

煤炭资源洁净利用（选煤）发展新技术、新趋势

潘 峰

（山西兰花科技创业股份有限公司技术中心）

摘 要：随着国家宏观政策的鼓励，市场的引导，企业创新能力不断提高，国外技术的融入，从不同层面推进了选煤技术的快速发展。选煤在装备、工艺、材料、自动化等领域的最新研究成果为煤炭的清洁生产奠定了坚实的基础。为全国一千七百多座选煤厂技改提供了有力的技术保障。

关键词：选煤；选煤技术；重介旋流器

1 选煤技术发展现状

1.1 国外选煤技术发展现状

由于全球环保要求以及化石燃料寿命有限的严重现实，90年代，世界煤炭行业正在全面实施联合国能源机构提出的洁净煤技术（CCT）工程。这一工程的实施给世界选煤的前景产生了深远的影响。在这个大潮流的引领下，当前国外选煤除了在整个格局上仍然保持厂型和设备合理大型化、系统简单化和高度自动化发展模式外，重点放在了高效能单机设备的开发利用上。而在高效能单机设备开发中焦点在于研制与脱灰脱硫、提高煤质、减少环境污染有关的细粒和极细粒级煤的分选设备和工艺及实现洗水闭路循环，降低产品水分为目的的煤泥水处理设备。

1.2 国内选煤技术发展现状

煤炭是中国的基础能源和原料，在国民经济中具有重要的战略地位。在一次能源结构中，煤炭将长期是我国的主要能源。

选煤在中国发展起步晚，大致分为三个阶段：第一阶段为起步阶段（1949年—1980年），洗煤保钢阶段。第二阶段是成长阶段（1981年—2000年），洗煤节能阶段。第三阶段也就是2000年以来，洗煤行业高速发展的阶段。

根据国家制定的煤炭工业“十一五”规划，到2009年为止我国煤炭产量已超过30亿吨，煤炭在过我一次性能源消费结构中的比例仍占60%以上。到2020年前，以煤炭为主体，以电煤为中心的能源战略已定位。

“十一五”期间，建设和改扩建一批选煤厂，入选能力已达到15亿—16亿吨，入选比例将提高到百分之五十。我国选煤工艺、设备、效率等技术水平将接近世界选煤发达国家，真正实现了我国从选煤大国迈入世界选煤强国行列。

1.2.1 国家宏观政策鼓励煤炭清洁生产

中华人民共和国国民经济和社会发展计划纲要指出：“以煤炭为基础能源，提高优质煤比重。……加大洁净煤研究开发力度。”

在《中国21世纪议程》指导下的《中国洁净煤技术计划》把煤炭加工净化相关各项技术作为已经工业化和接近工业化技术，重点支持工业化推广研发。而选煤作为煤炭清洁生产和利用的源头，其相关技术列入了国家优先发展企业名录。

“十一五”以来，国家对选煤资助的力度不断加大，通过科技攻关、重大项目示范、自然科学基金、“863”、“973”等项目的资助，投资金额已达十亿多元，大大推进了选煤基础理论和新技术应用研发进程，促进了科技成果的实施转化。

1.2.2 市场需求推动了选煤技术的发展

进入 21 世纪，一方面随着国外制造业基地的转移，发达国家限制相关煤炭原材料（如：焦炭、活性炭、优质煤炭）生产；另一方面，国内拉动内需、西部大开发战略实施，使得焦炭、化工用煤原料紧缺，焦炭价格飙升（高达 2400-2500 元/吨，现价 1900 元/吨左右），带动了精煤价格的提升；国民经济高速增长，电力需求量也不断加大，使得电力部门对洗选煤需求量也不断攀升。市场引导着国有、民间以及国外资本向洗选煤业转移，对新工艺、新技术、新装备需求加大。

1.2.3 自主创新能力的提高推动了选煤技术发展

企业作为自主创新的主体，近年来，全国选煤厂每年投入数亿元的科研经费用于技术创新和改革。

在工艺、设备控制等方面进行了许多单机或局部的改革创新，使工艺路线、产品结构更加的灵活，产品质量大幅度提高，设备运行更加可靠。同时，科研院所、高校与企业强强联合，使得成果转化、先进设备引进、消化、吸收变得更为切实，形成了良性的自主创新机制。

1.2.4 国外技术的引入提高了我国研发起点

改革开放以来，中国与国外交流日益频繁，国外许多先进技术设备涌入国内市场，给国内市场带来了极大的冲击。这些设备以其优良的性能得到选煤行业的认可，开阔了科研单位的视野，为国内新装备的研制提供了新的思路。

例如：澳大利亚约汉芬雷工程公司、申克澳大利亚公司（德国），

德国 KHD.洪堡.威达克（巴达跳汰机、动筛跳汰机、充气式浮选机、振动筛）。

克虏伯（筛分、破碎设备；带式、盘式真空过滤机；成型干燥设备；运输及除杂设备等）

1.3 选煤技术发展趋势

1.3.1 选煤厂机械大型化

“八五”末期，国有重点煤矿平均处理能力不足 1.2Mt/a,到 1997 年底国有重点煤矿处理能力达到 1.5 Mt/a,而“九五”末期至今，炼焦选煤厂最大能力达到 8 Mt/a；动力煤选煤厂单厂最大设计能力达到 20 Mt/a（安家岭）、25 Mt/a（大柳塔-神华集团）、35 Mt/a（布尔台选煤厂，世界第一大群矿型选煤厂），建设规模逐年增大。

重介旋流器选煤单系统能力目前已增加到 2.904 Mt/a（ $\Phi 1500\text{mm}$ ）；40m²跳汰机、6m×6m 浮选床、3.6 m²动态跳汰机、12m²的干选机、筛宽 4.5m 直线振动筛、120 m² 加压过滤机，都使煤矿机械向大型化迈进了一步，使大型选煤厂技术国产化。

“十二五”期间，国内将研发满足 6 Mt/a，大型选煤厂成套装备。

1.3.2 工艺流程高效简化

长期以来，无论是“高硫煤脱硫降灰成套工艺”，还是“简化工艺全重介选煤”，都采用了单一密度悬浮液实现双段密度自动测控，直接生产三个产品的技术，与传统重介及国外重介相比省去了一套介质系统。

◆ 重介旋流器的大型化省去了配煤刮板的环节，还从根本上避免了由于多个旋流器引起的入料性质、介质量和密度、旋流器本身的工况不均等造成的分选效果差异。

◆ 磁选技术的进步，使介质回收实现直接磁选或直接单段磁选。

随着设备大型化和新技术的交叉，工艺流程的进一步简化成为可能。

1.3.3 选煤工艺多样化、系统集成化

我国选煤厂采用的工艺模式多样化。传统的选煤工艺仍在使用，如：重介旋流器选煤工艺，三产品、两产品，还是有压给料或无压给料，以及选前脱泥或不脱泥全重介工艺等等都存在。众多的先进选煤工艺为选煤厂及设计部门提供了选择空间，企业可以根据入选物料的性质、市场需求及资本情况，根据企业实际选择工艺集成。无论是新建还是老厂改造，无论是排研还是动力煤提质以及脱硫、降灰等工序都能找到实用的工艺。

近年来，模块化选煤厂也备受瞩目。九七年以来已建成二十余座模块化洗煤厂，总设计能力已经超过 50 Mt/a。它具有厂房模块化、工艺系统集成化、操作自动化，建设速度快，工艺技术指标高等特点。

1.3.4 选煤过程自动化、管理数字化

“九五”期间：煤浆测灰仪、浮选尾矿在线测灰仪等科研成果的问世，填补了国内空白；重介、跳汰、浮选、动筛等过程控制逐渐完善，选煤厂工况诊断、监控系统的应用等，为中国选煤厂实现全过程真正的自动控制及数字化管理奠定了基础。

“十五”期间：在线测灰仪已经广泛应用于选煤厂，创新产品激光称开始为选煤厂关注。先进的测灰和计量技术极大的提高了科学管理水平。

自动装车技术在大型选煤厂和集运站广泛应用，不仅节省了装车时间，提高了装车准确性，保证了装车员工的安全。

“十一五”期间：选煤厂自动化及计算机技术进一步提高、完善、推广应用，真正实现了选煤全过程的自动控制，选煤厂管理实现数字化。

2 部分选煤工艺新技术简介

2.1 国外重介选煤工艺特点

- (1) 分级、脱泥入选工艺；
- (2) 两套两产品旋流器实现三产品分选；
- (3) 大型脱介筛、大型卧式离心脱水机和高强度磁选机
- (4) 螺旋分选机（或 TBS）精选粗煤泥，尽量减少粗煤泥入浮量。

2.1.1 国外重介常用原则工艺

- (1) 浅槽重介+重介旋流器+螺旋分选机（或 TBS）+浮选
- (2) 浅槽重介+重介旋流器+螺旋分选机（TBS）
- (3) 旋流器重介+螺旋分选机（TBS）+浮选
- (4) 旋流器重介+螺旋分选机（TBS）
- (5) 旋流器重介+螺旋分选机+TBS

2.2 煤泥分级新技术

美国德瑞克公司于九十年代后期，研制出一种用于煤泥分级的高效湿法筛分机——高频振动细筛（如图 1）。

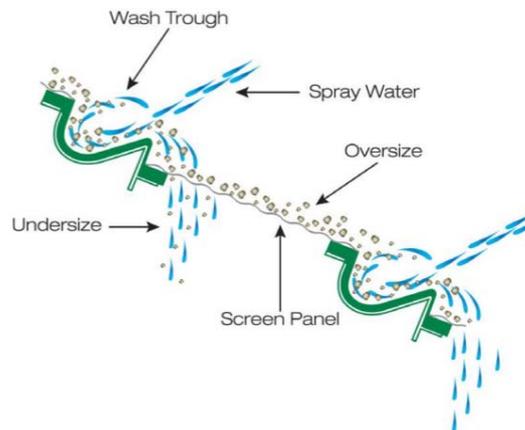


图 1 高频振动细筛原理图

特点：筛网采用高效耐磨聚氨酯材料，使用寿命长开孔率（34%-45%），处理能力大，对细粒物料分离效果好，孔径最小达到 0.074mm。此外，其防堵孔特性也使过去认为无法筛分的细粒和微细粒物料筛分成为可能。

中国矿业大学 2009 年 1 月首次将高频振动细筛引入选煤行业。在神火新庄选煤厂投入使用，选用两台 5 层筛面筛子，与新庄 300 万吨 选煤厂配套使用，用于螺旋精煤的分级，分级筛缝 0.18mm，筛上产品中-0.125mm 粒级含量在 2%-5%，筛上产品灰分低于 10%，低于主选精煤的灰分。

2.3 国内选煤新技术

2.3.1 原煤筛分、破碎新技术

（1）原煤筛分

机械结构形式的突破和新材料的应用，使筛机大型化成为可能。36m²、35m² 大型分级筛分别应用于 13mm、6mm 难筛物料分级，已投入工业运行，单台处理能力可与 2.5 Mt/a 和 1.2 Mt/a 选煤厂匹配。

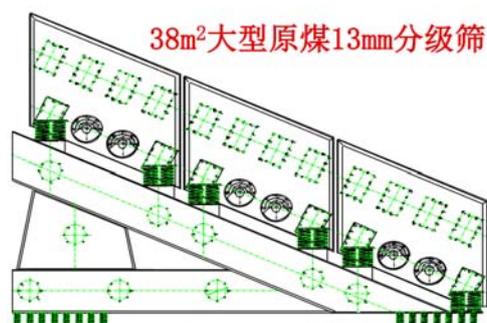


图 2



图 3

基于原煤干法深度筛分基础的新型筛子：

滚跳筛网自清理筛：筛板侧边形状，筛丝（筛板）是自由杆，在筛板的侧边孔中能自由活动，即：靠自由度实现清理。

悬挂式弛张筛：靠机械结构实现筛孔变化。

激振筛网弹性杆自清理筛：组成筛网的筛丝会变形、颤动，类似琴弦，在琴弦筛基础上研制出来的。

摆轴筛：主要特点不堵孔。

（2）分级破碎机

我国在引进英国 MMD 系列破碎机基础上，消化、吸收且研制出集分级和破碎功能于一体的破碎机，可实现强制破碎。在简化原煤准备工艺的基础上，保证了符合工艺要求的粒度。

主要有：40 系列、50 系列、65 系列、75 系列、100 系列（滚筒直径或两筒中心距）。处理能力可达 30t/h，最大单台可与 8M/a 选煤厂匹配。

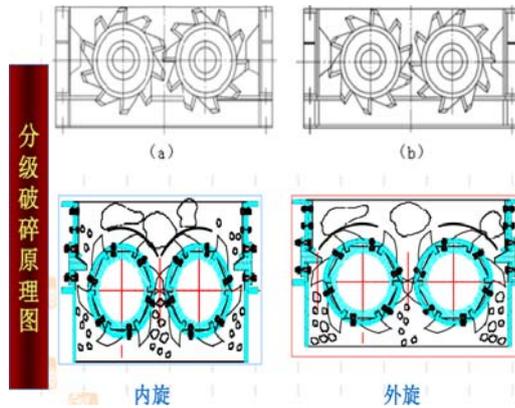


图 4

2.3.2 深度降灰脱硫新技术

我国现有的深度降灰脱硫新工艺：

- ◆块煤分选+末煤重介旋流器（脱泥或不脱泥）+（粗煤泥分选）+浮选（城郊、新庄、王坡等）；
- ◆原煤全粒级混合重介旋流器（脱泥或不脱泥）+（粗煤泥分选）+浮选
- ◆选硫、脱硫工艺（南桐、干坝子等）；
- ◆块煤分选工艺（陕西火石咀、夏沟等选煤厂）；
- ◆分级浮选工艺（邯郸）及表面改质浮选工艺（贵州金佳、东曲等）
- ◆煤泥水两段浓缩工艺（新庄、太兴）

2.3.3 简化工艺重介选煤新技术

以大型无压给料三产品重介旋流器为主选设备，大型高效脱介筛作为脱水、脱介环节，高强度磁选机作为介质净化环节，并辅以煤泥重介分选和过程控制系统，构成了简化、高效、实用的重介选煤新技术（如表 1）。

无锡大功率机械制造有限公司制造的无压给料重介旋流器主要有以下几个特点：

- 1、不脱泥、不分级、80-0mm 混合入选；
- 2、工艺简单：无压给料三产品重介旋流器与煤泥重介分选共用一套介质系统；
- 3、最大限度发挥弧形筛作用。脱介筛尽量不设合格介质段；
- 4、设备大型化：无压三产品重介旋流器主选段直径最大达 1200-1400mm（现已达 1500 mm），再选段直径为 850-1000mm（现为 1100mm）；脱介筛采用 3661 香蕉筛（现 4261）或 4242 直线筛；1300mm（现 1500mm）卧振，介质净化采用单段或双端磁选机。设备大型化使得在线设备台数大大减少。

表 1

我国重介旋流器工艺参数一览表

名称	直径 mm	处理量 t/h	介质 循环量	入料上限 mm
有压 两产品 (DSM)	1200	180-300	600-1000	≤80
	1000	120-250	400-800	≤80
	850	90-150	300-450	≤60
	700	70-120	210-400	≤50
	500	40-60	120-200	≤25
无压 两产品 (DWP)	1200	230-300	600-1000	≤80
	1000	180-250	450-800	≤70
	800	100-150	350-450	≤65
	650	70-100	240-340	≤65
	500	40-60	150-180	≤25

2.3.4 干选及省水型选煤技术

敢发分选技术以不用水、污染小、投资少、建厂快等诸多优点，为动力煤降灰提质提供了有效的技术路线。主要有以下三种类型：

- (1) 空气重介流化床干选
- (2) FX 型干选机
- (3) FGX 型干选机

从使用情况看：干选机分选精度不高，矸石带煤中含矸严重，受水分影响大，产品质量不稳定。所以，开机率不高，相当比例用户未运行。

(4) 动筛跳汰机，主要适用于：用水量少，工艺流程简单，分选精度高，用于大量排矸，以替代重介和手选；老厂改造或扩大生产能力，将大块筛出用动筛分选；动力煤分选，以降灰提质。

总而言之，虽然我国煤炭工业发展时间并不长，生产设备和技术仍然不够成熟，与发达国家相比还有一定的差距，但随着我国国民经济继续平稳快速的发展，对煤炭需求量不断提高，为改善环境、提高煤炭利用率和减少环境污染，作为洁净煤技术的源头和基础的选煤工业必然发展迅速，很好的契合了我国倡导的低碳经济的发展模式。近年来，我国原煤入选量持续快速增长，重介选煤比例也在大幅上升，选煤行业核心技术日趋成熟，我国正在由选煤大国向选煤强国迈进。

参考文献

- [1] 《中国选煤的发展》，吴式瑜，叶大武，马 剑。
- [2] 《国外选煤动态分析》，陶长林，万方数据资源系统。
- [3] 中国矿业大学化工学院，陈建中教授课件。
- [4] 《我国选煤工业及选煤方法发展浅析》，叶吉文等。