

中国金属学会 1979-1980年优秀论文选集



(第三分册)

中国金属学会 编

冶金工业出版社

中国金属学会
1979—1980年优秀论文选集

(第三分册)

中国金属学会 编

中国金属学会
1979—1980年优秀论文选集
(第三分册)
中国金属学会 编

*
冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*
787×1092 1/16 印张 23 3/4 字数 569 千字

1984年1月第一版 1984年1月第一次印刷

印数00,001~3,200册

统一书号: 15062·3937 定价2.50元

编者说明

中国金属学会于一九七八年十二月召开第三届全国代表大会以来，建立了三十个专业学术委员会，在中国科协和冶金部的领导下，团结了冶金界的广大科技工作者，紧密结合冶金工业生产建设和冶金科学技术发展的需要，积极开展了国内、国际学术活动，总结交流了冶金科研成果和生产技术经验；在双百方针的指导下，活跃了学术空气，提高了科学技术水平，对促进冶金科学技术的发展，做出了一定的贡献。

在一九七九年到一九八〇年几十次的学术活动中，广大的冶金科技工作者提出了几千篇学术论文，在学会各专业学术委员会召开的一系列学术会议上进行了交流和讨论。这些论文中有一些是科研成果，在冶金科学理论上有了新的创见；有一些在新技术新工艺上发现了一些新的规律；有一些总结了长期生产实践经验，提高到理论水平；还有些通过生产实践对我国资源开发提出了新的技术发展方针和具体措施。两年来，从这些论文中由各学术委员会评选推荐，又经过学会办公室组织复审，选出了较为优秀的论文七十四篇，编辑成《1979—1980年中国金属学会优秀论文选集》。

这套论文集共分为四个分册：第一分册包括冶金地质、采矿、选矿专业；第二分册包括轻有色金属、重有色金属、稀有金属、有色金属材料与加工、半导体材料、粉末冶金、炭素材料；第三分册包括炼焦化学、炼铁、炼钢、特殊钢、轧钢、铁合金、耐火材料；第四分册包括金属学及金属物理、冶金过程、物理化学、热工与热能、冶金建筑、冶金设备、自动化、安全、环境保护、无损检测、理化检验。

本书为《选集》的第三分册，收入了有关焦化、炼铁、炼钢、特殊钢、轧钢、铁合金、耐火材料方面论文篇。

此外，经审定的优秀论文中还有下列八篇因故未编入本《选集》：

1. 海相火山建造及其铁(铜)矿床的地质特征、评价标志和找矿方向
冶金部地质研究所 冶金部北京冶金地质研究所
2. 包头矿选矿综合利用新进展——浮选-选择性絮凝脱泥流程的研究与实践
冶金部矿冶研究总院 罗家珂
3. 根据我国铝资源特点走自己发展氧化铝生产技术的道路
冶金部沈阳铝镁设计院 陈岱等
4. 砂状氧化铝的分解及焙烧
郑州铝厂
5. 无筛板沸腾氯化新技术的研究
冶金部广州有色金属研究院 温旺光等
6. 提高钨铝丝质量的工艺研究
冶金部宝鸡有色金属研究所 李应泉
7. 超纯单晶锆的制备

冶金部有色金属研究总院

8. 对我国氧化铝生产节能问题的探讨

冶金部北京有色冶金设计研究总院 刘天齐

一九八二年四月

目 录

炼 焦 化 学

- 发展我国高挥发分煤炼焦技术……………鞍山热能研究所 冯安祖 (1)
炼焦炉损坏的原因及防止损坏措施……………鞍山焦化耐火材料设计研究院 彭降祜 (21)
我国冷压型焦用于中型高炉的展望……………鞍山热能研究所 林仪媛 (27)
改进煤气终冷流程 减轻环境污染
……………鞍山焦化耐火材料设计研究院 范守谦 侯新宗 (41)
炼焦炉的冷修与热修……………鞍钢化工总厂 马成骏 章白下 袁庸夫 (49)

炼 铁

包钢高碱度烧结矿机理的研究

- ……………包钢烧结厂 包钢研究所 冶金工业部北京钢铁研究总院 (65)
分装大批量的操作实践……………本溪钢铁公司 张文达 冯开盛 齐斌 (82)
高温顶燃式热风炉试验及其推广……………陈炳霖 张伯鹏 (89)
铬矿预还原反应机理的探讨……………吉林铁合金厂 张南生 郭文正 (100)

铁 合 金

- 高炉冶炼锰铁时渣中 MnO 的讨论……………张棠科 吴宦善 王朝正 程包进 (110)
控制炭素铬铁合金含硫方法的初步探讨……………胡凌标 (125)
多钒酸铵的沉淀……………蔡垂信 薄立群 张加歧 魏素英 惠兆生 张百川 (134)

炼 钢

连铸深冲薄板钢的试验研究

- ……………上海第一钢铁厂 攀枝花钢铁研究院 宝山钢铁总厂 (138)
对提高炉衬寿命有利的造渣制度……………首钢炼钢厂 陆祖廉 柯玲 王树棠 (193)
连铸板坯传热的计算机模拟……………武钢第二炼钢厂 蒋冠珞 (207)

特 殊 钢

一种新奥氏体钢系——Fe-Mn-Al热强钢、低温钢、无磁钢的发展

- ……………中国科学院金属研究所 张彦生 (221)
Fe-Cr-Mo系超纯铁素体不锈钢真空冶炼过程中的C-O反应与Si-O反应
……………中国科学院金属研究所 杨克努 孙从熙 沈加年 (239)
稀土元素提高高速钢热塑性机理的研究……………冶金工业部钢铁研究总院 大连钢厂 (250)
6Cr4Mo3Ni2WV 工模具钢的二次硬化机制……………上海钢铁研究所 俞学节 (259)

轧 钢

液压微调模型的研究与实践.....冶金工业部钢铁研究总院 徐志雄 等(268)

冷轧压力公式及外区影响的实验研究

.....北京钢铁学院 贺毓辛 郭惠久 刘小平
鞍山钢铁公司钢铁研究所 陈振韬
河北矿冶学院 王朕增
武汉钢铁学院 杨 节(287)

异步轧制实验研究.....东北工学院(299)

控制轧制10MnNb 钢板的研究和试制

.....上海第一钢铁厂 沈如章 沈被德 林有祚 徐文壮 等
北京钢铁研究总院 向德渊 李述创 叶崇发 栾凤英 等(306)

石油套管射孔裂纹分析.....冶金工业部钢铁研究总院 刘怀文 钟倩霞(321)

耐 火 材 料

炼铜炉用熔铸镁铬砖显微结构的研究.....洛阳耐火材料研究所 钟香崇 张丽华(337)

耐火可塑料在鞍钢的试制和试用.....鞍钢钢铁研究所 严行健(345)

连铸锰钢用 Al_2O_3-C 质浸入式水口的研制上海第二耐火材料厂(355)

表面处理对活性氧化镁晶粒尺寸增长速度的影响.....李楠 嵇宏坤(366)

炼焦化学

发展我国高挥发分煤炼焦技术

鞍山热能研究所 冯安祖

一、引言

我国高挥发分煤资源丰富。利用这部分资源发展煤炭、冶金和化学工业已取得可喜进展。近年来,关于开发高挥发分煤炼焦的技术,日益受到国内外广泛重视。本文应中国煤炭学会煤化学学术会议和中国金属学会焦化学术会议之约而写。文中简要介绍了当前我国利用高挥发分煤配煤炼焦技术水平;以最近大量煤质鉴定结果为依据,概括了我国高挥发分煤的煤质特征;并综合国内有关试验和生产实践,着重评述了多用高挥发分煤炼焦的各种技术途径。本文得到张孝天和王传家等同志的热情协助,在此顺表谢意。

二、我国高挥发分煤炼焦技术水平

能源、材料和信息科学被认为是现代科学技术发展的三大支柱。矿物能源的开发和利用对于我国的实际意义尤大,其中煤炭所占的比重仍将压倒优势。我国煤炭资源丰富,其中炼焦煤占相当比例,约为煤炭总贮量的37%。炼焦煤的分布很不平衡,高挥发分煤贮量大和分布广是其特征。据目前探明储量,气煤就占55.7%,其余肥煤占14.1%,焦煤占18%,瘦煤占12.2%。近年来全国洗精煤生产中也以气煤居多,为41.6%,其次是焦煤,为30.8%,另有肥煤16.9%和瘦煤10.7%。我国炼焦煤资源分布特点:一是数量集中在华北和华东地区,各占全国炼焦煤贮量的60.3%和15.7%;西北和西南次之各占8.5%和7.9%;东北和中南地区则较少。二是品种分布不均衡,除华北地区煤种较齐全以外,华东地区和东北地区均以高挥发分煤为主,各占本区炼焦煤的78%和68%,西南地区赋存焦煤和瘦煤比例较大,西北地区也以气煤为多。由于炼焦煤在数量和品种上分布不均,要求在煤矿建设上做到合理开发,注意本地区稀缺煤种的开采和保护,组织各地区之间的调剂。因此,在使用上应注意利用丰富的高挥发分煤资源。显然,发展我国高挥发分煤炼焦技术十分必要。

随着钢铁工业的迅速发展,优质炼焦煤源相应日益紧张。各工业发达国家同样对高挥发分煤的炼焦技术广为重视。目前,世界各国在划分烟煤的类别时,普遍采用挥发分表征煤的变质程度。不同挥发分煤在炼焦过程中的性状不同,同属高挥发分煤的炼焦性质仍有显著差异,更应区别对待。各国划分高挥发分煤的界限及其煤种名称见表1。

在我国,高挥发分煤是指可燃基挥发分大于30%的煤,包括部分粘结性强的肥煤和气肥煤;中等粘结性的肥气煤二号和气煤三号;粘结性较差的气煤二号和肥气煤一号;粘结性很差的气煤一号和一部分弱粘煤二号。

表 1 一些国家划分高挥发分煤的界限及其煤种名称

国 别	挥发分界限, %	煤 种 名 称	
法 国	>30	肥焰煤, 干焰煤	
英 国	>32	400号以上均为高挥发分煤	
荷 兰	>30	气煤, 火焰煤	
波 兰	>28	气焦煤, 气煤, 气焰煤	
意 大 利	>28	中焰煤, 气煤, 长焰煤	
西 德	科学分类	>28	高沥青煤A、B、C、D
	商业分类	>28	气煤, 气焰煤, 焰煤
美 国	>31	高挥发分烟煤A、B、C	
中 国	>30	肥气煤一号, 肥气煤二号, 气煤一号、二号、三号, 气肥煤, 一部分肥煤和弱粘煤二号	

如前所述, 我国大部分地区主焦煤和肥煤较少而高挥发分煤较多, 这给生产优质焦炭带来不少新课题。我国炼焦工业广大职工针对各地资源特点, 因地制宜地采取相应措施, 有力地保证了大型企业和中小企业的炼焦生产。多年来, 各地按照高挥发分煤的不同性质加以利用, 例如, 尽量多配用肥气煤二号和气煤三号, 从而达到扩大资源利用效果; 有的地区煤料粘结性强, 就可增加邻近地区弱粘煤配用量; 对于中小高炉、铸造和气化用焦均就近利用该地区粘结性较差的煤种, 结合采用相应工艺措施满足生产要求。由于我国大部地区的高挥发分煤系低灰低硫易选, 这就有利于降低焦炭灰硫, 从而降低炼铁焦比和适应大型高炉冶炼需要, 并能增加炼焦化工产品, 支援农业和化学工业。

目前我国重点焦化厂使用高挥发分煤的配比见表 2。

表 2 我国重点焦化厂使用高挥发分煤的配比

企 业	气 煤		肥 气 煤		合 计
	矿 名	比 例	矿 名	比 例	
鞍 钢	抚 顺	35~40	双 鸭	10~8	40~50
本 钢	抚 顺	30~35	小 恒 山 城 子 河	} 5~10	40~45
首 钢	马 武 山	25~30	唐 山 邢 台	} 10~15	35~45
武 钢	新 汶	10~15	平 顶 山	25~30	35~45
马 钢	新 汶 徐 州	15~20	淮 南	20~30	40~50
梅 山	新 汶 徐 州	} 35~40	陶 庄	8~10	40~50
重 钢	—	—	永 荣	50~60	55

鞍钢化工总厂是我国目前最大的焦化厂，在生产上长期使用东北地区高挥发分煤达50%左右，其中弱粘结气煤二号占主要部分。与国内其他焦化厂相比，其气煤用量占首位，在国外也不多见。实践表明，配合一定量的强粘结煤（20%林西肥煤）和中等粘结煤（20~30%焦煤）炼焦，可使焦炭强度 M_{40} 达70%， M_{10} 为10%左右。

首钢处于华北地区，煤源比较充足，有生产优质冶金焦的良好条件。首钢为了降低焦炭灰硫含量，节约优质焦煤资源，大量配用了附近的大同马武山弱粘结煤。马武山煤系弱粘结煤二号，挥发分高， y 值为0~9毫米，固化后收缩大。这对焦炭的强度和耐磨均不利。但该煤种含灰低（为4%左右），运输里程短，当配煤组分选择恰当，如使用丰三强肥煤时，可配用马武山煤30%，焦炭强度仍可达310公斤以上，这时焦炭灰分可降至11~12%，硫分为0.5%左右。

中南地区炼焦煤不足。武钢炼焦煤主要由山东、河北、河南等省供应，生产上气煤用量为35~45%。武钢曾进行过多用气煤炼焦的大炉试验，气煤和肥气煤用量高达55~60%。该厂还探讨了气煤（主要是肥气煤）用量达80%的可能性，认为焦炭强度可以满足高炉需要。应当指出，配煤中需有一定数量的肥煤或焦煤，才能保证焦炭强度和耐磨。

华东地区炼焦煤资源以高挥发分煤为主。马钢炼焦煤基本立足本省，仅肥煤由山东供给。配煤中气煤和肥气煤用量为45~50%，高挥发分肥煤为30~35%，焦煤和瘦煤共20~25%。若以可燃基挥发分超过30%计入高挥发分煤，则马钢炼焦生产配煤中已使用了80%的高挥发分煤。

近年来，各主要工业国均大力利用高挥发分煤炼焦，取得不少进展。美国焦化厂平均配煤比为：高挥发分煤60~65%，中、低挥发分煤约15%和20%。从表面上看，高挥发分煤用量很高，但美国使用的是粘结性很好的高挥发分煤，相当于我国的肥煤二号、气肥煤、气煤三号 and 肥气煤二号。其国际分类牌号为534、535、634、635，相当于我国的开滦、枣庄、平顶山、萍乡和峰峰三矿等煤种。可是，这样的强粘结性煤在我国很少，而我国所用气煤大多系指中等到弱粘结性煤这一部分，可见两者实有区别。美国由于强粘结煤用量大，焦炭质量指标很好， M_{40} 为70~79%， M_{10} 约7%。英国炼焦配煤中用的高挥发分煤以400号、500号和600号煤为主，相当于我国的肥煤、气肥煤和肥气煤二号，大多是强粘至中等粘结以上的高挥发分的煤而700号以上煤只用到10%以下，也就是说相当于我国的气煤二号或肥气煤一号只用到10%以下。西德配煤中配用大量中等挥发分强粘结煤，焦炭质量很好， M_{40} 一般大于80%， M_{10} 为5~7%。西德煤分类中挥发分为28~35%的煤种称为气煤，其坩埚焦特征为 $3^{1/2}$ 至 $4^{1/2}$ ，相当于我国的肥焦煤、肥煤以及比较好的肥气煤。按西德分类标准，目前我国煤分类的一部分肥煤、肥气煤以及全部气肥煤和气煤均属气焰煤，其挥发分为35~40%。由此可见，目前各国所称气煤的性质差别很大，要具体比较，才能得出正确结论。日本矿物资源十分贫乏，钢铁工业炼焦煤中进口煤占80%以上。为了获得廉价炼焦煤源，日本在研究利用高挥发分煤方面颇下功夫。日本将挥发分大于35~36%的煤均列入弱粘结性煤，而必须配入60~70%中低挥发分强粘结性煤，才能生产出符合大型高炉要求的冶金焦炭。

综上所述，不难看出，我国目前重点焦化厂使用高挥发分炼焦的配煤技术水平，在各主要工业国家中属先进行列。但必须看到，我国冶金焦炭的质量不高，不少重点焦化厂炼焦配煤中强粘结煤不足而煤料偏瘦，而炼铁生产的发展趋势是高炉大型化，对焦炭强度

(特别是其热性质)的要求更高。显然应针对我国各地区高挥发分煤的资源特点,加强煤质基础研究,开拓利用高挥发分煤炼焦的多种技术途径,以适应炼铁生产发展的需要。

三、我国高挥发分煤炼焦特征

充分利用高挥发分煤的前提,是对这类煤种的属性及其特征有一个深入的了解,俾能作出全面评价,从而针对其特性开拓不同利用途径。拟从五个方面介绍我国高挥发分煤的炼焦特征。

1. 变质程度和煤岩特征

变质程度是煤的重要性质之一,通常用来表征变质程度的指标是平均煤样的挥发分,其次是平均煤样的含碳量或发热量。近来已公认,采用煤中镜质组的最大平均反射率来表示更为合理。这是因为挥发分的测定值随岩相组分的不同而异,还随煤中矿物含量及矿物类型不同而变化,影响其反映变质程度的准确性。高挥发分煤是烟煤中变质程度较浅的煤,其在干馏过程中能逸出大量挥发分,产生较多的气体和液体产品,这对焦炭强度将起不利的影响。煤的挥发分与镜质组最大平均反射率的关系见图1。

可以认为,挥发分与反射率之间有一定的关系:在低挥发分煤附近二者关系的波动范围较小,但对高挥发分而言,二者关系的波动范围则较大。这一方面是因为大部分不同挥发分的煤,其镜质组含量均能在50~85%的范围内变化,岩相组成以及矿物的质和量均影响二者的关系,另一方面是因为稳定组含量也明显影响挥发分与反射率的关系。从我国大量煤质鉴定结果发现,挥发分与煤岩组成中稳定组含量有某些关系(见图2)。

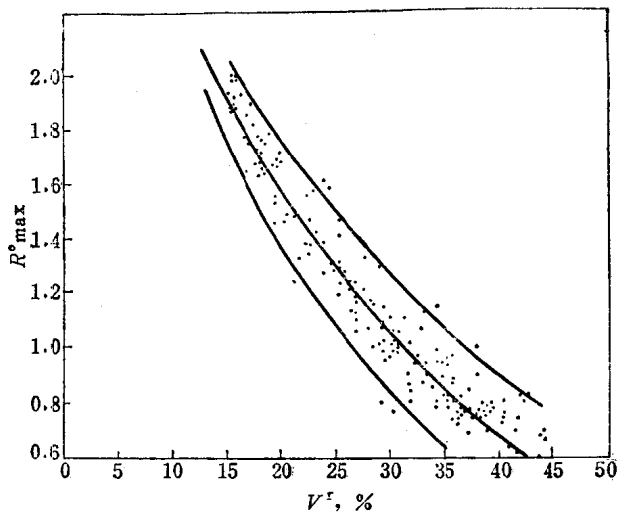


图1 挥发分与反射率的关系

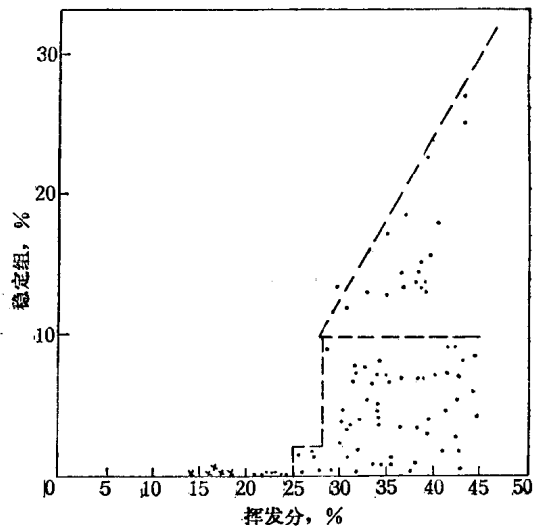


图2 挥发分与稳定组含量的比例

随着变质程度增高,稳定组相应减少以致逐步消失。高挥发分(大于30%)煤通常出现稳定组大于10%的情况,但当挥发分小于2.5%时,稳定组基本消失。肥气煤、气煤和弱粘煤二号的稳定组含量波动甚大,低者小于2%,高者超过10%;肥焦煤和大部分肥煤的稳定组一般在5%以下,仅有个别达10%;而焦肥煤、焦煤和瘦煤类稳定组含量均很小或趋于消失。

对高挥发分煤中气煤二号、气煤三号 and 弱粘煤二号的煤质深入研究,还发现其煤岩成分

和结焦性似有某些关系。表3列出了几组对比数据以资说明。

表3 煤岩成分与结焦性的关系

牌号	煤种	V _r	y	LR	G	N	镜质	半丝	丝质	稳定	矿物	R ^o	M ₁₀	M ₁₀₀
Γ ₂	龙凤	39.5	11.5	66	67	125	81.2	4.3	5.6	6.9	2.5	0.76	F ₁₀	10.8
Γ ₂	四方台	40.6	12	74	78	142	83.8	2.6	0.6	9.0	0.7	0.72	F ₁₀	10.1
Γ ₂	禹村	39.2	10	57	53	108	56.7	7.2	16.7	15.7	2.0	0.72	46.8	28.1
Γ ₂	夹河	38.3	12	69	63	140	40.5	9.3	29.3	18.5	2.5	0.73	56.7	17.6
Γ ₃	五官	40.8	17	89	99	199	79.2	6.2	12.5	0.8	1.3	0.80	25.2	15.8
Γ ₃	富源	38.5	18	79	80	176	33.0	4.6	37.9	22.9	1.6	1.01	72.2	7.1
CC ₂	六道湾	36.4	8	33	31	31	54.7	5.2	37.0	3.1	0.7	0.73	F ₁₀	61.6
CC ₂	孔集	36.8	9	37	26	77	56.7	5.5	23.1	12.2	2.5	0.75	42.8	36.2

其中稳定组含量高者，似乎比同类牌号煤的结焦性好。由于稳定组主要是由成煤植物的孢子和种子等形成，其加热后的性质与镜质组不同。稳定组在加热过程中于较低温度下就大量析出挥发分，在固化形成半焦阶段挥发分则析出比较少。这样，有利半焦收缩应力的均衡，生成裂纹不太多的焦炭。相反，对于其他组分含量高而稳定组低的煤，挥发分在半焦阶段仍有相当量析出，半焦收缩量大，从而生成碎裂的焦炭。初步统计看出：高挥发分煤的稳定组含量大于10%以上，其单种煤的结焦性似优于同类牌号煤。煤的变质程度和煤岩特征表明，高挥发煤的性质甚为复杂，在利用时更加需要深入研究。

2. 气煤的可磨性

煤的可磨性反映煤的破碎性能。曾对炼焦煤进行可磨性指数测定，其方法采用美国材料试验协会标准，或通称哈德格罗夫法。对大量数据分析后可以归纳出以下看法：

1) 煤的可磨性与其变质程度有密切关系。可磨性指数与挥发分和反射率的关系见图3和图4。

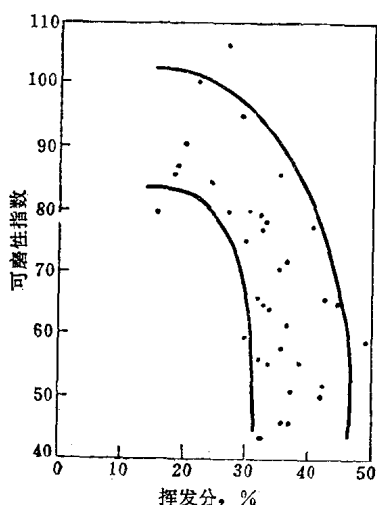


图3 挥发分与可磨性的关系

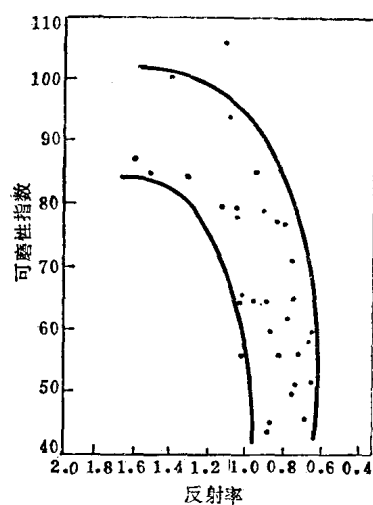


图4 反射率与可磨性的关系

2) 挥发分和高粘结性弱的煤，其可磨性指数低，这说明该煤种坚硬不易磨碎，如气煤二号和弱粘煤二号等。而中等挥发分至强粘结性煤(焦煤、肥煤)的可磨性指数高，这表

明该煤种较软而易磨碎。通常气煤大类的可磨性指数为50~70，而吕家坨肥煤和后石台焦煤的可磨性指数很高，分别为107和101（见表4）。

表 4 各种煤的可磨性指数

牌 号	煤 种	可磨性指数	V _r	R _{max} ⁰	γ
气煤二号	夹 河	50.5	37.0	0.73	12
	老 万	51.4	42.7	0.65	11.5
	尧 州	58.2	37.6	0.69	11
	龙 凤	65.4	42.9	0.76	13
气煤三号	富 源	55.3	38.5	1.01	18
	五 官	77.5	40.7	0.80	17
肥气一号	永 川	43.3	32.1	0.87	11
	大 屯	55.9	32.2	0.84	11
	城 子 河	65.4	33.0	1.01	11.5
	淮 南	77.1	32.4	0.80	14
肥气二号	官 桥	61.4	36.5	0.79	14
	唐 山	65.6	32.5	1.01	23
	陶 庄	79.3	32.8	0.88	20
	平 顶 山	85.2	31.2	0.98	21
弱粘二号	六 道 湾	45.8	35.8	0.73	6
	马 武 山	56.7	32.9	0.76	5
	新 河	72.0	35.6	—	8
肥 煤	吕 家 坨	107.7	27.6	1.15	28
焦 煤	后 石 台	101.3	22.4	1.41	13
瘦 煤	邯 郸	89.0	19.1	1.69	9

3) 同属一个牌号的气煤，其挥发分和胶质层分类指标接近，但不同煤矿的煤其可磨性指数有相当差异，即有的易碎，有的难碎。

表 4 还列出了四个牌号气煤和弱粘煤二号的磨性指数与挥发分、反射率和胶质层的数据，为了便于比较，还列出了人们熟悉的肥煤、焦煤和瘦煤的数据。显然，在采用不同牌号和多煤种配煤炼焦时，应根据煤种煤质特征选择备煤工艺，考虑是否采用分组破碎或某一组分的分别破碎流程。

煤的可磨性指数还具有可加性（见表 5）。

同一配煤的可磨性指数的计算值与实测值基本相当（误差范围在3%以内），对于二元配煤计算值与实测值非常接近。显然，煤的可磨性特征在利用高挥发分煤炼焦时应予以重视。

3. 单种煤的粘结性

粘结性是炼焦煤的又一基本性质，目前尚无严格统一的定义。人们用多种测定方法，从各个方面描述煤的粘结性能。一致认为：煤炭干馏形成好焦炭的基本条件，是煤必须具有足够粘结性。在当前我国多数焦化厂配合煤料偏瘦的情况下，对煤的粘结性及合理使用

更应重视。我国常用的粘结性指标有胶质层厚度、罗加指数和奥亚膨胀度。近年来又出现了独创的粘结指数和粘结度二项新指标，以期代替胶质层指标。为了比较这几项指标的相互关系，最近对185个炼焦煤样的煤质数据进行了分析，发现各粘结性指标大致有一定关

表 5 可磨性指数有可加性举例

序 号	配 煤 比, %				可磨性指数, K_m	
	夹 河	新 河	贾 旺	青 龙	计 算	测 定
1	100				—	50.5
2		100			—	72.0
3			100		—	65.0
4				100	—	86.6
5	65	20	15	—	56.9	55.9
6	60	20	10	10	58.9	63.1
7	70	15	—	15	59.1	56.7
8	85	15	—	—	53.7	52.0~54.4

表 6 各项指标的相互关系

粘 结 性	γ	LR	G	N	b
不 粘 结	0	0~20	0~15	0~20	仅收缩
弱 粘 结	5~9	15~55	15~55	15~90	仅收→零
中 等 偏 弱	12~14	55~77	50~80	V<35: 90~155 V>35: 140~180	仅收→80
中 等 粘 结	18~22	>77	>75	V<35: 155~185 V>35: >180	0~200 大部分50~140
强 粘 结	25~28	>77	>80	>185	>140
极 强 粘 结	>32	>77	>90	>185	>140

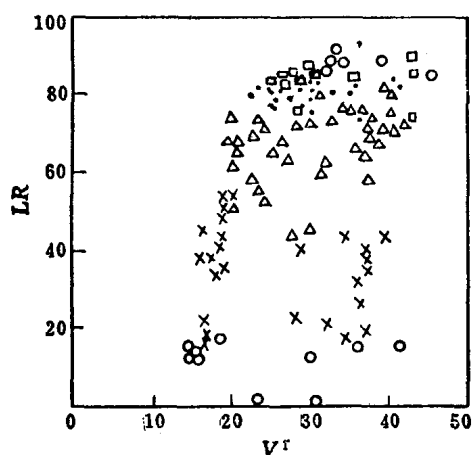


图 5 挥发分与罗加指数的关系

○—表示 $\gamma=0$; Δ —表示 γ 为12~14; ●—表示 γ 为18~22; \square —表示 γ 为25~28; \odot —表示 γ 大于32

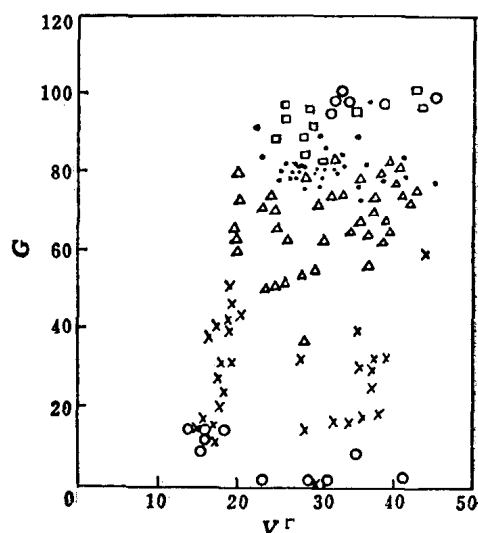


图 6 挥发分与葛金指数的关系

系(见图5、图6、图7、图8和表6)。

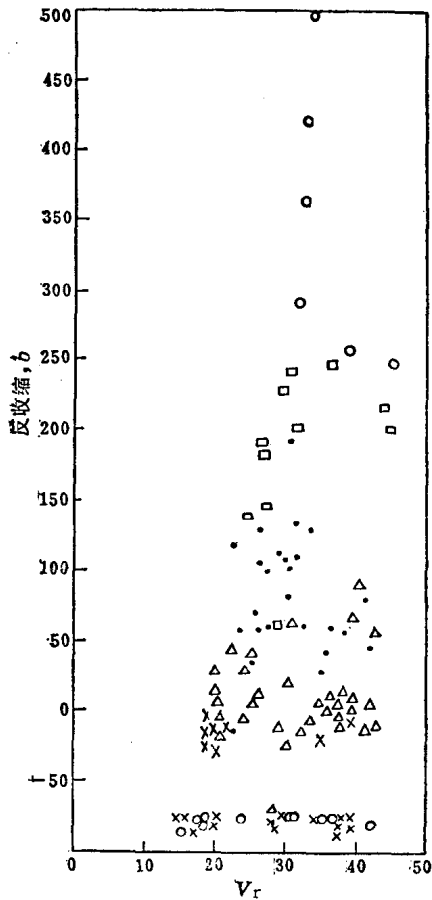


图 7 挥发分与膨胀度的关系

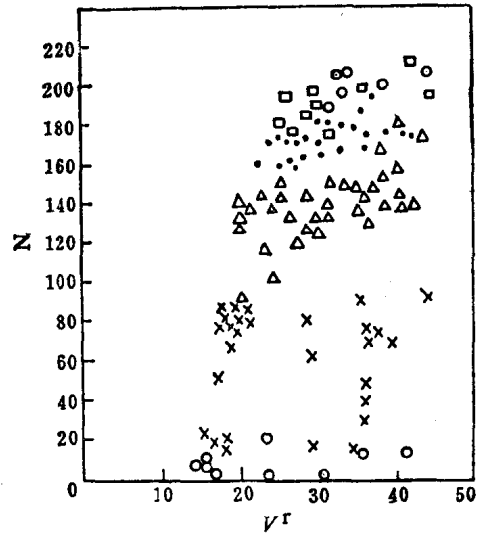


图 8 挥发分与粘结度的关系

分析各指标与挥发分的关系可初步看出：

1) 烟煤的挥发分与粘结性指标，基本上可视为各自独立的两个指标，而粘结性各指标间则有一定相互关系。

2) 胶质层指数对于 y 小于 7 毫米的煤区分能力差是人所共知的。 y 为零的煤以结块或粉状定性描述亦欠严格。发现 y 为零的煤罗加指数波动于 0~20，粘结指数波动于 0~15，粘结度波动于 0~20。

3) 罗加指数，对于中等和强粘结煤，不论其挥发分高低，均无明显区分能力，其值均大于 75~80。

4) 粘结指数是在罗加指数测定法的基础上加以改进的，对中等和强粘结性煤的区分能力已有所改进，但它对肥气煤、肥焦煤和肥煤的界线仍不易划清。

5) 粘结度在参照胶质层的加热速度和罗加转鼓的鉴定方法的基础上加以改进。初步发现，对于 V_r 小于 35% 时，当 y 等于 12~14，则 N 等于 90~155；当 y 等于 18~22，则 N 等于 155~185；至于 V_r 大于 35% 时，中等和强粘结性煤的 N 值有重叠现象。还可看出，当 y 等于 12~14， N 值随挥发分增高有上升趋势。

6) 奥亚膨胀度对中等和弱粘结煤的区分能力不高，对于肥煤类其值一般大于 140%，

对于 y 等于18~22的范围, 奥亚值可波动于0~200%, 区分性较好, 但其大部分则在50~140%的范围内。

4. 单种煤的结焦性

结焦性一般用焦炭的强度、耐磨或筛分组成来表示。煤的挥发分和粘结性对结焦性有密切影响。最近, 对我国300多个炼焦煤样用200公斤试验焦炉进行了炼焦, 以评定它们的结焦性, 发现结焦性与挥发分的关系极密切(见图9)。

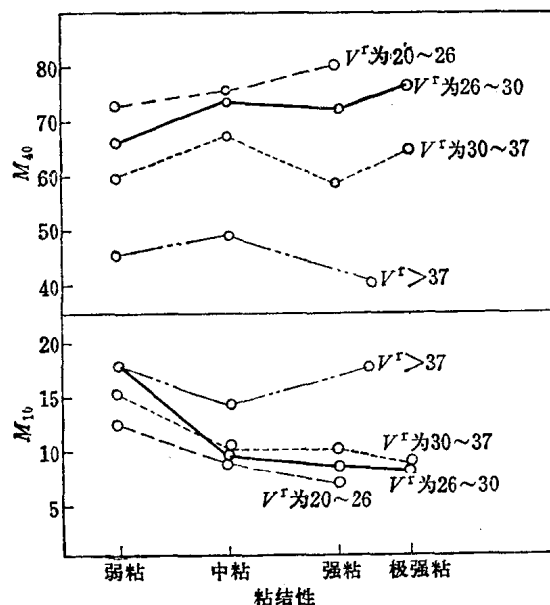


图 9 不挥发分煤的粘结性与结焦性的关系

从图可以看出, 对于弱、中、强粘结性煤, 随着挥发分增高, 单种煤的 M_{40} 值均大幅度下降, 而 M_{10} 值则显著上升。在挥发分数值大致相同的条件下, 粘结性与结焦性也有某些关系。就高挥发分煤而言, 中等粘结性煤能获得较好的结焦性; 对于中、低挥发分煤来说, 则粘结性愈强其结焦性愈好。针对高挥发分的气煤大类和气肥煤, 分析其结焦性指标的范围。平均值和标准差见表7。

表 7 高挥发分煤的结焦性指标范围

牌 号	煤样数	M_{40}			M_{10}			F_{10} 范 围
		范 围	平均值	标准差	范 围	平均值	标准差	
气煤一号	4							37.5~54.6
气煤二号	4	—	—	—	—	—	—	8.4~33.4
	18	7.7~70.9	45.9	16.2	9.3~28.1	17.7	5.3	—
气煤三号	11	25.2~72.2	49.2	15.6	7.1~18.6	14.3	4.2	
肥气一号	43	36.8~69.6	59.8	8.3	9.0~35.0	15.5	4.4	
肥气二号	46	47.2~76.2	67.6	6.7	5.8~18.5	10.5	2.1	
气肥煤	4	15.4~62.6	41.1	—	9.8~22.0	17.4	—	

高挥发分煤的结焦性变化很大, 但大致仍可分别四类:

第一类：肥气煤二号的 M_{40} 平均值为67.6%， M_{10} 为10.5%，即结焦性明显优于其它各小类煤，这类煤在高挥发分煤中由于挥发分相对低些而粘结性适中，在配煤中可以使用较大量。

第二类：气煤一号，由于它挥发分过高粘结性很差，炼焦后大于60毫米块焦不足做转鼓试验，目前国内焦化厂实际上也不使用，宜作动力用煤。

第三类：气煤三号和气肥煤属高挥发分较强粘结煤，其挥发分过高而塑性阶段胶质体稀薄流动度过高，仍不能获得好的结焦性，而肥气煤一号挥发分稍低但其粘结性又不足。这几种小类煤的 M_{40} 为40~60%， M_{10} 大多为10~25%，结焦性介于第一类与第二类之间。

第四类：气煤二号系高挥发分弱粘结煤，其粘结性波动值并不大，但炼出的焦炭质量波动很大，在生产配煤中亦呈现出各种煤的不同特性。以下列出五个气煤二号举例说明其差异（见表8）。

表 8 气煤二号的焦炭质量的波动情况

煤种	Vr	y	焦炭质量			镜质	半镜	丝质	稳定	矿物	可熔组分	可熔/惰性
			M_{40}	M_{10}	F_{10}							
龙凤	39.5	11.5	—	—	10.8	81.2	4.3	5.6	6.9	2.0	89.6	8.6
老万	44.4	8.5	—	—	33.4	87.7	1.7	0.1	7.1	3.4	95.4	20.7
夹河	38.5	12	56.7	17.6	—	56.7	7.2	16.7	15.7	2.8	74.8	2.9
新河	39.2	10	46.8	28.1	—	40.5	9.3	29.2	18.5	2.5	62.1	1.6
兖州	37.6	11.5	—	—	29.4	49.8	6.2	34.4	7.6	2.0	59.5	1.5

这五个气煤二号的国际分类号均为632号。龙凤和老万煤的煤岩组成均一，且可熔组份含量高，单种煤炼焦后焦炭呈细长状，大块焦不够做转鼓，但在配煤中一般仍可配用约25~30%。夹河新河的煤岩相组成不均一，镜质组含量低稳定组含量高。单种煤本身有一定结焦性，在配煤中其用量也较多（可达30%）。另外，由于夹河和新河的煤岩相不均一，选择粉碎后可改善焦炭的质量。兖州煤本身镜质组含量低，结焦性也差，在常规配煤中要求选择强粘结性煤与其配合，才能配用一定量。新疆六道湾煤亦有类似情况。上述数例均说明：使用高挥发分煤炼焦时，准确掌握煤质仍然是关键。

5. 重点焦化企业所用高挥发分煤和国际煤分类的比较

我国重点焦化企业使用的高挥发分煤的煤质及国际煤分类号见表9。

实际使用结果表明：肥气煤二号大多属高挥发分煤中的优质煤，相当国际分类634、534号；肥气煤一号的奥亚膨胀值波动较大，分别相当于国际分类632、633、634号；气煤二号属弱粘结性煤，在国际分类中相当于奥亚值 ≤ 0 （弱结焦）的632号煤；而马武山煤则是国际分类中适度粘结和极弱结焦的621号煤。

应当指出的是，由于我国测定罗加指数所用的无烟煤与国际分类中罗加法所用标准无烟煤不同，国内的罗加测定值普遍较高，实际上我国不少气煤二号相当于国际分类号的632、622、722号煤。近来，日本配煤研究者认为，632号煤（相当于气煤）和621、611、711号煤（相当于CC₂煤和气煤一号）只有采用新工艺，才能较大量使用。

深入研究我国高挥发分煤的煤质特征，同时注意它与国外相应煤种的比较，对于开拓我国高挥发分煤利用途径是有帮助的。