

大型油罐机器人机械清洗技术

1 背景及意义

各种油品的储备形式主要是储罐。在油品储运过程中，油品中的杂质会逐渐沉积到罐底，形成粘稠的黑色胶状油泥。油泥会损害油品的品质，腐蚀储油罐罐体及附件，降低储油罐容积，产生静电事故。根据行业规定，正常状态下油罐清洗间隔为3~5年；另外，在换装油品、维修储油罐前也需要进行清洗。储油罐清洗技术有人工清洗、机械清洗两种方式。人工清洗效率低，效果差，成本高，污染大，难以保证进罐作业人员安全。现有机械清洗系统适用于原油罐的清洗。内浮顶储罐因为其清洗作业环境的复杂性对机械清洗系统有着更高的要求。随着人们安全环保观念的不断增强，储罐人工清洗场合会逐渐减少，储罐机械清洗的市场十分广阔，但目前国内缺乏“本质安全、高效环保”的技术解决方案。

2 技术解决方案

针对油品储罐机械清洗作业的具体要求，利用人工智能和机器人技术结合，基于“本质安全、全程封闭、高效环保、模块组合”的理念，研制开发了以智能清洗机器人为核心的大型油罐机器人机械清洗系统。清洗机器人携带旋转喷头进入储罐，控制中心利用机器人摄像机、激光测距传感器等提供的数据信息进行计算，规划行走路径和清洗工作点，模拟人工操作机器人进行清洗。系统包括智能清洗机器人、高效紧凑型油水分离设备、小型三维旋转喷头、气体检测设备、氮气发生设备、无损检测系统、发电机组、污水高效紧凑型达标排放处理设备以及油气回收设备等装置，很好地解决了作业过程中清洗水循环利用、油气无组织排放，作业后污水达标排放等问题，填补了国内油品储罐绿色高效机械清洗的空白，清洗工艺如图1所示。

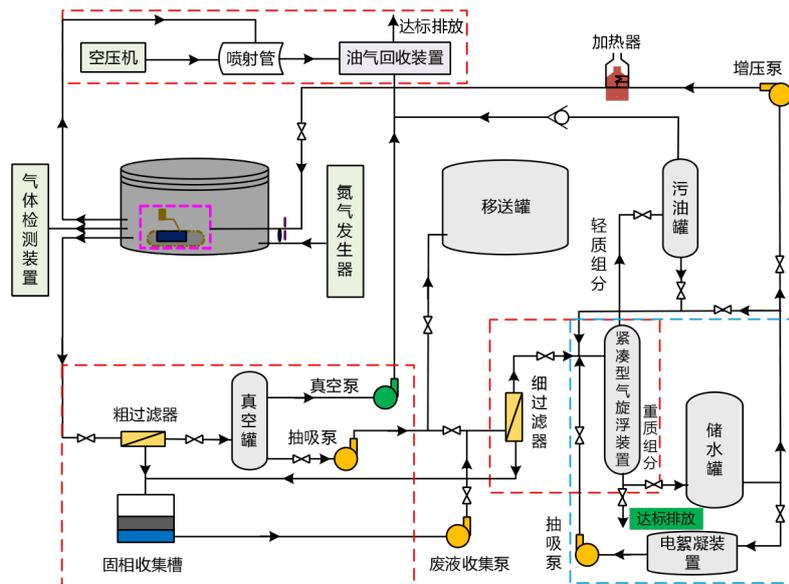


图1 储罐机器人机械清洗系统工艺图

设计的三维旋转喷头 180°清洗模式避免了对浮盘的冲击，增大了清洗范围，提高了清洗效率，如图 2 所示。

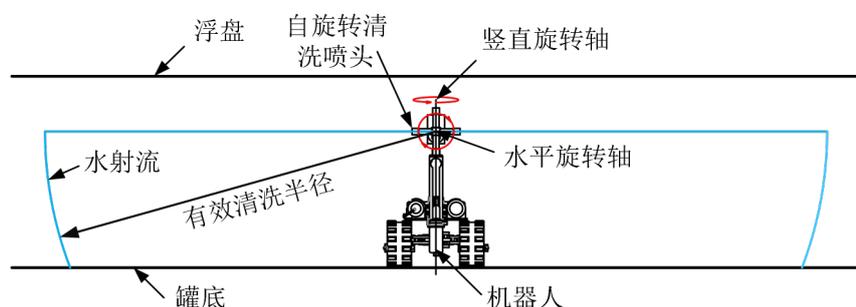


图 2 180° 水射流清洗模式

3 技术创新点

(1) 将 AI 和机器人技术相结合，开发了智能清洗机器人，将其引入储罐清洗行业。清洗机器人采用防爆设计，利用人工智能算法进行自主导航和定点清洗作业，完成储罐底部全覆盖清洗及清洗效果检测。

(2) 清洗系统采用虚拟现实技术，在摄像机发生故障时，利用仿真系统仍能从操作台显示机器人在罐内位置准确位置，通过显示器上的仿真画面完成远程操作清洗。

(3) 基于“本质安全、全程封闭、高效环保、模块组合”的理念设计了绿色环保型油罐机械清洗工艺。

(4) 清洗过程中采用“过滤+紧凑型气旋浮”的工艺组合来实现固体残渣-油-水清洗混合物的多相分离，实现清洗污水循环利用；清洗作业结束后采用“电絮凝+紧凑型气旋浮”组合工艺实现污水的达标排放，而且共享紧凑型气旋浮装置。

4 推广应用

2015 年 7 月，对山西省中石化某油库容积为 10000m³ 内浮顶储油罐成功进行了机械技术清洗。2016 年 8 月对北京市中石化庙城油库的储油罐成功进行了机器人机械技术清洗。机器人清洗现场作业如图 3 所示，清洗内容包括罐底，浮盘以下的罐壁，及其他罐内辅助设施。在完成整个清洗流程后，对清洗效果进行了人工检查，达到了无铁锈、无杂质、无水分、无污垢的清洗要求，表明本清洗方法原理科学，设计合理，能较好地解决储罐清洗过程中的问题。



图 3 机器人清洗现场作业

5 对接联系

联系人：代峰燕（科学技术处高级工程师）

邮 箱：daifengyan@bipt.edu.cn