

空气重介流化床干法选煤技术的研究

卫中宽

(中煤邯郸设计工程有限责任公司,河北 邯郸 056031)

摘要:从水资源短缺的现状入手,结合科学技术的发展现状,重新探讨了空气重介流化床干法选煤技术的定位问题,并对空气重介流化床干法选煤的工艺设计进行了剖析,阐明了该工艺的发展潜力,旨在推动空气重介流化床干法选煤技术的推广与应用。

关键词:空气重介;流化床;选煤;干燥

中图分类号:TD942

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)02-0022-04

空气重介流化床干法选煤技术是将气固流态化技术应用于煤炭分选领域的一项技术,早在20世纪80年代,中国就开始了这项研究,限于当时的科学技术条件,这项技术一直未能成功应用于工业化生产,并为此停滞了数十年。10年来,随着机械加工和自动化水平的提高,选煤技术经历了跨越式发展,重提空气重介流化床干法选煤技术,有一定的现实意义。

1 适应中国资源与发展现状

1.1 煤炭产区水资源现状

中国是一个水资源短缺,生态环境脆弱的国家。随着经济的高速发展,人均水资源占有量正在逐步减少,严峻的水资源形势,对中国经济的可持续发展构成了极大的威胁,节约用水,保护水资源任重而道远。国家规划的13个大型煤炭基地中有8个(神东、晋北、晋东、晋中、蒙东、黄陇、宁东、陕北)分布在干旱缺水地区,而这些地区的煤炭储量和煤炭产量均占全国的2/3以上,近年来新疆又成为各大煤炭、电力集团跑马圈地的重点区域,而新疆煤炭产区的水资源薄弱。2008年,山西省人民政府印发《山西省用水定额》,要求选煤厂补充水用量不大于 $0.1\text{ m}^3/\text{t}$ 洗精煤,以150万 t/a 选煤厂计算(精煤回收率按70%计),年消耗水量达 10500 m^3 ,水耗非常惊人。近年来中国建设了许多大型、特大

型湿法选煤厂,国内最大的选煤厂规模已达3000万 t/a (内蒙),耗水量巨大。因此,在上述地区推广空气重介流化床干法选煤技术具有一定的现实意义。

1.2 空气重介流化床干法选煤技术的发展与思考

空气重介流化床干选机结构如图1所示。

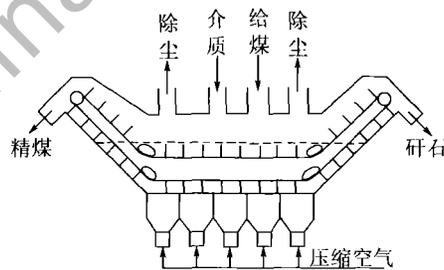


图1 空气重介流化床干选机示意

空气重介流化床干选机的工作原理:压缩空气经过干选机下部的布风装置进入流化床,使流化床中的重介质膨胀形成似流体的气-固两相流。入选原煤及重介质由干选机上方入料口分别进入流化床,流化床中介质有似流体特性,物料在流化床中受力状态符合阿基米德定律,密度小的精煤上浮,密度大的矸石下沉,由刮板输送机分别排出机外,从而完成煤炭的分选过程^[1]。

20世纪70年代以后,美、苏、加等国开始了空气重介流化床干法选煤技术的研究。在国内,1984年,中国矿业大学开始进行流态化技术的研究,1989

收稿日期:2009-12-03

作者简介:卫中宽(1979—),男,陕西扶风人,工程师,2003年毕业于中国矿业大学矿物加工工程专业,从事选煤厂设计与咨询工作。

年完成工业化系统的研究和建设,1994 年第一座空气重介流化床干法选煤厂在黑龙江省建成投产^[2]。运转初期,空气重介流化床干法选煤充分体现了干法选煤的优越性,并且取得了显著的经济效益。但随着生产的进行,也出现了一些问题。其中最突出的问题是:主选机布风板容易堵塞,无法形成均匀稳定的流化床,使主选机无法连续生产,处理量更是达不到设计标准。其主要原因是:原煤水分高,布风板透风孔直径小,加之刮板输送机直接在上面来回刮送,所以极易堵塞^[3]。

由于使用过程中暴露出的问题一直没有得到很好解决,致使空气重介流化床干法选煤技术的工业化道路举步维艰,东北项目之后,十几年来空气重介流化床干法选煤技术一直停留在理论研究层面,这项技术甚至淡出了选煤界同仁的视线。

2 科技发展推动技术的推广应用

2.1 材料科学的发展

空气重介流化床干选机行之有效的排料方式为刮板输送机排料,这种排料方式结构简单、安全可靠,但刮板和矸石与布风板间的摩擦力大,布风板容易损坏,从而破坏流化床的床高及密度的均匀稳定,使分选无法正常进行^[4]。随着材料科学的发展,煤炭行业已成功研制出各种耐磨材料,磨损是完全可以解决的。需要说明的是应该避免刮板与布风板间的刚性硬摩擦,布风板如采用不锈钢材料,刮板则可以采用聚氨酯等非金属材料。其次,布风板作为易损件,就像湿法脱介筛的筛板或离心机的筛篮一样,一定要便于维护、拆卸及更换。

2.2 自动化水平的提高

自动化水平是空气重介流化床干法选煤技术能否成功推广的关键条件之一,也是其它选煤技术长远发展的根基。进入 21 世纪,选煤技术自动化控制水平大大提高,各种自动化控制仪表一应俱全,核心元件可以引进,质量可靠,这些条件均为空气重介流化床干法选煤技术自动化铺平了道路。空气重介流化床干法选煤技术自动化小范围控制要重点关注介质系统的动平衡,大范围控制要注意各个环节间的必然联系,从系统设计的大局出发,做到监测控制有序。在系统设计中必须把握好原煤准备、干选、脱介、介质回收及循环利用、供风及引风除尘 5 个关键环节的设计,凭借现有技术,完全有能力研制出空气重介流化床干法选煤厂持续可靠运行的专家控制系统。

2.3 新型预干燥设备的出现

空气重介流化床干法选煤技术对物料的外在

水分要求非常苛刻,以入选 50~6 mm 为例,要求外在水分小于 4% (也有资料要求外在水分小于 2%),但为了井下除尘的需要,工作面、转载点等环节均要喷雾除尘,一般升井原煤外在水分都超过了 6%。为了解决这一问题,研究者设计过 2 种方案,一种是深度筛分的方案,即多次筛分,使筛上物外在水分降低。另一种是干燥降水,限于技术发展,当时可供选择的干燥设备只有转筒干燥器和沸腾床干燥器 2 种,转筒干燥器可用于原煤干燥,但体积庞大,干燥过程中产生大量的过粉碎,处理能力小,能耗高,不适应系统大型化的需要,现多用于煤泥干燥工艺;沸腾床干燥器一般用于粉煤干燥,处理能力小,不适合大宗混合粒度物料(如原煤)的干燥。干燥问题制约着空气重介流化床干法选煤技术的发展。外在水分过大将造成以下不良影响:①原煤表面沾满介质,给后续工作增加压力,造成不必要介耗的同时污染了产品;②原煤的外在水分传给介质,使流化床的流化效果恶化,以至无法实现正常分选;③影响预先筛分的效果,加大了入选煤中的粉煤量,使床层密度下降^[4]。

可见,水分问题是空气重介流化床干法选煤无法长期可靠运行的主要原因。时隔十几年后,出现了新型预干燥设备——振动混流干燥器,困扰空气重介流化床干法选煤技术的最大瓶颈得以克服。振动混流干燥器保留了沸腾床干燥器的全部优点,又不同于沸腾床干燥器。沸腾床干燥器是以临界气流将物料吹成悬浮状,振动混流干燥器是靠机械振动将湿物料分散疏松,使气流均匀通过物料,降低了气流穿越物料的阻力,提高了物料与气流的接触面积和接触时间;沸腾床干燥器适用于比重轻、粒度小而均匀的物料干燥,振动混流干燥器则适用于各种比重,粒度不均的混合物料干燥;沸腾床干燥器虽然可以多层布置,但是层高较高,而振动混流干燥器的振动床不仅可以多层布置,而且层高较低,大大提高了干燥室的容积产量;沸腾床干燥器的气流速度受到干燥物料粒度范围的限制,振动混流干燥器气流速度不受限制,出口气流在顶层振动床上湿煤的过滤作用下,只带出极少的细物料,大部分物料从干燥器下部排出。振动混流干燥器与转筒干燥器相比,完全克服了转筒干燥器机体庞大,设备笨重,制造成本高,占地面积大,物料粘结槽板,热效率低,损失煤的挥发分,最大干燥能力受到限制的缺点,振动混流干燥器体积小、占地面积小、热效率高、产量高,是煤炭干燥方式的重大突破^[5]。

在原煤入空气重介流化床干选机前设置预干

干燥工艺是必要的,振动混流干燥器是预干燥设备的最佳选择,正因为它的出现,有条件可以再次进行空气重介流化床干法选煤技术的研究。

2.4 其他配套设备的成熟

中国的选煤技术基本已经实现了历史性跨越,与空气重介流化床干法选煤技术相关的配套设备已经成熟。例如干法筛分设备,出现了大型强力振动筛(如 $5\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的博后筛)、大型等厚筛(如 $4.9\text{ m} \times 7.3\text{ m}$ 的香蕉筛),大型可靠的筛分设备保证了 6 mm 筛分成为可能,且经过干燥后的物料,筛分更加容易,筛分机处理能力得到大幅提高。磁选机、除尘器等设备的性能均已明显改善,相比90年代不可同日而语,这些均为空气重介流化床干法选煤技术的推广提供了有力保障。

2.5 选煤厂设计理念的更新

10年来,选煤厂设计理念发生了日新月异的变化。在结构形式上,钢筋混凝土结构、钢结构、混合结构等不拘一格;在布置形式上,大厅式布置成为主流,检修更加方便,并体现出一些美学元素及建筑风格;在设备选型上,单机化、大型化成为趋势,国产设备与进口设备交错出现,设备选型出现多样化;在工艺设计上,各种选煤方法并存,出现了一个多元化的格局,工程设计更加注意“对症下药、量体裁衣”。设计理念的更新促进了选煤技术的进步,涌现出了一批风格独特的现代化选煤厂。

3 空气重介流化床干法选煤工艺的实现

鉴于目前技术发展状况,空气重介流化床干法

选煤工艺暂定为在外在水分含量低的动力煤分选领域($50 \sim 6\text{ mm}$ 入选),可选择干旱少雨的新疆、内蒙中西部、山西北部、陕北等地的项目作为试点工程,尤其是新疆地区,煤质较好,只要简单排矸,煤炭质量即可大幅度提高,空气重介流化床干法选煤工艺是其最理想的选择。典型的空气重介流化床干法选煤厂工艺流程如图2所示。

具体设计中需要注意的问题如下:

(1)原料煤准备一定要设置干燥工艺,宜选择处理量大,运营费用低的振动混流干燥器。

(2)原煤 6 mm 分级,宜选择振动强度大,适合细粒度分级的密闭型强力振动筛,设备选型一定要富余,确保筛分效率。

(3)干选机的结构设计可借鉴湿法重介浅槽分选机原理及加工材料做相应改进,为干选设备大型化探索新的道路。

(4)介质粒度范围应选择合适,补加介质也应该进行预干燥处理。

(5)引风除尘系统的最终产物应该进行磁选,进一步回收介质。

(6)如果供风系统空气潮湿或带油,可考虑对空气进行预干燥或去油处理,以免进入干选机后,破坏床层稳定。

(7)空气重介选煤厂必须设置高压风系统(压力为 1.0 MPa 左右),停车后,可以用来冲洗布风板。

(8)应按照先进、高效选煤厂的标准进行自动化配置,尽量采用远程控制的方式,减少人工作业。

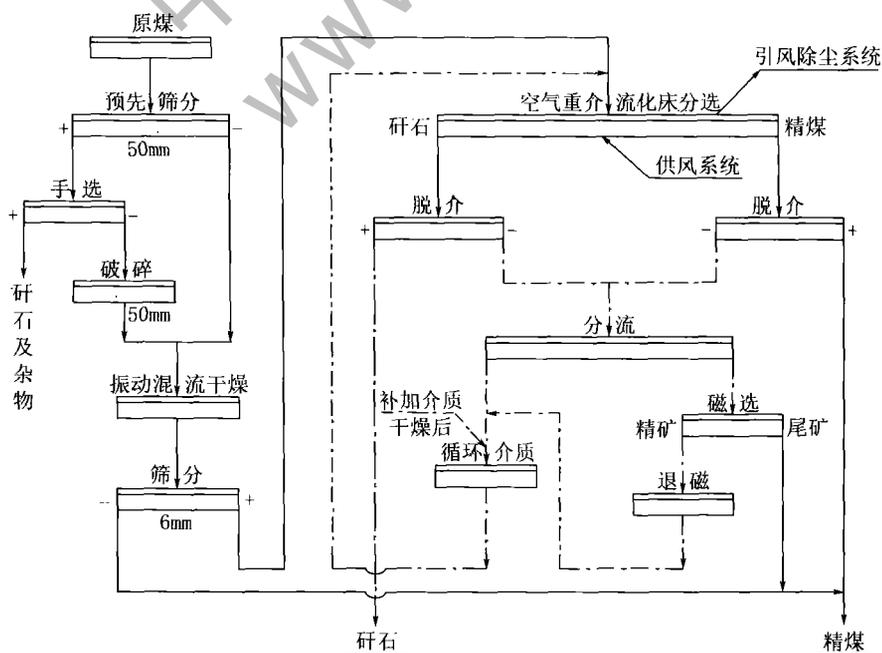


图2 典型空气重介流化床干法选煤厂工艺流程

4 注意事项

(1)空气重介流化床干法选煤工艺不代表选煤厂不使用水。

原来的设计观念认为空气重介流化床干法选煤工艺就应该一点水不用,这是一个误区,由于是干法选煤,操作环境比较恶劣,笔者认为不影响分选工艺的环节完全可以设置喷雾除尘系统(煤泥水不回收),如产品煤系统。有必要的話,设一个简易的煤泥水系统,用来处理打扫卫生的冲洗水。

(2)技术研究阶段不能寄予太大的期望,否则研究者压力太大。

空气重介流化床干法选煤工艺的研究虽然早在80年代就已展开,但由于东北项目的失败,这项研究停滞了十余年。如今再次将它搬出来,是时代发展的需要,也是一次大胆的尝试,失败是肯定会有,若想完全避免失败,除非根本不追求成功,当然更需要选煤界同仁的理解与支持。

(3)以前的研究成果可以借鉴吸收,但不可以照搬,需要彻底的解放思想,开拓创新。

从干选机的结构设计入手,认真剖析,进一步完善优化各个构件。从维护、检修、管理等多角度出发,进一步改善整机性能,并融入现代选煤厂设计手段,继往开来,精益求精,保证每个处理单元效果发挥到最佳。要树立大系统的概念,彻底的解放思想,开拓创新,研究出新型的空气重介流化床干法选煤工艺系统。

(4)摒弃单一化的试验研究,成立研发团队,集思广益,破解各种难题。

空气重介流化床干法选煤工艺是一个庞大的系统工程,单一的试验研究是不够的,应与具体工程实践相结合,同时应有工程设计人员和设备制造商参与,并树立以研究、设计为龙头的专业团队形象,在持续改进中不断完善,这样才能集思广益,破解各种难题。

5 空气重介流化床干法选煤技术展望

面对水资源严重缺乏的现状,积极开展空气重介流化床干法选煤技术的研究是科学技术发展的迫切需要,它将为广大缺水地区、高寒地区以及遇水易泥化煤炭的分选开辟一条新途径。目前各项条件基本具备,重新全面评估空气重介流化床干法选煤技术具有一定的现实意义,空气重介流化床干法选煤技术的新突破将有助于选煤技术向着更高层次发展,并创造出丰硕的经济效益和环境效益。

参考文献:

- [1] 陈清如. 筛分与重选理论及其运用的新进展[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1994.
- [2] 雷灵琰. 空气重介流化床干法选煤的发展及现状[J]. 选煤技术, 2000, (6): 53-54.
- [3] 鲍久圣. 振动式空气重介流化床选煤机[J]. 煤矿机械, 2004, (5): 95-96.
- [4] 熊建军. 影响空气重介流化床干法选煤分选效果的因素探讨[J]. 选煤技术, 2003, (6): 99-102.
- [5] 煤炭干燥及干选技术[R]. 唐山市神州机械有限公司, 2008.

Research of dry coal separation technology of air dense medium fluidized bed

WEI Zhong-kuan

(China Coal Handan Design Engineering Co., Ltd., Handan 056031, China)

Abstract: Discuss the reorientation of dry coal separation technology of air dense medium fluidized bed starting from the reality of water shortages, combined with the development of science and technology status. Analyze this technology and its development potential in order to promote the popularization and application of this technology.

Key words: air dense medium; fluidized bed; coal separation; dry