

焦 炉 调 火

冶 金 工 业 出 版 社

焦 炉 调 火

《焦炉调火》编写组

冶金工业出版社

焦 炉 调 火
《焦炉调火》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

850×1168 1/32 印张 7 字数 185 千字
1978年1月第一版 1978年1月第一次印刷
印数 00,001~5,450 册
统一书号: 15062·3326 定价(科二) 0.59 元

前 言

建国以来，在毛主席革命路线指引下，随着钢铁工业的发展，我国炼焦工业蓬勃发展，炼焦工人队伍迅速壮大。目前，大中小型焦炉系列已基本形成并遍及全国各地，对发展钢铁和其他工业作出了积极的贡献。

为了总结我国工人阶级在炼焦生产方面积累的丰富实践经验，进一步提高炼焦工人技术操作水平和满足培养新工人的需要，我们编写了《焦炉调火》一书。本书由鞍山焦化耐火材料设计研究院、鞍钢化工总厂、本钢第二焦化厂和武钢焦化厂组成三结合编写组共同编写。

在编写过程中，编写组的同志深入实际，调查研究，较系统地总结了我国广大炼焦工人的调火操作实践经验。全书共分十章，其内容包括“炼焦生产的基础知识”、“焦炉调火基本理论”和“焦炉调火操作（包括特殊操作）”三个部分。本书可供焦炉调火工人阅读，也可供焦炉技术人员、干部参考。

由于我们水平所限，书中缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

《焦炉调火》编写组

1977年4月

目 录

第一章 焦炉	1
第一节 焦炉用耐火材料的性质	1
第二节 现代焦炉分类	4
第三节 焦炉炉体各部位概述	5
第四节 大容积、58型与66型焦炉	11
第二章 焦炉加热设备	19
第一节 煤气设备	19
第二节 废气设备	23
第三节 换向设备	25
第三章 炼焦生产工艺	33
第一节 焦炭	33
第二节 炼焦化学产品	39
第三节 炼焦用煤	40
第四节 装煤与推焦	44
第四章 焦炉内气体流动与煤气燃烧	49
第一节 流体力学基本知识	51
第二节 煤气性质与燃烧	67
第三节 热工效率与耗热量	72
第五章 温度与压力制度的确定	81
第一节 焦炉各部温度制度的确定	81
第二节 焦炉各项压力制度的确定	86
第六章 各项温度和压力测量	91
第一节 各项温度的测量	91
第二节 各项压力的测量	97
第三节 废气分析	100
第四节 炭化室墙面荒煤气漏失量测定	102
第五节 笺号法测温	105

第六节	测量温度压力的常用仪表	107
第七章	用焦炉煤气加热时炉温的调节	112
第一节	焦炉总供热的调节	112
第二节	各燃烧室的供热	126
第三节	燃烧室各火道的供热	134
第四节	两分式小焦炉加热特点	142
第八章	用高炉煤气(包括混合煤气)加热的调节	151
第一节	用高炉煤气加热的特点	151
第二节	炉温的调节	152
第九章	焦炉高向及边界加热	174
第一节	焦炉高向加热	174
第二节	焦炉边界加热	188
第十章	特殊操作	202
第一节	焦炉强化生产	202
第二节	延长结焦时间和停产保温	206
第三节	焦炉停送煤气	213
第四节	加热换向设备的故障处理	216

第一章 焦 炉

第一节 焦炉用耐火材料的性质

耐火度在1580°C以上的耐火物称为耐火材料。耐火材料的品种很多，但是就其基本性能来看，没有一种在各种工业炉上都适用的。因此，不同的工业炉，也将根据它的操作条件和要求，选择与它相适应的耐火材料。即使是同一座工业炉，也常因炉体部位不同而分别使用几种耐火材料，以适应不同部位的工艺要求。

一、对焦炉砖的主要要求

1. 焦炉是连续生产的大型窑炉，投产后要连续生产几十年，因此要求耐火材料能长期在高温下操作而不改变其主要性能。

2. 耐高温，并能在正常生产条件下，适应焦炉温度周期性变化。

3. 炭化室部位的砖，应具有抵抗煤、焦灰分及荒煤气中各种焦化产品侵蚀的能力。

二、焦炉使用的主要耐火材料的性能

目前，焦炉上使用的主要耐火材料有硅砖、粘土砖、高铝砖等。

1. 硅砖 硅砖是由石英石（或硅石、石英砂）以石灰乳为结合剂配成砖料，用砖模成型、干燥后，在尽可能使石英转化为鳞石英和方石英的高温下烧成的。石英重结晶成鳞石英时，产生结构良好的结晶网，使硅砖具有其特点：

（1）荷重软化温度与耐火度相比，只低80°C左右；而且，它的溃裂温度，只比荷重软化温度高10~20°C。因此硅砖能在接近荷重软化温度的条件下，结构本身不发生变化，可使用的温度

较高。

(2) 荷重软化温度较高，一般在 $1620^{\circ}\text{C}\sim 1640^{\circ}\text{C}$ 以上。在焦炉上使用，燃烧室的温度可以提高；同时，硅砖具有较好的导热性能，导热率随温度的提高而增大。因此，使用硅砖能够提高炼焦炉的生产能力。

(3) 随温度的升高硅砖体积一直是膨胀的，没有残余收缩。所以在烘炉和生产过程中，能够比较好地保持焦炉砌体的严密性。

(4) 硅砖对盐类和焦化产品的侵蚀，具有较高的抵抗性能。因此，在炭化室部位使用硅砖，对于延长焦炉寿命是很有意义的。

(5) 硅砖在升温过程中，体积的大量膨胀是集中在 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 以前，再升温时，膨胀增量逐步减缓， 900°C 以后，体积变化更小；曲线趋向水平，达到适应在焦炉正常生产时，炉体变化处于比较稳定的温度区间。在这个区间内，硅砖的体积比较稳定。因而，它能长期用于砌筑焦炉，而尚未被其他耐火材料所代替。

(6) 硅砖的主要缺点，是在 900°C 以下的低温阶段，热稳定性差。一般做一到二次抗急冷急热试验，就碎裂掉其本身重量的20%以上。因此炭化室炉头部位如用硅砖，在长期生产过程中，砌体就很易碎裂破损。但在 900°C 以上的高温条件下，体积比较稳定，抵抗急冷急热的性能提高。如炭化室装煤前后，虽然温度变化会达 300°C 以上，但硅砖也不太易损坏。只有当温度的最低点波动到 900°C 以下时，由于硅砖在低温阶段经受不了温度变化的频繁冲击，砌体才易损坏。

由于硅砖具有上述优点，所以大、中型焦炉的炭化室（炉头除外）、斜道、蓄热室单、主墙（在小烟道部位必需有粘土衬砖保护）等主要部位一般都用硅砖砌筑。

硅砖的荷重软化点，是指砖在2公斤/厘米²压力下的软化温度。试验证明：当硅砖的荷重由2公斤/厘米²降低到0.5公斤/厘米²时，软化点仅提高 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

为提高焦炉的生产能力，在砌炉材质上，目前发展的方向主要是采用高密度硅砖，以提高操作温度和导热性，或在硅砖中加入一定量的金属氧化物，以提高其导热性能。从而达到缩短结焦时间，增加焦炉产量的目的。

2. 粘土砖 粘土砖是由软质粘土生料（做为结合剂）与熟料按一定配比混合成砖料，成型干燥后，在能使结合粘土完整烧结的温度下烧成。

粘土砖具有下列特性：

（1）热稳定性较好，即当受到温度急变冲击时，粘土砖具有较好的抵抗破坏的性能。普通粘土砖的冷热急变一般为10~20次，粗粒粘土砖可达25~100次。

（2）耐火度虽然很高，但荷重软化温度较低。这主要是由于砖体中大批无晶型物质存在的结果。它的软化始点温度，一般比耐火度低300°C以上，荷重软化点一般在1250~1400°C的范围内。蠕变温度范围很宽，在达到荷重软化温度的情况下，继续升温时，只发生形变，而不产生破坏其整个结构的溃裂。

（3）线膨胀曲线近似一条直线，在1000°C时的线膨胀率约为0.6~0.7%，约为硅砖的50%。在1200°C后，继续升温时，其体积又将由膨胀所达到的最大值开始收缩。粘土砖的残存收缩性能，将导致砌体灰缝的松裂，这对砌体是不利的。

（4）导热率随温度的升高而增大。在1000°C时约为1.1千卡/米·时·度，在1300°C时增大到1.38千卡/米·时·度。比硅砖的导热率一般小15~20%。

粘土砖在大、中型焦炉上，一般用作炉顶砌砖、小烟道衬砖、蓄热室花格子砖等；在中、小型焦炉上，也常用作蓄热室砌砖（66型及70型）或全炉砌筑（红旗三号）。几年来的实践证明：当炭化室使用粘土砖时，立火道的标准温度，最好控制在1050°C或1100°C以下，否则将加速焦炉的损坏。

3. 高铝砖 粘土砖中的 Al_2O_3 含量在48%以上时称高铝砖。普通高铝砖按其中 Al_2O_3 含量的高低，又分为一、二、三等

三级。高铝砖的主要矿物组成为高铝矾土。高铝砖的烧成温度较高，约为 1500°C 左右。

高铝砖的耐火度（ $1750\sim 1790^{\circ}\text{C}$ ）及荷重软化温度（ $1420\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ）均比粘土砖高，质密，抗渣、抗磨性较好。同时，随着 Al_2O_3 含量增加这些性能也提高。但高铝砖的热稳定性比粘土砖低。

近几年来，大型焦炉直缝外的炉头，已开始采用高铝砖砌筑。因为炭化室炉头的操作条件较差，高铝砖的抗渣、抗磨、冷热急变的性能较好，就这些性能而言，它是优于硅砖的。

第二节 现代焦炉分类

现代焦炉一般按加热火道的组合型式、使用煤气的种类及引入方式等特点进行分类。在实践中一般焦炉是综合上述两个特点来区分的，如58型焦炉称为双联下喷复热式焦炉；66型焦炉称为两分侧入式焦炉。

另外，按蓄热室型式可分为横蓄热室和纵蓄热室焦炉。所谓横蓄热室即其长向与炉幅垂直而与燃烧室平行。现代大型焦炉都属于横蓄热室。

一、按加热火道组合特点分类

焦炉大致有两分火道式、双联火道式和上跨式等。

两分式 燃烧室的火道按机、焦侧分成两部分，一侧是上升气流，另一侧是下降气流。在立火道顶有一水平焰道相联。见图1-1a。

双联式 燃烧室中每相邻火道联成一对，一个是上升气流，另一个是下降气流。见图1-1b。

上跨式 炭化室两边燃烧室，一边燃烧室是上升气流，另一边是下降气流。两个燃烧室是以跨过炭化室顶部的焰道相联通的。见图1-1c。

二、按加热方法分类

从炉体结构上只能用一种煤气加热的称单热式。它又可分为

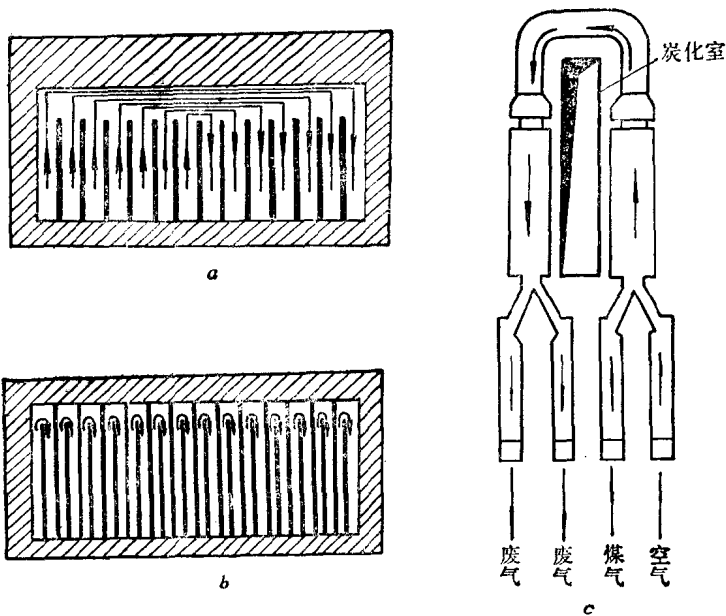


图 1—1 燃烧室火道示意图
 a—一分式；b—双联式；c—上跨式

焦炉煤气单热式和高炉煤气单热式。可用两种煤气加热的称为复热式。

三、按焦炉煤气供给的方法分类

侧入式即焦炉煤气由焦炉两侧水平砖煤气道进入火道。下喷式是焦炉煤气由炉下经垂直砖煤气道进入火道。所以下喷式焦炉都有地下室，安放加热煤气管道。

焦炉结构分类便于认识焦炉，而且不同型式的焦炉其调火方法亦有所差异。

第三节 焦炉炉体各部位概述

现代焦炉主要由炭化室、燃烧室、斜道、蓄热室及炉顶等部位所组成。

一、炭化室

炭化室是将煤炼成焦炭的部位。在炭化室的两端有炉门。炭化室的容积、宽度与孔数对焦炉生产能力，单位产品的投资及机械设备的利用率等均有重大影响。

现代大型焦炉的炭化室长度，一般在14米左右，大容积焦炉有的长达16米以上，炭化室全长减去两端炉门衬砖伸入炭化室的长度称为炭化室有效长度。

炭化室越宽容积越大，但因煤的传热差，结焦时间需要延长；当炭化室窄时，传热快，结焦时间短，焦炭粒度均匀，但由于装煤量减少，相对操作时间需要增加，而且得到的焦炭块度小。现代焦炉炭化室的平均宽度一般在400~500毫米。

为了推焦顺利，一般焦侧宽度大于机侧，这种差值叫做锥度。大型焦炉的锥度为50毫米，小型焦炉的锥度为20毫米，大容积焦炉的锥度为70毫米。

炭化室高度增加，容积增大，装煤量增多。因此，在采取适当措施解决了高向加热的均匀性后，增加炭化室高度是提高焦炉生产能力和焦炉劳动生产率较为有效的方法。

二、燃烧室

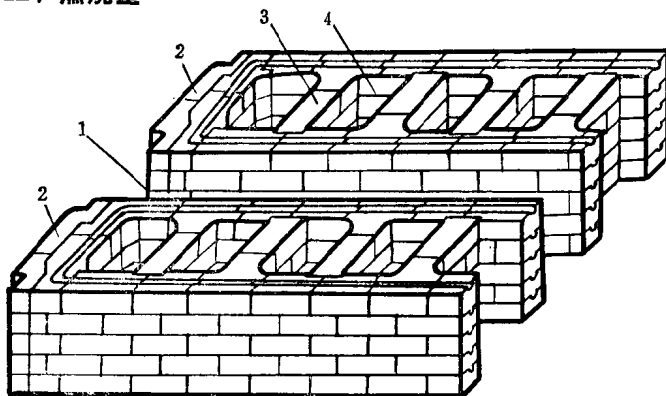


图 1—2 燃烧室

1—炭化室；2—炉头；3—隔墙；4—立火道

燃烧室位于炭化室两侧，煤气和空气在这里混合燃烧加热炭化室，见图1—2。燃烧室是焦炉温度最高区域，并在推焦时受机械撞击，故一般选用荷重软化点高，导热性好的硅砖砌筑。

每座焦炉的燃烧室数比炭化室数多一个。燃烧室长度与炭化室相同。燃烧室顶面标高低于炭化室顶面。两者高度差称为加热

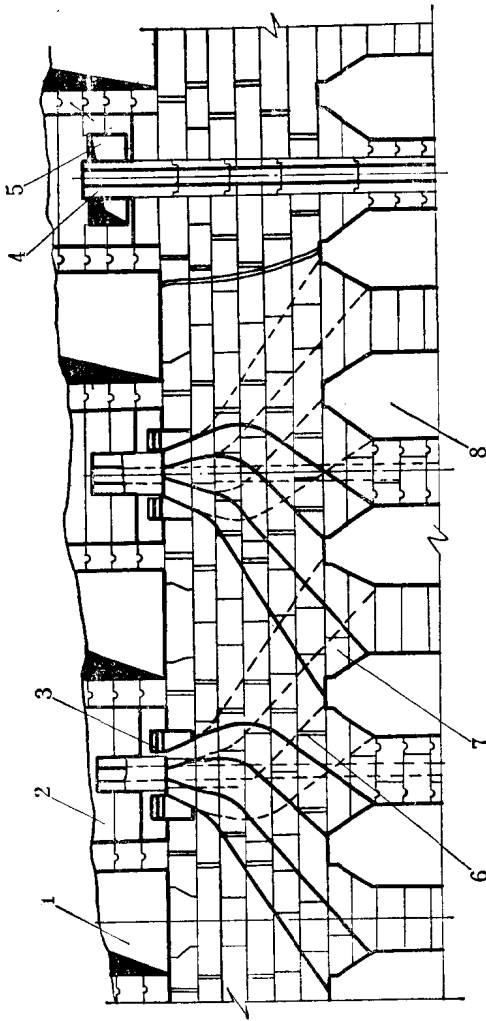


图 1—3 斜道区

1—炭化室；2—立火道；3—调节砖；4—砖煤气道；
5—废气循环孔；6—膨胀缝；7—斜道；8—蓄热室

水平，其目的是为了在上部与下部焦炭同时成熟的条件下，保持适当的炭化室顶部空间温度。

燃烧室由若干火道组成，以便于控制从机侧到焦侧的温度分布。同时，相邻火道间的隔墙也起着增加焦炉结构强度的作用。对于双联火道带废气循环的焦炉，每对火道的隔墙上部有跨越孔，下部有废气循环孔。循环孔是改善焦炉高向加热的措施之一。

两分式焦炉在立火道上部有一水平焰道，汇集各上升气流火道的废气，并排入各下降气流的火道中。

在每个火道内煤气与空气斜道口都装有调节砖。侧入式焦炉火道底装有烧嘴。下喷式焦炉有垂直砖煤气道口。

燃烧室砌体的炉头，由于温度变化剧烈，容易产生裂缝，剥落和变形。故炉头适宜用既耐急冷急热性好，又耐磨的耐火材料砌筑。

三、斜道区

斜道区位于炭化室及燃烧室下面，蓄热室上面，是焦炉加热系统的一个重要部位，结构复杂，温度也较高。见图1—3。

斜道区内燃烧室与蓄热室相联接的通道称为斜道。进入燃烧室的高炉煤气、空气及排出的废气均通过斜道。

煤气侧入式焦炉，在斜道区设有水平砖煤气管，并在蓄热室中心隔墙处按机、焦侧隔开。在水平砖煤气管上，相应于每个立火道处，各有一个垂直立管与立火道相通。下喷式焦炉的垂直砖煤气管通过斜道区把加热用的焦炉煤气导入各立火道内进行燃烧。

四、蓄热室

蓄热室位于斜道下部，通过斜道与燃烧室相通，是废气与空气（或煤气）进行热交换的部位。在蓄热室里装有格子砖，当由立火道下降的炽热废气经过蓄热室时，其热量大部分被格子砖吸收，每隔一定时间（20分钟或30分钟）进入冷空气或高炉煤气，格子砖又将热量传递给空气或高炉煤气。在焦炉整个时间内，蓄热室就是这样不断地进行热交换。使废气由1200°C左右经过蓄热

室降低到 400°C 以下，而经过蓄热室的上升气体（空气或高炉煤气）被预热到 1000°C 以上，这样可以回收废热并提高煤气与空气在立火道内燃烧温度，使焦炉热效率提高。一座没有蓄热室的废热式焦炉，大约要烧掉本身所发生焦炉煤气的80%左右；而带有蓄热室焦炉一般只烧掉本身所发生焦炉煤气的45%左右。

蓄热室是由小烟道、篦子砖、格子砖、隔墙、封墙等组成。

1. 小烟道 小烟道位于蓄热室的底部，是蓄热室联接废气盘的通道。小烟道内温度变化剧烈，波动幅度达 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。因此，在硅砖小烟道内衬以粘土砖，以保护硅砖砌体，见图1—4。

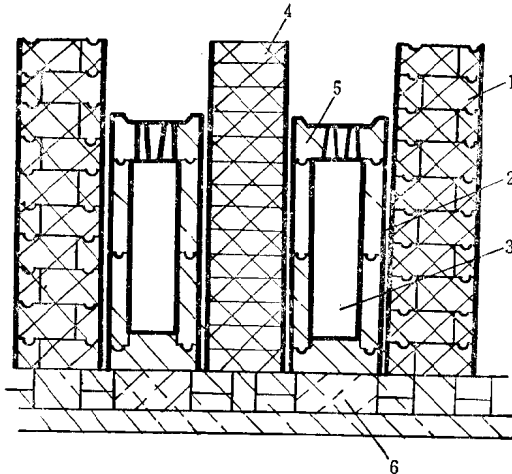


图 1—4 58型焦炉小烟道

- 1—蓄热室主墙；2—小烟道粘土衬砖；3—小烟道；
4—蓄热室单墙；5—篦子砖；6—断热砖

2. 篦子砖 其作用主要是通过篦子砖孔径的改变，使气流沿蓄热室长度方向，根据加热要求合理分配，篦子砖有圆孔型与方孔型篦子砖两种，我国自行设计的58型、66型及大容积焦炉均采用扩散式圆孔型篦子砖。

3. 格子砖 它是热交换的介质，由于气流冷热变化频繁而剧烈，因此均采用耐急冷急热性能较好的粘土耐火材料制作。

格子砖的砖型有条型和异型两种，异型砖具有阻力小，蓄热面积大，热工效率高，清扫方便，更换容易等优点；缺点是制造工艺复杂成本高。目前大中型焦炉基本上均采用异型砖。

异型砖有厚壁六孔格子砖和薄壁九孔格子砖两种。厚壁六孔格子砖壁厚21毫米，孔宽19毫米；薄壁九孔格子砖壁厚15毫米，孔宽15毫米，其蓄热面积比厚壁增加20%，当其他条件相同时废气温度比厚壁将降低40~50°C，炼焦耗热量减少约12千卡/公斤干煤。

4. 隔墙 中心隔墙处于蓄热室长向中间位置，将蓄热室按机、焦侧隔开；单墙是相邻蓄热室同向气流的隔墙；主墙是不同气流蓄热室的隔墙。主墙砖一般为异型砖砌筑，下喷式焦炉的砖煤气道在主墙内通过。

大中型焦炉的蓄热室墙，一般都用荷重软化点较高的硅砖砌筑，以便发挥硅砖焦炉的最大生产能力。

5. 封墙 它是封闭机焦侧两端蓄热室洞口的墙，因蓄热室内处于负压，封墙应当严密而隔热，如果不严密，外部冷空气就会吸入蓄热室，使端部格子砖温度降低，当用高炉煤气加热时，又使高炉煤气燃烧从而降低炉头温度。如果隔热不好，蓄热室的热量又会通过封墙往外散失，从而降低热工效率并恶化蓄热室走廊操作环境。

蓄热室封墙一般用粘土砖和绝热砖砌筑，封墙与蓄热室墙间设有膨胀缝。在封墙外面抹一层石棉和粘土灰混合的灰层，以减少散热损失。

五、炉顶

炼焦炉炭化室盖顶砖以上的部位称为炉顶区。在该区有装煤孔，上升管孔，看火孔，烘炉孔及烘炉道，拉条沟等。

烘炉孔只是在烘炉时使用，在焦炉即将投产以前，用涂有泥浆的塞子砖堵严。

炼焦煤一般都由装煤孔装入炭化室。只有捣固式焦炉是将预先捣制成的煤饼由机侧炉门口送入炭化室，其炉顶装煤孔只作为

辅助装煤用。装煤孔多时虽有利于装煤，但相应装煤车结构也就复杂，且炉顶散热增多。

双集气管焦炉每个炭化室有两个上升管孔，单集气管只有一个上升管孔。

焦炉炉顶一般都用粘土砖与绝热砖砌成。为了减少散热和改善炉顶操作条件，在炉顶区没有孔洞或不承受压力的部位，用绝热砖砌筑。炉顶表面应用耐磨性好的砖砌筑，一般采用粘土砖或过烧砖。

六、焦炉基础平台，烟道与烟囱

焦炉基础平台位于焦炉地基之上。在焦炉炉幅方向的两端部设有钢筋混凝土的抵抗墙，抵抗墙上留有纵拉条孔。焦炉砌在基础平台上，依靠抵抗墙及纵拉条紧固炉体。

烟道与烟囱虽不属于焦炉砌体的组成部分，但炉内燃烧产生的废气通过烟道由烟囱排出。

第四节 大容积、58型与66型焦炉

一九五八年，大跃进期间，遵照毛主席“独立自主、自力更生”和“两条腿走路”的方针，我国成功地设计了具有世界先进水平的大容积焦炉、58型焦炉以及符合发展地方中、小型企业的66型、70型、红旗三号等中、小型焦炉。这些焦炉现已遍及全国各地，形成了大、中、小型焦炉系列，为我国焦化工业的发展创造了有利条件。

我国目前使用的焦炉炉型较多，现将国内一些厂使用的主要炉型的特点与其主要尺寸列于表1—1。

一、58—Ⅱ型焦炉

58—Ⅱ型焦炉炭化室平均宽度有450毫米及407毫米两种，每座焦炉炭化室孔数分别为42孔及65孔。

该焦炉是双联火道，带废气循环，焦炉煤气下喷的复热式焦炉，见图1—5。在每个炭化室下面有一个煤气蓄热室和一个空气蓄热室。