

GAO LU QI ZHU

The illustration depicts a section of a brick furnace. The top part is a curved archway made of grey bricks. Below the arch is a large, smooth, light green surface. On the left, a black crane hook is suspended from above, resting on a brick ledge. A black wheel with spokes is attached to the side of the brick structure. The title '高炉砌筑' is written in large, bold, orange-red characters across the middle of the brick arch.

高炉砌筑



冶金工业出版社

# 高 炉 砌 筑

《高炉砌筑》编写组

冶金工业出版社

## 高 炉 砌 筑

《高炉砌筑》编写组

\*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787×1092 1/32 印张 9 5/8 字数 209 千字

1977年4月第一版 1977年4月第一次印刷

印数 00,001~6,600 册

统一书号：15062·3247 定价（科三）0.77 元

## 前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国钢铁工业正在蓬勃地向前发展，不断取得新的成就。

随着钢铁生产的发展，高炉的建设和检修任务日益繁重。高炉及其附属设备内衬的砌筑，是高炉修建工作的主要内容。改进高炉砌筑技术，多快好省地完成高炉砌筑任务，是实现高炉高产长寿的重要条件。

解放后二十多年来，我国从事炼铁生产、建设、科研工作的广大工人、干部和技术人员，在党的领导下，以路线斗争为纲，自力更生，奋发图强，破除迷信，解放思想，使我国高炉内衬从结构、材料到砌筑工艺不断革新。特别是无产阶级文化大革命以来，这方面的先进经验大批涌现。例如：高炉内衬的减薄，外燃式热风炉的采用，耐火混凝土和冷炭捣内衬的发展，磷酸盐泥浆的研究和推广，筑炉施工机械化程度的提高，等等。这些新技术、新工艺、新结构、新材料的采用，大大提高了高炉砌筑水平，改善了内衬质量，缩短了修建工期。

我们遵照伟大领袖毛主席关于“**人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进**”的教导，为适应各地高炉建设和检修任务的需要，在武汉钢铁公司、第一冶金建设公司等单位的大力支持下，由武钢炼铁厂、鄂城钢铁厂、武汉钢铁学院、一冶筑炉公司和冶金建筑研究所组成了“三结合”《高炉砌筑》编写组，对我国一些高炉内衬结构、材料和砌筑工艺等方面的革新经验，以及有关技术资

料进行了搜集和整理，编写成《高炉砌筑》一书。编写工作遵循大中小并举、土洋并举的两条腿走路的方针，除大型高炉外，本书中也努力反映了中小型高炉的砌筑经验。

本书以供给高炉砌筑、生产工人和技术人员阅读为主，对有关的设计、科研和教学人员，以及其他工业炉专业人员，也有一定参考价值。

在本书编写过程中，得到了许多单位的领导、工人和技术人员的热情支持和大力协助，在此表示感谢。

由于我们的水平有限，书中可能会有不少缺点和错误，欢迎广大读者批评指正。

《高炉砌筑》编写组

1974年

# 毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

# 目 录

## 前言

第一章 高炉生产概述	1
第一节 高炉冶炼过程	1
第二节 高炉及其附属设备	3
一、高炉 二、热风炉 三、其他附属设备	
第三节 高炉冶炼的主要技术经济指标	8
第二章 高炉内衬结构	10
第一节 高炉内型	10
第二节 高炉内衬结构	12
一、炉底与炉缸 二、炉腹 三、炉腰与炉身	
四、炉喉钢砖与炉顶保护衬	
第三节 高炉内衬的破损	22
一、炉底与炉缸 二、炉腹、炉腰与炉身 三、炉喉	
第三章 热风炉内衬结构	31
第一节 管式热风炉	31
一、炉墙与拱顶 二、换热管 三、烧嘴	
第二节 考贝式热风炉	35
一、燃烧室 二、蓄热室 三、拱顶	
第三节 考贝式热风炉的内衬破损	43
第四节 外燃式与顶燃式热风炉	50
一、外燃式热风炉 二、顶燃式热风炉	
第四章 炉衬耐火材料	59
第一节 粘土砖与高铝砖	59
一、粘土砖与高铝砖的主要性能 二、高炉用耐火砖	

	三、热风炉用耐火砖	
第二节	炭砖	72
第三节	耐火泥浆	79
第四节	磷酸盐泥浆	86
	一、主要技术性能 二、配制工艺要求 三、泥浆 实际使用情况	
第五节	填料、泥料和涂料	96
第五章	施工准备	101
第一节	施工平面布置	101
	一、平面布置的要求 二、仓库的面积与结构 三、泥浆站设置	
第二节	耐火砖加工	112
	一、砖加工厂的设置 二、磨砖方法与质量检查	
第三节	用磷酸盐泥浆砌筑高炉时的选砖	117
第四节	预砌筑	118
	一、炉底砖整体预砌筑 二、炭砖的预砌筑 三、格子砖的抽查与预砌筑	
第五节	作业设施与材料运输	129
	一、高炉与热风炉的作业设施 二、高炉与热风炉的 材料运输 三、炭砖砌筑的作业设施与材料运输 四、其他附属设备砌筑的作业设施与材料运输	
第六节	冬季施工	150
第六章	高炉砌砖	153
第一节	砌砖前的工作	153
	一、主要控制线的测设 二、铁屑填料的填充 三、炉壳与冷却壁间缝隙的灌浆 四、炉底 抹灰 五、炉底冷却管炭捣层的施工	



第二节	炉底砌筑	165
第三节	炉缸砌筑	174
第四节	炉腹与薄壁炉腰的砌筑	180
第五节	炉腰与炉身的砌筑	181
第六节	炉喉与炉顶的砌筑	181
第七节	炭砖砌筑	186
	一、满铺炭砖炉底的砌筑 二、混合炉底的砌筑	
	三、炉缸及炉缸以上部位炭砖的砌筑	
第八节	高炉检修	203
	一、停炉 二、炉衬拆除	
第七章	热风炉砌砖	207
第一节	砌砖前的工作	207
第二节	炉墙砌筑	208
第三节	炉顶砌筑	211
第四节	砖格子砌筑	214
	一、炉篦子的检查与验收 二、砖格子特点	
	三、砌筑方法	
第五节	外燃式热风炉砌筑	220
第六节	耐火砖支柱墙与炉篦的砌筑	223
第七节	热风炉检修	225
第八章	其他附属设备砌砖	227
第一节	热风管砌砖	227
第二节	煤气管道与除尘器砌砖	230
第三节	铁水罐砌砖	231
第四节	铁渣沟砌砖	233
第九章	炭素捣固炉衬	234
第一节	炭素捣固炉衬使用情况	234

第二节	原材料及配合比的选择	239
第三节	炭素捣固炉衬的施工	245
	一、施工准备 二、炭捣料的配制与捣固	
第四节	炭捣炉衬在高温下的变化	251
第五节	冷捣炭素炉衬	252
第十章	耐火混凝土炉衬	257
第一节	耐火混凝土炉衬使用情况	257
第二节	耐火混凝土品种的选用	258
第三节	耐火混凝土预制块的设计	262
第四节	耐火混凝土预制块的制作	267
	一、原材料的技术要求 二、模板维修 三、配料	
	四、搅拌 五、成型 六、养护与脱模	
第五节	耐火混凝土炉衬的施工	277
第十一章	施工安全	282
第一节	施工安全操作	283
第二节	防火、防爆、防尘与防毒	286
附录		
	一、高炉及其附属设备各部位砌体砖缝的厚度	288
	二、高炉及其附属设备的砌筑允许误差	289
	三、高炉与热风炉的烘炉	291

# 第一章 高炉生产概述

## 第一节 高炉冶炼过程

高炉是炼铁的主要设备，它具有产量大、生产率高和成本低的优点，这是其他炼铁方法所无法比拟的。

高炉冶炼过程包含着复杂的物理化学变化。炼铁原料从高炉炉顶加入后，经过预热、铁氧化物的分解和还原，焦炭的燃烧及造渣等过程而获得生铁。其生产工艺流程示于图1。高

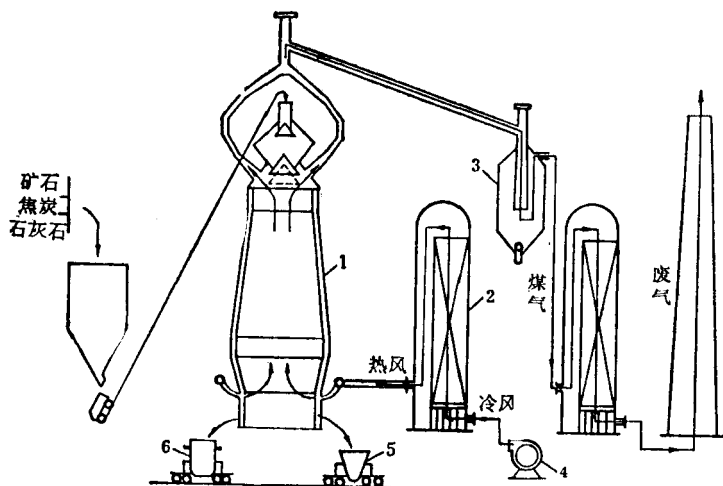


图 1 高炉生产工艺流程简图

- 1—高炉；2—热风炉；3—除尘器；4—鼓风机；5—渣罐；  
6—铁水罐

炉冶炼过程包括原料准备、鼓风加热、煤气清洗、冶炼过

程控制以及冶炼产品处理等环节。由于高炉冶炼是连续性生产，因此每一个环节的故障都将影响整个生产。

炼铁原料是高炉冶炼的基础，它包括含铁原料（天然矿石、烧结矿和球团矿等），焦炭和熔剂（石灰石和白云石等）。近年来，随着炼铁生产的发展，由于贫矿的利用和大量粉矿需要处理，烧结矿和球团矿得到普遍采用，其品位（即含铁量）和碱度不断提高。焦炭在高炉内既作发热剂又作还原剂，还起着疏松料层改善透气性的作用。由于焦炭消耗占生铁成本一半以上，所以降低焦炭消耗是降低成本的重要途径。为此多采取提高热风温度和喷吹燃料等措施，后者是从风口（也有从炉腹及炉腰处喷吹的）处吹进重油、煤粉、天然气等燃料。实践表明，喷吹燃料不仅节省了焦炭，而且能强化冶炼过程，改善生铁质量。我国喷入1公斤重油可取代1~1.4公斤焦炭，喷入1公斤煤粉可取代0.7~0.9公斤焦炭。加熔剂的目的是为了降低矿石和焦炭中非铁氧化物的熔点，使之成为炉渣，并与铁液分离开来。烧结矿的碱度提高以后，熔剂就可以少加甚至不加，这对改善高炉冶炼过程是很有利的。

提高鼓风温度是降低焦比、提高生铁质量的重要措施。鼓风带入的热量占高炉内总热量消耗的三分之一左右。根据国内经验，每提高风温 $100^{\circ}\text{C}$ 能降低焦比25~40公斤。目前我国考贝式热风炉的风温约为 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，最高达 $1257^{\circ}\text{C}$ 。采取一些措施后，风温可望达到 $1300^{\circ}\text{C}$ 以上。

高炉煤气中含有大量的一氧化碳 $\text{CO}$ 和少量甲烷 $\text{CH}_4$ ，其发热值约为 $900\sim 950$ 千卡/标米<sup>3</sup>，是一种很好的气体燃料。在钢铁厂里，高炉煤气除用来烧热风炉外，还可供炼焦、炼钢和轧钢等部门使用。因为煤气中的灰尘会污染被加热物

体，使热风炉内格子砖渣化，影响加热效果，所以煤气除尘也很重要。而煤气的除尘效果与高炉炉顶压力有关。提高炉顶压力对除尘有利，并且还还为高炉送风量增大创造了条件。一般认为，炉顶压力每提高0.1公斤/厘米<sup>2</sup>，能使高炉增产1.2~1.5%。我国某些高炉炉顶压力达到1.4~1.5公斤/厘米<sup>2</sup>，只用重力除尘器、洗涤塔、文氏管和脱水器除尘就使煤气中的含尘量降到20~30毫克/标米<sup>3</sup>以下。由煤气中清洗下来的煤气灰尘一般用来作烧结矿原料。

生铁是高炉冶炼的主要产品。生铁是由铁与炭、硅、锰等元素组成的合金，并含有少量的杂质硫和磷等。按其成分和用途的不同可分为铸造生铁（灰口铁）、炼钢生铁（白口铁）和特种生铁（铁合金）。各企业生产的生铁品种是根据国家需要、资源情况和炼钢方法而定。炉渣、煤气和煤气灰都是高炉冶炼的副产品。炉渣的化学成分主要是氧化硅 SiO<sub>2</sub>、氧化钙 CaO、氧化铝 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、氧化亚铁 FeO 等。炉渣主要用来制作水泥等建筑材料。

现代高炉的生产，从原料、鼓风到渣铁处理都已经机械化，并逐渐实行自动控制。

## 第二节 高炉及其附属设备

### 一、高 炉

现代高炉如图 2 所示。在混凝土基础上设有耐热混凝土基墩，以降低基础混凝土热负荷，并防止烧坏混凝土基础。炉体采用整体钢壳，可以保证耐火砌体稳定和防止煤气外漏。在高炉的四角设置四根大支柱，柱间连以横梁，以支持炉体各层操作平台，热风围管也吊挂在横梁上。随着炉容扩

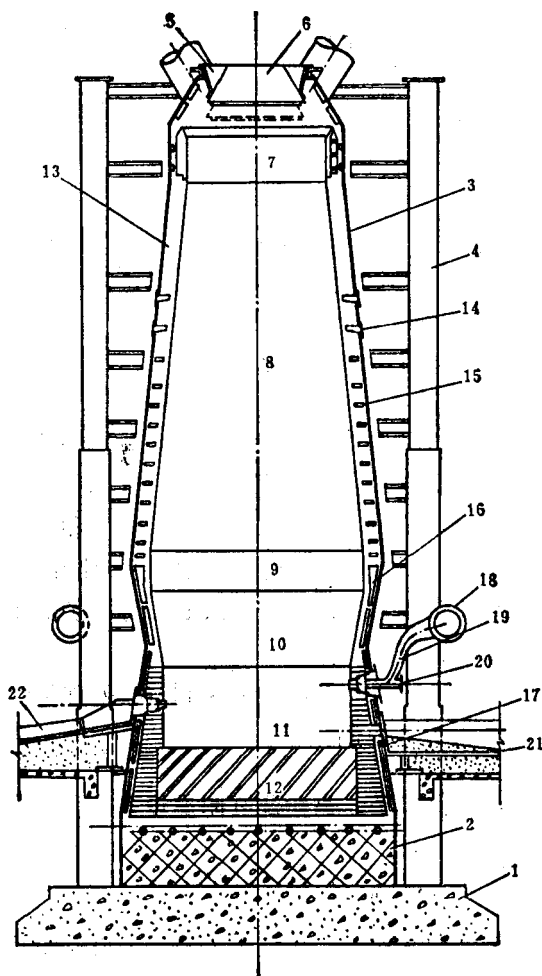


图 2 现代高炉

1—混凝土基础；2—耐热混凝土基墩；3—炉体钢壳；4—高炉支柱；5—料斗；6—料钟；7—炉喉；8—炉身；9—炉腰；10—炉腹；11—炉缸；12—炉底；13—炉衬；14—支架式冷却箱；15—冷却板；16—镶砖冷却壁；17—光面冷却壁；18—热风弯管；19—热风管；20—风口；21—铁沟；22—渣沟

大，风口数量增加，以及喷吹技术的应用，炉缸支柱显得妨碍炉前操作。一些高炉的生产实践证明，设有炉缸支柱的高炉在开炉后不久，支柱就和炉腰托圈离开。

炉顶上的料斗起临时贮存原料作用，当料钟上提而使料斗关闭时，就往料斗中装入炉料。当料钟下落时，炉料就从料钟上滚落到炉内。生产中热风从风口鼓入炉内，使焦炭等燃料在炉缸内燃烧。炽热的煤气由炉缸向炉顶上升的同时将炉料加热，并使炉料起反应而成为生铁和熔渣。在炉缸中，因渣和铁的比重不同，铁水汇聚在底下，熔渣浮在铁水上面，当汇聚到一定程度后分别从出铁口和出渣口放出。

## 二、热 风 炉

现代高炉多配用考贝式热风炉，其结构示于图3。一座高炉通常配三座热风炉，并共用一座烟囱。当一座热风炉送风时，另二座则在用煤气加热格子砖。加热时，煤气与助燃空气在燃烧室内燃烧，然后高温气体通过格孔通道把热量传给砖体，废气经烟道由烟囱排出。送风时，鼓风机送来的冷风通过炽热的格子通道而被加热，再由燃烧室的热风口进入热风管道。

这种热风炉的燃烧室与蓄热室共一炉壳，当长期处于 $1000^{\circ}\text{C}$ 以上的高风温操作时，由于燃烧室和蓄热室之间存在较大的温差和压差，促使燃烧室向蓄热室方向倒塌，造成蓄热室上部格子砖错乱和结构破坏。因此近年来发展起蓄热室和燃烧室分开的外燃式热风炉，还试验着顶部燃烧的热风炉。

热风管道，包括热风短管、直管和围管，其外壳都是用钢板焊接的，内部有砖衬作保温用。由热风围管分配到各风

口的热风弯管是铸造的，也有内衬保温。

### 三、其他附属设备

#### (一) 煤气管道和除尘器：

有些小高炉的煤气管从炉喉出来以后便导向除尘器，以缩短其长度。现代高炉的煤气管道和结构如图4所示。高炉煤气从炉顶上升管引出，可使炉内带出的矿粉和碎焦部分地沉降下来返回炉内。从上升管引出的煤气经下降管到除尘器进行第一次除尘。为避免煤气灰堵塞管道，下降管要有足够大的倾角，一般为 $41^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 。

煤气管道中一般只是上升管和下降管有内衬，某些高炉在除尘器和洗涤设备之间的管道中也有内衬。在上升管与炉顶连接处，以及煤气管道的一些叉口、转角处

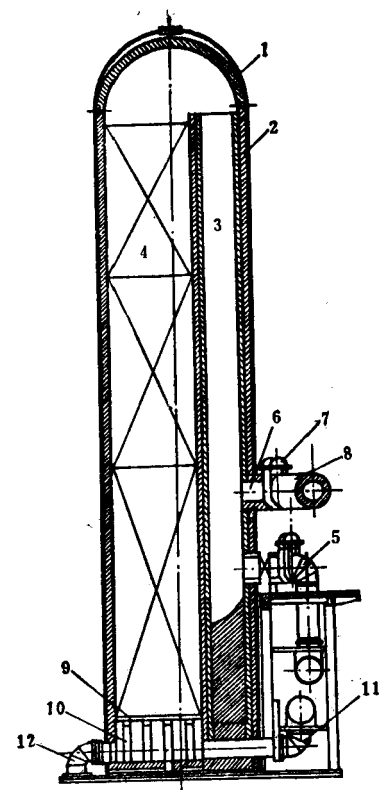


图3 考贝式热风炉

- 1—炉体钢壳；2—炉衬；3—燃烧室；4—蓄热室；5—煤气管道；6—热风口；7—热风阀；8—热风管；9—炉笼子；10—支柱；11—冷风管；12—烟道

多衬以铸钢衬板，直管部分则多砌115毫米的粘土砖，以防管壁被含尘煤气冲刷磨坏。

图4所示的除尘器是一种重力除尘器。至于其它形式的



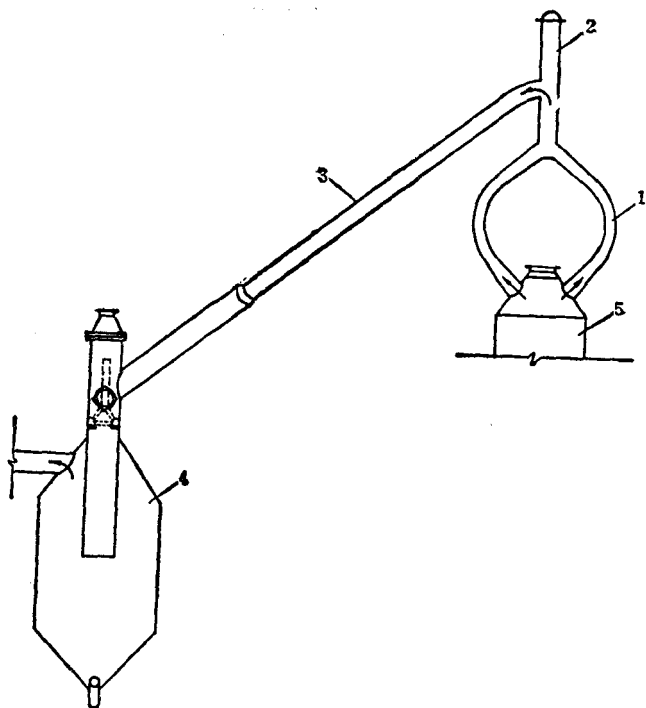


图 4 高炉煤气管道和除尘器

1—煤气上升管；2—煤气放散管；3—煤气下降管；4—除尘器；5—高炉炉壳

除尘设备，因无内衬，就不叙述了。煤气从除尘器上面的中心管进入，除尘后从顶部侧面排出。煤气在除尘器中由于体积突然胀大，流速降低；煤气中的灰尘借重力沉降下来。当灰尘聚积到一定程度后由底部排出。除尘器底锥部分和直筒部分的内衬厚度为 115 毫米，除用粘土砖外，还常用耐热混凝土浇筑。顶锥部分由于不便施工和内衬易于脱落，除个别高炉用衬板外，一般均不设内衬。