

玻璃技工学校教材

玻璃工业燃料

(试用本)

本书为玻璃专业技工学校试用教材。全书分三篇：第一篇发生炉煤气的生产与设备，主要叙述发生炉煤气的生产过程及其机理、影响煤气产、质量的各项因素，发生炉的操作、管理，发生炉及有关设备的构造，发生炉煤气的洗涤、净化，提高发生炉煤气质量的新技术；第二篇叙述除发生炉煤气以外的玻璃工业适用的其他气体燃料的性质、贮存与输送，气体燃料的燃烧过程及喷嘴结构；第三篇叙述重油的性质、贮存、输送、燃烧过程、喷嘴、影响火焰的因素及节约重油的措施。

本书也可作为在职技工培训进修教材，并可供玻璃厂技术人员和管理干部参考。

玻璃技工学校教材(试用本)

玻璃工业燃料

内部发行

建材部江油水泥工业技工学校发行

(四川江油二郎庙)

铁道部第二工程局印刷厂承印

(成都市外西北巷子)

开本：16开 印张：9²/₁₆张 插图：75幅 字数228,8千字

1982年6月第一版

1982年6月第一次印刷

印数：1—12,000

前 记

玻璃技工教材，我们这次共编写了五本。这五本教材，是在建筑材料工业部财务劳资局的具体组织领导下，本着适应培养中等技术工人的需要，并经过多次补充修改编写出来的。它是我国平板玻璃工业当前内容比较丰富、系统的技工培训教材。这套教材的简要内容和编审人员是：

《玻璃的物化性质》

本书以基础理论为重点，力求理论联系实际，结合国内生产情况。第一章属于玻璃的通性，全面而概括地介绍玻璃的特点。第二章是基础理论部份，重点是有关玻璃结构的基础理论。第三章是玻璃的十个物化性质，从玻璃结构观点出发论述玻璃成份及温度对性质的影响，并结合国内生产情况适当汲取了有关生产实践的经验。第四章实验部份，是根据国内实际情况及现有的通用设备而编写的。

编写：高名苓、钟代发同志。主编：武汉建材学院讲师高名苓同志。

审稿：唐惠卿、隋福安、蔺景涛、杨廉同志及秦皇岛玻璃技校工艺组教师。主审：建材部秦皇岛玻璃研究所付总工程师唐惠卿同志。

《平板玻璃原料》

本书分六章二十四节。主要介绍平板玻璃的各种原料、种类与性质；矿山开采、原料加工、配料、生产过程及设备；配方及计算方法。

主编：通辽玻璃厂助理工程师杨廉同志。

审稿：唐惠卿、隋福安、蔺景涛、高名苓同志。主审：建材部秦皇岛玻璃研究所付总工程师唐惠卿同志。

《平板玻璃熔化与熔窑》

本书分玻璃熔窑、玻璃熔化工艺、玻璃熔窑的冷修与热修三部份。共八章三十六节。主要介绍玻璃熔窑结构和常用耐火材料，玻璃的熔制理论、熔化操作、热工仪表的使用及自动控制，熔窑冷修热修方法等。

编写：李凤翔、傅锦屏、杨荣臣、朱伯煊、那文津同志。主编：上海耀华玻璃厂工程师李凤翔同志。

审稿：陈华南、李立华、曹文聪、邵鹤鹏、侯宝珩同志及秦皇岛玻璃技校工艺组教师。主审：建材部玻璃局工程师陈华南同志。

《平板玻璃成型工艺》

本书分垂直引上法玻璃成型工艺、平拉法与压延法玻璃成型工艺、浮法玻璃成型工艺三部分。共十六章三十四节。主要介绍有槽、无槽、对辊三种垂直引上法、水平拉制法、压延法、浮法制造平板玻璃的成型理论、生产设备、操作方法以及退火、切裁、质量检验等。

编写：李凤翔、刘鹤禄、魏西平、赵兴积、揣忠义、杨荣臣、那文津同志。主编：上海耀华玻璃厂工程师李凤翔同志。

审稿：黄钧、许关禄、陈文有、史惠玲、邵鹤鹏、黄国良同志及秦皇岛玻璃技校工艺组教师。主审：建材部秦皇岛玻璃研究所付总工程师黄钧和上海建材专科学校讲师许关禄同志。

《玻璃工业燃料》

本书分发生炉煤气的生产与设备、天然气及其他气体燃料、重油三部分。共九章四十节。主要介绍发生炉煤气的生产与设备、煤气的洗涤，其它气体燃料和重油的性质、贮存、输送及喷嘴结构与燃烧过程等。

主编：秦皇岛耀华玻璃厂工程师刘永淳同志。

审稿：王继廷、倪光耀、张惠琴同志及秦皇岛玻璃技校工艺组教师。主审：建材部秦皇岛玻璃设计院工程师王继廷同志。

在编审教材期间，各有关地区、学校、企业给予了很多支持和协助，特致以谢意。由于我们水平有限，时间短促，书中的缺点错误在所难免，恳切希望读者提出批评指正。

一九八一年十月

玻 璃 工 业 燃 料

目 录

概 述

一、平板玻璃生产对燃料的要求·····	1
二、平板玻璃生产所用燃料种类·····	1

第一篇 发生炉煤气的生产与设备

第一章 煤气发生炉中固体燃料的气化过程及原理 ·····	5
第一节 固体燃料气化产物的种类·····	5
第二节 煤气发生炉生产过程及原理·····	6
第三节 煤的性质对气化的影响·····	8
一、煤中灰分的影响·····	8
二、煤中水分的影响·····	10
三、煤中挥发分的影响·····	10
四、“剩余”焦炭反应性能的影响·····	11
五、煤的机械强度及热稳定性的影响·····	12
六、煤的粘结性的影响·····	12
七、煤的块度的影响·····	13
第四节 鼓风中掺入水蒸汽的作用及其对气化的影响·····	14
一、水蒸汽的作用·····	14
二、水蒸汽的消耗量·····	15
三、水蒸汽的单位消耗量对水蒸汽的分解率及气化指标的影响·····	16
第五节 混合发生炉煤气的各种气化指标·····	17
一、煤气质量·····	17
二、煤气产率·····	17
三、煤气化过程的效率·····	17
第二章 煤气发生站的工艺流程及设备 ·····	20
第一节 煤气站的工艺流程·····	20

一、热煤气发生站·····	20
二、气化焦炭或无烟煤的冷煤气发生站·····	21
三、气化烟煤的冷煤气发生站·····	21
第二节 煤气发生炉的构造·····	22
一、炉体·····	22
二、煤气发生炉的上部·····	24
三、煤气发生炉的下部·····	27
四、具有回转炉体和搅拌棒的 $\phi 3$ 米T型炉（威尔曼炉）·····	30
第三节 煤气的净化及设备·····	31
一、煤气的除尘及设备·····	31
二、煤气的冷却、干燥、洗涤及其设备·····	32
三、净化焦油装置及其工作原理·····	33
第四节 煤气的输送与输送设备·····	37
一、管通·····	37
二、煤气排送机·····	37
第三章 煤气站的操作与控制 ·····	38
第一节 煤气发生炉的操作与控制·····	38
一、煤气发生炉各层的作用、测量与控制·····	83
二、鼓风流量、鼓风温度、鼓风压力、煤气压力、煤气出口温度 及煤气成分的检测与控制·····	40
三、试烧新煤种应注意的事项·····	46
第二节 煤气炉不正常情况下的操作·····	46
一、炉凉·····	46
二、炉热·····	47
三、炉身红·····	48
四、出焦子·····	48
五、炼炉·····	48
六、产生窟窿的原因和处理办法·····	49
七、偏运行状况·····	49
八、煤气炉卡煤的原因和处理办法·····	50
九、蒸汽水套集汽器内水压上涨现象，以及在较低水压下添水的 方法·····	50
第三节 煤气炉的点炉、止炉和闷炉·····	51
第四节 煤气发生炉的维修与设备事故·····	53
第五节 热煤气管道的吹扫·····	58
第六节 煤气净化系统的操作与控制·····	59
第七节 煤气发生站的安全技术措施·····	61
第八节 环境保护与煤气站“三废”利用和处理·····	62

第九节 煤气发生站的优质、高产、低耗·····	62
第四章 提高发生炉煤气热值的方法及固体燃料气化新方法 ·····	64
第一节 提高发生炉煤气热值的方法·····	64
一、预热鼓风·····	64
二、富氧鼓风·····	64
第二节 煤的高压气化·····	66

第二篇 天然气、其他气体燃料及气体燃料的燃烧

第一章 气体燃料的种类和性质 ·····	70
第一节 天然气·····	70
第二节 油煤气·····	71
第三节 液化石油气·····	73
一、概述·····	73
二、液化石油气的生产·····	73
三、物理化学性质·····	74
四、储存与运输·····	77
五、储存管理的注意事项·····	78
六、供应方式·····	78
第四节 焦炉煤气、城市煤气及汽油气化气·····	79
第二章 气体燃料的燃烧 ·····	81
第一节 气体燃料的燃烧过程·····	81
一、煤气与空气的混合·····	81
二、煤气空气混合物的加热和着火·····	82
三、燃烧反应·····	84
第二节 煤气燃烧的火焰·····	84
一、有焰燃烧和无焰燃烧·····	84
二、煤气有焰燃烧时火焰的结构·····	85
三、火焰传播速度的基本概念·····	85
四、火焰长度·····	86
五、火焰的气 和刚性·····	87
第三节 气体燃料的燃烧设备·····	87
一、长焰喷嘴·····	88
二、短焰喷嘴·····	89
三、扁缝涡流式喷嘴·····	90
四、大气喷嘴·····	90
五、喷射气天然气喷嘴·····	90

第三篇 重 油

第一章 重油的性质和应用	92
第一节 概述.....	92
第二节 重油的性质和质量指标.....	93
一、重油的化学组成和热值.....	93
二、重油的粘度.....	93
三、重油的闪点.....	96
四、重油的凝固点.....	96
五、残碳.....	96
六、安定性.....	97
七、含硫量、水分及夹杂物.....	97
八、重油的比重.....	97
第二章 燃油系统	98
第一节 概述.....	98
第二节 卸油系统.....	99
第三节 燃料油的贮存.....	99
第四节 燃料油的供应系统.....	100
一、燃料油的供应系统.....	100
二、供油泵房.....	101
三、加热器.....	105
四、供油管道.....	107
五、燃油系统的热工测量与控制.....	112
第三章 重油的燃烧	114
第一节 重油燃烧的过程.....	114
一、重油燃烧过程的基本原理.....	114
二、重油的雾化.....	115
第二节 燃油喷咀的作用与类型.....	119
第三节 燃油喷咀的结构与操作参数.....	122
一、高压喷咀.....	122
二、低压喷咀.....	126
第四节 燃油火焰的特性与控制.....	128
一、燃油火焰的特性.....	128
二、燃油火焰的控制.....	128
第五节 改善燃烧节约燃油.....	130

概 述

一、平板玻璃生产对燃料的要求

平板玻璃生产过程中，熔制是在高温（最高1600℃）下进行的，因此要消耗很多热量。这些热量目前主要来自燃料的燃烧热。由于玻璃生产的特点，对燃料除一般的要求外，还有如下的要求：

1. 燃烧产物必须是对玻璃、耐火材料无害的，燃烧产物中要尽量少含尘埃、硫化物和钒化物，以免影响玻璃质量或加剧耐火材料的烧蚀；
2. 所含可燃物的量要多，热值要高，能较易达到必要的高温；
3. 燃烧过程较易控制。能较易调节和控制平板玻璃生产工艺所需的温度、气氛及火焰长短；
4. 发热量稳定，供应要连续稳定；
5. 有利于降低玻璃成本。

二、平板玻璃生产所用燃料的种类

由于平板玻璃生产对燃料的特殊要求，故只使用气体燃料和液体燃料。

气体燃料也称可燃气体或煤气，在工业上常用的大部分是混和物。各种可燃气体随其来源及造气方法的不同而有不同的成分。其中可燃成分有： H_2 、 CO 、 H_2S 、 CH_4 和 C_mH_n 等；不可燃成分有： N_2 、 CO_2 和 H_2O 等。各可燃成分的低热值如下：

热值的单位是：千卡/标米³

H_2 —2527； CO —3016； CH_4 —8555； C_mH_n —13385~34890。

各种可燃气体按热值可分为三组。

低热值高于3600千卡/标米³的可燃气体为高热值煤气。这一组可燃气体的特点是热值高的甲烷和其他气体烃含量很高，氮含量低很。主要包括焦炉煤气、天然气、石油裂解气、石油液化气、高压气化所得之煤气等。

低热值为1500~3600千卡/标米³的可燃气体属中热值煤气。主要包括水煤气、双重水煤气、蒸汽—氧气发生炉煤气。这组煤气含氮量也很少。

第三组是低热值可燃气体，其低热值小于1500千卡/标米³。这类煤气的特点为含氮量很高，这就使混和物中可燃组分的浓度降低。这组煤气包括蒸汽—空气发生炉煤气、空气发生炉煤气、高炉煤气。

液体燃料主要包括石油及其加工产品和焦油。重油（渣油）的热值为9000~11000千卡/公斤，焦油为8000~9000千卡/公斤。

固体燃料由于其燃烧不易控制，燃烧时又会把烟尘及炉灰带进窑内污染玻璃，故需气化

成发生炉煤气或干馏成焦炉煤气后使用。

固体燃料的气化是一个热化学过程。将煤或焦炭等固体燃料，在高温下与气化剂作用得到气体燃料的方法，一般称为燃料的气化。气化剂可用空气（氧气）或水蒸汽，或者两者合用。将固体燃料在密闭空间中与空气隔绝加热至高温时，固体燃料内部便发生复杂的变化。固体燃料分解，生成新的固体和液体、气体物质。固体燃料热分解的这种复杂的化学过程称为干馏。干馏所得的固体物质是焦炭，液体物质主要是焦油，气体物质主要是焦炉煤气。

根据我国能源构成，主要用煤作为气化及干馏的原料。在工业上主要根据煤的挥发份含量和粘结性，划分为褐煤，烟煤及无烟煤三大类。烟煤又可分为贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气煤、弱粘结煤及长焰煤。煤的分类如表 1—1—1 所示。元素分析及热值如表 1—1—2 所示。烟煤和无烟煤的粒度分级如表 1—1—3 所示。

在平板玻璃生产中，对于各工序选用的燃料应遵循技术上适用和经济上合理两个基本原则。

技术上适用主要是指：能满足生产工艺和温度的要求；有较好的生产条件和操作条件。

经济上合理主要是指：价格低，燃料所产生的热量能得到充分的利用。

根据上述原则，平板玻璃生产各工序所选用的燃料如下：

1. 玻璃熔窑主要使用发生炉热煤气、天然气和重油。有焦炉煤气供应地方，也可使用焦炉煤气。

2. 成型部分以使用净化的发生炉煤气、焦炉煤气、城市煤气和天然气为宜，其次是石

煤 的 分 类

表 1—1—1

煤 的 种 类		挥发份 % (可燃基)	粘 结 性	主 要 特 征 与 用 途
褐 煤		>37	/	发热量低，水份大，挥发份高，易风化，供炼油，气化及动力用
烟 煤	长 焰 煤	>37	弱	挥发份高，供炼油，气化及动力用
	不粘结煤	20~37	无粘结性	供气化、动力及民用
	弱粘结煤	20~37	粘结性小	挥发份中等，可炼油，供气化及动力，部份可作炼焦配煤
	气 煤	>37	中	挥发份高，作炼焦配煤，可供气化，部份可炼油
	肥 煤	26~37	中 强	作炼焦配煤
	焦 煤	<26	强	标准炼焦煤
	瘦 煤	<20	弱	作炼焦配煤
	贫 煤	10~20	无	挥发份低，供动力，气化及民用
无 烟 煤		<10	无	比重大，供气化、动力及民用

表 1—1—2

煤 的 元 素 分 析 及 热 值

煤 种	C _煤 %	H _煤 %	O _煤 %	N _煤 %	S _煤 %	A _干 %	W _用 %	Q _低 千卡/公斤
无烟煤	89.7~96	3.6~3.8	2.2~4.2	0.2~1.3	0.4	6~16	1~3	6000~7800
贫煤	89.3~92	3.8~4.5	2.2~4.0	1.7~2.3	0.3	8~17	3~16	7200~7900
瘦焦煤	88.5~90	4.1~4.6	2.4~5.3	1.2~2.2	0.4	10~15	3~16	7200~7900
焦煤	88.5~89.3	4.6~5.0	3.5~5.3	1.2~1.7	0.5	8.5~16	3~16	7500~8000
肥煤	81~89	5.0~5.6	3.5~9.5	0.9~1.9	0.5~3	7~25	3~16	6600~7900
气煤	76~84	5.2~6.3	8.5~16.8	~2	0.5~1.5	7.5~31	3~16	6500~7700
弱粘结煤 (大同)	83.38	5.24	10.21	0.64	0.53	4.69	2.28	7090
不粘结煤 (兰州)	80.2	4.5	12.0	0.74	2.31	11.6	4.28	6533
长焰煤	76~80.5	5.5~6.3	10.5~16.8	0.97~1.79	0.4~1.1	9~27	3~16	6000~6400
褐煤	72.7~78.5	4.4~5.6	15~21	1.35~1.64	0.4	11~30	35~50	4200~3000

烟煤和无烟煤的粒度分级

表 1—1—3

粒 度 等 级	粒 度 (mm)	粒 度 等 级	粒 度 (mm)
特 大 块	100~300	末 煤	<13
大 块	50~100	混 末	<25
中 块	25~ 50	混 中 块	13~50
小 块	13~ 25		
粒 煤	6 ~ 13		
粉 煤	< 6		

油液化气和重油裂解气。在没有上述气体燃料的地方，也可用汽油气化气，但成本高，很少用或只作备用燃料。

3. 退火部分使用的燃料，基本上与成型部分相同。

其他还有一些燃料虽然技术上也适用于平板玻璃生产，但或因价格较高，或因热利用率低，或二者兼而有之而未被采用，如原油，轻、重柴油及水煤气和单纯用空气作气化剂的发生炉煤气。

从目前情况看，我国燃料资源情况是煤多，油不富，气不多。故在今后的一段时间里，平板玻璃工业的燃料仍应以发生炉煤气为主，并尽量争取用重油，有条件的地区应争取用天然气。

平板玻璃厂生产所需要的燃料中，发生炉热煤气不能作远距离输送，在厂内单设煤气站（车间、工段）生产，就近供应熔窑使用。煤气站同时也向成型及退火工序供应净化发生炉煤气。

石油裂解气用量较少，有的平板玻璃厂也单设裂解炉自行生产供应。汽油汽化气由厂内汽化器生产，就近供应。

其他液体及气体燃料多由厂外供应。

由于发生炉煤气的生产过程及设备比较复杂，又是平板玻璃生产中的一个重要环节，本教材用较大的篇幅专门加以叙述。

第 一 篇

第一章 发生炉中固体燃料气化过程及原理

第一节 固体燃料气化产物的种类

固体燃料气化产物随气化剂及气化时的压力而异。在常压下用空气、水蒸汽、空气—蒸汽，氧—蒸汽作气化剂可分别得到不同成份、不同发热量的煤气，它们分别是：空气煤气、水煤气、空气蒸汽煤气、蒸汽氧气煤气。在20大气压以上用氧—蒸汽作气化剂可制得高热值煤气。

根据我国资源情况，平板玻璃工厂主要使用挥发份中等而粘结性小的弱粘结煤，也有使用挥发性高、粘接性中等的煤种作气化燃料的。在某些情况下，可用无烟煤作原料，以简化净化流程。高压气化时，可使用品位较低的贫煤及劣质煤（含大量粉煤、灰分、水分的煤）作气化原料。

现将各种气化产物的干组成及热值列于表 1—1—4

各种气化产物的干组成及热值

表 1—1—4

气 体 名 称	煤气的大约平均组成，体积 %							低热值 千卡/标米 ³
	CO ₂ + H ₂ S	O ₂	CmHn	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	
高压气化煤气	2~4	0.2~0.3	0.5~0.7	14~22	54~58	16~20	2~6	3600~3800
双重水煤气	10~20	0.1~0.2	0.5~1.0	22~32	42~50	6~9	2~5	2700~2800
水煤气	5~7	0.1~0.2	—	35~40	47~52	0.3~0.6	2~6	2400~2500
蒸汽氧煤气： (a)由块煤制得	16~25	0.1~0.2	0.2~0.8	27~41	34~40	2.5~5.0	3~5	2300~2450
(b)由细粒煤制得	23~26	0.2~0.3	—	28~33	40~43	2.0~3.0	1~2	2200~2250
蒸汽空气煤气： (a)由烟煤制得	2~5	0.1~0.4	0.2~0.6	26~31	11~15	1.2~3.8	47~55	1350~1580
(b)由无烟煤制得	5~7	0.1~0.3	—	24~27	12~15	0.5~1.0	51~55	1150~1250
空气煤气	0.5~1.5	—	—	32~33	0.5~0.9	—	64~66	990~1030

目前国内以煤气为燃料的平板玻璃厂，都采用以烟煤为燃料的空气、蒸汽发生炉煤气。空气、蒸汽煤气又称混和发生炉煤气也简称发生炉煤气。这种煤气热值能满足平板玻璃生产，能连续稳定供应，煤的热利率也较高，成本较低。

空气煤气热值太低不能满足平板玻璃生产需要故不采用。水煤气及双重水煤气的生产是间隙进行的，热利用率低，生产成本高，设备的操作和管理较复杂；又需优质煤或焦炭，故也不采用。

蒸汽、氧气煤气虽然热值比发生炉煤气高，能连续稳定供应，热利率也高，但需厂内自设氧气站或由厂外供应氧气，故目前国内玻璃厂尚未使用。

将煤高压气化虽然能得到优质煤气，但高压气化设备的操作和管理都较复杂，不宜各厂自行生产，一般由大型高压煤气站生产，用管道输送给各用气单位。

第二节 煤气发生炉生产过程及原理

固体燃料的气化过程与干馏过程不同。在干馏过程中，只有小部分有机物料转变为气体和焦油，而主要的产物是固体碳残留物（焦炭、半焦炭）。在固体燃料的气化过程中，所有的可燃物，除了烟子和灰渣外没有残留物。

气化过程在称作煤气发生炉（图 1—1—1）的装置中进行。煤气发生炉有金属炉体

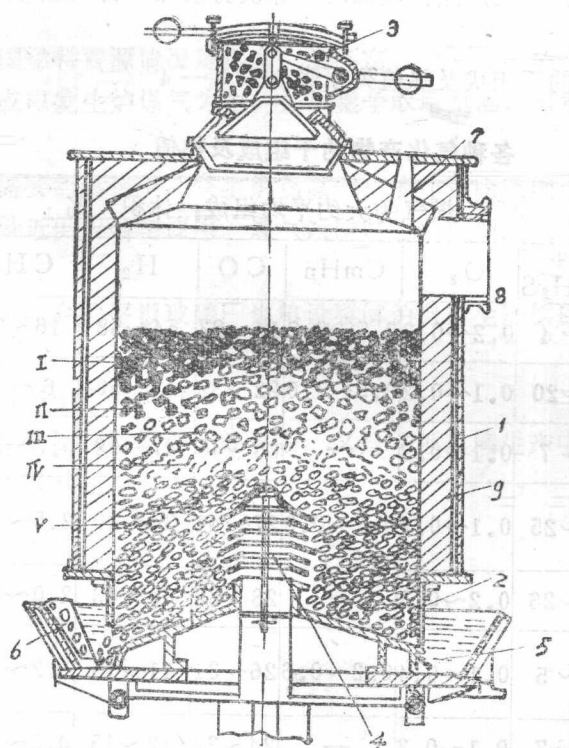


图 1—1—1 煤气发生炉剖面 and 煤气发生炉生产过程简图

1—炉体；2—裙形挡板；3—加煤机；4—炉栅；5—灰盆；
6—清灰刀；7—搅动孔；8—煤气出口

1, 称为裙形挡板的金属炉体下部 2, 沉入金属制的转动灰盆 5 中, 后者在操作时充满水。灰盆中的水起着水封作用, 将煤气发生炉的内部空间与外面的大气隔绝。在灰盆上牢固地固定着炉栅 4, 由下面通过炉栅送入的气体按煤气发生炉断面经灰层分布而进入燃料层, 燃料由上面经加煤机 3 装入煤气发生炉。

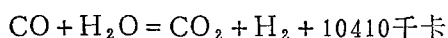
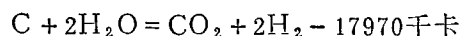
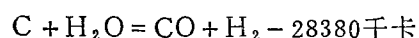
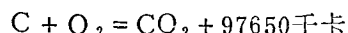
燃料和灰渣支承在炉栅和灰盆的底上。气化过程中所生成的灰渣, 当灰盆转动时自动地经灰刀 6 排出。随着气化过程的进行, 燃料逐渐下降, 在其原来的位置, 不断地进入新的燃料。

生成的发生炉煤气聚集在燃料层上部, 由出口管 8 引出。搅动孔(扎炉孔) 7 用以观察煤气发产炉内的操作情形, 扎碎熔渣和扒平燃料层。

按照煤气发生炉内生产过程进行的特征, 分为五个层: 燃料干燥层(I); 干馏层(II); 还原层(III); 氧化层(IV); 灰渣层(V)。头两层组成燃料的准备层, 其次的两个层是气化层。

进入煤气发生炉的气体, 首先通过灰渣层(层 V), 在此气体稍微预热, 然后进入红热的焦炭表面。气体中的氧在此与碳发生反应, 同时生成反应产物 CO_2 和 CO , 其中 CO_2 的量通常较多; 在反应进行中放出大量的热, 因此氧化层是温度最高的, 可达 $1100\sim 1200^\circ\text{C}$ 。在氧化层(层 IV) 末端, 随着氧气的耗尽, 开始产生 CO_2 和 H_2O 的还原过程。当气体进一步向上移动时, CO_2 和 H_2O 的还原过程继续激烈进行, 而到还原层(层 III) 末端, CO_2 和 H_2O 的量就所剩无几。由于还原反应是吸热反应, 故还原层温度低些, 温度为 $800\sim 1100^\circ\text{C}$ 。氧化层和还原层紧密地相互联系, 在此两层中, 生成发生炉煤气的主要可燃组分 CO 和 H_2 。

气化层中自下而上的反应如下:



煤气由气化层出来时, 除了可燃组分 CO 和 H_2 外, 还有 H_2O 、 CO_2 和大量由空气带来的 N_2 。这些气体具有较高的温度, 所以在其进一步向上移动时, 能将向下移动的燃料块加热至 $500\sim 800^\circ\text{C}$, 使后者产生干馏作用, 生成焦油和其他液体馏分的蒸汽、热分解水汽和可燃气体 CH_4 、 C_2H_6 、 C_mH_n (主要是 C_2H_4)、 H_2 和不可燃气体 N_2 、 CO_2 以及固体残留碳。这些热分解的挥发分与来自气化层的气体混合后, 一起继续上升, 能将燃料干燥, 使燃料放出水分。这样在发生炉中, 气体的生成是一种成层式的过程。但是在发生炉中各层间并没有明显的界线, 一个层可以部分地穿入其他层。

气化层和准备层(的产物虽然可以部分地相互作用, 但可以近似地把发生炉煤气当作气化层和准备层干馏层和干燥层) 中生成的气体的混和物。

发生炉煤气的发热值显然与组成它的各种气体的发热值及其含量有关。由于干馏产物的发热值较气化产物 CO 和 H_2 的发热值高得多, 所以发生炉煤气中干馏产物的含量愈高, 其发热值则愈高。

表 1—1—5 是用蒸汽空气作气化剂时发生炉内各层的作用、温度及发生的反应。

煤气发生炉内各层反应过程及作用

表 1—1—5

名称、高度、温度		进 行 的 过 程 和 作 用	化 学 反 应
灰 渣 层 0.1~0.3米		支持燃料 分配气化剂 防止炉栅（风汽帽）受高温损坏 利用灰渣的物理热预热气化剂	
气 化 层 （火层） 0.15~0.45米	氧 化 层 1100~1200℃	碳被气化剂中的氧氧化成CO ₂ 及CO，并放出热量以维持必要的反应温度	$C + O_2 = CO_2$ $2C + O_2 = 2CO$
	还 原 层 1100~800℃	CO ₂ 还原成CO 水蒸汽分解为H ₂ 、CO和CO ₂ 上部还有CO与H ₂ O的复分解	$CO_2 + C = 2CO$ $H_2O + C = CO + H_2$ $2H_2O + C = CO_2 + 2H_2$ $CO + H_2O = CO_2 + H_2$
煤 层 0.3~0.5米	干 馏 层 800~500℃	煤获得热气体传递的热量，进行热分解。析出的产物有：CO、CO ₂ 、H ₂ 、CH ₄ 、C ₂ H ₄ 、N ₂ 、H ₂ O、NH ₃ 及焦油等	
	干 燥 层	借气体的物理热，蒸发煤中的水分	
空 层 1.0~1.75米 600~400℃		聚集煤气	有时煤气中部分CO与水蒸汽进行反应： $CO + H_2O = CO_2 + H_2$

第三节 煤的性质对气化的影响

一、煤中灰分的影响

1. 灰分的成分及其含量

煤的一切可燃物质完全燃烧后所残存下来的矿物质混和物即称为灰。通常有以下两个来源。

（1）固体灰——植物在形成煤时所原有的或沉淀的不纯物质。

（2）自由灰——部分泥土、岩石和硫铁矿等混杂物，以及在煤矿开采时混合进去的顶层和底层的碎屑。自由灰可以在洗煤时洗选掉。

灰分是一种混合物，主要化学成分为：

SiO₂、Al₂O₃、FeO或Fe₂O₃、CaO及少量MgO、TiO₂和碱金属的化合物。

其中SiO₂、Al₂O₃、TiO₂等来自沙、土、岩石；FeO、Fe₂O₃主要来自硫铁矿（FeS₂），而CaO、MgO则以硫酸盐和碳酸盐的形式存在。

煤中的灰分含量愈低愈好。如果灰分含量高则会降低煤中可燃组分含量，并增加了由灰分带走的热损失；同时由于出灰次数增加，也影响气化过程的稳定进行。灰分过高的煤在气化过程中由于出现部分表面被灰分覆盖的现象，使气化反应的有效面积减小，降低了煤的反应能力。煤气发生炉气化用煤的灰分一般要求低于20%，最好能低于15%。

2. 灰分熔点

灰分的熔融性主要取决于成分，一般在煤灰中Fe、Ca、Mg、Na、K等元素含量多时，能增加其熔融性；Si、Al含量多时，能减少其熔融性，这是由于Si、Al氧化物熔点较高。

灰分在煤燃烧后，并不是孤立的物理混合物，而是结合成不同的化学结晶混合物，其熔点如表1—1—6所示

灰 分 中 各 组 分 的 熔 点		表 1—1—6
组 分	熔 点	℃
SiO ₂ 结晶	1710	
3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1850	
2FeO·SiO ₂	1065	
CaO·FeO·SiO ₂	1100	
CaO·SiO ₂	1540	
CaO·Al ₂ O ₃	1500	

从上表可以看出，在熔结的灰分中起主要作用的是自由灰SiO₂及助熔剂CaO和FeO。通常可以用下式计算熔融之难易，即：

$$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$$

当此值在1以下时为易熔，在5以上时为难熔。

煤灰中常见的Fe及Ca都是降低熔点的因素。在煤灰中，只有Fe₂O₃为有色物质，所以可以推测，灰渣的颜色越近红色，其熔点将越低，但颜色浅时，并不能肯定其熔点高，因为有可能受CaO的影响。一般因灰分中CaO含量不多，故可以认为颜色浅时熔点较高。煤中的含硫量虽然与灰份熔点无直接关系，但因硫能与铁和钙形成化合物，故可推知，含硫量较多者熔点较低。

由于燃料的灰渣没有均一的成分，因此它不可能有一定的熔点。从局部开始软化到全部熔融之间存在着一个温度间隔。用t₁—变形温度；t₂—软化温度；t₃—熔化温度来表示。

灰分的熔点和加热时周围的气氛也有关系。在还原气氛中比在氧化气氛中熔点要低，有时相差竟达300℃，因为这时铁的化合物中以熔点低的亚铁化合物居多。

一般灰分的熔点是指还原气氛下的软化温度。熔点低于1200℃的灰称为易熔性灰；熔点在1200~1300℃的称可燃性灰；在1350~1500℃之间的称为难熔性灰；高于1500℃的称不熔性灰。

除了灰分的成份和气化层温度外，其他外界因素对燃料的结渣也有一定影响：