

大型旋转机组滑油系统油冲洗技术要求分析

张红日 黄伟雄
(江苏江海润液设备有限公司 江苏 南通 226200)

摘要: 本文介绍了大型旋转机组滑油系统进行油冲洗的意义、油冲洗的模式以及油冲洗的技术要点, 针对常规机组油冲洗过程中碰到的小负载、低温度、不安装滤芯进行油冲洗等问题进行分析, 并提出解决办法, 从而实现更好、更快、更安全的油冲洗。

关键词: 滑油系统; 油冲洗; 技术要求

1 进行油冲洗的意义

电力行业规模较大型发电机组的设备包括汽轮机、燃气轮机、发电机和其他附属设备等。

机组中的燃气轮机、汽轮机和发电机等大型旋转设备的转子处常采用大型轴承来减小摩擦, 从而降低发电过程中的热功损耗。而为了保证机组的正常运转, 在轴承处一般采用润滑系统来对轴承进行润滑。润滑油系统作为大型汽轮机组的关键系统之一, 对汽轮机组的安全稳定运行至关重要。滑油系统影响面大, 出故障后, 如处理不当, 会引起大的事故。滑油系统中的杂质是导致机组故障和之后停工检修的主要原因, 它们通常会损坏轴承表面和密封元件, 因此必须将润滑油中的杂质去除。

机组中的油管路多采用现场配管方式, 机组的轴承设备较多并且需要不同的管道口径来进行适配。而在发电机组轴承装设后, 如果无法对滑油系统的输油管道进行清洁, 会导致润滑管道中残留的杂质被润滑油输送至机组轴承处, 从而引起机组的轴承发生损坏。所以在完成润滑油系统的安装之后, 需进行油冲洗来清洁和测试这些部件的清洁度。在设备油冲洗的过程中, 保证所有润滑油设备元件的安全也是重中之重, 否则得不偿失。而且仅仅依靠单一方式对旋转设备管道进行冲洗, 冲洗达标所花费的时间较长。

2 进行油冲洗的模式

大型旋转机组滑油系统进行油冲洗时, 管路流程图如图 1 所示。油冲洗通过机组润滑油站提供储油和动力设备, 通过外部滤油装置对润滑油站油箱内油液进行二次过滤, 并通过临时管段对轴承等部位进行旁路, 共同组成油冲洗的基本单元。机组滑油系统进行油循环冲洗用油的牌号推荐与机组正式运行油牌号一致。

大型旋转机组滑油系统进行油冲洗一般采取三个阶段, 第一阶段在润滑油站设备制造厂对润滑油站进行内

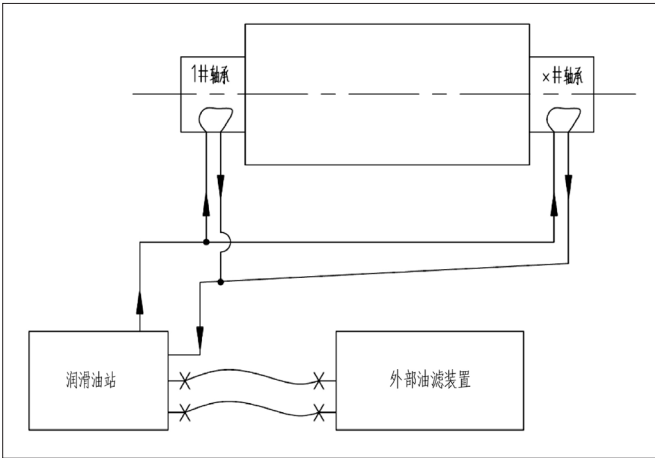


图 1 油冲洗管路流程图

部油冲洗, 保证所供集成设备内包括油箱、冷油器、过滤器、管道和阀门等部件在内的整体清洁度达到标准要求; 第二阶段对外部管线进行油冲洗, 即润滑油不进燃气轮机、汽轮机和发电机轴承, 会在轴承位置将进油管 and 回油管旁路连接, 如图 2 所示, 并会旁通润滑油站中的冷油器、温控阀、节流阀等精密部件; 第三阶段为润滑油通过所有功能部件进入机器轴承油冲洗, 外部管线冲洗合格后会对管线中旁路管路进行复位, 并连上冷油器、温控阀等部件。其中, 在项目现场进行安装后, 主要进行第二阶段、第三阶段的油冲洗。

在润滑油站设备制造厂进行油冲洗是保证现场油冲洗质量和缩短油冲洗时间的最有效措施。冷油器存在结构特殊、孔道细小、异物不易流出的特点; 温度调节阀的内部构造复杂, 也存在阀芯、阀座、温包材料质地较软的特点, 因第二阶段油冲洗过程中的油液清洁度较差, 容易对这些特殊部件造成损坏或夹杂无法清洁等问题, 因此一般均不参与此阶段油冲洗过程, 待油品清洁度合格后再进行适当冲洗。第二阶段油冲洗会旁通一些设备, 会碰到小负载、低温度、不安装滤芯进行油冲洗等各种问题, 轻则加长油冲洗时间, 重则会对滑油设备造成损



图 2 轴衬位置管路短接旁通图

坏，因此需要评估并选择适当的油冲洗方案。

3 油冲洗技术要求

3.1 管路负载控制

现有的机组油冲洗多采用润滑油站进行，并对冷却器、温控阀、仪表柜等部分精密设备进行短接，这样会使得管路负载大大减小。滑油系统多采用离心泵，油泵流量与压力成反比曲线关系。管路负载减小会使得离心油泵流量大大增加，从而发生离心油泵偏工况运行的情况，严重者会造成油泵损坏。因此，在油冲洗过程中，油泵运行压力必须控制在油泵性能曲线允许的范围内，决不允许在低压大流量这种超出油泵运行曲线的工况下长时间运行。离心油泵推荐工作范围如图 3 所示。滑油系统运行时，低负载或无系统负载启动离心油泵，会出现油泵流量、流速很大；根据动量定理，油泵低压大流

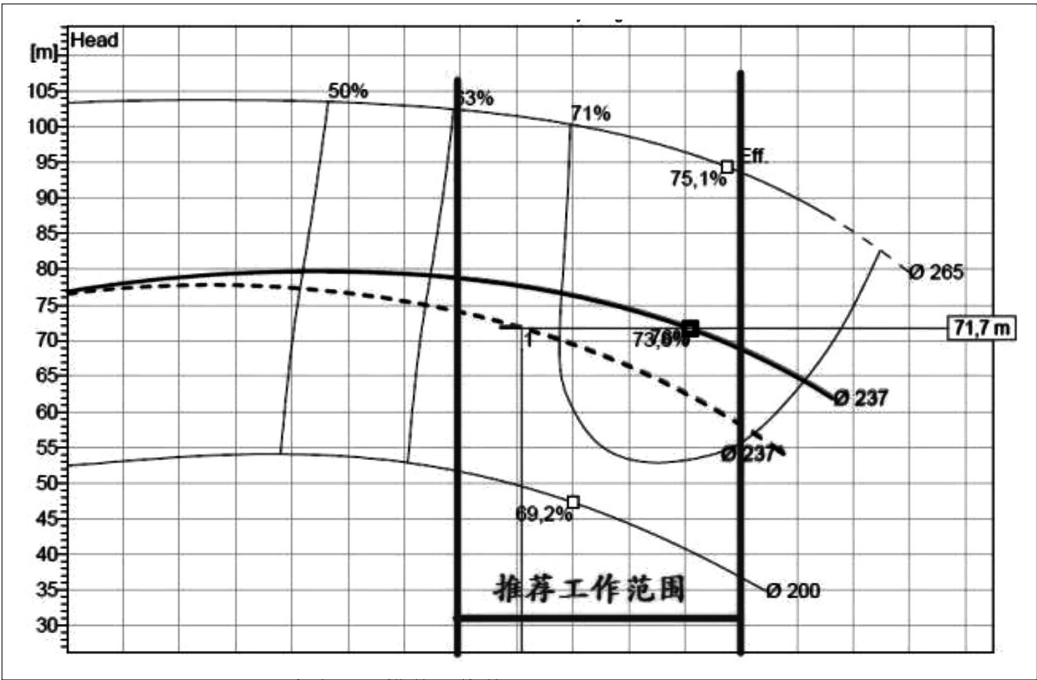


图 3 离心油泵推荐工作范围

量运行、管道流速加大，在油泵启动瞬间对止回阀冲击力就越大，造成的破坏也就越大；偏工况大流量运行，油泵启动和运行过程中都会给止回阀带来额外的冲击和负担，会对油泵及系统带来预料不到的风险。

3.2 温度交变控制

在向油箱内注油前，首先要检查油箱内清洁度，并用面团粘附油箱内表面，彻底清除各种杂质颗粒，还需要对加热器能够正常使用进行提前检查。因为在油循环冲洗中，反复将油加热、冷却，使油管反复热胀冷缩，在冷热交替变化中容易使附着在油站管道管壁和油站部件上的残留物脱落下来，能够加速油系统的清洗。高温冲洗状态温度推荐：65 ~ 70℃；常温冲刷状态温度推荐：30 ~ 35℃。温度交变控制冲洗步骤见表 1。为了更快地实现温度交变，油箱温度升至 65℃ 左右时可以打开冷却器的循环冷却水，从而实现快速滑油快速降温的效果。

表 1 管路温度交变控制冲洗步骤

步骤	周期相位	时间段 /h	温度变化范围
1	升温相位	0 ~ 4	从室温 (20℃) 到 70℃
2	高温保持时间	4 ~ 12	保持在 65 ~ 70℃
3	降温相位	13 ~ 16	从 70℃ 到冲刷温度 (30℃)
4	常温保持时间	17 ~ 24	保持在 30 ~ 35℃
5	重复步骤 1 ~ 4，直到油液清洁度合格		

油冲洗过程中，可以使用软质榔头或木槌等工具沿着油流方向对油管路弯头、焊缝等部位锤击，通过锤击作用力与热胀冷缩现象来使处于管道内壁的杂物直接脱落。

3.3 冲洗流速的推荐

管道油冲洗的目的是冲洗掉附着在管壁上的杂质。进行管路油冲洗的理论依据，是要利用冲洗流体的紊流运动连续不断地对被冲洗设备和管道进行冲刷，使附着在设备和管道内壁的如焊渣、金属屑、金属氧化物、涂料等污染物脱落并随着冲刷流体流动而被带走。要想实现对系统管道进行理想冲洗的效果，就需要确保冲洗流体在管道内流动状态为紊流。对于光滑的金属圆管油冲洗，当管道管径确定时，要使流体做紊流运行，主要通过升高温度降低流

体粘合和增大流体流量提高流体流速的办法来提高雷诺数，从而达到提升冲洗效果的目的。一般为了达到最佳的冲洗效果，通常选定雷诺数 $Re \geq 4000$ 。特别的是，冲洗时在保持大流量状态的情况下，可以通过流速的交变达到提升冲洗效果的目的。管道流速交变配合温度交变进行冲洗效果最佳，结合表 1 的周期相位，在温度保持阶段推荐采用第一流速，在升温 and 降温阶段推荐采用第二流速。不同的管路推荐冲洗流速见表 2。

表 2 管路冲洗推荐流速表

管径/mm	第一流速/(m/s)	第二流速/(m/s)
$40 < D \leq 100$	1 ~ 3	3 ~ 5
$100 < D \leq 200$	0.5 ~ 1.5	1.5 ~ 2.5
$200 < D \leq 500$	0.5 ~ 1.0	1 ~ 1.5

3.4 油泵启 / 停选择

润滑油站油泵多采用非容积式液下离心油泵，其特点为：泵出口压力越低，流量越大，轴功率越大；反之泵出口压力越高，流量越小，轴功率越小。离心油泵首次启动时，泵出口需配置相应负载，避免启动失败、避免严重偏工况过流量冲击损伤滑油系统中的各元件。

油泵运行时，避免过低温度引起的油泵电机过载，油箱油温必须 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 才能启动润滑油泵。油泵正常启动后，油泵出口压力必须控制在允许工作范围内，否则禁止油泵长时间运行及频繁启动。油泵长时间运行时，需对电机电流、泵出口压力、泵组振动进行间隔测量记录，避免出现故障时不能及时发现。

3.5 滤网的使用

利用润滑油站产品中的润滑油过滤器和回油滤网，能更有效地提高冲洗质量。

润滑油过滤器在油冲洗时是最重要部件，且是效率最高的滤油设备。因此润滑油过滤器滤芯不能采用原设备滤芯，油冲洗过程中可以更换比原设备滤芯更高一级过滤精度的滤芯。油冲洗过程中平均每 12h 检查一次滤筒内及滤芯情况，观察是否存在肉眼可见的磨损颗粒、焊渣、燃烧残渣、铁锈、车削废料等杂质，若发现应重点进行清理，同时检查滤芯是否有破损。油冲洗过程中平均每 4h 检查一次过滤器前后压力仪表读数，判断是否存在因滤芯过渡堵塞造成的严重通油不畅，避免影响油冲洗进度；双筒过滤器两个筒均应安装相同精度的冲洗滤芯，分阶段进行使用。油冲洗过程中过滤器会因冲洗滤芯的堵塞程度发出脆响，可以不用理会，这是冲洗滤芯堵塞后产生静电所致。

油箱回油滤网为油箱回油最后的屏障，可以拦截损坏油泵的大型颗粒。油冲洗时回油滤网安装至关重要。平均每 12h 查看检查一次，平均每 24h 清理一次。

3.6 利用外部油滤装置加快油冲洗

油冲洗过程中，利用外部油滤机可以加快油冲洗效率。一般油箱底部均设置有油净化吸油口，从此接口连接外部油滤机，并将外部油滤机回油接回油箱。外部净油机选用过滤精度高的滤芯，利用外部油滤机共同参与油循环清洗，会加速油系统的清洁，缩短清洗周期，起到促进进度作用。

4 结语

本文对油冲洗过程中碰到的小负载、低温度、不安装滤芯进行油冲洗等问题进行了分析，并提出解决办法，从而实现更好、更快、更安全的油冲洗。在大型机组冲洗前，要根据机组和管路特点，认真分析、制定切实可行的油冲洗流程规范。冲洗过程中要有专人负责，对相关作业和运行数据进行记录，严把油冲洗质量关，确保冲洗清洗工作顺利进行。冲洗过程中，还需要对拆下来的部件、配管等配件妥善保存并保持清洁度，提高油循环冲洗效果。

参考文献：

[1] 梁孝驰，夏侯恒宇，刘栩宁．同轴主油泵与双电泵润滑油系统的对比[J]．热力透平，2020,49(01):47-53.
[2] 高超．关于燃气轮机滑油系统冲洗试验的技术要点分析[J]．电子技术与软件工程，2017(22):249.
[3] 覃或．大型机组油循环冲洗的施工工艺[J]．化工管理，2021(34):168-170.
[4] 张建龙，雷鸣，惠文奇．离心式压缩机组安装施工技巧探究[J]．建筑工程技术与设计，2018(27):462.
[5] 陈吉辰，梁小虎．美国 GE 公司生产 9F 型燃气轮机油系统冲洗及检验方法浅析[J]．中国科技纵横，2014(23):75-76.
[6] 赵常俊，赵清东．汽轮发电机组油循环冲洗关键施工技术[J]．安装，2021(03):31-33.
[7] 韩丽华，班新龙．液压管路系统油冲洗技术[J]．包头职业技术学院学报，2009,10(03):3-4.

作者简介：张红日（1983.10-），男，汉族，黑龙江双鸭山人，本科，工程师，研究方向：汽轮机等设备的润滑及液压系统研发。