

干法选煤

GANFA XUANMEI

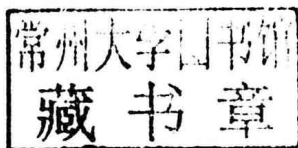
任尚锦 孙鹤 著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

干法选煤

任尚锦 孙鹤 著



北京
冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

本书系统地介绍了干法选煤的工艺和设备技术。全书共 16 章, 主要介绍了干法选煤技术的发展历史, 我国动力煤资源情况, 干法选煤的意义和特点, 详细介绍了差动式、复合式、风力干选机及干法末煤跳汰机及相应的大型干选机, 分析了影响分选效果的因素, 提出了分选效果的预算方法。同时, 总结了较全面的干法选煤系统的安装、操作、维护及生产经验。还深入介绍了干法选煤系统的主要配套设备及其研发、电气控制装置以及干法选煤的经济效益和社会效益。

本书可供选煤相关专业的高等院校师生, 从事选煤设计、研究、生产和管理等工作的技术人员阅读, 也可作为应用干法选煤技术的有关操作人员和管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

干法选煤/任尚锦, 孙鹤著. —北京: 冶金工业出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-5024-7785-1

I. ①干… II. ①任… ②孙… III. ①干法选煤
IV. ①TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 087180 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 王梦梦 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7785-1

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2018 年 5 月第 1 版, 2018 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.5 印张; 250 千字; 218 页

68.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前 言

我国煤炭资源丰富，但是占全国 80% 以上的煤炭资源（主要为动力煤）蕴藏在干旱缺水的西部地区，水资源缺乏已成为西部煤炭洗选加工的制约因素。干法选煤技术的成功开发，使我国能源基地战略西移并为煤炭分选加工利用提供了新的技术途径。

干法选煤既符合国家保护水资源、节能减排、环境保护、资源综合利用及发展洁净煤技术等各项经济技术政策，又适应我国不同类型动力煤煤炭企业的需求，为解决我国褐煤等易泥化煤洗选加工难题和煤矸石综合利用及提高我国原煤入选率等诸多方面都作出了重要贡献。

CFX 型差动式干选机、TFX 型干法末煤跳汰机是唐山开远科技有限公司的自主创新科技成果，FX 型风力干选机是唐山开远科技有限公司的技术改造成果，FGX 型复合式干选机是煤炭科学研究总院唐山研究分院的自主创新科技成果。干法选煤技术具有不用水、投资小、生产成本低、劳动生产率高、占地面积少、建设周期短等一系列优点，在短期内得到了迅速推广应用。在全国 26 个省、市、自治区已推广 2500 多套不同规格型号的干选系统，并向美国、俄罗斯、南非、巴西等 19 个国家出口，提高了我国选煤技术的声望。

撰写本书是为了系统详细地向读者介绍干法选煤技术和生产经验，提供与干选系统有关的设备、工艺流程、设计、技术经济指标数据，使干法选煤技术不断发展，更加完善。

本书在内容撰写上，力求做到概括全面，在文字处理上力求做到深

入浅出，并采用文、图、表并茂的形式，便于读者全方位了解书中内容。

本书在撰写过程中，参阅的有关文献资料在参考文献中已一一列出，在此向文献作者一并致谢。同时对支持和帮助干法选煤技术发展的领导、企业、专家表示衷心的感谢。

由于作者水平和写作时间有限，书中不当之处，欢迎读者批评指正。

作 者
2018年2月
于唐山

目 录

1 概述	1
2 我国动力煤资源状况、用途及煤质要求	3
2.1 我国煤炭资源状况	3
2.1.1 我国煤炭资源量	3
2.1.2 我国煤炭资源的地域分布特点	3
2.1.3 我国煤炭资源的煤类分布	4
2.2 我国动力煤生产情况	4
2.3 动力煤的用途及质量要求	5
2.3.1 发电用煤	5
2.3.2 高炉喷吹用煤	7
2.3.3 低温干馏用煤	9
2.3.4 气化用煤	10
2.3.5 水泥回转窑用煤	11
3 干法选煤技术的发展	13
3.1 干法选煤技术的分类	13
3.2 风选概述	14
3.2.1 单纯空气为介质	14
3.2.2 空气与末煤混合作为自生介质	15
3.2.3 空气与磁铁矿粉混合为空气重介质	15
3.3 风力摇床选煤	16
3.3.1 CFX 型差动式干选机	16
3.3.2 FX 型风力干选机	18
3.3.3 FGX 型复合式干选机	19
3.4 风力跳汰机	20

3.4.1	风力跳汰机的结构及性能	21
3.4.2	TFX 型干法末煤跳汰机	22
3.4.3	国外各型风力跳汰机	24
3.5	空气重介质流化床选煤	27
3.5.1	空气重介质流化床分选原理	28
3.5.2	空气重介质流化床干法分选机的结构和分选系统	28
3.5.3	空气重介质流化床干法分选设备流程	29
3.6	其他干法选煤技术	30
3.6.1	γ 射线煤矸石自动分选机	30
3.6.2	滚筒碎选机	31
3.6.3	多复式干选机	33
3.6.4	干燥选煤成套设备	36
4	干法选煤的意义、特点、适用范围及发展前景	38
4.1	发展干法选煤的意义	38
4.2	干法选煤的特点	39
4.3	干法选煤的适用范围	40
4.3.1	动力煤分选	40
4.3.2	炼焦煤选煤厂预排矸工艺的主选设备	40
4.3.3	煤矸石分选	41
4.3.4	干法选煤解决了褐煤等易泥化煤分选加工难题	41
4.3.5	兰炭分选	42
4.3.6	高炉喷吹用煤的分选	43
4.4	干法选煤的发展前景	43
4.4.1	符合当前国家经济技术政策	43
4.4.2	适合我国国情	43
4.4.3	具有发展的基础和优势	44
5	差动式干选机	45
5.1	差动式干选机主机结构	45
5.1.1	分选床体	45
5.1.2	主机整体结构	51

5.2 差动式干选机系统结构	52
5.2.1 差动式干选机辅助设备	52
5.2.2 技术特征	54
5.3 差动式干选机分选原理	54
5.3.1 工作原理	54
5.3.2 物料在差动式干选机上分选时的受力分析	55
5.4 差动式干选机分选效果	57
5.4.1 差动式干选机使用效果	57
5.4.2 各种差动式干选机分选效果	60
5.5 大型差动式干选机	60
5.5.1 单层并联差动式干选机	60
5.5.2 双层差动式干选机	62
5.5.3 差动式干选机技术特征	64
5.5.4 使用效果	64
6 复合式干选机	68
6.1 复合式干选机的结构	68
6.1.1 分选床结构	69
6.1.2 振动器结构	69
6.1.3 机架结构	71
6.1.4 吊挂装置结构	71
6.1.5 接料槽结构	72
6.2 复合式干法选煤系统的结构	72
6.3 复合式干选机的分选原理	73
6.3.1 分选原理	73
6.3.2 床面上产品分带及选煤工艺流程	76
6.4 复合式干法选煤的分选效果	77
6.4.1 各种煤的干法选煤分选效果	78
6.4.2 分选效果	78
6.5 大型复合式干选机	80
6.5.1 复合式干选机系统结构	80
6.5.2 复合式干选机技术特征	80

7	风力干选机	82
7.1	风力干选机的结构	82
7.1.1	主机结构	82
7.1.2	分选床体	83
7.2	风力干选的系统结构	83
7.3	风力干选机的分选原理	85
7.4	风力干选机分选效果	85
7.5	大型风力干选机	86
7.5.1	风力干选机系统结构	86
7.5.2	风力干选机技术特征	86
8	干法末煤跳汰机	88
8.1	干法末煤跳汰机结构	88
8.1.1	干法末煤跳汰机主机结构	88
8.1.2	主机结构参数	88
8.2	干法末煤跳汰机系统结构	91
8.2.1	干法末煤跳汰机分选系统	91
8.2.2	干法末煤跳汰机的技术性能	91
8.3	干法末煤跳汰机分选原理	93
8.3.1	惯性和重力的作用	93
8.3.2	离析作用及分离作用	94
8.3.3	自生介质的分选作用	94
8.3.4	物料分选时的受力分析	95
8.4	干法末煤跳汰机的分选效果	96
8.4.1	脱硫效果	96
8.4.2	降灰效果	97
8.4.3	单机考察分选效果	98
8.5	大型干法末煤跳汰机	100
8.5.1	干法末煤跳汰机系统构成	100
8.5.2	干法末煤跳汰机的技术特征	101
8.5.3	干法末煤跳汰机的分选效果	102

9 差动式、风力、复合式干选机与干法末煤跳汰机区别	106
9.1 差动式、风力、复合式干选机之间区别	106
9.1.1 摇床类干选机结构	106
9.1.2 摇床类干选煤机性能及分选效果	108
9.1.3 摇床类干选机入料粒级范围	108
9.2 差动式、风力、复合式干选机与干法末煤跳汰机区别	109
9.2.1 差动式、风力、复合式干选机	109
9.2.2 干法末煤跳汰机	110
9.2.3 干法末煤跳汰机与差动式、风力、复合式干选机区别	111
10 影响分选效果的因素及分选效果的预测	113
10.1 影响分选效果的因素	113
10.1.1 入选原煤性质对分选效果的影响	113
10.1.2 操作因素对分选效果的影响	117
10.1.3 用户对干选产品质量要求	117
10.2 分选效果的预测	118
10.2.1 灰分量平衡法	118
10.2.2 正态分布近似公式法	119
11 干法选煤成套设备产品的研发	123
11.1 不同处理能力的几种型号干选机	123
11.2 不同结构的几种型号干选机	123
11.3 分选不同粒度煤的几种型号干选机	124
11.3.1 混煤型干选机	124
11.3.2 块煤型干选机	124
11.3.3 末煤干选机	125
11.4 性能和结构不断完善的干选机	125
11.4.1 自动控制型干选机	125
11.4.2 防尘型干选机	125
11.4.3 高原型干选机	125
11.4.4 防冻型干选机	127
11.5 其他用途干选机	127

11.5.1	炉渣分选	127
11.5.2	生活垃圾分选	127
11.5.3	废旧电(线) 路板分选	128
11.6	开发大型干选机的技术关键	128
12	干法选煤工艺流程的确定	131
12.1	干法选煤系统工艺原则流程	131
12.1.1	摇床类干法选煤系统工艺原则流程	131
12.1.2	干法末煤跳汰选工艺原则流程	132
12.2	干法选煤一般生产设备流程	133
12.2.1	摇床类干法选煤生产设备流程	133
12.2.2	干法末煤跳汰选生产设备流程	134
12.3	干法选煤与其他选煤方法联合工艺流程	135
12.3.1	湿法选—干法选联合工艺流程	135
12.3.2	干法选联合工艺原则流程	138
12.3.3	用于褐煤提质的干燥干选联合工艺流程	139
12.3.4	γ 射线自动选矸机与干法选煤联合工艺流程	140
12.4	干选工艺可选性确定	141
12.4.1	应用原则	141
12.4.2	评估优势	141
13	干选系统主要配套设备	142
13.1	离心式通风机	142
13.1.1	干选系统的风机	142
13.1.2	离心式通风机的结构	143
13.1.3	离心式通风机的特性参数	145
13.1.4	摇床类干选机、干法末煤跳汰机配套离心式通风机性能	148
13.1.5	离心通风机的安装、操作与维护	150
13.2	除尘器	153
13.2.1	旋风除尘器	153
13.2.2	袋式除尘器	156

14 干法选煤系统的安装、操作、维护及生产经验	161
14.1 干选系统的安装	161
14.1.1 厂址和厂型	161
14.1.2 设备安装	162
14.2 干选机的操作	172
14.2.1 差动式、风力、复合式干法选煤的操作	173
14.2.2 干法末煤跳汰选煤的操作	179
14.2.3 操作注意事项	181
14.3 设备维护及生产经验	182
14.3.1 设备维护	182
14.3.2 生产经验交流	183
15 干选系统的电气控制	188
15.1 干选系统对电气控制的要求	188
15.2 电控柜	189
15.2.1 功能	189
15.2.2 电控柜的操作面板	190
15.2.3 电控柜的安装与维护	191
15.3 电气控制的工作原理	191
15.3.1 可编程序控制器	191
15.3.2 主风机电动机的星-三角 (Y- Δ) 启动	193
15.3.3 主风机电动机的软启动	193
15.3.4 干选机停车后的能耗制动	194
15.4 密度测控系统	196
16 干选的经济效益和社会效益	199
16.1 经济效益	199
16.1.1 干选的经济分析	199
16.1.2 煤炭企业应用干法选煤的经济效益	206
16.1.3 褐煤分选的经济效益	207
16.2 社会效益	207
16.2.1 节水效益	207

16.2.2	节能效益	208
16.2.3	节省运力	208
16.2.4	发电厂效益	208
16.2.5	环境效益	209
附录		210
参考文献		217

1 概 述

按照选煤术语国家标准，干法选煤定义为不用液体作为分选介质的选煤方法。干法选煤包括风力选煤、空气重介质流化床选煤、选择性破碎选煤、 γ 射线选煤、光电选煤、高梯度干式磁选、摩擦静电选、人工手选等。在工业上应用的干法选煤主要是风力选煤，在风力选煤方法中，主要是风力跳汰和风力摇床选煤，将其称为传统风力选煤。

典型的风力摇床有美国的 ST 型、Y 型、V 型风力摇床，英国的 Birtley 逆流分选机，俄罗斯的 СП 型分选机。风力跳汰机有美国的 Stump 风力跳汰机、Super Airflow 风力跳汰机、俄罗斯的 ПОМ 型风力跳汰机及近期美国的 Allair Jig 风力跳汰机。

20 世纪 60 年代初，风力选煤达到高峰时期，1965 年美国风力选煤量为 2311 万吨，俄罗斯 70 年代风力选煤年加工能力达 3000 万吨。60 年代后，欧美风力选煤逐渐被淘汰。其原因是机械化采煤迅速发展，使粉煤量增加，喷水减尘又使原煤外在水分增加，造成风力分选困难。传统的风力选煤设备只适于处理粒度级别窄的易选煤，分选效率低，很快就被新开发的重介质选煤方法所取代。

近年来，随着科学技术的发展，我国干法选煤又重新被重视，逐渐形成新的选煤技术。其主要原因是：

- (1) 由于我国经济迅速发展，水资源日趋紧张。
 - (2) 我国内蒙古、新疆、宁夏、陕西等新的产煤大省，位于西北干旱缺水地区，水资源匮乏。
 - (3) 环境保护政策要求严格控制湿法选煤产生的煤泥水污染。
 - (4) 部分褐煤及泥化严重的煤不适于水洗，同时又必须解决因煤质不好而需对生产原煤进行分选加工的问题。
 - (5) 湿法洗选造成选后产品水分增加，降低了煤的发热量，抵消了湿法选煤的分选效果，还会造成冬季严寒地区产品冻车的问题。
 - (6) 湿法洗选工艺复杂，操作难度大，投资高，运转费用高。
- 根据我国煤炭工业发展需要，我国独自开发了四种干法选煤设备，在国内

生产上已被广泛应用。这四种干法选煤设备分别为：（1）1993年煤炭科学研究院唐山分院研制的FGX复合式干选机；（2）1992年在引进的苏联CII-12型风力摇床的基础上研制的FX型风力干选机；（3）2008年唐山开远选煤科技有限公司研发的CFX型差动式干选机；（4）2015年唐山开远选煤科技有限公司研发的TFX型干法末煤跳汰机。此外，2014年唐山开远选煤科技有限公司完成了国家“末、块煤干法选煤系统”的创新项目任务。

干法选煤技术是适合我国国情的新型选煤方法，既能全面符合保护水资源、节能、环境保护、资源综合利用及发展洁净煤技术等各项国家经济技术政策，又能适应我国不同类型动力煤炭企业的需求，为解决我国褐煤等易泥化煤洗选加工的难题、解决煤矸石综合利用问题及提高我国原煤入选率等诸多方面作出了重要贡献。

2 我国动力煤资源状况、用途及煤质要求

干法选煤主要应用于动力煤分选加工，因此对我国煤炭资源及动力煤资源状况需要有初步了解。

2.1 我国煤炭资源状况

2.1.1 我国煤炭资源量

根据第三次全国煤田预测资料，我国除台湾省外，垂深 2000m 以内的煤炭资源总量为 $55697.49 \times 10^8 \text{t}$ ，探明保有资源量 $10176.45 \times 10^8 \text{t}$ ，其中生产及在建矿井占用资源量 $1916.04 \times 10^8 \text{t}$ ，尚未利用资源量 $8260.41 \times 10^8 \text{t}$ 。

2.1.2 我国煤炭资源的地域分布特点

我国煤炭资源的地域分布特点为：

(1) 北多南少。按昆仑山-秦岭-大别山一线分为南、北方（这一线以北为北方，这一线以南为南方）。北方省区煤炭资源丰富，占全国煤炭资源总量的 93.08%，探明保有资源量占全国探明保有资源量的 90% 以上。而南方其余各省煤炭资源量之和仅占全国煤炭资源总量的 6.92%，探明保有资源量不足全国探明保有资源量的 10%。

(2) 西多东少。按大兴安岭-太行山-雪峰山一线分为东、西部。这一线以西即西部的内蒙古、山西、四川、贵州等 11 个省区煤炭资源量占全国煤炭资源总量的 91.83%，探明保有资源量占全国探明保有资源量的 89%。而这一线以东即东部地区煤炭资源量少，探明保有资源量仅占全国探明资源保有量的 11%。

(3) 主要产煤省区煤炭资源分布极不均衡。煤炭资源量大于 10000 亿吨的有新疆、内蒙古两个自治区，其煤炭资源量之和占全国煤炭资源总量的 60.42%。煤炭资源量大于 1000 亿吨的有新疆、内蒙古、山西、陕西、河南、宁夏、甘肃、贵州等 8 个省区，其煤炭资源量之和占全国煤炭资源总量的

91.12%。煤炭资源量大于500亿吨的有以上的8个省区和安徽、云南、河北、山东四省,这12个省区煤炭资源量之和占全国煤炭资源量的96.55%。煤炭资源量小于500亿吨的有17个省区(除台湾省外),煤炭资源量之和仅占全国煤炭资源总量的3.45%。

2.1.3 我国煤炭资源的煤类分布

2.1.3.1 褐煤资源分布

褐煤资源量为 $3194.38 \times 10^8 \text{t}$, 占我国煤炭资源总量的5.74%, 主要分布于内蒙古东部、黑龙江、吉林东部、云南东部。

2.1.3.2 低变质烟煤资源分布

低变质烟煤(长焰煤、不黏煤、弱黏煤)资源量为 $38535.35 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭资源总量的51.23%, 主要分布于新疆、陕西、内蒙古、宁夏等省区。甘肃、辽宁、河北、黑龙江、河南等省的低变质烟煤资源也比较丰富。

2.1.3.3 中变质烟煤资源分布

中变质烟煤(气煤、肥煤、焦煤、瘦煤)资源量为 $15993.22 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭资源总量的28.71%。在中变质烟煤中, 气煤资源量为 $10709.69 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭资源总量的19.23%; 焦煤资源量为 $2640.21 \times 10^8 \text{t}$, 仅占全国煤炭资源总量的4.74%。

2.1.3.4 高变质煤资源分布

高变质煤(贫煤、无烟煤)资源量为 $7967.73 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭资源总量的14.31%, 主要分布于山西、贵州和四川南部。

综上所述, 我国煤炭资源丰富, 此决定了煤炭在我国能源生产和消费中将长期处于主导地位。我国煤炭资源地域分布特点为北多南少、西多东少, 这又决定了我国西煤东运、北煤南运的基本格局。而新疆、内蒙古、山西、陕西、宁夏等煤炭资源量最大的省区却处于我国干旱缺水的西北地区。

从煤资源的煤类分布可以看出: 褐煤、低变质煤、高变质煤作为动力煤占全国煤炭资源总量的71.28%。从全国煤炭资源状况分析, 适于在干旱地区作为动力煤分选加工的干法选煤前景广阔。

2.2 我国动力煤生产情况

2015年我国原煤产量为37.48亿吨, 入选原煤24.7亿吨, 入洗率达到