

太鋼科技

1

1976

太原鋼鐵公司科技處



50吨氧气顶吹转炉温度制度.....	公司科技处刁国田 (1)
八辊冷轧带钢轧机辊系配置、轧辊受力及轧制稳定条件分 析.....	范宗荣 (13)
F18的成份与性能问题.....	公司科技处虞积森 (25)
1Cr18Ni9Ti棒材的质量分析.....	第三炼钢厂王万阁 (32)
加热炉汽化冷却系统安全性的讨论	第三轧钢厂技术科杜 炜 (38)

50吨氧气顶吹转炉温度制度

一、引言

在氧气炼钢过程中，由于高温下氧气流股与金属熔池的作用，使钢液的温度、成份、重量发生着不断地变化。而温度的变化对于造渣过程杂质的去除及吹炼能否顺行有着重大的影响。

因为在一定的条件下，任何钢种都有一定的出钢温度范围，要作适当的控制。如果出钢温度过高，就可能造成钢包漏钢和粘模及模底跑钢等事故，使钢中气体含量增加对钢质不利；对炉衬和喷头寿命也有一定的影响。相反，如果出钢温度过低，就会造成短尺、糊包底、回炉等事故。因此为了炼好钢就必须掌握吹炼过程中温度变化的规律和控制方法。

在炼钢过程中温度如何控制呢？由于金属熔池中杂质元素的氧化及其产物间成渣反应放出大量的热。这些热量将 $1250\sim 1320^{\circ}\text{C}$ 的铁水和常温下的废钢加热到 $1620\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 的钢水温度，将常温下的散状料加热到 $1620\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 的炉渣温度，将高温或常温的炉衬加热到出钢温度；加上高温炉气喷溅物和其它热损失还带走一部份热量，除此以外还有富裕。就是说金属熔池本身提供的热量（铁水的物理热和化学热）超过了升温的需要。因此，为了获得一个合适的终点温度在炼钢过程中还需要不断地降温。温度控制就是控制钢液升温 and 降温的过程。由于升温过程在一定的原材料（成份、数量）操作和设备条件下，是在一定的范围之内波动的，因此降温便成为主要的控制手段。换句话说，温度控制的主要方法就是确定冷却剂（泛指加入炉内的一切物质）的加入量及其加入方式。

二、冷却剂的种类及其加入方式

1. 冷却剂的种类

氧气顶吹转炉通常采用的冷却剂有三种，即废钢、矿石和铁皮。它们可以单独使用，亦可互相搭配使用。

采用废钢冷却的优点是：废钢含杂质少，因而渣量少、操作较稳定，喷溅少。可以放宽对铁水含矽量的限制。增加废钢配比，可以降低钢的成本。缺点是：增加装料时间，影响生产率，尤其对大容量炉子。且吹炼过程中不便予调温。

采用矿石冷却的优点是：加料不占用时间，有利于化渣，减少氧气耗量，吹炼过程中便于调节温度。缺点是：矿石成份常有波动，故其冷却效果也不稳定。且含杂质多，

渣量大，尤其在铁水含砂量高的情况下，若单独用矿石作冷却剂易引起喷溅。

铁皮与矿石相比，冷却效果较稳定，含杂质少，成渣量亦少。缺点是呈粉状吹炼过程中易被吹跑，且较潮湿，冬季易冻结，故需经烘烤后方可使用。较之矿石，铁皮对熔池搅拌力差，作用时间短。

综上所述，我厂同其他兄弟单位一样，采用定废钢调矿石的办法，既有利于化渣增加去磷效率，且操作较稳定，调节温度灵活方便。

2. 冷却剂加入方式

冷却剂加入方式合适与否，对吹炼过程影响很大，不同的冷却剂应采取不同的加入方式。

废钢用料槽在兑铁水前（轻废钢）或兑铁水后加入炉内。这样既有利于废钢在炉内予热而陆续熔化，又使吹炼过程中炉温波动不致太大，操作亦较稳定。实践证明：若废钢加入过晚，在碳焰上来后才加入，由于温度骤然下降，碳氧化受到抑制，渣中（FeO）骤增，一旦温度升高后便易产生爆喷。

矿石与铁皮既是化渣剂又是冷却剂，故通常应和石灰一起加入。生产实践证明：矿石用量每炉最好控制在300~800公斤之间，这样做既有利于化渣又便于调节温度。在铁水砂高而废钢又缺乏时，由于矿石用量大应特别注意其加入方式，每批加入量不可过多，否则易引起喷溅。矿石用量应在渣子化好后陆续小批量的加入，以控制过程温度，逐渐的上升避免喷溅，铁皮亦应陆续小批量的加入，尤其是在碳氧化剧烈时（11~14分），严禁集中加入大量铁皮，否则渣中（FeO）骤增，导致产生猛烈的碳氧反应而引起喷溅。

三、影响冷却剂加入量的因素

已如上述，当铁水温度、成份、数量和炉衬温度等因素发生变化时必将引起热量收入和支出的变化，亦影响到冷却剂加入量的改变。所以，掌握这些因素的变化对终点温度的影响是相当重要的。影响冷却剂加入量的因素很多，大致可分为下列几个方面：

（一）、铁水、废钢系统：铁水成份及其诸元素氧化量、铁水量、铁水温度，废钢种类及其加入量。

（二）、散状料系统：矿石、铁皮、石灰、石灰石、白云石、萤石、铁矾土、烧结矿、它们的成份及加入量；

（三）、氧枪和炉子系统：喷头结构及尺寸参数，炉子大小，炉衬厚度及散热情况，不同炉令期的空炉时间及终点等待时间、补炉料数量。

（四）、冶炼工艺：供氧强度、氧压大小和枪位高低，化渣好坏，造渣操作（单、双渣及留渣操作）、炉渣成份及物理性能，渣量大小，喷溅情况等。

（五）、终点调温：终点降温加入矿石、铁皮、石灰、废钢等的成份加入量，终点提温加入矽铁铝（或铝铁与钢芯铝）等的成份及加入量，后吹时间。

(六)、冶炼钢种、出钢口大小、流钢时间的长短。

其中常见且亦是最主要的因素有：

a、铁水含矽量：

从高炉生产情况来看，铁水中的碳、锰和磷的含量均较稳定，唯独矽的波动较大，而矽又是转炉炼钢的主要热源之一。因此，当其它条件不变时，随着铁水含矽量的增加，冷却剂用量也相应的增加。根据理论计算，太钢50吨转炉在现有生产条件下（简称太钢下同），铁水含矽量每增加0.1%，终点温度增加15°C，经验值为10~20°C

b、铁水温度

铁水温度的高低关系到铁水带入的物理热的多少。为了准确地计算冷却剂用量，就必须掌握铁水温度。据理论计算，铁水温度每波动（±10°C），使终点温度波动为（±75°C）。生产经验是（±6°C左右）。

c、铁水装入量

铁水除带入物理热外，杂质氧化还放出大量的化学热。因此，铁水装入量增加，则相应增加冷却剂用量。据理论计算，铁水每波动（±1吨），则终点钢水温度波动（±5.6°C）。生产经验是波动5~6°C。

d、间隔时间与炉令

炉与炉的间隔时间愈长，则炉口、炉衬的散热损失也愈大（特别是对于老炉子）。在正常情况下，间隔时间一般为4~10分钟，可以不考虑调节冷却剂用量，但由于补炉或其它原因空炉时间较长时，则必须相应减少冷却剂用量。生产经验是不同炉令期，不同间隔时间，每小时减少的矿石量应不相同。见表1所示。

表1、50吨氧气转炉不同间隔时间矿石调节量

炉 间 隔 时 间	令	前 中 期 2~150	后 期 >150
1小时应减矿石，公斤		300	400
2小时应减矿石，公斤		500	600
3小时应减矿石，公斤		600	700
4小时应减矿石，公斤		700	800

E、不同钢种

钢种不同终点炭和铁的氧化量也不同。终点炭愈低，铁的氧化量愈多，铁水带入的化学热愈大，则必须相应增加冷却剂用量。据理论计算，由普碳3号钢改炼低矽钢，在太钢条件下终点钢水温度增加85°C，生产经验是60~70°C。经验值偏低的原因，主要是考虑了多加石灰等因素的影响。

四、过程温度的控制

过程温度控制的合适与否，对于化渣的好坏吹炼过程能否顺行以及杂质的去除有着重大的影响。

对过程温度控制的要求是：

1. 过程温度的控制应与造渣制度相配合。二者既是矛盾的，又是统一的，温度低渣子不好化；反之，渣子化不好，又影响快速提温。

2. 过程温度的控制应能最大限度地脱除硫磷。若过程温度低，脱硫率也低；而过程温度控制偏高，又易回磷，造成终点磷高。

3. 过程温度的控制应保证吹炼过程顺行。若过程温度低，渣子化不好，易产生金属喷溅；而过程温度控制偏高，又易产生喷渣。

4. 过程温度的控制应为获得一个合适的终点温度创造条件。若过程温度控制偏低，则必然采取后吹提温；反之，若过程温度偏高，则终点须加料降温，从而对钢质带来不利。为达上述要求，实践证明，过程温度的控制应当是逐渐增加的。

由于吹炼过程始末态瞬息都在变化，因而冷却剂的冷却效应也随之不断地发生改变。目前在我厂连续测温设备和计算机尚未采用的情况下，过程温度主要凭经验加以控制。具体来说：就是首先根据上炉终点温度，再结合本炉铁水条件（温度、成份、数量）及所炼钢种对终点的要求（见终点温度控制一节）。算出本炉冷却剂需要量。废钢在开吹前予先加入炉内。同时为了快速形渣，头批渣料亦在开氧降枪的同时加入炉内。若渣子化的好，碳焰上来的快，表明熔池温度高；二批料可提前加入；若碳焰上来的慢可推迟二批料加入的时间。在铁水和原材料条件较稳定的情况下，一、二批料可将冷却剂全部加入，借以控制过程温度。但在铁水条件和钢种变化较大的情况下，加之铁水、带入渣量的多少，化渣的好坏、枪位和拉炭的高低、秤量分析之误差等因素的影响，若一、二批料便将冷却剂全部加入，势必有时会造成终点温度过低。因此应预留部分冷却剂，在吹炼过程中再行调剂。实践证明对50吨转炉来说，一般予留量为400公斤矿石（即30°C左右）较为适宜。如予留的过多，势必使吹炼过程中调温次数多，弄不好还会引起喷溅。此后在吹炼过程中温度的控制，可以根据火焰和水温差的变化情况，间接地判断出熔池温度的高低。其经验是：在吹炼过程中，若发现火焰冲、浓度大、白亮、有欲喷的象徽，且水温差上升很快（喷金属例外），在一定水流量下超出最高值（见表2所示），表明熔池温度突起，应及时补加一部份渣料进行调温，否则稍加耽误，便可能造成大喷，待渣料加完之后，继续观察火焰和水温差的情况，若仍发现上述征兆，再加渣料进行调整，直至火焰和水温差变正常。临近终点再根据火焰的颜色（见终点温度判断一节），进一步判断熔池温度的高低，在铁水成份和数量及钢种变化频繁的情况下，采取这种方法，终点温度控制的合格率可以达到80~90%。

表2 进出水温差与终点温度的关系 (A₃钢)

冷却水流量 水温差	70吨/小时	80吨/小时	90吨/小时	终点温度
最高值°C	20~21	17~18	14~15	1650~1680°C

五、终点温度的控制

终点温度的控制包括合适的终点温度的确定；终点温度控制的方法；终点温度的判断及终点调温。

(一) 1. 合适的终点温度的确定是转炉温度控制的主要内容之一。任何钢种都有一个合适的终点温度范围。目前所炼的钢种虽多，但只要我们知道其确定的原则，对任何钢种合适的终点温度便都会确定了。通常是根据生产条件和经验来确定终点温度的。它与各厂熔炼品种、设备条件和工艺过程有关。例如：出钢口大小，出钢时加入包中的脱氧剂和合金化材料的种类、成份、烘烤状况，钢包的容量及烘烤情况，镇静时间，浇注方法和锭型等等。现以太钢生产条件举例说明如下：从测定终点钢水温度至浇注完毕，考虑到如下的降温过程：

1. 测完钢水温度至开始出钢，炉子等待期间降温；

2. 出钢过程的降温；

3. 镇静时间的降温；

4. 浇注过程的降温。

每个降温过程都有很多影响因素，在一定的生产条件下，它们是相对稳定的，曾对上述降温情况进行了实测和计算结果如下：

1. 炉子等待时间的降温 (Δt_1)：此段降温主要取决于炉衬散热情况与炉子停留位置，不同炉令期的散热情况不同，测定结果是：炉令小于100次时，每分钟降温2°C。炉令大于100次时，每分钟降2~3°C。令 τ_1 为等待时间(分)则 $\Delta t_1 = 2 \sim 3^\circ\text{C}/\text{分} \times \tau_1$ 。

2. 出钢过程的降温 (Δt_2)：此处 Δt_2 系指出钢前和包中所测钢水的温差，它主要受到下列因素的影响：①流钢时间的长短；②钢流形状；③钢包状态(冷、热、新包、带包底否)；④钢水量多少；⑤加入合金的数量、种类及烘烤情况；⑥出钢时加入包中炭粉、石灰、苏打的数量和干湿程度；⑦包内渣层厚薄；⑧外界气温的影响；

在太钢生产条件下，②、④、⑦、⑧四项基本变化不大，⑤、⑥两项随冶炼品种变化，①、③两项则时有变化，实测结果为：A3静、3C等降40~60°C；A3F降45~65°C；F18、ML15、降35~55°C；D22降20~40°C；D42降10~30°C；

应指出上述所测的结果为终点温度与出钢后包内钢水温度之差，即已包括炉前等待

时间的降温，故实为 $\Delta t_1 + t_2$ 。对 Δt_2 在太钢生产的条件下，可用下列经验公式求出：
 $= 0.015W_{\text{矽铁}} + 0.3W_{\text{铝}} - 0.03W_{\text{锰铁}} - 0.2W_{\text{炭粉}} - 0.08W_{\text{石灰}} - 6\tau_2 - 25$ 。

式中：W—各种材料的加入量；公斤

6—每流钢1分钟降低钢水度数， $^{\circ}\text{C}/\text{分}$

τ_2 —流钢时间，分

25—其它因素的综合降温， $^{\circ}\text{C}$ 。

3.镇静时间降温 (Δt_3)：钢水在包内降温由包衬散热情况及包中渣层的厚度等因素所决定，实测结果是每分钟降 2°C ，设以 τ_3 表示镇静时间：

则 $\Delta t_3 = 2 \times \tau_3$ ；

镇静时间一般为5~7分（高矽钢为7~10分）

4.浇注过程的降温 (Δt_4)：用光学，高温计实测，在整个浇注过程中平均降温 $1.2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。浇注时间通常为25~30分，因此，此段降温 $30 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

5.合适的钢水的过热度 (Δt_5)：由于各钢种成份不同，钢水粘度及浇注方法亦不同，因此，开浇温度、高出凝固点数值便有较大的差别。此值由经验确定：普镇钢为 60°C ；普沸钢为 70°C ；低矽钢为 80°C ；高矽钢为 110°C ；

6.各类钢理论凝固点的计算 (Δt_0)：应指出的是：任何元素加入纯铁中必将引起铁的熔点降低，即使是难熔的元素（如W、Mo）也不例外。为了计算钢种凝固点的需要，将各种元素能使纯铁凝固点的降低值列于表3及表4，再根据各钢种化学成份便可求出各钢种的凝固点（开始凝固点）。

表3 溶于铁中元素为0.1%时，纯铁凝固点的降低数值。

元 素	元素含量为0.1%时，纯铁 凝固点的降低值， $^{\circ}\text{C}$	元 素	元素含量为0.1%时，纯铁 凝固点的降低值， $^{\circ}\text{C}$
C	9.0	V	0.13
Si	0.62	Ti	1.7
Mn	0.17	Mo	0.15
P	2.8	Cu	0.26
S	4.0	Co	0.17
O	6.5	B	10.0
H	/	W	<0.1
N	/	Ni	0.29
Al	0.51	Cr	0.18

表4 溶于铁中元素为1%时,纯铁凝固点的降低值

元 素	适 用 范 围 %	凝固点降低数值 °C
C	<1.0	65
	1.0	70
	2.0	75
	2.5	80
	3.0	85
	3.5	91
	4.0	100
Si	0~3.0	8
Mn	0~1.5	5
P	0~0.7	30
S	0~0.08	25
Al	0~1.0	3.0
V	0~1.0	2.0
Ti		18
Sn	0~0.03	10
Co		1.5
Mo	0~0.03	2
B		90
Ni	0~9.0	4
Cr	0~18.0	1.5
Cu	0~0.3	5
W	18W0.66 1/2 C	1.0
AS	0~0.5	14
H ₂	0~0.3	1300
O ₂	0~0.3	80
N ₂	0~0.3	90

钢中气体含量一般都很低，可不单独计算，通常认为它们能使纯铁凝固点下降 2°C 左右，而它们与其它元素在一起又能综合降低凝固点约 5°C 。因此，由于气体的影响，使纯铁凝固点大约降低 7°C 左右。

由此可见，不同钢种合适的终点温度 $T = \Delta t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5$ 。现将 t 值列为下表。

表 5 常炼钢种的终点温度 ($^{\circ}\text{C}$)

钢 种	t_0	$\Delta t_1 + \Delta t_2$	Δt_3	Δt_4	Δt_5	t
A 3	1509	40~60	10~15	30~35	60	1650~1680
A ₃ F	1510	45~65	10~15	30~35	70	1660~1690
A 5	1495	40~60	10~15	30~35	60	1640~1670
45	1484	40~60	10~15	30~35	60	1630~1660
ML10	1518	35~55	10~15	30~35	60	1660~1690
ML15	1512	35~55	10~15	30~35	60	1650~1680
H08	1520	45~65	10~15	30~35	60	1660~1690
F11	1519	35~55	10~15	30~35	60	1660~1690
F18	1513	35~55	10~15	30~35	60	1650~1680
16Mn	1503	70~90	10~15	30~35	60	1670~1700
D22	1492	20~40	10~15	30~35	90	1640~1670
D42	1470	10~30	10~15	30~35	110	1630~1660

应指出上列终点温度范围是偏高的，故对炉令钢质、模耗均带来不利。为了进一步降低终点温度范围保证浇注的顺行，可采取：a、钢包烘烤，外装水口及采用滑动水口；b、烘烤合金；c、加大水口直径，采取低温快注。

(二) 终点温度的控制方法：终点温度的控制目的在于保证合适的终点温度（或出钢温度）。已如上述，温度控制的办法就是确定冷却剂用量及其加入方式。它可以通过下列途径：

1. 总结生产实践长期积累的经验数据。几年来我厂炼钢工人根据生产实践，积累了控制温度的较为丰富的经验。在连续测温及电子计算机尚未采用的情况下，当前冷却剂用量还主要依靠简单的经验计算加以确定。但即使用电子计算机时，经验数据也依然是有用的。现将太钢50吨转炉温度控制的经验数据列于表 6。

表 6 太钢50吨氧气顶吹转炉温度控制的经验值, 实测值与计算值

变化因素		变化量	对终点温度的影响 °C		
			经验值	实测值	计算值
铁水系统	含Si量	$\pm 0.1\%$	$\pm 1^{\circ} \sim 20$	± 15	± 15
	温度	$\pm 10^{\circ}\text{C}$			± 7
	重量	± 1 吨	$\pm 5 \sim 6$	± 7	± 6
废钢系统	普炭废钢	± 1 吨	± 20	± 15	± 23
	低硅废钢	± 1 吨		± 12	± 16
	高硅废钢	± 1 吨			± 8
	生铁块	± 1 吨		± 10	± 14
不同钢种		A 3改D22	60~70	40~50	65
		A 3改D42	70	75	80
散状材料系统	石灰石	± 100 公斤			± 5
	石灰	± 100 公斤	$\pm 3 \sim 4$	± 2.3	± 3.5
	矿石	± 100 公斤	± 6	± 5	± 6.5
	铁皮	± 100 公斤	$\pm 5 \sim 6$		± 6
	萤石	± 100 公斤			± 2.5
	焦炭	± 100 公斤			± 9

2. 固定条件的现场测试: 由于影响冷却剂用量的因素极为复杂, 在生产条件下, 要想真正固定其它因素, 只变动一个因素, 进行相邻炉次终点钢水温度的比较, 从而找出该因素变动后对终点温度的影响数值。也就是说, 要求出各变动因素的单项热效应和单项热效率是十分困难的, 甚至几乎是不可能实现的。因此, 实测结果还需与经验数值及其它资料作对比加以确定。现将太钢50吨转炉现场实测数据列于表6。

3. 炼钢热化学的理论计算: 冷却剂用量可通过物料平衡和热平衡计算加以确定(见表6)。此法较准确, 但过于复杂, 且吹炼参数不断地变化。因此, 在生产上很难用此法进行快速计算。随着我厂电子计算机将投入生产, 便可根据物料平衡和热平衡的原理进行快而准确地温度控制。

总之, 要想取得较为可靠的数据, 控制好终点温度, 最好上述三种途径同时并举, 而以经验数据和实测值作为基础, 以理论计算值作为必不可少的依据。

(三) 终点温度的判断: 终点温度的高低, 可予先根据炉口火焰的颜色; 倾炉时炉衬、炉渣的温度及对人的辐射热, 便可初步地估计出钢液温度的高低。

1. 炉口火焰观察法: 从观察吹炼, 过程火焰的特征, 就能掌握终点温度的高低。

①对A3钢在净吹氧18分钟的情况下, 通常在15~16分(即0.50~0.60% C左右)看火焰亮度判断终点温度的高低较适宜。因为此时加入渣料调温可保证其熔化; 若过程温度低应提前降枪吹炼可板回10~20°C; 或有意识地把炭拉低一些, 也可挽回10~

20°C, 以达终点要求。

②对矽钢, 终点前0.15°C左右, 判断温度较适宜。若炭过低, 火焰收缩温度不易判断, 而炭过高又为时过早、温度难以掌握。

③炼钢工以炉口火焰四周有无红烟, 作为判断终点温度高低的一种征兆, 具体来说:

- a、火焰白亮、耀眼, 有喷溅。终点温度在1720°C以上;
- b、火焰高, 有欲喷征兆, 终点温度在1690°C左右;
- c、吹炼过程正常, 火焰较亮, 终点温度在1670°C左右;
- d、火焰边缘有红烟, 呈淡白色, 终点温度在1640°C左右。
- e、火焰四周有红烟, 发青、稀疏、终点温度在1600°C左右。
- f、火焰暗红, 四周有红烟, 终点温度在1550°C左右;

2. 倒炉取样观察法: 倾炉时如果从炉口冒青烟, 炉衬炽热、发白色, 对人体热辐射大; 炉渣鼓白泡、流动性好, 表明熔池温度高; 反之, 倾炉时炉口冒红烟, 炉衬呈红色, 对人体热辐射小, 炉渣流动性差, 表明熔池温度低。需补吹提温。

为了进一步判断熔池温度的高低, 实践中常采用下述几种方法:

①用插入式铂铑—铂热电偶直接测量熔池温度。对不同的钢种, 不同的浇注工艺, 终点温度有不同的要求。见表5。

②结膜法: 适用于终点炭 $\geq 0.08\%$ 。方法是: 样勺先沾好渣子, 取样后一拨渣便卡秒, 此时微插一点铝, 观其结膜秒数, 以此测量熔池温度的高低。

当采用这种方法时, 取样必须带好渣子, 否则不易判准; 结膜秒数与渣子稀稠有很大的关系, 当渣子稀时, 结膜秒数少, 实际熔池温度高, 反之亦然, 此外结膜法还与取样多少, 样勺的尺寸、温度有关。当样勺尺寸为 $\phi 130 \times 63\%$ 的条件下, 结膜秒数与热电偶测量温度的对应关系如下:

结膜秒数	对应温度
37~38"	1580°C左右
40"	1600°C左右
45"	1660°C左右
50"	1680°C左右
1'	1720°C左右

③沾钢板法: 此法是将10~15毫米厚的普炭钢板斜立(约30°C), 取样后以一定钢流大小往钢板上浇, 若浇注中心立即变黑沾住钢板, 说明熔池温度已达出钢要求, 反之, 若浇注中心不能立即变黑, 沾不住钢板, 说明钢液温度较低。其道理是, 若钢液温度高与钢板熔合成一体, 故导热性变快, 因此, 浇注中心立即变黑。反之, 若钢液温度低, 沾不住钢板, 形成两层皮导热性差, 浇注中心不能立即变黑。

④钢水颜色观察法: 此法是先沾好渣子, 取样拨渣后观察钢水颜色判断熔池温度的高低。若钢液冒青烟呈深兰色, 表明温度高($\geq 1720^\circ\text{C}$); 若钢液呈兰色, 温度较高

($\geq 1690^{\circ}\text{C}$)，若钢液呈浅兰色，且不沾匀，温度合适 (1660°C 左右) 钢液颜色发红，流动性差且很快结膜而凝固，沾住样勺，表明钢液温度低 ($\leq 1620^{\circ}\text{C}$)。

⑤付枪：国外大部分氧气转炉都已用付枪控制终点成份 (c、p) 和温度。目前我厂正在研制之中。

上述已谈了终点温度判断的方法，在实践中偶而由于取样的代表性不足，及判断有误，还可通过观察出钢时钢流的颜色，判断钢水温度的高低，及时地采取措施进行挽救。若钢流白亮刺眼，有火舌说明钢水温度高，出钢过程中或出完钢后往包内加些小块废钢 (按 6 公斤/吨钢降 10°C 考虑) 和石灰 (2 公斤/吨钢降 8°C) 及适当延长镇静时间进行调整。反之，若钢流发红，分散，冒红烟，说明钢水温度低，出完钢后晚抬炉，可适当地多下一些保温渣缩短镇静时间加以弥补。

(四) 终点温度的调整

已如上述，影响终点温度的因素很多，且错综复杂，难以考虑周全，加之设备故障及其它原因，终点温度往往忽高忽低，需要加以调整。现将 50 吨氧气转炉终点调温计算值、实测值及经验数据列于表 7 中。

表 7 50 吨氧气转炉终点调温数据

调 温 剂	加入量 (公斤)	对终点温度的影响 ($^{\circ}\text{C}$)		
		经 验 值	实 测 值	计 算 值
矿 石	100	6	8	8.5
铁 皮	100	7	5	8
石 灰	100	4	4.5	5.5
矽 铁	100	40	40~50	40
Al	16	9		7
普炭废钢	1000	30	40	29
净 吹	1 分	30	30	

调整方法：终点温度的调整应同炉渣状况及终点成份结合起来综合进行考虑，例如：

1. 当钢水温度高，终点磷亦高的情况下，通常应加石灰和铁皮点吹处理；
2. 当炭低温度高，渣子过氧时，应加石灰降温处理，待渣子变正常时再行出钢，但石灰用量不宜超过 30 公斤/吨钢；否则石灰堆集在渣面上，既浪费了材料，同时也起不到降温作用。
3. 当终点炭 $< 0.05\%$ ，而钢水温度低时，宜兑入铁水调温处理，以免过氧化，兑缺

水前应尽量倒渣并加入矽铁或石灰（降低渣温）后再缓慢兑入，以防喷溅，兑铁量按通常需增炭 $>0.5\%$ 进行考虑。

4. 在炭高温度低的情况下，一般采取净吹提温处理（对沸腾钢）或加矽铁提温保炭（对镇静钢）。

5. 在终点炭较低温度亦低，需补加矽铁提温时，视渣子稀稠应补加适量石灰（2~4倍矽铁量）以防回磷。补吹时必须将加入的矽铁氧化掉，其标志是火焰由红转白亮。否则便会造成沸腾钢钢水不沸腾及镇静钢矽成份出格的弊病。

总之，实践中所遇到的情况是多种多样的，在这里不能一一举例加以说明，因此，对于具体情况还应当具体处理，并争取一次调成。

公司科技处工艺科 刁国田

八辊冷轧带钢轧机辊系配置、轧辊 受力及轧制稳定条件分析

八辊可逆式冷轧带钢轧机是五十年代开始使用的优点较多的一种多辊式带钢轧机。由于工作辊的直径比较小，使轧制压力降低，不但降低轧机负荷，也减少轧机弹跳，从而使轧机的可轧厚度减薄。轧机采用大的支撑辊传动，以去除传动小直径工作辊的扭力不足的缺点。采用侧支撑辊抵消工作辊的有害水平弯曲作用。在辊系布置中采用工作辊对支撑辊的偏心布置，使轧机具有良好的稳定性。所以这种轧机除轧制精度较高的产品外，可以加大压下量和张力进行轧制，这对轧制硬的合金钢、硅钢等薄带特别有利。

目前，国内正迅速推广这种轧机，正确使用和设计该型轧机具有重要的意义。由于轧机受力比较复杂，本文的目的在于从力的简化入手分析和计算1400型八辊轧机的轧辊受力状况，以期达到正确使用和设计八辊轧机的目的。

(一) 辊 系 配 置

八辊轧机工作辊对支撑辊是偏心安装的。为了建立稳定的轧制条件，在组装轧辊之前，必须根据磨好的支撑辊直径 S 、侧支撑辊直径 R 和中间辊直径 Z 确定工作辊直径 A 和偏心值 e ，后面将述及， e 值应在63~80毫米范围内变化，对一对工作辊应当选择尽量相同的偏心值。

1. 作图法

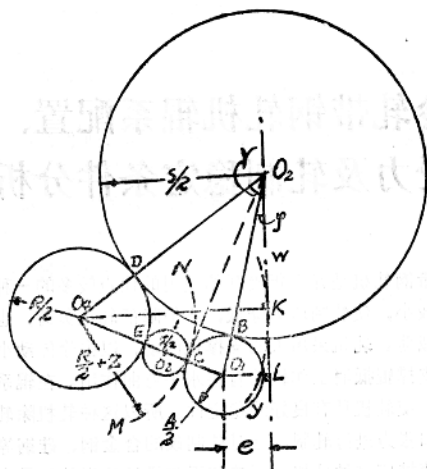


图 1

先在 O_2 点用 $S/2$ 半径作支撑辊的圆，用 $R/2$ 半径作圆与支撑辊相切于D点，此圆为侧支撑辊，中心为 O_4 。用 $R/2 + Z$ 的半径于 O_4 点作MN弧。在 O_2 点向MN弧作切线交于C点。联 O_4C 线，并延长，作 O_1 圆，此圆与 O_2 圆及MN弧相切于B、C两点，圆心 O_1 必在 O_4C 延长线上，所画出的 O_1 圆为工作辊，其直径即为所求工作辊直径A。在 O_4C 线上距C端 $Z/2$ 处的 O_3 点作半径为 $Z/2$ 的 O_3 圆为中间辊，此圆与 O_1 圆相切于E点。以 O_4 点作圆心，画半径为495毫米的WY弧，从 O_2 点向此弧作切线交于K点， O_2K 线即为轧制线的垂线（牌坊中心线），从 O_1 作 O_2K 线的垂线，交于L点， O_1L 即为所求的偏心值e。如图1所示。

2. 计算法

如图1所示， $O_2C \perp O_4C$ ， $O_1L \perp O_2K$ 。在 $\triangle O_2O_4C$ 中，

$$\left(-\frac{S}{2} + \frac{R}{2}\right)^2 = \left(\frac{R}{2} + Z\right)^2 + \overline{O_2C}.$$

在 $\triangle O_2CO_1$ 中，

$$\left(-\frac{S}{2} + \frac{A}{2}\right)^2 = \left(\frac{A}{2}\right)^2 + \overline{O_2C}.$$

对比此两式得，

$$A = \frac{SR - 2RZ - 2Z^2}{S} \dots\dots\dots (1)$$

在直角三角形 O_2O_4K 中, $O_4K = 495$ 毫米, 为定值。规

$$\sin r = \frac{O_4K}{\frac{S}{2} + \frac{R}{2}} = \frac{2 \times 495}{S + R}$$

$$\therefore r = \sin^{-1} \frac{990}{S + R} \dots\dots\dots (2)$$

在斜三角形 $O_2O_4O_1$ 中,

$$LO_4O_2O_1 = \cos^{-1} \frac{(S+R)^2 + (S+A)^2 - (R+2Z+A)^2}{2(S+R)(R+A)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{而 } \varphi = r - LO_4O_2O_1 \dots\dots\dots (4)$$

在直角三角形 O_2O_1L 中

$$e = \frac{S+A}{2} \sin \varphi \dots\dots\dots (5)$$

3. 举例

已知 $S = 1230$ 毫米, $R = 336$ 毫米, $Z = 165$ 毫米, 求工作辊直径 A 和偏心值 e 。

按作图法, 以 $1:10$ 的比例尺作图2, 得出:

$A = 202$ 毫米, $e = 74$ 毫米。

按计算法, 以相应值代入(1)式

$$A = \frac{1230 \times 336 - 2 \times 336 \times 165 - 2 \times 165^2}{1230}$$

$= 202$ 毫米。

由公式(2)

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{990}{1230 + 336} = 39^\circ 12',$$

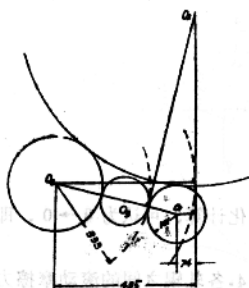


图2

由公式(3)

$$LO_4O_2O_1 = \cos^{-1} \frac{(1230+336)^2 + (1230+202)^2 - (336+2 \times 165+202)^2}{2(1230+336)(1230+202)}$$

$= 33^\circ 18',$

由公式(4)

$$\varphi = 39^\circ 12' - 33^\circ 18' = 5^\circ 54',$$

由公式(5)

$$e = \frac{1230+202}{2} \sin 5^\circ 54' = 73.8 \text{ 毫米。}$$