

录

设计提要

第一章 总论

- (一) 简述二氧化碳生产的国内外归纳及意义
- (二) 产品的性质、用途、规格和国家标准、国际标准
- (三) 设计的原始依据、主要技术经济指标
- (四) 二氧化碳设计采取的生产方式
- (五) 肯定原料来源及性质
- (六) 论证设计选定的厂址、交通、气候、地质条件
- (七) 简要说明主辅车间地组成、工作制度及水、电地供给装备
- (八) 三废情况及环境保护的大体方案
- (九) 安全注意事项

第二章 工艺流程设计及设备论证

- (一) 设计论证 慢慢完善工艺流程
- (二) 工艺流程叙述
- (三) 设备论证

第三章 物料衡算

- (一) 衡算依据
- (二) 总算
- (三) 100# 工序 洗涤除尘工序
- (四) 200# 工序 脱硫干燥工序
- (五) 从原料压缩机至提纯塔的进程物料衡算

热量衡算

- (一) 缓冲罐
- (二) 洗涤塔
- (三) 吸收塔
- (四) 原料压缩机及其冷却器
- (五) 二级脱硫
- (六) 产品气压缩机及其冷却器
- (七) 提纯塔
- (八) 氨冷器

第五章 工艺设备选型

- (一) 换热器选型
- (二) 提纯塔工艺设计
- (三) 其他各塔及设备的工艺计算

结束语

一、设计题目：年产 10000 吨食物级液体二氧化碳工艺设计

二、主要原料：合成氨脱碳放空气

三、产品质量标准：符合国家标准（GB/T 6052—1993）

四、主要设计参数：见附表

五、设计要求：按设计大纲

六、设计内容： 一、设计说明书

（1）工艺流程的选择和论证

（2）工艺指标的肯定和论证

（3）物料衡算和能量衡算

（4）设备选型及计算

（5）按大纲要求的其它内容

二、设计图纸

（1）带控制点工艺流程图

（2）设备平、立面布置图

七、完成日期：二〇〇三年六月二十五日

设计者： _____

发出日期：二〇〇三年五月三日

主要设计参数

- 1.年工作日 300 天;
- 2.CO₂ 的提取率为 86%;
- 3.产品质量标准:

组成	H ₂ S	SO ₂	有机硫	H ₂ O	NO _x
含量	≤2mg/Nm ₃	≤2mg/Nm ₃	≤0.5mg/Nm ₃	≤30ppm	≤5ppm
组成	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	
含量	≤20ppm	≤20ppm	≤10ppm	≥99.0 %	

4.原料气组成:

组成	CO	CO ₂	N ₂	O ₂	SO ₂
含量	1.8 ~ 2 %	86 %	10 %	1 ~ 2 %	50 mg/Nm ₃
组成	NO _x	H ₂ S	CS ₂	COS	粉尘
含量	20 mg/Nm ₃	500mg/Nm ₃	0.97 mg/Nm ₃	200 mg/Nm ₃	50 mg/Nm ₃

5.原料气水洗工序

- 放空气出口温度: 常温
- 放空气出口压力: 30-40mm 水柱
- 放空气出洗涤塔温度: ≤30 °C
- 放空气出洗涤塔含尘量: ≤5 mg/Nm₃
- 放空气出吸收塔 H₂S 含量: ≤500ppm

6.原料气紧缩、预处置工序

- 预处置器出口无机硫含量: ≤500ppm
- 一级脱硫器入口气体温度: ≤35 °C
- 三级脱硫出口转化率取 90% ~ 99%
- 四级脱硫器出口: 总硫≤0.2ppm

7.提纯塔入口 CO₂ 含量为 86% (v/v), 塔顶 CO₂ 含量为 95% (v/v), 塔釜 CO₂ 含量为 99.0 % (v/v);

8.置换气放空 CO₂ 含量为 45% (v/v), N₂ 含量为 52% (v/v), 其余为 3% (v/v);

9.废气、顺放气 CO₂ 含量为 20% (v/v);

10.缓冲罐、洗涤塔、吸收塔、原料气紧缩机段后冷却器的出口水蒸汽浓度取相应温度下的水蒸汽饱和分压。

设计提要

10000 吨/年的工业用二氧化碳工业流程设计,采用技术为分子筛法。

设计中以节约能源、经济合理、工艺简单、保证产品质量为前提,依据永氮合成氨厂的工艺情况并结合本设计的要求,在流程中首先将含 CO 原料气体进入予处置工序,采用湿法除尘工艺除尘,多级脱硫脱除硫化物,分子筛吸附技术除水等技术,除去杂质气体,然后再进入提纯工序,取得纯度较高的 CO 气体,以知足工业需要,最后通过提纯工序,得到纯度更高的液态 CO 产品,产品的质量符合 GB/T 6052-1993 的标准。

本设计共包括:设计总论、工艺流程设计论证、设计计算和画图四个部份。

在设计总论部份,首先对产品进行了概述,并按厂址选择要求,对选定厂址的水文、气象、地质等情况作了初步查,并从水、电、汽供给情况和交通运输方面进一步说明了厂址选择地合理性,并对主、副原料的供给要求作了明确的规定。

同时,重点从生产 CO 的用途和提高产品质量、降低车间生产费用等目的起身,肯定了分子筛吸附法,提纯 CO 的方式,并对本工艺线路和生产原理作了扼要的介绍,就流程中各工序的任务作了明确的说明。着重从工艺的各个角度,对整个生产进程,通过工艺条件的分析,工艺流程的论证,主要设备的论证,进一步阐明本设计在生产中的先进性和合理性。并对安全保护办法、三废处置问题作了具体的说明。

在设计计算部份,主要从给定地生产任务起身对整个生产进程进行总算,并对各个设备进行了具体的物料衡算和热量衡算,在此基础上对主要设备进行了工艺设计计算,对部份设备进行了选型计算。

在画图部份,按照设计说明和计算,绘制了工艺流程和设备布置图。

由于本设计在时间上比较仓促,和有些数据难以查找,对某些方面只按厂里的工艺指标或经验数据为依据,因此有待于此后实际生产中的试探和探讨。

第一章 总论

二氧化碳的发现应追溯到 17 世纪初,那时,比利时化学家 J·B·Van Helmont(1577-1644) 在检测柴炭时发现一种与其他气体不同的气体。1757 年,J Black 第一个应用定量的方式研究这种气体,由于它是固定在石灰石中的,所以定名它为“固定空气”。尔后 H Cavendish 和 J Priestley 别离研究了“固定空气”的性质。1773 年,A L Lavoisior 把碳放在氧气中加热,取得被他称为“碳酸”的二氧化碳气体,测出质量组成为含碳 23.5%-28.9%、含氧 71.1%-76.5%。1823 年,M Faraday 发现加压可使二氧化碳气体液化。1833 年,M Thilorier 制得固态二氧化碳(干冰)。1884 年,在德国建成第一家生产液态二氧化碳的工厂。

二氧化碳化学自 20 世纪 80 年代以来引发世界各国,特别是工业发达国家的普遍关注。据统计,全世界各类矿物燃料(煤,石油,天然气),燃烧排放到大自然中的二氧化碳量达到 185-242 亿吨/年,而其利用尚不足 1 亿吨/年。二氧化碳的大量排放,不仅造成资源的严重浪费,而且做为主要的温室效应气体,引发的环境公害举世注目,美国、英国和德国都研究制定了排放制度,日本则加速了二氧化碳综合利用方面的研究,计划用 10 年时间成立起以二氧化碳为原料的独立工业体系。我国随着工业发展,二氧化碳排放量也在慢慢上升,1981 年已达 532.3×10^6 t, 占世界排放的 10%,排在第三位,因此加快二氧化碳研究与利用已显的日趋必要和迫切。

目前,二氧化碳主要用于碳酸饮料、气体保护焊、三次采油、超临界流体萃取、气肥、保解、烟丝膨化等用途,其用量及应用范围都在逐年扩大,因此二氧化碳的分离提纯技术显的尤其重要,她是 CO₂化学发展的基础,也是化学发展的关键问题之一。

工业上分离提纯二氧化碳的方式有低温蒸馏法、膜分离法、溶剂吸收法、变压吸附法(PAS)等。

最近几年来我国主要 CO₂装置情况见表

生产厂家	原料来源	工艺	产能 (Kt/a)
广东江门氮肥厂	合成氨厂气	三塔变压吸附	10
川化集团公司	合成氨厂废气	低压净化,提纯液化	4
广州石化总厂	制氨装置副产	加压法,分子筛吸附和静压提纯	10
山东鲁化集团合成氨厂	合成氨厂副产	压缩净化	15
黄桥二氧化碳厂	CO ₂ 气田	净化-提馏-吸附	10
金东实业公司	环氧已烷副产	低温分馏精制	30
兴化 BOC 气体有限公司	造气排放废气	BOC 技术	20
美国普莱克斯公司独资	鹰山石化排放的工业尾气	PRAXAIR 技术	30
上海焦化有限公司	焦化脱硫脱碳工业尾气	林德公司技术,提纯压缩,净化,液化	60
BOC 公司	化工厂废气	BOC 技术	10×7
茂名高伦公司	制氨装置废气	低温分馏精制	30
万金塔 CO ₂ 气田	气田		10
韶刚集团公司碳厂		变压吸附技术	10

二、产品的性质、用途、规格和国家标准、国际标准

1. 物理性质

0.1449 克

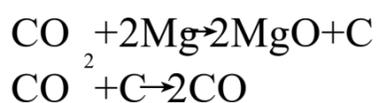
/100 克²水 (25℃)。在 20℃时, 将二氧化碳加压到 5.9×10^6 帕即可变成无色液体, 常紧缩在钢瓶中贮存。在 -56.6℃、 5.27×10^5 Pa 时变成固体。液态二氧化碳减压迅速蒸发时, 一部份气化吸热, 另一部份骤冷变成雪状固体。将雪状固体压缩, 成为冰状固体, 俗称“干冰”。“干冰”在 10^5 Pa、-78.5℃时可直接升华变成气体。二氧化碳比空气重, 在标准状况下密度为 1.977g/L, 约是空气的 1.5 倍。二氧化碳无毒, 但不能供给动物呼吸, 是一种窒息性气体。在空气中通常含量为 0.03% (体积), 若含量达到 10%时, 就会令人呼吸逐渐停止, 最后窒息死亡。枯井、地窖、地洞底部一般二氧化碳的浓度较高, 所以在进入之前, 应先用灯火实验, 如灯火熄灭或燃烧减弱, 就不能贸然进入, 以避免发生危险。二氧化碳是非极性分子, 可溶于极性较强的溶液中, 二氧化碳溶于水生成碳酸。

分子直径 (nm)	0.35-0.51
气体密度 (0℃, 0.101MPa) / (kg/m ³)	1.977
汽化热 (0℃) / (kJ/kg)	235
临界状态	
温度 / °C	31.06
压力 / MPa	7.382
密度 / kg/m ³	467
比热容 (20℃, 0.101 MPa) / [kJ/kg ¹ k]	
C _p	0.845
C _v	0.651
气体粘度 (0℃, 0.101 MPa) / mp · s	13.8

2. 化学性质

通常情况下, 二氧化碳性质稳定, 无毒性, 不燃, 不助燃, 在高温或是有催化剂存在的情况下, 二氧化碳可以参加一些化学反映:

① 还原反映

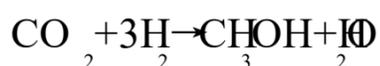


② 有机合成反映

在高温 (170℃-200℃) 和高压 (13.8-24.6MPa) 下, CO₂ 和氨反映



在升温加压和有铜-锌催化剂存在时, 用二氧化碳、一氧化碳和氢气的气态混合物可以合成甲醇, 二氧化碳和氢气反映



3. 用途

① 在化工合成上的应用

二氧化碳除成熟的化工利用(例如合成尿素, 生产碳铵, 生产碳酸盐、阿斯匹林, 制取水杨酸及其衍生物等)之外, 此刻又研究成功了许多新的工艺方式, 如合成甲酸及其衍生物, 合成天然气, 乙烯, 合成甲醇, 壬醇, 草酸及其衍生物, 丙脂及芳烷的烷基化, 合成高分子单体及进一步二元或三元共聚, 制成了一系列高分子材料等, 另外利用二氧化碳代替传统的农药做杀虫剂, 也在研究当中。

② 在农业上的应用

用于蔬菜、水果的保鲜储藏, 二氧化碳也可用于粮食的储藏, 它比通常所用的蒸蒸剂效果更好。把二氧化碳引入蔬菜温室, 能使蔬菜的生长速度增加, 缩短其生长周期。用飞机将干冰撒入云层实施人工降雨, 能解决久旱无雨、庄稼欠收的问

③ 在一般工业上的应用

二氧化碳是很好的致冷剂。它不仅冷却速度快、操作性能好、不浸湿产品、不会造成二次污染，而且投资少、人力省。利用二氧化碳保护电弧焊接，既可避免金属表面氧化又可使焊接速度提高 9 倍。最近美国制成了不受烟、砂石和烟雾妨碍，能够正确测定距离的二氧化碳激光测距器。二氧化碳作为油田注入剂，可有效地驱油。目前，地热资源是能源开发的重大课题，低温和较低温地域的地下热水最多，而且没有充分利用，其最大的难度是利用地下热水发电时的工作介质不睬想，国际上用氟里昂和异丁烷所进行的实验都证明没有希望，但是，用二氧化碳作为介质，利用较低温地下热水资源来发电已在罗马尼亚研究成功。

④ 二氧化碳超临界萃取

超临界二氧化碳流体，由于具有与液体相近的密度，而粘度只有液体的 1%，扩散系数是液体的 100 倍，所以它的萃取能力远远超过有机溶剂，更为理想的是控制条件就可定向分离组份，可在常温下和较低温下工作，没有毒性和发生爆炸的危险，利历时不但又很好的工作性能，而且可有效地浸出高沸点、高粘度、热敏性物质。

4. 产品质量标准

① 国家标准 GB/T6052-1993《工业液体二氧化碳》

项目	指标		
二氧化碳% (v/v) \geq	99	99.5	99.9
油份	按标准 4,4 检验合格	按标准 4,4 检验合格	按标准 4,4 检验合格
一氧化碳、硫化氢、磷化氢及有机还原物 b	—	按标准 4,6 检验合格	按标准 4,6 检验合格
气味	无异味	无异味	无异味
水份露点/°C \leq	-	-60	-65
游离水	无	-	-

限定说明：

感官：外观、气味

工艺进程：生产当中十分重要并必需控制的关键项目

法规：行政部门的限定规定

三、设计的原始依据及主要技术经济指标

设计的原始依据，按设计任务书

1. 年产量 10000 吨食物级液体二氧化碳；
2. 年工作日 300 天；
3. CO₂ 的提取率为 86%；
4. 产品质量标准：

组成	H ₂ S	SO ₂	有机硫	H ₂ O	NO _x
----	------------------	-----------------	-----	------------------	-----------------

	$\leq 2\text{mg/Nm}^3$	$\leq 2\text{mg/Nm}^3$	$\leq 0.5\text{mg/Nm}^3$	$\leq 30\text{ppm}$	$\leq 5\text{ppm}$
组成	O_2	N_2	CO	CO_2	
含量	$\leq 20\text{ppm}$	$\leq 20\text{ppm}$	$\leq 10\text{ppm}$	$\geq 99.99\%$	

5. 原料气组成:

组成	CO	CO_2	N_2	O_2	SO_2
含量	1.8 ~ 2 %	86 %	10 %	2 ~ 3 %	50 mg/Nm ³
组成	NO_x	H_2S	CS_2	COS	粉尘
含量	20 mg/Nm ³	500mg/Nm ³	0.97 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	50 mg/Nm ³

6. 原料气水洗工序

放空气出口温度: 常温

放空气出口压力: 30-40mm 水柱

放空气出洗涤塔温度: 30℃

放空气出洗涤塔含尘量: $\leq 5\text{mg/Nm}^3$

放空气出吸收塔 H_2S 含量: $\leq 500\text{ppm}$

7. 原料气紧缩、预处置工序

预处置器出口无机硫含量: $\leq 500\text{ppm}$

一级脱硫器入口气体温度: $\leq 35^\circ\text{C}$

三级脱硫出口转化率取 90% ~ 99%

四级脱硫器出口: 总硫 $\leq 0.2\text{ppm}$

8. 提纯塔入口 CO_2 含量为 86% (v/v), 塔顶 CO_2 含量为 95% (v/v), 塔釜 CO_2 含量为 99.0% (v/v);

9. 置换气放空 CO_2 含量为 45% (v/v), N_2 含量为 52% (v/v), 其余为 3% (v/v);

10. 废气、顺放气 CO_2 含量为 20% (v/v);

11. 缓冲罐、洗涤塔、吸收塔、原料气紧缩机段后冷却器的出口水蒸汽浓度取相应温度下的水蒸汽饱和分压。

四、二氧化碳设计所采取的生产方式、工艺流程特点

1. 生产方式

① 低温蒸馏法

本法由于设备庞大、能耗较高、分离效果较差, 因此本钱较高, 不适应中小规模生产, 一般适用于油田开采现场, 生产无硫二氧化碳产品直接注入油井, 以提高采率。

② 膜分离法和溶剂吸收法

膜分离法具有装置简单、操作方便、能耗较低特点, 是现今世界上发展迅速的一项节能型气体分离技术。可是, 膜分离法的缺点是很难取得高纯度的 CO_2 , 为了得到高纯度的二氧化碳, 它必需与溶剂吸收法结合起来, 前者用于粗分离, 后者用于精分离, 工艺极为复杂。

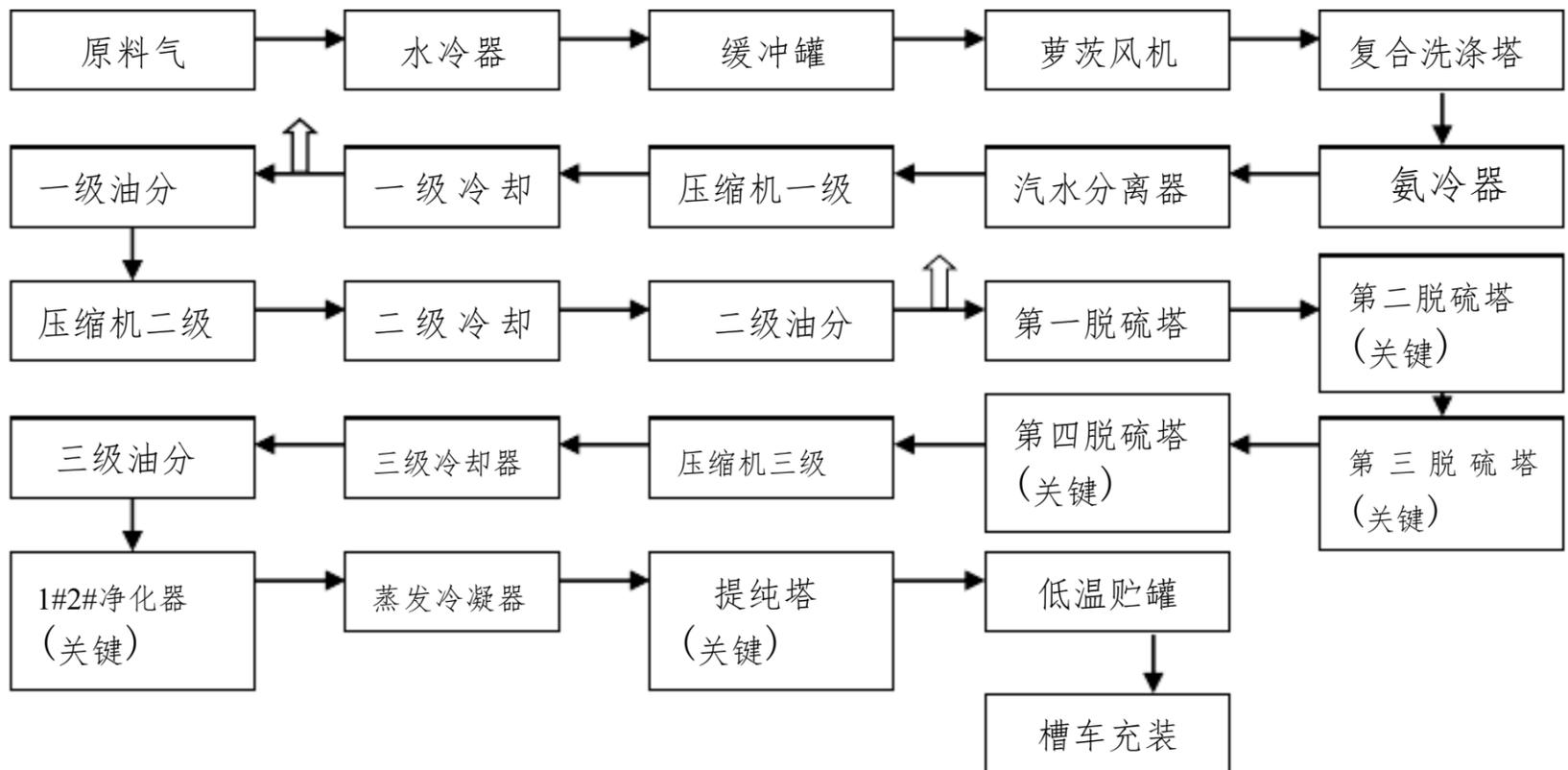
③ 分子筛吸附法

分子筛吸附法具有工艺进程简单、能耗低、适应能力强、自动化程度高、技术先进、经济合理等长处, 桥氮二氧化碳装置采用此项技术提纯二氧化碳装置, 一次开车成功, 对以放空气为原料的混合气中难以解决的氨氧化合物已找到必然的淡化方式, 使产品大体知足 GB/T 6052-1993 标准要求。

2. 本设计采用分子筛吸附法分离提纯二氧化碳, 其生产方式为:

①. 以合成氨放空气为原料气, 经湿法除尘装置除尘, 采用多级脱硫技术脱除 SO_2 、 S 、 COS 、 CS_2 等有害杂质, 并采用分子筛吸附技术脱除 H_2O , 再经液扮装置取得液态二氧化碳, 最后经提纯塔装置提纯二氧化碳产品。

3. CO₂工艺流程示用意



五 肯定原料来源、性质

原料来源为脱碳工艺放空气，其中主要含有氮气、氧气、一氧化碳等气体。

1. 氮气

① 物理性质：常温下是无色无味、无臭的气体

② 物理常数：

熔点 63.29K

比热容(288.8K,0.101MPa):

C_p 1.04kJ/kg K

C_v 0.741 kJ/kg K

气体粘度 μ(273K,0.101MPa) 879.2 ×10⁻²MPaS

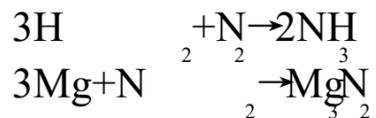
沸点 77.35K

汽化热 196.895kJ/mol

③ 化学性质

在通常情况下，氮是惰性的，在常温常压下，除金属锂等极少元素外，氮几乎不与任何物质发生反映： $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$

在高温高压或有催化剂存在的条件下，氮可以与许多物质发生反映，如：



2. 氧气

① 物理性质：纯净的氧气是一种没有颜色，没有气味，没有味道的气体，它的密度稍大于空气，氧气微溶于水，液态氧是淡蓝色

② 物理常数

熔点 54.75K

摩尔比热容(273.15K,0.101MPa):

C_p 29.33J/(mol K)

C_v 20.96J/(mol K)

×10⁻⁶Pa S

沸点 90.188K
汽化热 6.8123kJ/mol

③ 化学性质

氧气是最活泼的元素之一,除氮氖和氩等稀有气体和一些不活泼金属外,氧能和所有的元素形成化合物,虽然在某些情况中乃至在高温中同分子氧难以达到直接化合,当氧与其他元素直接化合生成氧化物时,反映是放热的,生成的氧化物一般很稳定。

同时,氧分子作为一种重要的配位体在生物内起着重要作用,除氧外,自然界还存在氧的两种同素异形体,即 O_3 和 O_4 。

3. 一氧化碳

④ 物理性质:一氧化碳是一种无色无味,无刺激性可燃烧的有毒气体

⑤ 物理常数

熔点 68.15K
比热容(20 °C,0.101MPa)
Cp 1.0393 kJ/kg K
Cv 0.7443 kJ/kg K
气体粘度(273K,0.101MPa) 16.62Pa S
沸点 81.63K
汽化热 6.042kJ/mol

③化学性质

由于 CO 分子是不饱和的亚稳分子,在化学上,就分解而言,CO 是稳定的,但由于存在未被占有的反键轨道,易于被催化剂激活。在高温高压下,CO 具有极高的化学活性,能和多种单质和化合物反映,具有较强的还原性。

六. 论证设计选定的厂址、交通、气候、地质条件:

厂址选于湖南省郴州市永兴县城关镇西郊,距市区三千米,便江南岸,东径 113°05', 北纬 26°08', 地面平均海拔 131m, 地势东低西高。

交通便利,宽 12m 的水泥公路直达厂区。水电丰腴,便江江上、中游建有二座水电站,还有国家电网变电所输出 3.5 万伏供给,电源充沛。厂内用引水达 200m/h,水质良好。常年为东南风和西北风,年均气温 17°C,相对湿度 77%,地震烈度 7 级。

七. 简要说明主辅车间的组成,工作制度和电、水的供给装备。

1. 主车间

主车间由除尘、脱硫、分子筛吸附、紧缩、液化、提纯、贮存等工序组成,仪表接入工业用二氧化碳仪表集控室。

2. 辅车间

辅车间由机修车间、动力车间、仪表车间等组成。

3. 工作制度

车间员工 9 人,其中管理人员 3 人,普通职工实行三班倒制度。

4. 水、电的供给

水、电由永氮公司统一供给调配。

本工艺流程其本身因考虑环境因素，分离、提纯放空气气中的二氧化碳。因此工艺流程中产生的污染很少。

排放物主如果洗涤塔废水及旧催化剂等，处置方案是：将洗涤塔废水经沉降后排放，废旧催化剂统一处置等。

九. 安全注意事项

二氧化碳是无毒的，大气中低浓度的二氧化碳不会对人体造成直接危害，可是，高浓度的二氧化碳却是有害的，因此生产二氧化碳场所必需维持通风良好。进入密闭设备、容器和地沟等处，必先进行安全分析，肯定是不是合格，分析合格前不可擅自进入。进入高浓度二氧化碳场所进行检查修理工作前，应先抽风排气。分析不合格时，应戴上氧气呼吸器或长管面具，并要人监护。若是发现有人中毒，应该迅速将中毒者离开毒区，吸氧。必要时用高压氧医治。抢救人员应佩带氧气呼吸或隔离式防毒面具。

充装液体二氧化碳时，避免低温液体喷向人体，万一发生冻伤，当即用 40℃ 的温水浸泡。充装工作需有专人负责。充装人员应按期培训，考核合格才能上岗操作。严格执行充装重量复验制度，严禁过量充装。气瓶应按期检查，防止泄露，防止侵蚀。

吸附剂装填时，进塔人员应穿着好劳保用品，外部必需有人进行监护，以防意外，当塔内时可燃性气体和惰性气体时，严禁入塔，用新鲜空气置换合格后，才能进塔。

在搬运、装填吸附剂的进程中，会产生很多粉尘，这些粉尘吸附剂本身均会刺激人的眼睛、鼻子、喉咙和皮肤，若是眼睛内含有粉尘时，可用足够的水冲洗，不能将吸附剂放入口中，决不能将水倒入吸附剂中，不然会引发灼烧。

系统停车时，紧压机气缸夹套内水需放干净，所有冷却器夹套内的水要放干净。各职位都要配备适合的消防器材。

第二章 工艺流程设计及设备论证

一、设计论证 慢慢完善工艺流程

本设计以合成氨脱碳工艺放空气为原料气，生产工业用二氧化碳，整个工艺流程共分八个工序，各个工序生产原理如下：

原料气（二氧化碳）通过水冷器冷却后进入缓冲罐，经罗茨鼓风机提压至 0.05 Mpa 左右进入复合洗涤塔，去除气体中夹带的 MDEA 脱碳）溶剂，降温并脱除气味；

2) 从复合洗涤塔出来的气体进入氨冷器降温至 25℃ 左右分离出气体中的大部份水分，以后进入汽水分离器分进行汽水分离，

3) 从汽水分离器出来的气体进入 CQ 压缩机一级压缩至 0.4 Mpa 左右，经一级冷却器、油分离器后进入压缩机二级压缩至 1.3 Mpa 左右，经二级冷却器、油分离器后进入第一脱硫塔和第二脱硫塔，脱除大部 H₂S；

4) 从第二脱硫塔出来的气体进入第三脱硫塔。在活性炭的作用下吸附有机硫和微量的 H₂S；

5) 从第三脱硫塔出来的气体进入第四脱硫塔，在精脱硫剂的吸附下脱除微量的 H₂S 和有机硫，使其达到工艺要求（总硫在 20ppm 以下）；

6) 从第四脱硫塔出来的气体进入 CQ 压缩机三级压缩至 3.3Mpa 左右；

7) 经三级压缩的气体通过三级冷却器、油分离器冷却、分离，进入 1 号净化器或二号净化器，在 3A 分子筛干燥剂的作用下，脱除气体中的湿度水份，使气体中含水量小于 20ppm

8) 净化器出来的气体进入氨蒸发冷凝器被液化，然后进入提纯塔，经提纯闪蒸后的气体直接进入 CQ 低温贮槽或去充装槽罐车。

2. 工艺条件分析、选择。

① 洗涤塔和吸收塔液气比和吸收温度的选择

填料塔是一种常见的湿法除尘设备，其特点是结构简单便于抗侵蚀性材料制造，压强小等特点，其原理是依托液膜界面的完成粒抽集进程，同时吸收有害气体成份。

洗涤塔与吸收塔均采用填料塔，其除尘效率与吸见效率和液气比与吸收温度有关。液气比大，则水量大，吸收温度低即吸见效率高，除尘效率高，但产品本钱增加；相反，液气比小，水量小，吸收温度高，吸见效率低，除尘效率低，因此本设计考虑可循环利用水量，故取液气比 1: 219，吸收温度为 30℃ 与 1: 112 吸收温度为 25.9℃。

② 脱硫塔的空速和温度选择

一二级粗脱硫器的空速的选择一样也直接影响 CO₂ 的生产。空速小则脱硫器的生产能力低下，空速太大，则硫容减少，有机硫的转化率低，不能知足工艺要求，按照催化剂厂家提供的参数，选择空速为 2500h⁻¹，温度的选择对有机硫的脱除也有较大影响，该催化剂的正常操作温度为常温到 100℃（一般高于气体漏点温度为 20-30℃），因此温度为 40-60℃。

③ 四级脱硫器的空速和温度选择

三四级脱硫所选用的催化剂为活性炭，选择空速取为 1500h⁻¹，温度低于 70℃，以 10-40℃ 为最好。

④ 料气干燥器工艺条件中分析选择

原料气干燥是利用分子筛吸附的原理，将原料气中的水分脱除。分子筛吸附一般可分为三个步骤：吸附、加热再生和冷吹。可通过双塔切换操作来实现。吸附剂有多种，如：活性氧化铝，硅胶，沸石等，本设计采用硅胶吸附剂。

吸收周期的肯定，吸收周期的肯定需按照吸附质吸附性能，加热冷却所需时间，能

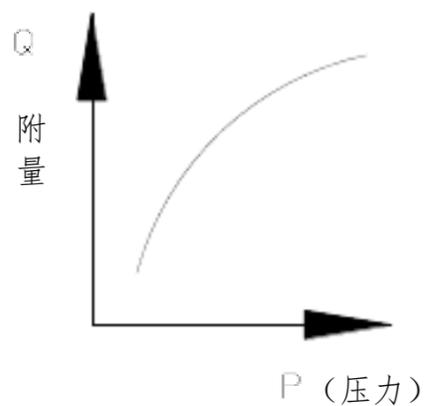
周期短，吸附剂用量小，但再生频繁，生产能耗高，吸附剂使用寿命短。鉴于此本设计的吸附周期选定为 12 小时，其中高燥时间 8 小时，逆放时间 5 分钟，加热时间 3 小时 55 分，冷却时间为 3 小时 55 分，升压时间为 5 分钟。

再生温度的选择。再生温度是变温吸附中超级关键的参数。提吸附剂的再生温度有利于解吸的完全程度，也就是提高了吸附剂的利用率，但在实际操作进程中，再生温度不能任意提高，受吸附剂性能下降以至于失去吸附作用，所以选择的再生温度必需低于吸附剂耐热温度，硅胶吸附剂的耐热温度为 250°C ，本设计再生温度为 145°C - 150°C 。

空速的选择，空速的选择也影响着吸附效果。空速小，则处置时间能力低下，空速太大，则吸附剂的吸附率低，不能知足工艺要求，按照硅胶的物性参数，选择空速为 1000h^{-1} 。

⑤分子筛吸附工艺条件分析选择

分子筛吸附是按照吸附量与吸附压力成正比，在较高压力下进行吸附。



由关系图可以看出，压力越高，吸附量越大。但吸附量随压力升高而增大的趋势逐渐减小。因此吸附需在较高压力下进行，但也没必要很大的吸附压力，本设计选择 3.0MPa 左右。

空速的选择，空速小则设备生产能力低；空速大，废气中 CO_2 含量高， CO_2 的提取率下降，故选择空速 1000h^{-1} 。

再生方式的选择。吸附剂的再生程度影响吸附剂的吸附能力，本文选用升温还原的方法，当吸附塔降到大气压后，用电炉加热提纯塔放空气反向吹扫，以取得更好的再生效果。

二、工艺流程叙述

1) 原料气（二氧化碳）通过水冷器冷却后进入缓冲罐，经罗茨鼓风机提压至 0.05 Mpa 左右进入复合洗涤塔，去除气体中夹带的 MDEA 脱碳）溶剂，降温并脱除气味；

从复合洗涤塔出来的气体进入氨冷器降温至 25℃左右分离出气体中的大部份水分，以后进入汽水分离器分进行汽水分离，

3) 从汽水分离器出来的气体进入 CQ 压缩机一级压缩至 0.4 Mpa 左右，经一级冷却器、油分离器后进入压缩机二级压缩至 1.3 Mpa 左右，经二级冷却器、油分离器后进入第一脱硫塔和第二脱硫塔，脱除大部 H₂S；

4) 从第二脱硫塔出来的气体进入第三脱硫塔。在活性炭的作用下吸附有机硫和微量的 H₂S；

5) 从第三脱硫塔出来的气体进入第四脱硫塔，在精脱硫剂的吸附下脱除微量的 H₂S 和有机硫，使其达到工艺要求(总硫在 20ppm 以下)；

6) 从第四脱硫塔出来的气体进入 CQ 压缩机三级压缩至 3.3Mpa 左右；

7) 经三级压缩的气体通过三级冷却器、油分离器冷却、分离，进入 1 号净化器或二号净化器，在 3A 分子筛干燥剂的作用下，脱除气体中的湿度水份，使气体中含水量小于 20ppm

8) 净化器出来的气体进入氨蒸发冷凝器被液化，然后进入提纯塔，经提纯闪蒸后的气体直接进入 CQ 低温贮槽或去充装槽罐车。

<一>. 除尘设备

1. 湿法除尘与干法除尘相比较，其长处有：

(1) 除尘效率高

湿法除尘的效率可与某些高效率的干法除尘的效率相媲美。如电除尘，过滤除尘等方式。其通过合理的设备结构设计可以达到 99% 以上的去除率，即便是效果不是很理想的湿法除尘设备，其除尘效率也都在 85% 以上。另外，其去除粉尘粒径的范围很广，可有效去除粒径在 0.1mm 左右的尘粒。

(2) 设备构造简单，投资少

湿法除尘的设备相对来讲简单的多。将一些不规则的或规则的填料(如拉西环)装入一个容器即可组成一个简单的填料塔，就可用来除掉含尘气流中的大部份颗粒。

另外，湿法除尘设备本身一般无可动部件，只要制造材料质量好，就不易发生故障，使得维修管理方便。

(3) 适用于高温、高湿烟气及非纤维性粉尘的处置，可用于净化易燃，易爆及有害气体。

这是由于洗涤液一般是水，而且是在常温下输入分散，在其与气体接触时，由于热互换的进程，使得含尘气体取得冷却，湿度增加。同时，含尘气体中的某些有害有毒气体如硫化氢，二氧化碳及易燃易爆气体如醇类、醚类等与水接触时，大量溶于水而被一路除去。

2. 湿法除尘的缺点：

(1) 消耗大量的水，使得运转投资增加。虽然湿法除尘的基建投资少，如上面提到的三种除尘设备，可是它们最终的平运转费用和每立方米的总投资费用相当。这主要是由于湿法顶用水带来的一系列问题所致。

(2) 粉尘回收困难，造成有效粉尘资源的浪费。

(3) 无益于粘性的粉尘去除。粘性的粉尘遇水易形成稠状而发生挂灰及堵塞设备现象。

(4) 在酷寒地域，冬季需考虑防冻问题。

(5) 设备侵蚀问题。这种情况在湿法除尘中较为常见，因此采用湿法除尘时，应该考虑到设备侵蚀问题，若是考虑不周，则往往会引发设备严重侵蚀而迫使除尘系统难于正常运行。

) 进程会造成水的二次污染,这也是当前湿法除尘存在的一个主要问题,若是对这些废水不做妥当处置就进行排放,就会造成污染物转移,即把烟气对大气的污染转化为对江河水系的污染。

3. 本设计选择湿法除尘的原因有:

- (1) 厂址选择在水电丰腴,气候温暖的南方,故防冻问题及水投资费用影响较小;
- (2) 粉尘为非粘性的尘粒,且为有害杂质,故不须回收及考虑堵塞设备现象;
- (3) 原料中气体含有二氧化硫、硫化氢等杂质,采用湿法除尘可吸收这些有害杂质,这些有害杂质酸性气体含量较少,故设备侵蚀问题可适当考虑;
- (4) 对除尘进程中的废水,可经沉淀后排放。

<二>. 吸收装置

1. 板式塔和填料塔比较,列表如下

项目	板式塔	填料塔
处理能力与操作弹性	操作弹性大	规整填料处理能力比板式塔大在真空和常压下为 30%~50%,新型散装填料处理能力也比板式塔高些。
各块理论板压降	约 1KPa	散装填料约为0.3 Kpa 规整填料约为0.15 Kpa 压降小是填料塔德的主要优点
对腐蚀性物料的适用性	必须用耐蚀材料制作,往往比较重或价格太高。	易用陶瓷一类耐蚀材料制作较合
小直径	0.6mm以下较难制作	很合适
分离效率 (HETP)	分离效率比较稳定,大塔效率会更高些。	规整填料的 HETP值比板式塔小,丝网的效率更高,新散装填料与板式塔相同。
塔的检查	容易	较困难,规整填料几乎不可能。
易起泡沫物系	较难,塔径、塔高均需较大值。	比较合适

2. 该工艺进程中,吸收塔和洗涤塔采用填料塔的原因有

- a. 原料气中含有硫化氢,二氧化硫等酸性气体,对设备具有侵蚀性,而填料塔便于用耐侵蚀性材料制造;
- b. 填料塔节约简便,占地面积小,金属耗量少;
- c. 该工艺进程中对除尘要求不是很高,采用填料塔可知足要求。

3. 填料塔中采用耐侵蚀的瓷拉西环作填料,其特性指标如下:

填料	尺寸	A/m^3	ϵ	$r.l/m^3$
乱堆瓷拉西环	50×50×4.5	93	0.81	6000

4. 脱硫催化剂

干法脱硫中传统的催化剂有:氧化锌,氧化铁,活性炭等.比较其性能,列于下表中:

催化剂种类	活性炭	氧化铁	氧化锌
性能			

	HS、RSH CS、COS ₂	HS、RSH COS ₂	HS、RSH CS、COS ₂
净化度,出口总硫	<1	<1	<1
脱硫温度(°C)	常温	340~400	350~400
操作压力(atm) _(表)	0~30	0~30	0~50
空时	400		400
硫容量		2	15~25
再生情况	可用蒸汽再生	可用蒸汽再生	不再生

新性的催化剂有:T504 型常温有机硫水解催化剂,T101,T102,T103 型活性炭精脱硫剂,EAC-4型硫化氢,二氧化硫精脱硫剂。

a. T104型催化剂有以下特点:

- (1) 常温下活性好 30 °C,空速 600h⁻¹,COS转化率>90%;
- (2) 抗硫化氢及二氧化硫中毒能力强,利用寿命长;
- (3) 机械强度好,遇水不粉化,床层阻力小.

b. EAC系列精脱硫剂有以下特点:

- (1) 脱硫精度高 普通脱硫精度为出口硫化氢<1.0ppm,用于粗脱,而 EAC精脱硫剂脱硫精度为出口硫化氢<0.03ppm.
- (2) 反映速度快 研究表明,EAC的穿透空速是普通脱硫剂的2-4 倍,工业利用时,普通脱硫剂利用空速是 200-500h⁻¹ 左右.
- (3) 精脱硫剂的工作(穿透)硫容高 研究表明,EAC 型精脱硫剂工作硫容为其它常温脱硫剂的 3-5 倍,EAC-4型解决了在常温下精脱二氧化硫的难题,其硫容可达 10%.
- (4) 对有机硫有必然的脱除作用

本设计中,预处置器和三级脱硫塔采用 EAC-4型精脱硫剂,其性能指标列于下表:

精脱硫剂	外观	粒度	堆密度 (g/ml)	比表面积 (m ² /g)	孔容 (ml/g)	空隙率
EAC-4型	黑色条形	4 ₍₃₋₄₎ × (5-15)	06 ±0.1	>800	0.6	0.41

二级脱硫塔采用 T504型常温有机硫催化剂,其性能列于下表中:

主要成份	外观	粒度 (mm)	堆密度 (g/ml)	比表面积 (m ² /g)	空隙率
Al ₂ O ₃ 加特种 _{2,3} 添加剂	白色球状颗粒	42~4 43~5 44~6	0.7 ~1.0	150~350	0.35

5. 吸附分离设备

工业上分离提纯 CO₂的方式有低温蒸馏法,膜分离法,溶剂吸收法.

① 低温蒸馏法

本法由于设备庞大,能耗较高,分离效果差,因此本钱较高不适应于中小规模生产,一般适用于油田开采现场,生产无硫 CO₂产品直接注入油井以提高采油率。

② 分离和溶剂吸收法

膜分离法具有装置简单,操作简单,能耗较低等长处,是现今世界上发展较迅速的一项节能型气体分离技术.可是膜分离法的缺点是很难取得高纯度的 CO₂,为了得到高纯度的 CO₂,它必需与溶剂吸收法结合起来,前者用于粗分离,后者做精分离,工艺极为复杂

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/406130053134010120>