

# 泥水气平衡盾构带压清仓常压更换搅拌机应用技术

王凯

上海城建隧道装备有限公司

**摘要:**在泥水气平衡盾构机掘进施工中,由于面临各种复杂的工况环境,盾构机设备易遭受损坏。因此,如何及时、安全、快速地更换盾构机带压仓内设备,成为泥水气平衡盾构施工中的一大挑战。针对某越江隧道工程盾构机在穿越回填区域时,搅拌机被建筑钢筋卡死损坏的情况,本研究通过对带压进仓清理、关闭前闸门、常压更换搅拌机的实践案例分析,概述了带压进仓和常压更换搅拌机的技术及风险控制方法,旨在为今后类似的施工提供有益的借鉴和经验。

**关键词:**泥水气平衡盾构机;搅拌机;带压进仓;常压更换

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.07.101

## 一、引言

随着我国地铁和铁路的发展,越来越多的越江跨河隧道工程在全国展开,采用泥水平衡盾构机施工是越江隧道的首选<sup>[1]</sup>。目前国内泥水平衡盾构机在软土地层如粉砂、粉土地层多配置搅拌装置,在复合地层如岩层、砂卵石地层多配置鄂式破碎机<sup>[2]</sup>。由于地下工程的不确定因素很多,在不同的地质条件下对刀具及搅拌机都有不同程度的磨损,极端工况也会导致刀具及搅拌机装置的损坏,因此为了施工安全,应急更换刀具及搅拌机也在预备方案中。

泥水气平衡盾构机在隧道开挖过程中通常会配备开挖仓和气垫仓(图1),这两个仓室在维持切削面稳定和平衡方面发挥着重要的作用,开挖仓位于盾构机的前端,它是切削面和泥浆输送系统的连接点。气垫仓位于开挖仓的后部,是维持切削面稳定和平衡的关键部分,气垫仓在盾构机始发掘进后,将长期处于带压状态。气垫仓底部的泥水搅拌机(如图1),其搅拌机头置于气垫仓中,其动力装置——液压马达,安装在仓室外侧,也就是在常压一侧,便于操作及维护。搅拌机作为泥水盾构的重要组成部分,其作用主要是对刀盘切削下来进入泥水隔仓的大块泥土或石块等其他异物进行分割,并防止泥砂因自重作用沉淀,使开挖出来的渣土以良好的泥水流体状态进入泥水输送系统,防止大块异物堵塞泥水管路继而造成泥水接力泵损坏<sup>[3]</sup>。因此性能稳定、高效运行的搅拌机将极大的降低盾构掘进施工的风险。

## 二、工程概况

盾构机在陆地段34~130环推进过程中,排泥系统开始出现排泥不畅现象,排泥管路经常形成负压,排泥球阀经常无法正常打开和关闭,气垫仓内搅拌机经常堵转;地面泥水场地管路排泥出渣异常,泥水中携带着混凝土块、钢筋、小块钢板等杂物,排泥管路堵塞后经拆

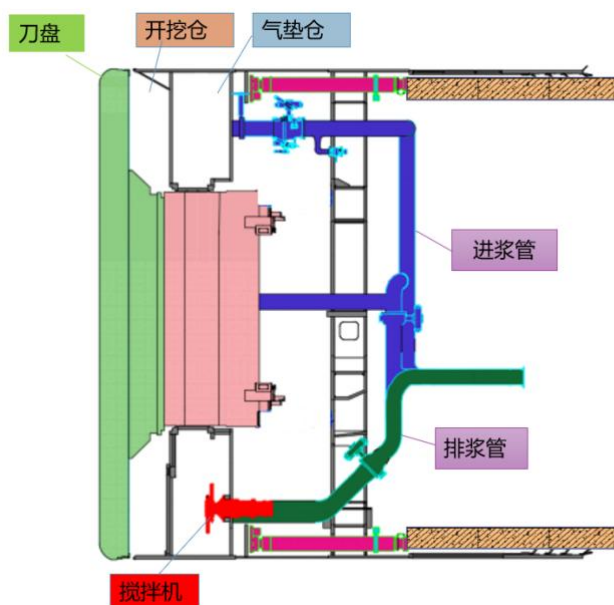


图1 搅拌机位置示意图

开检查发现在弯头、阀门、泥水垃圾箱中淤积了大量钢筋、混凝土块、光缆、PVC管等杂物。初步判断在盾构掘进施工过程中,盾构前方存在建筑废渣堆积区,后续施工过程中,搅拌机堵转现象还是经常发生,堵转期间频繁正反切换启动,在搅拌机连续堵转2周后推进过程中发现左侧搅拌机轴承处有泥浆渗漏情况发生,将刀盘推进进入156环抽条加固区后停止推进,准备进行搅拌机的现场勘验并予以更换。

## 三、气垫仓内设备检查勘验

### 1. 盾构机仓内作业方法

目前盾构机进仓更换技术有两种:一是传统带压进仓,二是常压进仓。带压进仓是指作业人员进入压力人闸,人闸内加压后进入泥水仓,工作结束后再由泥水仓进入压力人闸,人闸逐步减压后作业人员返回出舱。带压进仓时采用压缩空气,对施工人员健康不利,并且作

业时间受限，效率不高。常压进仓作业是指先由专业人员进入气垫仓，关闭连通泥水仓与气垫仓的闸门，将气垫仓转换为常压仓室后，再由作业人员在常压环境下进仓进行检查和更换。相比于带压进仓，常压进仓作业人员置身于常压环境，作业时间不受影响，并且省去加压进仓、减压出仓等工序，工作效率高达4~5倍<sup>[4]</sup>。此次带压检查的搅拌机位于气垫仓内，带压清理气垫仓内淤泥及杂物，工作量大、作业时间长，如需更换搅拌机且需要在常压状态下才能进行拆除和更换。因此此次搅拌机清理、检查首先专业进仓人员首先带压进仓将闸门附近异物清理后将气垫舱前闸门关闭，然后做保压试验在前闸门不漏水漏气情况下置换成常压工作舱后进行常压清理、检查。

2. 带压进仓

首先要根据之前的掘进参数等状况，对仓内的问题作出充分地分析和预判，对仓内所需的操作作出相应的预判<sup>[5]</sup>；同时要根据计划开仓处的水文地质资料、停机前出碴土成分及数量、地表监测数据、掘进时同步注浆情况等参数的分析，确定带压进仓的实施方案及技术交底，并做好以下准备工作。

- 1) 加大同步注浆
- 2) 提高泥膜质量
- 3) 密实充填盾尾油脂，确保盾尾密封压力

- 4) 封堵漏气通道
  - 5) 保压实验
  - 6) 带压进仓人员及设备准备
3. 前闸门关闭作业

保压试验完成后，专业人员带压进仓清理并关闭气垫仓与泥水仓中间的前闸门是此次工作的重点，为后续检查气垫仓底部堆积情况创造条件；前闸门关闭成功，且无渗漏是后续能够将气垫仓转换为常压仓的最为重要的环节。盾构机停机后，按要求做好进仓前施工准备，包括开挖仓泥水置换、保压试压；进仓设备安装调试，并检查验收；进仓施工工具、材料按要求到场；确定带压进仓施工人员及辅助施工人员，对所有施工人员进行相应的培训、分阶段进行详细的技术交底，各个岗位人员都做好准备工作；制定好应急预案，安排好值班人员，医疗保障人员、设备等应急物资到位。

4. 仓内设备检查勘验

专业进仓人员带压进仓清理气垫仓时，在进泥格栅吸口和闸门底部清理出大量钢筋、钢板和混凝土块，钢筋多为16mm圆钢和25mm螺纹钢，钢板为10mm以及16mm钢板为主，混凝土最大体积为700mm\*600mm\*370mm。

专业进仓人员清仓完成并成功关闭前闸门后，对气垫仓常压状态进行了试验，闸门处无泄漏，专业进仓人员出仓后将气垫仓压力释放转为常压仓。常压状态下气

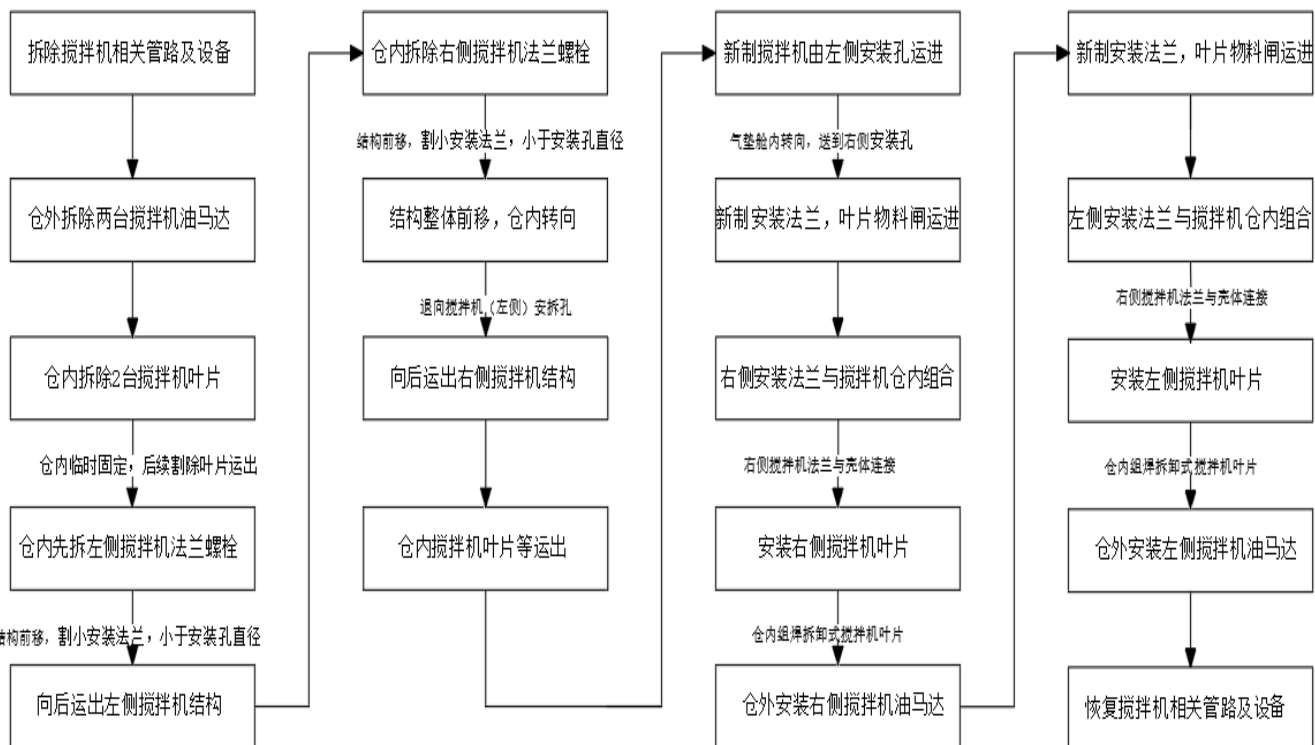


图2 搅拌机更换流程图

垫仓内进行了清理，清理完成后发现搅拌机叶片上缠绕着较多的螺纹钢，搅拌机叶片也被底部的钢板和混凝土完全卡死，进泥格栅也堵满了钢筋和混凝土等异物。检查2台搅拌机时发现左侧搅拌机叶片迷宫处无集中润滑油溢出，右侧搅拌机正常有油脂溢出，根据检查情况进行分析判断，搅拌机的油脂密封可能存在问题。

#### 四、搅拌机更换

在盾构始发前，已做好了长距离推进过程中的换刀及更换搅拌机的应急筹划。此外，根据前期推进和搅拌机工作情况，对搅拌机结构及时进行了优化，使搅拌机强度更高，更能应对复杂的地质情况。并针对在气垫仓内更换搅拌机，改制了搅拌机的装配形式，使其能够在有限的运输条件和空间环境下完成运输和安装。

##### 1. 搅拌机更换流程

见图2

##### 2. 搅拌机拆除工作

由于搅拌机结构形式和运输通道问题，分为内外两个工作面来进行搅拌机拆除工作，（原搅拌机结构图如图3），气垫仓内进行搅拌机叶片，安装法兰的拆解，气垫仓外进行液压马达拆解。由于右侧搅拌机后端液压马达与排泥闸阀及管路多有干涉，导致不能从右侧将拆除叶片的搅拌机整体顺利拔出，经过筹划将两台搅拌机拆装顺序如下：左侧搅拌机的液压马达、叶片拆除 → 仓内将安装法兰切割成小于搅拌机安装孔 → 整体安装孔运出 → 搅拌机（右侧）拆除 → 仓内安装法兰切割，仓内移位 → 左侧安装孔 → 整体运出。

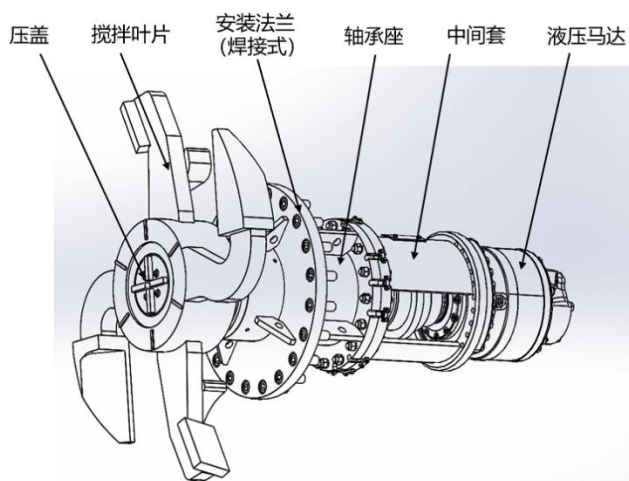


图3 原搅拌机结构图

##### 3. 搅拌机安装工作

新制搅拌机（图4）为了能够从现有通道顺利运输安装，特改制了搅拌机的装配形式，组装式叶片及拆装式安装法兰可由物料闸运进，搅拌机结构件可由安装孔

送入，仓内再组装成整体，两台搅拌机拆装顺序如下：搅拌机（右侧）→ 左侧安装孔运进 → 仓内转向右侧位置安装 → 搅拌机（左侧）安装。

搅拌机安装完成后将原先拆除的管路恢复，然后进行调试运转，在确认一切正常后，由专业人员带压进仓，取下闸门支撑和闸门压板，打开闸门，安装好定位销，并将压板和工具全部运出气垫仓，专业人员出仓后，即可恢复盾构机掘进。

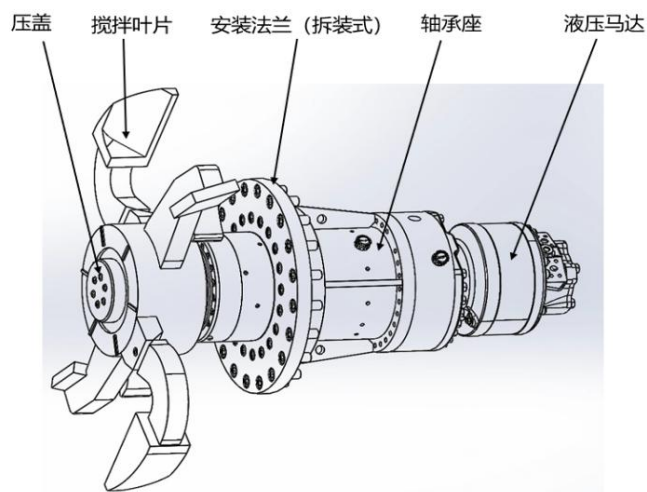


图4 新搅拌机结构图

#### 五、结语

结合本次工程实例，针对泥水气平衡盾构机在复杂地质环境下搅拌机的应用，应采取以下措施：一是加强地质勘探的采集密度，为盾构机设计提供更准确的地质依据资料；二是持续优化搅拌机结构设计，增强其抗冲击能力；三是遇到盾构排渣异常情况时，应及时考虑带压开仓清理，以避免未知情况对设备造成损坏。

本文探讨了泥水气平衡盾构机的带压开仓和常压更换搅拌机技术的应用技术，为盾构机在遇到极端情况无法正常工作时提供了新的解决方案。也为探索解决盾构机带压作业和优化设计提供了有益思路。

#### 参考文献

- [1] 李建斌. 我国掘进机研制现状，问题和展望[J]. 隧道建设（中英文），2021，41（6）：40.
- [2] 唐亚军. 泥水平衡盾构机碎石机装置选型技术研究[J]. 南京：建筑技术开发，2021.48（15）：81-83
- [3] 李怀洪.  $\Phi 11.22\text{m}$ 泥水平衡盾构搅拌机设备改制[J]. 地下空间，2004.
- [4] 吴斌暄. 大直径泥水平衡盾构机常压换刀技术研究[J]. 隧道与轨道交通，2019-02-008.
- [5] 刘傲杨，钟庆丰，陈良武，等. 大直径泥水盾构机气垫仓保压技术研究[J]. 建筑机械，2021.02.001.