

炼焦炉中气体的 流动和传热

A.A. 阿格罗斯金 著

高彬昇 胡熙明 译

冶金工业出版社

煉焦爐中气体的 流动和傳热

A.A.阿格罗斯金 著

高彬昇 胡熙明 譯

冶金工業出版社

本書系根据苏联科学院出版社 1949 年出版的 A. A. 阿格罗斯金所著「煉焦爐中气体的流动和傳热」一書譯出。

本書蒐集了作者多年来对煉焦爐进行有系統的研究和試驗所得的資料，並且作出了有关的理論和实际的計算。这些不仅可以作为設計和研究工作者的响导，也可以作为焦化工厂工程技术人員的指南。

本書是由高彬昇和胡熙明兩同志合譯的。譯稿曾經高彬昇同志作俄文校对，胡熙明同志作技术校閱，郝樹华同志作重点文字加工。

A. A. Агроскин

ДВИЖЕНИЕ ГАЗОВ И ТЕПЛООТДАЧА В КОКСОВЫХ ПЕЧАХ

АН СССР (Москва 1949 Ленинград)

煉焦爐中气体的流动和傳热

高彬昇 胡熙明 譯

編輯：華彬哲 設計：周 广、董熙菴 責任校对：趙鳳方

1958 年 3 月第一版

1958 年 3 月北京第一次印刷

精裝 500 册
平裝 700 册

850×1168·1/32·188,900 字·印張 11 $\frac{22}{32}$ 定价 (10)

精裝 2.70 元
平裝 2.20 元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0765

冶金工業出版社出版 (地址：北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

目 录

原序	4
前言	5
第一篇 煉焦爐中气体的流动	
第一章 煉焦爐加热系統中气体的流动	7
第二章 煉焦爐从压力方面的評定	20
第三章 加热系統中的压力制度和高爐灰的沉积	47
第四章 煉焦爐加热火道中气体的混合和燃燒	62
第五章 加热火道中的气体再循环	85
第六章 炭化室的压力制度	114
第二篇 气体透过煉焦爐砌体的漏失	
第七章 工業爐牆的透气率	145
第八章 荒煤气透过煉焦爐砌体漏失的确定方法	159
第九章 煉焦週期中炭化室牆附近煤气成份的变化	183
第十章 焦爐煤气透过砌体隙縫的漏失	193
第十一章 焦爐煤气損失与集气管压力的关系	206
第十二章 气体透过煉焦爐蓄热室牆的漏失	217
第十三章 作为砌体严密性准数的廢气成分	233
第十四章 气体透过砌体的漏失和煉焦爐的热平衡	247
第三篇 煉焦爐的傳热和加热制度	
第十五章 煉焦爐中的輻射傳热	251
第十六章 加热火道中的燃燒溫度	274
第十七章 煉焦爐的溫度制度	291
第十八章 焦爐煤气和高爐煤气的混合煤气在蓄热室中 預热时的分解	316
第十九章 煉焦爐的热工評價	331
第二十章 It 圖解在煉焦爐热工评价中的应用	344
第二十一章 用吸气热电偶測量热气体的实际溫度	359

原 序

本書作者所抱的目的，就是要把他在工業條件下所完成的有關煉焦爐熱工學方面的主要的研究工作搜集起來並加以綜合。

提請讀者注意，這本書並沒有包括題目內的所有問題，只是研究了有關煉焦爐熱工學方面的某些主要問題。這些問題對於像近代煉焦爐這樣複雜的熱工設備的設計和合理操作都是非常重要的。這些問題，在我們看來就是：加熱火道內氣體的流動；氣體透過砌磚縫隙的漏失；加熱系統內的傳熱；煉焦爐的熱工學評價；等等。

本書內所提出的數字並不是手冊性質的資料，主要是用來說明在工作中所產生的一些基本情況。作者力求在設計合理結構的煉焦爐和改善現有煉焦爐的熱量利用這兩方面能給研究人員、設計人員和生產工程師們指出某些方向。

在試驗工作中，曾有 B.A. 弗里德曼 工程師參加協助。第四章是和技术科学碩士 M. Я. 古別爾格里茨同志共同寫作的。著者對 E. Э. 利捷爾博士和 P. 3. 列耳涅爾工程師在閱讀初稿時所提出的寶貴意見表示深厚的謝意。

前 言

煉焦化学工業在我国国民經济中的重大作用是尽人皆知的，那就是要保証黑色冶金工業的工作和一系列对建筑事業和国防工業極為重要的化学工業部門的工作。要以这一目的为前提，則煉焦爐在理論計算和技术操作方面的落后現象就显得非常明显了，而这种落后現象在一定程度上势必要成为苏联煉焦化学工業發展的阻碍。

煉焦爐是一个極其复杂的現代热工設備。只要順便列举几个摆在煉焦工業技术操作面前的問題，就会很容易地看出：解决这些問題是相当困难的，有时甚至彼此發生矛盾。

在蓄热式煉焦爐的火道中，当焦爐煤气以正常过剩空气量燃燒时，就会形成較短和溫度較高的火焰，这样的火焰傳給裝爐煤下部的热量比傳給上部的要多得多。为了使焦餅底部和頂部的最大溫度差不超过 $50-60^{\circ}\text{C}$ ，就需要把火焰伸長到 4 公尺，而这是一个很复杂的热工学的問題。

按現代煉焦爐的結構，隔开炭化室和加热系統的爐牆，其厚度为 120 公厘，其表面积为 5000—7000 平方公尺。在这种情况下，即便压力差不大，也会使气体透过砌体隙縫而漏失。走上昇气流的蓄热室和走下降气流的蓄热室中間的隔牆表面积也很大，因此对它來說气体漏失的情况也同样存在。

炭化室沿其全長（13—14 公尺）应当均匀地被加热到 $1000-1100^{\circ}\text{C}$ 。这就需要在燃燒室的全長度上設有相当正确和相当准确的气体通路。要使煤气和空气在許許多多的加热火道中得到均匀的分佈，並使廢气从这些火道中能被均匀地导出，这也是一个很难解决的任务。

由于缺少長时期的煉焦化学工厂的設計經驗和生产經驗，使这些任务的完成变得更加困难。在沙俄时代根本就沒有跟原始〔低速〕旧式煉焦爐有根本区别的近代煉焦爐。在苏联直到 1928

年才有第一批現代煉焦爐投入生产（戈尔洛夫卡工厂）。

以上所述，是为了說明为什么直到現在关于煉焦爐热工学的理論和实践的一些根本問題还没有弄得十分清楚的原因，諸如：各种型式煉焦爐的科学比較和評价；炭化室和加热系統中的压力制度；火道中气流的实际溫度；用各种煤气加热时煉焦爐中的傳热；等等。正因为这些原因，所以关于創建苏联型式煉焦爐的問題解决得还是不够快的。到目前为止，几乎还没有提出过有关气体透过砌体隙縫漏失以及防止这种漏失的問題。煉焦爐和过去一样仍然依靠自然吸力进行生产，其生产能力常常受气候条件的限制。

本書就压力制度、漏气、加热制度和煉焦爐热工学評价等問題做了綜合研究。研究分析的对象仅仅是这些部分的中心問題。补充煉焦爐热工学理論这一广濶領域中的「空白点」，乃是今后研究的任务。

第一篇 煉焦爐中气体的流动

第一章

煉焦爐加热系統中气体的流动

理想气体和液体等量流动的基本方程式（以微分形式表示）为：

$$\frac{w dw}{g} + \frac{dp}{\gamma} = 0. \quad (1)$$

为了积分这一方程式，必須要知道重度 γ 和压力 p 的关系。当不可壓縮的流体呈等量流动时， γ 为常数，此时积分方程式（1），即得伯努利方程式。当可壓縮的气体呈等量流动时，在絕热过程或多变过程中，它的特性方程式可以写如下式：

$$\frac{p}{T_k} = \text{常数}. \quad (2)$$

在恒温过程中，可壓縮的气体的特性方程式为：

$$\frac{p}{\gamma} = \text{常数}. \quad (3)$$

对于在爐內流动的气体說来，上面这些特性方程式没有一个能够应用得上。在煉焦爐加热系統中，气体压力的变化范围仅仅是几十公厘水柱，这在实际上决不会改变它的重度。但是气体温度变化的范围却是非常之大——从零度到 1600°C ，这使气体重度的变化竟达五倍之多。

因此，从热力学的观点来看，在煉焦爐中流动的气流，可以把它看作是流体，这种流体的重度只受流体沿火道流动时温度改

昇高，而在 be 段中保持大致不变的溫度。当廢气在 de 段中下降时，其溫度变化很小。而在 $жз$ 段中由于蓄热室格子磚的冷却作用，廢气溫度驟然下降。最后在 $зу$ 段中已冷却的廢气，其溫度直到煙囪出口处大致保持不变。

在現代煉焦爐中，空气进入蓄热室小煙道的溫度为 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。煤气和空气經蓄热室預热到 $1000 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。

火焰在加热火道中的平均溫度为 $1500 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。廢气在下降垂直火道中的溫度，随其走近蓄热室的程度而降低：在蓄热室頂部的溫度为 $1300 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 。經蓄热室进入煙道的廢气溫度为 $270 \sim 350^{\circ}\text{C}$ 。

因为煉焦爐的加热制度对加热系統中的压力分佈所起的作用很大，所以使煉焦爐焙道中的溫度分佈系統化是很重要的。最好是把加热系統的上昇側和下降側各分为三个彼此有显著区别的区域：第一个区域是从蓄热室小煙道到格子磚的上部，在这里气流溫度的变化范围为 $40 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ；第二个区域是从蓄热室格子磚頂部到垂直火道底部，在这里气流的溫度保持不变，約为 1000°C ；第三个区域是从垂直火道底部到頂部，在这里气流的溫度可認為是大致不变的，約为 $1500 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。下降側也分成像这样的三区城，但其溫度分佈有些不同：第一区域的溫度变化范围为 $300 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ ；第二区域的溫度約为 1250°C ；而下降垂直火道中（第三区域）的溫度变化范围則为 $1300 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ ①。

在气体流动的整个途徑中，可能产生与压力損失分佈有关的急剧的压力波动，但每一次，当用于促成速度和克服阻力的压力損失完全为剩余压力所抵消时，則在气体流动途徑的相应区域中就要形成压力为零的区段。像这样的区段可以形成几个，这决定于压力損失的分佈。

通常在选择煙囪的高度时，要考虑到比計算所需的剩余压力

① 把加热系統的上昇側和下降側分为这样三个地区是由 A. A. 阿格罗斯金和 Г. С. 哈拉布查里在 1931 年《焦炭与化学》出版社出版的《Современные коксовые печи и теплотехника их отопления》一書中提出的。

更大的儲备能力，並且为了保持需要的通过能力，在經過加热系統到煙囪的气体流动途徑中还要造成一些人为的阻力。这些阻力通常存在于下列四处：煙囪前；煙道内（閘板）；从蓄热室弯管（Колено）进入煙道的廢气出口前（調節閥）；加热系統入口前（蓄热室弯管調節板）。这些阻力用来調節通过加热系統的气体流量。很明显，增減这些阻力不仅能够改变气体流量，而且也能改变加热系統中原有的压力分佈。

当增加煙囪前的附加阻力，而使加热系統入口前的剩余压力保持不变时，則單位時間內进入的气体量將減少到使全部阻力的和仍等于总的剩余压力。

在这种情况下，附加阻力將被整个气体流动途徑中减少的阻力所抵消。当减少加热系統中相应点上的阻力时，会使吸力减小，但煙道閘板处的附加吸力却忽上忽下地改变到原来的大小。

在廢气从蓄热室廢气瓣进入煙道的出口处可以增加附加阻力。在这种情况下，会使通过煉焦爐中的气体流量减少，並在加热系統的該段前产生正压，而从該段以后到煙囪处，还保持原来煙囪前的負压值。

当在加热系統入口处增加附加阻力时，正如以上所述的情况一样，將使單位時間內进入的气体流量减少，並增高加热系統中的吸力。

如果去掉这四个地方的阻力，則进入系統中的气体流量就要增加，而压力分佈曲綫就將折向相反的方向。

由此可見，去掉加热系統中任意一点的阻力，都会增加單位時間內进入爐中的气体流量。在这种情况下，在从加热系統入口到附加阻力点間的这一段中，压力分佈曲綫移向正压区；在从附加阻力点到煙囪的这一段中，压力分佈曲綫移向負压区。当增加阻力时，就会产生相反的现象：在第一段吸力增加；在第二段吸力减少，同时通过加热系統中的气体流量也要减少。

如果在加热系統中的某一点增加阻力，而在另一点同时去掉与前一点所加阻力相等的阻力时，則在从加热系統入口到出口这

段气体流动途径中阻力的总和仍旧相等，而单位时间内进入的气体流量依然不变，但在加热系统中压力分佈的特征却要产生变化。在增加阻力或去掉阻力的第一个阻力点以前的一段中，压力的分佈保持不变。在增加阻力和去掉阻力两点之间的一段中，当沿气体流动途径的第一个阻力点是去掉阻力时，这一段的压力就要增加；而当沿气体流动途径的第一点是增加阻力时，则这一段的压力就要减小。在沿气体流动途径的第二个阻力点以后的其余区段中，压力的分佈保持如前，因为在这一段的气体流量以及系统中相同点间的阻力比值依然与前相同。

上昇气流蓄热室弯管的閘板和下降气流蓄热室弯管的调节閘用以调节各个爐室加热系统中的气体流量和压力。焦机两侧的煙道閘板用以调节一座煉焦爐半个加热系统中的气体流量和压力。总煙道的閘板用以调节整个煉焦爐加热系统中的气体流量和压力。

改变上昇气流蓄热室弯管的调节板和下降气流蓄热室弯管的调节閘的开度，可以做到不改变单位时间内通过系统中的气体流量，而使爐中压力的分佈得到改变。

如上所述，当上昇气流途径中的阻力的总和等于該途径中减少的剩余压力时，則在上昇气流轉入下降气流的跨越焙道上产生零压。

当在蓄热室廢气瓣的空气入口增加阻力，而在下降侧的出口同时去掉等量的阻力时，就可以在不改变单位时间内通过加热系统中气体流量的条件下，而使压力的分佈曲线移向負压区。在这种情况下，跨越焙道上的零压轉为吸力。

当在該段中的阻力的总和保持如前，但减少上昇侧的阻力和增加下降侧的阻力时，則曲线將移入正压区；在跨越焙道上产生正压，两侧的压力逐漸下降到零压，而后轉为吸力。

由此可以得到以下关于煉焦爐的设计原則：所有上昇侧的焙道必須这样計算，使设计量气体流动途径中的压力損失，小于上昇气流的靜压力〔1〕。

利用这个原則，可以任意調節煙囪的吸力和上昇側調節板的開度，以達到加熱系統中所需要的壓力分佈。

我們已概括地了解了煉焦爐加熱系統中的氣體流動情況。下面再來研究一下關於氣流沿燃燒室全長均勻分佈的問題。為了更明顯起見，最好把加熱系統的上昇側和下降側用展開圖表示出來。

圖 2—6 和 8—10 表示在各種型式的煉焦爐中氣流沿燃燒室全長分佈的情況。

從這些圖中可以看出，在加熱系統的一定區段中都有氣流束（Пучек потока газа）存在。這是因為由煉焦爐的某一段引入空氣，而從另一段排出廢氣的緣故。每個燃燒室都有垂直火道，在其中分佈着空氣和高爐煤氣，或收集起來自上昇氣流垂直火道的廢氣。由此可見，每個煉焦爐室最低限度得有兩束氣流。這兩束氣流在圖上用 a 和 b 表示。

除這兩束氣流外，在 2—6 圖上還可以看到分佈在最熱區段中的氣流束。

水平集合焰道式煉焦爐中，氣流沿燃燒室全長的分佈以中部的氣流束表示（見圖 2）。如果沒有調節磚，就會使大部分的氣流都經過中部的垂直火道。多級供入空氣式煉焦爐的情況也是如此（見圖 3）。但由於在垂直火道下有小煙道，而小煙道中又出現一束氣流，因此使其情況更加惡化。

從考貝式（Коппе）縱蓄熱室煉焦爐加熱系統的展開圖中可以看出，氣流從小煙道轉入縱蓄熱室時集合在一起的壞處（見圖 4）。

研究了圖 3 和圖 4 之後，就可以着重指出煉焦爐中採用縱蓄熱室的缺點。這個缺點就是在每個燃燒室之下必須有一個集合焰道，而在集合焰道里就要產生一些附加的氣流束，由此便會引起不良的後果。

跨頂焰道式煉焦爐中附加的氣流束（見圖 5）是由於炭化室的上部存在有 6 個跨頂焰道而產生的。

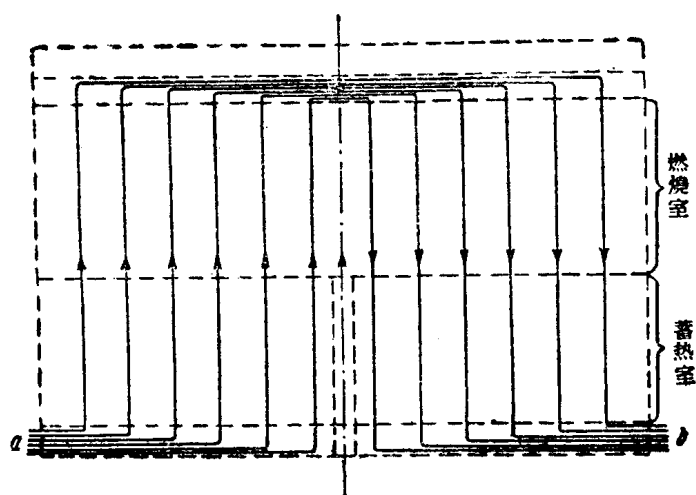


圖 2 水平集合焰道式煉焦爐中的气流途徑

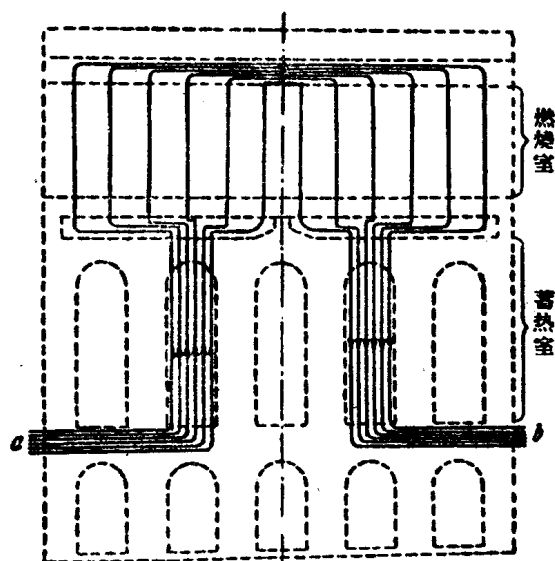


圖 3 多級供入空氣式煉焦爐中的气流途徑

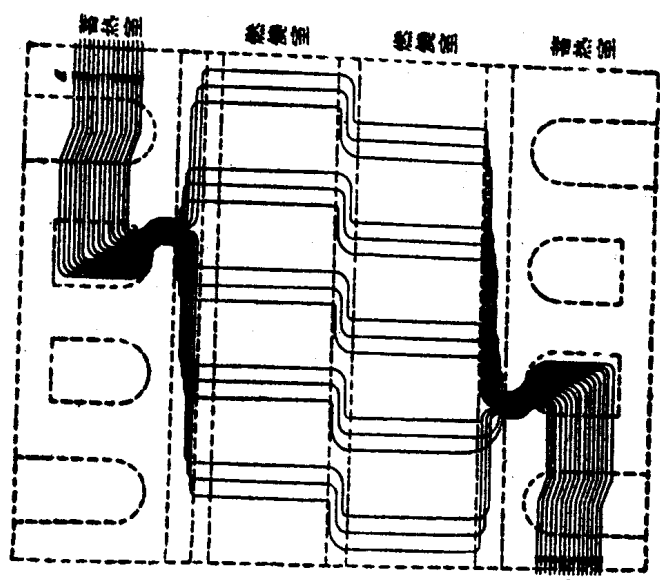


图 4 縱蓄热室式煉焦爐中的气流途径

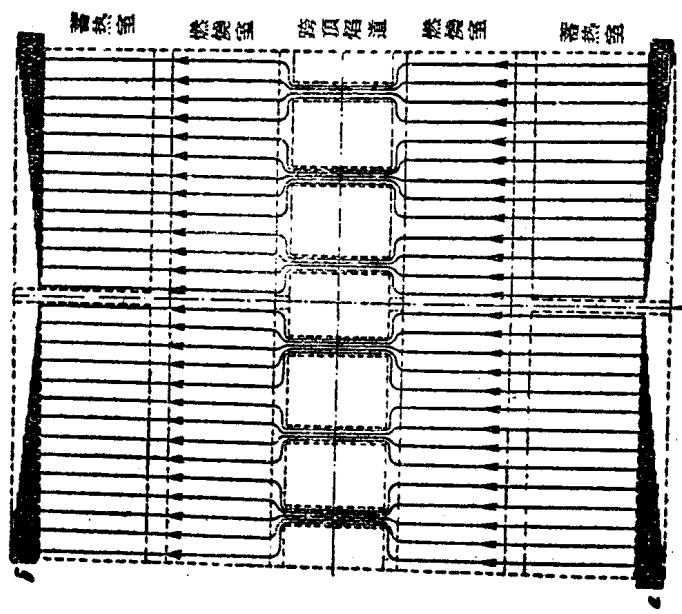


图 5 跨顶焰道式煉焦爐中的气流途径

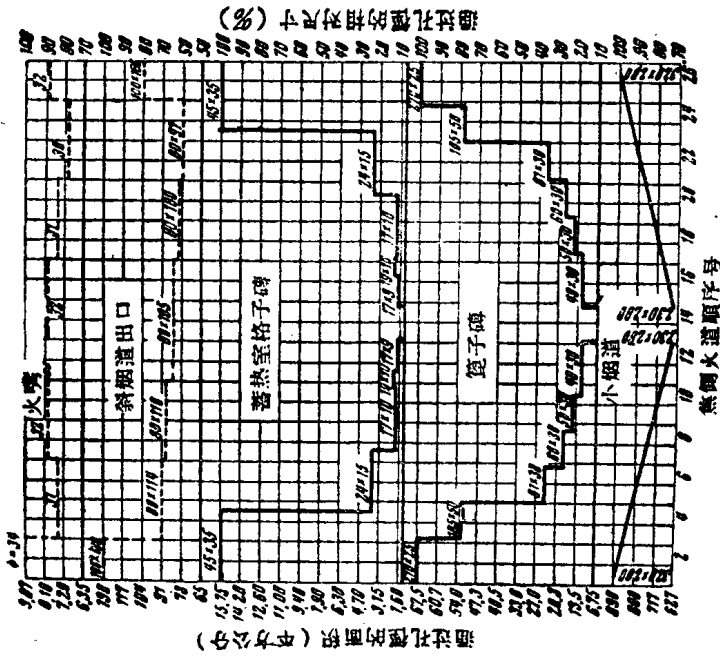


圖 7 加熱系統中附加阻力的圖解

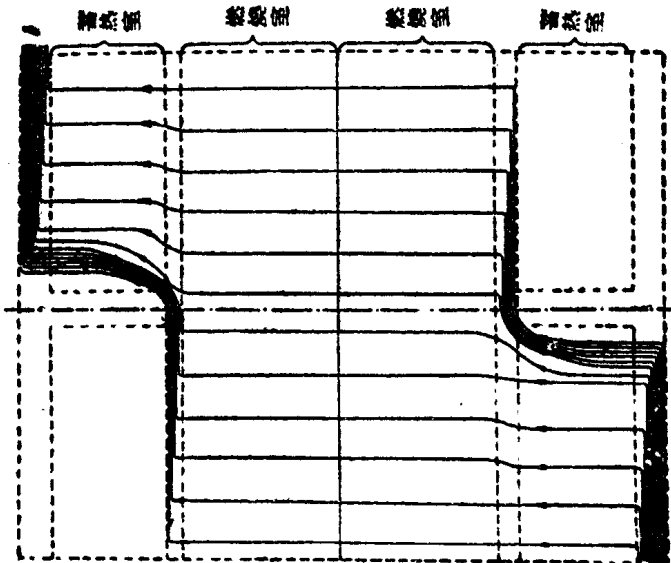


圖 6 廢氣再循環式煉焦爐中的氣流通徑

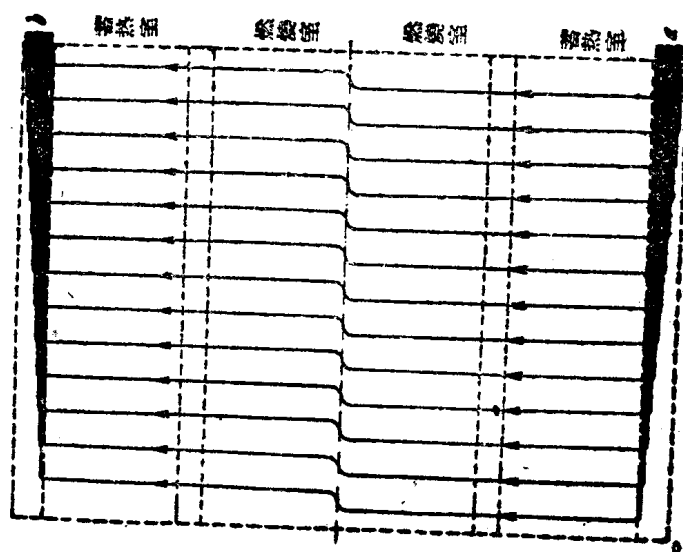


圖 9 下噴式煉焦爐中的气流途徑

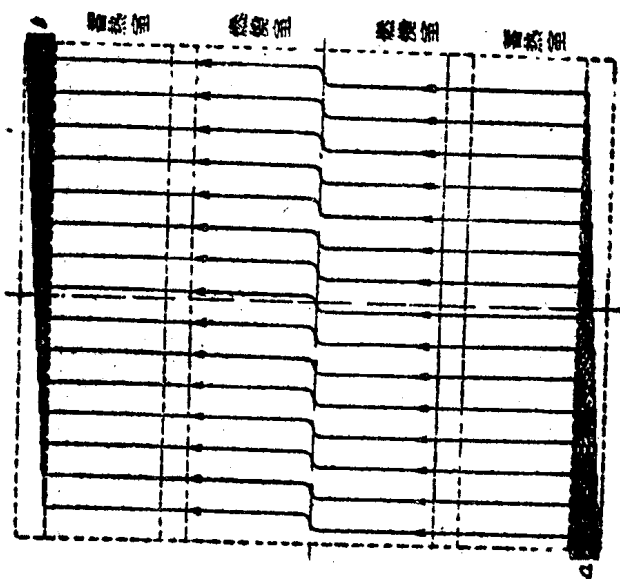


圖 8 双联垂直火道式煉焦爐中的气流途徑