

电工技术丛书

零起步巧学

电动机使用 维护与检修

(第二版)

杨清德 杨卓荣 主编



双色重点突出便于阅读

行文言简意赅更好理解

口诀朗朗上口易于记忆.....



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

零起步巧学电工技术丛书

零起步巧学

电动机使用、维护与检修

(第二版)

杨清德 杨卓荣 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书重点突出零起步的特点,在编写的过程中多用图、表加以辅助说明,突出体现了如何巧学、巧用,并在每部分之后总结实用口诀。本丛书共7本,分别为《零起步巧学巧用万用表(第二版)》、《零起步巧学巧用电工工具(第二版)》、《零起步巧学电工识图(第二版)》、《零起步巧学低压电控系统(第二版)》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修(第二版)》、《零起步巧学巧用变频器》和《零起步巧学巧用PLC》。

本书为丛书中的一本,共9章,主要内容包括零起步学习电动机、选用电动机我做主、备足材料修电动机、顺顺利利安装与拆装电动机、“把脉”诊断电动机故障、心灵手巧修理电动机机械故障、得心应手修理电动机绕组故障、值得借鉴的电动机维修实例、电动工具与单相串励电动机。

本书可作为培训教材。适合电工初学者阅读,也可供有一定经验的电工技术人员学习,还可供职业院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

零起步巧学电动机使用、维护与检修 / 杨清德, 杨卓荣主编. —2版. —北京: 中国电力出版社, 2013. 2

(零起步巧学电工技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4023 - 7

I. ①零… II. ①杨… ②杨… III. ①电动机 - 使用②电动机 - 维护 IV. ①TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 023212 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版

2013 年 5 月第二版 2013 年 5 月北京第三次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 18.125 印张 334 千字

印数 6001—10000 册 定价 36.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

Preface

基于当前大量农民工就业培训、职工转岗培训、毕业生上岗培训和有志青年自学成才都急需入门电工技术读物的需求,由中国电力出版社策划并组织一批专家、学者编写了“零起步巧学电工技术丛书”,包括《零起步巧学电工识图(第二版)》、《零起步巧学低压电控系统(第二版)》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修(第二版)》、《零起步巧学巧用万用表(第二版)》、《零起步巧学巧用电工工具(第二版)》、《零起步巧学巧用 PLC》和《零起步巧学巧用变频器》,共 7 本。

电工技术是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术,其应用领域较广,各个行业及各个岗位涉及的技术各有侧重。为此,本丛书在编写时充分考虑了多数电工初学者的个体情况,以一个无专业基础的人从零起步初学电工技术的角度,将初学电工的必备知识和技能进行归类、整理和提炼,并选择了近年来中小型企业电工紧缺岗位从业人员必备的几个技能侧重点,用通俗的语言,用大量的图、表、口诀的形式来讲解,重点讲如何巧学、巧用,回避了一些实用性不强的理论阐述,以便让文化程度不高的读者通过直观、快捷的方式学好电工技术,为今后工作和进一步学习打下基础。本丛书穿插了“知识链接”、“指点迷津”、“技能提高”等版块,以增加趣味性,提高可读性。每章后设均有思考题,留给读者较大的思维空间和探索空间。

本丛书的第一批书(《零起步巧学电工识图》、《零起步巧学低压电控系统》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修》、《零起步巧学巧用万用表》和《零起步巧学巧用电工工具》)于 2009 年 4 月出版,由于特色鲜明、内容实用,而深受读者欢迎。2011 年,我们对上述 5 本书进行了大量修改(即现在与读者见面的第二版),书中增加了一些新技术方面的内容,删除了一些实用性不强的内容;同时对主要知识点、技能操作要点进行归纳提炼,增加了上百条口诀,以帮助读者理解记忆。根据部分读者的要求,本次又新编写了《零起步巧学巧用变频器》和《零起步巧学巧用 PLC》,以帮助读者更全面地掌握电工技术。

本丛书由杨清德担任主编,他是国家级重点职业学校的高级讲师、省(市)级骨干教师、维修电工高级技师、国家职业技能鉴定高级考评员、高级双师型

教师，从事职业技术教育二十余年，担任多家企业的技术顾问，具有丰富的教学经验和实践经验，发表文章四百余篇，出版专著四十余种。在杨清德的组织下，由杨清德、胡萍、杨卓荣、余明飞、康娅、黎平、成世兵、谭光明、胡大华等同志组成丛书编委会（谭光明主要负责资料收集和部分插图的计算机绘制），分工合作，编写了这套适合于电工初学者阅读的丛书。

本书是丛书中的一本，由杨清德、杨卓荣主编。主要内容包括电动机基础知识、如何选用电动机、备足材料修电动机、安装与拆装电动机、电动机故障诊断、电动机机械故障修理、电动机绕组故障修理、电动机维修实例、电动工具用电动机检修等内容。重点介绍故障诊断方法和检修的详细过程，是本书区别于其他同类图书的一大特色。

本书可作为电工培训教材，适合电工初学者阅读，也可供有一定经验的电工技术人员学习，还可供职业学校电类专业师生参考。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错漏，敬请各位读者多提意见和建议，发至电子信箱 yqd611@163.com，以便我们再版时修改。

编 者



目 录

Contents

前言

第1章 零起步学习电动机	1
1.1 电动机的功能	2
1.2 电动机的分类	2
1.3 电动机的产品型号	6
1.4 电动机的结构形式	11
1.4.1 电动机外壳防护形式	11
1.4.2 电动机的冷却方法	12
1.4.3 电动机安装形式及代号	14
1.5 系列电动机	18
1.6 电动机的工作制与定额	20
1.6.1 电动机工作制	20
1.6.2 电动机定额	22
思考题	23
第2章 选用电动机我做主	24
2.1 选用电动机的基本要求	24
2.2 根据工作条件选用电动机	25
2.2.1 根据使用环境选用电动机	25
2.2.2 根据电气运行条件选用电动机	29
2.3 电动机类型的选择	31
2.3.1 电动机机械特性的选择	32
2.3.2 电动机转速的选择	32
2.3.3 电动机启动性能的选择	33
2.3.4 运行经济性的选择	33
2.3.5 危险场所电动机的选用	33
2.3.6 交流电动机的选择	34
2.3.7 直流电动机的选择	36
2.3.8 小功率电动机及选用	37

2.4 电动机转速和额定功率的选择	42
2.4.1 电动机转速可选择	42
2.4.2 功率选择看需要	45
2.5 轻松选用单相异步电动机	48
2.5.1 单相异步电动机的分类	48
2.5.2 单相异步电动机的选用	52
2.6 电动机维护要点	55
2.6.1 单相异步电动机的使用维护要点	55
2.6.2 三相异步电动机维护要点	57
思考题	62
第3章 备足材料修电动机	63
3.1 电磁线	63
3.1.1 漆包电磁线	63
3.1.2 绕包电磁线	66
3.1.3 特种电磁线	68
3.2 绝缘材料	68
3.2.1 绝缘材料的耐热等级	69
3.2.2 维修电动机常用绝缘材料	69
3.2.3 常用的绝缘漆	72
3.3 辅助材料	76
3.3.1 轴承	76
3.3.2 引接线	79
3.3.3 槽绝缘、层间绝缘、端部绝缘和衬垫绝缘	79
3.3.4 绝缘套管	80
3.3.5 槽楔和垫条绝缘	80
3.3.6 线圈绝缘	81
3.3.7 绕组绑扎带	81
3.3.8 集电环	82
3.3.9 电刷	82
3.3.10 润滑脂	85
思考题	86
第4章 顺顺利利安装与拆装电动机	87
4.1 三相异步电动机的基本结构	87
4.2 电动机安装	89

4.2.1	电动机的搬运	89
4.2.2	底座基础建造与地脚螺栓埋设	90
4.2.3	电动机安装就位与校正	91
4.2.4	传动装置的安装和校正	91
4.3	操作控制保护装置及电源线的安装	93
4.3.1	操作控制开关的安装	93
4.3.2	熔断器的安装	94
4.3.3	电源管线的安装	95
4.3.4	保护接地及接零安装	96
4.3.5	接线盒接线	98
4.3.6	判别各相绕组的首尾端	99
4.4	电动机的拆卸与组装	101
4.4.1	电动机的拆卸	101
4.4.2	电动机的组装	106
4.5	电动机试车	113
4.5.1	试车前的检查	113
4.5.2	试车测试	114
	思考题	116
第5章 “把脉”诊断电动机故障		117
5.1	电动机故障类型及原因	117
5.1.1	电动机故障的直接原因	120
5.1.2	引起电机故障的间接原因	123
5.2	电动机故障的检测诊断方法	127
5.2.1	直观检查法	127
5.2.2	仪表仪器检测诊断法	129
5.3	电动机的故障检测诊断	132
5.3.1	电动机故障诊断技术	132
5.3.2	电动机的绝缘故障诊断方法	133
5.3.3	电动机绕组接地故障诊断方法	135
5.3.4	电动机绕组短路故障诊断方法	136
5.3.5	电动机绕组断路故障诊断方法	137
5.3.6	电动机绕组接线错误故障诊断方法	139
5.4	电动机不能启动及转速偏低的故障诊断	144
5.4.1	负荷过重	144

5.4.2	电动机一相断线	144
5.4.3	电动机的机械故障	145
5.4.4	电源电压低	146
5.4.5	定子绕组匝间短路	146
5.4.6	定子绕组单相接地	147
5.4.7	定子绕组内部断线	148
5.4.8	笼型转子断条	148
5.4.9	定子绕组一相反接	149
5.4.10	电源容量不足	149
5.4.11	启动方式的选择或接线不正确	149
5.4.12	电动机控制线路有故障	149
5.5	电动机振动和响声异常的故障诊断	150
5.5.1	声音不正常	150
5.5.2	振动异常诊断	152
5.6	电动机过热的故障诊断	153
5.6.1	定子绕组过热	154
5.6.2	铁心过热	155
5.6.3	轴承过热	156
5.6.4	散热不良	156
	思考题	165
第6章	心灵手巧修理电动机机械故障	166
6.1	铁心故障维修	166
6.1.1	铁心松动故障修理	166
6.1.2	铁心扇张故障修理	167
6.1.3	铁心表面擦伤故障修理	168
6.1.4	铁心短路故障修理	169
6.1.5	槽齿歪斜修理	169
6.2	电动机转子故障修理	170
6.2.1	转子铁心松动故障修理	170
6.2.2	笼型转子断条故障修理	171
6.2.3	铸铝端环开裂的修理	172
6.3	电动机转轴故障修理	172
6.3.1	转轴弯曲故障修理	172
6.3.2	转轴断裂故障修理	174

6.3.3	轴颈磨损故障修理	174
6.3.4	键槽磨损故障修理	176
6.3.5	转轴与转子铁心配合松动故障修理	176
6.4	电动机集电环故障修理	177
6.4.1	集电环工作表面故障修理	177
6.4.2	集电环短路故障修理	177
6.4.3	集电环松动故障修理	178
6.4.4	集电环温度过高故障修理	178
6.5	电刷故障修理	179
6.6	电动机轴承故障修理	181
6.6.1	轴承故障检查	181
6.6.2	轴承常见故障及修理	183
6.6.3	轴承的更换与代用	183
6.7	机座和端盖故障修理	186
6.7.1	机座或端盖裂缝故障修理	186
6.7.2	机壳端口磨损变形故障修理	187
6.7.3	端盖螺孔凸缘断裂故障修理	188
6.7.4	轴承室磨损故障修理	189
6.7.5	机座底脚断裂故障修理	190
6.8	离心开关故障修理	191
	思考题	193
第7章	得心应手修理电动机绕组故障	194
7.1	电动机绕组基础知识	194
7.1.1	线圈和线圈组	194
7.1.2	并绕根数和并联路数	195
7.1.3	每槽导体数	197
7.1.4	极距和节距	197
7.1.5	电角度、机械角度、槽距角和相带	198
7.1.6	每极每相槽数	200
7.1.7	绕组的展开图	200
7.2	三相异步电动机绕组的嵌线方法	201
7.2.1	三相绕组排列的基本原则与绕组连接方式	201
7.2.2	单层绕组的嵌线方法	203
7.2.3	双层绕组的嵌线方法	207

7.2.4 单双层混合绕组的嵌线方法	210
7.3 三相异步电动机绕组的重绕	211
7.3.1 记录原始数据	211
7.3.2 定子绕组的拆除	219
7.3.3 准备漆包线	222
7.3.4 选择绕线模	223
7.3.5 绕线工艺	224
7.3.6 备齐绝缘件	227
7.3.7 嵌线	229
7.3.8 质量检查和空负荷试验	235
7.3.9 浸漆与烘干	236
思考题	240
第8章 值得借鉴的电动机维修实例	242
实例1 绕组断线造成转速下降	242
实例2 笼型电动机转子断条, 转速降低	243
实例3 电动机修理后不能正常启动	244
实例4 电磁调速电动机不能调速	245
实例5 电磁调速电动机励磁绕组故障	246
实例6 电动机空负荷电流不平衡引起剧烈振动	247
实例7 共振造成电动机短路故障诊断	249
实例8 电动机绕组匝间短路引起发热	249
实例9 电动机过热被烧毁	250
实例10 农用电动离心泵不能启动	252
思考题	257
第9章 电动工具与单相串励电动机	258
9.1 单相串励电动机基础	258
9.1.1 串励电动机的结构及原理	258
9.1.2 串励电动机的应用	264
9.2 电动工具中的单相串励电动机修理	266
9.2.1 检修程序与常见故障分析	266
9.2.2 定子绕组重绕	269
9.2.3 电枢绕组的处理	272
思考题	278
参考文献	279



第 1 章

零起步学习电动机

电动机（俗称马达）是一种把电能转换成机械能的设备。在电路中用字母 M 表示。它的主要作用是产生驱动力矩，作为用电器或工农业生产机械的动力源。

电动机能提供的功率范围很大，从毫瓦级到万千瓦级。电动机的使用和控制非常方便，具有自启动、加速、制动、反转等能力，能满足各种运行要求；电动机的工作效率较高，没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也较小。由于它的一系列优点，电动机在工农业生产、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电气设备等各方面得到了广泛应用。

图 1-1 所示为工农业生产及家用电器中常用的电动机外形。



图 1-1 工农业生产及家用电器中常用的电动机外形

(a) 三相异步电动机；(b) 直流电动机；(c) 单相异步电动机



1.1 电动机的功能

1. 能量转换功能

实现机械能与电能之间的能量转换是电动机的基本功能。发电机把从原动机输入的机械能转换成绕组端口的电能，而电动机则反之，它把绕组端口从电网输入的电能转换成轴上输出的机械能。当然，在进行能量转换的过程中，电动机内部难免会产生一些损耗，这些损耗将转变成内能散发到电动机周围的冷却介质中，同时也使电动机的温度升高。由于这些损耗的存在，使电动机的效率总是小于100%。

2. 受控功能

电动机正常运行时，如果其中某些电气的或机械的输入量发生变化时，电动机的运行状态和输出也会按照一定的规律随之发生变化。例如，当交流电动机的频率、电压、磁场或负荷等发生变化时，其感应电动势、电流、电磁转矩、功率和转速等也会随之变化。如果对交流电动机的频率、电压、磁场等进行控制，就可以使该电动机的运行状态和输出量按照控制要求变化。因此，电动机还具有根据输入量的改变而使输出量（例如转速、转矩、功率等）做出相应变化的功能，对于速度控制和伺服控制等自动控制系统，电动机的这种受控功能十分重要。

控制电动机是一类专门用来实现各种信号变换的电动机，在自动控制系统和计算装置中，主要用作检测、放大、执行、解算等功能。例如，测速电动机是一种速度检测元件，可以把轴上的转速信号转换成电压信号输出，可用于直流电动机或交流电动机的速度控制；伺服电动机是一种执行元件，可以把位置传感器检测到的位置信息转换成伺服电动机轴上输出的角位移或角速度，从而实现伺服系统的位置控制。



1.2 电动机的分类

电动机的种类较多，一般按照以下方法分类。

1. 直流电动机和交流电动机

电动机根据使用电源的不同，主要分为直流电动机和交流电动机两大类，而两大类中又分了许多种，见表1-1。另外，还有一种单相串励电动机，它既可以使用直流电，也可以使用交流电。

表 1-1

电动机按使用电源分类

直流电动机	无刷直流电动机		
	有刷直流电动机	永磁式直流电动机	
		电磁式直流电动机	他励直流电动机
			并励直流电动机
			串励直流电动机
复励直流电动机			
交流电动机	异步电动机	三相异步电动机	笼型转子
			绕线转子
	单相异步电动机	分相式电动机	
		电容启动电动机	
		电容运转电动机	
		电容启动运转电动机	
		罩极式电动机	
	同步电动机（三相、单相）		

2. 同步电动机和异步电动机

电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机。

运行时，电动机转速比输入电压形成的旋转磁场慢一些（即异步）的电动机称为异步电动机，异步电动机可分为三相异步电动机、单相异步电动机。

运行时，电动机转速与输入电压形成的旋转磁场一致（即同步）的电动机称为同步电动机。同步电动机还可分为永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。

随着工业的迅速发展，一些生产机械要求的功率越来越大，如空气压缩机、送风机、球磨机、电动发电机组等，功率可达数百乃至数千千瓦，采用同步电动机拖动更为合适。这是因为大功率同步电动机与同容量的异步电动机比较，有明显的优点。首先，同步电动机的功率因数较高，在运行时，不仅不使电网的功率因数降低，相反还能够改善电网的功率因数，这点是异步电动机做不到的。其次，对大功率低转速的电动机，同步电动机的体积比异步电动机的要小些。无刷同步电动机结构如图 1-2 所示。

3. 开启式和封闭式电动机

电动机按防护方式可分为开启式和封闭式两大类。

(1) 开启式电动机。开启式电动机的定子两侧和端盖上都有很大的通风口，



如图1-3所示。它散热好，价格便宜，但容易进灰尘、水滴和铁屑等杂物，只能在清洁、干燥的环境中使用。开启式电动机又可分以下几类。

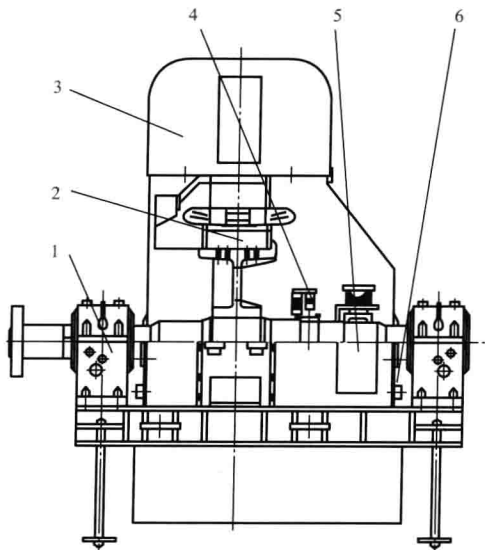


图1-2 无刷同步电动机结构

1—滑动轴承；2—无刷同步电动机绕组；3—冷却器；
4—旋转整流器；5—励磁发电机；6—联轴器

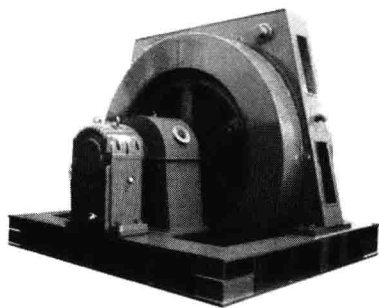


图1-3 开启式电动机

防护式——机壳通风孔部分用金属网等防护，可防止外界杂物进入电动机内。

防滴式——可防止水流入电动机内。

防滴防护式——具有防滴式和防护式的特点。

防腐式——可在有腐蚀性气体的环境中使用。

(2) 封闭式电动机。封闭式电动机有封闭的机壳，电动机内部空气与外界不流通，与开启式电动机相比，其冷却效果较差，外形较大且价格高。封闭式电动机又分以下几类。

全封闭防腐式——可在有腐蚀性气体的环境中使用。

全封闭冷却式——电动机的转轴上安装有冷却风扇。

耐压防爆式——可防止电动机内部气体爆炸而引爆外界爆炸性气体。

充气防爆式——电动机内充有空气或阻燃性气体，内部压力较高，可防止外界爆炸性气体进入电动机。

生产生活中使用的电动机多数是封闭式电动机。

4. 驱动用电动机和控制用电动机

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。

驱动用电动机又分为电动工具(包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具)用电动机、家电(包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等)用电动机及其他通用机械设备(包括各种机床、机械、医疗器械、电子仪器等)用电动机。

控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

5. 卧式和立式电动机

电动机按安装方式,可分为卧式和立式。卧式电动机的转轴安装后为水平位置,立式的转轴则为垂直地面的位置,如图1-4所示。两种类型电动机使用的轴承不同,立式的价格稍高。日常使用的电动机一般为卧式。



图1-4 立式电动机应用示例

【知识链接】

电动机的几种分类方法

电动机的分类还可以有其他方法。例如,按机座号的大小或功率的大小,电动机可分为大型、中型、小型和小功率电动机。一般来说,电枢铁心外径大于990mm的电动机为大型电机,中心高 H 在400~630mm范围内的电动机为中型电动机。小功率电动机是将转速折算至500r/min时,其连续定额时的额定功率不超过1.1kW的电动机。

电动机还可按外壳防护形式、冷却方法、安装形式、使用环境条件、绝缘结构、励磁方式和工作制等特征进行分类。电动机按结构形式分类见表1-2。

表 1-2

电动机按结构形式分类

分 类 标 准	类 型
按外壳防护形式	开启式、防护式、封闭式、防尘式、防爆式等
按通风冷却方式	自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式等
按安装形式	卧式、立式、凸缘（带底脚或不带底脚）
按绝缘等级	A 级、E 级、B 级、F 级、H 级
按工作制	连续、短时、周期、非周期
按电动机尺寸中心高和定子铁心外径	大型、中型、小型、小功率

1.3 电动机的产品型号

按照《电机产品型号编制方法》的规定，电动机的产品型号由产品代号、规格代号、特殊环境代号以及补充代号四部分组成，并按图 1-5 所示的顺序排列。

在产品铭牌较小，而型号又较长的情况下，如产品代号、规格代号、特殊环境代号和补充代号的数字和字母之间不会引起混淆时，可省去它们之间的短线。

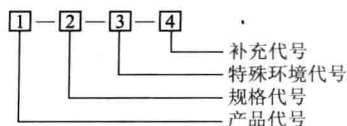


图 1-5 电动机的产品型号

1. 产品代号

电机产品代号又由电机类型代号、电机特点代号、设计序号和励磁方式代号等 4 个小节按顺序组成。

(1) 类型代号。我国的电机类型代号采用汉语拼音来表示各种不同类型的电机，见表 1-3。

表 1-3

电机产品代号

序号	电 机 类 型	代 号
1	异步电动机（笼型及绕线转子型）	Y
2	同步电动机	T
3	同步发电机（除汽轮发电机、水轮发电机外）	TF
4	直流电动机	Z
5	直流发电机	ZF