

化工厂不同等级的蒸汽冷凝液回收

赵永超 冯亚茹 武文斌

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘要：化工厂不同等级蒸汽冷凝液的回收，要结合各等级冷凝液压力、温度以及水质的特性，运用有差异的回收工艺及设备配置，让能源高效利用，降低生产成本。本文围绕着高压、中压、低压三类蒸汽冷凝液的实际回收操作进行阐述，着重介绍各等级冷凝液回收工艺的选取、设备选型关键之处及运行控制措施，参考化工厂生产实际场景解决回收过程里的操作难题，使回收效率和稳定性提升，为化工厂冷凝液回收系统的优化运行提供可有效施行的技术参考。

关键词：化工厂；不同等级；蒸汽冷凝液回收

引言：化工厂生产的过程期间，蒸汽作为核心热能载体，换热之后会产生不同等级的冷凝液，这些冷凝液中带有较多显热，水质和软化水接近程度高，有明显的回收利用价值，于实际生产中，不同等级冷凝液压力和温度的差异较大，使用统一回收模式易造成能源浪费、设备故障、水质污染等问题^[1]。本文根据高压、中压、低压作分类，剖析各等级冷凝液在回收工艺适配方面、设备运行参数控制以及常见问题处置的相关情况，为化工厂冷凝液回收系统做到高效稳定运行提供实际操作的指引。

1 不同等级蒸汽冷凝液的回收工艺适配

1.1 高压蒸汽冷凝液回收工艺

化工厂内合成反应釜、高温换热器等设备是高压蒸汽冷凝液的主要成因，其压力一般是高于1.6MPa的，温度在150℃这个数值以上，所携带的显热在蒸汽总热能中的占比是25%-30%，同时水质所含的杂质含量低，可直接作为补充锅炉给水的资源。高压冷凝液回收根本是要避免闪蒸损失，防止高温高压介质给管道和设备造成冲击，要使用闭式加压回收工艺，凭借专用高压回收泵把冷凝液直接送到锅炉给水系统，无需开展降压方面的操作，高压冷凝液回收过程当中，需精准把控回收泵出口压力和流量，保证和锅炉给水系统的压力相吻合，避免压力不平衡造成管道泄漏或者泵体汽蚀。挑选高压冷凝液回收泵要满足耐高压、耐高温规定，材质优先选的是不锈钢或者钛合金，防止高温介质对泵体有腐蚀作用，回收管道上要安装压力缓冲罐，缓解冷凝液输送当中的压力波动情况，减少水击现象产生的情况，保证回收系统稳定地工作，在高压蒸汽冷凝液回收的过程中，蒸汽疏水阀工作压力的计算在设备选型中是关键，其计算的公式如下：

$$P'_0 = 0.8P$$

式中： P'_0 为蒸汽疏水阀所承受的工作压力； P 是用汽设备所具有的蒸汽压力，该公式用来确定高压用汽设备相关疏水阀的工作压力，使疏水阀在高压工况下能够正常地动作，及时把冷凝液排出，防止蒸汽发生泄漏，为高压冷凝液的高效回收打下基础。

1.2 中压蒸汽冷凝液回收工艺

中压蒸汽冷凝液的压力范围为0.6-1.6MPa，温度在100-150℃之间，主要产生于化工厂的蒸馏塔再沸器、预热器等设备，其水质虽优于工业原水，但可能含有少量工艺介质杂质，需经过简单处理后再回收利用。中压冷凝液回收可采用闭式背压回收工艺，利用蒸汽疏水阀的背压作为动力，将冷凝液输送至中压回收罐，经沉淀、过滤处理后输送至锅炉给水系统或作为其他工艺的补充用水。中压冷凝液回收过程中需合理设置回收罐的压力与液位，确保冷凝液能够顺利收集且不发生闪蒸。回收罐的液位控制需采用自动调节模式，当液位达到设定上限时自动启动输送泵，将冷凝液输送至后续处理环节，当液位低于设定下限时自动停止输送泵，防止泵体空转损坏，回收罐需设置排气阀，及时排出冷凝液中夹带的少量不凝性气体，避免气体在管道内积聚导致的压力升高。中压冷凝液回收系统中，蒸汽疏水阀的工作压差计算直接影响疏水阀的工作效率，其计算公式如下：

$$\Delta P = P'_0 - P'_0 B$$

式中： ΔP 为蒸汽疏水阀的工作压差（Pa）； P'_0 为蒸汽疏水阀的工作压力（Pa）； $P'_0 B$ 为蒸汽疏水阀的工作背压（Pa）。该公式用于计算中压工况下疏水阀进出口的压力差值，确保疏水阀能够在合理的压差范围内正常工作，及时排出冷凝液，避免因压差过大或过小导致的疏水阀失效，保障中压冷凝液回收系统的稳定运行。

1.3 低压蒸汽冷凝液回收工艺

低压蒸汽冷凝液的压力不足0.6MPa, 温度位于70到100℃的这个范围, 大多是从化工厂的设备伴热、低温换热等地方产生的, 其水质里面杂质的含量较高, 大概会有较多悬浮物以及少量的油污, 在回收利用前要开展针对性处理, 低压冷凝液回收可以采用开式重力回收的方法, 把冷凝水的位能用作动力, 把冷凝液收集到低位的那个回收池, 经过隔油、沉淀、过滤等处理之后, 用于厂区绿化、设备清洗, 也能作为循环水补充水。低压冷凝液开展回收的进程中, 回收池选址要处在所有用汽设备疏水点的下方, 保证冷凝液能以重力为动力自然流入回收池, 减少动力方面的消耗, 回收池要安装隔油设施, 分离冷凝液当中的油污, 防止油污进入后续处理进程造成设备堵塞或水质被污染, 回收池要定期对沉淀物进行清理, 防止沉淀物堆积起来, 避免影响回收池有效容积和冷凝液的处理效果^[2], 低压冷凝液回收率的计算作为评估回收效果的重要指标, 其用来计算的公式如下:

$$\eta = \frac{V_1}{V_2} \times 100\%$$

式中: η 所指的是低压冷凝液回收率; V_1 是实际回收的符合标准的冷凝水量; V_2 是可以回收起来的低压冷凝水总量, 该公式用来对低压冷凝液的回收效果做量化, 指导回收系统做优化方面的调整, 让回收率达到合理的范围, 减少冷凝液的不必要浪费, 为生产成本核算给予数据支撑。

2 不同等级蒸汽冷凝液回收的设备选型与运行控制

2.1 高压蒸汽冷凝液回收设备选型与控制

高压蒸汽冷凝液回收设备选型的核心所在是达到耐高压、耐高温、抗腐蚀的要求, 其中回收泵的选型是最关键的点, 要选用高压离心泵或柱塞泵, 额定压力要比冷凝液压力高1.2倍, 额定温度要比冷凝液温度高20℃, 保障泵体在高压高温条件当中可以长期稳定运行。泵体材质最好选用316L不锈钢, 密封件采用可耐高温高压的聚四氟乙烯材质, 防止介质产生泄漏问题和密封件老化, 高压冷凝液回收系统选阀门要符合高压工况, 截止阀跟止回阀要选用高压品类, 阀体的材质选不锈钢, 阀门密封面要做特别的处理, 采集压力和温度数据, 把数据传至控制系统里, 达成对回收系统的自动化控制, 最高工作背压计算对高压蒸汽疏水阀选型很重要, 相关的计算公式如下:

$$P'_{MOB} = 0.8P'_0$$

式中: P'_{MOB} 是机械型蒸汽疏水阀所能承受的最高工作背压, 此公式可用于高压冷凝液回收系统中机械型疏

水阀做选型计算, 保证疏水阀在最大工作背压范围可以正常动作, 将冷凝液排走, 避免背压过高使疏水阀失去应有作用, 保障高压冷凝液回收系统稳定地运行。

2.2 中压蒸汽冷凝液回收设备选型与控制

中压蒸汽冷凝液回收设备的选型需兼顾压力适配性和经济性, 回收泵可选用中压离心泵, 额定压力需高于冷凝液压力的1.1倍, 额定温度需高于冷凝液温度的15℃, 材质选用普通不锈钢即可满足使用要求。回收罐的选型需根据冷凝液的产生量确定容积, 容积需满足至少1小时的冷凝液储存量, 确保冷凝液能够稳定收集。中压冷凝液回收系统的过滤设备选型需根据水质情况确定, 若冷凝液中杂质含量较少可选用篮式过滤器, 若杂质含量较多需选用精密过滤器, 过滤精度控制在5-10 μ m之间。过滤设备的滤芯需选用耐腐蚀、易清洗的材质, 方便定期维护, 回收罐上需设置液位变送器, 实时监测液位变化, 实现输送泵的自动启停控制。中压冷凝液回收系统的运行控制重点是液位控制和水质控制, 液位控制需将回收罐的液位维持在设定范围内, 避免液位过高导致冷凝液溢出, 液位过低导致泵体空转。水质控制需定期检测冷凝液的水质指标, 包括浊度、悬浮物、pH值等, 当水质指标超标时及时清理过滤设备, 检查用汽设备的运行状态, 防止工艺介质泄漏导致水质污染^[3]。

2.3 低压蒸汽冷凝液回收设备选型与控制

低压蒸汽冷凝液回收设备的选型重点是经济性和实用性, 回收池的材质可选用混凝土或玻璃钢, 容积需根据冷凝液的产生量确定, 确保能够满足日常回收需求。隔油装置选用简易的撇油槽, 利用油和水的密度差分离冷凝液中的油污, 撇油槽需定期清理, 避免油污堆积影响隔油效果。低压冷凝液回收所使用的输送泵可选用低压离心泵, 额定压力要满足输送距离的规定, 材质选用铸铁以及普通不锈钢即可, 不用选耐高温高压这种材质, 降低设备方面投资成本, 过滤设备选用砂石过滤器和活性炭过滤器中的一种, 去除冷凝液中的悬浮物及异味, 保证处理后的冷凝液能满足后续使用方面的要求^[4], 低压冷凝液回收设备的维护比较好操作, 每周把撇油槽油污给清理了, 检查输送泵的工作情形, 每月对过滤设备滤料予以清洗, 保障过滤有效性, 每季度对回收池防腐层做检查, 当破损发生就马上修补, 杜绝回收池出现漏水以及腐蚀问题。

3 不同等级蒸汽冷凝液回收常见问题和处置办法

3.1 高压蒸汽冷凝液回收常见问题及处置

在高压蒸汽冷凝液回收过程当中, 最常见问题是管道水击和泵体汽蚀, 管道水击主要是因为冷凝液于输送

过程中压力波动大,造成蒸汽瞬间凝结产生真空,造成管道产生震动及冲击,要在回收管道上添加压力缓冲罐,降低压力的波动,对控制相关系统进行优化,使回收泵出口压力稳定下来,防止压力大幅起落。泵体汽蚀的主因是冷凝液温度过高,造成泵体内产生气泡,气泡破裂的时候对泵体造成冲击,影响泵的运行效率以及使用年限,要将冷凝液温度降下来,可于回收泵入口安装冷却的装置,让冷凝液温度不高于120℃,挑选抗汽蚀性能比较好的回收泵,保证泵体在高温的工作状况下正常运行。高压冷凝液回收过程当中,也可能出现疏水阀泄漏问题,主要是由于疏水阀密封件老化,以及杂质堵塞所引起,泄漏会造成蒸汽发生浪费,造成回收效率下滑,要定期对疏水阀的运行状态进行检查,马上替换老化的密封装置,去除疏水阀里面的杂质,保障疏水阀能够正常做出动作,防止蒸汽产生泄漏。

3.2 中压蒸汽冷凝液回收常见问题及处置

中压蒸汽冷凝液回收过程中常见的问题是回收罐液位波动过大和水质污染,液位波动过大主要是由于用汽设备的冷凝液产生量不稳定,导致回收罐液位忽高忽低,影响输送泵的正常运行。需优化液位控制系统,调整液位设定值,扩大液位控制范围,在回收罐上增设缓冲容积,缓解液位波动。水质污染主要是由于用汽设备的工艺介质泄漏,导致冷凝液中含有大量杂质和污染物,影响后续回收利用。需加强对用汽设备的密封检查,及时处理工艺介质泄漏问题,优化冷凝液处理环节,增加过滤级数,提高过滤精度,去除冷凝液中的杂质和污染物,确保水质达标^[5]。中压冷凝液回收过程中还可能出现输送泵流量不足的问题,主要是由于泵体磨损、管道堵塞或电压不稳定导致,流量不足会影响冷凝液的回收效率,导致冷凝液堆积。

3.3 低压蒸汽冷凝液回收常见问题及处置

低压蒸汽冷凝液回收过程中最常见的问题是回收池溢罐和水质不达标,回收池溢罐主要是由于冷凝液产生

量突然增加,而输送泵未及时启动,导致冷凝液溢出回收池,造成浪费和环境污染。需优化液位开关的灵敏度,确保液位达到设定上限时输送泵能够及时启动,定期检查输送泵的备用状态,避免输送泵故障导致无法正常运行。水质不达标主要是由于冷凝液中的油污和悬浮物未彻底去除,导致处理后的冷凝液无法满足使用要求,若用于循环水补充水,会导致循环水系统结垢和腐蚀。需改进隔油装置,提高油污分离效果,增加过滤设备的滤料厚度,延长过滤时间,确保冷凝液中的悬浮物和油污彻底去除,定期检测水质,及时调整处理工艺。低压冷凝液回收过程中还可能出现管道堵塞问题,主要是由于冷凝液中的悬浮物和沉淀物在管道内积聚,导致管道内径减小,输送阻力增加。

结语

化工厂不同等级蒸汽冷凝液回收的核心是根据各等级冷凝液的压力、温度及水质特性,采用差异化的回收工艺、设备选型和运行控制措施,最大化利用冷凝液的显热和水资源价值。合理优化不同等级蒸汽冷凝液回收系统,能够有效降低能源消耗和生产成本,提升企业的经济效益和环保效益,为化工厂的绿色可持续发展提供技术支撑。

参考文献

- [1]杨小刚.碱蒸发装置蒸汽冷凝液的回收与利用探究[J].煤化工,2025,53(4):56-58.
- [2]孙刚,李晓杰,郝琦琦,等.1200kt/a煤制甲醇装置蒸汽冷凝液余热回收利用小结[J].中氮肥,2026(1):47-49.
- [3]田勇,王尚,周灵芳.碱蒸发装置蒸汽冷凝液回收利用[J].中国氯碱,2023(2):54-58.
- [4]吴吉.蒸汽冷凝液回收后混床再生困难的探讨[J].氮肥技术,2023,44(6):29-31.
- [5]周威.大型煤化工项目蒸汽冷凝液回收系统设计探析[J].化工设计通讯,2021,47(1):11,85.