



中等专业学校教学用书

人造液体燃料工学

苏联 И.М. 郭依赫拉赫等著



石油工业出版社

中等专业学校教学用书

人造液体燃料工學

苏联 И. М. 郭依赫拉赫 H. Б. 毕锡俄著

苏联石油工业部教育司批准作为中等专业学校教材

石油

內 容 提 要

本書介紹人造液体燃料化学和工学的一些基本問題。書中首先簡要的敘述了煤和油頁岩的性質及有关固体原料的篩选、粉碎、选矿和压錠的知識；然后依次介紹下列一些人造液体燃料生产的基本方法：固体燃料的干餾、燃料的气化、氫气的制造、用气体合成液体燃料、燃料的破坏加氫、高級汽油的制造等。最后还介紹了工厂污水的处理。

本書是中等技术学校的教材；因为內容詳細具体，也适于中等工程技术人員用。

И.М.ГОЙХРАХ И Н.Б.ПИНЯГИН

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ

ИСКУССТВЕННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

根据苏联國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科增訂第2版翻譯

統一書号：15037-424

人造液体燃料工学

石油工业出版社出版

(地址：北京六鋪炕石油工業部內)

北京市書刊出版業營業許可証出字第483号

石油工业出版社印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行

各地新华書店經售

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印张17 $\frac{1}{2}$ * 417千字 * 印3,001—4,810册

1958年11月北京第1版第1次印刷

1961年1月北京第1版第2次印刷

定价(10)2.70元

原 序

本書可作为人造液体燃料化学与工学一課程的教学用書，适用于培养人造液体燃料工厂中中等技術人員和中等技術專業学校的学生。

本書共有七篇：1. 原料及其初步处理；2. 燃料的干餾过程和焦油的加工；3. 燃料气体和工業气体的制造及性質；4. 从气体合成发动机燃料；5. 燃料的破坏加氢；6. 高級航空汽油的煉制；7. 人造液体燃料工厂廢水的处理。

本書中所提到的問題，范围很广。現代人造液体燃料巨型工厂中所应用到的生产过程和方法，多而复杂，但这些却都是学生應該熟知的。

考虑到大多数学生在中等專業学校畢業后所从事的工作的主要方向，本書的主要注意力集中在工艺方面的問題。

本書的第二版作出了一系列的补充，主要是各个过程的物料平衡和热量平衡，燃料的新的气化方法，催化剂的生产，以及在煙类合成和燃料加氢方面的新方向。对于低温煉焦工厂的豎式发生爐和冷凝部分，以及对于廢水处理等各章节，都加以补充。而有关煤的初步处理，以及有关燃料煉焦和焦油加工等章节，則大量加以縮减，因为它們在这一課程中是不必要的。

本書(第一版)全部經過审查，并修正和部分地补充了个别的章节，以替代不合时宜的資料和删掉明显地不明晰及不准确之处。

作者欢迎讀者們把对本書的意見寄到：苏联莫斯科 ТРЕТЬЯКОВСКИЙ 大街 1/19 号，国立石油燃料科技書籍出版社。

目 录

原序

导言	1
----	---

第一篇 原料及其初步处理

第一章 作为化学加工和'气化原料的苏联燃料工业简述	11
§ 1 苏联的产煤区	11
§ 2 油頁岩	20
§ 3 泥煤	21
§ 4 重質石油殘油	21
§ 5 作为化学加工原料的固体燃料的选择和要求	22
§ 6 作为气化原料的固体燃料的选择	23
第二章 煤和液体燃料的运输和儲藏	26
§ 7 煤的运输	26
§ 8 儲煤棧	26
§ 9 重質液体原料的运输和儲藏	30
第三章 煤的篩选、粉碎、选矿和压型	32
§ 10 煤的篩选	32
§ 11 煤的篩分分析	33
§ 12 煤的粉碎	35
§ 13 煤中的杂质	36
§ 14 选煤的方法	38
§ 15 压錠	39

第二篇 燃料的干餾过程和焦油的加工

第四章 干餾过程的一般原理, 高温煉焦	41
§ 16 有关干餾过程的概念	41
§ 17 燃料的干燥和初餾	42
§ 18 燃料的低溫干餾和高温煉焦	43

§ 19 煉焦爐	44
§ 20 煤的高溫煉焦產品及其性質和應用	45
第五章 燃料的低溫干餾	50
§ 21 概論	50
§ 22 實行低溫干餾過程的基本條件	52
§ 23 低溫干餾爐的分類	55
§ 24 外熱式爐和內熱式爐	56
§ 25 外熱式爐和內熱式爐干餾產品的產率和性質的比較	60
§ 26 載熱體加熱的方法	61
§ 27 外熱式爐的型式	62
§ 28 內熱式爐的型式	65
§ 29 固體燃料低溫干餾過程的物料平衡和熱量平衡	76
§ 30 三段豎式爐	78
§ 31 三段爐的物料平衡和熱量平衡	89
§ 32 豎式發生爐和低溫焦炭的完全汽化	90
§ 33 蒸汽氣體混合物的冷卻，焦油和氣體汽油的回收	95
§ 34 冷凝系統的工藝流程，由吸收油中分離出汽油的流程	96
§ 35 冷凝系統的设备	101
§ 36 低溫干餾工廠的組成	110
§ 37 生產管理	111
第六章 固體燃料干餾所得液體產品的加工	112
§ 38 各種焦油的性狀	112
§ 39 有關焦油加工流程的一般資料	114
§ 40 焦油加工前的准备工作	115
§ 41 焦油蒸餾（一般資料）	118
§ 42 簡單蒸餾	119
§ 43 精餾過程	121
§ 44 減壓蒸餾和水蒸汽蒸餾	123
§ 45 褐煤焦油的加工	124
§ 46 褐煤焦油加工的一般流程	126
§ 47 從褐煤焦油製造液體燃料	132
§ 48 酚類的製造和礆的再生	137

§ 49 焦油加工后残油的高温焦化	140
§ 50 波罗的海沿岸頁岩焦油的加工	141
§ 51 烟煤低温焦油的加工	146
§ 52 生产管理	149
§ 53 安全技术	149

第三篇 燃料气体和工业气体及它们的制造和性质

第七章 燃料气化的一般原理，发生爐煤气、水煤气及合成气的制造

§ 54 可燃气体及其性质	151
§ 55 煤气发生爐过程总說	153
§ 56 发生爐过程的化学反应	155
§ 57 混合煤气或发生爐煤气的生产	157
§ 58 水煤气的生产	160
§ 59 鼓进水蒸汽和氧气的燃料气化	163
§ 60 燃料在沸騰层中的气化	168
§ 61 細粒燃料在悬浮层中的气化	172
§ 62 燃料在液态去渣的煤气发生爐中气化	174
§ 63 气化过程的物料平衡和热量平衡	177
§ 64 制造合成气的基本方法	177
§ 65 从天然气制造合成气	183
§ 66 气体的运输和儲存	185
§ 67 生产管理	187
§ 68 安全技术	188

第八章 淨制气体的制备

§ 69 气体的冷却、干燥和精制	188
§ 70 气体干式脫尘的其他方法	192
§ 71 使用液体吸收剂的气体干燥	192
§ 72 气体燃料中的含硫化合物	193
§ 73 工业上气体脫硫的方法	196
§ 74 使用沼鉄矿(氢氧化鉄)脫掉硫化氢的淨制法	199
§ 75 使用活性炭脫硫化氢的淨制法	202

§ 76 气体的含砷鹽类溶液脫硫化氫淨制法	204
§ 77 使用乙氨基胺类溶液的气体脫硫淨制法, 使气体脫掉 CO_2 的淨制法	206
§ 78 气体的細淨制	210
第九章 氫气的生产	213
§ 79 总說	213
§ 80 水煤气轉化法制氫	214
§ 81 从气态烴类制氫	220
§ 82 深度冷冻法制氫	223
§ 83 鉄和水蒸汽法制氫	226
§ 84 电解法制氫	227

第四篇 用气体合成发动机燃料

第十章 在常压和中压下使用鈷-鈦催化剂的合成	229
§ 85 关于过程的一般資料	229
§ 86 合成反应及其反应历程	230
§ 87 进行合成过程的条件	233
§ 88 在常压下使用鈷-鈦催化剂从气体合成燃料的总流程	236
§ 89 鉄板結構的反应器的構造	239
§ 90 反应器的装料和开动	242
§ 91 反应器的运行条件	244
§ 92 石蜡的浸取或催化剂的“复活”, 反应器的卸料	245
§ 93 合成車間中各个设备的排列	247
§ 94 合成产品的冷却和冷凝	248
§ 95 汽油和輕烴类(輕質油)的吸附	249
§ 96 在中压下的合成	251
§ 97 合成的原产品	254
§ 98 輕質油和汽油的加工	255
§ 99 冷凝油的加工	257
§ 100 石蜡的加工	261
§ 101 选合汽油的制造	264
§ 102 煤的气化过程以及合成发动机燃料过程的物料平衡和热量平衡	267

§ 103	合成最终产品的性能及其用途	268
§ 104	用合成的原产品制造标准发动机燃料	270
§ 105	由气体合成液体燃料的过程所用的催化剂	272
§ 106	“骨架”式合金催化剂	275
§ 107	钴-钨催化剂的生产	276

第十一章 从气体合成液体燃料的新过程和新方向 287

§ 108	现行合成过程的缺点	287
§ 109	合成过程中的散热	289
§ 110	以铁为基础的催化剂	291
§ 111	悬浮式催化剂	495
§ 112	“流化”催化剂	297
§ 113	气体循环的合成过程	301
§ 114	氧化合成	304

第五篇 燃料的破坏加氢

第十二章 关于破坏加氢的总说，过程的本質和化学反应历程 306

§ 115	总说	306
§ 116	有关破坏加氢过程的主要数据	309
§ 117	各类化合物的氢化	312
§ 118	进行加氢过程的主要条件	317
§ 119	液相加氢过程	324
§ 120	汽相加氢过程	328
§ 121	加氢过程的反应历程	331

第十三章 加氢原料的准备，液相加氢的工艺流程和设备 333

§ 122	加氢原料的准备	333
§ 123	煤的预处理流程	335
§ 124	煤油的制备	338
§ 125	高压柱塞泵和其他高压泵	344
§ 126	液相加氢的高压段	347
§ 127	高压工段的工艺流程和设备	348
§ 128	高压工段中洗涤水、油和气体的供应，事故管线	359

§ 129	高压工段的操作管理	360
§ 130	煤液相加氢高压工段的操作条件	362
§ 131	焦油的液相加氢高压工段	365
§ 132	加氢物的分段节流减压	366
§ 133	淤渣及其加工	368
§ 134	淤渣加工的工艺流程	369
§ 135	液相加氢过程的流程	377
§ 136	液相加氢高压工段的开工、停工和运行	379

第十四章 汽相加氢的工艺流程和设备, 气体的循环,

蒸馏装置

§ 137	汽相加氢	387
§ 138	预加氢的高压工段	388
§ 139	预加氢高压工段的运行条件	391
§ 140	预加氢高压工段的开工、故障和停工	393
§ 141	汽油化或裂化的高压段	395
§ 142	汽油化高压段的运行条件	396
§ 143	液相加氢的气体循环系统	398
§ 144	液相加氢循环气的洗涤	400
§ 145	汽相加氢的气体循环系统	404
§ 146	蒸馏装置	406
§ 147	液相加氢蒸馏装置的流程	407
§ 148	汽相加氢的蒸馏装置	409
§ 149	汽油的洗涤和稳定	410

第十五章 加氢气体及其加工, 人造液体燃料工厂的总流程,

加氢的物料平衡, 催化剂

§ 150	加氢气体	412
§ 151	加氢气体加工的总流程	415
§ 152	富气的加工	416
§ 153	氢气的生产和压缩	420
§ 154	高压设备和交通管线所用的材料	421
§ 155	气体和液体产品的储藏	426

§ 156	人造液体燃料工厂的总流程	428
§ 157	加氢的物料平衡	434
§ 158	加氢产品的性质	436
§ 159	加氢的反应热	443
§ 160	催化剂及其生产	445
§ 161	生产管理	461
§ 162	安全技术	466
§ 163	现行燃料加氢过程的改善和燃料加氢过程的新型式	467

第六篇 高級航空汽油的煉制

第十六章	汽油的芳構化	471
§ 164	总說	471
§ 165	汽油的芳構化	472
§ 166	芳構化过程的因素	475
§ 167	芳構化过程的催化剂	477
§ 168	工業上的芳構化过程	480
§ 169	芳構化过程的总流程	481
§ 170	芳構化的高压工段及其运行流程	482
§ 171	高压段操作阶段的流程	487
§ 172	芳構化过程的主要性能	491
§ 173	汽油芳構化工厂的組成	495
第十七章	烴化物(高辛烷值添加剂)的生产	496
§ 174	概論	496
§ 175	生产烴化物的硫酸烴化法	499
§ 176	丁烷的脫氢	501
§ 177	催化剂的循环和再生	506
§ 178	丁烷-丁烯混合物的压缩、冷却和洗涤	509
§ 179	烴化	511
§ 180	蒸馏装置	517
§ 181	烴化物生产工厂的組成	523
§ 182	丁烷的異構化	523
§ 183	人造液体燃料工業和石油加工工業的关系	523

第七篇 人造液体燃料工厂的污水处理

第十八章 含酚污水的处理	530
§ 184 污水的来源和性質	530
§ 185 不同性質的水的輸配网和对于污水設備的管理	532
§ 186 污水的淨化和清除的方法	533
§ 187 除去机械雜質的污水預淨化	534
§ 188 除去溶解物質的污水淨化	536
§ 189 污水的吸附淨化	536
§ 190 污水的水蒸汽脫酚法	538
§ 191 浸取淨化法	540
§ 192 使用溶酚剂的含酚水淨化	541
§ 193 使用乙酸丁酯的含酚水淨化	544
§ 194 含酚水的最終淨化	546

导 言

苏联社会主义工业、运输业和农业的飞速增长，使得对发动机液体燃料的需要量大大的增加。

苏联的石油工业供给了这些燃料。苏联不仅是出产石油的国家，而且由于许多俄国和苏维埃学者与工程师的苦心工作，也是拥有最为良好和最为先进的石油技术的国家。

世界上首先建立石油蒸馏工厂以制造煤油类型的产品的是俄国：1745年在乌赫太(企业家Ф.普利雅杜诺夫)，1823年在莫兹多克(发明家杜宾宁兄弟)。

关于石油科学研究工作，以及创造并发展石油加工基本过程的优先地位，也应属于俄国的学者和工程师们。

首先进行大规模研究石油化学组成的是B. B. 马尔柯夫尼科夫，他发现了石油中的环烷烃类，并发展了研究石油各个馏分的方法。

Л. Г. 古尔维奇对石油进行了全面的研究，他的卓越著作“石油加工的科学基础”直到目前仍保持着它的价值。

这些俄国和苏联学者的许多工作，例如，B. B. 马尔柯夫尼科夫、Л. Г. 古尔维奇、M. H. 柯诺瓦洛夫、H. C. 奥格洛布林、H. Л. 泽林斯基、С. С. 那苗特金等的工作，都具有世界性的意义。

转入到石油加工的各个过程，应该指出，热裂化过程的研究和在俄国首先建立工业装置，实是A. A. 列特尼(1875年)、B. H. 拉葛津(1879年)、Л. H. 门捷列夫、阿列克谢耶夫(1885年)和B. Г. 舒霍夫、加夫里洛夫(1891年)和尼基福罗夫(1895年)等工作的结果。

在美国建立第一个半工厂规模的裂化装置，约在1913—1916

年間，即要比俄國遲 25 年。

關於催化裂化過程的最初工作，也是俄國學者所進行的，他們有 Г. Г. 古斯塔夫松、Н. Д. 澤林斯基、Л. Г. 古爾維奇和 С. В. 列別捷夫等。這些工作奠定了催化裂化現代裝置的基礎。

蘇聯學者 Б. А. 卡桑斯基、А. Ф. 普拉特和 Б. Л. 莫爾達夫斯基發明了催化芳構化過程。

蘇聯共產黨第十九次黨代表大會關於蘇聯在 1951—1955 年間發展的第五個五年計劃所作出的指示，規定石油的年產量到 1955 年要比 1950 年增加 85%，並要大大地擴充石油的加工和發展人造液體燃料的生產。

在蘇聯所以需要同時大量發展石油工業和人造液體燃料工業的理由，是要在距離石油產區很遠的地區組織發動機燃料的生產，以避免長距離運輸；另一方面，利用人造液體燃料工業中所用的方法，可能得到品質非常高的發動機燃料。

在人造液體燃料化學和工學的創建和發展方面，俄國和蘇聯的學者，佔有重要的地位。

Н. Д. 澤林斯基、С. С. 那苗特金、Е. Н. 奧爾洛夫、Б. А. 卡桑斯基、А. Д. 彼得羅夫、А. В. 弗羅斯特、А. Ф. 普拉特、Н. М. 卡拉瓦耶夫、А. Ф. 多布良斯基、И. Б. 拉波波爾特、М. С. 涅姆佐夫、Б. Л. 莫爾達夫斯基、В. И. 卡爾熱夫、Л. И. 奧羅奇科、А. Н. 巴什基羅夫和許多其他蘇聯學者的工作，都作了許多發明和研究工作，他們的成就都是人造液體燃料製造過程的基礎。

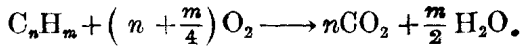
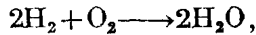
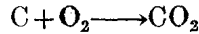
液體燃料多用於內燃機（包括汽化器式發動機、柴油發動機、以及噴氣式發動機）中來燃燒。

由於在每一種發動機中應用發動機燃料的條件不同，所以對燃料提出的要求也不同。

汽化器式發動機的工作過程，是先把空氣和燃料蒸汽的混合物吸進發動機的汽缸內，燃料就在其處進行燃燒，此時所釋出的

热能便轉变成为傳送到发动机曲軸上去的功。然后再借助于一系列的机件，將曲軸的回轉运动变成其他形式的运动，例如：速度不同的回轉运动，前进运动，往复运动等等。

燃料按照下列的反应进行燃烧：



发动机(四冲程的)的工作，可以分成四个阶段(或称冲程)：

第一冲程——把空气和燃料蒸汽的混合物吸进汽缸中；

第二冲程——用汽缸活塞把工作混合物压缩到7—10气压，然后用火花点火使之着火和燃烧，結果汽缸中便产生30—40气压的压力；

第三冲程——活塞在这个压力的作用之下运动，气体膨胀，俟活塞到达冲程梢端，压力降低至4—5气压；

第四冲程——排出燃烧产品至大气中。

所謂的工作混合物，即系空气和汽油的混合物（每1公斤汽油混12—13立方公尺空气），完全是在称为汽化器的特种設備中生成；燃料即在汽化器中从液体变为蒸汽状态。此时汽油是通过称为喷嘴的校准孔而送入于空气流中的。

燃料在汽化器中的汽化完全与否，取决于燃料的蒸汽压力；蒸汽压力越大，燃料的气化便越完全。

如果燃料是很难气化的重質燃料，則在工作混合物中便要保持有液滴狀的悬浮燃料。在这种情形下，由于进入汽缸中的混合物有不均一性，以及燃料燃烧的不完全，而使一部分燃料随着廢气排出，发动机的工作情况便开始变坏。此外，一部分燃料停留在汽缸壁上，会洗掉和稀釋所用的潤滑油。

所以要提出要求，使燃料要有足够低的始沸点，并要使燃料

的基本部分在相当低的温度之下就汽化。

但是燃料的蒸汽压力又不应该太高，太高则在燃料进入汽化器以前就要开始汽化，在汽油的导管内生成足以妨碍燃料进入汽化器中的气障。

这一点对于航空燃料有特别重要的意义。对于这类燃料，要规定出一个在一定温度下的可允许最大蒸汽压力和始沸点低限。

对于汽化器式发动机的燃料所提出的其他基本要求，最为重要的如下。

1. 馏分组成 在大部分的技术条件下，含有下列的指标：始沸点，从所取体积中馏出 10、50 和 90% 的相应温度，终沸点（干点），残渣数量和损耗量。

始沸点和馏出 10% 体积的温度能决定燃料的启动性能，即发动机启动的容易程度。

馏出 50% 体积的温度能表示出使一个冷的发动机，在不破坏发动机的正常工作的情况下达到最大回轉数的迅速程度。

馏出 90% 体积的温度能决定燃料在相应温度下汽化的完全程度；蒸馏时的残渣数量表示燃料的不汽化部分，而损耗量则是汽油中所存在的在其蒸馏时没有冷凝的气态烃类的数量，这个数量应该是尽可能的最小。

2. 稳定性 稳定性表示轻质发动机燃料在其长时期储藏时的不变性（对于光以及在跟空气接触时）。

不稳定的汽油和里格罗因在储藏时要被氧化，变黑，经常发生难闻的臭味，并开始析出胶质。所有这些变化对于燃料都是不相宜的，因为它们能造成发动机部件的腐蚀（侵蚀），以及在汽缸中因有胶质的进入而生成积炭。

燃料中的不稳定杂质，可用硫酸精制或其他方法来除去。其次，为了防止燃料的氧化，可以加入少量的抗氧化剂——阻化剂（例如，苯酚，木材焦油，对苯二酚等等）。

为了要测定发动机燃料的稳定性，可把试样用氧气在温度 100°C 和压力 7 气压之下进行氧化，以记录燃料能抵抗氧化的时间(分钟)。这个指标叫做氧化延迟期(诱导期)。例如，如果它是 240 分钟，就表示这个燃料可以储藏 6—12 个月。

燃料中所存在的实际胶质数量，也要进行测定，它的含量在每 100 毫升产品中不得超过 2 毫克。

3. 硫 在发动机燃料中，足以造成腐蚀的活性硫之存在(成硫化氢、硫、硫醇类等)是不允许的。一般说来，在航空汽油中的含硫量规定有一个极限数值——0.05%^①。

4. 爆震 发动机燃料以或多或少程度发生爆震的性能，对于评定发动机燃料的品质，具有重要的意义。所谓爆震，即系能造成发动机在工作时长时间的不稳定性，使它的功率降低(增加燃料的单位消耗量)并增强它的磨损的性质。

上面已经说过，在汽化器式发动机的汽缸中，燃料蒸汽和空气的混合物在进行压缩。活塞在汽缸顶点时(即压缩前)的混合物体积(V_1)对于活塞在底点时(即压缩后)的混合物体积(V_2)的比例，称为压缩比。

发动机的热效率，对于燃料和空气的混合物(在 20% 的过量空气之下)，可用下式定出：

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{0.295}},$$

其中 η ——效率，

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \text{——压缩比。}$$

按照这个方程式，压缩比的增加便足以使发动机的效率提高(它的功率也随着增加)。

但是压缩比的增加，也有其相反的一方面，以限制其可能提

① 从含硫石油制成的车用汽油，含硫量可允许达 0.4%。