

炼油专用设备及配件

石油工业部物资供应管理局 编

轻工业出版社



炼油专用设备及配件

石油工业部物资供应管理局 编

烃加工出版社

内 容 提 要

本书共有七章。主要介绍炼油专用设备及配件的基本常识。除介绍设备的原理、结构、标准选用外,还简介其新技术、新产品的发展动向。

本书主要供炼油、管道、油田地面建设等单位物资供应、生产管理人员、装置操作工人阅读;也可供有关石油技校教学参考用。

炼油专用设备及配件

石油工业部物资供应管理局 编

*

烃加工出版社出版发行

北京安定门外大街33号

新华书店北京发行所经销

通县建新印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本8 $\frac{3}{4}$ 印张219千字印1—2,350

1987年6月北京新1版 1987年6月北京第1次印刷

书号.15391·89 定价:1.25元

目 录

第一章 管式加热炉	(1)
第一节 概述	(1)
一、管式加热炉工作原理	(1)
二、管式加热炉主要性能指标	(3)
第二节 管式加热炉的类型	(6)
一、箱式炉	(6)
二、斜顶炉	(7)
三、立式炉	(7)
四、圆筒炉	(10)
五、输油管线常用管式加热炉	(13)
六、其他管式炉	(16)
第三节 管式加热炉的主要零配件	(18)
一、炉管	(18)
二、炉管连接件	(20)
三、炉管支持件	(24)
四、烟囱挡板及调节系统	(28)
五、门类	(28)
六、吹灰器	(32)
第四节 喷嘴	(35)
一、选用喷嘴注意事项	(35)
二、喷嘴的类型	(37)
三、新型喷嘴	(49)
四、喷嘴的噪音	(52)
第五节 提高加热炉的热效率	(54)
一、装设空气预热器	(54)

二、采用“冷进料-热油预热空气”法回收废热	(58)
三、采用余热锅炉	(59)
四、采用翅片管和钉头管	(61)
五、降低过剩空气系数	(63)
第六节 炉衬及耐火材料	(65)
一、炉衬	(65)
二、隔热材料	(72)
第二章 塔类设备	(75)
第一节 概述	(75)
第二节 分馏塔的工作原理	(76)
一、常压分馏塔的工作原理	(76)
二、减压分馏塔的工作原理	(78)
第三节 分馏塔的结构	(79)
第四节 常用塔盘的介绍	(85)
一、圆形泡帽塔盘	(86)
二、槽形泡帽塔盘	(86)
三、S形塔盘	(87)
四、舌形塔盘	(87)
五、浮阀塔盘	(88)
六、浮动喷射型塔盘	(89)
七、筛板塔盘	(91)
八、网孔塔盘	(91)
第五节 其他工艺用塔简介	(94)
一、吸收、解吸塔	(94)
二、抽提塔	(95)
三、汽提塔	(96)
四、洗涤塔	(96)
第六节 填料塔及转盘塔	(96)
一、填料塔	(96)
二、转盘塔	(104)

第三章 催化裂化反应设备	(106)
第一节 概述.....	(106)
第二节 催化裂化反应器.....	(108)
一、反应器工作原理.....	(108)
二、反应器结构.....	(109)
第三节 催化裂化再生器.....	(113)
一、再生器工作原理.....	(113)
二、再生器结构.....	(115)
第四节 旋风分离系统.....	(120)
一、旋风分离器的结构.....	(121)
二、料腿.....	(123)
三、料腿密封装置.....	(124)
第五节 滑阀.....	(126)
一、滑阀的结构及性能.....	(126)
二、滑阀的传动及控制.....	(132)
三、滑阀关键部件.....	(132)
第六节 耐热耐磨衬里.....	(135)
一、衬里结构.....	(135)
二、衬里种类.....	(137)
三、新型衬里——钢纤维-保温钉耐热 耐磨衬里.....	(137)
第七节 反应设备的主要易损件.....	(139)
一、反应器的主要易损件.....	(139)
二、再生器的主要易损件.....	(140)
三、旋风分离系统的主要易损件.....	(141)
四、滑阀的易损件.....	(142)
第八节 分子筛提升管催化裂化简介.....	(143)
第四章 重整和加氢反应器	(146)
第一节 重整反应器.....	(146)
一、预加氢反应器.....	(147)

二、轴向反应器	(148)
三、径向反应器	(148)
四、重整反应器的材料选择	(154)
第二节 加氢反应器	(155)
一、加氢反应器的内部构件	(157)
二、加氢反应器的材料与制造方式	(160)
第五章 换热设备	(163)
第一节 概述	(163)
一、按用途分类	(163)
二、按材料分类	(164)
三、按结构分类	(164)
第二节 浮头式管壳换热器	(166)
一、浮头式换热器的工作原理	(166)
二、浮头式换热器的结构	(168)
三、立式合金钢换热器	(171)
四、标准选用	(173)
第三节 固定管板式管壳换热器	(178)
一、固定管板式换热器的结构及性能	(178)
二、标准选用	(178)
第四节 重沸器	(180)
一、重沸器的结构及性能	(180)
二、标准选用	(180)
第五节 U型管式换热器	(182)
一、U型管式换热器的结构及性能	(182)
二、U型管合金钢换热器	(183)
三、标准选用	(184)
第六节 套管式换热器	(185)
一、套管式换热器的结构及性能	(185)
二、标准选用	(186)
第七节 浸水式、喷淋式冷却器	(187)

一、浸水式冷却器·····	(187)
二、喷淋式冷却器·····	(188)
第八节 空气冷却器·····	(189)
一、空冷器的类型·····	(189)
二、空冷器的结构·····	(192)
三、空冷器系列的选用·····	(201)
四、空冷器的噪音·····	(203)
第九节 换热设备发展方向·····	(204)
一、浮头式管壳换热器的发展方向·····	(204)
二、空气冷却器的发展方向·····	(208)
第十节 换热设备的维修·····	(212)
第六章 油罐·····	(214)
第一节 概述·····	(214)
一、油罐的分类·····	(214)
二、油罐的选用·····	(214)
三、影响油罐使用的因素·····	(215)
四、油罐材料的选用·····	(217)
第二节 拱顶油罐·····	(217)
一、拱顶油罐的结构·····	(218)
二、拱顶油罐的附件·····	(220)
三、油罐加热器·····	(228)
四、拱顶油罐的系列·····	(231)
第三节 外浮顶油罐·····	(233)
一、外浮顶油罐的结构与特点·····	(233)
二、外浮顶油罐的密封装置·····	(236)
三、外浮顶油罐的系列·····	(239)
第四节 内浮顶油罐·····	(241)
一、内浮顶油罐的结构与特点·····	(241)
二、内浮顶油罐的密封装置·····	(242)
三、拱顶油罐改造为浮顶油罐的条件·····	(243)

四、内浮顶油罐的系列·····	(244)
第五节 球形罐·····	(246)
一、球形罐的特点·····	(246)
二、球形罐的结构·····	(247)
三、球形罐的系列及材料选用·····	(249)
四、球形罐的检查与鉴定·····	(252)
第六节 油罐的消防·····	(253)
一、油罐区的消防措施·····	(253)
二、各种油罐的消防·····	(254)
三、油罐灭火新技术·····	(256)
第七章 炼油厂其它机械·····	(258)
第一节 过滤机·····	(258)
一、板框式压滤机·····	(258)
二、真空转鼓过滤机·····	(259)
三、过滤机发展动向·····	(260)
第二节 套管结晶器·····	(261)
一、套管结晶器结构·····	(261)
二、刮蜡组合件结构·····	(261)
三、新型套管结晶器·····	(262)
第三节 水力除焦设备·····	(263)
一、有井架水力除焦设备·····	(263)
二、无井架水力除焦设备·····	(265)
三、两种除焦设备的比较·····	(267)
第四节 链式沥青成型机·····	(268)
一、链式沥青成型机的结构·····	(268)
二、沥青成型的工艺流程·····	(268)
三、链式沥青成型机的优点·····	(268)

第一章 管式加热炉

第一节 概述

炼油厂的生产装置，对原油或油品进行加工时，一般都需要在较高的温度下进行，因此必须有提供热源的加热设备，这种加热设备，就叫做加热炉。现代的炼油厂都采用管式加热炉，它是炼油厂主要的工艺设备之一。在炼油装置中约占投资的10%左右，钢材占20%，其作用是将通过炉管中的油料（或其它介质）加热至所需温度，然后进入下一工艺设备进行分馏、裂解反应等。加热炉所用的燃料一般为炼厂气或燃料油。

一、管式加热炉工作原理

管式加热炉一般都由四个主要部分组成：辐射室、对流室、烟囱和供以热源的喷嘴。在辐射室和对流室内装有炉管，在辐射室的底部、侧壁或顶部装有喷嘴；在烟囱内装有烟道挡板。一个比较先进的加热炉还应配备烟气的余热回收系统，空气和燃料

比的控制调节系统。低温油料先流进对流室炉管，再流经辐射室炉管，在膛内吸热后为高温油料而流出，其流程见图1-1。

喷嘴 主要给加热炉以高温热源。喷嘴喷出的高温火焰以辐射传热方式，将大部分热量传给辐射室炉管内流动着的油

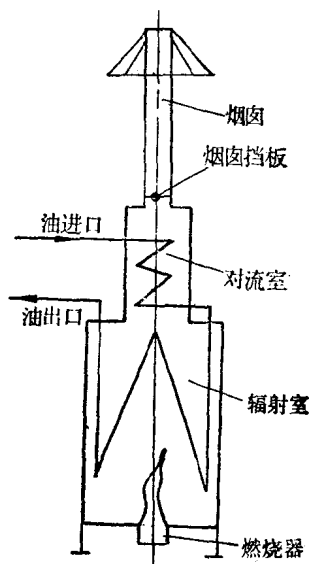


图1-1 油品加热流程图

品，又以对流传热方式将大部分热量传给对流室炉管内流动着的油品，最后剩余的热量随烟气经烟囱排入大气中。

辐射室 又叫炉膛。是管式加热炉的核心部分。从喷嘴喷出的燃料油在炉膛内燃烧，需要一定的空间才能燃烧完全，所以辐射室的体积较大。由于火焰温度很高（可达 $1500\sim 1800^{\circ}\text{C}$ 左右），故不能直接冲刷炉管，以防止炉管结焦或者被烧坏，因而热量主要用辐射方式传送。一部分被炉管接受，一部分使炉墙温度升高，又由于炉墙外部有隔热层，热量基本上散不出去，炉墙又把热量反射回来，传给炉管一部分。因炉墙温度远低于火焰，若在火焰周围加花格墙，火焰将它烧得通红，温度很高，可大大增加向炉管的辐射热量。

火焰的形状和大小主要取决于火嘴的结构型式和尺寸。火焰离炉管越远，辐射传热量就越小，所以只要保证火焰不直接扑到炉管上，应该尽量减小炉膛体积，提高传热强度，节省造价投资。

对流室 离开辐射室的烟气温度不能太低，否则会降低辐射传热效率。通常多控制在 $700\sim 900^{\circ}\text{C}$ 之间。这样高温的烟气还有很多热量应该利用，所以要设置对流室。在对流室内，烟气冲刷炉管，将热量传给管内油品，这种传热方式称为对流传热。烟气冲刷炉管的速度越快，传热的能力越大，所以对流室要窄而高些。间距尽量小些。有时为提高对流管的受热能力，还常采用钉头管和翅片管，以加大它的外表面。管内油品要和管外烟气的流动方向相反，这样可提高烟气与油品的温度差，以提高传热效果。有时在对流室内还可以加几排蒸汽管，产生过热蒸汽供生产上使用。

烟囱 其作用是将炉膛的燃烧烟气排入大气。炉型不同，烟囱布置也不同。如斜顶炉烟囱在炉体旁边。而圆筒炉或立式炉，烟囱设在炉体的顶部，烟囱内部须用耐火和保温材料衬里。烟气离开对流室的温度一般在 $300\sim 450^{\circ}\text{C}$ 为好。这些热量有时可用空气预热器来回收一部分，使烟气进一步降温到 200°C

左右，再进入烟囱排走，有时就直接进入烟囱排走。目前正在采用空气预热器、冷进料等方式回收热量，以提高热效率。

烟气排出靠自然通风，利用烟囱内高温烟气的重度比烟室外空气轻而产生的抽力，将烟气排入大气。烟囱越高，抽力越大。抽力大则辐射室内进风量也大，所以抽力要进行控制，这就是在烟道内加一块可调节的挡板，调节挡板的开度可控制抽力大小，以保证炉膛内最合适的负压。一般要求炉膛内保持负压2~3毫米水柱，这样在打开看火门看火时，火焰不会外扑，确保操作安全。

对于一般管式炉的基本要求可归纳以下几点：

1. 把原料油加热到规定温度；
2. 避免局部过热或死角现象，防止原料油在炉管内结焦，以延长管式炉运转周期；
3. 在完成油品加热前提下，尽量节省传热面积，降低金属消耗量；
4. 提高加热炉传热效率，减少燃料消耗量；
5. 造价低和寿命长。

由于管式加热炉在炼厂建设和工艺生产中是不可缺少的主要设备之一，提高加热炉效率也是节能的重要一环，因此，必须重视其性能和效率的研究，使其达到全面高效能化。所谓高效能，就是尽量减少加热炉的无用方面，降低不必要的过大的安全系数，提高炉管表面强度，合理应用燃烧空间，强化对流段提高热效率等。同时，根据工艺过程的特点，还应研究、设计出造价便宜、操作费用低廉的专用炉型，向大容量、高效率、低污染、低噪音、自动化和烧劣质燃料等方向发展，因此，也必须要求大容量、高效能、长寿命的喷嘴，才能保证加热炉的最佳设计和使用。近年来，国内外围绕着加热炉的大型化、高效能及长周期三个发展方向正在做大量的工作。

二、管式加热炉主要性能指标

1. 热负荷

每小时传给油品的总热量称为加热炉热负荷(千卡/小时),它表示加热炉生产能力的大小。目前国内炼油厂所用的管式加热炉热负荷最大的约在4200万千卡/小时左右,国外已有1亿千卡/小时,甚至有2.4亿千卡/小时的大型管式加热炉。

2. 炉膛温度

炉膛温度是指烟气离开辐射室时的温度。这一温度不能太高。一般控制在800°C左右,但不是绝对的,炉膛温度高有利于辐射传热,但太高后使炉管热强度及炉管表面温度过高,容易结焦和烧坏。同时,进入对流室烟气的温度也过高,对流炉管容易烧坏。因此,炉膛温度是确保加热炉长周期安全运转的一个重要指标。增加辐射炉管面积可降低炉膛温度,但要求受热均匀适量。过多增加炉管,处理量并不能与炉管成比例增加,反而会浪费钢材。

3. 炉膛热强度

在每1米³炉膛内,每小时燃料燃烧所放出的热量,称为炉膛热强度(千卡/米³·小时)。

炉膛尺寸确定后,多烧燃料就必然提高炉膛热强度,相应地,炉膛温度也会提高,炉管的受热量也就增多。一般管式炉的炉膛热强度可达7~10万千卡/米³·小时。

4. 炉管表面热强度

每平方米炉管表面积上每小时内所吸收的热量,叫做炉管表面热强度,其单位为千卡/米²·时。

炉管表面热强度越高,在一定热负荷下,所需要的炉管就越少,炉子体积可减小,投资可降低,所以要尽可能提高炉管表面热强度。但是提高也受到一定的限制,这是因为:

(1) 炉管热强度增加,管壁温度也会增加,靠近管壁处的油品就因过热而裂解结焦,在结焦严重时,可能会引起炉管破裂。

(2) 在炉膛内,炉管各处受热是不均匀的。因为炉管面对火焰处直接受火焰辐射,而背对火焰处则只受炉墙的反射。所

以面对火焰处受热强度就比背对火焰处高；在管长方向，靠火焰近处比远处受辐射热要大；从全炉看，各根炉管离火焰距离也不一样，炉管受的辐射热也不一样。为了保证高热强度处的炉管不结焦烧坏，只有将炉管热强度取低值，降低全炉平均热强度。但这很不经济，所以要尽量减小这种受热不均匀性。

为了改善辐射炉管表面热强度的均匀性，一般可采取如下办法：

(1) 采用双面受辐射的炉管。单排炉管双侧见火，要比单侧见火受热均匀得多；双排炉管双侧见火，也要比单排炉管单侧见火受热均匀些。

(2) 在圆筒炉内，为减小沿长度的受热不均匀性，要控制辐射室的高径比不能太大，或在辐射室顶部加一个辐射锥，可增加炉管上半部的辐射传热及对流传热，使炉管沿长度上受热趋向均匀。

(3) 在立式炉内，有的在侧面采用多喷嘴，有的在两排喷嘴间加花墙；也有在上部加辅助喷嘴的，都是为了改善炉管受热均匀。

一般辐射炉管表面热强度在 $20000 \sim 30000$ 千卡/米²之间，对流管的表面热强度在 $7000 \sim 9000$ 千卡/米²之间，新建炉子的对流管多采用钉头管，其表面热强度比光管高一倍左右。

5. 加热炉热效率

油品与水蒸汽在炉中吸收的总热量和燃料燃烧后所放出的总热量之比，称为加热炉热效率。它表示燃料放出热量的利用程度，热效率越高，燃料越节省。影响加热炉热效率的因素主要是：烟道气出口温度、空气过剩系数及加热炉四周的散热损失。过去加热炉热效率一般在 $65 \sim 75\%$ 之间，现通过改造后，已达到 85% 以上。

提高加热炉热效率的办法：

(1) 降低烟气出炉温度，这是最有效的办法，但要多加炉管或增加空气预热器、冷进料等，投资费用大，所以要因地制宜。

宜。

(2) 燃料燃烧完全。这要从喷嘴及改善操作入手。

(3) 尽量减少过剩空气。这就要求烟道挡板及调风门调节适当，炉墙上各处严密不漏风，操作稳定。

(4) 炉墙要保温，减少散热损失，外壁温度不应超过 50°C 。

第二节 管式加热炉的类型

最初的石油蒸馏装置采用加热釜加热原油，加热釜是间歇式的操作。以后出现了管式加热炉，其优点是，能连续生产，传热效率高，生产能力强；其次是容易控制操作，便于实现自动化；设备紧凑，节省材料，不易发生火灾事故，运转安全等。

管式加热炉的类型很多，过去炼油厂主要采用箱式炉及斜顶炉，目前我国则主要采用圆筒炉及立式炉。在国外，由于条件不同，所以选用的炉型也不同。在日本由于土地昂贵，所以偏重于采用占地面积少的圆筒炉。在苏联过去多采用斜顶炉，近年来由于大量采用天然气燃料，所以在采用斜顶炉配件的基础上推广采用板式喷嘴无焰燃烧炉。在英美，则圆筒炉、箱式炉及立式炉均有采用。

究竟哪种炉型好？一般很难用几句简单的话来回答，必须根据具体条件进行具体分析。除满足加热炉的工艺要求外，热效率、占地面积、投资、钢材用量、施工难易及今后维修等也是必须考虑的问题。

由于加热炉的设计结构缺乏统一性，也给消耗指标的对比带来困难，目前新建炼油厂所建的与老厂所改造的加热炉均由各炼油设计院造型而定，无统一标准。

一、箱式炉

这是一种老式炉型，其结构见图1—2。各处炉管受热不均匀，在炉顶两角处炉管受热较少，而在火墙上面的炉管则受

到火焰和高温烟气的冲刷，炉管局部过热容易烧坏；烟道气经对流室向下流动，增加了烟气阻力，需在炉边建一个相当高的烟囱；钢材耗量多，占地面积大；而且漏风严重，热效率

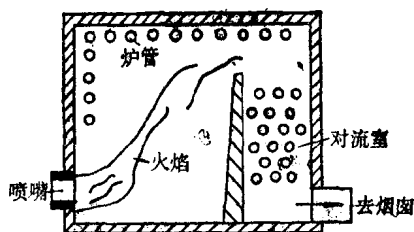


图1-2 箱式炉

低。新建加热炉已不采用。原有的也逐步更新，用高效率的炉型所代替，如石油一厂西蒸馏和石油二厂北蒸馏都已拆掉箱式炉，改建为圆筒炉。

二、斜顶炉

斜顶炉是在箱式炉基础上发展起来的，对箱式炉内受热不均匀的缺点有所改善，处理量也可加大。斜顶炉分单斜顶和双斜顶二种。图1-3是双斜顶示意图，对流室在中间，烟气下行，经地下烟道而排入烟囱内，也可在烟道处加空气预热器，提高加热炉热效率，但结构复杂，占地面积大，金属耗量大，同样产生漏风严重，热效率低的主要缺点，新建加热炉已不采用。

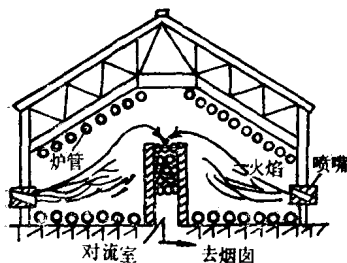


图1-3 斜顶炉

旧炉子也在更新，在炼油厂已被立式炉或圆筒炉所代替，但由于炉膛体积大，热负荷弹性大，较适用于输油管线加热炉。

三、立式炉

立式炉的炉膛是长方形箱形。炉管可以水平或垂直放置，喷嘴可以放在炉底向上烧，也可放在炉顶向下烧，也可沿墙壁水平放置；对流室可在上部，也可以在下部或旁侧，辐射室可为单室，又可为两室并列或多室并列。立式炉可分成两大类：卧管立式炉和立管立式

炉。

1. 卧管立式炉

常用的卧管立式炉炉型见图 1-4。

最常用的是图 1-4 a 的型式，炉底有两排喷嘴向上烧，可用油气联合喷嘴。辐射管沿墙排列，对流室在炉子上部。辐射室顶部用斜顶，使该处炉管增加辐射及对流传热量而提高其热强度。炉膛窄而长，不宜太高，以免炉膛热强度分配不均匀。由于这种炉型沿炉管长度方向，热强度分配均匀，对要求加热温度高于油品裂解温度的，可以把油品出口布置在热强度较低的上部。又由于炉管卧放，对气液两相混流的油品，流动状态好，不会发生气液分层流动。所以这种炉型多用作延迟焦化，减粘、减压蒸馏等装置。近几年为提高润滑油质量，在润滑油型炼厂，减压炉在大量采用圆筒炉之后，国内外又提出减压炉还是采用卧管立式炉为好。目前国内用这种炉型较多。约有20

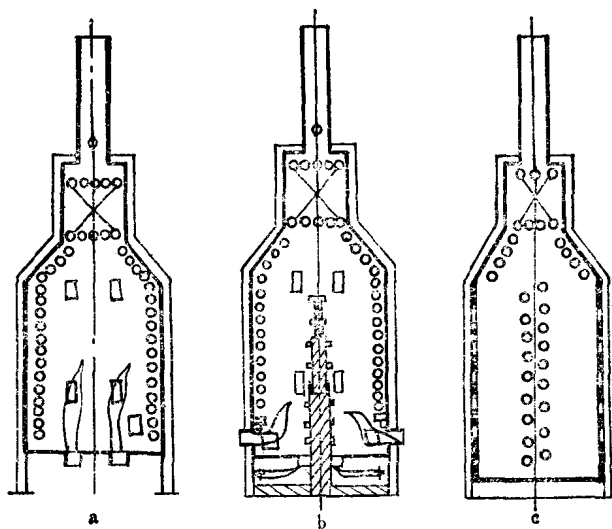


图1-4 卧管立式炉

上部均为对流室；下部均为辐射室