

[断路器]

3AQ断路器带电补油装置的研制

文/何裕强 潘金佳 商小峰 黄国良 李晓晗
国网浙江省电力有限公司嘉兴供电公司

3AQ断路器逐渐成为变电站的重要设备之一。由于3AQ断路器结构复杂，加工精度要求高，出现故障的几率较弹簧机构的断路器高。该类断路器多发生液压机构漏油故障，导致液压油位偏低，所以经常需更换漏油管路和补充液压油。研制了一种直接通过断路器放油口补油的装置，以减少断路器带电补油时间。

随着电网技术的发展，220 kV断路器为了满足操作功的需求，逐渐采用液压机构断路器取代传统弹簧机构断路器。液压机构断路器具有输出功率大、时延小、动作快、负载特性配合好、噪声小、可靠性高和维修方便等特点。但对加工工艺的要求高，如果制造或者装配不良容易渗漏油，速度特性易受环境温度的影响。渗漏油是液压机构断路器的通病，渗油导致油位偏低，不仅会造成断路器密封性能和绝缘水平下降，还会影响断路器的动作性能，造成断路器机构频繁打压，对电动机产生危害，因此，需对经常渗油的断路器补充液压油。

目前对充油设备带电补油的方法有很多，一般主要采用注油排气法、充气排气法和抽气排气法，这三种方法的共同特点是需要停电进行。设备一旦停电，必然会改变变电站的运行方式，对电网安全稳定

产生影响。本文提出了一种直接通过断路器放油口补油的装置。该装置无须打开断路器油箱盖，通过位于断路器横梁下方的放油口，采用压力过滤的方法，实现带电补油，大大提高补油效率。

带电补油装置设计过程

截至2022年7月，嘉兴地区220 kV变电站3AQ断路器共156台。上半年共完成带电补油47台次，单台3AQ断路器补油时间约为123 min。

3AQ断路器带电补油作业时间过长，主要突出表现在拆除油箱盖抽油至油箱这个环节上。经过分析，主要原因因为采用自然过滤、针对性技术培训时长不够、需要拆盖补油、油抽子无固定、油缸位置高、油抽子材质为塑料、补油环境通常为不停电、考核率低和油抽子管径小9个方面，如图1所示。

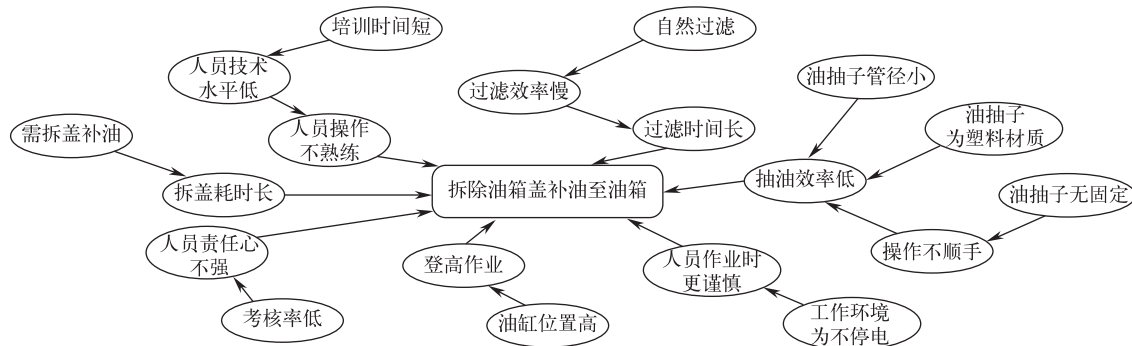


图1 拆除油箱盖抽油至油箱耗时长原因分析

1. 过滤方式对比

通过现场试验的方法设置对照组，两组都采用针筒方式注油，区别在于一组采用自然（大气压）过滤法，即使用注射器注入缸体滤网上自然过滤；另一组通过将滤网剪切一部分固定于针筒内部，直接外施压力推动针筒注入滤网下方，对同一补油量进行补油作业，对时间进行统计。

经过多次试验统计，采用自然过滤法拆除油箱盖抽油至油箱平均耗时98 min，补油作业总平均耗时150 min；采用压力过滤法拆除油箱盖抽油至油箱平均耗时61 min，补油作业总平均耗时86 min。

通过对比发现，通过压力过滤的方法，症结的时间从原来的98 min降到了61 min，降低了将近1/3，补油作业总耗时也从150 min降低到86 min，采用压力过滤法过滤效果显著，对拆除油箱盖抽油至油箱平均耗时和补油作业总耗时有很大影响，采用压力过滤法明显降低了补油时间。

2. 培训效果对比

查阅培训记录，统计了6位补油人员的培训课时数，统计见表1。

表1 补油人员培训时长（单位：min）

序号	培训内容	培训人员					
		沈*涛	罗*鹏	韩*鑫	陈*豪	罗*超	张*海
1	回路知识	5	6	7	7	6	5
2	流程培训	15	17	14	13	11	18
3	理论知识	10	8	12	14	8	10
4	实际操作	20	18	21	25	21	22
5	设备熟悉	10	9	8	8	9	10
6	注意事项	5	5	5	5	5	5
总学时		65	63	67	72	60	70

查询历史补油记录，对其补油耗时进行统计，见表2。

表2 补油人员历史补油时间（单位：min）

补油人员	培训时间	变电所			平均补油时间
		大德变电站	潮乡变电站	青石变电站	
沈*涛	65	95	102	96	93.7
罗*鹏	63	88	86	74	82.7
韩*鑫	67	108	96	87	97
陈*豪	72	100	94	148	97.7
罗*超	60	100	96	92	96
张*海	70	100	124	84	102.7

从调查分析的结果可以看出，补油人员的培训时长与拆除油箱盖抽油至油箱呈现杂乱无章的变化规律，甚至出现了培训时间多的人员补油时间高于

培训时间少的补油人员的情况，培训时长对带电补油时间影响不大。

3. 拆盖方式对比

通过设置对照组的方法，一组采用拆盖方式补油，一组不拆盖（已拆盖，省去拆盖操作），对同一补油量进行补油作业。拆盖方式下，不同补油人员在补油过程总平均耗时98 min；不拆盖方式（通过放油口补油）下，不同补油人员在补油过程总平均耗时62 min。

通过对比发现，不拆盖方式补油相比于拆盖方式可以节省约36 min的拆盖时间，超过了症结耗时的1/3，对拆除油箱盖抽油至油箱耗时和补油作业耗时有显著影响。

4. 油抽子固定方式对比

通过设置对照组的方法，一组采用无固定方式补油，一组将油抽子固定在油桶上，对同一补油量进行补油作业。对耗时进行统计，得到的数据见表3。

表3 油抽子不同固定方式下作业时间（单位：min）

固定方式	无固定		有固定	
	拆除油箱盖抽油至油箱耗时	补油作业总耗时	拆除油箱盖抽油至油箱耗时	补油作业总耗时
1	97	149	90	142
2	98	150	91	143
3	99	151	92	144
平均耗时	98	150	91	143

通过对比发现，油抽子有无固定对拆除油箱盖抽油至油箱耗时和3AQ断路器带电补油作业耗时影响不显著，只是略微提升了操作的顺手程度，症结的耗时减少不大，可以忽略。

5. 油缸高度不同对比

对近期有过补油作业的断路器油缸高度进行了测量，并对补油作业的耗时进行了统计，得到的数据见表4。

表4 不同间隔下油缸高度对补油时间的影响

	间隔1	间隔2	间隔3	间隔4	间隔5
油缸高度/cm	235	238	255	240	225
症结耗时/min	97	99	98	99	100
补油作业总耗时/min	149	151	150	151	152

通过对比发现，油缸位置高度虽有差异，但其补油作业时症结耗时和总耗时接近一致，并不随油缸高度的变化而发生显著变化，因此油缸高度对拆

除油箱盖抽油至油箱耗时和3AQ断路器带电补油作业耗时仍不满足要求，且差异较小。

6. 油抽子材质不同对比

通过对市面上两种不同材质的油抽子进行对比，一种为普通塑料材质（易漏油），另一种为金属材质（不易漏油），分别用同一补油量进行补油作业，对其耗时进行统计。采用塑料油抽子时，带电补油过程总平均耗时150 min；采用金属油抽子时，带电补油过程总平均耗时为140 min。

通过对比发现，油抽子材质对拆除油箱盖抽油至油箱耗时和3AQ断路器带电补油作业耗时影响较小，且差异较小。

7. 作业环境不同对比

查询了几次停电补油的记录，并与带电补油作对比，对其耗时进行统计。由于作业人员均为有多年检修经验的变电检修人员，心理素质较好，没有因为是带电补油而慌张，也没有出现误操作，因此停电与否对作业人员的心理没有影响，作业时间几乎一致。

通过对比发现，停电与否对拆除油箱盖抽油至油箱耗时和3AQ断路器带电补油作业耗时影响较小，且差异较小。

8. 考核率不同对比

在2022年1~7月期间，抽样选取青石变、潮乡变、大德变、梧桐变和凤鸣变等变电所，对3AQ断路器补油作业后的考核情况进行调研，统计见表5。

表5 不同考核率对补油作业时间影响

	变电站名称	考核率 (%)	平均补油时间/min
考核情况	青石变	0	150
	潮乡变	30	151
	大德变	50	152
	梧桐变	70	148
	凤鸣变	100	149

通过对3AQ断路器补油作业完成后的考核调查，发现现有的3AQ断路器补油工作不同考核率下，补油作业时间大体一致，可见考核率对结果无影响。

9. 油抽子规格不同对比

通过对市面上两种不同规格的油抽子进行对比，一种小型号的油抽子管径为5 cm，另一种大型号油抽子管径为8 cm，分别用同一补油量进行补油作业，对其耗时进行统计。采用5 cm管径油抽子

时，补油平均耗时150 min；而采用8 cm管径油抽子时，补油平均耗时142 min。

对比发现，油抽子管径对拆除油箱盖抽油至油箱耗时和3AQ断路器带电补油作业耗时影响较小，且受制于现场作业环境，无法使用更大管径的油抽子。因此，油抽子规格不同的影响可忽略不计。

综上，经过逐条调查确认，得出造成“拆除油箱盖抽油至油箱耗时长”主要原因有两点：①采用自然过滤；②需要拆盖补油。

针对原因①提出“模拟压水井方式制作专门的补油装置”方式；针对原因②，提出“直接从油缸放油口补油”方式。再依据作业需求，设计出可接放油阀的手动液压油注油机，如图2所示。该注油机由注油桶、压把和注油管构成。注油管接头与断路器放油阀相配，压把内部有滤网以过滤杂质，还有逆止钢球防止油倒灌。

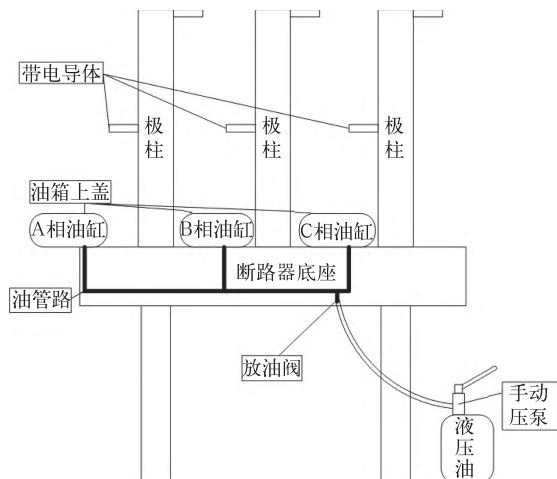


图2 手动液压注油机工作示意

注油桶：选择市面上普通的汽油桶进行改装，增设了一个脚踏固定板和压把连接口，采用四颗M10×30螺栓固定。

压把：采用不锈钢材料制作，公头为标准真空作业DN20公接头，对侧为3/8内丝。

注油管：采用4寸透明软管，两头连接处有不锈钢抱箍紧固，防止漏油。

注油口接头：采用不锈钢材料制作，两侧均为3/8内丝。

带电补油装置的检测

本文在3AQ断路器带电补油作业时对该注油机

进行测试，检查正常抽真空作业时转接头接口处是否存在漏气，统计结果见表6。

表6 带真空度测量端口的转接装置效果检查表

试验次数	是否存在漏油	效果
1	否	✓
2	否	✓
3	否	✓
4	否	✓
5	否	✓

5组补油作业过程中，使用该注油装置均未发现漏油，测试合格。

然后委托第三方安全工器具检测中心对手动液压油注油机进行气密性、静负荷拉力试验，所测项目全部合格。现场对该装置出口端进行油流压力流速测试，压力、流速平稳，满足3AQ断路器带电补油作业对油路系统的要求。

带电补油装置的应用

将手动液压油注油机组装后，使用该装置前后对2022年嘉兴220 kV梧桐变电站的4台3AQ断路器带电补油作业拆除油箱盖抽油至油箱耗时进行调查统计，结果见表7和表8。

表7 常规补油方式下3AQ断路器带电补油时间统计

(单位: min)

序号	步骤	断路器1	断路器2	断路器3	断路器4	平均
1	作业前准备	10	10	10	10	10
2	油桶及管道就位	5	5	5	5	5
3	注油(拆除油箱盖、自然过滤)	98	101	96	97	98
4	清理现场油迹	10	10	10	10	10
以上合计		123	126	121	122	123

表8 使用本文装置方式下带电补油作业耗时统计

(单位: min)

序号	步骤	断路器1	断路器2	断路器3	断路器4	平均
1	作业前准备	10	10	10	10	10
2	油桶及管道就位	5	5	5	5	5
3	注油(直接注油、压力过滤)	30	33	30	37	32.5
4	清理现场油迹	10	10	10	10	10
以上合计		55	58	55	62	57.5

经过本文装置的研制使用，拆除油箱盖抽油至油箱平均耗时由之前的98 min减少至32.5 min，平均时间减少65.5 min，缩短了67%。使用手动液压油注油机进行3AQ断路器带电补油作业后，断路器带电补油耗时从123 min降到了57.5 min，降低了53.25%。

总结与展望

通过对实际检修工作的经验总结，结合参考文献的研制方法，本文提出了一种带电补油装置。该装置结构简单，可快速组装使用，具有以下优点。

- 1) 效率高。由于直接从放油口处注油，无须拆装油箱盖，大大节省了补油时间。
- 2) 安全系数高。补油位置位于断路器横梁下方，大大降低了安全风险。
- 3) 操作性高。由于采用手压式注油，而且可以通过脚踏踏板固定，比一般的手抽式的油抽子省力不少。
- 4) 经济效益较高。该装置可以实现一人带电补油操作，比平时节省一名登高扶管子人员，人力成本节省约1 000 元/人，而且该装置密封性能较好，可以减少补油时液压油的浪费，一年节省一桶液压油，一桶以1万元为准，一年带电补油20次计算。一年可以节约经济成本约3万元。

该装置为变电检修工作带来了切实的改善，经过一段时间的使用，发现手动液压油注油机还有待提高，未来计划运用电动控制进一步提升3AQ断路器带电补油效率。EA

(收稿日期: 2023-04-18)

参考文献

[1] 董玉坤, 沈胜楠, 路欣, 等. 基于压力传感器的变压器油位检测和带电补油装置[J]. 电子测量与仪器学报, 2020, 34(5): 37-42.

[2] 梅鑫. 一种油气分离式油浸式互感器带电补油装置的研制[J]. 科技创新与应用, 2016(08): 35.

[3] 刘兰荣, 孙建涛, 马斌, 等. 温度和微水对变压器油及油纸绝缘介电性能的影响[J]. 电气应用, 2021, 40(3): 8-13.