**拓展阅读：合成氨的生产工艺流程**

合成氨指由氮和氢在高温高压和催化剂存在下直接合成的氨，世界上的氨除少量从焦炉气中回收副产外，绝大部分是合成的氨。合成氨主要用作化肥、冷冻剂和化工原料。主要有以下几种方法：

1. **天然气制氨**

天然气先经脱硫，然后通过二次转化，再分别经过一氧化碳变换、二氧化碳脱除等工序，得到的氮氢混合气，其中尚含有一氧化碳和二氧化碳约0.1％～0.3％（体积），经甲烷化作用除去后，制得氢氮摩尔比为3的纯净气，经压缩机压缩而进入氨合成回路，制得产品氨。以石脑油为原料的合成氨生产流程与此流程相似。

1. **重质油制氨**

重质油包括各种深度加工所得的渣油，可用部分氧化法制得合成氨原料气，生产过程比天然气蒸气转化法简单，但需要有空气分离装置。空气分离装置制得的氧用于重质油气化，氮作为氨合成原料外，液态氮还用作脱除一氧化碳、甲烷及氩的洗涤剂。

1. **煤（焦炭）制氨**

随着石油化工和天然气化工的发展，以煤（焦炭）为原料制取氨的方式在世界上已很少采用。

**合成氨的工艺**

1. **造气工段**

造气实质上是碳与氧气和蒸汽的反应，主要过程为吹风和制气。具体分为吹风、上吹、下吹、二次上吹和空气吹净五个阶段。原料煤间歇送入固定层煤气发生炉内，先鼓入空气，提高炉温，然后加入水蒸气与加氮空气进行制气。所制的半水煤气进入洗涤塔进行除尘降温，最后送入半水煤气气柜。

1. **脱硫工段**

煤中的硫在造气过程中大多以H2S的形式进入气相，它不仅会腐蚀工艺管道和设备，而且会使变换催化剂和合成催化剂中毒，因此脱硫工段的主要目的就是利用DDS脱硫剂脱出气体中的硫。气柜中的半水煤气经过静电除焦、罗茨风机增压冷却降温后进入半水煤气脱硫塔，脱除硫化氢后经过二次除焦、清洗降温送往压缩机一段入口。脱硫液再生后循环使用。

1. **变换工段**

变换工段的主要任务是将半水煤气中的CO在催化剂的作用下与水蒸气发生放热反应，生成CO2和H2。河南中科化工有限责任公司采用的是中变串低变工艺流程。经过两段压缩后的半水煤气进入饱和塔升温增湿，并补充蒸汽后，经水分离器、预腐蚀器、热交换器升温后进入中变炉回收热量并降温后，进入低变炉，反应后的工艺气体经回收热量和冷却降温后作为变换气送往压缩机三段入口。

1. **变换气脱硫与脱碳**

经变换后，气体中的有机硫转化为H2S，需要进行二次脱硫，使气体中的硫含量在25mg/m3。脱碳的主要任务是将变换气中的CO2脱除，对气体进行净化，河南中科化工有限责任公司采用变压吸附脱碳工艺。来自变换工段压力约为1.3MPa左右的变换气，进入水分离器，分离出来的水排到地沟。变换气进入吸附塔进行吸附，吸附后送往精脱硫工段。

被吸附剂吸附的杂质和少量氢氮气在减压和抽真空的状态下，将从吸附塔下端释放出来，这部分气体称为解析气，解析气分两步减压脱附，其中压力较高的部分在顺放阶段经管道进入气柜回收，低于常压的解吸气经阻火器排入大气。

**5. 碳化工段**

**（1）气体流程**

来自变换工段的变换气，依次由塔底进入碳化主塔、碳化付塔，变换气中的二氧化碳分别在主塔和付塔内与碳化液和浓氨水进行反应而被吸收。反应热由冷却水箱内的冷却水移走。气体从付塔顶出来，进入尾气洗涤塔下部回收段，气体中的少量二氧化碳和微量的硫化氢被无硫氨水继续吸收，再进入上部清洗段。气体中微量二氧化碳被软水进一步吸收，最后达到工艺指标经水分离后，送往精脱硫塔进一步脱硫后，送往压缩机三段进口。

**（2）液体流程**

浓氨水由浓氨水泵从吸氨岗位浓氨水槽打入付塔，一方面溶解塔内的结疤，另一方面吸收主塔尾气中的剩余二氧化碳，逐步提高浓氨水的碳化度。然后，付塔的溶液由碳化泵从底部抽出，打入主塔，在主塔内进一步吸收变换气中的二氧化碳，生成含碳酸氢铵结晶的悬浮液，再由底部取出管压入分离岗位进行分离。

回收塔回收段中的无硫氨水来自合成或铜洗工段使用过的无硫氨水和回收段的稀氨水压入稀氨水压入吸氨岗位母液槽和稀氨水槽或送脱硫岗位使用，从回收段出来的水直接排污水沟。

**6. 甲醇合成工段**

联醇是将经变换、脱碳后的净化气中的CO：1-5%、CO2＜0.5%（其含量可根据生产所要求的醇氨比调节）与气体中的H2经压缩机加压到15MP后，依次经过洗氨塔、油分、预热器、废热锅炉进入合成塔，在催化剂的作用下合成为甲醇，同时起到气体净化的作用。醇后气中CO＜0.5%、CO2＜0.2%。出塔气体经水冷却到40℃左右，将气体中的甲醇冷凝，使气体中的甲醇含量小于0.5%，经醇分离器分离出甲醇后，一部分气体经甲醇循环机返回甲醇合成塔，大部分气体进入精炼工段。

**7. 精炼工段**

醇后工艺气中还含有少量的CO和CO2。但即使微量的CO和CO2也能使氨催化剂中毒，因此在去氨合成工序前，必须进一步将CO和CO2脱除。我们公司是采用醋酸铜氨液洗涤法，铜洗后的工艺气体中的含量将至25ppm以下。醇后气体由铜洗塔底部进入，与塔顶喷淋的醋酸铜氨液逆流接触，将工艺气中的CO和CO2脱除到25ppm以下，经分离器将吸收液分离后送往压缩机六段进口。铜氨液从铜洗塔经减压还原、加热、再生后，补充总铜、水冷却、过滤、氨冷后经铜氨液循环泵加压循环使用。

**8. 压缩工段**

压缩工段的压缩机为六段压缩。由于合成氨生产过程中，变换、脱碳、粗醇与氨合成分别在0.87MPa、3.7MPa、15MPa、27MPa条件下进行，压缩工段的任务就是提高工艺气体压力，为各个生产工段提供其所需的压力条件。

**9. 氨合成工段**

氨合成工段的主要任务是将铜洗后制得的合格N2、H2、混合气，在催化剂的存在下合成为氨。压缩机六段来的压力为27 MPa的新鲜补充气，与循环气混合后进入氨冷器、氨分离器、冷交换器，经循环机升压并经过油分离器除油后进入氨合成塔的内件与外筒的环隙，冷却塔壁，出来后经预热器升温后进入氨合成塔内件，完成反应后离开反应器，分别进入废热锅炉、预热器、软水加热器回收热量，最后经水冷器、冷交换器、氨冷器降温冷却，将合成的氨液化分离出系统，未反应的氮氢气循环使用。

**10. 冷冻工段**

由于氨合成工段需要通过液氨气化来产生低温生产条件，因此冷冻工段的任务就是把气态的氨重新液化。由氨蒸发器蒸发的气氨经气氨总管进入冰机前分离器，分离出液氨后进入氨压缩机加压，加压后的气氨经油分离器后进入水冷器，在此气氨冷凝为液氨并回到冰机液氨贮槽，由支出阀送给氨蒸发器循环使用或氨库。



