参考译文，由 Van Phong 技术与贸易有限公司翻译。以已发表的原文为准；图表请参阅原文。

林同铝业公司（TKV）循环流化床锅炉备煤系统中CRS1414交错旋转盘式筛的应用效果评价

黎清平 博士（Le Thanh Binh）

科技论文，2026年

摘要

在循环流化床锅炉的备煤工序中，采用振动筛筛分高水分煤时常出现物料黏附和筛面堵塞现象，导致筛分效率下降、进入破碎机的煤量增加。本文介绍了CRS1414交错旋转盘式筛的工作原理、结构特点及其在林同铝业公司热电车间的应用结果，旨在提高破碎机前煤的分级效率。该设备采用装有交错布置圆盘的旋转轴，形成动态筛缝，同时实现物料的输送、翻搅、松散和分级。试运行结果表明，在煤的平均水分约为8.2%时，设备的平均筛分效率达到85.8%。部分时段由于煤在给料溜槽上黏附导致煤流分布不均，以及煤在筛缝处积聚，筛分效率降至80%以下。在对系统进行清理、改善料流分布并对给料溜槽加装复合材料衬板后，筛分效率重新回升至90%以上。采用CRS1414筛后，处理后煤中小于1 mm颗粒的比例由53.1%降至42.1%，从而减少了需经破碎机的合格粒度煤量，抑制了过粉碎。但大于8 mm颗粒的比例由2.2%增至5.5%，主要为长条状、扁平状或片状颗粒，未发现大于16 mm的颗粒。结果表明，CRS1414交错旋转盘式筛在试验条件下满足筛分效率要求，在条件相近的备煤生产线上具有应用前景。

关键词：*交错旋转盘式筛；CRS1414；煤炭分级；高水分煤；筛分效率；煤炭破碎；循环流化床锅炉*

1. 问题的提出

在采用循环流化床（CFB）锅炉的火力发电厂中，入炉煤的粒度组成是影响燃烧工况、颗粒停留时间、燃尽程度和燃料利用效率的因素之一。在备煤系统中，筛分设备的任务是分离出已达到要求粒度的煤，仅将超粒度部分送入破碎机。高效工作的筛子可以减少需破碎的煤量，节约电能，减轻破碎机锤头和衬板的磨损，同时减少因已合格颗粒被再次破碎而产生的细粒。

在林同铝业公司热电车间，原有的振动筛系统在处理水分高于8%的煤时暴露出诸多局限，尤其是在雨季或煤的水分超过10%时。高水分使煤易于黏结并附着在筛面上，导致筛孔缩小甚至完全堵塞，分级效率明显下降。在某些运行时段，大部分入料煤未能透过筛面而直接进入破碎机。因此，即使已达到要求粒度的颗粒也继续被破碎，造成过粉碎，增加电耗，加剧破碎机锤头和衬板的磨损，并提高入炉煤中的细粒比例。

公司曾采取了调整工作制度、改变给料量以及试用不同类型的筛面和筛网等措施。然而，这些措施均未能彻底解决高水分煤的黏附和堵塞问题。从原理上讲，在筛分前降低煤的水分可以改善分级效果；但煤干燥方案由于投资大、占地多，难以在现有生产线上应用，且会增加能耗，同时对粉尘、热量控制和运行安全提出更严格的要求。

[图1 — 见原文PDF第2页] 筛分高水分煤时振动筛筛面堵塞现象

上述实际情况要求选择一种适用于潮湿、易黏附且细粒含量高的煤的筛分方案。新筛分系统须达到150 t/h的处理能力；适用于TCVN 8910:2020标准规定的5号和6号末煤以及部分进口煤；分离出粒度≤8 mm的煤；能在水分高达15%的条件下工作。要求在煤水分≤11%时筛分效率不低于85%。

在现状调研、煤质特性分析、工艺要求分析及设备方案比选的基础上，作者提出选用交错旋转盘式筛取代现有振动筛系统。上述要求是设备选型和安装后试运行结果评价的依据。

本研究重点通过筛分效率指标和处理后煤粒度组成的变化，评价CRS1414交错旋转盘式筛在林同铝业公司备煤系统实际运行条件下的适用性和分级效率。

2. 交错旋转盘式筛的结构、工作原理与参数

交错旋转盘式筛的工作面由多根平行布置的旋转轴构成。每根轴上按一定间距安装筛盘；相邻两轴上的筛盘交错布置，形成动态筛缝系统。筛缝的大小和形状取决于筛盘轮廓、筛盘间距以及各轴之间的相对位置。

[图2 — 见原文PDF第3页] 交错旋转盘式筛的基本结构

设备主要由机架、轴–盘组件、传动系统、给料装置、排料口和防护罩组成。其中，轴–盘组件直接完成物料的输送和分级过程。筛盘轮廓、安装间距、轴数、转速和筛面尺寸根据物料特性、设计处理能力和要求的分级粒度进行选择。

[图3 — 见原文PDF第3页] 筛子的轴–盘组件和传动系统

设备工作时，各盘轴同向旋转，使物料从给料端向排料口移动。筛盘的连续运动使料层被翻搅、分散，并多次与筛缝接触。粒度合适的颗粒穿过筛缝并在下方收集；未透筛部分继续移动至筛子末端，进入破碎机。筛盘与物料之间的相对运动还具有松散物料的作用，可减少筛缝处的黏附和卡堵现象。

[图4 — 见原文PDF第4页] 轴–盘组件形成动态筛缝

根据工艺要求和现有场地条件，作者建议选用CRS1414交错旋转盘式筛，其设计处理能力为150 t/h，筛面宽度1,400 mm，由14根平行布置的旋转轴组成。每根轴由一台功率为3 kW的减速电机独立驱动。独立驱动配置可将功率分配到每根轴上，并便于设备的运行和维护。

[图5 — 见原文PDF第4页] 安装于热电车间的CRS1414交错旋转盘式筛

3. 试运行结果与评价

3.1. 试运行方法及筛分效率的确定

进行带负荷试运行，以评价CRS1414交错旋转盘式筛的运行能力、处理能力、筛分效率和粒度分级质量。试验分两个阶段进行：首先在不同负荷水平下试运行，以调整并检验设备的响应能力；随后进行连续72小时的带负荷联动试运行。

试运行期间，每班在三个位置采取煤样：筛前煤流（位置1）、筛下煤流（位置2）和进入破碎机的筛上煤流（位置3）。对试样进行粒度组成分析，以确定≤8 mm合格粒度煤的回收能力。

筛分效率根据从初始给料流中分离出≤8 mm合格粒度煤的能力来确定，而不仅仅依据筛下煤量占入料总煤量的质量比。试运行方案中建立并采用的筛分效率（E）计算公式如下：

$$E = (a_1 - a_2) / [a_1(1 - a_2)] \times 100\%$$

式中：E为筛分效率，%；a_1为筛前煤样中粒度≤8 mm煤粒所占比例，以小数表示；a_2为进入破碎机的筛上煤样中粒度≤8 mm煤粒所占比例，以小数表示。

3.2. 筛分效率及处理后煤的粒度组成

试运行期间，CRS1414的筛分效率在各班之间有所波动，平均值达到85.8%，高于煤水分≤11%条件下要求的最低值85%。但在部分试验班次中，效率降至85%以下，其中有时低于80%。

表1. 带负荷联动试运行期间CRS1414筛分效率测定结果

班次	处理能力（t/h）	水分（%）	比例a_1（%）	比例a_2（%）	筛分效率（%）
1	150	8.14	70.9	39.3	73.5
2	150	8.00	76.0	37.5	81.1
3	150	8.64	61.1	33.7	67.7
4	150	7.85	73.4	15.9	93.1
5	150	8.11	74.6	8.8	96.7
6	150	7.84	74.5	14.7	94.1
7	150	8.51	77.5	40.5	80.3
8	150	8.31	74.4	12.4	95.1
9	150	8.42	76.7	23.7	90.6
平均	**150**	**8.20**	**73.2**	**25.2**	**85.8**

[图6 — 见原文PDF第6页] 72小时联动试运行期间CRS1414的筛分效率（按试验班次的筛分效率曲线图）

经现场检查，部分试验班次筛分效率下降的主要原因被确定为运行一段时间后潮湿煤在给料溜槽和轴–盘组件上的黏附。给料溜槽表面原先采用SUS304不锈钢贴面；运行一个班次后，潮湿煤可能积聚成大块黏结物。若在班末未进行清理，这些黏结物会改变下一班次物料流的运动方向，使煤偏向一侧集中，而不是在整个筛面宽度上均匀分布。其结果是筛子的有效工作面积减小，直接影响分级能力。

[图7 — 见原文PDF第7页] 给料溜槽上的煤黏附现象导致进入筛子的煤流偏斜

同时，每个运行班次后，部分潮湿煤黏附积聚在轴–盘组件上和筛缝处。若不及时清理，黏附的煤层趋于更加牢固地黏结，在下一班次运行过程中难以自行脱落，从而缩小筛缝的有效截面，减少物料与分级表面的接触机会。这是部分试验时段筛分效率下降的原因之一。在发现效率异常下降时，对系统进行了检查和清理。每次消除黏附和给料不均问题后，紧接着的试验中筛分效率均重新回升至90%以上。

[图8 — 见原文PDF第8页] 每个运行班次后煤在轴–盘组件和筛缝处的黏附积聚，降低了下一班次的分级效率

为减轻给料溜槽处的黏附现象，在溜槽表面增设了复合材料衬板。改造后，溜槽上黏附的煤量明显减少，物料流在整个筛面宽度上分布更加均匀，从而改善了工作条件，保持了CRS1414筛的分级效率。

上述结果表明，筛子的效率不仅取决于结构参数和物料特性，还在很大程度上受给料条件和设备清理制度的影响。因此，保持物料流在整个筛面宽度上均匀分布，同时在每班后定期清理给料溜槽、轴–盘组件和筛缝，可确保系统稳定的工作效率。

表2. 采用振动筛与CRS1414筛时处理后煤粒度组成的比较

方案	煤的水分（%）	>16 mm（%）	10–16 mm（%）	8–10 mm（%）	4–8 mm（%）	2–4 mm（%）	1–2 mm（%）	0.25–1 mm（%）	<0.25 mm（%）	<1 mm（%）
振动筛	8.4	0.0	0.8	1.4	10.4	15.9	18.4	37.0	16.1	53.1
CRS1414筛	8.9	0.0	1.9	3.6	17.1	17.8	17.6	26.5	15.6	42.1
差值	**0.5**	**0.0**	**1.1**	**2.2**	**6.7**	**1.9**	**-0.8**	**-10.5**	**-0.5**	**-11.0**

除筛分效率指标外，还对处理后煤的粒度组成进行了分析，以评价筛分设备更换对煤粒度级配的影响。各次调查的分析结果表明，小于1 mm颗粒的比例由使用原振动筛时的53.1%降至使用交错旋转盘式筛时的

42.1%，即降低了11.0个百分点，相对于初始水平降低约20.9%。

降幅主要集中在0.25–1 mm粒级，由37.0%降至26.5%，即降低了10.5个百分点。小于0.25 mm颗粒的比例仅略有下降，由16.1%降至15.6%。与此同时，4–8 mm粒级颗粒的比例由10.4%增至17.1%。

上述结果表明，CRS1414筛在破碎机前分离出了更多的合格粒度煤，从而减少了不必要进入破碎工序的物料量，抑制了因过粉碎而额外产生的细粒。变化主要发生在0.25–1 mm粒级，而小于0.25 mm的极细颗粒比例变化不大。

3.3. 筛后煤流中的超粒度颗粒

粒度组成分析结果表明，处理后的煤流中仍存在一定比例名义粒度大于8 mm的颗粒。8–10 mm颗粒的比例由使用原振动筛时的1.4%增至使用CRS1414筛时的3.6%；10–16 mm颗粒的比例由0.8%增至1.9%。大于8 mm颗粒的总比例由2.2%增至5.5%，即增加了3.3个百分点。在所分析的试样中未发现大于16 mm的颗粒。

名义粒度大于筛缝的颗粒仍能透筛的现象，与颗粒形状特征和动态筛缝的工作原理有关。一些长条状、扁平状或片状颗粒虽然长度大于8 mm，但其宽度或厚度小于筛缝尺寸，因此在运动过程中处于有利取向时仍可透过筛缝。因此，通过筛析法确定的名义粒度可能大于颗粒实际通过的筛缝尺寸。

[图9 — 见原文PDF第9页] 长条状、扁平状煤粒在运动取向有利时透过8 mm筛缝

这一结果表明，颗粒形状是选择筛缝尺寸和优化轴–盘配置时需要考虑的因素。虽然超粒度颗粒比例有所增加，但这部分颗粒主要集中在8–16 mm粒级，在所分析试样范围内未出现大于16 mm的颗粒。

3.4. 讨论与改进方向

初步试验结果表明，CRS1414交错旋转盘式筛能够在热电车间备煤系统的实际运行条件下处理潮湿、易黏附的煤。但现有结果仅反映了煤平均水分约8.2%的试运行条件。因此，需要在更长时间内、在不同水分、煤质和给料负荷条件下（特别是雨季）继续跟踪观测，以全面评价设备在整个工艺要求范围内的工作能力。

在设备结构方面，需要进一步评价筛盘、轴和轴承的磨损程度；研究优化筛盘轮廓、筛缝尺寸和转速；同时考虑采取措施，限制名义粒度大于8 mm的长条状、扁平状或片状颗粒透过筛缝。还需测定改造前后筛分–破碎系统的单位电耗，以量化该方案的节能效果。

除评价筛分设备外，还需在负荷和煤质相当的条件下组织对比试验，以更清楚地确定粒度组成变化对锅炉运行过程的影响。需监测的参数包括：粒度组成、水分和燃料特性；燃烧室温度；O_2和CO浓度；配风方式；物料循环能力；飞灰中未燃尽碳含量或烧失量；底渣中未燃尽碳含量以及煤耗率。

补充监测结果将作为全面评价系统稳定性、耐久性、能源效率以及筛后煤粒度级配与CFB锅炉运行工况之间关系的依据；同时服务于CRS1414筛参数的优化，并考察其在工艺条件相近的生产线上的应用可能性。

4. 结论

交错旋转盘式筛是适用于散状物料分级的设备方案，尤其适用于水分高、易黏附、难以用固定筛面筛分的物料。由于采用装有交错布置圆盘的旋转轴系形成动态筛缝，设备可同时完成物料的输送、翻搅、松散和按粒度分级过程，从而减少工作过程中的堵塞现象。

在林同铝业公司热电车间的试运行结果表明，在煤平均水分约8.2%时，CRS1414交错旋转盘式筛的平均筛分效率达到85.8%，在试验条件下满足对平均效率值的要求。设备效率在很大程度上受物料流在筛面宽度上的分布程度和筛缝清洁状况的影响。在处理黏附问题、采用复合材料衬板改造给料溜槽并清理轴–盘组件后，后续试验中的筛分效率达到90%以上。

该设备在破碎机前有效分离出合格粒度煤，使处理后煤中小于1 mm颗粒的比例由53.1%降至42.1%，从而抑制了过粉碎。大于8 mm颗粒的比例由2.2%增至5.5%，主要是长条状、扁平状或片状颗粒在运动取向有利时透过筛缝所致。但超粒度颗粒仅集中在8–16 mm粒级，比例较小，且未发现大于16 mm的颗粒。

总体而言，试验结果表明，CRS1414交错旋转盘式筛满足备煤工序的工艺目标，提高了破碎机前煤的分级效率并抑制了过粉碎。所取得的结果为进一步完善设备以及在原料特性和工艺条件相近的备煤生产线上推广应用提供了依据。

参考文献

1. Phương án chạy thử có tải - Gói thầu số 02: Cung cấp, lắp đặt hệ thống sàng than, thuộc Dự án đầu tư hệ thống sàng than phục vụ duy trì sản xuất Phân xưởng Nhiệt điện, Nhà máy Alumin Lâm Đồng. Công ty TNHH Cơ điện Đại Dương, 3/2026.
2. Kết quả phân tích thành phần cỡ hạt than và tính toán hiệu suất sàng CRS1414 trong quá trình chạy thử. Phân xưởng Nhiệt điện - Nhà máy Alumin Lâm Đồng, 3/2026.
3. CRS Cross Screen; PCKF Reversible Hammer Crusher - Product Catalogue. Shijiazhuang Gongbei Heavy Machinery Limited Company, Shijiazhuang, Hebei, China.
4. Lê Thanh Bình. Hồ sơ đề xuất, tư vấn lựa chọn giải pháp sàng phân loại than cỡ hạt nhỏ phù hợp điều kiện độ ẩm cao cho Phân xưởng Nhiệt điện - Nhà máy Alumin Lâm Đồng. 2024.
5. TCVN 1693:2008 (ISO 18283:2006). Than đá và cốc - Lấy mẫu thủ công.
6. TCVN 8910:2020. Than thương phẩm - Yêu cầu kỹ thuật.