

电 磁 机 械 抽 油 机 使 用 说 明 书

上海电机厂出品
上海电机厂 编

1980

电爐氧气煉鋼的 試驗研究

中国科学院金屬研究所 合編
冶金工業部大連鋼廠

电爐氫气煉鋼的試驗研究

中国科学院金屬研究所 合編
冶金工業部大連鋼廠

冶金工業出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市书刊出版業營業許可証出字第093号

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店发行

—— * ——

1960年2月第一版

1960年2月北京第一次印刷

印数2,520册

开本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 50,000字 · 印张 $2 \frac{4}{32}$

—— * ——

統一書号 15062·2007 定价 0.31元

本书是中国科学院金属研究所和大連鋼厂合作进行的电炉氧气炼鋼試驗的研究报告汇编。全书由三个試驗阶段的三篇試驗报告汇编而成。每篇有其独立性。书中介绍了大連鋼厂采用电炉氧气炼鋼的发展过程，以及采用各种吹氧方法对鋼的质量的影响和經濟效果。

本书可供电炉炼鋼厂和鑄鋼厂炼鋼工作人員的参考，也可供大专学校教师和学生参考。

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 緒言..... | 1 |
| 第一篇 氧气瓶供氧爐門插吹式的吹氧冶炼..... | 4 |
| 第二篇 氧气加压站供氧爐門插吹式的吹氧冶炼..... | 27 |
| 第三篇 氧气加压站供氧爐頂噴吹式的吹氧冶炼..... | 48 |

緒 言

早在本世紀二十年代，苏联和其他国家冶金工作者就曾成功地应用氧气来强化电爐脫碳过程。第二次世界大战結束前后，氧气煉鋼在苏联和其他国家电爐煉鋼生产中取得了愈来愈广泛的应用。它不仅可以提高电爐生产率，显著降低成本，而且还有利于鋼質量的改进；特别是对于不銹鋼返回冶炼中鉻回收率的提高更为有效。可以说，氧气煉鋼是近十余年来在强化电爐冶炼方面最著成效的新技术。

第一个五年計劃的初期，我国各电爐鋼厂开始应用氧气来加速冷装爐料的熔化。1955年起，金屬研究所和大連鋼厂学习苏联先进經驗，开展了氧气煉鋼的系統試驗；其他各电爐鋼厂也先后掌握了吹氧冶炼的技术。短短的四五年里，氧气煉鋼在我国电爐鋼生产中获得了广泛的应用。

金屬研究所和大連鋼厂的試驗研究工作是分为三个阶段进行的。最初，采用氧气瓶供氧管子由爐門插入熔池吹氧的方式进行試驗。通过五次共 90 爐的系統試驗，掌握了吹氧管制造和吹氧操作的技术；証实了用純度为 95% 左右的氧气进行吹氧冶炼，鋼質量和矿石冶炼的一致；还取得了电爐生产率提高 15%、电力和电极消耗分别节省 12.5% 和 12.7%、車間生产成本降低 0.67% 的效果。

1956 年，大連鋼厂建立起氧气加压站，試驗工作进入第二阶段。由于供氧条件改善，熔化期用氧量人为增加，每爐装入量也相应地提高。試驗結果，电爐生产率比矿石冶炼的提高 30%，电力和电极消耗降低 27.5% 和 30%，車間生产成本降低 6%。試驗中除了对脫碳、脫磷作用和鋼的質量加以了解以外，还研究了配料和熔化期吹氧技术。

1957 年，大連鋼厂在苏联专家的帮助下，建立起电爐爐頂噴

氧裝置。試驗中，解決了噴氧管管端沾鈹問題，並研究了脫碳脫磷作用、鋼的質量、鋼液燒損和錳制度等。由於節約了鈹管的消耗，車間生產成本也進一步降低。

在爐門插吹的試驗中，注意到，當脫碳量為 $0.3\sim 0.6\%$ 時，氧化期平均脫碳速度達到 0.014% C/分鐘左右，氧化期時間一般在35分鐘以內。還觀察到，吹氧氧化時的實際脫碳速度，隨吹氧前鋼液碳含量和渣中 FeO 含量以及供氧速度的增加而提高。試驗結果表明，吹氧冶煉中，如果渣量、渣的氧化性與流動性和流渣扒渣等操作控制得當，脫磷效果良好，扒渣前鋼液磷含量一般在 $0.015\% \pm 0.005\%$ 左右；氧化期脫磷量則和熔前鋼液磷含量成正比。並了解到，吹氧冶煉還促使氧化期末 O^{\cdot} 和 (FeO) 都更加趨近於與 $[\text{C}]$ 的平衡。至於吹氧冶煉之所以能加速脫碳過程，我們認為，主要可以歸諸於氣態氧的吹入給 $[\text{CO}]$ 形成氣泡創造了有利條件，同時吹氧所引起的熔池激烈攪動有助於加速碳氧反應和 CO 氣泡排除也是一個重要因素。

通過上述系統試驗和幾年來的生產實踐，掌握了氧氣煉鋼的操作工藝，了解了吹氧過程中脫碳、脫磷和鋼中氧含量變化的規律，使電爐氧氣煉鋼技術在大連鋼廠得到全面發展，從而在提高電爐生產率、節約電力與電極消耗和降低生產成本方面取得了巨大效果。

氧氣煉鋼在我國各電爐鋼廠的廣泛應用，還為進一步強化電爐冶煉過程、提高技術經濟指標創造了條件。熔化期提早和大量吹氧，提高了電爐熔化能力，使爐子裝入量得以大大增加，這是大連鋼廠和其他各電爐鋼廠幾年來冷裝利用系數一再提高的一個主要因素。過裝量的增加要求採用更有效的熔化方法，本溪鋼廠和大連鋼廠的電爐煉鋼工作者，在氧氣煉鋼的基礎上，創造性地採用了煤氣氧氣助熔操作，這是我國電爐煉鋼技術發展過程中的一項重要創舉。氧化期吹氧冶煉使鋼液溫度升高，有利於還原渣的形成和還原精鈹，因而又導致一系列強化電爐還原過程的試驗研

究工作的开展。

几年来，我国电爐炼鋼工作者遵循着党的“优先发展重工业”的方针和“鼓足干劲、力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线，虚心学习苏联先进经验和在苏联专家的帮助与指导下，迅速地推广了氧气炼鋼这项卓著成效的新技术，使电爐炼鋼生产技术水平大大提高，并且取得了一些创造性的发展。今后，随着合金鋼品种的扩大和比重的增长，新电爐鋼厂的不断投入生产，氧气炼鋼的应用也必然日益广泛。我們深信，在党的正确领导下，我国电爐炼鋼工作者一定会繼續鼓足干劲，努力钻研，在提高氧气有效利用率、改进吹氧技术与设备和扩大氧气应用范围等方面，作出更加出色的成績。

大連鋼厂

金屬研究所

一九五九年七月一日

第一 篇

氧 气 瓶 供 氧 爐 門 插 吹 式 的 吹 氧 冶 炼

提 要

本文叙述在装料量为7.5~8.0吨的碱性电爐上，以氧气瓶供氧爐門插吹方式进行的碳鋼吹氧冶炼的試驗。

試驗結果表明，吹氧时管子和渣面成20~30度的角度，而且其前端深入渣面下100~150毫米为适宜；每吨鋼的氧气消耗量平均約为7~9立方米（常压）；每吨鋼的吹氧管消耗量約为0.5~1.0米。

观察到，吹氧前往渣面上加矿石粉或氧化鉄皮可以显著地提高脫碳速度；吹氧冶炼中氧化期平均脫碳速度可以提高到每分鐘脫碳0.020%左右；吹氧过程中鋼和渣中的氧一般是降低的，只有低碳鋼的氧含量升高。

試驗証明，采用这种吹氧方式进行冶炼，可以提高爐子生产率約15%，节省电力消耗約12.5%，而且鋼的質量保持良好。

一、引 言

氧气炼鋼是最近十多年来在强化炼鋼过程上所采用的最有成效的新技术，它不仅大大地提高炼鋼爐的生产率，还可以显著地降低生产成本。为了掌握这一項在各国尤其是在苏联炼鋼工业中已經广泛采用的新技术，从而提高我国炼鋼生产的技术經濟指标，重工业部和中国科学院于1955年初曾决定在1955年~1956年間由大連鋼厂和金屬研究所合作，以碳鋼为鋼种，采用氧气

瓶供氧爐門插吹方式進行電爐氧氣煉鋼的系統試驗。

試驗的目的是在生產中掌握電爐吹氧冶煉操作技術，了解吹氧冶煉在強化煉鋼過程和節省電力消耗方面的作用和對於鋼質量的影響，並根據試驗結果在全廠範圍內推廣吹氧冶煉，從而提供鋼鐵局以推廣此項新技術的參考數據。

到 1956 年第一季末為止，曾在廠內進行過五次系統的比較性試驗。總共試驗了 138 爐，其中礦石冶煉和吹氧冶煉的各為 48 爐和 90 爐。就鋼種來說，低碳鋼（L157 鋼）有 16 爐，中碳鋼（主要的是 L457 鋼和 L607 鋼）有 108 爐，高碳鋼（L487 和 L41247）有 14 爐。試驗結束後，廠內曾進行了大量爐號的推廣。本報告僅敘述五次試驗的結果，並根據這部分結果提出初步結論。

二、試驗方法和技術

1. 冶煉方法

試驗中採用氧氣瓶供氧，氧氣純度約為 95~96%；爐子是頂裝式鹼性電弧爐，裝料量都在 7500~8000 公斤左右。同一鋼種的配料和渣料盡量保持一致，以取得可靠的比較性。

冶煉操作的基本類型有礦石法和氧化期吹氧法兩種。礦石法的操作和車間經常生產中的操作相同，就是在氧化期中加礦石於熔池來進行沸騰的方法。氧化期吹氧法的特征是：隨料裝入或在熔化末期加入裝料量 1% 左右的碎礦石或礦石粉；熔畢取樣後，扒渣 70~80% 並重造新渣；新渣將形成時，在渣面上加裝料量 1% 的乾燥礦石粉或氧化鐵皮；當溫度夠高（1455°C*）時開始吹氧；按照具體情況（如熔池溫度、渣況和脫碳量的要求等）儘可能連續吹氧，直到脫碳達到要求為止；吹畢立即取樣分析碳、錳、磷；吹氧過程中，如果鋼液的溫度高、沸騰激烈，則停電吹

* 報告中的鋼液溫度，都是用光學高溫計測量鋼液在樣模中最初期的溫度數值，測得的溫度約比實際溫度低 120°C 左右。

氧；氧气的压力根据熔池和火焰情况来调整；当碳、磷分析合格后，扒渣进行还原。

为了加速爐料熔化，大部分試驗爐号在熔毕前 20~30 分鐘之内都进行吹氧助熔。

由于在第一次試驗中，观察到氧化期吹氧冶炼过程有脱磷效果較差的現象，第三次以后各次試驗的吹氧冶炼爐号曾加强了熔化期脱磷操作。操作的主要点是：装料前先装入或随料装入装料量 1.0~1.5% 的碎矿石和 1.5~2.0% 的石灰(有时用石灰石)；熔化期通电一小时后，酌量分批加入石灰和螢石，加入总量为装料量的 2.0~2.5%，其中石灰与螢石之比为 3:1；整个熔化期的渣量大約保持为 3.5~4.0% 左右；熔毕前扒渣一次，約 50~60%，然后加入装料量 1.0~1.5% 的渣料和 0.5% 的干燥矿石粉，以提高渣中 FeO 量。

2. 吹氧設備

試驗中，为了尽可能連續供氧，采用兩組平行的吹氧設備。每組用 8 个氧气瓶并联于氧气汇流管，后者的出气管上装有压力表，以测定通氧压力。由汇流管出来的氧气通过氧气輸送管到达爐前，吹氧管則借軟管与氧气輸送管相联结。

吹氧的鋼管有 $\frac{3}{4}$ 吋和 $\frac{1}{2}$ 吋直径的两种。在第一次試驗的第一爐吹炼中，曾用沒有任何耐火材料保护的鋼管試吹，管子消耗量达到將近每噸鋼 10 米，并且由于換管次数过多产生忽吹忽停的缺点。以后曾用耐火材料* 和石棉繩或帶涂紮于鋼管上来做成吹氧管，管子消耗量降低为每噸鋼 1~1.4 米。以后几次試驗中，將鋼管外部涂压上厚約 10~15 毫米的耐火材料**，再在 150°~200°C 左右干燥 24 小时以做成吹氧管，管子消耗量仅为每噸鋼 0.5~1.0 米。

* 耐火材料的配合成分为 [耐火磚粉：粘土粉：硅砂=2:2:17]，粘結剂为水玻璃。

** 耐火材料的配合成分为粘土粉 25% 和硅砂 75%，粘結剂为水玻璃。

3. 吹氧技术

在以吹氧管由爐門插入熔池这种方式的吹氧冶炼中，無論就强化冶炼反应、提高氧气有效利用率或是改善操作条件來說，吹氧管的角度与深度的合适掌握与保持，是吹氧技术上的一个主要問題。文献[1]曾提到，吹氧时管子与渣面成大于 30° 的角度插入熔池且管子前端深入渣面下100毫米左右比較适宜。文献[2]也曾指出，当吹氧管的角度为 45° 管子前端插入渣面下150~200毫米时，吹炼过程生成的烟尘要比插入角度为 15° 管子前端的深度小于100毫米时的烟尘少一半，爐頂也由于少受烟尘中FeO的侵蝕而使用寿命較长。我們根据車間的技术操作情况并参考上述的国外經驗，采取了吹氧管的角度为 $20\sim 30^\circ$ 左右、管子前端深入渣面下100~150毫米左右的吹氧操作来进行試驗。观察到，当插入角度过小且管子前端在熔池中过浅或甚至在渣鋼界面以上时，氧气不能深入鋼液，甚至只掠过渣面，以致氧气消耗量大而沸騰作用却很薄弱；在这种情况下，管子伸入爐内的部分往往很长，使出鋼口附近和爐子两侧鋼渣綫处的爐体易于损坏。反之，当插入角度增大到大于 30° 时，虽然沸騰作用激烈，但是由于爐門高度的限制和吹氧設備不够完善，吹氧区域局限在爐門附近，往往引起該处爐坡的损坏，并带来操作上的艰苦；在这种情况下，吹氧管往往会插入过深，容易引起爐底烧坏。因此，我們認為要精确地确定和掌握合理的吹氧管角度，还有待于較长期的生产試驗研究和吹氧操作的熟練；但根据目前的技术操作水平，在10吨左右装料量的爐子上，保持吹氧管角度为約 $20\sim 30^\circ$ 、管子前端深入渣面下約100~150毫米来进行吹氧冶炼是适宜的。

氧气汇流管出口处的氧气压力范围是8~17大气压，一般都維持在10~15大气压左右；这样，吹氧管出口处的氧气压力約可达到5~10大气压。在氧化期吹氧冶炼中，平均氧气用量約为每爐(7.5~8.0吨装料)12~15瓶，估計每噸鋼消耗氧气7~9立方米(常压)。由于試驗中缺乏氧气流量計，精确的氧气流量

无法取得，只能根据試驗中氧气瓶內的压力、容量和吹氧時間等的約略情况来計算；結果是：平均氧气流量約为4~5立方米/分鐘。由于試驗設備和条件的限制，也无法精确地肯定在7.5~8.0吨装料量的爐子上，究竟以用多大的氧气压力和用量最为合适。但是上述有关数据还是可以作为在生产上推广氧气炼鋼时的参考。

4. 檢驗項目和方法

冶炼过程各阶段取各种試样进行分析檢驗，以观察吹氧冶炼对于熔池反应的影响。鋼中各元素的分析和爐渣成分的分析，都按一般化学分析方法进行。采取爐外取样法取得測定鋼中氢、氧、氮含量的試样，測定的方法分別为真空定氢法、化学分析定氧化铝法和蒸餾法，詳細操作分別見文献[3.4.5]。

成品鋼的检查項目为机械性能測定和非金屬夹杂物与低倍組織的評級，都按生产上常用的檢驗方法进行，借以了解吹氧冶炼对鋼的質量的影响。

三、試驗結果

1. 脫碳速度

向熔池吹入气态氧来进行沸騰，其主要特点是脫碳速度大，从而大大地加速了氧化期的过程。

就表1所表示的，第一、二两次試驗中一部分爐号的氧化期平均脫碳速度（氧化期脫碳量/氧化期時間）来看，吹氧冶炼的总的平均值为0.0103% C/分鐘，而矿石冶炼的只有0.0061% C/分鐘，前者比后者将近高一倍，拿同一鋼种两种冶炼操作的氧化期平均脫碳速度来对比，也显示出同样的情况。随着吹氧技术的熟練和劳动組織的改善，氧化期時間更加縮短，像表2中第五次試驗結果所表明的，过半数以上爐号的氧化期都在35分鐘以內結束，最短的只有21分鐘；全部爐号的氧化期平均脫碳速度的平均值达到0.0138% C/分鐘，个别爐号的达到0.020% C/分鐘以上。

这些数据说明了吹氧冶炼在加速脱碳过程上的优越性。

表 1

矿石冶炼和吹氧冶炼的氧化期平均脱碳速度的比较

| 爐 号 | 冶 炼 方 法 | 鋼 种 | 熔毕碳含量, % | 脱碳量, % | 氧化期时间, 分 | 脱碳速度, %C/分 |
|-----|---------|--------|----------|--------|----------|------------|
| 751 | 矿石 | L157 | 0.38 | 0.32 | 58 | 0.0052 |
| 764 | " | L157 | 0.44 | 0.35 | 54 | 0.0065 |
| 472 | " | L457 | 0.74 | 0.35 | 65 | 0.0053 |
| 800 | " | L大1247 | 1.46 | 0.56 | 73 | 0.0077 |
| 752 | 吹氧 | L157 | 0.43 | 0.35 | 39 | 0.0089 |
| 789 | " | L157 | 0.39 | 0.30 | 46 | 0.0066 |
| 790 | " | L157 | 0.54 | 0.38 | 42 | 0.0091 |
| 506 | " | L457 | 0.71 | 0.31 | 30 | 0.0102 |
| 511 | " | L457 | 0.66 | 0.33 | 29 | 0.0107 |
| 805 | " | L大1247 | 1.37 | 0.31 | 23 | 0.0135 |
| 806 | " | L大1247 | 1.53 | 0.51 | 39 | 0.0131 |

表 2

吹氧前碳含量、氧化期脱碳量和氧化期平均脱碳速度
(全为吹氧冶炼的爐号)

| 爐 号 | 吹氧前碳含量, % | 脱碳量, % | 氧化期时间, 分 | 脱碳速度, %C/分 |
|--------|-----------|--------|----------|------------|
| 3-268 | 0.56 | 0.33 | 24 | 0.0138 |
| 3-269 | 0.56 | 0.31 | 23 | 0.0135 |
| 3-270 | 0.29 | 0.22 | 22 | 0.0100 |
| 3-271 | 0.45 | 0.36 | 51 | 0.0071 |
| 3-274 | 0.41 | 0.34 | 21 | 0.0162 |
| 3-276 | 0.40 | 0.39 | 27 | 0.0144 |
| 3-1623 | 0.68 | 0.37 | 25 | 0.0148 |
| 34 | 0.91 | 0.55 | 37 | 0.0157 |
| 4-1728 | 0.63 | 0.33 | 41 | 0.0081 |
| 4-1729 | 0.7 | 0.37 | 26 | 0.0142 |
| 3-1638 | 1.03 | 0.64 | 64 | 0.0100 |
| 3-1640 | 0.77 | 0.34 | 26 | 0.0121 |
| 3-1643 | 0.88 | 0.58 | 45 | 0.0129 |
| 3-1644 | 1.03 | 0.81 | 47 | 0.0172 |

續表 2

| 爐 号 | 吹氧前碳含量, % | 脫碳量, % | 氧化期時間, 分 | 脫碳速度, %C/分 |
|---------|-----------|--------|----------|------------|
| 4 1715 | 0.82 | 0.46 | 31 | 0.0135 |
| 4—1730 | 0.86 | 0.46 | 76 | 0.0178 |
| 4—1733 | 0.64 | 0.26 | 43 | 0.0061 |
| 4—1734 | 1.23 | 0.87 | 41 | 0.0212 |
| 3 - 233 | 0.88 | 0.40 | 23 | 0.0174 |
| 3— 247 | 0.94 | 0.42 | 26 | 0.0162 |
| 3— 19 | 1.01 | 0.56 | 28 | 0.0200 |
| 3—1619 | 0.81 | 0.28 | 42 | 0.0067 |
| 3—1648 | 1.23 | 0.66 | 57 | 0.0116 |
| 3—1649 | 1.30 | 0.77 | 45 | 0.0171 |
| 3—1650 | 1.14 | 0.69 | 40 | 0.0173 |
| 4—1714 | 1.13 | 0.56 | 59 | 0.0095 |
| 4—1723 | 1.15 | 0.55 | 29 | 0.0193 |
| 平 均 | | | | 0.0138 |

由于考虑到增加渣中 FeO 含量可以加速脫碳速度, 以加强吹氧冶炼的作用, 从第一次試驗起就采取了吹氧前加矿石粉或氧化鉄皮于渣面上的操作。观察到, 在两爐 [45] 鋼的吹氧冶炼中, 当其他操作情况大致相同时, 同样吹氧 5 分鐘左右, 吹氧前渣面上加装料量 1% 矿石粉的, 吹氧时熔池脫碳量为 0.16% 左右, 而不加矿石粉的則仅为 0.10%。虽然由于脫碳过程复杂, 这些情况不能用来定量地說明吹氧前渣面上所加的矿石粉或氧化鉄皮对于提高脫碳速度的作用, 但可以表明这种作用是很显著的。图 1 为第五次試驗中 18 个爐号吹氧前渣中 FeO 含量和氧化期平均脫碳速度的关系, 由于实验点不多, 吹氧前碳含量不同的实验点未曾分別表示。然而从图 1 中已經可以看出, 随着渣中 FeO 含量的增加脫碳速度有明显的增高趋势。表 3 是其中 6 个爐号的吹氧前鋼液碳含量、渣中 FeO 含量和氧化期平均脫碳速度的数值, 表中每两个爐号的鋼液碳含量是相同的。表 3 的数值更說明了吹氧前渣中 FeO 含量的增加对于提高脫碳速度的作用。上述的結果

都証实氧化期吹氧前在渣面上加矿石粉或氧化铁皮的操作是有利的。

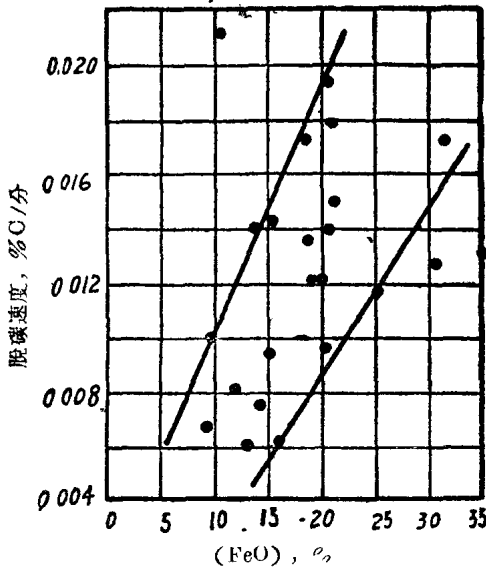


图 1 吹氧前 (FeO) 含量和氧化期平均脱碳速度的关系

表 3

吹氧前鋼液碳含量、渣中 FeO 含量和氧化期平均脱碳速度

| 爐 号 | 吹氧前鋼液碳含量, % | 吹氧前渣中 FeO 含量, % | 脱碳速度, %C/分鐘 |
|--------|-------------|-----------------|-------------|
| 4-1730 | 0.80 | 21.30 | 0.0178 |
| 3-1619 | 0.81 | 8.76 | 0.0067 |
| 3-1644 | 1.03 | 33.18 | 0.0172 |
| 3-1638 | 1.03 | 9.90 | 0.0100 |
| 3-1600 | 1.14 | 16.10 | 0.0173 |
| 4-1714 | 1.13 | 20.90 | 0.0095 |

此外，还注意到氧化期平均脱碳速度和吹氧前鋼液碳含量有关。我們根据表 2 所列数据作出图 2 (图中黑点)；图中虛线 a 和 b 分别为第一次試驗中吹氧冶炼和矿石冶炼的数据。由图 2 可

以了解到，随着吹氧前鋼液碳含量的增加，脱碳速度有提高的倾向；但吹氧前鋼液碳含量相同时，脱碳速度的差别很大，这是由于渣中 FeO 含量不同所引起的。其次，可以看到，絕大部分实验点都在曲线以上，说明吹氧冶炼技术熟练以后，氧化期进一步地缩短，氧化期平均脱碳速度也从而提高。此外，所有实验点都在曲线 6 的上面，更说明了吹氧冶炼在提高脱碳速度上的显著作用。

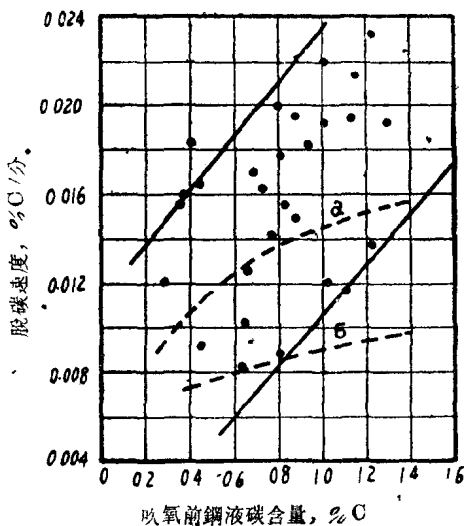


图 2 吹氧前鋼液碳含量和氧化期平均脱碳速度的关系

a—第一次試驗吹氧冶炼的数据；b—第一次試驗矿石冶炼的数据

•—第五次試驗吹氧冶炼的数据

2. 鋼和渣中的氧

向熔池吹入氧气可以促进脱碳反应加速进行，使氧化末期的鋼中氧含量和渣中 FeO 含量都趋近于与碳的平衡。因而在吹氧过程中，除了低碳鋼氧含量升高外，鋼和渣中的氧量一般是降低的（图 3 和图 4~6）。从碳氧平衡曲线来看，也很自然，要维持一定的脱碳速度，鋼液中或多或少应该保持一定的超平衡氧量。低碳鋼吹