

安装工人应知丛书

电 气 调 整 工

(四 级 工)

中国建筑工业出版社

安装工人应知丛书

电 气 调 整 工

(四 级 工)

刘 文 亮 编

中国建筑工业出版社

本书系《安装工人应知丛书》之一，内容是根据国家建工总局颁发的《安装工人技术等级标准》(试行)中对电气调整工四级工所规定的应知项目顺序作出答案，其中包括：电动机抽芯后检查电气部分的项目、部位、方法和标准；直流电动机种类 构造、各种绕组作用及接线。直流发电机、电动机特性；电力变压器检查试验项目和方法及并列条件；电气设备交接试验规范和试验方法；晶体管放大电路知识；电流、电压、接地、方向、差动等保护装置的工作原理；电机、电器一般故障的分析和处理方法等。

本书供电气调整工考工复习参考使用，也可做技工培训的参考读物。

安装工人应知丛书
电 气 调 整 工
(四 级 工)
刘 文 亮 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市通县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4¹/₂ 字数：100 千字
1982年7月第一版 1982年7月第一次印刷
印数：1—29,600册 定价：0.38元
统一书号：15040·4265

出 版 说 明

本丛书是根据国家建筑工程总局颁发的《安装工人技术等级标准》(试行), 针对各级安装工人规定的应知项目和具体要求编写的, 适合具有初中以上文化程度, 并具备该工种相应级别的基础知识和操作技能的安装工人阅读。

本丛书是按照《安装工人技术等级标准》(试行)所列的应知项目顺序作答, 解答内容尽量保持知识的系统性和完整性, 以帮助各工种的安装工人考工复习参考使用。

本丛书按不同工种和等级分册编写, 陆续出版。

中国建筑工业出版社

1981年9月

目 录

一、电动机抽芯后检查电气部分的项目、部位、 方法和标准	1
二、直流电动机种类、构造、各种绕组作用及接 线。直流发电机、电动机特性	9
(一) 直流电动机的构造	9
(二) 直流电动机的种类	11
(三) 直流电动机各种绕组作用及接线	14
(四) 直流发电机、电动机特性	18
三、电力变压器检查试验项目和方法及并列条件	21
(一) 电力变压器的检查	21
(二) 电力变压器的试验	26
(三) 电力变压器并列运行条件	53
四、电气设备交接试验规范和试验方法	60
(一) 电压互感器的检查试验	60
(二) 电流互感器的检查试验	63
(三) 阀型避雷器的检查试验	67
(四) 电容器的试验	72
(五) 少油开关的试验	75
(六) 负荷开关和隔离开关的试验与调整	82
(七) 交流电动机的试验	84
(八) 直流电动机的试验	92
(九) 干式电抗器的试验	98
(十) 蓄电池的试验	98

五、晶体管放大电路知识。看懂简单的整流、

稳压、振荡、放大电路102

(一) 晶体管放大电路知识102

(二) 简单的整流、稳压、振荡电路112

六、电流、电压、接地、方向、差动等保护装置的

工作原理117

(一) 过电流保护装置118

(二) 接地保护装置120

(三) 差动保护装置121

(四) 方向保护装置123

七、电机、电器一般故障的分析和处理方法125

(一) 电动机的一般故障的分析和处理方法125

(二) 变压器的一般故障的分析和处理方法136

(三) 起动电器的一般故障的分析和处理方法137

一、电动机抽芯后检查电气部分 的项目 部位、方法和标准

为了保证电机安全投入运行，对已装好的电机或成套设备内的电机，都要按照施工规范的要求，进行检查和试验。试验前，先应进行一般性的检查，如电机所属的部件（外壳、风罩、接线盒等）应完整无缺，绕线式异步电动机和同步电动机的转子部分（包括滑环、电刷）都应完好；机轴转动灵活，转子与定子间应无摩擦或碰撞现象；电动机的机座和外壳应可靠接地。开启式电机中的绕组外露部分应无破损缺陷等。然后，进行电动机的抽芯，首先，卸下电机的两个端盖。抽出转子是个细致的操作，稍不注意，就有碰伤绕组线卷的可能。小型电动机可以用人力直接把转子抽出来；大一些电动机的转子，需要使用起重工具配合进行。比较简单的方法是，从转子轴的一头穿上一根钢管（为了不使钢管把轴压伤，应当衬垫一些软物件如绝缘垫、软布等），再将转子通过起重工具吊平，逐渐移出。移出后放置时，转子两旁应用木块挤住，以防止左右滚动。经外观检查，如发现铁芯变形，可用双头螺栓夹紧使其恢复原位；如线圈绝缘碰坏，则须使用同样绝缘材料修复。外观检查后，可进行下列仪表检查：

1. 绕组绝缘电阻的测量

测量的目的是判断绕组的绝缘情况是否良好。测量所用兆欧表的额定电压为：1 千伏以下的电动机使用 1 千伏以下

的兆欧表测量；1千伏以上的电动机使用2500伏以上的兆欧表测量。兆欧表的额定电压过低时，会影响测量的准确性；如果额定电压过高时，则可能对绕组的绝缘造成损害。

测量前，先将定子绕组和转子绕组的外接导线拆除，当每相绕组始末端都有引出线时，可以分别测量每相绕组对外壳的绝缘电阻和每相之间的绝缘电阻。如果定子绕组只有三个出线端，或测量绕线式电机的转子绕组时，则只能将三个出线端同导线连接在一起，测量三相绕组对外壳的绝缘电阻。将测得的数值与电动机出厂数据相比较，换算到相同温度下不应有显著下降。换算公式可按下列两个经验公式计算：

非A级绝缘的电动机，以75°C为标准。换算式如下：

$$R_{75} = \frac{R_t}{2 \frac{(75 - t)}{10}}$$

式中 R_{75} ——温度在75°C时的绝缘电阻值（兆欧）；

R_t ——温度在 t °C时所测得的绝缘电阻值（兆欧）；

t ——测量时被试物的温度（°C）。

A级绝缘的绝缘电阻换算公式为：

$$R_2 = R_1 10^{\alpha(t_1 - t_2)}$$

式中 R_1 ——温度为 t_1 时所测得的绝缘电阻（兆欧）；

R_2 ——换算到温度为 t_2 时的绝缘电阻（兆欧）；

α ——绝缘物的导温系数，对A级绝缘材料 $\alpha = 1/40$ 。

如果电动机无出厂数据，可按以下标准检查：

电压为1千伏以下的电动机的绝缘电阻不应低于0.5兆欧；

电压为1千伏以上的电动机，在接近运行温度时，定子

绝缘的绝缘电阻不低于每千伏 1 兆欧，转子绝缘 不低于 0.5 兆欧。

各相绝缘的不平衡系数一般不大于 2；吸收比应不小于 1.3。

2. 绕组直流电阻的测量

测量的目的是检查绕组的各相电阻是否平衡，与出厂数据是否吻合。如有不平衡或不符合的情况，则说明电动机的绕组存在匝间短路、接头接触不良等故障，应进一步作检查。

根据绕组电阻值的大小，分别使用单臂电桥或双臂电桥，绕组的电阻分相进行测量。各相绕组的电阻值之间的相互差值与制造厂测得的相应绕组的相互差值比较，不应超过 2%。如果定子绕组已在内部连接固定，无法对每相进行测量时，则可以分别测量三相的线间电阻值，所测线间直流电阻的相互差值不应超过 1%。

3. 定子绕组的接线检查

检查的目的主要是确定三相绕组出线端的首和尾端连接是否正确。因为如果接错了，由于绕组中流过的电流方向与原来的相反，使电动机的电动势和电抗发生不平衡，可能由此而引起电动机的振动、噪声、三相电流不平衡，使电动机温升增高，转速降低，甚至导致电动机停止转动，而使熔断器烧断。

三相绕组出线端首尾确定的常用方法如下：

(1) 交流电压法：如图 1 所示。电动机有 6 个引出线头，先用兆欧表测出同一相的两个线端，做好标记。三个绕组的线端认清后，其中一相接白炽灯或电压表，另两相串接在一起，通入低压电源，进行观察。如果灯泡发亮或电压

表有指示，表明三相绕组首尾连接是正确的，这是因为作用在灯泡或电压表上的电压是两相感应电动势的矢量和。如果灯泡不亮或电压表无指示，则表明两相绕组首尾接反，这是因为作用在灯泡或电压表上的电压是两相感应电动势的矢量差，正好互相抵消。

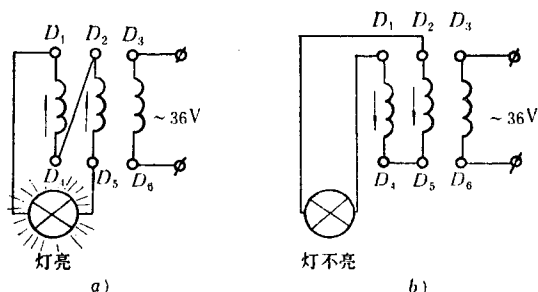


图 1 交流法检查绕组首尾接线图

a) 灯亮表示首尾连接；b) 灯不亮表示首尾接反

(2) 直流感应法：如图 2 所示的方法连接，在任一相绕组上接入 2~4 伏直流电源。其它一相接入直流毫安表。当

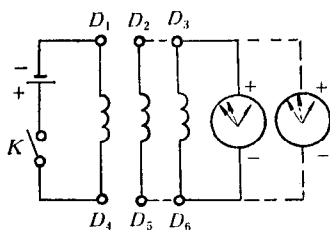


图 2 直流法检查绕组头尾的接线图

接通电源的瞬间，如果毫安表指针的摆向大于零的一边，则电池正极所接的线头与毫安表负端所接线头同为头和尾。如指针反向摆动，则电池正极所接线头与毫安表正端所接线头同为头和尾。再把电池接到另一相的两个线头试验，就可以确定各相的头和尾。

4. 交流耐压试验

进行交流耐压试验是为了考核电动机的绝缘强度。这项试验应在用兆欧表测定绕组的绝缘良好的前提下进行。

对于1千伏以上的开启式电动机，试验前，要将绕组上的灰尘清扫干净，或用压缩空气吹净，以防止试验时发生绕组表面放电现象。

电动机定子绕组的交流耐压试验标准见表1所示。

电动机定子绕组交流耐压标准

表 1

电动机额定电压值(千伏)	0.4及以下	0.5	2	3	6	10
交流试验电压值(千伏)	1	1.5	4	5	10	16

绕线式电动机转子的交流耐压值，对转向一定的电动机，为转子额定电压的1.5倍，但不低于1千伏；对于可以正反转的电动机，为转子额定电压的3倍，但不低于2千伏。

同步电动机的激磁绕组对外壳的交流耐压值为转子额定电压的7.5倍，但不低于1200伏，且不超过2600伏。转子绑线对绕组和外壳的交流耐压值为1千伏。

当电动机的定子绕组的始末端都有引出线时，可以分别进行每相对外壳间的交流耐压试验。当试验其中一相时，其它两相绕组应短路接地。如电动机的定子绕组的头和尾已在内部连接好时，可以一次进行三相绕组对外壳之间的交流耐压试验。

大型电动机进行交流耐压试验时，应使用球间隙保护和在被试定子绕组端并接高压静电电压表或加设电压互感器用

作监视工频试验电压的变化情况。球间隙的作用主要是保护交流耐压试验设备不因谐振过电压或误操作过电压而受到损坏。球间隙的距离事先调整好，使它的放电电压略高于被试电动机绕组的试验电压，一般规定约为试验电压的 120 % 左右。这样，不论发生哪一种过电压，只要达到球隙的放电电压值，就将高压侧短路接地，而电流保护装置就自动地切断电源。球间隙放电电压表如表 2 所示。图 3 所示为加装电压互感器和球间隙保护的交流耐压试验接线图。当试验定子绕组对地绝缘时，把定子绕组的各相首端连在一起接到试验变压器上，这样试验电压就加到高压与地之间。线路接好后，调整好过电流继电器的适当电流值，也相应地调整好球间隙距离的近似值。由专人操作，统一指挥，注意安全。然后合上电源，均匀缓慢地将电压表升到规定试验电压值，保持一分钟，未发现被击穿或闪络等反常现象，就认为合格。然后迅速而均匀地降下电压，再切断电源。

球 间 隙 放 电 电 压 表

表 2

球 间 隙 (厘米)	球 的 直 径 (厘米)					
	12.5	15	25	50	75	100
	放 电 电 压 (千伏)					
1.0	22.3	22.1	21.9	—	—	—
1.5	32.2	32.2	31.8	—	—	—
2.0	41.9	41.9	41.7	41	41	—
2.5	—	—	—	—	—	50.2
2.6	50.9	51.3	50.9	—	—	—
3.0	60.2	60.5	60.8	—	—	—
3.5	68.7	69.4	—	—	—	—
4.0	77.1	77.8	79.2	79.2	79.2	—
4.5	84.1	86.3	—	—	—	—
5.0	91.2	93.8	96.9	—	—	96.9

续表

球 间 隙 (厘米)	球 的 直 径 (厘米)					
	12.5	15	25	50	75	100
	放 电 电 压 (千伏)					
5.5	97.6	101.1	—	—	—	—
6.0	103.2	107.5	113.8	116	116	—
6.5	(108.9)	113.8	—	—	—	—
7.0	(114.5)	119.5	130.1	—	—	—
7.5	(118.8)	125.2	—	—	—	—
8.0	(123)	(130.8)	145	151.3	152	—
9.0	(131.5)	(140)	159.1	—	—	—
10	(138.6)	(147.8)	171.8	185.3	187.4	188.1
11	(144.2)	(154.8)	183.9	—	—	—
12	(149.9)	(161.9)	194.5	218	221	—
13	—	(168.3)	(204.4)	—	—	—
14	—	(173.2)	(213.5)	249	254.5	—
15	—	(178.2)	(222)	—	—	273.5
16	—	—	(229.5)	277	287	—
18	—	—	(244)	302.5	318	—
20	—	—	(256.7)	326	348	356
22	—	—	(267.8)	347	376	—
24	—	—	(276.5)	368	403	—
25	—	—	(280)	—	—	432
26	—	—	—	(385)	429	—
28	—	—	—	(403)	453	—
30	—	—	—	(418)	474	501
32	—	—	—	(432)	496	—
34	—	—	—	(445)	517	—
35	—	—	—	—	—	564
36	—	—	—	(457)	535	—
38	—	—	—	(469)	554	—
40	—	—	—	480	570	619
45	—	—	—	502	607	671
50	—	—	—	522	639	714

注：1. 括号内的数字准确程度较低。

2. 表中数据为760毫米水银柱 大气压力下，周围气温20℃，一球接地时，球隙的工频放电电压有效值。

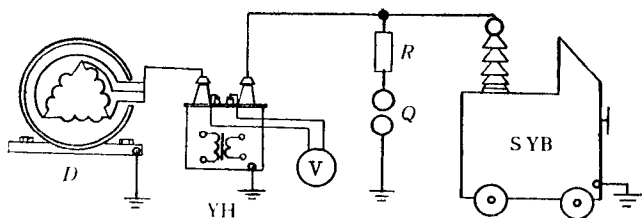


图 3 耐压试验用球间隙保护和电压监视接线图

5. 轴承绝缘的检查

功率较大的电动机要做这项试验。电动机在运转时，由于电动机的定子和转子间的气隙不均匀或转子各并联磁路的磁阻不相等等原因，使电动机的磁场不平衡和各部分磁通的分布不均匀，因而产生脉动磁通，运转的电机轴切割着它，在轴上会感应生成电动势。该电动势通过转轴、轴承、电动机底座和轴承的油膜间隙而形成循环电流，通常叫轴承电流。它会损伤轴颈和轴瓦的衬层。如电动机和其它机械相连时，轴承电流还可形成分流，因而会损坏其它机械的轴承或其它部件。为此，要在轴承的一端，在轴承座与底座之间隔以绝缘垫片，这样就可以切断轴承电流的流通。

在现场组装功率较大的电动机，先要检查轴承的绝缘情况，采用的试验方法是先把未垫绝缘垫片的另一端轴承吊起来，垫以绝缘垫片后，用 1 千伏的兆欧表测量轴承与底座之间的绝缘电阻，要求电阻值不小于 0.5 兆欧。如果绝缘垫片是用两块垫片并在中间夹垫铁板时，则不必将轴承垫起来，可用兆欧表直接测量轴承与铁板之间的绝缘电阻。

二、直流电动机种类、构造、 各种绕组作用及接线。

直流发电机、电动机特性

直流电动机调速比较平缓，调速的范围较广，起动转矩较大。根据这些性能特点，直流电动机多用于卷扬机、轧钢机、电车等要求起动转矩大、变速均匀的生产机械拖动方面。随着大功率硅整流和可控硅整流元件的大规模的应用，比较经济地解决了直流电的电源，使直流电动机的应用范围日益扩大。

下面顺序介绍直流电动机的构造、种类、绕组的作用及接线方法。

（一）直流电动机的构造

直流电动机主要是由定子（固定部分）和转子（转动部分）两部分组成的。直流电动机内部构造剖视如图4所示。

定子是电动机产生磁场的部分，它是由主磁极、换向磁极、机座、端盖等部件构成。

主磁极用以产生主磁通。它是由用硅钢片叠成的铁芯、极掌和缠绕到铁芯上的激磁绕组构成。铁芯用螺栓固定到机座上。极掌比铁芯宽，呈月牙形，以使磁极下面的磁通分布

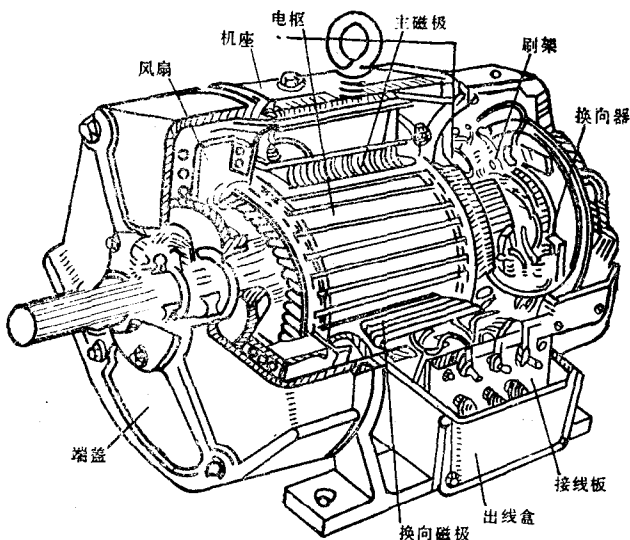


图 4 直流电动机结构图

较为均匀，又能使套在铁芯上的激磁绕组依托得更为牢固。

换向磁极也叫间极，当电枢绕组中的线圈从一个磁极转向另一个磁极时，线圈中的电流换向，与该线圈相连接的换向片和电刷之间会产生火花。为了减小火花，改善换向的性能，在相邻的两个主磁极之间安装一对换向磁极。换向磁极一般是用整块钢制造，换向极绕组与电枢绕组相串联，匝数不多。

电动机的机座除了支撑整个电机外，还是磁路的一个组

成部分。机座通常是用铸钢或铸铁制成。

电动机的两端各有一个端盖，主要起保护作用，轴承即装在端盖上，直流电机的整流电刷刷架也固定到端盖上。

电刷的刷架是由刷杆座、刷杆、刷握和电刷组成。刷杆座固定到端盖上，刷杆则固定到刷杆座上。刷杆上装有一只到几只刷握，电刷块就插到刷握当中。电刷顶上有一个弹簧压板，使电刷在换向器上保持一定的接触压力。利用电刷可将电枢绕组与外界电路连接起来。

直流电动机的转子即电枢，是进行能量转换的重要部件，它由电枢铁芯、绕组、换向器、机轴和风扇等构成。

电枢铁芯是由硅钢片迭成，呈圆柱形。铁芯圆周上具有均匀分布的齿槽。铁芯槽内嵌入绕组元件，绕组元件的两端头各与相应的换向片（整流片）连接。功率较小的电动机，在电枢铁芯上装有风叶，功率较大的电动机则在机轴上装有风扇。

换向器装到机轴的一端，是用许多换向片（紫铜片）迭成的圆柱体。各片之间用云母片隔开绝缘。

有关直流电动机的工作原理在本丛书电气调整工二级工中的第四部分已有叙述，这里不再重复。

（二）直流电动机的种类

直流电动机根据产生磁场方法的不同，也就是激磁方式的不同，可以分成永磁式和电磁式两种。永磁式是由永久磁