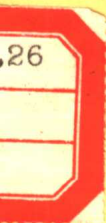


重油气化 工艺与操作

ZHONGYOUQIHUAGONGYIYUCAOZUO

兴平化肥厂 广州氮肥厂 合编



化学工业出版社

重油气化工艺与操作

兴平化肥厂
广州氮肥厂 合编

化学工业出版社

重油气化工艺与操作

兴平化肥厂 合编
广州氮肥厂

*

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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $6^{7/8}$ 字数148千字印数1-2,860

1982年11月北京第1版1982年11月北京第1次印刷

统一书号15063·3443定价0.56元

本书共分八章，包括重油气化所用原料——重油的性质，气化的基本原理和反应条件，生产工艺流程，主要设备的构造和维修要点，开停车与正常操作，不正常现象及事故处理，炭黑的清除与回收，工艺计算示例。内容比较全面，叙述比较详细，可供从事氮肥、煤气和氢气生产的工人、工程技术人员，生产管理人员学习参考。

有关重油气化自动控制原理和技术，在本社出版的《重油气化自动控制》一书与本书配套出版。

本书由兴平化肥厂沈家云（前言、一、二、三、八章），广州氮肥厂岑海钢、古焕环（四、五、六、七章）执笔编写，由华南工学院潘大任、涂淑凤、林维明、黄传荣审校。

前 言

1945至1956年期间，美国德士古公司、意大利的蒙特卡梯尼公司和荷兰谢尔公司先后研究了以碳氢化合物为原料、非催化部分氧化法制取合成气获得了成功。1956年在美国建成了第一座采用重油为原料的非催化部分氧化法（简称重油部分氧化法或重油气化法）制合成氨的工厂。从此，世界各国陆续有一大批同类型的工厂投入生产。重油部分氧化法的裂化气，不仅作为合成氨的原料气，而且用来制造甲醇、羰基合成、纯氢等原料气。1980年全世界合成氨产量中，以重油为原料已占7%左右，随着天然气、石脑油的短缺和价格上涨以及高硫重油的利用，预计今后所占比例将会上升。

我国于1964年在兰州化肥厂兴建了重油气化实验装置，同年正式投产，随后又在兴平、广州等地的氮肥厂建设了重油气化装置；有少数小氮肥厂也根据当地的资源条件采用重油为原料生产合成氨。本书总结了这些厂多年来的实际生产经验并收集了国内外有关论述重油气化的资料汇编而成。

近十多年来，在世界范围内重油部分氧化法有所发展，在技术上也取得了不少新成就，为使读者对重油气化的发展情况有所了解，在这里作一简要介绍。

1. 气化压力趋于提高。目前国内外多采用在20~45大气压下气化，近来为节省能量消耗和简化工艺流程，气化压力趋向进一步提高。国外已有85~90大气压的急冷流程和55~60大气压的废热锅炉流程的重油气化装置，并且正在研究120大气压的急冷流程和100大气压的废热锅炉流程的新工

艺，以使重油气化和氨合成处于等压下操作。

2. 重油气化的工艺设备布置十分紧凑，节省占地面积，运转率高。气化炉、急冷室，分离器、废热锅炉和锅炉水循环回路、汽包分别三位一体地安装在一个高压容器里，采用多喷口式重油气化喷嘴，单台气化炉的运转率高达95%。

3. 蒸汽能量的二次利用和余热的回收利用。例如 废热锅炉副产高压蒸汽先经过热，经过汽轮机驱动透平压缩机后，再用于工艺过程。废热锅炉出来的 300℃ 左右的气体，经过省煤器回收余热再送往后续设备（如洗涤器、分离器）等等。

4. 加强给水的处理，消除炭黑水对环境的污染。重视水的处理，甚至普通冷却水也要求经过软化处理才能使用，从而避免了设备、管道的结垢和腐蚀，延长使用寿命。比较普遍地采用重油直接洗涤气体中炭黑和石脑油萃取炭黑等方法，回收炭黑和炭黑水；其中炭黑水再经处理仍可回收（炭黑）和复用（水）。

5. 扩大了部分氧化法的使用范围。部分氧化法不仅可用于气化重油，而且现有的重油气化装置稍加改造，即可用于气化原油、渣油、天然气、炼厂气，甚至粉煤等。

目 录

前言

第一章 重油气化的基本原理和反应条件	1
第一节 重油的来源和基本性质	1
一、重油的来源	1
二、重油的化学组成	3
三、重油的物理性质和分类	4
第二节 重油气化的基本原理	10
第三节 重油气化反应条件	14
一、反应温度	15
二、反应压力	18
三、氧油比	19
四、蒸汽油比	20
五、原料预热	22
六、雾化条件	24
七、膨胀比	24
八、停留时间	25
第四节 重油气化对物料和水质要求	26
一、对物料的要求	26
二、对水质的要求	28
第二章 重油气化的工艺流程	30
第一节 工艺流程讨论	30
一、急冷流程和废热锅炉流程	30
二、常压流程和加压流程	32
三、纯氧流程和富氧流程	33

四、重油气化的其它工艺流程	33
第二节 加压的急冷流程和废热锅炉流程	34
一、31公斤/厘米 ² 压力急冷流程	34
二、20公斤/厘米 ² 压力废热锅炉流程	37
第三章 重油气化装置的主要设备	40
第一节 喷嘴	40
一、重油雾化的机理和方法	40
二、喷嘴的结构类型	42
三、喷嘴的使用性能	46
四、喷嘴的测试、安装和维修	49
第二节 气化炉	52
一、气化炉的结构	52
二、气化炉的衬里材料及其砌筑	54
三、气化炉的维护	59
第三节 急冷室	59
一、急冷室的结构	60
二、急冷室的维护	62
第四节 废热锅炉	62
一、盘管火管式废热锅炉的结构	64
二、废热锅炉的维护	68
第五节 文丘里洗涤器	69
一、文丘里洗涤器的结构	69
二、影响文丘里洗涤器效率的因素	70
三、文丘里洗涤器的维护	71
第四章 原始开车	72
第一节 系统的吹除	72
一、吹除顺序	72
二、吹除用介质	72
三、吹除步骤及注意事项	72

四、吹除质量要求	73
第二节 氧气设备管线的脱脂	73
一、常用的脱脂溶剂	74
二、脱脂的方法	74
三、脱脂质量要求	75
四、脱脂操作注意事项	75
第三节 系统的气密试验	76
一、气密试验的方法和步骤	76
二、气密试验的注意事项	77
第四节 单体设备和分系统试车	79
一、离心泵和离心泵系统试车	79
二、重油泵和重油输送系统的试车	81
三、单体设备和分系统试车中注意事项	85
第五节 仪表自动控制装置的调试检查	86
一、烘炉和升温	87
二、气化炉的供油系统	89
三、气化炉的蒸汽系统	93
四、气化炉的氧气系统	96
五、联锁装置的空载检查	100
六、气化炉充压时仪表的检查	103
七、氧气-蒸汽预热系统	106
第六节 生产喷嘴和升温喷嘴的试验	110
一、生产喷嘴的冷试	111
二、生产喷嘴的热试	111
三、升温喷嘴的热试	114
第七节 氧-蒸汽预热炉的烘炉	115
一、烘炉前的准备工作	116
二、烘炉操作	116
三、烘炉的工艺条件	117

第八节 废热锅炉的清洗和预热	118
一、废热锅炉的清洗	118
二、废热锅炉的预热	122
第九节 气化炉的烘炉和检查	122
一、气化炉的烘炉	122
二、气化炉降温检查	128
三、气化炉再升温	129
四、气化炉升温和降温操作中注意事项	130
第五章 气化炉的开停车和正常操作	132
第一节 开车前的准备工作	132
第二节 气化炉开车	136
一、带安全联锁开车	136
二、手动开车	139
三、气化炉开车操作注意事项	139
第三节 短期停车后再开车	140
第四节 气化炉正常操作	140
一、气化炉炉膛温度的控制	140
二、氧油比和蒸汽油比的调节	141
三、气体成分的控制	142
四、原料预热温度的控制	142
五、原料油品类变化时的操作	143
六、降低裂化气中的炭黑含量	144
七、提高洗涤塔出口裂化气温度	145
八、主要工艺操作条件和控制指标	145
九、加减负荷操作	148
十、两套气化炉系统开停车操作	149
十一、正常操作注意事项	151
第五节 气化炉停车	152
一、短期停车	152

二、长期停车·····	154
三、停车操作注意事项·····	155
第六章 不正常现象和事故处理·····	157
第一节 生产喷嘴不正常现象和故障·····	157
一、生产喷嘴漏水·····	157
二、生产喷嘴回火·····	159
三、生产喷嘴堵塞·····	160
四、生产喷嘴冷却水夹带重油·····	161
第二节 气化炉不正常现象和故障·····	161
一、裂化气中有效气体成分降低·····	161
二、气化炉过氧·····	162
三、气化炉进水·····	164
四、气化炉衬里超温·····	166
五、气化炉掉砖·····	167
六、气化炉压力突然上升·····	168
第三节 废热锅炉的不正常现象和故障·····	168
一、废热锅炉火管堵塞·····	168
二、废热锅炉火管漏水·····	169
第四节 洗涤炭黑系统的不正常现象和故障·····	172
一、急冷室超温·····	172
二、洗涤塔爆炸·····	173
三、洗涤塔出口气体带水·····	174
第五节 原料供应系统的不正常现象和故障·····	175
一、重油贮槽冒油·····	175
二、重油流量下降·····	176
三、氧-蒸汽预热炉盘管穿漏·····	177
四、氧气压力波动·····	178
五、蒸汽压力波动·····	179
第六节 其它不正常现象和故障·····	180

一、动力电源中断	180
二、仪表的气源和电源中断	180
三、化学软水中断	181
第七章 炭黑的消除和回收	182
第一节 真空过滤回收炭黑	183
第二节 文丘里管重油萃取回收炭黑	185
第三节 塔式重油萃取回收炭黑	190
第四节 轻油萃取回收炭黑	195
第五节 重油直接洗涤回收炭黑	197
第八章 重油气化工艺计算	200
第一节 裂化气的组成和产气率	200
一、从重油的元素分析确定其虚拟分子式	200
二、理想产气率, 气体组成及耗氧量	200
三、实际产气率及气体组成	201
第二节 技术经济指标计算	203
参考文献	208

第一章 重油气化的基本原理和反应条件

第一节 重油的来源和基本性质

一、重油的来源

从油井开采出来、未经加工处理的石油称为原油。它是一种有气味、粘稠的黑褐色液体，由几百种烃（即碳氢化合物）组成，并有少量的硫、氧、氮的有机物和微量灰分。石油产地不同，得到原油组成也有差异，一般碳含量为85~88%，氢含量为11~13%。在20℃时比重为0.75~0.95，平均热值10000~11000千卡/公斤原油。目前我国所产原油的特点是含重组分比例高，可达70~80%；含硫量一般都比较低，约在0.1~0.2%之间。

原油加工是利用原油各组分的沸点不同在精馏塔内得到不同产物。原油一次加工产物的产率如表1-1所示。

重油是原油炼制过程中的一类产物。根据炼制方法的不同，有常压重油、减压重油、裂化重油或它们的混合物等。

常压重油是在常压蒸馏塔中把原油中的汽油、煤油、柴油馏分蒸馏出之后，残留在塔底部的油品，馏分范围在350℃以上。

减压重油是将常压重油进行减压蒸馏，蒸馏出润滑油馏分或裂化用的馏分后，残留在塔底部的油品，又称为减压渣油。它比常压重油分子量更大，沸点更高，馏分范围在520℃以上。

表 1-1 原油常减压蒸馏的产物

项 目	产 品	一般沸点范围, °C	一般产率% (重量)
初馏塔顶	汽油 (或铂重整原料)	初馏点~95 (或更高)	2~3
常压塔顶	汽油 (或铂重整原料)	95~200 (或95~130)	3~8 (或2~3)
常压一线	灯用煤油 (或航空煤油)	200~250 (或130~250)	5~8 (或8~10)
常压二线	轻柴油	250~300	7~10
常压三线	重柴油	300~350	7~10
减压侧线	催化裂化原料或润滑油原料	350~520	约30
减压重油 (渣油)	焦化原料、润滑油原料、氧化沥青原料或燃料油	>520	35~50

注：把常压重油进一步减压蒸馏，得到减压侧线馏分和减压重油。

裂化重油是将减压蒸馏的某些馏分，进行裂化加工（包括热裂化及催化裂化），使其中分子量较大的烃断裂成分子量较小的烃，再经蒸馏分离出气体、汽油、润滑油等馏分后，在塔底得到的油品。裂化重油又称裂化渣油或油浆。

常压重油、减压重油、裂化重油或它们的混合物，均可作为制取合成氨原料气的原料和锅炉的燃料。当其硫含量较高，作为燃料燃烧时将产生较多的二氧化硫有毒、腐蚀性强的气体，对环境污染和锅炉炉管的腐蚀严重，故只能作为气化的原料。

炼油工业的重油产品一般系按国家规定的质量指标，把炼油装置得到的若干种油品适当调制后才出厂。我国的重油

主要是利用裂化渣油加以调制得来的。

二、重油的化学组成

重油主要以烃的形态存在，碳氢两种元素共占重油重量的96~99%，碳和氢的重量比为6.5~8。重油的化学分子式可用 $C_n H_m$ 来表示， $m=1.5\sim1.8n$ 。重油除碳氢两种主要元素外，还有少量的硫、氧、氮和灰分，其含量为1~4%。

重油中的硫以元素硫、硫化氢、硫醚和噻吩等形式存在。国产重油按含硫量高低分为三种：低硫重油， $S < 0.5\%$ ；含硫重油， S 为0.5~1.0%；高硫重油， $S > 1.0\%$ 。含氮的有机化合物，主要有吡啶、吡咯、喹啉等。含氧的有机化合物主要是环烷酸和酚类。硫、氧、氮与碳氢元素形成的各种有机化合物大部分以胶质和沥青质的形态存在。

重油中的灰分，绝大部分是溶解在油中的金属盐类。在开采、运输和贮存过程中也会混入一些灰分和机械杂质。溶解性的灰分大部分是钒、镍、铁、铝、钙、钠、镁、钴、铜等金属盐类，它们（特别是含钒和硅的盐类）在气化过程所生成的灰渣，易使耐火砖磨损而缩短使用寿命。灰渣随气体带到废热锅炉中沉积，会影响废热锅炉的传热效率，造成局部过热并引起高温腐蚀。表 1-2 为国产 3 号重油（相当于过去的 200 号重油）的典型灰分分析数据。

表 1-2 国产 3 号重油的灰分分析

组 分	镍	钒	铝	钠	钙	硅	铁	氯	钼和铬
含量，毫克/公斤油	25	50	40	73	61	30	50	50	微量

重油的水分含量是不稳定的，与炼制、贮存和运输等过程有关，要求不大于 2%，一般在 0.5% 以下。水分含量过

高，会促使设备或管道腐蚀，并使喷嘴火焰不稳定，甚至破坏火焰的连续性。由于水分的存在，重油常压贮罐中重油预热温度不能超过 100°C ，否则容易发生冒罐现象。

三、重油的物理性质和分类

重油的物理性质是鉴定重油的质量和控制在重油造气操作

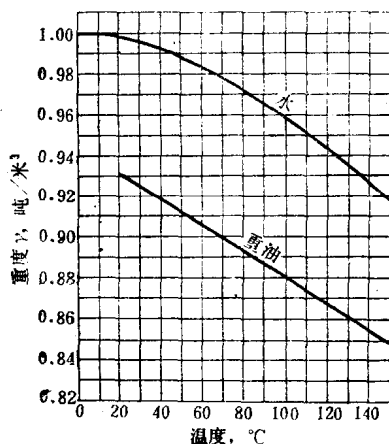


图 1-1 水和重油的重度与温度的关系

过程的重要依据。重油的物理性质与其化学组分有密切关系。同一种牌号的重油，由于产地不同，物理性质也有差异。

1. 比重和重度

重油的比重，系指温度 20°C 时单位体积重油的重量与温度 4°C 时同体积水的重量之比。重度是单位体积的某种物质所具有的重量，水在温度 4°C 时重度为 $1\text{ 吨}/\text{米}^3$ 。按此重油的比重与它在该温度下的重度具有相同的数值。图 1-1 为水和国产 3 号重油的重度。工业上利用重油比水轻的特性，采用沉降方法分离重油中水分。

随着温度上升，重油的重度迅速下降，当测量温度不是 20°C 时，采用下式来计算重油的重度：

$$\gamma_t = \frac{\gamma_{20}}{1 + \beta(t - 20)} \quad (1-1)$$

式中 γ_t ——温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时重油的重度， $\text{吨}/\text{米}^3$ ，

γ_{20} ——温度20℃时重油的重度，吨/米³；

β ——在温度为20℃时，温度每增加1℃的重油体积膨胀系数，1/℃。

β 随 γ_{20} 的变化而改变，可查表1-3或用下式来计算：

$$\beta = 0.0025 - 0.002\gamma_{20} \quad (1-2)$$

表 1-3 重油体积膨胀系数

γ_{20}	β	γ_{20}	β
0.8500~0.8599	0.000818	0.9600~0.9699	0.000574
0.8600~0.8699	0.000793	0.9700~0.9799	0.000555
0.8700~0.8799	0.000769	0.9800~0.9899	0.000536
0.8800~0.8899	0.000746	0.9900~0.9999	0.000518
0.8900~0.8999	0.000722	1.0000~1.0099	0.000499
0.9000~0.9099	0.000699	1.0100~1.0199	0.000482
0.9100~0.9199	0.000677	1.0200~1.0299	0.000464
0.9200~0.9299	0.000656	1.0300~1.0399	0.000447
0.9300~0.9399	0.000635	1.0400~1.0499	0.000431
0.9400~0.9499	0.000615	1.0500~1.0599	0.000414
0.9500~0.9599	0.000594	1.0600~1.0699	0.000398

重油的重度是计算重油的消耗定额和氧油比的重要依据。

2. 粘度 以它表示流体（气体或液体）受外力作用运动时分子之间内摩擦力的大小。粘度的大小可用动力粘度、运动粘度和条件粘度来表示。

动力粘度又称为绝对粘度，其值等于面积各为1平方厘米、相距1厘米的两层液体、相对移动速度1厘米/秒时所产生的内摩擦力，以 η 来表示，单位为泊（达因·秒/厘米²或克/厘米·秒）。由于泊的单位太大，常用厘泊作单位，1厘泊等于0.01泊。在温度 t 时动力粘度用符号 η_t 来表示。在工程