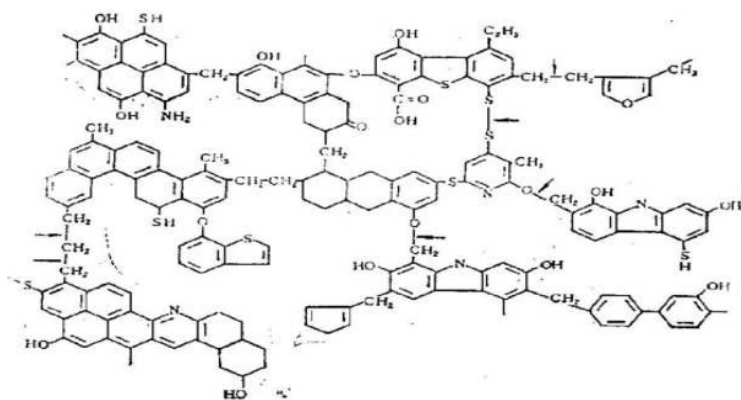


## 煤——美丽的故事



内容摘要：

本文回顾了煤的历史，展望了煤的未来；讲述了煤的故事，分析了煤的用途；探寻了煤的工业，说明了煤的发展；肯定了煤的功绩，正视了煤的弊病。

关键词：煤的历史、煤的双重性、煤的相关循环、煤的利用

序：

北风呼啸，寒冬渐近。最近这周，天气骤冷。衣服越添越多，被子越盖越厚，然而仍旧是不够的，于是乎对暖气的渴望就日益增强了。提到暖气，想来在如此发达的今天，依然是要烧煤的吧。但又有多少身处暖室的人，会对烧暖气的煤心生感激呢？圣人说，冷漠源于不了解，那么，就让我们走进煤，听一听煤的故事吧！

能源是至关重要的，但传统能源的不可再生性导致快速发展的社会面临了一个严峻的不得不面对的但却也不是什么新鲜的问题——能源替代问题。伴随众多新能源的产生与发展，煤等传统资源的原有地位受到了相当的冲击，逐渐从历史舞台上退场了。尽管如此，煤并没有消亡，只是从幕前走进了幕后而已。

一、煤的简介

没有人会遗忘“工业的粮食”的赞誉，煤，其特有的身份浓缩了人类及其改造世界的奥秘。煤的历史，贯穿着人类的历史，同时也对人类如今面临的诸多难以抉择的问题有着深远的影响。

3 亿年前的古生代中期，植物开始了历史上的第一次繁荣，欣欣向荣的植被广泛的分布在沼泽、湖泊、浅海等气候湿润的地方，伴随植被势力的扩展，枯死植物残骸不断堆积，经过了植物——泥炭（腐蚀泥）——褐煤——烟煤的煤化过程，从而形成了古老的煤炭。

埋藏在地面下的植物残骸在缺氧的甚至无氧的条件下被细菌分解成黑的腐殖质，随其继续堆积和埋深，腐殖质在无氧状态下脱水，并在分解产物的相互作用下形成了腐殖酸，并转变成棕褐色的凝胶状物质——泥炭。而地壳的继续下沉，黏土沙石堆积在泥炭上面形成一层顶板，在地热和顶板压力作用下，泥炭继续失水，并产生硬结、紧缩等现象。漫长的过程中泥炭原本 55%——60%的腐殖酸日益减少，氢氧含量也下降，同时碳含量增加，形成了褐煤。当其继续沉降到较深的地方，煤层所受的压力可以达到 100000——1000000 千帕，同时，地热温度也可以达到 200℃左右，此时褐煤的腐殖酸、氢氧含量继续减少，碳含量继续增加，逐渐形成了烟煤，无烟煤<sup>1</sup>。总之，煤是古代植物残骸埋藏在地下，经过漫长的时间，处于空气不足的条件下逐渐形成的。

“漫长”的过程导致煤成为不可再生资源，“空气不足”则意味着植物残骸中的碳元素没有完全氧化，而这恰恰就是煤所含有的潜在的能量。植物通过光合作用吸收太阳能，并加以保存。腐殖与煤化的过程则是氧化过程，逐步地释放能量。缺氧条件下，虽然水分可以逸出，但碳却不能全部转变成二氧化碳，而是以碳原子结合的形式固定下来。

二、历史的煤

煤的历史具有许多神气的色彩，在贯穿人类历史的过程中演绎着自己的故事。

◎煤在中国

中国是世界上最早发现和使用煤的国家。考古学家发现早在 6000 年前，辽宁新乐地方就已经有了用煤制作的小装饰品。《山海经》中则称其为“石涅”，魏、晋时期的人称煤为石墨或石炭。明代李时珍的《本草纲目》首次使用煤这一名称。从考古发掘和文献记载来看，至迟在汉代就已用煤了。《汉书·地理志》记载说：“豫章郡出石，可燃为薪”<sup>2</sup>。这里所说的可燃为薪的石头，应理解为煤。可见这时煤已用于群众的日常生活。山东平陵汉初冶铁遗址中发现了煤；河南巩县铁生沟汉代冶铁遗址内发现了煤块、煤饼和煤渣。1975 年河

<sup>1</sup>附 1：各种煤炭含碳量的大致范围表

	无烟煤	烟煤	褐煤	泥炭
含碳量%	85——95	70——85	50——70	约 50

<sup>2</sup>豫章郡在今江西省南昌附近

南郑州古来镇西汉中晚期至东汉的冶铁遗址中，再次出现加工过的煤饼。可见中国至晚在汉时就已经使用煤了，但不清楚是否用于真正的冶铁还是用做它用。将煤用于冶铁，较早的明确文献记载是北魏地理学家郦道元的《水经注·河上》中说：“屈茨（今新疆吐鲁番地区）北二百里有山，夜则火光，昼日但烟，人取此山石炭，冶此山铁，恒充三十六国用。”这说明至迟在魏晋时期我国已用煤冶铁。用煤炼铁是冶炼技术上的重大进步，这因为煤比木炭火力强而持久，可以得到更高的温度，炼出较好的铁。

明朝时，由于经过历代对煤矿的勘探、开采和利用，人们对煤的知识越来越多。明代李时珍在《本草纲目》中记载了煤的性质，煤的产地，总结了治疗煤气中毒的急救法。明代宋应星在他的《天工开物》中，对古代采煤方法作了详细记载：人们从很深的煤井里把煤取上来。用起重的手摇车——辘轳，把装在竹篮里的煤块，从矿坑里提到地面上。

## ◎煤在西方

欧洲人到18世纪才开始炼焦，这比中国晚了500多年。西方较早发现和使用煤的国家是古罗马和希腊。2000年前的古罗马人开始用煤作为燃料。希腊学者泰奥弗拉斯托斯在公元前约300年著有《石史》，其中记载有煤的性质和产地。

就如同人生有起伏一样，煤在西方的历史是一波三折的。

古罗马踏上英伦之后，在英国广阔的草原上发现了一种露出地面的泛着黑色柔和光芒的矿石，这就是煤精（后期演变为煤玉）的矿石，其实质是纯煤存在的一种特有的形态。但煤与其有着太多的相似，另外还有其他种种原因，“煤”成了“英国宝石”。

伴随着罗马人的离开，英伦的居民即使面对着无比丰富的煤炭资源，也对煤一点兴趣也没有。虽然有人开始使用煤的，但是，其燃烧所产生的强烈的气味却一度使英国人禁止燃煤。然而随着人口的增加，人类对于能源欲望要求也进一步增加。事实上，森林面积的有限使人类开始转而依赖地下资源。煤的开采量逐渐增加，使煤炭商人似乎看到了一个煤炭工业快速发展的契机。

弗里茨·芭芭拉在《煤的历史》一书中说，“要解决能源这个特殊的问题，不能靠煤，最根本的是要大量削减人口，或许这要靠人类历史上的大灾难来实现”。

巧合的是，也就在那时，“黑死病”席卷了整个人类社会。欧洲自然不能脱离这一现实。1347—1351的几年时间里，相当于当时欧洲人口三分之一的300万人口死于此次淋巴腺鼠疫。人口的一再减少在鼠疫的冲击中一直持续到16世纪前后。人口的减少导致能源需求的降低，煤这一新兴的事物逐渐衰落了。而另煤炭商人更加沮丧的是一些从鼠疫中侥幸活下来的人说鼠疫所特有的淋巴腺肿在爆发时就像“零碎而且脆弱的海煤”，那疼痛则“如同燃烧的煤渣凋落在皮肤上一样火烧火燎”，而后来的“炭疽热”的希腊语义恰恰就是“煤”，这都使得人们与煤打交道越来越困难。

再后来，鼠疫过后人口的数量和生活质量从低谷中开始恢复了，人类再次面临着森林因能源需求增加导致面积日益锐减的难题。愈演愈烈的能源短缺之所以没有产生燃料危机的严重后果，这是需要归功于煤的。尽管仍有不绝的人对煤发出抱怨，但煤已经成为了重要的能源资源，更加广泛地被应用于了人类的生产生活中。即使煤烟、煤渣等煤的废泄物又开始使人们“享受”忍耐力的考验，即使伊丽莎白一世“对海煤烟的味道感到无比伤心和苦恼”，即使伦敦的空气质量越来越差，即使煤灰为伦敦以脏闻名的街道铺上了黑地毯，即使煤使许多动植物走向了毁灭。但17世纪中期的人们不仅仅是欢迎而是翘首盼望煤的身影了，并且积极寻找解决这些问题的方法，尽管有些问题当时的人是无能为力的。

随后的几个世纪，煤正式开始了自己的主角生涯。以煤为燃料的蒸汽发动机终于使人类能够将燃料转化成动力，从而开启了工业革命的旅程。于是乎，能源需求扩大导致人类对

煤需求的增加，从而要求人类进一步扩大煤炭的开采规模。这必然要求人类煤炭开采技术的发展。而伴随煤炭开采技术的进步，又同样要求扩大煤炭开采的规模。于是如此的循环，不仅提高了煤炭作为能源存在的地位，更提高了人类生活、生产的技术能力，工业时代在煤的“循环”中一往直前。

### 三、煤对工业的促进

毋庸置疑，正是因为煤的开采与使用最终改变了工业的面貌。

以渗水问题为例，排水的问题是从煤矿产生之始就始终困扰着各个煤矿主，在投入大量资金的同时，他们自然希望开采更多的煤来获取更高的利润，而这必然扩大矿井的规模，也必然要面对更加严峻的渗水与排水的问题，也要求更大的金钱投资。又是一个神奇的循环，矿主为了自身的利益自然希望自己能够打破这个神秘的圈环，而这就要通过技术进步来解决。技术的发展同样是需要金钱作为支撑的。矿主的资本投资给了无数具有才华的人施展自己能力的机会。纽可门蒸汽机就是在这个过程中诞生的，并且他的诞生取代了那些曾经的消防员，取代了矿井的马拉装置。相当于 50 匹马力的“纽可门”的确是“神奇的结晶”，只要不熄火，它们就可以源源不断地抽取地下水。因为其对煤有着大量的需要，所以它始终无法离开煤炭丰富的矿井。但几十年后伴随瓦特蒸汽机的诞生，人类的工业世界有了第一台全能的工业负重机，需要说明的就是瓦特的发明也是离不开煤的。瓦特对于“纽可门”的改造不仅减少了能源消耗量，同时更是人类历史性的一次跨越。

整个工业革命中，煤无疑是真正的主角。正是煤作为能源基础性作用使得煤、蒸汽机与铁得以成螺旋式的快速上升。这是一个令亚当·斯密<sup>3</sup>头晕的速度。纵使煤所产生的蒸汽动力无法改变当时的工业体系，但它足以改变工业企业的规模、性质和地理位置，从而促成大工业城市的兴起和发展。同时，煤改变了工业的运转模式，为工业化进程带来了一股强烈的推动力。

简言之，如果没有煤，历史中曾经的工业革命无疑会面目全非。但任何事物都是具有两面性的。煤同样具有双重面目，既能产生巨大的动力，推动社会进程的发展，又会使开采使用它的人类付出了高昂的代价。煤是善与恶的结合体，一个神奇的精灵。

### 四、煤的负面影响

工业革命使人类社会开足马力，全速前进。但是曾经的宁静，却在煤炭开采声中化为乌有。每一处工业革命的成就都具有明显的两面性。1835 年，亚力克西斯·德托克维尔就这样描述曼彻斯特这个世界罕见的城市所具有的两面性：“人类工业最汹涌的污水从这条肮脏的排水沟里流出，纯金也从这条污秽的下水道流出，使整个世界变得富饶。在这里人类获得了前所未有的发展和无以复加的野蛮；在这里，正上演着文明的奇迹：文明人又变回了野蛮人。

也正是由于煤的广泛使用，人类面临了许多重大的问题。

就像曾经一位医生所提到的，“工人们几乎丧失了呼吸新鲜空气，欣赏自然美景的能力……”。煤的大量的使用使城市烟浓度已经“达到了无法忍受的程度，并且还在反常地愈演愈烈。可以看到空气中充满了肮脏的煤灰颗粒，那无疑是有害健康的。它们污染着居民们的衣服和家具，攫取着花园的美丽和肥沃，破坏着国家的葱茏绿色”。一份 1842 年的报告说“天空仿佛一张黑暗的帐篷笼罩着四野”。

依旧使用英国为例，那段时间英国人口大体上是增长状态的，但 1842 年英国政府所发

---

<sup>3</sup> 亚当·斯密，古典经济学之父，世上最伟大的经济学家

表的一份报告指出曼彻斯特劳动阶层的孩子 5 岁前夭折的高达 57%，而穷人的平均寿命仅有 17 岁，知识分子和贵族也仅仅能够活到 38 岁，但乡下的劳工则可活到 30 岁，乡下的富人们则更长寿，他们能活到 52 岁。即使城中劳工孩子侥幸得以活下来，但他们显然也是不健康的——他们皮肤暗淡，双颊深陷，腿骨弯曲，足底扁平，脊背佝偻而且通常是垂头丧气的。

伦敦是雾都，这是世界公认的，位于西风带的自然地理因素是重要的因素，但这也与煤的燃烧有着密不可分的关系。其实在当时很多人是对伦敦的雾赞赏有加的，尤其是英国的作家更是称其为“心爱的烟雾”“庄严的帐篷裹着这座世界之城”。但同样不争的是这样的事实污染将会给维多利亚时代的伦敦带来混乱和灾难，特别是浓雾在城市已经逗留 3 天甚至更长时间不散的时候。《泰晤士报》曾先后两次报导两位先生死于“吸入雾气”，并且几十年后一相关调查统计报告告诉我们：1873 年一场雾杀死了 270——700 名伦敦市民，80 年死了 700——1100 人，1892 年也有 1000 人左右。

煤不仅只有这样的能力，煤的广泛使用也造就了两对立阶级的诞生。

“煤成为阶级与阶级之间的一条鸿沟。中世纪的农民和工匠，无论多么贫困、多么讨厌，也从未像 17 世纪大多数矿区的煤矿工那样遭受邻居们的疏远”<sup>4</sup>。在苏格兰，整个矿工一族的命运都被煤矿牵制着，他们其实已经沦为一种工业时代的农奴。有时，矿工不得不在矿主的协议上签字，受其奴役，而换来的只是一点点薪水或者一双鞋。矿主也会给矿工新添的孩子举行洗礼，借以劝诱矿工让孩子长大后也为矿井工作。而孩子一旦进入矿井，他（她）的一生就要葬送在这里了。典型的是，在苏格兰，采矿是一种家庭劳动：男人们在井下采矿，女人和孩子们把煤拖到地面上。就像很久以前的农业封地时代一样，这些家庭被视为一种财产，如果矿井被转让，他们也随之被卖掉。他们如果逃跑，就会被戴上δ专为矿工、女巫和声名狼藉的犯罪分子准备的镣铐δ。

实事求是，煤在人类历史上有着至关重要的地位。无论善恶，煤终究像爱默生写过的一样，“每一煤筐里都装着动力和文明”。因为煤是一种可以移动的气候。煤炭工业对于人类而言同样是功不可没的。芭芭拉·弗里茨肯定了煤的功绩：如果没有煤铺就的这条黑色之路，我们的命运将不得而知。

现在的煤伴随着人类社会的进一步发展，人类对于周围生活环境的要求也随之增强，与此同时，由于煤等化石燃料的大规模使用所产生的一系列生态环境问题与人类的希望产生了极大的对立，于是煤这位曾经叱咤一时的君主逐渐历史主角的舞台，但这并不意味着它从此退出了人类的历史，煤只是改换了一下自己的角色，由主角变成了幕后。

## 五、现今的煤

众所周知，当今人类面临着前所未有的挑战——来自人类自身的和来自人类生存环境两方面共同的挑战。人类的发展需要能源，而自然环境中原来有的资源无法满足人类对于社会发展的需要，矛盾的自然产生过程中，由于人类曾经的无节制使用煤等化石燃料所引发的全球气候变暖使原本有限的人类生活环境变得更加复杂多样。

但是，人类社会的进步总是在面临困难、解决困难的过程中实现的。如今具有聪明才智的人寻找到不少解决能源与环境双重危机的思路。各种新能源的开发与研究就是其中一项重要的方法。同样传统能源的新用途也是不可忽视的较为合理的解决办法。对于煤而言，许多学者和工作人员，充分利用煤所具有的特性开始了对煤炭资源的全新的使用，例如：“煤变油”<sup>i</sup>（煤的液化）、“煤变气”<sup>ii</sup>（煤的气化）、“煤干馏”<sup>iii</sup>（煤的焦化）等。

## 六、将来的煤

只要是存在的，就是有意义的。煤既然存在，它必然有自己的使命。尽管煤在渐渐走下坡路，逐渐远离历史的舞台，但作为一件特殊的事物贯穿人类历史，记录人类探索的记忆，即使它永远退出，我还是相信没有人会遗忘这工业的黑金子。“如果没有煤，或许我们最终会以另外一种方式变得文雅，实行中央集权，实现工业化和机械化，但这一过程将因此推迟几十年甚至几个世纪，而且规模将大大缩小。”

煤在将来必然还会有它的用武之地，就如同现在一样即使走进幕后，也会成为真正的英雄。没有人是十全十美的，和氏璧尚有瑕疵。没有人能够真正的预测未来，但我相信，并且我相信大家也会相信，不久的将来煤会讲述更加神奇的故事。

写在最后：煤的历史既富于创造又具有破坏，这样的抗衡在人类历史上使煤的故事是那样的惹人注意。

参考书目：《煤的历史》作者芭芭拉·弗里茨  
《化学与社会》主编唐有祺、王夔  
《洁净煤技术（3）》作者黄宝圣

---

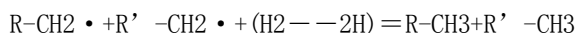
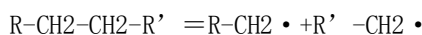
### <sup>i</sup> “煤变油” （煤的液化）

煤的液化，主要是生产液体燃料和高附加值化工产品，以此来替代部分石油产品，补偿我国石油资源的短缺。煤的液化有两个途径：其一是使(脱硫)煤在高温、高压条件下与 H<sub>2</sub> 反应，直接转化为液体燃油，即煤的直接加氢液化；其二是先使(脱硫)煤气化生成(CO+H<sub>2</sub>)合成气，再由合成气合成液体燃油，即煤的间接液化。

#### 1. 煤直接加氢液化

##### 1.1 煤加氢液化的反应机理

煤的加氢液化与热解有直接关系。主要反应可用以下方程式表示：

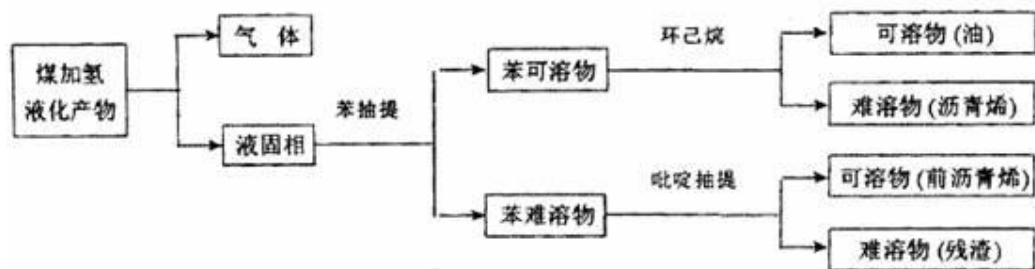


煤加氢液化过程中，H<sub>2</sub> 的主要来源：①溶解于溶剂中的氢在催化剂作用下变为活性氢；②溶剂油提供或传递的氢；③化学反应(CO+H<sub>2</sub>O→CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>)生成的氢；④煤本身提供的氢。煤中的O、N、S等原子，逐步生成CO<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S、NH<sub>3</sub>等。

##### 1.2 煤加氢液化的反应产物

煤加氢液化后所得的并非单一的产物，而是组成十分复杂的气、液、固三相共存的混合物。按照各步产物在不同溶剂中的溶解度的不同，需对液、固相产物进行分离。参见图“煤加氢直接液化产物分离流程示意图”。

煤加氢直接液化产物分离流程示意图



2. 煤的间接液化技术 利用上述的合成气 (CO+H<sub>2</sub>)，再由合成气经费-托 (Fischer-Tropsch) 和“合成气-甲醇-汽油 (MTG) 的 Mobil 工艺”生产液体烃类的“煤间接液化技术”。

ii “煤变气” (煤的气化)

煤的气化是在一定温度和压力条件下，将脱硫煤转化为气体燃(原)料的一项技术。主要用于生产工业用合成气(其中 CO 和 H<sub>2</sub> 是煤间接液化合成烃类或含氧液体燃料的基础物质)，以及民用燃气和工业用燃气。

煤的气化过程主要包括热解、气化和燃烧。主要反应[以长焰煤 (C10000H84700794) 为例。X=0.847，Y=0.0794]为：

$$\text{CHXOY} = (1-Y)\text{C} + \text{YCO} + \text{X}/2\text{H}_2$$

$$\text{CHXOY} = (1-Y-X/8)\text{C} + \text{YCO} + \text{X}/4\text{H}_2 + \text{X}/8\text{CH}_4$$

在上述反应中，同时还发生一些有害的副反应[脱硫煤中未被脱除的硫、氮与气化剂 O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O(g) 及产物等之间的反应]，而使煤的气化产生一些含硫、含氮物 (H<sub>2</sub>S、CS<sub>2</sub>、COS、NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、HCN) 等有害物质，这必须在煤的气化气净化过程中将其脱除。、HCN) 等有害物质，这必须在煤的气化气净化过程中将其脱除。

(黄宝圣，化学教育，2005 年第 2 期，《洁净煤技术 (3)》)

iii “煤干馏” (煤的焦化)

煤的干馏，是把煤置于隔绝空气的密闭炼焦炉里加热，使之分解成固态焦炭，液态煤焦油和气态煤炉气的过程。由于加热温度的不同，现在把煤的焦化分为三种：低温 (500℃—600℃)，中温 (750℃—800℃) 以及高温 (1000℃—1100℃)。不同的温度情况下，煤焦化生成的产物的数量和质量具有明显的差异。低温状态下，其主要产物是煤焦油，这可以用来解决石油缺乏的难题；中温状态下则以产煤气为主；高温状态则是焦炭，而焦炭的主要用途是冶铁，同时也可用做化工原料制造电石和电极等。煤焦油碱有大量的化工原料，经过适当处理就可以一一加以分离。总而言之，煤经过焦化，使其各个成分都能得到利用，而且，用煤气也较直接燃煤相对的干净。

低温干馏和高温干馏产品收率

	低温干馏	高温干馏
使用原料	褐煤为主，部分烟煤	烟煤为主

产品收率 焦炭(%)	70—80	~ 70
粗苯(%)	—	1.1—1.4
焦油(%)	6—12	4—5
煤气(m <sup>3</sup> /t)	150—250	300—330
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (kg/t)	4—5	8—10
焦油组成 萘	—	6—7
酚	17.4	1.5—2
沥青	10—15	50 左右
焦油性质 (一般倾向)	含较多侧链的复杂物	综合芳香化合物较多
CO <sub>2</sub>	4—5	3—4
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	3—4	2—3
煤气组成 O <sub>2</sub>	0.5 左右	0.5 左右
(体积%) CO	4—5	7—8
H <sub>2</sub>	30 左右	40—50
CH <sub>4</sub>	50 左右	25—30
N <sub>2</sub>	2—3	7—8
煤气热值 /kJ·m <sup>-3</sup>	29300 左右	12000 左右

(选自江苏大学化学系第 2 章讲义)