

闫世春 著

煤泥处置

MEINI CHU ZHI

煤炭工业出版社

煤 泥 处 置

闫世春 著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书在大量文献资料、调研和实地考察的基础上,详细阐述了煤泥的性质,分别介绍了煤泥的分选回收设备、高灰煤泥的燃烧利用技术、煤泥水煤浆和煤泥型煤的制备及应用等。

本书可供煤炭生产企业管理人员、工程技术人员及煤炭院校大中专师生参考。

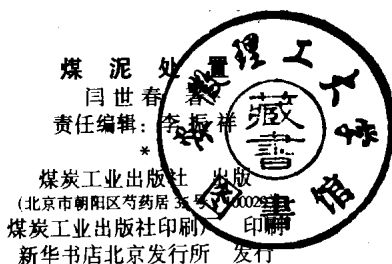
图书在版编目(CIP)数据

煤泥处置/闫世春著.—北京:煤炭工业出版社 2001

ISBN 7-5020-1970-7

I.煤… II.闫… III.煤泥-处理 IV.TQ 520.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 18419 号



开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $6\frac{1}{2}$

字数 136 千字 印数 1-2,000

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 4741 定价 20.00 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

前 言

煤泥是洗选加工的副产品,是由微细粒煤、粉化矸石和水组成的粘稠物,具有粒度细、微粒含量多、持水性强、灰分较高、热值较低、粘结性较好的特点。煤泥在堆积状态下极不稳定,遇水即流失,风干即飞扬。煤泥的这些特点及不同煤泥性质的差异,决定了利用途径和利用难易程度的不同。我国的煤层赋存条件差,断层多,顶底板比较破碎,原煤性质差异大,随着采煤机械化程度的提高及原煤入选比例的提高,煤泥的产量将会大量增加。

处理煤泥的费用很大。据称,选煤厂处理的煤泥量仅占全部入选量的 20%,但用于煤泥处理的基建投资却占总投资的 40%,用于处理煤泥水的设备量占选煤厂的总设备量的 40%~60%,煤泥加工费相当于除去煤泥量后 80% 原煤加工费的 2.5 倍。我国的选煤厂大部分建在人烟稠密的矿区,对环境保护要求严格,需要投入大量资金用于煤泥厂内回收、洗水闭路循环。

煤泥的有用成分是煤炭,应当很好利用,处置不当时会污染环境。煤泥可以直接成浆使用和干燥成型利用,按用途主要分为燃烧、制型煤、配煤、气化、井下充填、作建材掺合料或添加剂、制备化工产品、工业填料等。至今人们还在不断研究煤泥的新用途。

本书是我们将煤泥作为课题进行专门研究的成果,是通过查阅文献、实地考察并在充分调研和优化材料的基础上完成的。在此,我们要感谢《中国煤炭》杂志社师自平编审

对本书的审定，同时感谢太原理工大学赵敏副教授对本书所提出的宝贵意见。

本书第一、二章由闫世春编著，第三、四、五章由邱宜萍编著，全书由阎世春统稿。

作 者

2001 年 6 月

目 录

前言

第一章 煤泥的基本性质 1

第一节 煤泥的化学性质和工艺性质 1

第二节 煤泥的分选性质 24

第三节 煤泥的成型性质 29

第四节 煤泥的成浆性质 34

第五节 煤泥的燃烧性质 46

第六节 煤泥水煤浆的燃烧特性 55

第二章 煤泥分选回收设备 58

第一节 浮选柱 58

第二节 高频振动筛 71

第三节 压滤机 79

第四节 水力旋流器 86

第五节 浮选柱煤泥分选工艺 91

第六节 螺旋分选机 100

第七节 从中煤中回收精煤的工艺 116

第三章 高灰煤泥的燃烧利用技术 127

第一节 概 述 127

第二节 煤泥流化床燃烧技术 128

第四章 煤泥水煤浆的制备和应用 143

第一节 概 述143

第二节 煤泥水煤浆制备工艺和设备 145

第三节 燃烧系统及锅炉 152

第四节 煤泥水煤浆沸腾燃烧系统162

第五节 邢台矿务局东庞矿煤泥水煤浆燃烧系统172

第五章 煤泥型煤的制备和应用 183

第一节 概 述183

第二节 烟煤煤泥成型工艺 184

第三节 无烟煤泥成型工艺 187

第四节 民用煤泥型煤 192

第五节 成型机械195

主要参考文献 201

第一章 煤泥的基本性质

第一节 煤泥的化学性质和工艺性质

煤泥是一种颗粒较细(0.5mm 以下)、含水量较高的煤浆,一般是依据煤泥中有机质的特性确定其合理利用的途径。因此在煤泥加工利用的生产过程中,必须掌握有关的煤质资料。对煤泥的化学性质的了解,主要是通过煤泥的元素分析、水分、矿物质成分分析来得到;对煤泥的工艺性质的了解,主要是通过煤泥的挥发分、结焦性等的分析来得到。

一、煤泥有机质的元素组成

碳是煤泥的主要组成部分,其含量随煤化程度加深而增高。在煤化程度相同的煤中,碳含量的大小和煤岩成分有关。一般情况下,镜质组碳的含量要比丝质组低。

氢也是煤泥中的主要组成部分,氢含量的大小对煤泥的燃烧性质影响很大,一般随煤的变质程度加深,煤泥的氢含量下降。

氧含量对煤泥的工艺性质、质量好坏等关系很大,通常随煤泥的变质程度加深而降低。煤泥的比表面积大,置于空气中易发生氧化作用,氧含量会迅速增加,而碳含量则明显降低,从而导致煤泥的使用价值急剧下降。

煤泥中还常有氮元素，它们主要从成煤植物中的蛋白质转化而来，通常含量较少，对煤泥的使用价值影响不大。

表 1-1-1 给出了不同煤种煤泥的主要元素组成。

表 1-1-1 不同煤泥的主要元素组成

元素组成	腐植煤（煤化程度增加）			
	泥 煤	褐 煤	烟 煤	无烟煤
C_{daf} (%)	55 ~ 62	60 ~ 77	77 ~ 93	89 ~ 98
H_{daf} (%)	5.3 ~ 6.5	4.5 ~ 6.6	4 ~ 6.8	0.8 ~ 4
O_{daf} (%)	27 ~ 34	15 ~ 30	2 ~ 15	1 ~ 4
N_{daf} (%)	1 ~ 3.5	1 ~ 2.5	0.7 ~ 2.5	0.3 ~ 1.5

二、煤泥中的硫

硫是煤泥中最有害的杂质元素。煤泥作为动力燃料，所含硫分会燃烧生成二氧化硫。二氧化硫不仅会严重腐蚀金属设备，而且会严重污染大气环境，大气中所含的二氧化硫是引起酸雨的主要罪魁祸首。所以，煤泥在使用前或使用中应采取适当的脱硫、固硫措施，以尽量减少生成二氧化硫的数量。煤泥经分选处理后所得的精煤如用作炼焦原料，则所含硫分危害更甚。因为在炼焦时煤中硫分 60% 以上转入焦炭中，焦炭因硫分增加，将导致高炉炼铁时焦炭和石灰石用量增高，高炉利用系数下降，生铁产量降低，而且硫转入钢铁中会导致生铁发脆、质量下降等一系列不良后果，所以低灰煤泥如欲做炼焦原料，对其硫分含量有严格要求，一般全硫含量不能超过 1%。

根据硫的赋存状态，可把煤泥中的硫分为无机硫和有机硫两大类。有机硫就是存在于煤泥有机质中的硫分，主要来自于成煤植物中的蛋白质。由于它和其它有机质结合得很紧密，一般的分离手段很难清除它，实践中通常采用固硫法，如在煤泥成型时加入适当的固硫剂(如石灰)，使煤泥型煤燃烧时生成的二氧化硫转换成稳定的硫酸盐硫，呈灰渣形态排出。无机硫是以矿物质形式存在于煤泥中的硫，通常分为硫化物硫和硫酸盐硫二种。由于煤泥中硫酸盐硫含量较少，大部分小于0.1%，所以煤泥中的无机硫通常是指黄铁矿硫(FeS_2)。黄铁矿硫和煤泥的天然可浮性相近，用浮选法通常只能去掉部分黄铁矿硫，效果常常不能让人满意。从高硫煤泥中以经济合理的技术手段脱除黄铁矿硫，一直是个世界性难题。从我国目前的实际情况考虑，对高硫煤最好采取限采、禁采的措施，以从根本上杜绝高硫煤泥的产生和危害。对已经产生的、积存在那里的大量高硫煤泥，应尽快治理，以尽量减少二次污染的形成量。从治理的角度上讲，最好采取综合处理的脱硫工艺，以保证取得最好的综合效果。

实际生产中一般都只测定煤泥各种硫分的总和，得到的煤质数据叫全硫含量，简称全硫。全硫测定一般用艾斯卡法或燃烧法。表1-1-2给出了煤泥硫含量的等级。

三、煤泥中的水分

煤泥由于粒度细，比表面积大，所以通常水分含量很高，从而严重地影响了煤泥的工业利用价值，甚至不得不抛弃。煤泥因为水分高，不采取一定的特殊措施不能单独装车运输，因而装卸很麻烦，在冬季还会发生“冻车”事

表 1-1-2 煤按硫分含量分类

级别名称	代 号	S_{ad} (%)
特低硫煤	SLS	≤ 0.50
低硫分煤	LS	$> 0.50 \sim 1.00$
低中硫煤	LMS	$> 1.00 \sim 1.50$
中硫分煤	MS	$> 1.50 \sim 2.00$
中高硫煤	MHS	$> 2.00 \sim 3.00$
高 硫 煤	HS	> 3.00

故；另外，煤泥水分高也会大大增加无效运输量，如用于燃烧易造成结团，严重影响燃烧效果，用于炼焦时因蒸发水分而多耗热，延长结焦时间，降低装炉密度，从而导致焦炭质量下降。如何经济有效地降低煤泥水分，一直是个困难的课题，也是限制煤泥使用的主要原因。

依据煤泥中水分存在形态，可以把它们分成游离水和化合水。化合水也叫结晶水，通常跟煤泥中的矿物质结合，如高岭土($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)中的化合水，用一般工业分析方法测定不出来。工业分析测定的是游离水，也叫全水分，简称“全水”。全水分是外在水分和内在水分二者之和。

外在水分是指煤样放在空气中和空气湿度达到平衡时失去的水分。此时残留在煤样中的水分就是内在水分。实践中为了操作方便和保证结果的准确，全水分的测定都是分别测定外在水分和内在水分后，求和得到全水分试验值的。另外需要注意，由于测定时空气的温度和湿度不同，所以测得的全水分不会是一个固定值。表 1-1-3 给出了

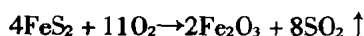
煤泥中各种水分的关系。

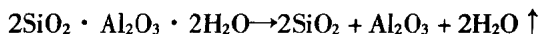
表 1-1-3 煤中各种水分的关系表

水分在煤中存在的形式	自由水分		湿存水分
	煤粒表面水分	大毛细管水分 半径 ($r > 10^{-5}\text{cm}$)	小毛细管水分半径 ($r < 10^{-5}\text{cm}$)
在一定温度下蒸气压的变化	不变, 等于纯水的蒸气压		取决于细管的大小 半径: $r_1 > r_2 > r_3 > r_4 \dots$ 蒸气压: $p_1 > p_2 > p_3 > p_4 \dots$
内外水分的区别	当空气中水蒸气分压等于 p_3 时	外在水分	内 在
	当空气中水蒸气分压等于 p_2 时	外在水分	内在水分

四、煤泥中的矿物质

煤泥中的矿物质就是通常所说的灰分, 它们是煤泥中的无机质。煤泥中的矿物质大多为粘土类矿物, 其它还有砂质类、碳酸盐类、黄铁矿等, 如邢台选煤厂煤泥所含矿物质中高岭土占 80%、伊利石占 10%、石英占 10%。直接测定煤泥中矿物质种类和含量比较复杂, 一般都是间接测定灰分产率和分析灰渣成分后, 来推断煤泥中矿物质的情况。煤泥经过高温燃烧后, 原来的矿物质有时会发生变化, 如黄铁矿会生成部分 SO_2 气体, 高岭土会放出结晶水, 所以测得的灰分产率经常会稍低于煤泥中实际的矿物质含量。





煤泥中矿物质的种类、含量、粒度组成等参数对煤泥的加工利用影响很大,和煤泥质量的好坏有直接关系。

煤泥灰分的工业分析的方法是:准确称取一定数量的煤样放入坩锅,在马弗炉 $815 \pm 10^\circ\text{C}$ 的条件下完全燃烧,以残留物占试样的质量百分数表示。

五、煤泥的挥发分和焦渣特性

煤泥的挥发分是指在特定条件下,其中有机质受热分解的产物,这些产物称为挥发物,挥发物占煤质量百分数称为挥发分。我国测定挥发分的特定条件是取 1g 煤样放在隔绝空气的容器中,在 $900 \pm 10^\circ\text{C}$ 的温度下,加热 7min。在该条件下,煤样受热分解出一部分液体(蒸气状态)和气体产物,产物中包含煤泥的有机质分解产物、水分及矿物质分解产物等。因此,计算挥发分时,应等于总的气体产物减去水分和矿物质的分解产物。有机质分解产物占煤样的质量百分数,称为挥发分产率。残留下来的不挥发固体称之为焦渣。焦渣包括固定碳和灰分两部分。固定碳是煤泥中有机质热分解的残余物,其主要成分是碳。挥发分和固定碳相加基本上是煤样中有机质的量。

挥发分的产率与煤泥中有机质的组成和分子结构有密切的关系,一般随着煤化程度的增高,挥发分产率逐渐减少。

煤种	泥炭	褐煤	烟煤	无烟煤
$V_{\text{daf}} (\%)$	70 ~ 55	>37.0	>10	≤ 10

煤泥的挥发分产率和煤化程度呈有规律的变化,一般

用它作为确定煤泥煤种的主要参考指标。

由于不同煤种形成的焦渣特征不同，可将焦渣分为 8 种类型，用于初步鉴定煤的粘结性、熔融性和膨胀性。

测定挥发分所得焦渣可分：

(1)粉状：全部是粉末，没有互相粘着的颗粒。

(2)粘着：以手指轻压即碎成粉状。

(3)弱粘结：以手指轻压即碎成碎块。

(4)不熔融粘结：以手指用力压才裂成小块。

(5)不膨胀熔融粘结：焦渣是扁平的饼状，煤粒的界限不易分清，表面有银白色金属光泽。

(6)微膨胀熔融粘结：焦渣用手指压不碎，表面有银白色金属光泽和较小的膨胀泡。

(7)膨胀熔融粘结：焦渣表面有银白色金属光泽，明显膨胀，但高度不超过 15mm。

(8)强膨胀熔融粘结：同上，焦渣高度超过 15mm。

根据焦渣特性可知：泥炭、褐煤、长焰煤和无烟煤没有粘结性，焦渣呈粉末；气煤、肥煤、焦煤、瘦煤都具有粘结性，其中以肥煤熔融膨胀性最好。

六、煤泥的粘结性和结焦性

由焦渣形状和特性看出，某些煤泥在隔绝空气加热时，能粘结成焦炭，也有些煤泥不能粘结成焦炭，这主要是由于各种煤泥的粘结性不同所造成。所谓煤的粘结性，是指煤在隔绝空气受热分解过程中(干馏过程)，能产生一定数量和质量的胶质体，不仅具有使煤粒互相粘结融合，并且能粘结其他惰性物，煤泥的这种性质称为煤泥的粘结能力。煤泥的结焦性是指在工业炼焦条件下(一定的加热

速度、炼焦温度等)原料煤能结成优质冶金焦的性能。结焦性包括了保证结焦过程能够进行的所有性质,粘结性仅是性质的一个方面,粘结性最好的煤泥,其结焦性不一定最好(如肥煤);而结焦性好的煤泥,其粘结性就一定好(如焦煤)。

煤泥的粘结性和结焦性好坏与干馏过程中产生的胶质体数量和性状(如流动性、膨胀性和透气性等)有着密切的关系。胶质体是指煤料在隔绝空气条件下加热到一定温度($350 \sim 500^{\circ}\text{C}$)时,生成象焦油那样的粘稠液体,该液体中存在由煤气构成的气泡及固体颗粒,这种由液体、气体和固体组成的粘稠物质称为胶质体。

胶质体的数量和性状差别主要与煤泥的组成和分子结构有关。煤化程度低的煤(褐煤、长焰煤),其分子结构中虽然侧链数较多,氧的含量也很高,但氧和碳之间的结合力非常弱,加热时最容易分解变成气态产物挥发出来,因而只能生成极少量或少量液体,不能或很少形成胶质体,所以没有粘结性或粘结性很差。煤化程度高的煤泥(贫煤、无烟煤)虽然氧含量少,但侧链数也较少,热解时大部分生成气体,少部分生成液体,不能或很少形成胶质体,所以也没有粘结性或粘结性很差。只有中等煤化程度的煤泥,分子结构中侧链的数目较多,氧含量较少,热分解时能生成大量的液体,形成适量和性状较好的胶质体,因此具有良好的粘结性。在宏观煤岩组分中,镜煤、亮煤粘结性好,暗煤次之,丝炭没有粘结性。同一煤化程度的煤,由于煤岩组成不同,其粘结性也有所区别。

粘结性和结焦性的测定方法很多,大致可以分为以下几类:

(1)根据胶质体性质测定,可分为胶质层指数、奥阿膨胀度和基氏流动度等。

(2)根据焦炭外形测定,可分为坩埚粘结特征、自由膨胀系数和葛金指数等。

(3)根据测定所得焦块强度,说明粘结性的有罗加指数、粘结指数等。

(4)在规定的实验条件或工业条件下,把煤泥炼成焦炭,测定焦炭品质,可分为铁箱试验、小焦炉试验等。

下面介绍几种常用测定方法。

1. 胶质层指数测定法

胶质层指数测定法主要是测定胶质层最大厚度(Y值, mm), 最终收缩度(X值, mm)、体积曲线类型和焦块特征等指标。

测定方法模拟炼焦的工业条件, 将 100g 煤样放在胶质层测定仪的煤杯中, 从下部进行单侧加热, 煤杯内的煤样中形成一系列的等温层, 这些层面的温度由上而下依次递增, 温度相当于软化点的层面以下的煤受热分解, 熔融形成胶质体, 在温度相当于固化点的层面以下则结成半焦, 形成了半焦层, 因此煤样中形成了半焦层、胶质层和未软化的煤样层 3 部分, 如图 1-1-1 所示。用探针定期测量煤杯中胶质层上部 and 下部水平面的位置, 用所测

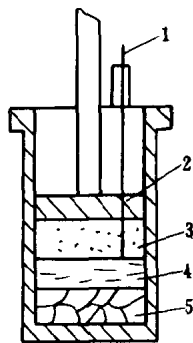


图 1-1-1 煤在煤杯中受热后的状态

1—胶质层厚度探针; 2—压力盘; 3—煤样未软化层; 4—胶质层; 5—半焦层

数据作图。试验过程中，最初在煤杯下部生成的胶质层比较薄，以后逐渐变厚，在煤杯中出现胶质层厚度的最大值，即为胶质层最大厚度 Y 值。仪器自动记录得到体积变化曲线，测出最终收缩度 X 值，留在煤杯中的为焦炭，如图 1-1-2 所示。

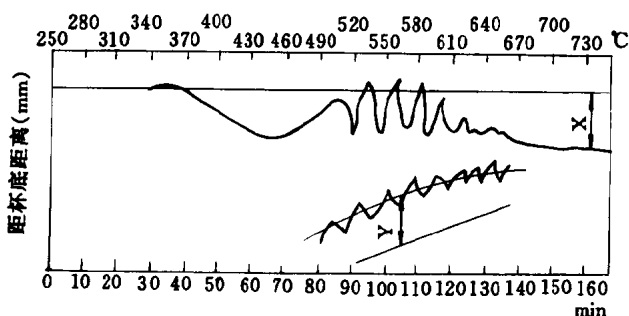


图 1-1-2 胶质层指数测定曲线

胶质层最大厚度 Y 值在一定程度上说明了煤的粘结性。 Y 值愈大，煤的粘结性愈好。 Y 值大小随煤化程度呈现有规律的变化，见表 1-1-4。

煤样总体积变化与加热时间的关系即为体积曲线。体积曲线的形状和煤种有一定的关系，它可反映出胶质体的

表 1-1-4 胶质层厚度和煤质的关系

煤化程度	褐煤→	长焰煤→	气煤→	肥煤→	焦煤→	瘦煤→	贫煤→	无烟煤
胶质层厚度	0→	0~5	5~25	>25	25~8	12~0	0→	0
粘结性	没有→	没有→	较差→	好→	好→	较差→	没有→	没有