

工人高级操作技能
训练辅导丛书

维修电工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

机械工业出版社

本书主要介绍维修电工高级操作技能,内容包括电力变压器及电机修理,常用低压电器及机床电气设备的安装及维修,电子技术,可编程控制器以及变、配电所的运行管理及架空线路的安装等五个单元。

本书是高级维修电工技能培训的教参参考书,也可作为高级维修电工技能培训教材或供有关技术人员和工人学习时参考。

本书由上海电线电缆(集团)公司技工学校胡国华、姚铭一、屠世栋及上海电站辅机厂技工学校刘光源编写。由上海汽车、拖拉机职工大学张义荣审稿。

维 修 电 工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

责任编辑:边 萌 责任校对:贾立萍

封面设计:肖 晴 版式设计:霍永明

责任印制:张俊民

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆ 印张16¹/₂·插页1 ·字数 405千字

1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷

印数 00,001—10,000 定价:8.20元

ISBN 7-111-02486-9/TM·325

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会名单

主任委员：郭洪泽

副主任委员：李宣春 田国开

委员：(以姓氏笔划为序)

王美珍 刘葵香 杨晓毅 张惠英

胡有林 胡振中 董无岸 董慎行

前 言

高级技术工人是体力劳动与脑力劳动融为一体的新型的专门人才，是增强企业活力和国家四化建设中的重要技术力量。高级技术工人的状况如何，是企业素质好坏的一个重要标志。

当前，机电工业企业中高级技术工人数量不足、技术素质偏低、年龄偏高、青黄不接、后继乏人，已成为企业生产发展和技术进步的严重障碍。大力开展高级技术工人培训工作，加紧培养一批高级技术工人，尽快改变企业高级工严重短缺的局面，建成一支以中级工为主体、高级工为骨干的技术工人队伍，是进一步发展机电工业的当务之急。

1987年原国家机械工业委员会制定颁布了《工人高级操作技能训练大纲（试行）》，作为机械行业开展高级工操作技能培训的依据。为了帮助企业更好地贯彻《大纲》，提高技能培训质量，并为广大中、高级技术工人自学成才提供方便，现又组织力量编写了《工人高级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共17种，包括了《大纲》中列入的15个通用技术工种，有车工、镗铣工（镗工部分）、镗铣工（铣工部分）、刨工、磨工、齿轮工、钳工、工具钳工、铸造工、锻工、模锻工、铆工、电焊工、模型工、油漆工、热处理工和维修电工。

《丛书》是依据《工人技术等级标准（通用部分）》中有关工种的“应会”部分和《工人高级操作技能训练大纲（试行）》的要求编写的。编写的指导思想坚持了“面向企业，面向生产，自学为主，学以致用”的原则，紧密围绕提高工人的实际操作技能和分析解决生产中实际问题的能力这一根本宗旨，重点介绍了具有代表性和先进性的生产工艺、设备及操作方法、技能技巧，并把有关的技能知识有机地融合进去。

在具体内容的安排上，各书以本工种中级工“应会”为起点，依次介绍了高级工应掌握的复杂设备的调整、试车方法；复杂装置和设备生产岗位的全部操作要求；复杂、典型零件的加工工艺、检查方法和先进的操作技巧；国内外有关的新技术、新工艺、新材料、新设备的推广、应用情况。书中收集列举了大量的操作实例，图文并茂，具有较强的针对性、实用性，有助于工人举一反三，利用所掌握的工艺分析能力、技能知识和操作方法，解决生产中的实际问题，开展技术革新。

《丛书》是由上海机电工业管理局组织企业的工程技术人员、技工培训教师和优秀的老技师、老工人合作编写的。北京、江苏、河南、湖南、陕西等省、市机械工业企业的有关同志参加了审稿。

编写、出版高级工操作技能训练方面的书，在我国还是第一次，缺乏借鉴，难度很大。为了编好《丛书》，编、审人员和有关方面付出了艰巨的劳动，谨向他们致以衷心的感谢！并恳切地希望广大技工教育工作者和读者给《丛书》多提宝贵意见，以便将来修订，使之更好地为高级工培训工作服务。

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会

1989年2月

目 录

前言

第一单元 电力变压器及电机修理	1
(一) 变压器的故障及其修理	1
(二) 交流电动机的故障及其修理	8
(三) 直流电机的故障及其修理	53
(四) 特种电机的故障及其修理	68
思考题	79
第二单元 常用低压电器及机床电气设备的安装与维修	80
(一) 低压电器的修理	80
(二) 机床电气设备的安装和检修方法	86
(三) 机床电气设备的故障修理	98
思考题	132
第三单元 电子技术	133
(一) 整流电路及触发器	133
(二) 十进制计数电路及译码显示	152
(三) 数字集成电路及其应用	179
(四) 数控线切割机的编程及操作	198
思考题	209
第四单元 可编程序控制器	213
(一) 概述	213
(二) 输入/输出(I/O)组件	216
(三) 编程	219
(四) PC机的操作	236
(五) 应用举例	241
思考题	244
第五单元 变配电所的运行管理及架空线路的安装	246
(一) 变配电所的运行管理	246
(二) 10kV以下架空线路的安装	250
思考题	256

第一单元 电力变压器及电机修理

内容提示 本单元以三相交流异步电动机（感应电动机）为重点，介绍了电动机绕组、绕组的重绕、绕线模制作及电动机绕线、嵌线、接线、焊接、浸漆、试验等的实际操作技能和绕组故障的检查、修理的方法。并介绍了电力变压器、直流电机和特种电机的故障及其修理方法。

目的 使高级维修电工掌握电力变压器和电机的修理技术（能进行局部修理和重绕重嵌等），提高分析和判断故障的能力，能排除复杂的故障，达到较高的修理水平。

（一）变压器的故障及其修理

变压器是一种静止的电器设备。它是利用电磁感应原理，将某一数值的交流电压转变为频率相同的另一种或两种以上数值不同的交流电压系统。在电力系统的输配电中，变压器是关键性设备。除电力系统外，变压器在通信、广播、遥控测量、冶炼、焊接、电子、实验等多种领域，都得到广泛的应用。

1. 电力变压器的常见故障

电力变压器的常见故障及排除方法，如表1-1所示。

表1-1 电力变压器常见故障及排除方法

故 障	可 能 原 因	排 除 方 法
1. 变压器过热	(1) 通风受阻，表面积灰 (2) 油路阻塞 (3) 输入电压、电流波形严重畸变 (4) 匝间短路 (5) 铁心片间绝缘损坏或铁心局部熔化	(1) 找出原因，使风道畅通并清除积灰 (2) 检查油路，对变压器进行处理，去除杂物，排除阻塞 (3) 更换电源 (4) 找出短路点，作局部修理 (5) 吊出器身作浸漆处理或刮除熔化处，涂上绝缘漆
2. 绕组匝间或层间短路	(1) 自然损坏，长期过载运行或散热不良 (2) 变压器油中含有腐蚀性杂质或水分 (3) 制造与修理不慎，绕组内夹有铜线、铁片、焊锡物等 (4) 由于外部短路使绕组受力发生机械变形	(1) 减小负载，保持正常运行；改善散热条件 (2) 更换变压器油 (3) 吊出器身，清理变压器，去除杂物 (4) 测量每相绕组直流电阻，或吊出器身后施加不超过15kV电压作空载试验，如有匝间短路而发热冒烟，作局部修理或更换绕组
3. 绕组断路	(1) 导线接头焊接不良 (2) 绕组引出线未连好 (3) 匝间、层间短路后把线匝烧断等（测量仪表指针摆动，断路处产生电弧）	(1) 找出不良处，重新焊接 (2) 接好引出线 (3) 检查各相绕组直流电阻，找出断路点进行修理
4. 主绝缘击穿	(1) 绕组接地 (2) 由于各种原因使绝缘老化、破裂，使相间短路 (3) 变压器油受潮，油质变劣	(1) 测量绝缘电阻，找出接地点，排除故障 (2) 吊出器身，更换绝缘 (3) 将器身烘干或对变压器油处理，去除水分，过滤杂物

(续)

故 障	可 能 原 因	排 除 方 法
4. 主绝缘击穿	(4) 绕组中落入异物 (5) 电压过大 (6) 变压器两相短路, 发出较大响声, 防爆口爆裂, 向外喷油	(4) 去除异物, 将击穿处修复 (5) 降低电压或更换电源 (6) 更换绕组
5. 铁心损坏	(1) 片间绝缘损坏或短路 (2) 铁心局部熔化, 铁心螺栓绝缘损坏, 叠片片间短路 (3) 铁心接地片断裂 (4) 变压器铁心夹件松动, 产生不正常噪声	(1) 找出短路点, 局部修理 (2) 吊出器身, 用风动砂轮将熔化处刮除, 涂上绝缘漆; 严重烧坏的铁心, 送制造厂修理 (3) 吊出器身, 修好接地片 (4) 吊出器身, 将夹件夹紧

注: 主绝缘击穿, 是指低压绕组与心柱之间、高低压绕组之间、相邻两高压绕组之间的相间绝缘或两端与心柱之间的绝缘击穿。

2. 电力变压器的修理

变压器修理有小修和大修两类。凡不取出器身的修理叫小修; 必须取出器身进行修理的叫大修。但在起重设备受到限制或在变压器结构允许的条件下, 也可只取下顶盖, 不吊出器身进行大修。在无特殊情况时, 变压器投入正常运行后一般每隔5~10年要大修一次; 每年小修一次。大修和小修也可按具体情况安排。对安装在特别污秽区的变压器, 可另行规定。

(1) 变压器小修的内容和要求

① 消除巡视中发现的所有缺陷。

② 测量绕组的绝缘电阻值, 并应满足表1-2所列数值。测定绕组绝缘电阻, 若发现电阻值比上次测定的数值 (换算到同一温度) 降低30~50%时, 应作变压器油试验。额定电压在10kV以下的, 应作绝缘油的耐压试验; 额定电压在10kV以上的, 应作绝缘油的绝缘电阻、损耗角和简化试验, 以及变压器的泄漏电流、损耗角试验。

表1-2 变压器绕组绝缘电阻合格值

额定电压 (kV)	绝缘电阻 (MΩ)	温 度 (°C)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
3~10	良好值	900	450	225	120	64	36	19	12
	最低值	600	300	150	80	43	24	13	8
20~25	良好值	1200	600	300	155	83	50	27	15
	最低值	800	400	200	105	55	33	18	10
60~200	良好值	2400	1200	600	315	165	100	50	30
	最低值	1600	800	400	210	110	65	35	21

③ 清扫瓷套管和外壳, 发现瓷套管破裂或胶垫老化的应更换, 漏油的应拧紧螺母或更换胶垫。

④ 拧紧引出线的接头, 若发现接头烧伤, 应用砂布擦光后接好。

⑤ 缺油时应补油, 并清除储油柜集泥器中的水和污垢。

⑥ 检查吸湿器和出水孔是否堵塞并清除污垢。

⑦ 检查变压器的气体继电器引出线是否受到侵蚀, 若有侵蚀应更换或处理。

⑧ 检查各部位的油阀门是否堵塞。

- ⑨ 采用跌落式熔断器保护变压器时,应检查熔丝管和熔丝是否完好。
- ⑩ 检查变压器的接地是否良好,接地有否腐蚀,在腐蚀严重时应更换。

(2) 变压器大修的主要内容

在做好变压器大修前的各项准备工作的前提下,其主要内容如下:

- ① 取下顶盖,吊出器身加以检查;
- ② 检修变压器的器身(铁心、绕组、分接开关及引出线等);
- ③ 检修顶盖、储油柜、吸湿器、散热器、油门及出线套管等;
- ④ 检修冷却装置及滤油装置;
- ⑤ 清洗油箱,清扫外壳,必要时涂漆;
- ⑥ 检验控制用测量仪表、信号装置及保护装置;
- ⑦ 将变压器油过滤或更换;
- ⑧ 如发现变压器绝缘电阻降低,应将变压器器身进行烘干处理;
- ⑨ 装配变压器;
- ⑩ 对大修后的变压器进行规定的测量和试验。

对发生严重故障需彻底修理铁心、更换变压器绕组的变压器,应根据自己的修理能力自修或送制造厂修理。

3. 电力变压器的试验

变压器试验的目的,是验证变压器的性能是否符合有关标准和技术条件的规定,是否存在影响正常运行的各种缺陷(如短路、断路、过热等)。电力变压器修理后进行必要的试验,是为了检查修理部位的质量。下面介绍电力变压器修理后通常进行的试验项目及其试验方法。

(1) 绕组直流电阻的测定 通常采用电压降法和电桥法测量直流电阻值。

电压降法。其线路和方法如图1-1所示。

用2~12V的蓄电池作电源,使通过绕组内的电流不超过额定电流的20%,以免因发热而引起误差。待电流稳定后,方可接入电压表进行测量。但在断开电源前,要先断开电压表,以防绕组感应电势损坏仪表。测量电阻时,要准确记录当时的温度。测未浸油的半成品时,室温就是试验温度;测已浸油的试品时,油面温度作为被测绕组的温度。测出的电阻值应换算到75℃时的电阻值,其换算公式为

$$R_{75\cdot c} = K_T R_t \quad (1-1)$$

式中 $R_{75\cdot c}$ ——换算到75℃时的电阻值(Ω);

R_t ——环境温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的电阻值(Ω);

K_T ——温度换算系数,按下式计算。

$$K_T = \frac{T + 75}{T + t} \quad (1-2)$$

式中 T ——系数,对于铜线为235,对于铝线为225;

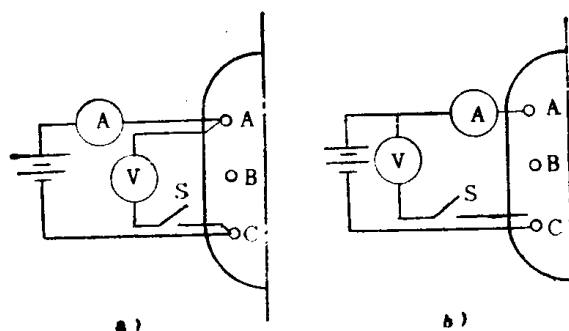


图1-1 用电压降法测量直流电阻

a) 测量10Ω以下电阻 b) 测量10Ω以上电阻

t ——环境温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

由 A、B、C (或 a、b、c) 端线所测得的直流电阻为线电阻。有中心点引出的绕组, 还需测量相电阻。带有分接头的绕组, 应测全部线匝的电阻。测量线电阻后, 均要换算成相电阻, 然后再换算到 75°C , 作为数据。

线电阻与相电阻的关系如下。

当星形联结时, 如图 1-2 a 所示。

$$\left. \begin{aligned} R_a &= (R_{ab} + R_{ac} - R_{bc}) / 2 = R_l - R_{bc} \\ R_b &= (R_{ab} + R_{bc} - R_{ac}) / 2 = R_l - R_{ac} \\ R_c &= (R_{bc} + R_{ac} - R_{ab}) / 2 = R_l - R_{ab} \end{aligned} \right\}$$

式中

$$R_l = \frac{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}{2}$$

如果三相电阻平衡时, 相电阻 R_{ϕ} 与线电阻 R_l 的关系为

$$R_{\phi} = \frac{R_l}{2}$$

$$R_a = \frac{R_{ab}R_{bc}}{R_l - R_{ca}} + R_{ca} - R_l$$

$$R_b = \frac{R_{bc}R_{ca}}{R_l - R_{ab}} + R_{ab} - R_l$$

$$R_c = \frac{R_{ca}R_{ab}}{R_l - R_{bc}} + R_{bc} - R_l$$

当三角形联结时, 如图 1-2 b 所示。

若三相电阻平衡时, 相电阻与线电阻的关系为

$$R_{\phi} = 1.5 R_l$$

三相电阻的不平衡率不应超过 2%, 即

$$\frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_l} \leq 2\%$$

(2) 电压比的测定 电压比是变压器并联运行的重要参数。若两台中小型变压器的电压比相差 1% 时, 并联后就可能产生 10% 额定电流的环流, 因此对变压器电压比的误差要加以限制。对于电压比在 3 及 3 以上的变压器, 其允许偏差为 $\pm 0.5\%$, 对于带有分接头的变压器, 应测量所有分接位置的电压比。一般可用双电压表法测试电压比, 其原理和试验线路如图 1-3 所示。将被试变压器 TM 的低压边接通调压电源, 这时高压边感应高电压, 可通过电压互感器, 测出高电压 U_2 。则其电压比为

$$K = \frac{U_2}{U_1} \quad (1-3)$$

(3) 空载试验 空载试验的目的是测量空载电流 I_0 和空载损耗 P_0 , 以判断铁心质量及绕组有否短路。试验时, 在低压绕组上施加额定频率、正弦波形的额定电压, 高压绕组开路, 如图 1-4 所示。图 a 为直接测量的双瓦特表法, 图 b 为经电流互感器连接的双瓦特表法, 图 c 为经电流互感器和电压互感器连接的双瓦特表法, 图 d 为经电流互感器和电压互感器连接的

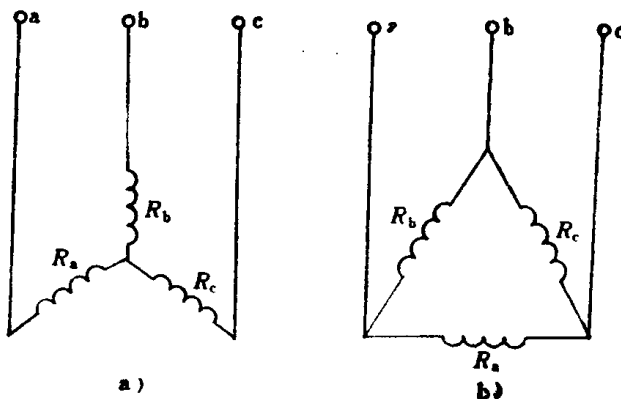


图 1-2 直流电阻的测量

a) 星形联结 b) 三角形联结

三瓦特表法。当三相变压器所加的三相电压彼此相差不超过2%时,电压和电流均取三相平均值。测量时,所用仪表不应低于0.5级;测量损耗时,用低功率因数表;互感器不应低于0.2级,测得结果要减去仪表损耗。互感器的相角差要校正。

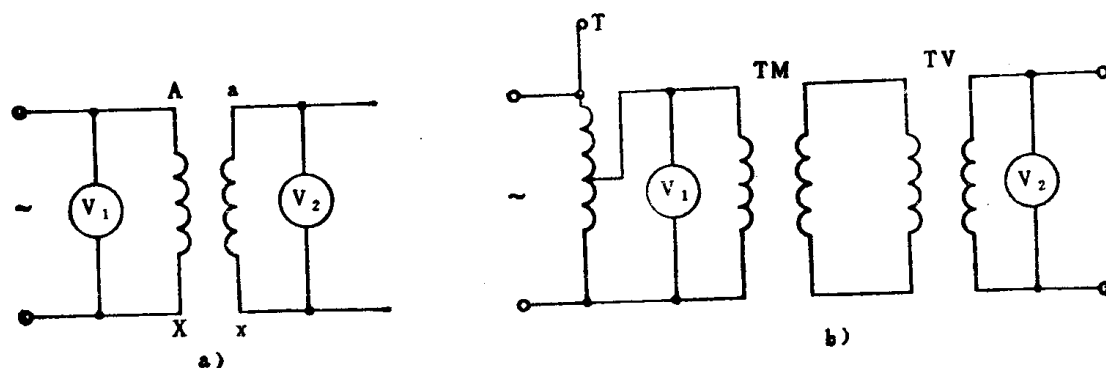


图1-3 双电压表法电压比试验

a) 原理图 b) 试验线路图

T—调压变压器 TM—电力变压器 TV—电压互感器

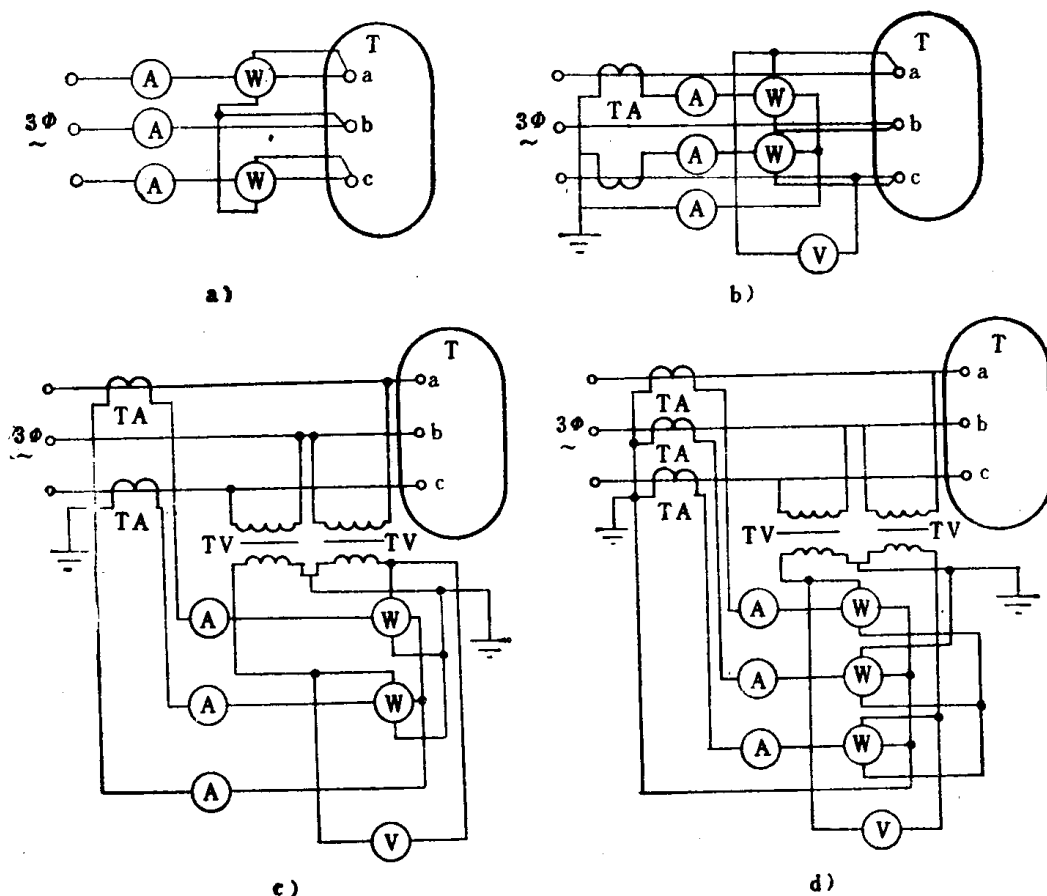


图1-4 变压器空载试验接线图

a) 直接测量的双瓦特表法 b) 经电流互感器连接的双瓦特表法 c) 经电流互感器和电压互感器连接的双瓦特表法 d) 经电流互感器和电压互感器连接的三瓦特表法

(4) 负载试验 负载试验的目的是测量负载损耗 P_K 和阻抗电压 U_K ,以检查绕组的质量。试验时将低压绕组短路,通过调压器在高压绕组中通入额定频率的额定电流,测量得此时高压边所加的电压即为阻抗电压 U_K ;测量得此时高压边输入功率即为负载损耗 P_K 。其试验接线

如图1-5所示。

负载试验时的测量数据与绕组的平均温度有关。试验前要记录温度,避免温度误差;试验后,要将测试结果换算到参考温度,一般采用E、B级绝缘的变压器可换算到75℃;采用C、F、H级绝缘的变压器换算到115℃。在短路损耗中,一部分是由于电流通过绕组所产生的铜耗 $P_K = \Sigma I^2 R$;另一部分是由于漏磁通所引起的附加损耗 p_f 。绕组铜耗部分可用计算法确定。

对于单相变压器

$$P_K = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 \quad (1-4)$$

对于三相变压器

$$P_K = (I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2) \times 1.5 \quad (1-5)$$

式中 I_1 、 I_2 ——高低压绕组的额定线电流(A);

R_1 、 R_2 ——高低压绕组的直流电阻(Ω)。

一般6300kVA及以下的电力变压器,负载损耗中

的附加损耗很小,当附加损耗不超过额定铜耗的10%时,可近似按下式折算到75℃

$$P_{K_{75\cdot C}} = K_T P_{K_t} \quad (1-6)$$

式中 $P_{K_{75\cdot C}}$ ——折算到75℃时的负载损耗;

P_{K_t} ——试验时温度为 t ℃的负载损耗;

K_T ——温度换算系数〔见式(1-2)〕。

对容量为8000kVA以上的电力变压器,或负载损耗中附加损耗所占比重较大的变压器,对附加损耗 p_f 的折算可按与温度换算系数 K_T 成反比来考虑,因为负载损耗 $P_K = \Sigma I^2 R + p_f$,所以当75℃时, $P_{K_{75\cdot C}} = K_T \Sigma I^2 R + p_f / K_T$ 。阻抗电压降中的电阻压降 U_R 与温度有关,电抗压降 U_X 与温度无关。当 $U_R = 15\% U_K$ 时,阻抗电压降可不必进行校正;当 $U_R > 15\% U_K$ 时,可按下式换算

$$U_{K_{75\cdot C}} = \sqrt{U_X^2 + \left(\frac{P_{K_t}}{10 S_0} \right)^2 (K_T^2 - 1) \%} \quad (1-7)$$

(5) 温升试验 温升试验的目的,是确定变压器在额定负载条件下运行时各部位的温升数值,以检查变压器的运行温度能否控制在允许范围内,防止绝缘材料老化,保证变压器安全运行和延长其使用寿命。

1) 变压器各部位温度的测量:应测定室温、顶层油的温升、铁心表面的温升以及绕组的温升。

用温度计插入油浸变压器箱盖上的温度计座,读取顶层油温 θ_o ;用热电偶电位差计,测量铁心表面的温度 θ_F ;按电阻与温度成正比的关系,间接测量绕组温度 θ_{cu} 。通常绕组的电阻是在试验结束、断开电源时迅速测取的。但从断开电源到测量,一般需要30 s到2 min,这时绕组的温度已降低,其降低的规律是时间的指数函数。为了求得刚切断电源时的热态电阻,可采用延伸法,

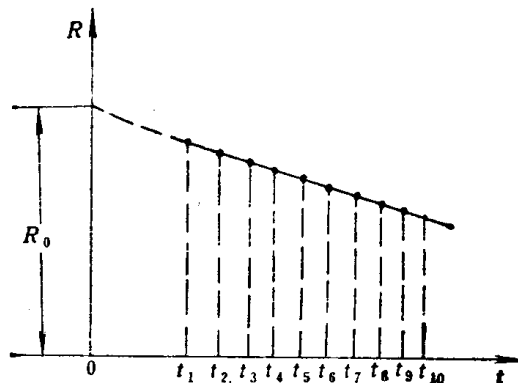


图1-6 R_0 的确定法

使电阻、时间曲线与电阻轴相交,其交点即刚断开瞬间的电阻值 R_0 。其具体作法如下:纵坐

标为电阻值，横坐标为时间，每隔1min测量一次电阻值，共测10次，分别点在坐标纸上，各点的连线近似成直线，该直线与纵坐标 R 的交点即为刚断开电源瞬间的电阻值 R_0 ，如图1-6所示。

2) 用短路法作温升试验：一般采用短路法作油浸变压器的温升试验，并将此项试验安排在负载试验后进行。因其接线图与负载试验完全相同，故将被试变压器的一边短路，另一边供电。

设变压器在额定运行时的总损耗为 P_z ，其试验的具体方法如下。

第一步：先使变压器短路时的输入功率等于总损耗 P_z ，运行到油顶层温度稳定为止（连续3h内温度上升不超过 2°C 时可认为稳定）。测得顶层油温 θ_1 、环境温度 θ_0 及绕组的热态电阻 R_0 ，此时的顶层油的温升为

$$\tau_1 = \theta_1 - \theta_0 \quad (1-8)$$

对应 P_z 的输入电流 I_z 可按式计算

$$I_z \approx \sqrt{\frac{P_{K85} \cdot c + P_0}{P_{K85} \cdot c}} I_0 \quad (1-9)$$

式中 $P_{K85} \cdot c$ ——折算到 85°C 时的负载损耗；

P_0 ——额定空载损耗；

I_0 ——一次绕组额定电流。

第二步：接着降低电压，使输入功率等于负载损耗 $P_{K85} \cdot c$ ，运行30~45min，待油温稳定后，记录顶层油温 θ_1' 、环境温度 θ_0' ，这时顶层油温升为

$$\tau_1' = \theta_1' - \theta_0' \quad (1-10)$$

第三步：将被试验品短路侧打开，供给额定频率和额定电压，进行空载试验，到油温稳定为止，测量顶层油温 θ_1'' 、环境温度 θ_0'' 和铁心的表面温度 θ_{Fe} ，求出空载试验下的铁心温升为

$$\tau_{Fe}' = \theta_{Fe}' - \theta_0' \quad (1-11)$$

顶层油温升为

$$\tau_1' = \theta_1' - \theta_0' \quad (1-12)$$

由于顶层油是变压器油温较高的部位，故顶层油温 θ_1 与平均油温 θ_m 的比值 K_0 大于1，通常为1.1~1.3，即

$$K_0 = \frac{\theta_1}{\theta_m} = 1.1 \sim 1.3$$

至此，可算出变压器在额定负载时的各部位的温升。设试验前的油面温度为 θ_1 ，绕组电阻为 R_x ，则绕组的平均温度

$$\tau_{cu} = \frac{R_0}{R_x} (T + \theta_1) - (T + \theta_0) + \frac{\tau_1 - \tau_1'}{K_0} \quad (1-13)$$

顶层油温升

$$\tau_1 = \theta_1 - \theta_0$$

铁心表面的温升

$$\tau_{Fe} = \tau_{Fe}' + \frac{\tau_1' - \tau_1}{K_0} \quad (1-14)$$

(二) 交流电动机的故障及其修理

电动机的故障一般可分为电气故障和机械故障两种。电气方面除了电源、线路及控制设备的故障外,其余均为电动机本身的电气故障。机械方面除了电机拖动的机械设备、传动机构等故障外,其余都为电机本身的机械故障。本节仅讨论电机本身的故障。感应电动机的常见故障现象、造成故障的可能原因以及排除的方法,如表1-3所示。

1. 交流电动机常见故障分析

从表1-3中可以看出,除机械故障外,电动机绕组是电机发生故障的主要部位。电动机经过长期运行,绕组绝缘老化,外界的影响(如受潮、曝晒、金属异物损伤,有害气体的腐蚀等),不正常的运行(如经常过载、单相运行),以及使用方法选择不当等,都是引起电机定子绕组故障的原因。

表1-3 感应电动机常见的故障及排除方法

故障现象	造成故障的可能原因	排除方法
1. 电源接通后电动机不能启动	(1) 定子绕组短路、接地及定、转子绕组断路 (2) 定子绕组接线错误 (3) 负载过重	(1) 找出断路、短路、接地部位加以修复 (2) 检查接线,加以纠正 (3) 减轻负载
2. 电动机温升过高	(1) 定、转子绕组断路 (2) 定子绕组接线错误 (3) 定子绕组接地或匝间、层间、相间短路 (4) 线绕转子绕组接头脱焊 (5) 笼型转子断条 (6) 定、转子相擦 (7) 负载过重或通风不良	(1) 查出断路部位,加以修复 (2) 检查接线,加以纠正 (3) 查出接地或短路部位,加以修复 (4) 查出脱焊处,焊接好 (5) 更换铸铝转子或设法修补 (6) 测量气隙,检查装配质量,找出原因并修复 (7) 减轻负载,或使风道畅通
3. 线绕转子电动机集电环火花过大	(1) 集电环表面有污垢杂物 (2) 电刷型号、尺寸、压力以及与集电环表面的接触面积不符合要求	(1) 清除污垢;灼痕严重或凹凸不平时,可将集电环表面车一刀 (2) 按规定处理
4. 电动机运行时转速低于额定值	(1) 笼型转子断条 (2) 绕线转子电动机一相电刷接触不良 (3) 绕线转子绕组一相断路	(1) 更换铸铝转子或设法修复 (2) 调整电刷压力并改善电刷与集电环的接触 (3) 查出断路处,加以修复
5. 电动机外壳带电	(1) 接地不良或接地电阻太大 (2) 绕组绝缘损坏 (3) 绕组受潮 (4) 接线板损坏或表面油污太多	(1) 采取相应措施 (2) 修补,并浸漆干燥处理 (3) 干燥处理 (4) 更换或清理接线板
6. 轴承过热	(1) 轴承脂过多或过少,型号选用不当或质量不好 (2) 轴承内圈与轴的配合过松或过紧 (3) 端盖及轴承盖的两侧面与轴承的两侧面装得不平行 (4) 轴承磨损过度或质量有问题	(1) 调整或更换轴承脂 (2) 过松时可在轴颈上喷涂一层金属;过紧时可重新加工轴颈 (3) 将两侧端盖或轴承盖止口装平,再旋紧螺栓 (4) 更换轴承

(续)

故障现象	造成故障的可能原因	排除方法
6. 轴承过热	(5) 轴承外圈与端盖的配合过松或过紧	(5) 过松时可将端盖的轴承孔扩大后镶套, 过紧时可重新加工轴承孔

在一般情况下, 找出绕组故障后, 可对绕组进行局部修理 (在中级工应知应会中已述及)。当绕组故障较为严重时, 采取局部修理已无法挽救, 或电机经过多次局部修理后, 电机运行性能变坏, 在这种情况下, 就需要全部拆换电机绕组, 并重新嵌放新绕组。

2. 感应电动机的拆装

感应电动机因维修、保养或发生故障修理时, 需要将电机拆装。如果拆装时操作方法不当, 会损坏电动机零部件, 影响修理质量, 因此, 必须掌握正确的拆卸和装配技术。电机的拆卸方法一般为:

- ① 打开接线盒, 拆开端线头, 拆线绕转子电动机时, 要抬起或提出电刷, 拆卸刷架;
- ② 拆卸带轮或联轴器;
- ③ 拆卸风罩和风叶;
- ④ 拆卸轴承盖和端盖;
- ⑤ 抽出或吊出转子。

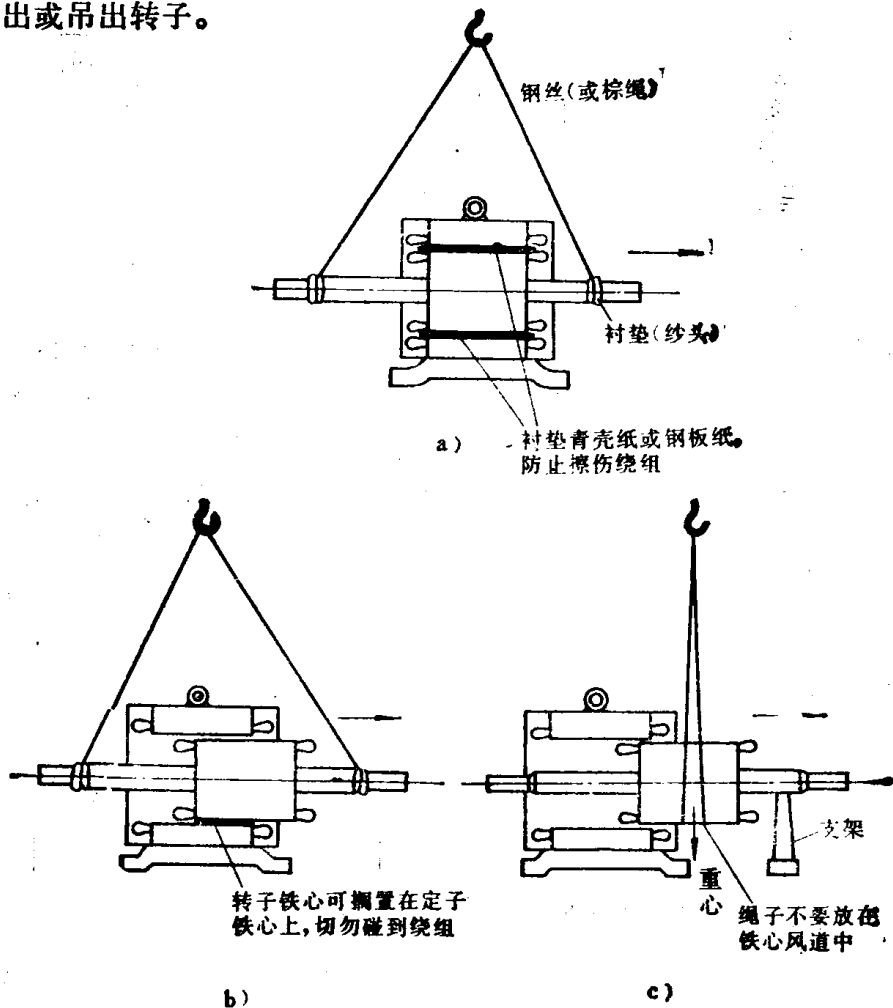


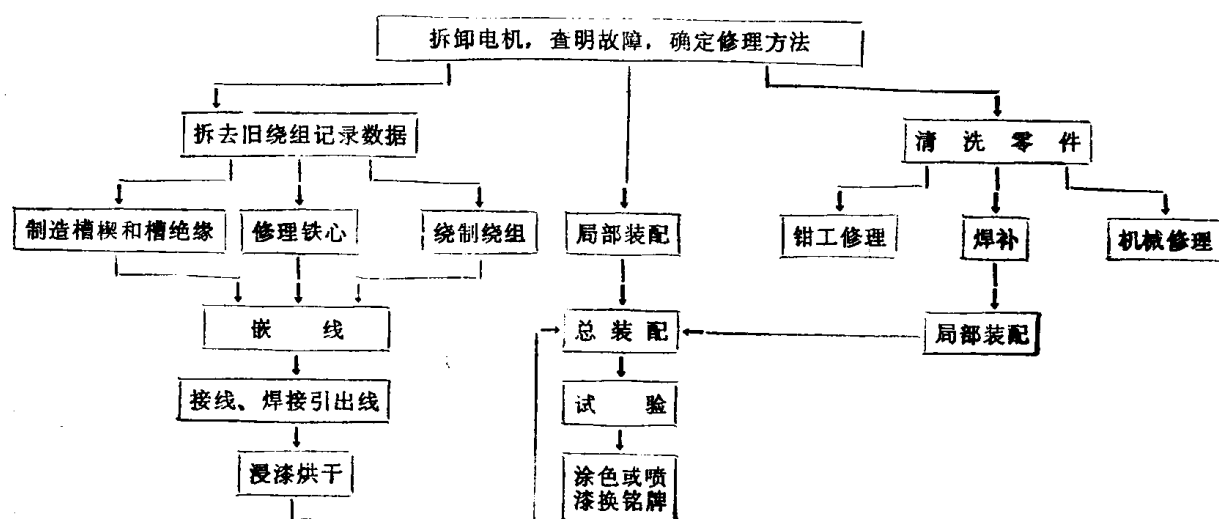
图1-7 大中型电动机抽出转子的方法

a) 吊起转子 b) 平移转子 c) 一边吊起转子

拆卸过程中, 应尽可能使用专用工具, 并做好记录和标记, 以便修复时复原。应该注意的是, 大中型电动机在拆卸抽出转子和装配装入转子时, 应防止碰伤定、转子绕组。一般先在定、转子气隙中填以钢板纸 (长度为定子绕组长度), 以防止转子移动时擦伤绕组, 然后用起重设备将转子吊住平移缓缓抽出, 如图1-7所示。

电动机的装配方法和步骤与拆卸相反, 在装配前, 要清除各配合处的锈斑和污垢异物, 刮清废油, 清洗轴承, 检查有无碰伤处。装配时, 最好按原拆卸时所做的标记复位。装配后, 盘动转子, 检查转动是否灵活, 有无异响。大型电动机还要用塞尺检查定、转子之间的气隙是否均匀和符合有关标准。修理电机时能否正确地拆卸和安装, 是保证电机修理质量、维持电机良好的运行性能的重要一环。

一般修理电机的方法和过程, 用框图表示如下:



3. 拆除旧绕组的方法

拆换旧绕组的工作可按下列步骤进行: 记录铭牌和原有数据, 拆除旧绕组, 进行重绕计算 (电机使用日久而铭牌失落时), 制作绕线模, 嵌线、接线, 浸漆与烘焙, 绕组试验以及电机修复后的试验。

(1) 记录铭牌和原有数据 在拆下电机旧绕组时, 要作好详尽的原始数据的记录, 作为制作绕线模、选用导线、绕制绕组、嵌接线的依据, 以便按原绕组规格修复, 保持电动机原来的设计要求和性能。只有在电动机使用日久, 铭牌失落, 或修理时不慎遗失原始数据, 或经多次修理, 运行性能变劣, 而原有数据很难作为依据时, 为修复电动机才需要重新计算绕组数据 (统称为空壳设计)。

1) 记录铭牌数据: 采用下表格进行记录。

型 号	功 率	转 速	绝缘等级	电 压	电 流	接 法

2) 测量和记录定子铁心和绕组的数据: 采用下表进行记录。

总 槽 数		绕组型式		每槽导线数		节 距	
线规(并绕根数/直径)		并联路数		导线规格		铁 心 长	
铁心内径		铁心外径		槽形尺寸	(见图1-8)		

- 3) 绕组尺寸：在拆下绕组前，记下绕组端部伸出铁心的长度，如图1-9所示。
- 4) 根据绕组型式记下所需尺寸，以便制作绕线模：如图1-10所示，有四种常用绕组型式。

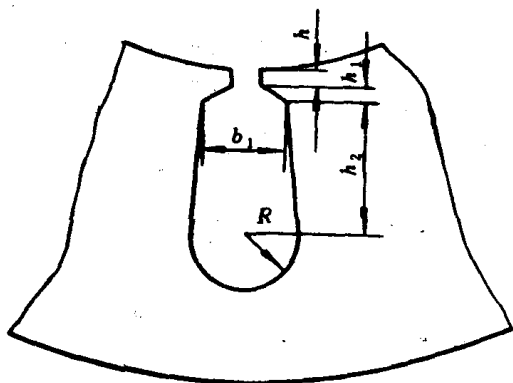


图1-8 槽形尺寸图

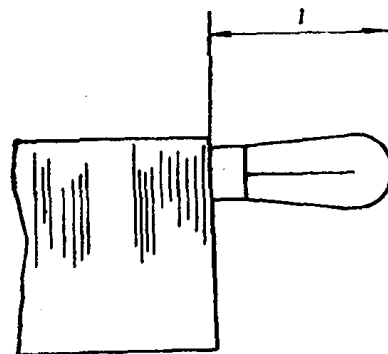
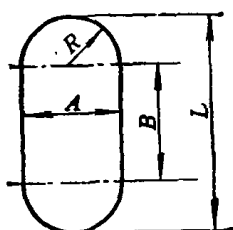
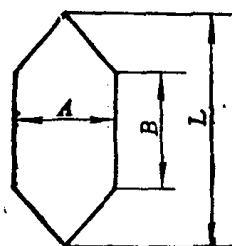


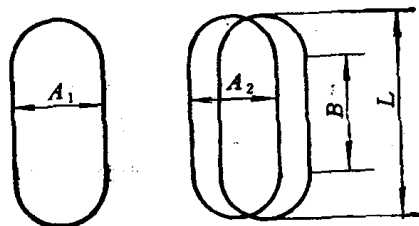
图1-9 绕组端部伸出铁心的长度



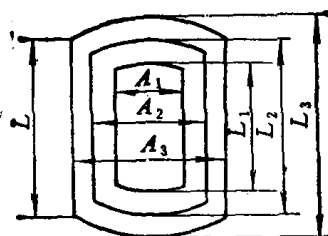
a)



b)



c)



d)

图1-10 常用的绕组型式

a) 单层链式 b) 双层叠绕式 c) 单层交叉链式 d) 单层同心式

5) 称出拆下的旧绕组的全部重量(kg)：如果双层绕组每极每相槽数是分数时，要记下每个极相组的排列次序。

(2) 拆除旧绕组的方法 由于电机绕组经过绝缘、浸漆、烘干等处理，坚硬、牢固而不易拆下，拆除时，首先应将绝缘漆软化或烧掉。为了保证电机质量，一般不宜把定子放到火中加热，因为这样做会破坏硅钢片间的绝缘，使涡流增大，还会造成铁心朝外松弛。而且硅钢片被加热后，本身的性能也发生了变化。这样，重新嵌接后，将使电机的运行性能变坏。同时，在拆下绕组时，要尽量不损坏绕组，最好保持成圈状，以便必要时回用（一般更换新绕组）。

常用的拆除定子绕组的方法有冷拆法、通电加热法和溶剂溶解法等。

1) 冷拆法：首先利用废锯条磨制而成的刀片，把槽楔从中间破开后取出。若是开口槽，

比较容易将绕组逐槽一次或逐次取出；若是闭口槽或半闭口槽，可用斜口钳把绕组一端的端接部分逐根剪断，在另一端用钳子把导线逐根地从槽内拉出。在取出旧导线时，应按顺序逐一拉出，切勿用力过猛或多根并拉，否则会损坏定子铁心的槽口。

2) 通电加热法

- ① 对于380V三角形联结的小型电动机，可改接成星形联结，间断通入380V电源加热。
- ② 用三相调压器接入约50%的额定电压，间断通电加热。
- ③ 把电机绕组接成开口三角形，间断通入220V单相交流电加热。
- ④ 在电源设备容量不够时，可用单相3~10kVA、380/12~16V的降压变压器，或用交流或直流弧焊机，先对一组或一组中的一个绕组加热，一边加热，一边拆除，直到全部拆完为止。

通电加热法，适用于大、中型电机，其温度容易控制，但必须具有足够容量的电源设备。绕组中如有断路或短路的绕组，不能局部加热，要涂刷溶剂使其绝缘溶解后再拆除。

3) 溶剂溶解法：由于溶剂溶解法费用太贵，且使用此法时既要防火，又要防苯的气体吸入人体而中毒，故除微型电机外，不宜采用此法。

电机槽内的旧线全部拆除后，应将槽内的残余物清除干净。若发现定子铁心硅钢片有歪斜、毛刺等，应用钳子等工具将其修平，毛刺用细锉锉平。

拆除旧绕组时，应在查清绕组的并联支路数后，翻起一个节距内的上层边（翻起的高度以不妨碍下层边的拆出为准），然后逐个拆除绕组。拆除时最好保持一只较完整的绕组，以便制作绕线模或绕制新绕组时作参考。

4. 定子绕组的重绕

(1) 电机绕组 交流电机和直流电机采用不同结构型式的绕组，种类较多，分类方法也各不相同。如按电压等级分，可分为高压绕组和低压绕组。在我国，对于交流电机，高压绕组是指电压等级在3kV及以上的各种交流电机定子绕组；而其它小型电机的定子绕组、磁极绕组、直流电机电枢绕组等，都属于低压绕组。如按绕组在电机上的位置分，可分为定子绕组和转子绕组。但分类方法不是绝对的。如小型同步电机的结构有旋转电枢式和旋转磁极式两种，故而磁极绕组可以放在定子上，也可以嵌装在转子上。还可以从绕组制造工艺角度分类，分为单圈（包括半圈）的绕组，如交流大型电机定子绕组，直流电机电枢绕组，插入式转子铜排，补偿绕组、均压线、阻尼绕组等；多圈的绕组，包括散嵌的和成型的绕组；及集中式绕组，包括各种磁极绕组。电机绕组的分类如表1-4所列。

常用的感应电动机定子绕组的结构型式。一般是以定子绕组的形状和嵌装布线的方式分类的，可分为集中式绕组和分布式绕组两类。集中式绕组一般用一个或几个矩形绕组组成，绕制后经包扎定型，再浸漆烘干处理，然后嵌装在凸形的磁极铁心上。如直流电机的励磁绕组，都采用集中式绕组；而交流电动机，都采用分布式绕组，分布式绕组根据嵌线时排列形式的不同，又可分为同心式绕组和叠绕式绕组。同心式绕组又有单层和双层之分，一般用于小功率电动机；而叠绕式绕组也分为单叠和双叠绕组。单叠绕组是指每槽中只嵌一个有效边的绕组，而双叠绕组是指每槽中要嵌两个不同绕组的两个有效边（分上、下层）的绕组。除单、双叠绕组外，还由于嵌线方式的变化，有链式绕组、单双圈交叉绕组、单双层混合绕组和分数槽绕组等其它的结构型式。在大中型线绕转子感应电动机的转子绕组结构中，还采用波绕组结构型式。