

# 石油化工 管式加热炉

上海炼油厂

上海科学技术出版社

# 石油化工管式加热炉

上海炼油厂

上海科学技术出版社

**石油化工管式加热炉**

上海炼油厂

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.25 字数 136,000

1978年7月第1版 1978年7月第1次印刷

统一书号: 15119·1932 定价: 0.52 元

# 前 言

本书是在调查总结国内炼油厂和部分石油化工厂管式加热炉的设计、施工和操作经验的基础上,参考国内外资料编写而成的。内容主要介绍管式加热炉的工艺流程,操作原则和注意事项,结构和零部件的基本知识;管式加热炉的产生和发展史,提高热效率的几种途径和加热炉革新、挖潜、改造方面的动向。可供从事炼油和石油化工生产的工人同志、工程技术人员参考。

书中推荐了常用的和比较成熟的计算方法,编入了一些计算图表和操作数据。这些方法和数据只是在一定的条件下才适用,所以在使用时务必注意它的使用条件。

在编写过程中得到上海化工学院、上海石油化工总厂的大力支持和帮助,谨在此表示感谢。

由于我们的政治思想水平和业务能力不高,经验不足,因此,恳切希望读者对书中的谬误之处给以批评指正。

上海炼油厂

一九七七年十二月

33665

# 目 录

第一章 概论 .....	(1)
第一节 管式加热炉发展史 .....	(2)
第二节 几种常用炉型 .....	(8)
第三节 一些常用加热炉的比较和选用原则 .....	(21)
第二章 加热炉的工艺要求 .....	(25)
第一节 燃料的燃烧 .....	(26)
第二节 炉管表面热强度 .....	(34)
第三节 加热炉的热效率 .....	(39)
第四节 流速和炉管压力降 .....	(54)
第五节 传热的基本原理 .....	(61)
第三章 加热炉的操作 .....	(110)
第一节 烘炉 .....	(111)
第二节 加热炉的工艺流程和几种常用控制方案 .....	(114)
第三节 加热炉的开停工操作 .....	(120)
第四节 加热炉的正常操作 .....	(124)
第五节 加热炉的事故处理 .....	(134)
第六节 加热炉炉管的清扫 .....	(135)
第四章 加热炉的结构和零部件 .....	(143)
第一节 燃烧器 .....	(143)
第二节 炉管 .....	(162)
第三节 炉体 .....	(171)
第四节 烟囱 .....	(175)
第五章 加热炉的革新、挖潜、改造 .....	(179)
第一节 改革设备 .....	(179)
第二节 改革工艺 .....	(188)
第三节 改进控制系统 .....	(191)

# 第一章 概 论

炼油厂和石油化工厂的生产装置，一般都有提供热源的火力加热设备，里面安装由无缝钢管组成的一系列连串的管排。这种加热设备称为管式加热炉。

管式加热炉一般由对流室、辐射室和烟囱三大部分组成。在对流室和辐射室内敷设炉管，在烟囱内设有烟道挡板。在辐射室的底部、侧壁或上部，安装燃烧器。一个比较先进的加热炉还备有烟气的热回收系统和空气、燃料比控制系统等。

燃料(燃料油或燃料气)在炉内燃烧，油品或其他介质在炉管中以很高的速度流动。加热炉的作用就是为转化能量创造条件，将燃料燃烧放出的热量，首先传递到炉管的外表面，然后通过炉管的金属管壁传递给油品或其他介质。这样，油品或其他介质就被加热到工艺上所需要的温度，带足热量进入下一工艺设备，进行相变化，或进行裂解反应等工艺过程，以生产石油和化工产品。

一般加工深度较浅的炼油厂所用的燃料约占其加工能力的3~6%，中等深度者为4~8%，较深者为8~15%。一个装置的长周期安全运转、高处理量、高质量、高收率和低消耗，在很大程度上取决于加热炉。在一般的炼油厂装置中，加热炉约占其建设费用的10~15%，占设备制造费用的30%左右，在重整制氢和裂解等石油化工装置中占建设费用的25%左右。因此，管式加热炉是炼油厂和石油化工厂的主要设备之一，在生产和建设中都占有很重要的地位。

管式加热炉经历了一段发生、发展的过程。随着炼油和

石油化工技术的发展，对加热炉的要求不断提高。我们按照“独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国”的方针，必须不断地对现行的加热炉进行革新、挖潜、改造。也应采用一些新型的加热炉以适应工业生产发展的需要。

## 第一节 管式加热炉发展史

伟大的革命导师恩格斯指出：“科学的发生和发展，一开始就是由生产决定的。”（《自然辩证法》）原油的利用，最初以取得灯油为主。要从原油里分离出产品，就需要有提供热源的设备。那时生产规模不大，炼油工艺不十分成熟，所用设备都比较简单。加热设备为单独釜，釜上配有精馏柱，二者统称为蒸馏釜。

如图 1-1 所示，把原油加在釜中，在釜底加热，就可以把原油中各个沸点不同的馏分依次蒸出。蒸出的馏分经冷凝冷却后分别收集起来，得到汽油和灯油馏分，釜底留下较重的残

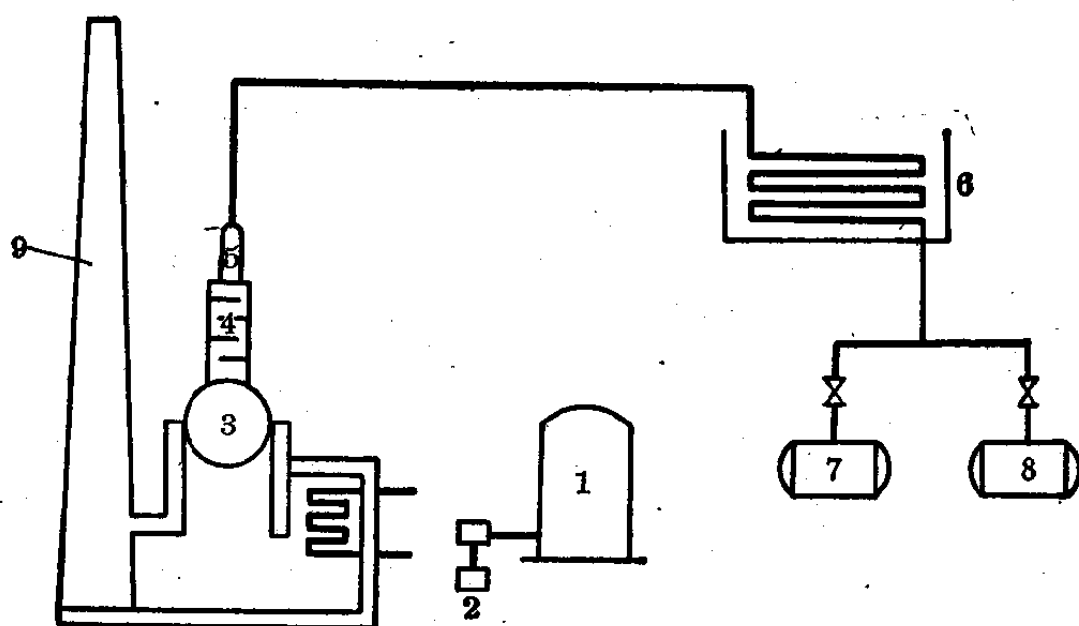


图 1-1 单独釜

1—燃料油罐；2—燃料油泵；3—单独釜；4—精馏柱；5—部分  
冷凝器；6—冷凝冷却器；7、8—成油罐；9—烟囱

余物。蒸完所需的产品后,冷却蒸馏釜,放出釜底残余物,重新加料,操作是间断进行的。为了适应生产发展的需要,提高原油处理量,就把几个以至许多单独釜串联起来操作,发展成连续釜。就单独釜来讲,操作是间断的;然而整个装置的生产是连续的。

时代在前进,生产在发展,后来连续釜也不能适应工业大生产的需要。所以在 1890 年以后,出现了炼油厂管式加热炉,这在炼油工业上是一个很大的突破。初期的管式加热炉尽管还有许多问题尚待解决,然而,它代表加热设备的发展方向。

这种初期的管式加热炉与蒸馏釜比较有如下一些优点:

(1) 因为蒸馏釜蒸馏的加热表面是釜底,管式加热炉的加热表面是炉管的表面。一个庞大的单独釜的传热面积,只要少数几根炉管便可取代。在传热面积相同的情况下,可节省钢材耗用量,占地面积小。

(2) 从炼油工艺角度来看,初期管式加热炉可以使渐次气化变为一次平衡气化,设备可以进行连续操作,能适应工业大生产的需要,可以实现仪表自动化控制,也比较安全,热效率比较高。

毛主席指出:“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。”

初期的管式加热炉(如图 1-2 所示的堆形管式炉),传热面是由一管束组成。炉管联结成排,若干管排架起成堆,组成管束。炉管与炉管之间的连接配件也置于炉膛里,最下一排炉管的表面热强度高达  $50,000 \sim 70,000$  千卡/米<sup>2</sup>·时,而最上一排炉管的表面热强度不超过  $800 \sim 1,000$  千卡/米<sup>2</sup>·时,



炉管受热的不均匀程度,显而易见。这样,最下一排炉管常常被烧坏,炉管的连接件也容易松漏,引起火灾。上层的炉管受热很少,炉子热效率并不高。炉中只有第一排炉管接受火焰和烟气的辐射热,燃料燃烧后生成的热量很少通过辐射方式

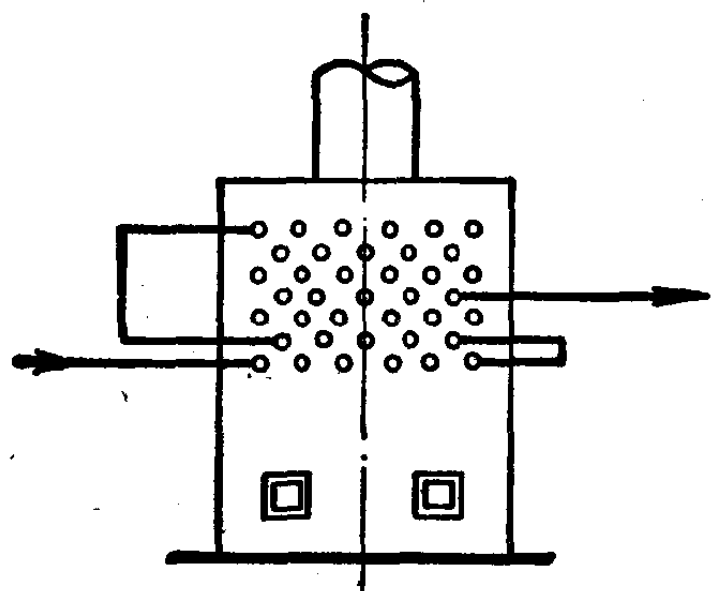


图 1-2 堆形管式炉

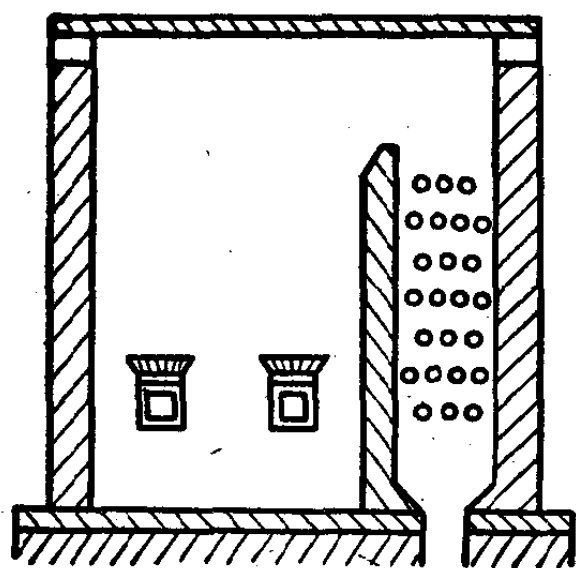


图 1-3 全对流式管式炉

传出,烟气的温度非常高。高温烟气扫过下层炉管,造成下层炉管热强度过高,也容易烧坏。

于是就出现了如图 1-3 所示的全对流的管式加热炉。

这种全对流式加热炉,只设对流管,当时的设想是:既然堆形炉的最下一层炉管直接受到火焰和高温烟气的辐射,炉管表面热强度很高,因此,用火墙把炉管同燃烧室隔开,那些炉管过热的问题就应该能够解决。然而,在生产实践过程中,又出现

了新的问题。因为,燃烧后高温烟气进入对流室之前,没有和一个吸热面进行热交换,烟气温度过高的问题,还是没有解决,头几排炉管仍有被烧坏的危险。为了降低火墙上的烟气

温度,起初采用大量增加过剩空气的办法,这样就降低了炉子的热效率,并引起炉管的表面氧化加剧。

为了降低高温烟气温度,又要防止炉管表面氧化,便采用大量的烟气循环。可是燃料耗用量过大的缺点仍未得到解决。

后来发现,可以根本不用提高过剩空气系数和采用大量的烟道气循环的办法来避免炉管烧毁,而用在燃烧室内安装辐射管取走部分热量的方法来降低烟气温度。这样不仅对对流室的上层炉管免于过热损坏,燃烧室内的炉管也因热源温度降低而热强度不致过高,所以比较安全。于是就出现了具有辐射室和对流室的方形炉。图1-5所示为方箱式加热炉。

从初期堆形炉的辐射管改为全对流式炉的对流管,再到方箱炉中辐射管的重新出现,不是简单的重复,而是进入了新的更高阶段。辐射室和对流室同时起作用,解决了上述的矛盾,使管式加热炉达到了一个新的水平。这种箱式炉是现代各种炉型的始祖。

在方箱炉中,对流室上层炉管被烧坏的问题解决了,但随着加热炉的发展,又出现了新的矛盾。由于它的形状,使部分炉管受热过多,炉管容易烧坏,限制了全部炉管表面热强度的提高,还有炉管的一些部位处于死角状态。

方箱炉的顶辐射管最早是垂直于火墙排列的,由于火墙上的温度高,辐射管容易烧坏,后来改为辐射管平行于火墙的排列方式,被烧坏的管子数就可以减少。但这种方法,并没有彻底解决火墙上炉管容易烧坏的矛盾,于是方箱炉就发展为斜顶炉。这种炉子,加大了靠近火墙的顶辐射管与火墙的距离,在一定程度上减少了接近火墙的辐射管与接近火嘴的辐

射管表面热强度的差值，减少了炉膛的死角。但与此同时，却加大了底辐射管与上两个位置处的辐射管表面热强度的差值。在操作失误时，常易发生底辐射管烧弯、烧坏的现象。因此，辐射管表面热强度的不均匀性，就成为管式加热炉改进的主要问题。斜顶炉的炉膛体积大、占地面积大、钢材耗用多，也有待改进。

为了缩小炉膛的体积，就要改变火嘴位置，以免造成局部过热，于是就出现了立式炉。

炉管表面热强度的不均匀性，危害性甚大，在表面热强度过高的地方，往往引起油品的分解，甚至结焦。为了降低钢材耗用量，总是希望提高炉管平均表面热强度，以减少炉管数量，但是炉管表面热强度的不均匀性，限制了平均热强度的进一步提高，问题很自然地集中到炉管受热不均匀这方面来。于是一系列的新炉型就出现了，圆筒形立式加热炉就是其中之一。这种加热炉把炉管排列成一个圆圈，垂直分布在炉壁的周围，整个炉子成一圆筒形，沿炉管的圆周方向的受热比较均匀。这种炉子的炉膛体积小，占地面积小，制作方便，是现代炼油厂和石油化工厂广泛采用的炉型之一。

在改进炉管排列的同时，为了使炉管受热均匀，在生产实践中还不断改进了火焰和高温烟气的供热情况。一是采用多火嘴，均匀地分布在炉底或炉壁的两侧。一是改进火嘴结构，发展大能量、高效燃烧器，使燃料能迅速而又完全地向炉管均匀供热。

为了解决炉管沿长度方向的受热不均匀性，将火嘴置于炉膛的各个不同高度的部位，这就发展成为如图1-4所示的阶梯炉。

以上这些改进，都使炉管表面热强度的均匀性大为增加，

但还有其局限性。因为在上述炉型中，炉管是一面面向高温的火焰，在这一面上的表面热强度显然比背向火焰的一面要高。炉管表面热强度的均匀性包括两个方面，一是炉管与炉管之间的均匀性，上面所作的改进主要是解决这个问题。二是同一根炉管向火焰和背火焰的两面也存在着不均匀性，这个问题尚待解决。因此又产生了双面辐射管式加热炉。

由于炼油和石油化工的发展，对炉管受热的均匀性要求愈来愈高，后来又发展一种新型的无焰燃烧管式加热炉，把双面辐射和无焰燃烧器相结合，如图

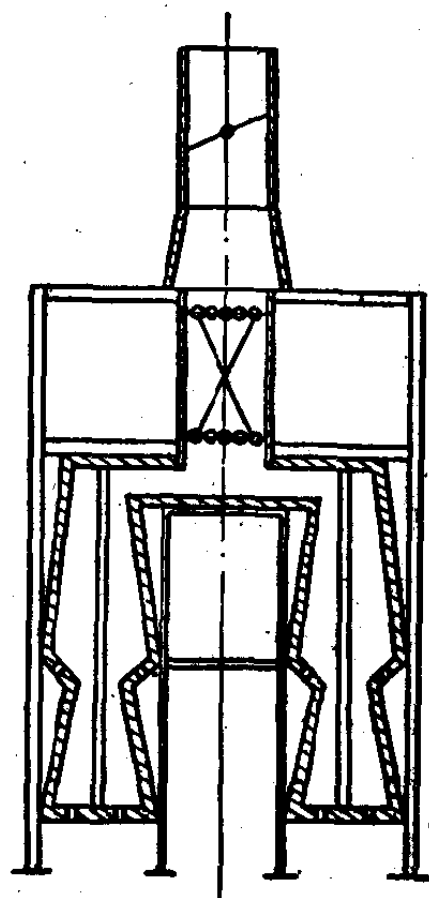


图1-4 阶梯炉

1-11 所示。这种加热炉与一般加热炉比较，具有下列优点：(1)空气过剩系数小；(2)炉膛结构紧凑，散热损失小；(3)具有较高的辐射传热效率。

使管式加热炉炉管各部分受热均匀是炉子改进的一个方向。但是，由于炉管各段所担负的任务不同，它所需要吸收的热量并不一定要求均匀。所以在管式加热炉的设计和操作中，在力求使炉管各部分受热均匀的同时，还应根据其工艺要求，在均匀之中安排其不均匀的一面。

提高炉管表面热强度均匀性的目的，在于提高它的平均值，以降低钢材耗用量。然而，管内油品的分解和结焦限制了炉管热强度的提高。如果能够提高管内油品的传热系数，炉

管内壁温度就能降低,就能防止或减少油品的分解和结焦,提高炉管的传热强度。此外,如能使产生的焦不结在管线上,也可提高传热强度。所以除了从炉管排列和炉型结构进行改进以提高热强度外,在炉管内做这方面的努力也是必要的。

综上所述,加热炉的发展和改进,始终是朝着这样的方向:即在安全长周期运转,并达到工艺要求的前提下,节省钢材耗用量和降低燃料消耗。事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,因此引起了事物的运动和发展。事物内部的这种矛盾性是事物发展的根本原因。钢材耗用量和燃料消耗是由炉管表面受热的均匀性和炉管表面利用率决定的。加热炉的发展和改进就围绕着解决这种矛盾性进行。同时,保证安全长周期运转,达到工艺要求,节省钢材耗用量、降低燃料消耗之间是互相制约,互相联系而又互相促进的关系。管式加热炉的全部发展史就是不断解决它们之间的矛盾的历史。

随着阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动的步步深入,随着炼油和石油化工的不断发展,必将会出现更多的新炉型。

## 第二节 几种常用炉型

管式加热炉的炉型有几十种,可以按照其结构型式分类,也可以按照工艺过程分类。除石油化工所用的特殊的高温高压炉外,一般可以分为箱式炉(水平燃烧)、立式炉(垂直燃烧)、圆筒炉。

### 一、箱式炉

箱式炉是一种老的炉型,分为方箱炉和斜顶炉两种。如

图 1-5 到 1-7 所示。炉管全为水平排列，并用回弯头连接成蛇形管。火嘴水平燃烧，烟囱置于炉外。

方箱炉的特点是长、宽、高大致相近。辐射室和对流室用火墙隔开，火嘴置于侧壁。其缺点是占地面积大，结构复杂，钢材耗用量大，炉管受热很不均匀，尤其是辐射管距离火嘴远，受热差，靠火嘴顶部的几排炉管由于受到高温烟气的直接冲刷，极易产生局部过热，还有死角处。这种炉子除了老厂的某些装置在使用外，新建厂或新建装置，已不采用。

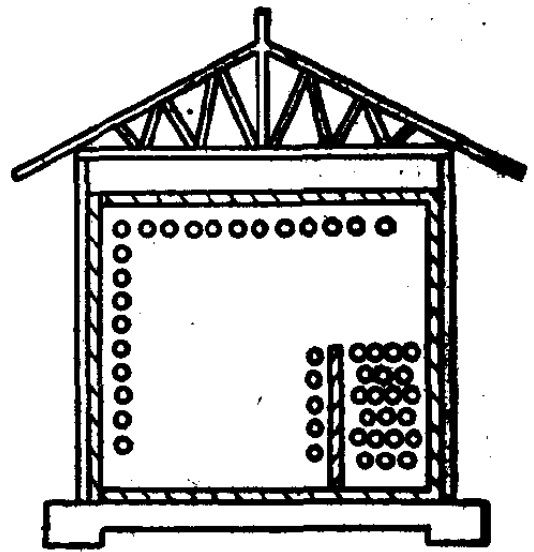


图 1-5 方箱式加热炉

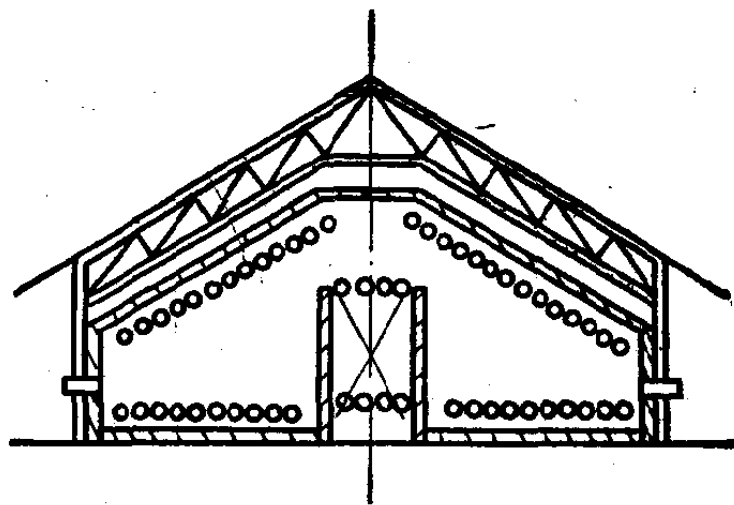


图 1-6 双斜顶炉

斜顶炉是方箱炉的改进炉型，分为双斜顶炉和单斜顶炉两种。其特点是辐射室顶与水平面呈  $30^\circ$  角的斜面，使辐射管避免了明显的过热现象，减少了死角处。同方箱炉比较，炉管受热的均匀性好一些，炉管表面热强度略有提高。然而，其

结构更为复杂,炉顶需要采用异形耐火砖,炉管要用特殊的金属吊架,占地面积大,钢材耗用量大,并且烟气对火墙顶辐射管的冲刷仍然比较厉害,仍有局部过热现象。这种炉型,在使用沥青类低质、高粘度燃料油时,操作便利、维修简单,所以至今仍有采用。

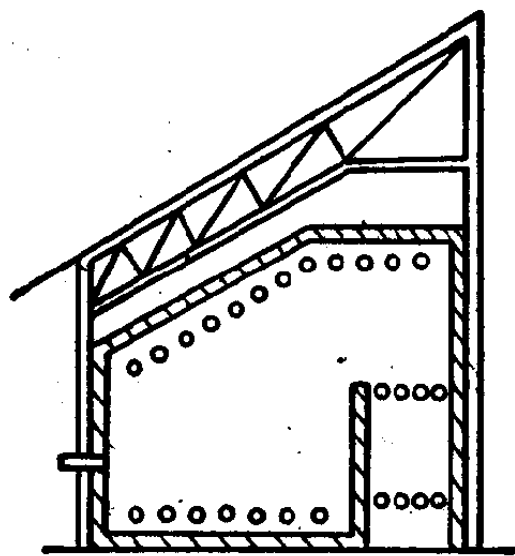


图 1-7 单斜顶炉

## 二、立式炉

立式炉是广为采用的炉型之一。又分为卧管立式炉和立管立式炉两种,如图 1-8 和 1-9 所示。这种炉子,高度通常为宽度的 2~3 倍。整个炉体相当长,从外形上看,是一个长方体。用型钢立柱支撑,炉墙用耐火砖砌成,或用耐火混凝土筑成。全炉分为上、中、下三大部分。上部为烟囱,中部为对流室,下部为辐射室。火嘴在辐射室的底部向上燃烧。

辐射管沿炉墙和斜顶敷设,或卧管或立管。为了强化传热,往往在辐射室中设一道或几道隔墙。如图 1-9 所示的卧管立式炉,辐射室中设一道火墙,将辐射室分隔成窄长的两部分。辐射管卧置在两边墙上,用管架固定。火焰喷向隔墙贴墙而上,为附墙火焰,大大强化了传热。

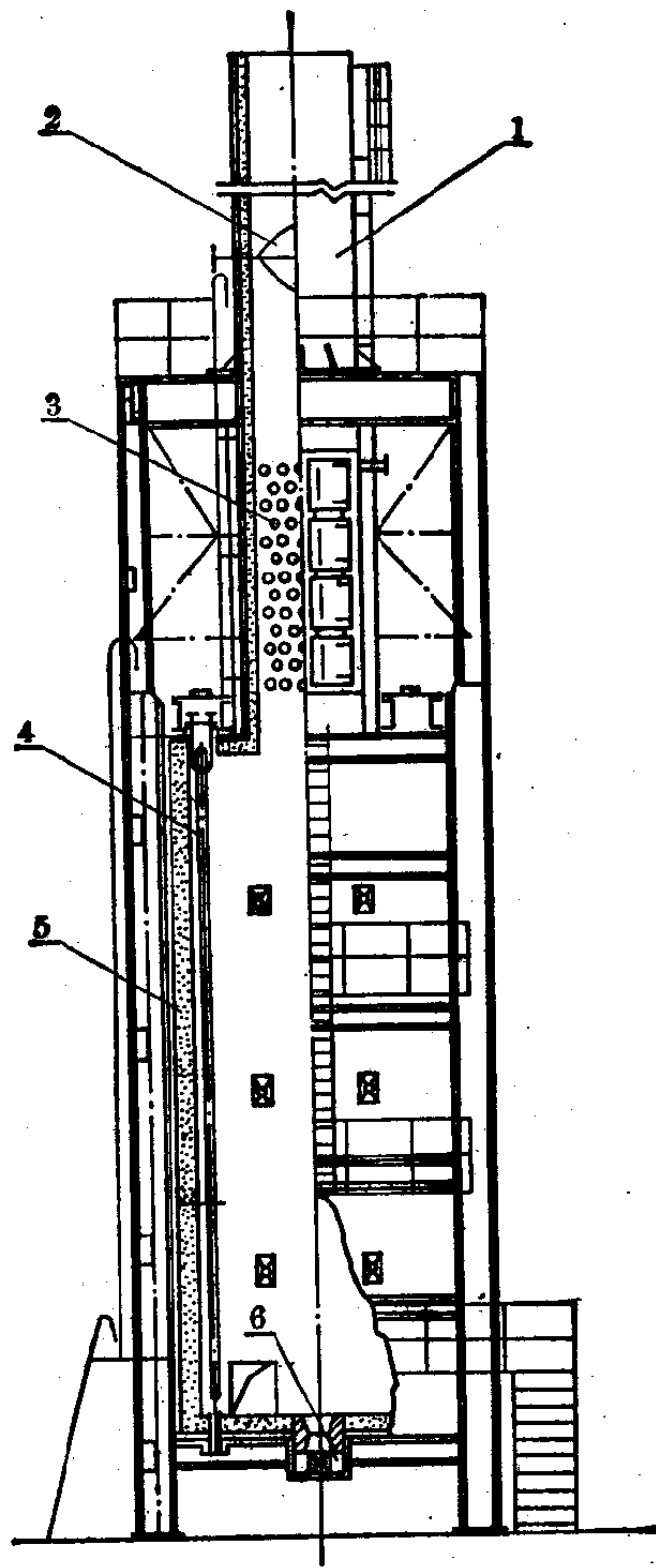


图 1-8 立管立式炉

1—烟囱； 2—烟道挡板； 3—对流管； 4—辐射管； 5—炉墙； 6—燃烧器



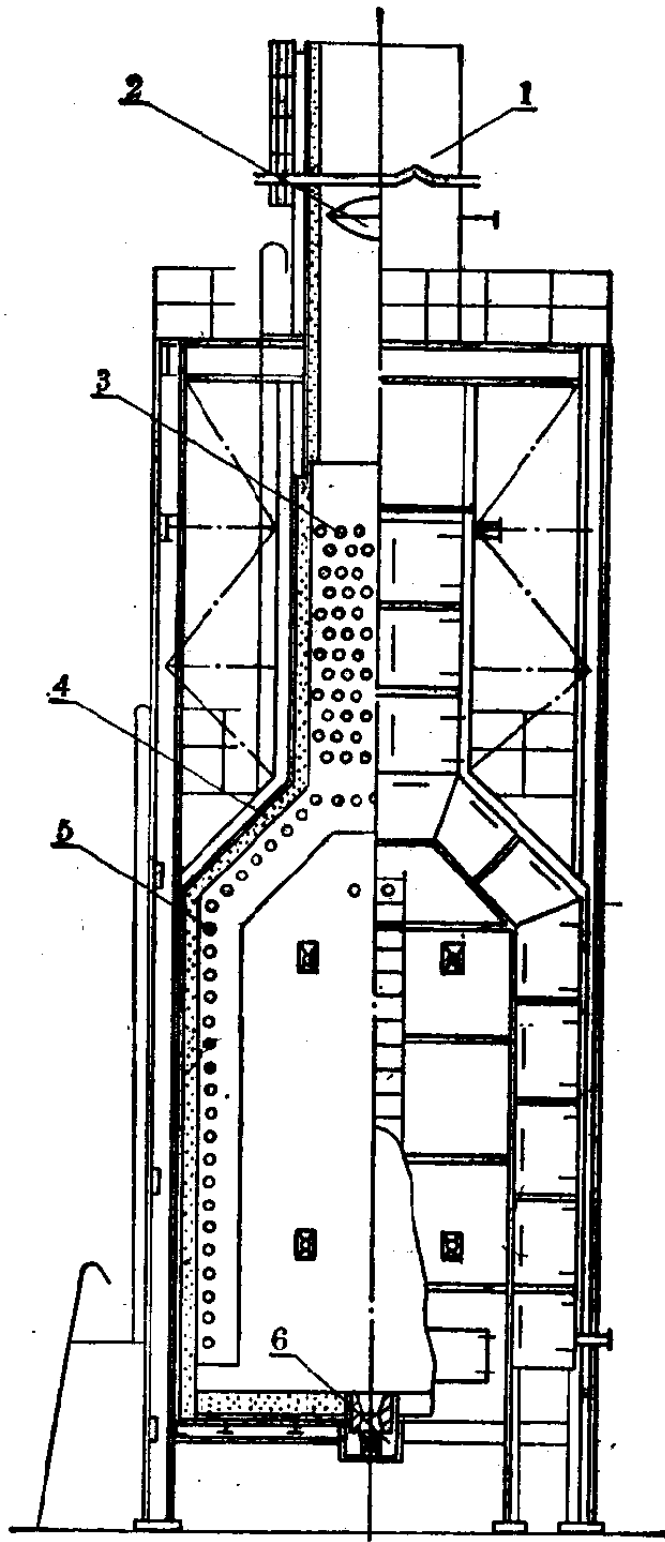


图 1-9 卧管立式炉

1—烟囱；2—烟道挡板；3—对流管；4—炉墙；5—辐射管；6—燃烧器