



高职高专“十二五”规划教材

HECHENGAN SHENGCHAN YU FANGZHEN GAOZHU

合成氨生产与 仿真操作

黄康胜 向丹波 编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

合成氨生产与仿真操作

黄康胜 向丹波 编



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：39.00元

本书以职业技能培养为目标,以合成氨仿真实训系统为平台,针对合成氨生产过程的三个工段,概要介绍基本原理,深入解析生产流程和操作步骤,对学生仿真练习过程中出现的具有普遍性和代表性的问题进行归纳整理,并在各工段学习中设置一些合成氨操作实用技术问答题和必要的思考练习题,以期学生深入理解生产的原理和流程,提高分析、处理问题的能力和操作调节技能。

本书可用做高职高专应用化工技术专业职业技能培训教材,其他化工类专业的选修教材,也可用做无机化工生产企业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

合成氨生产与仿真操作/黄康胜,向丹波编. —北

京:化学工业出版社,2015.2

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-22552-8

I. ①合… II. ①黄…②向… III. ①合成氨生
产-化工过程-计算机仿真-高等职业教育-教材
IV. ①TQ113.26-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第295899号

责任编辑:张双进 窦臻

文字编辑:汲永臻

责任校对:李爽

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张5¼ 字数112千字 2015年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:19.00元

版权所有 违者必究

前 言

“合成氨生产技术”是应用化工专业（群）继“无机化工生产技术”专业课程之后的特色课程，是培养学生化工操作技能的重要载体，是“三段渐进，虚实结合”人才培养模式的重要体现。在教学实践中，以北京东方仿真软件技术有限公司开发的合成氨仿真实训系统为平台，采取“概要介绍原理，学生练习为主，教师指导为辅，讲练结合”的教学方法，改变了传统教学中学生单纯受体角色，有效调动了学生的学习积极性，在提高学生操作技能，理解生产原理和流程方面取得了较好的效果。

然而，在教学过程中也暴露出一些问题。由于供学生分析思考的材料准备不充分，加之相当一部分学生自主学习的意识和能力的欠缺，导致学生对化工操作缺乏深刻的理解。具体表现为：按照操作步骤机械地亦步亦趋，当温度、液位、压力等工艺参数偏离正常指标时或浑然不知，或手忙脚乱，一筹莫展，或操作调节不得要领，甚至做出完全错误的调节，个别操作较好的同学也是知其然，不知其所以然，没有建立起系统和整体的工艺思想来分析处理操作中的问题。

鉴于此，四川化工职业技术学院化工系应化教研室尝试编写更适合“合成氨仿真教学”和高职学生实际的化工操作教材，以期有针对性地解决以上问题，深化学生理论与实际结合水平，提高学生的实践动手能力。

本教材编写的总体思路是，以合成氨生产过程的三个工段为基本训练项目，各项目中概要介绍原理；将重点放在生产流程和操作步骤的解析上，融入化工生产的工艺、安全、节能、环保等要求，加深学生对工艺流程和操作步骤的认识和理解，提高操作调节技能；将学生仿真练习过程中出现的具有普遍性和代表性的问题进行归纳整理，引导学生分析原因，找出解决办法和措施，提高学生分析和处理问题的能力，建立系统的工艺思想；各工段中设置一些合成氨操作实用技术问答题和必要的思考练习题，由于相当一部分题就来自于生产企业，具有化工生产的共性，学习和完成这些题不仅可以加深对原理和操作的理解，也能提高理论与实际结合校企对接水平。北京东方仿真软件技术有限公司新版合成氨仿真系统中设有事故处理训练部分，由于学时数的限制，也不可能对合成氨生产进行全方位深入培训，但这部分内容的学习对于学生理解工段内部和工段之间的联系，提高对化工生产的整体性和系统性认识仍然大有裨益，因而附列于后，以便学生课外学习。

本教材的项目一、项目三由四川化工职业技术学院黄康胜编写，项目二由向丹波编写。黄康胜统稿，四川天华股份公司合成氨装置高级工程师林华勇、彭忠良审核。教材编写过程

中得到了化工系工艺教研室各位老师的大力支持，天华公司的技术人员也提出了很多有益的建议，在此一并致谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者不吝指正。

编者

2014 年 12 月

目 录

项目一 转化工段	1
第一节 转化工段的生产原理	1
一、烃类蒸汽转化的原理	1
二、变换反应原理	2
三、原料天然气脱硫原理	2
第二节 转化工段流程分析	2
一、蒸汽系统	2
二、原料气脱硫	3
三、原料气的一段转化	5
四、原料气的二段转化	5
五、一氧化碳的变换	7
六、燃料气系统	7
第三节 转化岗位操作步骤详解	8
一、冷态开车	8
二、正常工况	16
三、正常停车	18
第四节 转化操作常见问题及原因分析	21
第五节 转化操作实用技术问答	22
思考练习题	29
附一 转化岗位事故及处理	30
项目二 净化工段	34
第一节 净化工段的生产原理	34
一、脱除二氧化碳原理	34
二、甲烷化原理	34
第二节 净化工段流程分析	35
一、脱碳系统工艺流程	35
二、甲烷化系统工艺流程	36
三、冷凝液回收系统	37
第三节 净化岗位操作步骤详解	38
一、净化岗位冷态开车	38
二、净化岗位主要工艺指标	41
三、净化工段正常停车	41

第四节 净化操作常见问题及原因分析	42
第五节 净化操作实用技术问答	43
思考练习题	45
附二 净化岗位事故、原因分析及处理	46
项目三 合成工段	48
第一节 合成工段的生产原理	48
第二节 合成工段流程分析	49
一、合成系统	49
二、冷冻系统	51
第三节 合成岗位操作控制分析	53
一、影响合成反应的因素	53
二、合成反应的操作控制	54
三、合成催化剂的性能	56
第四节 合成岗位操作步骤详解	57
一、合成岗位冷态开车	57
二、合成岗位正常工况	60
三、合成岗位正常停车	62
第五节 合成操作常见问题及原因分析	63
第六节 合成操作实用技术问答	63
思考练习题	66
附三 合成岗位事故、原因分析及处理	66
附四 国内某化工企业合成氨装置停车统计	68
参考文献	78

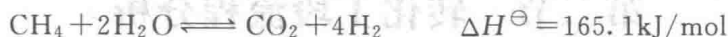
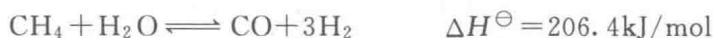
项目一 转化工段

第一节 转化工段的生产原理

根据所用原料的物理形态划分，制取合成氨原料气的方法主要有：固体燃料气化法；重油部分氧化法；气态烃转化法。其中气态烃转化法又有蒸汽转化法和催化转化法。由于东方仿真软件技术有限公司开发的合成氨仿真系统是针对蒸汽转化法而设计的，因而本部分仅对以甲烷为主要成分的天然气蒸汽转化加以简要介绍。为了与仿真系统中转化工段的内容保持一致，对天然气脱硫和一氧化碳变换反应的原理也安排在本节予以阐述。

一、烃类蒸汽转化的原理

烃类蒸汽转化反应是在较高的温度、压力和有催化剂的条件下进行的，是一个可逆的，体积增大的强吸热反应。温度越高，水碳比越大，催化剂活性越好，烃类的转化越完全。实际生产中，由于受转化炉管耐热温度及经济水碳比的限制，转化反应分两段进行。首先在装有催化剂（镍催化剂）的一段炉转化管内，蒸汽与气态烃进行吸热的转化反应，反应所需的热量由管外燃料燃烧的辐射热提供。一段转化反应方程式如下：



气态烃转化大约 90% 后，送入装有催化剂的二段炉。二段炉是内衬高温耐火材料的金属圆筒结构，通过加入适量的空气，与一段转化产生的可燃性气体（主要是氢气）燃烧提供更高的温度，使一段原料气中残余的甲烷继续转化，达到工艺要求的甲烷含量，同时加入合成氨所需的另一种原料气氮气。除转化反应外，二段转化炉还发生以下反应。

催化床层顶部空间的燃烧反应：



催化床层的转化反应：



思考：经两段转化后，工艺气中甲烷的含量不能高于多少？

二、变换反应原理

烃类转化生成合成氨所需原料氢气的同时，也产生了大量的副产物一氧化碳和二氧化碳。由于一氧化碳既非酸性气体，又非碱性气体，因而必须经过变换反应，将之转变为二氧化碳以便脱除。此过程既是原料气体的净化，又是制气过程的继续，消耗较为价廉的水蒸气，提高了 H_2 的产量。变换反应方程式如下：



变换反应是一个可逆的、前后分子数不变的放热反应，温度越高，反应的平衡常数越小。为使一氧化碳的变换较为彻底，必须在较低的温度下进行。这就决定了转化与变换必须在不同的设备和工序中完成。根据一氧化碳含量高低及后续原料气精制工序所采用的方法不同，常常有各种不同的变换流程。本仿真系统中采用高低温变换相结合的流程安排，经变换反应后要求工艺气体中一氧化碳的含量降至 0.3%。

三、原料天然气脱硫原理

原料天然气中常常含有少量硫化物，它们是转化催化剂的毒物，加工过程中会腐蚀设备，因而必须脱除。脱硫方法很多，本仿真系统采用活性炭吸附继之以钴钼加氢氧化锌脱硫法，可使硫含量达到转化工段的指标要求。

思考：经吸附和钴钼加氢氧化锌脱硫后，原料天然气中硫含量不能高于多少？

第二节 转化工段流程分析

一、蒸汽系统

合成氨生产中，原料天然气转化及一氧化碳变换都需要大量水蒸气，另一方面由于工艺对温度的要求，高温气体常常需要换热降温，如二段炉出口气体进入变换炉前须进行降温，合成塔出口气体为分离产物氨需降温加压，而高温烟气的废热利用则是节能降耗的重要手段。因此，可用软化水发生蒸汽以减少装置对公用工程的依赖，既满足了工艺要求，又有效利用了能量，有利于降低产品的生产成本，此外，经过热的富余蒸汽还

是重要的动力。

合成氨装置开车时，将从界外引入 3.8MPa、327℃ 的中压蒸汽约 50t/h。辅助锅炉和废热锅炉所用的脱盐水从水处理车间引入，用并联的低变出口气加热器（106-C）和甲烷化出口气加热器（134-C）预热到 100℃ 左右，进入除氧器（101-U）脱氧段，在脱氧段用低压蒸汽逐出水中溶解氧，然后在储水段加入二甲基酮肟除去残余溶解氧，要求最终溶解氧含量小于 7×10^{-12} 。

除氧水加入氨水调节 pH 至 8.5~9.2，经锅炉给水泵 104-J/JA/JB 增压，再经并联的合成气加热器（123-C）、甲烷化气加热器（114-C）及一段炉对流段低温段锅炉给水预热盘管加热到 295℃（TII-44）左右进入汽包（101-F），同时在汽包中加入磷酸盐溶液，汽包底部水经三级废热锅炉 101-CA/CB、102-C、103-C，一段转化炉对流段低温段废热锅炉及辅助锅炉加热部分汽化后进入汽包，经汽包分离出的饱和蒸汽在一段炉对流段过热后送至 103-JAT，经 103-JAT 抽出 3.8MPa、327℃ 中压蒸汽，供各中压蒸汽用户使用。103-JAT 停运时，高压蒸汽经减压，全部进入中压蒸汽管网，中压蒸汽一部分供工艺使用、一部分供凝汽透平使用，其余供背压透平使用，并产生低压蒸汽，供 111-C、101-U 使用，其余为伴热使用在这个工段中。蒸汽系统工艺流程见图 1-1。

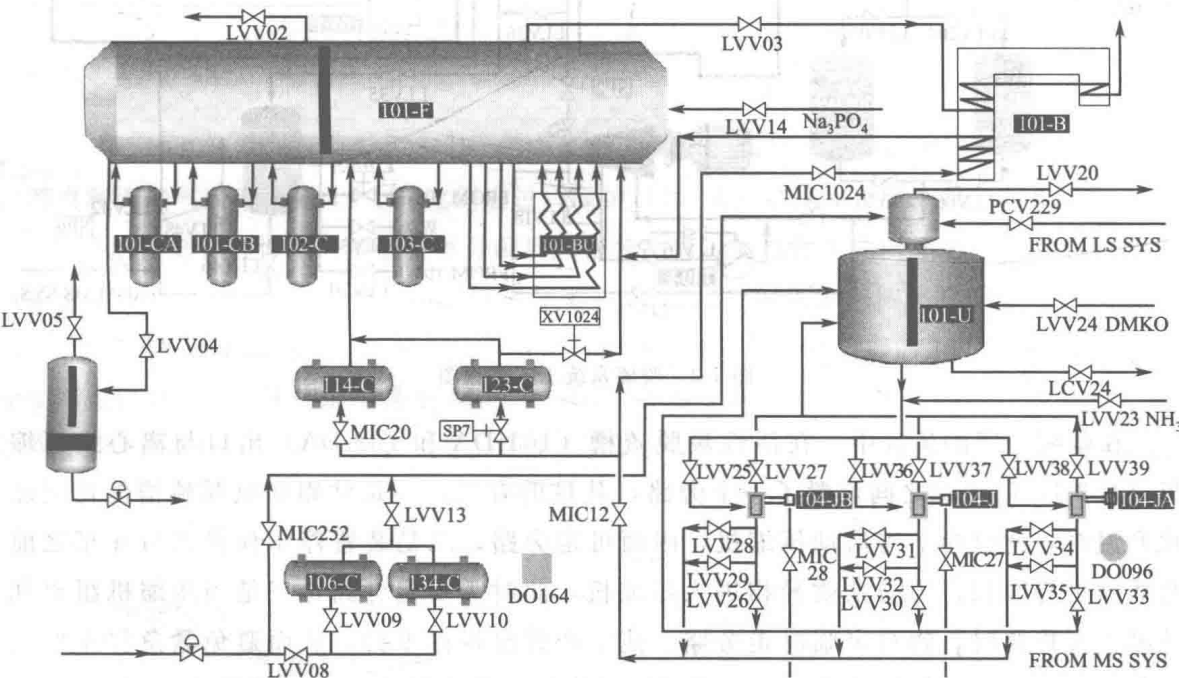


图 1-1 蒸汽系统工艺流程图

二、原料气脱硫

原料天然气中含有 6.0×10^{-6} 左右的硫化物，这些硫化物可以通过物理的和化学的方法脱除。天然气首先在原料气预热器（141-C）中被低压蒸汽预热（流量由 FR30 记录，温度

由 TR21 记录，压力由 PRC1 调节)，预热后 (40~50℃) 的天然气进入活性炭脱硫槽 (101-DA、102-DA 一用一备) 进行初脱硫。然后再用蒸汽透平驱动的单缸离心式压缩机 (102-J)，压缩到所要求的操作压力。

经压缩后的原料天然气在一段炉 (101-B) 对流段低温段加热到 230℃ (TIA37) 左右与 103-J 段间来氢混合后，进入 Co-Mo 加氢和氧化锌脱硫槽 (108-D)，经脱硫后，天然气中的总硫含量降到 0.5×10^{-6} 以下 (用 AR4 记录)。

压缩机设有 FIC12 防喘振保护装置，当在低于正常流量的条件下进行操作时，它可以把某一给定量的气体返回气水冷器 (130-C)，冷却后送回压缩机的入口。脱硫工艺流程如图 1-2 所示。

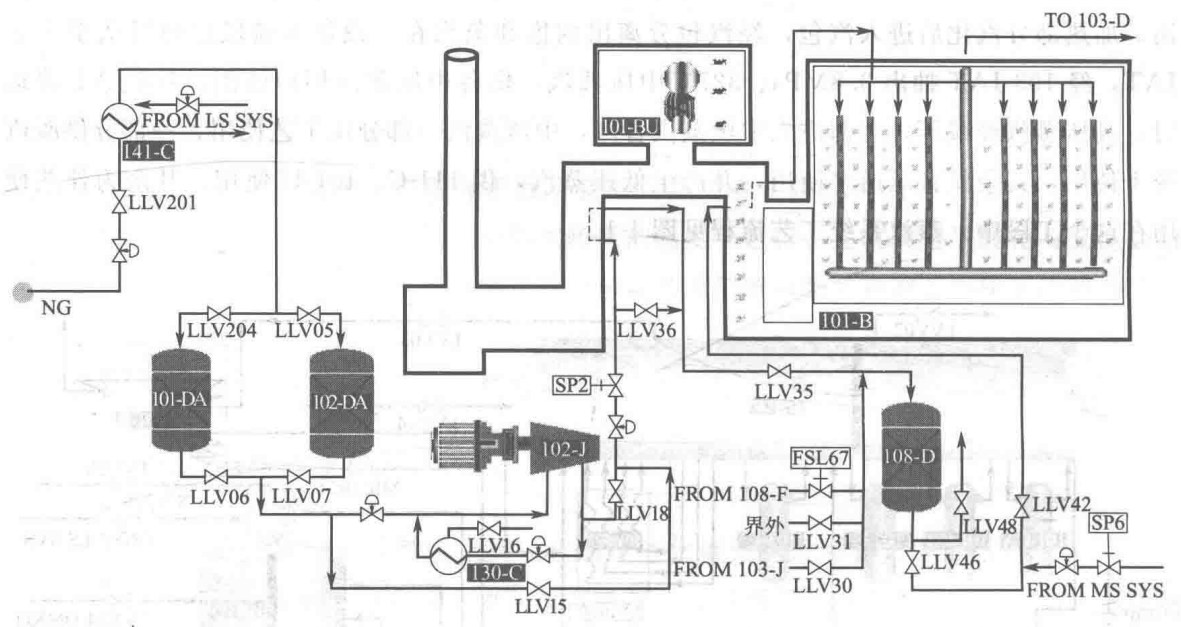


图 1-2 脱硫系统工艺流程图

在脱硫工序的流程中，在活性炭脱硫槽 (101-DA 和 102-DA) 出口与离心式压缩机 (102-J) 的出口之间设置了一个旁路，其目的有三：一是钴钼加氢脱硫槽催化剂硫化升温时，此时尚不需启动压缩机，因而可走旁路；二是装置停车检修之后开车之前管线需进行吹扫，为防杂质异物进入压缩机，此时需要走旁路；三是当压缩机组出现故障需要检修时，物料可临时走旁路，使生产暂时得以维持，从而避免紧急停车所造成的不利影响。当故障排除后，又将流程切换到工艺主路上。而原料气出压缩机之后，进入钴钼加氢脱硫槽 (104-D) 之前，流程在原料进入一段转化炉低温对流段预热时设置了旁路。其作用是通过阀 LLV36 开度大小调节原料气取热量，从而控制原料气进入脱硫槽的温度。

在脱硫槽 (104-D) 后，原料气进入一段转化炉炉管之前设置了放空流程，其主要作用是当装置开工原料气脱硫未达到要求的工艺指标，或由于原料气质量发生大幅变化，或脱硫

操作出现异常导致原料气中硫含量较高时,为了保护转化催化剂需要将原料改入放空流程。此外,由于脱硫的后续工序出现异常或发生故障时,也需将原料暂时切换到放空流程中。为避免直接排放造成大气污染和资源能源浪费,放空流程中的原料气通常送入一段转化炉作为燃料使用。

化工生产流程中的旁路和放空比较常见,对其他情形,读者应自行分析。

[附] 化工生产中的旁路

旁路也叫副道,通常重要的管线、阀门、控制点都需要增设一个旁路,其主要作用是当主路出现故障需检修、拆卸或更换设备、管件、阀门时,可通过旁路维持正常的物料输送,保证生产正常进行。如主管路上的过滤器、疏水器、仪表、控制阀等,需要检修时,可临时走旁路,避免装置紧急停车。除此之外,旁路主要有以下几个用途:

- ① 对于介质温度较高的管道有软管的作用;
- ② 当用户需求流量较小时,起到小流量给水/汽的作用;
- ③ 当介质压力较大的时候,主管阀门很大,又有高压介质顶着,阀门不容易打开,此时可以开启旁路阀来平衡主阀两边的压力,以便开启主阀;
- ④ 吹扫管道时,为保护主路的仪表、阀门,要走旁路;
- ⑤ 装置正常运行之前需要外加能量而设置开工旁路。

三、原料气的一段转化

脱硫后的原料气与压力为 3.8MPa 的中压蒸汽混合,蒸汽流量由 FRCA2 调节。混合后的蒸汽和天然气以摩尔比 4:1 的比例通过一段炉 (101-B) 对流段高温段预热后,送到 101-B 辐射段的顶部,气体从一根总管被分配到八根分总管,分总管在炉顶部平行排列,每一根分总管中的气体又经猪尾管自上而下地被分配到 42 根装有催化剂的转化管中,原料气在一段炉 (101-B) 辐射段的 336 根催化反应管进行蒸汽转化,管外由顶部的 144 (仿真中为 72) 个烧嘴提供反应热,这些烧嘴是由 MIC1~MIC9 来调节的。经一段转化后,气体中残余甲烷在 10% (AR1_4) 左右。工艺流程如图 1-3 所示。

四、原料气的二段转化

一段转化气进入二段炉 (103-D),在二段炉中同时送入工艺空气,工艺空气来自空气压缩机 (101-J),压缩机有两个缸。从压缩机最终出口管送往二段炉的空气量由 FRC3 调节,工艺空气可以由电动阀 SP-3 的动作而停止送往二段炉。工艺空气在电动阀 SP-3 的后面与少量的中压蒸汽汇合,然后通过 101-B 对流段预热。蒸汽量由 FI51 计量,由 MIC19 调节,这股蒸汽是为了在工艺空气中断时保护 101-B 的预热盘管。开工旁路 (LLV37) 不通过预热盘,以避免二段转化催化剂在用空气升温时工艺空气过热。

工艺气从 101-D 的顶部向下通过一个扩散环而进入炉子的燃烧区,转化气中的 H_2 和空气中的氧燃烧产生的热量供给转化气中的甲烷在二段炉催化床中进一步转化,出二段炉的工

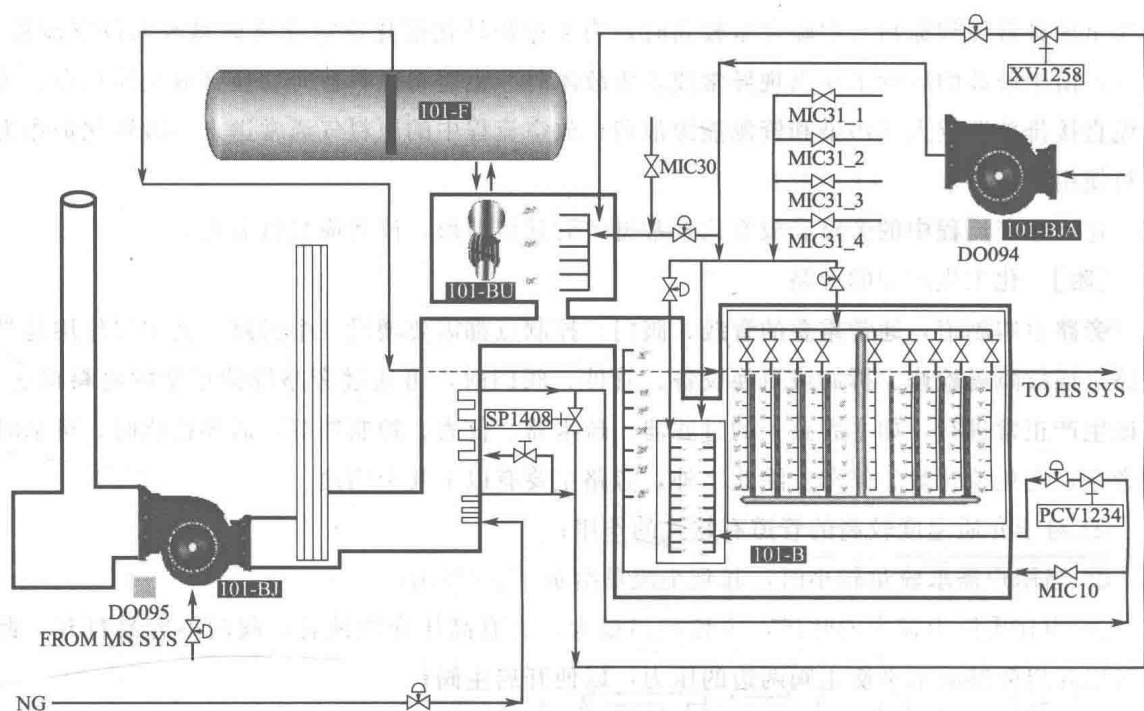


图 1-3 一段转化工艺流程图

艺气残余甲烷含量 (AR1-3) 在 0.3% 左右, 经并联的两台第一废热锅炉 (101-CA/B) 回收热量, 再经第二废热锅炉 (102-C) 进一步回收余热后, 送去变换炉 (104-D)。废热锅炉的管侧是来自 101-F 的锅炉水。102-C 有一条热旁路, 通过 TRC10 调节变换炉 (104-D) 的进口温度 (370℃ 左右)。二段转化的工艺流程见图 1-4。

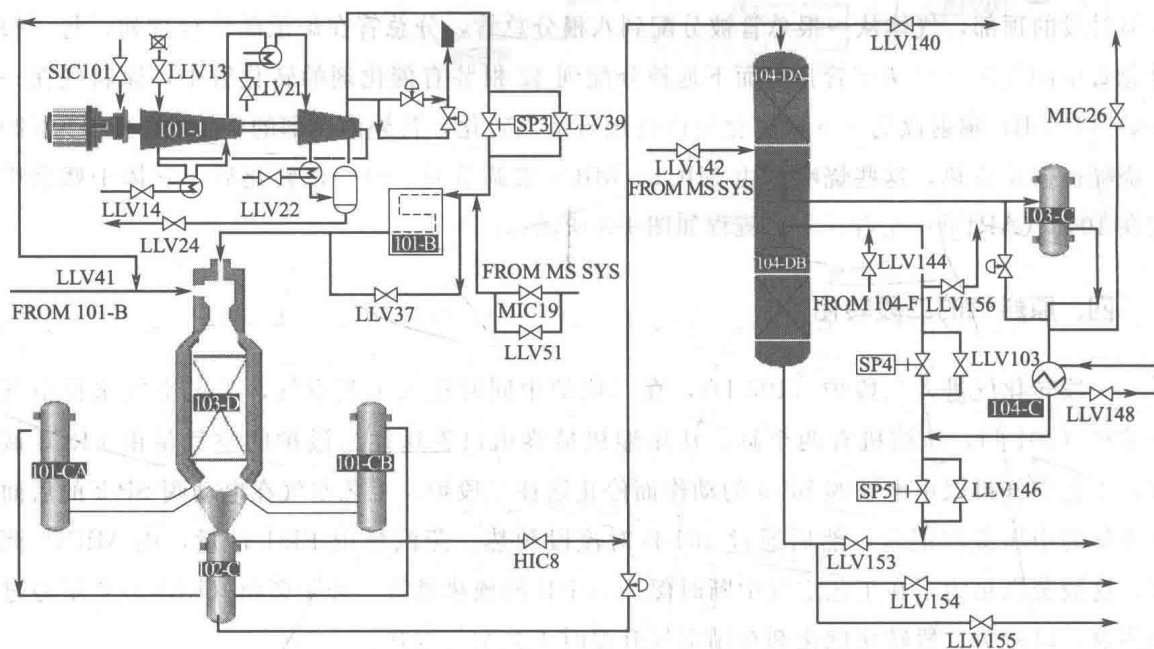


图 1-4 二段转化工艺流程图

五、一氧化碳的变换

变换炉（104-D）由高变和低变两个反应器构成（见图 1-4），中间用蝶形头分开，上面是高变炉（104-DA），下面是低变炉（104-DB）。低变炉底部有蒸汽注入管线，供开车时以及短期停车时催化剂保温用。从第二废热锅炉（102-C）来的转化气含有 12%~14% 的 CO，进入高变炉，在高变催化剂的作用下将部分 CO 转化成 CO₂，经高温变换后 CO 含量降到 3%（AR9）左右，然后经第三废热锅炉（103-C）回收部分热能，传给来自 101-F 的锅炉水。气体从 103-C 出来，进换热器（104-C）与甲烷化炉进气换热，从而得到进一步冷却。104-C 之前有一放空管，供开车和发生事故时高变出口气放空用，由电动阀 MIC26 控制。103-C 设置一旁路，由 TRC11 调节低变炉入口温度。工艺气进入低变炉在低变催化剂的作用下将其余 CO 转化为 CO₂，出低变炉的工艺气中 CO 含量约为 0.3%（AR10）左右。开车或发生事故时气体可不进入低变炉，这可通过关闭低变炉进气管上的 SP-4、打开 SP-5 实现。

六、燃料气系统

从天然气增压站来的燃料气经 PRC34 调压后，进入对流段第一组燃料预热盘管预热。预热后的天然气，一路进一段炉辅助锅炉 101-UB 的三个燃烧嘴（DO121、DO122、DO123），流量由 FRC1002 控制，在 FRC1002 之前有一开工旁路，流入辅助锅炉的点火总管（DO124、DO125、DO126），压力由 PCV36 控制；另一路进对

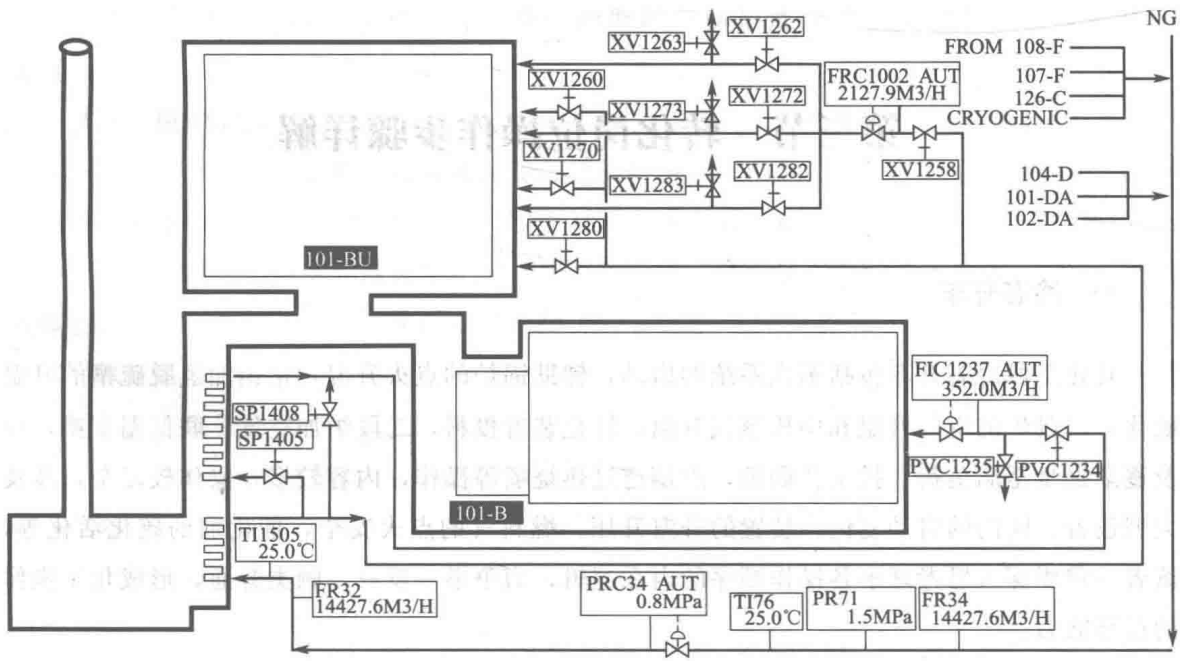


图 1-5 燃料气系统工艺流程图

流段第二组燃料预热盘管预热，预热后的燃料气作为一段转化炉的 8 个烟道烧嘴（DO113~DO120）、72 个顶部烧嘴（DO001~DO072）以及对流段 20 个过热烧嘴（DO073~DO092）的燃料。去烟道烧嘴气量由 MIC10 控制，顶部烧嘴气量分别由 MIC1~MIC9 等 9 个阀控制，过热烧嘴气量由 FIC1237 控制。燃料气工艺流程如图 1-5 所示，转化工段流程总图见图 1-6。

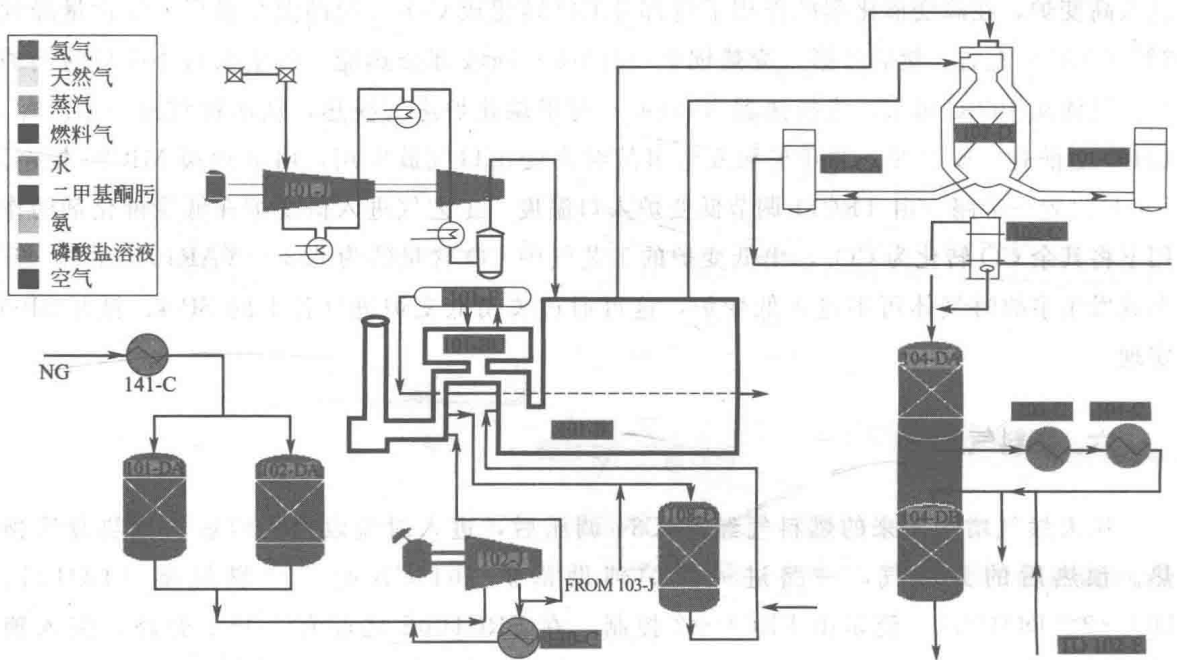


图 1-6 转化工段工艺流程总图

第三节 转化岗位操作步骤详解

一、冷态开车

转化工段冷态开车包括蒸汽系统的启动，辅助锅炉的点火升温，钴钼加氢脱硫槽的升温硫化，二段炉的空气升温和中压蒸汽升温，转化装置投料，二段炉加空气，联低温变换，以及逐渐提量至满负荷，投工艺联锁，点烟道过热烧嘴等操作，内容较多，操作较复杂，涉及大型设备、阀门的启动复位，装置的升温升压，燃料气的点火安全，催化剂的硫化活化等，读者一定要深入思考理解各操作顺序的内在逻辑，力争举一反三，触类旁通，形成化工操作的迁移能力。

蒸汽系统既是转化工段开车的起始步骤，也是整个合成氨生产装置开车的起始工序。本部分操作的主要内容是建立起除氧器 101-U 和锅炉汽包 101-F 的液位，为回收一段转化炉

101-B、辅助锅炉 101-BU 的烟道气废热，投用各换热器，预热升温锅炉给水，为装置产汽以及后续工序达到相应的温度指标要求做准备。

天然气中含有的少量硫化物在活性炭脱硫槽和钴钼加氢脱硫槽中除去。活性炭脱硫是物理吸附过程，温度过低，吸附速率慢，温度太高，脱硫效果将急剧下降，因而必须严格控制活性炭脱硫槽的入口温度。钴钼加氢催化剂是以氧化物形态出厂的，实际的活性形态是硫化物，因而需要硫化过程加以活化。此操作是利用天然气中的含硫化合物在钴钼加氢脱硫槽的升温过程中完成的，由于此时尚未达到脱硫催化剂的活性温度，原料气中的硫化物含量还没有达到转化炉的指标要求，为保护转化催化剂，原料气予以放空。

为使原料气在一二段炉中有效转化，则必要求一二段炉达到相应的温度，以保证催化剂活性和较高的转化速率，因而接下来的操作是转化炉的预热升温。为有效利用辅助锅炉烟道气的废热，二段炉的升温分两阶段完成，先用空气作为载热介质，再用中压蒸汽升温。除了节能的原因，先用空气再用蒸汽预热也是为了保护催化剂使然。如果全程用水蒸气预热，由于催化剂初始温度很低，必然会有部分水蒸气在低温催化剂上冷凝，当温度较高时，这部分冷凝液态水重新汽化可能造成催化剂结构破坏而发生水热失活。相较空气而言，水蒸气的热容大，当空气预热升温速度变缓时，采用水蒸气可提高升温速度。同样，燃料气点燃后，热容较大的水蒸气在流量较高时移走的热量较多，从而避免因炉膛超温而导致炉管烧坏。

升温所需的热量来自于燃料气燃烧的热辐射，为了保证开工安全，防止可燃混合物发生爆炸，需先引风，再引燃料气。燃料气的点火嘴和燃料气的主火嘴分开设置，避免主火嘴一次喷入燃料气太多，与炉膛中的助燃气体形成爆炸性混合物而发生意外闪火爆炸事故。

当一二段炉的温度达到要求之后，即可投料。此时，水蒸气流量很大，保证了高水碳比条件下甲烷的充分转化，从而可有效避免催化剂和炉管的结焦。二段转化需燃烧部分转化气以提供高温条件使残余甲烷继续转化，因而要加空气，同时也向系统引入了合成氨所需的另一种原料——氮气。待达到高低变炉的入口温度要求，即可将变换炉并入流程。读者应该深入体会放空和旁路流程在开工中的重要作用。

为保证装置开工和生产过程的安全，避免由于意外、操作失误或其他原因而导致重大事故，化工工艺联锁必不可少。

综上，转化装置的冷态开车是按照“启动蒸汽系统→脱硫槽升温硫化→暖炉→投料→加空气→联低变→其他（启动鼓风机、工艺联锁、点过热烧嘴、烟道烧嘴等）”顺序进行的，其中包含了节能、工艺、安全等方面要求的严密的逻辑关系，不容颠倒和错乱。

1. 蒸汽系统的启动

(1) 引 DW、除氧器 101-U 建立液位

项目一 转化工段

操作 步 骤	步 骤 解 析
①开预热器 106-C、134-C 现场入口总阀 LVV08	引脱盐水入装置
②开 106-C 入口阀 LVV09	连通流程,准备投用 106-C、134-C 换热器
③开 134-C 入口阀 LVV10	
④开 106-C、134-C 出口总阀 LVV13	
⑤开 LICA23	连通流程,引脱盐水入 101-U
⑥现场开 101-U 底排污阀 LCV24	排污 注:装置开工时,尽管管线和设备经过吹扫,甚至经过洗涤,但仍残存少量污物杂质。为使水质达标以保证蒸汽品质或防止堵塞管道阀门,开工时必须排污,经分析水质合格后,方可关闭排污底阀
⑦当 LICA23 达 50%投自动	控制 101-U 的液位

(2) 开 104-J、汽包 101-F 建立液位

操作 步 骤	步 骤 解 析
①现场开 101-U 顶部放空阀 LVV20	防憋压
②现场开低压蒸汽进 101-U 阀 PCV229	物理除氧
③开阀 LVV24,加 DMKO,以利分析 101-U 水中氧含量	加药以便化学分析锅炉水中氧含量
④开 104-J 出口总阀 MIC12	连通流程
⑤开 MIC1024	连通流程
⑥开 SP-7(在辅操台按“SP-7 开”按钮)	开电动阀 SP-7,准备投用换热器 123-C
⑦开阀 LVV23 加 NH ₃	调节锅炉水 pH 值,使之成弱碱性
⑧开 104-J/JB(选一组即可) a. 开入口阀 LVV25/LVV36 b. 开平衡阀 LVV27/LVV37 c. 开回流阀 LVV26/LVV30 d. 开 104-J 的透平 MIC-27/28,启动 104-J/JB e. 开 104-J 出口小旁路阀 LVV29/LVV32,控制 LR1(既 LRCA76 50%投自动)在 50%,可根据 LICA23 和 LRCA76 的液位情况而开启 LVV28/LVV31	启动锅炉给水泵 104-J,向锅炉汽包 101-F 送水;注意阀门的开启顺序,不能颠倒 注:104-J 为蒸汽透平驱动,通过蒸汽阀 MIC-27/28 的开度大小改变蒸汽流量,从而调节透平机转速,改变锅炉给水泵的出口流量 思考: (1)平衡阀的作用是什么? (2)什么类型的泵必须设置回流阀?回流阀能否全关?
⑨开 156-F 的入口阀 LVV04	防汽包液位超高,蒸汽带水,多余的水引入 156-F
⑩将 LICA102 投自动,设为 50%	控制 156-F 液位
⑪开 DO164,投用换热器 106-C、134-C、103-C、123-C	投用各换热器