

土法煉鐵

介紹山西省的兩種土法煉鐵

孔 令 壇

北京鋼鐵工業學院

山西省有極豐富的煤鐵資源。貯量不大的鐵礦，在晉東晉南許多地方，分佈很廣。因此，具有發展土法煉鐵的條件。

土法煉鐵在山西省有着悠久的歷史，目前土鐵生產，多為手工業生產合作社所經營。原料，均取自附近的礦山，產品有灰口鐵，白口鐵、熟鐵餅等。灰口鐵和白口鐵，多鑄成鐵管與鍋出售；熟鐵則作為鍛造農具的原材料。

隨著蒸汽機、煤氣機的採用，機動送風代替了人力送風。

目前，山西省煉土鐵的方法有多種，現將較普遍的一種介紹如下：

(一) 煉 鐵

生產鑄鐵的原料：鐵礦石、无烟煤、黏土（坩土），原料準備：（1）鐵礦石：赤鐵礦、磁鐵礦、褐鐵礦均可使用，但大都使用赤鐵礦。有的礦石表面已經褐鐵礦化了，原料多大塊，不甚堅硬致密。將礦石破碎到30公厘以下，摻和均勻。惟磁鐵礦熔煉溫度較高，熔煉時須多用燃料，余皆相同。

（2）塊煤：把煤打成2吋至2吋半之塊粒為一種，打成1吋至2吋者為一種，打成一吋以下者為一種。另外又備一種煤最大粒度不超過9公厘（上列顆粒大小均系大約數字）。煤粉為3公厘以下。

配料：鐵礦石與煤粉配合，其配合比為：

$$\frac{\text{鐵礦石}}{\text{煤粉}} = \frac{70 \sim 80}{30 \sim 20}$$

如鐵礦石在含硫大時，可裝石灰約一斤多，同樣是與鐵礦石，煤粉混合。

混好後（圖1），則裝入特制的坩埚。

坩埚（圖2）是用坩土和少量煤粉配合，加水和成泥狀，用手工成型，放在火坑上烘乾，便可使用，坩土系用以做坩埚軟性坩土較為適宜。如青坩土等絕不能用，要選擇桃花坩土，即土色帶有紅斑點，或類

似之軟性坩土為最適宜。



圖 1 混有煤粉的礦石

坩埚，可容礦石約16~17公斤、煤粉約5公斤，焙燒後，可得鑄鐵約9公斤。

裝滿礦石的坩埚，排列在燒鑄鐵的方爐內，進行焙燒，

方爐（圖3）構造簡單：三面有牆用砂石砌成，表面塗一層黏土（坩土），一面開着，供裝爐和出爐時工人來往。

方爐底用黃土築成厚約2市寸爐底上用旧坩埚砌成通風孔道，孔道上鋪一層旧坩埚或為碎塊火磚厚約4吋，在其上鋪一層塊炭約2—2.5吋，再鋪一層1—2吋的塊炭，最後撒一層炭末，共炭層約4吋。鋪好後，遂於炭層內分埋火苗六把，點燃後，同時把坩埚裝入，裝時，豎於爐內，排列成行。坩埚之間，以1吋大小之塊煤填滿；坩埚頂部，用旧坩埚碎片復蓋，方爐的出入口用坩埚碎片砌起，並塗上一層泥，助燃空氣從爐門下部的通風孔（圖4）吸入。後牆亦留有兩個通風孔。

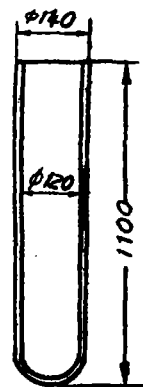


圖 2 坩埚

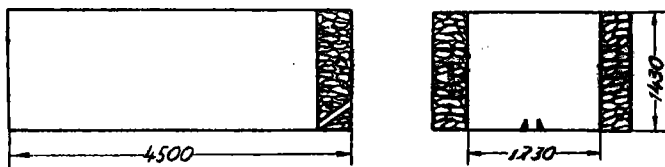


图 3 烧烟铁的方爐

坩埚周围的煤炭燃烧，产生高温（估计可达 1400°C ），使坩埚内的矿石与还原剂（煤粉）发生还原反应，同时还发生部分的造渣反应。

每一方爐，可容纳250—300个坩埚。工作周期为三晝夜：燃烧佔兩晝夜；装爐·冷爐、出爐共一晝夜。

每一方爐装入矿石約 4,250 公斤、还原剂的煤粉 1,350 公斤，燃料的煤炭 3000 公斤，则可以生产烟铁約 2,350 公斤。

坩埚冷却后，取出，由于矿石被还原和部分熔化，坩埚上半部已空；打破坩埚的下半部，則可得烟铁，而上半部坩埚，与新做的坩埚接起来，还可供下次使用（图 4）

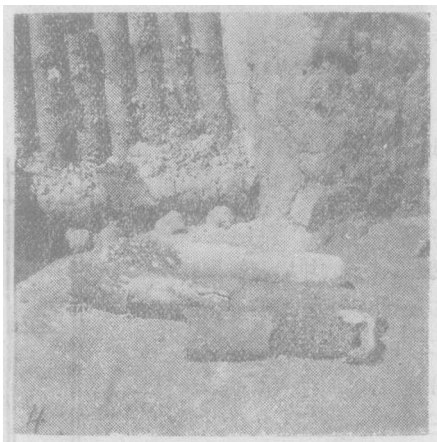


图 4 新旧坩埚，烟铁和方爐的一角

铁矿石含铁約 35~45%，經处理后，可提高到 70%左右。

生产1吨烟铁消耗煤炭約 1.85 吨、黏土（坩土）約 1.28 吨。

烟铁成圆柱形的大块，直径为 110~120 公厘，高 300~400 公厘，强度良好，表面粗糙，多孔隙，与燒結矿相似。其中含有大量金属铁（有的可达 40% 以上），可以認為是良好的煉铁原料（图 5）。

（二）圓 炉 煉 铁

圆爐（图 6）整个爐体由三部分構成（图 7）上

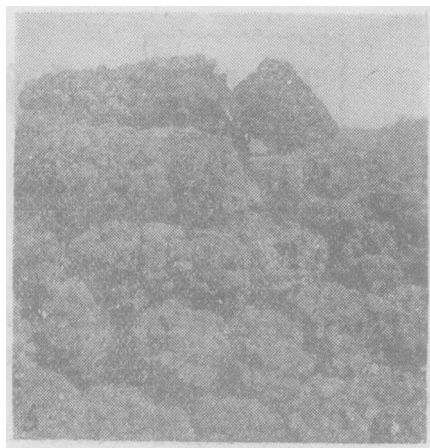


图 5 烟铁

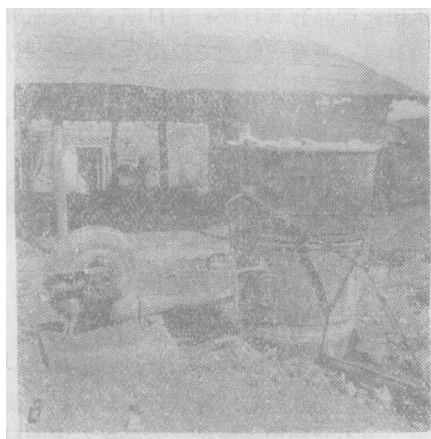


图 6 圓爐外貌

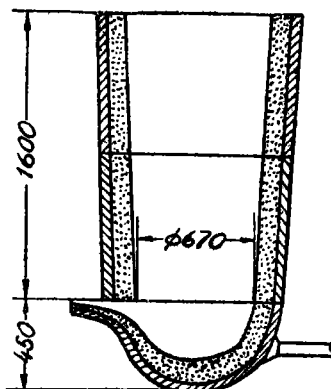


图 7 圓爐剖面

部呈圆桶形，外壳用生铁鑄成，內襯为黏土炭質耐火材料（坩土与炭末的混合物）中部亦呈圆桶形，外壳与里襯和上部相同，这部分的下部有一风眼，呈椭圆形，長軸直径为90公厘，短軸直径 85 公厘，风眼附

近的爐襯較厚(圖8),以抵抗侵蝕。下部呈勺形,外殼以生鐵鑄成,內襯為炭質耐火材料(炭末加水搗固),熔化了的鐵水便貯存在這裡。

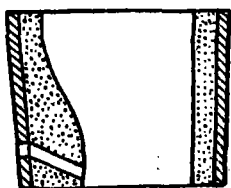


圖8 圓爐中部

圓爐煉鐵使用的原料為：燭鐵、土焦、石灰石，分批地裝入爐內。其比例為：

燭鐵：焦炭：石灰石
1：1：0.2

煤氣發動機帶動鼓風機，從風眼鼓進冷風，燭鐵

被燃燒了的焦炭加熱，還原和熔化。石灰石與燭鐵里的脈石，焦炭中的灰分化合，成為爐渣，熔化了的鐵水，聚集在圓爐下部的勺中，需要鐵水時，抬起勺把，將鐵水倒出來，爐渣則浮在鐵水表面，在冶煉過程中，不斷地從出鐵口自動流出。

由於採用冷風冶煉，爐內溫度不夠高，礦石中的氧化鐵，未得充分還原，因而渣中含FeO甚高，呈黑玻璃狀，生鐵含Si也低，所以斷口呈銀白色，這種白口生鐵，直接用來鑄成鐵管或鍋。

圓爐的工作周期為8小時，熔煉8小時以後，停爐修理爐襯。

圓爐每日可以熔煉生鐵1~2噸。每生產1噸生鐵，需消耗焦炭、燭鐵各約2噸，石灰石0.4噸。

由這些數據，可以計算，若燭鐵中含鐵品位為71%，進入生鐵的鐵分，只佔原料帶來全部鐵分的：

$$\frac{1 \times 0.95}{2 \times 0.71} \times 100 = 67\%$$

上式中0.95，為生鐵的成分，由此可以看出，大約有33%的鐵，損失於爐渣中。

如果燭鐵中含金屬鐵45%，則相當全部鐵的：

$$\frac{45}{71} \times 100 = 63.5\%$$

那麼在圓爐里只有全部鐵的3.5% (67% - 63.5% = 3.5%) 從燭鐵中還原出來，因此可以認為，圓爐主要起着化鐵爐的作用。

(三) 土高爐煉鐵

土高爐煉鐵，不如圓爐煉鐵廣泛，但得到的生鐵質量較優；且鐵分損失少，能節約原材料，現將山西省陽泉市山底鐵葉生產合作社的土高爐，介紹如下：

該社有土高爐一座。其構造(圖9)：爐壳由鑄鐵圈組合而成，內砌黏土耐火磚，爐形呈圓桶狀，風

口上部與料線部分砌成圓弧形。

高爐的有效容積為4.7立方公尺。

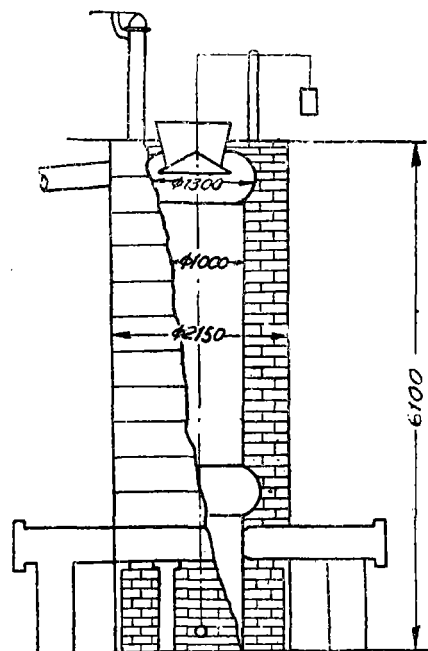


圖9 土高爐

爐頂部分設有料鐘料斗式裝料設備，料鐘下降，靠人工操縱，此外還有煤氣放散管與煤氣導出管各一個。

高爐下部有風口兩個，風口用鋼板鑄成，中間通水冷卻，鐵口，渣口各有一個，渣口的構造與鐵口相同，沒有冷卻水套僅在耐火磚牆上開個洞，放渣時用鋼鉗打開，放完渣用泥堵上，出鐵口的啟閉，與渣口相同。

高爐的附屬設備有羅氏鼓風機一台，靠蒸汽機帶動，每分鐘可以送風43立方公尺。這台鼓風機對這樣小的土高爐，顯然太大了；熱風爐是換熱式的，在用耐火磚砌的室狀爐內，有鑄鐵管4排，冷風從管內通過，高爐煤氣在管外燃燒，高爐的全部煤氣，都用來燒熱風爐，助燃的空氣，靠高約20公尺的煙囪抽入，熱風溫度可達400°C。

熱風爐每隔25~28天檢修一次，由於爐內氣氛為還原性的，所以鑄鐵管的損壞並不嚴重，為了尽可能減少漏風現象，鑄鐵管與彎頭靠法蘭盤接連，中間墊以石棉。

冷熱風管都用鑄鐵管做成，靠法蘭盤連接，為了減少熱量損失，把熱風管埋在地下。

土高爐煉鐵使用的原料與圓爐相同，它們的化學成分如下：

表 1

名 称	Fe全	(Fe金屬)	Mn	S	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂
烟 鉄 ⁽¹⁾	71.2	(45.3)	0.13	0.99	0.13	6.50	8.52	0.26	0.70	—
石 灰 石	0.52	—	—	—	—	1.17	—	54.95	0.46	42.7

表 2

名 称	灰 分	揮发分	固定炭	硫
土 焦	16.86	1.45	81.05	0.64

高爐設在土坡下面，原料場與爐頂在同一水平面，從原料場到爐頂，有木橋相通，原料用人工裝入高爐，每一批料中，各種原料的重量如下：烟鉄60公斤，焦炭 50 公斤，石灰石30公斤，每一晝夜可以裝料 150~160 批，根據今年 3 月 1 日至 7 日一週內平均資料，高爐每晝夜內消耗烟鉄 9,122 公斤，焦炭 7,857公斤，石灰石 4,694公斤，生產生鉄 6,882 公斤，放出爐渣 5,300 公斤。

由上述資料算出，每噸生鉄消耗烟鉄 1.33 噸，焦炭 1.14 噸，石灰石 0.68 噸，每噸生鉄出渣 0.77 噸。

爐料在高爐中停留的時間（冶煉周期）可以用以下的公式計算：

$$t = \frac{24 \times V_n}{P \times v} \text{ 小时:}$$

：冶煉周期，小时；

V_n ：高爐有效容積，公尺³，

P ：高爐日產量，噸，

v ：每噸生鉄所消耗的原料，在高爐中所佔的體積，公尺³。

已知 $V_n=4.7$ 公尺³， $P=6.882$ 噸，每噸生鉄所消耗的原料重量和體積列在表 3 中：

表 3

名 称	堆比重(噸/公尺 ³)	重量(噸)	體積(公尺 ³)
烟 鉄	2.5	1.33	0.53
焦 炭	0.5	1.14	2.28
石灰石	1.6	0.68	0.43
合 計		3.15	3.24

考慮到爐料在高爐中體積縮減則：

$$v = 3.24 \times 0.875 = 2.84 \text{ 公尺}^3$$

$$t = \frac{24 \times 4.7}{6.882 \times 2.84} = 5.8 \text{ 小时,}$$

冶煉強度可以用下面的公式計算：

$$i = \frac{K}{v_n} \text{ 噸/公尺}^3 \cdot \text{晝夜}$$

i ：冶煉強度；噸/公尺³·晝夜。

K ：每晝夜高爐燃燒的焦炭量；噸，

$$i = \frac{7.857}{4.7} = 1.67 \text{ 噸/公尺}^3 \text{ 晝夜}$$

高爐有效容積利用系數，可用下面公式計算：

$$k = \frac{V_n}{P} = \frac{4.7}{6.882} = 0.68 \text{ 公尺}^3/\text{噸,}$$

現代化高爐的冶煉周期常在 7 小時左右（冶煉平爐制鋼生鉄時），冶煉強度多半在 1.0~1.15 噸/公尺³·晝夜範圍之內，高爐有效容積利用系數，則與土高爐的差不多，土高爐的冶煉強度，比現代高爐的，大約高出三分之一。

土高爐每晝夜出鉄 7 次。出鉄以前放渣。鉄水在爐前鑄成鉄錠，其化學成分如下：

Si	Mn	S	P	C	Fe
0.77	0.13	0.01	0.20	4.00	94.89%

爐渣的化學成分如下：

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	S/2
21.0	25.6	49.82	1.8	0.06	0.52	1.2

爐渣的鹼度 $\frac{CaO}{SiO_2} = 2.48$ ，如此高鹼度高氧化鋁

的爐渣，其理論熔點為 1630°C(2)，但由於實際爐渣中含有 MnO、FeO 等物質，其實際熔點當低於上述的理論熔點。

爐渣流動性良好，打開渣口，容易流出，在空氣中冷卻的同時，即破裂成白色粉末。

單位重量生鉄的焦炭消耗量大（焦比 1.14），爐渣的熔點高，故促使爐缸的溫度高，有利於 Si 的還原，而能得到優質的鑄造生鉄；爐渣的鹼度高，雖爐

缸的溫度高，Si 还原少。因此如何改善造渣制度，是值得研究的。

高爐一代的壽命為 25~28 天，由於蒸汽鍋爐用水太硬，每月要停爐三天，清洗鍋垢，高爐便借此重砌爐襯，拆爐時發現爐襯損壞並不十分嚴重，僅在風口以上，部分爐牆受到侵蝕，這一事實也証明了現代高爐的爐腹是必要的，因為它能使風口前的高溫燃燒區遠離爐牆。

結 束 語

土法煉鐵種類繁多，很有研究的價值，這不但可以發掘我國歷史上千百年來勞動人民在煉鐵方面的偉大創造，而且對於我國目前發展中小型企業的方針，有着重大意義。土法煉鐵值得研究的問題：土鐵成本高，每噸生鐵的成本在 170~210 元之間，較目前國營工廠的生鐵成本，高出了 1~2 倍，且質量較差。

現代化的高爐煉鐵，每 1 噸生鐵約消耗焦炭 0.9 噸左右，圓爐煉鐵，把生產燭鐵的燃料消耗也計算在內，每生產 1 噸生鐵，消耗焦炭約 2 噸，煤炭約 3.7

噸；土高爐煉鐵，每生產 1 噸生鐵，消耗焦炭 1.14 噸，煤炭 2.45 噸，顯然只有在煤炭價格低廉的地區，才能採用這種方法煉鐵。

土法煉鐵雖有致命的缺點，但在我國較短時間內，還不能用全部現代的煉鐵方法代替它。目前在現有的條件下，對這種土法煉鐵的設備，以及生產技術，進行改造，以求得降低燃料的消耗量和生鐵的成本，這將不僅是應該的，而且也是可能的。

計：(1) 燭鐵的化學成分系根據土高爐煉鐵的物質平衡計算得來，由於其他原料和生鐵，爐渣都經過分析，計算結果大致可靠。

(2) 從 M. A. 巴甫洛夫著煉鐵學中文譯本第二卷第一分冊 178 頁圖 76a 中查得。

(3) 本文中許多數據承張成吉、佟發勇二同志供給，化學分析資料承陽泉鐵厂化驗室供給。

(4) 參考山西省工業廳：山西省土法煉鐵生產情況。

冶金部、中國科學院聯合召開

節約、代用合金鋼中鎳鉻經驗交流會

冶金工業部根據國務院關於節約鎳鉻的指示，匯同中國科學院於今年 9 月 18 日到 9 月 21 日在北京召開了節約、代替合金鋼中鎳鉻的經驗交流會。第一機械工業部等八個工業部所屬有關工廠、研究所的工程技術人員，有關高等院校的教授，科學院所屬有關研究所的研究員以及在冶金部的蘇聯專家和民主德國的孔歇爾教授均參加了會議。國家技術委員會黃敬主任，冶金部劉彬付部長也到會做了指示，與會者一致認為這會有示范性。

會議認為節約合金鋼和節約、代替合金鋼中鎳鉻是有可能的，因為現在對合金鋼的使用很多不合理，不需要用的也用了；另一方面，我國資源豐富，有很多可做合金鋼用的元素，如錳、鉬、釩、鈦、硼等。如擴大了這些合金元素在合金鋼中的使用，則有可能全部地或部分的代替合金鋼中的鎳鉻。同時，在這方面國外已有經驗，如民主德國已大部分地代替了合金鋼中的鎳鉻。同時並認為，在工作中必須要用我國富有的合金元素代替鎳鉻，儘量地不用或少用鎳鉻，必須注意經濟上的合理性，如鉬就不宜做一般的合金鋼，用它生產耐熱鋼較合適；必須吸取國外的經驗，特別是蘇聯的經驗。

會議針對目前需要量大的、用途廣的 33 種鎳鉻鋼（滲碳合金結構鋼、中炭調質合金結構鋼、滾珠軸承鋼、高速工具鋼、耐酸不銹鋼、合金軋輥）制訂了節約、代用其中鎳鉻的方案，並制訂了試制，試用高強度低合金鋼的方案。根據 150 多種用途選定了 39 種不含鎳鉻，或含鎳鉻很少的代用鋼（炭素鋼、錳鋼、錳鉻鋼、矽錳鋼、錳鉬鋼、錳鉬硼鋼、錳氮鋼、矽錳鉬鋼、鉻錳矽鋼、鉻鉬鉻硼鋼等），在這 39 種代用鋼中，有的廠早已生產，使用部門即可生產試用；有者則需試制後使用單位才能試用；有者還需要進行研究。由於這些被代用的 33 種鎳鉻鋼生產用鎳鉻約佔了冶金用鎳鉻的 70% 多，目前生產的 246 種合金鋼中約有 80% 的鋼均含有鎳鉻，如實現了這個方案則可以緩和鎳鉻不足的狀況，且每年就可節省幾百噸鎳及 2—3 千噸鉻鐵。

為了儘快的實施這方案，會後有關生產、使用、科學研究所等 57 個協做單位還要陸續簽定協議，並把這個方案中的 88 個項目分別編入新產品試制，或科學研究計劃里，同時，還由有關冶金方面的高級研究人員和技術人員在鋼鐵研究所組成合金鋼工作組，督促實施計劃，並幫助使用單位根據用途選用鋼材。

節約，代替合金鋼中鎳鉻，從目前看是為了解決目前鎳鉻不足；從長遠上看則是為了建立適合我國資源情況的合金鋼系統。

（廉 魁）

