

高等学校教学用书

炼焦化学产品
回收与加工

冶金工业出版社

高等学校教学用书

炼焦化学产品回收与加工

鞍山钢铁学院 庠咸熙 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书

炼焦化学产品回收与加工

鞍山钢铁学院 库咸熙 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 19³/₄ 字数 473千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷

印数00,001~3,750册

统一书号: 15062·4314 定价4.00元

前 言

本书是根据1978年冶金部召开的高等院校教材会议制订的炼焦化学专业教学计划和有关院校制订的《炼焦化学产品回收与加工》课程教学大纲编写的。

为适应我国焦化工业发展的需要,本书以阐述我国现有较先进的炼焦化学产品回收与加工工艺为主,同时也广泛地介绍比较成熟的新工艺新技术。本书着重以物理化学、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;通过物料衡算、热量衡算及主要设备的计算,对工艺过程、主要设备的工作原理和计算方法以及工艺操作参数的确定等进行了分析讨论。对国内尚无实践的新工艺新技术,因条件所限,不够详尽,请参考试用。

本书由鞍山钢铁学院化工系库咸熙主编,肖瑞华参加编写第四、五、八章,王奎敏参加全书审校及附图整理工作

1982年5月,马鞍山钢铁学院、鞍山焦耐设计研究院、鞍钢化工总厂及鞍山钢铁学院等单位的代表,对初稿进行了逐章的审查和讨论,提出许多修改意见。在编写和修改过程中,有关兄弟院校提出过许多好意见。本书的编写还参考了国内外出版的多种有关书刊及一些内部资料,限于篇幅,不能将文献一一刊出,于此谨向有关单位及原作者深切致谢。

根据文化部出版局的规定,从1986年起新出版的科技书刊,一律采用法定计量单位。但本书中引用现有书刊中的大量资料(包括公式、曲线、数据等)还无法完全改用法定计量单位。为此,特在书后附列本书所用非法定计量单位与法定计量单位的换算对照表,供读者换算使用,敬请鉴谅。

编 者

1984年9月

肖瑞华

目 录

绪论	1
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 煤气的初冷和焦油氨水的分离	9
第一节 煤气在集气管内的冷却	9
第二节 煤气的初冷	13
第三节 煤气冷却设备	19
第四节 焦油氨水的分离	27
第二章 煤气输送及焦油雾和萘的清除	31
第一节 煤气的输送系统及管路	31
第二节 鼓风机及其操作性能	33
第三节 炼焦煤气中焦油雾的清除	39
第四节 炼焦煤气中萘的清除	42
第三章 硫酸铵及粗轻吡啶的生产	49
第一节 硫酸铵生产的原料及产品	49
第二节 饱和器法生产硫酸铵的工艺原理及流程	51
第三节 饱和器的物料平衡和热平衡	58
第四节 硫酸铵工段的主要设备	64
第五节 喷洒酸洗塔法制取硫酸铵	72
第六节 剩余氨水的加工	77
第七节 粗轻吡啶的生产	87
第四章 浓氨水和无水氨的生产	95
第一节 原料和产品	95
第二节 浓氨水的制取	96
第三节 无水氨的制取	107
第五章 粗苯的回收和制取	110
第一节 粗苯的组成、性质及回收方法	110
第二节 用洗油吸收煤气中的苯族烃	112
第三节 煤气的最终冷却及除萘	121
第四节 洗苯塔	128
第五节 蒸汽加热法富油脱苯	135
第六节 管式炉加热法富油脱苯	148
第六章 焦炉煤气中硫化氢和氰化氢的清除	153
第一节 煤气的干法脱硫	154
第二节 改良蒽醌二磺酸钠法脱硫	155
第三节 氨型塔卡哈克斯法脱硫	163
第四节 用氨水脱除焦炉煤气中的硫化氢	167
第七章 含酚、氰污水的处理	177

第一节	含酚、氰污水的来源、水质及处理方法	177
第二节	蒸汽循环法脱酚	178
第三节	溶剂萃取脱酚	181
第四节	酚水的生化处理	189
第五节	酚水的深度处理	192
第八章	粗苯的精制	195
第一节	粗苯的组成及精制产品	195
第二节	轻苯的初馏及酸洗净化	201
第三节	已洗混合馏分的精馏	209
第四节	主要设备的构造及计算	213
第五节	初馏分的处理	218
第六节	古马隆-茛树脂的生产	221
第九章	煤焦油的蒸馏	225
第一节	煤焦油的组成、质量及主要产品的用途	225
第二节	煤焦油加工前的准备	229
第三节	连续式焦油蒸馏	232
第四节	管式炉焦油蒸馏系统的主要设备	240
第五节	沥青的冷却及加工	251
第十章	工业萘及精萘的生产	258
第一节	生产工业萘的原料及产品	258
第二节	工业萘的生产	260
第三节	精萘的生产	268
第十一章	粗酚、粗重吡啶及粗蒽的提取和精制	274
第一节	粗酚及粗重吡啶的提取	274
第二节	粗酚盐的净化、分解及粗酚的精制	279
第三节	粗吡啶盐基的精制	285
第四节	粗蒽的制取和精制	288
第十二章	焦化芳烃的催化加氢精制	291
第一节	概述	291
第二节	粗苯催化加氢精制	294
第三节	煤焦油粗萘的加氢精制	299
附表		302
1.	国内现有焦化产品	302
2.	各种温度下焦炉煤气中水气的体积、热含和含量	304
3.	在不同温度和压力下焦炉煤气中萘饱和和蒸汽含量	306
4.	硫酸的性质	306
5.	氨在水溶液内及液面上蒸汽内的含量	307
6.	粗苯主要组分的蒸汽压	307
7.	苯族烃及水的蒸汽压曲线斜率	308
8.	结晶温度与含萘量关系	308
9.	不同绝对压力下酚类的沸点温度	308
10.	本书中非法定计量单位与法定计量单位换算关系表	309
主要参考书		310

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，还有约25%生成各种化学产品及煤气。回收这些化学产品对综合利用煤炭资源和我国社会主义经济建设有着重要的意义。

来自炼焦车间的荒煤气，经冷却和用各种吸收剂处理，可以提取出焦油、氨、萘、硫化氢、氰化氢及粗苯等产品，并得到净焦炉煤气。

焦炉煤气中所含的氨可用于制取硫酸、无水氨或浓氨水；其中所含的氢可用于制造合成氨，进一步制造尿素、硝酸铵和碳酸氢铵等化肥，这些产品均可直接支援农业生产。

焦炉煤气中所含的乙烯可做制取乙醇和二氯乙烷的原料。

硫化氢是生产单斜硫和硫的原料；氰化氢可用以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的意义。

粗苯和粗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、萘、酚、蒽、吡啶盐基等。这些产品具有极为广泛的用途，是塑料工业、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极为宝贵的原料。

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。焦炉煤气除首先满足钢铁生产自身的需要外，还可以经深度脱硫后用作民用燃料，或送往化学工厂用作合成原料。

近年来，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。由于经济效益下降，有些国家的焦化厂减少或停止了焦化产品的回收。例如将焦炉煤气中的氨用催化法烧掉，将苯族烃类留在焦炉煤气内当作燃料。但随着能源危机的发展，世界各国多已重视回收炼焦化学产品以从中取得化学工业的原料。同时，为了进行经济上的竞争和加强环境保护，在改进生产工艺、生产优质多品种的焦化产品及降低生产成本和减少单位投资等方面取得了很大的进展。在七十年代，法国、西德、苏联等国都是生产多种焦化产品的国家，其中生产品种最多的达500种以上。我国也已从焦炉煤气、煤焦油和粗苯中提出百余种产品（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的物质基础上，煤的综合利用必将合理和高效益地实现，不断扩大产品品种，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℃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，

然后随着温度的升高，煤开始分解。煤的大分子端部含氧化合物于250~300℃开始分解，生成二氧化碳、水和酚(主要是高级酚)。当温度升高至近500℃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。

约在600℃以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，而氢的含量很低。

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

初焦油中的芳烃主要有甲苯、二甲苯、甲基萘、甲基联苯，还有菲、蒽及其甲基同系物；酸性化合物大半是甲酚和二甲酚，还含有少量的三甲酚和甲基吡啶；链烷烃和烯烃无论是带支链的或是无支链的都是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。

初次分解产物在炭化室内沿着如图1所示的途径流动，大部分产物是通过赤热的焦炭层和沿温度约为1000℃的炉墙到达炭化室顶部空间，其余约25%的产物则通过温度一般不超过400℃处在两侧胶质层之间的煤料而逸出。

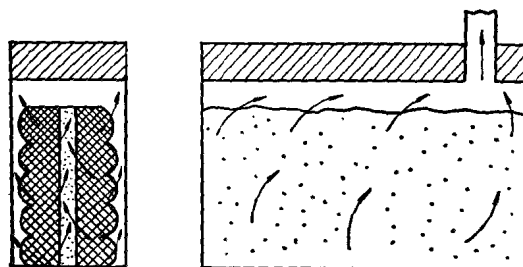


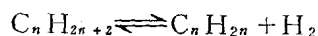
图1 炼焦期间煤气在炭化室内的流动途径

气体和蒸汽通过赤热的焦炭和沿炭化室炉墙向上流动时，受到的温度比炭化室顶部空间的温度高得多。因此，这部分煤气中的碳氢化合物在到达炭化室顶部空间之前，就已经经过了有氢气析出和环烷烃或烷烃的芳构化过程(生成芳香烃)，生成了二次热裂解产物。这是一个不可逆反应过程，由此所生成的化合物在炭化室顶部空间就不再起变化。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则受到芳构化作用。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℃左右。大量的芳烃是在700~800℃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：

(1) C—H链裂解而引起的脱氢反应 对于低分子碳氢化合物，在一次反应中即可完成裂解，而对高分子碳氢化合物一般须经二次反应。

例如，饱和碳氢化合物按下式生成烯烃，同时析出氢气：



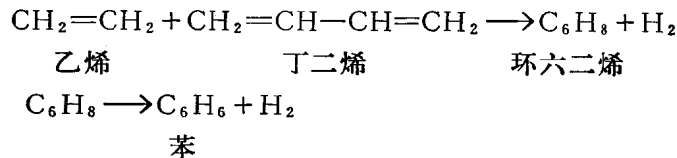
温度在500℃左右时开始产生脱氢现象，在650℃时氢的生成量即已很高，在高于800℃时，会产生烯烃裂解的二次反应，例如部分生成的乙烯将裂解为甲烷、氢和碳。

(2) C—C链断裂而引起的结构缩小反应 在此反应中，较高分子的碳氢化合物裂解为低分子产物。如烷烃裂解时，可生成二烯烃及较低分子烷烃，或者生成两个烯烃分

子。

(3) 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, 而不是纯的异构化(即氢-烃基团的互换)。

(4) 聚合、歧化、缩合而引起的结构增大反应 高分子烷烃进行裂解的反应产物除烷烃、烯烃和二烯烃之外, 还可以生成环烷烃和环烯烃。所生成的烯烃相互之间及同原料中的烯烃易于进行反应, 从而通过聚合或者环化而生成环烯烃类化合物, 并经脱氢而得到芳香族化合物。例如, 低分子烯烃的环化和脱氢可按式进行:



通过上述许多复杂反应和其他反应, 煤气中甲烷和重烃(乙烯是主要成分, 含量约占重烃的80%)的含量降低, 氢的含量增高, 煤气的比重变小, 并形成一定量的氨、苯族烃和萘、蒽等, 在炭化室顶部空间最终形成了一定组成的煤气。

从每个炭化室逸出的煤气组成是随炭化时间而变的。但由于炼焦操作是连续的, 所以整个炉组发生的焦炉煤气的组成基本上是均一而稳定的。

炼焦化学产品的数量和组成随炼焦温度和原料煤的质量不同而波动。在工业生产条件下, 高温干馏时各种产品的产率为(对于煤的重量百分数): 焦炭——70~78%; 净焦炉煤气——15~19%; 焦油——3~4.5%; 化合水——2~4%; 粗苯——0.8~1.4%; 氨——0.25~0.35%; 其他——0.9~1.1%。其中化合水是指煤中的有机质分解生成的水分。

在低温干馏(约600℃)时, 煤的气化产物所经受的二次反应与上述情况有所不同, 因而焦油的产率可达8~12%, 而煤气的产率仅为7~10%, 但发热值较高。

从炭化室逸出的荒焦炉煤气所含的水蒸汽, 除化合水外, 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(克/标米³):

水蒸汽	250~450
焦油汽	80~120
粗苯	30~45
氨	8~16
硫化氢	6~30
其他硫化物(二硫化碳、噻吩等)	2~2.5
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, 也称回炉煤气, 其组成如表1所示。

净焦炉煤气的低热值为4200~4400千卡/标米³, 比重为0.45~0.48公斤/标米³。

由净煤气的组成可见, 煤气的成分为最简单的碳氢化合物以及游离氢、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。

净焦炉煤气组成 (体积%)

表 1

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

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

焦油的产率取决于配煤的挥发分高低和煤的变质程度。焦油气是在煤开始软化后逸出的，软化开始温度越低，煤的胶质状态温度间隔越长，焦油产率就越大。

在配煤的可燃基挥发分 $V = 20 \sim 30\%$ 的范围内，可由下式相当精确地求得焦油的产率 $X(\%)$ ：

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

在一定的范围内，苯族烃的产率随煤料中碳氢比 (C/H) 及挥发分的增加而增加。

当配煤的可燃基挥发分 $V = 20 \sim 30\%$ 时，可由下式求得粗苯的产率 $Y(\%)$ ：

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

氮来源于煤中的氮。一般配煤约含氮2%左右，其中约60%的氮存在于焦炭中，约15~20%的氮与氢化合生成氨，其余部分生成氰化氢、吡啶盐基或其他含氮化合物，这些产物存在于煤气和焦油中。对于不同质量的配煤，氨的产率显然是不一样的，一般为干煤的0.25~0.30%(重量)。

煤气中硫化物的产率主要取决于配煤中的硫含量。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。

化合水的产率同配煤的含氧量有关。配煤中的氧约有55~60%在炼焦时转变为水，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较大量的化合水。由于配煤中的氢与氧化合成水，将使贵重的化学产品产率减少。

煤气的成分同煤的变质程度有关。变质年代轻的煤在干馏时所产生的煤气中，CO、C_nH_m及CH₄的含量高，而氢的含量低。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

炼焦化学产品的组成会受到焦炉操作温度、压力和挥发物在反应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的催化作用的影响，而最主要的影响因素是炉墙温度和炭化室顶部空间温度。

增高炉墙温度将使焦油中的苯族芳烃含量减少，而高温产物——萘、蒽、沥青和游离碳的含量增加，比重变大，酚类及中性油类含量降低。

炭化室顶部空间温度在整个炼焦过程中是有变化的。该温度的高低是炼焦温度、炭化室顶部空间尺寸、煤气在其中停留的时间，以及装入煤内煤气流动方向等相互复杂作用的结果。为了防止单核芳烃产率降低，特别是防止甲苯分解，炭化室顶部空间温度不宜超过800℃。炭化室顶部空间温度过高，则由于热解作用，焦油和粗苯的产率均将降低，高温化合水的产率将增加；氨在高温作用下由于进行逆反应而部分分解，并和赤热的焦炭作用生成氰化氢，氨的产率也将降低。

高温同样影响煤气的质量。煤气中甲烷及不饱和碳氢化合物含量将减少，氢的含量将增加，因而使煤气的体积产量增加，而热值降低。

提高炉温、缩短结焦时间对化学产品产率和组成的影响可由图2及图3所示曲线表明。

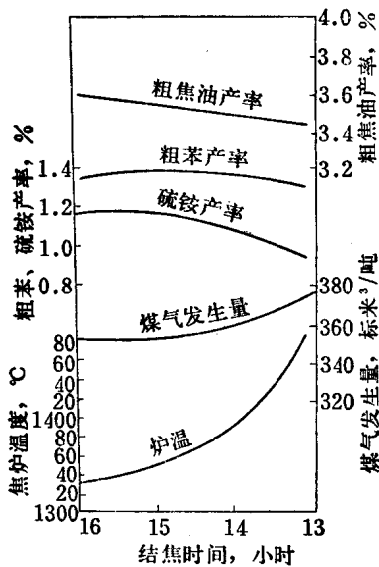


图2 化学产品产率同结焦时间的关系
(炭化室宽为450毫米)

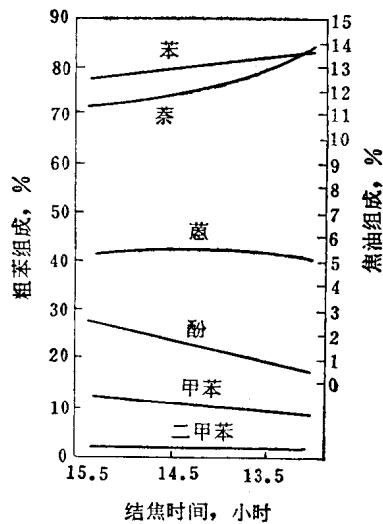


图3 化学产品组成同结焦时间的关系

化学产品的产率和组成还受焦炉内操作压力的影响。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，则吸入空气，引起部分化学产品在炭化室内燃烧，这不但使炭化室内温度升高，而且煤气被燃烧废气冲淡，使氮和二氧化碳的含量增加，发热值降低。因炭化室内压力的升高或降低都会造成化学产品的部分损失，故规定集气管内必须保持一定压力。

第三节 回收与加工化学产品的方法及典型流程

由焦炉发生的荒煤气首先需在化产回收车间进行煤气的冷却及输送、回收化学产品及净化。这一方面是为了回收有用的化学产品，另一方面是为了无障害地输送、贮存和利用煤气。

煤气中除氢、甲烷、乙烷、乙烯等成分外，其他成分含量虽少，但能产生许多障害。这些成分的危害作用如下：

萘：能从煤气中以固体结晶析出，会沉积在煤气管路及有些设备中造成堵塞。

焦油：会给回收氨、苯等工艺操作带来不利影响，并会因变质硬化或和粉尘混合而产生堵塞物。

水：能溶解煤气中的水溶性酸、碱物质而引起腐蚀。

硫化氢及硫化物：是引起煤气系统设备腐蚀的主要原因，生成的硫化铁会引起堵塞，燃烧生成的二氧化硫将污染大气。

氰化氢：有剧毒，其水溶液腐蚀钢铁，会生成引起堵塞的铁盐。此外，还能和硫化物生成硫氰酸盐，溶于水将产生高的化学需氧量（COD）。

氨：其水溶液腐蚀设备和管路，生成的铵盐（碳酸铵、氯化铵等）会引起堵塞，燃烧产生的氧化氮将污染大气。

氧化氮：一氧化氮及其与氧作用生成的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，以胶质粒子悬浮于煤气中，沉积下来称为煤气胶，会给煤气用仪表及喷嘴引起障害，不利于煤气输送。

不饱和碳氢化物：双链的不饱和碳氢化物（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。

对于上述能产生许多障害的物质，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不同。

在钢铁联合企业中，如焦炉煤气只用作本厂冶金燃料时，除回收氨、苯等化学产品外，煤气中的杂质只要求清除到输送和使用都不发生困难的程度。比较典型的处理方法和系统如图4所示。

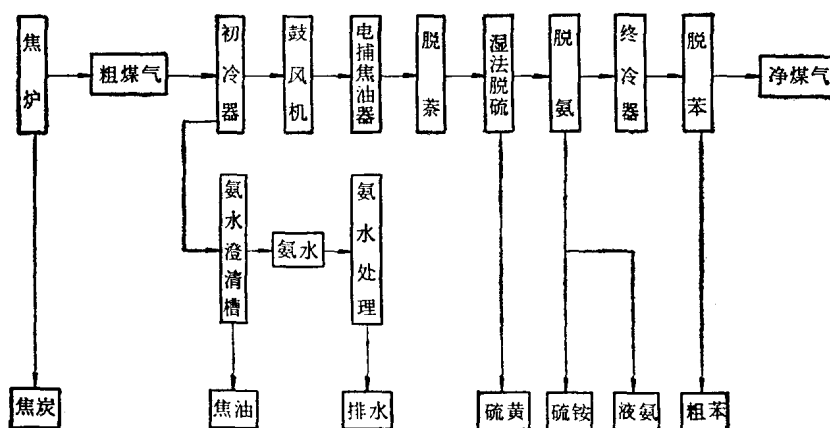


图4 焦炉煤气（钢铁厂自用）处理系统图

对民用的焦炉煤气，其中的杂质必须清除到较彻底的程度。比较典型的处理方法和系统如图5所示。

经过上述处理后的煤气净制程度分别可达到如表2所列的标准。

当将焦炉煤气用作化学合成原料时，由于需在高压下深冷分离，所以煤气也必须高度精制。在焦炉煤气深冷分离时，“NO胶”是不安定物质，会引起大爆炸，必须彻底除去。

上述焦炉煤气处理系统只是大体上的分类，实际上在不同的焦化厂中各个工序的安排是有差别的。

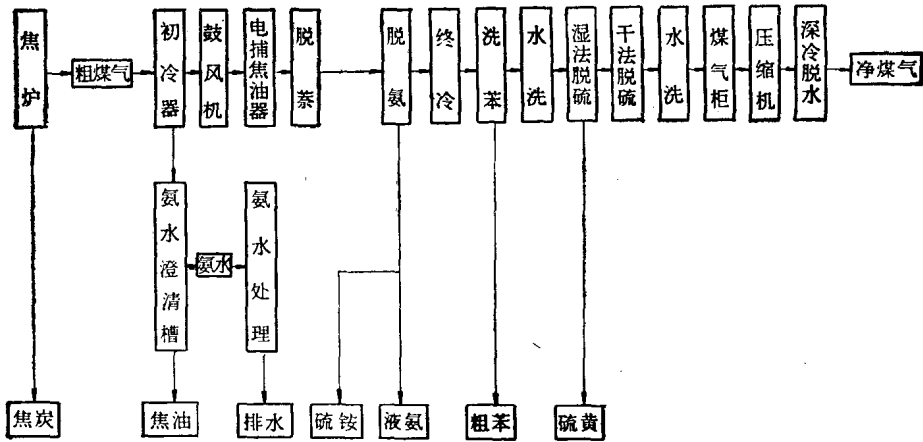


图 5 焦炉煤气 (城市煤气用) 处理系统图

焦炉煤气的净制程度

表 2

煤气用途	成 分 (克/标米 ³ 煤气)						
	氨	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

在七十年代，于法国、西德等国又发展了在负压下回收化学产品的系统。如图6所示。鼓风机设置在系统的最后，将焦炉煤气从-800~-1000毫米水柱升压至600~800毫米水柱，以将煤气送往用户。这种处理系统的优点是：在鼓风机前煤气系统一直在低温下操作；在洗氨前无需进行最终冷却；在鼓风机内产生的压缩热留在煤气中，可以弥补煤气输送时的热损失。

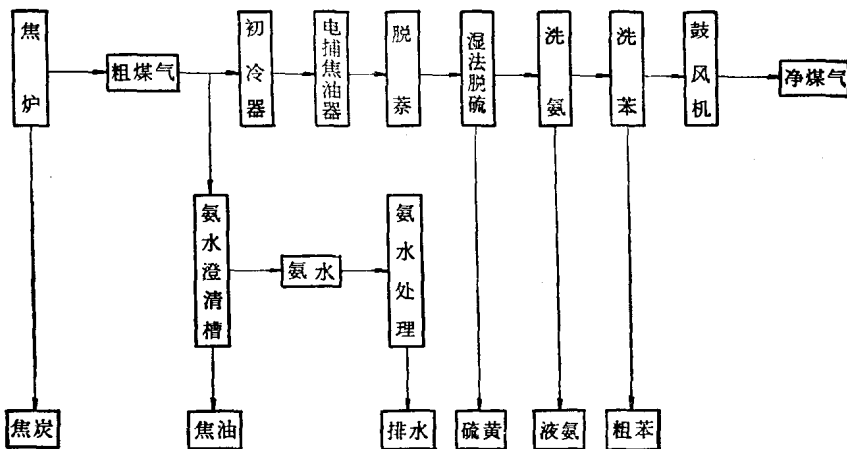


图 6 在负压下操作的焦炉煤气处理系统图

化产回收车间回收下来的粗焦油和粗苯需于精制车间加工为各种有用产品。精制车间过去多设于同一焦化厂内，使生产规模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到大型厂加工，例如西德、美国、苏联等国的焦油加工厂的处理能力达到80万吨焦油/年。西德的粗苯加氢精制厂处理能力达到28万吨粗苯/年。在大型厂集中加工，可以生产多种优质产品，合理利用新技术，劳动生产率高，特别是有利于改善环境保护，所以已逐步在许多国家得到采用。

本课程将对上述的炼焦化学产品回收和加工的有关理论及生产工艺加以探讨介绍。

第一章 煤气的初冷和焦油氨水的分离

从炼焦炉发生的荒焦炉煤气，首先需进行初步冷却、焦油汽和水汽的冷凝及初步净化，然后再输送到以后的工段回收煤气中的氨、苯族烃并脱硫、脱氰。在煤气初步冷却过程中，还可得到粗焦油及氨水。

焦炉煤气从炭化室经上升管出来时的温度，与炭化室装满煤的程度以及在炭化初期和末期煤气发生的情况有关，大约是 $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ 。此时煤气中含有焦油汽、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，首先应将煤气进行冷却，这是因为：

(1) 从煤气中回收化学产品时，要在较低的温度 ($25\sim 35^{\circ}\text{C}$) 下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 1米^3 的干煤气，在 80°C 经水汽饱和后的体积为 2.429米^3 ，而在 25°C 经水汽饱和的体积为 1.126米^3 ，前者比后者大 1.16 倍)，使输送煤气时所需要的煤气管道直径、鼓风机的能力和功率都增大，是不经济的；

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

此外在回收氨和苯族烃以前，对煤气进行初步净化还有利于氨的回收、改善硫铵质量和减少对循环洗油质量的影响。近年来，在煤气的初冷过程中，也为此目的采取了一定的措施。

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 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$ (生产硫铵系统) 或低于 25°C (生产浓氨水系统)。

第一节 煤气在集气管内的冷却

一、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 $1.5\sim 2.0$ 公斤/厘米² 的循环氨水通过喷头强烈喷洒 (图 1-1)。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，所以煤气放出大量显热，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。因煤气的温度高于循环氨水的温度，所以热量就从煤气传给氨水，从而使煤气冷却。

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。因为循环氨水液面上的水汽分压大于煤气中的水汽分压，所以氨水就部分蒸发，同时煤气温度急剧降低，以供给氨水蒸发所需的潜热。

煤气在集气管中冷却时所放出的大部分热量用于蒸发氨水 (约占 $75\sim 80\%$)，其余的热量消耗于使氨水升温 (约占 $10\sim 15\%$) 和集气管的散热损失 (约占 10% 左右)。

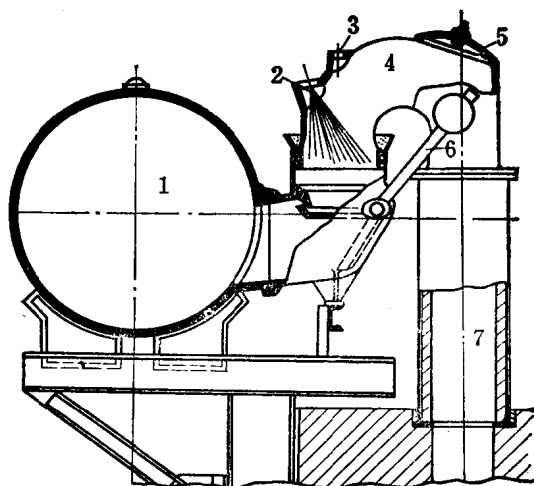


图 1-1 上升管、桥管和集气管

1—集气管；2—氨水喷嘴；3—无烟装煤用蒸汽入口；4—桥管；5—上升管盖；
6—水封阀翻板；7—上升管

通过上述冷却过程，煤气温度由650~700℃降至82~86℃，同时有60%左右的焦油汽冷凝下来。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1~3℃。

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。其中以煤料水分的影响最大。在一般生产条件下，煤料水分每降低1%，露点温度可降低0.6~0.7℃。显然，降低煤料水分对煤气在集气管和初步冷却器中的冷却都很重要。

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较高，循环氨水的温度较高，氨水蒸发量较大，就能使煤气冷却得较好；反之则差。

集气管技术操作的主要数据如下：

集气管前的煤气温度，℃	650~700
离开集气管的煤气温度，℃	82~86
循环氨水温度，℃	72~78
离开集气管氨水的温度，℃	74~80
煤气露点，℃	80~83
循环氨水量，米 ³ /吨干煤	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

由上述数据可见，煤气虽然已显著地冷却，但离开集气管的煤气仍未被水汽所饱和。煤气中水汽含量与煤气饱和温度（露点）之间的关系如图1-2所示。

集气管在正常操作过程中不用冷水喷洒，因冷水不易蒸发，冷却效果不好，且带入的矿物杂质会增加沥青的灰分。此外由于水温很低，使集气管底部剧烈冷却，冷凝的焦油粘度增大，易使集气管堵塞。进入集气管前的煤气露点温度同装入煤的水分含量有关，当装入煤总水分为8~11%时，露点温度约为65~70℃。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℃。所以采用72~78℃的循环氨水喷洒煤气。这样能克服用冷

水喷洒的缺点，并且由于氨水是碱性的，能中和焦油酸，保护煤气管道。氨水又有润滑性，便于焦油流动，可以防止焦油因积聚而堵塞煤气管道。

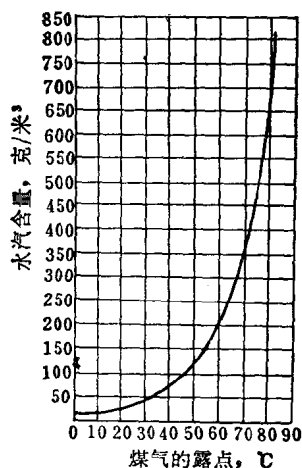


图 1-2 煤气中水汽含量与煤气露点的关系

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：对单集气管的焦炉，每吨干煤需5米³循环氨水；对双集气管的焦炉，需6米³循环氨水。

近年来，有些焦化厂采用高压循环氨水代替蒸汽喷射进行无烟装煤。有些厂在采用预热煤炼焦时，设置了独立的氨水循环系统，用于专设的装炉集气管的喷洒，则它们的循环氨水量又各有不同。

二、集气管的物料平衡和热平衡

通过集气管的物料平衡和热平衡计算，可使我们了解集气管内物料转移的情况，并可求得冷却后的煤气温度。若冷却后的煤气温度已经确定，就可以求得必需的循环氨水量及其蒸发量。通过这些计算，还可以评定集气管操作的好坏。

下面仅举例计算煤气被冷却至一定温度时所需要的循环氨水量。

1. 原始数据

(1) 产品产率 % (对干煤重量)

焦炉煤气	15.80
水分 (化合水2.2配煤水分7.8)	10
焦油	4.0
粗苯	1.10
氨	0.30
硫化氢	0.30
焦炭	76.30

总计	107.80
----	--------

(2) 操作指标

冷凝焦油量占总焦油量, %	60
进入集气管的煤气温度, °C	650