德士古气化装置常见堵渣问题的简易排查与处理

段阳阳
陕西长青能源化工有限公司　陕西　宝鸡　721405

摘　要：德士古水煤浆气化装置运行中，渣口及排渣系统堵渣是导致非计划停车的主要故障类型之一。本文针对现场操作人员面临的堵渣原因识别难、排查流程不清等问题，从堵渣的核心危害、常见发生区域及主要诱因入手，建立了一套涵盖运行参数初查、现场核验确认、根本诱因溯源的三级简易排查体系，并按照轻微、中度、严重三个等级提出分级处理方法，配套日常操作管控、预判预警识别及安全注意事项等预防措施。本文方法简便实用，旨在为一线操作人员提供快速准确的堵渣排查处理技术参考。

关键词：德士古气化；堵渣；水煤浆；气化炉；排查处理

引言：德士古水煤浆气化技术在国内煤化工行业获得广泛应用。然而，气化炉渣口及排渣系统的堵渣问题始终是困扰装置安全稳定运行的重要隐患。堵渣一旦发生，轻则导致气化炉压差升高、合成气带水，重则引发非计划停车，单次处理耗时数小时至数天，直接造成合成气产量损失、设备寿命折减及复工消耗的大量成本。当前多数气化装置的堵渣处理仍以个人经验为主导，缺乏系统化、标准化的排查与处置方法。本文立足现场操作实际，从简易实用的角度出发，建立一套逻辑清晰、步骤明确的堵渣排查处理体系，为一线人员提供快捷有效的技术指导。

1 德士古气化装置堵渣问题的基础认知

1.1 堵渣问题的核心危害

堵渣对德士古气化装置造成的危害是多维度的，会沿着气化系统的工艺链路逐步传导放大。最直接的后果是渣口流通截面积持续缩小，渣口压差短时间内快速攀升，激冷室液位出现无规则剧烈波动，严重时合成气会携带大量未完全冷却的液态渣水直接冲入后续洗涤系统，造成洗涤塔入口管线快速结垢堵塞、水洗塔塔盘表面积渣增厚，直接破坏合成气的净化效果。从运行安全角度看，严重堵渣会导致气化炉燃烧室压力急剧升高，轻则触发系统联锁报警，重则引发安全阀起跳甚至炉体超压损坏，带来重大安全风险。从经济效益角度衡量，以日处理煤1000吨级的典型气化炉为例，单次堵渣停车的直接损失包括未反应的煤浆浪费、高压氧气放空损耗、复工升温燃料气消耗及外购合成气补充费用等，单次损失可达数十万元。另外，频繁发生的局部堵渣还会加速渣口部位耐火砖的异常侵蚀减薄，大幅缩短气化炉的连续运行周期，被迫增加非计划大修频次，进一步推高装置的全生命周期运维成本。

1.2 堵渣故障的常见发生区域

德士古气化装置的堵渣故障并非随机分布，而是高度集中于几个特定的工艺节点，排查时可按优先级快速锁定方向。第一区域为气化炉渣口部位，包括耐火砖缩口处及渣口下沿的激冷水喷淋环附近，是堵渣最频繁、危害最严重的发生地，约占所有堵渣故障总量的45%以上。第二区域为激冷室底部与破渣机入口段，该处空间开阔、流速骤降，极易积聚大颗粒未熔融渣块或从炉壁脱落的耐火内衬碎片，当渣块积聚量超过破渣机的额定破碎能力时，就会形成完全堵塞阻断排渣通道。第三区域为锁斗系统的各管线及阀门处，特别是锁斗入口管线的90°弯头、锁斗循环泵入口管线，渣水流速在此处大幅降低，易因粗渣沉积形成局部堵塞，影响锁斗的正常充泄压与排渣流程。第四区域为渣水处理系统的渣池入口格栅及捞渣机槽体内部，此处堵渣虽不直接影响气化炉的运行，但会造成渣水无法正常排出，长期积累后会反向影响上游激冷室的渣水循环平衡。操作人员开展堵渣排查时，应严格按照上述区域的优先级从上游至下游依次检查，避免无效折返浪费处置时间[1]。

1.3 堵渣问题的核心诱因分类

堵渣诱因可归纳为煤质、操作和设备三大类。煤质因素中，煤灰熔融特性最为关键——当入炉煤灰熔融流动温度（FT）波动或高于设计值时，若操作人员未及时调整氧煤比，渣温低于FT+50~80℃的安全裕度，灰渣粘度急剧增大，挂附于渣口壁面导致堵塞。操作因素主要包括氧煤比控制失当、气化炉负荷变化过快、排渣时序设置不合理等。设备因素中，工艺烧嘴磨损偏喷是最常见诱因——烧嘴喷口磨损后煤浆雾化效果恶化，火焰偏移，脱落的大块熔渣易在渣口形成架桥；破渣机刀齿磨损、锁斗阀门内漏等也会间接诱发堵渣。实际操作中的

堵渣往往是多因素耦合的结果。

2 堵渣问题的简易分级排查体系

2.1 一级快速初查：基于运行参数的初步定位

一级初查旨在用最短时间（约5~10分钟）判定堵渣是否存在及严重程度。操作人员应首先调阅DCS历史趋势，聚焦三个核心参数：渣口压差（ΔP）的上涨速率是首要依据——若ΔP在数分钟内骤升超过0.2MPa，高度提示大块渣架桥堵塞；若ΔP在数小时内稳步攀升，则倾向于熔渣挂壁或渣积聚。其次观察激冷室液位波动情况，波动幅度大且与锁斗排渣动作强相关，往往意味着渣口下料不畅。第三查看锁斗温度循环曲线和排渣管线温度，若排渣温度偏低或锁斗充压时间延长，提示锁斗入口存在堵塞或阀门内漏。快速初查完成后，操作人员应能初步回答是否堵渣、大致何种类型、是否需要立即降负荷或停车，为下一级排查明确方向。

2.2 二级精准排查：针对性现场核验确认

一级排查确定方向后，二级排查要求操作人员深入现场验证判断。现场核验第一步是查看捞渣机出口渣样——正常排渣为黑色玻璃体颗粒、直径5~20mm、松散不粘结；若出现大量超过50mm超大块渣，提示渣口有大块脱落物架桥；若细粉含量增多、颜色发灰，表明炉温偏低；若渣量明显减少或混有砖块碎粒，需警惕耐火砖剥落。第二步是就地检查破渣机运行状态，倾听运转声音、触摸壳体振动、查看电流曲线是否出现频繁尖峰，判断是否卡阻或过载[2]。第三步检查锁斗各手动阀门位置指示与实际开度是否一致，排除阀门故障或管线堵塞。第四步用测温枪测量渣口附近外壁温度，局部明显偏低暗示该区域渣层挂附偏厚。通过四项现场核验，堵渣类型、精确位置和严重程度应能基本确定。

2.3 三级溯源排查：反向定位根本诱因

前两级排查确认堵渣表象后，三级溯源排查的目标是追溯根本诱因。首先排查操作参数历史轨迹，倒查堵渣发生前2~4小时内氧煤比设定与波动、气化炉负荷调整幅度与速率，分析是否有操作不当。其次审查近期煤质分析报告，重点关注入炉煤FT变化趋势，若FT较前期正常值升高超过30℃而操作温度未作相应上调，煤质波动即为根本诱因；同时查看灰分含量和粒度分布数据。第三排查设备运行历史，对照烧嘴累计运行时间——超过设计周期（通常60~90天）后磨损加剧、偏喷概率上升；核查破渣机累计运行时长与最近检修记录。溯源完成后应形成简要原因分析记录，纳入装置运行档案。

3 不同类型堵渣问题的现场简易处理方法

3.1 轻微局部堵渣的在线快速处置

当ΔP上涨幅度不超过报警值80%、渣样仅含少量异常大颗粒、炉况整体稳定时，判定为轻微局部堵渣。最常用且有效的方法是升温熔渣法——逐步提高氧煤比（每次增幅不超过1%，间隔不少于10分钟），将气化温度提升至FT以上80~100℃，使挂附渣层重新获得流动性并自然脱落。升温过程中应密切监控ΔP变化趋势，若ΔP随温度升高逐渐回落，说明熔渣有效，维持该温度至ΔP恢复正常后逐步回调氧煤比。同时可配合调整锁斗排渣时序，适当缩短排渣周期并增加高压冲洗时间。还可适当增加激冷水流量加强对渣口冲刷。在线处置后30分钟内若ΔP呈明确下降趋势，即可判定成功，无需升级处理方案。

3.2 中度堵渣的低负荷快速处置

当ΔP已超报警值且在线升温处置30~60分钟后无明显改善、或破渣机电流持续偏高、或锁斗排渣明显不畅时，判定为中度堵渣。按每小时不超过5%的速率将气化炉负荷降至60~70%，降低负荷可减小渣口物料通量，有助于稳定温度场并促进大块渣自然滑落。降负荷同时将氧煤比提高2~3%，确保炉温不低于FT+80℃。破渣机操作模式应调整为高频正反转运行，每5~10分钟切换转向，利用刀齿交替剪切力破碎堵塞渣块。若判断堵塞物为激冷室内大块渣，可通过反复进行锁斗泄压-充压循环，利用压差瞬间冲击力冲落渣块。处置期间每15分钟记录主要参数并观察渣样变化，若ΔP逐步回落且渣样恢复正常，稳定运行1小时后按同样速率恢复负荷。处置过程控制在2小时以内，超时无效则转入停车处理。

3.3 严重堵渣的停车高效处置

当ΔP瞬间爆涨超过连锁值、气化炉压力急剧升高接近安全阀起跳压力、或锁斗排渣完全中断且破渣机卡死无法转动时，判定为严重堵渣，必须立即执行紧急停车。首先按下紧急停车按钮切断氧气与煤浆进料，开启泄压放空系统，保持激冷水和密封水正常供给。待气化炉自然降温至200℃以下且系统泄压至常压后，打开人孔及渣口检查孔，由专业人员进入炉内对渣口进行直接观察和机械清理，清理工具选用专用长柄钩铲和气动破碎锤，避免损伤耐火砖表面。清渣完毕后检查渣口内壁，测量耐火砖侵蚀厚度[3]。同时全面检查破渣机刀齿磨损与断裂情况、锁斗阀门密封性能。重新开车后前三次排渣逐批检查渣样，开车后2小时内持续密切监控ΔP变化，确认正常后方可逐步加至满负荷。

4 堵渣问题的长效预防保障措施

4.1 日常操作的简易管控要点

第一控制点是气化温度设定，应确保不低于入炉煤

FT+80℃，操作人员每日收到煤质分析报告后应主动核对FT数据并复核当前氧煤比设定，避免因煤质波动导致炉内温度低于灰渣流动点，引发熔融渣流动性下降堆积堵渣。第二是氧煤比调节纪律——单次调整幅度不超过1%，两次调整间隔不少于10分钟，严禁快速大幅提温或降温，防止炉内温度剧烈波动造成渣层大面积脱落、大渣块集中掉落卡涩排渣通道。第三是排渣制度标准化执行，排渣周期与气化炉负荷联动设定，不得随意延长排渣周期或跳过排渣循环，避免渣粒在锁渣系统内长时间堆积压实形成硬堵。第四是煤浆浓度稳定控制在设计值±1%范围内，避免浓度大幅波动引发炉内工况失衡。操作人员应每班次定点记录核心参数，发现偏离控制区间第一时间小幅微调，将堵渣隐患从操作源头彻底消除。

4.2 预判预警的简易识别方法

预警信号包括四个方面，全部无需额外加装检测设备，依托现有运行数据与常规巡检即可落地执行。一是气化炉进出口压差ΔP在正常范围内若出现连续2小时以上正向漂移，即使绝对值未超限，也意味着渣口流通条件逐步恶化，应主动小幅提高氧煤比0.5%提前干预，避免压差持续上涨发展为严重堵渣。二是渣样日常观察——每个排渣循环对渣样进行“看、摸、比”三步检查，观察渣粒颜色是否透亮、触摸渣块硬度是否异常升高、与同期正常渣样做对比，发现渣色发灰或渣量明显减少即应第一时间排查炉内工况。三是破渣机电流若出现周期性尖峰或整体趋势性上升，说明设备负荷持续加重、腔室内已有异常积聚渣块，需提前启动预防性排渣操作。四是锁斗排渣温度持续偏低，意味着炉内渣流动性已明显下降，需及时调整炉温优化工况。操作人员应将上述四项预警指标纳入每小时例行巡检内容，实现堵渣隐患早发现早处置[4]。

4.3 现场处置的安全注意事项

首先，在渣口附近、激冷室周边开展任何检查与清理作业时，必须穿戴完整的耐高温防护面罩、隔热手套与阻燃工作服，避免突发喷出的高温渣水造成人员烫伤。其次，锁斗泄压、冲洗或排渣操作必须严格执行“先泄压后冲洗再排渣”的标准化程序，杜绝任何形式的带压操作，防止高压渣水从密封缝隙喷出引发安全事故。第三，进入气化炉内部清渣前，必须完成系统完全泄压、降温至常温、三次以上氮气置换及多点位氧气浓度检测，确认炉内氧气浓度低于19.5%且有毒有害气体含量全部处于安全限值以下，办理正式受限空间作业票后方可进入，作业全程炉外必须安排专职监护人值守并保持实时通讯。第四，中控室与现场作业人员之间必须用防爆对讲机保持持续联系，任何阀门开关或设备启停操作均需事先确认对方已处于安全就位状态，严禁无确认盲目操作。最后，本次堵渣处置完成后应第一时间形成完整书面记录归档，标注堵渣位置、诱因、处置过程与后续优化措施，为同类故障的后续处理提供参考经验。

结束语

德士古气化装置堵渣排查处理既需要理论认知，更需要简便实用的操作指南。本文从堵渣危害、区域及诱因入手，构建了三级排查体系，据此提出分级处置方案，并建立长效预防机制。整套方法力求逻辑简明、步骤清晰、操作可行，旨在帮助一线人员快速判断堵渣性质与程度，选择恰当处理措施，降低非计划停车损失。现场操作人员应结合本装置实际工况灵活运用，并在实践中持续积累经验，方能使堵渣管控水平不断提升。

参考文献

[1]胡永刚,段阳阳.德士古水煤浆气化装置低压闪蒸系统工艺流程优化[J].氮肥与合成气,2024,52(12):5-6,11.

[2]张春练,娄奥林,易昌国,等.德士古水煤浆加压气化装置真空闪蒸系统存在的问题及处理措施[J].肥料与健康,2022,49(2):61-63.

[3]杨绪乾,郑晓姣.德士古水煤浆气化装置灰水系统改造方案研究[J].山西化工,2026,46(2):169-170,175.

[4]王学虎.德士古水煤浆气化装置灰水系统优化技改小结[J].中氮肥，2022(6)：13-16.