

我国选煤技术现状及发展趋势

石 焕^{1,2} 程宏志^{1,2} 刘万超^{1,2}

(1. 天地(唐山)矿业科技有限公司 河北 唐山 063012; 2. 中国煤炭科工集团唐山研究院有限公司 河北 唐山 063012)

摘 要: 鉴于煤炭分选对煤炭清洁利用的重要性,概述了我国选煤工业发展现状与选煤厂大型化、设备国产化趋势,总结了近年来选煤工艺与装备取得的技术进步,分析了选煤装备可靠性、自动化水平等方面存在的问题与差距。针对我国煤炭工业规模化、集约化发展需求,选煤工艺简单化、装备大型化、智能化、资源利用合理化,提高动力煤入选比例和煤泥减量化是选煤技术的发展方向。

关键词: 选煤技术; 选煤设备; 重介旋流器; 跳汰机; 浮选机

中图分类号: TD94 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2016)06-0169-06

Present status and development trend of China's coal preparation technology

Shi Huan^{1,2}, Cheng Hongzhi^{1,2}, Liu Wanchao^{1,2}

(1. Tiandi(Tangshan) Mining Technology Co., Ltd., Tangshan 063012, China;

2. Tangshan Research Institute Co., Ltd., China Coal Technology Engineering Group Corporation, Tangshan 063012, China)

Abstract: In view of the importance of coal preparation to coal clean utilization, the authors introduced the present status of the development of China's coal preparation industry and the trend to develop large-scale coal preparation plants and domestic process equipment. The technological advances made in recent years in coal cleaning process and equipment were summarized. Meanwhile, the insufficiencies of China's coal cleaning equipment in reliability and automation level were analyzed. Finally, in order to meet the requirements of the scale and intensive development of China's coal industry, the authors pointed out that the use of simplified process, still larger and smart equipment and rationalized energy utilization as well as increase of preparation proportion of power coal treated and decrease of production of coal slime were the future development tendency.

Key words: coal preparation technology; coal preparation equipment; dense medium cyclone; jig; flotation machine

0 引 言

2015年全国原煤产量37.5亿t,煤炭消费占能源消费总量的64.0%。据预测,到2020年和2030年煤炭在我国一次能源结构中的比例还将分别保持在62%和55%左右。目前,我国原煤入选比例低,商品煤灰分高,中高硫煤比例大,以燃用原煤为主的利用方式引起了严重的环境问题。2014年我国SO₂、NO_x排放总量分别为1 974.4万t、2 078.0万t,烟粉尘排放量为1 700万t,均远超出环境承载能力^[1-3]。煤炭是我国最大的空气污染源,约80%的CO₂、85%的SO₂、67%的NO_x、70%的悬浮物排放来

源于燃煤。作为煤洁净利用的源头和基础,选煤是采用机械或物理化学处理方法,去除原煤中的有害杂质,改善原煤质量,使其满足某种特殊用途,从而实现煤炭清洁高效利用的过程。我国动力煤平均灰分28.6%,平均硫分1.01%,分选后混配的优质动力煤平均灰分15.5%,平均硫分0.66%。每入选1亿t原煤,可排除矸石约2 000万t、硫分35万t,减排SO₂ 49万t;如果22亿t/a动力煤全部入选,每年可排除矸石4.4亿t、节省运力2 640亿t·km,减排SO₂为1 078万t、减排CO₂为3亿t,提高煤炭利用效率10%~15%、节约煤炭3亿t^[4-5]。因此加快选煤工业发展,促进煤炭清洁高效利用,是实现节能减

收稿日期: 2016-03-25; 责任编辑: 代艳玲 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2016.06.028

基金项目: 河北省重大科技成果转化专项资助项目(160441042)

作者简介: 石 焕(1974—),女,河北安国人,研究员,硕士。Tel: 0315-7757220 E-mail: tshfuxuan@126.com

引用格式: 石 焕 程宏志 刘万超. 我国选煤技术现状及发展趋势[J]. 煤炭科学技术 2016 44(6): 169-174.

Shi Huan, Cheng Hongzhi, Liu Wanchao. Present status and development trend of China's coal preparation technology[J]. Coal Science and Technology 2016 44(6): 169-174.

排、建设资源节约型和环境友好型社会的有效途径,也是我国“十三五”规划能源发展重点工程之一。笔者对当前我国选煤工业现状及存在的问题、发展趋势进行了分析总结,以期为我国选煤工作者提供借鉴。

1 我国选煤工业发展现状

1) 原煤入选比例大幅提高。2005—2015 年,

原煤入选量从 7.0 亿 t 增加到 24.7 亿 t,入选比例从 31.9% 提高到 65.9% (表 1),实现了煤炭工业“十二五”发展规划“到 2015 年全国原煤入选率达到 65%”的目标。动力煤入选比例也快速增加,2010 年动力煤入选量不足 8 亿 t,入选率约为 35%;2015 年入选量约为 14.7 亿 t,入选率达到 53.5%。

表 1 我国原煤入选量和入选比例

Table 1 The tonnage and proportion of raw coal preparation in China

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
入选量/亿 t	7.0	7.8	11.0	43.5	14.5	16.5	18.7	20.4	21.7	24.2	24.7
入选比例/%	31.9	32.9	43.5	44.8	47.1	50.9	53.0	56.0	59.0	62.5	65.9

2) 选煤厂大型化、工艺灵活化发展迅速。大型选煤厂建设投资省、生产效率高、运行费用低,发达国家选煤厂已经完成大型化、集中化和高效化的转变。美国、德国、澳大利亚等国家选煤厂的处理能力均在 1 000 t/h 以上,广泛应用分选效率高的重介质选煤方法,美国重介分选占 66%、澳大利亚为 90%、南非为 95%,为了进一步提高分选效率、降低生产成本,构建了块、末煤分级分选的单元化分选系统。截至 2015 年,我国规模以上选煤厂从 2010 年的 1 800 余座,上升到 2 000 余座,新建了一大批具有世界先进水平选煤技术和装备的大型和超大型选煤厂,其中设计年入选原煤能力超过 1 000 万 t 的选煤厂 57 处,设计入选能力超过 6.5 亿 t,占全国原煤入选总能力的 25% 以上。目前,最大的炼焦型选煤厂处理能力达到 3 000 万 t/a,最大的动力煤选煤厂处理能力达到 4 000 万 t/a。建设大型高效选煤厂成为选煤工业的发展趋势^[6-7]。

3) 选煤设备有了长足发展。通过引进美国、德国、澳大利亚等国外先进工艺及选煤设备,大幅促进我国选煤技术与装备的进步,目前,我国年处理原煤 4.00 Mt 的选煤成套技术与装备实现了国产化,部分设备实现了出口。

4) 选煤厂设计、建设和管理水平有了突飞猛进的进展。在消化吸收引进选煤厂成套设计及设备的基础上,形成了适应不同煤质、规模和选煤工艺选煤厂的标准化设计和个性化设计,缩短设计周期的同时提高了设计效率。模块式、高效装配式钢结构厂房的推广应用大幅缩短了选煤厂的建设周期,入选能力千万吨级的选煤厂一般可在 12 个月内建成并投入生产;选煤厂托管运行管理模式与既有的煤矿选煤厂一体化管理模式并存,为选煤厂生产管理积

累了成功的经验。

2 我国选煤技术发展现状

2.1 选煤工艺达到国际先进水平

我国煤炭资源丰富,煤种齐全,煤质变化大,从低变质褐煤到高变质无烟煤均有赋存,除褐煤外,从低变质程度的长焰煤到高变质程度的无烟煤均有入选,跳汰、重介、浮选、风选等各种选煤方法均有应用。重介质选煤技术具有煤质适应能力强、入选粒度范围宽、分选效率高、易于实现自动控制、单机处理能力大等优点,在各种选煤方法中所占比例已从 2005 年的 39.5% 上升到 2010 年的 54%,成为我国的主导选煤方法。目前,新建的大型选煤厂多采用重介选煤工艺,原有采用跳汰选煤或重介-跳汰联合工艺选煤方法的选煤厂大部分也已完成了重介改造。选用的重介工艺有:根据煤质差别和产品要求,采用块煤重介浅槽、末煤三产品重介旋流器分选或二产品重介旋流器主再选、粗煤泥干扰床或螺旋分选机、细煤泥浮选的联合分选工艺;我国独创的原煤不脱泥无压三产品重介旋流器、煤泥重介简化工艺,以及脱泥分级重介旋流器分选工艺等^[8]。

跳汰选煤工艺因其流程简单、技术成熟、生产成本低的特点,虽然在选煤方法中所占比例有所下降,但因选煤厂总体数量大幅增长,尤其是动力煤入选比例的逐年增加,仍是现阶段我国选煤行业采用的主要选煤方法,对于易选煤仍是合理、经济的选择。

在煤泥浮选方面,随着井下机械化开采程度提高,粉煤量呈增加趋势,可浮性变化大。作为煤泥水处理的源头,浮选工艺也呈现出多样化。常规一次浮选工艺是主流,一次粗选-二次精选工艺、一次精矿沉降离心脱水-离心液精选压滤脱水工艺日益增

多,同时煤泥分级浮选工艺也在个别选煤厂有应用。

近年来,随着国家对西部地区煤炭的开发,干法选煤技术因其不用水、工艺简单、建设周期短、投资少等优点,除用于炼焦煤原煤排矸外,更为高寒干旱缺水地区动力煤入选开辟了一条新路,干法选煤技术和装备得到进一步发展。复合干法分选设备大型化、系列化、自动化水平进一步完善提高,入选能力超过 1.5 亿 t,FGX 复合干法分选成套设备已出口到 15 个国家和地区。新一代空气重介干法分选示范项目实现长周期运行,块煤干法分选技术实现了多样化。

2.2 选煤装备取得长足进步,大型化和可靠性明显提高

目前,我国年处理原煤 4.00 Mt 的选煤成套技术与装备已实现了国产化。研发成功的具有自主知识产权的三产品重介质选煤工艺及设备、干法选煤成套技术装备、大型全自动快开压滤机等达到国际领先水平,在选煤厂大规模推广应用并出口国外。跳汰机、浮选机、浮选柱、加压过滤机等大型化发展迅速,总体技术达到国际领先或国际先进水平,成为我国选煤厂使用数量达到或超过 90% 以上的国产设备,基本替代了进口设备,XJM-S 系列浮选机已成功出口到国外。在消化、吸收国外引进设备先进技术的基础上,研发的各种规格型号的离心脱水机、分级破碎机、振动筛、磁选机等设备逐渐接近国际先进水平,并在选煤厂大量应用。国内选煤设备的快速发展及应用,迫使同类设备的进口价格大幅下降,为我国煤炭工业发展提供了技术与装备支撑。

2.2.1 重介质旋流器

重介质旋流器作为重介质选煤的核心设备,其结构参数和性能一直是研究的重点。在旋流器的介质和煤的给入方式、入料结构、柱段(锥段)结构、出料方式、布置形式以及耐磨材质等方面进行了改进。我国已研制成功世界上最大的三产品重介质旋流器,直径达到 1.5 m,并成功应用于选煤生产。研制的 3SNWX1500/1100-IV 型四给介无压三产品重介质旋流器,有效地降低了入料泵能耗,处理能力达到 550~650 t/h,工作压力仅 0.2 MPa 时有效分选下限达到 0.5 mm,一段可能偏差 $E_p = 0.02 \sim 0.05 \text{ g/cm}^3$,二段 $E_p = 0.05 \sim 0.07 \text{ g/cm}^3$,较单给介旋流器能耗降低 20%^[9]; 3DMC1500/1100AP 型有压三产品重介质旋流器不脱泥分选 30~0 mm 原煤时,处理能力达 580~620 t/h,30~0.5 mm 的 $E_p = 0.020 \sim 0.025 \text{ g/cm}^3$,0.5~0.25 mm 的 $E_p = 0.065 \text{ g/cm}^3$,

有效分选下限达 0.25 mm^[10]。采用蜗壳入料的 FZJ1500 型旋流器是目前国内研制最大直径的两产品重介质旋流器,适用于动力煤分选,处理入料粒度 1.5~120 mm 原煤时,处理能力 780 t/h, $E_p = 0.03 \text{ g/cm}^3$ 。同时,对旋流器衬里新型耐磨材料的研究,大幅提高了旋流器的使用寿命^[11]。

2.2.2 跳汰机

跳汰机应用于选煤已有 100 多年的历史,随着选煤技术的发展,跳汰机也逐步得到了改进和完善。筛下空气室跳汰机具有单机处理量大、分选效果好等优点,适应了设备大型化的发展要求,成为跳汰选煤的主流产品,其中 SKT 型筛下空气室跳汰机一直是我国的主要跳汰选煤设备的主导产品。SKT 跳汰机采用无背压软接触数控盖板风阀、多室共用风阀,高压风集中加油净化、U 型结构筛下空气室、单格室漏斗型组合式机体、仓式稳静排料等多项新型专利技术,整体技术达到了国际先进水平。实际生产中,可根据煤质和产品要求选用两段或三段配置,设备单台面积 6~36 m²,最大面积 36 m²,跳汰机已应用于工业生产,处理能力达 500~650 t/h,不完善度 $I \leq 0.16$ 。

为适应跳汰分选时入选原煤中 -6 mm 末煤含量大幅度增加的需要,研发的复振跳汰机,在跳汰机主振基础上叠加了一个复振(辅助振动),从而延长有效分选时间,减少了透筛量,节约了顶水,提高了处理量,最大优点是可以降低跳汰分选粒度下限,解决常规跳汰机不易操作、指标难以稳定的难题。6 m² 复振跳汰机 2013 年底成功用于木城涧选煤厂高密度无烟煤的分选,精煤灰分 9.68%,不完善度 $I_1 = 0.11$, $I_2 = 0.14$,数量效率为 91.15%,分选效果较理想^[12]。

研制的排矸跳汰机,通过对空气室、筛板结构、排料系统及专家控制系统的改进,使 SKT 跳汰机分选上限由原来的 100 mm 提高到 200 mm。2013 年 5 月,SKT-4.8 两段跳汰机成功用于邢东煤矿井下 30~200 mm 原煤排矸,实现了毛煤井下全部入选。研制的单段 SKT-2.4 排矸跳汰机 2014 年 5 月用于陕西禾草沟矿选煤厂代替手选预排矸,平均处理量可达 60 t/h,矸石中精煤含量平均 0.23%,中煤含量平均 1.99%,满足了现场对矸石带煤量不超过 4% 的要求。排矸跳汰机的应用,既克服了动筛跳汰机分选精度低、故障率高的缺点,又避免了浅槽分选机重介系统复杂、分选下限高、产品结构单一的不足^[13-14]。

2.2.3 浮选设备

目前选煤厂所用浮选设备包括机械搅拌式浮选机、浮选柱(床)、喷射式浮选机和微泡浮选机,以及国外引进的IF浮选机、詹姆森浮选柱、威姆科浮选机和德国KHD微泡浮选机等。以机械搅拌式浮选机为主,约占80%,其次为浮选柱约占15%,喷射式浮选机约占5%。

机械搅拌式浮选机以XJM-S系列浮选机为代表,该设备属自吸空气机械搅拌式浮选机,以其对不同煤种入浮煤泥的粒度、可浮性、入料浓度变化的较强适应性,占全国选煤厂浮选设备总量的70%以上。该系列浮选机特殊设计的“假底下吸、周边串流”式入料方式、独有的双层伞形叶轮与槽内稳流板配合,形成槽内矿浆“W”型立体循环,既能实现易浮选物料矿浆处理能力大的需要,又能满足难浮选物料提高回收率的要求。为适应选煤厂入浮煤泥可浮性变化大的情况,研发出XJM-S“3+2”型浮选机,通过特殊结构设计的中矿箱,可灵活变化工艺,单台设备实现易浮煤一次浮选和难浮煤二次浮选工艺的切换,进一步增强了设备对煤泥可浮性的适应能力,突破了传统的由多台浮选机才能实现二次浮选的复杂系统^[15]。目前,XJM-S型浮选机已形成单槽容积4~90 m³系列化产品,通常采用3~4槽串连为一组使用。XJM-S28型浮选机矿浆处理能力900~1 100 m³/(h·组),XJM-S45型为1 200~1 500 m³/(h·组)^[16]。国内最大的XJM-KS90型浮选机于2014年9月在朔州中煤平朔能源有限公司1.10 Mt动力煤选煤厂应用于长焰煤泥浮选,一次带料试运行成功,一次获得合格产品,矿浆处理量达2 400 m³/h。

FCSMC系列旋流-静态微泡浮选柱(床)采用逆流碰撞矿化的浮选原理,在低紊流的静态分选环境中实现微细物料的分选。适用于细颗粒的分选,加喷洗水的情况下,浮精灰分可降低0.5%~1.0%。目前已形成直径1.2~5.5 m系列微泡浮选柱和3000×6000、6000×6000浮选床等产品。FCSMC-6000×6000浮选床矿浆处理能力达800~1 000 m³/h。

FJCA系列喷射浮选机,是在XPM型喷射式浮选机基础上,进一步研发的产品,目前已形成FJC4~FJC44等多种规格,总体技术达到国际先进水平。单槽最大容积为44 m³,通常由3~6槽串连为一组,单位容积矿浆处理能力为5~8 m³/(h·组)^[17-18],在实际生产中通常采用粗选-精选工艺。利用射流喷射吸气和微泡析出实现煤浆吸气和气泡矿化是该

浮选机的最大特点。矿浆经循环泵加压至0.15~0.16 MPa后,通过喷嘴高速射出,溶解于矿浆中的空气以微泡形式析出,射流裹吸空气,湍流弥散气泡,经伞形分散器将三相混合物均匀分布到浮选槽中完成浮选过程。

株洲选煤厂和田庄选煤厂联合研制的压气式微泡浮选机,矿浆经给料泵打入矿浆分配器,然后均匀分配到各矿化器,空气被压入和射流吸入后在矿化器内与矿浆充分碰撞,经喷头喷出进入浮选槽,强化气泡矿化过程,设备规格φ2~6 m,目前在选煤厂应用台数不多。

2.2.4 粗煤泥分选设备

粗煤泥的回收是选煤厂生产的重要环节,除煤泥重介旋流器外,干扰床分选机(TBS)是目前广泛应用的粗煤泥分选设备,对于易选和中等可选煤可取得良好效果。存在的主要问题是只有底流和溢流2个产品,分选难选和极难选煤时,存在分选精度不高,易出现损失精煤的情况。

在两产品基础上研发的三产品干扰床(TPS),可根据原煤性质和产品要求,在生产中灵活采用精中矸三产品工艺、两底流合并工艺、二段溢流脱泥工艺或三段溢流脱泥工艺,减少了精煤损失。MJXJ系列方槽型干扰床分选机,将水力分级旋流器与上升流分选机联合为一整体,设备结构紧凑,相同分选床面积时,方形结构干扰床尾矿排料阀数量少,如MJXJ1500×3000型方形干扰床分选机尾矿排料阀为2个,而φ2 400 mm型圆形干扰床尾矿排料阀为3个。同时不停车压力仓在线反冲洗专利技术为设备使用带来极大方便。MC脉动粗煤泥分选机采用脉动方式分选粗煤泥,对入料粒度范围0.2~6 mm煤泥分选进行了尝试^[19-21]。

2.2.5 其他分选方法

动筛跳汰机、重介浅槽分选机和风力干选机也在全国范围广泛用于动力煤和原煤的排矸。FGX型干选机入料粒度小于80 mm,单台最大面积24 m²,最大处理量200 t/h;FX型干选机入料粒度上限可达120 mm,单台最大面积20 m²,最大处理量240 t/h。干选机分选系统现已形成模块化设计,实际应用中可采用2台背靠背或多台并列组合,以实现大处理量的需要,例如FGX-48A、FX-40A、FX-48A、FX-80A等。

2.2.6 煤炭破碎、筛分、脱水设备

我国大型分级破碎设备也取得了长足进步,分

级破碎是针对岩石、煤炭的抗剪和抗拉强度远低于其抗压强度的特性,利用剪切、劈裂破碎机理,对混合物料进行选择性的破碎。只对大块破碎,大幅降低了物料的过粉碎率。已形成 2PLF 系列分级破碎机、SSC 系列早期分级破碎机和 SSC 系列高端分级破碎机,开发的 SM 系列半移动破碎站已投入工业应用, MCS 系列全移动破碎站已完成了技术开发,提高了我国破碎装备水平。破碎机单机处理能力达到 3 000 ~ 5 000 t/h,基本可替代进口产品,除应用到矿井、选煤厂以外,还用于石灰石、氧化铝等非煤领域;大型振动筛的可靠性有了明显提高,宽度 3.6 m 的香蕉筛、筛篮直径 1.4 ~ 1.6 m 的卧式振动离心脱水机已研制成功,国内首台筛篮直径 1.6 m 大型离心机于 2013 年投产,采用双质体振动原理,运行稳、噪声低,处理量 400 t/h,产品外水 6.8%^[22],接近国际先进水平;转鼓直径 1.4 m 的沉降过滤式离心脱水机已进入工业化应用;加压过滤机在智能化控制方面取得一定进展,技术达到国际先进水平,快速隔膜压滤机处于国际领先水平。

2.3 选煤自动化控制取得新进展

发达国家选煤厂基本实现了自动化控制,美国、加拿大、澳大利亚、英国等对重介质分选密度自动控制和跳汰机自动控制的研发技术居于国际领先行列,各种工艺参数检测和工况变化感知元器件、多种测灰仪、测水仪等均已广泛应用,选煤厂生产系统完全由计算机控制,为提高全员效率发挥了重要的作用。随着信息和自动化技术的发展,我国选煤厂自动化控制技术也在不断的更新与进步。现代化的自动管理、监测及控制技术广泛用于选煤厂生产。在选煤专用仪表及传感器方面,先后研发成功灰分、水分、发热量、悬浮液密度、煤浆流量、浓度、料液位等各种在线检测装置,均已应用于工业生产,实现了选煤厂原煤系统、重介质分选系统、跳汰分选系统、浮选系统和产品储装运系统的自动控制。这些在线检测装置配合计算机专家系统和全厂监控系统,为选煤设备的高效运行、生产工艺参数的优化、产品质量的稳定提供了技术保证,提高了生产效率。

3 选煤技术存在问题与发展趋势

3.1 存在的问题

1) 原煤入选比例依然偏低。2015 年我国原煤入选量 24.7 亿 t,入选比例上升到 65.9%,动力煤入选量约为 14.7 亿 t,入选率达到 53.5%。但与世

界主要产煤国家的平均入选率 80% 以上仍有差距。

2) 选煤技术及管理水平发展不均衡。国有大型企业选煤厂单厂规模大,原煤入选比例高,选煤厂自动化程度和控制水平高;地方煤矿入选比例低,且单厂规模小、自动化水平低,个别甚至存在手动操作的情况。炼焦煤选煤厂发展快,技术先进、装备较好,而动力煤选煤厂整体发展比较慢,尤其是适用于低阶煤分选的工艺、装备有待完善提高。

3) 大型设备可靠性差,自动化程度低。大型选煤设备可靠性仅有 70%,自动化程度不足 20%,除个别设备外,选煤成套装备规格仅能满足处理能力 4.00 Mt/a 选煤厂的需要,尚不能满足千万吨级特大型选煤厂建设的需要;大型重介浅槽分选机、大型振动设备进口依赖度高,拥有自主知识产权的国产设备规格偏小。

4) 选煤厂监测技术和仪器仪表落后于先进国家,涉及煤质和工艺参数的在线检测仪器仪表仍是选煤自动化的重点研发内容,选煤自动化技术和装备整体水平亟待提升^[23]。

3.2 选煤技术发展趋势

1) 选煤工艺简单化,装备智能化、大型化。针对我国特大型选煤厂多采用块末煤分级入选的工艺特点,研究基于全厂最大精煤产率原则的各分选环节工艺参数匹配、产品质量与生产过程参数自动测控系统;提高设备大型化和智能化水平,是选煤厂智能化控制和信息化管理的基础先决条件;开发构建适用于千万吨级选煤厂分选系统单元化的块煤、末煤及细粒煤分选大型高效成套技术和关键装备,研发与之配套的大型分级破碎、脱水、脱介等辅助设备,为建设千万吨级高效自动化选煤厂提供技术装备。

2) 资源利用合理化、最大化。煤炭作为不可再生能源,提高煤炭资源综合利用效率,实现煤炭的分质分级梯级利用是国家的政策要求。加强毛煤井下排矸特殊工艺和装备的研究,实现矸石井下回填,既减少无效运输、节省占地又保护了环境。针对我国优质炼焦煤资源稀缺现状,开展选煤厂优质稀缺煤炭资源二次分选关键技术研究,实现稀缺煤炭资源的高效、合理利用。加大煤矸石、煤泥及煤伴生矿物等资源化利用研究,促进循环经济也是未来的发展方向。

3) 提高动力煤分选比例,煤泥提质、减量化势在必行。我国炼焦煤选煤厂已实现全部入选,动力煤入选比例虽快速增加,由 2010 年的 35% 提高到 2015 年的 53.5%,但距 2020 年原煤入选率达到

80%以上要求有很大差距。今后提高入选率主要集中在动力煤领域。动力煤选煤厂煤质差,煤泥入水后水分增加、发热量下降,影响选煤厂效益,因此煤泥一般不入选。解决的方法是尽量减少进入系统分选的煤泥量。神华集团在动力煤全粒级分选煤泥减量化方面进行了尝试,用弛张筛进行6 mm深度筛分,可显著降低系统煤泥量^[24]。另外,针对低阶煤水分高、热值低、矸石易泥化等特性,研究适用于低阶煤泥的浮选提质技术与大型装备,提高煤炭利用率,也是形势所需。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2015年国民经济和社会发展统计公报[Z]. 2016-02-29.
- [2] 国务院办公厅. 能源发展战略行动计划(2014-2020年)[Z]. 2014-06-07.
- [3] 中华人民共和国环境保护部. 2014年中国环境状况公报[Z]. 2015-06-05.
- [4] 张绍强. 煤炭洗选节能减排作用巨大[EB/OL](2013-05-09)[2016-01-10]. <http://www.sxcoal.com/jnjp/3191890/articlenew.html>.
- [5] 张绍强. 我国原煤使用方式粗放 全洗选可节约3亿吨煤[EB/OL](2013-02-20)[2016-01-15]. http://news.xinhuanet.com/energy/2013-02/20/c_124368977.htm.
- [6] 王显政. 发展煤炭洗选加工 促进煤炭清洁高效利用[C]. 全国大型现代化选煤厂建设现场会. 银川: 中国煤炭工业协会 2011.
- [7] 李明辉. 煤炭洗选加工60年回顾[J]. 煤炭工程 2014(10): 24-29.
Li Minghui. A review on 60 years of coal preparation in China [J]. Coal Engineering 2014(10): 24-29.
- [8] 刘文欣. 中国选煤工业现状和未来的发展趋势[J]. 煤炭工程, 2010(11): 16-18.
Liu Wenxin. Present status and future development tendency of China coal preparation industry [J]. Coal Engineering 2010(11): 16-18.
- [9] 齐正义. 3SNWX1500/1100-IV型四给介无压三产品重介旋流器鉴定文件[R]. 唐山: 煤炭科学研究总院唐山研究院 2009.
- [10] 宋晓. 全球规格和单机处理能力最大的3DMC1500/1100AP型有压给料三产品重介旋流器通过技术鉴定[Z]. 煤炭加工与综合利用 2010(6): 56.
- [11] 黄勇, 王淑军. 重介旋流器SiC陶瓷衬里及其力学性能的研究[J]. 选煤技术 2015(2): 1-3.
Huang Yong, Wang Shujun. Study on ceramic lining SiC used in heavy medium cyclone and its mechanical properties [J]. Coal Preparation Technology 2015(2): 1-3.
- [12] 娄德安, 贾金鑫. SKT复振跳汰机分选高变质无烟煤的应用实践[J]. 选煤技术 2014(6): 34-37.
Lou Dean, Jia Jinxin. Practice of application of SKT complex vibration jig for separation anthracite with high degree of coalification [J]. Coal Preparation Technology 2014(6): 34-37.
- [13] 张勇, 韩春胜. SKT排矸跳汰机的设计与应用[J]. 选煤技术 2015(2): 32-34.
Zhang Yong, Han Chunsheng. Technical upgrade and application of the SKT jig for refuse removal [J]. Coal Preparation Technology 2015(2): 32-34.
- [14] 杨康, 娄德安, 李朝东, 等. SKT跳汰机的创新与应用[C]//2014年全国选煤学术交流会论文集. 北京: 中国煤炭学会选煤专业委员会 2014: 67-70.
- [15] 程宏志. 28立方米浮选机的研制[R]. 唐山: 天地科技唐山分公司 2010.
- [16] 程宏志. 煤泥水处理用大型高效机械搅拌式浮选机的研究[R]. 唐山: 中煤科工集团唐山研究院有限公司 2012.
- [17] 赵树彦, 江明东, 胡刚, 等. FJC44型煤用喷射式浮选机的开发与应用[J]. 煤炭加工与综合利用 2011(4): 5-9.
Zhao Shuyan, Jiang Mingdong, Hu Gang *et al.* Development & application of FJC44 jet-aerated flotation machine for coal [J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization 2011(4): 5-9.
- [18] 赵树彦, 江明东, 胡刚, 等. FJC28和FJC44型煤用喷射式浮选机在盛宇选煤公司的应用[J]. 煤炭加工与综合利用 2011(5): 1-5.
Zhao Shuyan, Jiang Mingdong, Hu Gang *et al.* Application of FJC28 & FJC44 jet flotation machine at Shengyu Coal Preparation [J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization 2011(5): 1-5.
- [19] 符东旭. 三产品干扰床在煤泥分选中的再创新[C]//2015年全国选煤学术交流会论文集. 北京: 中国煤炭学会选煤专业委员会 2015: 15-22.
- [20] 田忠坤, 齐正义, 郭秀军, 等. MJXJ系列干扰床分选机的研制与应用[C]//2015年全国选煤学术交流会论文集. 北京: 中国煤炭学会选煤专业委员会 2015: 37-42.
- [21] 于洪林, 朱晓力, 魏树海, 等. MC脉冲粗煤泥分选机在老石旦洗煤厂的应用[J]. 选煤技术 2015(1): 58-60.
Yu Honglin, Zhu Xiaoli, Wei Shuhai, *et al.* Application of MC pulse coarse slime separation in Laoshidan Coal Preparation Plant [J]. Coal Preparation Technology 2015(1): 58-60.
- [22] 冯朱涛. 1.6m双质体卧式振动离心机有限元分析[J]. 选煤技术 2015(3): 12-16.
Feng Zhutao. Finite element analysis of 1.6m double mass horizontal vibrating centrifuge [J]. Coal Preparation Technology, 2015(3): 12-16.
- [23] 程宏志. 我国选煤技术现状与发展趋势[J]. 选煤技术 2012(2): 79-83.
Cheng Hongzhi. Current situation and development trend of coal preparation technology in China [J]. Coal Preparation Technology 2012(2): 79-83.
- [24] 蔡斌, 王博, 罗彩勇, 等. 动力煤全粒级洗选煤泥减量化生产技术的开发与应用[J]. 选煤技术 2015(5): 36-39.
Cai Bin, Wang Bo, Luo Caiyong *et al.* Development and application of coal slime reduction-producing technology in all particle size thermal coal washing process [J]. Coal Preparation Technology 2015(5): 36-39.