

中压加氢厂的主要設備

北京石油学院 編著

石油工业出版社

中压加氢厂的主要设备

北京石油学院 編著

石油工业出版社

內 容 提 要

這本書較為詳細地敘述並分析了中壓加氫廠內幾種主要設備（水煤氣發生爐、變換爐、氫氣發生爐、中壓反應器、加熱爐等）的結構以及製造水煤氣、氫氣和加氫的原理及工藝流程。書中對於各種設備的材料選用、安裝方法、鑑定方法等也作了簡單的介紹。

本書可供中等技術學校煉廠機械專業的学生及從事于石油及化學工業機械工作者參考。

統一書號：15037·778

中 壓 加 氫 廠 的 主 要 設 備

北京石油學院編著

*

石油工業出版社出版（地址：北京六部及石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第058號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本 * 印張8 $\frac{1}{2}$ * 158千字 * 印1--1,200冊

1959年8月北京第1版第1次印刷

定價（10）1.30元

編 者 的 話

在党的社会主义总路綫的光輝照耀下，祖国年輕的石油工业正在飞跃发展着。在祖国辽闊的土地上，在天然石油与人造石油並举的方針指导下，大中小型厂矿，正在紛紛建立。随着小型煤炼油厂的大量出現，在石油工作者面前又提出了新的龐大的任务——如何將煤焦油多快好省地进一步加工成高級的机用燃料。經過許多研究，已找到了一些方法，其中以中压加氢法具有很多优越性。要建設一座中型的中压加氢工厂也不是件容易的事，特别是在设备的設計、制造、安装等方面，过去是很少看到有本較為完整的書籍作这方面的介紹；这也給各地方大办煤炼油工厂带来一定的困难。本書的目的就是企图在解决这个困难中提供一份力量。

我們在党的教育方針的指导下，經過了一段生产劳动与实际設計工作，在党的领导下，师生結合，發揮冲天干劲，敢想敢干，在很短的时间內完成了本書的編写初稿。当然由于我們还缺乏实际經驗，時間又极为短促，本書必然存在不少缺点，我們热忱地希望閱讀它的同志多多提出寶貴的意見。

本書的对象是中等学校毕业的专搞石油厂机器設備的工作人员，为此力求实用与詳細。內容主要是造气、制氢，加氢三部分的主要設備，重点放在結構分析上，以便于作結構設計之用；另外也以一定篇幅介紹了有关安装，鑑定，材料选用等方面的內容，以便从机械工作者角度对全厂設備有个全面的掌握与熟悉。

目 录

編者的話

緒論	1
----------	---

第一編 造气及制氢設備..... 4

第一章 水煤气制造的工艺与設備..... 4

第一节 水煤气制造工艺及主要設備簡述.....	4
-------------------------	---

第二节 間歇式水煤气发生炉.....	13
--------------------	----

第三节 水煤气发生炉的油压自动控制.....	58
------------------------	----

参考文献	71
------------	----

第二章 水煤气变换制氢的工艺与設備72

第一节 水煤气变换制氢的原理和流程.....	72
------------------------	----

第二节 水煤气变换制氢的主要設備——变换炉.....	77
----------------------------	----

第三节 变换炉的焊接与安装.....	97
--------------------	----

参考文献	98
------------	----

第三章 鉄—汽法制氢的工艺与設備.....98

第一节 鉄—汽法制氢的原理、流程及原料.....	98
--------------------------	----

第二节 氢气发生炉及蓄热室.....	107
--------------------	-----

第三节 氢气发生炉的輔助設備.....	121
---------------------	-----

参考文献	132
------------	-----

第二編 中压加氢的主要設備..... 133

第四章 中压汽相加氢装置 工艺流程..... 133

第一节 加氢原理.....	133
---------------	-----

第二节 煤焦油及其馏分的工业加氢方法.....	134
-------------------------	-----

第三节 中压汽相加氢工艺流程.....	135
---------------------	-----

第四节 中压加氢的工艺特点和对設備的要求.....	138
---------------------------	-----

第五章 中压加氢 设备的結構..... 138

第一节	加氢反应器的结构	138
第二节	中压加氢加热炉	144
第三节	热交换器	152
第四节	产品冷却器	157
第五节	产品低温分离器	158
第六章	中压加氢设备材料的选择	159
第一节	中压加氢工作条件及对材料的要求	159
第二节	高温对金属性能的影响	162
第三节	介质对金属的腐蚀	165
第四节	钢材的选择	168
第七章	中压加氢筒的制造及设计	169
第一节	筒的类型及制造	169
第二节	中压容器的分类及设计	171
第三节	中压加氢筒的密封	173
第四节	中压容器设计计算举例	179
第五节	内保温	182
第八章	中压加氢装置的管道设计及安装	187
第一节	管道的连接和密封	188
第二节	法兰联接的计算	192
第三节	中压管线的安装	199
第四节	煤焦油加氢厂中酚的腐蚀, 防止方法	203
第五节	燃管	205
第九章	设备的检验及鉴定	207
第一节	设备的探伤	207
第二节	材料滴定鉴定法	210
第三节	填料盒安装工艺过程及密闭性试验	213
第四节	设备及管道水压试验及气密试验	215

緒 論

在石油工业中貫徹了大中小相結合，天然石油与人造石油並举的两条腿走路的方針后，在1958年中，全国就建起了一千多个中小型煤炼油厂，生产了大量的煤焦油，而要从这些煤焦油中制取高质量的馬达燃料，主要是采用燃料的破坏加氢方法。

破坏加氢就是在較高氢压下及在催化剂作用下加氢和分解的过程，也就是在高压氢气中及在催化剂作用下，使原来大分子量的可燃性物質經过分解及加氢等反应，轉化成分子量較小的馬达燃料。利用破坏加氢的方法，可以使烟煤、褐煤、瀝青、热裂化残油等加工成汽油，柴油等产品。

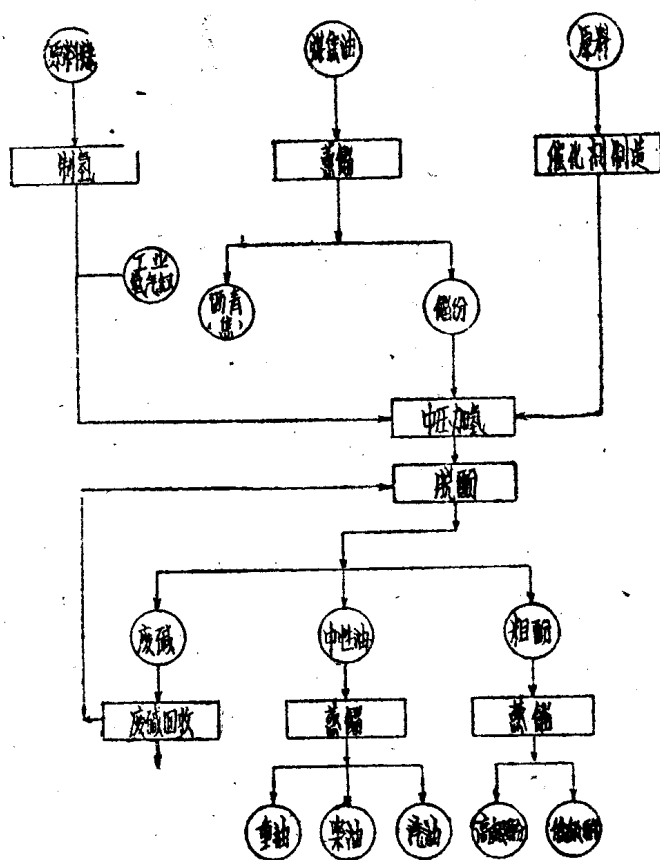
近几十年来，破坏加氢已經在工业上得到了应用，特别是在德国，破坏加氢工业得到了广泛的发展，但过去破坏加氢过程都是在高温高压下进行，因此对設備的材料、結構，制造等都提出了很高的要求，建造的投資多，技术复杂，所有这些都使破坏加氢的广泛采用受到了一定的限制，因此必須寻求一种降低压力的方法。經过不断的研究，在这方面已得到一定成果，並已开始走向工业化。

在液相加氢方面，如匈牙利瓦尔格教授发表的方法是一种悬浮床液相加氢方法。我国已在此基础上对古城子煤焦油的中压液相加氢作了进一步的研究。

对于汽相加氢來說，降低压力的主要方向是寻求便于再生的高活性加氢催化剂。在这方面我国也进行了一系列的研究，並已取得了一定成果。

現將中压汽相加氢之一般总流程介紹如下：

煤焦油經过蒸餾分出残油或瀝青，將較輕的餾份送去中压加氢，加氢是在70大气压，400多度下进行的。加氢生成油經过脫



中压加氢总体流程

酚后可蒸馏得汽油，柴油，重油等产品，而脱酚所得之粗酚，可经减压蒸馏精制成工业上贵重的精酚。煤焦油之蒸馏可以采用常减压蒸馏分出沥青，也可用与回流焦化，薄层焦化等简易加工相结合的方法得到电极焦等，视产品之要求而定。

这种方法主要优点：

1. 降低了系统的压力，使设备简化，特别是避免了高压容器的制造，使加氢工业中贯彻大中小相结合之方针成为可能。

2. 采用了高效率的固定床破坏加氢，因此工艺过程简单，比

較經濟。

中压加氫在我国还刚开始，如何結合中压加氫之特点来选用材料，設計設備等，也还是一个新的問題，本書是从机械角度，对中压汽相加氫厂中常用設備进行了分析，探討。在許多方面同样也适用于中压液相加氫厂。由于蒸餾及脫酚部份基本上是一般的常压設備，如管式炉、常压塔等，在其他書籍及文献中已有很多介紹，故在这里不再重复。

第一編 造气及制氫設備

第一章 水煤气制造的工艺与設備

第一节 水煤气制造工艺及主要設備簡述

一、概述:

水蒸汽通入赤热的焦炭能生成CO和H₂的混合气体,即按下列反应式进行: $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 28380 \text{卡/克分子}$,这种混合气体称为水煤气。水煤气是一种能燃烧的气体,它与空气混合遇到火源产生剧烈氧化反应(燃烧)形成爆炸。水煤气中,含有的CO有毒,因此对于水煤气制造的设备,必須很好地加以密封。水煤气可用作燃料气,而更广泛的用途是用作人造石油和氮的合成原料。

二、水煤气制造方法:

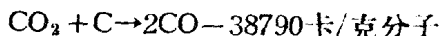
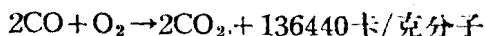
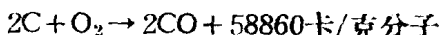
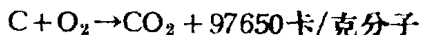
水煤气制造方法很多,制造作原料气的水煤气,最常用的而且在目前工业中应用最多的是間歇式制法。

間歇式制法的过程大致如下:在第一阶段將空气送进(鼓风)发生炉中,使焦炭进行燃烧,在第二阶段切断空气而吹进水蒸汽与赤热焦炭相遇而产生水煤气,就是說:此种生产方法,是有吹风和造气两过程循环操作,水煤气是不連續生产的,故称間歇式水煤气制法。因为制造水煤气的化学反应,是吸热反应,用連續式制法就必须連續供給所需要的热量。随着供給热量的方法不同,連續式制法有:通入強力加热的水蒸汽或水蒸汽—循环煤气混合物的方法;吹进水蒸汽—純氧混合气的方法。除以上內部供热的方法外,也有用繞圍着气化室外部用燃烧煤气的办法来进行外部供热的方法

使用連續式制法需要龐大而複雜的設備，在技術操作上也是比較複雜些，所以工業上還未得到廣泛採用。

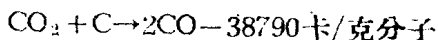
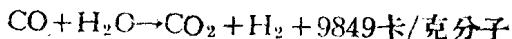
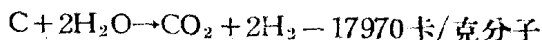
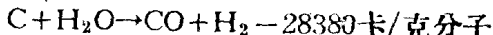
三、間歇法製造水煤氣的基本原理：

1. 吹風過程 當鼓風機把空氣送入發生爐時，燃料進行下列主要化學反應：



由上列反應式中可以清楚看出，燃料起氧化作用，主要是放熱反應，燃料放出熱量大部份積存在燃料層內，來提高燃料層溫度。

2. 造氣過程 當燃料燃燒到一定程度，就改用水蒸汽通入發生爐內，與赤熱的焦炭相遇，其主要化學反應式如下：



上列反應式是還原作用，主要是吸熱反應，故當爐溫降到一定程度後必須再進行吹風過程，如此循環操作。

間歇式水煤氣發生爐所用燃料，採用揮發份低於8%的煤炭，如焦炭，半焦，無煙煤等。它們的氣化率是60—70%。只有採用連續式生產水煤氣時，才用煙煤，褐煤等揮發份較高的原料。

發生爐內燃料的分層情況如圖1—1所示，其中氧化和還原兩層稱為氣化層。爐內最高溫度是按燃料的灰熔點而定，一般來說，氣化帶溫度為1000—1200℃。吹風時，氣體在乾燥層和干餾層冷卻後出爐，溫度仍在600℃左右。但目前正在採用厚層氣化法，即把爐頂燃料層增加到相當的厚度，則氣體大部份熱量都被

燃料吸收作預热用，故炉出口温度只有 200°C 左右，若此法应用成功，则可完全省去废热回收的一大套设备，节省大批钢材。但这样排走的空气煤气的发热量要损失在大气中，所以还应设法利用这部份热量。

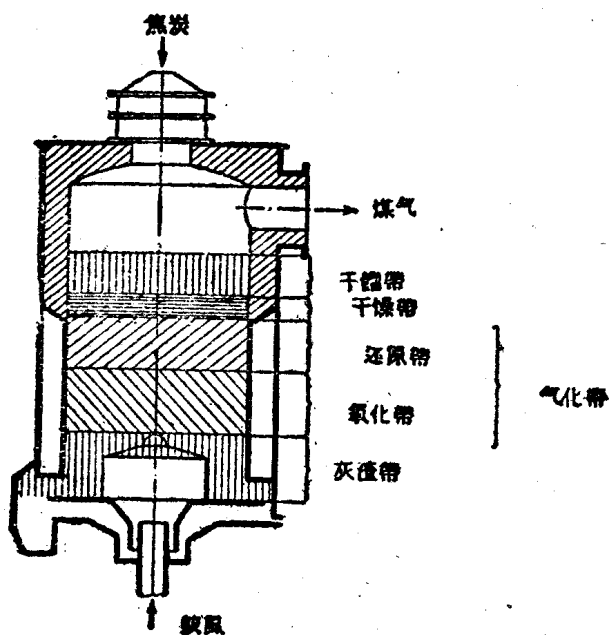


图 1—1 水煤气发生爐中各层分布图

四、間歇法制造水煤气的操作过程:

根据間歇法水煤气制造的特点，在吹风和造气二过程中的循环一般有 5 个（或 6 个）連續的操作阶段（见表 1）。

1. 吹风 由炉底向炉内吹进空气使炉内燃料层燃烧，炉上部出来的是高温（ 600°C 左右）的空气煤气，它以切綫方向經过除尘器进到蓄热室，与同时进入的二次空气相混合而进行燃烧，放出大量热量，加热了内部格子砖，然后进到废热鍋炉的管子内，把残热传給水，使产生水蒸汽作为造气用的一部份，最后低温废汽从烟道放出，此阶段所需時間約50—60秒。

表 1

次 序	阶 段	时 間 (秒)	設 备				气 体
			1. 发 生 爐	2. 除 尘 器	3. 蓄 热 室	4. 废 鍋	5. 洗 煤 塔
1	吹	50 — 60					5. 洗煤塔
2	吹	2 — 4					5. 洗煤塔
3	上	30 — 40					5. 洗煤塔
4	下	60 — 70					5. 洗煤塔
5	三上	—10					5. 洗煤塔
6	空吹	2 — 4					5. 洗煤塔

2. 吹淨 关闭空气閥，从炉底吹进水蒸汽，剛产生的煤气質量不好，把它排出，也赶走了在管道中的残留空气煤气。气体路綫与吹风阶段一样，時間約 2—4 秒。

3. 上吹 在吹淨过程中，只要把煙道活門关闭，就形成上吹造气，炉上部管道出来的是水煤气，也經過除尘器、蓄热器、废热鍋炉，最后进入洗滌塔，除去残留小灰塵和水煤气中的水蒸汽，又达到冷却作用，最后由引出管道进入水煤气儲罐，時間約 30—40 秒。

4. 下吹 关闭水蒸汽的炉底管道閥，而打开炉上部管道閥，使水蒸汽改由炉上部吹入，形成下吹造气，炉底出来的是下吹煤气。因炉底經過了上吹，故出口煤气温度在 200°C 左右，一般就沒有再利用其废热的必要，可直接把它通入洗滌塔，再进到水煤气儲罐。時間約 60—70 秒。

5. 二次上吹 与第一次上吹一样，炉底通入水蒸汽，炉上部管道出来煤气，經過路綫亦与上次相同，二次上吹目的是吹走管道煤气，以免下一循环再吹空气时引起爆炸，利用二次上吹就可保証安全操作。二次上吹時間約 10 秒。

6. 空气吹淨 关闭水蒸汽閥而打开空气閥，气体經過路綫与上阶段同。此阶段目的是赶出設備內及管綫內的残留水煤气，以減少損失。時間約 2—4 秒。也是下一循环的准备阶段。有些工厂为了簡化步驟就不要这一阶段。

上面 5 个（或 6 个）操作过程組成一个循环週期，共需時間普通約为 3—4 分鐘，在这期間要把六个管道活門各开閉一次或一次以上，以改变气体流动方向，可見其操作过程是相当复杂的，故大型水煤气发生炉的操作，一般是采用油压自动控制来进行的，在小型水煤气发生炉中就用人工来操作。

五、間歇法制造水煤气的流程:

如图 1—2 是一种利用吹风气与上吹煤气的热量的典型流程，称石井式。由于利用废热的不同，还有其他流程，如只利用

吹风气废热的平基式系统流程；完全利用吹风气上吹，下吹煤气的废热的流程。根据不同的流程，有不同的设备和操作，但基本原理是一样的。

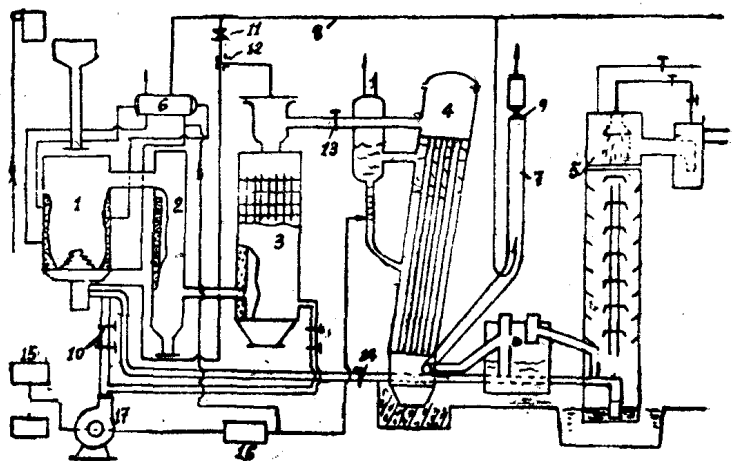


图 1-2 石井式系统流程图

1—发生炉；2—除尘器；3—蓄热器；4—废热锅炉；5—洗涤塔；6—蒸汽包；7—烟道；8—总蒸气管；9—烟道开闭器；10—空气开闭器；11—总蒸气开闭器；12—切换蒸气开闭器；13—上煤气开闭器；14—下煤气开闭器；15—水罐；16—水泵；17—鼓风机。

六、间歇法制造水煤气的主要设备简述：

下面我们来叙述生产5000米³/时的设备：

1.发生炉 它是一个外径3米，高5米的炉子（图1—3）。内外壁为钢板，上部有耐火砖，下部为夹层水套。炉顶部份有自动加料或人工加料机构。炉底部份有灰盘转动机构，带动塔形火格子和使灰刀自动扒灰。炉底和炉上部都有气体进出口，以作通入及导出气体用。

2.除尘器 是一个外径为1.5米，高5米的圆柱体，底部为锥形，内砌耐火砖，气体«上部切线方向吹入，旋转而向下走，灰粒因离心力作用抛向边壁，然后由惯性而自动下落到底部，构造如图1—2中所示的2。

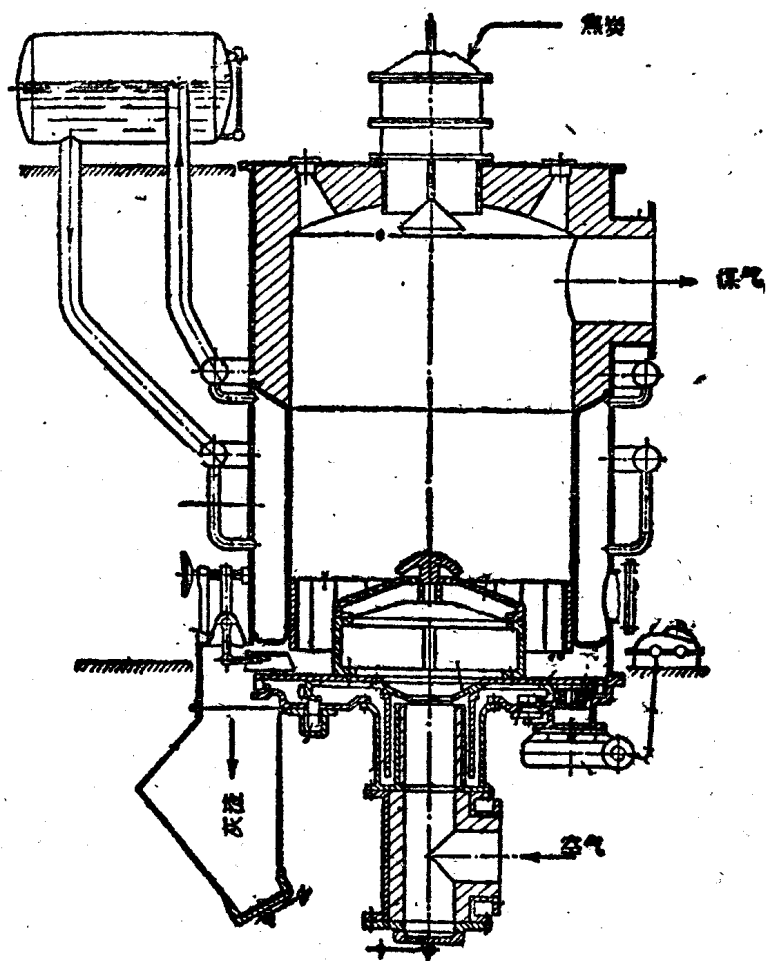


图 1—3 发生爐

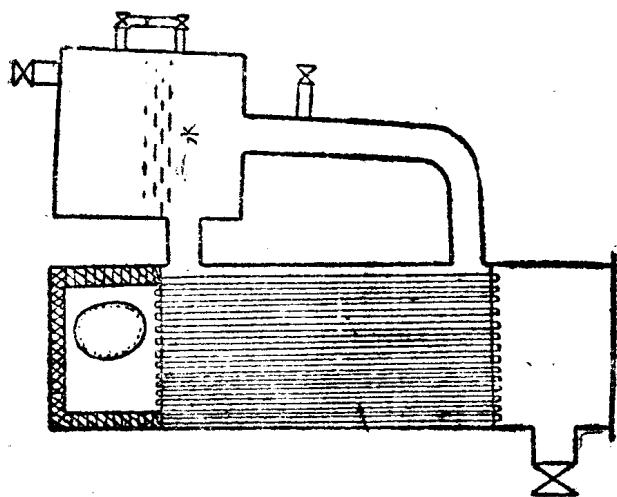


图 1-5 废热锅炉构造图

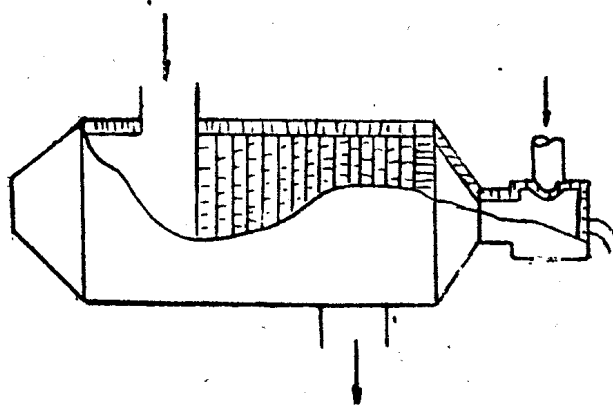


图 1-4 蓄热器构造图