

双加压流程碳酸氢铵生产

脱硫变换

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社

双加压流程碳酸氢铵生产

脱 硫 变 换

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社

内 容 提 要

本书在1969年出版的《小型氮肥厂生产》的基础上，以江苏省三千吨合成氨厂新版设计为依据重新编写的。全书侧重介绍“双加压流程碳酸氢铵生产”，并通过调查研究在内容上增添了近年来一些技术革新成果和实践经验，补充了有关的理论知识。全书共分造气、脱硫变换、压缩、碳化、精制、合成六个分册出版。

本书为这套书的第二分册，书中介绍了氨水脱硫、碱液脱硫的原理、工艺流程、设备、操作中不正常现象及事故处理；介绍了一氧化碳变换反应原理、变换触媒、变换过程的工艺流程、设备、操作管理等经验。

本书可作为新建小氮肥厂培训工人的教材，也可供生产厂的操作工人、管理干部、车间技术人员参考。

这套书由江苏省燃化局组织编写，其中的“造气”、“精制”分册由泰兴县化肥厂执笔；“脱硫变换”、“合成”分册由高邮县化肥厂执笔；“压缩”、“碳化”分册由无锡县化肥厂执笔；全书由泰兴县化肥厂统一整理；最后由南京化工学院无机物工艺教研组审订。在编写过程中，江苏省、浙江省、上海市有关化肥厂均提供了不少宝贵意见。

双加压流程碳酸氢铵生产

脱 硫 变 换

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社 出版

(北京宣武门外大街甲16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787 × 1092 1/32

印张 2 1/2

字数 55 千字

印数 1—21,900

1974年11月第1版

1974年11月第1次印刷

书号15063·2066(化-153) 定价 0.20 元

毛主席语录

社会主义革命和社会主义建设，必须坚持群众路线，放手发动群众，大搞群众运动。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

目 录

第一章	半水煤气的脱硫	1
第一节	氨水中和法脱硫	1
第二节	碱液脱硫	22
第二章	一氧化碳的变换	32
第一节	反应原理	32
第二节	反应条件的选择	34
第三章	变换触媒	41
第一节	触媒的选择	41
第二节	触媒的还原和氧化	43
第三节	触媒的中毒和衰老	44
第四章	一氧化碳变换过程的工艺流程及设备	46
第一节	工艺流程	46
第二节	主要设备的结构及作用	48
第五章	变换系统的操作管理	57
第一节	开车	57
第二节	停车	65
第三节	正常操作控制	68
第四节	操作中不正常现象及处理方法	73

半水煤气中，除氢和氮以外，还含有27%左右的一氧化碳，8%左右的二氧化碳，以及少量的硫化物和氧等。这些都是属于合成氨原料气中的有害杂质，必须逐个清除。硫化物绝大部分以硫化氢(H_2S)形式存在，它会腐蚀设备，堵塞管道，毒害变换触媒，并使铜液大量沉淀，造成严重的堵塞和带液事故。故处理半水煤气的第一步，就是脱硫。半水煤气中一氧化碳含量较高，在清除的同时，应该加以利用。故清除一氧化碳的方法，分成变换和铜洗两个步骤。所谓“变换”，是在半水煤气中的硫化物脱除以后，将一氧化碳与蒸汽反应，在有触媒存在的条件下，使一氧化碳转变成氢和二氧化碳。这样，不但获得了合成氨所需要的氢，而且使绝大部分一氧化碳，变换成为生产碳酸氢铵所需要的二氧化碳。

在这个分册里，介绍硫化物的清除和一氧化碳的变换两个过程。

第一章 半水煤气的脱硫

固体燃料气化法制得的半水煤气中，含有不同数量的各种硫化物。按其化合状态，可分为两类：一类是硫的无机化合物，主要是硫化氢(H_2S)，约占半水煤气中硫总量的90%；另一类是硫的有机化合物，如二硫化碳(CS_2)、硫氧化碳(COS)、硫醇(C_2H_5SH)等，它们是由无烟煤或焦炭中的硫化物受热分解而产生的，其含量随燃料含硫量高低而不同，一般含量为1.0~5.0克/标准米³。有机硫化物，在较高温度

下进行变换反应时，几乎全部能转化为硫化氢。

硫化氢的存在，不仅会腐蚀金属设备，而且会引起一氧化碳变换触媒中毒。此外，硫化氢随气体进入铜洗系统后，还能与铜液中铜离子反应，生成硫化铜(CuS)沉淀，使铜洗系统的操作恶化，并大大增加铜的消耗量。硫化氢含量过高，随气体带到碳化系统时，会使碳酸氢铵结晶颗粒变细，影响分离。

因此，半水煤气中的硫化物必须予以脱除。脱硫后的气体中，硫化氢的含量最好不超过 0.1 克/标准米³。

工业上，脱硫的方法很多，按照脱硫剂的状态可分为湿法脱硫和干法脱硫两大类。湿法脱硫是以溶液作为脱硫剂；干法脱硫是以固体物质作为脱硫剂。当含硫气体通过这些脱硫剂时，硫化物即与脱硫剂产生物理变化或化学变化，分别被溶液或固体物质所吸收或吸附而除去。干法脱硫可以达到很高的净化度，但设备庞大，气体通过脱硫剂的阻力较大，只能处理含尘量较低的气体；湿法脱硫操作较简便，可连续进行，并能处理含尘量较高的气体。所以，目前小型合成氨厂一般都采用湿法脱硫。常用的湿法脱硫，有氨水脱硫法和碱液脱硫法两大类。氨水脱硫法是湿法脱硫中最简单的方法，其主要优点是：操作简单，吸收剂（氨水）可由本厂供给，成本较低；脱硫剂及生成物对设备腐蚀较小；氨水的选择性脱硫能力较强，脱硫效率一般可达 90% 左右。使用氨水液相催化法脱硫时，还能副产有重要价值的硫磺产品。碱液脱硫法的成本较高，气体中二氧化碳损失较大，对设备腐蚀也较大。但如使用砷碱法脱硫时，脱硫效率高，而且能同时脱除硫化氢和部分有机硫，副产硫磺。

下面介绍 3000 吨/年型合成氨厂常用的两种最简单的脱

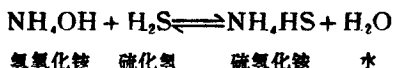
硫方法：氨水中和法和纯碱脱硫法。

第一节 氨水中和法脱硫

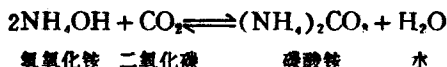
一、氨水脱硫的化学原理

当半水煤气和稀氨水在脱硫塔内接触时，稀氨水就与半水煤气中的硫化氢及二氧化碳发生化学反应，其反应式大致如下：

1. 氨水与硫化氢作用生成硫氢化铵



2. 氨水与二氧化碳起作用生成碳酸铵



3. 碳酸铵又能和硫化氢反应，生成硫氢化铵及碳酸氢铵



在半水煤气中硫化氢及二氧化碳两种酸性气体同时存在的条件下，氨水吸收硫化氢的反应速度很快，而吸收二氧化碳却比较缓慢。实验表明，在一定条件下，氨水吸收硫化氢的速度较吸收二氧化碳的速度大85倍。又因在半水煤气中所含的硫化氢量又比二氧化碳量少得多。故在脱硫过程中可以缩短气液接触时间，控制氨水浓度，以减少氨水对二氧化碳的反应，从而更有效地达到脱除硫化氢的目的。

二、操作条件的选择

在实际生产中，选择适宜的操作条件，是为了既获得较高的脱硫效率，又能节约氨水的耗量。而影响脱硫效率的因素，主要是氨水浓度、气液比、气液接触时间和操作温度。

1. 氨水浓度 氨水浓度高，脱硫效率就高；反之就低。故增加氨水浓度，可以强化脱硫过程。但若氨水浓度太高，就会增加氨耗。并且随氨浓度的增加，吸收二氧化碳的能力加强，容易生成碳酸氢铵结晶，阻塞管道和设备。如果氨水浓度太低，又达不到预定的脱硫效率。所以，控制适当的氨水浓度是十分重要的。一般控制在6~10滴度(夏7~10滴度，冬6~8滴度)，即小于1%。

2. 气液接触时间 由于氨水吸收硫化氢具有选择性，故应该合理地控制接触时间，以满足既能减少氨水的耗用量，又能有利于氨水对硫化氢的选择性吸收。接触时间过长，失去了选择性作用，使硫化氢与二氧化碳同时吸收，而氨水中二氧化碳成分越高，脱硫效率越低；接触时间过短，常因接触不良和来不及吸收，脱硫效果也差。目前一般选用的接触时间为2~5秒。

3. 氨水温度 氨水很易挥发，而且温度越高，氨挥发得越多，引起氨水浓度下降；同时，脱硫是放热反应，温度高不利于吸收反应的进行，故脱硫效率降低。因此，氨水温度应尽可能控制得低些。但若温度太低，吸收硫化氢的反应速度减慢，脱硫效率就差了。所以，氨水温度一般控制为室温。

4. 气液比 气液比就是氨水量与被处理的半水煤气量之比。气液比的大小，对脱硫影响很大。比值越大，脱硫效率越高；比值越小，脱硫效率就越差。但脱硫效率与气液比

并非成直线关系。当气液比达到一定值后，增加液量对脱硫的影响不大。为了节约动力，降低氨耗，通常控制的气液比为 $3\sim 4$ 升/米³气体。

三、工艺流程

氨水中和法脱硫的工艺流程如图 1 所示。

自半水煤气气柜来的半水煤气，从焦炭过滤器 1 侧部进入，除去煤焦油的气体从顶部出来，导入罗茨鼓风机 2，加压到约 200 毫米汞柱的压力，然后从喷射脱硫塔 3 的顶部进入，与塔顶侧进入的稀氨水并流喷射接触，使气体中的硫化氢被氨水吸收，脱除部分硫化氢。气体从塔中侧出来，引入湍动脱硫塔 4 的底部，和塔顶喷淋下来的稀氨水进行逆流接触。气体由塔顶部出来，再引入综合除尘塔 5 的底部，与塔顶喷淋下来的清水进行逆流接触，除去气体中的气氨。由塔顶部出来的气体，经缓冲缸 6 分离水分和稳定压力后，去压缩系统的高压机一段入口。

稀氨水从碳化系统的回收清洗塔、精炼系统的净氨塔，流入脱硫系统的稀氨水贮槽。稀氨水从贮槽底部出来，经氨水泵 8 加到 $2.8\sim 3.0$ 公斤/厘米² 的压力，分别打入喷射脱硫塔和湍动脱硫塔。吸收了硫化氢的稀氨水，从塔底部排到废氨水池。本流程的特点：一是进行两级脱硫，特别是半水煤水中硫化氢含量超出 5.0 克/标准米³ 以上，尤为必要；二是稀氨水不循环使用，吸收硫化氢后的稀氨水作为农用氨水出售。这样，既保证了脱硫效率，又简化了设备、流程，操作方便，节约动力。

在农业用肥的淡季，或氨与二氧化碳不能平衡时，可将稀氨水再生，循环使用。

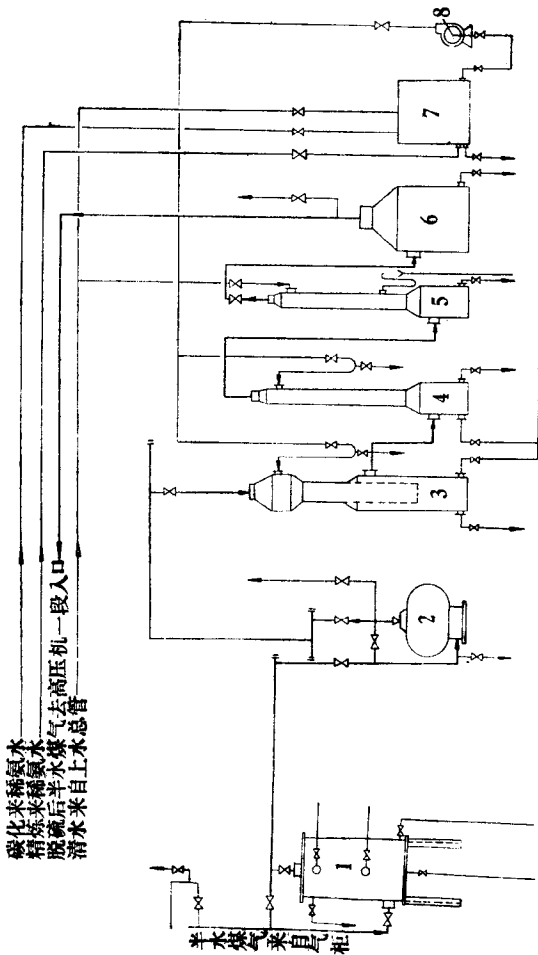


图 1 脱硫除尘系统流程图

1—焦炭过滤器；2—罗茨鼓风机；3—喷射脱硫塔；4—溜动脱硫塔；5—
综合除尘器；6—气体缓冲罐；7—稀氨水槽；8—稀氨水泵

四、主要设备的构造及作用

1. 焦炭过滤器

作用：过滤煤焦油。

构造：如图 2 所示，是由 6 毫米钢板焊制而成的直立圆筒，直径1400毫米，高2860毫米。内装焦炭，厚300毫米，过滤面积 4 米²。焦炭层的里外两面都用钢丝网挡住，气体由底侧部 7 进口导入，从上部出口 1 引出。

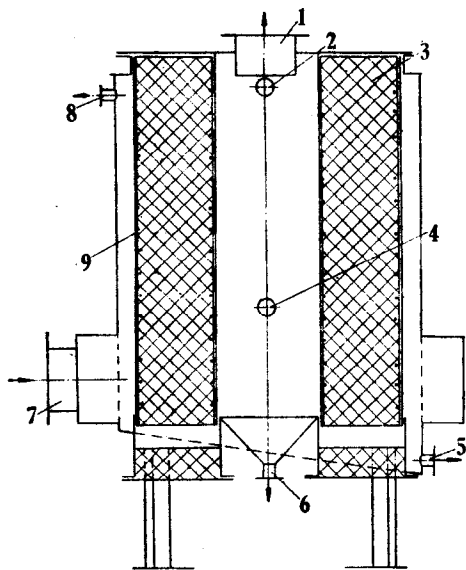


图 2 焦炭过滤器

1—半水煤气出口；2—水进口；3—焦炭；4—蒸汽进口；5、6—排污口；7—半水煤气进口；8—水溢流口；9—过滤框

2. 罗茨鼓风机

年产3000吨合成氨厂选用的罗茨鼓风机(风量 28米³/分，

风压3500毫米水柱)，由28千瓦的电动机带动。

作用：是输送半水煤气的设备，提高气体压力，以克服系统中各管道、设备的阻力。

构造：如图3所示。

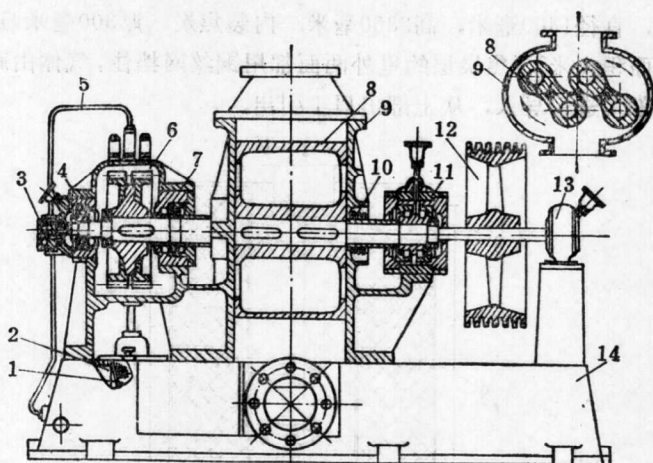


图3 罗茨鼓风机

- 1—油过滤网；2—油箱；3—齿轮油泵；4、7、11、13—轴瓦；
5—润滑油管；6—齿轮箱；8—转子；9—机壳；10—密封圈；12—
皮带轮；14—底座

罗茨鼓风机是由两个鞋底形转子组成，依靠主动轴上的齿轮使两转子呈等速旋转。主动转子与从动转子之间，以及转子与外壳之间，均保持一定的间隙，避免转子与转子之间、转子与外壳之间的摩擦，并保证输送气体不致因空隙过大而造成大量气体漏泄，影响鼓风机的效率。

3. 喷射脱硫塔

作用：利用氨水吸收半水煤气中的硫化氢。

构造：如图 4 所示。它是由 6 毫米厚的钢板焊制成的圆筒。可分上下两部。上部直径 500 毫米，下部直径 700 毫米；塔高 6906 毫米。上部有喷射装置，下部是空的。半水煤气由塔顶部 1 进口，稀氨水从上部进口 2 引入。气体和氨水按文丘里管的原理，以同一方向，沿喷射管 8 进行喷射，达到混匀和吸收的目的。气体由出口 4 出去；稀氨水由出口 5 排入废氨水池。

4. 湍动脱硫塔

作用：同喷射脱硫塔的作用。

构造：如图 5 所示。湍动脱硫塔也可分上下两部分。上部直径 320 毫米，下部直径 500 毫米，塔高 6105 毫米，壁厚 5 毫米。上部装三层塑料球 2 和一只旋涡式喷头 3。喷头上面的一层塑料球，高度为 180 毫米，是起气液分离作用的；喷头下的两层塑料球，高度各为 330 毫米，是增加气液接触作用的。半水煤气由底部进口 8 导入，从上部出口 1 引出；液体由上部稀氨水进口 10 加入，从下部出口 9 排至废氨水池。

5. 综合除尘塔

作用：清除半水煤气中的气氨同灰尘，进一步清除硫化氢。

构造：如图 6 所示。综合除尘塔和湍动塔一样，也分上下两段，上部直径为 300 毫米，下部为 500 毫米，壁厚为 6 毫米，塔高为 4756 毫米。上部装两层塑料球 2，上面是气液分离层；下面是填料层。下部有一个升气帽 4 和一个铁丝过滤网 5。半水煤气由下部进口 7 引入，经滤网和升气帽，通过填料层和气液分离层，从上部出口 1 引出。清水从上部进口 8 送入，由出水口 9 排至地沟。

6. 气体缓冲罐

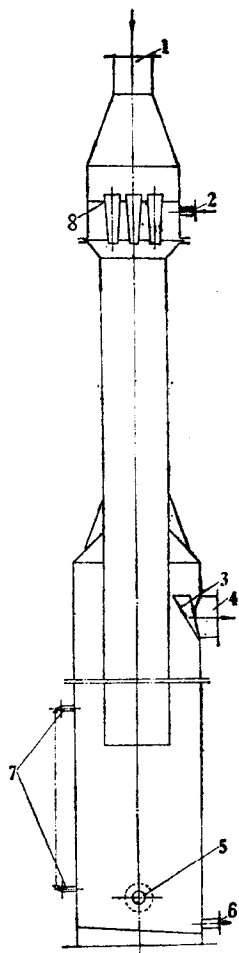


图 4 喷射脱硫塔

1—半水煤气进口；2—稀氨水进口；3—挡水板；4—半水煤气出口；5—稀氨水出口；6—排污口；7—液面计接口；8—喷射管

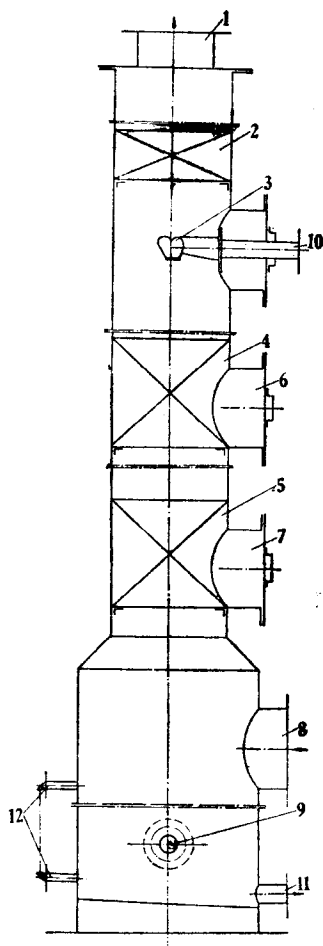


图 5 湍动脱硫塔

1—半水煤气出口；2、4、5—塑料球；3—喷头；6、7—人孔；8—半水煤气进口；9—稀氨水出口；10—稀氨水进口；11—排污口；12—液面计接口

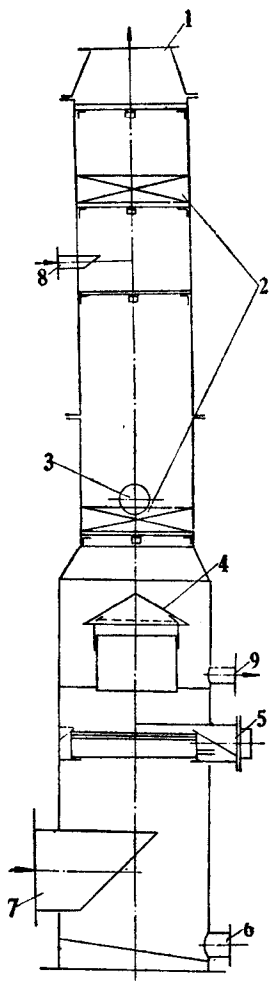


图 6 综合除尘塔

1—半水煤气出口；2—塑料球；
3—视孔；4—升气帽；5—滤网
取出口；6—排污口；7—半水煤
气进口；8—水进口；9—水出口

作用：进行气水分离和稳压作用。

构造：如图 7 所示，它是 6 毫米厚钢板焊制而成的立式圆筒，上部成锥形。直径 1212 毫米，高 2000 毫米。半水煤气由进口 2 引入，从上部锥形出口 1 出来，送入压缩系统。

7. 氨水泵

作用：输送稀氨水，进行脱硫。

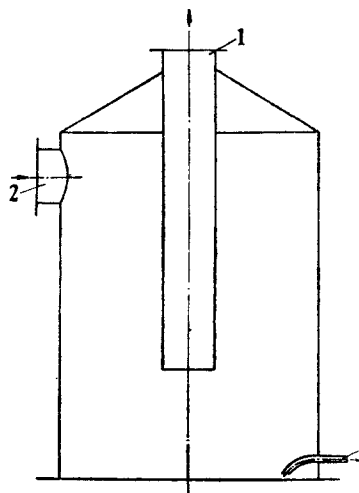


图 7 气体缓冲罐

1—半水煤气出口；2—半水煤气
进口；3—排污口

构造：氨水泵为K形离心泵，扬量 $10\sim 30\text{米}^3/\text{时}$ ，扬程 $20\sim 28.5\text{米}$ 。它的主要零件有泵壳、泵壳盖、叶轮、轴和轴承支座。泵壳是一蜗旋体，一般用铸铁铸成。叶轮为铝制或不锈钢制的圆盘，中间有进液口，液体顺着叶轮中的液孔抛出。这种叶轮称为闭式叶轮，它的工作效率较高，但适用于无杂质的液体。

五、操作管理

1. 开停车

(1) 原始开车：原始开车，即新系统投入生产或大修后的开车。原始开车分为开车前的检查、单体试车、系统吹净、系统试压查漏、联动试车、系统置换和开车等几个步骤进行介绍。

①开车前的检查

对照工艺流程图纸，由生产负责人员、操作工人、安装人员，对本岗位进行全面的检查验收。检查所有设备、管道、阀门、仪表等安装是否完整，有无遗漏或接错；前后工段的联络信号是否正确；开车的工具是否有所准备。发现问题应及时处理和纠正，待检查无问题后，才进行试车。

②单体试车

首先要将电动机作无负荷试运转，检查电动机旋转方向是否正确；转速是否符合设计要求；轴承是否发热；声音是否正常；马达温升、电流电压是否在许可范围内。如电动机空转 $1\sim 2$ 小时后情况正常，即可联动鼓风机或泵进行无负荷试运转。在运转前，机体润滑部件须按规定加入适量的润滑油，关死进出口阀，将机体内清理干净，防止焊渣、杂物卡坏机器。开车后，检查机身振动情况；轴承温升情况；以及