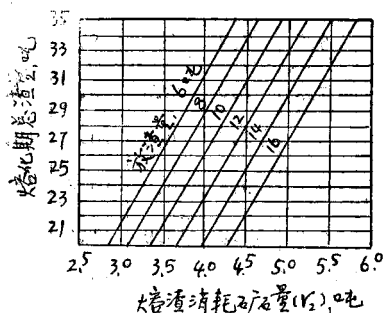
备注：铁水杂质氧化率与铁水、废钢杂质氧化消耗矿石量的关系

分析上式，符合直线方程 $y = ax + b$ 的形式，所绘出的图线为直线。设铁水矽 (si) 为纵轴，取其值0.5—2.0%， r_1 为横轴，铁水量 (N) 为斜率，其值取70、75、80、85、90等五个，根据以上方程，按绘制直线的方法制成图七。

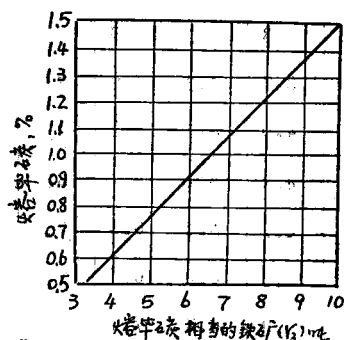
2) 熔渣消耗的矿石量 (r_2)

$$v_2 = \frac{5.56 + 2.2 (\alpha - b)}{22.5}$$

v_2 与 v_1 一样，同样是直线方程，取总渣量 (Q) 为纵轴， v_2 为横轴，放渣量 (b) 为斜率，各个数值按实际情况选取，绘成图八。



图八，熔化期总渣量、放渣量为熔渣消耗矿石量的关系。



图九，熔渣消耗相当的铁、熔渣消耗矿石量的关系。

3) 熔毕碳相当的矿石量 ($-v_3$)

取装入量 $T = 100^T$ 则：

$$v_3 = \frac{150c}{22.5}$$

该式同样是直线方程 符合 $y = a \times$ 的型式，该方程只代表某一条直线。令其纵轴为熔毕碳 (c) 横轴为 v_3 ，其斜率为150/22.5。制成的图线如图九。

4) 炉气氧化相当的矿石量 ($-v_4$)

$$v_4 = \frac{100kt}{22.5}$$

v_4 仍为直线方程，其中 v_4 、 k 、 t 可分别代表横、纵轴和斜率，但是考虑到 k 和 t 的数值范围都较大， k 值从0.150~0.550， t 从3:00~8:30，这样在图中要划出许多条直线，绘图及应用均有困难。因此最好以列表的方式来表示。不相热工期时间和不同炉气氧化能力下炉气氧化相当的矿石量可按表六查找。

至此，配料图表全部绘制完毕。配料图表的应用较为简便只须根据已知条件逐个图表查表，然后将查出的 v_1 和 v_2 相加，减去 v_3 、 v_4 便为配料矿石量。

例：已知铁水63^T、生铁12^T，平均含矽1.6%，废钢25^T合计100^T，热工期为5:40，放渣量10^T，总渣量30^T，要求熔毕碳1.4%，计算应配海南岛矿石量。