

城市煤气制造

下 册

中国建筑工程出版社

城市煤气制造

下 册

日 本 煤 气 协 会 编

天 津 市 建 筑 设 计 院 译

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书选译自日本煤气协会编《城市煤气工业》一套书中有关城市煤气制造和净化的章节，定名为《城市煤气制造》。

本书分上下两册出版。上册包括原料、耐火材料、砌筑、干馏煤气、发生炉煤气、水煤气和一氧化碳转化以及油煤气等有关章节。下册包括完全气化和其它气化方式、天然气和液化石油气、低压净化、高压净化以及热量调节等有关章节。

本书可供城市煤气工程技术人员、科学研究人员和运行管理人员以及大专院校有关专业师生参考。

都市ガス工业
(制造・精制篇、供应篇、器具篇)

日本瓦斯协会・东京

* * *

城市煤气制造

下 册

日本煤气协会 编

天津市建筑设计院 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：11⁵/₈ 字数：313 千字

1977年8月第一版 1977年8月第一次印刷

印数：1—5,480册 定价：1.05元

统一书号：15040·3336

目 录

第八章 完全气化和其它气化方式	1
一、概 述	1
二、原料煤	2
三、气化方式的分类	2
四、主要的气化装置	4
(一) 常压气化装置	4
(二) 高压气化装置	31
第九章 天然气和液化石油气	46
一、概述	46
二、物理及化学性质	47
(一) 一般的物理性质	47
(二) 密度	51
(三) 蒸汽压	55
(四) 汽化热	55
(五) 露点	55
(六) 爆炸极限	55
三、储存	58
(一) 加压储存法	59
(二) 冷冻储存法	60
(三) 地下储存法	61
四、输送	63
五、储存管理的注意事项	64
六、城市煤气的供应方式 (包括气瓶供应)	65
(一) 直接法	65
(二) 间接法	70

IV

(三) 改制法	70
第十章 低压净化	87
一、概述	87
(一) 煤气的成分及杂质	87
(二) 低压净化内容	87
二、冷凝器	89
(一) 煤气的冷却	89
(二) 冷凝器	91
(三) 冷凝器的传热	96
(四) 操作实例	99
三、冷凝液及焦油的处理	100
(一) 生成量	100
(二) 焦油与水的分离	100
(三) 加压脱水法	101
四、排送机	103
(一) 概述	103
(二) 排送机的种类	103
五、焦油的脱除	112
(一) 洗涤法	113
(二) 撞击式脱焦油器	114
(三) 离心式脱焦油器	120
(四) 电脱焦油器	122
六、氨的脱除及氨水蒸馏	123
(一) 洗涤法	129
(二) 氨的回收方法	132
(三) 氨水的蒸馏	132
(四) 氨饱和器	135
(五) 硫酸铵的分离与干燥	141
七、萘的脱除	147
(一) 煤气中含萘量	147

(二) 脱萘方法	148
(三) 水洗涤器	148
(四) 油洗涤器	153
(五) 洗涤器 (填料塔) 的压力损失	156
八、脱硫	159
(一) 干式脱硫	159
(二) 湿式脱硫	172
(三) 有机硫的脱除	218
九、苯的回收	224
(一) 煤气中的苯类	224
(二) 苯类的回收	227
十、一氧化氮 (NO) 的脱除	250
(一) 一氧化氮	250
(二) 一氧化氮的清除法	259
第十一章 高压净化	264
一、煤气净化工艺的发展	264
二、胶质及一氧化氮 (NO) 的脱除	267
(一) 胶质的分类	267
(二) 液态胶质的脱除及防止生成的方法	269
(三) 用加压滞留法脱除 NO	270
(四) NO 的催化分解	274
三、苯的回收	275
(一) 高压洗涤法	275
(二) 深冷后的高压洗涤法	277
(三) 高压深冷洗涤法	279
(四) 各种回收法的比较	281
(五) 洗油中微量杂质的影响	282
四、湿式脱硫	282
(一) 真空碳酸盐法	284
(二) 亚甲基蓝直接法	294

VI

(三) 甲醇法	295
五、干式脱硫	296
(一) 高压干式脱硫设备的构造及更换脱硫剂操作	296
(二) 高压干式脱硫的基本原理	299
六、煤气脱水	304
(一) 液体吸水剂洗涤法	305
(二) 吸附法	310
(三) 冷却冷凝分离法	312
七、回收硫化氢的利用	314
(一) 元素硫的制造	314
(二) 用湿式接触法制硫酸	315
第十二章 热量调节	321
一、概述	321
(一) 热量调节理论	321
(二) 热量调节装置的设计	329
二、控制系统的布置	338
三、热量调节用设备	344
(一) 煤气混合器	344
(二) 取样装置	345
(三) 热量调节的热量计	347
(四) 热量调节用调节器	354
(五) 流量比例调节器	361
(六) 加法器装置	362
四、热量调节设计举例	363

第八章 完全气化和其它气化方式

一、概 述

本章介绍的完全气化及其它气化方式，是指除发生炉煤气、水煤气及油煤气等气化方式以外的完全气化法（混合气化法）、粉煤气化法、高压气化法及流化干馏法。原料以一般煤（包括劣质煤）为主，并以生产城市煤气及合成化学用原料气等为对象。

用固定法进行完全气化，这是用煤生产发生炉煤气以来，已有很久的历史。用干馏气化集合制气式 (Gas Integral)，简称古艾 (G.I.) 的完全气化装置，可生产城市煤气。以粉煤为原料的流化干馏法，适用于中小城市生产煤气。

粉煤的气化法，许多国家已投入生产或进行中间试验。气化方式的特点：①多以氧气代替空气做为气化剂。②采用液态排渣法。③可在高压下进行气化。其中有代表性的有两种：

(1) 科珀斯-托切克 (Koppers-Totzek) 式，用粉煤为原料，以氧气及水蒸汽为气化剂，使粉煤在沸腾状态下进行气化的方法。在合成化学工业中制取原料气时常用此法。

(2) 鲁奇式，用中块煤或粉煤（6毫米以上）为原料，以氧气及水蒸汽为气化剂，在高压下进行气化。城市煤气工业中常用此法。

各种方式对原料煤的要求各有不同。原料煤的粒度、粘结性、水分、灰分及挥发分等，对生产都有直接影响。由于能源的发展，除使用固体燃料外并使用液体燃料。研究使用各种燃料在高压下加氢，获取高热值煤气的气化方法，是城市煤气制气的一个方向。

二、原料煤

煤的气化问题，从发生炉煤气及水煤气的试验、制气和工业化生产的发展过程来看，虽有很久的历史，但一直没有解决利用粉煤做原料的问题。粉煤一般是指直径在 8 毫米以下的混合颗粒组成的，从应用范围讲，大致可分为：0.074 毫米（200 筛孔）以下；0.074~0.5 毫米（200~35 筛孔）及 0.5 毫米以上的三种。设计时应根据气化装置的不同，选取最合适的粒度。因此在完全气化方式中，也需要设置粉碎原料及筛分等设备。除粒度之外，水分、挥发分、灰分、熔点及粘结性等也都是重要因素。

一般要求原料煤为干燥的粉状体，如湿度较高时要进行干燥。应当使用弱粘结性的煤种，在不得已情况下使用强粘结性煤种时，可考虑缓慢氧化或脱除挥发分等措施，经处理后再行装炉以降低其粘结性，这样当然会增加成本，但是，总的来说，必须针对原料煤的各种特性综合考虑，以选定最合理的气化方式。

三、气化方式的分类

根据原料在气化时的状态，气化方式可分为固定床式、流化床式和沸腾床式等。

当气体自微细的颗粒层下通入时，最初，气体大致沿颗粒的空隙均匀流动。但随流速的增加，气流开始从易于流通的空隙处通过而形成通路，并逐渐呈紊流状态，颗粒因受摩擦而被破碎。当速度继续增加，颗粒层的体积也逐步增加，及至原体积的 1.5 倍时，就会像液体一样形成明显的界面，这时气流又趋向于均匀流动状态，此种状态称为流化。当速度再继续增加时，则颗粒已不能维持层状，而沸腾于气体之中，此种状态称为沸腾。从浓度来说，以固定床中的固体浓度为 100，流化床的浓度则为 60~70，而沸腾床的浓度仅为 1~20 左右。在常压气化温度条件下进行反应时，粉煤流化或沸腾所需气化剂的线速度约为：

流化 0.074~0.5 毫米（200~35 筛孔）——0.2~0.3 米/秒

沸腾 0.074毫米 (200筛孔) —— 0.04~0.1米/秒

0.1 毫米 (140筛孔) —— 0.1~0.2米/秒

各种气化方式的特点如下:

1. 固定床法

吉艾 (G.I.) 式及鲁奇式是一种代表型式。由于原料煤与气化剂两者之间分别向下和向上相对流动, 原料煤能够吸收生成煤气的显热, 气化剂也能够得到灰渣中显热的预热, 因此热效率高, 这是本方式的优点。

其缺点是: (1) 原料煤的种类受到严格的限制; (2) 不能正确地调整反应层的温度。这是因为, 当原料煤产生粘结、破坏或灰分在反应温度以下熔融时, 煤气不能均匀通过颗粒层所致。有时因原料煤的粒度过小或灰分过多, 不能进行操作。因此, 当使用粉煤为原料时, 采用弗莱希-德迈格 (Flesch Demag) 的方法, 使粉煤在一定时间流动后重新调整煤层; 或采用鲁奇-鲁尔 (Lurgi-Ruhr) 的方法, 以耐火材料的小颗粒做热载体循环使用, 并使气流均匀。

2. 流化床法

温克勒式及弗莱希德迈格式等为本方式的代表型式。其优点为: (1) 温度极为均匀并能正确地进行调整; (2) 原料煤粒度的适用范围较广; (3) 能正确地调整流化速度并能准确地加料; (4) 因对流传热, 所以热效率高, 其缺点是对原料煤的性质非常敏感。即受煤的粘结性、稳定性、灰分及熔融温度等的影响很大, 有时, 因煤在反应器内急剧硬化或灰分熔融等原因, 造成颗粒不能流动的后果。为了解决这个问题, 必须控制操作温度低于灰分的熔点, 设计时, 应选择反应性强而灰分熔点高的煤种。

3. 沸腾床式

科珀斯-托切克式及气化工工艺研究所 (I.G.T.) 式为本方式的代表型式。其优点是煤种不受限制, 缺点是原料煤必须是微细粉煤 (一般为0.074毫米以下), 而且要求气流速度很大, 为保持必要的接触时间需采取许多措施, 否则, 将使设备变成非常庞大而且增加热损失面积。虽然也是对流传热, 但因气流浓度很低, 热效

率不如流化床法那样理想。此外,因燃料与气化剂都是同一流向,生成的煤气在高温状态下离开炉体,不但损失热量,而且也降低了燃料及气化剂的浓度,这是本型式反应速度降低的主要原因。

4. 熔渣式

这是为了解决结渣的问题,使灰分在熔融状态下排出的气化方式。本方式中,以拉梅尔(Rummel)法及美国矿物局(Bureau of Mines)法等为代表,前者,是将原料煤及气化剂沿熔渣中或熔渣表面的切线方向吹送,一面使熔渣产生激烈的搅拌回转,一面进行气化的方式,使熔渣在提高气化效率中能起到催化的作用。后者,气化反应机构与沸腾床法无本质上的区别。

四、主要的气化装置

(一) 常压气化装置

1. 固定床法

(1) 吉艾式——干馏气化集合制气法

1) 简述

本方式是生产混合煤气的气化方式之一,是在一个炉中,先将煤低温干馏后,再将所生成的半焦制成水煤气的方式。煤在干馏塔内受到鼓风气及下吹蒸汽的间接显热,并受到上吹蒸汽的直接显热生成半焦,半焦在干馏塔下部的气化室内产生水煤气。

本装置的特点是能适应煤、焦供需情况。原料既可用煤也可用焦,因而生产的灵活性好。用煤做原料时,把生成的 $3000\sim 3200$ 千卡/米³的煤气经重油等增热后,可得 $4200\sim 4500$ 千卡/米³的煤气。用焦做原料时,与一般生产水煤气或增热水煤气的方法相同。所用原料煤要具备下列条件:①粒度均匀的中块煤;②干馏过程中熔融膨胀小,防止产生悬料现象;③生成的半焦强度高,以防止由于半焦粉碎引起粉尘堵塞等现象;④灰分少,熔点高;⑤燃烧比率大;⑥吉艾(G.I.)式。气化炉中使用的主要煤种及其性能,如表8-1所示。

表 8-1 吉艾式气化炉用原料煤的性能

性 能 煤 种	水 分 (%)	挥 发 分 (%)	固 定 碳 (%)	灰 分 (%)	硫 分 (%)	膨 胀 指 数	燃 烧 ^① 比 率	发 热 量 (千卡/ 公斤)
太平洋洗中块	5.90	44.06	36.99	13.05	0.26	—	0.84	6337
高松洗中块	4.21	40.21	43.23	12.35	0.62	1	1.08	6643
三井美呗洗中块	3.75	40.48	43.17	12.60	0.39	1	1.07	6715
三菱美呗洗中块	3.79	40.28	44.14	11.79	0.47	1.5	1.09	6741
幌内特中块	3.61	43.52	45.55	7.22	0.25	2	1.05	7282
新幌内特中块	3.15	43.97	43.49	9.39	0.37	3	0.99	7141

性 能 煤 种	灰 熔 点 (°C)	破 碎 性 试 验		气 流 流 通 性 试 验 (加热温度10°C/分)		
		堕 落 试 验	转 鼓 试 验	软 化 温 度	硬 化 温 度	最 大 通 风 阻 力 (毫米水柱)
太平洋洗中块	1330~1360	22	19	—	—	0
高松洗中块	1460	15	20	—	—	0
三井美呗洗中块	1390~1400	21	27	375	416	6.0
三菱美呗洗中块	1415~1430	22	22	388	430	7.5
幌内特中块	1245~1275	—	—	381	422	7.0
新幌内特中块	1275~1305	—	—	374	423	45.0

① 燃烧比率为固定碳与挥发分之比值。

日本只有东京丰洲煤气厂使用此型，在欧美已有较多的煤气厂使用。

2) 装置

有代表性的吉艾 (G.I.) 式完全气化装置流程，如图 8-1、8-2、8-3 所示。

图 8-1 为典型的吉艾 (G.I.) 式装置，由发生炉、过热器、固定器及增热器组成，制气工艺为三期循环法，即以鼓风，上吹制气及下吹制气等三期组成一个循环周期。

图 8-2 为具有不设格子砖的增热器及预热上吹制气用的蒸汽过热器，制气工艺为无下吹制气期的二期循环法。

图 8-3 为无增热器，过热器及固定器不用重油增热的型式。但装有蒸汽过热器，制气工艺为二期循环法。

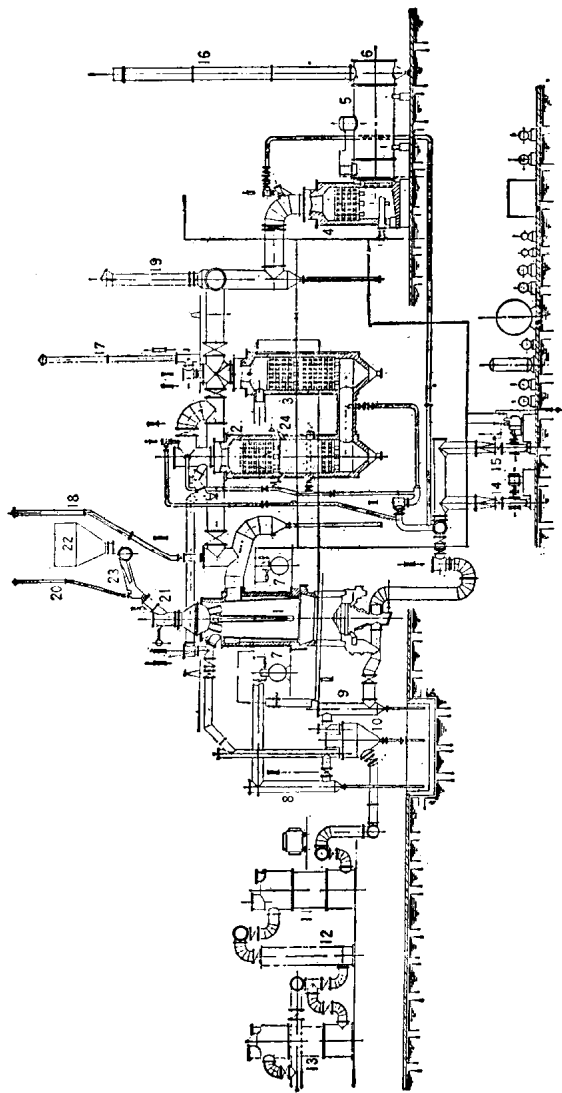


图8-1 吉艾式完全气装置

1—发生器；2—过热器及增热器；3—固定器；4—燃烧室；5—废热锅炉；6—烟室；7—汽包；8—上吹制气洗涤塔；9—下吹制气洗涤塔；10—水封器；11—脱焦油器；12—冷凝器；13—脱油器；14—电动机驱动空气鼓风机；15—蒸汽涡轮驱动空气鼓风机；16—主烟囱；17—固定器烟囱；18—发生器烟囱；19—辅助烟囱；20—放散管；21—自动加料器；22—加料斗；23—振动筛；24—喷油器

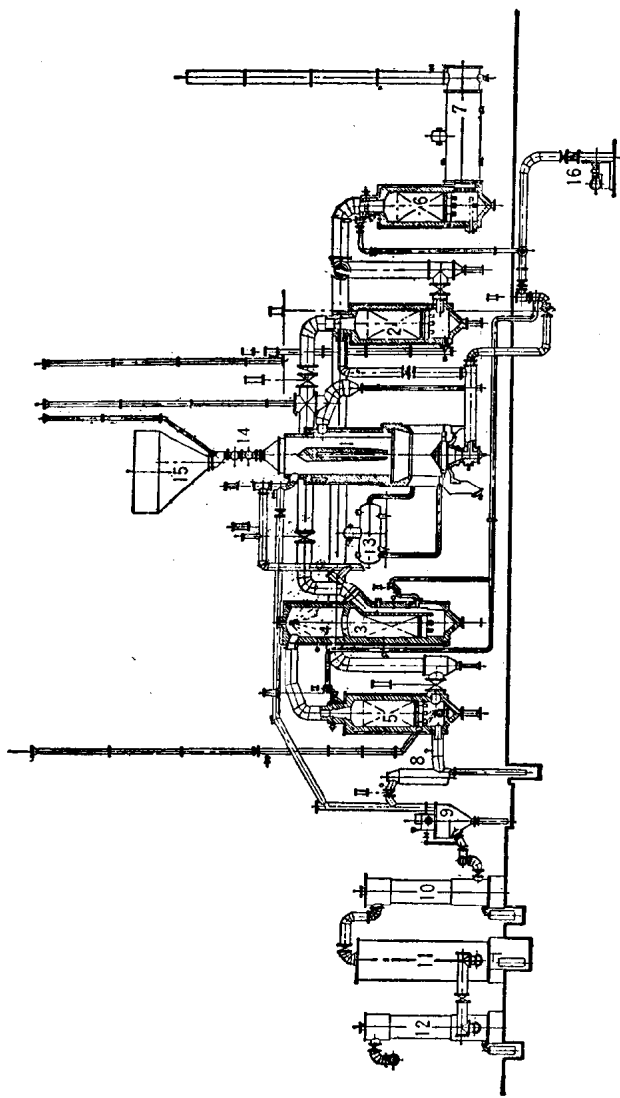


图8-2 吉艾式完全气化装置

1—发生器；2—蒸汽预热器；3—过热器；4—增热器；5—固定器；6—燃烧室；7—废热锅炉；8—洗涤塔；9—水封；10—脱焦油器；11—冷凝器；12—脱油器；13—汽包；14—自动加料器；15—加料斗；16—鼓风机

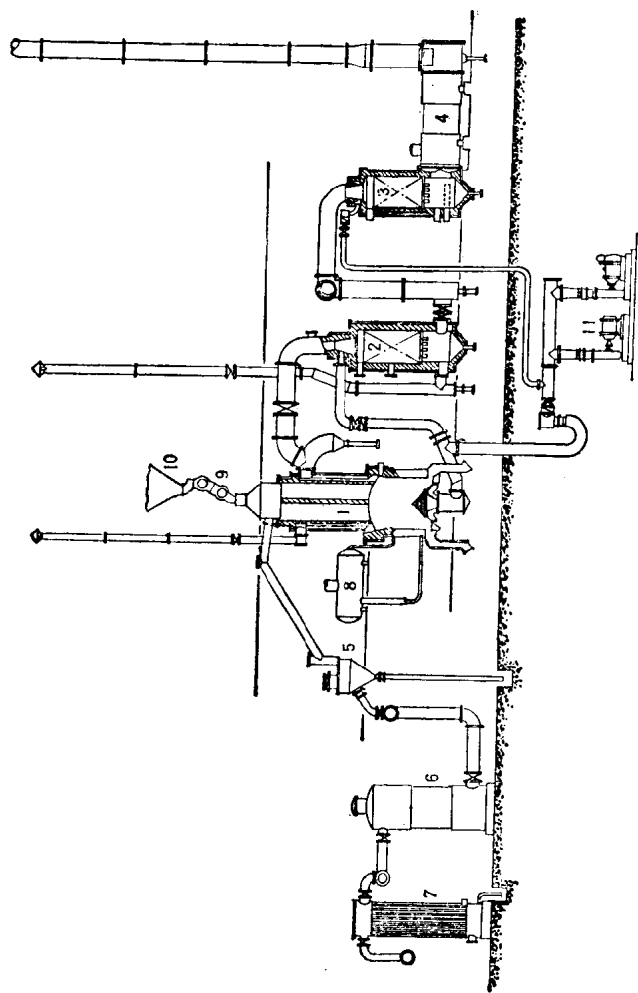


图8-3 吉艾式完全气化装置

1—发生器；2—蒸汽预热器；3—燃烧室；4—废烧室；5—水封；6—脱焦油器；7—冷凝器；8—汽包；9—自动加料器；10—加料斗；11—鼓风机

由于每个设备都与一般的增热水煤气装置相同，故仅就特性简述如下。

干馏塔装置

干馏塔不仅在吉艾式中很重要，而在其它型式的完全气化装置中也很重要。原料煤从塔的上部装入后逐渐加热，既要防止产生的煤气及焦油分解，又要在到达最下部的过程中完全焦化，为此，吉艾式干馏塔采用了很多措施，其特征如下：

① 塔径自上至下逐渐增大，使用具有若干膨胀性的原料煤也能顺利下降（东京丰洲煤气厂的干馏塔上径为2850毫米，下径为3250毫米）。

② 塔内设有4~5个隔墙，隔墙及外墙均有供鼓风气流流通的垂直孔道。因此，在鼓风期煤的干馏效率很好，不会发生未经干馏的煤降落到气化层的现象。这不仅有效地利用热源，而且能保持墙温不低于 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，为使用若干膨胀性煤种创造有利条件，从而使煤接触高温墙面时，急剧气化而丧失塑性，同时产生一些收缩，有利于煤层的顺利下降。

③ 在竖向加热火道内部设有调节砖，能保证通风及加热的均匀。图8-4及图8-5为干馏塔断面图。

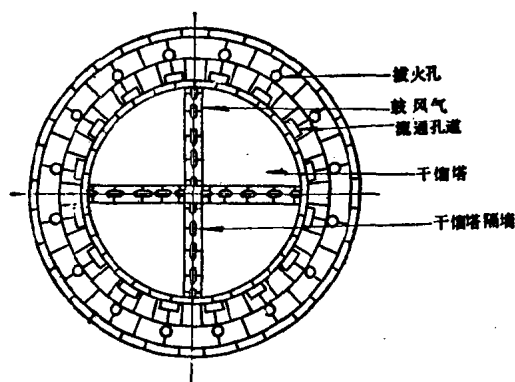


图8-4 干馏塔断面

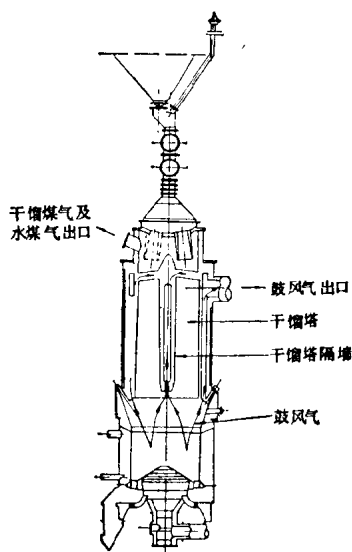


图8-5 干馏塔断面

时钟罩阀下降，待加料完毕钟罩上升将加料斗口封闭后，再打开挡板阀向加料斗装料。

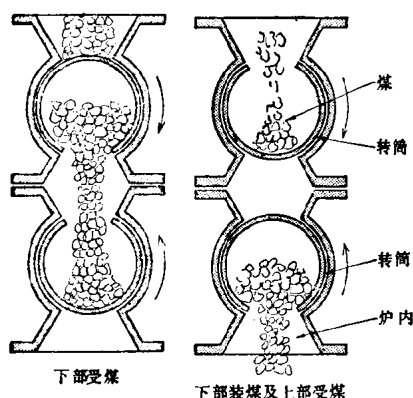


图8-6 转筒型自动加料机

自动加料装置

加料装置，有以煤为原料和以煤、焦并用的两种。这两种都是根据炉内料面高度自动进行加料的，而且在加料过程中不会影响制气。但在构造上两者有很大差别。

以煤为原料时采用转筒型自动加料机，如图8-6所示，有能转 180 度的转筒两个，装料与送料交替进行，以便在加料时保持炉内外隔绝。

煤、焦并用者，为防止焦的磨损而采用钟罩阀和挡板阀组合的自动机（图8-7）。加料

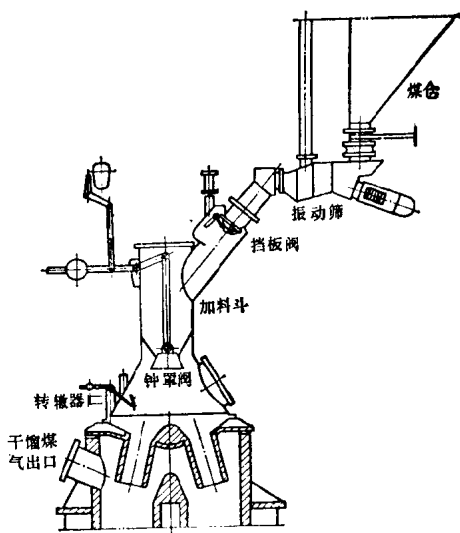


图8-7 自动加料机