

高等学校教学用书

化产工艺学

GAODENG

XUEXIAO

JIAOXUE

YONGSHU

冶金工业出版社

980133

高等学校教学用书

化产工艺学

鞍山钢铁学院 库咸熙 主编

冶金工业出版社

(京)新登字036号

图书在版编目(CIP)数据

化产工艺学/库咸熙主编. -北京: 冶金工业出版社,
1995.5/

高等院校数学用书

ISBN 7-5024-1570-X

I. 化… II. 库… III. ①化学-产品-工艺学-高等学校
-教材②炼焦-工艺-产品-高等学校-教材 IV. ①TQ07②T
Q522.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第11023号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷39号, 邮编 100009)
香河县第二印刷厂印刷, 冶金工业出版社发行, 各地新华书店经销
1995年5月第1版, 1995年5月第1次印刷
787mm×1092mm 1/16, 13.5印张, 319千字, 209页, 1-1600册
8.00元

前 言

本书是在1985年11月冶金工业出版社出版的《炼焦化学产品回收与加工》基础上，根据多数有关院校的现行课程，在广泛征求意见的基础上修订而成的。

由于教学时数减少，为使本教材更为适用，对原书中已经或即将过时的内容尽量删除，并避免与相关课程内容不必要的重复；对讲述基本理论、基本知识和培养基本技能所必需的内容，力求主次分明、深广度适中。此外，根据近年来国内外在本学科领域的科技新成就及国内生产实际情况的变化，适当更新了部分内容。但因受专利保护等条件所限，有些内容不便详述，请参考试用。

本书仍以我国现有较先进的炼焦化学产品回收与加工工艺为主，着重以物理化学、化工原理及化合物的性质为基础，阐述有关工艺的物理和化学规律；通过典型的物料衡算、热量衡算及主要设备计算，对工艺过程，主要设备的工作原理、计算方法及工艺操作参数的确定等进行了分析讨论。

本书由鞍山钢铁学院库咸熙主编。第四、五两章由肖瑞华修订，其余各章由库咸熙修订。

本书初稿由武汉钢铁学院、华东冶金学院、鞍山钢铁学院及鞍山焦耐设计研究院等单位的有关专家进行了详细的审查，唐山工程技术学院提供了书面审查意见。编者对许多好的意见和建议均予采纳，并深切致谢。

编 者

1994年6月

目 录

绪论

第一节 回收炼焦化学产品的目的和意义	1
第二节 炼焦化学产品的生成、组成和产率	1
第三节 回收与加工化学产品的方法及典型流程	5
第一章 煤气的初冷、输送及初步净化	7
第一节 煤气的初冷	7
第二节 焦油氨水的分离	17
第三节 煤气的输送及鼓风机	20
第四节 炼焦煤气中焦油雾的清除	25
第五节 炼焦煤气中萘的清除	27
第二章 氨及粗轻吡啶的回收	31
第一节 饱和器法制取硫酸铵	31
第二节 酸洗塔法制取硫酸铵	39
第三节 剩余氨水的加工	45
第四节 粗轻吡啶的生产	53
第五节 浓氨水和无水氨的制取	58
第三章 焦炉煤气中硫化氢和氰化氢的脱除	68
第一节 煤气的干法脱硫	68
第二节 改良蒽醌二磺酸钠法脱硫	70
第三节 氨型塔卡哈克斯 (TAKAHAX) 法脱硫	74
第四节 用氨水脱除焦炉煤气中的硫化氢	81
第五节 苦味酸法脱硫脱氰 (FRC法)	85
第四章 粗苯的回收与制取	90
第一节 粗苯的组成、性质和质量	90
第二节 用洗油吸收煤气中的苯族烃	92
第三节 煤气的终冷及除萘	103
第四节 富油脱苯	105
第五章 粗苯的精制	119
第一节 粗苯的组成及精制产品	119
第二节 轻苯的初馏及酸洗净化	125
第三节 已洗混合馏分的精馏	131
第四节 精馏塔	135
第五节 粗苯催化加氢精制	138
第六章 煤焦油的蒸馏	145
第一节 煤焦油的组成、质量及加工前的准备	145

第二节 连续式焦油蒸馏·····	151
第三节 焦油蒸馏主要设备·····	160
第四节 沥青的冷却及加工·····	171
第七章 工业萘及精萘生产·····	176
第一节 工业萘的生产·····	176
第二节 精萘的生产·····	184
第八章 粗酚、粗重吡啶及粗蒽的提取和精制·····	189
第一节 粗酚及粗重吡啶的提取·····	189
第二节 粗酚盐的净化、分解及粗酚精制·····	192
第三节 粗吡啶盐基的精制·····	197
第四节 粗蒽的制取和精制·····	199
附表1 国内现有焦化产品·····	202
附表2 各种温度下焦炉煤气中水汽的体积、热含和含量·····	204
附表3 在不同温度和压力下焦炉煤气中萘饱和蒸气含量·····	206
附表4 硫酸的性质·····	206
附表5 氨在水溶液内及液面上蒸汽内的含量·····	207
附表6 粗苯主要组分的蒸汽压·····	207
附表7 苯族烃及水的蒸汽压曲线斜率·····	208
附表8 结晶温度与含萘量关系·····	208
附表9 不同绝对压力下酚类的沸点温度·····	208
主要参考文献·····	209

绪 论

第一节 回收炼焦化学产品的目的和意义

炼焦化学工业是煤炭的综合利用工业。煤在炼焦时,除有75%左右变成焦炭外,还有25%左右生成多种化学产品及煤气。回收这些化学产品对综合利用煤炭资源和发展国民经济具有重要意义。

来自焦炉的荒煤气,经冷却和用各种吸收剂处理后,可以提取出焦油、氨、萘、硫化氢、氰化氢及粗苯等化学产品,并得到焦炉净煤气。

氨可用于制取硫酸和无水氨;煤气中所含的氢可用于制造合成氨,进一步制成尿素、硝酸铵和碳酸氢铵等化肥;所含的乙烯可用作制取乙醇和二氯乙烷的原料。

硫化氢是生产单斜硫和元素硫的原料;氰化氢可用于制取黄血盐钠或黄血盐。同时,回收硫化氢和氰化氢对减轻大气和水质的污染,加强环境保护以及减轻设备腐蚀均具有重要意义。

粗苯和焦油都是组成很复杂的半成品,经精制加工后,可得到的产品有:二硫化碳、苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、古马隆、酚、甲酚、萘、蒽和吡啶盐基等。这些产品具有极为广泛的用途,是塑料、合成纤维、染料、合成橡胶、医药、农药、耐辐射材料、耐高温材料以及国防工业的重要原料。

在钢铁联合企业中,经过回收化学产品的焦炉煤气是高热值的冶金燃气,是钢铁生产的重要燃料。焦炉煤气除满足钢铁生产自身的需要外,其余部分经深度脱硫后,可供民用,或送往化工厂用作合成原料气。

由于石油和天然气的化学加工和合成技术的发展,炼焦化学产品受到竞争,但随着能源危机的发展,世界各国都重视炼焦化学产品的回收,以从中取得化学工业的原料。一些重要化工原料,主要来自炼焦化学工业,如全世界萘需求量的90%来自煤焦油;作为染料原料的精萘也几乎全来自煤焦油;生产碳素电极的电极沥青绝大部分来自煤焦油沥青。近年来,为了进行经济上的竞争和加强环境保护,炼焦化学工业在改进生产工艺、生产优质多品种的炼焦化学产品、降低生产成本和减少单位投资等方面均取得了很大进展。有的国家生产的炼焦化学产品品种已达500种以上,我国也已从焦炉煤气、粗苯和煤焦油中提制出百余种产品(详见附表1)。今后,随着四个现代化进程的发展,在我国丰富的煤炭资源基础上,煤的综合利用将更加合理和高效地发展,为我国社会主义建设作出贡献。

第二节 炼焦化学产品的生成、组成和产率

一、炼焦化学产品的生成和组成

煤料在焦炉炭化室内进行干馏时,在高温作用下,煤质发生了一系列的物理化学变化。

装入煤在200°C以下蒸出表面水分,同时析出吸附在煤中的二氧化碳、甲烷等气体,随温度升高至250~300°C,煤的大分子端部含氧化合物开始分解,生成二氧化碳、水和

酚类（主要是高级酚），至约500°C时，煤的大分子芳香族稠环化合物侧链断裂和分解，生成脂肪烃，同时释放出氢。

在600°C前从胶质层析出的和部分从半焦中析出的蒸汽和气体称为初次分解产物，主要含有甲烷、二氧化碳、一氧化碳、化合水及初焦油，而氢含量很低。

初焦油主要具有大致如下的族组成，%：

链烷烃（脂肪烃）	烯烃	芳烃	酸性物质	盐基类	树脂状物质
8.0	2.8	53.9	12.1	1.8	14.4

初焦油中芳烃主要有甲苯、二甲苯、甲基萘、甲基联苯、菲、蒽及其甲基同系物，酸性化合物多为甲酚和二甲酚，还有少量的三甲酚和甲基吡啶；链烷烃和烯烃皆为C₅至C₃₂的化合物；盐基类主要是二甲基吡啶、甲苯胺、甲基喹啉等。

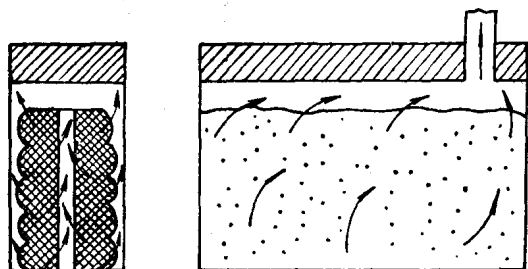
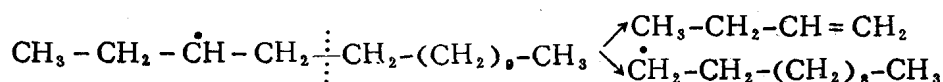


图1 炼焦期间煤气在炭化室内的流动途径

通过赤热的焦炭和沿炭化室炉墙向上流动的气体 and 蒸汽，因受高温而发生环烷烃和烷烃的芳构化过程（生成芳香烃）并析出氢气，从而生成二次热裂解产物。这是一个不可逆反应过程，由此生成的化合物在炭化室顶部空间就不再发生变化。与此相反，由煤饼中心通过的挥发性产物，在炭化室顶部空间才因受高温发生芳构化过程。因此，炭化室顶部空间温度具有特殊意义。此温度在炭化过程的大部分时间里为800°C左右。大量的芳烃是在700~800°C的范围内生成的。

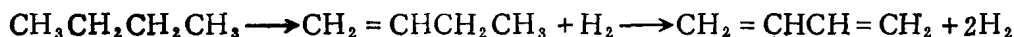
当碳氢化合物热裂解时，分子结构会发生以下几种变化：

(a) C-C键断裂引起结构缩小反应。C-C键断裂所需的能量较低，先于C-H键的断裂。烷烃的C-C键在焦炭的催化作用下，约在350°C时断裂。在此反应中，较高分子的碳氢化合物裂解为低分子产物和形成较小的自由基。例如



烷烃裂解时，除可生成分子较小的烷烃外，还可生成二烯烃或两个烯烃分子。

(b) C-H键裂解引起脱氢反应。C-H键发生裂解的温度在400~550°C之间。饱和碳氢化合物裂解生成烯烃，同时析出氢气，例如

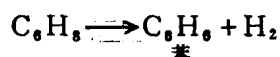
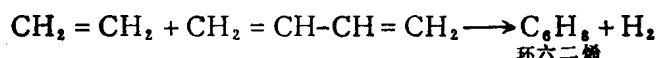


在500°C时开始产生脱氢现象，至650°C时氢的生成量已很多，在高于800°C时，烯烃产生二次裂解，例如部分乙烯将裂解为甲烷、氢和碳。

(c) 按异构化进行的重排反应。在此反应中，碳氢化合物裂解时产生的是复合异构化，即裂解的原始物质要受到异构作用、环化作用及脱氢作用，而不是单纯的异构化（即氢—烃基团的互换）。

(d) 聚合、歧化、缩合引起的结构增大反应。高分子烷烃进行裂解所生成的烯烃和

二烯烃及原料中的烯烃之间易进行反应，从而通过聚合或环化生成环烯烃类化合物，并经脱氢而得到芳香族化合物，例如



通过上述许多复杂反应和其他反应，煤气中的甲烷和重烃（主要为乙烯）的含量降低，氢的含量增高，煤气的密度变小，并形成一定量的氨、苯族烃、萘和蒽等，在炭化室顶部空间最终形成一定组成的焦炉煤气。

炼焦化学产品的数量和组成随炼焦温度和原料煤质量的不同而波动。在工业生产条件下，煤料高温干馏时各种产物的产率（对干煤的重量百分数）为：焦炭70~78%，净焦炉煤气15~19%，焦油3~4.5%，化合水2~4%，苯族烃0.8~1.4%，氨0.25~0.35%，其他0.9~1.1%。其中化合水是精煤中有机质分解生成的水分。

从炭化室逸出的荒煤气所含的水蒸气，除少量化合水外，大部分来自煤的表面水分。

荒煤气中除净焦炉煤气外的主要组成为（g/m³）：

水蒸气	250~450	焦油气	80~120	苯族烃	30~45
氨	8~16	硫化氢	6~30	其他硫化物	2~2.5
氰化氢等氰化物	1.0~2.5	萘	8~12	吡啶盐基	0.4~0.6

经回收化学产品和净化后的煤气即净焦炉煤气，其组成如表1所示。

表1 净焦炉煤气组成（体积%）

名 称	组 分						
	H ₂	CH ₄	CO	N ₂	CO ₂	C _n H _m	O ₂
干 煤 气	54~59	24~28	5.5~7	3~5	1~3	2~3	0.3~0.7

由表1可见，净煤气的组分有最简单的碳氢化合物、游离氢、氧、氮及一氧化碳等，这说明煤气是分子结构复杂的煤分解的最终产品。净焦炉煤气的低热值为17580~18420kJ/m³，密度为0.45~0.48kg/m³。

二、影响化学产品产率和组成的因素

炼焦化学产品的产率取决于炼焦配煤的性质和炼焦过程的技术操作条件。

1. 配煤性质和组成的影响

焦油产率取决于配煤的挥发分和煤的变质程度。在配煤的可燃基挥发分 $V = 20 \sim 30\%$ 的范围内，可依下式求得焦油产率 X （%），

$$X = -18.36 + 1.53V - 0.026V^2 \quad (1)$$

苯族烃的产率 Y 在上述的配煤可燃基挥发分范围内，可由下式求得：

$$Y = -1.6 + 0.144V - 0.0016V^2 \quad (2)$$

氮来源于煤中的氮。一般配煤约含氮2%左右，其中约60%存在于焦炭中，15~20%的氮与氢化合生成氨，其余生成氰化氢、吡啶盐基或其他含氮化合物，这些产物分别存在于煤气和焦油中。氨产率一般为干煤的0.25~0.3%（重量）。

化合水的产率同配煤的含氧量有关。配煤中的氧有55~60%在干馏时转变为水，且此值随配煤挥发分的减少而增加。经过氧化的煤料能生成大量的化合水。由于配煤中的氢

与氧化合生成水，将使化学产品产率减少。

煤气中硫化物的产率主要取决于煤中的硫含量。一般干煤含全硫0.5~1.2%，其中20~45%转入荒煤气中。配煤挥发分和炉温愈高，则转入煤气中的硫就愈多。

煤气的成分同干馏煤的变质程度有关。变质年代轻的煤干馏时产生的煤气中，CO、C₂H₄及CH₄的含量高，氢的含量低。随着变质年代的增加，前三者的含量越来越少，而氢的含量越来越多。因此，配煤成分对煤气的组成有很大的影响。

煤气的产率Q(%)同配煤挥发分有关，可依下式求得：

$$Q = a\sqrt{V} \quad (3)$$

式中 a ——系数（对气煤 $a=3$ ；对焦煤 $a=3.3$ ）；

V ——配煤的可燃基挥发分，%。

2. 焦炉操作条件的影响

炼焦化学产品的产率及组成还受炼焦温度、操作压力和挥发物在炉顶空间停留时间的影响，也受到焦炉内生成的石墨、焦炭或焦炭灰分中某些成分催化作用的影响，最主要的影响因素是炉墙温度（与结焦时间相关）和炭化室顶部空间温度。

炭化室顶部空间温度在炼焦过程中是有变化的。为了防止苯族烃产率降低，特别是防止甲苯分解，顶部空间温度不宜超过800°C。如果过高，则由于热解作用，焦油和粗苯的产率均将降低，化合水产率将增加；氨在高温作用下，由于进行逆反应而部分分解，并在赤热焦炭作用下生成氰化氢，氨的产率降低。

高温会使煤气中甲烷及不饱和碳氢化合物含量减少，氢含量增加，因而煤气体积产量增加，热值降低。

炉温、结焦时间对炼焦化学产品产率及组成的影响，可由图2及图3所示曲线表明。

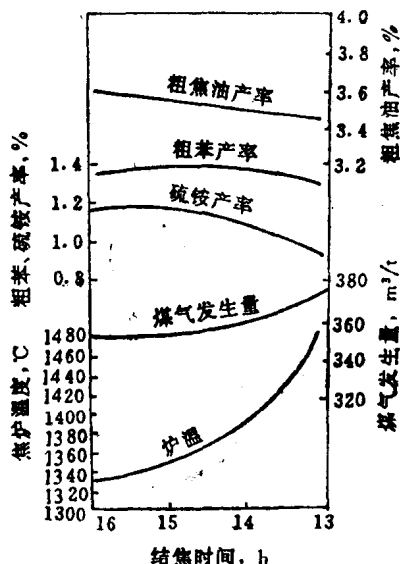


图2 化学产品产率同结焦时间的关系（炭化室宽为450mm）

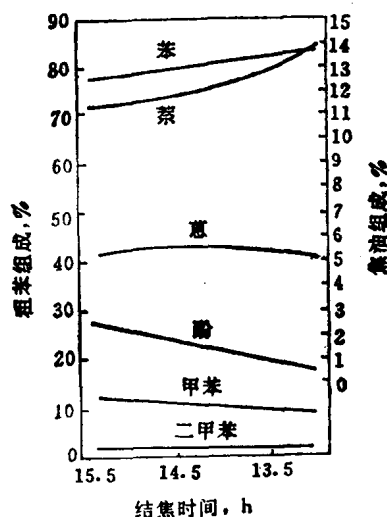


图3 化学产品组成同结焦时间的关系

化学产品的产率和组成还受焦炉操作压力的影响。炭化室内压力高时，煤气会漏入燃烧系统而损失；当炭化室内形成负压时，空气被吸入，部分化学产品燃烧，氮和二氧化碳含量增加，煤气热值降低。因此，规定焦炉集气管必须保持一定压力。

第三节 回收与加工化学产品的方法及典型流程

从焦炉产生的荒煤气需在化产回收车间进行冷却、输送，回收焦油、氨、硫、苯族烃等化学产品，同时也净化了煤气。因为煤气中除氢、甲烷、乙烷、乙烯等成分外，其他成分含量虽少，却会产生有害的作用。如萘会以固体结晶析出，堵塞设备及煤气管道；氨水溶液会腐蚀设备和管路，生成的铵盐会引起堵塞；硫化氢及硫化物会腐蚀设备，生成的硫化铁会引起堵塞；一氧化氮及过氧化氮能与煤气中的丁二烯、苯乙烯、环戊二烯等聚合成复杂的化合物——煤气胶，不利于煤气输送和使用；不饱和碳氢化合物（苯乙烯、茚等）在有机硫化物的触媒作用下，能聚合生成“液相胶”而引起障害。对上述能产生障害的物质，根据煤气的用途不同而有不同程度的清除要求，因而从煤气中回收化学产品及净制处理的方法和流程也有所不同。

一、在正压下操作的焦炉煤气处理系统

在钢铁联合企业中，如焦炉煤气只用作本企业冶金燃料时，除回收焦油、氨、苯族烃和硫等外，其余杂质只需清除到煤气在输送和使用中都不发生困难的程度即可。比较典型的处理方法和工艺系统如图4所示。

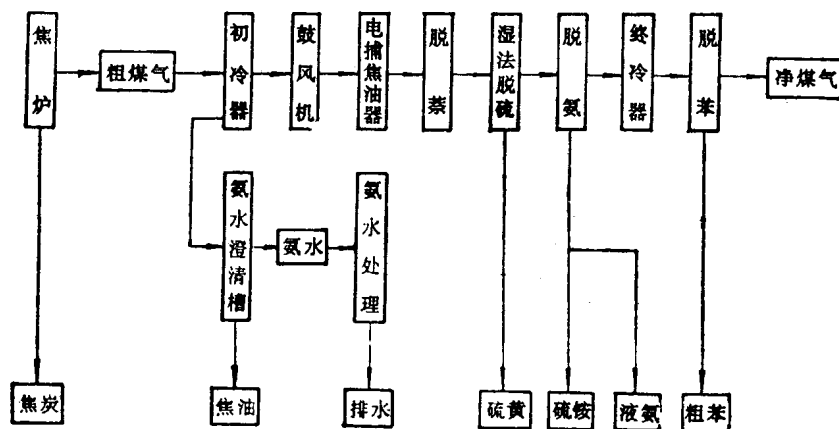


图4 焦炉煤气（钢铁厂自用）处理系统图

对民用焦炉煤气，其中的杂质必须清除到较彻底的程度，处理系统与上述基本相同，另加干法脱硫以达到深度脱除硫化氢和氰化氢。如需远距离输送，在煤气贮柜后需加压缩机和深冷脱湿。

经处理后的煤气净制程度可达到表2所列标准。

表2 焦炉煤气的净制程度

煤气用途	成分 (g/m ³ 煤气)						
	氢	苯类	萘	焦油	硫化氢	有机硫	氰化氢
钢铁厂自用	<0.03~0.1	2~4	0.2~0.7	<0.05	<0.2	<0.5	<0.05~0.5
城市民用	<0.03~0.1	2~4	<0.05~0.2	<0.05	0~0.02	0.05~0.2	0~0.10

在图4所示处理系统中，鼓风机位于初冷器后，自风机以后的全系统均处于正压下操作。此工艺应用广泛，由于鼓风机后煤气温升达50℃左右，对选用半直接饱和器法（需

55℃左右)或冷弗萨姆法(需55℃)回收氨的系统特别适用。又因在正压下操作,煤气体积小,有关设备及煤气管道尺寸相应较小,吸收氨、苯族烃等的吸收推动力较大,有利于提高吸收速率和回收率。

二、在负压下操作的焦炉煤气处理系统

在采用水洗氨的系统中,因洗氨塔操作温度以25~28℃为宜,故鼓风机可设在煤气净化系统的最后面,这就是全负压工艺流程。负压下操作的焦炉煤气处理系统如图5所示。

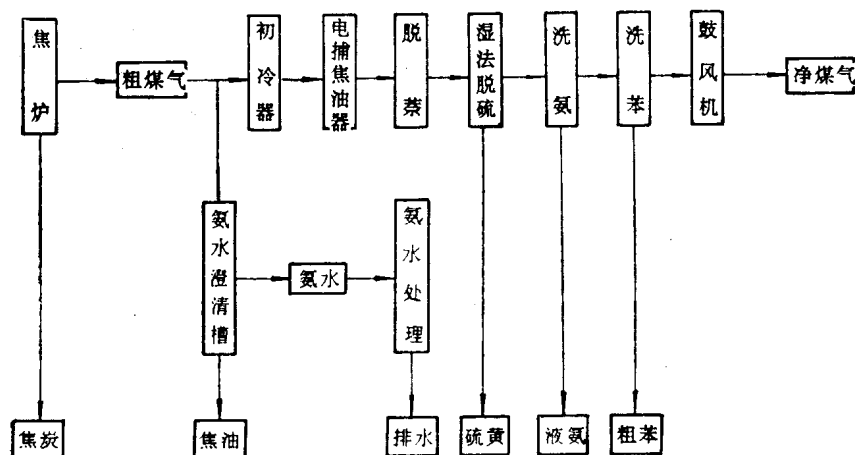


图5 在负压下操作的焦炉煤气处理系统图

全负压流程中的设备均处于负压下操作,鼓风机入口压力为-7~-10kPa,机后压力为15~17kPa。此种系统发展于德、法等国,我国近几年也有采用。

全负压处理系统具有如下优点:

- (a)不必设置煤气终冷系统和黄血盐系统;
- (b)可减少低温水用量,总能耗亦有所降低;
- (c)净煤气经鼓风机压缩升温后,成为过热煤气,远距输送时,冷凝液甚少,减轻了管道腐蚀。

这种系统也存在如下缺点:

- (a)负压状态下,煤气体积增大,有关设备及煤气管道尺寸均相应增大,例如洗苯塔直径约增7~8%;
- (b)负压设备与管道越多,漏入空气的可能性增大,需特别加强密封;
- (c)在较大的负压下,煤气中硫化氢、氨和苯族烃的分压也随之降低,减少了吸收推动力。据计算,负压操作下苯族烃回收率比正压操作时降低2.4%。

综上所述,全负压回收工艺可供采用水洗氨工艺或热弗萨姆法生产无水氨工艺的回收系统选用。

化产回收车间回收的焦油和粗苯,需于精制车间加工为各种有用产品。精制车间多设于同一焦化厂内,致使生产规模、生产品种及技术发展等均受到限制。近年来的发展趋势是将焦化厂生产的粗焦油和粗苯集中加工。目前有些国家的焦油加工厂的处理能力达到每年50万t焦油以上,产品品种超过200种,质量优良。粗苯的集中加工处理能力也达到了每年28万t,且采用加氢精制技术,可生产出多种优质产品。集中加工可合理利用新技术,劳动生产率高,有利于环境保护,已逐步在许多国家得到利用。

第一章 煤气的初冷、输送及初步净化

焦炉煤气从炭化室经上升管逸出时的温度为 $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ 。此时煤气中含有焦油气、苯族烃、水汽、氨、硫化氢、氰化氢、萘及其它化合物，为回收和处理这些化合物，首先应将煤气冷却，这是因为：

1) 从煤气中回收化学产品时，要在较低的温度下($25\sim 35^{\circ}\text{C}$)才能保证较高的回收率；

2) 含有大量水汽的高温煤气体积大（例如由附表2查得 0°C 时 1m^3 干煤气，在 80°C 经水汽饱和后的体积为 2.429m^3 ，而在 25°C 经水汽饱和的体积为 1.126m^3 ，前者比后者大1.16倍），显然所需输送煤气管道直径、鼓风机的输送能力和功率均增大，这是不经济的；

3) 在煤气冷却过程中，不但有水汽冷凝，且大部分焦油和萘也被分离出来，部分硫化物、氰化物等腐蚀性介质溶于冷凝液中，从而可减少回收设备及管道的堵塞和腐蚀。

煤气的初步冷却分两步进行：第一步是在集气管及桥管中用大量循环氨水喷洒，使煤气冷却到 $82\sim 86^{\circ}\text{C}$ ；第二步再在煤气初冷器中冷却到 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$ （生产硫酸系统）或低于 25°C （生产氨水系统）。

第一节 煤气的初冷

一、煤气在集气管内的冷却

1. 煤气在集气管内冷却的机理

煤气在桥管和集气管内的冷却，是用表压为 $147\sim 196\text{kPa}$ 的循环氨水通过喷头强烈喷洒进行的。当细雾状的氨水与煤气充分接触时，由于煤气温度很高而湿度又很低，故煤气放出大量显热，氨水大量蒸发，快速进行着传热和传质过程。传热过程取决于煤气与氨水的温度差，所传递的热量为显热，约占煤气冷却所放出总热量的 $10\sim 15\%$ 。传质过程的推动力是循环氨水液面上的水汽分压与煤气中水汽分压之差，氨水部分蒸发，煤气温度急剧降低，以供给氨水蒸发所需的潜热，此部分热量约占煤气冷却所放出总热量的 $75\sim 80\%$ 。另有约占所放出总热量 10% 的热量由集气管表面散失。

通过上述冷却过程，煤气温度由 $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ 降至 $82\sim 86^{\circ}\text{C}$ ，同时有 60% 左右的焦油气冷凝下来。在实际生产上，煤气温度可冷却至高于其最后达到的露点温度 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。

2. 煤气露点与煤气中水汽含量的关系

煤气的冷却及所达到的露点温度同下列因素有关：煤料的水分、进集气管前煤气的温度、循环氨水量和进出口温度以及氨水喷洒效果等，其中以煤料水分影响最大。在一般生产条件下，煤料水分每降低 1% ，露点温度可降低 $0.6\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 。显然，降低煤料水分，对煤气的冷却很重要。

由于煤气的冷却主要是靠氨水的蒸发，所以，氨水喷洒的雾化程度好，循环氨水的温度较高（氨水液面上水汽分压较大），氨水蒸发量大，煤气即冷却得较好；反之则差。

集气管技术操作的主要数据如下:

集气管前煤气温度, °C	650~750
离开集气管的煤气温度, °C	82~86
循环氨水温度, °C	72~78
离开集气管氨水的温度, °C	74~80
煤气露点, °C	80~83
循环氨水量, m ³ /t干煤	5~6
蒸发的氨水量, % (占循环氨水量)	2~3
冷凝焦油量, % (占煤气中焦油量)	~60

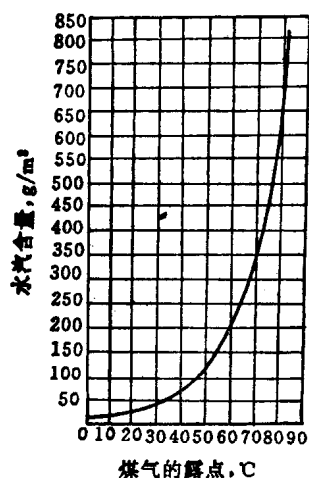


图1-1 煤气中水汽含量与煤气露点的关系

的水分含量有关,当装入煤总水分为8~11%时,相应的露点温度为65~70°C。为保证氨水蒸发的推动力,进口水温应高于煤气露点温度5~10°C,所以采用72~78°C的循环氨水喷洒煤气。

对不同型式的炼焦炉所需的循环氨水量也有所不同,按经验确定的定额数值为:单集气管焦炉需循环氨水5m³/t(干煤);双集气管焦炉需循环氨水6m³/t(干煤)。

二、煤气初冷工艺流程

炼焦煤气由集气管沿吸煤气主管流向煤气初步冷却器。吸煤气主管除将煤气由焦炉引向化产回收装置外,还起着空气冷却器的作用,煤气可降温1~3°C。

煤气进入初冷器的温度仍很高,且含有大量水汽和焦油气,须在初冷器中冷却到25~35°C,并将大部分焦油气和水汽冷凝下来。

目前广泛采用的煤气初步冷却方式有:间接冷却、直接冷却和间-直冷结合三种,三种方式各有优缺点,可因生产规模、工艺要求以及其它条件选用。

1. 煤气的间接初冷

(1) 煤气间接初冷工艺流程

图1-2所示为煤气间接初冷工艺流程。焦炉煤气与喷洒氨水、冷凝焦油等沿吸煤气主管首先进入气液分离器,煤气与焦油、氨水、焦油渣等在此分离。分离下来的焦油、氨水和焦油渣一起进入焦油氨水澄清槽,经过澄清分成三层:上层为氨水;中层为焦油;下层为焦油渣。沉淀下来的焦油渣由刮板输送机连续刮送至漏斗处排出槽外。焦油则通过液面

调节器流至焦油中间槽，由此泵往焦油贮槽，经初步脱水后泵往焦油车间。氨水由澄清槽上部满流至氨水中间槽，再用循环氨水泵送回焦炉集气管以冷却荒煤气。这部分氨水称为循环氨水。

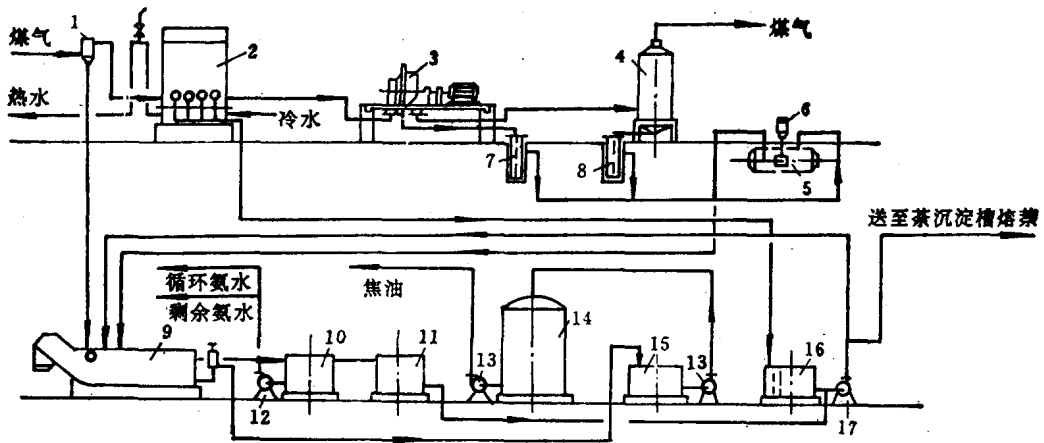


图1-2 煤气间接初冷工艺流程

- 1—气液分离器；2—煤气初冷器；3—煤气鼓风机；4—电捕焦油器；5—冷凝液槽；6—冷凝液液下泵；
7—鼓风机水封槽；8—电捕焦油器水封槽；9—机械氨水澄清槽；10—氨水中间槽；11—事故氨水槽；
12—循环氨水泵；13—焦油泵；14—焦油贮槽；15—焦油中间槽；16—初冷冷凝液中间槽；17—冷凝液泵

经气液分离后的煤气进入数台并联立管式间接冷却器内用水间接冷却，煤气走管间，冷却水走管内。从各台初冷器出来的煤气温度是有差别的，汇集一起后的煤气温度称为集合温度，这个温度依生产工艺的不同而有不同的要求：在生产硫铵系统中，要求集合温度低于 35°C ；在生产浓氨水系统中，则要求集合温度低于 25°C 。

随着煤气的冷却，煤气中绝大部分焦油气、大部分水汽和萘在初冷器中被冷凝下来，萘溶解于焦油中。煤气中一定数量的氨、二氧化碳、硫化氢、氰化氢和其它组分溶解于冷凝水中，形成了冷凝氨水。焦油和冷凝氨水的混合液称为冷凝液。冷凝氨水中含有较多的挥发铵盐 $[(\text{NH}_4)_2\text{S}, \text{NH}_4\text{CN}, (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ 等，固定铵盐 $[\text{NH}_4\text{Cl}, \text{NH}_4\text{CNS}, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 等的含量较少。循环氨水中则主要含有固定铵盐，在其单独循环时，固定铵盐含量可高达 $30\sim 40\text{g/l}$ 。为了降低循环氨水中固定铵盐的含量，以减轻对焦油蒸馏设备的腐蚀和改善焦油的脱水、脱盐操作，大多采用两种氨水混合的流程，混合氨水固定铵盐含量可降至 $1.3\sim 3.5\text{g/l}$ 。如图1-2所示，冷凝液自流入冷凝液槽，再用泵送入机械氨水澄清槽，与循环氨水混合澄清分离。分离后所得剩余氨水送去脱酚和蒸氨。

由管式初冷器出来的煤气尚含有 $1.5\sim 2\text{g/m}^3$ 的雾状焦油，被鼓风机抽送至电捕焦油器除去其中绝大部分焦油雾后，送往下一道工序。

当冷却煤气用的冷却水为直流水时，冷却器后的热水直接排放（或用作余热水供热）。如为循环水时，则将热水送到凉水架冷却至 25°C 左右，再送回初冷器循环使用。

上述煤气间接初冷流程适用于生产硫铵工艺系统。当生产浓氨水时，为使初冷后煤气集合温度达到 20°C 左右，宜采用两段初步冷却。

两段初冷可采用如图1-3所示具有两段初冷功能的初冷器，其中前四个煤气通道为第一段，后两个煤气通道为第二段。在第一段用循环冷却水将煤气冷却到约 45°C ，第二段

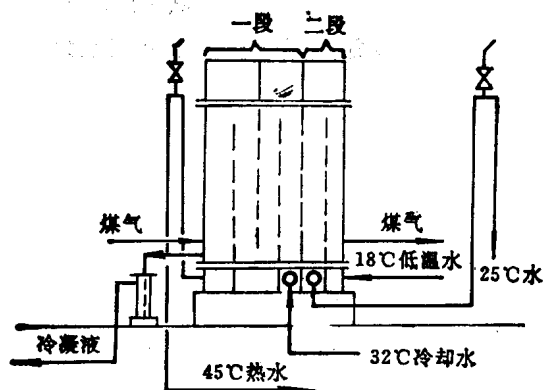


图1-3 两段煤气间接冷却器

循环氨水量, m^3/t (干煤)	6
集气管中氨水蒸发量, %	2.6
配煤水分, %	8.5
化合水 (干煤), %	2

2) 计算 如图1-4所示, W_8 为循环氨水量。设于集气管喷洒煤气时蒸发了2.6%, 剩余部分即为由气液分离器分离出来的氨水量 W_2 。离开气液分离器的煤气中所含的水汽量 W_3 , 即煤气带入集气管的水量 W_1 和循环氨水蒸发部分之和。初冷器后煤气带走的水量为 W_4 , ($W_3 - W_4$) 即为冷凝水量 W_6 。从冷凝水量 W_6 中减去需补充的循环氨水量 W_8 (相当于蒸发部分), 即得剩余氨水量 W_7 。

从以上分析可见, 送去加工的剩余氨水量 W_7 即为 W_1 与 W_4 之差。

$$W_1 = 155 \times 0.085 + 155(1 - 0.085) \times 0.02 = 16.01 \text{ t/h}$$

$$W_4 = 155 \times (1 - 0.085) \times 340 \times \frac{35.2}{1000 \times 1000} = 48220 \times \frac{35.2}{10^6} = 1.697 \text{ t/h}$$

式中 35.2——每 1m^3 煤气在 30°C 时经水蒸汽饱和后的水汽含量, g。(由附表2查得)

则剩余氨水量为 $W_7 = W_1 - W_4 = 16.01 - 1.697 = 14.31 \text{ t}$

显然, 剩余氨水量取决于配煤水分和化合水的数量以及煤气初冷后集合温度的高低。集合温度偏高, 会带来下列问题:

(a) 煤气中水汽含量增多, 体积变大, 致使鼓风机能力不足, 影响煤气正常输送。

(b) 焦油气冷凝率降低, 初冷后煤气中焦油含量增多, 影响后继工序生产操作。

(c) 在初冷器内, 煤气中萘蒸气遇冷时, 有相当部分呈细小薄片晶体析出, 很难从高速煤气中沉降下来, 会被煤气带走, 以致煤气中实际萘含量比同温下萘气饱和含量高1~2倍。当集合温度高时, 煤气中含萘量将更显著增大。这会造成煤气管道和设备堵塞, 增加以后洗萘系统负荷, 给洗氨、洗苯带来困难。

由上述可见, 在煤气初冷操作中, 必须保证初冷器后集合温度不高于规定值, 并尽可

用低温水将煤气冷却到 25°C 以下。

(2) 剩余氨水量的计算

在氨水循环系统中, 由于加入配煤水分和炼焦时生成的化合水, 使氨水量增多而形成所谓的剩余氨水。这部分氨水从循环氨水泵出口管路上引出, 送去脱酚和蒸氨。其数量可由下列计算确定。

1) 原始数据

装入煤量 (湿煤), t/h	155
煤气产量, m^3/t (干煤)	340
初冷器后煤气温度, $^\circ\text{C}$	30

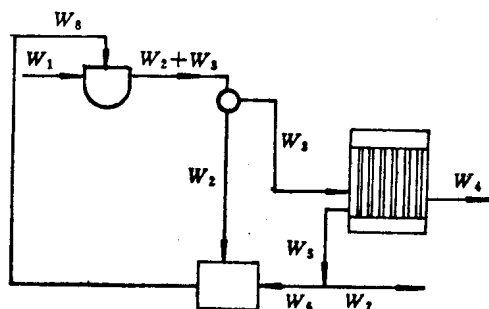


图1-4 煤气初冷系统水的平衡

能地脱除煤气中的萘。

2. 间冷直冷结合的煤气初冷

煤气的直接初冷，是在直接冷却塔内，由煤气和冷却水（经冷却后的氨水 焦油 混合液）直接接触传热而完成的。此法不仅冷却了煤气，且具有净化煤气效果良好、冷却效率较高及煤气阻力小等优点。间冷直冷结合的煤气初冷工艺即是二者优点结合的方法，在国内外大型焦化厂均已得到采用。

自集气管来的荒煤气几乎为水汽所饱和，水蒸汽热含约占煤气总热含的94%，故煤气在高温阶段冷却所放出的热量绝大部分为水汽冷凝热，因而传热系数较高，亦即冷却效率较高。在温度较高时（高于52℃），萘不会凝结造成设备堵塞。所以，煤气高温冷却阶段宜采用间接冷却。而在低温冷却阶段，由于煤气中水汽含量已大为减少，煤气层将限制水汽——煤气混合物的冷却，同时萘的凝结也易于造成堵塞。所以，此阶段宜采用直接冷却。

如图1-5所示，由集气管来的82℃左右的荒煤气经气、液分离后，进入横管式间接冷却器被冷却到50~55℃，再进入直冷空喷塔冷却到25~35℃。在直冷空喷塔内，煤气由下向上流动，与分两段喷淋下来的氨水焦油混合液密切接触而得到冷却。

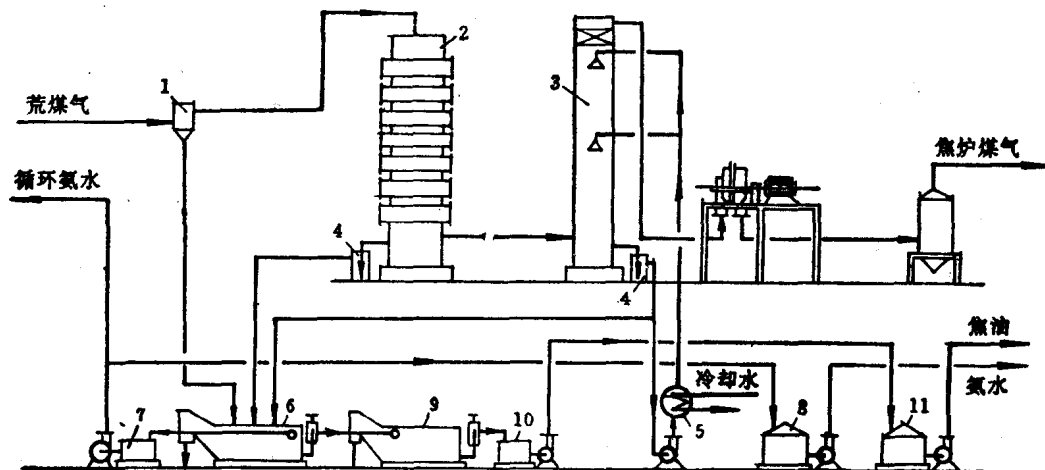


图1-5 间冷直冷相结合的煤气初冷工艺流程

1—气液分离器；2—横管式间接冷却器；3—直冷空喷塔；4—液封槽；5—螺旋换热器；

6—机械化氨水澄清槽；7—氨水槽；8—氨水贮槽；9—焦油分离器；10—焦油中间槽；11—焦油贮槽

聚集在塔底的喷洒液及冷凝液沉淀出其中的固体杂质后，其中用于循环喷洒的部分经液封槽用泵送入螺旋换热器，在此冷却到25℃左右，再压送至直冷空喷塔上、中两段喷洒。相当于塔内生成的冷凝液量的部分混合液，由塔底导入机械化氨水澄清槽，与气液分离器下来的氨水、焦油以及横管冷却器下来的冷凝液等一起混合后进行分离。澄清的氨水进入氨水槽后，泵往焦炉喷洒，剩余氨水经氨水贮槽泵送脱酚及蒸氨装置。初步澄清的焦油送至焦油分离槽除去焦油渣及进一步脱除水分，然后经焦油中间槽转送入贮槽。

直冷塔内喷洒用的洗涤液在冷却煤气的同时，还吸收硫化氢、氨及萘等，并逐渐为萘饱和。采用螺旋板式冷却器来冷却闭路循环的洗涤液，可以减轻由于萘的沉积而造成的堵塞。

三、煤气冷却设备