

徐振刚 刘随芹 主编

型煤 技术

煤炭工业出版社

型 煤 技 术

徐振刚 刘随芹 主编

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

型煤技术 / 徐振刚 刘随芹主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2001

ISBN 7-5020-2026-8

I. 型... II. ①徐...②刘... III. 型煤-基本知识
IV. TQ536

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 028456 号

型煤技术

徐振刚 刘随芹 主编

责任编辑: 李振祥

*

煤炭工业出版社

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京密云春雷印刷厂

新华书店北京发行所

*

开本 850×1168mm^{1/32} 印张 9^{7/8}

字数 255 千字 印数 1—3,000

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

社内编号 4797 定价 32.00 元



版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书比较全面地介绍了型煤技术的产生与发展、粉煤成型的理论基础、型煤产品及其分类、型煤的质量指标与检测方法、型煤粘结剂及添加剂、型煤的生产工艺与生产设备、型煤在各行业的应用情况，以及型煤厂的技术、生产与环境管理等基本内容。

主 编 徐振刚 刘随芹

编写人员 （以姓氏笔画为序）

刘随芹 李文华 陈亚飞

张秀云 姜 英 徐振刚

审 定 杨金和 李文华

前言

目前，我国每年直接用于燃烧的煤炭占全国煤炭消费总量的80%以上，其中的半数以上是以原煤散烧的形式供给遍布全国的近50万台工业锅炉、16万台工业窑炉以及数以千万计的城乡居民日常生活用炉灶直接燃用。层燃式工业锅炉、窑炉及蒸汽机车锅炉适合燃用不同粒级的块状燃料，城乡居民炊事和取暖使用的家用燃煤炉灶应该燃用经过适当加工的优质煤。然而，这些燃煤设备中，绝大多数却以直接燃用散煤为主，造成煤炭利用效率低、污染物排放严重超标。此外，化肥行业生产合成氨原料气使用的数千台固定床UGI水煤气炉和冶金、机械、化工、建材、轻工、食品等行业生产燃料气使用的固定床煤气发生炉，需要大量的块煤作气化原料。而优质块煤原料供不应求，一直是我国固定床煤炭气化面临的现实问题。

从煤炭生产来看，随着采煤机械化的不断发展，粉煤产率逐渐提高。因此，由于块煤产率大幅度下降，使得块煤供不应求的形势日趋严峻。同时，有大量的粉煤得不到有效利用，销售困难，造成大量积压。不仅影响了煤矿企业的正常生产和经济效益，而且造成了煤炭资源的大量浪费和矿区环境的严重污染。

利用粉煤成型技术可以将粉煤加工成具有一定形状、尺寸、强度及用途的型煤。在粉煤成型过程中，不仅实现了从粉煤向“人造块煤”的转化，而且使得煤炭的应用性能得到了改善和优化。型煤代替块煤用作气化原料，或替代散煤用作层燃燃料，不仅可以缓解块煤的供需矛盾，而且能够明显提高煤炭利用效率，大幅度减少煤炭燃烧过程中的污染物排放。

民用炉灶、茶炉烧散煤，热效率很低，平均热效率为15%左右；改烧煤球后，热效率可提高到20%~25%；改烧蜂窝煤后，

热效率可达 30%~50%；如果同时采用配套的新型高效炉具，热效率可高达 60%左右。

工业锅炉、窑炉、蒸汽机车锅炉燃用型煤，燃烧飞扬损失和机械未完全燃烧损失会明显减少，从而提高燃煤热效率，一般可节煤 8%~20%。

城乡居民燃用蜂窝煤与原煤散烧相比，可减少烟尘排放 40%~60%，CO 减少 80%，NO_x 减少 55%，BaP 减少 90%。蜂窝煤中加固硫剂后，SO₂ 排放量可以减少 40%~60%左右。

燃烧工业型煤与原煤散烧相比，可减少烟尘排放 60%左右，NO_x 减少 25%，BaP 减少 50%以上，SO₂ 排放量减少 40%~60%。

型煤技术是中国洁净煤技术的重要组成部分。同其他洁净煤技术相比，型煤产品生产成本低，节能与环保效果显著，工艺简单，投资少，见效快。因此，型煤技术的发展得到了高度重视。

为了比较全面地介绍型煤的产生、型煤技术的发展、型煤的应用和粉煤成型的理论、工艺、设备以及型煤的质量指标、检测方法、型煤厂的管理等内容，以进一步促进型煤技术在我国的健康发展，特编写了此书，供从事与型煤技术有关的教学、科研、设计、生产及管理人员参考使用。

由于编写时间仓促，得到的参考资料不够丰富，加之编写人员的水平和经验有限，书中不妥和错误之处在所难免，敬请各位专家、同行及广大读者指正。

编 者

目 录

第一章 型煤技术的产生与发展	1
第一节 型煤技术的产生.....	1
第二节 型煤技术在国外的发展.....	1
第三节 型煤技术在国内的发展.....	5
第二章 型煤技术的理论基础	9
第一节 煤的表面特性与粘结机理.....	9
第二节 粉煤成型过程分析.....	15
第三节 影响粉煤成型的主要因素.....	17
第三章 型煤产品及分类	19
第一节 型煤的定义与特点.....	19
第二节 型煤产品及分类.....	22
第三节 型煤的形状与尺寸.....	23
第四章 型煤的质量指标与检测方法	25
第一节 型煤质量基本要求.....	25
第二节 型煤的质量指标及检测方法.....	29
第三节 影响型煤质量指标的因素.....	36
第五章 型煤粘结剂及添加剂	47
第一节 型煤粘结剂的作用及分类.....	47
第二节 有机粘结剂.....	52
第三节 无机粘结剂.....	63

第四节 复合粘结剂	66
第六章 型煤生产工艺	68
第一节 型煤生产工艺分类	68
第二节 粉煤无粘结剂冷压成型	70
第三节 粉煤有粘结剂冷压成型	77
第四节 粉煤热压成型	85
第七章 型煤生产设备	95
第一节 筛分设备	95
第二节 破碎设备	105
第三节 混捏设备	126
第四节 成型设备	131
第五节 干燥设备	152
第六节 加热设备	154
第七节 給料与运输机械	156
第八节 生球处理设备	167
第八章 型煤的应用	172
第一节 褐煤成型	172
第二节 民用型煤	189
第三节 锅炉型煤	202
第四节 燃气用气化型煤	211
第五节 合成氨用气化型煤	216
第六节 型焦及配型煤炼焦	224
第七节 其他特殊用途型煤	233
第九章 型煤厂管理	236
第一节 概 论	236
第二节 型煤厂的技术管理	238

第三节 型煤厂的物资成本管理	248
第四节 型煤厂的环境管理	252
参考文献	268
附录 1 商品煤样采取方法 (GB 475—1996)	269
附录 2 煤样制备方法 (GB 474—1996)	280
附录 3 工业型煤冷压强度测定方法 (MT/ T 748—1997)	292
附录 4 煤的抗碎强度测定方法 (GB/ T 15459—1995)	296
附录 5 工业型煤浸水强度和浸水复干 强度的测定方法 (MT/ T 749—1997)	299

第一章 型煤技术的产生与发展

第一节 型煤技术的产生

型煤的产生首先是从民用开始的，2200 多年前由中国发明。1975 年茌阳出土的西汉炼铁遗址中，发现了直径约 16cm、高 8cm 的圆柱形型煤。

早在 18 世纪，人们便以黄土等作粘结剂，用手工制成煤球、煤砖或煤饼作为民用燃料。在 19 世纪 40 年代的欧洲，人们已经开始了细粒煤的造粒。在法国和英格兰，人们已经开始用细颗粒的硬煤进行团矿造粒，其中要加入易燃的起粘结作用的物质。在德国，诞生了一种新的块状燃料的生产方法，即不需加入粘结剂，用适当的高挥发分的泥炭和褐煤生产块状燃料。

因此，两种互不相关的粉煤成型技术发展起来了：在英格兰和法国，硬煤的有粘结剂成型；在德国，泥炭和软褐煤的无粘结剂成型。到此，现代意义上的型煤技术产生了。

第二节 型煤技术在国外的发展

在 19 世纪的后半叶，粉煤成型技术发展到了实用阶段，并建起了最早的型煤厂。在德国，最早的型煤厂于 1858 年投产。采用的是活塞式冲压机，用于生产煤砖。但多数情况下，这种设备的运行是不经济的。到 19 世纪末期，英国、法国、荷兰等才将粉煤成型发展到机制生产的工业化阶段，并研制出专门的粉煤成型设备——对辊成型机。

第一台能够成功运转的辊压成型机，在 1870 年末期由比利时

的 Loiseau 制造，并被安装在美国的里奇蒙得港的一家成型厂。在 19 世纪末，比利时、法国和德国的粉煤成型技术已达到非常高的应用水平。表 1-1 给出了在德国产煤区硬煤成型的发展情况。从 1900~1910 年的 10 年间辊压成型机数量成倍增长，1910 年有成型机 243 台，年产型煤约 400 万 t。

表 1-1 德国硬煤成型发展情况

(鲁尔、亚琛、下萨克森)

年份	成型厂数量 (在产) (座)	成型机数量 (台)	年产量 (10^4 t)
1890	18	19	36.1
1900	32	100	161.2
1910	53	243	384.7
1921	48	205	454.7
1924	55	201	298.4
1956	25	90	717.6
1976	4	19	134.7

德国哈汀根/鲁尔的魁珀恩 (KOPPERN) 辊压机制造公司是当时制造辊压成型机，并至今仍在从事这项业务的为数不多的公司之一。该公司 1901 年制造出了它的第一台用于硬煤成型的辊压成型机，这样一台机器其压辊转速为 6.5r/min，每小时可生产 6t 相对小一些的 (15~50g) 用于家庭取暖的硬煤型煤。

1908 年，日本发明了带孔的、能单个燃烧的蜂窝煤，并于 1912 年开始手工生产和大量销售。1926 年，世界上第一台蜂窝煤机问世。1955 年日本又研制出了上燃式蜂窝煤。为了改善其上火速度，又经过了一个相当漫长的发展时期，直到 1976 年才发展成了点火后几分钟即可炊事用的快速点火的上燃式蜂窝煤。

1950 年，灵堡的一位专家发明了 Ancit 型煤生产工艺。这是一种热压型块的方法，以低挥发分煤为主要原料生产家用无烟燃料，并由一煤矿联合会首先作为专利，1971 年开始承担此工艺的

全部设计。Ancit 法压型块工艺于 1967 年在亚鲁大多尔夫进行了大规模的工业生产，生产能力为 10~12t/h。目前，在世界范围内，已形成了现代化的民用型煤技术，其使用的范围和种类也在不断发展。

工业型煤起步较晚，是 20 世纪初以德国生产褐煤砖用作锅炉燃料开始的，接着于 30 年代研究成独特的褐煤成型两段炼焦工艺。1969 年，世界高炉会议肯定了型焦生产工艺是高炉冶炼技术的重要发展方向之一。由此，世界范围内形成了型焦研究和开发的高潮，各国纷纷成立型煤和型焦研究机构，先后出现了 20 多种利用弱粘结煤或不粘结煤生产型煤和型焦的工艺。1933 年，日本借鉴德国的技术，开始用工业型煤供蒸汽机车燃用，并取得了良好的效果。到 1971 年，日本的蒸汽机车已有 79% 使用型煤作燃料。与此同时，一种新的炼焦工艺，即配型煤炼焦用于生产。前苏联在炼焦配煤中掺入部分型煤以增加配合煤料的堆密度，后因效果不佳而搁置。日本学习了这项技术，并于 1960 年在新日铁八幡厂进行了大规模工业生产，型煤配入量达 30%~40%，生产上获得成功。不仅扩大了弱粘结煤或不粘结煤等非炼焦用煤的用途，提高了焦炭质量，而且使焦炉的生产能力提高了 30%~40%。

世界上许多国家如德国、英国、前苏联、日本、美国、波兰、罗马尼亚、朝鲜、法国、摩洛哥、秘鲁、葡萄牙、委内瑞拉、尼日利亚等都进行了有关型焦的试制、生产和应用研究工作。第一个商业化型焦生产厂是美国匹兹堡煤炭公司在 1933 年建成的 Disco 工厂，采用热压球团工艺，把中等粘结性煤或者配煤预热到 370℃，与焦粉相配滚成球团逐渐加热到 475℃，这种球团曾用于铸造业，也可作为无烟燃料使用。

著名的碳化型煤生产工艺有：①德国的鲁奇工艺，系用褐煤作原料的无粘结剂冷压型焦工艺；②英国的 Phurnacite 工艺，是一种以低挥发分动力煤为原料，以煤焦油沥青为粘结剂的冷压型焦工艺。1950~1960 年间型焦技术的发展进入第二阶段，这时德国、日本、荷兰、法国、前苏联、美国 and 南非等国纷纷开发了型

表 1—2 世界主要型煤生产国的型煤产量(10^3t)

国 名	型煤	1959 年	1960 年	1961 年	1962 年	1963 年	1964 年	1965 年	1966 年	1967 年	1968 年	1969 年	1970 年	1971 年	1972 年	1973 年	1974 年
比利时	烟煤	1002	1079	1164	1602	2299	1433	1074	969	869	823	793	745	574	496	456	416
捷克	烟煤																
捷克	褐煤		436					791					1356	1366	1343	1320	1307
法国	烟煤	6561	6074	6083	6936	7994	6624	5809	5056	4839	4549	4197	4301	3735	3351	3233	3397
前联邦德国	烟煤	4996	5566	5137	5939	6614	5505	4570	4006	3578	3693	3907	3725	2716	2427	2271	2249
前联邦德国	褐煤	16838	16774	17058	17302	17324	16747	13794	12788	11851	10669	10810	9804	7986	7000	6747	6560
前民主德国	褐煤	54051	56047	57996	59727	60256	61504	60380	59426	56087	56389	56869	57078	55439	50801	50154	50061
匈牙利	烟煤											1463	1308	1080	1060	1114	
日本	烟煤	3300	3800	4100	4100	4100	4100	4400	4200	3900	3600	3200	3000	1700	1580	1200	1180
荷兰	烟煤	1020	1139	1188	1250	1561	1355	1349	1222	1090	1053	1051	886	585	465	251	—
荷兰	褐煤	64	62	74	71	63	66	45	43	29	21	—	—	—	—	—	—
波兰	烟煤		700					600					1496	1590	1675	1543	1618
波兰	褐煤		300					300					331	350	303	247	170
罗马尼亚	褐煤												—	—	97	169	—
西班牙	烟煤	1300	1143	1119	1232	1184	1039	844	610	300	135	153	195	180	162	147	108
英国	烟煤	—	1435	1491	1573	1678	1351	944	964	989	1040	1167	1201	1360	1252	1186	989
美国	烟煤	816	698	536	533	513	334	334	300	250	200	150	120	90	80	—	—

煤高温碳化等型焦新工艺，产品用于高炉和冲天炉。

表 1—1 表明，从 20 世纪 20 年代早期起，在德国硬煤成型已开始滑坡，而二战结束后煤炭成型又产生短期的复苏，大型的成型机投入使用。例如，1956 年数量只有三分之一的成型机的生产能力，是 1910 年的 2 倍以上。此后不久，石油和天然气在许多加热用途方面取代了煤炭，尤其是家庭取暖，因而型煤生产厂的数量急剧萎缩。今天，在工业化国家里，大多数常规的煤炭成型厂已停业并被拆除，导致许多提供煤炭辊压成型机的公司破产或开始生产其他用途的成型设备。

1901~1934 年有 92% 的成型机用于煤炭成型，而 1935~1953 年仅有 62% 的成型机用于煤炭成型，1954~1963 年为 51%，1964~1974 年为 24%，1974~1982 年则仅为 14%。从 1974 年起，所生产的成型机也供发展中国家使用或用于新的炼焦技术。世界各主要产煤国的型煤产量在 60 年代达到最高，随着石油、天然气、电力用户的不断增加，型煤产量日趋下降，表 1—2 为世界主要型煤生产国 1959~1974 年的型煤产量。

第三节 型煤技术在国内的发展

我国型煤技术的发展比较缓慢，起步也较晚。解放前，只有德国人在上海留下的一个小煤球厂和日本人在东北留下的一些破烂煤球机。解放后，型煤技术起初也并没有为人们所重视。直到 1954 年，北京、上海等地利用国产设备建起了我国第一批民用煤球厂。1956 年，北京开始生产手工蜂窝煤。到 1958 年，我国才制造出类似于日本式的蜂窝煤机。60 年代到 70 年代，国内开展了大规模的民用型煤研究。1978 年研制出了以无烟煤为原料的上点火蜂窝煤，1980 年研制出了以烟煤为原料的上点火蜂窝煤及易燃民用手炉煤球、火锅炭及烧烤炭等，从而使型煤向易燃、高效、洁净的方向迈出了可喜的一步。目前，全国民用型煤的年销量在 4000 万 t 以上。

我国的工业型煤起步更晚。所谓工业型煤，是指生产的型煤用于工业生产部门作为燃料或原料，主要包括锅炉型煤、气化型煤、机车型煤以及炼焦型煤等。

一、气化型煤

20 世纪 60 年代，为解决化肥厂造气用焦炭和无烟块煤供应不足的问题，我国开发了多种型煤工艺，生产的型煤提供了全国化肥行业 60% 左右的气化原料。直到目前，仍广泛采用石灰碳化煤球等作为化肥制气的原料。70 年代，煤炭科学研究总院北京煤化学研究所开发的腐植酸煤球已用于 10 余家小化肥厂。纸浆废液、粘土煤球和清水煤棒等型煤，已在氮肥厂及其他行业的煤气发生炉、工业窑炉上推广应用。

吉林梅河玻璃厂用褐煤煤球造气，气化指标优于褐煤块煤。煤科总院北京煤化所研制的钙系复合粘结剂煤泥防水煤球，适用于水煤气两段炉气化，为我国每年生产的上千万吨煤泥的有效利用开辟了新的途径。鞍山热能研究院曾对冷压成型氧热处理工艺进行研究，以焦油或焦油渣作粘结剂，在氧热处理温度为 160~350℃ 条件下生产气化型煤。

二、锅炉型煤

1964 年在唐山建成一条锅炉型煤生产线，生产能力为 1.2 万 t/a，其后北京市煤炭总公司百子湾煤球厂、门头沟综合厂分别建成年产 8 万 t 和 1.2 万 t 的型煤生产线，1986 年山西大同建成年产 5 万 t 的型煤厂。“七五”期间，我国在褐煤、烟煤、无烟煤成型技术及配套设备的开发方面取得了新的进展，建成了邯郸、洛阳、重庆梨树湾 3 座工业锅炉型煤示范厂，总能力为 55 万 t/a。

锅炉型煤生产分为集中成型和炉前成型。后者成型工艺简单，通常无需加粘结剂，不用烘干，使型煤生产成本大幅度降低，受到越来越多的用户欢迎。近年来，由浙江大学设计、浙江燃料设备厂生产的炉前成型设备，应用于浙江麻纺厂等单位，取得良好

效益。在此基础上，西安交大、兰州环保设备厂生产的 4t/h 炉前成型机，在兰州地区已有 100 多个单位应用，同样取得良好效果。此外，河南新乡煤机厂、石家庄华兴金属结构厂、航空部黎阳机械公司等厂家生产的炉前成型机也都投入了市场。河南新乡、开封、河北石家庄、广西柳州、贵州等省市在 4t/h 以下的链条炉上亦有比较成熟的一机一炉成功运行经验。

三、机车型煤

早在 30 年代，我国东北地区就曾在小范围内用过机车型煤。1964 年，原煤炭部唐山煤研所研制的型煤，在古冶机务段进行了第一次机车烧型煤试验，其后又在齐齐哈尔、首钢等地进行试烧。1983 年，在鹤岗机务段建成年产 3 万 t 的型煤中试厂，随后又建成日产能力 80 t 的苏家屯机车型煤试验厂和锦州机务段小型型煤厂。1987 年，棋盘机务段机车型煤示范厂建成并投产，其设计能力为 20 万 t/a，建厂投资 450 万元。机车型煤使用的粘结剂为焦油、煤焦油沥青或石油沥青，生产过程中有一定污染，型煤生产成本较高。随着蒸汽机车逐渐被淘汰，机车型煤的研制与生产逐渐减少，目前已基本停止。

四、型焦及炼焦配用型煤

我国自 50 年代开始进行高炉冶炼用型焦的研究工作。据 1987 年统计，有 14 个省 35 个企业进行了型焦研制和应用，其中十几个厂的设备能力都可达 1~2 万 t/a。广东龙北钢铁厂 30m³ 高炉和四川万福钢铁厂 73m³ 高炉，至今一直使用型焦炼铁；云南澜沧江冶炼厂也一直应用褐煤型焦炼铅。上述型焦生产都属于冷压工艺，多采用焦油、沥青作粘结剂，充分利用当地弱粘结煤和不粘结煤，生产型焦用于冶金等行业。我国冷压型焦技术已积累了相当丰富的经验。

1972 年，厦门新焦厂建立了生产能力为 2.5t/h 的热压型焦生产装置，型焦用于 13m³ 高炉、冲天炉和煤气发生炉。湖北蕲州