

# 多级屏蔽泵故障分析及处理措施

柴树普 杜银环

河南龙宇煤化工有限公司 河南 永城 476600

**摘要：**屏蔽泵因其不需要动密封，不产生泄露而广泛应用在煤化工装置中，用于易燃、易爆、易腐蚀、有毒有害等液体介质的输送。多级屏蔽泵相较于单级屏蔽泵来说，更具有扬程大的特点。本文通过对多级屏蔽泵结构特点和优缺点的介绍，结合实际生产过程中产生的故障进行分析，并提出合理的处理措施，保障多级屏蔽泵的安稳运行。

**关键词：**多级；屏蔽泵；滑动轴承；定子绕组；检修

## 前言

河南龙宇煤化工有限公司为豫东地区最大的煤化工生产基地，目前现有年产50万吨甲醇装置一套、年产20万吨二甲醚装置一套、年产40万吨的醋酸装置一套、年产20万吨的乙二醇装置两套。因其产品或生产过程中的气体或液体多为有毒有害、易燃易爆、易中毒介质，故在甲醇装置、气体净化装置、乙二醇装置中多处采用屏蔽泵，其中在气体净化装置氨冰机设备上使用了两台多级屏蔽泵。该泵为大连海密梯克泵业有限公司生产，用于氨冰机一级气液分离器中液氨的排出，型号为：CAM30/5+5，拖动电机型号N54p-2。该泵自投入运行以来，除2019年进行了一次例行检修外，未再进行过检修，故障率相对较低。但由于氨冰机为煤化工生产过程中的关键设备，该多级屏蔽泵又为氨冰机连续运行的重要设备，因此必须要保证该泵的正常运行，一旦出现故障后要尽快检修，避免氨冰机，甚至整个生产流程的非正常停车。

## 1 多级屏蔽泵的结构特点和工作原理

多级屏蔽泵的结构特点是泵的十级叶轮与电动机的转子在同一轴上，十级叶轮对称分布在电动机两侧，每级叶轮蜗壳为径向剖分结构，并用穿杠与电动机外壳相连，共同形成封闭的通道，供液氨介质流动（见图1）。电动机与泵共用两套滑动轴承组件，泵与电动机之间无密封，电动机的定子线圈和转子线圈均用耐腐蚀的非磁性材料制成薄壁圆筒（即屏蔽套）与液氨介质隔离<sup>[3]</sup>。泵与电机滑动轴承的材质为碳化硅，该材质耐腐蚀、耐磨性能好、重量轻、强度大。

多级屏蔽泵与普通多级泵的原理相同，即被输送的液体，在给定的压力下进入泵的吸入口，由于叶轮的作用，使液体的动能和势能都增加，液体进入导叶后，一部分动

能转换为势能（每一级叶轮都配有一个导叶），导叶的反叶片在有利的水力特性下把液体输送下一级叶轮的入口。由于一级到另一级的这种过程的重复进行，每一级都增加了同样的压力，在通过末级导叶后，流体进入到筒形体的环形室，最后通过排出口进入到排出管路<sup>[2]</sup>。

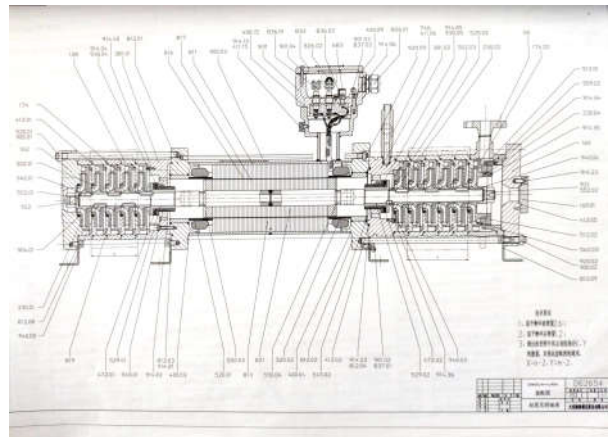


图1 多级屏蔽泵结构图

## 2 多级屏蔽泵的优缺点<sup>[1]</sup>

优点是：

- (1) 没有介质外泄，结构紧凑，多级屏蔽泵所占空间也很小；
- (2) 输送介质从泵入口到泵出口基本上未为直通流向，介质流通过程中便为电机和轴承提供了冷却，提高了运行效率；
- (3) 没有联轴器，拆装不需要找正，操作、维修方便；
- (4) 轴承不需要另外加润滑油或润滑脂等；
- (5) 适用于输送易燃、易爆、有毒、有放射性及贵重液体；
- (6) 无冷却风扇，运行噪音小。

缺点是：

- (1) 屏蔽套制造困难，成本高；

**通讯作者：**柴树普（1985.06—），男，汉族，河南卫辉人，工程师，本科，研究方向为化工机械设备管理、电气仪表自动化。

(2) 多级泵零部件较多, 检修难度增加。

### 3 故障描述及原因分析

该泵在倒泵过程中出现启动后跳车, 不能启动的现象。因为其是全封闭的结构, 没有联轴器, 无法进行盘车, 故只能进行下线拆检。经拆检发现, 该泵存在机械故障和电气故障两项问题。

#### 3.1 机械故障

##### a. 碳化硅滑动轴承碎裂



图2 滑动轴承套及碎裂的碳化硅轴承碎片

经拆检发现入口方向(545.01)碳化硅轴承碎裂(如图2所示)。经讨论分析, 造成碳化硅滑动轴承碎裂的原因为:

(1) 介质流道不通畅, 润滑液体流量不足, 碳化硅轴承发生干磨损坏;

(2) 碳化硅轴承导液槽小, 润滑液流动不畅, 碳化硅轴承发生干磨损坏;

(3) 泵轴出现变形后, 运行过程中振动大, 导致碳化硅轴承在长期承受交变载荷下出现碎裂。

(4) 与轴之间间隙过大或过小, 难以形成润滑液膜, 致使轴承损坏。

(5) 拆卸过程中方法不正确, 强力拆检造成轴承碎裂。

##### b. 轴套变形

拆检后发现, 除碳化硅轴承碎裂外, 滑动轴承套发生了严重变形(如图3所示)。



图3 变形的滑动轴承套

经分析, 造成滑动轴承套变形的原因为:

(1) 该轴承套材质为316L, 质地较软, 碳化硅滑动轴承碎裂后挤压导致轴承套变形;

(2) 拆卸过程中敲砸用力过大造成其变形。

通过对各零部件的检查和测量, 可以判定多级屏蔽泵各流道通畅, 叶轮与蜗壳及导叶间间隙正常, 不存在介质流通不畅的问题; 滑动轴承导液槽尺寸合格, 不存在因导液槽小润滑不良的问题; 轴跳动量合格, 轴未见有明显变形。导致碳化硅滑动轴承碎裂和轴承套变形的原因为拆卸过程拆卸方法不正确, 存在强力拆卸的现象。

#### 3.2 电气故障

为全面诊断故障原因, 对电动机定子外部接线端子进行了阻值测量, 经测量发现, 三相绕组存在不平衡的问题, 为进一步证实问题, 拆开接线盒座, 断开中性点, 分别对每一项绕组的阻值进行了测量, 结果见图4。



图4

由以上测量结果可以判定, 电机定子绕组U相和W相存在烧坏断路故障, 分析造成绕组烧坏的原因, 主要有以下几点:

(1) 电机或泵堵转、过载, 绕组持续承受启动电流(5-8倍额定电流), 造成绕组严重发热烧毁;

(2) 电机缺相运行或供电电压不平衡, 导致电机三相绕组工作负荷不均衡;

(3) 过电压造成绕组绝缘击穿, 进而烧坏绕组;

(4) 运行时间过长, 绝缘老化;

(5) 机械损伤;

(6) 电机受潮、进水、进油或其他腐蚀性液体, 导致绕组脏污, 绝缘材料腐蚀, 绕组断线。

根据检修人员反映, 在拆检过程中, 发现滑动轴承处所积灰尘类异物较多, 叶轮、导叶、蜗壳全部拆除后依然盘车困难。因此判定, 造成定子绕组断路、烧毁的主要原因应为两点: 一是该泵自2011年服役以来, 已运行达10年之久, 电机绝缘存在因时间过长而老化现象; 二是启泵过程中存在堵转、过载现象, 导致问题显现。

### 4 处理措施

4.1 更换新的轴承套和碳化硅轴承, 并检测与轴的间

隙配合（如图5所示）。



图5 更换后的轴承组件

4.2 对于电机定子绕组烧坏问题，考虑到该电机拆检工序复杂，拆检难度较大，决定返厂处理，但对检修后所要达到的标准提出要求：

- （1）线圈绝缘等级仍为H级，漆面光洁，无变色，无剥落；
- （2）绑线、垫块、槽楔等紧固无松动；
- （3）各焊接点焊接饱满，引出线线鼻焊接良好，无过热、虚焊现象；
- （4）500V兆欧表摇测绝缘值每千伏 > 1兆欧；

（5）吸收比 $R_{60}/R_{15} > 1.3$ ；

（6）屏蔽套完整无泄露，与电机外壳组件焊接密闭良好。

#### 总结

通过对该多级屏蔽泵的拆检及对拆检过程中出现问题的反省，在设备运行维护方面必须要坚持“两到位”原则。即责任落实到位、标准执行到位。工艺、设备各专业人员均要按照自身的岗位职责做好设备的维护和日常检查，即使设备处于长期停用状态时，也要定期做好巡检和卫生保持等工作，保障设备的工作环境（保温或保冷等）不被破坏。对于长期停用或备机状态的机泵等动设备，要按照标准定期进行润滑油加注、点动运行和盘车，确保机泵内部润滑状态良好、轴承等零部件不存在锈死、老化等现象。

#### 参考文献

- [1]张振华.屏蔽泵故障分析及处理措施,通用机械,2013,(10)
- [2]崔继哲,陈留栓.化工机械检修技术问答,化学工业出版社
- [3]薛敦松,钱锡俊,吴宗祥.油化工厂设备检修手册,中国石化出版社