

高等學校教學用書

煉焦化学 生產工藝学教程

Г. И. 傑沙里特編著

高等教育出版社

高等學校教學用書



煉焦化學生產工藝學教程
(煤 的 煉 焦)

Г. И. 傑沙里特編著

天津大學化工系燃料化學工學教研室研究生譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立黑色及有色冶金科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 1947年出版的 Г. И. 傑沙里特(Г. И. Дешалит)編著“煉焦化學生產工藝學教程”(Курс технологии коксохимического производства)譯出。

本書內容講述焦炭生產工藝學，描述煉焦爐的構造，並介紹煉焦爐各結構單元有關基本原則方面的計算。

本教科書係按照“煉焦化學生產工藝學專業教程”的教學大綱編寫而成，並為此課程的上篇。

本書可供高等工業學校高溫處理專業(широгенетическая специальность)學生和煉焦化學工業工作者之用。

本書由天津大學化工系燃料組研究生：劉邦津、關瑞華、陳丕亞、張景航和趙德普等翻譯，並由該校燃料教研室校閱。

本書翻譯期間曾蒙何麟生同志協助特致謝忱。

煉焦化學生產工藝學教程

Г. И. 傑沙里特編著

天津大學化工系燃料化學工學教研室研究生譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 518(課 456) 開本 850×1168 1/32 印張 10 12/16 字數 257,000

一九五六年一月上海第一版

一九五六年一月上海第一次印刷

印數：1—1,800

定價：(8) 洋 1.67

目 錄

原序

第一章 煉焦工藝的特點及其歷史發展

1. 引言	9
2. 煉焦工藝學和煉焦爐發展的主要階段	9
3. 外國煉焦化學工業	14
4. 蘇聯煉焦化學工業	15
5. 煉焦化學工廠與其他工業部門的關係	17

第二章 煉焦用配煤

1. 配煤的質量指標	23
2. 煤內氮、碳、氫、氧和它們在煉焦產品中間的分佈情形	26
3. 配煤的水份、粒度和堆積比重,以及它們之間的相互關係	27
4. 原煤和配煤的結焦性	31
5. 薩保什尼科夫—達衣茨測定可塑性和流動性(粘度)的方法	45
6. 氣體逸出的測定	49
7. 膨脹及收縮	50
8. 測定焦炭、煤氣和煉焦化學產品產率的實驗室方法	54
9. 配煤的工藝特性	55

第三章 焦炭

1. 煉焦主要產品——焦炭	59
2. 焦炭在高爐生產、鑄造、有色冶金方面的應用	60
3. 高爐的生產過程和焦炭在高爐中的動態	60
4. 高爐過程的工藝因素所規定的對焦炭質量的要求	62
5. 焦炭在鑄造和氣化方面的應用	83
6. 焦炭的物理化學性質	83

第四章 結焦過程

1. 結焦過程的基本因素——煉焦爐裝料煤中的熱流	93
2. 煤的結焦過程和變化的各階段,各階段的溫度範圍	96

3. 工業結焦過程——在煉焦爐裝料煤順次各層中間同時進行一系列單獨的結焦過程	99
4. 煉焦產品生成的化學歷程	104
5. 焦炭之生成	117
6. 結焦過程的熱效應	119
7. 結焦過程的物料平衡	121

第五章 煉焦爐的構造

1. 近代煉焦爐的分類	126
2. 考培式煉焦爐(一九〇八至一九一二年間)	128
3. 科卜爾斯式煉焦爐(直立火道上部有水平集氣火道的舊式構造煉焦爐)	132
4. 別科爾-科卜爾斯式煉焦爐	134
5. 奧托式煉焦爐	138
6. 施季里式煉焦爐	142
7. 科卜爾斯廢氣循環式煉焦爐	145
8. 蘇聯式煉焦爐	148
9. 美國最盛行的新式煉焦爐簡述	153
10. 近代煉焦爐的主要構件	158
11. 各種型式煉焦爐的特點及相對評價	173
12. 爲提高煉焦產品的產率對煉焦爐構造之改革	178
13. 關於煉焦爐構造上進一步發展的問題	180

第六章 煉焦爐的熱工技術

1. 煉焦爐的加熱煤氣(煉焦煤氣、高爐煤氣及發生爐煤氣)及其工藝特性和物理化學特性	183
2. 各種工業用煤氣的理論燃燒溫度及其比較資料	188
3. 煉焦爐加熱火道中的實際燃燒溫度和溫度情況	195
4. 影響煤氣燃燒動力學的因素	200
5. 加熱火道中的溫度制度及其與結焦時間的關係	201
6. 煉焦爐傳熱原理	202
7. 煉焦爐的熱平衡	219
8. 煉焦爐熱工評價的方法	225
9. 煉焦爐加熱系統各單元的計算	227

第七章 煉焦爐的設備、機械及其附屬裝置

1. 煉焦爐的煤氣排出設備	259
2. 煉焦爐煤氣管道的附件	265
3. 煉焦爐爐門	274
4. 裝煤孔及看火孔	279

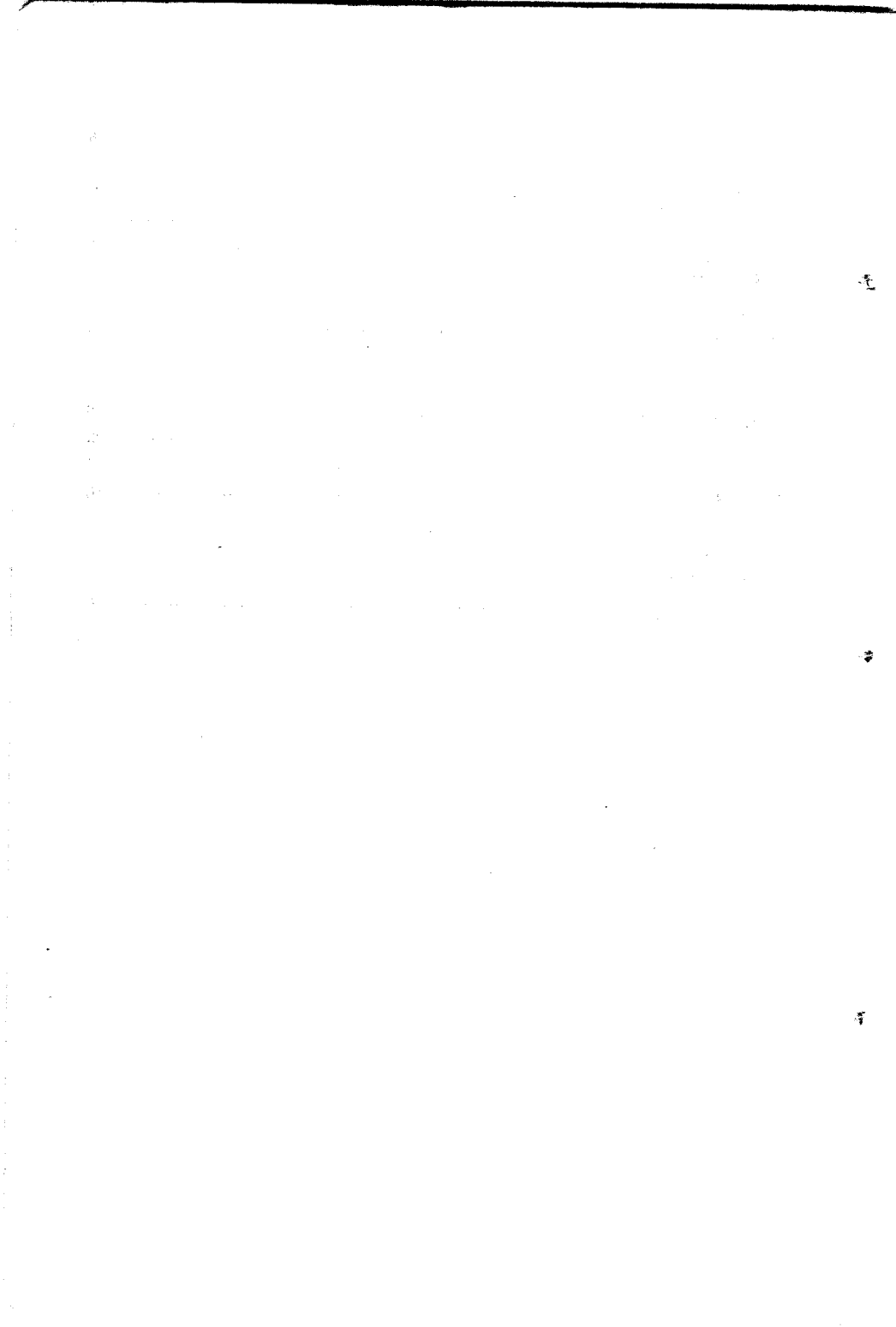
5. 煤塔及其裝備	279
6. 裝煤車	280
7. 推焦機; 啓門機; 翻焦機	281
8. 熄焦車; 熄焦塔; 乾式熄焦	289
9. 焦池和篩焦站	292
10. 煤氣的吸力及壓力調節器	296

第八章 煉焦爐的修建、開工與調節

1. 煉焦爐設計原則	298
2. 耐火材料——耐火磚、矽磚及灰泥	303
3. 煉焦爐烘爐操作	307
4. 煉焦爐開工操作	316

第九章 煉焦爐操作

1. 推焦順序表	321
2. 煉焦爐生產操作	326



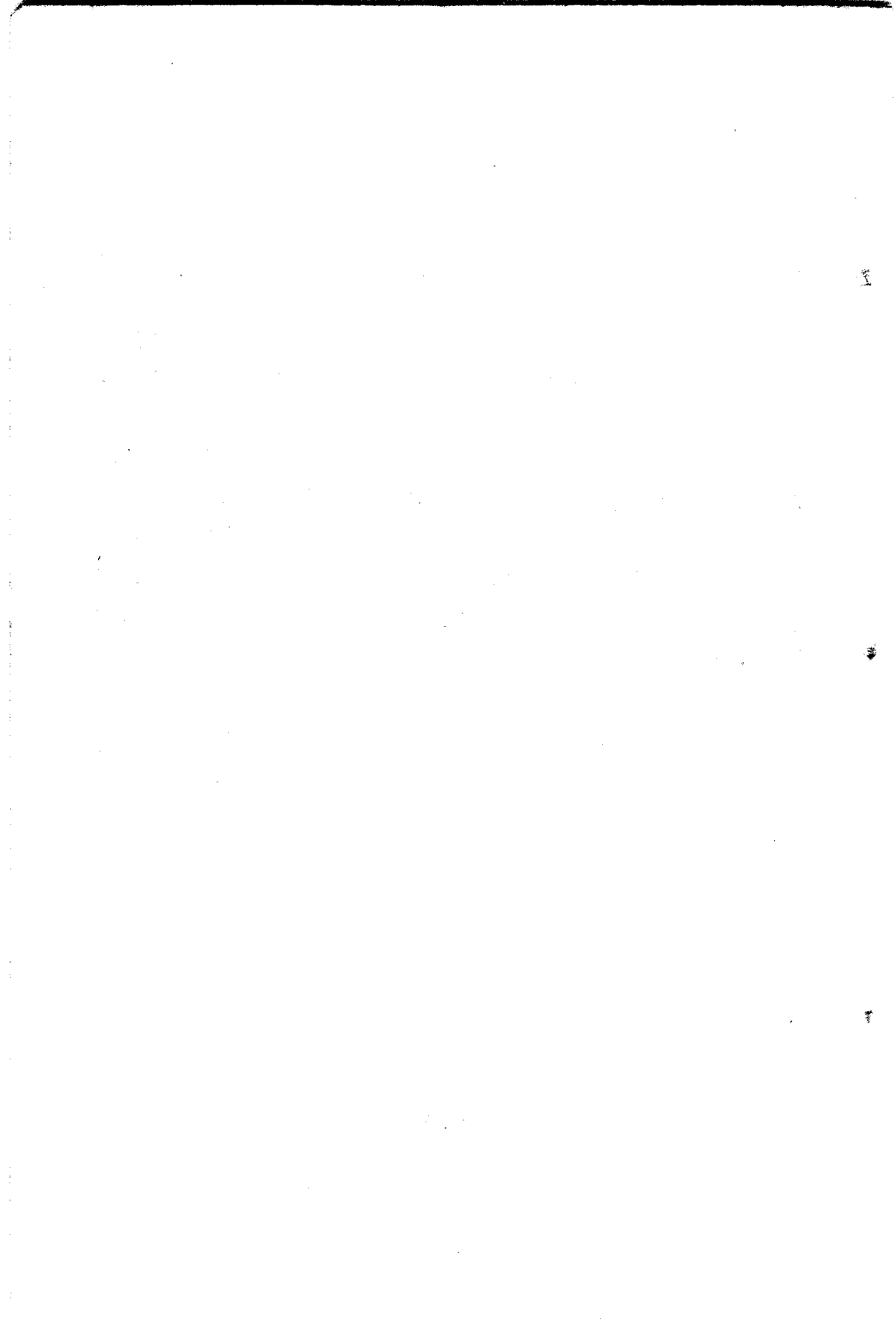
原 序

本教科書係根據高等工業學校中對高溫處理專業學生講授用的專業課程大綱編寫而成。

書內編入的材料，力求簡明地敘述同煉焦有關的一些問題：焦炭生產工藝學，結焦過程，爐體構造，煉焦爐加熱技術，煉焦爐機械和附屬設備的裝設，煉焦爐修建、開工和操作等。

本書的目的，是根據這門專業課程教學大綱來補充一九四一年出版的С. В. 卡弗坦諾夫(С. В. Кафтанов)所主編的名著“普通燃料化學工藝學”(Общая химическая технология топлива)中所載有關部分的材料。

本書第五、七、八和九各章的編纂，採用了黑色冶金工業部煉焦化學工業管理總局熱工技術研究所主任К. И. 爾加洛夫(К. И. Лгалов)所提交的有關他在美國出差時蒐集到的一些資料。



第一章 煉焦工藝的特點及其歷史發展

1. 引言

煤的煉焦在一切出產鐵礦和煉焦煤礦的工業國家中獲得了發展。煉焦技術的發展是和黑色冶金的發展緊密相聯的。

現今，大部份採掘出來的煤是消費在煉焦方面，這些煤主要是能保證煉得堅固的高爐用焦炭的粘結性煤和結焦性煤。

在煉焦過程中，除焦炭而外同時還獲得煤氣、焦油、苯、氨，這些產品乃是各種化學工業部門中的原料。

煉焦化學工業——冶金工業的伴侶——和化學工業之間有着緊密的聯繫。廣泛地在工業和日常生活中用作燃料的煉焦煤氣，同時也是化學加工的原料。

煉焦時所獲得的某些芳香族產物乃是染料工業唯一的原料，而且在爆炸物生產中這些芳香族產品尚起着極其重要的作用。

由含在煉焦煤氣中的氮可製得氮素肥料，例如硫酸銨。氨水可加工成爲過磷酸鹽，用來製造肥料。

含在煉焦煤氣和焦油中的酚、吡啶、氰基化合物和硫等的價值與日俱增。

由此可見，煉焦化學工業在自己發展的時期已成爲先進國家中最重要的經濟部門之一。

2. 煉焦工藝學和煉焦爐發展的主要階段

煉焦化學工業在自己的發展過程中經歷了許多階段。當由於大森

林的逐漸減少而開始迫切需要一種能代替木炭來供給高爐熔鑄用的燃料的時候，焦炭便代替了木炭。在十六世紀末葉和十七世紀初期曾經做過一些用煤來煉製焦炭的試驗^[1]。當時生鐵的熔煉是以木炭為燃料進行的，而且只有那些以大片森林來保證煉製木炭的森林地帶才能夠進行生鐵的冶煉。

在那個時候，木材乃是建築、工業和日常生活中的主要材料，致使木材的消耗很大，所以也就使大片的森林逐漸減少。到十六世紀的中葉出現了木材不足的困難。當時歐洲各國政府頒佈了限制大量採伐森林的特殊的命令。於是，就給以煤來代替木材的方法的研究創造了先決條件。在一五八九年第一張關於用煤煉製煉鐵用焦炭的專利特許證發給了英國人普羅克傑爾（Проктер）和彼傑爾遜（Петерсон）。繼此之後，又發給了許多人同樣的專利特許證。但是，爲了在技術上充分解決高爐使用焦炭來冶煉生鐵的問題已化費了一百多年的時間。這樣的拖延不是偶然的。問題在於用焦炭熔鑄，當時尚存在着與下述各方面有關的困難：

(a) 爲使焦炭燒盡，便需要較強的鼓風壓力，而當時所有的鼓風設備是不夠完善的；

(b) 煤和由煤煉出的焦炭中含有大量的硫，結果使煉鐵過程複雜化，並對金屬的質量產生不良的影響；

(в) 焦炭中含有很高的灰份使得熔鑄操作中造成難熔的鑄渣。

在道德列衣（Додлей）的探查研究工作之後，用煤堆煉成的焦炭代替木炭來進行高爐熔鑄的問題，在一七三五年爲戴爾伯（Дэрби）所解決。於是，煉焦生產發展中的第一階段，即解決高爐正式使用焦炭來熔鑄的問題，僅僅在十八世紀中葉才宣告結束。從此，高爐熔鑄便開始不斷發展，而煤的煉焦在技術上也隨之平行地開始發展了起來。

一七三五至一七七〇年使用煤堆法的煉焦（即與煉製木炭相類似的方法）乃是生產焦炭的唯一的方法。爲了減少塗抹煤堆的工作和

節省煉焦時煤的損失，到十八世紀中葉便從事建造上面開口的土窖爐（стойловая печь）。德國是土窖爐的誕生地，爐子的最大建造地是在沙烏姆堡（Шаумбург），因而稱為沙烏姆堡式爐。土窖爐所煉出的焦炭較堆煤法有着更高的均勻性[2]。

在土窖爐牆上面採用固定的穹窿這點應當算做煉焦爐發展中的第二階段。蜂窩爐（ульевая печь）便是其中的一種。此種爐子在十九世紀三十至四十年代獲得了廣泛的推行，而且一直保持到現在。

美國在二十世紀初期，大部分焦炭還是使用蜂窩爐煉出來的；在美國由於焦炭的異常需要，所以蜂窩式煉焦爐直到現在為止仍被採用着，甚至停工已久的蜂窩式煉焦爐也投入了生產。

蜂窩爐與煤堆式爐和沙烏姆堡式爐比較有如下的優點：焦炭產率稍高（高5—10%），焦炭質量較高，焦炭的特徵在於具有較高的均勻性。

進而，過渡到水平室爐子的修建，在這種爐子內消除了焦炭的燒失現象。這些爐子在十九世紀後半期首先建於比利時，與此同時，煤的煉焦技術便開始了更為迅速的發展。

由於煉鐵業的蓬勃發展而引起對焦炭更高的要求，於是興建了許多新型的煉焦爐。要滿足對焦炭如此高度的需求，煉焦工業應解決許多問題，即：提高焦爐的生產率、消除焦炭在爐內煉製時的燒失、保證焦炭的機械強度、改善焦炭的質量、焦爐管理過程的機械化。

一八五一年考培公司修建了一種焦爐，在當時來說這是一種新型構造的焦爐。這些焦爐在煤的煉焦技術發展上起了巨大的作用，而且也滿足了對當時新型焦爐所提出來的一切要求。

考培式焦爐的特點就是構成炭化室的各加熱牆中皆有餞道的存在，這些餞道是與烟囱的水平烟道（боров）相連。自炭化室來的乾餾煤氣和周圍大氣中來的空氣被烟囱（дымовая труба）吸到加熱牆的餞道中。當煤氣和空氣的混合氣體燃燒時便有熱產生，藉此來加熱加熱牆

的牆磚。煤的煉焦就是靠蓄存在加熱牆上的熱和繼續不斷傳到牆磚上的熱來進行的。根據爐子構造的特點和乾餾煤氣在加熱牆中燃燒的特點，便稱此種爐子為倒餞爐（пламенная печь）。

倒餞式煉焦爐生產時所排出的廢氣的熱被利用來加熱蒸汽鍋爐。此種鍋爐設備自一八四三年起在比利時首先就被應用了。直屬於煉焦爐的蒸汽鍋爐得到了普遍的推廣，因為蒸汽鍋爐乃是每個煉焦廠中所不可缺少的一部分。

煉焦技術發展的下一階段便是在一八八〇至一八九一年間^[3]具有回收煉焦產品的煉焦爐的興建。

一八八一年^[4]鳩斯塞涅爾（Гюссенер）首先在德國開始運用回收煉焦產品的煉焦爐，此後不久在這些爐子中便開始採用將廢氣中所含熱量再生的措施。在一八八四年奧托—霍夫曼公司首先運用了具有回收煉焦產品的蓄熱煉焦爐。當時，煉焦化學工廠所回收的對象，初期會只是煤焦油。在煉焦產品的利用方面，下一階段乃是布倫克斯（Брунке）所創藉油來洗滌煉焦煤氣以提取煤氣中的苯；雖然回收氮的相當的經驗從十八世紀後半期老早就已存在，但正式開始回收氮却是在十九世紀末葉才開始的。起初，是以稀氨水的形式來回收煉焦煤氣中的氮；後來，根據布倫克斯的意見用熱煉焦煤氣通過硫酸的方法形成硫酸銨，依此來回收煤氣中的氮。

由此可見，焦炭、煤焦油、苯和氮從十九世紀末葉起便已是煤的煉焦主要產品。煤焦油已開始加工成各種油類和瀝青。含在焦油和油類中的產品已開始用作製造染料、塑料、醫藥、木材防腐材料、葺屋頂用覆蓋物以及其他物質的精細的化學加工用的原料。氮已開始以硫酸銨銷售於市場。苯已成爲苯胺染料工業和火藥生產用的原料^[5]。

上述一切均說明，回收煉焦揮發性產品的煉焦爐之投入生產，不僅在煉焦化學工業而且在其他國民經濟部門的發展上起了何等巨大的推動作用。

從回收煉焦產品的蓄熱煉焦爐投入生產時起，煉焦煤氣開始獲得了對它的應用，首先是作為工業爐加熱用的以及煤氣發動機用的高熱值的燃料。

蓄熱煉焦爐的建立使 35—45% 的煉焦煤氣得以分出來供其他方面使用。

在二十世紀，煉焦化學工業的發展走上了建設矽磚煉焦爐的道路，走上了煉焦爐的加熱轉而使用高爐煤氣或發生爐煤氣加熱的道路，走上了加熱技術發展的道路以及煉焦爐尺寸加大和生產率提高的道路。關於這方面，請參看與比較表 1 所列的一些數字。

表 1 的數據表明，煉焦爐的建造經過縮小了炭化室的寬度而縮短了結焦時間、因而增加了煉焦爐的生產率、以及增加了炭化室的長度和高度；於是，這就使得增加炭化室容量成為可能。現代煉焦爐與舊式煉焦爐比較，前者的加熱溫度是比較高的（現代煉焦爐的加熱溫度在 1300—1400° 間，有時甚至到 1450°；而舊式煉焦爐的加熱溫度是在 900—1000—1100° 間），這種情況於提高新式煉焦爐的生產率方面起了重大的作用。

表 1

焦 爐	長 (米)	平均寬度 (毫米)	高 (米)	有效容積 (米 ³)	配煤堆積 比重 (公斤/米 ³)	結焦時間 (小時)	一 次 出焦量 (噸)	一 晝 夜 的 焦 炭 生 產 率 (噸)
倒 矽 爐	8	600	0.8	3.8	0.65	50	2	0.96
舊式粘土磚爐	10	500—550	2.5	11.0	0.75	30	5.15	4.12
新式矽磚爐	13	400—450	4.0—4.5	20.8—21.8	0.77—0.80	15—18	13	17.3—20.8

現代煉焦爐炭化室高度的增加，主要是靠着煉焦爐加熱技術上的改進。至於，如配煤的堆積比重[即單位容積(1米³)配煤的重量]這樣的指標，在近代的煉焦技術條件下是有可能提高的，因而藉此也能促進煉焦爐生產率的提高。

3. 外國煉焦化學工業

各國的煉焦化學工業一般說來都經歷了上述的各個發展階段，但其中有些國家，其煉焦化學工業因冶金工業和煤礦工業的規模及採煤的性質等的不同出現了一些特殊情況。因此煉焦化學工業在各國皆有其特具的技術經濟的結構。茲以代表某些工業上先進國家的煉焦化學工業特徵的一些資料做一番扼要的說明。

美國煉焦化學工業的特點是煉焦化學工業和冶金工業的緊密聯繫，因此有其自己規模上的特點。現在美國的煉焦化學工業，就其煉焦用煤量和焦炭的產量來說是居世界的首位。這可以下述美國焦炭生產的數字(以仟噸計)得知：

表 2

年 度												
1913	1923	1925	1929	1930	1932	1936	1939	1940	1941	1942	1943	1944
31803	51280	46122	57339	41353	13600	29246	39894	51364	58667	63512	63742	66627*

* 只從具備回收煉焦產品的煉焦爐來計算。

美國煉焦化學工業的特點是技術基礎的高速度改革。還在1923年美國使用蜂窩煉焦爐生產了約佔全產量的37%，即二千萬噸焦炭，而在1938年則只佔2.6%；1942年因戰爭而引起對焦炭的巨大需求，使許多蜂窩煉焦爐不得不重又投入了生產，這些爐子的焦炭總出產量約為八百萬噸(即佔總量11%)。

美國煉焦化學工廠的建設事業的發展是發生在一九四一到一九四三年間的。大部美國的煉焦化學工廠之技術操作制度都是根據生產出質量很高的冶金焦產量來制定的，而化學產品的生產乃居於從屬的地位。

下列的資料(以仟噸計)表示德國焦炭生產的概況:

表 3

1900年	1920年	1925年	1930年	1932年	1937年	1940年
13000	25200	28400	32700	19100	40896	45000

德國雖然在其他煤礦區(塞列茨克,薩爾斯克)於戰前和戰時期間焦炭的生產已有了進一步的增長和近代化生產的趨勢,但主要還是集中在林斯克-維斯特發爾區。德國煉焦化學工業的特點與其說是和冶金工業,不如說是和煤礦工業的關係更為密切,僅在最近五年以來才加強了與冶金工業的聯繫。許多煉焦化學企業都把焦炭的生產和整個開採出來的煤的銷路結合起來,和那些不能找到其他適當應用的、個別等級的煤的銷路結合起來。

許多煤礦企業把在德國生產的大量焦炭拋售於國外。在德國除去一些最新式的設備以外尚有在不同程度上改造了的舊工廠。德國煉焦化學企業的化學部門是很發達的,這一點曾是世界各國所不能及的,德國在第二次世界大戰前在這方面是居於世界的首位。供應工業企業和滿足市政需要用的煉焦煤氣的遠距離輸送的趨勢,乃是德國煉焦化學工業的特點。

英國煉焦化學工業的特徵就在於它的生產規模較美國和蘇聯的小及其技術基礎比較陳舊。英國煉焦化學工廠的特徵是數量較少;英國的煉焦化學工業是與煤礦工業緊密相聯繫的。應該指出的則是在採取煉焦煤洗選的合理化措施方面的趨勢,以及煤的煉焦和化學產品生產方面高度的科學研究水平。

4. 蘇聯煉焦化學工業

俄國頭一批煉焦爐是在一八八一年修建於尤肇夫卡(斯大林諾,頓

巴斯) 冶金工廠的附近^①。俄國最富饒的區域——頓涅茨煤田引起了外國資本家的注意，於是他們就在這裏開始建立了煉焦化學工業。在沙皇的俄國根本就沒有一種工業部門不是像煉焦工業以及後來的煉焦化學工業一樣依賴着外國資本。

科卜爾斯、考培、奧托、科林和其他一些外國公司都在俄國建立了工廠並來把持工廠，以及利用他們與俄國礦長和廠主間訂立的公開的條約來行使收買和銷售煉焦化學產品的權利；自然，外國公司就連在煉焦方面技術思想的發展上也嫉妬地加以阻撓。僅在第一次大戰期間，才開始建立起俄國自己經營的煉焦化學工廠（“焦苯”公司）。煤的煉焦工業在當時沙俄制度下是存在着不合理的管理方式的。技術設備上的落後性、和國家需要不協調、對國民經濟最迫切的必需品的極不重視——這些就是當時俄國煉焦工業突出的特點。焦炭生產的規模會在很長的時期內一直是很小的；僅在二十世紀初期焦炭的產量才提高到年產量為一百萬噸的水準。在二十世紀開始建設了回收煉焦產品的工廠，頭一所這樣的工廠是法國公司在一八八九年於柴勒比諾夫卡（Щербиновка）（頓巴斯）地方修建起來的^[6]。

一九一六年，設置在頓巴斯煤田附近的煉焦爐生產了 1671600 噸焦炭，附屬於冶金工廠的煉焦爐生產了 277360 噸；一九一七年，設在礦山的煉焦爐生產了 1037200 噸，設在冶金工廠內煉焦爐共生產了 178500 噸^[7]。回收煉焦產品的煉焦爐在一九一六年生產了 1828600 噸，在一九一七年是 1608530 噸焦炭。所舉的數據表明，焦炭的生產因為和頓涅茨煤田所屬的地區有關係，所以主要是集中在煤區的附近；回收煉焦產品的煉焦爐，其產量佔焦炭全部產量的 50% 以上。

當時多數爐子是沒有蓄熱室的，廢氣的熱是供作鍋爐加熱用，這

① 依據 А. А. Агроскин 所著‘煤的化學工藝學’（Химическая технология угля）一書（一九五四年莫斯科版）中所載：布利夏樂夫（Бригунцев）所援引的證據駁斥了那些不正確的認識，即是說俄國冶金者注視到煉焦過程是從英國那裏，因為英國專家們來到尤摩夫卡工廠以後修建了頭一批煉焦爐而引起了的（原文第 127 頁）——譯者註。