

感应电动机文辑

第 二 集

上 海 人 民 出 版 社

感应电动机文輯

(第二集)

上海人民出版社

重 印 说 明

为了适应工农业生产发展的需要，我们除了积极组织出版新书外，同时还选择了部分过去出版的、尚有一定参考价值的图书重印出版。本文辑系根据原上海科学技术出版社 1968 年印刷的版本重印，共分两册。

第二辑主要介绍有关感应电动机的检查、试验与维修知识，包括感应电动机故障的检查、各种测试方法、绕组的修理和换新、电动机的浸漆与烘焙以及电动机机械部分的检修等。

因本文辑原来是由“电世界”月刊发表的有关文章汇编而成，故各篇文体、符号和图例很不一致，这次重印虽作了一些必要的修改，但缺点和谬误难免存在。希望广大读者提出宝贵的意见。

感 应 电 动 机 文 辑

(第 二 集)

(原上海科技版)

上海人民出版社出版

(上海绍兴路 5 号)

新华书店上海发行所发行 上海东方红印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.875 字数 128,000

1963 年 7 月第 2 版 1971 年 9 月第 1 版 1971 年 10 月第 1 次印刷

书号: 15·4·175 定价: 0.32 元

毛主席语录

鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义。

认识从实践始, 经过实践得到了理论的认识, 还须再回到实践去。

勤俭办工厂, 勤俭办商店, 勤俭办一切国营事业和合作事业, 勤俭办一切其他事业, 什么事情都应当执行勤俭的原则。这就是节约的原则, 节约是社会主义经济的基本原则之一。

目 录

6. 电动机故障的检查	1
6-1 怎样诊察电动机绕组的病症	1
6-2 推断电动机障碍的原因	11
6-3 用铁粉检查鼠笼式转子	21
6-4 电机机械部分故障的检查	22
7. 电动机的各种测试方法	28
7-1 辨别电动机绕组的“起端”和“末端”	28
7-2 从感应电动机的引线头测定旋转方向	30
7-3 电机部件表面温度测定方法	32
7-4 测量低压交流绕组温升的新方法	33
7-5 求绕组温升的简易图表	36
7-6 缩短电机温升试验的时间	37
7-7 怎样量度感应电动机的转差率	41
7-8 闪光测定电动机转差率的方法	47
7-9 测定感应电动机负载的简单方法	54
7-10 感应电动机的功率损失的测量	57
7-11 感应电动机的互馈试验	62
7-12 感应电动机的反馈试验	65
7-13 试验三相感应电动机的不平衡电压负荷法	69
7-14 无铭牌感应电动机额定数据的测定	86
7-15 交流电动机的绝缘试验	91
7-16 低压电机绝缘的电容试验法	96
8. 绕组的修理和换新	101
8-1 如何拆换电动机的绕组	101
8-2 用穿线法拆换电动机的部分绕组	112
8-3 电动机转子的快速拆线	113
8-4 转子波形绕组的联接法	114
8-5 电动机绕组万能绕线模	116

8-6	感应电动机旧壳绕新线的简捷算法.....	118
8-7	电机修理中若干计算问题的图解法.....	125
9.	电动机的浸漆与烘焙	131
9-1	电动机的浸漆与烘焙.....	131
9-2	电动机的烘燥经验.....	137
9-3	电动机绕组的烘干.....	140
9-4	电机的感应加热干燥法.....	152
9-5	生石灰干燥电动机.....	158
10.	电动机机械部分的检修	161
10-1	拆装电动机的专用设备.....	161
10-2	电动机轴承发热的处理方法.....	162
10-3	电动机轴承的维护.....	167
10-4	感应电动机转子的动平衡.....	169
10-5	再谈电动机转子的动平衡.....	179

6. 电动机故障的检查

6-1. 怎样诊察电动机绕组的病症

交流电动机绕组的病症，大概可划分为五大类，即通地（俗称碰壳）、短路、断路、反接及接错。

潮气侵入绕组，损及绕组的绝缘；金属细屑侵入绕组，或者因为皮带上一个静电的放电使绝缘物穿一小孔，均可招致通地或短接。有时在重绕后，也可能发生新的故障，而不能正常运用，如反接或错接等，也可能在修理过程中因为不当心而酿致短路或断路故障。

一个中小型感应电动机在正常运转时，差不多没有什么杂声的，大型机也只不过发出很有规则的哼声。哼声是由于铁心迭片在交变磁场中的振动以及由于槽数配合不好所致，和所通过交流电流的频率相呼应的。除此之外，就是一种呼啸声，是由于转子鼓风所致，在切断电流转子未停时，这呼啸声仍存在的，不过音调渐低直到全停为止。如果除上述两种声音外，还有一种低沉的吼声，表示绕组中的磁场必有不平衡情形存在，电动机内部必有故障。

用手接触机壳而觉得麻震,可能有一部分绕组通地(即碰铁),这是很危险的情形,尤以电压超过 220 伏的电动机为甚。所以,电动机铁壳必须接地,以保障人员的安全,因为人是在地电位的,机壳如已接地,若有一部分绕组通地,必使熔断器烧断,切断电源。

下面介绍几种检察上述五种故障的方法,不但在制造厂内可用于试验新的电动机,而且在修理时也很适用的。

通地的检察和修理

检察绕组通地的方法很多,一种最简便的方法,是准备几节干电池和一只小电灯泡串联起来,将两端接在两根试验针上。以一端触及机壳,另一端依次搭在电动机绕组的两端引线上,如有通地情形,小灯即亮。如不用干电池,可用 220 伏电源及 220 伏白炽灯泡,试验时,电动机的总开关须先拉开。

对于三相电动机,须先将三相的星形或三角形联接拆开,分别检察各相的绕组。

至于在一组绕组中,究竟哪一圈或哪几圈是通地的呢?可采用分组淘汰法。先将一整个绕组分为两组,将两组间的连接短线拆去,分别检试每一组,可以找出有故障的一组。将有故障的一组再分为两组或几组,分别检试,如是继续测试下去,直至寻出有故障的一圈或几圈为止。

如果故障不是直接通地,而是因为绝缘受潮以致绕组的铜线和铁心间有漏电的,这绕组和铁壳间有较高的漏电阻存在,不是用灯可以测试得出的。只好用几只干电池和一只电话听筒串联,以试验针触及铁壳及绕组端时,如有故障应听得克察声,好的绕组就没有。

另一种检验绝缘情形的方法，是用试验用的变压器，其次级一端接机壳，另一端接绕组。试验电压强度通常为电机的额定电压之二倍加 1,000 伏，试验时间 1 分钟。对于旧的电动机，这种电压将不能忍受，因此，可将试验电压降低到二倍额定电压加 1000 伏的 0.75 倍，对于修理后的电机，重绕的新线圈部分可用标准电压试验，但和旧线圈连接后，整个绕组仍宜用二倍额定电压加 1000 伏的 0.75 倍来测试。

在线圈嵌入线槽，包裹着绝缘物，盖上槽楔（即槽盖）以后，应立即举行绝缘测验，用铜线将全部引线端连接起来，接变压器次级的一端，另端接机壳，如有通地存在，装在变压器初级电路里的熔断器或小断路器将立即跳开，切断电源。在通地之处，可看出绕组与铁心间有闪络或小电弧发生，或者绝缘物烧焦冒出一小阵浓烟。如用此法不能立刻找出通地之处，可采取分组淘汰法。

在装置线圈时，往往在铁心的末端，用力将线圈拗曲，因此，绝缘物常被铁心转角处的尖锐边缘所割破，这是最容易发生通地的所在。

在修理时，应将有故障的一个线圈自槽内举起，再行检视故障原因予以修理。在线圈与槽间加衬绝缘物，加衬的部分应伸出烧毁部分。还须注意，该通地的部分，是否因试验时所发生的电弧而使导线损伤。如果故障处已烧毁或铜线已熔蚀，应该换接一段新的导线，否则烧伤处易发热。

如果线圈嵌入槽内之前已经包扎过，仍有通地故障存在时，应拆去烧毁之绝缘物，用新的绝缘物包裹，并用绝缘漆处理后，再检视相邻线圈间之绝缘是否受到损伤，如有损伤，应填入小片黄蜡布。

短接线圈的检査与修理

短接系由两铜线彼此接触供给一低阻抗的环路，如短路线圈的阻抗为 0.01 欧，线圈内感应电压有 1 伏，即产生 100 安的电流。此巨量电流足使电机加速发热，使外裹绝缘物老化，甚至烧毁。

图 1 显示两邻圈互触而形成短路的情形。电流自线圈的

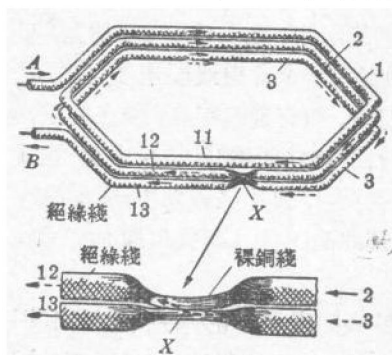


图 1 线圈短接的情形

A 端流入，经线圈边 1、11 及 2 至互触点 X，越 13 由 B 端出。同时被短路的线圈边 3 及 12 内，由于在旋转磁场内割切磁力线而感应一电压，引起电流经 3X 及 12 而返 3，如图中虚线箭头所示。其电流强度两倍以至十倍于正常值，该线圈迅速热至最高温度。

检査短路故障时，可利用其线圈边的过度发热现象。当电动机定子绕组已装竣后，先使该机在零载下运转约 10 至 30 分钟（如有焦臭气味或出烟现象，须立即停车），然后停机以手触线圈末端，如有一两个线圈较其他部分为热，即表示有短路存在的可能。

最有效的检査方法是利用短路检査器，这是一个在铁心上绕有线圈的感应器，其底部系曲面的，以便和定子内周的弧形相吻合。

如图 2，将检査器放在定子上面，正好放在所要检査的一个线圈边的槽上。在试验时，定子绕组不和外界相接，以电流

通入检察器内，磁通即由检察器的左面入线圈左面的定子槽齿、铁心，由右面槽齿回入检察器。检察器线圈成为变压器的初级，被测试线圈成为次级。如该线圈系良好的，就没有什么反应，因为该线圈的电路不通。如该线圈被短路，即产生电流，使初级的电流增大，其电流的大小视感应电压及电路的阻抗而定，在检察器线路内接一安培计，可从电流变化察出短路所在。

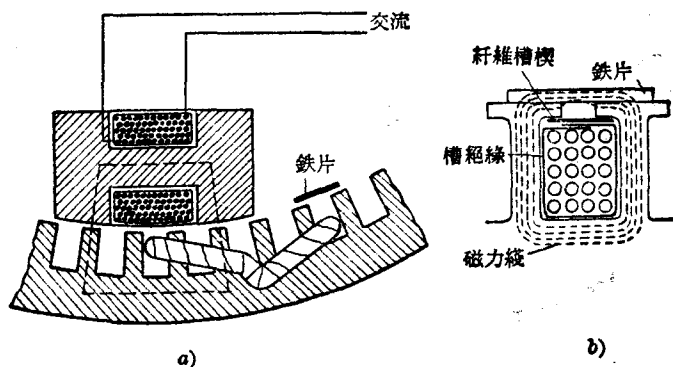


图2 a—用短路检察器安置在一个槽上，如短路，线圈内有感应电流。虚线表示磁力线；
b—短接线圈另一边产生磁力线而吸引放在槽上的铁片

如果不用安培计，用一块小铁片，安放在该圈另一边所在的槽上，因该边有电流，槽齿有磁性，即能吸引铁片。其理由见图2下部，因该线圈边有电流，其磁力线自左槽齿经槽口至右槽齿，将铁片盖在槽上，磁力线经过铁片，使铁片被吸引，将检察器沿定子移动，铁片也随之移动保持等距离，可以将全部线圈加以检察。

在一个槽内往往有两个线圈边，必须检察其每一个的另

一边,即将铁片放在左面槽上(与检察器所在的槽相隔一个圈距)再移到右面相隔一个圈距的槽上各测一次。

如果一组绕组在其末端连接处相短路,用检察器时,可连续寻出几个槽均使铁片被吸,而且铁片振动发出哼声,应仔细观察末端连接线,将绝缘不良的部分移去。在移去后,铁片无动作,即肯定故障所在,重加绝缘。

在一个槽内最容易发生短路之处,是同极同相相邻线圈槽外的部分,在制造或修理时应在线圈间加添绝缘。

必须指出:试验电机的定子绕组,如果是接成2路或2路以上并联时,在试验前,必须预先断开各并联支路。对于已经接成三相三角形的电机,试验时,也必须拆开它的三角形接线。否则在测试时,即使绕组内没有短路,由于并联支路和三角形的闭合回路,也会使检察器的电流较大,铁片振动。

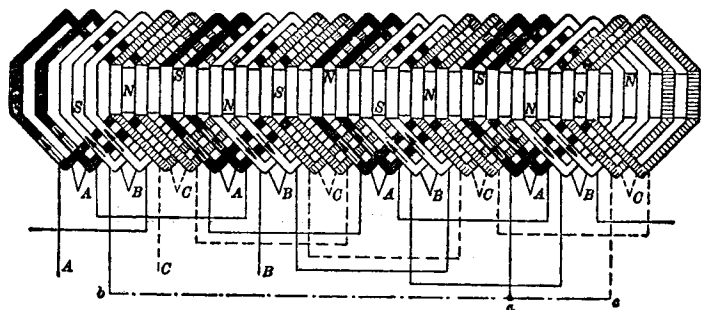


图3 正确接法内之SN极排列情形

断路的检察

一个或几个线圈,因为铜线断裂或末端连接线松脱,就成为断路,可以用电池及小灯泡,或普通电源与灯泡串联来测试。先测各相整个的绕组,如灯不亮,该相必中断。然后在该

相各磁极下的一组线圈分别拆试，最后将该磁极下一组中各圈，逐一检试，在检试时可毋需将连接线拆开，松去外裹绝缘带即可将试验针搭在每圈的两端。

如果断路是由于末端接线松脱或断裂，只要仔细观察也可以查出来的。末端连接可重行焊接。如故障在槽内而绝缘未损坏，可在槽外焊接，否则该圈必须重绕换新。

反接的检察

反接的绕组中，电流方向和它圈中的相反。可分为绕组内一个线圈反接；一相内某极上一组线圈反接；及整个一相绕组反接。这种故障，可由细致核对线圈末端连接检察出来，因磁路的不平衡，该机运转时必有震动及杂声，甚至不能起动。下面所介绍的是最便捷的磁针检察法。

预备一低压直流电源，使线圈内通过额定电流的 $1/6$ 至 $1/4$ 为度，再预备一个磁针（指南针），如用一变阻器和直流电源串联就可调节电流。如没有直流电源，可用 6 伏蓄电池，变更电池串联的只数调节电流。

1. 极相组反接 电动机的三根外接引线用粉笔各注以 A、B、C 或 I、II、III 字样或其他标志，直流两引线也分别注以 +、- 标志。图 3 示一三相 Y 联接的定子绕组 Aa 、 Bb 及 Cc 各为一相， a 、 b 、 c 三端连接为中点。

先将直流正端接 A，负端接 B，以磁针沿定子移动观察其极性，将 N 及 S 用粉笔注在铁心下部。然后以 B 接正端，C 接负端，用同法注出 N 及 S 于铁心中部，最后以 C 接正端 A 接负端，将极性用 N 及 S 注于铁心上部。如果绕组连接无误，其次序应该是 SNSNSNS.....。同一方法，也适用于三角形连接。

如果在A相内,有一个磁极下面的一组线圈接错,如图4所示,A相中第二组倒接了(正确的接法是 $Aa_1-A_2a_2-A_3a_3-A_4a_4$,现在是 $Aa_1-a_2A_2-A_3a_3-A_4a_4$),其极性次序为SNSSSN。由此可见,在A相中有三个S极连续出现而不是S与N交错,其中必有一组线圈反接。

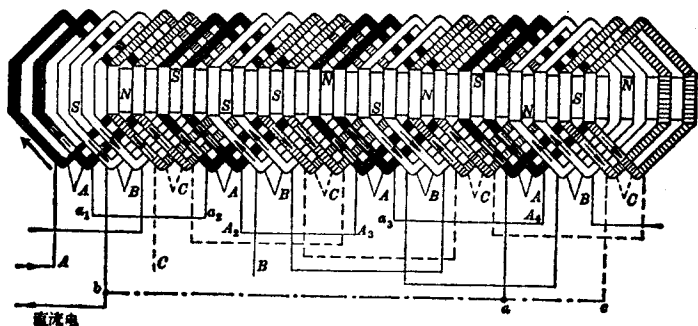


图4 A相中第二极线圈组反接时,磁性次序紊乱

在检察时,也可用如图4的接法,将直流一端接A,另端接公共的中线。如系三角形连接,必须将连接拆开分别测试一相。但用如图3的接法,也可得同样结果。

2. 线圈反接 用磁针检察一组线圈中某一线圈反接,比较不甚容易。在一相绕组中通入直流,将磁针沿定子缓缓移过,磁针应逐渐由S变为N,再变为S。如图5所示,在槽1上磁针横卧,至槽3上渐渐变为直立,显示N极,至槽5上又渐变为横卧,渐至槽6与7之间变为直立显示S极,而在槽7与8之间突然反转为N极。此种突然变化,指示在这几个槽内有反接的线圈边存在。设再加观察,即可确定反接线圈边在槽7内。该线圈的另一边在槽11内,也可由磁针移过槽11、12、13时指示的突变看出来。



图5 一相绕组中有一只线圈接反(7至11槽中的线圈), 图中示一相通入直流时, 磁针在不同位置所指的方向, 小箭头代表磁针方向, 虚线代表磁力线方向

3. 一相反接 在三相中有一相反接, 其用磁针检察的结果为 SSSNNNSSSNNN 和 SN 交错分布的情形不同, 即表示第二相绕组反接, 在电动机空载运转时, 如有反接相组存在, 转速很低, 且有很响的吼声, 发热甚快。

接错的检察

若绕组内的磁极数接错, 在用转速计试验时可以察出。下表示 50 周时由 2 极至 16 极之同步转速。

磁极数	绕组组数		同步转速	磁极数	绕组组数		同步转速
	串联	并联	每分转数		串联	并联	每分转数
2	2	0	3,000	12	12	0	600
	0	2			6	2	
4	4	0	1,500		4	3	
	2	2			3	4	
	0	4					
6	6	0	1,000	16	2	6	375
	3	2			0	12	
	2	3			16	0	
	0	6			8	2	
8	8	0	750		4	4	
	4	2			2	8	
	2	4			0	16	
	0	8					

短路 检 察 器

上面谈到的短路检察器,为了便于自制应用,特将其结构介绍如下。

短路检察器实际上是一只只有铁心的绕组,以便感应电流到被试验的短路线圈。铁心用5吋×6吋硅钢片迭置而成,如图6中a所示,钢片冲成图中所示的式样。每片上钻有 $\frac{3}{16}$ 吋直径的小孔六个,经手压机或水压机压紧,或用钳床夹紧亦可。将铆钉穿入小孔,钉的两个尾端都衬钢质垫环,用来加大钢片被夹住的面积。钢片迭置厚度约为3.5吋。

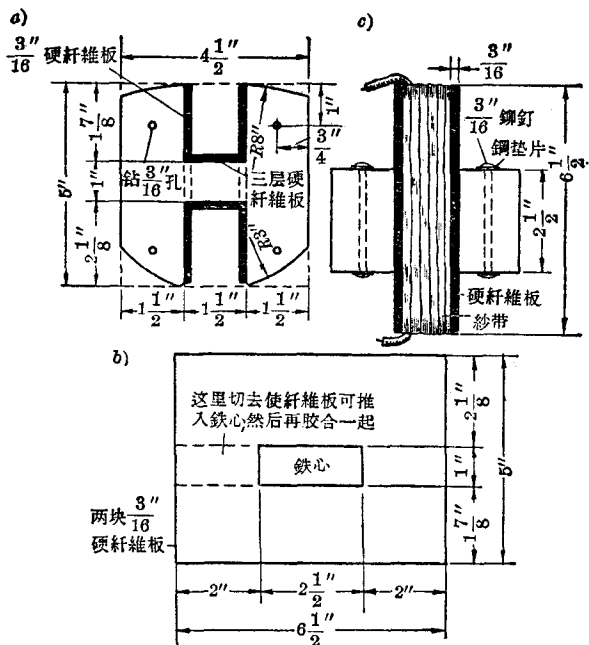


图 6 短路检察器的构造

将铁心自夹紧机上卸下来，在缺口部分绕三层 0.007 至 0.010 吋厚的青壳纸，在缺口两边衬二片 3/16 吋厚的硬纤维板作为绕组与铁心间的绝缘，如图 6 中 a 及 b 所示。硬纤维板截面一边须切开以便插入铁心，插入后再用 1/16 吋纤维板胶封切开部分。

用于 220 伏交流电源的短路检察器绕组，用 $\phi 1.62$ 毫米高强度聚酯漆包线分绕 16 层，每层 30 圈，总共 480 圈。以比较柔韧不易折断的橡皮线焊接于短路检察器两端，线圈每层间须隔以纸片或黄蜡布，以保护绕组间的绝缘。线圈全部绕毕后，即浸入绝缘漆处理，取出烘干后用纱带扎紧。

比较小型的检察器，用以诊察小型电动机，可用 E 形及 I 形硅钢片，拼成日字形铁心。然后截去日字上下两根横档成 H 形。拼合后，用四块木板或硬纤维板将铁心夹住，夹在 H 形的两直柱处，在夹板两端用两条长螺栓及螺丝帽旋上，将其夹紧。硅钢片约 $3\frac{1}{2}$ 吋 $\times$ $4\frac{1}{2}$ 吋，迭成 1 吋厚即可，在上部及下部再截成所需要的形状。线圈可用 $\phi 0.21$ 毫米高强度聚酯漆包线绕制。

[注] 1"=25.4 毫米，如果没有上述规格的材料可用相近的材料。

(原载“电世界”月刊 4 卷 7 期)

6-2. 推断电动机障碍的原因

电动机发生故障，可以有各种病源，要确定发热的原因何在，就必须将许多发热的原因加以分析，找出病源。