

高炉炉前操作

姚世奎 編著

冶金工业出版社

出版者的話

本書系作者根据石景山鋼鐵公司高爐爐前操作經驗及作者本人多年工作中的实际經驗編写成的。

書中对出鉄口的維護、出鉄出渣操作、堵口泥的配制、冷却設備的检查与更換，事故的預防与处理等方面都作了比較詳尽的闡述。

本書可供高爐工长及高爐爐前工閱讀。

高爐爐前操作

姚世奎 編著

編輯：殷保植 設計：朱駿英 校對：佟尙浩 王坤一

1958年12月第一版 1958年12月北京第一次印刷 22,000 册

787 × 1092 · 1/32 · 25,000 字 · 印張 1 $\frac{10}{32}$ · 定價 0.14 元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 書號 1378

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目

录

第一章	高爐生产的一般常識.....	1
第二章	出鉄口の維持.....	9
第三章	爐前机械及使用工具.....	14
第四章	主沟小坑及鉄沟的維持.....	21
第五章	出鉄及出渣操作.....	23
第六章	堵口泥的配制.....	27
第七章	冷却設備的检查与更換.....	34
第八章	事故的預防与处理.....	37

第一章 高爐生产的一般常識

第一節 高爐的爐体構造

1. 高爐的剖面輪廓及其容积：冶炼生鐵的现代高爐乃是一种豎井式的爐子，其工作空間的内部形状叫做高爐內型。高爐內可分为下列各主要部份：

爐喉：高爐上部圓筒形部份，用于接收冶炼的物料及排出煤气。

爐胸：在爐喉下面占爐子高度最多的圓錐形部份，爐胸向下逐漸扩大，使爐料容易下降，且能使煤气沿着爐子橫断面的分布得到改善。

爐腰：接連爐胸的基底和爐子下部錐体的圓筒形部份叫做爐腰（小型高爐一般沒有这一部份）。

爐腹：位于爐腰下面而下端較小的圓錐形部份叫做爐腹。爐腹的形式是与物料的体积由于形成液体产品而縮小相适应的。

爐缸：爐子下部圓筒形部份叫做爐缸。其上部用于焦炭燃烧，而下部用于聚集冶炼产品——生鐵和爐渣。

上面各部份容积的总和叫做高爐有效容积。而从爐底出鐵口中心綫到大鐘下降的下緣叫做有效高度。

2. 爐体結構：

爐基：是爐子的支座，承受爐子及物料的重量，要求其非常坚固，它分为在地下由鋼筋混凝土构成的基墩，和在基墩的凹部用高級耐火砖砌成的爐底。

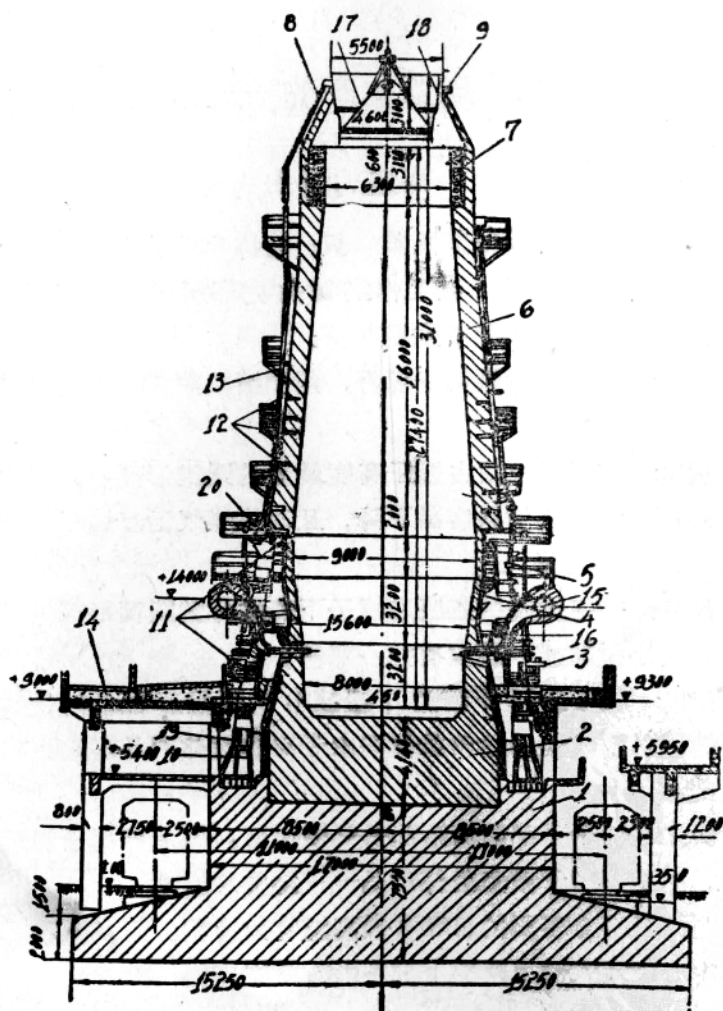


图 1 有效容积 1300 公尺³ 的标准高炉

- 1—炉基；2—炉底；3—炉缸；4—炉腹；5—炉腰（薄墙式）；6—炉胸；
7—保护板；8—炉头；9—炉顶支圈；10—炉底冷却片；11—炉缸、炉腹、
炉腰的冷却片；12—炉胸冷却箱；13—炉壳；14—操作台；15—热风环管；
16—风机装置；17—大罐；18—大料斗；19—支柱；20—炉胸支圈

爐缸：爐缸由聚集鐵水和爐渣的下爐缸和風口帶所構成。風口帶設有數個風口，風口小缸嵌入青銅鑄成的冷卻器內，後者嵌入生鐵鑄成的風口水套。熱風由熱風總管經過環形風管送到爐子，鼓風從環形風管經進風彎頭，再通過生鐵鑄成的吹管送到每一個風口里。風口的內端伸進爐中（其伸入的長度大約與風口直徑相同），以便引導煤氣流離開襯里。

在爐底上約 300—500 公厘處（大中型高爐）置有放出鐵水的出鐵口，因而在爐底上形成死鐵層，以保護爐底不受爐渣的侵蝕。出鐵口是爐缸上的一個孔道，在鐵口的四周裝有鑄鋼的框架加固起來，並有加強冷卻作用的冷卻器。

出渣口 是在鐵口位置的上面（但不在同一方向，大型高爐有兩個渣口），是用水冷卻的銅質錐形的渣口小套，其開口直徑依高爐大小而不同，渣口小套置於錐形紅銅冷卻器內，三套和四套則是有蛇形管的冷卻器。

現代高爐的爐缸以耐火磚做襯里，也有使用炭磚或用炭素料搗制而成，它和爐底側表面都用生鐵冷卻壁冷卻，爐缸外面是用鋼板鑄成或焊成外殼。

爐腹 的結構，現在大型高爐多為薄牆爐腹，有一層磚（345 公厘）構成襯里，爐腹的冷卻是用立冷壁，而外面用鋼殼包圍起來。由於冷卻作用的強烈，在它的工作的表面形成一層凝固的混有石墨的爐渣，叫做渣皮，保護爐體免於液體冶煉產品的侵蝕和沖刷。

爐胸 用粘土磚襯里，包在鑄接或焊接的金屬殼內，這個鋼殼有支持爐頂裝置的功用，爐胸下部裝有幾層冷卻器。爐胸砌磚、爐殼及爐頂裝置的重量由堅強的支圈（爐腰支圈）承受起來，而支圈則是用金屬支柱支持着。

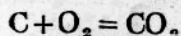
爐喉 为了保护砌砖免遭爐料的撞击，用鑄鋼的弓形保护板加固起来。

爐頂裝置 是为爐料入爐及放煤气出爐而用的。布料装置由大料鐘和小料鐘构成，小料鐘固定于空心拉杆上而紧接于小料斗，大料斗固定于空心拉杆内运动的拉杆上而紧接于大料斗，大料斗用法兰盘固定在爐頂支圈上，小料斗架在大料斗的上面。在大型高爐上，小料斗可旋轉布料。料鐘的升降是借平衡杆来进行的，平衡杆乃是双臂杠杆，一臂連接于料鐘的拉杆，另一臂則与操縱升降的牵引鋼繩相接。

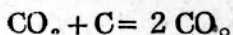
爐頂煤气沿着四个对称安置的煤气上升管引出（小高爐有1—2个煤气上升管），其高度应較高些，以使爐尘返回爐中。煤气上升管与下降管連接，把煤气引入除尘器。每个上升管的上部叫做放气筒，配有放散閥，通常是封閉的，必要时才得打开。

第二節 高爐冶煉过程概况

高爐冶煉的实质是从矿石炼出生鐵。高爐連續地进行生产，經由风口不断地将空气（热风）吹入爐缸，使焦炭的炭素燃烧：



这时的溫度增高至1600—1750°C，燃烧后生成大量的二氧化碳上升，再与赤热的焦炭接触，于是燃料中的碳把二氧化碳还原成一氧化碳，即



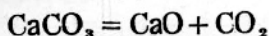
当一氧化碳上升而与矿石料接触时，就使氧化鐵还原，但这时一氧化碳本身又重新变成二氧化碳。二氧化碳繼續上

升，又与燃料相接触，遂还原成一氧化碳，这种反应过程不断地在爐子下部的高温区域进行。

焦炭燃烧的结果，还使得爐缸内风口附近造成了空洞之处，上面的爐料由于受到本身重量的作用便沉落下来，因此爐内料面不断的下降。按照爐内原料下降的程度，将新的爐料装入。爐料包括燃料（一般用焦炭）、铁矿石、石灰石及一些别的附加物，如錳矿、平爐渣、碎鉄等。

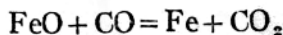
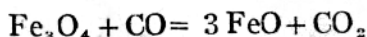
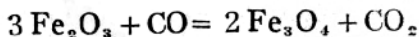
装入高爐内的新矿石，在爐喉与爐身上部逐渐被加热而失去結晶水，鉄矿口繼續下降达到温度較高的地区（400℃或更高些），开始受到还原作用。

石灰石在 600—700℃ 时开始分解，其反应式如下

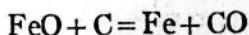


但这个过程在更高的温度（1000℃以上）时才终止。

铁矿石由爐身上部降至中部和下部，鉄的氧化物的还原作用愈来愈强烈，在还原过程中，含氧多的氧化物还原变为含氧少的氧化物，最后变为金属鉄。假若在高爐内装入赤鉄矿 Fe_2O_3 ，那么鉄的逐步还原过程系按下列方式进行：



矿石降到爐子下部（此处温度約 900—1000℃），大部份高价氧化鉄（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ ）都已还原为低价氧化鉄（FeO）或金属鉄 Fe。但是 CO 不能完全还原一氧化鉄（FeO），余下的 FeO 的还原，就要在高温下，在爐腰、爐腹上部和爐缸内借助于固定碳素了。



被还原的铁成为海绵状，与燃料紧密接触而发生的碳化作用，并吸收被赤热焦炭自废石及附加物中还原出的矽与锰，就变成了生铁。当温度高达 1200°C 左右时，熔成铁水，滴入炉缸。

矿石中的废石与分解的石灰石，在一起组成易熔的混合物。初生的混合物在炉腹上部温度约 1300°C 时，变成半流动的胶质状态，再向下温度更高的区域约 1400°C 以上时，便成为液体炉渣。

当焦炭灰份以及石灰石等均已熔入渣中，并且渣和铁彼此相互作用，脱去了铁水中的硫磺，这才确定了炉缸里铁水的最終成份和炉渣的最終成份。定时地将其自炉缸中放出。

第三節 煉鐵車間簡述

炼铁是个大规模的生产，高炉作业不能孤立地进行，它需要辅助作业的密切配合。现将其生产流程簡述如下：

高炉使用的原料主要是矿石，入厂的矿石一般都需要加工处理，处理的工序有中和、破碎、筛分、精选、烧結（或造球团矿）等。我国許多厂矿由于使用富矿炼铁，多数的厂矿是没有选矿设备的。因此矿石經破碎筛分后，合格块矿直接入炉，而矿粉則运送到团烧工段进行造块。

高炉的燃料—焦炭，是用几种經洗选后的煤粉（烟煤），在炼焦炉中隔絕空气加热到 $950^{\circ}\text{—}1050^{\circ}\text{C}$ 而制成。在炼焦車間筛分后运至儲焦塔，再由运焦車拉到高炉工段，卸在焦仓中。

高炉使用的熔剂一般是石灰石加入石灰石的目的是为

了造成一定成份的爐渣，以利生产。石灰石自矿山开采后，經破碎机粉碎，将合格块装车，即可直接运送到高爐料仓中。

因为，高爐每昼夜需用大量的原料（例如一座大型高爐每昼夜入爐原料总重約五、六千吨），所以在較大的高爐的旁边都有儲矿槽（即料仓），分別儲存各种矿石、焦炭、石灰石、錳矿及其附加物等，儲存一日以上的用料，半日用量的焦炭，并源源不断地及时供应。从儲矿槽中利用原料本身的重量，当槽底漏斗开启时，使之漏入称量車中，然后将原料卸入料車（或料罐）中，再通过卷扬机拉到高爐爐頂入爐。

高爐鼓风系利用送风机进行，将空气加压后沿着送风管道送入高爐。因为空气不断地吹入高爐，所以要求风机应具有强大的能力。空气送入高爐之前，先在热风爐中加热，通常加热至 $800-1000^{\circ}\text{C}$ ，热风爐設在高爐的旁边。

高爐的主要产品是生鉄，鉄水出爐后，沿着鉄水沟注入鉄水鍋中，再由机車載着熔鉄送去炼鋼車間，将熔鉄炼制为鋼；或者送至鑄鉄机，将熔鉄鑄成小块，冷却及运往生鉄庫，再由此处发往需用单位。

爐渣在以前将它做为废物看待，拋在棄渣场。近年来，它的用途較广。液态的爐渣可用蒸汽或压缩空气吹成渣棉，制成隔热材料。也可用冷水冲制成粒状水渣，进一步制成矿渣水泥。在一定的容器中热鑄爐渣，緩冷后可得强度較好的渣砖。在混凝土浇注工程中，还可以用渣块做为輕質混凝土的骨料。以上一些均可在高爐車間作为副产品生产。

高爐的产品：除掉渣、鉄之外，高爐煤气可供做气体燃料，在回收煤气时需清除其中带的爐尘，利用除尘器、洗滌

塔、洗滌机等，先后进行这种作业。淨煤气的分配，一般应先滿足热风爐进行烧爐的需要，其余的可送至鍋爐房及其他加热工場。

前面所談的是較為近代的煉鉄車間的生产过程，使本書的讀者对此有一般的了解。不过要求当前从事煉鉄工作的同志們，需結合我国的具体情况，不要迷信于大高爐生产的优越性，正确地执行大中小結合的方針。但是对于爐子較大的厂矿，或是煉鉄爐較集中的区域，应逐步朝着較為完备的方向发展，諸如原料的混勻、矿粉的利用，冲制水渣及煤气回收等。

第四節 爐前工作範圍和出鉄場佈置

爐前工作区域是圍繞爐缸的全部場地，包括渣鉄口、渣鉄沟、出鉄場以及停放運輸鉄水与熔渣的渣鉄鍋鉄道的最近一段。

高爐工作台在出鉄口这一面延長，台上分布着流鉄水和熔渣的沟槽，这一部份平台称为出鉄場（从前直接在爐前鑄鉄，因之称为鑄床）。出鉄場的布置大体上分为两类：在先进的厂矿里，鉄水出爐后直接运往煉鋼車間或鑄鉄机工段，熔渣的处理也有專門的場地进行副产品生产，所以在出鉄場上只有渣沟和鉄沟，各在一側流入渣鉄鍋中。在我国还有很多的小厂矿均在爐前砂床鑄鉄，場地的布置基本上与上述相同，不过出鉄場要相应地扩大。

近代大高爐在出鉄場的屋頂上有走行吊車。經常是搬运堵口泥，粘土、砂子、焦末等物，并可搬运机械設備配合检修工作。

第二章 出鉄口の維持

在现代的条件下，出鉄口の維持是一件很重要的工作。在講維持工作之前，这里先談談出鉄口的工作条件。高爐每日經由鉄口流出大量的鉄水和爐渣，出鉄口和爐缸前牆經常受到来自爐子里 $1350—1400^{\circ}\text{C}$ 的高溫作用。出鉄时流鉄孔道被加热到很高溫度，同时兼受大量鉄水的冲刷，及随后流出的爐渣的化学浸蝕作用。在出鉄末尾吹爐期間，有热煤气吸入出鉄口的时候，流鉄孔道里的溫度高达 1700°C ，同时还有坚硬的赤热的焦块，随同煤气一道进入流鉄孔道，它們运动的速度大，强烈地摩擦出鉄口的牆壁。所以說出鉄口的工作条件是极其不利的。因此要求維持工作应做得尽善尽美，保証出鉄操作的正常进行。出鉄口的維持主要包括下面几項工作。

第一節 出鉄口の烘干

在每次堵泥完毕后，先用鉄絲探測爐門打泥的深度，再按照规定的角度，沿着泥套的里口将湿泥挖出，然后开始进行烘烤。烤爐門是維持出鉄口重要操作之一。烘烤的方法是利用焦爐煤气（或高爐煤气）配合冷风进行燃烧。烘烤的工具主要是用燃烧器，在燃烧器的一旁另放置一根抽气管（普通鉄管），用以引出爐門內蒸汽，便于烘干。在烘烤时，爐前工需有丰富的經驗，一般是固定煤气量調节空气，火焰的顏色以白亮耀眼为佳。在开始点燃煤气时，不能一次将燃烧器伸进鉄口很多，必須在鉄口处等燃烧器的管头烧着，再伸

进鉄口內烘干。

在烤爐門的同时，应逐漸的向里边烤边搜，如果孔道內是較硬的泥，一次可以多挖些。如果是軟泥，則不可多挖，在我厂（石景山鋼鉄厂）是不超过 200 公厘。但在渣鉄鍋未对好之前，或爐前鑄床未打好之前，爐門必須保留一段可靠的深度，在我厂中型高爐上规定为 500—700 公厘（小型高爐可在 300 公厘左右），直到出鉄准备工作就緒，再向內烤搜，最后打开出鉄口，流鉄孔道應該很好的被烘干。否則当潮湿的堵口泥，接触鉄水时，可能一瞬間在出鉄口孔道中生成大量的蒸汽，而将泥套炸掉。

如果临近出鉄時間，爐門內仍有湿泥，根据我厂的經驗，首先用 $\frac{1}{4}$ " 鉄棍探測湿泥的多少，用蕨花鑽取出，然后插入燙爐門的紅鉄棍或烤爐門的燃烧器，进行烘烤，直到烤干为止。

使用紅鉄棍时，一般都在爐門內有較軟的泥才用，因为較軟的湿泥，用蕨花鑽不易取出，也易把鉄口鑽透，因此用紅鉄棍插入，按湿泥深度挤开一洞烤干。但要在这里說明，我們虽然在这里介紹了这个方法，其目的不是使它广泛的推行，而且非特殊情况下不得采用。如果鉄口內有較硬的湿泥时，宜用蕨花鑽取出，用燃烧器烘烤，在这种情况下，不得使用紅鉄棍去頂，以防将泥包頂坏。

在进行上述工作的时候，應該記住，在蕨花鑽或紅鉄棍上，用粉笔画上白記，表示爐門的深度（根据探爐門深度为准），在向爐內鑽入或打入时，白記不得超过碼杆，以防将爐門鑽透，鉄花噴出而燙伤工作人員。

第二節 磚套泥套的修理

磚套 在爐門處嵌在鐵框內，系用耐火磚制作。它的作用是保護鐵框避免燒損，並保護泥套的堅固使用。磚套需要定期的進行更換（在我廠是兩周），或是在停風時間更換。在更換前一定要有備好成型的磚套，以縮短更換時間便於烤爐門工作的進行。當旧的磚套拆除後，爐前技師與高爐工長要親自檢查鐵口周圍的磚牆及冷卻情況，檢查的要點是：

1. 是否有漏水現象；
2. 是否有紅點；
3. 是否有跑煤氣的縫隙；
4. 是否有渣鐵細流。

如果發現有以上情況，技師與工長應及時處理，千萬不可大意。有的高爐經常穩定，常會引起爐前工作人員不夠重視，因此須提醒大家，以免造成意外的惡果。

泥套 是位於磚套之內的一種耐火粘土填充物，它也是為了保護出鐵口的金屬結構使不與鐵水接觸。泥套中開有一個洞，堵塞出鐵口時，泥炮的炮咀就伸進這個洞中，泥套需經常保持這種情況，以使泥炮咀能正確地安置在泥套上，並使炮咀壓出的泥按照正確的方向進入出鐵口。

每個泥套使用時間的長短，決定於用來做泥套的粘土的質量，一般約2—3天，有的工廠每天換一次泥套，旧的泥套系用鉗子來拆除，讓磚套露出，其深度依高爐大小而定，如果過深，泥炮與鐵口接觸不緊，會發生跑泥；如果過淺，起不到接觸保護作用，也易跑泥，在泥套拆除後，將殘渣殘鐵清理干淨，然後檢查爐門有無紅點及渣鐵細流，磚套是否有損壞與漏水，如漏水要檢查水源並採取措施消滅之。

經過清理後，挖空的空穴中，打入少量的水噴濕，填入半

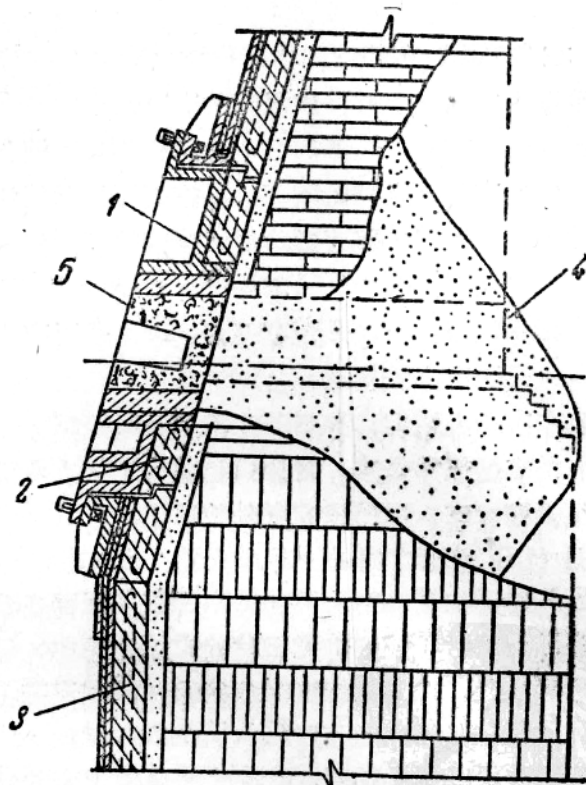


图 2 泥套构造

1—出铁口铁框；2—可拆换的冷却器；3—爐底冷却壁；
4—泥炮打入的泥；5—泥套

干粘土分层捋紧，直到与铁框外缘相平为止。然后在新堵的粘土上按爐門位置挖洞，用泥炮咀对准后再用鍬子修理洞的大小，做完后，用劈柴或煤气仔细地烘干。

第三節 出鉄口の堵塞

堵鉄口的目的不只是將出鉄口の孔道堵塞，而且要經由鉄口送進足夠的耐火泥，使能復蓋爐缸內出鉄口附近被破壞的爐衬。這個區域在出鉄時經常受到爐渣及鉄水的侵蝕作用，故堵出鉄口時堵泥被壓進以後，應能分布于出鉄口里面周圍的爐缸內壁上，而不應成為一個泥柱進到爐子中心去。

為了預防可能發生的危險，並保持出鉄口適當的深度，高爐爐前工需要嚴格遵守由長期經驗所得出的堵塞出鉄口的操作規程。正確地堵出鉄口是與很多因素有關的，其中主要的有：

1. 爐缸中鉄水面的位置，考慮渣鉄是否出淨。
2. 堵出鉄口前流鉄孔道的狀況，爐門深度的縮短和擴大，眼孔的大小，是否有焦塊堵在孔道里等。
3. 出鉄口泥套特別是放泥炮咀的泥套窩的狀況。
4. 爐溫冷熱與爐渣成份的情況。
5. 風壓及由此產生的堵出鉄口時爐缸中的煤氣壓力。
6. 堵泥的質量。

很好的估計到這些因素，以便決定打泥量與堵口操作的注意問題，使能正確地完成堵鉄口的全部作業。

堵泥的質量，堵鉄口使用的機械設備及其操作方法，將在其他部份詳細的敘述。

堵鉄口最恰當的時間，是當鉄水與爐渣出淨之後，煤氣開始從爐中大量吹出，從出鉄口噴出的火星達到爐前小坑的時候。非特殊情況下不應過吹。

堵口時應該在全風量下進行，因為只有在此種情況下，

爐缸中才具有足够的压力，且当渣鉄出淨，出鉄口前面仅存有焦炭，这便迫使堵泥分布到爐牆上去形成泥包。只有在极少的情況下，如泥炮有严重的毛病，鉄流过猛或爐前发生事故的时候，才能減压堵口。

在使用泥炮的高爐上，堵口前先試驗抱夾，防止抱夾脫落，并检查汽压是否足够。堵口时先轉动炮身，轉过之后即时落下抱夾，使炮咀伸入泥套中，然后迅速打入第一枪泥，这时爐前工在泥炮兩側挡好鉄板和草包，繼續打泥。打泥时手不能离开搬把，并在此时迅速地使递泥蛋，不能使打泥操作間断，直到打够足够数量的堵泥为止。当爐門正常时，打泥速度勿須过猛，应使泥均匀的送入爐中，以便很好的形成泥包，如果打泥費劲，即应設法多打入一些。如果确实打不进泥，絕對不能勉强，須拉回泥炮，用 $\frac{1}{4}$ " 鉄棍量泥厚度，如爐門过薄（小于1公尺），則須重新开眼，出鉄另堵。

第三章 爐前机械及使用工具

在大、中、小型的高爐上，爐前設備各不相同。这里仅着重对堵口机械方面的簡單設備加以介紹。

第一節 最簡單的泥枪

泥枪由一个直径为100 ~ 200公厘的鉄管子做成，鉄管吊在鉄口旁边的一個可旋轉的支架上，鉄管內有一个堵耙形状的活塞，堵口泥装在活塞的前端。

堵口时，將鉄管对准出鉄口，爐前工用鉄錘打活塞后边的支杆，將泥挤进鉄口，封住鉄水。