

煉鋼車間機械設備

第二分冊

北京鋼鐵工業學院

冶金機械教研組

1959.11



第二章 裝料機

§ 2-1	平爐裝料設備設計上的基本課題	(1)
§ 2-2	地上裝料機	(12)
1.	总的結構特点、工作特点与載荷特点	(12)
2.	挑桿——摆动架系統結構分析与計算載荷	(24)
3.	小車結構分析与計算載荷	(52)
4.	地上裝料機的其他型式	(61)
§ 2-3	桥式裝料機	(64)
1.	总体基本結構	(64)
2.	立柱系統結構分析与計算載荷	(66)
3.	輪压分析与小車走行機構	(88)
§ 2-4	(附录) 高温强度及热应力疲劳的簡單概念	(87)

第二章 裝料機

§2-1 平爐裝料設備設計上的基本課題

(一) 裝料及与之相联系的爐料加熱過程，是平爐熔煉操作的重要環節。

採用廢鋼礦石法操作的平爐，冷料包括廢鋼、鐵礦石和石灰（或石灰石）。在爐子“冷裝”的情況下，還需裝入生鐵塊。

廢鋼在金屬料中的比重一般在15-80%的範圍內變動。在我國現有條件下，廢鋼比重約為20-25%，鐵礦石約佔金屬料重量的20%，石灰約佔10%。大致說來，每爐鋼冷料裝料量約為爐子容量的50-60%。

將冷料裝入爐內有各種各樣的可能性。裝料工作應使爐料由裝入到全部熔畢所需的热工期總時間及總熔煉時間為最短；加速裝料及与之相联系的爐料加熱過程，是縮短平爐總熔煉時間及提高平爐產量的重要關鍵。

到目前為止，在世界範圍內佔絕對統治地位的裝料方法是料箱裝料。

根據平爐容量，料箱容積通常為0.5-1.75M³，每爐鋼約裝冷料50-100箱，在現有條件下，大型平爐裝料及加熱時間約佔平爐總熔煉時間的25-40%（廢鋼比重愈大，需要的時間愈長）。

裝料必須既裝得快，又能使爐料得到很好的加熱。一般地講，在爐料導熱性許可及爐子熱負荷能力能保證滿足燒料需要的前提條件下，裝料速度愈快，爐子熱工期時間愈短（圖2-1）〔註〕；特別在平爐採用氧氣及新的高級耐火材料以後，爐子熱負荷能力的大大提高為快速熔煉創造了極為有利的條件，因而如何提高裝料速度的問題，如何提高現有裝料設備工作能力和創造新的高效裝料機械設備的問題，就成為普遍關心的課題。

在加速料箱裝料方面，曾經有人進行過許多有意義的工作。

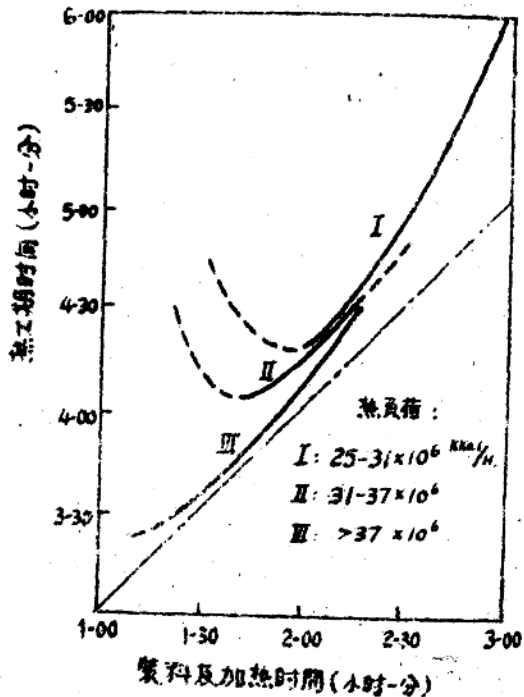


圖2-1

〔註〕由於爐子實際加熱能力及爐料實際導熱性的限制，通常認為存在一個與爐子特點及爐料性質相適應的“最有利”的裝料速度。特別在裝導熱性差的散置非金屬料時，應保證爐料有足夠的燒透時間，不適當的加快裝料，有時反會引起不利的影響。

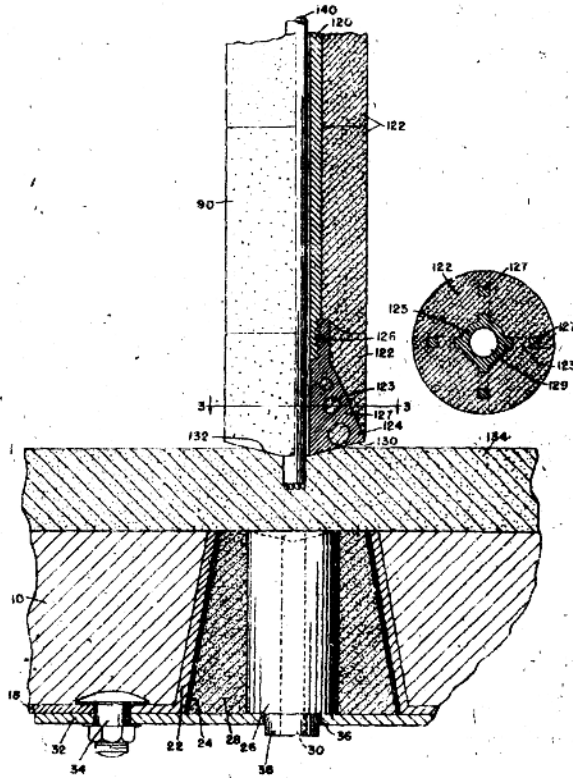


圖2-36

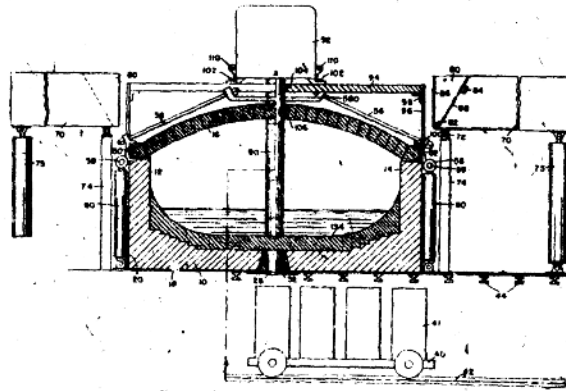


圖2-36B

(2) 設備的工作能力能保證實現最大可能的裝料速度，以最大限度地縮短裝料時間（當然，必須以爐子具有足夠的熱工能力為前提）。

同時，與設備裝料方式相適應的送料系統應有足夠的供料能力，以保證裝料能力的充分發揮。

這就是裝料設備設計上的基本課題，也是評價各種裝料方法的基本尺度。

為此，必須首先定性地了解一下平爐裝料爐料傳熱過程的基本原理。

(二) 平爐熔煉室內爐料的加熱包括兩個基本的傳熱過程 (圖2-4) :

(1) 外部熱交換: 火焰及爐襯對料層表面的輻射, 以及火焰對料層表面的對流換熱 (多數人認為輻射傳熱是主要的, 對流換熱只佔總傳熱量的5-15%) ;

(2) 料層內部熱交換: 由料層表面向爐料內部的傳熱, 主要是傳導傳熱。

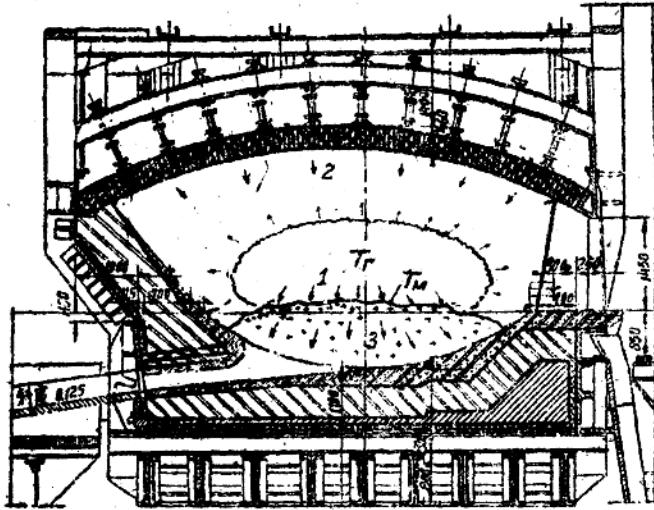


圖2-4

輻射傳熱量 Q_R (kcal/小時) :

$$Q_R = C_{r_{KM}} \left[\left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F \quad (2-1)$$

$C_{r_{KM}}$ ——火焰、爐襯與料層表面間的推算輻射係數;

T_r ——火焰溫度 ($^{\circ}K$) ;

T_m ——料層表面溫度 ($^{\circ}K$) ;

F ——傳熱面 (M^2)。

對流換熱量 Q_c (kcal/小時) :

$$Q_c = \alpha (t_r - t_m) F \quad (2-2)$$

α ——對流換熱係數。

料層內部的熱傳導量 Q_λ (kcal/小時) :

$$Q_\lambda = \frac{\Delta t}{R} \quad (2-3)$$

Δt ——爐料上層表面與下層底面的溫度差 ($^{\circ}C$) ;

R ——熱阻 ($^{\circ}C$ 小時/kcal)。

爐體對外部空間的散熱損失, 在此只討論經過空洞面積 (爐門或其他裝料口) 的輻射熱損失 Q_s (kcal/小時) ;

$$Q_r = 4.5A \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (2-4)$$

A——輻射孔面积 (M²)。

由此可以得出如下几点結論:

(1) 料层对火焰及爐襯的換热能力 (主要是輻射) 与絕對温度的四次方差成正比。为实现最大的热交换以获得最有效的爐料加热, 必須保持火焰与料层表面間的温度差最大: 为此須一方面尽可能提高火焰及爐襯温度, 一方面尽可能保持料层表面的温度最冷。前者是爐子热工工作者的任务, 后者則是裝料設備所应解决的問題。

十分明显, 要經常保持爐內最上一层料的温度最冷, 冷料最好是分层装入。

(2) 爐料加热的实践和理論分析都表明: 由于料层热阻的存在, 料层的加热相当于厚物体的加热情况, 近似計算表明, 把厚度200mm的料层下表面加热到一定温度所需要的时间几乎为上表面加热到同一温度所需时间的4倍, 这就是說当表面已被加热到接近熔化温度的时候, 底层的温度仍將很低, 而裝料过程中料层表面的燒化是最不希望的。因为在这种情况下当下批冷料装入时, 原先已熔化的表层会因驟冷而凝成一个光滑的硬壳, 这种光滑的硬壳吸热能力很低, 大大阻碍了下层爐料的加热。

十分明显, 为使料层得到良好的燒透, 裝料时应將料层裝得較薄, 並均匀分佈在整个爐池面上, 同时在上一批料层表面尚未燒化之前即將下一批冷料盖上, 如图2-5所示的順序。

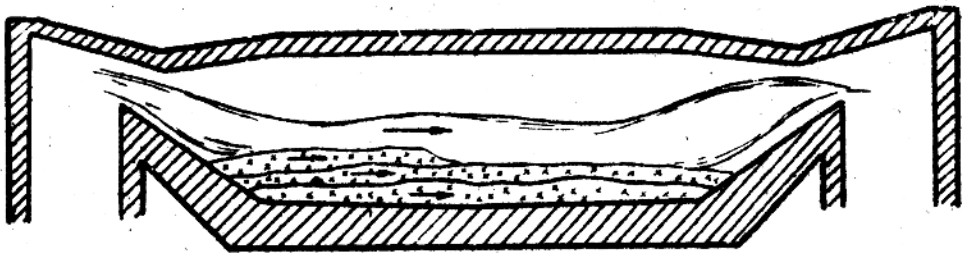


圖2-5

(3) 裝料过程中的散热損失与裝料口的尺寸有关, 过份加大爐門或采用爐頂裝料, 从散热損失的观点来看是不利的。当然, 与裝料口形式及尺寸有关的还不仅是散热損失的問題, 这里还应考虑到裝料口形式及尺寸对爐体基本結構所引起的改动, 以及这些改动对爐体結構及爐体維修所起的影响。

以上是設計裝料設備时所必須考虑的第一个基本課題——佈料形式問題。不难根据这一尺度对现有料箱裝料、爐頂裝料及图2-6、2-7、2-8、2-9、2-10所示各种裝料型式〔註〕作出相应的評价及比較 (这些型式的裝料設備一般要求采用如图2-11所示无前牆結構的爐子, 但有的也可采用普通爐門)。

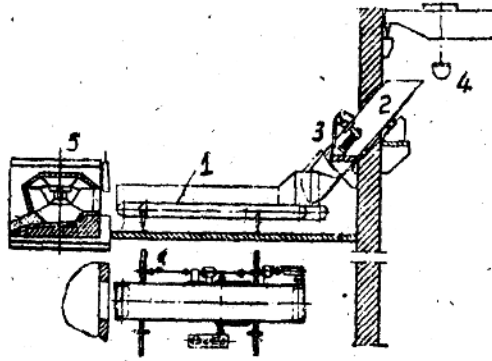


圖2—6

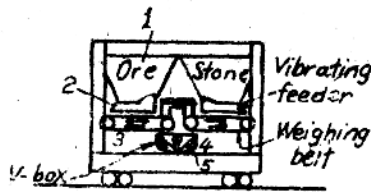
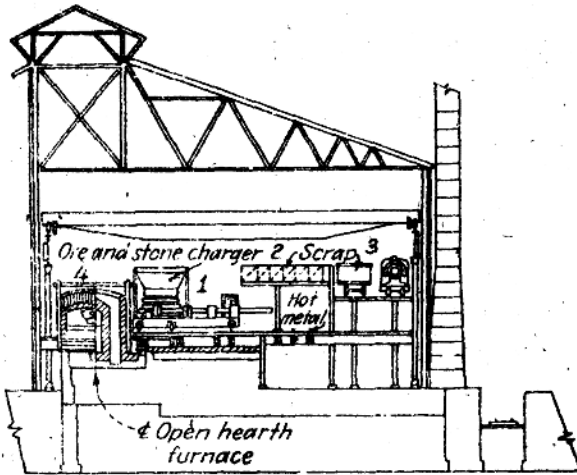


圖2—7

〔註〕對這些型式裝料設備的說明可看專門的文獻：

圖2—6：拋料式的裝料機，Вестник Машиностроения 1957. 1. (譯文見東工機械譯述1957.5)；索柯洛夫：煉鋼車間機械設備講義 p. 174。

圖2—7：V形料槽式裝料機，Proc. Open Hearth 1952。

圖2—8：W形料槽式裝料機，同上。

圖2—9：接底式裝料機，索柯洛夫：煉鋼車間機械設備講義 p. 173。

圖2—10：運輸帶式裝料機，Вестник Машиностроения 1957. 1 (譯文見東工機械譯述1957.5)。

圖2—11：無前橋平爐，Iron and Steel Engr. 1950. 3; Iron Age 1950. 9. 21.

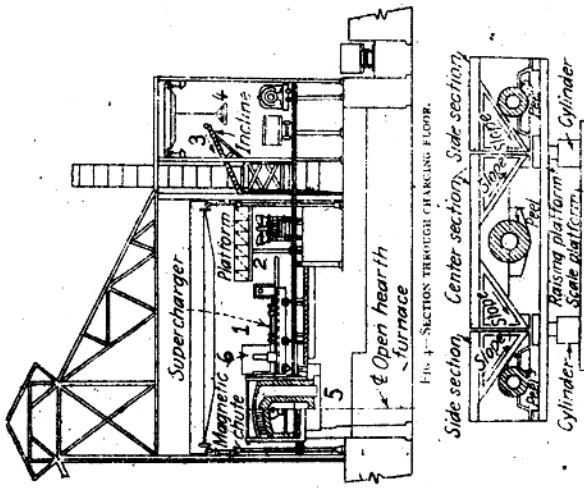
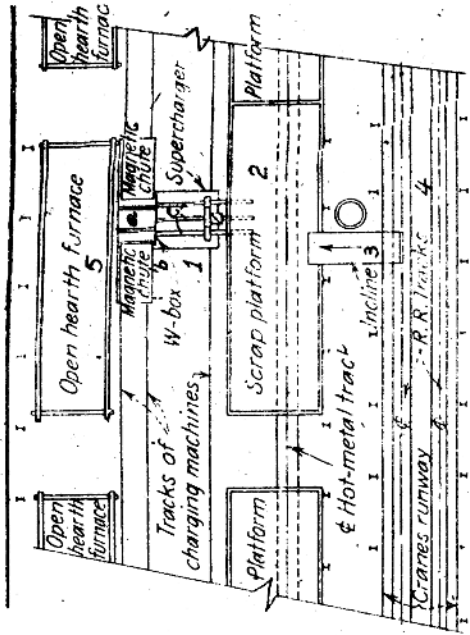


FIG. 4. SECTION THROUGH CHARGING FLOOR.

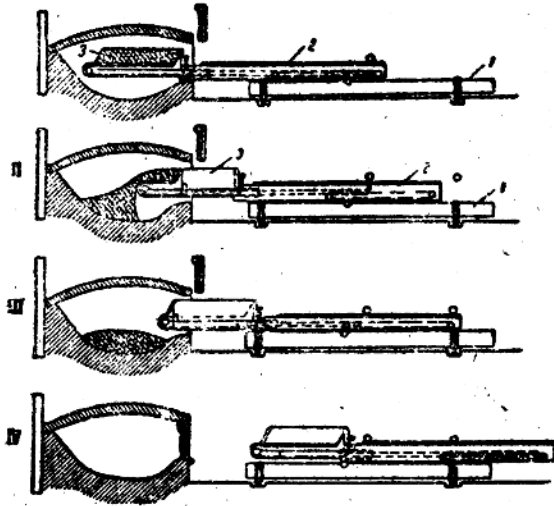


图2-9

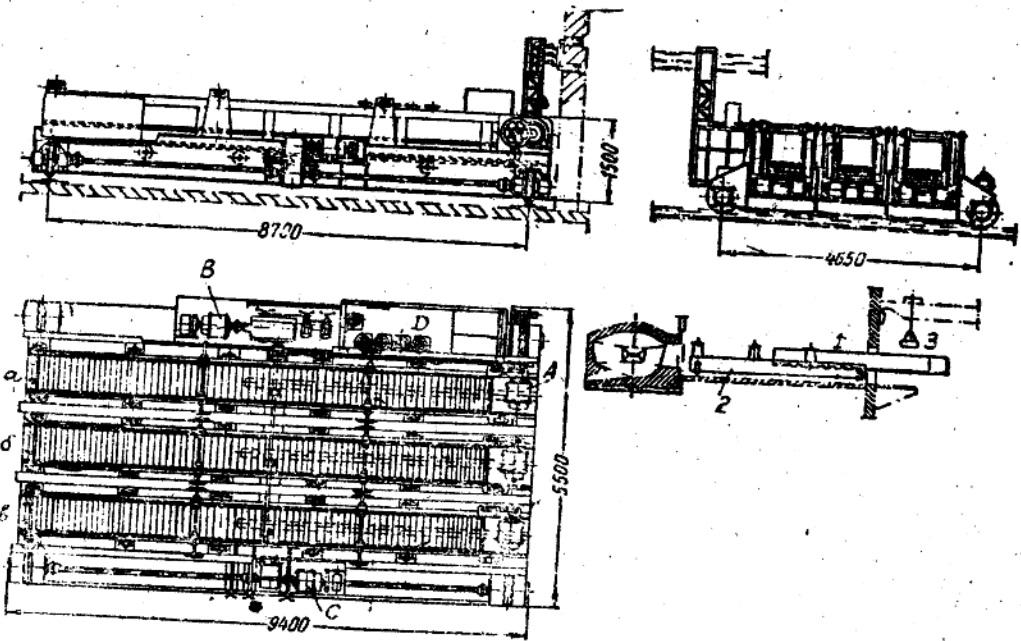


图2-10

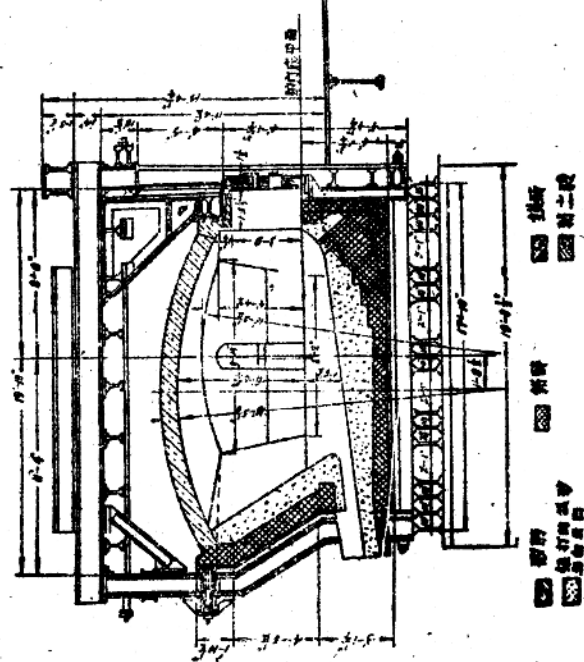
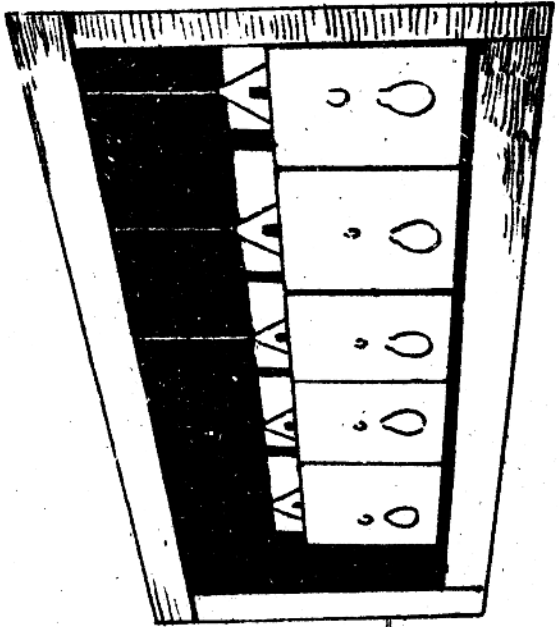


图2-11

可以看出，現有的料箱裝料方式是基本上滿足了這一佈料要求的。

(三) 在佈料方式能保證爐料獲得最大換熱並使爐料能分層燒透的前提下，尽可能提高裝料設備的裝料速度是熔煉操作所希望的。

現有的料箱裝料設備沿着以下三個方向來解決裝料速度問題：

- (1) 尽可能加大料箱容積及加大料箱的有效裝載量；
- (2) 尽可能加快裝料工作速度；
- (3) 採用雙機同時裝料。

料箱容積的加大通常受到如下的限制：a) 增大爐門尺寸因而引起的爐子結構問題及散熱問題，b) 增加爐門坎線長度因而引起堵爐門坎工作的加重（因此有人建議採用扇形料箱及扇形爐門）；c) 增大料箱斷面尺寸引起爐內倒料操作的困難，增加料箱長度受到爐前配置及運輸的限制；r) 裝料機載荷的加重。

通常使用的料箱最大為 $1.75M^3$ ，裝料機起重量為10—15噸，有趨勢將料箱增大到 $3.5-4M^3$ ，裝料機起重量相應地增大為20噸。

料箱有效裝載量的增大取決於廢鋼準備的質量及其堆比重的提高，在使用輕型廢鋼較多的情況下，廢鋼的壓細具有重要意義，這不但提高了廢鋼的裝載性能，同時也提高了廢鋼的加熱性能。

裝料機的工作速度目前已達到相當高的水平（速度100—120 M/分，加速度 $0.8-1.1M/秒^2$ ），速度的進一步提高受到操作安全的限制。

雙機裝料在有些情況下受到爐門中心距及裝料機寬度的限制。

如果不考慮其他因素的限制，目前我們用料箱裝料機已經能做到這樣的程度：採用 $Q=15$ 噸及 $V=3.5M^3$ 的料箱雙機同時裝料（如果有可能的話），可以使平均裝料速度達到7.5—10噸/分鐘的水平，500噸平爐的全部冷料可以在25—30分鐘內裝完，這樣的水平是不低的。

但實際上我們並不一定能夠真的做到這一點——問題不在現有裝料機本身，而在與現有料箱裝料方法相聯系的送料系統，在於料箱送料系統的供應能力及料箱的週轉，特別在幾座爐子（尤其是相鄰的爐子）同時裝料的情況下，相互的干擾和耽誤往往取銷了這種可能性。

因此，在考慮裝料設備設計及估計其裝料能力的時候，還必須同時考慮解決與其相聯系的送料問題。一定的裝料形式要求一定的送料形式與之配合。送料問題通常是比裝料設備本身更難解決的問題。

總論中所講述的旋轉料台（圖0-6）和圖2-12所示的料箱裝載設備，可以看作是試圖解決料箱送料問題的嘗試。在圖2-2，2-3及2-6——2-10所舉的各種裝料形式中，每種型式都有與之相應的送料設備系統。

以上是設計裝料設備時所必須考慮的第二個基本課題——裝料能力問題。不難根據裝料速度及送料速度的尺度對前述各種裝料設備型式進行評價及比較。可以看出，爐頂裝料在這一問題上比料箱裝料處於明顯的優勢，而卷底式裝料在送料上的困難，則使它在裝料上所具有的優點難以實現。如果送料問題能得到更好的解決，現有的料箱裝料機還大有潛力可發揮。

當然，在全面比較各種裝料設備型式時，還必須着重考慮設備的結構性——它們的輪廓尺寸，重量，功率消耗，操作可靠性，以及特別是裝料容器的卡料、磨損、技術要求及成本。從這些觀點來看，許多新型設備都有不同程度的弱點，這也是料箱裝料仍能處於統治地位的原因。

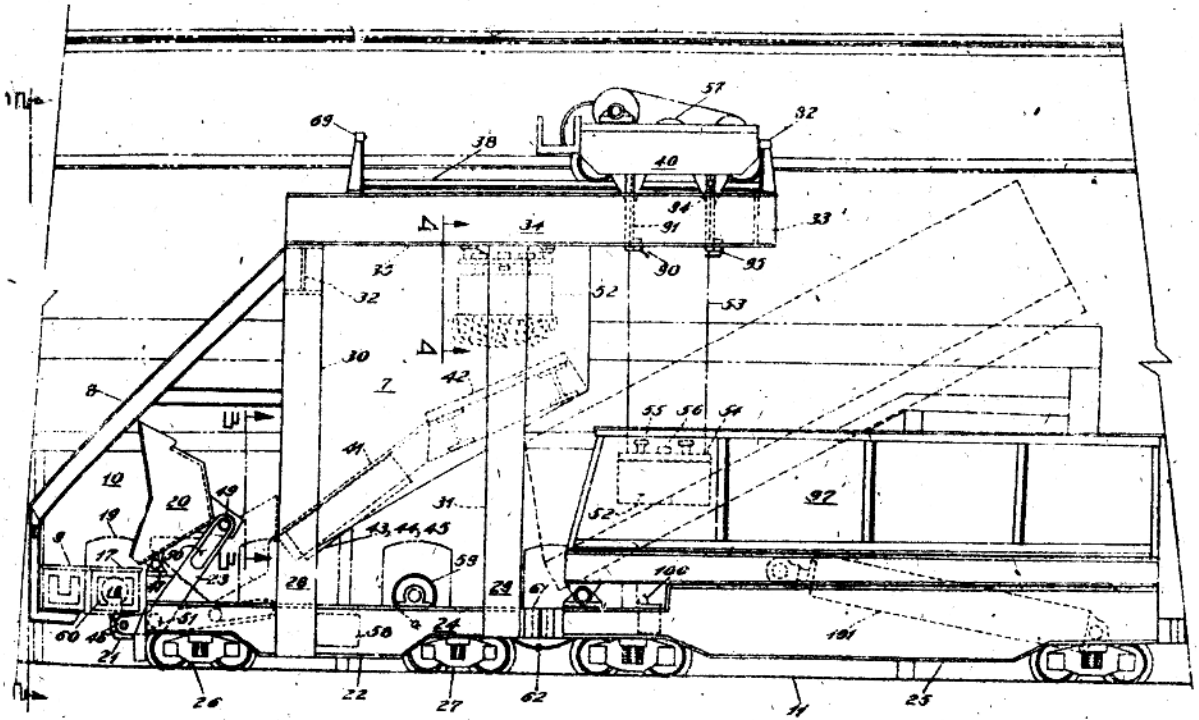


圖2-12a

Figure 7

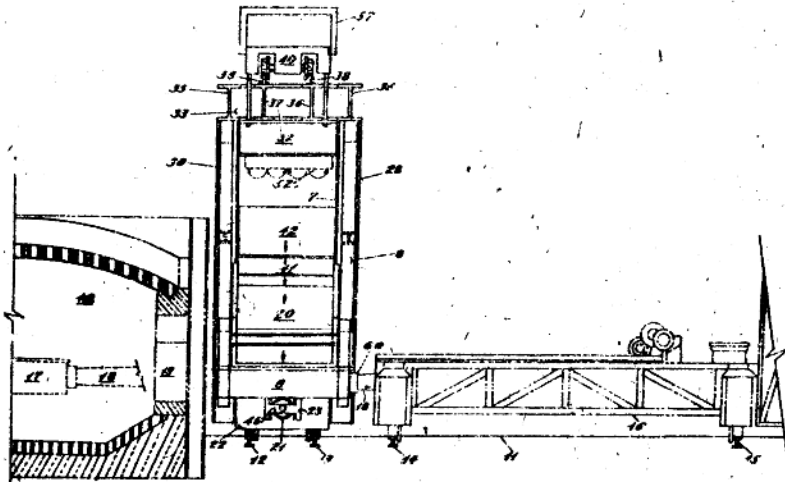


圖2-126

裝料設備設計上的基本課題就是如此。

由此可以作出對現有裝料機械的正確評價，也可由此來看裝料機械發展的前景。

(四) 現有的裝料機都是與料箱裝料方式相聯系的，這是它們在工作上的根本特征。在本章中所講述的也僅限於這種裝料設備。

採用裝箱裝料的裝料機有三種主要類型：

- (1) 橋式裝料機；
- (2) 地上裝料機；
- (3) 地上無軌輕便裝料機。

它們的應用範圍及選擇已在總論中討論。

料箱的挑取採用挑桿，它是裝料機的基本工作件。在最完備的情況下，為使挑桿具有最大的工作靈活性，必須賦予挑桿以全部空間運動的可能性：

- (1) 三向直線運動。這是一般橋式起重機的工作屬性；
- (2) 三向旋轉運動。這是裝料操作的工作屬性：

挑桿在垂直平面內的旋轉（擺動）是為了挑起及放下料箱；

挑桿繞自己縱軸的旋轉是為了倒料翻料；

挑桿在水平面的旋轉只有當料箱放在爐子對面時才是必要的。

橋式裝料機一般具有上述全部六向挑桿運動，地上裝料機及地上無軌輕便裝料機不具有挑桿的垂直提升運動及水平旋轉運動，但也有具有挑桿水平旋轉運動的地上裝料機。

挑桿和挑桿的全部必要裝料運動是裝料機在結構上的根本特征。

為實現這一點，必須解決結構上的幾個中心問題，在以下的討論中我們將按照結構上的複雜程度由地上裝料機講起。

§2-2 地上裝料機

1. 總的結構特點、工作特點與載荷特點

(一) 總體基本結構

地上裝料機的基本結構包括三個主要系統（圖2-13）：

- (1) 大車系統；
- (2) 小車系統；
- (3) 挑桿—擺動架系統。

大車在爐子跨間工作平台軌道上行駛，小車在大車橋架上行駛，挑桿擺動架系統支懸在小車車體的外伸懸臂上，司機室裝在小車車架上。

裝料機與爐子之間的配置關係見圖2-14、2-15。

為實現挑桿的全部裝料運動，採用五套機構：

- (1) 大車走行機構；
- (2) 小車走行機構；
- (3) 挑桿擺動機構；
- (4) 挑桿迴轉機構；
- (5) 鎖箱機構。

這些機構的傳動示意圖見圖2-16，結構總圖見圖2-17（總圖）；2-18（大車）；2-19（小車及挑桿擺動架系統）。

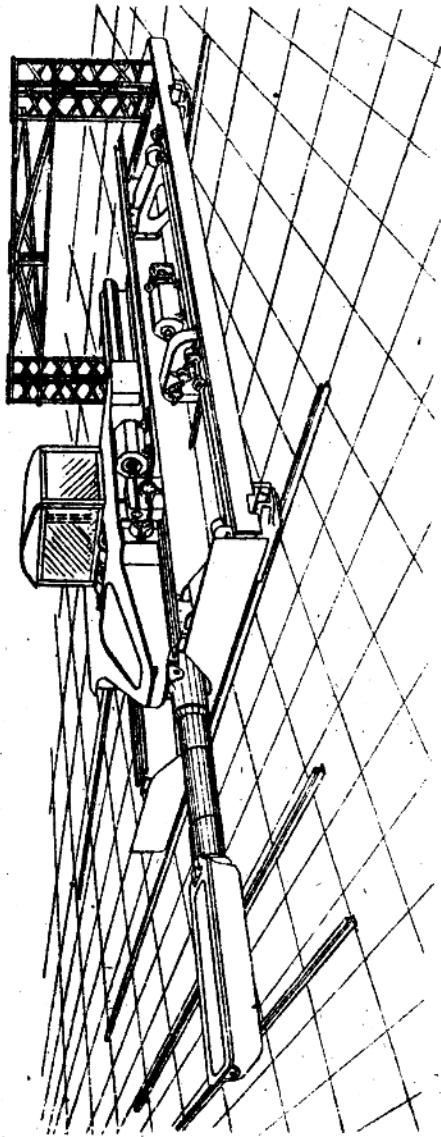


圖2-13

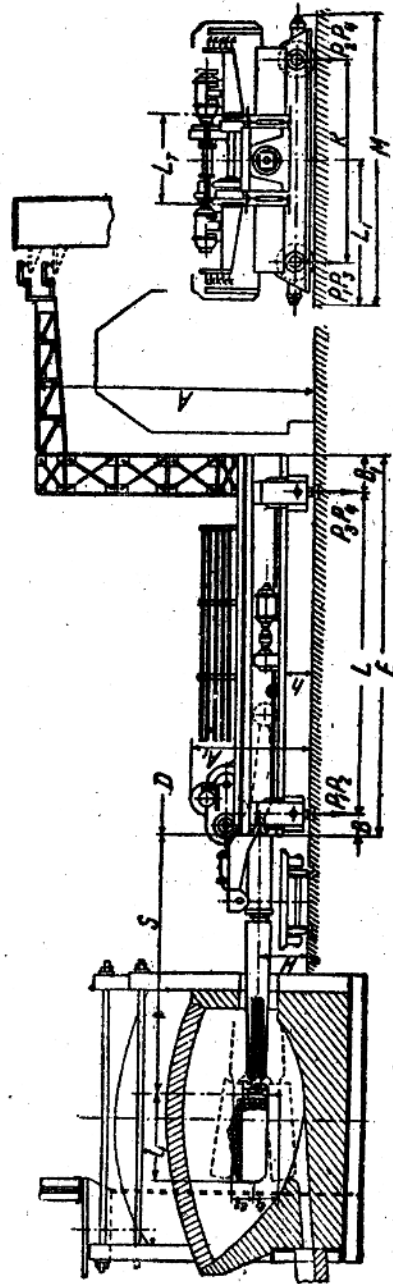
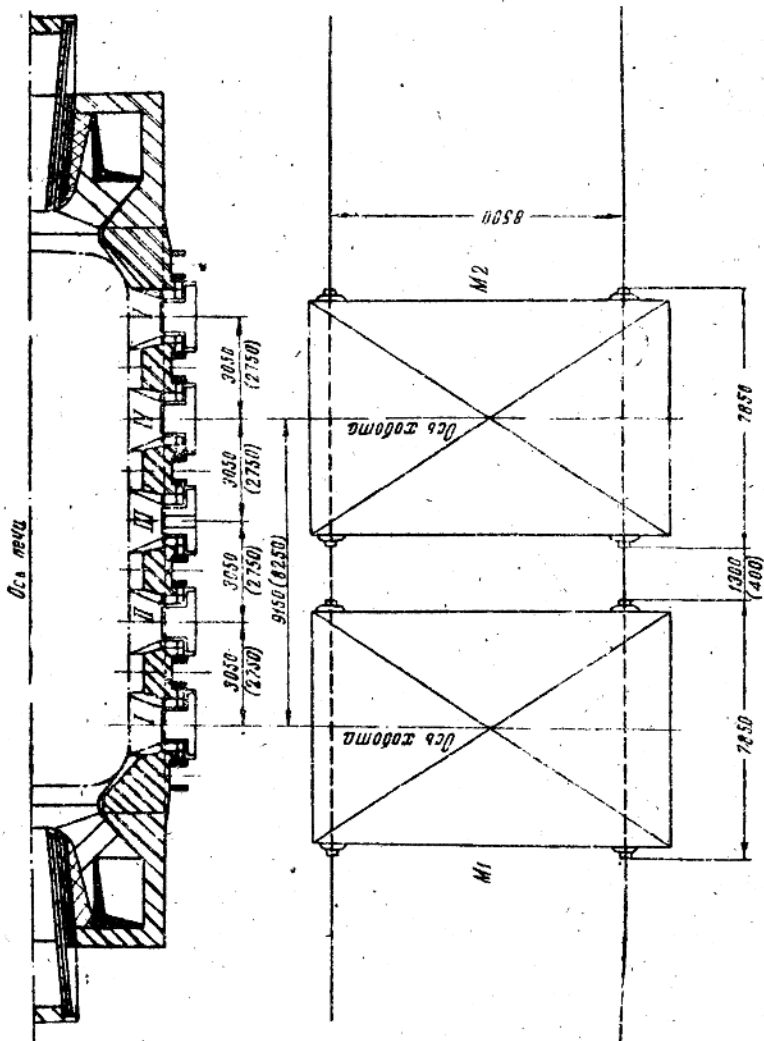


圖2-14



■ 2-15

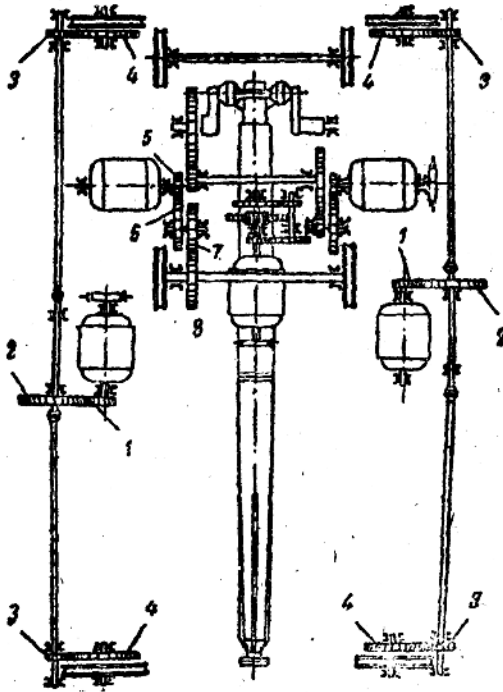


圖2-16

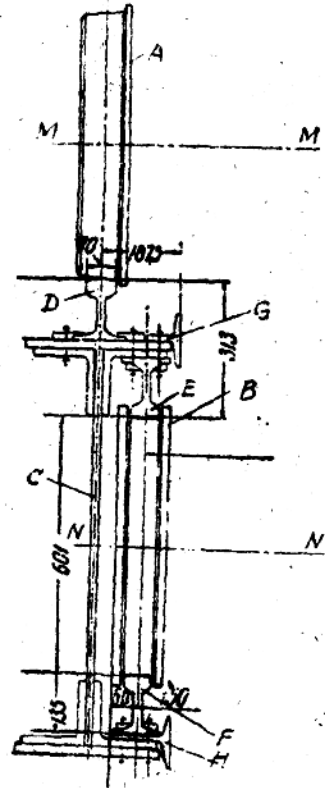


圖2-20

大車走行是双边驱动，一般用中速轴，四个车轮全部主动。

小车走行机构及挑杆摆动机构装在小车架司机室的两边。

挑杆迴轉机构及鎖箱机构装在摆动架架体上。摆动架的摆动通过曲柄连杆由装在小车架上的摆动机构驱动，挑杆装在摆动架的前后轴承内，由装在摆动架架体上的迴轉机构驱动。鎖箱运动由手柄槓桿系統帶動。

值得特別注意的是小車車架的結構。

小車車架的特殊結構是由挑杆摆动架的支懸方式及其偏心加载的特点所形成的：

- (1) 为留出挑杆摆动架摆动运动的空間，小車車架采用叉頸片形框架結構；
- (2) 为平衡偏心加载时車架的傾翻，后輪采用上下軌道夾住，因而形成前后輪一上一下的特殊配置方式（图2-20）。

为了解傾翻趋势的形成，看一下小車—摆动架—挑杆—料箱系統的重量分佈情况（图2-21）：NOC代表小車車架，由于配置的关系，挑杆摆动架的支点C偏在小車車輪軸線以外，而料箱加载点B（挑杆末端）則远远偏离車輪軸線而構成很大的傾翻力臂。因此在帶滿載料箱、帶空料箱和不帶料箱这三种不同的加载情况下，系統重心的位置在空間有相当显著的变化。

在通常实际配置情况下，小車—摆动架—挑杆系統自重(G)的重心位在前輪軸淺(OO)