

# 皂河站主电机定子线圈绝缘损伤的处理

吴良宇, 徐川江, 季炜理, 王浩男, 仝 超

(江苏省骆运水利工程管理处, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**在设备预防性试验中,皂河站发现 1#主电机 A 相其中一只线圈绝缘被异物损伤,详细论述了 3 种方案,包括更换损伤的线圈、现场绝缘修复、“丢线圈”法,经过方案比较,决定采用“丢线圈”方法进行处理,处理后试验合格,经过试运行和正常运行检验各项数据满足使用要求。

**关键词:**电机;定子绝缘;丢线圈

**中图分类号:**TV675 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2022)02-0062-03

## Treatment of stator coil insulation damage of main motor in Zaohe Pumping Station

WU Liangyu, XU Chuanjiang, JI Weili, WANG Haonan, TONG Chao

(Luoyun Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Suqian 223800, China)

**Abstract:**In the equipment preventive test, It is found that the insulation of one coil in phase A of the 1# main motor in Zaohe Station was damaged by foreign objects. Three schemes were discussed in detail, including replacing the damaged coil, on-site insulation repair and losing coil method. After comparing the schemes, it was decided to adopt losing coil method for treatment, and the test was qualified after treatment. After trial operation and normal operation inspection, all data meet the use requirements.

**Key words:**motor; stator insulation; losing coil method

## 1 概述

江苏省皂河抽水站(以下简称皂河站)是江苏江水北调第六梯级泵站,也是我国南水北调东线工程的第六梯级泵站之一,安装 2 台 6HL-70 型立式全调节混流泵,单机流量为  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ,是亚洲单机流量最大的混流泵,被称为“亚洲第一泵”,配用 TL7000-80/7400 型立式同步电动机,额定电压 10 kV,极数为 80 极,定子绕组接线方式为双 Y 型。

## 2 处理过程

### 2.1 存在问题

2020 年 11 月 27 日 1#机组停止运行,12 月 7 日全站停运,圆满完成全年抗旱翻水任务进入设备保养阶段。2020 年 12 月 22 日,在对 1#主机定子线圈

进行泄漏电流和直流耐压试验时发现 A 相定子线圈升至 8 kV 时有放电声,立即停止试验。经过排查,初步锁定放电位置,最终查明泄漏点在主机定子西部线圈上端头,该处有明显可见的绝缘损伤。

### 2.2 方案确定

经过查阅最近几年的 1#主电机预防性试验数据和运行数据,虽然历次直流电阻、绝缘电阻、泄漏电流和直流耐压均为合格,主机组也能正常运行,但是本次发现的线圈绝缘损伤如果不处理将会发展成为故障,后果将很严重,应将问题消灭在萌芽状态,立即处理。

方案一:更换损伤的线圈

此方案是将电机转子吊出,拆除损伤的线圈,并将预先制作好的合格线圈嵌入,重新连接后现场进行绝缘处理。此方案优点是处理后电机线圈各

收稿日期:2021-08-30

作者简介:吴良宇(1972-),男,高级工程师,本科,主要从事泵站运行和管理工作。E-mail: 330310266@qq.com

项参数和原来一样。

缺点是要拆除叶片调节机构、滑环室、电机盖板等部件,并拆除电机和水泵大轴连接,后期安装时还要对叶片间隙、同心和摆度等参数重新测量和调整。

此方案施工难度大、周期最长,投资也最大。

方案二:现场绝缘修复

此方案的优点是不需要动电机任何部位,理想情况下修复后的线圈基本能恢复如初,能保证线圈绝缘性能良好,不影响电机任何电气性能。

此方案的缺点是人工操作难度大,需要操作者耐心细致一点点将原损伤处的绝缘剥掉,再重新包绝缘,包好绝缘烘干固化好再刷绝缘漆处理,线圈修复后能否通过电气试验存在一定风险。

此方案工期需要 10 d 左右。

方案三:“丢线圈”法

此方案是将缺陷线圈丢掉,端部连线进行改接。

此方案的优点是操作方便,只需将端部接线剪开,将缺陷线圈丢掉,其他正常线圈进行重新接线,然后焊接头,再进行绝缘处理。此方案工期需要 5 d 左右,投资最少。

此方案的缺点是需要改动线圈端部接线,此相直流电阻略微减小(相对其他 2 相减小 1/170 左右),对运行时的每相电流值有影响。

结合投资和工期情况,再加上定子线圈损伤处刚好处在定子端部靠近铁芯位置,有转子磁极铁芯遮挡,再加上线圈匝间距离很近,几乎无操作空间,遂决定选用方案三。此方案在泵站和发电厂均有成功实施的先例<sup>[1-3]</sup>,不同之处在于资料所见的线圈绝缘损伤多是故障导致的,而皂河站的是预防性试验时发现的,未发展成故障。

2.3 处理过程

先进行检查除尘,拆除电机盖板,对定转子进行除尘,清理机坑,检查电机空气间隙,详细检查定子和转子,重点是定子线圈端部,再未发现线圈绝

缘损伤情况。

(1) 断开连接。断开绝缘损伤线圈与同组其他线圈的连接线,再对定子线圈 A 相进行绝缘电阻和泄漏电流和直流耐压试验,试验结果满足规程要求。

(2) 绝缘处理。将绝缘损伤的线圈丢掉,重新连接 A 相其他线圈,并严格按照施工手册和电机线圈现场装配及绝缘处理<sup>[4]</sup>的要求进行接线和绝缘处理。

(3) 线圈烘干。对定子绕组通入直流电流进行 24 h 的线圈排潮处理,在 A 相新连接部位增加取暖器局部加热,电流从 200 A 逐渐增加至 385 A,线圈温度缓慢上升,从 13℃ 逐渐升高至 90℃,保温时间为 20 ~ 24 h。

(4) 淋漆固化。待 24 h 线圈排潮处理结束后,使用绝缘漆(F51 型号 F 级)涂刷定子线圈重新连接部位,同时继续使用线圈排潮处理的方法进行油漆烘干固化。

至 2021 年 1 月 4 日 24 时,烘干固化完成,线圈绝缘处理结束,停止加热,待线圈冷却后进行电气试验。整个过程前后历时 7 d 时间。

需要注意的是,在线圈清洁和绝缘处理过程中使用到无水酒精,现场杜绝一切火源和抽烟、打电话等危险行为。线圈连接、线圈烘干和淋漆固化阶段要安排人员 24 h 值班,密切关注气焊现场及烘干时线圈各部位温度,防止定子线圈过热、取暖器故障等引起的事故,并在现场配备灭火器。

3 改造后的效果分析

2021 年 1 月 5 日,对处理后的定子线圈进行试验,试验结果见表 1,从表 1 可知绝缘电阻和吸收比合格,泄漏电流和直流耐压合格,直流电阻相间最大差值为 3.2 mΩ(1.5%),满足规程要求的直流电阻相互差别不应超过最小值的 2% 的要求。

1 月 8 日进行 1#机组带电试运行,整个过程机组运行平稳,声音均匀。运行时噪声最大值为

表 1 定子线圈处理后试验结果

试验项目	直流电阻/ mΩ	泄漏电流(μA)和直流耐压				耐压前		耐压后	
		5 kV	10 kV	15 kV	20 kV	绝缘电阻/GΩ	吸收比	绝缘电阻/GΩ	吸收比
A 相	211.6	1.5	2.2	2.7	3.6	8.58	1.70	5.26	2.00
B 相	214.8	1.2	2.5	2.9	3.6	7.20	1.90	5.16	2.00
C 相	214.1	1.0	2.5	3.4	4.4	7.10	1.98	5.22	2.01

87 dB,振动最大值为 9  $\mu\text{m}$ ,测值见表 2。

表 2 试运行噪声和振动测量结果

测值	噪声/dB	振动/ $\mu\text{m}$
方位	东	81
	南	86
	西	87
	北	79

5 月 17 日至 8 月 1 日进行补水和排涝运行,部分运行数据见表 3,从中可知在不同功率下 A 相定子电流稍大于 B 相和 C 相电流,其差值在 6~9 A 之间,三相不平衡程度满载时为 1.4%,轻载时最大为 4.4%,符合《泵站运行规程》(DB32/T 1360—2009)的要求(主电机三相不平衡程度满载时最大允许值为 15%,轻载时任何一相电流未超过额定数值时,不平衡的最大允许值为 10%)。

表 3 1#机组运行数据

时间	功率/ kW	电压/ kV	定子电流/A		
			I <sub>a</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>c</sub>
1 月 8 日 (试运行)	3129	10.3	201	193	193
5 月 25 日	2933	10.5	189	181	181
6 月 11 日	3899	10.4	248	243	239
6 月 7 日	4588	10.5	289	283	280
6 月 10 日	5702	10.4	361	355	354
7 月 30 日	6521	10.5	388	380	380
7 月 30 日	7176	10.7	438	433	432

4 结论及建议

皂河站主电机由于不明原因作用造成 A 相绕组其中一匝线圈绝缘损伤,经“丢线圈”处理后,经过试运行和正常运行,机组运行情况良好,各项测值均满足要求。

在实际运行和维护时建议做好以下几点:

(1) 电机启动前,要对电机的空气间隙进行检查,以防异物落入空气间隙,并进行绝缘电阻测试。

(2) 根据规程<sup>[5]</sup>规定,交流电动机定子线圈泄漏电流与直流耐压试验只是在大修时和更换线圈后进行,但是皂河站这样线圈绝缘损伤程度小,额定电压下还能正常运行的隐患不能被发现,间隔 2 至 3 年做一次还是必要的。

(3) 丢线圈作为应急处理措施,在条件具备时将要丢的线圈进行恢复。

参考文献:

[1] 黄海田,张顺林. 泵站同步电机线圈对地短路故障的一种应急处理办法[J]. 中小型电机, 2000(4):48.

[2] 潘清甫. 高压发电机丢线圈运行方式[J]. 大电机技术, 1990(4):14-19.

[3] 陆华培,潘清甫. 水轮发电机定子故障绕组切除后的运行[J]. 设备管理与维修, 2011(增刊1):118-119.

[4] 吴良宇,徐川江,刘刚. 电机线圈现场装配及绝缘处理[J]. 设备管理与维修, 2017(12):85-86.

[5] 中华人民共和国电力工业部. DL/T596—1996 电力设备预防性试验规程[S]. 北京:中国电力出版社, 1996.