

81.627
871
12

煤地下气化的近况和远景

技术科学博士 拉甫洛夫

技术科学副博士 基里钦科

Н. В. Лавров, И. П. Кириченко, *Вестник Академии наук СССР*, 6, 56—61 (1958)

燃料地下气化是近代重大和复杂的科学技术问题之一。

和一般在固定设备中实现气化过程的煤的地上气化不同,煤的地下气化过程是在煤柱中,在反应空间中进行的,而这种反应空间在很大程度上是由煤层的矿山地质条件所决定的。

地下气化的基本任务是制取动力煤气以及合成工业的原料气,目前已经掌握了从褐煤矿区制取动力煤气的技术,同时进行着为掌握在烟煤矿区地下气化的工业性试验工作。

与地上煤气发生炉中燃料层的气化相比较,地下气化有一系列原则性的特点。首先是燃料层不动:由于火源的移动发生煤层的燃烧,与此同时气化层亦移动。缺乏不透气的炉墙;反应区和大量的煤接触,而这些煤可能遭受到不同形式一定深度的热加工。地下水可能透入地下煤气发生炉内。反应区和气化煤层的顶板、底板岩石以及周围岩层、灰、渣等相接触。

实验室试验和在自然条件下的研究结果指出,煤的地下气化过程在反应通道中进行。随着煤层的地质条件和可燃矿物的物理化学性质不同,可能出现无固相的通道或者有渗透性的多孔疏松的通道。在气化层中自由通道的形成和在不均匀气体透过性的介质中燃烧带的移动是同时进行的。最初的不均匀性由于加热过程中(在热加工时)的不均匀性而变得更大。

按其特点来看,在通道中反应过程的控制应该属于半转换的气化过程,其特点是在整个反应区都有水蒸汽和挥发性物质的进入。按反应通道的长度可以分为三个基本区域:氧化、还原和转化。在氧化带和还原带之间出现中间或者半还原带。燃料准备气化区位于鼓风和煤气流动的垂直方向。

地下煤气发生炉的气体生成动力学特性是一氧化碳变换反应的发展和燃烧的体积反应很剧烈地进行。

苏联最初的煤地下气化试验开始于1933年,这些试验表明了不需要预先破碎煤层实现煤地下气化的可能性。在1940年底两个气化站投入了生产:莫斯科近郊(图拉区)——褐煤的地下气化,利西昌斯克(顿巴斯)——烟煤的地下气化。

气化煤层的准备主要是应用矿山工作(有井法),同时寻求无井方法,这是从地表向煤层打垂直钻孔,并沿煤层用通道烧通方法使之连接(贯通)。

用渗透法贯通或者用电贯通钻孔的气化煤层准备方法可以不用人们地下劳动从煤得到煤气形态的动力。

莫斯科近郊站十五年多的经验使我们能提出关于类似的褐煤矿区地下气化站的建立



問題,莫斯科近郊站动力煤气的发热量波动范围为 800~900 大卡/标准立方米,化学利用系数为 60~65% 左右,每天的气体生产量已达到 1~1.2 百万立方米,莫斯科近郊站的主要任务是进一步提高技术经济指标。

在莫斯科近郊矿区更大的地下气化站——沙特站的建設已經完成,它的設計規定把地下气化站煤气利用于两个功率各为 1 万 2 千瓩的燃气輪机,联合煤地下气化和装备有燃气輪机的电站可以最經濟地利用地下气化的低热值煤气。

在安格連(烏茲別克加盟共和国)建設的地下气化工业站將供給位于 4 公里以外的热电中心站煤气。气化褐煤层的平均厚度为 9.2 米,煤层平均深度为 156 米,此站每年將生产 25 亿立方可燃气体,相当于 70 万吨安格連煤。

烟煤的地下气化的发展要慢得多。自从在頓涅茨矿区高尔洛夫站的首次的試驗以后,掌握利西昌斯克站地下气化经历了困难的时期,此站的矿山地质条件非常复杂(煤层薄,地下水多),这里工业煤气生产尚未达到設計指标,部分用富氧鼓风而得到动力煤气,但并不认为在經濟上是合理的。利西昌斯克站的当前基本任务是繼續掌握气化过程,用空气鼓风得动力煤气,用氧和蒸汽鼓风得工业煤气。

庫茲巴斯矿区南阿宾地下气化工业試驗站工作了两年左右,煤段是 21 层。气化在厚度約为 7 米的急剧傾斜的煤层中进行,全年的煤气平均发热量为 1270 大卡/标准立方米,过程的化学利用系数在 70% 以上,已接近于地上气化的指标。最初的頂板倒塌沒有破坏气化过程。表面陷落用土填平以后完全恢复其密封性。由于气化区面积不够大以及盘区試驗的短促,因此厚煤层地下气化时頂板的情况仍然沒有完全弄清楚。

地下气化站生产的实际結果以及在国外一系列的地下气化試驗指出了其合理性以及发展这一經濟部門的前途。

苏联在地下气化方面已进行的工作無論在技术上和在規模上都大大超过外国,但是要在工业利用上得到大量廉价的煤气尚需要解决一系列复杂的科学技术問題。

发展煤地下气化总的方向應該是研究在地下发生炉中进行的物理化学的、热的以及流体力学的过程,改善現有的、研究和試驗新的地下气化方法和煤层准备方法,研究和試驗不同煤层的地下气化系統,以及火面和頂板的管理方法,研究提高技术经济指标的过程的自动控制和管理方法,研究地下气化的經濟問題。

煤地下气化远景方向是建立各种无井方法地下煤气发生炉。目前掌握了对于薄煤层(0.6~0.8 米)至 450 米深的定向鉆孔。斜鉆孔速度有相当大的提高,成本降低近三分之二。

研究了干燥、預热对莫斯科近郊、利西昌斯克和南阿宾煤煤柱气体渗透性的影响以及加热时揮发物的排出情况。进行了鉆孔渗透法貫通以及貫通时火源移动机理的理論和實驗室研究,建立了用 760~800 伏特电压电打通的理論基础(克尔日然諾夫斯基命名的苏联科学院动力研究所和全苏地下气化研究所)。在褐煤中进行試驗証明了此方法的优越性,在一米貫通通道上的电能消耗电打通比渗透法少三分之一,而貫通速度則大 3~4 倍。

对煤地下气化有很大意义的是类似在石油工业中应用的煤层水力爆破試驗。这种方法鉆孔的打通要快得多;在 20~30 分鐘內就能在煤层中发生裂紋,隙縫分布的长度大于 30 米,而用高压空气(25~40 大气压)渗透法貫通时,打通間距 10~15 米的鉆孔,至少要 4~5 天,并且往往会发生在鉆孔鼓风孔附近煤的自然,这常常会引起渗透貫通的中断。

地下气化采用水力爆破煤层可以增加钻孔间距,减少用于鼓风压缩的电消耗,使深部煤层气化。

成功地在莫斯科近郊进行了用发生炉煤气的显热来预干燥煤层的、新的地下气化流程的试验(全苏地下气化研究所)。当此流程在自然条件下进行试验时,得到煤气的发热量为 900~1050 大卡/标准立方米,在地下几乎没有损失煤。

煤地上和地下气化的化学利用系数和煤气发热量的比较如表 1 所示。

表 1

煤 气	化学利用系数 %	煤气低发热量 千卡/标准立方米
蒸汽空气煤气(莫斯科近郊煤,直接过程)	84	1420
蒸汽空气煤气(牌号 II 烟煤,直接过程)	80	1400
地下气化煤气(南阿宾,内 4 层)	73	1270
蒸汽空气煤气(褐煤,“沸腾床”)	71.5	1000
高炉煤气(焦炭)	65.4	900
地下气化煤气(莫斯科近郊,新巴苏胡斯克矿)	65	900

由此可知南阿宾站地下气化的某些主要指标已达到了广泛应用的固体燃料在“沸腾床”上的地上气化过程的水平。

达到的过程的化学利用系数和煤气发热量决定于许多因素,特别是决定于进行气化过程的煤层的厚度。而这种关系不仅由过程的热制度而且由反应通道中可燃的与不可燃的表面的比例所决定。

在提高气化过程的化学利用系数工作的同时,必须要努力于提高总的利用系数,亦即利用煤气的显热。应该指出,这方面有成效的方法迄今尚未建立。

在这方面有很大意义的工作是约飞院士和他的同事们在应用半导体而不需要机器来直接从热能转变为电能的研究。这一杰出的创造确立了煤在地下加工过程时热能转变为电能的无限前景。在半导体元件中随着绝对温度增加成比例地增加电动势。现在已工作着的的不大的实验室型热电发生器的利用系数为 7%。

随着半导体元件的利用系数的进一步提高以及找到了工程上解决大功率的装置的办法使得有可能直接从地下气化钻井中利用地下气化煤气的显热。

利用半导体能使在很多情况下、在地下条件下实现半烟道气和烟道气过程,并用这种方法来利用薄煤层、高灰分煤层等等,通常这些煤层在地下气化时是有困难或者不可能得到可燃的标准(合格)煤气的。

现在在地下气化站有一些起码的关于气化过程的控制和操纵方法与措施,其要点是控制鼓风和煤气流。煤气组成和漏损量大小决定于在地下发生炉中鼓风和煤气流的正确分布以及鼓风、煤气和炭表面的反应情况。研究地下发生炉中鼓风、煤气气体运动的最有前途的方法之一是示踪原子的应用。合理建立钻孔以及选择适宜的气化系统是管理鼓风、煤气气流的方法之一,同时亦是与煤在地下损失作斗争的方法。应该指出,地下发生炉的水力学制度对煤气漏损大小的影响甚大。为了减少漏损最好最大限度地降低在煤气排出方向钻孔顶部的压力,但不应使它低于大气压,这是为了使空气和煤气鼓风还可同时

工作。

稳定的烟煤的地下气化过程的建立由于顶板的管理问题还没有完善地解决而受到阻碍。目前解决此问题的最合理的方法是借湿的或干的充填办法来控制反应通道的截面。对水平煤层和软的顶板，随着煤的燃烧掉会自动地形成渗透通道，不用人操心。当倾斜煤层、特别是厚的烟煤煤层地下气化时，气化析空区的充填作用就显著增加，它能防止顶板倒塌，因为顶板破坏会大大损坏盘区的严密性，充填还能防止发生迂迴的鼓风气流并能引导鼓风气流向火面移动。

可惜的是，矿业研究所对适用于地下气化条件的、进行了多年的空气流充填的实验式试验在利西昌斯克站为了试验回填的特殊盘区的准备工作结束后停止了，并且当时在该站已有进行试验工作的特殊设备。

还在此研究所，停止了极其重要的工作，就是不同地质条件下煤层气化系统问题的研究，此问题不解决，地下气化企业的技术经济指标不可能有很大的提高。

没有一个研究所进行对现有的气化方法作科学分析的系统的工作以及建立分析和研究新的地下气化流程方面的工作。

只是有了足够高的科学水平才能建立控制气化反应的方法。使用通蒸汽的方法使控制地下发生炉中进行的一氧化碳转化反应或者把气化和转化结合成一个统一的过程有了可能。找到了用预热准备气化的煤层和其他一些方法来大大提高煤气中可燃成分（一氧化碳和氢）含量的一些途径。以 Ф. И. 萨凡林斯基命名的苏联科学院水文地质问题研究室证明有可能控制煤矿区干燥程度，使其调节到为地下发生炉正常气化制度所必需的最适当的含水量。

毫无疑问，研究工作的发展，与此同时一些老办法的改进将产生新的更有远景的地下气化反应控制的方法。

特别落后的是建立气化过程地下参数控制方法的工作。假如这些参数没有足够准确的控制就必然不能有把握和可靠地操纵气化过程。地质物理研究所曾一度进行找寻和验证地下控制方法工作，但目前这项工作停止了。

近来，煤地下气化的发展远景是与利用工业煤气得到合成的有价值的化学产品的可能性相联系的。可燃矿物研究所和全苏地下气化研究所共同奠定了在地下气化条件下用蒸汽氧鼓风机制取工业煤气的理论基础。但是在地下气化基地制取工业煤气的任务解决得太慢了。

煤地下气化经济的研究有非常重大的意义。这项研究应该阐明可以解决此问题的国民经济和社会效果，阐明已开工的地下气化站的技术经济指标的规律以及查明进一步提高已有指标的途径和远景。在这里应指出的是得到的最高指标只是在大企业中才能达到，因为在这样的大气化站中有可能采用在钻孔、气化系统、气化方法自动控制以及地下气化过程的管理等方面最新的科学技术成就。

煤地下气化问题的科学研究工作应该广泛地展开起来，并且重要的、决定性的关键是要进行自然条件下的试验。必须在短期內用较少的投资建立不同矿山地质条件下的、不大的地下气化试验站。每一地下气化站应该有自己的试验基地。

在苏联科学院领导下进行的地下气化方面的科学研究工作必须要加强、增加参与这个问题研究的科学机构数目，巩固他们的实验基地。

領導研究此問題的應該是矿业研究所，那里必須集中一批最強的研究力量——在此領域中，有能力研究地下气化中最重要問題的專家。必須保證全部條件，以期使地下气化企業在最短時間內很快提高技術經濟指標，并使成千成萬的人們可以从地下勞動中解放出來。

在煤地下气化方面的科學研究、試驗以及工業性的工作愈是廣闊地开展和這些工作愈是加緊進行，這個問題的解決也就愈快，而這個問題的解決是具有很大的國民經濟和社會意義的。

〔吳育虎譯 叶學融校〕

1950—1955 年期間蘇聯科學院各研究所 固體燃料地下气化的科學研究

院士 捷爾比戈烈夫

技術科學副博士 柯爾什

A. M. Терпигорев, М. П. Корш, *Подземная газификация углей*, 1, 3—9 (1957)

蘇聯科學院在 1938~1939 年開始研究煤地下气化工作。卫国戰爭期間各研究所和地下煤氣站暫時中斷了地下气化的一切研究。在 1945 年，科學院各所工作在蘇聯科學院固體燃料地下气化委員會領導下恢復了。

那時蘇聯科學院研究所參加煤的地下气化工作的有：Кржижановский 動力研究所，采礦研究所，自動技術和遙控研究所和力學研究所。

從 1945~1950 年期間各研究所的工作和取得的成果曾發表在 A. M. Терпигорев 院士和 И. П. Кириченко 的文章中（*Подземная газификация углей*, №1, 1954）。

本文介紹蘇聯科學院各研究所在 1950~1955 年期間所取得的煤地下气化規劃方面的研究成果。

在 1950~1955 年內，除上述各所進行煤的地下气化研究外，還有以下各研究所：可燃礦物研究所，石油研究所，地球物理研究所，地質研究所，經濟研究所和 Саваренский 水文地質研究室。

1953 年 2 月 13 日，在蘇聯部長會議“關於發展煤地下气化科學研究和試驗工作措施”的決議中，批准了煤炭工業部和蘇聯科學院的關於煤的地下气化主要研究工作計劃。完成這個計劃，是蘇聯科學院所屬各研究所的主要任務。

根據各研究所在地下气化規劃工作方面的評述和主要科學研究工作計劃完成情況的基本總結，已向固體燃料地下气化委員會提出了蘇聯科學院和蘇聯煤炭工業部的報告及其他資料。

蘇聯科學院可燃礦物研究所（ИГИ）是蘇聯科學院領導研究煤地下气化過程理論的研究所。在研究所中有如下研究室參加“燃料地下气化”問題的工作：固體燃料地下加工物理化學過程研究室，工業氣體加工工藝過程研究室，燃燒物理化學研究室，岩相研究室

和氣化研究室。

研究所進行的工作具有重大的科學意義和實際價值。其中主要有制定煤地下氣化化工過程的理論。也進行過褐煤和煙煤透氣性能測定的研究。對透氣性坑道中成氣過程和燃燒中心的擴展(氣化過程)作了觀察。研究了滲透法打通時的成氣過程及CO轉化反應的動力學。頁岩透氣性研究已完成,現在正研究無井地下加工頁岩的方法。

由各研究所的工業試驗和工業性地下氣化站的工作經驗總結,制定了煤地下氣化過程化學工程理論基礎。並出版了“煤的地下氣化化學工程原理”一書(1953年蘇聯科學院出版)。這本著作是國內外第一本關於煤的地下氣化理論的專著。該書中理論上所綜合的結果正應用在地下煤氣站、設計機關和科學研究機關的實際工作中。這個工作是進一步研究煤的地下氣化化學工程理論基礎。可燃礦物研究所與全蘇地下氣化研究所已開始研究煤的地下氣化制取適用於合成氨的工業氣的理論。該工作已總結在1954年出版的報告中。

從理論上的推論和全蘇地下氣化研究所在天然條件下所進行的模型試驗中看出,用褐煤、煙煤地下氣化生產適用於各種不同化學合成的工業氣具有現實的前途。

考察地面上製造工業氣各種方法明確了地下氣化最合理的是蒸汽—氧鼓風的無井地下發生爐操作方法。理論上的研究證明合成氨工業氣可以用含氧不少於40%鼓風氣來制得(指干鼓風氣計算)。明確了一氧化碳通過利西昌斯克和莫斯科近郊煤灰層時轉化反應對工業氣最終組成的重大影響。已開始研究工業氣淨化和加工制取氨、液體燃料和其他化學產品的工作。上述的這些工作使得用地下氣化方法製造工業氣在理論上和實際上得到了進一步的發展。

可燃礦物研究所和全蘇地下氣化研究所進行了利西昌斯克、莫斯科近郊地下氣化站的動力氣生產的主要指標的改進工作。在1953~1954年總結報告中提出了改進地下氣化站指標的具體建議。其中可燃礦物研究所研究了無井煤地下氣化減少鼓風和煤氣漏損的理論。1955年它與全蘇地下氣化研究所研究了井從理論上修改了沙特地下氣化站試驗發生爐第一次冷試驗結果。這對該站今後掌握生產具有重大意義。可燃礦物研究所與Кржижановский動力研究所和地下氣化研究所對煙煤電流法焦化作作了理論上、實驗室和模型試驗的研究。並出版了綜合報告(1953~1954年)。某些結果刊載於Изв. АН СССР, ОТН, № 6, 1956。可燃礦物研究所所完成的對利西昌斯克煤塊電熱下溫度場的實驗室研究,所得關係完全符合動力研究所對解決課題所作的分析。它對過程必要的基本參數評價提供了可能性。實驗和理論的工作指出了電熱過程原則上的現實性。但上述研究所和地下氣化研究所一起所進行的在天然條件下的研究指出,應用電熱法制取高熱值煤氣和液體燃料,在目前對工業經濟上尚不適合。上述研究所與動力研究所、愛沙尼亞科學院、愛沙尼亞地方工業部和頁岩工業部對地下燃料加工方面(即可燃頁岩的加工方面)進行了研究。1952—1954年第一次試驗了在天然條件下無井地下加工可燃性頁岩的方法。用氣濾法(空氣打通)和電流法進行了預處理礦層的研究。結果取得了電流法熱解和氣化頁岩的經驗,在這個基礎上,愛沙尼亞地方工業和頁岩化學工業部設計了更大的試驗裝置。研究工作表明在天然條件下地下加工可燃頁岩層及繼續試驗的合理性。

此外,1955年可燃礦物研究所完成了許多理論特性和實驗特性方面的研究。研究了庫茲巴斯區南阿賓煙煤的裂紋和透氣性。用第IV內煤层煤樣進行了透氣系數測定的研

究。在吸湿水分和隔絕空气的情况下，把煤样加热到不同温度来考察。实验結果发现煤样从吸湿水分到绝对干燥状态透气性增加不大。南阿宾斯克煤样从 100° 加热到 500°C，透气性約增加 1000 倍。煤加热后透气性的增加与高温下裂縫扩大有关。从結果可以假定：当气流分布在内部第 IV 层中，大部分气体通过經高温作用过的煤层。

为改善和进一步研究气滤法对鉆孔打通机理作了火面移动过程的实验室补充試驗，使之作为无井地下气化矿层預处理方法之一。分析各研究者对通道中火面移动的資料，証实了过程中有产生移动层和移动过程的阶段。研究指出了鼓风速度和燃料水分对逆向气流移动层速度的影响。

莫斯科近郊煤和可燃頁岩的导热系数 λ 和导温系数 α 已获得。制定了理論上和实际上煤地下气化燃烧过程和气化过程的綜合計算方法。并将試驗数据組成了准数关系。1954—1955 年在本刊上曾登載了可燃矿物研究所工作人員关于一些煤的地下气化理論和工艺上各类研究問題的論文。目前可燃矿物研究所准备出版該所在煤的地下气化方面的研究工作論文集。

苏联科学院动力研究所 按照煤地下气化规划在新的电工技术上进行科学研究工作，即直接用电流作用于煤层和頁岩层。研究工作在技术科学博士 Э. А. Меревич 教授领导下进行。主要方向是研究沿煤层电打通鉆孔理論，并与煤炭工业部工程师一起制定利用电流的煤地下气化方案。

褐煤、烟煤(莫斯科近郊和利西昌斯克气化站)和頁岩(爱沙尼亚科学院)的电打通方法已进行了研究。在研究电打通法机理后研究了莫斯科近郊褐煤和利西昌斯克烟煤的电物理性質。对电流作用在燃料层时燃料层所产生的一些过程的理論概念作了探討。提出并实验验证了鉆孔間最初导电通道的形成理論。用电子积分仪(与阿塞拜疆科学院合作)和分析法研究了电打通鉆孔間的电場。与全苏地下气化研究所和莫斯科近郊地下气化站在現場作了扩大試驗。試驗了現場下煤层鉆孔套筒的电势测量和其中封閉电流控制的方法。結果登載在本刊 1954 年 № 1 和 1955 年 № 5~6 两篇論文中。此外該工作参加者准备出版“电流法作为地下加工燃料无井式預处理”的专著。

在研究工业性褐煤电打通的同时，动力研究所和全苏地下气化研究所、莫斯科近郊地下气化站在上述站进行研究。在現有一些发生炉鉆孔和試驗地区改进了电极构造和操作方法。制定了一組組鉆孔用电打通联結地下炉发生炉火面的方法。电流法打通褐煤鉆孔工业性实验結果，大多数情况下可得到透气性坑道。与一般空气打通鉆孔法比較，可縮短打通鉆孔時間和使电能消耗減少数倍。

在 1955 年 4, 7, 8 三号气体发生炉中打了 85 个井，而 8 号用电流打通法来气化。这个发生炉产生了占总生产量 33% 的商品煤气。

电打通与空气打通之比較結果如下：

	空气打通	电流打通
速度(米/昼夜)	0.6	1.6
电能消耗(米/千瓦吋)	1500	565
成本(卢布/米)	328	156

以上可見，由地下气化研究所与莫斯科近郊站所作的計算，証实了莫斯科近郊地区褐煤鉆孔新方法的工业經濟效果。

动力研究所与地下气化研究所在利西昌斯克烟煤区作了电打通钻孔試驗工作。从得到个别的透气性通道証明了烟煤电打通在理論上的可行性。但是至今尚未找到滿意的工艺解决办法。

动力研究所在煤的地下气化电流加热法研究中，进行了电流通入燃料层使焦道扩大过程的相似性試驗。算出了在各种电功率比耗量下通道扩大速度。研究了沿通道截面温度場計算的数据，它与可燃矿物研究所、地下气化研究所的試驗結果相符。試驗結果已归納于三个单位报告中，主要結果刊登在可燃矿物研究所的出版物中。

苏联科学院采矿研究所(ИГД) 在 А. М. Терпигорев 院士,技术科学博士 М. А. Гердов, 副博士 И. П. Кириченко 领导下开展了煤的地下气化工作。最初一些研究是观察高温作用下含煤岩石的动态。了解到加热时煤层两侧含碳部分也产生可燃气混入气化产品中,这在物料平衡时应加考虑。采矿研究所进行了煤地下气化过程中頂板的控制的理論和實驗室工作,尤其用气压下填充气化后的空間問題。結果建立了气压下填充空間的一些理論前提。确定了地下气化时气压下填料的輸送可分为两个阶段: а) 填料在地上和地下交通道的輸送; б) 填料在地下发生炉气化后空間的輸送。前者类似在各工业部門采用气体輸送粒状物料的过程。后者具有許多特点。因填料进入气化后空間是在气化空間生成煤气和热鼓风中进行。气化后地下发生炉空間填料移动速度与許多因素有关,主要的是煤层燃烧速度,燃烧后空間形状和位置,所用填料的大小和性質,地下发生炉的压力和温度,煤层頂板坚固性和性質等。考虑这些因素后应在使任何气化层位置的情况下所供应的填料量严格地适应气化过程中生成空間的大小。煤的反应面在所有時間內应保持自由,而气化后空間保持最小,以避免薄弱頂板的倒塌或坚固頂板中生成过大的自由空間。研究所在利西昌斯克地下气化站用砂作了气流填充的初步試驗。为了詳細研究气流填充过程,地下气化研究所根据采矿研究所的要求作了專門試驗盘区的設計,預定1957年完成。采矿研究所作了南阿宾站气流填充材料选择的實驗室工作,采用了燃烧器和某些不同形状的該产地的岩石进行了工作。上述工作的結果表明,南阿宾地区岩石和燃烧器的資料可供交流填充空間用。

該研究所对已有的煤地下气化方法和系統作了評价,这一工作的結果归納在 И. П. Кириченко 发表于本刊(№ 6, 1956)的文章中。此文将煤的地下气化方法和系統作了分类。作者按反应空間的結構作为分类標誌,地下气化分为三类:坑道式,多孔介質和联合式。选下述三点作为地下气化方式的主要分类標誌: а) 地下反应空間的准备方法; б) 气化过程的现实方法; в) 盘区和地下气体发生炉的結構形式。所作的这项工作有助于煤的地下气化方法和方式复杂問題的研究。

在研究原煤层气化方式时,采矿研究所作了一些初步結論。南阿宾区厚层(第 IV 层 9 米)气化时用未經預热鼓风空气可得 1300~1500 大卡/标准立方米高热值煤气的理由,气化过程是在塌碎煤层中和沿煤层斜孔发生器中进行。煤气中含焦油,即揮发份沒有被裂化,也証实了过程是按此流程进行。在 1 号发生炉气化后空間大小改变对煤气热值沒有影响,这也間接証实此种假設。当大量煤燃烧后可能发生大量倒塌,引起气化过程的紊乱。为防止前述現象,А. М. Терпигорев, И. П. Кириченко, П. А. Букин 提出了在地下发生炉气化后区域中加入填料来控制頂板的方法。基于所进行的研究工作,他們得出了以下結論:在傾斜钻孔发生炉中采用气流填料与无填料的气化过程相比較,前者可增加

气化煤的数量,利用綜合法結合气体发生炉渗透法打通鉆孔的方法,实现气化过程。此种气化方式增大了发生炉鉆孔間距,降低气化层准备成本。采用填充气化空間的方法提供了矿层兩側成气的可能性。根据南阿宾初次試驗盘区所得数据的分析,采矿研究所建議为减少气化时頂板不利影响,增加鼓风量到 8000~12000 米³/小时(代替以前用 2000~3000 米³/小时)和应用鉆孔套筒直径不小于 300 毫米来加速氧化。为取得該区正确气化方式的資料,必須加速盘区建設和开工,这些盘区采用气流填料空間的气化方式。

苏联科学院石油研究所 研究了热加工开采石油的方法,着重研究增加采油率引入热量的方法和設備。在制訂各种热采油方案时,采用了工作炉机組 (забойный топочный агрегат) 进行試驗最为合理。为了研究这一装置,曾在实验装置中进行了实验,并拟定了工作炉机組的一系列流程。与工作炉机組有关的工作条件,有炉的适当大小、生产率、压力、容易控制等。制造的炉組在实验室作了工业性条件的試驗,初步結果良好。該工作炉机組尚应大大改善。

苏联科学院力学研究所 在技术科学博士 И. А. Чарный 领导下按燃料地下气化规划,进行了燃烧层存在时鉆孔間煤气在煤层中渗透的研究、地下气化时煤气和鼓风量的损失、测定气化过程中燃烧区变化的理論研究。拟訂了热煤气渗透时煤屑加热的計算方法以及从积水的水平煤层用压缩空气排水的方法。在理論上制定了不同透气性傾斜层排水鉆孔距离的測定方法。

得出如下結論: а) 为减少煤气损失,在气化后空間合理地保持尽可能低的压力,但进行最大強度的气化过程; б) 在其他条件相同时,气化后空間气体损失对深煤层是与气化后面积的平方根成正比,而对浅煤层則与面积成一次比; в) 在同样大小的燃烧区域中,接近圓形区域的损失量将最小。理論上解决煤的地下气化条件下气体渗透和损失問題具有很大意义,但在研究所工作中沒有应用具体地质条件来进行計算。这就使得在实际中对現有地下气化站采用該研究所所拟定的計算方法有困难。

苏联科学院自动化和遙控研究所 按煤地下气化规划在技术科学博士 Н. Н. Шумиловский 领导下研究了沿煤层定向鉆孔控制方法和仪器。在技术科学博士 М. А. Чаврилов 领导下研究控制过程中各变数的方法和仪器。

該研究所与乌克兰科学院机械化自动化研究所及利西昌斯克气化站定向鉆孔試驗所一起,研究沿煤层定向鉆孔的控制和鉆孔傾斜角方位的測定。制造和試驗了在天然条件下自动控制鉆孔傾斜角和方位角,使用有电纜联接的仪器测定了沿煤层定向鉆孔鉆头位置。也制訂了用阴极示波仪連續观察鉆探时鉆头位置方法。与此同时該研究所在理論上开始研究无电纜控制法和电力測微法。但这些工作目前已停止,无疑这是不正确的。

該研究所还参加了地下气化研究所的工作,研究了并制成了分析 6 种混合气組成的質譜仪型气体分析器。这种气体分析器試制品已在生产中使用,并証实了它的可靠性。自动化与遙控研究所与地下气化研究所一起制备了并在工业条件下已試驗成功周期性远测地下气化煤气各变数的仪表(压力表,流量表,温度表),所制定遙控的流程和仪表已被采用。目前在制造全套工厂用周期性遙控仪器,这种仪器将装配在莫斯科近郊气化站。同时研究出遙控閥門的流程和仪器,并已在莫斯科站取得良好的試驗結果。

研究所必須繼續进行改善煤的地下气化中地面設備的控制和管理工作,制訂沿煤层定向鉆孔鉆探远程控制 and 自动操作的方法。

苏联科学院水文地质研究室 按燃料地下气化规划在地质矿物学博士 А. И. Силин-Бекчурин 领导下,研究地下水对莫斯科近郊和利西昌斯克站地下气化过程的影响。关于莫斯科近郊站和利西昌斯克气化站地质条件的实际资料作了搜集和系统整理。与地下气化研究所一起对莫斯科近郊煤区水文特性和干燥方式作出了结论。研究室与地下气化研究所共同拟定了莫斯科站复杂水文地质条件下进行干燥的方案,并开始进行现有发生炉地下水平衡的工作。根据理论上的前提条件实验室模型试验以及对现场的分析提出了关于煤气热值与四周岩层组成、发生炉含水性和煤层性质的关系。根据分析和数据对比得出了发生炉含水量是影响煤气热值主要因素之一的结论。必须指出,由于煤的地下气化工作的扩大和新气化站的开工,该室地下气化工作应大大扩大。

苏联科学院地球物理研究所 在 1956 年已分为大气物理研究所、地球物理所和应用地球物理所,按煤的地下气化规划进行燃烧层位置的研究和地下发生炉测温方法的制订。

在理论的、实验室和天然条件下研究了电测法、重力测定法、磁力勘探法、倾角仪方法和热量法等测定火面位置的方法。对地震法也作了研究。但现场试验没有进行,因理论计算证明利用它是不合适的。该所按其他各种方法得出了下述这些结果:因经常变化的工业性干扰电测法不可能用于莫斯科近郊地下站测定火面位置。根据重力法建立了测定火面位置的理論。为了解它在实际现场中的适用性,必须在发生炉上加以测定。同样也建立了磁力法测定发生炉火面的理論,并且制备和试验了装备。但发生炉的试验尚未结束,还不可能对此法作出结论。已作过的研究工作中倾角仪方法是有前途的,它在测量及观察上使用简便,为了改进此法尚需继续在現場发生炉中试验。在所有方法中最成熟的方法是热量法测定地下发生炉火面位置的方法。已制成和试验了可在現場中随时观察火面位置移动过程的设备。研究所建议用此法在试验炉进行研究工作。

审查了热量法所进行的研究工作结果后,1954 年 8 月 4 日煤炭工业部煤地下气化管理总局和地球物理研究所会议上作出了一项决定指出:虽然热量法尚不能很快很容易和精确地测定火面离地表的位置;同时利用它需要大量的投资,但地下气化站可应用它和矿山测量相结合的方法,尤其是可用于试验性发生炉的研究工作上。其次指出在現場热量法继续试验的同时,地球物理所必须探求其他测定地下发生炉火面位置的方法。

在测定气化层温度方法方面,该所与地下气化研究所在莫斯科站及利西昌斯克站上进行了研究工作。开展这些研究工作的结果已制成了地下发生炉气化层测定温度的方法仪器。研究所首次测量了火面温度和在气化期间煤层顶板和底板岩石的温度。利西昌斯克地下气化站测量的最高温度为 1052°C 。在 5~10 天以内高温可以稳定,此后置于煤层中的保温装置损坏了。研究所指出在煤层中及接近火面顶板中温度升高的特征是从 100°C 很快地升到 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。建议在研究工作中采用该测温方法和仪器。

苏联科学院地质研究所在 1953~1954 年开展了“探求煤的地下气化时减少鼓风和煤气损失的方法”的研究工作。该所与地下气化研究所一起在現場的研究工作中确定了莫斯科近郊站发生炉中鼓风量和煤气量的损失是因有裂缝的石灰岩层和煤上砂层而形成。

为减少莫斯科站鼓风和煤气损失,建议打通时降低压力,维持发生炉静压力在 300—400 毫米汞柱,采用最合理的钻孔位置等。同时指出进入发生炉的地下水引起煤气损失,必需在计算物料平衡时加以注意。

苏联科学院经济研究所 进行现有的和建设中的煤地下气化站技术经济指标评价工

作。这些研究工作有可能对许多矿区在进行矿井开采和地下气化过程的比较时得出其工业经济效能的结论。工作结果将出版在“煤的地下气化目前情况下的经济分析”一书中。

* * *

最后必须指出，虽然苏联科学院各研究所在煤的地下气化工作中已取得了一定的成就，但尚存在着许多重大的缺点。大多数研究室在地下气化方面没有保证必要的生产场所，没有配备适当的工作人员。由于这样，苏联科学院在该问题上进行的理论和试验工作是不足的。随着新的地质条件的产煤区、新的地下气化站建设和开工，所要进行研究的理论和试验课题的数量和复杂性必会增加。大多数问题应在苏联科学院各研究所进行。因此目前某些研究所中断了有关煤地下气化规划中的工作，并把这方面工作人员转到其他工作的趋向是不对的。为了胜利地解决苏联科学院各研究所拟定的第六个五年计划的任务，苏联科学院各研究所、室、组所制订的地下气化规划一定要保持和全面地加强。

[毕载俊译 朱之培 林均勇校]

苏联可燃矿物研究所在固体燃料地下气化领域中工作的基本总结和今后的研究任务

技术科学博士 法尔别洛夫

И. Л. Фарбелов, Труды ИГи, Том VII, 103—113, 1957

前 言

众所周知，地下气化过程的实质，一般来说是在于必须将作用气体（空气、氧气、蒸气或者它们的混合气）引入深深地埋藏在地下的煤层中去，进行一定时期的矿层热处理，在它内部构成许多反应通道，保证煤表面和作用气体之间的接触以便获得可燃气，最后将煤气引导至地面输送给消费者。

在地下气化综合技术问题方面，矿区地质的水文地质条件具有非常重大的意义；矿山技术和钻井等问题往往也影响煤地下气化过程的实际效果。

化学工艺过程以及和它相关的物理化学的、热的、流体力学的过程是该问题的科学中心。

苏联可燃矿物研究所在地下气化领域中的研究方向是由这些过程的实质分析或实际任务所决定，并符合于研究所的科学规划的。

目前研究所在地下气化工作方面的主要方向是：

a) 燃料地下气化过程工艺管理原则的理论和实验的研究。这个方向包括很广泛的问题，结合可燃矿物在地下气化时的预处理过程、它的气化、作用气体和煤气在矿层中的流动等进行研究。

b) 在煤地下气化时，供化学合成用的工业煤气制备过程，以及在制造化学产品时，这些煤气加工和净化方法的理论和实验的研究。这个方向同样包括很多问题，结合蒸气-氧

气作用气的气化过程、轉換反应、吸附过程、以及微塵淨化等进行研究。

現在苏联可燃矿物研究所有以下几个研究室参加地下气化方面的工作：固体燃料地下加工物理化学过程研究室(室主任：技术科学博士 И. Л. Фарберов)，工业气体加工工艺过程研究室(室主任：技术科学博士、教授 Н. В. Лавров)，燃料燃烧物理化学过程研究室(室主任：技术科学博士、教授 Б. В. Канторович)，气化研究室(室主任：技术科学博士 Н. В. Шишаков)，岩相研究室(室主任：地質矿物博士 И. И. Аммосов)。

我将非常扼要地提到一些早期(包括战前在內)在 Энни, 然后在 ИГИ 所完成的工作, 这些工作具有原則性的意义, 并且在以后一系列的研究中得到了发展。

如在 С. А. Голденберг, Б. В. Канторович, Н. В. Лавров, П. В. Скаф, И. Л. Фарберов, О. А. Чуханова, А. Б. Чернышев, З. Ф. Чуханов 以及其他同志的工作中, 已經首先提出和完成了关于在煤通道中, 气化和燃烧过程的理論和实验的研究。按照气化带长度分布所得到的資料, 已經提示过程的自然形状并拟定了在圓的以及矩形截面通道中这些带发展的理論計算方法, 发展了在煤通道中关于燃烧面、它的移动条件以及热交换概念。上述研究对于在任何結構和形状的煤通道中所进行的煤地下气化过程具有很巨大的意义。

必須指出, 以前所进行的工作还远远不能解决这些复杂的科学任务, 同时在这些領域中的科学研究尚在繼續进行, 关于这些将在下面讲到。

同时我将要簡要地提到具有重要意义的工作, 即关于在多孔性煤介质中, 燃烧和气化过程中渗透的研究。在一系列論文和科学著作中已經发表了 Н. В. Лавров, Р. Н. Пигин, И. Л. Фарберов, А. Б. Чернышев, З. Ф. Чуханов 等的理論和实验的研究工作, 奠定了这些重要的、甚至在那时还是完全新的科学研究領域中广泛工作的基础。

特別是这关系到莫斯科近郊褐煤地下气化过程的研究, 如作用气体和煤气經過煤块的渗透(渗透接通), 同时火面的轉移和可燃煤气的生成、灰渣作用、关于“渗透通道”概念的应用等現象的确立具有原則性的意义。与此同时 И. С. Чаркуш, Я. П. Крючков, В. А. Матвеев, В. И. Паньковский, П. В. Скаф, Д. И. Филиппов 以及其他同志著名的实际工作, 为压井地下气化过程, 其中亦对莫斯科近郊褐煤科学研究的长远发展, 提供了前提。

1953 年“煤地下气化化学工艺的科学基础”专論的出版, 是苏联可燃矿物研究所在科学研究发展上的重要标志。

除了可燃矿物研究所这本著作有一定的不完整性的缺点以外, 毫无疑义地这本著作还可以用来作为煤地下气化化学工艺方面进一步长远研究的理論基础。这本論著的出版, 无论是在可燃矿物研究所, 或是在其他許多科学研究机关都引起了广泛的爭論和批判, 这也表明了对于科学研究的发展是有所裨益的。

从早期积累的資料的批判性考察中, 可得出的一結論之一就是：按照主要的科学方向, 同时在一系列研究工作规划下, 进一步系統地积累实验資料的必要性。下面将探討这些工作中的某些部分。

可燃矿物的某些性质的研究

众所週知, 无井地下气化的工艺过程, 可以分为两个彼此相連續的阶段：矿层无井的

預处理和它的气化部分。前一阶段它包括矿层的鉆眼，进行矿层干燥的綜合措施和进行无井沟通。

迄今，空气火力渗透的沟通是通路打通具有成效的方法，已經使莫斯科近郊褐煤的地下气化在工业的規模上有付諸实现的可能。

矿层的气体渗透性是实现通路工艺过程的自然基础，对于这个地下气化工艺非常重要的指标进行詳細的研究，已經被公認是必要的了。我們研究所在这方面已經安排了很广泛的研究，研究对象是莫斯科近郊褐煤，頓巴斯的利西昌斯克烟煤，庫茲巴斯的克斯列夫烟煤以及爱沙尼亚的庫克尔斯特可燃頁岩。已經試驗了数百个代表性的試样。

本文不拟对这些工作中所获得的大批結果詳加介紹，而仅仅提及其中的一部分。

对于莫斯科近郊褐煤，确定了它們水分变化时的渗透性的規律性(Э. Н. Лазарева, Р. Н. Питин)。

发现莫斯科近郊煤的渗透性有三个变化范围。第一个范围内，当水份量由最大下降至22~20%时，煤的渗透性急剧上升数百和数千倍。在第二个范围中，当水份量由22~20%下降至10~8%时，煤的渗透性增长不多，在10倍以內。最后水份量由10~8%变化至3~2%引起煤渗透性相当大的改变，其增长倍数較第二范围者为大，但小于第一范围者。

在加热莫斯科近郊煤时，发现在干燥时期它的渗透性非常急剧地增加，这个增加較之从100°加热至500°时的渗透性大很多倍。

所获得的結果，对于莫斯科近郊煤田沟通过程的正确安排具有重大的意义，特别是确立煤层开始預热处理主要的良好作用。

关于莫斯科近郊褐煤性质的概念已經解决，同时也获得了有关气孔率和渗透性、灰份量和最大水份量以及平行和垂直矿层的渗透性等新的試驗数据；但是文章的篇幅不容許将这方面的問題闡述得很詳細。当研究烟煤的渗透性时(Р. Н. Питин, К. И. Чередков)，发现了过程的另一机理。原来，当利西昌斯克烟煤干燥时，其渗透性的增长較之莫斯科近郊煤干燥时的增长要小几百倍，同时利西昌斯克烟煤加热到300~400℃时，其渗透性增长1000或更多倍，即比莫斯科近郊煤同样加热时要大很多倍。已发现胶质状态并不是煤气在煤块中流动的重大障碍。

苏联可燃矿物研究所岩相实验室曾經进行了关于烟煤，特别是应用于南阿宾斯克地区地下煤气站庫茲巴斯煤渗透性問題的研究，这是可以大大地扩大研究的科学領域，并且确定了具有巨大理論和实际意义的新的事实。

И. И. Аммосов, И. В. Еремин 以及他們的共同工作者按照作为煤渗透能力指标之一的裂紋性质进行了工作。为此他們拟定了粗裂紋和細裂紋定量分析的方法，确定了具有最大渗透能力的裂紋原始类型，表明在自然矿层条件下降低煤渗透能力的一些因素，并指出，煤的渗透能力不是决定于裂紋的多少，而是决定于它們原始类型。当煤渗透能力直接测定时(Р. Н. Питин, К. И. Чередков)，这个解释得到了証实。

現在对庫茲涅茨煤田局部范围煤紋所进行的研究，其目的在于确定不同矿区中它最大渗透性的方向；同时也进行了单独岩相类型煤渗透能力的研究。

关于固体可燃矿物渗透能力和裂紋詳細研究的結果，提供了当矿层打通时在其內气体流动机理的資料，并展示了在实践中这个过程进一步改善的远景(符合渗透性正确方向

的眼布置,所要求的压力差度,矿层预先干燥,矿层的热处理等)。

在叙述我們工作的其他相类似的方向以前,扼要地指出,在一系列可燃矿物性质的研究过程中,我們已經注意到了对燃料块度热传导系数和温度传导系数的理論和工程計算所必須的試驗測定。

在 Е. С. Авдони́на, Е. К. Родионова, И. Л. Фарберов, Н. П. Юрьевская 的工作中,获得了莫斯科近郊煤和可燃頁岩 α 和 λ 数值的变化。例如,指明在 $100\sim 600^{\circ}\text{C}$ 温度間隔內,莫斯科近郊煤块的温度传导系数是随着它預处理的温度直綫增长,而当时对于庫尔斯特頁岩样品却得到了另一种关系。

固定功率的稳定热源方法,并附有可以自动記錄的 Н. С. Курнаков 高温計(可燃矿物研究所試驗工厂 ПК-52 型)被应用来測定高温时燃料样品的导热系数。

关于煤层中的气体流动

在煤层中大量作用气体和煤气的流动,引起了一系列特殊的和新的現象,这些現象在地面上的气化条件下是不会发生的。由于在地下气化发生炉中缺乏阻挡气体通过的墙壁,因而值得特別注意的是作用气流和煤气流弥散的现象,这使得这些气流从地下煤气炉中逸漏,即产生直接的生产损失。因而提出了现实的重要任务,即地下煤气炉合理流体力学制度的理論探討,并須考虑到煤层的物理性质和煤地下气化过程的工艺。

在 В. А. Смирнов (全苏地下气化研究所), И. Л. Фарберов (可燃矿物研究所), И. А. Чарный (苏联科学院力学研究所)等已发表的文章和科学报告中,将地下石油-天然气水力学一般方法的扩散概念发展到无井煤地下气化的領域,并提出了相应的分析計算和图表。

考虑到力学研究所和全苏地下气化研究所的工作,我們研究所今后在这方面的发展,有可能获得新的重大的結果。Р. Н. Питин 对于各种不同因素对气体逸失相对数值的影响进行了詳尽的理論分析。如确认地下煤气炉的水力学制度对于作用气体和煤气的损失是具有重要的影响。并查明在煤气出口豎井中降低压力是减少作用气和煤气逸失的有效方法。

为了减少煤气的逸失,已采用在煤气出口豎井中降低压力的办法;在适当条件下、在試驗的基础上拟定的地下煤气炉新的水力学制度已經作为实际的参考。莫斯科近郊地下煤气站进行的試驗分析已經証实了理論上的計算。

同样,在頁岩矿层中的試驗工作 (Р. Н. Питин, И. Л. Фарберов) 可以作为拟定的理論对于实际条件适合性的良好說明。关于这些将在下面提及。

由于理論問題研究的結果,可以将这工作中的主要部分按两个方向发展——組織地下气化站的自然条件下的实际試驗和制定地下煤气炉中气体流动模型的新方法。

在和地下气化研究所 (Н. С. Мирингоф, Г. О. Нусинов) 合作下已經制定了无井地下煤气炉冷試驗的方法,特别是对于沙特地下煤气站 (Р. Н. Питин, И. Л. Фарберов)。

在沙特地下煤气站的試驗煤气炉中,冷試驗結果的研究可以确定在通常温度下作用气体与煤床相互作用时发生有新的現象。特別值得指出,当冷鼓风时地区的实际渗透性增加,同时产生鼓风中氧消耗的事实及其他。这些事实可以使得用新的态度对待鉆眼通

路过程的評價和分析。

首次对莫斯科近郊地下煤气站試驗資料作了系統处理，目的在于确定各种因素对于气体逸失量的实际影响，并和地下气化研究所共同确定了主要工艺因素（地下煤气炉中的压力，煤气导出空間的大小，煤气站的生产量等）和作用气及煤气逸失量之間的关系（В. С. Леваневский, Р. Н. Питин, И. Л. Фарберов）。

同时利用在隣近地区的試驗，我們在实验中已拟定和建立了模型，对于各种不同因素在无井地下煤气炉水平煤层中气体流动指标上的影响进行定性和定量的研究。为此已应用了电模拟-水力模拟的方法。由 Р. Н. Питин 和 Ю. А. Понник 所进行的首次試驗表明了这个方法的优越性，并且在作用气和煤气逸失方面某些課題的理論解答和按拟定方法所获得的試驗資料之間得到了令人滿意的吻合。

必須提到，目前还没有成功地在自然条件下借放射性同位素来测求气流的流动方向。这个方法是很有希望的，今后还需要繼續进行試驗。

煤地下气化过程的計算和模型試驗問題

煤地下气化工艺过程的主要問題之一是在气化和通路打通阶段时各带和燃烧区的移动。

由于煤地下气化过程的特点，在煤地下气化的条件下燃料并不移动（矿层也不动），因而提出了一个异常复杂的气化带轉移条件的研究任务。这复杂問題的研究除了理論上有很大意义外，它对于煤地下气化工艺具有重大的意义。其实，影响到气化带流动的各种因素的詳尽研究，涉及到合理和有效的以空气、氧以及結合电加热打通通路的方法，矿层煤气导出的形式和完全性，气化制度以及煤地下气化工艺的其他許多重要問題。

我們研究所（Б. В. Канторович, Н. В. Лавров, А. А. Померанцев, К. Б. Трифонова, И. Л. Фарберов）和其他研究机构（М. К. Гродзовский, М. К. Письмен, Г. О. Нусинов, П. В. Скафа, В. А. Смирнов, Н. А. Федоров, З. Ф. Чуханов 等）在这些方面的理論和試驗工作上作了一系列的定性考察、定量关系和方法的研究（从后者應該指出，例如 Б. В. Канторович, К. Б. Трифонова, И. Л. Фарберов 等的关于化学模型的方法）。这些工作很大部分均已发表在一系列論文中，这些論文已彙編在前面提到的苏联科学院可燃矿物研究所的专論中。

因此，在这里我們仅仅提到一些最近在这主要問題上 Р. Н. Питин 和 К. И. Чередков 所得到的研究結果。首先應該提到被应用在这些研究中的特殊方法。試驗是在以特殊木板制成的裂紋状孔道中进行的。所要研究的現象的原則实質并没有改变，这个方法具有許多优点，可以严格規定孔道的几何图形，观察孔道的燃烧形状等。

已获得了能說明气化带轉移速度和作用气（氧的消耗、浓度）及原料（水份量，孔道寬度）主要指标間关系的詳細数据。

現在着手进行应用相似論方法分析煤地下气化过程的研究，該方法对煤层和燃烧孔道先給予理論上的假定前提（Б. В. Канторович）。在化学模型中进行非均相过程的試驗研究，并按照层及孔道对一系列試驗数据进行精确的处理（Т. Я. Вьюгова, Я. И. Чесноков）。这些工作的进一步发展以及在非常丰富的試驗資料基础上的总结，可以拟定在煤地下气化情况下气化过程綜合計算的一般方法。显然这个問題对于煤地下气化过程的

工程計算、方法和管理、操作方法建立等是很重要的。

我們將簡單敘述研究所在其他方面的一些工作，這些工作同樣對於煤地下氣化問題的理論和試驗的研究具有重大的意義。

煤地下氣化條件下制取化學合成用煤氣問題的研究

目前在煤地下氣化實踐中主要獲得動力用煤氣，然而必須指出，在此基礎上，將來地下煤氣爐將是獲取化學合成用煤氣的巨大源泉（酒精、氨、液體燃料等）。與地下氣化研究所（Н. З. Бурштейн, С. П. Голгер, М. П. Корш, Н. А. Федоров 等）親密合作下已開展了這一方向的理論、實驗和首批試驗的研究（Б. М. Дерман, Н. В. Лавров, В. А. Николаева, Л. А. Пономарев, К. Б. Трифонова 等人）。

已進行煤氣生成的理想過程的研究，並進行了過程的熱力學、氣體化學和各帶的計算（В. С. Альтшулер, В. В. Коробов, Н. В. Лавров, В. И. Филиппова, Н. П. Юрьевская）。理論計算方法的研究同樣可得出固體燃料氣化和燃燒過程分析的特殊化學計量法（Б. М. Дерман）。這個方法可以按煤氣生成具有的試驗資料進行分析，並確定均相和非均相化學反應同時在進行。

氣體化學計算方法（Н. В. Лавров）已被應用於（Н. П. Юрьевская）南阿賓地下煤氣站對數據的處理。

在蒸氣、氧氣氣化過程中，一氧化碳轉換反應具有重要的作用，因此對這個反應進行了更詳盡的研究，並發現了通過灰分、褐煤及煙煤半焦以及以混雜岩石形態存在的某種自然觸煤時的催化作用（Г. В. Гребенщикова, Н. В. Лавров, К. Б. Трифонова）。同時也進行了以水蒸氣轉換甲烷過程的研究（К. Б. Трифонова）。

在實驗室條件下已經確定鼓風氣中蒸氣和氧的理想比，使得對於莫斯科近郊和南阿賓煤及半焦所獲得的煤氣含有 $\text{CO} + \text{H}_2$ 達 80%，而 $\text{H}_2:\text{CO} \approx 2$ （Б. М. Дерман, В. А. Николаева）。在可燃礦物研究所的參加下，地下氣化研究所已進行了在自然條件的試驗通道中，從莫斯科近郊褐煤獲得工業煤氣的良好試驗，並已有文章發表。

關於在煤地下氣化時提高所得煤氣的質量問題，應該提到 В. С. Альтшулер 和 Г. А. Шафир 的工作，在這些工作中表明，於 20 大氣壓下用蒸氣-氧或蒸氣-空氣鼓風來使利西昌斯克煤氣化，然後在壓力下除去 CO_2 ，這樣所獲煤氣的發熱值有提高的可能性。

地下氣化煤氣大量生產的遠景提出了這些煤氣的淨化任務，特別是懸浮物的除去，這為以後的煤氣加工作了預處理。為此目的，在我們研究所進行了地下氣化煤氣以超音凝結的方法除去微粒懸浮物和焦油淨化過程的研究（Н. В. Лавров, Е. П. Медников）。

同時也提出了對以活性炭流動吸收層來除去工業煤氣中甲烷和一氧化碳混合物的淨化過程的研究（З. А. Жукова, К. Б. Трифонова）。

煤地下氣化過程中應用電流的某些問題

地下氣化研究所和 Кржижановский 動力研究所今後工作方向之一是在煤地下氣化區域內直接應用電流的研究，我們研究所也參加了這項工作。在通常稱為電熱過程方面理論的、實驗室的、模型的以及實地的實驗工作已得到了發展，也就是煤层用電流-熱載體來進行熱處理的工作有了發展。

在可燃矿物研究所曾进行了可以确定电流加热煤层时温度場进展的基本規律性的研究(焦化区域速度与比功率的关系,电能比消耗与比功率的关系等),以及进行了可以得知当煤用电流加热时所获得的煤气和焦油組成性質的研究。

为了煤的干燥,Р. Н. Питин 和 Г. С. Головина 已进行了关于电流渗透效应应用方面的工作;在試驗中所获得的首批試驗結果証明莫斯科近郊褐煤在直流电的影响下出現巨大的电流渗透效应。

可燃頁岩无井地下加工問題的研究

按照我們的观点,可燃頁岩,首先是爱沙尼亚庫克尔斯特頁岩无井地下加工問題是非常有意义和有前途的問題。除去运用已創立的頁岩矿区加工方法之外,为了获取可燃气体和可能获得的液体产品的目的,頁岩矿层无井地下加工方法的掌握可能是具有巨大的意义。可燃矿物研究所对于这些新問題的研究給予了很大的重視。已經确定(Р. Н. Питин)庫克尔斯特頁岩样品的渗透性一般是在 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 温度时开始急剧的上升,当温度为 500°C 时它可达几百,甚至几千微达斯(Миллидарси)。

在实验室的模型中已表明了可燃頁岩綜合无井地下加工过程在原則上的可能性,特别是采用了鼓风和不鼓风的制度的联合方法(Р. Н. Питин, И. Л. Фарберов)。在爱沙尼亚地方工业和頁岩化学工业部拟定了适当的方案以后,就在基維里城建立了一个小的試驗站(19个試驗鉆井和許多輔助鉆眼),在那里曾进行了頁岩矿层无井地下加工过程的首次試驗。通过这些試驗已經証明了在頁岩矿层中建立燃烧区、維持它們和利用火力渗透打通的办法使燃烧区轉移的技术上的可能性。在不鼓风时期产生高热值煤气并有大量焦油析出。在沒有涉及到問題的經濟方面的情况下,應該指出,通过这些試驗,庫克尔斯特頁岩矿层的无井地下加工得到了原則上的实现。同时必須指出,在这些試驗的过程中,我們成功地实现了經過挑选的一些新方法,特别是在实践中証实了在理論上一个有根据的方法,即通过增高进气眼压力和降低出气眼压力的联合方法来防止煤气的逸失。

目前正在建設一座很大的試驗站,这里将研究各方面的問題,包括电热法的应用,圍繞着这个重要問題的所有工作,是我們和爱沙尼亚科学院化学研究所以及苏联科学院动力研究所共同合作进行的。

今后研究工作的主要任务

在一篇文章中当然不可能十分全面地闡明許多科学研究工作者所进行的全部工作,而我們的任务則在于对这些工作予以一般性的論述,指出它們的科学和实际意义。同时應該指明在我們面前今后将要完成較之目前所作的还要多得多的研究工作,将要求深入和发展許多正确的科学方向,重新考虑和放弃一些可能不够全面的发展方向,并在研究过程中去找寻其他新的方向。因而下面所列举的苏联科学院可燃矿物研究所今后的研究任务應該当作总概括,在工作过程中应不断地对它进行修改。

在目前的五年中,燃料地下气化的发展在于进一步扩大莫斯科近郊褐煤地下气化的工业基地(沙特地下煤气站的工作,包括莫斯科巴斯新矿区的地下气化),其次是利用烏茲別克褐煤的恩格連地下煤气站的試驗工作,然后使之投入工业生产,进一步扩大南阿賓地下煤气站庫茲巴斯烟煤地下气化的規模。此外,显然將繼續进行利西昌斯克地下煤气站