

职业技能鉴定培训读本(技师)

电机修理工

吉化集团公司 组织编写
乔长君 马天钊 等编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（技师）

电机修理工

吉化集团公司 组织编写
乔长君 马天钊 等编

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电机修理工/乔长君, 马天钊等编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 2

职业技能鉴定培训读本(技师)

ISBN 7-5025-5177-8

I. 电… II. ①乔…②马… III. 电机 - 维修 - 职业技能鉴定 - 教材 IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 006020 号

职业技能鉴定培训读本 (技师)

电机修理工

吉化集团公司 组织编写

乔长君 马天钊 等编

责任编辑: 刘 哲 周国庆

文字编辑: 麻雪丽

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 15 1/4 字数 412 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5177-8/G · 1368

定 价: 34.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

职业技能鉴定培训读本（技师）

编写委员会

主任 张晓霁

副主任 申尧民 孙树禎 魏 然

委员 张晓霁 申尧民 孙树禎 魏 然

陈紫铭 刘焕臻 曲诗林 陈万友

关昱华 刘勃安 周国庆

前 言

当今世界已步入到知识经济和市场经济时代，企业生存与发展要依靠先进的生产力和高素质复合型人才。在技术密集型企业中将新技术、新工艺、新设备广泛应用并迅速转化为优质产品，需要大批高智能技术工人的有效劳动，因此在企业中高素质的技术工人、技师、高级技师是不可缺少的人才。目前，企业中身怀绝技的技师、高级技师奇缺，所以培训技师、高级技师是企业的当务之急。

吉化集团公司组织几十名工程技术人员和高级技师编写了一套《职业技能鉴定培训读本（技师）》（以下简称《读本》），共20本，其中包括7本基础读本，分别为《化学基础》、《化工基础》、《电工电子基础》、《机械基础》、《机械制图》、《工程材料》、《检测与计量》，13本专业技术读本，分别为《检修钳工》、《检修焊工》、《检修铆工》、《检修管工》、《热处理工》、《防腐蚀工》、《分析化验工》、《电机修理工》、《维修电工》、《仪表维修工》、《在线分析仪表维修工》、《制冷工》、《污水处理工》。参加编写的同志都是长期在生产一线从事工艺设计、开发、生产技术管理、设备维护检修等专业技术工作，具有较强的理论基础知识和丰富的实践经验。

这套《读本》以技师为主要读者对象，适当兼顾高级工和高级技师的需要。在编写过程中，参考了国家及有关行业高级工、技师和高级技师的职业标准和职业技能鉴定规范，比较全面地介绍了企业中现行使用的新标准、新技术、新设备、新工艺等方面的内容及应用。这套《读本》的特点如下：①知识面较宽，起点较高，尤其注意理论联系实际；②比较全面地介绍了企业，特别是化工企业中主要专业工种的检修技术；③系统阐述了各专业工种的工艺要求和操作技能；④列举了工作或生产案例，突出了实际生产操作中高、

难技艺的论述。

本书是《职业技能鉴定培训读本（技师）》之一，对电机修理技师应掌握的技能进行了介绍，其中包括三相异步电机、同步电机、直流电机、变压器、控制电机、电工仪表、电机试验及检修施工管理等内容，每章配有大量的例题及练习，并对工作中常出现的故障及检修方法进行了分析与介绍。本书对提高电机修理工的技术理论水平和实际操作技能会有很大帮助，适合企业培训技师或技术工人自学，也可供有关工程技术人员参考。

本书第2、3章由乔长君编写，第1、4、8章由马天钊编写，第5、7章由李本胜编写，第6章由李宏编写。全书由王少杰、李本胜审核。

由于编者水平所限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2003年9月

常用名称符号对照

<p>A——线负荷, 电负载</p> <p>a——导线厚度, 绕组并联路数或支路对数</p> <p>B——磁通密度</p> <p>B_{ad}——电枢反应直轴磁通密度</p> <p>B_{aq}——电枢反应交轴磁通密度</p> <p>B_j——轭部磁通密度</p> <p>B_m——主极极身磁通密度</p> <p>B_p——主极极靴磁通密度</p> <p>B_δ——气隙磁通密度</p> <p>b——导线等宽度</p> <p>b、(或 b_D)——通风槽宽度</p> <p>b_p——极靴宽度</p> <p>b_k——换向区域宽度</p> <p>b_s——槽形宽度, 矩形槽宽度</p> <p>b_{sc}——补偿槽宽度</p> <p>b_{sk}——斜槽宽度、斜槽距</p> <p>C——电机利用系数</p> <p>C_A——电机常数</p> <p>E——电动势</p> <p>E_a——电枢电动势、电枢反电动势</p> <p>E_i——内电动势</p> <p>E_o——ν次谐波磁场感应电动势</p> <p>E_ϕ——相电势</p> <p>E_o——空载电动势</p> <p>E_2——转子电动势</p> <p>F——磁动势、磁位势</p> <p>F_a——电枢反应磁动势</p>	<p>F_{ad}——电枢反应直轴磁动势</p> <p>F_{aq}——电枢反应交轴磁动势</p> <p>F_c——补偿绕组磁动势</p> <p>F_f——励磁磁动势</p> <p>F_s——串励绕组磁动势</p> <p>f——频率</p> <p>H——磁场强度</p> <p>H_j——轭部磁场强度</p> <p>H_δ——气隙磁场强度</p> <p>h——高度</p> <p>I——电流有效值</p> <p>I_N——额定电流</p> <p>I_P——电流有功分量</p> <p>I_Q——电流无功分量</p> <p>I_{st}——启动电流, 最初启动电流</p> <p>I_x——电抗电流</p> <p>i——电流瞬时值</p> <p>j, J——电流密度</p> <p>J_c——补偿绕组电流密度</p> <p>J_K——换向绕组电流密度</p> <p>J_s——串励绕组电流密度</p> <p>K——换向片数、变比</p> <p>K_c——短路比</p> <p>$K_{d\nu}$——ν次谐波绕组系数</p> <p>$K_{d\nu}$——ν次谐波分布系数</p> <p>$K_{p\nu}$——ν次谐波的绕组系数</p> <p>K_{Fe}——铁心叠装系数</p> <p>K_i——电流比</p>
---	--

K_c ——电压比
 K_s ——磁路饱和系数
 K_{sk} ——斜槽系数
 K_{wi} ——电流波形系数
 K ——耦合系数
 L ——自感
 L_a ——电枢自感
 L_l ——励磁绕组自感
 L_m ——主极磁路长度
 L_s ——槽漏感
 l ——长度
 l_e ——线圈平均半匝长度
 l_{Fe} ——定子铁心净长度
 l_j ——机座长度
 l_k ——换向器长度
 l_u ——定子铁心总长度
 M ——互感
 M (或 T)——转矩
 m ——相数
 N_a ——电枢导线数
 N_b ——每刷杆电刷数
 N_v (或 N_D)——通风槽
 N_s ——每槽导体数
 n ——转速
 n_N ——额定转速
 n_s ——同步转速
 P ——功率、损耗
 P_{Al} ——铝绕组的欧姆损耗
 P_{Cu} ——铜绕组的欧姆损耗
 P_{Fe} ——铁损
 P_{iv} ——风摩损耗
 P_{Δ} ——杂散损耗
 p ——极对数

Q ——无功功率
 q ——每极每相槽数
 R ——电阻
 S ——视在功率
 s ——转差率
 T ——周期、转矩、时间常数
 T_K ——换向周期
 t ——时间、温度
 U ——电压
 U_1 ——额定电压
 U_{ϕ} ——相电压
 U_m ——设备最高电压
 V ——体积
 v ——风速、线速度
 v_a ——电枢圆周速度、空气流速
 W ——功、能
 w, ω ——绕组每相串联匝数
 X ——电抗
 X_d ——直轴同步电抗
 X_l ——转子漏电抗、励磁绕组总电抗
 X_k ——堵转时的等值电抗
 X_L ——定子漏电抗
 X_q ——交轴同步电抗
 X_1 ——正序电抗
 X_2 ——负序电抗
 y ——绕组节距
 Z ——阻抗
 Z_1, z_1 ——定子槽数
 Z_2, z_2 ——转子槽数
 α ——电角度
 γ ——质量密度
 δ ——气隙长度

η —— 效率

θ —— 温升

Λ —— 磁导

λ —— 长径比

μ_0 —— 真空磁导率

ρ —— 导体电阻系数

τ —— 极距

Φ, φ —— 磁通

ψ —— 磁链

ω (或 Ω) —— 角频率

$\tan\delta$ —— 介质损失角正切值

内 容 提 要

本书是《职业技能鉴定培训读本（技师）》之一，依据《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》编写，以企业技师为主要读者对象，适当兼顾高级工和高级技师的需要。

全书由管道工程概论、识图、计算、管件加工、管道工程安装、带压密封、施工管理及管道工程标准 8 章组成，附录介绍了三相异步电机电磁设计及交流电机双层硬绕组的计算。本书参考了国家及行业最新标准、知识新，内容翔实，对提高检修管工的技术理论水平和实际操作技能会有很大帮助。

本书适合企业培训技师或技术工人自学，也可供有关工程技术人员参考。

目 录

第 1 章 电机概述	1
1 电机分类	1
2 电机的基本作用原理	1
3 电机常用材料	3
4 常用计量单位和符号	4
5 常用电机图形符号	5
6 常用名词术语	13
7 电动机的选择	20
8 归算（相对）制	23
第 2 章 三相异步电机	25
1 三相异步电机原理	25
2 交流绕组基本知识	25
3 三相异步电机的三种运行状态	26
4 基本方程式	27
5 三相异步电动机的运行特性	30
6 空载实验和短路实验	33
7 三相异步电机的启动	37
8 三相异步电动机的调速	41
9 三相异步电机的制动	45
10 特殊异步电机	46
11 双馈异步电机	61
12 计算示例与练习	62
13 检修问答(如无说明本节所说异步电机均系低压电机)	67
第 3 章 同步电机	135
1 同步电机的基本原理	135
2 同步电机的励磁	136
3 同步发电机的运行特性	140

4	同步发电机的并列	147
5	同步电动机的电磁功率	151
6	同步电机的 V 形曲线	151
7	同步电机的启动	152
8	同步调相机	152
9	特殊同步电机——磁阻同步电机	153
10	特殊同步发电机	154
11	可控硅技术在同步电机的应用	156
12	功率补偿	158
13	计算示例与练习	160
14	检修问答	162
第 4 章 直流电机		176
1	直流电机工作原理	176
2	直流电机的励磁方式	177
3	直流电机的基本方程式	178
4	并励发电机的自励过程	180
5	他励发电机的特性	181
6	并励发电机的特性	184
7	复励发电机的特性	185
8	直流电动机的启动	185
9	直流电动机的工作特性	187
10	直流电动机的机械特性	190
11	直流电动机的调速	191
12	直流电动机的制动	192
13	直流电动机的换向	193
14	特殊直流电动机——无刷直流电动机	195
15	检修问答	197
第 5 章 变压器		212
1	变压器的分类和结构	212
2	额定值	218
3	单相变压器的运行原理	218
4	变压器的连接方式	220
5	变压器的正常运行	226

6	变压器的并联及应具备的条件	229
7	变压器的调压	232
8	单相变压器在三相电力系统的应用	234
9	其他型式的电力变压器	235
10	特殊用途小型变压器	239
11	计算示例与练习	245
12	检修问答	249
第 6 章 控制电机		266
1	交磁电机放大机	266
2	步进电机	271
3	直流伺服电动机	275
4	交流伺服电动机	279
5	测速发电机	284
6	自整角机	289
7	旋转变压器	297
第 7 章 电工仪表与电机试验		304
1	电工仪表	304
2	常用仪器原理与试验	309
3	电机的试验项目、周期和要求	315
4	检修问答	356
第 8 章 检修施工管理		368
1	化工机械检修的管理制度	368
2	化工企业机械管理的主要评价指标	379
3	网络计划技术	382
4	检修施工方案的制定	395
附录 1 三相异步电机电磁设计程序		406
附录 2 交流电机双层硬绕组计算		437
主要参考文献		472

第 1 章 电机概述

1 电机分类

电机是转换和传递能量的一种机构。我们所说的电机都是以电磁感应定律为基本作用原理的。

按照电机在应用中的职能，电机可以划分如下。

- ① 将机械功率转换成电功率——发电机。
- ② 将电功率转换成机械功率——电动机。
- ③ 将电功率转换成另一种形式的电功率，可分为：
 - a. 输出与输入有不同的电压——变压器；
 - b. 输出与输入有不同的波形——变流机；
 - c. 输出与输入有不同的频率——变频器；
 - d. 输出与输入有不同的相位——移相器。

④ 不以功率传递为主要职能，而在电气机械系统中起调节、放大和控制的作用——电机放大机和控制电机。

按照所应用的电流种类，电机可统分为直流电机和交流电机。

按照同步速度，电机可划分如下。

- ① 没有固定的同步转速——直流电机。
- ② 静止设备——变压器。
- ③ 速度永远不等于同步速度——异步电机。
- ④ 速度等于同步速度——同步电机。
- ⑤ 速度可以在宽广范围内任意调节——交流换向器电机。

2 电机的基本作用原理

各种电机的运行原理均以电磁的基本定律为出发点，也就是依据以下两条自然规律：① 设有电流在任一导体中流通，则在该导体

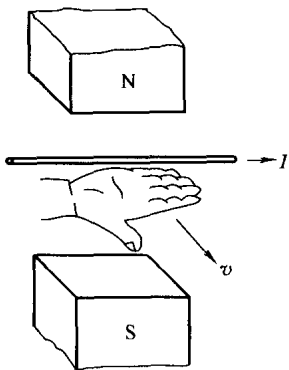


图 1-1 右手定则示意图

周围将有磁场产生；②设在任一线圈中所键链的磁通发生变化，则在该线圈中便有感应电势产生。

2.1 右手手掌定则

如图 1-1，将右手手掌伸开，大拇指在手掌平面中与其他四指成 90° 角，使磁力线垂直指向手掌，如大拇指指向导体运动方向，则其他四指指向导体中的感应电势方向。

2.2 右手螺旋定则

如图 1-2，用右手握住螺旋管，使四指的指向与电流方向相同，则大拇指的指向即为该电流在螺旋管中产生的磁场方向。

2.3 左手手掌定则

如图 1-3，将左手手掌伸开，大拇指在手掌平面中与其他四指形成 90° 角，使磁力线垂直指向手心，四指指向导体中的电流方向，则大拇指指向导体的电磁力方向。其大小为：

$$F = Bli \quad (1-1)$$

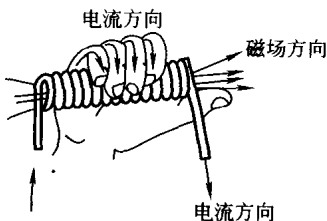


图 1-2 右手螺旋定则示意图

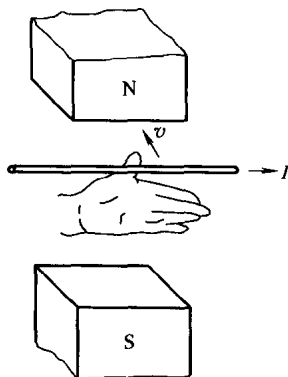


图 1-3 左手定则示意图

2.4 全电流定律

在环绕载流导体的任一磁通闭合回路中，沿该回路的磁势总和等于该闭合回路所包围的电流总和。

全电流定律的积分形式为

$$\oint H dl = NI \quad (1-2)$$

若每段磁场强度为 H_i ，该段长度为 l_i ，导体数为 N ，则式(1-2)可写为：

$$\sum_{i=1}^n H_i l_i = NI \quad (1-3)$$

2.5 电磁感应定律

键链—线圈的磁通发生变化，则在该线圈中将有感应电势产生。磁通的变化有两种不同的方式：①磁通本身在变化；②线圈与磁场间有相对运动。因而感应电势可分为两部分，即变压器电势和旋转电势。在变压器中，线圈静止不动，线圈中的感应电势仅有变压器电势；而在直流电机中，磁通恒定仅有相对运动，线圈中的感应电势仅有旋转电势，在交流电机中，既有磁通的变化又有相对运动，线圈中的感应电势为变压器电势与旋转电势之和。

2.6 电机的可逆性原理

一导体在磁场中由于外力作用截切磁力线，导体中便感生电动势，便是一最简单的发电机；一导体在磁场中通以电流，该导体便受电磁力作用而运动，这便是最简单的电机。也就是说依据外界条件的不同，导体既可以将机械功率转换为电功率，也可以将电功率转换为机械功率，这就是电机的可逆性原理。

3 电机常用材料

电机所用的材料主要有以下几种：导电、导磁、绝缘、散热和机械支撑。

(1) 铜 导电材料， 20°C 时的电阻率为 $17.24 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm/m}$ ，相对密度为 8.9。用做电机绕组。

(2) 铝 导电材料， 20°C 时的电阻率为 $28.2 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm/m}$ ，

相对密度为 2.7。用做电机绕组。

(3) 碳 导电材料，用做电刷。

(4) 钢铁 导磁材料，铸铁导磁性能较差，仅用于截面积较大、形状较复杂的结构部件；铸钢仅能用以传导不随时间变化的磁通，硅钢片用以传导随时间变化的磁通。

(5) 绝缘材料 可分为下列七级：Y(90℃)、A(105℃)、E(120℃)、B(130℃)、F(155℃)、H(180℃)、C(180℃以上)。详见有关资料。

4 常用计量单位和符号

电机常用计量单位和符号见表 1-1。

表 1-1 常用计量单位和符号

量的名称	SI 单位	SI 单位的倍数单位	备注和专门领域所用的有关单位
(平面)角	弧度(rad)	mrad μ rad	如果不用弧度,可采用度(°)、分(')、秒(")
长度	米(m)	km cm mm μ m	
面积	平方米(m ²)	km ² dm ² cm ² mm ²	
体(容)积	立方米(m ³)	dm ³ cm ³ mm ³	升可用作立方分米(dm ³)的专用名称
时间	秒(s)	ks ms μ s ns	其他单位:分(min)、小时(h)、天(d)、年(a)
角速度	弧度/秒(rad/s)		
速度	米/秒(m/s)		其他单位:千米/小时(km/h)
频率	赫(Hz)	THz GHz MHz kHz	
转速	转/秒(r/s)		转/分(r/min)、转/秒(r/s)大量用于旋转机械
质量	千克(kg)	Mg g mg μ g	
密度	千克/立方米(kg/m ³)	Mg/m ³ kg/dm ³ g/cm ³	
力	牛(顿)(N)	MN kN mN μ N	
力矩	牛·米(N·m)	MN·m kN·m mN·m μ N·m	