

XUANMEICHANG POSUI YU SHAIFEN

选煤实用技术丛书

选煤厂破碎与筛分

中国煤炭加工利用协会组织编写



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

工利用协会组织编写

选煤厂破碎与筛分

主编 解宗选 刘建荣

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

选煤厂破碎与筛分/解京选,刘建荣主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2004.11(2006.11 重印)

ISBN 7 - 81070 - 998 - 4

I. 选… II. ①解…②刘… III. ①煤—破碎②煤—筛分 IV. TQ520.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 123807 号

书 名 选煤厂破碎与筛分

主 编 解京选 刘建荣

责任编辑 褚建萍

责任校对 孙 景

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 11.5 字数 300 千字

版次印次 2004 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 2 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



《选煤实用技术》丛书编委会

主 编 吴式瑜

副主编 叶大武 解京选 李文林

编 委 (按姓氏笔画排序)

邓晓阳 叶大武 匡亚莉 李文林

李贤国 吴大为 吴式瑜 张明旭

周少雷 欧泽深 竺清筑 谢广元

路迈西 解京选

丛书前言

能源是国民经济发展和人类赖以生存的物质基础。煤炭是我国的主要能源,其生产量和消费量一直占一次能源的70%左右。

我国煤炭资源丰富,品种齐全。到20世纪末,煤炭的探明储量有1万亿吨,其中已利用储量中尚有可采储量800多亿吨;我国的石油、天然气资源相对不足,其储量只可供开采几十年;水力资源虽然丰富,但集中在西南地区,而且开发利用需要的投资很大;核能、太阳能、风能、生物能的开发利用则刚刚起步。所以,未来几十年内,煤炭仍是我国最可靠的能源,煤炭的基础能源地位不会改变。

我国是煤炭的生产和消费大国,每年生产和消费煤炭都在十几亿吨以上。大量生产和消费煤炭,无论对区域环境,还是对全球气候都造成很大影响。为此,国家鼓励和提倡发展洁净煤技术。

选煤是洁净煤技术的基础,也是煤炭深加工(制水煤浆、焦化、气化、液化)和洁净、高效利用的前提。选煤可以除去原煤中的大部分矿物杂质,提高煤炭质量,并把它分成不同等级,为用户合理利用创造条件。国家鼓励发展煤炭洗选加工,原煤入洗量不断提高,从1949年的几十万吨发展到2003年的5亿多吨。

但是我国煤炭洗选加工相对落后,原煤入洗率尚不足30%,商品煤质量较差,因此煤炭利用率低,燃煤引起的污染严重。为了合理利用煤炭资源,提高利用效率,降低铁路运输量,减少燃煤对大气的污染,有必要大力发展煤炭洗选加工。

近几年来,我国选煤工业迅猛发展,选煤厂数量增加,选煤技

术进步速度加快,目前的选煤技术人员已满足不了发展的需要。为了培养大批选煤工程技术及管理人员,提高选煤技术人员的素质,中国煤炭加工利用协会和中国矿业大学出版社共同组织国内一批有实践经验的专家、学者及高级工程师技术人员,编写了这套《选煤实用技术》丛书。本丛书书名如下:

1. 《跳汰选煤技术》
2. 《重介质选煤技术》
3. 《浮游选煤技术》
4. 《选煤厂产品脱水》
5. 《选煤厂煤泥水处理》
6. 《选煤厂破碎与筛分》
7. 《选煤厂机械设备安装使用与维护》
8. 《选煤厂电气设备安装使用与维护》
9. 《选煤厂管道、阀门与泵的安装使用与维护》
10. 《选煤厂煤质分析与技术检查》
11. 《选煤厂计算机应用》
12. 《选煤厂技术管理》

本丛书主编吴式瑜,副主编叶大武、解京选、李文林。

本丛书实用性较强,可作为选煤厂技术、管理干部和专业技术工人的培训教材,也可作为大专院校选煤专业学生的学习参考书。

本丛书由多位作者编写,写作风格各有不同,且由于时间仓促、涉及内容广泛,错误和缺点在所难免,望读者批评指正。

前 言

选煤是洁净煤技术的基础,也是煤炭深加工(制水煤浆、焦化、气化、液化)和洁净、高效利用的前提。

破碎与筛分是选煤工艺过程中必不可少的作业环节。在选煤厂的生产系统中,很多作业需要破碎机械和筛分机械去完成。对破碎而言,有选前的准备破碎和选后的最终破碎;对筛分而言,有煤的准备筛分、检查筛分、最终筛分以及煤的脱水、脱泥、脱介质等。

本书从实用的角度简要介绍了破碎与筛分工艺的基本原理,分析了影响破碎与筛分工艺效果的主要因素,论述了目前我国选煤厂普遍使用的各类破碎、筛分机械的工作原理,以及设备的结构类型、特点和规格性能,并对破碎、筛分机械的选型、操作使用和维护也作了简要介绍。全书力求内容深入浅出,文字通俗易懂,图文并茂。希望对现场的工程技术人员和技术工人有所帮助和指导。

本书第一、二、四(部分)、八章由解京选编写,第三至七章由刘建荣编写。全书由解京选统稿。

作者

2006. 10

目 录

第一章 筛分概论	1
第一节 筛分工业发展.....	1
第二节 筛分作业的用途和种类.....	8
第三节 筛序	10
第四节 筛分机械种类	12
第五节 筛分机械选型与生产能力计算	23
第二章 筛分质量的评定方法	26
第一节 物料的粒度组成与筛分分析	26
第二节 筛分试验与粒度特性曲线	32
第三节 筛分过程与筛分效果评定	38
第四节 影响筛分过程的因素	46
第三章 振动筛结构	52
第一节 振动器	52
第二节 筛箱和筛面	57
第三节 减振装置	66
第四节 传动装置	68
第四章 振动筛原理及力学分析	70
第一节 振动筛的工艺参数	70
第二节 直线振动筛	73
第三节 圆振动筛	91
第四节 振动筛功率计算.....	100
第五节 共振筛.....	101
第六节 新型筛分方法.....	106

第五章 典型振动筛结构与特点	114
第一节 DD、ZD 系列圆振动筛	114
第二节 DS、ZS 系列直线振动筛	119
第三节 USK、USL 系列振动筛	124
第四节 TABOR 振动筛	127
第五节 ZKP 系列大型直线振动筛	129
第六节 ZD 系列直线等厚筛	137
第七节 JR 系列等厚筛	142
第八节 琴弦筛	147
第九节 振动棒条筛	151
第十节 高频振动筛	156
第六章 振动筛出厂测试和安装、使用与维护	172
第一节 振动筛出厂测试	172
第二节 振动筛安装、使用与维护	175
第七章 振动筛设计方法与可靠性研究	181
第一节 振动筛设计方法	181
第二节 振动筛可靠性问题及对策	188
第八章 破碎工艺与设备	202
第一节 破碎的基本概念	202
第二节 煤炭的物理性质	208
第三节 破碎机械	211
第四节 强力分级破碎机	258
第五节 破碎机械工艺效果评定	278
附录一 选煤厂安全规程(节选)	280
附录二 选煤厂工人技术操作规程(节选)	295
附录三 工人技术等级标准(节选)	328
附录四 选煤厂机电设备完好标准(节选)	332
主要参考文献	357

第一章 筛分概论

第一节 筛分工业发展

随着国民经济的快速发展,筛分技术和设备在各行各业中的应用越来越广泛。在冶金、矿山、煤炭、水电、化工、建材等部门的工艺流程中,筛分起着分级、分选、脱泥、脱介和脱水等作用。筛分工艺技术水平的高低和筛分设备性能质量的优劣,直接关系到工艺效果的好坏和生产效率的高低。

一、筛分技术发展概况

自 16 世纪英国在煤炭工业使用第一台固定筛以来,世界上先后出现过圆筒筛、摇动筛、滚轴筛、振动筛等筛分设备。由于振动筛具有结构简单、性能稳定、生产能力大、维修方便等特点,因而得到了广泛的应用。从目前各行各业筛分机械使用的情况看,振动筛的使用量占绝对优势,其占有量为 95%。近几年筛分技术有了新的发展,如筛分设备大型化,强化振动参数,自同步技术的推广应用,新型筛分机械和新型结构的出现等,都是围绕着振动筛发展起来的,而其他筛分设备,如滚轴筛、圆筒筛、摇动筛等,除在一些特定场合使用外,已逐步被淘汰。

建国 50 多年来,我国的筛分设备走过了一个从无到有、从小到大、从落后到先进的发展过程,前后经历了测绘仿制、自行研制和引进提高 3 个阶段。

1. 测绘仿制阶段

20 世纪 50 年代,我国的筛分设备极为落后,生产上使用的都

是从苏联引进的 TY II 型圆振动筛以及从波兰引进的 WP1 型和 WP2 型吊式直线振动筛。为适应生产的发展,当时以洛阳矿山机器厂、锦州矿山机械厂和上海冶金矿山机械厂为主的几个制造单位,通过对以上几种进口筛进行测绘仿制,形成了国产型号为 SZZ 系列的自定中心筛、SZ 系列的惯性筛和 SSZ 系列的直线振动筛等,初步奠定了我国筛分机械的基础。

2. 自行研制阶段

通过对用户的走访和调研,1967 年由洛阳矿山机械研究所、鞍山矿山机械厂、北京煤矿设计院、沈阳煤矿设计院、平顶山选煤设计研究院组成了联合设计组,制定了我国第一个煤用单、双轴振动筛系列型谱,并进行了 ZDM(DDM)系列单轴振动筛和 ZSM(DSM)系列双轴振动筛的产品设计工作。1974 年,两个系列设计工作完成,并投入生产制造,基本上满足了当时国内中、小型选煤厂建设的需要。在此基础上,由洛阳矿山机械研究所、鞍山矿山机械厂、西安煤矿设计院等 9 个单位组成了矿用基型振动筛设计组。通过采用自同步理论、块偏心振动器、复合弹簧、环槽铆钉等先进技术,进行了 2ZKB 2163 直线振动筛、YK1545 和 2YK2145 圆振动筛、YH1836 重型振动筛、FQ1224 复合振动筛等 4 种基型新系列振动筛设计工作。1980 年,鞍山矿山机械厂完成了这 4 种基型筛的制造,并通过了技术鉴定,在工业上得到了广泛的应用,这标志着我国筛分机械走上了自行研制的发展道路。

3. 引进提高阶段

20 世纪 80 年代以来,冶金和煤炭行业不断从国外引进先进的振动筛产品。在冶金行业,上海宝钢引进了日本神户制钢所和川崎重工株式会社制造的用于原料分级、焦炭筛分、电厂煤用分级的振动筛和烧结矿用的冷矿筛;鞍钢、唐钢从德国申克公司引进了热矿筛。在煤炭行业,山东兖州矿务局兴隆庄矿选煤厂引进了美国 RS 公司的 TI 倾斜筛和 TH 水平筛;河北开滦矿务局范各庄

矿选煤厂引进了德国 KHD 公司制造的 USK 型圆振动筛、USL 型直线振动筛;钱家营矿选煤厂引进了波兰米克乌夫采矿机械厂制造的 PWK 型圆振动筛、PWP 型直线振动筛;山西西山矿务局西曲选煤厂和淮北矿务局临涣选煤厂从日本神户制钢所引进的 HLW 型直线振动筛等。这些筛分设备技术参数先进、结构合理、工作平稳、可靠耐用,基本上代表了 20 世纪 70 年代国际振动筛的技术水平。1980 年鞍山矿山机械厂从美国 RS 公司引进 TI 和 TH 型振动筛制造技术,转化为国内型号定为 YA 系列圆振动筛和 ZKX 系列直线振动筛,在国内得到广泛应用;1996 年又引进了德国 KHD 公司 USK 系列圆振动筛和 USL 系列直线振动筛制造技术,这是 KHD 公司 20 世纪 80 年代的改进型产品,其中 USL 型直线振动筛筛宽达 4.5 m,这表明我国中、大型振动筛制造水平向前迈进了一大步。此外,1986 年洛阳矿山机械研究所也从日本神户制钢所引进了 HLW 型振动筛制造技术,转化后国内型号定为 ZK 系列振动筛,该筛结构紧凑、质量轻,最大规格的筛分面积达 27 m²,是当时国内最大的直线振动筛。国外振动筛产品和制造技术的引进,拓宽了我国筛分机械设计制造人员的视野,他们从中了解和学习到了先进国家设计制造振动筛的理论、方法、设计技术、制造工艺,生产管理和业务水平也得到大大提高。

在冶金行业,1987 年西安重型机械研究所在消化吸收上海宝钢从日本引进技术的基础上,和鞍山矿山机械厂共同设计制造了我国第一台 SLZS2575 大型冷矿筛,在天津铁厂使用,效果良好。为解决马钢烧结矿筛分问题,1992 年又设计制造了 9 台 SLZS3090 冷矿筛;1987、1988 年,鞍山矿山机械厂与东北工学院(现东北大学)、鞍山冶金设计院、长沙冶金设计院合作,采用重心偏移式振动器和自同步理论、二次隔振技术,联合设计制造了 ZSL2585、ZSL3090 冷矿筛,先后在鞍钢、包钢、湘钢、首钢使用。该筛分设备动负荷小、噪声低、处理能力大、筛分效率高,深受用户

好评;1991年,东北工学院和鞍山矿山机械厂又为唐钢设计制造了SZB3184大型热矿筛,替代了德国申克公司产品,开创了我国生产大型热矿筛的历史;1996年,鞍山矿山机械厂与日本川崎重工合作,为上海宝钢三期配套生产了 $3\text{ m}\times 9\text{ m}$ 冷矿筛。至此我国冶金行业用冷、热矿筛基本走上了国产化道路。

二、特种筛及大型筛的发展

概率筛是根据碎散物料在筛面上按概率原理进行筛分的。利用这一原理,1978年东北工学院为首钢炼铁厂研制成功我国第一台共振式概率筛,大大提高了处理能力,接着中国矿业学院(现中国矿业大学)和西安煤矿设计院也分别研制成功了惯性概率筛用于原煤分级,在全国煤炭行业中得到应用,年经济效益达亿元以上。

1972年,法国布尔斯特莱因根据在筛分机入料端采用大倾角,使物料流速快,完成预先筛分,在中段至排料端采用缓倾斜至水平,完成物料正常筛分和检查筛分,整个筛分过程料层厚度较为恒定的原理,提出了等厚筛分理论。为解决我国煤炭干式深度筛分问题,1977年平顶山煤矿设计院通过等厚筛分试验,做了大量工作;1982年,由平顶山选煤设计院设计、鞍山矿山机械厂制造的我国第一台箱式振动器结构的D1894等厚筛,在抚顺平安矿选煤厂通过鉴定,该筛处理能力大,且筛分效率高;不久,中国矿业大学又研制成功自同步重型等厚筛,使我国等厚筛设计达到了世界先进水平。

概率筛分法处理能力大,但只能用于近似筛分;等厚筛分法处理能力大,筛分精度高,但设备大,成本高,能耗大。20世纪80年代初,东北工学院闻帮椿教授综合概率筛分法和等厚筛分法的优点,提出了新的筛分原理“概率厚层筛分法”,并与铁道科学院共同研制了概率等厚筛。鞍山矿山机械厂也自行设计了ZDG2040概率等厚筛用于鞍钢炼铁厂七号高炉的焦炭筛分,筛分效率达90%

以上。实践证明,概率等厚筛具有外形尺寸小、质量轻、处理能力大、筛分效率高、能耗低等特点,是一种高效节能设备。

粘湿难筛分原煤的分级,始终是煤炭行业存在的一个主要问题,为此,煤炭研究总院唐山分院于1983年研制成功了XGS型旋转概率筛,该筛机只有转动,没有振动,能通过调整转速改变筛分粒度,不堵筛孔,对粘湿煤有较强的适用性,是一种新型筛分设备。它处理能力虽大,但因是概率筛分,筛分精度低。为了更好地解决粘湿原煤的干式深度筛分,煤炭研究总院唐山分院又研制了GXS高效琴弦筛。由于采用了特殊的弦索筛网,开孔率高,不堵孔,处理能力大,筛分效率达90%,现已普遍作为国内外中小型煤矿选煤厂的原煤筛分设备。与此同时,沈阳煤矿设计院也研制了一种筛面呈阶梯状布置、由左、右旋双头螺旋轴组成的螺旋筛分机,应用于大、中、小型选煤厂的粘湿物料筛分。

在金属矿山选煤厂,矿浆分级一直是采用螺旋分级机和旋流器,其分级效率低,能耗大。为解决此问题,1982年鞍山矿山机械厂首先为鞍钢齐大山选矿厂设计制造了ZKBX1856振动细筛与 $\phi 2.7 \times 3.6$ 球磨机形成闭路,取代螺旋分级机。分级效率提高20%,磨矿效率也提高了22.3%,年节电42.5万kW·h,增加利润26万元,之后,ZKBX1856振动细筛又在首钢大石河铁矿、海南铁矿、云锡公司选矿厂推广使用,都取得了显著的经济效益。与此同时,长沙矿冶研究院在消化吸收美国德瑞克筛的基础上,研制成功GPS高频细筛,该筛采用三层叠层筛网、三路给矿、长圆筒振动器,在选矿厂的二段磨矿分级回路取代旋流器和弧形筛,提高了分级效率和处理能力,精矿品位也得到提高。

水煤浆是具有高能源利用价值的燃料,但因其颗粒小,粘度大,极难筛分,目前尚无合适筛机可用,为此,水煤浆筛被列为“八五”科技攻关重点项目。鞍山矿山机械厂采用筛面作弛张运动的结构,于1995年研制成功了MJS2055水煤浆筛,筛机振动次数为

600 r/min, 内外筛框相对振幅为 12 mm, 筛面抛射加速度可达 $30g \sim 50g$, 从而使物料实现了有效的筛分。

此外, 兖州煤矿设计院和海安振动机械厂设计制造的电磁振动旋流筛, 很好地解决了末煤脱泥、脱水问题。鞍山矿山机械厂设计制造的 HS 化肥筛和 ZWS 振网筛在化工行业得到广泛的应用, 煤炭科学研究总院唐山分院研制的 GPS 高频振动脱水筛和 QZK 曲面振动筛对于煤泥回收和细物料脱水都取得了很好的效果。

随着大型选煤厂的建设及老选煤厂的改扩建, 筛分设备的大型化要求愈来愈迫切。

鞍山矿山机械厂在消化吸收美国 BS 公司技术的基础上, 自行研制了 DYS 系列大型圆振动筛。为加大激振力, 采用两台电机分别拖动两个振动器, 振动器间用齿型带连接以保持两轴同步运转; 1988 年 DYS3373 通过了技术鉴定, 并先后在内蒙霍林河矿选煤厂、抚顺西露天矿选煤厂、马钢材料码头等国家“八五”重点建设项目中配套使用, 其处理能力最高达 1 400 t/h, 筛分效率也在 85% 以上, 深受欢迎。

2YKH2245 振动筛是煤炭科学研究总院唐山分院设计、鞍山矿山机械厂制造的重型振动筛, 1983 年在抚顺西露天矿选煤厂投入使用, 取代了滚轴筛, 用做煤矸石脱介和大、中块物料分级, 为我国重型振动筛产品的开发进行了创新和实践。

目前, 27 m^2 以上大型直线筛和香蕉筛大部分还需要从国外进口。鞍山矿山机械厂和平顶山选煤设计院共同研制的 2ZKP3660 大型直线筛, 效果良好。最近鞍山矿山机械厂为神华集团准格尔能源有限公司生产了几台 DZS3675 的 27 m^2 大型直线筛和 ZD3191 的 27 m^2 香蕉筛, 已通过辽宁省工业性鉴定, 今后将替代进口产品。此外, 大型水电项目及交通建设需要大量的破碎筛分成套设备, 以对砂石进行处理, 大型振动给料机、多层筛、三轴椭圆筛用量很大。前几年从国外诺德博格和苏维达纳公司引进

了不少破碎筛分成套设备,促进了国内市场发展,很多企业从生产单一设备向生产破碎筛分成套设备发展。这既提高了产品的科技含量,也增加了企业的经济效益。

三、我国筛分技术与设备的发展方向

深入研究新的筛分理论和技术,研制高效筛分机械,以满足各行各业对筛分工艺的要求,是科研部门和工程技术人员长期坚持的目标和努力奋斗的方向。

1. 采用新材料、新技术、新工艺

对现有的筛分机械进行运动分析和结构改进,引入现代化设计手段,采用优化设计、计算机辅助设计,用计算机对筛分结构强度进行计算,提高设计的可靠性;建立振动筛试验台,对筛分机械产品进行检测。全面推广使用新材料、新技术、新工艺。对振动机械用的钢材、轴承、弹簧、筛网进行专门研究,筛面方面应积极研究橡胶筛板、聚氨酯筛网和弹性杆筛面技术。支撑元件应积极研究开发橡胶弹簧和复合弹簧。不断规范筛分机械制造行业管理,严格工艺制度,提高筛分机械制造水平。

2. 实现筛分机械的标准化、系列化和通用化

实现筛分机械的标准化、系列化和通用化水平,是提高设计水平、保证筛分机械质量的重要途径,有利于组织专业化生产,并可大大降低生产成本,提高企业效益。

3. 强化筛分机械技术参数

为满足大规模工业化生产的需要,研制大型、重型筛分设备,扩大筛分机械面积、增强筛分机械振动强度,提高筛分机械单位面积生产能力和承载能力,使筛分机械更加可靠稳定地工作,以适应不同行业对筛分机械的要求,这是筛分机械生产企业长期追求的目标。因此进一步加强对筛分理论和筛分机械技术参数的研究和改进是十分必要的。

4. 降低生产噪声,提高环境质量

众所周知,选煤厂的筛分与破碎车间的噪声和煤尘浓度是很高的,生产环境十分恶劣。因此,进一步改进筛分工艺和技术,降低筛分机械的振动噪声和产出的粉尘,是现代化生产企业的迫切需要。

生产中的噪声控制目前普遍采用以下两种方法:声源处理和声路处理。所谓声源处理是指防止和降低声源处的声功率,比如采用低噪声设备和零部件;声路处理是指降低从声源到收听处之间噪声的传播。对于选煤厂的破碎、筛分作业,在车间厂房设计上要加以改进,厂房应宽敞、采光要好,在设备与设备的连接处以及在物料流的转载处,既要保证煤流的顺畅通行,又要避免落差过大,造成物料的冲击过猛。设备选型应选择那些设备性能高、噪声低的设备,并要加强屏蔽保护,这样,既可降低噪声的传播,又能减少粉尘污染,提高车间生产环境质量。如条件允许,也可在车间适当位置设置吸音材料,以最大限度降低噪声。

第二节 筛分作业的用途和种类

在选煤厂和筛选厂中,筛分作业广泛地应用于原煤准备和产品处理上,按其任务不同,可以分为以下几种筛分作业。

一、准备筛分

也称预先筛分。在选煤厂,按破碎作业和分选作业的要求,将原料煤分成不同的粒级,为煤炭的进一步加工做准备。

对破碎作业,准备筛分是为了在破碎前将已经合格的粒级和需要破碎的大块分开,使大块物料进行破碎,避免物料过度粉碎,也减少不必要的能量消耗。

对分选作业,因各种选煤方法都要求一定的人选粒级,否则将严重影响分选效果,所以应按要求将原煤分成不同的粒级。