

微机在电弧炉炼钢节电中的应用

刘连芳 郑李伶

汪春伟 张超仁

(广西计算中心)

(南宁冶金矿山机械厂)

摘 要

在我国冶金行业利用微机分析、预测、指导电炉炼钢生产,从而降低电耗,是一种新的尝试。为了摸清电炉炼钢电耗与冶炼过程中诸因素的关系,在过去定性分析的基础上,我们采用多元回归、逐步回归、编码逐步回归方法在BCM—Ⅲ型机上对两座电炉八个生产班组的1337炉钢的数据进行计算及分析,找出影响各班电耗的主要因素,并结合生产实践,提出改进操作的措施,实现节电。同时,结合生产条件及原材料的变化,利用数学模型预测炼钢电耗。今年二季度,用微机分析指导生产的两座电炉比未开展此项工作的一座电炉平均吨钢少耗电16.13度,二季度两个电炉实际少耗电14.46万度。按全厂三座电炉年产3.5万吨钢计,若全部采用微机分析、指导生产,则全年可少耗电56.455万度。

引 言

利用计算机分析、预测、指导电炉炼钢生产,从而降低电耗,这是冶金行业应用计算机的一种新尝试。

电弧炉炼钢电耗是电冶金厂的一项综合性很强的技术经济指标,电耗的高低与电冶炼过程的熔化耗时、氧化耗时、还原耗时、熔清成份等许多因素有关。多年来,许多冶金工作者试图用数学的方法对上述现象进行科学的分析,但由于影响电炉节电的因素很多,数据采集量极大,计算十分繁琐。因此,在计算机没有推广应用之前,对上述问题的讨论,我们看到的均仅是定性的分析,尚未看到定量的分析和讨论。

为了摸清电炉炼钢电耗与冶炼过程中诸因素的关系,我们在过去定性分析的基础上,采用计算机对大量原始数据进行多元回归和逐步回归分析及编码逐步回归分析,从而建立起降低炼钢电耗与众多因素之间的优化数学模型。我们对8个班组的1337炉钢的数据进行了计算及分析,根据各班的数据模型,找出影响各班电耗的主要因素,并结合生产实践提出各班改进操作的措施。经过今年二季度的生产实践,采用计算机指导生产的两座电炉比未开展该项工作的1号电炉平均吨钢少耗电16.13度,今年二季度两座电炉实际少耗电14.16万度。按本厂年产3.5万吨钢计,如全采用计算机科学指导生产,则全年可少耗电56.455万度。

一、基本数据

(一) 变量的确定

影响电弧炉炼钢节电的因素多达几十个，如果全部采用，工作量就增大。因此，我们把过去定性分析中讨论比较成熟的变量并结合本单位的生产实践，把熔化耗时、氧化耗时、还原耗时等七个变量纳入定量分析讨论的范围。

(二) 数据选择的原则

原始数据既是生产实践的反映，亦是讨论问题的基点。因此选择数据的原则是：

1. 生产记录中的数据应真实可靠。
2. 冶炼钢种统一为碳素钢（B₃钢）。
3. 由于生产中出现的偶然现象而产生的异常数据不予讨论。
4. 一般情况下，双班操作的炉次不讨论。

炼钢技术人员对全部原始记录进行鉴别后，由专人将原始数据按炉别和炼钢班次分别抄录于“电炉炼钢能耗调查表”，供输入计算机时使用。

由于没有安装氧气流量表，缺少每炉用氧数量，导致本工作只能进行吹氧与不吹氧的讨论，这是本课题的一个不足之处。

本课题选取的炉数共3000炉，根据上述取舍原则，最后进入计算的炉数为1337炉。

二、程序的编制和调试

在计算中我们分别采用多元回归、逐步回归和编码逐步回归的方法，编制程序。

为了保证原始数据输入的正确性，特设计了一个专门检测原始数据准确性的程序。

程序先采用标准实测的数据进行计算，结果相符后才正式投入使用。

三、计算及分析讨论

由于每个炼钢班有自己的特点及弱点，为了正确地反映出每个班的实际情况，我们对每个班进行了回归分析（每个班的数据同属同一生产时期并都取105炉）。

(一) 多元回归分析

对8个班组进行多元回归分析的结果基本上具有以下特点：

1. 相关系数的值越大，相应的剩余标准差越小，这与数学上的分析一致。
2. 熔清碳含量的系数出现负值是由于：
a. 熔清碳偏低，导致钢熔点升高增碳耗时长。
b. 氧化末期碳控制水平差，检查出现负值的几个班的原始生产记录，发现所分析的情况和实际基本一致。
3. 氧气的利用率高，在节电中对氧气的依赖大。
4. 从理论上讲，各种因素对电耗的影响是个客观规律，对任何班组都是一样的，而根据实际数据求出的回归方程各不相同，相关系数R值有高低之分。因此，R值的高低反映了实际操作的稳定性。R值高说明生产过程控制稳定，反之说明操作中有大起大落的现象。

如果在“最优”的回归方程中包括尽可能多的变量，特别是对因变量有显著影响的变量，那么从该方程得到的预报就比较精确。然而由于存在对因变量影响不显著的因素，回归

方程的稳定性受到影响,使预报效果下降,为此,我们采用了逐步回归方法。

(二) 逐步回归分析

将多元回归分析的数据在取统计量 F 为 1—3 时,各班的回归方程变化不大,且剩余标准差较小(为了讨论方便,均取 $F = 2$),从计算结果中看出各班的方程均有如下特点:

1. 吹氧否、熔化耗时、氧化耗时、还原耗时四个因子均进入偏回归方程(除一个班外),说明上面这四个因子是节电中的主要控制因素。这与过去定性分析的结果是一致的。
2. 当平均含硫量小于 0.080% 时,熔清流含量不是主要因素。
3. 当平均含碳量接近 0.30% (含碳量为 0.30% 时是比较理想的控制水平),碳对节电有利,不是影响电耗的主要因素。
4. 入选因子均大于四个。
5. 一般来说,电耗最低的班,其相关系数高,离差值低。
6. 在各班的偏回归方程中,入选因子普遍比全回归方程减少二个至三个,最多减少四个。不仅复相关系数值没有降低,而且还因自由度的增加剩余标准离差略有减少。

(三) 编码逐步回归分析

经逐步回归方法处理得到的数学模型,由于各因子所取单位的不同,不能直接地判断进入方程的各个因子的重要程度及性质。为了解决这一问题,我们参照正交设计的方法,对因子的水平进行编码,使所有变量在所研究的区域内是“平等”的。因而得到的回归系数不受因子单位的影响,并且能直接地反映该因子作用的大小。回归系数的符号则反映了这种作用的性质。把经过编码后的数据按逐步回归进行计算。从计算的结果得出,凡逐步回归入选的因子在编码回归中均入选,并且回归系数的符号、复相关系数、剩余标准差值和逐步回归分析的结果完全一致。

从根据此方法得出的方程中可以判断出各个因子在方程中的作用大小,它们依次为熔化耗时、氧化耗时、还原耗时、熔清含磷量、吹氧否。当回归系数的符号是负时,该因子数值的增加对节电有利,系数的符号是正时,因子数值的增加对节电不利。

(四) 典型班组的讨论

冶炼一班对炼钢电耗影响较大的主要因素及各因子的重要性依次为熔化耗时、氧化耗时、还原耗时、熔清含磷量、吹氧否。编码逐步回归分析结果和该班实际操作基本上是一致的。

参照回归方程及该班的实际操作,为减少电耗,对该班提出了以下的节电要求:

1. 提高氧气的利用率,进一步强化电炉炼钢用氧,注意掌握合适的吹氧时间和角度,以达到缩短熔化和氧化耗时。
2. 强化去磷操作,适当提高熔化期炉渣的去磷能力,增加出钢后,炉底加垫石灰数量,同时略微提高熔化渣的氧化铁含量。
3. 尽量缩短三期的冶炼时间,重点放在缩短熔化耗时和氧化耗时。在生产条件、装备水平相同的情况下,要求争取吨钢电耗下降 10%。

按上述的方法对全部冶炼班组的偏回归方程和编码回归方程进行认真分析和讨论后,将数学模型与实际操作相结合,对每个班提出了节电操作中各因素变化时对电耗影响的定量值,指出其操作中的长处和存在问题。

四、应用

(一) 电耗预测

当电弧炼钢的装备水平、生产条件、原材料质量等与去年基本同等时，预测电耗时可以不考虑变化的因素，直接将原来计算出来的数据代入回归方程进行预测。但是，由于1985年国家钢材短缺，电炉炼钢所用的原材料紧张并且质量下降；石墨电极供应紧张，被迫以 $\phi 250$ 代替 $\phi 300$ ；今年四月份制氧机检修一个月，并且氧压机今年以来也经常带病工作，因而使电炉炼钢电耗增加。所以在预测电耗时必须考虑此种因素，否则将大大降低预测值的精度。

表1给出了去年分厂电炉炼钢六个因素的实际控制值及今年4~5月的预测值。熔清的化学成份是根据去年12月下旬~今年3月的数据基准并以现有废钢铁料以及当月即将来料的情况进行预测的。

表1 1984年分厂实际控制水平及1985年4~5月预测值

时 间	熔化分	氧化分	还原分	碳 %	硫 %	磷 %
1984年	125.3	40.6	38.4	0.237	0.080	0.0347
1985年4~5月	142	62	43	0.500	0.110	0.065
增长率B%	13.32	52.7	11.98	110.9	37.5	87.3

根据表1所示的各因素增加百分比B和去年的实际控制数以及各班的回归方程，即可预测出今年4~5月份各班的单班操作电耗数。表2和表3分别给出了各班的实际单班消耗和实际消耗值。

表2 预计单班耗与实际单班耗比较

数 据 班 别	类 别	预计单班耗	实际单班耗	误 差	误 差
		(度)	(度)	(度)	(%)
1		780.32	781.35	-1.03	-0.13
2		873.03	852.02	+21.01	+2.45
3		841.73	858.70	-16.97	-1.98
4		906.65	809.02	+97.63	+12.06
5		789.97	806.24	-16.27	-2.0
6		873.32	849.76	+23.56	+2.77
7		837.82	801.73	+36.09	+4.50
8		874.45	846.94	+28.51	+3.37

表3 预计实耗值与实际消耗值的比较

数据 类别 班别	预计实耗 (度)	实际消耗 (度)	误差 (度)	误差 (%)
1	798.27	780	+18.27	+2.34
2	948.98	857	+91.98	+10.73
3	885.50	915.5	-30	-3.2
4	958.33	895	+63.33	+7.08
5	902.15	870.5	+31.65	+3.64
6	1018.99	911.6	+107.39	+11.78
7	952.60	805.5	+147.1	+18.26
8	946.15	907.5	+38.65	+4.26

分析表2、表3数据可以认为,用微型计算机计算所得的回归方程预测生产条件发生较大变化时的各班电耗值具有比较高的精度,特别是预测单班炼钢的电耗值具有相当高的精度。这对于我们制订节能考核指标、加强节能管理工作及采取有效对策都具有重要的指导意义。

(二) 回归方程的比较及分析

将今年4~5月份单班炼钢的数据按前述办法进行多元回归分析,把计算结果与以前的计算结果比较,发现有如下特点:

- 1.各个班均强化了氧气炼钢,注意充分发挥氧气在炼钢中的作用,吹氧时间的选择和吹氧角度的控制普遍掌握得比较好,熔清碳比去年提高,有利于提高氧气的利用率。
- 2.氧气末期碳的控制水平比去年有了改进,过氧化及重氧化频率下降。
- 3.熔化耗时和氧化耗时的控制仍然基本上是每个班节电的主要因素,这与国内各钢厂把节电的重点放在熔化期和氧化期是一致的。

(三) 效果

由于生产条件、原材料等均发生了重大的变化,我们只能采用可比的方法对节电效果进行检验。可比电耗值是将今年的生产控制数据分别代入到去年的全回归方程计算所得。把实际单班电耗值和可比单班电耗值进行比较,若实际单班值低于可比单班值则认为实现节电,反之,则没有实现节电。

例如1班去年的全回归方程为:

$$Y = 417.17 - 24.0189X_1 + 1.00355X_2 + 3.13955X_3 \\ + 2.22854X_4 - 10.1627X_5 - 220.71X_6 + 480.695X_7$$

将今年4~5月份的实际控制值代入得可比单班电耗:

$$Y = 789.33661 \text{ (度)}$$

而该班1985年4~5月份的实际电耗为781.35度，实际吨钢节电为7.99度。根据此种方法计算，8个班平均电耗下降17.66度。

表4给出了今年1~6月份（即开展计算机应用工作阶段）三座电炉的电耗增加情况，其中1号炉没有进行计算机应用工作。可见开展计算机应用工作的2号炉和3号炉百分比的上升均低于1号炉。

表 4 三座电炉电耗增长对比

时 间 数 值 炉 座	1~3月 (度/T)	4~6月 (度/T)	增 长 值 (度/T)	增 长 率 (%)
1	954.86	1021.54	66.68	6.98322*
2	801.53	852.18	50.65	6.31916
3	850.29	882.74	32.45	3.81635

*没有开展计算机应用

在相同的原材料、供氧、供电等条件下，一般来说，三座电炉的电耗增长百分比应该是一致的或者相当接近。但是2、3号炉的增长率均低于1号炉，则可认为开展应用计算机工作的2、3号炉共少耗电数分别为：

$$801.58 \times (1.0698322 - 1.0631916) = 5.32264 \text{ (度/吨)}$$

$$850.29 \times (1.0698322 - 1.0381635) = 26.927579 \text{ (度/吨)}$$

4~5月2、3号炉产量分别为4729.735和4435.371吨，则今年二季度实际少耗电数为144,608.48度。按本厂三座电炉年产3.5万吨钢计，如全部采用计算机指导生产，则全年少耗电56.455万度。

五、结束语

应用微机进行预测、管理、降低炼钢电耗是一种有效的科学管理办法。在计算机上进行回归分析能找出控制电耗的主要因素和判断各因子作用的大小，并由过去的定性分析上升到定量分析，有利于做到有的放矢。