

水力采煤_与 煤的地下气化

苏联 耶·姆·杜布罗夫斯基等著

煤炭工业出版社

前

1960年，苏联将产煤5.93亿吨，也就是相当于1955年的一倍半。

煤产量的增长应当是以运用新的有效的煤层开采法、高效率的机器和综合机械化设备、煤炭工业的未来的先进技术装备以及保证劳动生产率的增长作为基础的。在苏联共产党第20次代表大会的决议中指出，摆在煤炭工业工作人员面前的任务就是广泛地应用水力采煤方法，同时也指出了尽量地发展瓦斯工业的必要性。瓦斯的产量和生产，在第6个五年计划期间将要增加3.9倍，到1960年将生产400亿立方公尺。

这本小册子对煤的地下气化和煤层的水力开采方法给予了基本的概念；例如，对现在的水力采煤方向和地下气化的工作指出了按新方法进行工作的方法。

目 录

前 言

煤的地下气化

1. 緒言.....	3
2. 煤的地下气化过程的实質.....	4
3. 地下气化爐的准备方法.....	8
4. 鑽孔方法和鑽孔的联絡.....	11
5. 适合于煤的地下气化的矿山地質条件.....	16
6. 苏联的煤的地下气化站.....	18
7. 国外的煤的地下气化工作.....	27

煤矿的地下水力开采

1. 緒言.....	37
2. 地下水力采煤的总工艺系統.....	39
3. 水力机械化的設備.....	42
4. 采矿作业中的水力方法.....	57
5. 国外有益矿物的水力开采方法及其运输.....	72
6. 今后水力采煤的改进.....	85

煤的地下气化

1. 緒 言

苏联在发展瓦斯工业方面，不論是依靠天然瓦斯产量的增长或是加工坚硬燃料：煤、頁岩、泥煤等的人造瓦斯的增长，都拥有极大的可能性。

人造瓦斯是在工厂和瓦斯发生站用专门的发生爐和瓦斯发生器械生产出来的。煤的地下气化站也可以生产出瓦斯。1955年煤的地下气化站已生产出瓦斯5.21亿立方公尺；到1960年，地下气化的瓦斯生产将提高到30亿立方公尺。

第一个提出煤的地下气化和利用这种情况下得到的可燃瓦斯，是伟大的俄罗斯学者Л. И. 門捷列耶夫。

В. И. 列宁对煤的地下气化事业給予了很高的评价，說它是技术上的伟大的胜利之一。他写道，煤的地下气化思想在实际中实现就会使煤炭工业起宏大的技术革命，这样一来，千百万的矿工将从繁重的地下劳动中解放出来。

地下气化的实现，在广大范围内将引起消除开采烟煤和褐煤的可能，消除它們的铁路和水路运输的可能。矿井将变成生产最便宜的有效燃料的巨大的自动化瓦斯工厂，而矿工們就将成为操縱地下气化站机械的高度熟练的工人。

坚硬燃料的气化产品——可燃瓦斯，具有一系列的重要优点，这些优点远不是坚硬燃料所能比拟的。象在可燃瓦斯发电站上的应用，尤其是地下气化的瓦斯将代替煤而减少蒸汽锅炉的金属消耗，降低建设投资达25—30%，保证了发电站的效率增长10—12%，提高工人劳动生产率30—40%，同时也减轻了工作条件。

同时，随着价值的降低及其利用的简化，瓦斯燃料在输送给用户时是非常合适的。在气化过程中获得的瓦斯混合物，其本身的组成是：氢，碳的氧化物，二氧化碳，氮气，甲烷，硫化氢和碳氢化合物。这些气体都可用来获得人造的液体燃料、人造橡胶、爆炸物品、肥料、医药和其他节等。

因此，非常明显，把地下宝藏中还没有开采的煤变为瓦斯，对于整个国民经济具有非常重大的意义。

煤的地下气化过程与地面瓦斯发生炉的气化稍有区别。煤的地下气化实质和方法的简短叙述，这本小册子将分篇谈到。

2. 煤的地下气化过程的实质

到目前为止，苏联在世界技术史上第一个研究和试验了三种煤的地下气化方法：连续的、过滤的和钻孔气化炉的方法。

现在，我们用连续方法使煤柱中的煤气化作例子，研究一下煤的地下气化实质。这种方法是这样的。

从地表順煤层开掘两个斜井 1 和 2，它們之間的末端彼此用叫做燃烧沟的平巷連接（图 1）。

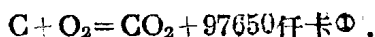
用这些巷道准备地下气化的那部分煤层，称为地下气化爐。

在地下气化爐中，煤的气化是从燃烧煤开始的。为此，在燃烧沟內放有易燃材料并点燃它們；它們的燃烧分布在煤的表面，形成所謂的“发火工作面”。从发火工作面中的巷道一端吹风（空气），而从另一端則向地面排出已形成的瓦斯。在气化过程中进行煤层由下向上的逐渐燃烧，这时燃烧沟将順着上山方向移动。

已形成了的析出瓦斯的空間，充滿了煤层頂板冒落的岩石、灰燐、熔渣和水，它們向下堆积起来，因而发火工作面的岩石仍然是自由的，而断面变化范围不大。

这样，地下气化过程就在峡道內进行，赤热的煤是它的一面，煤层的頂底板是它的另两个面，而充滿了冒落的岩石，熔渣和水的瓦斯析出空間又是它的另一个面。

沿着吹风道向发火工作面供給气流，它清洗着煤层赤热的表面，这时空气中的氧与碳发生反应，形成了双氧化合物（二氧化碳）。



伴随着二氧化碳的形成，放出大量的热，这些热量将扩散而加热煤层、岩石和已形成的各种气体。这个地区被

① 加热一克水升高一度所需的热量叫做小卡路里（小卡）；加热 1 公斤水升高一度所需的热量叫大卡路里（大卡）。在技术上通常都用大卡路里（大卡）或仟卡路里（仟卡）。

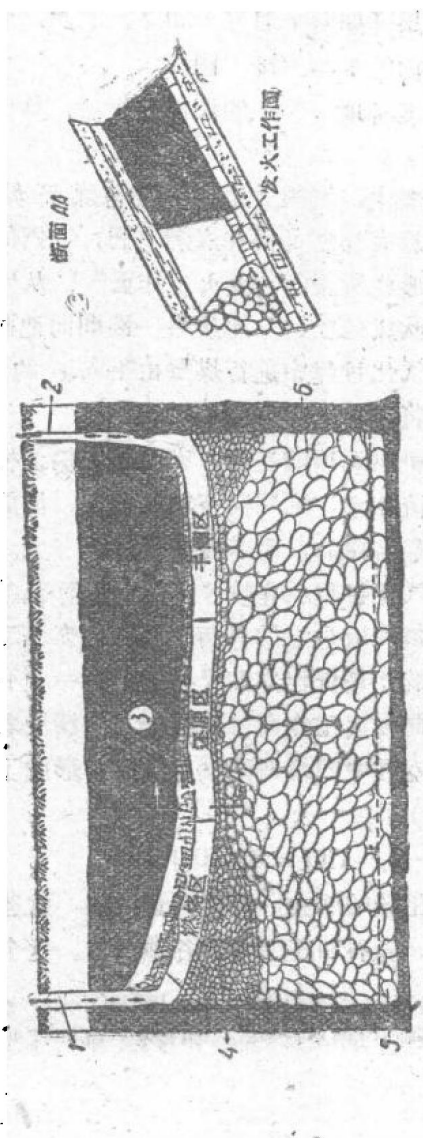
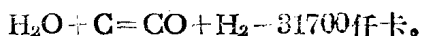


图 1 地下气化中的气化示意图

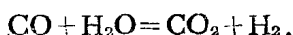
1—吹风井；2—排瓦斯井；3—气层；4—气池；5—气层的燃烧区；6—出气区。

命名为“氧化区”或“燃烧区”。二氧化碳和由于煤和岩石的水分蒸发而得到的水蒸汽，在顺发火工作面流动时又和碳发生反应，这时水蒸汽和二氧化碳被还原，生成一氧化碳和氢：



这个地区就叫做“还原区”。二氧化碳和水蒸汽的还原反应是吸热反应，因此，气(瓦斯)流的温度就降低了。

在温度不太高的区域内，经常发生一氧化碳转为二氧化碳，同时放出氢，其反应式是：



当气体继续流动时，温度很少下降，这样，还原反应就停止了。

在保留在煤层瓦斯中的热量影响下，将发生不完全地燃烧和干馏，煤被烘干放出挥发物（甲烷、碳氢化合物）和水蒸汽。

在进行气化时形成的大量热的影响下，煤层在深部将完全燃烧，因此，在煤层的末端就进行着干馏和烘干煤的过程。这时，挥发物的大量热量放出来，形成最高温度地区，就是燃烧区。在这里，放出的挥发物完全燃烧。当温度降低时，它们将被分解（高温分节和分馏）。这样一来，在地下气化的瓦斯中甲烷就比较很少了，几乎没有液态的碳氢化合物（焦油）。

在发火工作面的全长内干馏和干燥产品都结合成气体，顺排瓦斯道排到地面。

改变吹风的成分，限制气流的相对运动，可以管理地下气化的过程，这时，就得到了不同成分的可燃瓦斯，它们可以用来达到动力上和工艺上的目的。进行生产用来加热锅炉、瓦斯透平机等动力瓦斯的地下气化站，叫做动力站。当生产的瓦斯作为化学提炼品的时候，该站就叫做地下气化加工厂。

现在生产的地下气化站都是开采作为动力用的可燃瓦斯。表1中列出了莫斯科近郊和南亚宾斯克地下气化站开采的动力瓦斯的大略成分。

表 1

地下气化站	瓦 斯 成 分 (%)			
	H ₂ S	CO ₂	O ₂	CnHm
莫斯科近郊	1—2	17—18	0.3—0.5	0.2
南亚宾斯克	0.02	7.6	0.2	0.1

續表 1

地下气化站	瓦 斯 成 分 (%)			
	CO	H ₂	CH ₄	N ₂
莫斯科近郊	5—7	15—17	1.0—1.5	56—59
南亚宾斯克	21.6	15.5	2.15	53—57

3. 地下气化爐的准备方法

地下气化站一般是由气化爐、吹风设备、冷却和洗滌

所得之瓦斯裝置、地面的運輸管路和鍋爐組成的。

地下氣化爐是煤的地下氣化站的主要部分，它按準備方法的不同可分為井工法和非井工法。

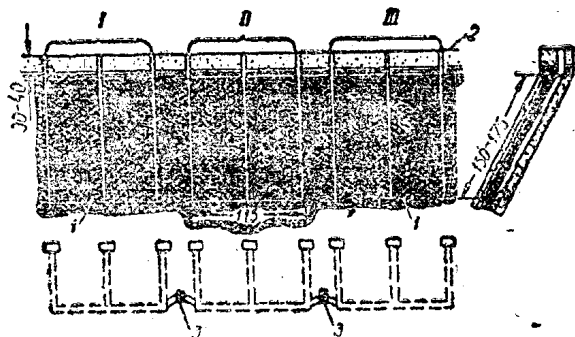


圖 2 用井工法準備的地下氣化爐（李西強斯克工業爐）

1—平巷； 2—探井； 3—密封的繞着石門；

I、II、III—爐。

用井工法準備地下氣化爐象前面所述，礦井的地下氣化爐（圖 2）是用一般礦山巷道：平巷、探井等所準備的煤层的一部分。作為入風和排瓦斯的巷道鋪有鐵管。為了分開氣化爐，它們彼此之間留有煤柱，並且在聯絡巷上築上防止漏瓦斯的密封。這種地下氣化爐的準備方法還有着繁重勞動，還需要工入的地下勞動並且不能保證氣化爐的嚴密等的特色，故在目前還沒有採用。地下瓦斯發生爐的井工準備法被採用得較早，就是在還沒有掌握沿煤层有方向地鑽孔和它們之間彼此聯絡，從而可以利用非井工方法準備地下氣化爐，也就是完全不用工人的地下勞動的時候被採用的。

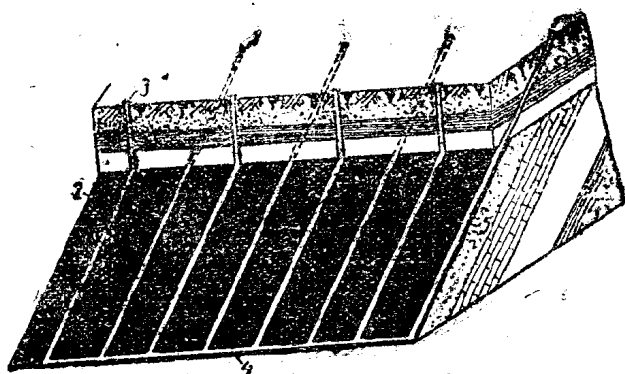


图 3 用综合方法准备的气化爐示意图
1—沿煤层鑽进的鑽孔；2—爐；3—探井；4—平巷；
5—煤层。

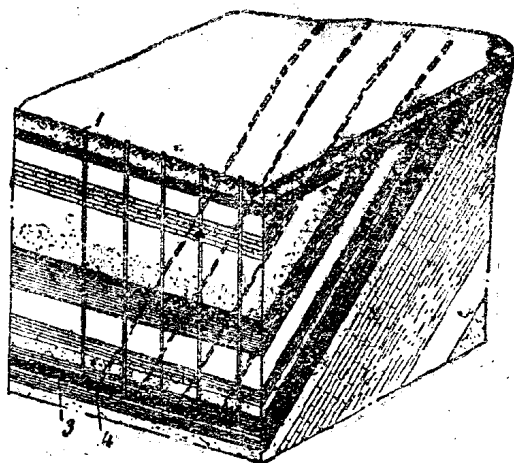


图 4 非井工法准备的气化爐
1—野外吹鑽孔；2—排瓦斯鑽孔；3—煤层；4—燃燒沟。

轉变为完全非井工法来准备地下气化爐，不是一下子就能實現的。随着專門工作（鑽孔等）被掌握，地下瓦斯发生爐是用叫做利用工人井下劳动的綜合方法来准备的。在这种情况下，沿煤层傾斜方向的鑽孔配合着眼的联接和井工法的平巷（图3）。利用綜合法准备地下气化爐在一定程度上和目前是在采用。这在供气化的那部分煤层早已有矿山巷道，在准备地下气化爐时利用它們花費的劳动力不大的时候是可以的。

非井工法准备地下气化爐 現代的非井工的地下气化爐是用从地面向煤层鑽孔的和它們之間用專門方法打通的边界鑽孔法的一部分煤层(爐)（图4）。

4. 鑽孔方法和鑽孔的联络

为了准备緩傾斜或者水平煤层的地下气化爐要打垂直鑽孔，这个鑽孔的鑽进过程很容易掌握，不会引起很大的困难。在准备傾斜和急傾斜煤层的气化爐时的斜向鑽孔的鑽进是比較复杂的。

斜向鑽孔首先在石油工业中对于那些情况，就是当在所要求的那一点上不能从地面建立垂直鑽孔的时候，例如，在埋藏在海底岩石中，在建筑物下或者人烟稠密的地点下面的石油层的鑽孔，是有代表性的。假如，在石油上鑽探时，鑽孔从所給的那点偏过几公尺就沒有现实意义，那么当准备地下气化爐的时候，鑽孔在本身的全长內都应当在煤层內，既不应穿过頂板，也不应穿过底板。气化的

煤层比較薄（0.6公尺），并且鑽孔的准确性要求很高，这就要建立專門的傾斜鑽进的鑽孔机組（图5）。

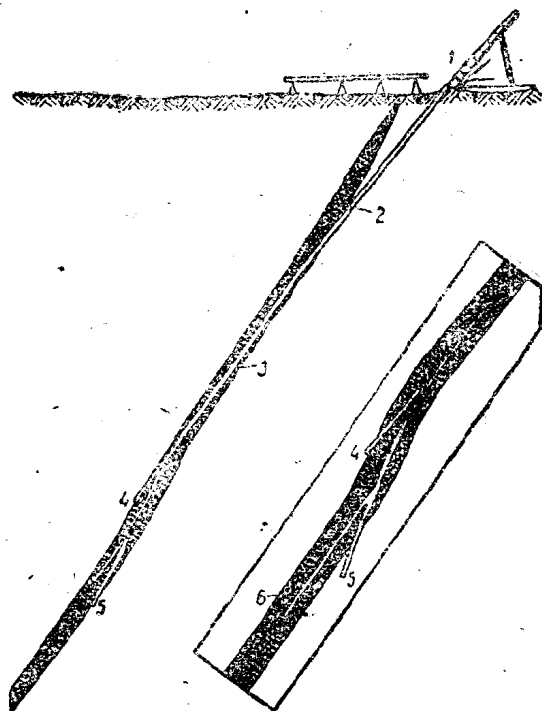


图5 沿煤层的傾斜鑽孔的鑽进

1—鑽机；2—煤层中的鑽孔入口；3—煤层；4—到顶板的鑽孔出口；5—到底板的鑽孔出口；6—煤层中的鑽孔。

到煤层的会合处，鑽孔一般地都是帶有一定傾角的直綫鑽进。在图上（見图5）所表示的情况下，煤层在底板方面与鑽孔相遇。

鑽孔用套管圍起來，管外的空隙灌上水泥。下面的鑽進就順着煤层進行，同時這部分鑽孔也不加固。在鑽孔彎曲，也就是它的眼身出口進入頂板或底板內的情況下，超出的部分灌上水泥並且打新鑽孔。目前斜向鑽孔的鑽進已經充分地掌握了，並且已經在非井工法準備地下氣化爐的時候開始應用。

沿煤层的鑽孔的聯絡可以用不同的方法進行，而且某種方法的選擇要依靠煤层埋藏的礦山地質條件、煤柱中煤的物理機械性、就是瓦斯的自然滲透性、堅固性、導電性等來確定。

在工業中找到了4種鑽孔的連接法，這些方法都是基於空氣、電力和專門為鑽進傾斜水平鑽孔設備的。讓我們來分別看看這些方法。

大氣過濾（燃燒）鑽孔連接法 用這種方法，煤层中的兩個鑽孔是用下述方式進行的（圖6）。

沿着一個鑽孔吹入壓風，它的一部分被排除了水氣，緊貼着煤层的裂縫和空隙向另一個鑽孔前進，在這個鑽孔中實現煤的燃燒，為此，設立了火源。在壓風的作用下，煤的燃燒迎着氣流而擴大，這樣一來，在鑽孔之間就燒出了一道溝來，並且形成了最初的气化爐。

這種鑽孔連接法主要在莫斯科近郊區準備地下氣化的煤层時應用着。該區的煤层埋藏度不大（40—100公尺）而且煤也比較軟。對於處於很深的鑽孔應用燃燒法，由於地下水的巨大的壓力和煤很硬，沒得到應有的效果。

借助於高壓空氣的鑽孔連接法 用這種方法，煤层中

的两个鑽孔，从一个压入高压空气，沿另一个把风排出。空气的压力要从这方面来考虑选择，就是它要大于深部联接的矿山压力，并保証鑽孔間的煤层的破裂（破坏）。在煤层破裂以后就进行地沟的燃燒，这时空气仍然进入那个鑽孔，而煤层的燃燒在另一个鑽孔内进行。

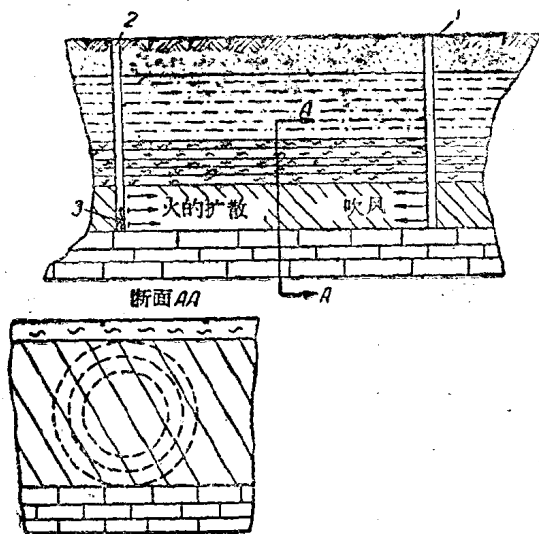


图 6 大气过滤鑽孔联接法

1和 2—吹风进出口的鑽孔；3—火源。

这种方法采用在深部水平上，这里煤层的瓦斯自然渗透性对于实现燃燒联接是不够的。

鑽孔的电力联接 用配以在鑽孔内放有正电的高压（2—6仟伏）的电流来实现。这时煤层和周围的岩石都被加热到很高的温度，这样一来，它们的性質就改变了：頂板和底板的导电性能减少了，而焦化了的煤的导电性能增

加了。电流一直加到在正电間沒有形成被焦化的具有极大瓦斯渗透性的残余塞滿縫隙的地沟时为止。这样，准备的地沟在其中供給空气就被点烧了。

目前，电力联接在莫斯科近郊区准备地下气化爐时得到了全部广泛的应用，在这里电力联接鑽孔的速度是空气过滤联接的3—5倍多。掌握了鑽孔的电力联接法，在由于一系列的困难阻碍的深部（在薄煤层上准备气化爐时的检查的复杂性，地下水的大量流入），可以大大地加快具有各种不同矿山地質条件的矿床上的地下气化爐的建造日期。

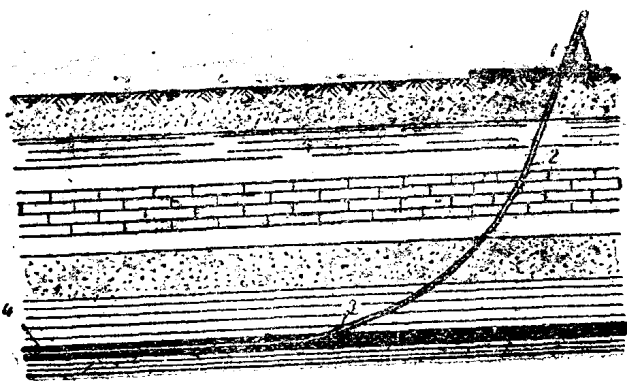


图 7 傾斜-水平鑽孔的鑽进

1—鑽机； 2—傾斜鑽孔； 2—3—到煤层进入煤层中的鑽孔的曲綫部分； 4—順煤层鑽进的水平鑽孔。

傾斜-水平鑽孔的鑽进。苏联是傾斜-水平鑽孔鑽进的发源地，1955年在頓巴斯矿区首先掌握。

傾斜-水平鑽孔的鑽进方式如下（图 7）。首先鑽孔按一定傾斜直綫鑽进一段距离（1—2）。然后用專門的具有一定断面的工具根据設計的曲度繼續鑽进，直到要达到

煤层的那个深度为止(2—3)。鑽孔到与煤层相遇的地方，用象傾斜鑽孔鑽进时一样的套管加固。此后到了煤层鑽孔沿曲度进行到煤层中心，而后沿着煤层中心水平地鑽进。鑽孔的傾斜水平鑽进将为地下气化爐的非井工准备的主要方法之一。

图8所表示的是用傾斜鑽孔同水平-傾斜鑽孔连接的鑽进而准备的地下气化爐。

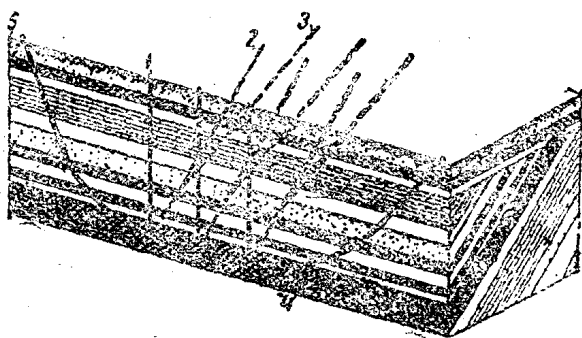


图8 用非井工法准备的地下瓦斯发生爐
1—吹风鑽孔； 2—排瓦斯鑽孔； 3—野外的傾斜吹风鑽孔；
4—煤层； 5—沿煤层的水平傾斜鑽孔。

5. 适合于煤的地下气化的矿山地質条件

現代的技术水平可以气化不同傾角、厚度从0.5—3.5公尺或更厚的煤层，也就是可以气化薄、中厚和厚煤层。进行中厚和厚煤层的地下气化是比较經濟合算的，因为在这种情况下，气化1吨煤的准备工作的成本比薄煤层的气化将要大大地降低。