

2018 中国国际煤炭清洁高效利用大会

高效干法选煤技术新进展

赵跃民

中国矿业大学

2018年11月22日

主要内容

一、技术背景

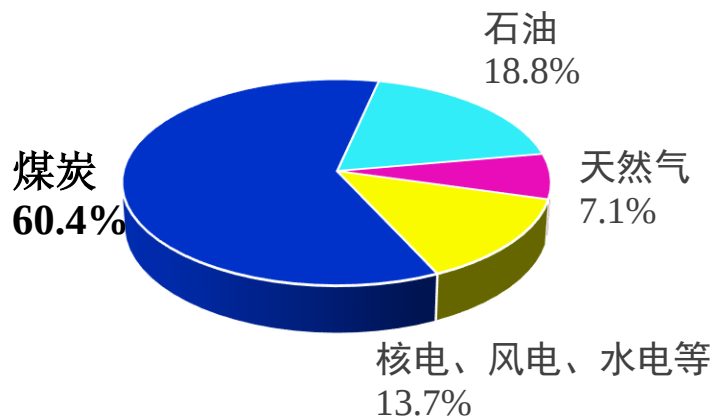
二、干法选煤技术现状

三、干法选煤发展方向

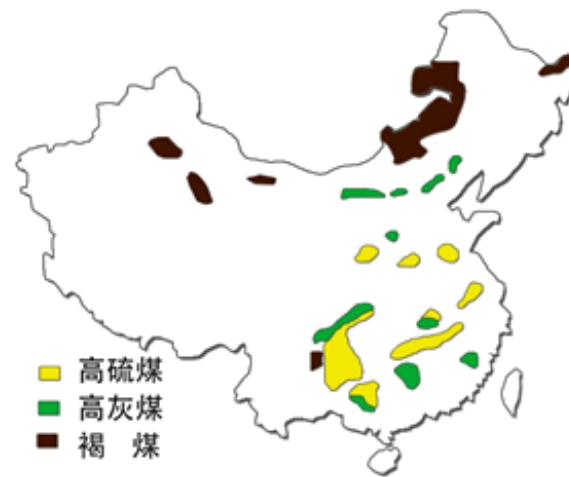
一、技术背景

□ 煤炭是我国的主体能源

- 2017年全国煤炭产量**35.2亿吨**，煤炭占一次能源消费量**60.4%**，且在相当长一段时间内，还是以煤炭为主的格局。
- 我国煤炭资源禀赋差，低品质煤储量大，约占**40%**，灰分小于**10%**的特低灰煤仅占保有储量的**15%-20%**，硫分大于1%的中高硫煤占总量的**33%**。



我国能源消费结构



低品质煤分布

- 我国煤炭**75%**用于直接燃烧，动力煤平均灰分**28.6%**，平均硫分**1.01%**，洗选混配后平均灰分**15.5%**、平均硫分**0.66%**；
- 煤炭为国民经济发展做出了巨大贡献，同时也带来了严重的环境污染。2016年SO₂排放量**1100万吨**，烟尘**1000万吨**，其中燃煤造成的排放分别占**85%**和**70%**。
- 我国原煤入选比例为**70.2%**，动力煤入选比例约为**56%**。



□ 选煤是洁净煤的源头技术

- 选煤能够有效脱除煤中灰、硫等杂质，提高煤炭质量，促进煤炭清洁利用，对减轻大气污染有重要作用。
- 煤炭经分选提质后燃烧，可提高燃煤效率**10%-15%**，节约铁路运力**18%**；每入选1亿吨原煤，可排除矸石**1800万吨**，黄铁矿硫**150万吨**，减少二氧化硫排放**49万吨**。



□ 我国选煤工业的发展

- 改革开放40年来，我国选煤工业取得了举世瞩目的成就。新技术、新装备、新工艺不断涌现，选煤装备大型化、多样化，大型、特大型选煤厂快速建设，选煤工艺简单、高效、可靠、灵活。
- **我国煤炭产量由1978年的6.2亿吨增长到2017年的35.2亿吨，原煤入选率由16.7%提高至70.2%，动力煤入选率由不足5%提高至50%以上。**



重介旋流器(最大 $\Phi=1600\text{mm}$)



浅槽分选机 (最大 $B=7925\text{mm}$)



粗煤泥分选机($\Phi=3.65\text{m}$)



跳汰机 ($B=5000\text{mm}+$)



浮选机 (最大 $V=120\text{m}^3$)

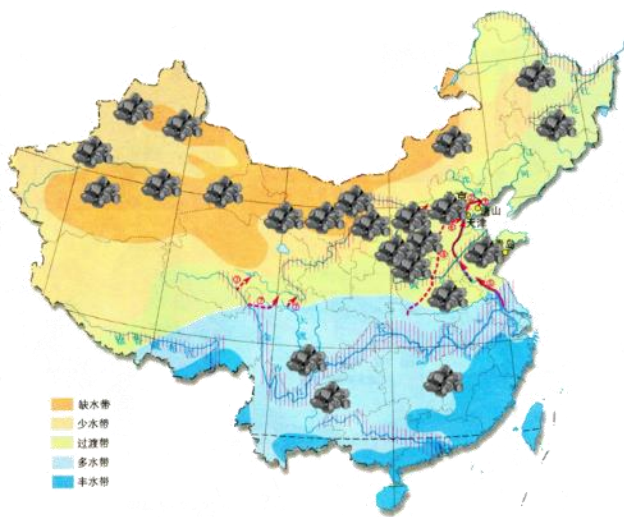


旋流微泡浮选柱 (最大 $\Phi=5500\text{mm}$)



□ 干法选煤技术的重要性

- 长期以来，选煤以湿法为主，需要使用/消耗大量的水资源。
- 我国2/3以上的煤炭分布在西部干旱缺水地区，低阶煤遇水易泥化。
迫切需要高效干法选煤技术。



我国煤炭和水资源分布



干旱缺水地区

□ 我国干法选煤的发展

- 气固流态化干法分选理论；
- 新一代干法重介质流化床分选机；
- 大型复合式干法分选机；
- 风力跳汰和摇床分选机；
- 模块式高效干法选煤工艺；
- 光电（智能）干选机。

- 干法选煤理论、技术与工程化难题：精度、效率、可靠性和适应性

- 开始干法选煤技术研究：空气重介和复合式

20世纪80, 90年代

探索研究阶段

21世纪初

技术攻关阶段

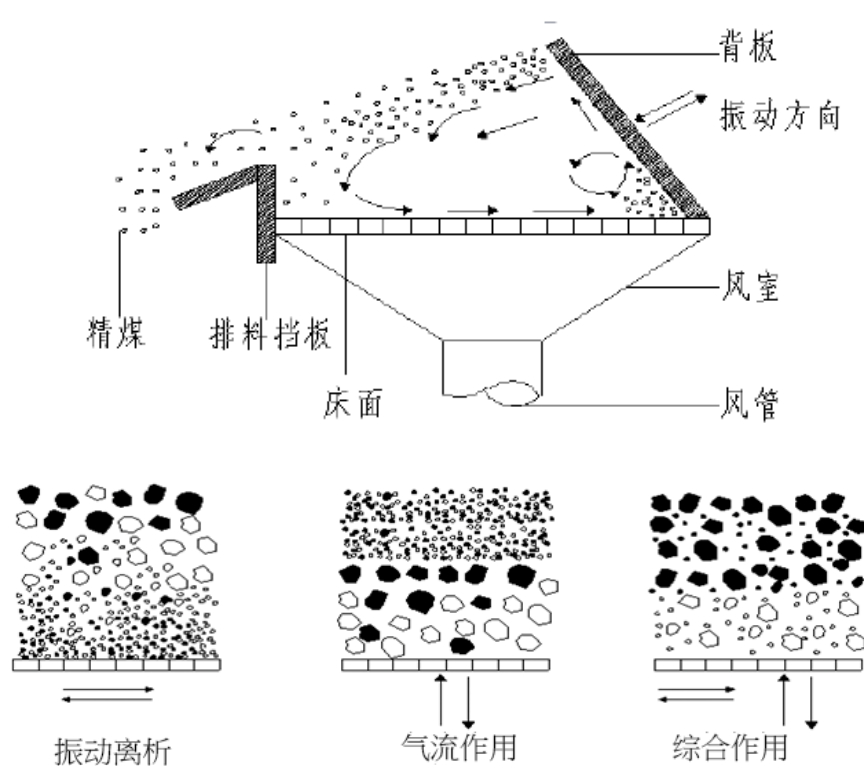
近十年来

快速发展阶段

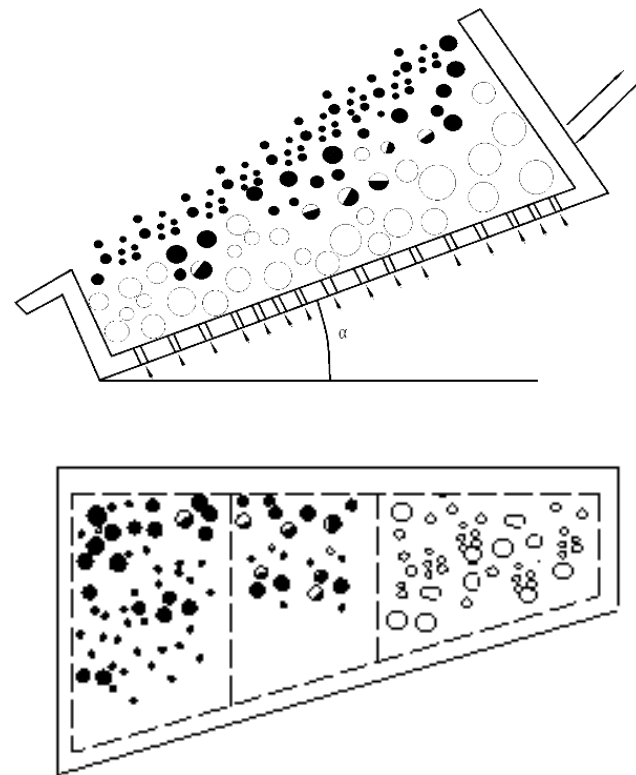
二、干法选煤技术现状

1. 复合式干法分选技术

- 复合式干法分选技术：**气流**和**振动**的复合激励下，物料在分选机床面上作螺旋翻转运动，受到振动离析作用、气流曳力作用、自生介质、浮力效应等综合作用，实现按密度分离。

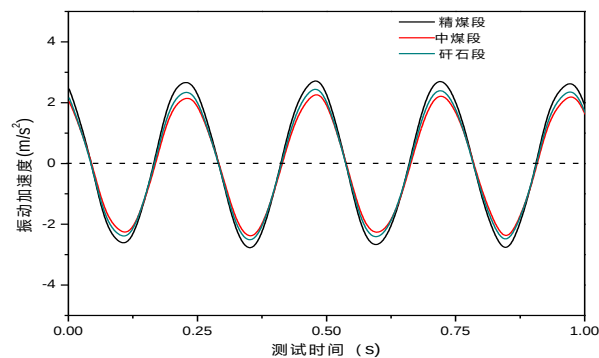
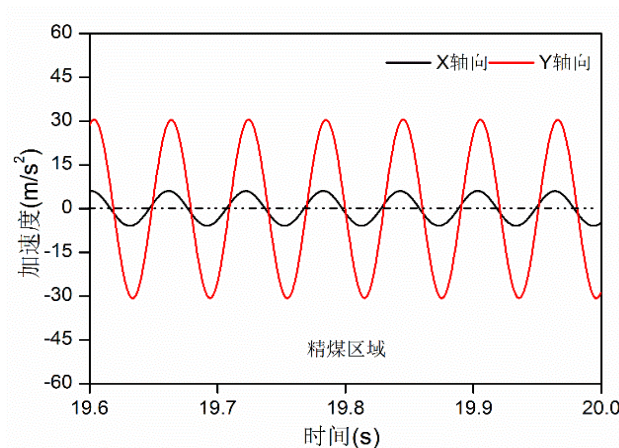


颗粒运动示意图

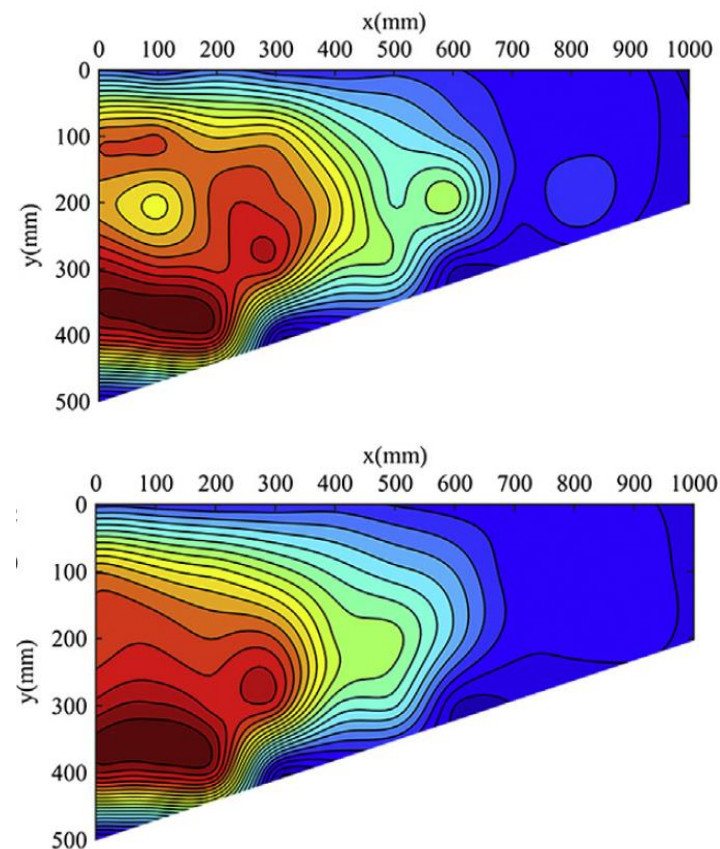


床面颗粒分布

- 唐山市神州机械有限公司和中国矿业大学产学研合作，研究了复合式干法分选床中颗粒密度分布特性，协同优化了振动参数、气流参数、床面结构（格条、布风板、背板等），提高了分选精度，并降低了分选粒度下限。

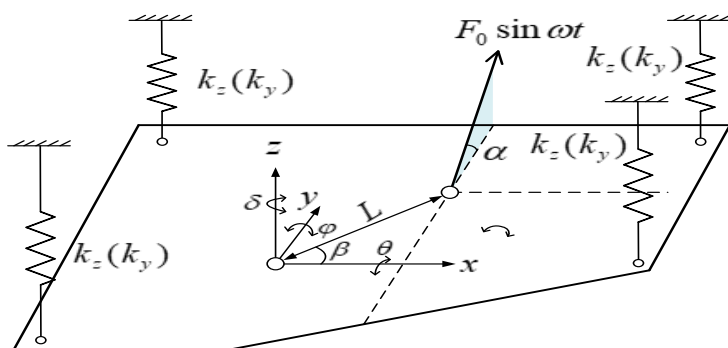


分选床振动加速度



分选床中颗粒密度分布特性

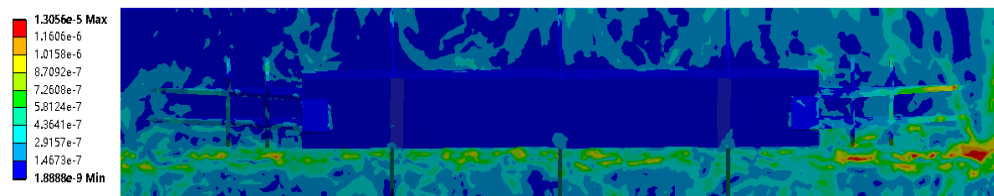
- 研究了分选过程中煤炭颗粒与大型振动床面的交互作用，建立了分选床振动动力学模型。



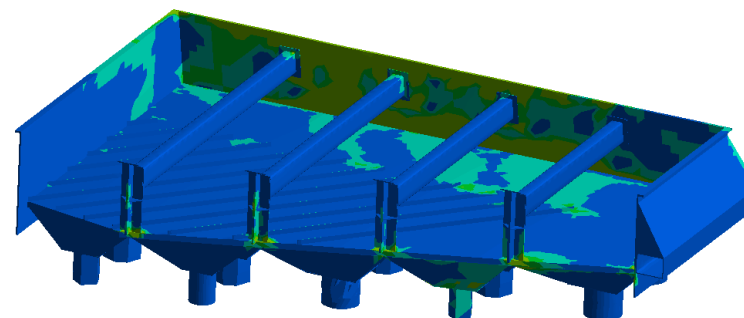
$$\begin{cases} m\ddot{y} + c_y\dot{y} + k_y y = F_0 \sin \omega t \cdot \cos \alpha \\ m\ddot{z} + c_z\dot{z} + k_z z = F_0 \sin \omega t \cdot \sin \alpha \\ J_{xy}\ddot{\delta} + c_{xy}\dot{\delta} + k_{xy}\delta = F_0 \sin \omega t \cdot \cos \alpha \cdot L \cdot \cos \beta \\ J_{yz}\ddot{\theta} + c_{yz}\dot{\theta} + k_{yz}\theta = F_0 \sin \omega t \cdot \sin \alpha \cdot L \cdot \sin \beta \\ J_{xz}\ddot{\varphi} + c_{xz}\dot{\varphi} + k_{xz}\varphi = F_0 \sin \omega t \cdot \sin \alpha \cdot L \cdot \cos \beta \end{cases}$$

分选床振动动力学模型

- 研究了大型分选床体动力学，优化了床体结构，实现了变载荷床体的稳定振动，动应力分布均匀，峰值应力<22MPa，提高了分选机可靠性。



激振背板应力分布



大型分选床应力云图

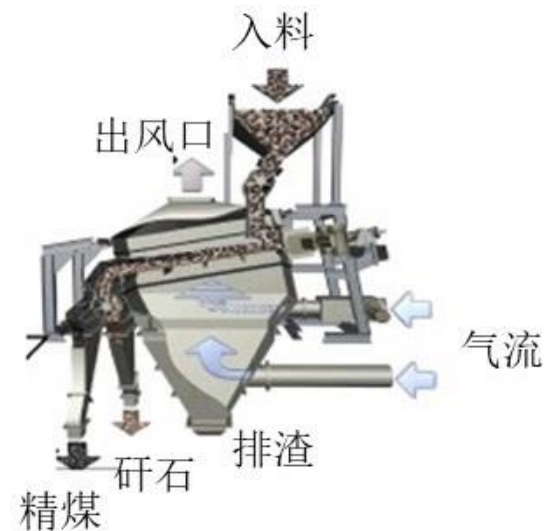
- 研制了大型复合式干法分选机，处理能力达到480-600t/h，数量效率>90%，实现了煤炭大规模干法分选提质。
- 提出了细粒煤在气流和振动复合力场中的干法分选技术，开发了末煤复合式干法分选系统，用于<13mm末煤分选排矸。
- 复合式干法分选技术已在我国广泛应用，并出口至美国、俄罗斯、澳大利亚等国。



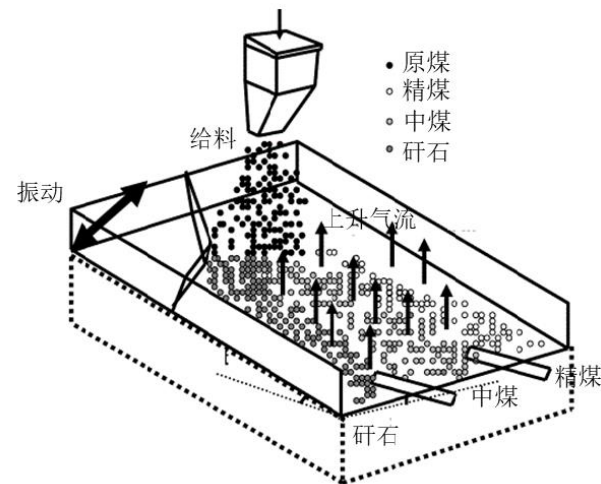
大型复合式干法分选系统

2. 风力干法分选技术

- **风力跳汰：**与湿法的跳汰分选原理相似，物料在高频激振和恒压风、脉动风共同作用下，不断松散、沉降，使物料逐渐按密度分层。
- **风力摇床：**物料受床面往复振动的作用和上升气流的作用，粒群逐步松散并产生离析，细而轻的煤吹到上表层，密度较高的矸石处于下层，实现煤与矸石的分离。



风力跳汰机示意图



风力摇床分选过程

- 21世纪以来，德国研制了Allair风力跳汰机，处理能力20-100t/h，入料粒度50-1mm，可能偏差 $E = 0.26 \text{ g/cm}^3$ 。



Allair 风力跳汰机

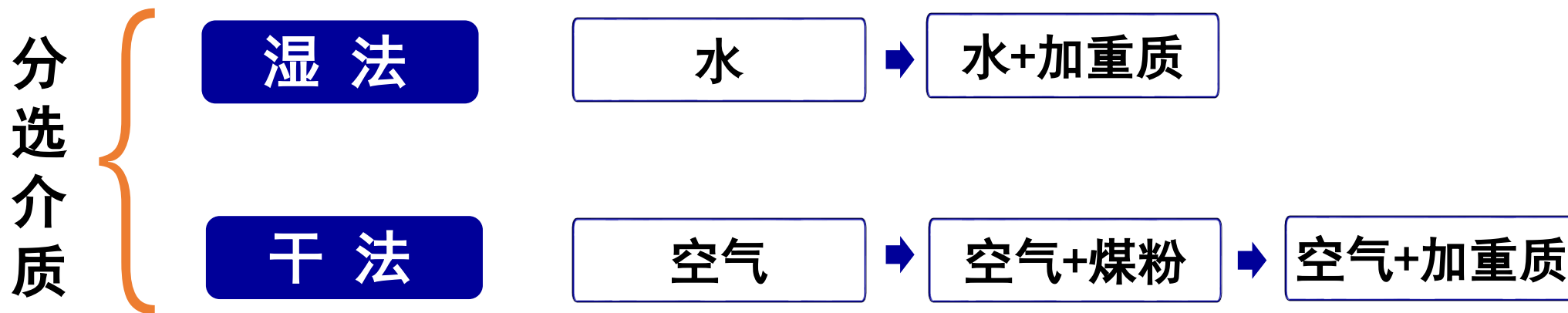
- 我国开发了末煤风力跳汰机，处理能力10-120t/h，入料粒度 $<13\text{mm}$ ，可能偏差 $E = 0.203 \text{ g/cm}^3$ 。



末煤风力跳汰机

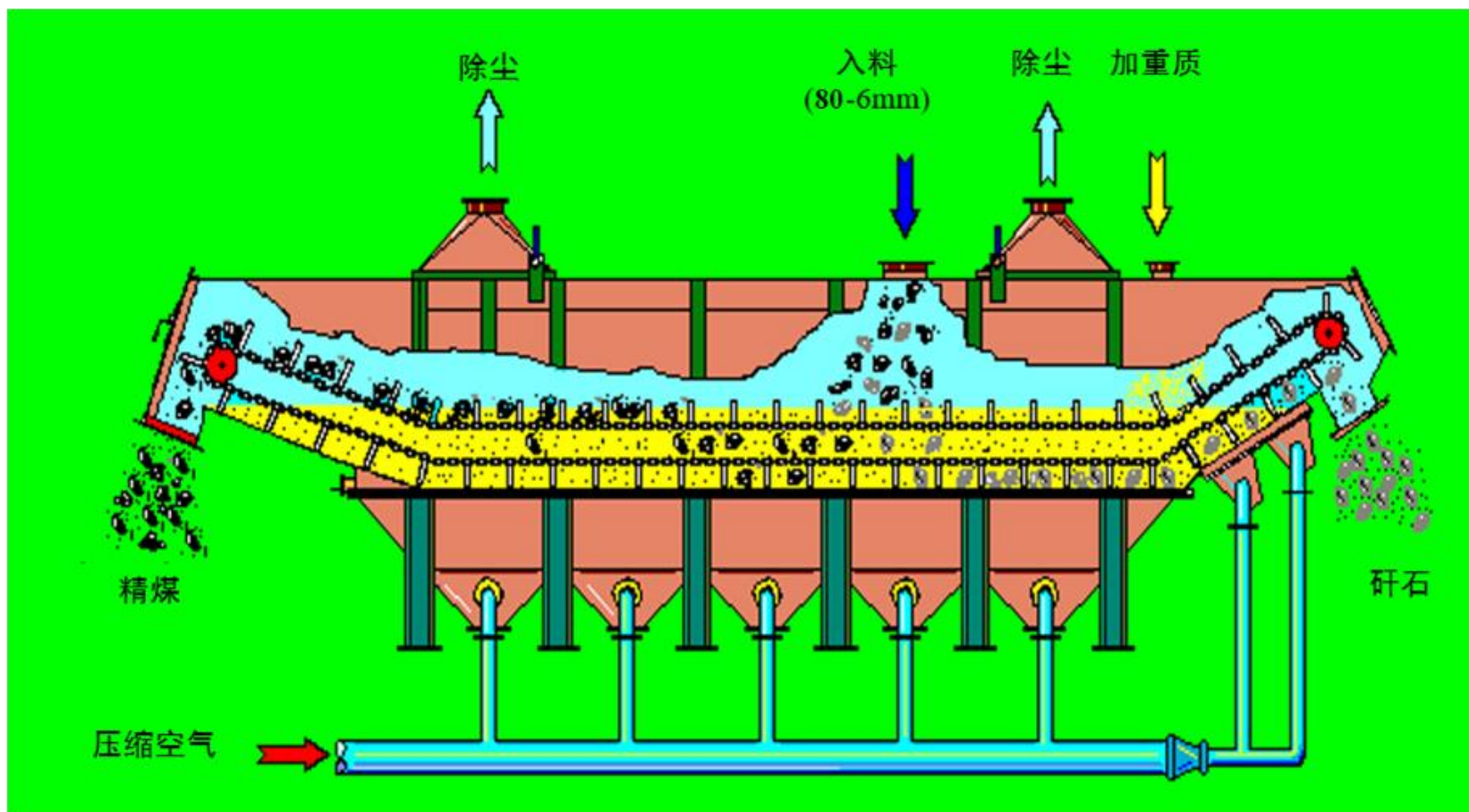
3. 空气重介质流化床干法选煤技术

- 传统干法选煤以空气为分选介质，分选密度与介质密度差异大(比值 $>10^3$)，气固分选系统不稳定，在有限空间和时间内难以实现煤炭精确分离。



- 1984年，陈清如院士开创了空气重介流化床干法选煤研究领域，提出了空气重介流化床干法分选技术，完成了空气重介流化床干法选煤工业性试验。
- 1998年以来，赵跃民教授带领团队进一步在基础理论、关键技术和工程实践方面科研攻关，提出了气固流态化干法分选理论，发明了新一代干法重介质流化床分选机，开发了模块式高效干法选煤工艺系统。

- 空气重介质流化床以磁铁矿粉和煤粉为加重质，在压缩空气的作用下，形成密度均匀稳定的气固流化床，对煤炭按密度进行分选。



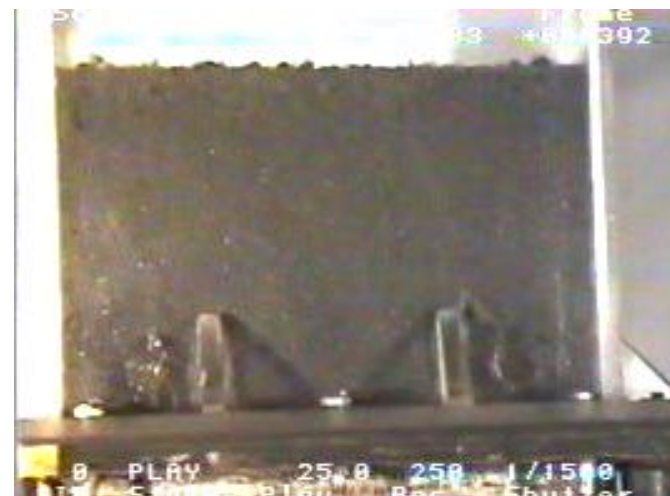
空气重介质流化床干法分选示意图

▼关键技术难题

- 床层密度的均匀稳定性;
- 床层介质的低粘度、高流动性;
- 布风板的耐磨抗堵性;
- 加重质级配及床层密度的可调控性;
- 新一代分选机结构参数优化;
- 模块式干法重介质选煤系统的可靠性。



鼓泡流化床
聚式，气泡大，床层不稳定，
颗粒返混严重



分选流化床
准散式，微泡，床层稳定，
颗粒分散均匀

3.1 提出了气固流态化干法分选理论

▼ 浓相分选流化床的稳态调控

- 研究了布风板压降与床层压降对分选流态化稳定性的影响，提出了两段大压降低流化数的布风理论，既能保证床层密度的均匀稳定性，又能保证床层的低粘度和高流动性。

$$C_p = (\Delta P_D^2 + \Delta P_B^2) / [(\Delta P_D + \Delta P_B) \Delta P_D]$$

布风板压降

床层压降

- 当 $0 < C_p \leq 1$ ，压降中心位于气体分布器，可以形成密度均匀稳定的微泡浓相高密度流化床，适合于矿物分选，但 ΔP_B 越大，动力消耗越大，需要平衡选取；
- 当 $C_p > 1$ 时，压降中心位于床层，形成普通聚式流化床，且 C_p 值越大，床层中气泡越大，返混越严重，流化质量和分选性能差。

- 建立了宽粒级加重质流化床的高度及平均密度模型，为保持流化床密度的动态稳定性提供了基础。

床高模型

$$\left\{ \begin{array}{l} H_f = \frac{H_s \rho_B (U - U_{mf} + 0.711 \sqrt{g d_{ab}})}{\rho_{mf} ((U - U_{mf})(1 - K) + 0.711 \sqrt{g d_{ab}})} \\ d_{ab} = 0.41 (U - U_{mf})^{2/5} ((H_f + 3.94 \sqrt{A_d})^{1.8} - 3.98 A_d^{0.9}) / (H_f g^{1/5}) \end{array} \right.$$

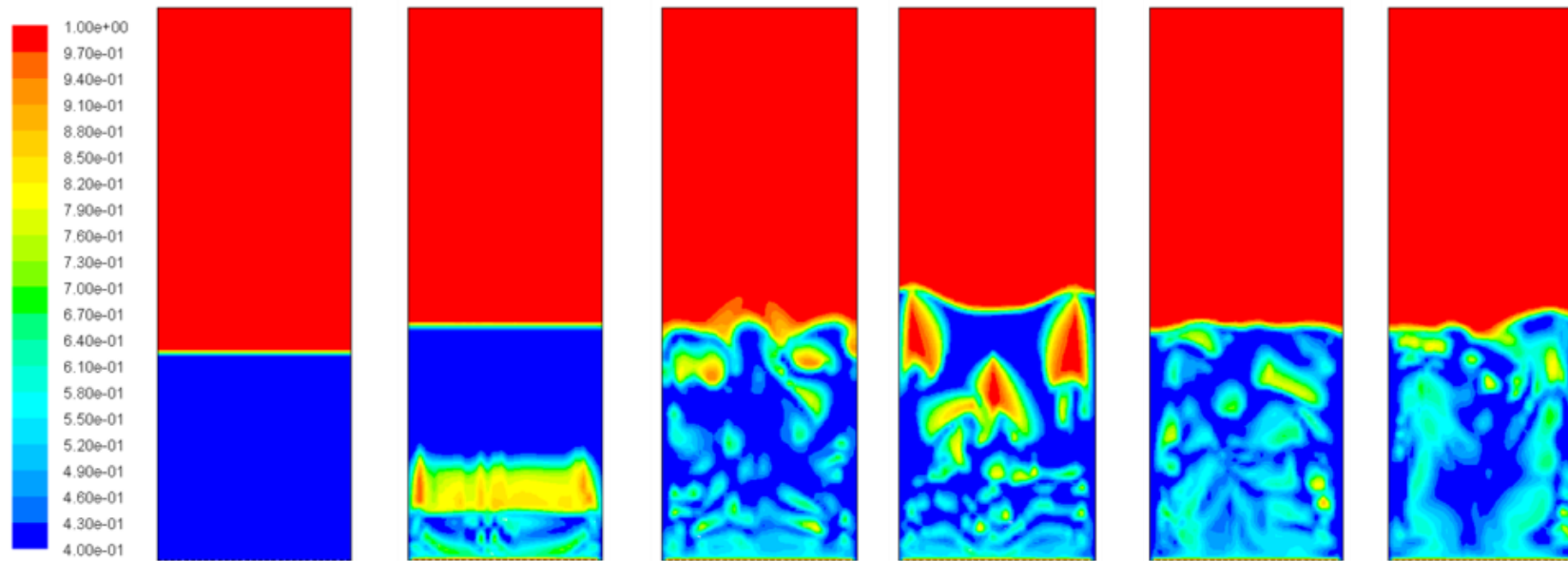
平均密度模型

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_a = \sum_{i=1}^n (1 - f_b)(1 - \varepsilon_e) \rho_{pi} f_i, \varepsilon_b = 1 \\ \rho_a = (1 - f_b \varepsilon_b - (1 - f_b) \varepsilon_e) \rho_{pm}, n = 1 \\ \rho_a = (1 - f_b \varepsilon_b - (1 - f_b) \varepsilon_e) (\rho_{pm} f_m + \rho_{pc} f_c), n = 2 \\ \rho_a = (1 - f_b \varepsilon_b - (1 - f_b) \varepsilon_e) (\rho_{pm} f_m + \sum_{j=1}^k \rho_{pcj} f_{cj}), n > 2 \end{array} \right. \quad \varepsilon_b \neq 1$$

- 基于Euler-Euler模型，提出了浓相气固流化床气固曳力系数计算模型，研究了流化床中的气泡行为特性，建立了气泡尺寸的计算模型。

$$\beta_{gi} = 150 \frac{(1 - \varepsilon_g) \varepsilon_i \mu_g}{\varepsilon_g (d_i \phi_i)^2} + 1.75 \frac{\rho_g |\vec{u}_g - \vec{u}_i| \varepsilon_i}{d_i \phi_i} \quad \varepsilon_s > 0.05$$

$$\beta_{gi} = \frac{3}{4} C_d \frac{\varepsilon_g |\vec{u}_g - \vec{u}_i| \rho_g (1 - \varepsilon_g)}{d_i} f(\varepsilon_g) \quad \varepsilon_s \leq 0.95$$

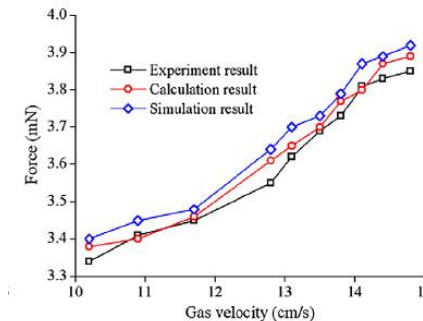
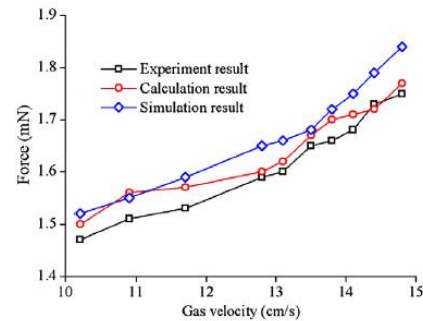


分选流化床中的气泡运动

▼多尺度多组分颗粒分选动力学

- 通过理论分析、数值模拟和试验等方法，研究了煤炭颗粒在分选流化床中的受力与运动特性。

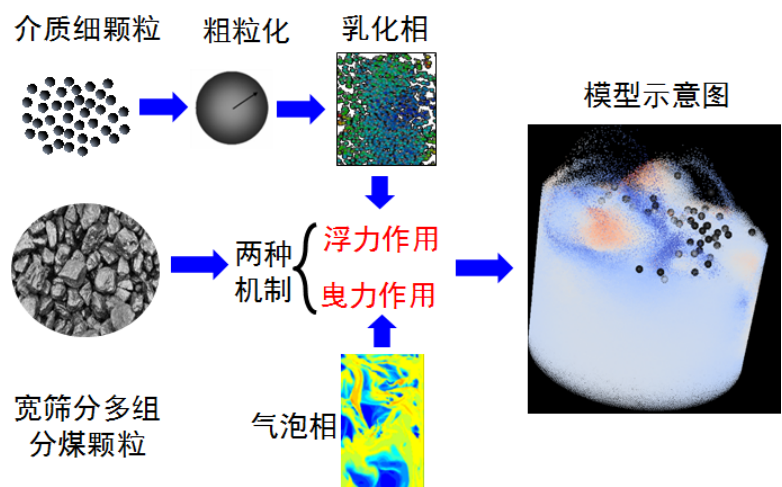
$$F = mg + (1 - \varepsilon) \rho_s g \left(\frac{1}{6} \pi d_e^3 \right) + 3\pi \mu d_e + \frac{1}{2} \pi \mu^{1/3} d_e [\rho_s d_e (1 - \varepsilon) (u_f - u_p)]^{2/3}$$



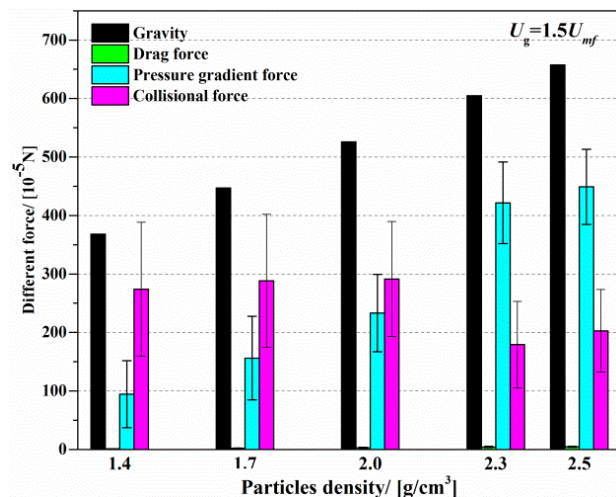
- 研究了多组分多尺度复杂物料在分选流化床中的运移规律，建立了多组分复杂颗粒在气固流化床分选过程中的错配模型。

$$a = \begin{cases} \frac{\rho_f - \rho}{\rho} g & (U_r = 0) \\ \frac{C_D \rho_f}{d \rho} |U_r| U_r & (\rho = \rho_f) \end{cases} \quad a = \begin{cases} \frac{\rho_f - \rho}{\rho} \left(1 + \frac{U_r^2}{U_t^2} \right) g & (U_r (\rho_f - \rho) > 0) \\ \frac{\rho_f - \rho}{\rho} \left(1 - \frac{U_r^2}{U_t^2} \right) g & (U_r (\rho_f - \rho) < 0) \end{cases}$$

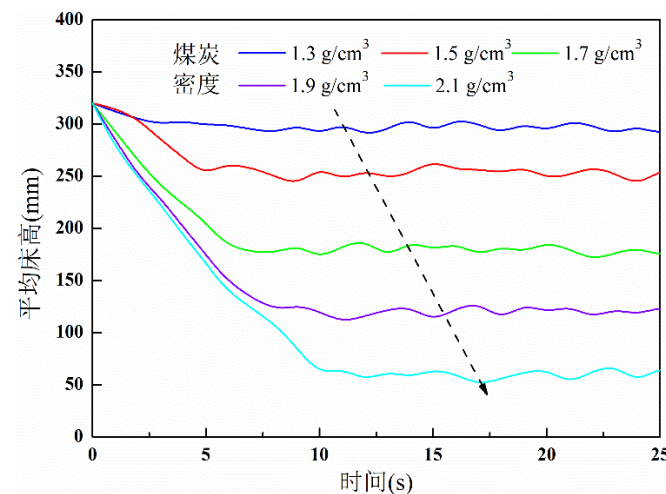
- 采用CFD-DEM方法研究了气流、加重质和入选颗粒间的交互作用，以及入选颗粒的受力特性。



CFD-DEM耦合关系图



煤炭颗粒受力



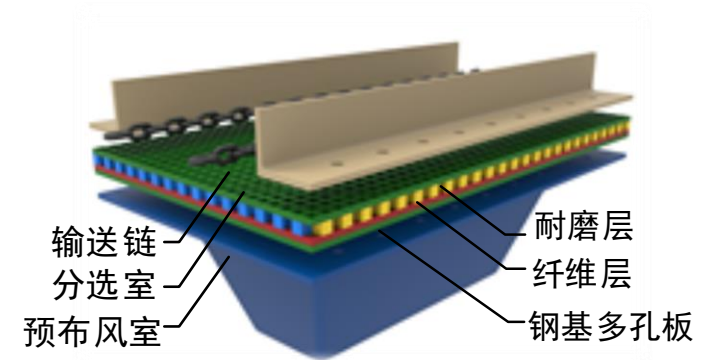
不同密度颗粒沿床高的分布

形成了浓相高密度气固分选流化床，揭示了煤炭按密度梯级分离机制，为煤炭高效干法分选提供了理论支撑。

3.2 发明了新一代干法重介质流化床分选机

▼ 稳压布风技术与耐磨抗堵布风装置

- 提出了两段大压降稳压布风技术，研制了耐磨抗堵气体分布器，解决了长期以来布风板堵塞的技术难题。
- 开发了装配式易拆卸布风装置，更换布风装置无需拆卸整机，使布风装置拆装更换耗时缩短了90%，保障了分选机连续、稳定地运行。



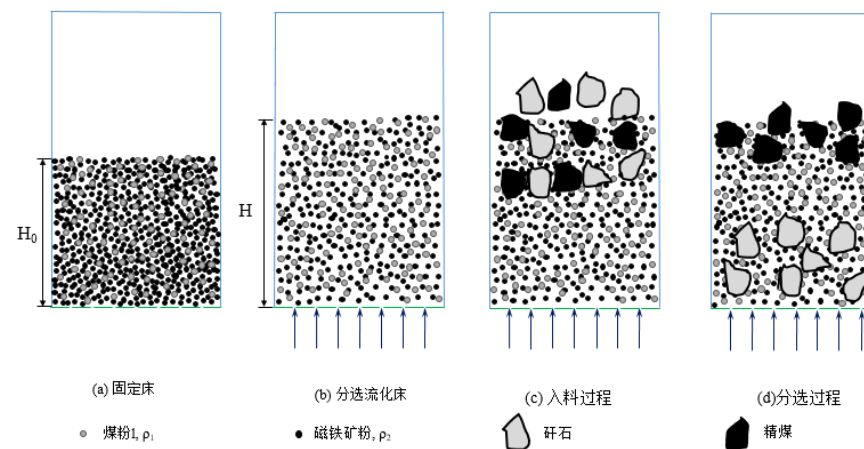
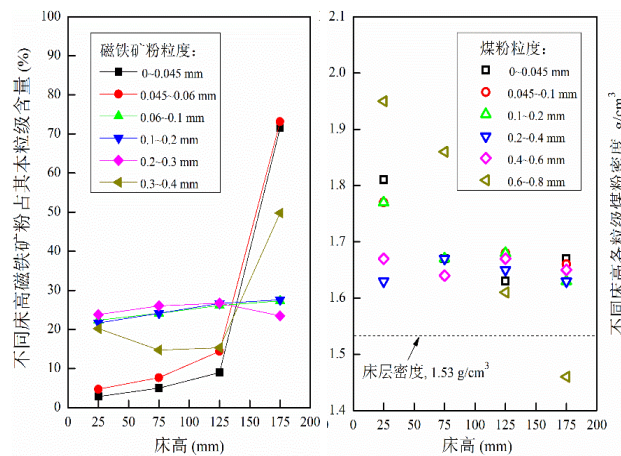
耐磨抗堵布风装置

▼宽粒级二元加重质级配技术

- 提出了宽粒级二元加重质级配技术，将加重质粒级拓宽2.5倍，有效降低了加重质制备成本。
- 建立了二元加重质分选流化床密度的计算模型，提出了床层密度的调控方法，增强床层密度的可调控性。

$$\rho_f = \frac{\rho_1 \rho_2}{\phi(1+m)[\rho_1 + (\rho_2 - \rho_1)\gamma]}, 0 < \phi \leq 1$$

加重质密度
煤粉含量



▼加重质内循环技术

- 开发了加重质内循环技术，使加重质在排出分选机前与煤炭产品分离并回流至分选室内；
- 分选机外的介质循环量减少80%以上，大幅度降低设备运行的功耗和成本，易于流化床分选密度的有效调控，提高了床层稳定性，减轻了系统负荷。



加重质短距回流装置

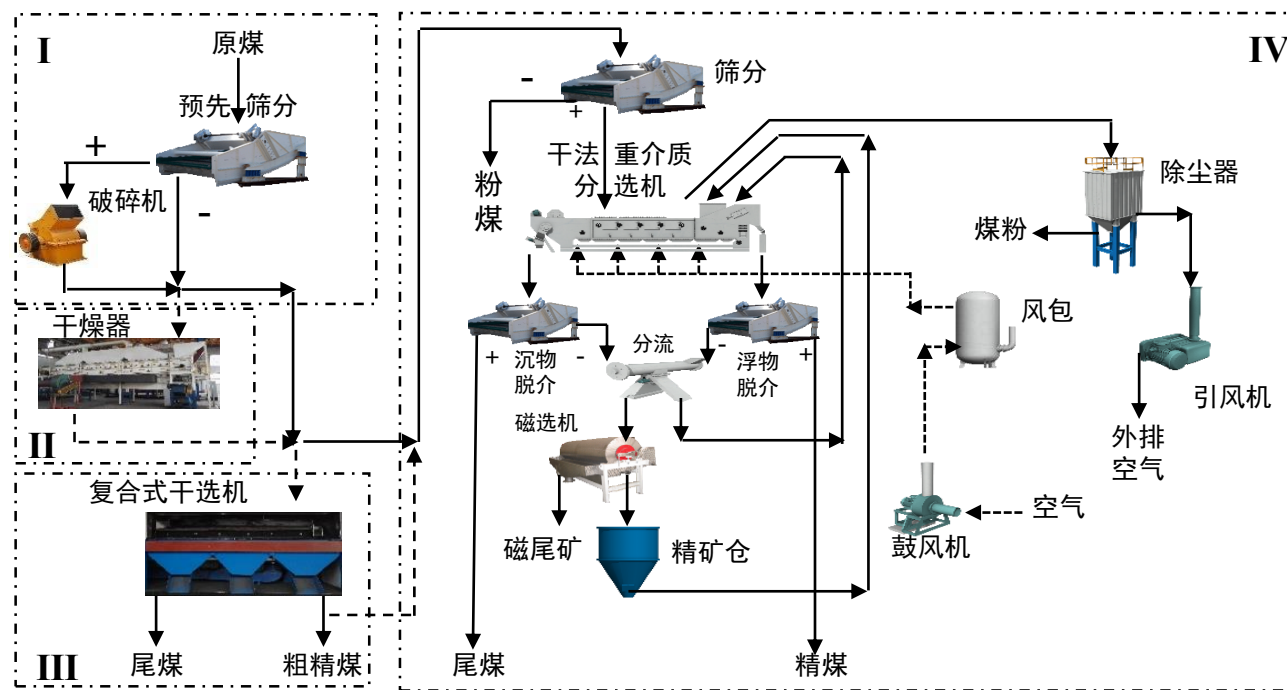
▼独立双驱动产品输送装置

- 浮物排料采用多段拨料轮，增加浮物的运动和排料速度，促进了煤炭颗粒在床层中的松散分层，抑制了错配现象，提高了分选精度；沉物采用刮板输送机排料。
- 沉物和浮物的排料相互独立，根据原煤性质和产品的量单独调节排料速度，单位面积处理能力增大70%。

中国矿业大学与唐山市神州机械有限公司研制了新一代干法重介质流化床分选机，密度均匀稳定性强，加重质循环量减少80%，单位面积处理能力大，分选密度调节范围宽(1.2-2.2g/cm³)，分选精度高(E=0.05~0.08)，数量效率>90%，吨煤介耗<1.0kg，实现了煤炭高精度干法分选。

3.3 开发了模块式高效干法选煤工艺系统

- 由(I)原煤准备模块、(II) 水分控制模块、(III)粗选模块和(IV) 精选模块等组成，根据煤炭分选提质的要求，灵活组合构建干法选煤工艺，实现煤炭的高效干法分选。



模块式干法选煤工艺

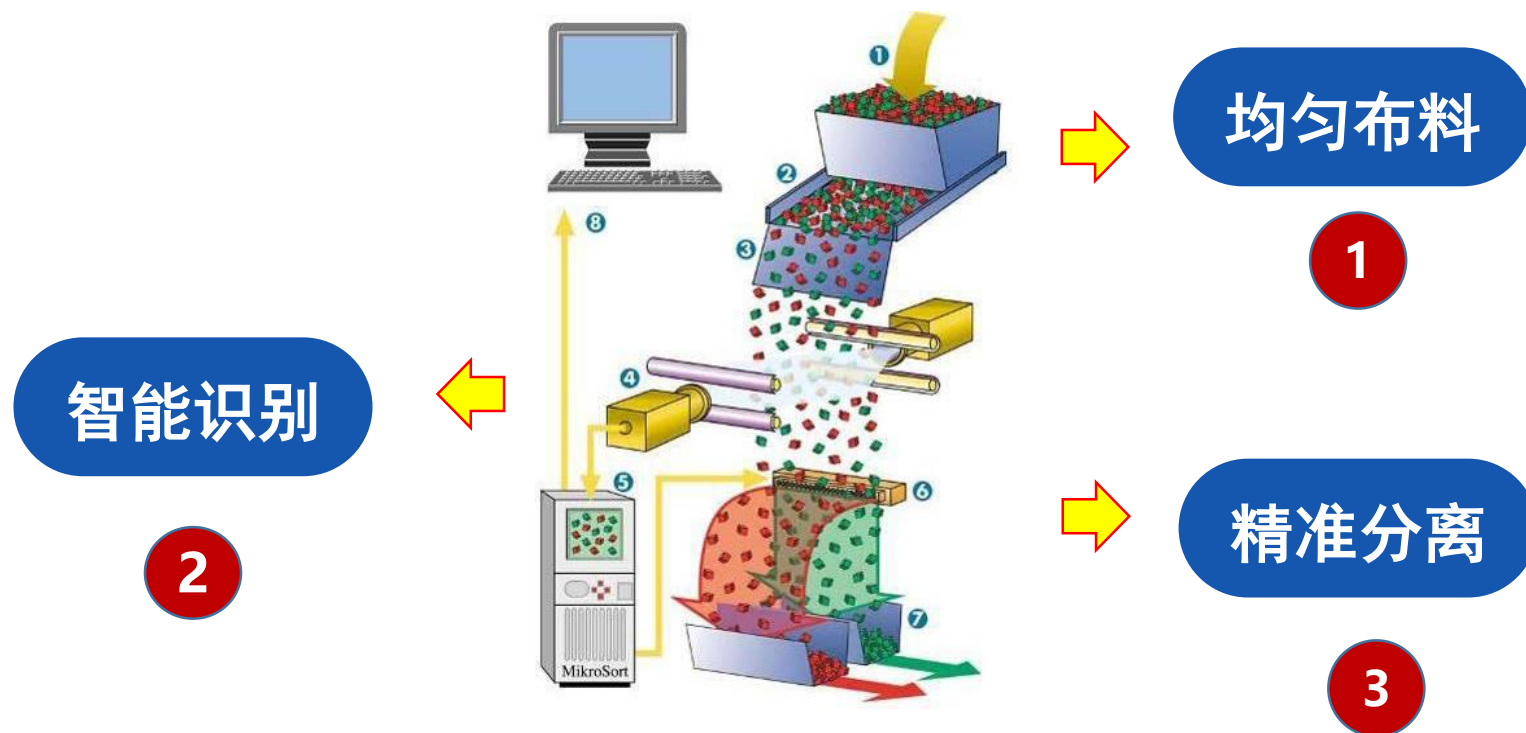
- 将原煤准备、干燥、分选、介质净化回收、密度稳态调控、供风除尘、产品输送集成装配。
- 开发了新型高效干法选煤系列配套装备，研制了煤炭中低温干燥系统、介质循环稳态调控系统和干法介质回收净化系统。
- 美国、加拿大、日本、印度等一直开展流态化干法选煤跟踪研究，目前仍处于实验室或中试阶段。



模块式干法重介质流化床选煤系统

4. 光电（智能）干法分选技术

- **光电分选**：利用不同物质在不同波长的光源照射下（ γ 射线、X射线、紫外、可见、红外），具有不同的反射、透射、散射、荧光等特征进行煤炭分选。

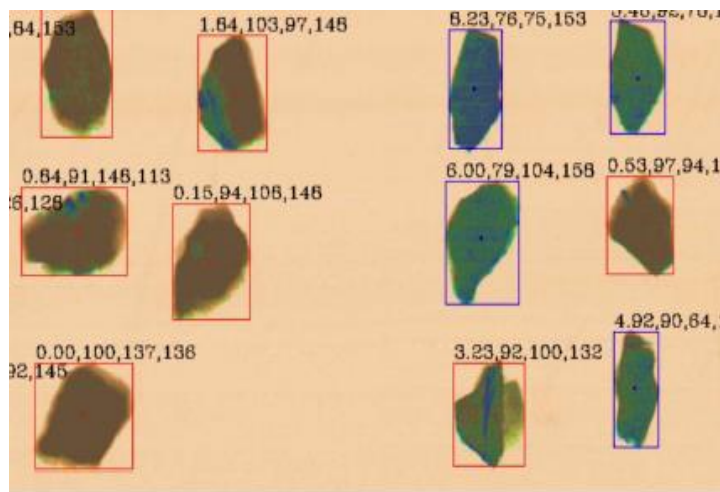


光电分选过程

识别方式

X(γ)射线识别：利用煤炭中不同组分对射线的衰减程度差异，识别煤与矸石

颜色光泽识别：利用煤与矸石的表面颜色、光泽及纹理等差异进行识别



射线识别图像

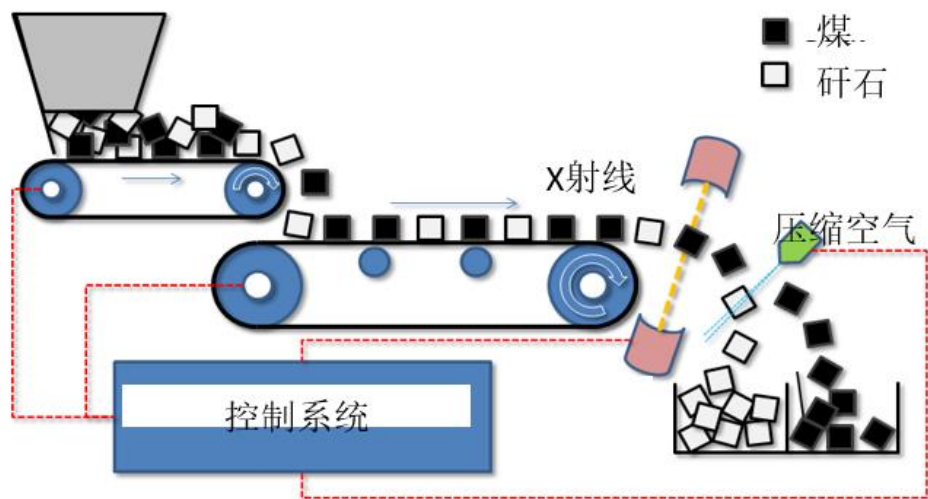


颜色识别图像

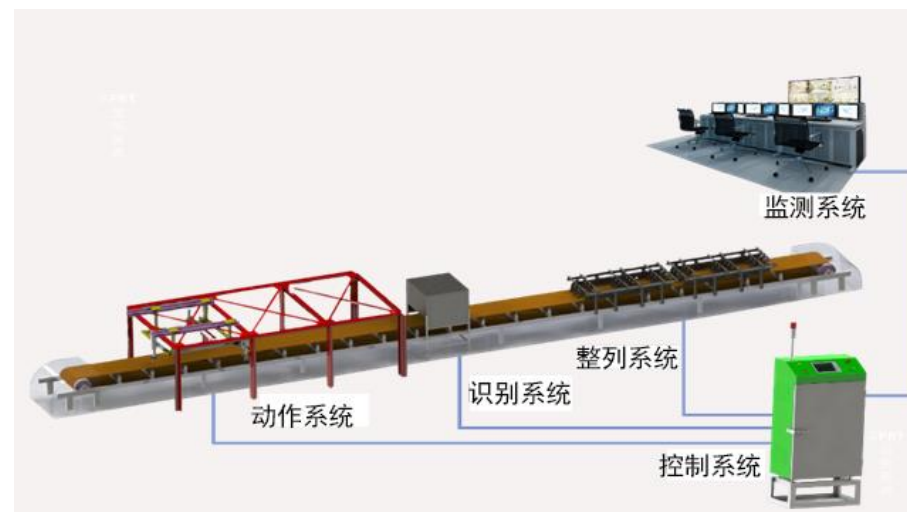
执行方式

空气射流： 利用高频电磁阀产生空气射流，将矸石吹出

机械手： 利用机械手模拟人工拣选，将识别出的矸石拣出



空气射流分离



机械手分离

- 光电分选技术可用于**300~25mm块煤**排矸，处理能力最大380t/h。



光电(智能)干法分选机

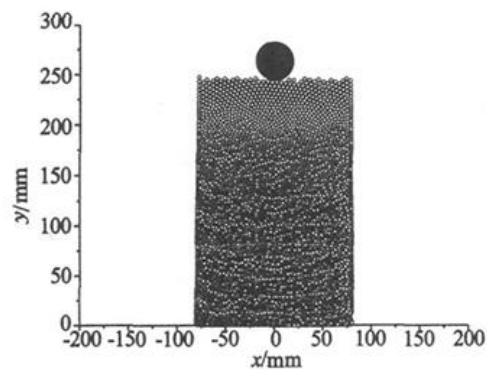
5. 细粒煤干法分选技术

▼ 细粒煤高效干法分选技术难题:

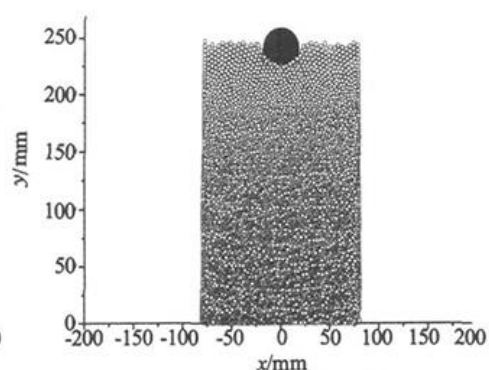
- 随着煤炭颗粒粒度的减小，重力效应减弱，表面作用力和流体作用力增强，对重力分选产生了不利影响。
- 普通气固流化床中，随着颗粒粒度减小，床层粘性增大，床层活性降低，容易引起团聚、沟流、死区及剧烈鼓泡等现象，颗粒床层的宏观返混严重，密度均匀稳定性差，分选效率低。

5.1 振动流化床干法分选技术

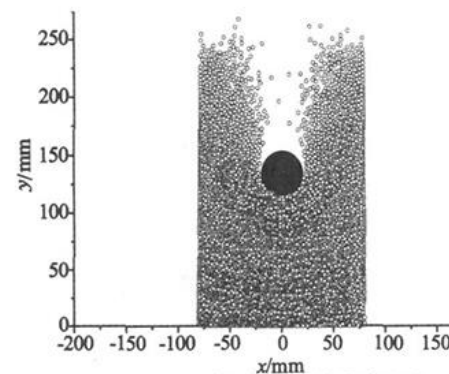
- 将振动能量引入到气固分选流化床中，形成振动流化床，气体分布更加均匀，强化细粒煤炭按密度分选。
- 利用分子动力学数学模型，采用软球粒子模拟碰撞过程，研究了振动流化床分选过程中颗粒的运动特性。
- 煤炭颗粒的穿透过程可以分成三个阶段： 撞击、贯穿和坍塌。



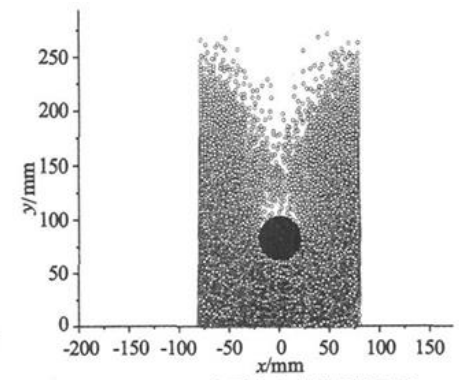
(a) 大颗粒入射的初始状态



(b) 大颗粒入射的碰撞阶段

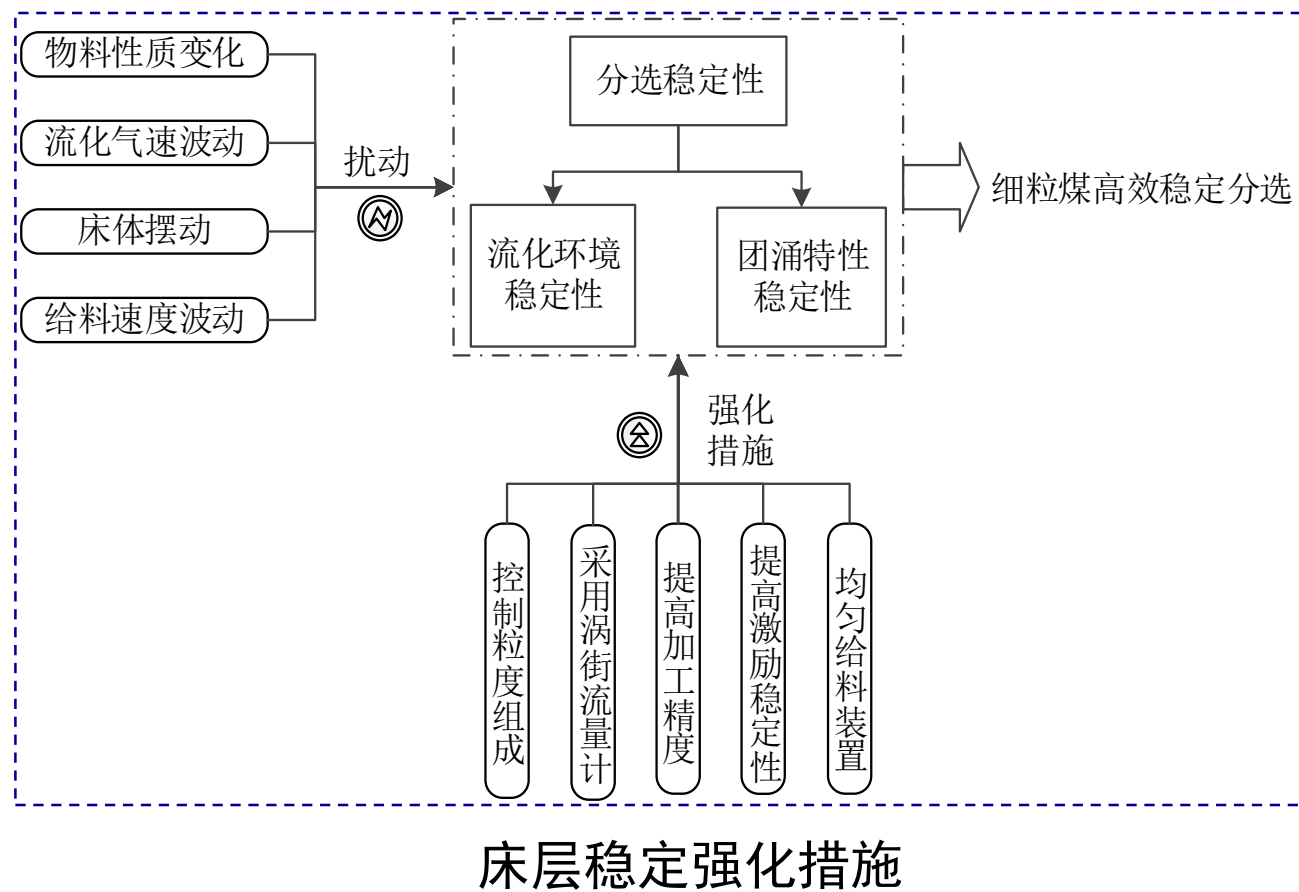


(c) 大颗粒入射的贯穿阶段



(d) 大颗粒入射的坍塌阶段

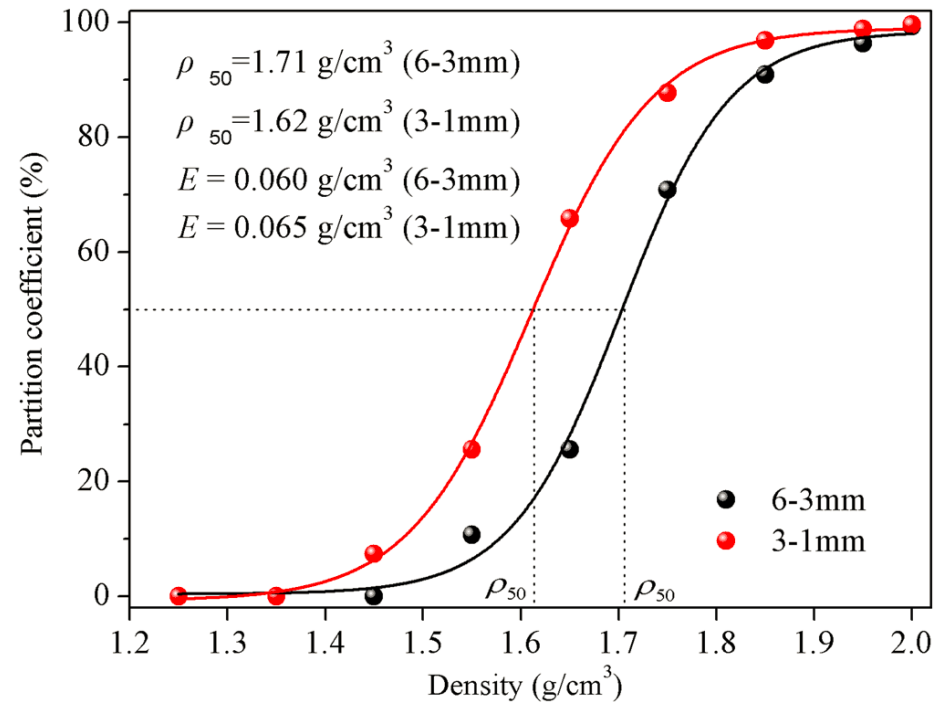
- 研究了振动与气流的协同作用、细粒煤振动流态化分选稳定性的扰动因素等，提出了分选过程强化方法，为设备大型化研究工作奠定了基础。



- 研制了连续式振动流化床分选机，对6-3mm和3-1mm细粒煤进行了分选试验研究，可能偏差 E 值为0.060-0.065 g/cm³。



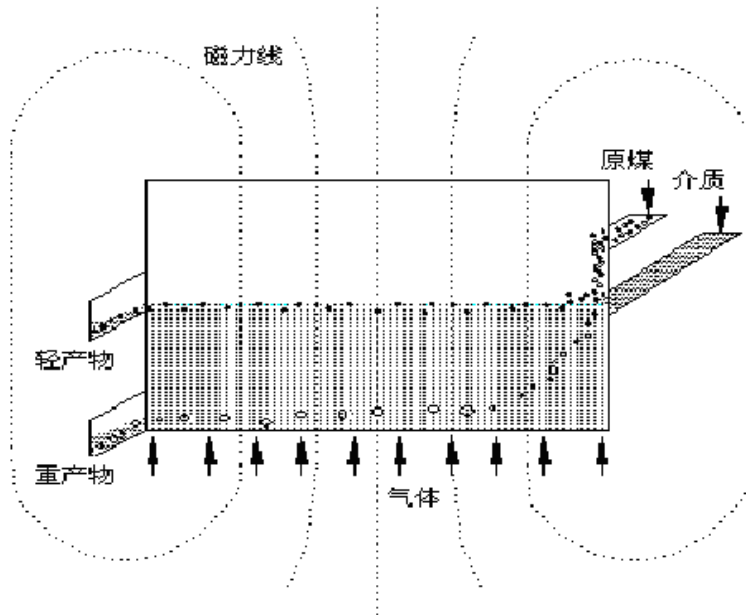
振动流化床分选机



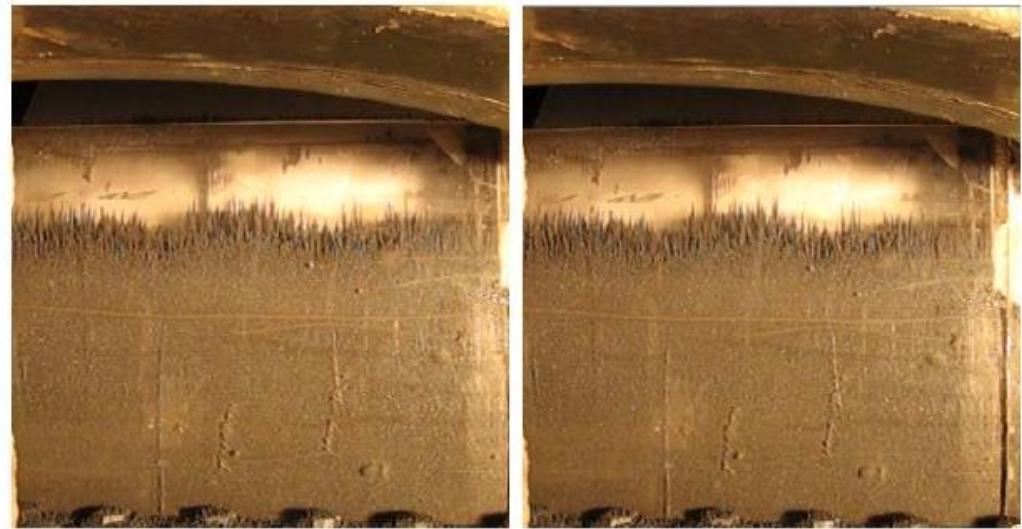
细粒煤振动流化床分选分配曲线

5.2 磁场流化床干法分选技术

- 将磁场引入空气重介质流化床，使得流化颗粒沿磁力线定向排列，增加了床层的空隙率及膨胀率，抑制了气泡的产生，促进了床层密度的稳定性，改善了细粒煤的分选效果。

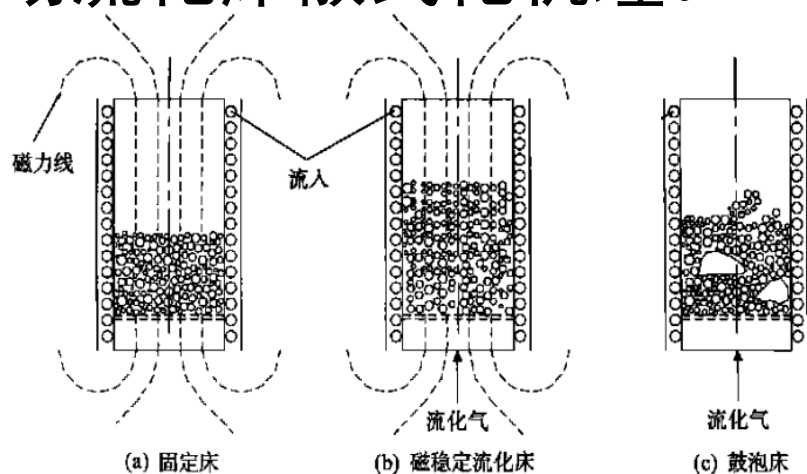


磁场流化床分选原理图

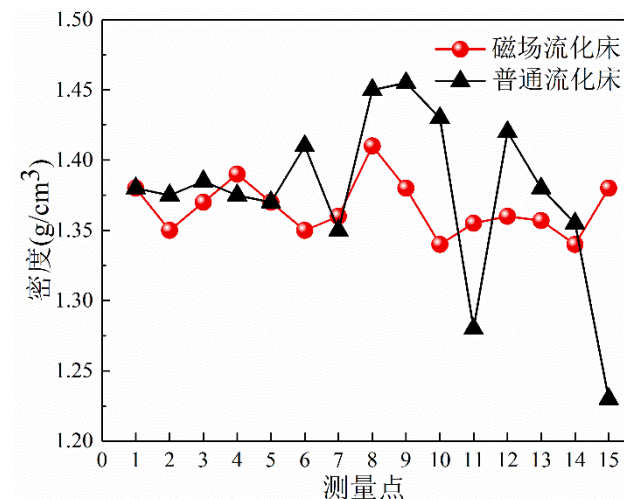


磁场流化床流化状态

- 研究了磁场流化床的流化特性、消泡机理和密度稳定性，揭示磁场流化床散式化机理。

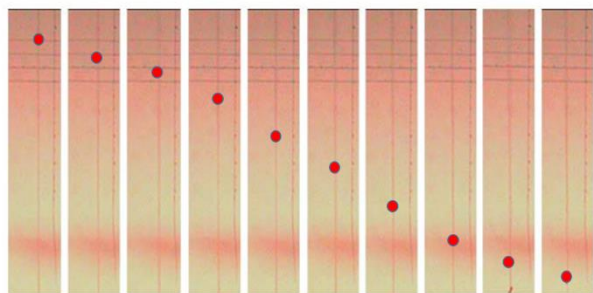


不同操作条件下流化特性



普通流化床与磁场流化床密度分布对比

- 研究了颗粒在床层中的受力特性，建立了颗粒运动的动力学方程。

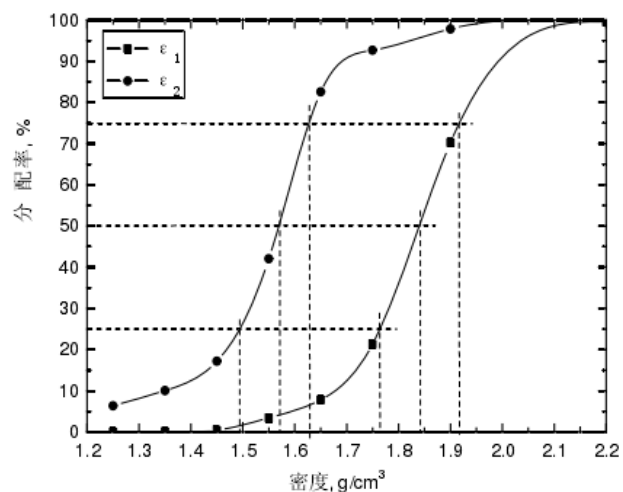


颗粒在磁场流化床中自由沉降的运动状态

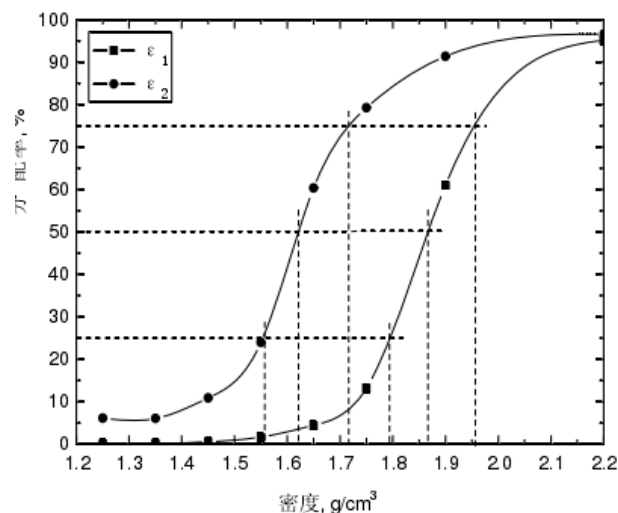
$$\frac{dv_p}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p} \right) - \frac{3C_D \rho_b (v_b - v_p)^2}{4d_p \rho_p} - \frac{24\tau_z}{d_p \rho_p}$$

颗粒在磁场流化床沉降加速度方程

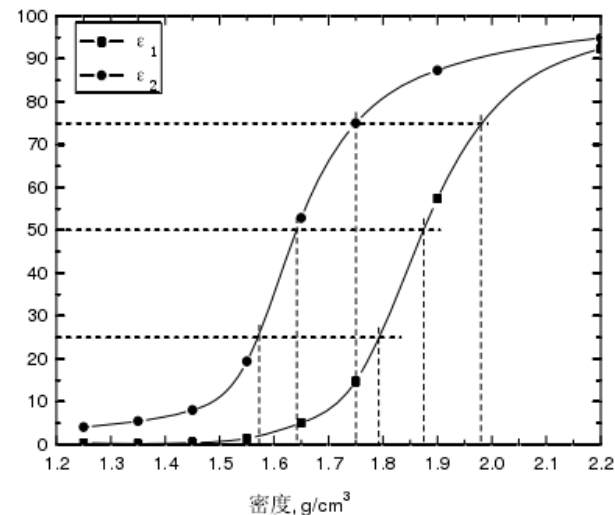
- 在磁场流化床模型机上的试验结果表明：磁场流化床可以有效地分选细粒煤。



6-3mm煤炭分选分配曲线



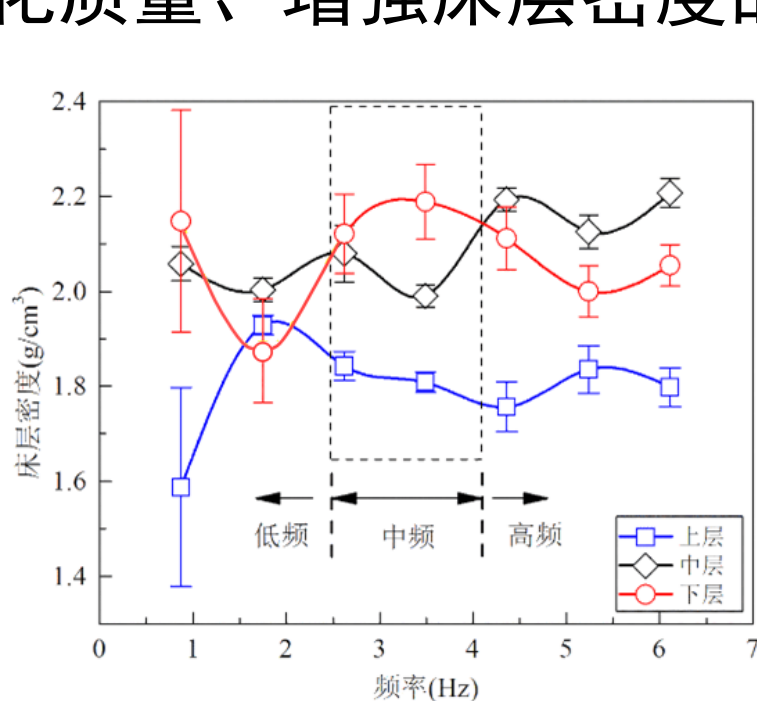
3-1mm煤炭分选分配曲线



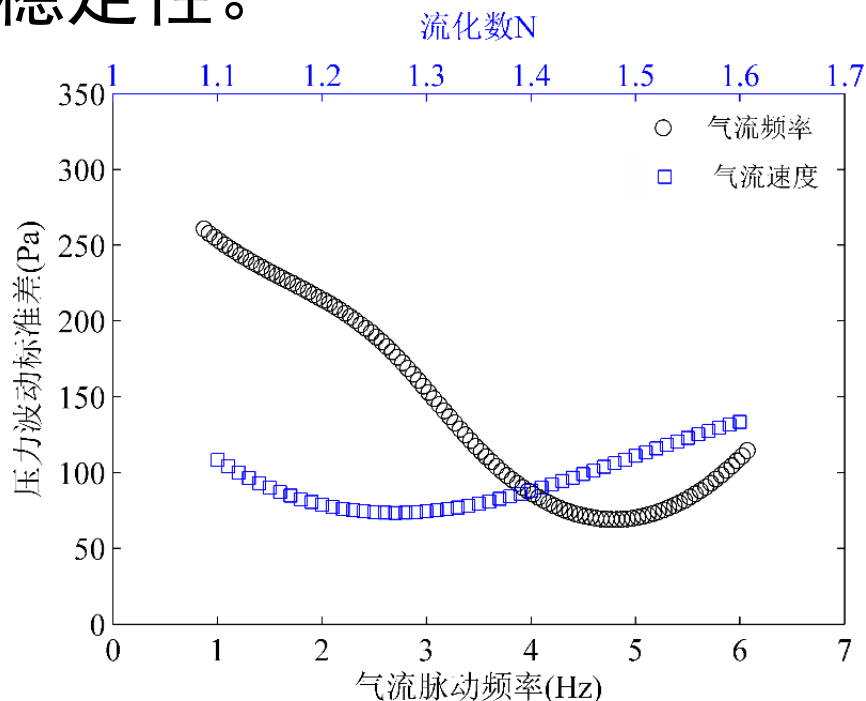
1-0.5mm煤炭分选分配曲线

5.3 脉动流化床干法选煤技术

- 将干法重介质流化床的持续气流变为周期性变化的脉动气流，实现在浓相分选流化床中引入气流振动能量，减小气泡尺寸、改善流化质量、增强床层密度的均匀稳定性。

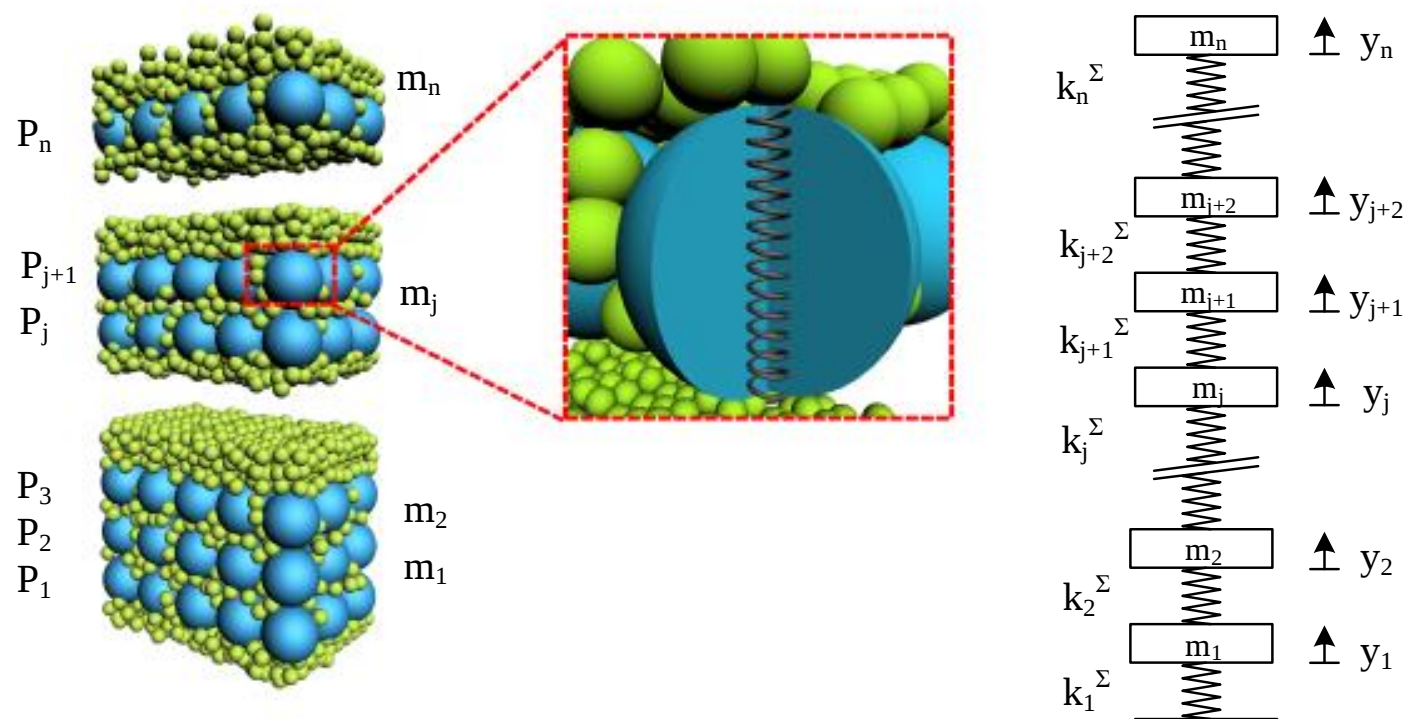


床层密度随气流频率的变化



压力波动随气流频率和速度的变化

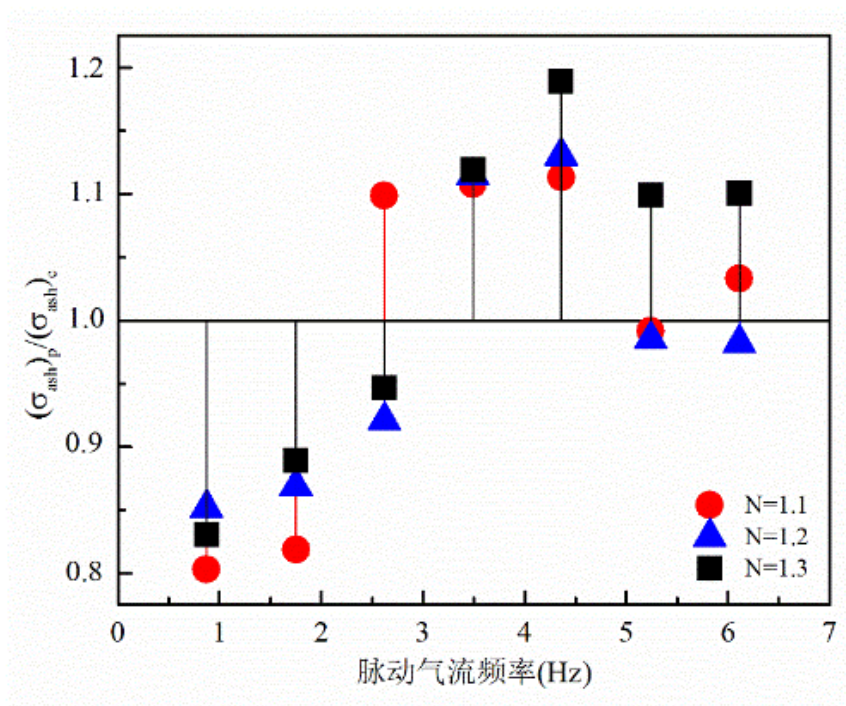
- 提出了外力场流化床中气泡与加重质颗粒的多自由度振动系统，构建振动能量在分选流化床中的传递模型。



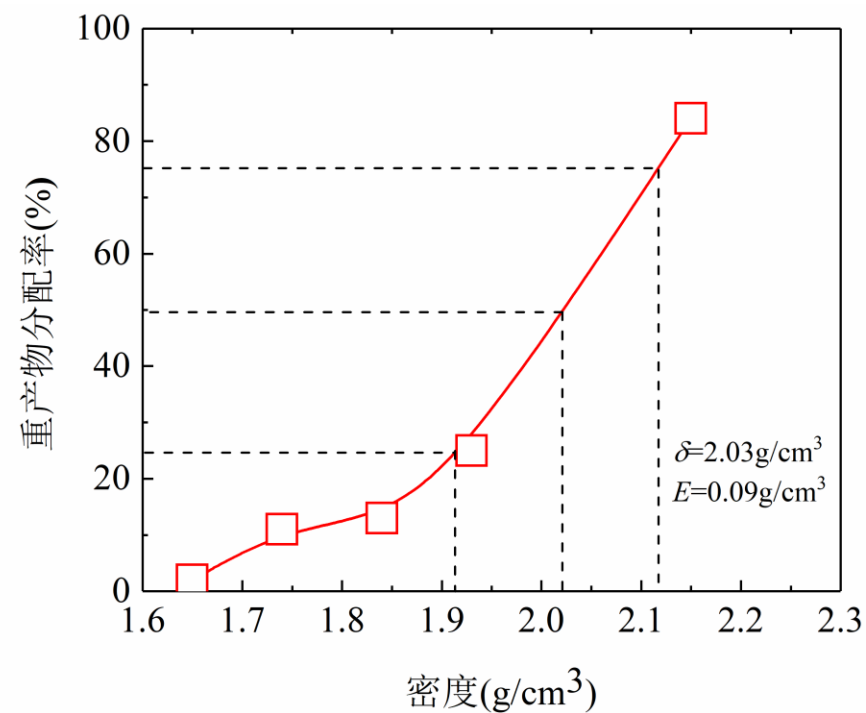
气泡与颗粒相互作用的多自由度振动系统

- 采用浓相脉动流化床对6-1mm细粒煤进行分选试验，可能偏差

$$E=0.09 \text{ g/cm}^3。$$



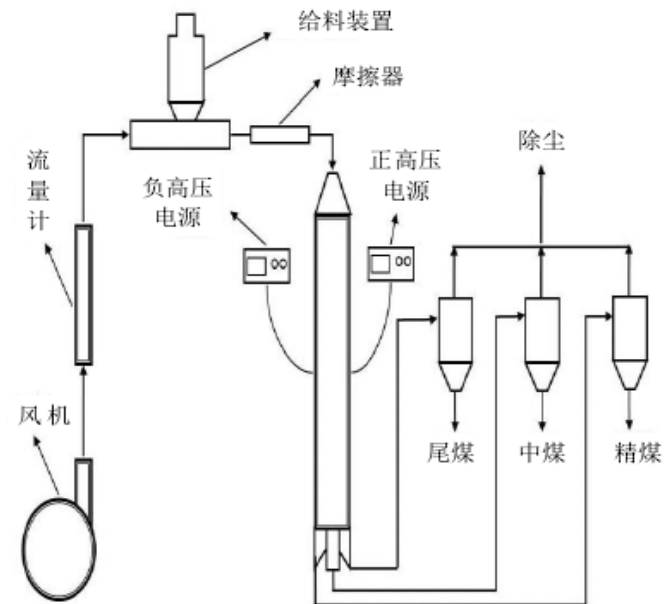
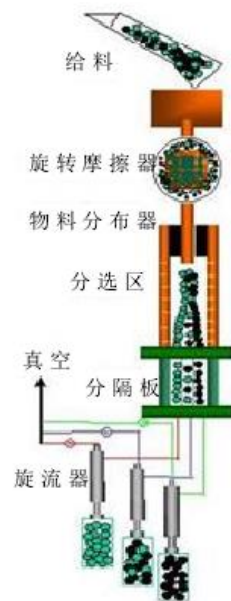
气流频率对分选效果的影响



6-1mm煤炭分选分配曲线

5.4 微粉煤摩擦电选技术

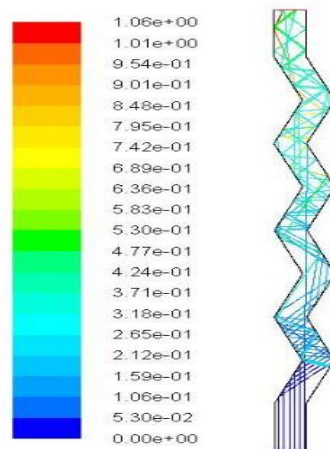
- 摩擦电选是利用物质的**摩擦特性**和**电学特性**的差异，使其在电场中产生不同的荷电量和极性，进而根据物料颗粒受力的差异，改变颗粒在电场中的运动轨迹，实现矿物分离。



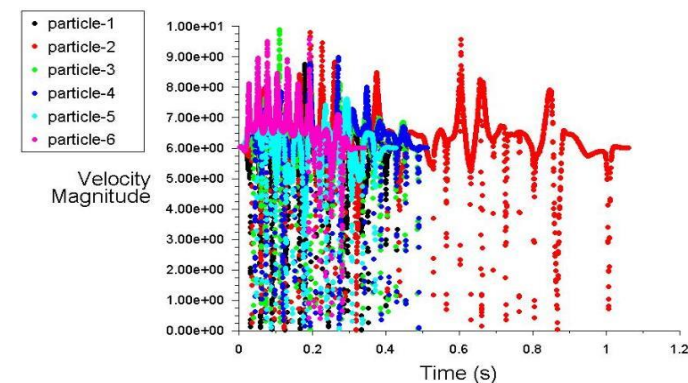
- 建立了微粉煤摩擦电选实验系统，开展了微粉煤改性摩擦电选研究，提出了微粉煤改性摩擦电选的调控方法。
- 针对颗粒在摩擦电选过程中的动力学规律进行了研究，优化了分选机结构，研制了微细粒摩擦电选机。
- 利用摩擦电选机对1-0.3mm和-0.3mm微细煤粉进行分选试验，脱灰率分别为96.07%和81.96%，脱硫率分别为90.64%和71.90%。



实验室摩擦电选系统



颗粒运动轨迹

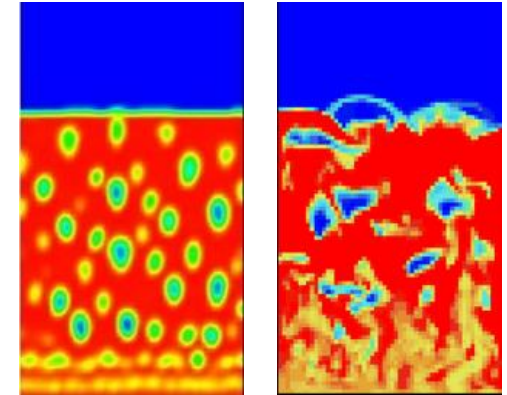
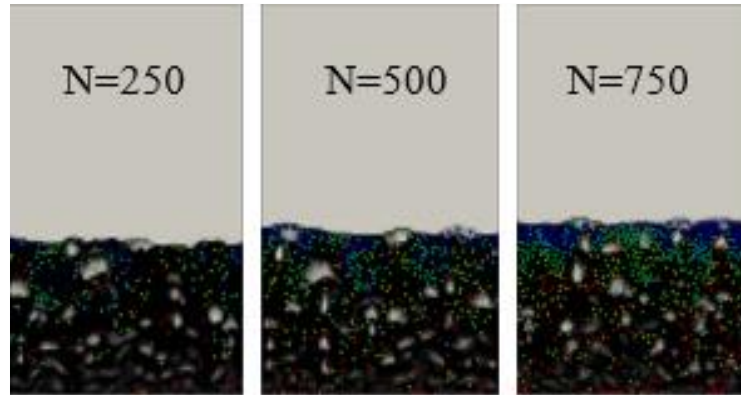
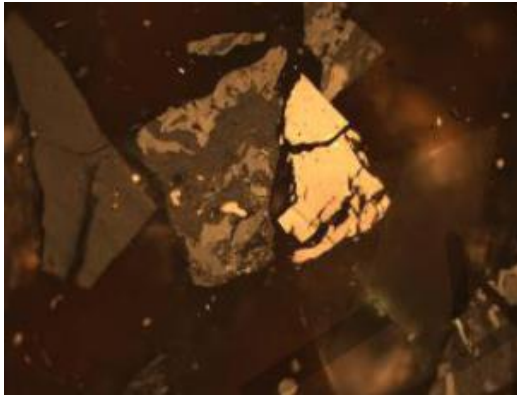


颗粒在分选过程中速度变化规律

三、干法选煤发展方向

1. 开发煤炭精准干法分选技术

- 构建系统的多相、多组分、多尺度的流态化分选理论体系；
- 研究细粒煤高效干法分选技术，实现煤炭全粒级干法分选；
- 提出煤炭精准干法分选技术，实现煤中有机质与矿物质的精准分离、有机显微组分的高效富集；
- 提高煤炭干选技术适应性(外水、细粒含量、粘性)，提出煤炭干法分选可行性评价方法。



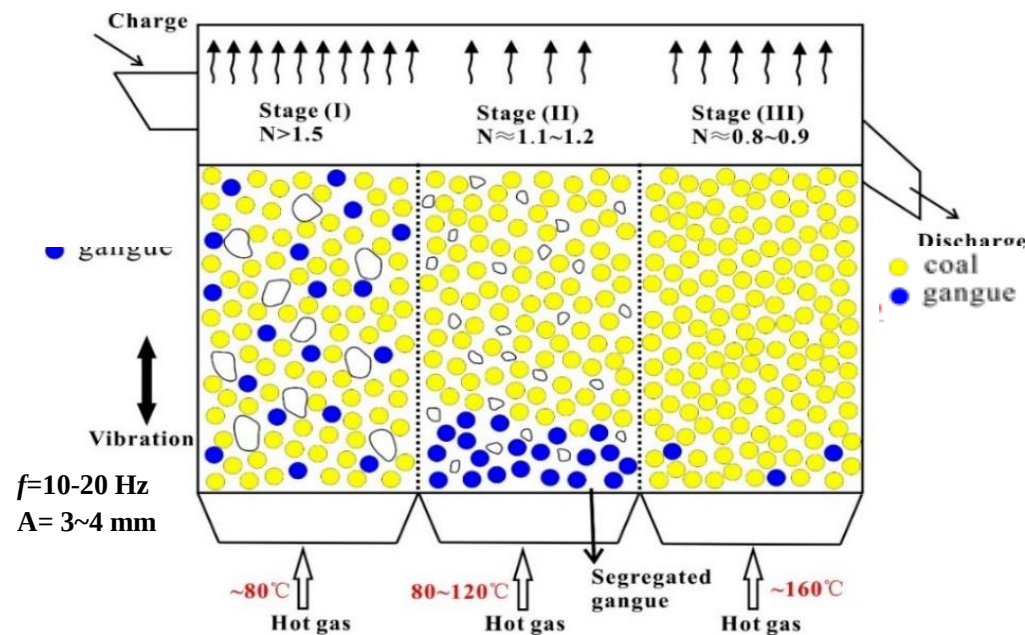
2. 建设现代化大型干法选煤厂

推进选煤厂大型化、标准化、智能化发展。

- **大型化**：开发大型干法选煤装备，完善千万吨级大型干法选煤厂配套装备；
- **标准化**：推进干法选煤装备加工制造、干法选煤工艺设计的规范化、标准化；
- **智能化**：将物联网、大数据、云平台等“互联网+”技术融入干法选煤厂设计、建设和生产管理全过程。

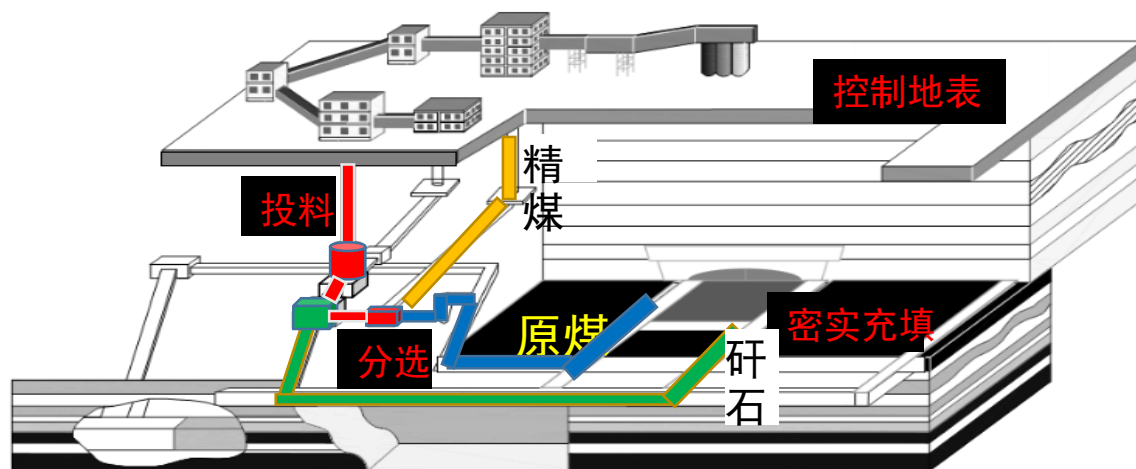
3. 开发低品质煤干法脱灰脱水技术

- 研究气固流态化脱灰脱水耦合机制，发展低能耗、高效率的干法脱灰脱水提质技术；
- 实现煤炭流态化干法脱灰脱水一体化，增强干法选煤技术适应性，为低品质煤清洁高效利用提供有效途径。



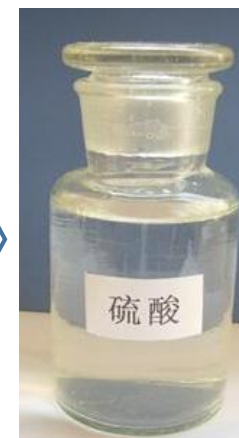
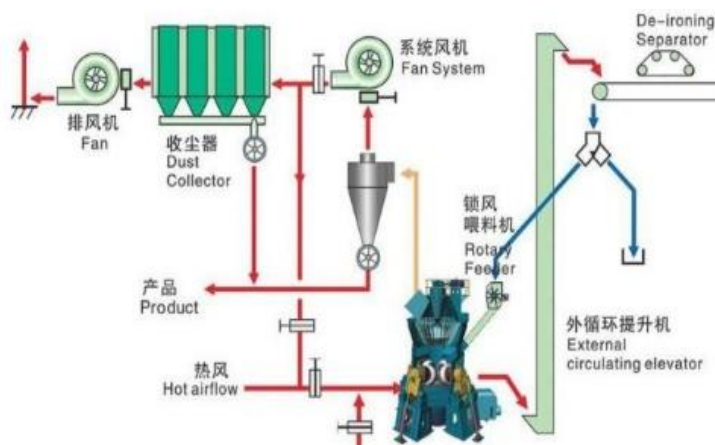
4. 开发井下煤炭原位干法分选技术

- 煤炭井下分选可减少矸石无效运输，降低运输、储存和地面选煤成本，矸石井下就地充填，减少环境污染；
- 开发工艺简单、装备可靠的井下干法选煤技术，建设井下智能干法选煤厂，实现井下煤炭原位干法分选；
- 构建深地煤炭资源流态化开采体系(无人采掘、智能分选、原位转化、充填调控、高效传输)。

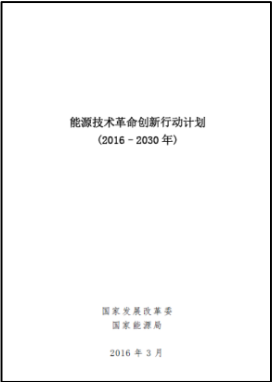
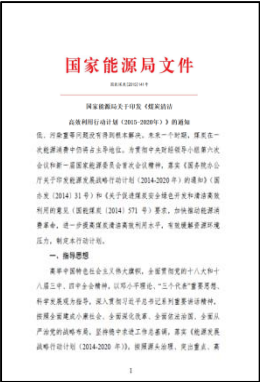


5. 推进煤炭伴生资源综合利用

- 开发煤矸石、粉煤灰、煤泥等的干法分选技术，实现其资源化利用和矿区固体废弃物零排放；
- 研究黄铁矿、铝土矿、高岭土、菱铁矿、锰矿、磷矿、油页岩等煤炭伴生矿物的干法分选技术。
- 开发煤岩系中镓、铈和稀土等元素的分选富集技术。



- 2014年以来，国家发改委、能源局、中国煤炭工业协会等出台一系列文件提出：**发展高效干法选煤技术，促进煤炭清洁利用。**
- 2016年，中国煤炭工业协会将**高效干法选煤技术**列入“十三五”期间煤炭行业重大科技课题。
- “一带一路”倡议沿线多个国家煤炭资源丰富、水资源短缺，为高效干法选煤技术的发展提供了机遇，应用前景广阔。



在选煤人的不懈努力下，我国干法选煤技术取得重大突破，国际领先。在国家政策的支持下、在中国煤炭加工利用协会的指导下，企业、高校和科研院所共同努力，产学研联合，干法选煤技术将实现快速发展。

绿色选煤、精准选煤、智能选煤

燃料 ➡ **燃料、原料、材料**

