

微波水分仪在入炉焦炭水分检测上的应用

范中伟 范保昊 范中武

安钢集团信阳钢铁有限责任公司

摘要：炼铁高炉在使用干熄焦与湿熄焦混合入炉时，由于焦炭含水量的波动，会导致焦炭负荷的波动，进而引起炉温的波动。若调整不准确或不及时，极易引发炉凉、炉热、渣铁不流及粘沟等问题，影响炉前设备的正常运行，最终破坏炉况的顺行。本文主要探讨了入炉焦炭水分对高炉冶炼过程的影响，并介绍了微波水分仪的检测原理及其使用优势。

关键词：微波水分仪；入炉焦炭；炉况顺行

焦化厂生产的焦炭根据熄焦方式的不同，主要分为干法熄焦和湿法熄焦两种形式。干法熄焦生产的焦炭含水量较低且较为稳定，其含水量波动范围通常控制在 0.1% ~ 0.2%；而湿法熄焦生产的焦炭含水量较高，且波动幅度较大，一般在 7.7% ~ 15.1%。特别是在雨天或焦炭含水量持续增加的情况下，若高炉冶炼过程中未能及时调整焦炭负荷，将对炉况产生显著影响；反之，当焦炭水分降低时，若未能及时调整负荷，则容易引发炉热问题。由于化验部门提供的化验数据存在采样点少和时间滞后的问题，难以满足实时监测的需求。因此，采用微波水分仪对入炉焦炭水分进行实时检测，可以在一定程度上有效解决上述问题。

1 焦炭水分对高炉冶炼的影响

焦炭水分的含量直接影响焦炭入仓时带入的粉末量以及高炉值班工长对入炉燃料的核算量，进而引发高炉炉温波动和炉况异常。轻微情况下可能导致悬料或挂料，严重时则可能引发炉缸堆积、渣铁排出不畅等问题，从而降低炉

缸的蓄热能力以及风口理论燃烧温度，造成一系列不利影响。

焦炭在高炉生产中不仅承担着发热剂、还原剂和增碳剂的作用，还肩负着最为关键的骨架功能。从炉身与炉腰衔接处的软熔带至炉缸渣铁液面之间，唯有焦炭以块状形式存在，支撑着整个料柱的骨架结构，同时承受着气流和液态渣铁的冲刷。焦炭的热态强度直接决定了高炉炉况的顺行程度，而湿法熄焦所含的水分在炉喉受热后会迅速膨胀蒸发，导致焦炭内部结构的空隙和裂缝扩张甚至破碎。焦炭水分含量越高，膨胀现象越严重，崩塌料的情况也会更加显著，从而破坏料柱的热稳定性，导致焦窗通透性变差，煤气流动紊乱，最终引发炉况失常^[1]。

2 微波水分仪的测量原理

微波是一种高频电磁波信号，其通过介质时会引起频率衰减和相位变化，这些变化主要由材料的介电常数和损耗角正切值决定。水作为一种极性物质，其介电常数和损耗角正切值远高于普通材料。通常情况下，含水材料的介电常

数和损耗角正切值的高低与其水分含量直接相关。微波水分仪通过安装在传输带下方的 C 形骨架下臂的微波发射源发射微波信号，该信号穿透传输带及物料后，由位于传输带上方的 C 形骨架上的微波接收器接收。通过分析微波能量的衰减程度和相位角的变化，即可准确测定物料中的水分含量。

3 微波水分仪的优点

微波原理的优势在于其能够穿透导电性材料。材料的基本分子结构在微波穿透时会产生电磁场共振，在此过程中，微波会消耗部分能量，这种能量损耗随材料含水量的增加而增大，并且损耗后的能量会传递到材料的另一侧。水不仅能够吸收微波能量，还会反射部分微波能量，这两种特性均可用于测定水分含量。在物料运输过程中，位于微波发射探头与接收探头之间的物料会被实时检测，到达接收探头的微波功率会因水分浓度的增加而降低。通过计算物料的光吸收量及其他几何函数参数，即可得出物料的含水率。除了发射探头与接收探头可置于物料同一侧外，微波反射

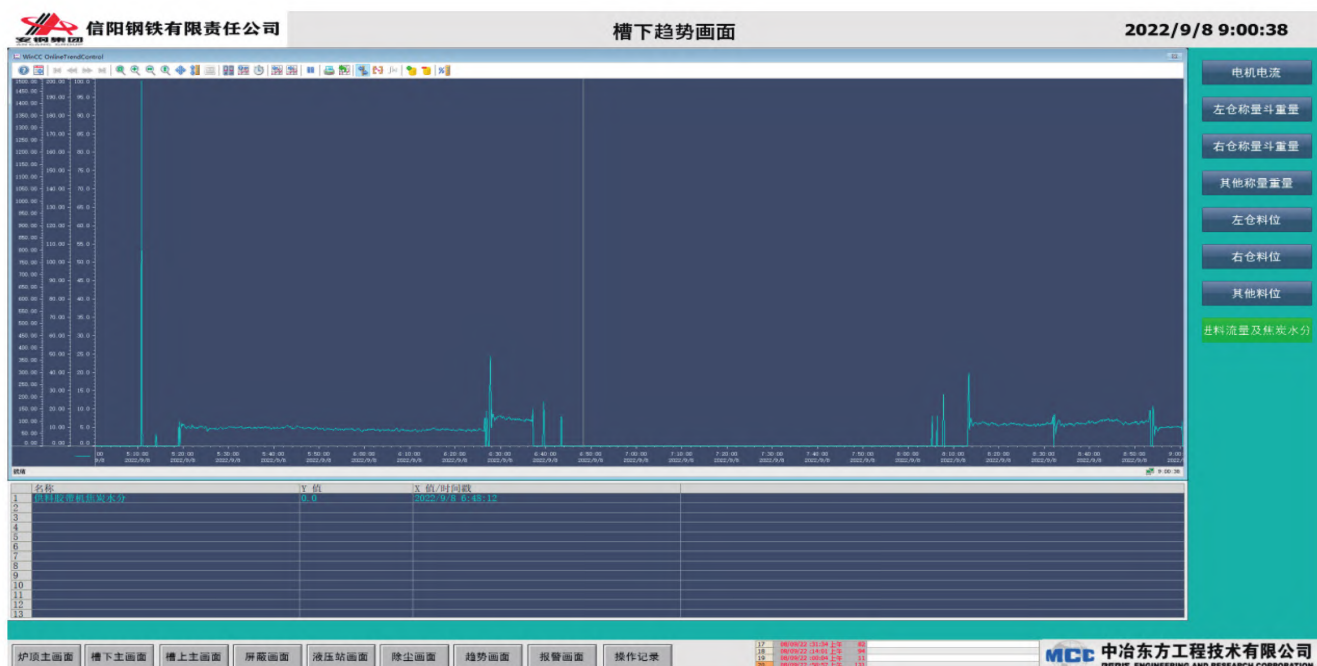


图 1 焦炭水分检测趋势图

法的其他步骤与透射法相同。由于微波能够完全穿透物料，因此可以准确测量物料的物理性质及水分含量。焦炭水分检测趋势如图 1 所示。

在传输带环境下，微波水分仪提供了智能化的告警控制功能，主要用于应对料层厚度和形状的突变情况。料面的工作状态可根据现场操作人员的需求进行实时监控，从而减少人员与灰尘、腐蚀性物料的直接接触，实现远程环境监控。微波水分仪使用的微波强度极低，下部天线发射的微波总功率小于 10 mW (10dBm)。在正常使用情况下，人员不会接触到辐射。实际上，只要与微波水分仪保持 1 m 以上的距离，微波辐射即可忽略不计。

微波水分仪是基于 ARM 平台的全自动在线检测系统，不仅能够现场显示实时测量数据，还可通过 4-20mA 信号将数据远传至高炉本体 PLC，使高炉工长能够在电脑上查看实时数据及历史趋势。其安全性更高，无任何可移动部件和易损部件，使用寿命可达十年，且对被测物料的 pH 值和导电性均不敏感。

微波水分仪具有高精度和宽量程比

的特点，水分检测范围覆盖 0% ~ 100%，最高精度可达 0.2%。能够显示被测物截面的水分分布和密度分布，并通过全面分析水分浓度进行推断。其支持多种工业通信协议和组网模式，可实现简单的自动控制与系统集成，并可与其他智能设备配套连接。

采用非接触式穿透检测技术，无需磨探探头或接触物料，检测过程无干扰。被测物料的高度、大小、密度、温度、种类和质量等因素均不会影响检测结果，无需考虑密度补偿、压力补偿和温度补偿即可准确计算水分含量，并提供瞬时测量值以支持过程管理。

微波水分仪内置多种条件下的水分数据模型和校准曲线，使用过程中无需频繁校准。相比之下，红外、电容和电导原理的水分检测方法存在一定局限性。放射源原理会增加维护成本和潜在风险，而红外原理仅能检测材料表面的水分，微波原理则可检测材料整体的水分。红外原理的测量结果易受颜色变化和光照强度的影响，而微波原理则不受这些因素干扰。在恶劣的工业环境中，红外原理的镜头积灰会干扰测量结果，

而微波原理则不受此影响。

4 常见故障及使用效果

经过多年运行，微波水分仪常见的故障主要包括：料层厚度过薄、高度补偿仪损坏、更换传输带时导致发射源偏移，以及发射源与接收器之间存在偏差等，这些情况均可能导致检测数据失真。因此，需加强点检和维护工作，以确保数据的准确性。

微波水分仪投入使用后，通过精确分析穿透物料后的微波信号，实时推导并输出焦炭的水分含量，并在电脑 WINCC 组态界面上显示。这一功能有效协助高炉工长掌握入炉焦炭的水分波动情况，从而及时调整入炉焦炭及其他原料的配比。焦炭水分的快速、准确测量对稳定炼铁生产至关重要，为高炉长期稳定运行提供了有力保障。

参考文献：

- [1] 周在杞，周克印，许会. 微波检测技术 [M]. 北京：化学工业出版社，2007.