



中等专业学校教学用书

# 合成石油工学

上册

抚顺石油学院人造石油教研室编

石油工业出版社

中等专业学校教学用书

---

# 合成石油工学

上册

撫順石油学院人造石油教研室編

石油工业出版社

## 內 容 提 要

本書分上下兩冊。在本書上冊中系統地介紹了合成原料煤氣的製造。書中共分三章，首先簡單地敘述了氣化的一般概念、氣化原料的選擇和一般造氣過程。第二章詳細闡述了合成氣的製造過程操作和設備。最後敘述了合成氣的儲存運輸以及淨化和脫硫等。

本書是為中等專業學校學生編寫的教材，可供石油中等技術學校人造石油專業以及合成石油工作者參考。

統一書號：15037·793

## 合 成 石 油 工 學

### 上 冊

撫順石油學院人造石油教研室編

石油工業出版社出版（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證出字第089號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 印張3 $\frac{1}{2}$  \* 90千字 \* 印1—2,500冊

1959年11月北京第1版第1次印刷

定價（10）0.62元

## 序

石油是现代主要动力来源之一，它直接与国民经济各部门——工业、农业、交通运输业，以及国防和医药卫生等部门都有密切的联系。因此在我国社会主义建设时期发展石油工业和提高石油的产量就具有特别重大的意义。为了使石油工业迅速地赶上国民经济发展的需要，党和政府提出了天然石油和人造石油同时并举的方针。

制取人造石油主要方法有：煤或頁岩的低温干馏（实际上还应包括煤的中温或高温干馏），煤的高压加氢，以及用一氧化碳和氢的合成。用一氧化碳和氢合成石油，是将固体燃料气化或直接将天然气转化以得出有一定比例的  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  的气体（即所谓合成原料气体），并借催化剂的作用使之合成为汽油、柴油等液体燃料和若干其他有机化合物。目前石油的合成，按采用催化剂的不同，分为钴剂合成和铁剂合成两种方法。

本書着重介绍常压钴剂合成石油的方法。書中共包括三編，第一編是合成原料气体的制造，第二編为常压钴剂合成，第三編为中压铁剂合成。

本書是为中等专业学校学生編写的教材，由于編写时间仓促，加以水平的限制，錯誤或遺漏之处在所难免，希讀者多多提出宝贵的意見。

# 目 录

## 概 論

### 第一編 合成原料气体的制取和淨化处理

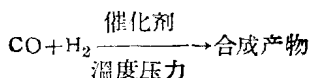
|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第一章 固体燃料气化的一般概念 .....        | 5  |
| 第一节 气化的概念、气化方法的分类 .....      | 5  |
| 第二节 气化原料的种类、性質和要求 .....      | 6  |
| 第三节 气化反应 .....               | 13 |
| 1. 发生爐气反应 (碳与氧的反应) .....     | 14 |
| 2. 水煤气反应 (碳与水蒸汽的反应) .....    | 20 |
| 第四节 气化气体的組成和性質 .....         | 24 |
| 第二章 合成气体的制造 .....            | 25 |
| 第一节 对合成气体的基本要求 .....         | 25 |
| 1. 有效成份的要求 .....             | 26 |
| 2. 气体中 $H_2/CO$ 的要求 .....    | 27 |
| 3. 煤气中的含硫量 .....             | 27 |
| 第二节 間歇法水煤气制造工艺 .....         | 29 |
| 1. 水煤气气化装置結構 .....           | 29 |
| 2. 間歇法水煤气生产的基本原理 .....       | 41 |
| 3. 水煤气制造的設备和流程 .....         | 47 |
| 4. 間歇法水煤气制造工厂的实际操作 .....     | 56 |
| 5. 水煤气发生站的安全技术 .....         | 62 |
| 6. 水煤气发生爐的物料平衡和热平衡計算举例 ..... | 65 |
| 第三节 其它制取合成气体方法的介紹 .....      | 78 |
| 1. 外部供热式制取合成气体 .....         | 78 |
| 2. 使用块状燃料的汽-氧流法 .....        | 82 |
| 3. 采用粉状与細粒燃料的騰騰床式气化方法 .....  | 84 |
| 4. 甲烷的轉化 .....               | 85 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第三章 合成气体的净化处理和输送 ..... | 88  |
| 第一节 净化的目的和要求 .....     | 88  |
| 第二节 煤气的除尘 .....        | 89  |
| 第三节 气体的冷却、输送和贮存 .....  | 94  |
| 第四节 合成煤气的脱硫 .....      | 100 |
| 1. 气体中无机硫化物的脱除 .....   | 100 |
| 2. 气体中有机硫化物的脱除 .....   | 101 |

## 概 論

約在半个世紀以前（1908年間）著名的苏联科学家奥尔洛夫第一个发现，当在一定的温度条件和采用一种由沉淀在焦炭上的鎳-鉑所組成的催化剂时，能够通过一氧化碳和氫的相互作用而得到一种具有两个碳原子相联的碳氫化合物——乙 烯（ $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ）。这一个試驗的成功，意义非常重要，它启示了人們在催化剂的作用之下，一氧化碳具有足夠的活性参与多种的化学反应（因为在这以前人們已发现了从一氧化碳和氫可合成得到甲烷），另方面也預示着要从一氧化碳和氫来制取比較更复杂的，具有多个碳原子（碳鏈长的）的化合物也不是沒有可能的。果然这一推論在十八年以后又經過实验成功，进一步得到了証实。当时是在常压的条件下通过催化剂的作用，采用了一氧化碳和氫作为原料气体，这样分別地得到了各种不同的高級的烷烴和烯烴。这些試驗的成功正为烴类的合成工业奠定了基础。

所謂合成，通常系指从气体中某些較简单的組分中（例如烴类的合成用的是一氧化碳和氫，而氨的合成則是采用氮和氫），选择某一个温度条件和催化剂，通过一定的反应步驟来得到另外一种新的产品，这个过程就是合成。一氧化碳和氫的合成简单地可用下式来表示：



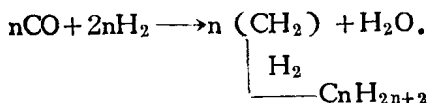
以一氧化碳和氫为原料，不仅能合成像甲烷、乙 烯等比較简单的碳氫化合物，而且还能得到許多像汽油、柴油、石蜡、地蜡、甲醇或其它高級醇类等富有經濟价值的产物。以合成液体燃料为主的产物組成中主要的是烷烴和烯烴两大类，很少含有其它的烴类，当过程的条件有所改变，則变更了合成产品的方向而得到

像異構烷烴、芳香烴以及一些其它的含氧化合物，如醇、醛、酮和酸等高級化學產品。第3頁附表是在合成過程中某些合成產物所須要具備的一些特定條件。

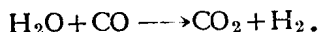
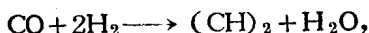
作為合成原料用的氣體必須是富於含有一氧化碳和氫的成分的氣體，它主要地是通過製造水煤氣的方法來取得。

作為合成液體燃料用的催化劑，常用的僅有鈷劑和鐵劑等有限的幾種。

鈷劑的合成反應是按著原料氣中 $\text{CO} : \text{H}_2 = 1 : 2$ 這一個比例關係來進行的，如下式所示：



鐵劑的合成則是按 $\text{CO} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 的比例進行的。反應的進行分成兩步：



合成石油工業，早在1935年即已在一些資本主義國家中首先得到發展（如在當時的德國）。當時工業上主要是用常壓鈷劑合成方法。鐵劑中壓合成僅在最近幾年，由於研究工作所取得的某些肯定成果才加速了它的發展，因而大大地加強了它在今天合成石油工業領域中的地位。

在國外合成油工業的發展中，除了在民主德國及西德有著最早建成的合成油廠如魯爾化學公司，施弗茨海地等工廠外（這些廠除了比較大規模地進行了鈷劑的合成生產外，同時也進行了有關鐵劑的研究和試驗），在美國、印度、南非和日本等國家中，也都建立起相應的合成油廠。在上述國家所研究的合成方法中，除了鈷劑常壓合成外，也還有中壓的鈷劑合成、熔鐵劑用於懸浮床以及沉淀鐵劑的固定床等方法，且從近幾年來發展看，它的作為合成取得化學產品的化學加工方向已變得更加明顯。

| 合 成 产 物           | 催 化 剂                                                              | 温 度<br>°C | 压 力<br>大气压 | 气体成份<br>CO : H <sub>2</sub> |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------------------------|
| 甲烷                | Co或Ni                                                              | 230—320   | 常压         | 1 : 3                       |
| 合成液体燃料            | Co-ThO <sub>2</sub> -Mg-硅藻土或Fe-Cu, Fe                              | 170—360   | 常压或10—30   | 1 : 2或1 : 1                 |
| 碳 氢 化 合 物 { 高熔点石蜡 | Ru                                                                 | 180—200   | 100—150    | 1 : 2                       |
| 芳香烃               | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·MoO <sub>3</sub> ·ThO <sub>2</sub> | 475—500   | 30         | 1 : 1                       |
| 異丁烷, 異戊烷          | ThO <sub>2</sub> ·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | 420—450   | 300        | 1 : 1                       |
| 甲醇                | ZnO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                | 250—390   | 100—300    | 1 : 2                       |
| 碳、氢、氧化合物 { 高級醇    | ZnO·Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (+KOH)                          | 250—425   | 大于100      | 1 : 1                       |
| 合成醇、醛、酮、酸等复杂混合物   | Fe (+KOH)                                                          | 400—450   | 100—150    | 1 : 15—1 : 2                |

在苏联，虽然蕴藏有极其丰富的天然石油资源，但在人造石油方面，尤其合成石油的研究方面，却一直给予了极大的重视，许多的苏联科学家包括我们所熟知的奥尔洛夫、泽林斯基、艾杜斯、巴什基洛夫等人，都作了巨大的贡献。比如在有关合成反应的机理，在选择合成所用催化剂等方面，都取得了显著的成绩。不久前，苏联还正把一座大型的能提供数十种以上产品的合成石油企业投入了生产。这也说明了这一工业发展的本身正受到普遍的重视。

在我国，解放十年来，在党的英明领导下，在党的天然石油和人造石油同时并举的方针指导下，无论天然石油或人造石油工业都有了飞速的发展。以1957年的原油产量来看，即已上升至1949年原油产量的12倍。

在解放以前，日本帝国主义为了掠夺我国的资源，曾在我国辽宁省锦州建立了合成石油厂。但在国民党反动派的劫收破坏下，合成油工业不但没有得到发展，而且陷于完全瘫痪的状态。解放以后，在党的正确领导下，合成石油工业很快的得到了恢复，才使得已经瘫痪的机器重新开始了运转，不但逐步地走向正轨，而且成功地摸索和掌握了一套有效的经验，每年给国家增产愈来愈多的石油产品，同时为支援目前我国各地方发展的合成石油工业，培养和输送了大批的技术力量。

解放十年来，我国的科学研究工作者对改进合成技术和寻求新的高效能催化剂作了大量的工作。经过短短几年的努力，终于使铁剂合成试验成功。这些都是在党的总路线光辉照耀下，党中央和毛主席的英明领导下所取得的辉煌成就。

# 第一編 合成原料气体的制取和淨化处理

## 第一章 固体燃料气化的一般概念

### 第一节 气化的概念，气化方法的分类

固体燃料气化的过程就是指將煤、焦炭、木材等固体燃料，在一定高温条件下和一定設備装置中，利用通进去氧或含氧化物（空气、氧气或水蒸汽）等气化剂的作用，使燃料中有机質受到氧化而轉变成成为可燃性气体的一个过程。因此固体燃料气化的过程是一个热化学过程。

固体燃料的气化不但是制取气体燃料的根本方法，而且是为生产多种合成产品（包括氨、醇和液体燃料）进行固体燃料化学加工的首要步骤。作为燃料来使用，气体燃料，它与固体燃料相比较，有着許多优点，主要的有：

1. 易于与空气混合燃烧完全，燃烧温度高。
2. 温度調节方便，且分布均匀，点火和熄火容易。
3. 可利用次等的燃料作为原料。
4. 輸送方便。
5. 采用气体燃料較清洁，无烟无灰，大大改善环境卫生。

正由于上述优点，气化燃料被广泛地应用到工业以及民用上，作为取得热量的一个主要来源。在本書中使我們感到更有兴趣的，是把它作为生产高价值的合成产品的原料气体。

几乎任何天然的或人工的固体燃料，如木柴、泥炭、褐煤、烟煤、无烟煤、半焦以及焦炭等，都可以利用来作为气化原料。所以气化不仅能利用优質的固体燃料，同样也可以利用劣質的固体燃料，使之經過气化以后轉变而得到优質的气体燃料。

气化后得到的煤气都称为发生爐煤气，气化后残留的有未被分解的固体物和灰渣等。煤气的組成和性質决定于所采用的燃料的种类、性質，气化过程的条件和所采取的气化剂。一般工业上常用到的发生爐煤气大致根据所用的气化剂的不同而分成下述五种类型：

1.空气煤气：以空气（实际上是空气中的氧气）作为气化剂，利用燃料中碳与氧气間相互反应而生成的气体。

2.水煤气：以水蒸汽作为气化剂，利用燃料中的碳和通入的水蒸汽之間进行反应生成的气体。

3.发生爐气（空气-水蒸汽混合煤气）：在作为主要气化剂的空气中，添加进去一定量水蒸汽，因此气化过程进行的反应既有碳与氧的反应存在，也有碳和水蒸汽在相互作用，而在生成气体中它的組成也正介乎（1）（2）两法所得煤气組成之間。

4.氧-蒸汽煤气：以水蒸汽和氧气作为气化剂所制成的气体，因为气化剂中不含氮气，所以氧-蒸汽煤气具有比一般发生爐煤气为高的品質。

5.二重水煤气：虽然也是利用水蒸汽作为气化剂，但因所用原料並不是焦炭或无烟煤等含較少揮发分的燃料，而是采用含有大量揮发分的褐煤、烟煤等，因此在生成气体中夹杂有部分由于干餾作用而产生的碳氢化合物，具有較一般煤气为高的发热值。

表1是用不同气化剂而得到的发生爐煤气的分类，表中並表明了它們的热值范围和用途。

## 第二节 气化原料的种类、性質和要求

上面已講到，几乎所有的固体燃料都可被利用为制取发生爐煤气的原料，但是实际上应用最广泛和主要的还只有煤、焦炭和半焦等几种。

不同种类的原料由于性質的不同，因而对所生成气体的性質也有很大影响，所以在考虑要制造能满足于一定要求的气体时，

## 发生炉煤气的分类

表 1

| 煤气名称   | 气 化 剂    | 煤气低热值<br>仟卡/标米 <sup>3</sup> | 气 体 中<br>H <sub>2</sub> +CO的<br>含量, % | 主要用途          |
|--------|----------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------|
| 空气煤气   | 空气       | 900—1100                    | 32—34                                 | 化学原料<br>燃料    |
| 混合发生炉气 | 空气加适量水蒸汽 | 1200—1580                   | 40—43                                 | 燃料            |
| 水煤气    | 水蒸汽      | 2400—2700                   | 80—85                                 | 化学原料,<br>民用煤气 |
| 二重水煤气  | 水蒸汽      | 2800—3200                   |                                       |               |
| 氧-蒸汽煤气 | 氧加水蒸汽    | 2400—2500                   | 65—73                                 | 化学原料,<br>民用煤气 |

首先必须要考虑和选择一种合适的原料。为了达到这一目的,显然能先熟悉和了解一下作为最基本的原料的煤和焦炭等的某些性质,以及气化过程时所提出的一些要求还是很有必要的。

## 煤\*

作为气化原料用的煤,可分类如下表。

苏联关于制造发生炉气的燃料的分类

表 2

| 燃 料    | C <sub>11</sub> H <sub>11</sub><br>% | CH <sub>4</sub><br>% | CO <sub>2</sub><br>% | N <sub>2</sub><br>% | 气 体<br>真发热值<br>仟卡/标米 <sup>3</sup> | 对加工<br>燃料的<br>焦油产率<br>% | 气化<br>效率<br>% |
|--------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------|
| 第一类无烟煤 | 0.0—0.20                             | 0.5—0.84             | 650—54               | 1230—1320           | 0.0—0.5                           | 72—77                   |               |
| 第二类烟 煤 | 0.3—0.42                             | 3—2.65               | 749—52               | 1370—1460           | 3.4—4.2                           | 70—72                   |               |
| 第三类褐 煤 | 0.2—0.32                             | 0—2.25               | 750—51               | 1420—1460           | 3.0—4.2                           | 66—72                   |               |
| 第四类泥 煤 | 0.3—0.42                             | 5—3.07               | 945—47               | 1500—1560           | 5—9                               | 66—70                   |               |

\* 此处只讨论有关气化方面的一些性质,关于煤的一般物理、化学性质,请参考其他专门书籍。

1. 工业分析 工业分析是直接测定燃料的工艺指标。它包括挥发分、灰分、水分、固定碳的测定。

挥发分。煤的挥发分，视煤的种类而不同。由表 2 可知属第一类无烟煤只含少量挥发分，其不饱和烃和甲烷以及焦油的生成都是极微的。由于燃料转化成焦油部分之减少，相应地也就增加了气体的收率，因而气化效率较别的煤种高。

在二、三、四类中所用原料，就其性质讲都是含挥发分较高的燃料，尤其是泥煤，其挥发分对可燃物可达 70—85%。这些煤在气化时，不仅焦油收率高，而且生成气体中含多量不饱和烃和甲烷，所以气体热值也很高。

由于粘性较大的煤更容易造成在炉子中气流的分布不均和阻力的增加，同时从第一类无烟煤，焦炭作为原料得到气体组成看，仅含极少量不饱和烃、甲烷等物，对水煤气生产来讲不但在炉体构造上可得到简化，而且在选用净化所用流程也较简单，另一方面由于相对地提高了一氧化碳和氢的有效含量，因而使得造气成本也能降低。

儘管在无烟煤和焦炭或半焦之间有着许多共同点，属于同一类气化燃料，但两者之间仍有差别存在。过去直接采用无烟煤作为气化原料还是比较少的，主要是因为它在高温的条件下易于分裂破碎成碎块，也就是说它的热稳定性差，造成气流阻力增大，另一方面因为无烟煤的灰分熔点都较低，不能满足在高温下进行反应的条件，我们知道在较高的温度下，水煤气反应是很有利的。

水分。一般讲，煤所含的水分比焦炭多。水分增多不但使煤的发热值降低，而且在使用时，由于水分的蒸发而耗费了大量的可利用热量，往往会引起燃料的不完全或者气化过程的恶化。因此含水分过多的煤，则不适用于工业气化。

灰分。煤和焦炭中含灰分愈多，则固定碳含量就会愈少，灰分的存在会使煤的发热值降低，而且含量多也会在气化操作中妨

碍空气与煤的接触，因而成为热效率降低的原因。同时灰分多，对排灰操作等方面都是不利的。

固定碳。煤中固定碳的含量与其挥发分的含量有关，即含挥发分多的煤含固定碳少，含挥发分少的煤则含固定碳就多。含固定碳较多的煤，其发热值较大。

2. 元素分析 元素分析的目的是为了进行物料平衡的计算。元素分析主要是测定煤中所含碳、氢、硫、氮及氧等。

碳和氢。这是煤中最有用的部分。它是参于和空气或水蒸汽（在水煤气制造过程中是水蒸汽）反应的主要部分。它的含量愈多，则其发热值及气化量也就越高。应该指出，并不是将所有氢的含量都算做煤的有用部分，而是氢的一部分含量与煤中的氧结合成水的形态存在，剩余的氢的含量才是有用氢含量。

硫。煤的组成中含有或多或少的硫。硫在煤中存在的形态有三种，即硫化物、硫酸盐以及有机硫。硫化物中主要是硫铁矿，在燃烧时生成二氧化硫或三氧化硫气体。有机硫燃烧时也有一部分生成二氧化硫气而逸出。应该指出，煤在燃烧或加工过程，硫的存在都是有害的。焦炭中也含有硫。它的含量视炼焦原料煤中的含硫量而定。在制造水煤气时，如果气体中存在过多的硫化物就会使合成催化剂中毒，对过程不利，因此对原料中硫的含量要求愈少愈好。

3. 粘结性 在固体燃料气化过程中，根据两个比较主要特点——煤的粘结性及是否生成焦油。一般地可把气化原料煤分成下面四种类型。

- |     |         |              |
|-----|---------|--------------|
| 第一类 | 为不具粘结性， | 气化时不生成焦油的。   |
| 第二类 | 为具粘结性，  | 气化时生成焦油。     |
| 第三类 | 为不具粘结性， | 气化时可生成焦油。    |
| 第四类 | 为不具粘结性， | 气化时生成焦油及脂肪酸。 |

这里需要先从煤的粘结性谈起，煤的粘结是出现在煤受热分解以后。煤在隔绝空气中和受热过程中大致可经历几个阶段，首

先在低温下放出吸附的气体、水分、热解水，然后在较高温度下放出挥发分与焦油，在再高的温度下将引起进一步的裂解。

当煤在加热过程中，被热至某一定温度，则开始发生熔结的现象，在挥发分放出后，煤本身逐渐形成多孔状结构硬块，这种相互粘结成硬块焦炭的特性叫做煤的粘结性。这样的煤叫做粘结性的煤。另一种煤在同样情况下，不发生或仅稍微发生熔结现象，而在放出挥发分后保留粉末状的残渣，这是一般不粘结性煤的共同特性。具备良好粘结能力的，一般只限于是含挥发分较多的烟煤，而无烟煤或变质浅的褐煤、泥煤等一般都属非粘结性的或弱粘结性的。

从煤的粘结性出发（参看表2），当采用不同原料时对所得气体组成以及不同类型煤种所得气体热值或气化效率等指标间亦有很大差异。

4. 灰分熔点 煤和焦炭中的灰分是无用物，但灰分熔点对气化却有很大的影响，一般灰分熔点的高低是根据下面标准来规定的：

熔点  $< 1200^{\circ}\text{C}$  以下为易熔的

熔点在  $1200—1350^{\circ}\text{C}$  为可熔的

熔点在  $1350—1500^{\circ}\text{C}$  为难熔的

由于气化的过程是在较高温度下进行，所以灰分熔点对过程有很大影响，在操作温度下往往因灰分熔点过低而致熔结，引起所谓“挂焦”（也可用灰分的耐火度这一概念来表示）乃是正常操作中的严重障碍。它随灰分中所含化学组成不同而变动，在一定的范围内，当灰分中含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  等酸性物愈多，则耐火度

即愈低。一般介绍的耐火度是与  $\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$  之值成正

比关系。

## 焦 炭

供作炼焦的烟煤，使之隔绝空气进行加热干馏至1000—1100℃所得，将气体分出后，残存的固体物质即为焦炭。

焦炭除用于冶金工业和民用燃料外，更广泛地被应用在造气工业上。由于炼焦煤组成和性质的不同，因而所得焦炭品质也有所不同。

1.机械强度：燃料块度与发生炉操作有着密切关系。要使操作保持正常，除了使气流与燃料层能有足够充分的接触外，另外还要求经常保持在整个发生炉的横断面上气流得到均匀的分布。这就必须对燃料的块度（颗粒的大小）和机械强度上提出具体的要求。只有保持炉内截面上相同的阻力，气流才有可能得到均匀分布。在块度不均一而且相差较悬殊的情况下，不仅易造成较密的堆积，而且在加料过程中较大的颗粒容易落向发生炉的周壁，而颗粒小的则容易聚集炉中心，于是发生炉的周边气体的阻力较中心部分为小，气流通过量特别大。根据上述情况，引起了周边高温现象出现，不仅降低了气体的品质，而且也容易造成炉子操作的不正常产生了“挂焦”。所以工业生产上使用的燃料块度都有一定的范围，大致在25—100毫米之间，因为过小也会造成堆积太密影响透气性，使生产能力有所降低，但若块度过大则又容易因反应不完全引起了碳的过多的耗损。

某些类型的燃料如褐煤、无烟煤，即使具有较高或足够的机械强度，但在加热时，由于热稳定性较差，如用于气化操作时，因受热易破碎而产生过多的小块和粉末使得气流在床层中阻力增加，且易形成风洞，使操作进一步趋于恶化。因此某些无烟煤在进行气化前都必须经过预热处理以消除或减少这一因素的影响。

2.活性：由于气化过程是在气化剂与固体焦炭的表面之间接触的化学反应过程，因而焦炭的气孔率与其反应活性有关。通常工业上所用焦炭的气孔率在30—50%的范围内，而焦炭的反应活