



中等专业学校教学用书

炭黑生产

苏联 B·П·祖也夫等著

石油工业出版社

中等专业学校教学用书

炭 黑 生 产

苏联 B·П·祖也夫 B·B·米哈依洛夫著

江苏工业学院图书馆
藏书章

苏联化学工业部教育司批准作为中等专业学校教材

石油工业出版社

內 容 提 要

本書系作为中等化工技术学校的教材之用，也可作为炭黑厂的工程技术人员，以及橡膠工业和使用炭黑的其他国民經济部門的工作人員之用。

在本書內研究了各種炭黑生产过程的物理化学原理。其中介紹了各種生产流程、使用的設備；論証了選擇原料成份的原則和进行操作的条件；列举了各種炭黑的性質及其試驗方法，並且还談到了一些生产檢查的組織原則。

В. П. ЗУЕВ В. В. МИХАИЛОВ

ПРОИЗВОДСТВО САЖИ

根据苏联国立化学科技書籍出版社 (ГОСХИМИЗДАТ)

1953年列宁格勒莫斯科版翻譯

統一書号：15037·340

炭 黑 生 产

吳 立 乃 譯

*

石油工业出版社出版 (社址：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 083 號

北京市印刷一厂排印 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 印張6 $\frac{1}{16}$ * 164千字 * 印1—630册

1958年2月北京第1版第1次印刷

定价(10)1.20元

原 序

由于对橡胶生产上最重要的原料——炭黑（其重要性仅次于生橡胶）的需要量日益增长，目前在改善炭黑的生产工艺及改进炭黑质量方面正进行着巨大的工作。为了解决这些问题并顺利地继续发展炭黑工业，必须有熟练的技术操作人员，与此同时，如果缺乏炭黑生产的教学资料，就会使培养与提高炭黑厂的工程技术干部的熟练程度发生很大的困难。因此，作者认为搜集与综合关于各种炭黑制造方面的一些零碎知识，并且通俗地系统地叙述炭黑生产工艺是适时的，并且也是有益的。

本书系作为化学工业中等技术学校的教材之用，因此，其中较详细地叙述了化学工业所制造的各种炭黑（喷雾法，灯焰法及活性蒽法炭黑）的生产。关于其他各种炭黑的生产，仅作了简要的叙述。这些知识，对于一般了解炭黑制取的现有方法来说，是很必要的。

作者希望在本书内所叙述的材料，不仅有利于学生，而且有利于炭黑生产的工作人员，以作为他们日常工作中的实用指南。对本书所有不当之处的批评意见与指教，作者表示感谢。

本书第一，二，四，六，十，十一，十三及十四章，系B. B. 米哈伊洛夫所写。第三，五，七，八，九及十二章，系B. П. 祖也夫所写（第十二章中的第五十四及五十五节则系B. B. 米哈伊洛夫所写）。

本书的总编辑是B. B. 米哈伊洛夫。

B. П. 祖 也 夫

B. B. 米哈伊洛夫

引 言

炭黑生产的發展与炭黑的主要消費者——橡膠工業的發展直接有关。俄国在革命之前，只有几个橡膠厂，而且它們主要地还是用外来的原料进行生产。由于这个緣故，炭黑生产的發展就很小。在革命之前，俄国的炭黑总产量每年不超过数百吨。

俄国的第一个生产炭黑的工厂，是修建于1911年，这个工厂的灯焰法炭黑是以燃燒石油产品而制取的。在1916年曾經修建了第二个灯焰法炭黑厂，其中原料(綠油)是在炭黑燻制爐的燃燒室内的生鉄碗中，当空气进入不足时燃燒的。炭黑是收集在数个串联的小室中，然后再用手扒到包裝車間。

除了这两个工厂外，在革命之前的俄国，还有几个小手工業生产炭黑的工厂。

在偉大的十月革命之后，由于橡膠工業的發展，炭黑的生产也开始發展起来了。在第一个五年計劃的几年內，曾有許多气槽法和灯焰法炭黑厂开工生产；1935年，炭黑生产的規模比1930年增加到20倍以上。

在偉大的衛國战争时期，使炭黑生产的繼續發展速度，有了某些迟緩。但是在这几年內，灯焰法及气槽法炭黑厂，仍都在开工生产。

在战后的年代里，炭黑的产量大大地增加了。新型的炭黑生产方法被掌握了，在以前修建的工厂內，工艺流程被改善了。在1948年，开始生产气体热解法炭黑，而在1949—1950年就开始出产了制造汽車輪胎用的半补强噴霧法炭黑。应用噴霧法燃燒原料，大大地改善了炭黑厂的衛生条件，并且提高了劳动生产率。

目前在大多数的工厂內，是用噴霧器燃燒原料的方法制取灯焰法

炭黑。1950年曾經建立了氣爐法和活性蒽法炭黑的生產。

蘇聯的炭黑廠是以先進的技術裝備着的。由於採用了電氣過濾器和燈焰法及噴霧法炭黑，就用連續法制取。採用炭黑的氣力輸送方法並且進行炭黑的壓固及粒化。生產炭黑時，還利用了各種新的原料：煤焦油、焦煤蒸出物、焦煤氣。炭黑工業部門的工作者，發明了許多新穎的熱解法及氣爐法炭黑的生產過程，炭黑脫去雜質的方法和炭黑粒化的循環操作等等。

目 录

原序

引言

第一章 总論	1
第 1 节 炭黑	1
第 2 节 炭黑在工業上的应用。炭黑是橡膠混合物的补强剂	3
第 3 节 炭黑的种类	5
第 4 节 炭黑生产方法	8
第二章 炭黑生成过程的理論基础	11
第 5 节 燃燒与火焰	11
第 6 节 炭黑的生成过程	13
第 7 节 炭黑生成过程中的产物	15
第三章 生产炭黑用的原料	15
第 8 节 对原料的要求	15
第 9 节 綠油及焦炭蒸出物	18
第 10 节 煤焦(蔥)油及工業用蔥	20
第 11 节 气体原料	24
第四章 炭黑厂原料的接收与貯存	27
第 12 节 气体原料的接收	27
第 13 节 液体与固体原料的接收	29
第 14 节 从油槽車中放出液体原料时的加热	32
第 15 节 原料的貯存	36
第 16 节 液体原料貯存时的預先处理	38
第 17 节 輸送液体原料用的泵站和管綫	41
第五章 气体原料的淨化	43
第 18 节 气体原料的淨化方法	43

第 19 节	焦煤气脫萘	44
第 20 节	用干法脫除气体中的硫化氫	48
第 21 节	用湿法脫除气体中的硫化氫	53
第 六 章	噴霧法和灯焰法炭黑的制取	57
第 22 节	生产流程	57
第 23 节	爐子的加料作業	60
第 24 节	爐子。火嘴裝置	62
第 25 节	炭黑气体混合物的冷却与收集	70
第 26 节	用于炭黑气体混合物的排風机、煙管和气管	74
第 27 节	技术操作規程	77
第 28 节	炭黑生成过程的物料計算及爐子主要 尺寸的确定	82
第 29 节	炭黑生成过程的热量計算。冷却器和 排風机的計算	90
第 七 章	活性蒽法炭黑的制取	100
第 30 节	生产流程	100
第 31 节	熔化原料并將其輸入汽化器	102
第 32 节	加热焦煤气并將其輸入汽化器	107
第 33 节	配制汽化混合物并將其輸入火房	108
第 34 节	火房。火嘴	112
第 35 节	火房的佈置	116
第 36 节	制取活性蒽法炭黑时的炭黑生成过程的特性	118
第 37 节	制取活性蒽法炭黑时的設備維護	120
第 38 节	活性蒽法炭黑制取过程的計算	122
第 八 章	用天然气制取炭黑的方法	127
第 39 节	气槽法炭黑的制取	127
第 40 节	气爐法炭黑的制取	135
第 41 节	热解法炭黑的制取	141
第 九 章	乙炔法炭黑的制取	146
第 42 节	各种乙炔法炭黑的生产流程	146

第十章 炭黑的收集	152
第43节 固体粒子脱除气体介质的方法	152
第44节 收集器和除塵器	153
第45节 袋式过滤器	157
第46节 气体的电气净化	162
第47节 电气过滤器	165
第48节 电气过滤器車間的电气增压整流設備和机器房	169
第49节 袋式过滤器和电气过滤器中的炭黑收集	171
第50节 从除塵器、袋式过滤器和电气过滤器中排除 炭黑用的設備	174
第十一章 炭黑的厂內輸送	175
第51节 炭黑的气力輸送	175
第52节 炭黑气力輸送的計算	179
第53节 螺旋輸送器、昇降器、輸送帶和料斗	182
第十二章 炭黑的处理	185
第54节 炭黑的净化方法	185
第55节 炭黑分离器	186
第56节 炭黑的压固及粒化	190
第57节 炭黑压固机	192
第58节 炭黑粒化机	195
第59节 炭黑的包裝、靜置及貯存	199
第十三章 炭黑厂的生产檢查机构	200
第60节 生产檢查科的任务	200
第61节 原料和輔助材料的試驗	202
第62节 技术生产过程的檢查	203
第63节 成品試驗	205
第十四章 炭黑厂的安全工作条例	208

第一章 总 論

第 1 节 炭 黑

炭黑系有机物不完全燃燒的粉狀产品，主要成份是碳。用电子显微鏡檢驗炭黑的結果，确定炭黑是由 90 到 $6000\text{\AA}$ ^① 大小的原生粒子所組成，原生粒子生成多少不定的分支小鏈（圖 1）叫做从生結構。

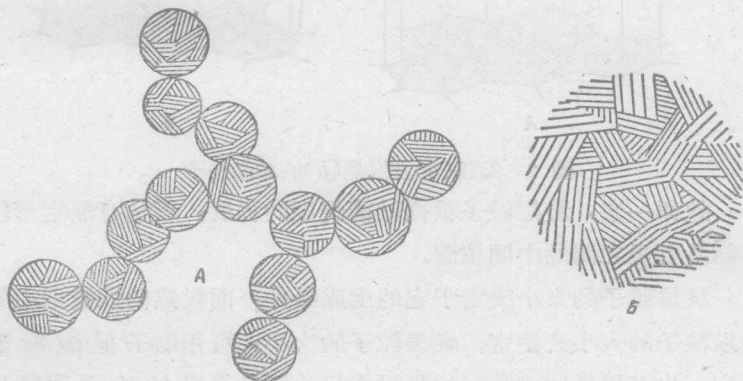


圖 1 炭黑的結構
A—炭黑鏈；B—單独的炭黑粒子。

大多数炭黑粒子的形狀近于球形。对炭黑粒子的結構研究得还很不够。大多数研究者認為，炭黑粒子是一些單个的晶子^②的無次序的組合，这种晶子是由 3—5 个由碳原子組成的平行平面格子所組成。在每个晶子層中，碳原子分佈在正六角形頂部（圖 2, B）。六角形对立頂部之間的距离等于 $2.45\text{—}2.58\text{\AA}$ ，而平

① $1\text{\AA}$ （埃）等于 0.0000001 公厘或 0.0001μ （微米）。

② 形成晶体的原生物叫做晶子。

行的原子層平面之間的距離則等於 $3.45-3.65\text{\AA}$ 。晶子中的平面格子，一個對另一個發生位移，這樣就增加了炭黑粒子結構的不規則性（與石墨的結構比較，圖2，A）。

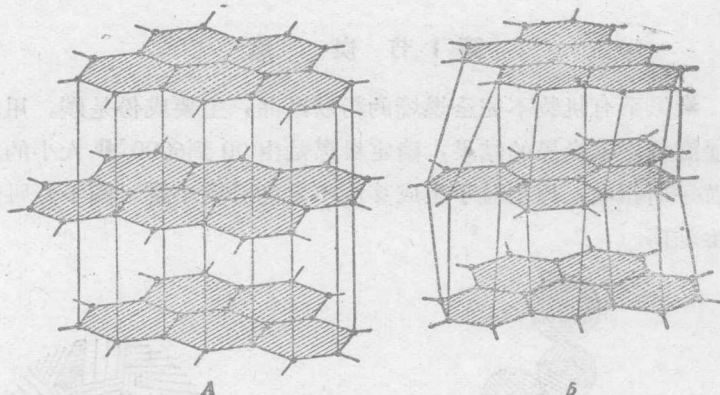


圖 2 石墨(A)及炭黑(B)的結晶格子

這樣一來，炭黑粒子根據結構規則的程度，就佔有無定形碳與結晶石墨之間的中間位置。

炭黑粒子的尺寸決定於它的生成條件，而炭黑的性質則主要是以粒子的尺寸來確定。炭黑粒子的尺寸，可用電子顯微鏡來確定，也可用氣體或蒸汽的吸附作用法測量炭黑的比面積^①來確定。

各種炭黑的粒子尺寸及比面積的變動範圍很大（表1）。

各種炭黑的元素成份列於表2。

除表2所指出的元素以外，炭黑還含有少量的在生產過程中掉入的礦物雜質和炭黑粒子表面所吸附的一定量的氣體及水蒸汽。

各種炭黑的真實比重範圍是 $1750-2000$ 公斤/立方公尺，然而炭黑的容積重量只是 80 到 300 公斤/立方公尺。這就是說，1

① 1克炭黑中所含的炭黑粒子的總面積叫做比面積。

立方公尺炭黑仅含有 0.05—0.2 立方公尺的碳，而其余的容积则被所吸附的气体和空气所佔有。

各种炭黑的粒子大小及比面积

表 1

炭 黑 的 种 类	粒子的平均直径, Å	比 面 积 公尺 ² /克
气槽法炭黑	100—400	250—100
活性蒽法炭黑	330—390	95—75
乙炔法炭黑	350—450	70—60
气罐法炭黑	300—800	75—25
喷雾法炭黑	1000—1200	25—15
灯焰法炭黑	1200—1800	20—10
热解法炭黑	1000—1400	20
	2800—3200	10

各种炭黑的成份

表 2

炭 黑 的 种 类	元素含量, %重量		
	碳	氢	氧
气槽法炭黑(生产橡膠用的)	94.5—95.0	0.6—1.0	2.5—4.5
活性蒽法炭黑	96.5	1.0	2.5
灯焰法炭黑	97.5—98.0	0.5—0.6	1.5—2.0
半补强喷雾法炭黑	98.0—98.1	0.4—0.5	1.5
热解法炭黑	98.7—99.5	0.3	0.1
气罐法炭黑	99.0—99.5	0.3—0.4	0.1—0.5
乙炔法炭黑	99.6—99.8	0.1	0.1

第 2 节 炭黑在工业上的应用。炭黑 是橡膠混合物的补强剂

炭黑的主要消费者是橡膠工业（在这里，按原料的重要性来说炭黑仅是次于生橡膠的第二种原料）。除此而外，炭黑目前还应用在电工、油漆、印刷及许多其他工业部门。

全部制成的炭黑，百分之八十以上是用在橡膠生产上。在橡膠混合物中加入炭黑的結果，大大地增加了橡膠的机械强度。例如，如已硫化的天然生橡膠（不加炭黑）伸張时的强度^①約为 200 公斤/平方公分，那末每 100 份（按重量計百分比）生橡膠中，加入 30—40 份的炭黑，則其强度就增加到 300 公斤/平方公分。由丁二烯苯乙烯生橡膠制成的不含炭黑橡膠，其抗張强度为 14 公斤/平方公分，而在 100 份（按重量百分比）的生橡膠中含有 50 份（按重量百分比）的炭黑时，抗張强度就增加到 210—220 公斤/平方公分，也即增加到 15 倍。橡膠混合物中使用炭黑来增加橡膠的强度，叫做补强，而炭黑則叫做补强剂。

对生橡膠使用炭黑（正如用他种填料一样）的补强机理的研究仍还不够。仅确定了炭黑粒子的大小对其补强性能是有影响的。炭黑粒子的直径愈小，其比面积就愈大，因而炭黑所起的补强效果也就愈大^②。

补强机理可以从在配制橡膠混合物时炭黑能使部分生橡膠变为非溶解状态，即使生橡膠結合的性質來說明。生橡膠的結合是依靠着炭黑表面的吸附力。

苏联研究者^③的工作指出，当炭黑用于生橡膠中时，它就生成鏈狀及網狀的結構。在炭黑含量較少的混合物中，炭黑的結構互相隔离。当炭黑含量增加时，就造成各个方向串徹橡膠的結構。炭黑粒子間有了这样固結的結構，就使整个体系的强度增加——使橡膠补强了。

① 所試样品拉断时，施于每平方公分原始切面的力（以公斤計），叫做抗張强度（伸長时的强度）。

② 这个規律被已知的分散范围所限定。其粒子平均直径小于 200 Å 几种气槽法炭黑所具有的补强性能，要比粒子直径 200—300 Å 的炭黑小一些。

③ Б. 道喀庚、К. 別奇科斯卡娅和М. 达雪夫斯基。Коллоидный журнал, 10, №5, 357 (1948)。

第 3 节 炭黑的种类

目前所知道的炭黑种类很多。苏联制造的炭黑，主要的有下列几种：

- a) 气槽法、气爐法和热解法炭黑——由气体原料制成；
- б) 噴霧法及灯焰法炭黑——由液体原料制成；
- в) 活性蒽法炭黑——由煤發生的碳氢化合物蒸汽与焦煤气的混合物制成。

除这几种重要的炭黑以外，还制造了少量的乙炔法炭黑和几种用于高級油漆及染料的特种炭黑。

每种炭黑，都具有一定的物理及化学性質。炭黑最重要的物理-化学性質，就是分散性，从生結構（炭黑鏈）的性質及炭黑粒子的表面特性。所有其他能說明炭黑性能的指标，都决定于这些特性。

炭黑的分散程度，通常是以炭黑粒子直徑的算术平均值来評定。但是应当注意，每种炭黑是由大小不同的粒子所組成。如气槽法和活性蒽法炭黑所含的粒子，其直徑是由 100 到 900 $\text{\AA}$ ，气爐法炭黑的粒子直徑是由 100 到 1400 $\text{\AA}$ ，噴霧法炭黑的粒子直徑是由 250 到 3000 $\text{\AA}$ 。不大均匀的是粒子直徑由 250—4500 $\text{\AA}$ 的灯焰法炭黑和粒子直徑在 500—5500 $\text{\AA}$ 范围内变动的热解法炭黑。

炭黑的比面积，直接与分散程度有关。炭黑粒子的直徑愈小，則其比面积愈大。

炭黑的分散程度对其許多特性有所影响，首先就是它对生橡膠的补强作用，因为炭黑与生橡膠結合的吸附力的大小，是决定于炭黑比面积的大小。补强作用是作为炭黑按型式分类的基础。按照这个分类，气槽法和活性蒽法炭黑，是属于活性补强炭黑的类型；气爐法和噴霧法炭黑是属于半补强的类型；灯焰法和热解法炭黑，則属于补强性很小的炭黑。

橡膠的彈性，也決定于炭黑的分散性。在使用炭黑作為染料時，炭黑的分散性能影響到炭黑的顏色、染色力和復蓋力。分散性高的炭黑照例是具有較黑的顏色和較高的染色性能。蘇聯所產的幾種炭黑，其粒子的平均直徑及比面積的數據，列于表3。

已知道的幾種炭黑的大多數粒子，在其生成過程中結成小鏈或生成較複雜的（分支的）從生結構。炭黑粒子之間的結合本性，尚未能確定。粒子之間的結合是很堅固的，以致在炭黑廠壓固炭黑以及在生产橡膠和染料的过程中多次操作時，炭黑鏈還不致于破壞。乙炔法、活性蒽法和噴霧法炭黑，生成最複雜的結構。燈焰法、氣爐法和氣槽法炭黑具有不太複雜的從生結構。熱解法炭黑不生成小鏈，僅有少量粒子之間成對結合。從生結構愈複雜（炭黑的“結構性”愈高），炭黑的容積重量愈小，其壓固也就愈困難。炭黑很小的導熱性也與其結構性有關。從生結構較發達的炭黑其導電性要比不生成從生結構^①的炭黑導電性為高。炭黑吸油的性質，是隨着從生結構複雜性的增加而增高。橡膠混合物及硫化橡膠的許多性質，是與炭黑的結構性有關。結構很發達的炭黑，能使橡膠有較高的模數^②、較高的硬度、較小的可塑性及高的導電性。

炭黑粒子的表面特性不同。氣爐法、燈焰法、噴霧法和乙炔法炭黑，是由表面平滑的粒子組成。相反地，氣槽法和活性蒽法炭黑，則具有粗糙的孔隙面。炭黑粒子的孔隙度和粗糙度是隨着直徑的減小而增高的。

炭黑的表面特性，是根據說明炭黑與水^③的混合物中的氫離

① 除此而外，炭黑的導電性還決定于分散程度及炭黑中揮發物的含量。較分散的炭黑具有較大的導電性。揮發物的含量增加了，就使炭黑的導電性降低。

② 將橡膠伸張到規定範圍所需要的負荷，叫做模數。例如把橡膠伸長四倍時的負荷叫做300%伸長時的模數。測量模數是以公斤/平方公分計算。

③ 炭黑的pH值是在炭黑與水的混合物中測定，混合物的比例是每2-6（按重量計）份的水用1（按重量計）份的炭黑（根據炭黑的種類）。

苏联所产各种炭黑的物理-化学性质

表 3

炭 黑 种 类	粒子的平均直径 $\text{\AA}$	比 面 积 公尺 ² /克	pH 值	挥发物的产量, %		吸水性 % 到 50°	油的吸附 毫升/克	矿物质的 含量, %
				到 105°	到 50°			
作漆用的气法炭黑	160	145	3.0	4.0	14.0	6.0	—	0.06
气槽法炭黑	250—410	125—65	3.5—4.5	2.5	7—9	5.0	1.4	0.05
活性气法炭黑	330—400	95—76	3.5—4.5	2.5	6—7	4.0	1.5	0.05
乙炔法炭黑	400	70	6.5—7.0	0.3	—	0.4	2.8	0.3
气罐法炭黑	550—650	40—39	9—10	0.5	1.5—2.5	0.7	0.8	0.25
气罐法炭黑	1000—1200	26—18	9—10	0.2	1.5—2.0	0.3	3.0	0.05
喷雾法炭黑	1400—1900	16—12	7.5—8.0	0.2	1.5—2.0	0.5	2.0	0.05
灯焰法炭黑	1900—2000	11—10	7.0—8.0	0.2	0.8	1.4	0.3	0.1

应用各种炭黑配制的橡膠的物理-化学指标

表 4

炭黑种类	粒子的平均直径 $\text{\AA}$	从生成时的性质	伸張时的 强度 公斤/公分 ²	抗撕裂性 公斤/公分 ²	抗研磨性 公分 ³ /千瓦 小时	伸張率 %	永久伸長 %	300% 伸長 时的模数 公斤/公分 ²	假定單位 上的硬度	彈 性 %
气槽法炭黑	280	極發達	160	65	420	600	45	65	65	25
活性气法炭黑	340	極發達	150	60	410	470	35	100	62	26
气罐法炭黑	640	不太發達	120	45	650	620	45	45	45	33
喷雾法炭黑	1100	極發達	100	43	630	460	30	75	58	34
热解法炭黑	1880	無	90	30	800	700	45	30	40	38
灯焰法炭黑	1900	發達	75	40	700	600	35	52	50	35

子濃度的指标 pH 值来估計的。当 pH 值小于 6 时，炭黑具有酸性，当 pH 值大于 7 时，則具有碱性。

气槽法和活性蒽法炭黑的表面，具有酸性。在这两种炭黑的成份中，含有 2.5 到 4.5%（按重量計）的氧（參看表 2）。氧的分子固結于炭黑粒子的表面上；因此，預定氧吸附在炭黑粒子表面上，就开始与碳化合而生成絡合物 C_xO_y 。这还能說明气槽法及活性蒽法炭黑表面是酸性。大多数其他各种炭黑具有碱性，因为在它們粒子的表面上沒有化合的氧。炭黑的碱性，是說明其中含有在生产过程中被炭黑吸附的矿物質（灰）。在加热气槽法和活性蒽法炭黑时，氧从其表面脫去，这两种炭黑也都具有碱性。

pH 值愈低，炭黑的吸水性愈大，且其中水份及其他揮發物的含量也就愈多。pH 值低的炭黑，能够吸附促进剂，因而就減緩了橡膠混合物的硫化作用。碱性能加速硫化作用。因此，炭黑的 pH 值指标，能說明炭黑对橡膠硫化过程的影响。

表 3 及表 4 中列举了苏联所产几种炭黑的物理-化学性能和用这几种炭黑配制成的硫化橡膠的物理-化学指标。

第 4 节 炭黑生产方法

炭黑的工業生产方法，是在高温作用下，以分解碳氢化合物为基础的。在一些情况下炭黑的生成，是在空气不足时来燃燒原料而进行的，在另一些情况下是当缺乏空气而热解原料来进行的。某几种炭黑是从各种碳化氢的合成（而在某些情况下是分解）产品中提取而得到的（例如，在用甲烷合成乙炔时）。其中每一种炭黑的制取方法，都有某些变换。

在进入限定的空气时，以燃燒原料来制取炭黑主要是用两种方法进行的。最流行的一种方法，是在裝有不同構造火嘴的爐子中燃燒原料。在火焰中生成的炭黑，在某些時間內（在 6 秒鐘以內）是与生产过程的气体产物一同处在高温帶中。此后使炭黑和