

# 煤的地下氣化

賈悅謙 岳翰編著

U23

J928

煤炭工業出版社

## 內 容 提 要

本書介紹了煤的地下氣化的概念和原理，以及蘇聯現行煤的地下氣化經驗。

本書可做中等技術學校的教學參考書，並可供工程技術人員參考。

940

## 煤的地下氣化

賈悅謙 岳 翰 編著

煤炭工業出版社出版(社址：北京東黃城根街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

開本767×1092公厘  $\frac{1}{32}$  印張  $\frac{9}{8}$  字數13,000

1953年10月北京第1版 1953年10月北京第1次印刷

統一書號：15035·648 印數：0,001—3,000冊 定價：0.13元

102  
3016  
7  
2

## 前 言

从古到现在为止，开掘蕴藏在地下的煤，需要一系列的复杂生产过程，耗費巨大的劳动力。早在60年以前，伟大的俄罗斯化学家門捷列夫就有过这样的理想：“認為可以不需要把煤从地下开掘出来，而就在原地把它变成煤气，然后用管子輸送到遙远的地方”。这个伟大的理想终于在苏联党和政府的关怀下实现了。现在已有几个煤的地下气化站正进行着工业性試驗工作。并已获得了相当的成就。而且仍在繼續研究改进中。煤的地下气化的成功将是煤炭工业上重大技术革命之一。它对发展国民經济有着重要意义。

在党的总路綫的光輝照耀下，我国煤矿职工象全国人民一样，破除了迷信，大胆地創造，打破了尖端技术的神秘观点；开始进行了煤的地下气化工作，这是一項重要的技术革命。

为了满足广大煤矿职工学习煤的地下气化这一新技术的要求，我們搜集了一些資料編写成这本小册子作学习和工作的参考，希望它在全国万馬奔騰一日千里的大跃进的高潮中，能起到一些作用。

編者虽曾到苏联参观过煤的地下气化站的工作，但因学識浅薄，技术水平低，加之時間短，对煤的地下气化技术操作領会不够深刻，故这本小册子中的錯誤在所难免，恳切地希望同志們提出意見，以資改正。

## 目 錄

一、煤的地下气化的簡史及其意义 .....	3
二、煤的地下气化的概念与原理 .....	7
(一)煤的地下气化的概念 .....	7
(二)煤的地下气化原理 .....	8
(1)地面一般瓦斯发生爐系統原理 .....	8
(2)地下瓦斯发生爐系統原理 .....	10
三、苏联現行煤的地下气化的經驗 .....	13
(一)煤的地下气化条件 .....	13
(二)煤的地下气化准备工作 .....	14
(三)煤的地下气化方法 .....	18
(四)地下气化站主要生产車間及設备 .....	21
(五)煤的地下气化的发展前途 .....	22

## 一、煤的地下气化的簡史及其意义

从远古到现在，从整个人类的历史上看，煤是要从地下采出来以供利用的。

但是另外也有一种完全不同的想法，就是把煤在原生的地点加以气化，使之变成瓦斯，然后导出地面作为燃料或作为提炼重要化学产品的原料。

第一位想到“煤的地下气化”可能性的，就是伟大的俄罗斯化学家門捷列夫，他于1888年在彼得堡出版的一期“北方通訊”杂志中，曾发表过一篇“蘊藏在頓巴斯河岸的未来的力量”，論文里曾写道：“甚至这样一个时代会逐渐到来的，那时候我們不必把煤从地下开采出来，而是在地底下，就在那里把它变成煤气，然后沿着管子輸送到遙远的地方去”。門捷列夫不止一次地发表过煤的地下气化的見解。特别是关于烏拉尔煤层发生火灾的現象，他写道“根据煤层的这种失火情形，我觉得我們是可以利用的；如果加以控制和管理，使这种燃烧进行得好象在煤气发生爐里一样，也就是使进入的空气很少，那么我們就可以利用这种煤层的燃烧了。在这种情况下，就要发生一氧化碳，而在地下煤层內就要产生气体或煤气了。在煤层內鑽一些眼，其中的一些作为进风眼——甚至作为吹风眼，另外一些作抽出可燃瓦斯的眼，这种可燃性瓦斯很容易地引到很远的火爐里来使用”。

很久以后，在1911—1912年，英国化学家拉木賽又肯

定地发表了直接在地下賦存煤层的地方把煤变成气体的可能性。

列宁对煤的地下气化的見解給予了很高的評价。1913年，列宁写了一篇对发展煤的地下气化起着重要作用的論文“技术的伟大勝利之一”。在这篇論文中曾写道：从煤层里直接采出瓦斯的新方法“……把煤矿变成一种极大的蒸餾器用来提取瓦斯。……这种发明在工业上所引起的轉变，将是巨大的”。

但是这种轉变，对于現代資本主义国家所有社会生活的影响，将与这种发明在社会主义国家所引起的影响完全不同。

“在資本主义社会里，千百万采煤矿工劳动的“解放”，必将不可避免地造成大批的失业、穷困的急剧增加与工人状况的恶化”。

接着列宁又指出：“在社会主义条件下，就可以“解放”千百万矿工的劳动，可以縮短所有人的工作日……加速污浊可厌的工厂变为洁淨的、光明的、对人类有价值的实验室”。

博基教授在1921年間“在頓巴斯煤矿工业发展途径”的一篇論文中（載于“煤与鉄”杂志1925年第1号）发表了煤的地下气化的第一个井巷计划图。

1931年根据約·維·斯大林的提議，組成一个煤的地下气化的专门委员会。根据他的指示在1933年建立了一个“地下气化”的組織。

1933—1934年間，曾在利西昌斯克城及沙赫塔城（頓



图 1 南阿宾斯克地下气化站全景

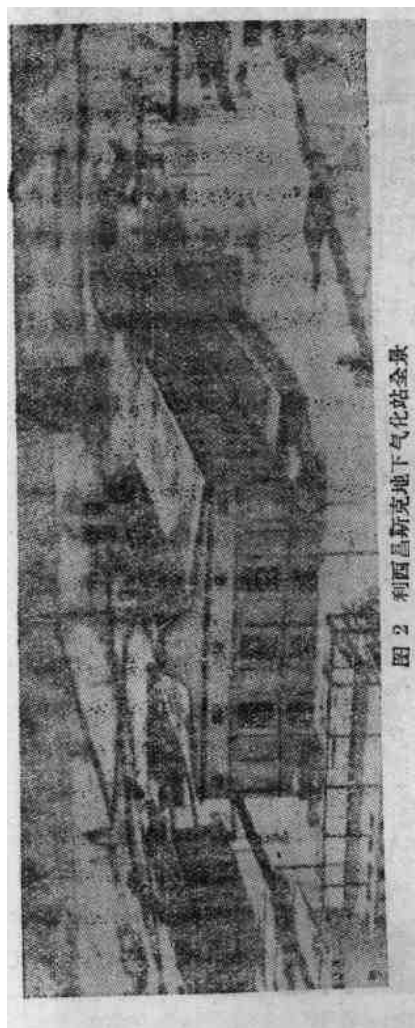


图 2 利西昌斯克地下气化站全景

巴斯)，莫斯科近郊煤田克魯托夫斯克也矿井，以及庫茲巴斯的列宁煤矿等处进行了实验工作。

1935年投入生产的高尔洛夫卡地下气化站是保证经常以气体供给工业企业的第一个煤的地下气化实验站。1940年在莫斯科近郊煤田建立了大规模的地下气化的生产实验站，进行实验工作。1942年苏联卫国战争期间，顿巴斯煤田与莫斯科近郊煤田的地下气化站都被敌人破坏了。1945年苏联卫国战争胜利后，又在莫斯科近郊煤田、顿巴斯煤田以及庫茲巴斯煤田等地重新恢复起来。目前，在苏联有四个生产的地下气化站。庫茲巴斯的南阿宾斯克地下气



化站已順利地工作了3年，其地面全景如图1所示；頓巴斯的高尔洛夫卡地下气化站；利西昌斯克地下气化站（图2）已順利地工作了9年多。莫斯科近郊图拉地下气化站順利地工作了約16年。

在1957年，苏联已設計完毕正在建設的3个地下气化站有：中央亞細亞煤田的安格連地下气化站、莫斯科近郊煤田沙脫斯克地下气化站和頓巴斯的卡明斯克地下气化站。而且苏联将要繼續兴建很多的地下气化站，所以苏联在第六个五年計劃期間，煤的地下气化的发展速度是很快的。

煤的地下气化过程中所得到的煤气，除了作为燃料和提炼重要化学原料外，广泛地应用于工业和日常生活中，冶金和科学研究實驗室，应用煤气建立高温电站，应用煤气作为动力（瓦斯发电机），气化促进着劳动者日常生活逐渐完善。地下气化对于不可采的煤层和高灰分的煤层的利用提供了可能性。

## 二、煤的地下气化的概念与原理

### （一）煤的地下气化（煤的地下瓦斯化）的概念

煤的地下气化，是开采煤层的一种方法。也就是将煤层在地下进行燃烧，使固体燃料的煤变成煤气，由鑽眼排至地面，作为气体燃料的方法。用燃烧煤层来开采地下煤藏这种特殊方法与普通矿井的开采方法不同。它的生产准备工作 and 生产工作都是在地面上进行的，将現有矿井生产的地下作业改变为地面的工厂作业。

現代煤的地下气化的方法，首先要在地面上按照一定的距离打鑽眼群直至煤层，然后自鑽孔內分別点火和压入高压空气，使煤层燃燒，将鑽眼群底烧通，即成燃燒沟或称地下瓦斯发生爐，这样“准备工作”即告完成，就可进行生产。生产时，从一些鑽孔压入低压空气，供給地下瓦斯发生爐繼續燃燒，由另外一些鑽眼排出含有可燃性的气体，經過瓦斯管路导入地面清淨罐，在清淨罐中将瓦斯中的固体或气体杂质清除，冷却过的和洁淨了的瓦斯沿着管路輸送給各用戶使用。

由瓦斯鑽孔抽出的气体，其中可燃性气体主要的有两种：一种是一氧化碳，另一种是氢气。

另外由于各煤田的地层中或多或少的含有水量，則将妨碍气化的进行，故在气化以前，必須事前打鑽抽水，将地层中的含水疏干。

## (二)煤的地下气化原理

### (1)地面一般瓦斯发生爐系統原理

从固体（或液体）燃料中得到可燃气体的过程，叫做气体发生过程，使固体煤轉化为可燃气体的盛器，叫做煤气发生爐（或瓦斯发生爐）。在瓦斯发生爐內，得到的可燃性的气体，常称之为煤气或瓦斯。在一般工厂的瓦斯发生爐內都烧一定粒度的煤塊。

煤的地下气化发生于地下瓦斯发生爐內，地下瓦斯发生爐是随着煤炭燃燒而挪移的燃燒工作面。也就是說地下的瓦斯发生爐与地面一般的瓦斯发生爐不同。它經常处于

变化状态，而不是保持恒定的容积。

为了阐明煤的地下气化的实质，现在首先介绍一个一般的地面瓦斯发生炉系统。一般的瓦斯发生炉是一个立室，如图3，煤从上面装到里面，而风（空气和水蒸汽）则从下面吹入。在瓦斯发生炉中，有四个煤炭物理化学变化带：（1）燃烧带：在这里燃烧转化为二氧化碳（ $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ），并使温度达到1200—1400°C；（2）还原带：二氧化碳当温度为800—1000°C时，与赤热的炭相化合，转化为一氧化碳（ $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ ），此外在还原带内水蒸汽与煤里的炭起作用生成一氧化碳和氢气，（ $H_2O + C \rightarrow CO + H_2$ ）；（3）干馏带：在这里当温度为400—700°C时，从煤中放出易燃的气体（氢、沼气和碳氢化物）；（4）干燥带：是炉内最上面的一个带，它是将来自下面的炽热气体进行干燥。瓦斯经管道引出。瓦斯的成分包括下列气体：一氧化碳、氢、沼气、碳氢化物、氮气、二氧化碳、水蒸汽、硫化氢等。

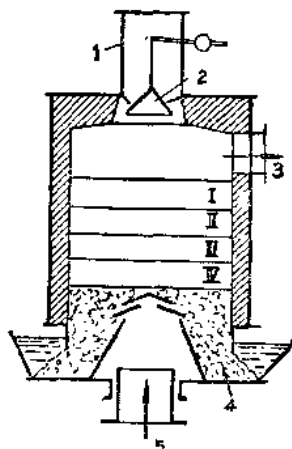


图3 瓦斯发生炉示意图  
1—装料斗；2—开闭盖；3—瓦斯出口；4—灰渣；5—鼓风入口；I—干燥带；II—干馏带；III—还原带；IV—燃烧带

瓦斯发生过程可说是管理过程，向瓦斯发生炉内送空

气和水蒸汽，应该保证得到其中可燃气体含量最多的瓦斯。假若只把空气吹入瓦斯发生炉内，那么气体的发热量由于含有大量的氮气而降低（1000—1100卡/立方公尺）；只吹入水蒸汽时，气体的发热量提高到2500—2700卡/立方公尺，但是所通入的空气与水蒸汽必须按一定的比例进行。

## (2) 地下瓦斯发生炉系统原理

从物理化学的观点来看，地下气化和普通瓦斯发生过程，原则上没有区别。地下的瓦斯发生炉与一般的瓦斯发生炉，重要的区别是在于地下遭受气化的煤是煤柱（整体煤），而不是事先破碎了的并按一定尺寸准备好的煤块。

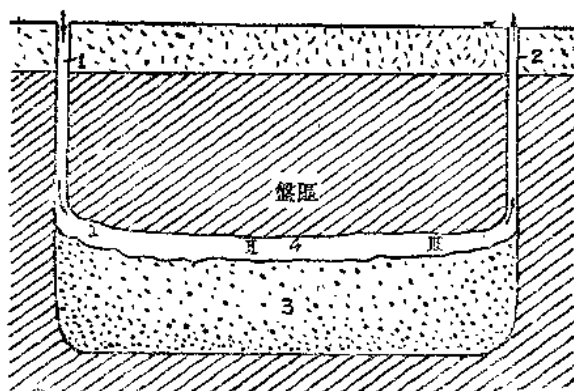


图4 地下瓦斯发生炉瓦斯发生状况图

1—压入空气鑽眼；2—排出瓦斯鑽眼；3—灰渣；4—燃烧工作面；I—燃烧带；II—还原带；III—干燥带。

地下瓦斯发生爐，简单地講就是从地表沿着煤层开掘 2 个傾斜的巷道（或用大直径的鑽眼），在煤层下边用一水平巷道与傾斜巷道連接起来，被气化的这部分煤层就是被巷道所包围起来的整体煤层，也称之为“盆区”，如图 4 所示。

最初在点火巷道（水平巷道）内用可燃物質把煤引燃，于是在这个巷道内就形成了燃烧工作面。从一个傾斜巷道吹入空气通过燃烧工作面，冲洗煤层，使煤燃烧。瓦斯就从第二个傾斜巷道排出地面。煤层的燃烧逐渐从下向上进行，燃烧工作面就沿煤层逐渐向上移动。煤层上部的各种岩石不断地从燃烧过的地方塌落下来。岩石滚下来后，燃烧工作面的表面因此总是有一定空間的。图 5 为傾斜煤层頂板冒落与燃烧工作面进度的情况。

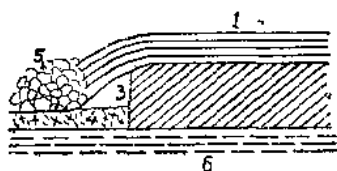
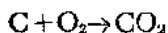


图 5 傾斜煤层頂板冒落与燃烧工作面进度情况

1—頂板；2—煤层；3—燃烧工作面；  
4—灰渣；5—冒落的頂板；6—底板。

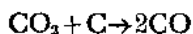
当吹入的空气和水蒸汽沿着熾热的燃烧工作面的煤炭表面流过时，这就发生可燃瓦斯的化学反应。在燃烧工作面开端的地方，如图 4 (I) 区域，进来的气流中的氧气和煤层中的炭起着化学作用，其反应如下：



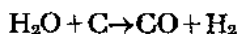
这 (I) 区域就叫做“氧化带”或“燃烧带”。

随着二氧化碳生成的反应有大量的热放出来了。这些

热量消耗在燃烧工作面周围的煤层、岩层而主要是生成的二氧化碳上去了。这时被加热温度很高的二氧化碳沿燃烧工作面向前流动，又碰到了熾热的煤的表面，二氧化碳和煤中的炭再化合，生成了新的可燃性气体，即一氧化碳。



通入的水蒸汽也会与煤里的炭起化学反应，生成一氧化碳和氢气。



这些反应生成了一氧化碳与氢气，我們称为二氧化碳和水蒸气的还原。因此在(Ⅱ)区域叫做还原带。

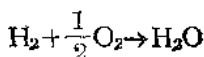
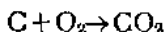
上述反应是在还原带中进行的，同时要吸收一部分热量，因此气流的温度就降低了。终于气体的温度降低到以致使还原作用不能显著进行了。而煤层中的炭也就不再由于这个反应而消耗。但是余留在煤气里的热量却使煤受热起来，因而进行煤的干餾，放出許多揮发性的产物，它們是和由于还原作用而生成的可燃气体混在一起的。煤气和由于煤的干餾所生成的揮发性产物(沼气、高級碳氢化物)混合以后，就經排气孔輸送到地面来。

上述的一些化学反应，只是說明了煤的气化大概的一些情况。实际上在地下瓦斯发生爐里还进行着其他的化学反应。这些化学反应会影响制成瓦斯的成分的。供应气化所需的空气不但包含着氧气，也包含着不参与化学反应的氮气。因此当以空气和水蒸汽来使煤气化的时候，我們得到的是一种气体混合物，其中一氧化碳和氢气是可燃部分，而二氧化碳和氮气是不燃部分。因此被叫做不起作用

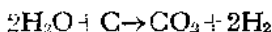
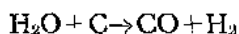
的气体。瓦斯中这些不起作用的东西愈少，它的发热量愈大，其价值也就愈大。

煤的地下气化是经过下列的主要化学反应：

(一)在燃烧带的氧化作用：



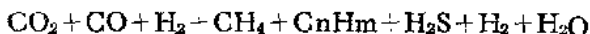
(二)在还原带的还原作用：



(三)在干馏带里生成的挥发性产物：



(四)在瓦斯出口处的混合物：



因此地下瓦斯发生炉和在地面上的将固体燃料进行瓦斯化的瓦斯发生炉相似。因此地下瓦斯发生炉连同所有和它有关的附属工作车间合称为“地下瓦斯站”或“气化站”。

### 三、苏联现行煤的地下气化的经验

#### (一)煤的地下气化的条件

煤的地下气化的适用条件，在现阶段工作的情况下，尚无明确的规定，但是在目前技术条件下为了解放矿工井下的劳动，选择适当的地点进行试验地下气化的必要性是

无可置疑的。根据现有地下气化的技术水平来看，煤的地下气化最合适的条件是：

1. 煤层顶底板岩石之气体渗透性要比煤层小，免得漏气造成瓦斯损失；

2. 煤层最好要稳定，褶曲少断层少，煤层如有断层时，其断层必须是連續性的，否則断层断开則不能連續燃烧；

3. 烟煤和褐煤的煤层适于气化，无烟煤现阶段还无經驗，因它的揮发分太低。揮发分最好是25—30%；

4. 煤层内不含水，煤层内含水时对燃烧不利，地下压力水的水位要低于气化的盘区（煤层），如果超过，就必须打鑽抽水降低水位；

5. 不論煤层的傾斜角度的大小都可以气化，当煤层的傾斜角度超过 $35^{\circ}$ 时气化最有利；

6. 气化站要建在附近有大量用戶的地方，如果气化站离用戶太远，則輸送瓦斯的管路很长就不經濟。

## (二)煤的地下气化准备工作

地下气化站的煤层地質情况不同，鑽眼的布置就不一样，茲举两个地下气化站的实例：

莫斯科近郊煤田的图拉地下气化站：

气化煤层为褐煤，水平煤层，煤层厚度为1—4公尺，分布不均，成鷄窩状，頂板为含水砂层，粘土及石灰岩，底板为砂层或粘土层，距地表50—60公尺。非田埋藏量暫划定为1000万吨。因地层含水，每个盘区在气化以前，打鑽眼使用深井泵抽水。在准备气化时，一个盘区打二排鑽



眼，每排8个，鑽眼距离均为25公尺，鑽眼直径为200公厘，鑽眼打进煤层 $\frac{2}{3}$ ，所余 $\frac{1}{3}$ 作燃烧沟，鑽眼中加套管，套管与眼壁間的空隙用洋灰漿灌实，套管高出地面約1公尺，安装二个閩門，以控制排瓦斯及压风之用。

地面管路布置：管路布置大致分为主干管路和分支管路二部分。主干管路有3条，自工业广场向盘区鋪設，排瓦斯主管二条，管径800—1000公厘。压风管主管一条，管径300公厘。

分支管路与主干管路成垂直方向，一般視盘区鑽眼的排数来規定瓦斯和压风管的条数。支管排間距与鑽眼排間距相同。在管路需要的地方，安装管子接头和閩門。在第一个盘区生产时，即第一、第二两排鑽眼排出瓦斯时，第二个盘区即进行准备工作，即打第三、第四排鑽眼和联接鑽眼的分支管路进行安装。鑽眼及地面管路布置如第6图所示。

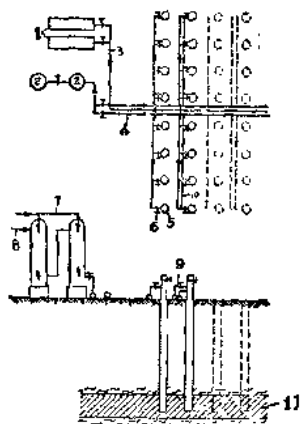


图6 莫斯科近郊煤田图拉地下气化站的鑽眼及地面管路布置示意图

- 1—压风机；2—净化罐；3—压风管主管；4—排瓦斯管主管；5—鑽眼；6—閩門；7—循环水管；8—瓦斯排出口；9—压风管支管；10—排瓦斯管支管；11—煤层。

庫茲巴斯南阿宾斯克地下气化站：

气化的有两个煤层，已气化完的IV烏努特連伊煤层，