

上海市工业生产比先进比多快好省展览会
重工业技术交流参考资料

铸工仪表

上海钢铁公司编



科学技术出版社

在祖國建設全面大躍進的形勢下，中共上海市委和市人民政府為了更好地鼓舞全市職工開展比先進比多快好省運動的積極性，交流想辦法、革新技术的經驗，促進當前生產高潮及有力地貫徹鼓足幹勁、力爭上游、多快好省地建設社會主義總路綫，在1958年4月至6月間舉辦了比先進比多快好省展覽會。

在這一個展覽會上充分反映了生產高潮的主要情況以及技術革新的先進經驗，真可以說是豐富多采，美不勝收。我們為了緊密配合生產，具體為生產服務起見，在現場收集了很多資料以活頁或冊裝本形式出版了大宗技術交流參考資料。茲為便利外地同志們參考起見，特再分門別類輯為匯編出版。

這些資料大體上歸納為1.重工業；2.輕工業；3.化學工業；4.紡織工業；5.建築工業；6.交通運輸業等幾個大門類。

上海市工業生產比先進比多快好省展覽會
重工業技術交流參考資料

鑄工·儀·表

編者·上海鋼鐵公司

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出079號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 1/32·印張 1 3/8·字數 39,000

1958年7月第1版

1958年7月第1次印刷·印數 1—10,500

統一書號：15119·743

定 價：(6) 0.12 元

鑄工儀表

目 录

——上海鋼鐵公司編——

1. 轉爐火焰光譜差控制儀..... 1
2. 測量鋼液溫度的浸入式熱電偶..... 15
3. 平爐熱工控制儀表..... 31

轉爐火焰光譜差控制儀

(一) 前 言

現代在平爐和電爐工廠已經有整套的方法，可以控制冶煉過程，但是在轉爐方面，則由於整個吹煉過程短暫，不可能用一般方法控制爐內情況，因此使控制有一定困難。由於轉爐過程是氣相接近熔池和爐渣均衡地反應着，氣相同時也是爐焰的反應者，因此如適當地利用儀器來觀察冶煉過程是完全可能的。在現今一般轉爐工廠中，就是由操作者凭目光以鑑定冶煉情況。但是這對於吹煉低碳鋼時，在將近終點火焰有明显的改變，因此尚能應用，但是如要控制吹煉含碳量高的時候，就有困難。這是因為人的眼瞳為適合一定的亮度，在一個很大範圍內自動地改變着，因此在亮度達到一定值以後，人眼對亮度變化的觀察將不再靈敏。同時各人對一定波長的敏感性也有不同，在長期觀察火焰情況下，會使人眼產生疲勞現象。這一切都說明了用人眼觀察的主觀性，而且人眼觀察不能用記錄來表示。因此為求得最好吹煉情況下

的火焰記錄是不可能的。采用光電池進行測量是沒有這些缺點，既能指出瞬時間的細微變化，並且能使用記錄表示出來。

在國外曾發展了一系列的用光電控制轉爐的儀表，例如比利時和法國的火焰透明計、火焰溫度計和比色高溫計，德國的轉爐插入式輻射高溫計和利用光譜強度測定火焰等。然而這些方法都是適用於終點控制，即對吹煉軟鋼有效，但是對高碳停風則有困難。在去年全國煉鋼會議期間，蘇聯專家庫茨涅佐夫亦曾介紹了關於蘇聯捷爾仁斯基廠利用光電自動控制轉爐和高碳停風情況，並供給了資料。我室於去年即開始進行了一系列試驗工作，觀察利用計器控制側吹爐過程的可能性。

(二)作用的原理

在轉爐中，所有氣體的燃燒，幾乎都是在爐口進行的，雖然燃燒的氣體不包括氮氣，但十分明顯地表現出氣體燃燒溫度與熔池溫度間存在着一個十分密切的關係。同時由於在 $5,000^{\circ}\text{C}$ 以下可見光譜段中氮氣並不顯示出來，在可見光譜段中所表現的純是 CO 和 CO_2 ，而在碳焰階段火焰亮度是來自懸浮的固體細小碳粒子，這些粒子的直徑十分細小（ $50 \sim 100 \mu$ ），因此對轉爐中逸出的氣體，可以看作是碳分子形成擴散火焰後的亮度。同時在操作最後階段，即終吹點以前，由於鋼液開始氧化，在火焰中呈現有大量的氧化鐵，而氧化鐵分子嚴重地改變了火焰的吸收因素，同時降低了火焰的輻射能量。一般操作者即根據因氧化鐵形成所改變火焰外貌的收火現象，而調整出鋼時間。這一切都說明火焰對爐內情況是

有一定关系的，同时轉炉火焰在吹炼过程中光谱的变化也是十分明显的。当火焰亮度增加时，具有最大能量的光谱范围，就要向着光谱中波长较短的方向转移。这可以由普朗克和維思的定律得到証实。在开始吹炼时，鉄液温度尚未升高，激发能量小，因此光谱强度是很弱的，并且包括着带状和綫状譜帶。当吹炼进行至碳燃烧以后，由于碳的燃烧火焰的明亮度增加，并且开始出现連續光谱，同时其强度是逐漸增加，几乎遮滿了綫状光谱。在吹炼将要終止时，整个火焰的辐射能量下降得很快，当然在各种不同吹炼情况下，其下降情况可能不同，但下降的現象是肯定的。这些現象我們在使用分光鏡观察側吹轉炉火焰，亦得到同样的結果。

在分析了火焰光谱的特性以后指出了以下两点重要性。

(1) 火焰的特性；(2) 火焰辐射能量在吹炼过程中的变化，在这两点上奠定了用光电控制火焰的依据，从火焰分光的研究上得出以上两点的变化在火焰譜帶中 $4300\text{ \AA}$ 和 $6300\text{ \AA}$ 时，其分配比例变化得最为明显。因此，如果测量这两个波段的分配比例是最能代表火焰的特征，而且测量这二个波长分配比例的变化有下列的优点：(1) 因为测量的是相对值，而不是绝对值，所以对火焰长度和形状的改变关系很少。这一点在側吹轉炉上更为重要，因为在側吹炼过程中，搖炉角度的变化将使光电接受器，因視角改变，而使测量器上火焰长度和形状改变，所以测量相对值可以使这影响因素降低至最少；(2) 轉炉火焰在吹炼过程中并不是稳定的，而是有着很明显的閃爍現象，同时因为测量相对值可以使閃爍对测量值影响减小；(3) 不受外界光源的影响。因此利用光电池对于这二个波长段进行测量，再通过光电池，对所接受这二个波

段强度的差值所产生的电势，用电位差计指示和记录，即可以明显地得出火焰变化情况的曲线。

(三) 仪器的描述

(1) 光电元件的选择

在经过了一系列不同的方法和比较了 I-2 型铯光电管、I-3 型铯光电管、902 型真空式光电管、Cd-S 半导体光导管和硒光电池的使用情况后，指出硒光电池的工作情况最能令人满意。因此在以后的试验中，均采用了硒光电池，它和其他光电接收元件比较起来，有下列几个优点：(1) 本身构造坚固，不易损坏；(2) 不需外加电压，在受到外界光线时，即可以产生电动势；(3) 对各种光谱之灵敏度都能测量。

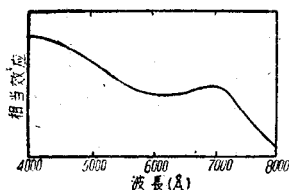


圖 1 硒光電池之光譜效應

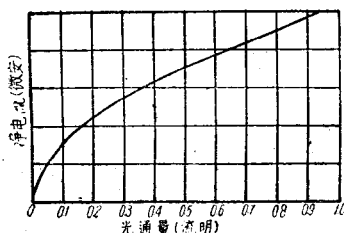


圖 2 硒光電池之照度特性

根据曲线图形(图 1)可以看到，硒光电池对 4000Å 和 6000Å 谱带均有良好的灵敏度，可以适合于测量应用。因此在试验时选用硒光电池，其光通量与所产生电流特性见图 2。

这种型式光电池对于光疲劳现象很少，经得起震动，在 60°C 温度内工作特性不改变。

(2) 光电接受器的构造

整个光电接受器包括两个带有透镜的镜筒透镜为避免吸取光谱起见，是用光学玻璃磨制的焦距是 16 cm 在镜筒内部装有光圈，以限制光束，并且为防止光线在镜筒内部进行多次反射起见，在镜筒内部用不带光泽的黑漆涂刷。使用时，在光电池感光面上由透镜聚焦的火焰投影为 25 公厘直径，在光电池前面并装有为选择一定波长的滤色片，其整个构造见图 3。

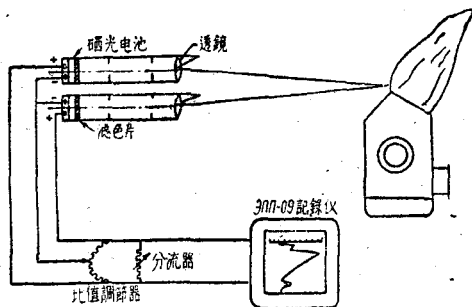


圖 3

(3) 滤色片的选择

为了使光电池能有效地使用，前面已经指出，在 4300Å 和 6300Å 最能代表火焰的特征。因此在两个光电池上，必须分别接受这个波段，为达到这个目的，可能有两个方法：

(1) 采用分光镜，在两个波段的地位按置光电池；(2) 使用单色光电滤色片，使只有在一定波长范围内的光谱能通过。关于这一点，我们经过试验指出，用普通棱镜分光，所得的谱带很短，在 50 公厘左右，而且其亮度也很弱。在极短的一段谱带上按装两个光电元件是不可能的。但如果要扩大谱带，将使棱镜的构造很复杂。因此采用了单色光滤色片，以产生单色光作用，因此对滤色片的要求就很高，也即它能通

过的譜帶範圍愈窄愈好。在最初試驗時，曾試用了各種不同規格的濾色片，但是都因為譜帶範圍過寬而不能使用。最後用單色光儀比較，鑒定了各種濾色片，指出在五彩攝影上用的濾色片譜帶範圍最窄，而得到採用。

測量和記錄儀表的選擇：在測量轉爐火焰光電變化情況時，因為火焰情況變化迅速，而且亮度波動也很大，因此一般測量用的亮伏計式記錄儀是不適合應用，必需採用電子電位差計試驗，比較了帶有圓盤式記錄紙的 $\Theta\Pi\Delta-17$ 型電子電位計和 $\Theta\Pi\Pi-09$ 型直線式記錄儀的使用情況； $\Theta\Pi\Delta-17$ 記錄紙運轉速度是經過改裝成 21 分/轉，記錄火焰曲線結果指出 $\Theta\Pi\Delta-17$ 型電位計滿標度運轉時間長達 17 秒，動作不夠靈敏，而且記錄紙在不同指示值下，其時間長度是不相等的，因此在記錄紙上不能明顯地指出火焰曲線標志點。在比

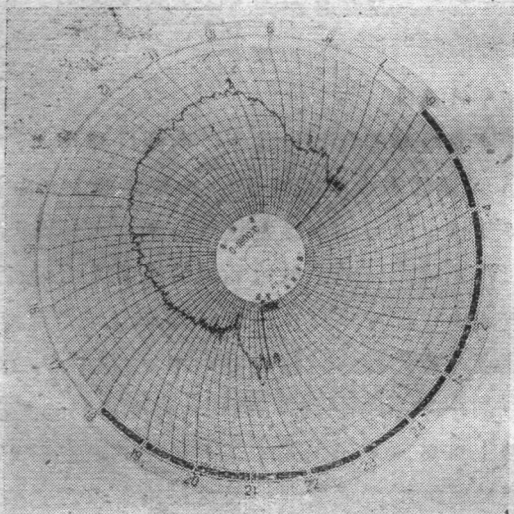


圖 4

較 ЭПН-09 和 ЭПН-17, 在同样情况下所得的火焰记录曲线时, 可以很明显地看出这情况。因此带有圆盘形记录纸的电子电位计不适于作为测量轉炉火焰时应用, 而必須使用直綫式的 ЭПН-09 型电子电位计。ЭПН-09 型滿标

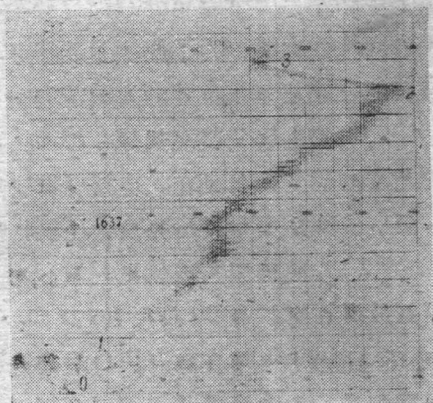


圖 5

度运行时间是 2.2 秒, 已足能反应火焰变化的情况, 同时 ЭПН-09 型记录纸运转速度是可以调节的, 因此可以适当地调整记录纸速度, 以得出最好曲线。根据試驗結果, 吹炼时间在 15 分钟左右的情况下, 每小时 4,800 公厘的纸带运转速度最适于应用。同时为使光电池应用稳定起见, 电位计的灵敏度调整为滿标度 5 毫伏。

为了实验外界光线对光电接受器的干扰起见, 应用标准光源对准光电接受器, 同时变更外界光线照明度在 $0 \sim 1,000$ 勒克斯范围内。由于光电接受器采用比色测量和具有良好的聚焦作用, 因此在记录仪上不产生任何变化。这一证明整套仪器是不受外界光线干扰的。

光电接受器的按装位置见图 6。

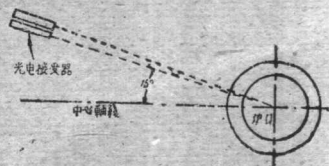


圖 6

整套光电接受器是装在可

以上下和左右調整視角的三腳支架上，這樣在轉動位置和調整方向均很方便。為了使測量能得到最好效果，光电接受器按裝的位置是一個重要的關鍵，經過試驗得出下列幾點：

(1) 光电接受器必須裝在爐前，如果裝在爐後，由於搖爐角度的改變，有時在光电接受器上所接受的不是爐焰，而是爐口內部耐火材料的亮度，不能代表爐焰的情況；

(2) 為使搖爐角度變更，減少對測量影響起見，光电接受器放置在其爐身 20 公尺處；

(3) 由於火焰在離開爐口後即開始燃燒，因此為避免這影響起見，光电接受器必須對準爐子上部和爐口成切綫；

(4) 為了減少吹煉時煙霧和火焰閃爍現象，光电接受器和爐身平行綫成 15° 角時能得到最好的效果。

由於採用測量相對值和適宜的按裝位置以後，儀器不受火焰面積的改變，就可以從記錄曲綫上相對地得出溫度的關

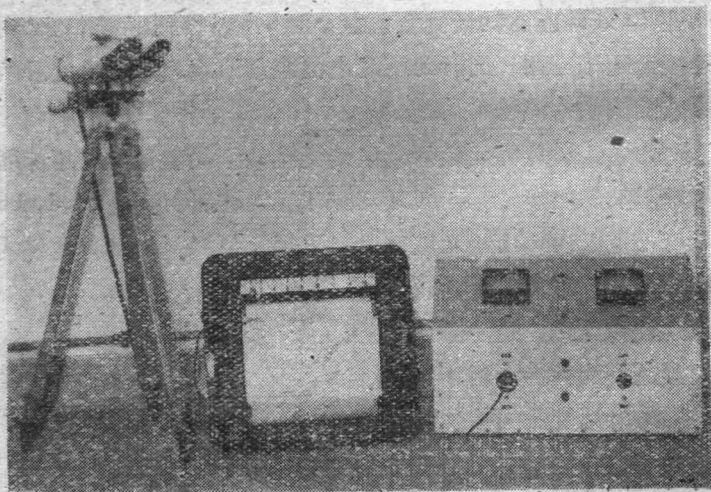


圖 7

系。这样可以同时得出下列 2 个效果：

(1) 在吹炼过程中火焰记录曲线变化情况；

(2) 由于火焰温度变化而使火焰记录曲线的大小改变情况，因此也可以指示出炉内吹炼温度的情况。

(四) 使用的经过

1957 年 5 月間开始在試驗工厂进行試驗。当时主要目的是为了观察火焰记录曲线的规律性和使用的情况，在得到规律性结果以后，即在第一鋼厂轉炉車間开始进行了試驗。用 9ПП-09 型电子电位計记录火焰所得的曲线见图 8。

从记录曲线上可以看出，从 0 点开始鼓风，在鼓风以后开始出现矽焰。在这一阶段內大部分都是矽在燃燒，随着矽的降低，其火焰光谱差亦逐渐降低至最低点 1，此时表示矽焰已經完毕。随后碳开始

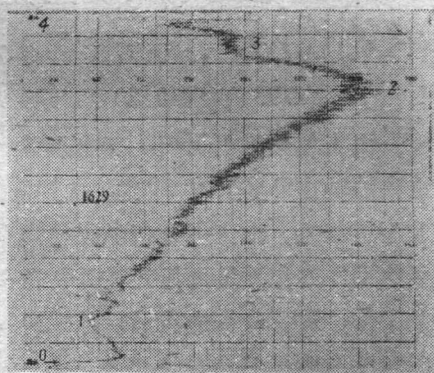


圖 8

燃燒，同时其明亮度变化范围也开始扩大，这可以从记录曲线波动范围开始增大而看出。随着碳的燃燒，其光谱差逐渐增加在达到点 2 时，其强度达到最大值，在最高点 2 維持約 15 秒后，开始急速下降，以后达到点 3。在点 3 維持 30 秒后，再开始下降至点 4 即終点，該时鋼中含碳量为 0.06 ~ 0.08%。在适当地調节两个光电池的分配电阻和相应的灵敏

度以后，得出的曲线标志点是非常清楚而容易辨别，并且在每一炉都是同样情况。这一点引起试验者极大的兴趣。

为了按照曲线上标志点试验高碳停风，取点2和点3作为依据，取样方法是当火焰达到此两点之中間部分时，立即停风，摇炉倾下，由炉口取样。

取样的分析结果如下：

标志点 2		标志点 3	
炉 号	含碳量	炉 号	含碳量
1762	0.81	3-774	0.30
1781	0.80	3-776	0.22
1783	0.81	3-778	0.27
1787	0.77	3-780	0.24
1793	0.80	3-768	0.30

由上述结果可看出，标志点2的含碳量约0.80%，标志点3波动在0.22~0.30%，这变化的值也因取样时稍有前后而引起的。由上述分析结果可以相信，这两点在现有操作条件下，其含碳量可稳定在分析范围内，而可以实行高碳停风。为了试验在标志点前后停风时的含碳量，在标志前后不同时间内取样，定碳结果如下：

炉 号	含碳量
2-1785	0.65
2-1793	0.69
2-1635	1.10
3-756	1.29
3-762	0.16
3-766	0.46

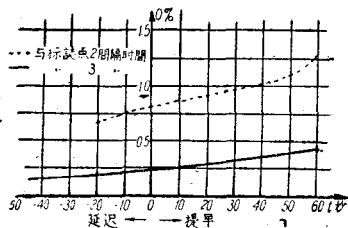


圖 9

分析結果完全合乎規律，其降碳速度和时间成一定的比例，因此也可以利用标志点 2 按时间来控制含碳量。为此統計了 200 炉的記錄图，証明自点 2 至点 3 和終点間的时间几乎都是相同的，相差不到 30 秒。由于終点 4 在一厂的現有情况下，其終点碳是在 0.06~0.08 很小的范围内波动，因此在点 2 和点 3 部位，其含碳量是很稳定的。依据点 2~点 3 时的降碳速度（約 0.35%/分），就可以控制时间来高碳停风，以得到各种含碳量的鋼种。如果在生产上配合热电势或磁性快速定碳檢碳設備則对于含碳量的控制是可以达到 100 % 的可靠。

关于接受两个譜段光電池之电流調节很重要，在 6300 Å 与 4200 Å 間分配比例在 70 : 30 情况下，所得曲綫标志点非常明显，如果調整为 60 : 40，則标志点区域变得平坦而不明显，如图 8 是比較两种比值的曲綫。

目前上鋼一厂酸性轉炉生产三种規格鋼錠，即 3 沸、3 沸、5 沸，在吹炼沸騰鋼时，要求温度較高，因此吹炼制度与鎮靜鋼有些不同。在記錄沸騰鋼和鎮靜鋼火焰曲綫时，其形状基本上是完全一样的，所差的只沸騰鋼吹炼时温度較高，因此火焰較亮，而点 2 要比鎮靜鋼高些，但是其含量根据取样分析結果与鎮靜鋼相同，也在 0.8% 上下，因此吹炼制度和点 2 和点 3 部分的含碳量关系影响很少。一厂所用生鉄成分为 C 3.3~3.8%，Mn 0.4~0.5%，Si 0.5~0.7%，S 0.055~0.066%，P 0.065~0.067%。为了防止由于变更原料而影响試驗，所有測定均在上述范围内进行。对于各种不同生鉄成分的影响試驗未曾进行。估計在改变生鉄的矽、錳含量只能影响到点 2 的时间长短，而对这点的含碳量影

响不大。这方面有待以后继续进行试验。此外，亦曾在三厂、六厂碱性转炉进行试验，所得曲线亦有相同的规律（见图 10），但规律性不如酸性转炉，主要是受到碱性转炉操作过程中，由炉口加入升温剂、冷却剂及熔剂的影响；图 11 是三厂一炉较正常的火焰曲线，曾在该点取样分析，碳亦为 0.32%，与酸性转炉同一曲线标志点的碳分相接近，今后将结合操作再作进一步试验。

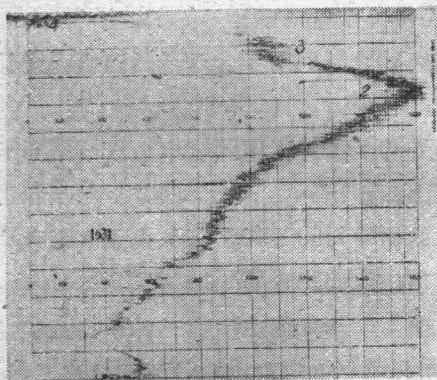


圖 10

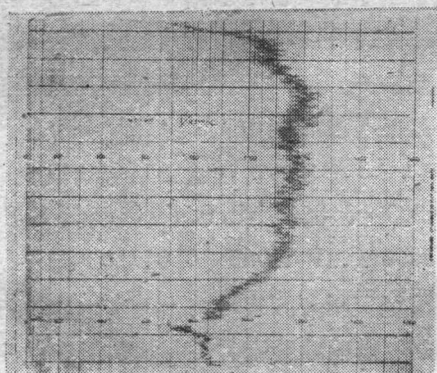


圖 11

(五) 結論

(1) 高碳停风的可能性: 根据試驗結果, 使用仪器測量火焰光譜差, 图 12 在記錄曲綫正常的情况下, 实行高 碳 停 风是有可能的, 而且其含碳量变化很小, 可以合乎規格。

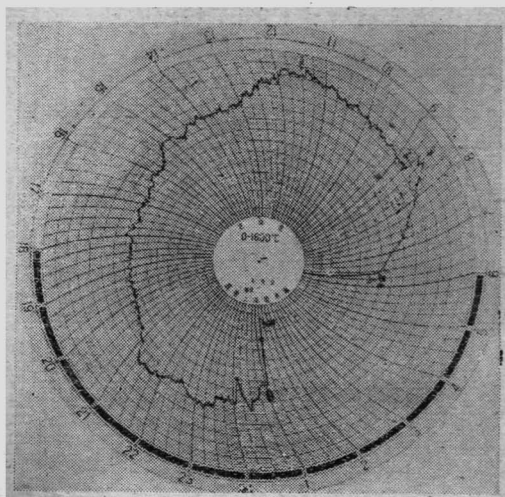


圖 12

(2) 从火焰曲綫相对地可以观察温度和操作的情况; 因此可以根据曲綫形状得出标准的操作制度, 可以使時間縮短和提高鋼液温度。

(3) 在吹炼軟鋼时, 曲綫可以更明显地指出終止点, 因此可以代替人工操作, 并且可以更精确地控制終点碳, 因此可以提高終点碳以减少鋼的氧化程度。

(4) 使用仪器控制轉炉吹炼过程, 使轉炉有可能实行半自动化控制。

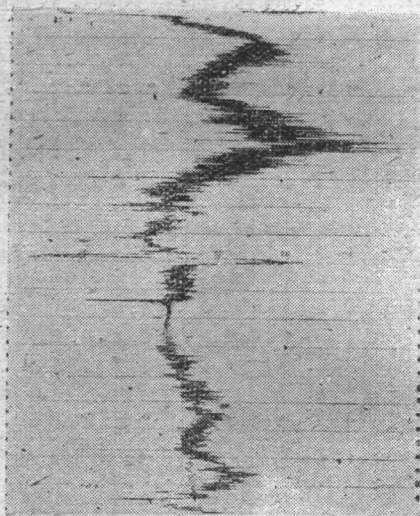


圖 13