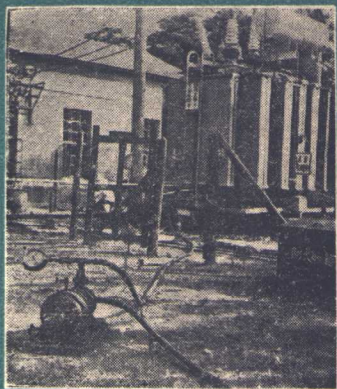




安东供电局著

絕緣油帶電處理

水利电力出版社



中国农村出版社

绝缘油带电处理

中国农村出版社

絕緣油帶電處理

安東供電局著

*

2745D658

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 1%印張 * 36千字

1960年3月北京第1版

1960年3月北京第1次印刷(0001—1,370冊)

統一書號：15143·1919 定價(第9類)0.19元

序 言

絕緣油带电处理工作的发展，是我国电力工业的生产和技术发展的必然結果。我局的絕緣油带电处理工作是在辽吉电业管理局的领导下，于1957年开始研究的。建国以来，电力工业技术水平不断提高，供电系統絕大部分电气设备的运行状况都日益改进，但絕緣油工作过去尚未被普遍重視，因此它便成为一个薄弱环节，需要迅速加强。另一方面工农业生产大跃进对供电的要求日益提高，于是停电处理絕緣油的条件便愈来愈受限制。这样，带电处理絕緣油便成为一个迫切需要解决的课题。起初这项工作的进展并不是很快的，但在1958年大跃进以来，特别是技术革命和技术革新运动在全国范围内形成高潮以后，在客观形势的促进下，絕緣油带电处理工作开展的步伐也就跃进了。

本书介绍我局两年来在带电处理絕緣油过程中积累的再生装置的选择、再生装置的结构、带电处理絕緣油的安全工作措施和基本操作方法等方面的經驗。

絕緣油的带电处理包括带电过滤和带电再生两部分（本书中凡不明显提出“再生”字样时，則其内容对于两类情况都适用）。

本书着重介绍实践經驗，对于理論叙述較少。在苏联，在电压10千伏以上的不許可停电的设备上已經进行过带电滤油，我們的带电处理絕緣油工作是在学习苏联先进經驗的基础上結合我国具体情况进一步发展起来的。目前此项工作尚处于开端，我們無論在理論或实践方面的水平都不高，但为了希望得到广大讀者的帮助，促进带电处理絕緣油工作的进一步开展，我們愿意将工作中的一点体会大胆的介绍出来，請讀者批評和指正。

安东供电局
1959年12月16日

目 录

第一章 絕緣油帶电处理的价值和意义	4
第二章 絕緣油帶电再生方法的选择	6
第一节 再生方法的选择	6
第二节 吸附剂的选择	7
第三章 絕緣油帶电再生裝置的結構	8
第一节 絕緣油帶电再生裝置的总布置	8
第二节 油預热器	10
第三节 油泵	15
第四节 吸附剂罐	17
第五节 压力式滤油机	20
第六节 脫气裝置	22
第七节 油管	26
第四章 絕緣油帶电再生裝置的运行	27
第一节 启动前的准备工作	27
第二节 启动	31
第三节 运行監督	32
第四节 絕緣油的采样試驗	34
第五节 异常現象的处理	39

第五章 絕緣油帶電再生的效果40

第一節 一般情況40

第二節 再生油的性能41

第三節 電氣設備絕緣性能的提高43

第六章 鈉氟石的再生45

第一節 概述45

第二節 再生鈉氟石的裝置45

第三節 鈉氟石的再生過程46

第四節 注意事項48

第七章 技術管理49

第一節 保證安全的技術組織措施49

第二節 技術資料及記錄文件51

第一章 絕緣油帶電處理的價值和意義

我國目前正處在大規模的社會主義建設時期，對供電部門來說，保證不間斷的供電，是一項非常艱巨而光榮的任務。

電力設備的經常性維護和檢修是保證安全供電的一項重要措施，也是供電部門一項經常性的工作。電力設備的絕緣油（如變壓器油）是經常在較高的溫度下運行的，並且或多或少地總要與空氣中的氧氣接觸，而逐漸氧化，因此油氧化的問題是在油的維護工作中經常遇到的主要問題。油氧化的結果生成酸性物質、樹脂質和油泥等，不但降低了變壓器油的絕緣水平，並且嚴重地威脅着電力設備的安全運行，同時生成的油泥沉集或附着於變壓器繞圈上，還影響了繞圈與變壓器油的散熱作用，也限制了設備負荷能力，所以在絕緣油的運行中應想盡一切辦法防止油質氧化。對於已經氧化的油，必須積極地採取有效措施處理，不能熟視無睹。

有些品種的絕緣油安全性比較差，新油在變壓器中運行往往只經過一年，就會呈現酸性反應，酸價上升。在充油套管中運行一年，則會嚴重氧化。在一般的電力系統中，如果不做好油的運行監督和維護，則五六年以後由於絕緣油不合格，設備需停電檢修的時間可能占全部停電檢修時間的相當大的比重，有時竟達一半以上。如果採用絕緣油帶電處理，就可以大大減少停電次數和停電時間，進一步保證對廠礦不間斷供電，給國家創造更多的財富。

隨着輸配電系統的日益擴大和使用電壓級的逐漸提高，絕

緣油在電力系統中，不僅在質量上對它提高了要求，而且在數量上也形成相當大的一部分設備資產。一台 OДГ 型 20,000 千伏安 220/66 千伏的單相變壓器，要用 32 噸油，一相 МКII-274 型 220 千伏油開關要用 17 噸油。由於設備中絕緣油氧化時，停電換油需要的備用油量相當多，所以說採用絕緣油的帶電處理在國民經濟中具有重大的意義，也是一項重大的技術革新。

以安東供電局為例，近兩年來，先後在 100 余台電壓 3.3~220 千伏，容量 100~20,000 千伏安，油量 300~32,000 公斤的各種變壓器與電壓為 22~66 千伏的油開關上，進行了絕緣油帶電處理，共減少了 100 余次的停電檢修。總的說來，採用帶電處理絕緣油的新方法有如下優點：

1. 能減少電氣設備的停電次數，減少了廠礦因停電在增加生產上受到的限制。

2. 大大減少了備用油量。

3. 不受停電限制，及時消除設備缺陷，不使設備長期處在絕緣不良狀態下運行。

4. 減少由於停電處理油而產生的人力、物力等方面的損失（如電氣設備或絕緣油的往返運輸耗費等）。

5. 對於氧化嚴重的變壓器油，簡單地換油往往不能使更換後的油質保持在良好的狀態下運行。因為變壓器繞圈，鐵殼，散熱器內的劣化油，不能在簡單的沖洗後就全部排除，特別是油在長期運行後，所產生的沉澱，油泥等不易在短時間的換油中除淨，變壓器油如果用反復帶電再生的方法處理，則能保證油質經常在合格狀態下運行。

6. 使油處理工作不受時間的限制，因此便能合理的安排人力，有計劃地進行工作，從而提高勞動生產率。

第二章 絕緣油帶電再生方法的选择

第一节 再生方法的选择

在运行的設備上进行絕緣油帶電再生，必須要保證电气設備的安全运行，因此，方法的选择应考虑再生設備要簡易，因为复杂的再生設備易引起故障，同时再生工艺过程的选择也应力求簡易。

目前再生劣化絕緣油的方法有如下几种：

1. 酸-碱-白土法；
2. 酸-白土法；
3. 碱-白土法；
4. 吸附剂法(用过滤法或接触法)。

酸-碱-白土法是一种最彻底的再生方法，适用于氧化得很严重的絕緣油。但是对于氧化得不十分严重的絕緣油，再生时可以酌量省略其中的一个操作过程，而得到“酸-白土”或“碱-白土”的簡單再生方法。

在采用上述几种再生方法进行再生的过程中，都要添加再生材料(硫酸、白土、碱及水等)进行攪拌，靜置沉淀等，而這些过程在运行的电气設備中根本无法进行，添加附属設備亦有困难，所以这几种再生方法都不适用于运行中的电气設備。

吸附剂法是利用某些多孔性的物料，从絕緣油中吸取氧化产物——酸性物质及树脂质等。将吸附剂装入一容器中，用强力使电气設備中的絕緣油循环，当絕緣油通过吸附剂时，其中的酸性物质及树脂质等被吸收，因而能改善絕緣油的质量，这种再生方法不需要复杂的再生設備，工艺过程也極簡便，所以

只有此法才适用于絕緣油的带电再生。

第二节 吸附剂的选择

具有吸附剂作用的物质很多，能作为絕緣油再生用的吸附剂有如下几种：

1. 各种天然的水合矽酸鋁，俗称漂白土等；
2. 矽胶——人工制造的脱水矽酸水凝胶；
3. 活性氧化鋁；
4. 鈉氟石。

鈉氟石在前些年代的主要作用还是一种軟水剂，近来在軟水方面它已逐漸被价格便宜、品质更优越的磺化煤所代替。但它在另一个領域又被人們用作吸附剂来再生劣化的絕緣油。

用矽胶和鈉氟石处理絕緣油运用的比較广泛。但根据使用經驗来看，鈉氟石吸酸的能力較矽胶强得很多。下面可以举一个简单的例子：矽胶、鈉氟石用过滤法，分別再生同一种劣化絕緣油，单由酸价、酸性反应在再生过程中的变化及再生所需的时间来比較两者的除酸效果。

采用鈉氟石再生絕緣油，經過多次試驗証明，鈉氟石不能吸收油中的酸性物质和树脂质，再生后絕緣油的酸碱反应、酸价、苛性鈉試驗、皂化值、油的顏色、击穿电压、絕緣电阻、介质損失角等性质都可以得到不同程度的改善，对于其它性质亦无不良影响。所以絕緣油带电再生所用吸附剂采用鈉氟石为佳。

吸附剂的吸附能力不但决定于它們的化学成分，而且吸附剂的表面积及其表面結構，对它的吸附能力亦有极大的影响。此外，湿度及工作温度对吸附能力亦有影响，所以选择鈉氟石时，要选用顆粒度0.5~4毫米的。因为顆粒度越小其表面积增

表 1

小时	鈉氟石过滤法再生中油的		矽胶过滤法再生中油的		备 注
	酸 (KOH毫克/克油)	价 酸碱反应	酸 (KOH毫克/克油)	价 酸碱反应	
0	0.106	酸性	0.106	酸性	吸附剂用量为 油量的 8 %
1	0.065	酸性	0.095	酸性	
2	0.052	无	0.083	酸性	
3	0.044	无	0.074	酸性	
4	0.036	无	0.068	酸性	
5	0.029	无	0.060	酸性	
6	—	—	0.053	酸性	
7	—	—	0.046	酸性	
8	—	—	0.039	无	
9	—	—	0.033	无	
10	—	—	0.029	无	

加得越多，因而吸附能力也越大。但粒度太小的鈉沸石(如0.5毫米以下的)，就容易堵塞滤网及滤油纸，会给油处理工作带来很多不方便，同时细粒的鈉氟石也不易再生。

第三章 絕緣油带电再生裝置的結構

第一节 絕緣油带电再生裝置的总布置

供电系統油务工作的特点是，各种貯油設備(变压器、油开关和消弧綫圈等)大都分散在各个变电所，而变电所之間一般皆相距甚远，所以在进行絕緣油带电再生时，首先就應該考虑这个特点。

根据变电所分散的情况，将絕緣油带电再生用的主要裝置

集中安裝在一輛拖車上，到變電所進行絕緣油帶電再生工作時，只需要將拖車拉至現場，這樣做是很方便的。這個車就稱為油再生車。

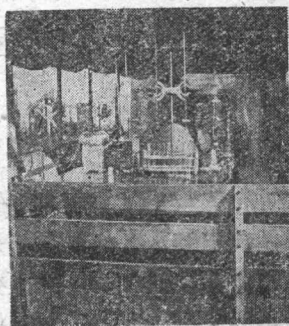
根據油再生車的大小，車上安有一部分主要再生裝置，如：兩個並列（或串列）的吸附劑罐、濾油機、電源操作盤、試驗台及主要的油管路等。



圖 1 油再生車
1—油泵；2—來油管；3—回油管。



A)



B)

圖 2 油再生車車上裝置

A) 油再生車前部。1—操作盤；2—吸附劑罐；3—濾油機。

B) 油再生車後部（將篷掀起，可以看見油再生車後部的試驗台）。

另一部分主要裝置：油預熱器、油泵和脫氧罐。由於油再生車的體積限制，我們只能隨時將這些裝置安裝在地面上。

絕緣油帶電再生裝置的示意圖如圖 3。

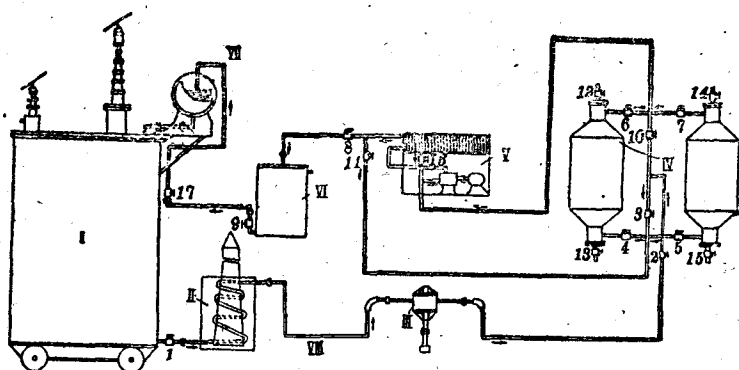


图3 絕緣油带电再生装置的总布置图

I—变压器(或油开关); II—油預热器; III—油泵; IV—1、2号鈉戴石罐;
V—压力或滤油机; VI—缓冲自动排气罐; VII—回油管路; VIII—来油管路。

第二节 油預热器

粘度是絕緣油的重要特性之一。除了作为絕緣之外，油在油开关中的重要作用之一是消弧；油在变压器中的重要作用之一是散热。就开关消弧及变压器的冷却作用来说，要求絕緣油的粘度尽可能低些，因为絕緣油的粘度，可以影响其冷却效果与消弧时间。

一、絕緣油的粘度与温度的关系

絕緣油粘度的大小与温度变化有着直接的关系，如若引用苏联B. II. 布里亚諾夫著“变压器油”一书中的曲线如下：

在冬季室外温度很低时，特别是在絕緣油进行带电再生时，由于加速了油循环，更加降低了絕緣油的温度。当室外温度降低至 $-20 \sim -30^{\circ}\text{C}$ 时，絕緣油的粘度已经变得很大。

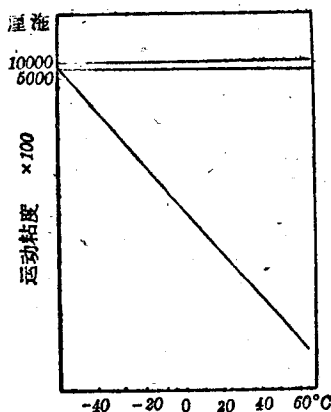


图4 变压器油粘度变化与温度的关系曲线

二、油的粘度对油再生工作的影响

压力式滤油机及油泵的运行与油的粘度有很大的关系，油的粘度随温度降低而增大时，表现出液体分子之间相互运动时的阻力增加，因而在一定程度上影响了滤油机油泵的流量及扬程。当温度很低即粘度变得相当大时，由于摩擦阻力的增加会使油泵的启动与运行变成为不可能，还有，如大家所早已知道的，吸附剂的吸附效果，不仅取决于吸附剂的表面结构和化学成份，在很大程度上还受到大气湿度及工作温度的影响，温度对吸附过程有显著的影响。因为温度增高会使油的粘度降低，溶解于油内的树脂质和酸性产物易于扩散，所以必然促进吸附作用，反之，如果温度降低，油的粘度增大，则能阻碍吸附作用。因此冬季进行油带电再生需要考虑对油进行加温，以求得到绝缘油的适当粘度。

三、油预热器的构造

1. 油预热器的原理构造(图5)

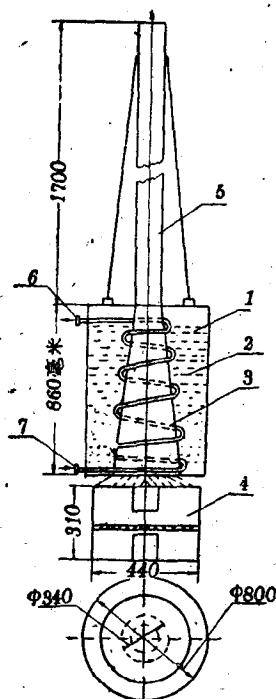


图5 油预热器的原理构造示意图

- 1—水箱；2—热水；3—螺旋形油管；
4—火炉；5—烟道；6—热油口；7—
冷油入口。

图5所示为一个结构简单而且适用的油预热器。它是由水箱、螺旋形油管、火炉及烟筒等组成的。这种结构的油预热器具备有下列优点：

(1) 设备简单；

(2) 加热不需电；

(3) 不会因温度过高而促使油老化，因其温度不会超过水的沸点(100°C)。

2. 预热器的密封试验

水分通常是影响击穿电压最厉害的因素，油中即使含有少量的水、也能严重的降低油的击穿电压，因此对于加工好的油预热器投入运行前，一定要进行一次密封试验，以防止潮气侵入油内和降低油的绝缘性能。

水分的害处不仅是降低油的击穿电压，同时游离水分的存在还能够增加铁的催化活性，因而引起油内析出大量的沉淀物。

“变压器油”一书中介绍了一个试验的结果，即将有游离水的绝缘油注于变压器内，工作17个月所生成的沉淀物的数量与一个无水变压器内的变压器油工作8年所生成的沉淀物的量相当。一般认为潮湿的油比干燥的油老化速度要快4倍。同时水

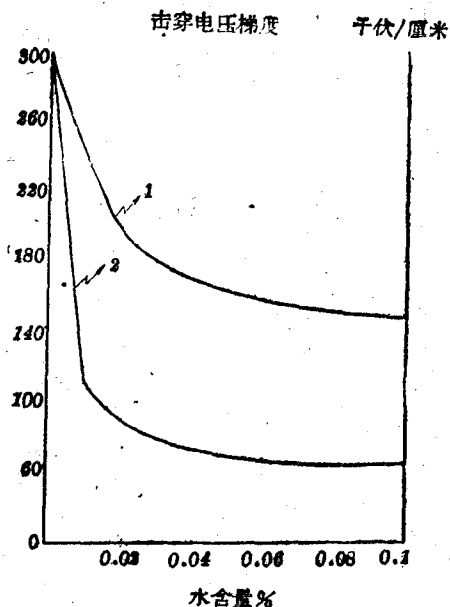


图6 水对于絕緣油击穿电压的影响
1— $t=65^{\circ}\text{C}$ 时；2— $t=25^{\circ}\text{C}$ 时。

分的存在使油在电弧的作用下(开关油)生成的炭比干燥的油内多3.7倍，这一点对于开关油来说，是很重要的。由此可见，油内含有水分对于设备的安全运行是个很大的威胁。因此，油預热器除运行前进行密封試驗和确定有无渗水或渗油现象以外，运行中还必須維持油压經常大于水压2~3倍以上。

四、預热器的效果

預热器主要是在低气温下加热絕緣油用的，其目的是使油

在再生中具有适当的粘度。因此周围空气温度在 5°C 以上进行絕緣油带电处理时，則可不采用此装置，以簡化油再生装置和油再生工作的措施。但在冬季室外温度較低的情况下，为获得油泵的正常工作条件及吸附剂良好的吸附效果，必須要考慮对油进行加温。油預热器在油处理方面所产生的效果，可用下面的例子來說明：

表 2 中所列数值是在两次带电再生油开关油工作中，由于气温的差别，甲变电所未使用預热器，而乙变电所使用了預热器，所获得的不同对比。

表 2

条 件	甲变电所66千伏油开关油		乙变电所66千伏油开关油	
	再 生 前	再 生 后	再 生 前	再 生 后
油量(公斤)	900	837	900	837
鈉氟石量(公斤)	120	183	120	183
初温($^{\circ}\text{C}$)	4~7	—	-7~-8	—
終温($^{\circ}\text{C}$)	—	4~7	—	40
時間(时)	—	18	—	5
酸价 (KOH毫克/克油)	0.16	0.045	0.29	0.029
酸碱反应	酸性	无	酸性	无
击穿电压(千伏)	31.3	45.0	35.6	45.1

从表 2 可以看出，条件虽不尽相同，如絕緣油的原始酸价，再生后絕緣油的酸价，气温等都有区别，但其内容已經足够說明預热器的作用；絕緣油的温度对吸附剂吸附能力的影响。特別值得提出的是絕緣油带电再生的時間大为縮減了，其意义不止是提高了工作效率。