

碳 化 法 合 成 氨 流 程 制 碳 酸 氢 铵

压 缩

(第二版)

丹阳化肥厂等编

41.6

:2

化 学 工 业 出 版 社



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



碳化法合成氨流程制碳酸氢铵

压 缩

(第二版)

丹阳化肥厂等 编

化学工业出版社

内 容 提 要

本书是《碳化法合成氨流程制碳酸氢铵》第二版《压缩》分册，和第一版相比主要加强了气体压缩过程基础理论的叙述，补充了压缩机的维护与检修。

全书共分八章。分别叙述了活塞式压缩机的分类、特点及型号；气体压缩过程的基础理论，热力计算，工艺流程，主要设备结构，操作管理，事故处理及压缩机的维护与检修等。

本书第一版由丹阳化肥厂编写，本版由江苏省常熟化肥厂修订，孙伯涛执笔。王师祥（江苏省化学石油工业厅）、姚虎卿（南京化工学院）；陈广爱（南京化学工业公司化工学校）进行了审查修改。

本书可供小氮肥厂操作工人学习，也可供技术人员、管理干部及中等专业学校无机专业师生参考。

碳化法合成氨流程制碳酸氢铵

压 缩

（第二版）

丹阳化肥厂等 编

责任编辑：孙绥中

封面设计：孙立

化学工业出版社出版

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092^{1/32}印张4插页2字数85千字印数1—3,270

1985年4月北京第2版1985年4月北京第1次印刷

统一书号15063·3663定价0.70元

第二版前言

《碳化法合成氨流程制碳酸氢铵》自一九六六年出版以来，受到了小型氮肥厂广大工人的欢迎，多次重印，为配合小型氮肥厂工人的技术培训和發展氮肥生产起了积极的作用。

近年来，随着小型氮肥厂生产技术和管理水平提高，原料、工艺、设备、能量利用等都有了新的发展，第一版的内容已嫌不足。为满足广大工人的需要，我社请江苏省化学石油工业厅组织丹阳化肥厂等单位对这套工人读物进行了修订。

这次是以本书一九六六年第一版为基础，以江苏省13公斤/厘米²加压变换串加压碳化的新版设计为依据，重新进行编写的。在编写过程中，考虑到目前小型氮肥厂广大工人对碳化法合成氨流程制碳酸氢铵的生产具有一定的知识和实际操作经验，因此主要加强了基础理论的阐述，补充了近年来发展的新工艺和新技术，增加了对操作管理的理论分析。

本书第二版按生产工序分为《造气》、《脱硫》、《变换》、《压缩》、《铜洗》、《合成》、《碳化》、《分析检验》等八个分册。每一分册包括生产原理、工艺流程、工艺条件选择、主要设备结构和生产操作等内容。各分册均保持一定的完整性和独立性，以便于小型氮肥厂各操作工序的工人选用。

目 录

第一章 概述	1
第一节 活塞式压缩机的分类及其特点	2
第二节 活塞式压缩机的型号	4
第二章 活塞式压缩机的工作原理	6
第一节 气体的压缩过程	6
第二节 理论示功图和实际示功图	7
第三节 气体压缩的三种过程	10
第四节 多段（级）压缩	12
第五节 活塞力及其平衡	15
第六节 压缩机的生产能力及其影响因素	17
第三章 活塞式压缩机的热力计算	22
第一节 气体的状态方程	22
第二节 压缩机的排气量及生产能力的计算	27
第三节 压缩机的功率计算	31
第四章 压缩系统的流程和设备	36
第一节 压缩系统的气体流程	39
第二节 压缩系统的设备	42
第三节 压缩机的润滑系统	53
第四节 无油润滑	56
第五节 废油再生	60
第五章 压缩机的生产操作	63
第一节 压缩机的开车	63
第二节 压缩机的停车	70
第三节 压缩机的倒车	72

第四节 压缩机的正常操作	72
第六章 压缩机的故障及其处理	77
第七章 压缩机的维护和检修	88
第一节 压缩机的维护	88
第二节 压缩机的检修	96
第八章 活塞式压缩机简介	109
第一节 2D型压缩机	109
第二节 L3.3-17/320(150) 压缩机	112
第三节 双L3.5-3.2/10-320型压缩机	115
第四节 4M型压缩机	118

第一章 概 述

在合成氨生产过程中，原料气的净化和氨的合成都需要在一定的压力下进行，才能有效地清除原料气中的有害成分，获得较高的氨产率。因此，在原料气净化和氨合成之前，需要用压缩机将原料气压缩至所需要的压力后输送至各工序进行处理。不同的工艺流程对压缩工序有不同的要求，这与合成氨用原料气的制备及氨的合成工艺方法有关。小氮肥采用以无烟煤（或焦炭）为原料制取合成氨流程如图 1-1 所示。

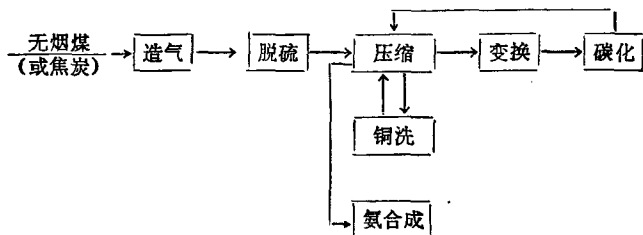


图 1-1 以无烟煤（或焦炭）为原料制取合成氨流程示意图

因此，气体压缩是合成氨生产中一个十分重要的中间工序，压缩机的生产能力及其工作好坏，直接影响着变换、碳化（或水洗）、铜洗、氨合成等工序。压缩岗位的操作人员除需保质、保量地完成这个工序的任务外，还应设法节约电能消耗和挖掘压缩机的潜力，以达到增产节约的目的。

第一节 活塞式压缩机的分类及其特点

活塞式压缩机在合成氨工业中的应用十分广泛。一般按其不同特点，分为

一、按压缩级（段）数分

（一）单级压缩机，用一级压缩到所需要的压力，一般压力比为2~8。

（二）双级压缩机 用两级压缩到所需要的压力，总压力比为8~50。

（三）多级压缩机 用多级压缩到所需要的压力，总压力比为50~1000。

二、按活塞、气缸的排列及组合分类

（一）卧式压缩机，气缸和机座的配置和地面平衡，活塞为水平往复运动，分单列和双列；

（二）立式压缩机气缸和机座的配置和地面是直立的，活塞为垂直向往复运动；

（三）角度式压缩机各气缸轴线彼此成一定角度，但不等于180°。由于气缸中心线相互位置不同，有L型、V型、W型等。

（四）串联式压缩机 几个气缸串联排列在一根活塞杆上。

（五）并列式压缩机 几个气缸平行排列于数根活塞杆上。

（六）对称式压缩机 气缸对称分布在曲柄两侧。

三、按活塞动作分

（一）单吸式压缩机，仅在活塞的一侧进行吸气、压缩、排气。活塞往复一次进行一次压缩冲程。

(二) 双吸式压缩机，在活塞两侧均能进行吸气、压缩、排气。活塞往复一次进行两次压缩冲程。

四、按输送的气量分

小型，输气量 $<10\text{米}^3/\text{分}$ ；

中型，输气量 $=10\sim100\text{米}^3/\text{分}$ ；

大型，输气量 $>100\text{米}^3/\text{分}$ ；

五、按排气压力分

低压，排气压力 $<10\text{公斤}/\text{厘米}^2$ （表压）；

中压，排气压力 $=10\sim100\text{公斤}/\text{厘米}^2$ （表压）；

高压，排气压力 $=100\sim1000\text{公斤}/\text{厘米}^2$ （表压）或更高。

六、几种常见的活塞式压缩机的特点

（一）立式压缩机

立式压缩机的气缸中心线和地面垂直。由于活塞环的工作表面不承受活塞的重量，因此气缸和活塞的磨损较小，活塞环的工作条件有所改善，能延长机器的使用年限。立式压缩机的负荷使机身承受的载荷主要是拉伸和压缩应力，受力情况较好，所以立式压缩机结构简单，重量轻。同时往复运动的惯性力垂直作用在基础上，而基础抗垂直振动的能力较强，基础小，占地面积少。但它的主要缺点是气阀和级阀管道的布置较困难要求厂房高，特别是，对大型的立式压缩机的安装、维修和操作不方便。

（二）卧式压缩机

卧式压缩机的气缸中心线和地面平行，分单列卧式和双列卧式。由于整个机器都处于操作者的视线范围之内，管理维护方便。曲轴、连杆的安装拆卸都较容易。其主要缺点是惯性力不能平衡，转速受到限制，导致压缩机、原动机和基础的尺寸及重量较大，占地面积大等，在大、中型压缩机的

领域内已被淘汰，但因结构紧凑，零件少，小型高压压缩机中仍采用。

(三) 角度式压缩机

角度式压缩机的各气缸中心线彼此成一定的角度，结构比较紧凑，动力平衡性较好，因而可取较高的转速。

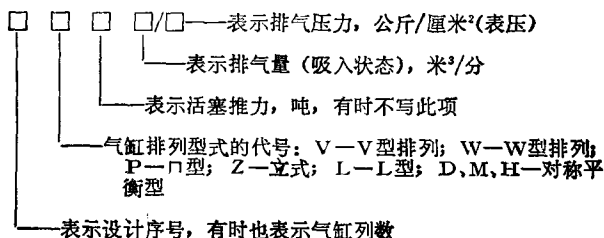
L型压缩机相邻两列气缸中心线夹角为 90° ，分别作垂直和水平布置。它除具有角度式压缩机的共同优点外，机身受力情况比其它角度式有利，机器运转更平稳。

(四) 对称平衡式压缩机

对称平衡式压缩机除具有卧式压缩机的优点外，还有自己独特的优点，如它的气缸是按横卧对称多列的方式排列，活塞成对称运动。即曲轴两侧相对两列的活塞对称地同时伸长，同时收缩、因而称为对称平衡型。对称平衡型的压缩机惯性力可以完全平衡，因而机器的转数可以大大提高，主轴的转数可比旧的卧式压缩机提高 $1 \sim 1.5$ 倍，因此压缩机和电动机的外形尺寸和重量，均可减少 $50 \sim 60\%$ 。同时由于相对两列的活塞力相反互相抵消，因而改善了主轴颈的受力情况，减少主轴颈和主轴承之间的磨损。

第二节 活塞式压缩机的型号

一般活塞式压缩机的型号由以下几部分组成。



例如：

4 M 8 30/320——排气压力为320公斤/厘米²（表压）
 ——排气量为30米³/分（吸入状态）
 ——活塞推力为8吨
 ——气缸为M型对称平衡排列
 ——气缸列数，4列

小型氮肥厂采用的压缩机，多数是L型六级活塞压缩机。

第二章 活塞式压缩机的工作原理

第一节 气体的压缩过程

活塞式压缩机由气缸和活塞组成的。活塞在气缸中作往复运动来减小体积，以使气体分子相互接近，这种提高压力的原理，就是活塞式压缩机的基本工作原理。

图 2-1 所示是一单作用式压缩机。当活塞在气缸内往复一次，气体在气缸内的运动是由吸入、压缩和排出等三个阶段完成的。现将三者分述于后：

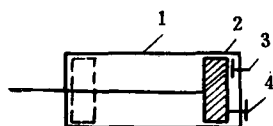


图 2-1 单作用式压缩机的气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸入阀门；4—压出阀门

1. 吸入 当活塞 2 向左移动时（图 2-1），气缸内体积逐渐增大压力逐渐下降；当压力降到稍低于进气管中的气体压力时，则进气气体便顶开吸入阀 3 吸入气缸。该过程一直持续到活塞至左边末端（又称左死点）为止。

2. 压缩 当活塞 2 调转方向自左向右边移动时，这时吸入的被压缩，随着活塞的不断右移，气体体积不断缩小，压力不断上升。当气缸内压力上升至等于排出管道内气体的压力时，该过程即结束。

3. 排出 当活塞再继续右移时，气缸内的气体压力升高到稍高于出口管中的气体压力时，气体便顶开排出阀 4 而

被排出气缸进入出口管中。该过程一直持续右移至右边末端（又称右死点）为止，然后活塞又开始调转方向向左移动，又重复上述动作。

由于活塞在气缸内不断地往复运动，使气缸循环地吸入和压出气体。这样，活塞每往复一次称为一个工作循环；活塞每移动一次所经过的距离叫做冲程。

图 2-2 所示，为一双作用式压缩机的气缸。这种气缸的两端都具有吸入阀和排出阀。其压缩过程与单作用式气缸相同，所不同的只是在同一时间里，不论活塞向哪一方向移动，都能在其前方发生压缩作用，在其后方发生吸气作用。也就是说，无论活塞向左或向右移动，都能同时吸入和压出气体，这种压缩过程叫做双作用。

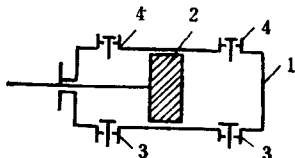


图 2-2 双作用式压缩机的气缸简图

1—气缸；2—活塞；3—吸入阀门；4—压出阀门

第二节 理论示功图 and 实际示功图

一、理论示功图

气体在气缸内体积（ V ）和压力（ P ）的变化，可以用示功器描绘在图纸上，这种图称为压缩机的示功图。从示功图上可看出气体在气缸内的实际工作情况，同时，也可以发现压缩机的工作是否有不正常现象。

如图 2-3 所示，当活塞 2 处于气缸内 A 位置，按箭头 a 自左向右移动，这时活塞左面空间逐渐增大，压力逐渐降低，吸入阀打开，吸气过程即开始。如进入气缸的气体压力

为 P_1 ，则活塞由A点移至B点时所进行的吸气过程，在示功图中，可用一段平行于V轴并和它相距为 P_1 的直线AB来表示。

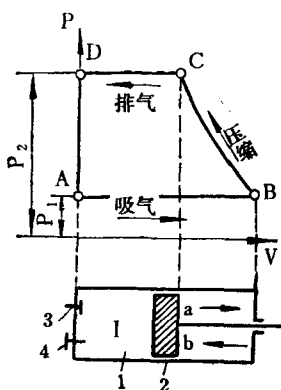


图 2-3 压缩机的理论示功图

1—气缸；2—活塞；3—吸入阀门；4—压出阀门

此直线说明在吸入过程中，气缸压力恒定，而气体的体积却不断增加。

当活塞按箭头向左移动时，气缸的空间缩小，气体开始被压缩；随着活塞继续左移，气体体积（V）不断缩小，气体压力（P）逐渐升高。这一压缩过程，在示功图中以曲线BC表示。

当气缸内的气体压力升高到稍大于出口管中的气体压力 P_2 时，压出阀门被顶开，压出过程便开始。这一过程，在示功图中以一段平行于V轴，并与V轴相距 $P_1 + P_2$ 的直线CD来表示。以直线表示，在排气过程中，气缸内压力保持不变，而体积逐渐减小。

当活塞达到D点时，运行停止，排气过程结束，活塞转而向右移动，气缸内压力下降，压出阀关闭，吸水阀打开，吸入过程又重新开始。活塞在D点改变运行方向，并向右边移动时，气缸内压力下降的过程，在示功图中以垂直于V轴的直线DA来表示。

在理论示功图中，ABCD图形的面积，即表示气缸在一次吸气及排气过程中所消耗的功，也就是活塞在气缸内每往复一次所必须的理论功，通称理论循环功。由图可见，理论

示功图的面积愈小，则将气体压缩到所需压力时消耗的理论功也就愈少。

二、实际示功图

在实际生产的压缩机中，活塞与气缸盖之间是有间隙（余隙）的。此时，压缩机在一个工作循环中，示功器描绘在图纸上的示功图即为实际示功图，如图 2-4 所示。图中曲线所围成的面积称为实际循环功。

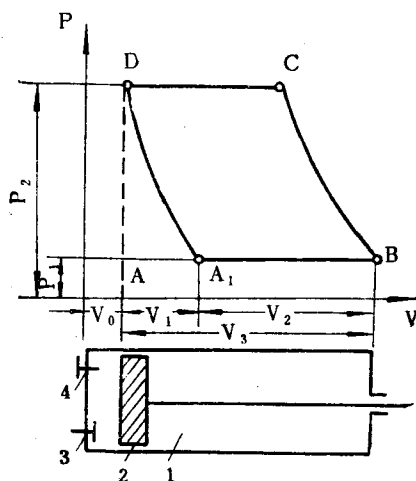


图 2-4 压缩机实际示功图

1—气缸；2—活塞；3—吸入阀门；4—压出阀门； V_0 —余隙容积； V_1 —吸入时余隙容积内的气体膨胀后的体积； V_2 —实际吸入的气体体积； V_3 —活塞压出的气体体积； P_1 —吸入时的气体压力； P_2 —压出时的气体压力

从图 2-4 中可以看出，由于气缸有等于 V_0 的余隙容积，则吸入过程并不是在止点（图中的 A 点）时就开始进行的，而是在活塞向前走了一段距离，直至气缸内压力小于进气管

中的气体压力时，吸入阀 3 才打开，气体才开始进入气缸（图中的 A₁ 点）。因此，实际吸入的气体体积 V_2 小于活塞行程所走过的容积 V_3 。显然产生这种现象的原因，是余隙内的气体膨胀所致（图中 V_0 ）。

实际吸入的气体体积 V_2 与活塞行程容积 V_3 之比 (V_2/V_3)，称为压缩机的容积效率。

容积效率除与余隙容积 (V_0) 的大小有关外，还与压缩比的大小有关。余隙容积一定时，压缩比愈大，容积效率愈小；压缩比一定时，余隙容积越大，容积效率也越小。由图中可以看出，压缩比越小，容积效率数值就越大，这就表示压缩机吸入的新鲜气量的体积 (V_2) 越大，压缩机的打气量也就越大；反之，则越小。

在气缸中（图 2-4），气体排出压力 P_2 与吸入压力 P_1 之比 (P_2/P_1)，称为压缩比，它表示在压缩过程中，气体受压缩的程度。这里所指的气体排气压力 P_2 与吸入压力 P_1 ，都是指气体在气缸中的压力，单位用绝对压力；不是指气缸进、出口上压力表上指出的数值。

第三节 气体压缩的三种过程

气体被压缩时，会产生大量的热，其原因是由于外力对气体作了功。气体受压缩的程度愈大，则其受热的程度也愈大，温度也就升得愈高。

压缩气体时所产生的热量，除了大部分使气体温度升高外，还有一部分传给气缸，使气缸温度升高；并有少部分热量通过气缸壁散失于空气中。

压缩气体时所需要的压缩功，取决于气体状态的改变过程，也就是与压缩气体时热量的传递有直接关系。因热量传