

煤气发生炉和煤气发生站

(冶金工业用)

M. B. 康托罗夫 著

杨学圃 译

中国工业出版社

81.655
524

煤气发生炉和煤气发生站

(冶金工业用)

M.B.康托罗夫著

杨学圃译

中国工业出版社

本书阐述了煤气发生炉所用燃料的种类及其评价方法、燃料准备的方法、煤气发生炉生产过程的理论基础，以及冶金工业用煤气发生炉的结构和煤气发生站的各种设备。

本书还介绍了煤气发生炉和煤气发生站的最新操作法，以及研究和改进煤气发生站生产过程的方法。

本书可供冶金工业的工程技术人员和高等学校有关冶金专业的师生参考。

М.В. Канторов

ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ И ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ
СТАНЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Металлургиздат

Свердловск—1958

* * *

煤气发生炉和煤气发生站

(冶金工业用)

杨学圃译

*

冶金工业部图书编辑室编辑 (北京市东大街78号)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $14^{1/2}$ ·字数383,000

1963年4月北京第一版·1963年4月北京第一次印刷

印数0001—1,300·定价(10-7) 2.40元

*

统一书号: 15165·2084 (冶金-308)

序

在現代冶金工厂的燃料平衡中，气体燃料占着主要的地位。除了采用高炉煤气和焦炉煤气外，还采用发生炉煤气。在苏联，現有的煤气发生炉有一半以上集中在黑色和有色冶金企业中。此外，在机器制造厂、汽車制造厂、拖拉机制造厂以及造船厂等等的冶金車間，尚有大量的煤气发生炉。

发生炉煤气主要是用来加热冶金工业企业用炉：平炉，軋制和鍛造車間用炉，耐火材料（粘土砖、硅砖、鎂砖等）車間和工厂用炉以及热处理車間用炉等。

苏联共产党第二十次代表大会关于第六个五年計劃的指示中指出，有必要根本改变苏联燃料平衡的結構。这个問題在1959—1965年的远景計劃中亦占有重要的地位。在最近的10—15年間，天然煤气和含油天然煤气的开采和生产要增长12—14倍。与此同时，将要显著增加人造气体燃料（其中包括发生炉煤气）的生产，特别是在使用露天开采法开采的地区。

冶金工业中的煤气发生炉和煤气发生站具有很多特点。高溫炉（首先是平炉）的正常工作及其生产过程的进一步强化必須由高发热值的煤气和火焰的高度輻射来保証。由于这种关系，热煤气发生站（其中有能保証得到最廉价的煤气和高度劳动生产率的机械化煤气发生炉）获得了极大的发展。

对于冶金工业來說，采用能将主要工艺过程自动化并用預热鼓风或富氧空气工作的高生产能力的煤气发生炉有着很大的意义。此外，也采用小型的煤气发生炉——每个炉子专用的煤气发生炉，以及用来制取保护气的煤气发生炉。上述这些問題，不仅在本书的結構中，并且在材料的說明中都得到反映。

理論基础和許多煤气发生站的生产实践証明，层状煤气发生炉的高生产能力主要是决定于气化燃料的质量、煤气发生炉的結構以及合理的气化工艺过程的組織。为此在本书中有很大的篇幅

涉及到原料的問題——燃料及其評價，燃料的供應和燃料的準備，氣化過程的理論基礎，以及煤氣發生爐的構件。

煤氣發生站在現代工廠的動力工程中，在保證爐子的熱負荷、爐子的正常生產能力、冶煉產品的質量、金屬應有的加熱和結構等方面，具有很大的意義。但是目前除了一些先進的煤氣發生站外，也有不少這樣的煤氣發生站，它們的氣化指標特別是煤氣的發熱值不高，過程的機械化程度不足，勞動生產率很低，其供水和焦油系統不夠合理，因而使得煤氣的生產成本很高。

1955年5月在莫斯科召開的有關固體燃料氣化問題的第三次科學技術會議，曾經特別注意到在發展固體燃料氣化方面的主要缺陷，以及為消除這些缺陷所必要採取的措施。

掌握最新的固體燃料氣化理論，並且在煤氣發生站中運用蘇聯和外國的理論和實踐方面的先進成就，可以使工廠的煤氣發生站的技术經濟指標得到顯著的提高。

應作者之請，本書的第十九章和“鼓風的預熱”一節由技術科學副博士Г·Н·孫佐夫(Г.Н.Сунцов)所寫。“煤氣發生站的自動調節”一節由工程師М·В·沙維爾仲(М.В.Шавельзон)所寫。

最後，作者認為有必要感謝烏拉爾基洛夫多科性工學院煤氣爐熱工教研室的成員，特別是技術科學博士Б·И·基太也夫(Б.И.Китаев)教授和技術科學博士С·Г·特羅依勃(С.Г.Тройб)教授在作者編寫本書時所提出的寶貴意見。К·В·馬利可夫(К.В.Маликов)、К·П·伊萬佐夫(К.П.Иванцов)、М·С·列費爾(М.С.Рейфер)、В·А·烏斯品斯基(В.А.Успенский)等校閱了部分章節並提出了他們的意見，И·В·蓋爾根(И.В.Геркен)在校閱和整理本書時也付出了大量的勞動。

作 者

目 录

序

第一篇 固体燃料及其评价

第一章 固体燃料的种类	1
概 論	1
天然燃料	5
人造燃料	16
第二章 作为气化原料的燃料的分析和评价	19
概 論	19
燃料的平均試样	21
燃料的工业分析	22
篩分分析	23
燃料的机械强度和热稳定性	24
煤的粘結性	25
煤的結渣性、热稳定性和对氧的活性	26
第一篇参考文献	29

第二篇 燃料的供应和燃料的准备

第三章 燃料的供应和燃料的运送	30
燃料的供应	30
燃料的运送	39
第四章 燃料的准备	44
洗煤和篩分煤的方法	44
篩子和破碎机	47
按煤块尺寸进行的分类	52
煤气发生站的燃料准备	53
第二篇参考文献	60

第三篇 固体燃料气化的理论基础

第五章 煤气发生炉生产过程概論和发生炉煤气的制取	61
煤气发生炉生产过程概論	61
空气煤气	64
水煤气	69

蒸汽空气煤气	73
蒸汽氧气煤气	77
再生煤气	80
第六章 煤气发生炉生产过程的物理-化学基础	83
燃料的准备	83
反应层的过程	91
第三篇参考文献	106

第四篇 影响燃料气化过程的主要因素

第七章 燃料层。燃料组成和主要性能对气化过程的影响	107
燃料层结构。粉末含量和粒度组成均匀性的影响	107
燃料组成的影响	113
燃料的气化性质	123
第八章 燃料层的流体力学和燃料层正常工作的组织	127
燃料层的阻力	127
颗粒的大小。比表面对气化过程的影响	130
燃料层高度	134
燃料层正常工作的组织	139
煤气发生炉生产过程的强化	143
第四篇参考文献	147

第五篇 煤气发生炉的结构

第九章 煤气发生炉结构的基本构件	148
煤气发生炉结构的发展	148
煤气发生炉的炉体	150
煤气发生炉的上部	154
煤气发生炉的下部	170
第十章 煤气发生炉的主要形式	182
煤气发生炉结构的分类	182
非机械化的煤气发生炉	184
半机械化的煤气发生炉	187
机械化煤气发生炉	193
生产力大的煤气发生炉	201

特种结构的煤气发生炉.....	211
小型煤气发生炉.....	215
第五篇参考文献	223

第六篇 煤气的净制和干燥

第十一章 煤气的冷却和水分的分离.....	225
煤气的除尘和干燥的方法.....	225
煤气的冷却设备.....	228
煤气冷却器的计算.....	236
三段式洗涤器的计算例.....	241
第十二章 煤气的干式和湿式除尘.....	252
煤气的含尘率及分离灰尘的方法.....	252
沉降式除尘室和辐射式除尘器.....	254
旋风式除尘器和多管旋风式除尘器.....	258
煤气的湿式除尘.....	267
第十三章 煤气中焦油和硫化氢的清除.....	270
煤气中焦油的含量及其提取的方法.....	270
离心分离器和电滤器.....	271
从煤气中清除硫化氢.....	277
第六篇参考文献	282

第七篇 煤气发生站

第十四章 蒸汽空气混合煤气的煤气发生站的主要形式...	283
煤气发生站个别形式的特点.....	283
高温煤气的煤气发生站.....	286
不回收焦油的冷却煤气的煤气发生站.....	290
气化焦油性燃料的冷却煤气的煤气发生站.....	294
煤气发生站设备	299
第十五章 空气的供给和输气管网.....	303
煤气发生炉的送风。送风机.....	303
煤气管设备。煤气总管的清扫.....	309
输气管网的计算。送风方法的选择	316
输气管网的计算例	319
第十六章 煤气发生站的供水和焦油工程	327

供水工程.....	327
焦油工程。焦油的利用.....	335
排水及其淨制.....	344
第七篇参考文献	354

第八篇 煤气发生站的操作

第十七章 煤气生产过程和煤气质量的控制	356
仪表和实验室控制.....	356
煤气质量的控制.....	359
第十八章 計算控制和自动調节	373
計算控制.....	373
煤气发生站的自动調节.....	383
第十九章 煤气发生炉和煤气发生站的操作.....	397
煤气发生炉和煤气发生站的准备、开工和停工.....	397
在煤气发生炉运轉时的操作.....	401
煤气发生炉运轉中的故障及其預防.....	402
煤气发生站工程（附属装置）的操作.....	406
煤气发生站的安全技术	407
第八篇参考文献	409

第九篇 煤气发生炉和煤气发生站工作的研究和改进

第二十章 煤气发生炉和煤气发生站的研究、調整和合理化	410
煤气发生炉工作的研究.....	410
煤气发生炉运轉的調整实践和个别部件的合理化.....	417
第二十一章 煤气成本和生产劳动量的降低	432
燃料消耗的降低.....	432
气化副产品的利用.....	438
劳动过程的机械化.....	441
第二十二章 发生炉煤气发热值的提高.....	444
預热鼓风	444
富氧鼓风	448
用液化的石油气的蒸气在低溫增热发生炉煤气.....	453
第九篇参考文献.....	456

第一篇 固体燃料及其評價

第一章 固体燃料的种类

概 论

燃料的資源和开采

所謂燃料，指的是那些可以作为大量热能来源的有机可燃物质。列宁把燃料說成是“工业的真正粮食”^①；沒有燃料，任何現代的企业都是很难設想的。

苏联有巨大的燃料基地，它是工业生产力和国防威力的坚实基础。在革命前的俄国，煤的蘊藏量曾确定为2300亿吨，在1937年已达16544亿吨〔1、2〕，而現在則估計有86700亿吨，亦即为革命前的38倍〔3〕。頓涅茨、庫茲涅茨和莫斯科近郊的煤田已大大地扩充了。在克拉斯諾雅尔斯克边区沿西伯利亚鉄路干綫，发现了新的巨大的煤矿藏——坎斯克-阿欽斯克褐煤田。近年来，划定了一个蘊藏有优质炼焦煤的大型南雅庫特煤田。通古斯克和連斯克烟煤田蘊藏有大量的煤。图1为1957年苏联煤田的地质分布图。

石油的蘊藏已有显著的增长。除了已发现的具有一百多个石油田的巨大的烏拉尔-伏尔加石油矿区之外，在北高加索、里海、中亚細亚、哈薩克斯坦、薩哈林及其他地区又发现了几十个新的石油矿区。

在苏联的欧洲部分的很多地方（伏尔加河流域、烏克蘭苏維埃社会主义共和国、斯塔夫罗波尔边区、科米苏維埃社会主义自

① 譯者注：列宁全集，第30卷456頁，人民出版社。

治共和国等）和亚洲部分的很多地方（秋明州、烏茲別克苏維埃社会主义共和国的布哈拉州、土庫曼苏維埃社会主义共和国、雅庫特苏維埃社会主义自治共和国）发现了最大的天然气产地。

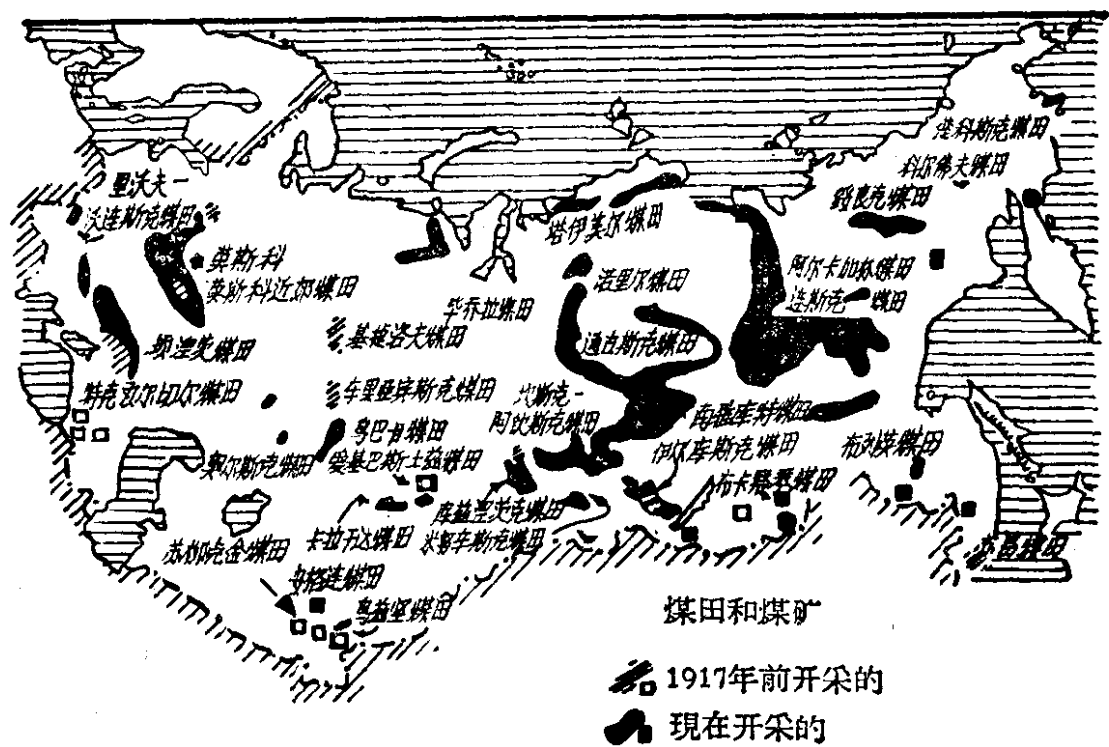


图 1 1957年苏联煤田的地质分布图

燃料的总开采量在不断地增加。这可以由表1〔4〕中以自然吨为单位的主要矿物燃料的开采量来証明。

表 1 苏联燃料的开采量

燃料种类	年 份						
	1913	1928	1932	1937	1940	1950	1955
烟煤、褐煤、无灰煤 (百万吨)	29.1	35.5	64.4	128.0	165.9	261.1	391.3
煤 (%)	100.0	122.0	221.0	440.0	570.0	897.0	1343
石油 (百万吨)	9.2	11.6	21.4	28.5	31.1	37.9	70.8
石油 (%)	100.0	126.0	232.0	310.0	337.0	412.0	770.0
泥煤 (百万吨)	1.7	5.3	13.5	24.0	33.2	36.0	50.8
泥煤 (%)	100.0	312.0	795.0	1410.0	1950.0	2120	2990.0

苏联共产党第二十次代表大会关于1955—1960年苏联发展国民經济第六个五年計划的指示〔5〕中，規定了燃料开采量的进一

步飞速增长。1960年计划开采煤5.93亿吨（为1955年的152%），石油1.35亿吨（为1955年的191%），天然气400亿米³（为1955年的388%）。在五年中，可燃頁岩的开采量应增长67%，泥煤的开采量应增长44%。

1955—1960年，预定大力发展頓涅茨和庫茲涅茨克煤田、里沃夫-沃連斯克（乌克兰苏維埃社会主义共和国）和爱基巴斯土茲（吉尔吉斯苏維埃社会主义共和国）煤田的开采，并开始在庫斯坦納省建立新的煤矿，在克美罗沃省建立伊塔特煤矿。

五年中，将使年开采量約为2.4亿吨煤的矿井和露天煤矿投入生产。

五年中由于建設新厂，石油初加工的生产能力的增长将不少于4500万吨，而石油裂化的生产能力的增长則不少于2600万吨。为了使煤气在国民經济中作为燃料、化学原料并用于生活需要，煤气工业也得到了大力发展。

斯塔夫罗波耳、舍別林卡、斯帖潘諾夫等新的天然气产区将投入工业生产。

在1955—1960年，应将总长度为9000公里的許多新的煤气管道干綫建成并投入生产。这些干綫中，最大的有：斯塔夫罗波耳—莫斯科；达沙瓦—明斯克—列宁格勒；舍別林卡—哈尔科夫—庫爾斯克—奧列尔—勃良斯克；喀山—高尔基等等。

第六个五年计划中发展燃料工业的最重大的任务是：推广最新技术，綜合性机械化和自动化，以及推广露天开采方法。改为露天采煤法，可以使劳动生产率提高3—4倍，并大大降低煤的成本。

1955—1960年的五年计划，在燃料工业方面正在胜利完成着，燃料的开采量，特别是煤气和石油的开采量大大地超过了批准的计划数字，例如在煤气方面，到1960年，預計可以生产天然气600亿米³，即为计划的1.5倍。

燃料的一般分类

現有的燃料按其性质和特性可分为很多种〔6、7〕。为了尽

可能充分而合理地利用燃料的特性和更好并更完全地滿足工艺过程的要求而做的一切努力，均可促进天然燃料的綜合利用。将价值較高的燃料进行加工以制取許多新的产品。

在加工天然燃料时，常常将它的一种物态轉变成另一种物态：固体燃料轉变成气体和液体的燃料，液体燃料轉变成气体燃料，以及气体燃料轉变成液体燃料。

現有的几种燃料，按其物态、来源和制取的方法，可以分成如表 2 所示的种类。

表 2 燃料的一般分类

物态	天然燃料种类	人 造 燃 料 种 类			
固体	木质燃料、泥煤、褐煤、烟煤、无烟煤、可燃頁岩	加 工 方 法			
		固体燃料热加工		固体燃料物理-机械加工	
		燃 料 种 类			
		烟煤魚，煤、泥煤和頁岩的半焦，木炭，热制无烟煤		煤硫，粉状燃料	
液体	石 油	加 工 方 法			
		石油分餾。石油、重油和魚油的裂化。煤、重油和魚油的加氢	固体燃料的魚化和半魚化	从煤气合成液体燃料	物理-机械加工
		燃 料 种 类			
		汽油、揮发油、煤油、气油、重油	魚油	汽油、揮发油、煤油	胶体燃料
气体	天然煤气	加 工 方 法			
		固体燃料的魚化和半魚化（低温干餾）	固体燃料的气化	石油、重油和魚油的裂化	高炉和其他生产过程的副产煤气
		燃 料 种 类			
		由烟煤得到的魚炉煤气、城市煤气（照明气），由煤、頁岩及其他燃料得到的低温干餾煤气	空气煤气、水煤气、蒸汽空气煤气、蒸汽氧气煤气、高压煤气（城市煤气）地下煤气	裂化气、石油气、魚油气	高炉煤气，加氢煤气，气体合成的残余气

可以看到，人造燃料的种类大大超过了天然燃料的种类。和天然燃料一样，人造燃料也有三种物态。它們中的一部分是为了用于特种的工艺过程。例如，冶金焦，由于其硬度大、磨損性小和透气性好，因而是高炉生产的最合适的燃料，这种焦炭也应用于鑄造生产和化学工业中。焦炉煤气、水煤气和其他煤气，可用于生产氮肥及制取許多合成产品。

但是，大多数的人造燃料都是作为可燃物质而用于直接燃烧。气体燃料，特别是发生炉煤气、焦炉煤气和高炉煤气具有特别重大的意义。这些煤气在現代工业特别是冶金工厂的热能来源中占有很重要的地位。

用焦炉煤气和高炉煤气作燃料，通常只限于建有高炉和焦化厂的冶金联合企业的所在地。只有高热值的煤气，才在經濟上适于远距离的輸送。

发生炉煤气沒有像焦炉煤气和高炉煤气那样的限制，它在任何地方都可以得到而与工厂的所在地无关。这种情形使得发生炉煤气在許多人造气体燃料中占有优越的地位。

气体燃料比固体燃料所具备的这些优点，使得固体燃料在工厂的燃料平衡中让位于气体燃料，因此，在加热工业炉方面，固体燃料，特别是它的层状燃烧使用方式，已日益減少了。气体燃料甚至成功地代替着液体燃料。

各种燃料的特性与它的化学組成和物理性能有密切的联系。

天 然 燃 料

木 材

木材按其本身的組成来看，乃是一些独立的解剖学成分——脉絡、管胞和纖維的綜合体。細胞膜由細胞质或纖維素（約50%），木素（約25%）和半纖維素（約25%）所組成。纖維素是化学式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 的多醣体。木素具有更复杂的构造，而且含有較多量的碳。

木材中有机物的組成变动得不大： $C^\circ 49.4—50.4\%$ ； $H^\circ 5.9$

—6.1%；N°0.7—1.0%。木材中不含硫。

木材中的灰分很少， $A^c=0.7-2.0\%$ ，它的組成中主要为硷金属和硷土金属的碳酸盐，因而木材的灰分不易熔融。

木材的水分会变动很大。新砍伐的木材含水40—60%，空气干燥的約含30%，而长期的干燥可使水分减少到15%。

現在已經很少用木柴进行气化作为发生炉用的燃料，使用的木柴有下列几种：用劈和锯的办法将木柴加工成长1000毫米、直径80—150毫米的木棒；用劈和锯的办法将木柴加工成长250—300毫米、直径80—150毫米的木块，或者在切片机上切成尺寸通常为 $75 \times 75 \times 15$ 毫米的木片。后者比較有利。

上述三种混杂木柴的体积比重如表3所示。

表3 体积比重（公斤/米³）

水分WP(%)	木 棒 $l=1000$ 毫米， $d=80-100$ 毫米	木 块 $l=250-300$ 毫米， $d=80-150$ 毫米	木 片 $75 \times 75 \times 15$ 毫米
40	500	380	280
25	400	300	230

泥 煤

按照泥煤生成的特性，分为低級泥煤、高級泥煤和中級泥煤三种。高級泥煤由各种苔类（水苔属、沼泽草等）所成；低級泥煤由草原沼泽植物（香蒲、芦葦和蓆草）所成；中級泥煤兼由上述二者所成。

低級泥煤含有极多量的氮和有机物，与高級泥煤比較，它含有較多的硫。这些泥煤之間的主要差別是它們的灰分含量。苏联欧洲部分中部地带的泥煤所含灰分的平均值为：高級泥煤3—5%，中級泥煤5—6%，低級泥煤6—10%。低級泥煤的灰分可以达到更高的数值。乌克兰苏維埃社会主义共和国的泥煤，灰分平均达到22%〔8〕。

泥煤的分解度系由其埋藏深度所决定；上层的泥煤分解較少，下层的泥煤最致密和均一。泥煤的分解度可以由它的外表看

出。按照外表，泥煤分为：1) 纖維状泥煤—是一种具有大量未分解的植物残骸的疏松体；2) 土状泥煤—所含的泥煤母体的残骸較少；3) 焦油性泥煤—是一种沒有可見植物残骸的致密的黑色或黑褐色的物质。

按原始物质轉变产物的特性，泥煤可分为腐植泥煤、腐泥泥煤和混合泥煤。腐泥泥煤很少遇到，在它的有机物中含有大量的氢。

泥煤矿床的厚度差別很大，平均約为2米，在个别情况下，它可以达10—15米。泥煤和木材一样，是更新性的燃料資源，1米厚的煤层在300—2000年中就可生成。泥煤的开采方法对它的质量有一定的影响。

开采方法 泥煤层的特点是具有大量的水分。煤层中的干燥物质平均为9—15%，所以經开采出的泥煤应在空气中进行干燥，由于这种关系，泥煤的开采过程带有季节性的特点。

現在泥煤用三种方法开采：挖掘机采煤、水力采煤和切割法采煤。

用挖掘机采煤时，泥煤从煤层中由多斗式或单斗式挖掘机挖出，将其装到鋪煤机上，然后由鋪煤机将煤輸送到干燥场，并在此将煤作成砖状。

在水力采煤时，用压力高至25大气压的强力水流冲洗泥煤层。所得到的泥水混合物由特制的离心泵（泥煤泵）送至磨碎机进行混合，从那里再送到矿区的貯煤槽中以便得到均一的物料。然后将泥水混合物压送至平台上。在物料經過短時間干燥之后，借具有特殊形状的履带的特制拖拉机将煤切成砖状。水力泥煤的特点是性质比較均一。

在用切割法采煤时，得到的泥煤不成砖状而是一些小碎片。

所开采的燃料泥煤的可燃物的組成（不考虑它的种类和开采方法）如表4所示。

泥煤的平均灰分 $A^c = 9.7\%$ ，而其波动范围为2.4—29.0%。

切割泥煤与块状泥煤比較，通常具有較高的水分和較低的发

热值（表5）。

表 4 泥煤的可燃物的性质

指 标	可 燃 物 组 成 (%)						V _r (%)
	C	H	N	O	S	Q _H ^r (仟卡/公斤)	
平均	57.8	6.0	2.5	33.4	0.3	5240	70.0
波动范围	53.6—63.7	5.1—6.6	1.6—3.7	—	—	—	65.0—75.0

表 5 块状泥煤和切割泥煤的性质比较

泥煤种类	平均水分 (%)	发 热 值 (仟卡/公斤)	平均体积比重 (公斤/米 ³)	单位体积发热强度 (百万仟卡/米 ³)
块 状	33	2940	325—410	0.96—1.20
切 割	40	2660	350—425	0.93—1.13

泥煤系成堆贮存。

泥煤的优点可归纳如下：1) 挥发分高；2) 易燃性好；3) 含硫量低；4) 残焦的反应性强，这使得它特别适用于气化。

泥煤的缺点如下：1) 泥煤开采的季节性，这大大增高了泥煤的成本；2) 单位体积发热强度较小；3) 机械强度不高，特别是低级泥煤，易于生成碎片；4) 灰分易熔。

大量的泥煤用于制取发生炉煤气。用于气化的泥煤的决定性因素如下：泥煤的机械强度，粉末的含量和水分，以及灰分的熔融性。灰分的数量也具有很大的意义，虽然不如上述因素重要。泥煤的机械强度与其植物学组成、分解度和开采方法有关。

中等分解度并很好加工的高级泥煤，要比其他的泥煤更适于气化。分解度低或强烈分解的泥煤，生成疏松的或龟裂、崩解的半焦。机械成型的泥煤最适于气化。水力泥煤生成热脆性和龟裂的半焦。

含水分50%或大于50%的泥煤堆，在冬天发生冻结，结果使其机械强度降低，并开始松散。这样的泥煤不适于气化。