

洗油分离精制应用技术

XIYOU FENLI JINGZHI YINGYONG JISHU

■ 熊道陵 陈玉娟 王庚亮 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

江西理工大学优秀学术著作出版基金资助

洗油分离精制应用技术

熊道陵 陈玉娟 王庚亮 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2013

内 容 提 要

本书介绍了有关洗油产品分离精制技术及国内外洗油产品深加工技术的最新理论和研究成果,其中包括煤焦油加工技术进展、煤焦油加工工艺、洗油产品检测方法以及国内外典型的洗油加工工艺,分章节重点介绍了洗油中萘、甲基萘、喹啉系化合物、吲哚、茚、茛、氧茛和联苯的分离提纯方法及深加工技术。

本书既可供煤焦油深加工和精细化工技术人员阅读参考,亦可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

洗油分离精制应用技术/熊道陵,陈玉娟,王庚亮编著. —北京:
冶金工业出版社, 2013. 10
ISBN 978-7-5024-6391-5

I. ①洗… II. ①熊… ②陈… ③王… III. ①煤焦油—精细
加工 IV. ①TQ522. 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 233889 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 张耀辉 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6391-5

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京慧美印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版, 2013 年 10 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 16.75 印张; 325 千字; 255 页

48.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

洗油是煤焦油精馏过程中的重要馏分之一，约占煤焦油的6.5% ~ 10%，是一种复杂的混合物，富含萘、 α -甲基萘、 β -甲基萘、喹啉、异喹啉、茚、吲哚、茛、氧茛和联苯等宝贵的有机化工原料。

洗油产品的分离精制加工应用是目前煤炭综合利用的一项重要内容，近些年，国内外的学者们在这方面做了很多工作，如在化工材料、医药、能源等方面不断进行洗油产品的开发利用。目前国内已出版的煤焦油方面的专著对于洗油只是简单的介绍，而市场上尚缺乏对洗油分离精制应用技术深入分析的相关书籍，基于此，作者编著了这本《洗油分离精制应用技术》供大家参考。

本书取材主要立足于国情和当前洗油应用技术实际情况，一方面尽可能反映洗油加工技术最新理论和研究成果，另外一方面为保证教学参考书的相对稳定性，又努力使其在内容方面具备一定成熟性，同时书中也对国内外洗油产品加工利用技术领域的开发进展加以重点阐述，以满足不同读者的需要。

全书共分为8章：第1章主要对煤焦油性质、组成、加工技术进展和加工工艺，煤焦油中洗油成分及常见的洗油产品检测方法进行了概述；第2章重点介绍了国内外典型的洗油加工工艺，包括洗油切取窄馏分加工工艺、洗油恒沸精馏加工工艺、洗油萃取精馏加工工艺、洗油再生工艺和洗油加工柴油加工工艺；第3章介绍了洗油中萘成分

的性质用途, 工业萘和精制萘的生产方法及深加工技术, 甲基萘的提取及深加工; 第4章介绍了洗油中喹啉系化合物的性质用途, 工业喹啉和异喹啉的分离提取方法及深加工; 第5章介绍了洗油中茚成分的性质用途, 茚的分离精制动力学、热力学研究及深加工; 第6章介绍了洗油中吲哚成分的性质用途, 吲哚衍生物合成方法, 9种吲哚的分离提纯方法及深加工; 第7章介绍了洗油中茛成分的性质用途, 茛的提取, 溶剂结晶、溶剂萃取、熔融结晶法及茛制备茛酮和双酚茛深加工工艺; 第8章介绍了洗油中氧茛和联苯成分的性质用途, 氧茛和联苯成分加工工艺及深加工。

本书既包含了作者多年科研工作积累的成果, 也参考了一些科研、教学及企业单位等同行的资料; 本书的编写和出版得到了江西理工大学优秀学术著作出版基金和国家自然科学基金(编号: 51364014)的资助以及各位同仁的大力支持, 谨在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限, 在深入调查和掌握国内外信息方面, 工作做得尚不够充分, 不足之处, 恳请广大读者和有关专家批评指正。

作 者

2013年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 煤焦油概述	1
1.2 煤焦油的性质和组成	3
1.2.1 煤焦油的性质	3
1.2.2 煤焦油组成	3
1.3 煤焦油加工	6
1.3.1 焦油前处理	6
1.3.2 焦油的蒸馏	9
1.4 煤焦油加氢	22
1.4.1 中低温煤焦油的深加工过程和产业分析	22
1.4.2 煤焦油加氢反应的原理	23
1.4.3 煤焦油加氢反应的方法	24
1.4.4 煤焦油加氢反应的影响因素	25
1.5 国内外洗油加工技术简述	26
1.6 洗油馏分性质以及组成	27
1.7 洗油检测	29
1.7.1 气相色谱分析	29
1.7.2 紫外检测	33
参考文献	39
2 洗油加工	41
2.1 洗油加工管理规范	41
2.1.1 洗油质量要求	41
2.1.2 保证油品质量的管理措施	43
2.2 洗油精制	44
2.2.1 碱洗精制	44
2.2.2 酸洗精制	45
2.3 洗油精馏工艺	45
2.3.1 洗油切取窄馏分的加工工艺	46

2.3.2 洗油恒沸精馏的加工工艺	49
2.3.3 洗油萃取精馏的加工工艺	49
2.3.4 洗油再生工艺	51
2.3.5 洗油加工柴油的工艺	55
参考文献	56
3 萘	57
3.1 萘的理化性质、用途及分布	57
3.1.1 萘的理化性质	57
3.1.2 萘的用途	58
3.1.3 萘的生产分布	58
3.2 工业萘的生产技术	60
3.2.1 精馏法	60
3.2.2 熔融结晶法	64
3.2.3 从萘油当中提取工业萘	65
3.2.4 工业萘的生产改进措施	67
3.3 萘的精制	72
3.3.1 结晶精制法	72
3.3.2 化学精制法	77
3.4 萘的深加工	81
3.4.1 苯酐	81
3.4.2 二异丙基萘	82
3.4.3 高效混凝土减水剂	83
3.4.4 萘酚	84
3.4.5 其他萘下游产品	85
3.4.6 国外萘应用技术	85
3.5 甲基萘的提取及深加工	86
3.5.1 甲基萘的性质及用途	86
3.5.2 洗油中提取 β -甲基萘的方法	86
3.5.3 甲基萘的深加工及应用	90
参考文献	95
4 喹啉系化合物	99
4.1 喹啉和异喹啉的理化性质及用途	99
4.1.1 喹啉和异喹啉的理化性质	99

4.1.2 喹啉和异喹啉的用途	99
4.1.3 喹啉系化合物的生产现状	100
4.2 工业喹啉和异喹啉的提取	101
4.2.1 精馏法提取工业喹啉	101
4.2.2 超临界萃取技术提取喹啉	108
4.2.3 强酸性阳离子交换树脂提取喹啉	109
4.2.4 从喹啉残液中提取工业异喹啉	110
4.3 喹啉系化合物的精制	112
4.3.1 精馏-共沸精馏法	112
4.3.2 间歇精馏法	114
4.3.3 工业喹啉装置改造精制喹啉	116
4.3.4 间歇动态结晶法精制异喹啉	117
4.3.5 化学法精制喹啉	118
4.3.6 2-甲基喹啉的分离精制	119
4.3.7 4-甲基喹啉的分离精制	119
4.4 喹啉和异喹啉的深加工	120
4.4.1 喹啉的深加工	120
4.4.2 8-羟基喹啉	121
4.4.3 喹啉氮氧化物	124
4.4.4 异喹啉衍生物	126
参考文献	129
5 茚	131
5.1 茚的理化性质及用途	131
5.2 茚的分离与提纯	133
5.2.1 洗油预处理	134
5.2.2 富茚馏分的提取	134
5.2.3 溶剂结晶法	138
5.3 茚结晶动力学研究	139
5.3.1 操作参数对结晶动力学的影响	142
5.3.2 晶体生长理论	142
5.4 茚结晶热力学研究	143
5.4.1 溶解度	143
5.4.2 介稳区	146
5.4.3 茚溶解度和介稳区的测定	148

5.5 茚的深加工	150
5.5.1 茚酮	150
5.5.2 茚烯	153
5.5.3 1,8-萘酐	154
5.5.4 茚酚醛树脂	155
5.5.5 茚的硝化	156
参考文献	157
6 吡啶	159
6.1 吡啶的理化性质及用途	159
6.1.1 吡啶的理化性质	160
6.1.2 吡啶及其衍生物用途	162
6.2 吡啶及其衍生物的合成	164
6.2.1 Fischer 吡啶合成法	164
6.2.2 Bartoli 吡啶合成法	164
6.2.3 Leimgruber - Batch 吡啶合成法	164
6.2.4 Nenitzescu 吡啶合成法	165
6.2.5 Kihlar 吡啶合成法	165
6.3 吡啶分离方法	165
6.3.1 碱熔法	165
6.3.2 溶剂萃取法	167
6.3.3 络合法	171
6.3.4 酸聚合法	173
6.3.5 吸附法	182
6.3.6 共沸精馏法	184
6.3.7 超临界萃取法	189
6.3.8 溶析结晶精制法	191
6.3.9 压力结晶法	192
6.4 吡啶的深加工	192
参考文献	193
7 茚	195
7.1 茚的理化性质及用途	195
7.1.1 茚的理化性质	195
7.1.2 茚的用途	195

7.2 苈馏分提取	196
7.2.1 洗油精馏	196
7.2.2 精馏原理	197
7.2.3 精馏条件的选择	197
7.2.4 苈馏分的富集结果及截取馏分段的确定	200
7.2.5 低含量苈馏分的二次精馏	201
7.3 溶剂结晶法	202
7.3.1 结晶过程	202
7.3.2 溶解度和溶液的过饱和	203
7.3.3 冷却法	208
7.3.4 三相结晶	208
7.4 溶剂萃取	211
7.5 熔融结晶	215
7.5.1 熔融结晶简介	215
7.5.2 熔融结晶的原理	218
7.5.3 熔融结晶洗涤分离的物理模型	220
7.5.4 洗液通过结晶床层的流动模型	220
7.5.5 熔融结晶法提纯苈	222
7.6 苈的深加工	224
7.6.1 液相氧化法制备苈酮	224
7.6.2 气相氧化法制备苈酮	227
7.6.3 双酚苈的应用及制备	229
参考文献	235
8 氧苈和联苯	237
8.1 氧苈分离精制	237
8.1.1 氧苈的理化性质及用途	237
8.1.2 精馏法从洗油分离精制氧苈	237
8.1.3 超临界提取氧苈	239
8.2 联苯的分离与提纯	243
8.2.1 联苯的理化性质及用途	243
8.2.2 联苯的提取方法	244
8.2.3 宝钢化工联苯资源的开发	244
8.2.4 共沸精馏结合混合溶剂析出法对联苯的分离和精制	250
8.3 联苯的深加工	253

8.3.1	产品 4, 4 - 二氯甲基联苯	253
8.3.2	产品 4 - 苯基二苯甲酮	253
8.3.3	产品 4, 4 - 二 (9 - 卟啉) 联苯	253
8.3.4	产品 4, 4 - 二羟基联苯	253
8.3.5	产品 4 - 羟基 - 4 - 氰基联苯	254
8.3.6	异丙基联苯	254
参考文献		254

1 绪 论

1.1 煤焦油概述

在全世界普遍重视可持续发展的今天,焦化工业正面临着严峻的形势,但就其存在价值而言,前景并不悲观。据专家估计,传统的高炉-转炉工艺在钢铁生产中的主导地位至少 30 年不会变,焦炭仍然是不可缺少的原料。与西方国家焦炭产量逐年萎缩相反,近 10 年我国焦炭产量节节上升,总产量已超过 2.5 亿吨,位居世界首位。我国已回收和尚未回收的煤焦油资源约 1000 万吨/年,如能充分和合理的利用这些资源必将创造巨大的经济价值^[1]。

近几年我国煤焦油加工业迅速发展,煤焦油下游产品应用领域不断拓宽,人们越来越重视煤焦油加工的技术进展状况及发展方向。煤焦油是一个组分上万种的复杂混合物,目前已从中分离并认定的单种化合物约 500 余种,约占煤焦油总量的 55%,其中包括苯、二甲苯、萘等 174 种中性组分,酚、甲酚等 63 种酸性组分和 113 种碱性组分^[2]。某些组分虽然价值很高,但在煤焦油中的含量很少,占 1% 以上的品种仅有 13 种,分别是萘、菲、荧蒽、苊、蒽、芘、苊、咔唑、 β -甲基萘、 α -甲基萘、氧苊和甲酚。煤焦油中的很多化合物是塑料、合成橡胶、农药、医药、耐高温材料及国防工业的贵重原料,也有一部分多环烃化合物是石油化工所不能生产和替代的。然而,目前我国煤焦油主要用来加工生产轻油、酚油、萘油及改质沥青等,以及再经深加工后制取苯、酚、萘、蒽等多种化工原料,虽然产品数量较多、用途广泛,但是相对煤焦油中的 500 多种化合物来讲,还是少得很。专家认为,煤焦油简单加工后的利用价值不大,国内外普遍看好的是其深加工精制产品的应用。据业内人士介绍,国内外煤焦油加工工艺大同小异,都是脱水、分馏,煤焦油加工的主要研究方向是增加产品品种、提高产品质量等级、节约能源和保护环境。近年来,随着煤化工投资及技术研究的趋势,我国煤焦油加工规模和技术均取得了一定进展,其中在煤焦油加工分离技术研发上取得的成果为煤焦油加工提供了技术支撑。国外工艺呈现出大型化、多样性等特点,其加工深度及精度均优于国内^[3]。

我国现有大中型煤焦油加工企业 50 余家,其中单套年加工规模在 10 万吨以上的有 30 余家,年加工能力为 600 多万吨;小型煤焦油加工企业加工能力约 100 多万吨;目前筹备和在建的煤焦油深加工企业有 20 余家,加工能力达 400

万吨；规划拟建的还有十几家，加工能力近 400 万吨^[4]。宝钢化工公司是国内最大的煤焦油加工企业，5 套装置加工能力为 75 万吨/年，规模居世界第 5 位。山东杰富意振兴化工公司在原有的 30 万吨/年基础上扩产改造，达到了单套 50 万吨/年的加工能力，是目前国内单套加工能力最大的煤焦油加工装置。山西宏特煤化工有限公司拥有 2 套煤焦油加工装置，总能力达 30 万吨/年，并准备扩建 2 套年加工 35 万吨煤焦油的装置，最终将达到 100 万吨/年的加工规模。山西焦化集团煤焦油加工项目一期工程单套装置加工能力为 30 万吨/年的煤焦油加工项目已经于 2006 年竣工投产，二期工程将择机动工建设，最终会形成 60 万吨/年的煤焦油加工规模。辽宁鞍钢化工厂目前的煤焦油加工能力为 30 万吨/年，正在建设 60 万吨/年的煤焦油深加工项目。另外，神华乌海煤焦化公司、乌海黑猫炭黑公司、山西介休佳乾煤化工公司、河津精诚化工公司、山东固德化工公司、山东海化集团、河南海星化工公司、唐山考伯斯开滦炭素化工公司都拥有 30 万吨/年的煤焦油加工能力。武汉平煤武钢联合焦化公司投资建设的 50 万吨/年煤焦油深加工项目在 2010 年 6 月开工建设；济南海川炭素公司的 40 万吨/年煤焦油深加工项目已经在济南平阴县开工建设；河南鑫磊煤化集团的 30 万吨/年煤焦油深加工项目已经于 2010 年 4 月开工建设；开滦能源化工公司与首钢公司共同出资，拟在唐山曹妃甸建设百万吨级煤焦油深加工项目，该项目拟分 2 期建设，一期建设规模为 30 万吨/年。其他准备规划建设的煤焦油深加工项目有沙桐（泰兴）化学公司（30 万吨/年）、平煤集团首山焦化公司（30 万吨/年）、河北旺佰欣化工公司（30 万吨/年）。目前中国高温煤焦油的年产量在 1000 万吨左右，因此高温煤焦油加工能力有过剩隐忧^[5]。

发达国家煤焦油加工工业的发展历程大致有四个趋向：一是装置大型化，进行集中加工；二是对各大型煤焦油加工装置分离出来的主要馏分进行交换集中加工；三是投入大量人力物力财力进行深加工产品和精细产品的研发；四是对煤焦油加工企业整合，形成大集团大公司。

国外煤焦油加工企业的生产模式有三种：

第一种模式，全方位多品种，提纯和配制各种规格和等级的产品。例如德国吕特格公司，从焦油中分离、配制的产品有 220 多种，萘有 4 个级别，树脂有 5 个级别，蒽有 7 个级别，沥青黏结剂及浸渍料有 20 个级别；可以根据市场要求，在同一装置上，改变操作参数，生产不同级别的产品，达到装置的多功能性。

第二种模式，在煤焦油加工产品的基础上，向着精细化工、染料、医药方面延伸深加工产品。例如日本住金化学株式会社，仅对煤焦油中纯化合物进行提纯或延伸，试制和生的产品有 180 种，如酚类衍生物有 21 种，喹啉及其衍生物有 32 种，萘衍生物有 60 种。

第三种模式，重点加工沥青类产品。煤焦油加工过程中，沥青产率在 50%

以上,对煤焦油蒸馏的其他馏分均不进行加工,以混合油的形式出售,仅对蒸馏产生的沥青进行加工,提高沥青的附加值,就能够保证煤焦油加工项目的整体效益。例如日本三菱株式会社、美国 Rilly 公司、澳大利亚 Koppers 公司,都在煤焦油沥青加工方面有高附加值的特色产品^[6,7]。

1.2 煤焦油的性质和组成

1.2.1 煤焦油的性质

煤焦油是煤在干馏和气化过程中获得的液体产品,简称焦油。根据干馏温度和方法的不同可得到以下几种焦油^[8]:

- (1) 低温(450~650℃)干馏焦油;
- (2) 低温和中温(600~800℃)发生炉焦油;
- (3) 中温(900~1000℃)立式炉焦油;
- (4) 高温(1000℃)炼焦焦油。

无论哪种焦油,均为具有刺激性臭味的黑色或黑褐色黏稠状液体。下面论述的焦油性质系指高温炼焦焦油:

焦油闪点为 96~105℃,自燃点为 580~630℃,燃烧热为 35700~39000kJ/kg;焦油在 20℃ 时的密度介于 1.10~1.25g/cm³ 之间,其值随着温度的升高而降低。

1.2.2 煤焦油组成

煤焦油是煤热分解的液态产物,其主要组成见表 1-1。煤料在炼焦炉炭化室的热分解是由平行于炭化室两侧炉墙呈层状进行的,所需热量通过炭化室炉墙传递。当炭化室中心温度与炉墙温度接近时,炼焦过程结束。煤料在炭化室内热分解产物见图 1-1。

表 1-1 煤焦油主要组成

化合物名称	在煤焦油中的质量分数/%	化合物名称	在煤焦油中的质量分数/%
碳氢化合物		萘	8~12
苯	0.12~0.15	α -甲基萘	0.8~1.2
甲苯	0.18~0.25	β -甲基萘	1.0~1.8
二甲苯	0.08~0.12	联苯	0.2~0.4
茚	0.25~0.3	二甲基萘	1.0~1.2
苯的高沸点同系物	0.8~0.9	蒽	1.2~2.5
四氢化萘	0.2~0.3	苊	1.0~2.0

续表 1-1

化合物名称	在煤焦油中的质量分数/%	化合物名称	在煤焦油中的质量分数/%
蒽	0.5 ~ 1.8	吡啶	0.1 ~ 0.2
菲	4 ~ 6	咔唑	0.9 ~ 2.0
甲基菲	0.9 ~ 1.1	吡啶	0.1 ~ 0.6
荧蒽	1.8 ~ 2.5	含氧化合物	
苊	1.2 ~ 2.0	苯酚	0.2 ~ 0.5
苯并芴	1.0 ~ 1.1	邻甲酚	0.2
含氮化合物		间甲酚	0.4
吡啶	0.03	对甲酚	0.2
2-甲基吡啶	0.02	二甲酚	0.3 ~ 0.5
喹啉	0.18 ~ 0.30	高级酚	0.75 ~ 0.95
异喹啉	0.1	苯并呋喃	0.04
2-甲基喹啉	0.1	二苯并呋喃	0.5 ~ 1.3
菲啶	0.1	含硫化合物	
7,8-苯并喹啉	0.2	硫茚	0.3 ~ 0.4
2,3-苯并喹啉	0.2	硫茚	0.4

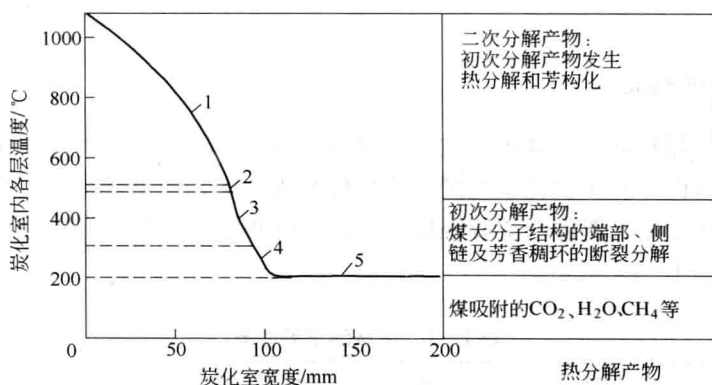


图 1-1 炭化室内温度分布与热分解产物

1—焦炭和半焦层；2—炼焦界线层；3—胶质层；4—前胶质层；5—煤层

装入炭化室内的煤料，首先析出吸附在煤中的水、二氧化碳和甲烷等。随着煤料温度的升高，煤中含氧多的分子结构分解为水、二氧化碳等。当煤层温度达到 300 ~ 550℃ 时，则发生煤大分子结构侧链和基团的断裂，所得产物为初次分解产物，或称初焦油。初焦油主要含有脂肪族化合物、烷基取代的芳香族化合物及酚类。初次分解产物，一部分通过炭化室中心的煤层，一部分经过赤热的焦炭

层沿着炉墙进入炭化室顶部空间，在 $800 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的条件下发生深度热分解，所得产物为二次分解产物，或称高温焦油。高温焦油主要含有稠环芳香族化合物。初焦油和高温焦油在组成上有很大差别，具体见表 1-2。

表 1-2 初焦油和高温焦油组成

项 目		初焦油	高温焦油
产率/%		10.0	3.0
组分/%	饱和烃	10.0	
	酚类	25.0	1.5
	萘	3.0	10.0
	菲和蒽	1.0	6.0
	沥青	35.0	50.0
化合物种类		几百种	近万种

高温焦油实质是初焦油在高温作用下经过热化学转化形成的。热化学转化过程非常复杂，包括热分解、聚合、缩合、歧化和异构化等反应。

初焦油的性质与原料煤的性质有明显的依赖关系，而高温焦油是经过二次分解的产物，这种依赖关系业已消失。高温焦油的组成和性质主要依赖于煤料在炭化室内的热分解程度。热分解程度取决于炼焦温度和热分解产物在高温下作用的时间。在正常的炼焦全过程中炉顶空间状态的影响是决定性的。焦油质量指标与炉顶空间温度的关系见图 1-2，焦油中各化合物的含量与气相热解温度的关系见图 1-3。

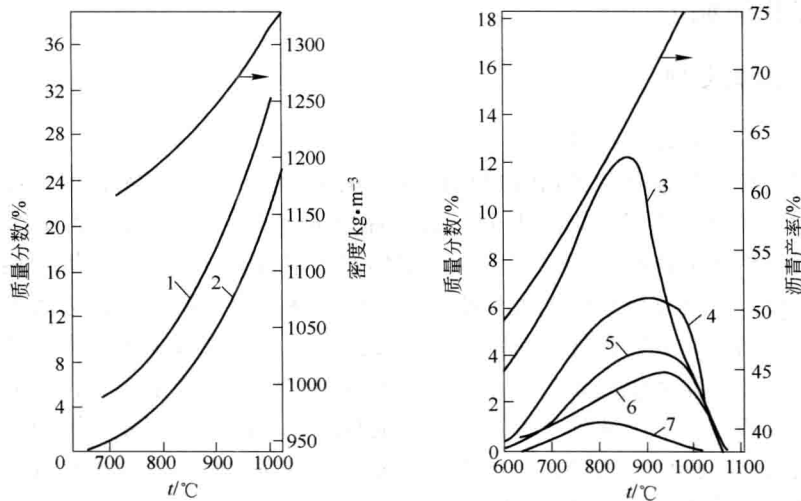


图 1-2 焦油质量指标与炉顶空间温度的关系

1—甲苯不溶物 (TI); 2—喹啉不溶物 (QI); 3—萘; 4—菲; 5—荧蒽; 6—芘; 7—蒽

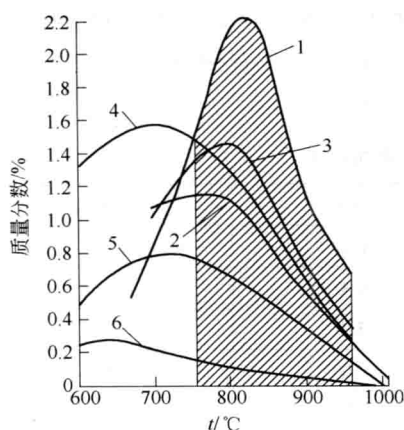


图 1-3 焦油中各化合物的含量与气相热解温度的关系

1—蒽；2—氧茚；3—茚；4— β -甲基萘；
5— α -甲基萘；6—二甲萘

由图 1-2 可见，焦油的密度、甲苯不溶物 (TI) 和喹啉不溶物 (QI) 的质量分数均随炉顶空间温度的升高而增大。焦油中某些主要化合物的含量变化遵循先增加后减少，在某一温度范围达到最大值的分布规律。沥青产率随炉顶空间温度的升高而增大。

此外，焦炉结构、炭化室容积、焦炉强化操作、焦炉状态、配煤种类及焦炉操作制度等均对焦油产率和组成有影响。例如，气煤配入量增加或装煤不满，将导致炉顶空间扩大，温度升高，热分解产物在炉顶空间停留时间延长，改变了热分解过程的热力学条件和动力学条件，必将对煤焦油质量产生影响。在正常的炼焦条件下，焦油产率取决于

配煤挥发分，在配煤的可燃基挥发分 (V) 为 20% ~ 30% 时，可由式 (1-1) 计算焦油的产率 x (%)：

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

热解水量 y (%) 可按式 (1-2) 计算：

$$y = 4.63 - 0.354V + 0.0118V^2 \quad (1-2)$$

1.3 煤焦油加工

1.3.1 焦油前处理

1.3.1.1 焦油的脱水

自回收车间机械化焦油沉淀槽所得到的焦油，虽经静置脱水，但送往焦油加工车间的焦油仍含有约 4% 的水分，而焦油中的水分对于焦油蒸馏操作非常不利。在管式炉焦油连续蒸馏系统中，如果焦油含水较多，则在管式炉加热系统中呈乳浊液稳定存在于焦油中的大量小水滴，因受热发生急剧汽化，会使加热系统压力剧增，阻力增大，破坏正常的操作制度。因此，必须减少焦油含水量，以防高压引起加热管路系统破裂产生火灾。在间歇釜式焦油蒸馏系统中，焦油含水量过多存在着釜中焦油突沸外冲而产生火灾的危险，因此，只能靠缓慢加热，延长操作时间来维系操作。另外，焦油中的水分富含腐蚀性介质，若水分过多，还会给加热设备、管路和蒸馏设备带来严重腐蚀。

焦油的脱水分初步脱水和最终脱水。