晋华炉余热回收负荷调节

晋华炉通过废锅结构优化、煤种控制和操作控制，已成功实现长周期运行废锅蒸汽无衰减。2021年6月10日，由石化联合会组织的晋华炉3.0辐射废锅副产蒸汽达产达效长周期稳定运行现场会在新疆石河子市召开。具有标志意义的晋华炉3.0在新疆天业汇合新材料有限公司连续稳定高效运行超过百天，单炉生产有效气97000 标准立方米/小时、副产9.0~9.8兆帕、饱和蒸汽60吨/小时无衰减，创造了新的里程碑。截止目前，晋华炉单炉最长连续运行时间已超过130天[1]。



晋华炉废锅是通过高温合成气将锅炉水间接加热，使部分锅炉水汽化来产生蒸汽的。废锅作为换热设备，虽然换热面积在气化炉投入运行后保持不变，但是当工况变化时依然会引起换热强度变化，从而使废锅蒸汽产量发生一定的波动。

当气化炉负荷发生变化时，气化炉产气量随之变化，进入废锅的合成气流量也会发生变化，既影响废锅内的温度分布，也会影响废锅内气体流速，从而使废锅换热系数和换热温差发生变化，最终影响废锅换热量和蒸汽产量。气化炉运行结果表明，负荷增加10%，废锅蒸汽产量将增加10%~20%。

当气化炉入炉煤种发生变化时，由于煤质的变化或者煤浆浓度的变化，气化炉产气量也会发生变化，产生与负荷变化相同的效果，而且由于合成气组分也会发生变化，导致合成气的热容量与辐射换热特性发生变化，影响废锅换热量和蒸汽产量。当气化炉入炉煤种的灰熔点发生变化时，为了适应液态排渣要求需要调整气化温度，进入废锅的合成气温度随之变化，从而影响废锅换热量和蒸汽产量。研究表明，煤灰熔点增加50℃，废锅蒸汽产量将增加5%~10%。需要说明的是，上述废锅蒸汽产量的波动均可在气化炉负荷或者煤种恢复后而恢复。

此外，当气化炉入炉煤种发生变化时，还有可能导致废锅挂渣，使得灰污热阻增加，降低废锅换热效率和蒸汽产量。这主要是因为煤灰中的碱性金属组分较高，易局部聚集形成低熔点的共熔物（某些低熔点共熔物的共熔温度最低在800℃~1000℃以下），即使煤灰在废锅内冷却至灰熔点以下，这些共熔物仍处于熔融态且具有相当的粘性，引起废锅受热面结渣或者积灰。在这种情况下，需要重新调整入炉煤，并对操作进行调整优化，使废锅受热面上沉积的灰渣掉落，才能使废锅蒸汽产量恢复至正常值。在新疆天业汇合新材料有限公司运行的晋华炉，在废锅挂渣导致废锅传热恶化后，采用上述方法实现了废锅蒸汽产量的恢复。

废锅蒸汽产量发生波动后，将引起气化系统内部热量分布的变化，影响洗涤塔出口合成气温度以及闪蒸系统热负荷。

当废锅蒸汽产量降低时，由黑水带入洗涤塔和闪蒸系统的热量增加。洗涤塔出口合成气温度升高，即进变换单元合成气水气比增加，将引起变换单元副产低压蒸汽量增加，而变换单元操作无需调整。排入闪蒸系统黑水温度升高，即闪蒸系统热负荷增加，将使闪蒸系统循环水消耗略有增加，而闪蒸系统操作无需调整。

当废锅蒸汽产量增加时，由黑水带入洗涤塔和闪蒸系统的热量减少。洗涤塔出口合成气温度降低，即进变换单元合成气水气比降低，如果低于变换单元正常运行要求的水气比，可以将废锅多副产的饱和蒸汽加入至变换单元合成气预热器后，既提高了合成气的水气比以满足变换要求，又使系统外送的废锅副产蒸汽维持稳定，避免了蒸汽管网的冲击。在山东清河化工科技有限公司煤制氢项目中，气化单元采用水冷壁气化炉废锅流程，变换单元采用三级绝热变换，在变换单元的煤气预热器后配置有废锅副产饱和蒸汽管线与合成气混合，无需采用动力站的过热蒸汽。在运行过程中既满足了变换炉的水气比要求，又平衡了外送饱和蒸汽的量，山东清河化工煤制氢项目自2020年6月开车已稳定运行至今。

综上所述，晋华炉废锅蒸汽产量已实现130天以上长周期无衰减。当负荷或者煤种变化时可能引起废锅蒸汽产量的波动，上述波动在煤种控制和操作优化的情况下是可逆的，而且对后续变换单元和闪蒸系统的影响和冲击较小。

参考文献：

[1].新疆天业晋华炉3.0连续高产稳定运行达130d[J].氮肥与合成气,2022,50(01):14.

作者简介：管清亮，男，1988年10月出生，博士研究生学历，高级工程师，2015年毕业于清华大学热能工程系，主要从事煤气化和煤炭清洁高效利用技术研究和开发工作。

撰稿 | 管清亮

编辑 | 李瑞丹

审核 | 岳军