

河南科学技术出版社

农村 电工手册

郭玉林 段昭华 刘椿年
黄 滨 李 海 刘天舒 编著



河 / 南 / 科 / 学 / 技 / 术 / 出 / 版 / 社

农村电工手册

NONGCUNDIANGONGSHOUCE

郭玉林 段昭华 刘椿年

黄 滨 李 海 刘天舒 编著



内 容 提 要

本书内容包括农村常用电动机、农村常用电器；农村户内外线路及照明、农村常用电工材料及电工工具、农村常用电工仪表与测量、安全用电。

本书内容丰富，实用性强，通俗易懂，数据、图表醒目，便于广大读者查阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

农村电工手册/郭玉林等编著. —郑州：河南科学技术出版社，2001

ISBN 7-5349-2471-5

I. 农… II. 郭… III. 农村—电工技术—技术手册
IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 58192 号

责任编辑 孙彤 责任校对 王艳红 申卫娟

河南科学技术出版社出版发行

郑州市经五路 66 号

邮政编码：450002 电话：(0371) 5737028

河南第一新华印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本：850×1168 1/32 印张：16.625 字数：532 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数：1—3 000

ISBN 7-5349-2471-5/T·502 定价：25.00 元

(凡出现印制问题影响阅读者，请与本社发行科联系)

前 言

电力是农业生产机械化、自动化的基础，特别是在科学技术高度发展的今天，电力已成为现代农业生产的重要动力。农村电工工作面广，工作内容繁杂，整体文化水平和业务素质差异较大。为了使电能在生产上和日常生活中正常地发挥作用，为了使农村电工及乡镇企业电工能够正确认识和掌握电工专业知识和技术，我们编写了这本书。

本书共分六章。第一章介绍农村常用电动机；第二章介绍农村常用电器；第三章介绍农村户内外线路及照明；第四章介绍农村常用电工材料及电工工具；第五章介绍农村常用电工仪表与测量；第六章介绍安全用电。

本书在内容选择上，力求密切结合农村及乡镇电工工作的实际，可作为广大农村电工的常用工具书。

由于编者水平有限，书中可能存在失误或不妥之处，敬请读者指正。

编者

1999 年 12 月

目 录

第一章 农村常用电动机	(1)
1.1 农村常用电动机的种类和构造	(1)
1.1.1 定子	(1)
1.1.2 转子	(2)
1.1.3 端盖	(3)
1.1.4 接线盒	(3)
1.2 三相异步电动机的工作原理及常用计算公式和选择	(3)
1.2.1 三相异步电动机的工作原理	(3)
1.2.2 异步电动机的常用计算公式	(4)
1.2.3 三相异步电动机的选择	(5)
1.3 三相异步电动机基本系列	(7)
1.3.1 Y 系列小型三相异步电动机	(8)
1.3.2 Y 系列小型三相异步电动机技术数据	(11)
1.3.3 Y 系列小型三相异步电动机的结构、安装及外形尺寸	(25)
1.3.4 J2、JO2 系列小型三相异步电动机	(39)
1.4 YR 系列绕线转子三相异步电动机	(54)
1.4.1 性能、结构特点及适用范围	(54)
1.4.2 型号说明	(54)
1.4.3 YR (IP44)、YR (IP23) 系列绕线转子电动机技术 数据	(57)
1.5 深井水泵用三相异步电动机	(74)
1.5.1 YLB 系列深井水泵用三相异步电动机性能及结构特点	(74)
1.5.2 YLB、JLB2 系列深井水泵用三相异步电动机技术数据	

.....	(74)
1.6 井用充水式潜水三相异步电动机.....	(76)
1.6.1 井用充水式潜水三相异步电动机的性能、结构特点 及适用范围.....	(76)
1.6.2 井用充水式潜水三相异步电动机的运行条件.....	(77)
1.6.3 YQS、JQS系列充水式潜水三相异步电动机技术数据	(78)
1.6.4 YQS、JQS系列充水式潜水三相异步电动机与潜水泵 配合尺寸.....	(81)
1.7 QY型充油式潜水三相异步电泵.....	(84)
1.7.1 QY型充油式潜水三相异步电泵性能、结构特点及 使用条件.....	(84)
1.7.2 QY型充油式潜水三相异步电泵技术数据.....	(84)
1.7.3 QY型充油式潜水三相异步电泵的使用注意事项.....	(86)
1.8 电动机的安装、运行与维护.....	(87)
1.8.1 电动机的安装.....	(87)
1.8.2 电动机运行中的监视.....	(90)
1.8.3 三相异步电动机起动维护.....	(93)
1.9 三相异步电动机的常见故障与修理.....	(95)
1.9.1 三相异步电动机常见故障及其原因和处理方法.....	(95)
1.9.2 三相异步电动机绕组故障的检修.....	(101)
1.9.3 电动机绕组的重绕.....	(107)
1.10 三相异步电动机的简易计算.....	(111)
1.10.1 确定电动机的容量.....	(111)
1.10.2 确定电动机的额定工作电流.....	(112)
1.10.3 每槽导线根数的计算.....	(116)
1.10.4 每极磁通的计算.....	(119)
1.10.5 气隙磁密的计算.....	(119)
1.10.6 定子齿部的磁密计算.....	(120)
1.10.7 定子轭部磁密计算.....	(122)
1.10.8 定子导线截面积的计算.....	(122)

1.10.9	槽满率的计算	(124)
1.10.10	转子齿磁密的计算	(124)
1.10.11	转子轭磁密的计算	(125)
1.10.12	笼型转子中铸铝转子或铜条转子的导体截面积的计算	(125)
1.10.13	笼型转子中的铸铝转子或铜条转子的端环截面积的计算	(127)
1.11	三相异步电动机的改制	(128)
1.11.1	改变电压	(128)
1.11.2	改变电动机的极数	(132)
1.11.3	铝线电动机改成铜线电动机	(142)
1.11.4	电动机的重绕计算	(143)
1.12	电动机的拆卸与装配	(150)
1.12.1	电动机的拆卸	(150)
1.12.2	电动机的装配	(151)
1.13	三相异步电动机的接线方法	(151)
1.13.1	Y系列小型三相异步电动机绕组展开图	(151)
1.13.2	Y系列小型三相异步电动机接线原理图	(156)
1.13.3	Y系列小型三相异步电动机的接线方法	(162)
第二章	农村常用低压电器	(163)
2.1	低压刀开关	(166)
2.1.1	胶盖闸刀开关	(167)
2.1.2	开关板用刀开关	(167)
2.1.3	熔断器式刀开关	(170)
2.1.4	封闭式负荷开关	(171)
2.1.5	组合开关	(173)
2.2	低压熔断器	(173)
2.2.1	RTO系列有填料封闭管式熔断器	(174)
2.2.2	RT14系列有填料封闭管式圆筒形帽熔断器	(175)
2.2.3	RM7系列无填料封闭管式熔断器	(175)
2.2.4	瓷插式熔断器	(177)

2.2.5	螺旋式熔断器	(177)
2.2.6	熔断器的选择	(178)
2.3	自动开关	(179)
2.3.1	框架式自动开关	(180)
2.3.2	塑料外壳式自动开关	(183)
2.3.3	漏电保护开关	(191)
2.3.4	自动开关的选择	(192)
2.4	继电器	(192)
2.4.1	时间继电器	(193)
2.4.2	中间继电器	(198)
2.4.3	通用继电器	(198)
2.4.4	热继电器	(201)
2.4.5	漏电继电器	(205)
2.5	接触器	(206)
2.5.1	直流接触器	(207)
2.5.2	交流接触器	(207)
2.5.3	接触器的选择	(213)
2.6	起动器	(213)
2.6.1	用于笼型异步电动机全压起动的电器	(214)
2.6.2	用于笼型异步电动机减压起动的电器	(217)
2.6.3	用于绕线式异步电动机起动的电器	(220)
2.6.4	起动器的选择	(228)
2.7	主令电器	(229)
2.7.1	控制按钮	(229)
2.7.2	主令控制器	(230)
2.7.3	万能转换开关	(233)
2.7.4	行程开关	(237)
2.8	低压电器的常见故障处理方法	(240)
2.8.1	磁力起动器、接触器和电磁继电器的常见故障及处理方法	(240)
2.8.2	自动开关常见故障及其处理方法	(240)

2.8.3	手控电器的常见故障及其处理方法	(240)
2.8.4	起动器的常见故障及其处理方法	(240)
2.8.5	低压电器修理	(240)
第三章	农村低压线路及照明设备	(249)
3.1	低压架空线路	(249)
3.1.1	低压架空线路的结构	(249)
3.1.2	低压架空线路的选择	(254)
3.1.3	低压架空线路的施工	(271)
3.1.4	接户线和进户线	(284)
3.2	户内低压线路	(287)
3.2.1	户内低压线路的敷设方式和导线的选择	(287)
3.2.2	配线	(301)
3.2.3	低压配电装置	(319)
3.2.4	低压接线	(322)
3.3	照明设备	(324)
3.3.1	常用照明电光源	(324)
3.3.2	照明附件	(333)
3.3.3	照明设备的检修	(341)
第四章	农村常用电工材料及电工工具	(345)
4.1	电工材料的种类和用途	(345)
4.1.1	导电材料	(345)
4.1.2	绝缘材料	(347)
4.2	电线、电缆和低压熔丝	(349)
4.2.1	裸单线和裸绞线	(350)
4.2.2	绝缘电线	(361)
4.2.3	低压电缆	(365)
4.2.4	漆包线	(368)
4.2.5	常用低压熔丝	(381)
4.3	电刷	(383)
4.4	绝缘漆、绝缘油和绝缘子	(386)
4.4.1	绝缘漆	(386)

4.4.2	绝缘油	(387)
4.4.3	绝缘子	(387)
4.5	其他常用材料	(392)
4.5.1	润滑油和润滑脂	(392)
4.5.2	滚动轴承	(392)
4.5.3	磁性材料	(402)
4.5.4	皮带	(405)
4.6	农村常用电工工具	(419)
4.6.1	试电笔	(419)
4.6.2	电烙铁	(421)
4.6.3	电钻	(424)
第五章	农村常用电工仪表与测量	(428)
5.1	电工仪表的一般知识	(428)
5.1.1	电工仪表结构原理	(428)
5.1.2	常用电工仪表的性能	(430)
5.2	常用电工测量仪表	(438)
5.2.1	电流表和电压表	(438)
5.2.2	电度表	(443)
5.2.3	功率表	(453)
5.2.4	功率因数表	(458)
5.2.5	频率表	(460)
5.3	常用携带式电工仪表	(462)
5.3.1	万用表的结构和测量原理	(462)
5.3.2	万用表的选择、使用及故障排除	(467)
5.3.3	兆欧表的原理、使用及故障排除	(474)
5.3.4	钳形电流表的工作原理及正确使用	(480)
第六章	安全用电	(483)
6.1	触电和电流对人体的伤害	(483)
6.1.1	发生触电事故的原因及预防措施	(483)
6.1.2	电流对人体的伤害	(484)
6.2	触电急救	(490)

6.2.1	脱离电源	(490)
6.2.2	急救措施	(490)
6.3	漏电保护器	(495)
6.3.1	用途	(495)
6.3.2	工作原理	(496)
6.3.3	主要技术参数	(497)
6.3.4	漏电保护器的选择	(498)
6.4	防雷保护	(499)
6.4.1	雷电的危害	(499)
6.4.2	防雷措施	(500)
6.4.3	电气设备的防雷装置	(502)
6.5	接地和接零	(503)
6.5.1	保护接地	(503)
6.5.2	保护接零	(505)
6.5.3	接地装置	(508)
6.5.4	接零装置	(512)
附录		(515)
附表 1	常用的法定计量单位	(515)
附表 2	十进倍数和分数单位的词头	(515)
附表 3	非法定计量单位的换算	(516)
附表 4	常用的电磁量的符号和单位	(518)
附表 5	英语字母	(519)
附表 6	希腊字母(斜体)	(519)
附表 7	罗马数字	(520)
附表 8	俄语字母	(520)

第一章 农村常用电动机

1.1 农村常用电动机的种类和构造

电动机是一种将电能转换为机械能的动力设备。电动机按所用电源的种类分为直流电动机和交流电动机两大类。交流电动机按转速跟电机频率的关系可分为同步电动机和异步电动机两种，其中的异步电动机按电机的相数不同有单相电动机和三相电动机之分。

我国农村电力网都是交流电源，因此除特殊情况外都使用交流电动机。交流电动机中，同步电动机一般只在功率较大或转速必须恒定时才采用，如与水利枢纽站的大型水泵配套使用。而农村电力排灌和农副产品加工等均采用异步电动机。

农村常用的三相异步电动机有两种，即三相鼠笼式异步电动机和三相绕线式异步电动机。鼠笼式电动机的起动转矩小，起动电流较大；绕线式电动机的起动转矩较大，而起动电流则很小。

三相异步电动机主要由定子、转子、机座、端盖及其他附件组成，见图1-1。鼠笼式和绕线式的主要区别是转子的构造不同。

1.1.1 定子

定子主要由定子铁心、定子绕组和机座组成。定子铁心是电动机磁路的一部分，主要作导磁用。要求用导磁性能好而涡流损耗小的铁磁材料制成，一般用0.5mm厚的硅钢片迭压而成。它的内圆上冲有均匀分布的槽口，片间相互绝缘以减少涡流损耗，槽内是嵌放三相定子绕组的；定子绕组是电动机实现电磁能量转换的关键部分，当通以三相交流电时，定子绕组便会产生旋转磁场。定子绕组一般多用高强度漆包线或外层包有绝缘的铜或铝导线绕制而成。

机座是电动机的外壳和支架，其作用是固定端盖和支承定子铁心。中小

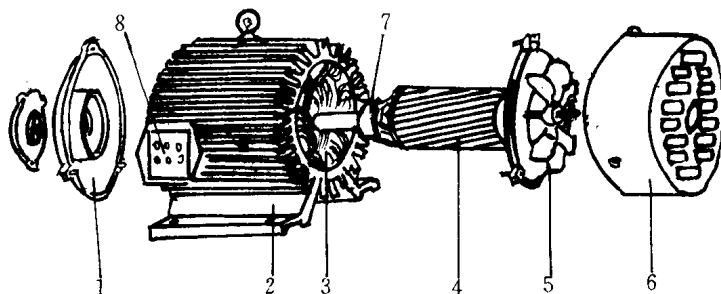


图 1-1 异步电动机的构造

- 1—端盖；2—机座；3—定子；4—转子；5—风扇；
6—风罩；7—轴承；8—接线盒

型电动机的机座一般采用铸铁制成，小机座也有用铝合金制成，大型电动机则用钢板焊接而成。

1.1.2 转子

转子是电动机的转动部分，它在定子绕组旋转磁场的作用下获得一定转矩而旋转，从而带动机械负载工作。它是由转子铁心、转子绕组和转轴组成。

转子铁心也是电动机磁路的组成部分，它与定子铁心有一定的间隙（称空气隙）。转子铁心和定子铁心一样，也是由厚度为 0.5mm 的硅钢片在外圆上冲槽，并在片间涂以绝缘漆经过叠压而成，槽内嵌置转子绕组。

转子绕组按结构形式不同分为鼠笼式和绕线式两种。鼠笼式转子绕组是用铜条嵌入转子槽内，并在两端用铜端环短接起来，像鼠笼形状，故称之为鼠笼式电动机。中小容量的鼠笼式异步电动机多采用铸铝转子，较大容量的电动机采用双鼠笼或深槽式转子，见图 1-2 所示。绕线式转子绕组和定子绕组相似，是用高强度漆包线按一定规律接成三相绕组，一般连成星形。每相绕组的一端接到装在转轴上的铜质滑环上，通过电刷与起动变阻器相连接，所

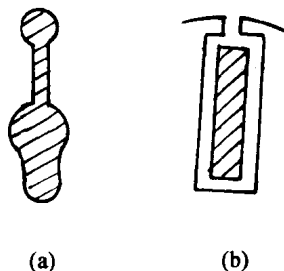


图 1-2 双鼠笼和深槽式转子

- (a) 双鼠笼式转子；
(b) 深槽式转子

以也称滑环式异步电动机。绕线式异步电动机在起动时，为了限制起动电流，改善起动性能，将转子绕组接入起动变阻器，当电动机起动后，把起动变阻器切除，另将转子绕组短接。

转轴的作用是支承转子铁心和承受较大的转矩。它一般用中碳钢制成。

1.1.3 端盖

端盖一般是铸铁件，用螺丝固定在机座上，起支承转子和防护作用。轴承装在端盖中间的轴承室内，用轴承盖固定轴承，以防止润滑油外流和灰尘进入轴承内。

1.1.4 接线盒

接线盒固定在机座上，接线盒内装有接线板，板上有接线柱，用于连接定子绕组引出线和电源引入线。三相异步电动机的三相绕组，可通过连接片改变接线柱间的连接关系，即可实现星形（Y）或三角形（ Δ ）接法，见图1-3所示。

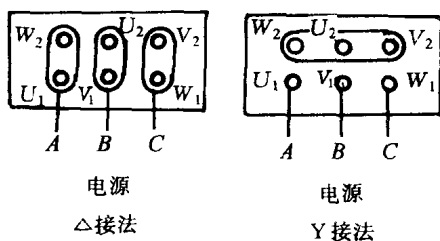


图1-3 三相定子绕组连接示意图

1.2 三相异步电动机的工作原理 及常用计算公式和选择

1.2.1 三相异步电动机的工作原理

图1-4为三相异步电动机的工作原理示意图。当转动马蹄形磁铁时[图1-4(a)]，它的磁力线会切割鼠笼的导体，在导体中产生感应电动势，其电动势的方向可根据右手定则来确定（鼠笼上半部导体的电动势的方向朝里，用符号 $\otimes$ 表示，下半部导体的电动势方向朝外，用符号 $\odot$ 表示），见图

1-4 (b)。由于鼠笼导体是短路的，因此在电动势作用下导体中会有电流通过，其电流方向与电动势方向相同。由于带电导体中的电流在磁场中要受力的作用，可用左手定则来确定力 (F) 的方向。鼠笼式电动机的上半部与下半部所受力的方向相反，因此而形成转矩，也就是这个转矩使鼠笼顺着磁场的转动方向转动起来，这就是异步电动机的工作原理。

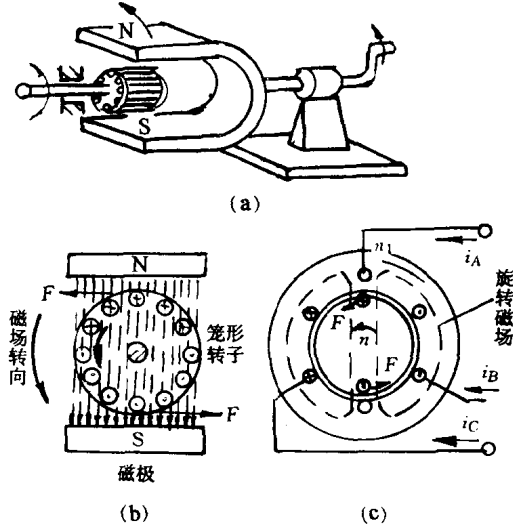


图 1-4 异步电动机工作原理示意图

(a) 旋转磁场示意图；(b) 电磁关系图；(c) 三相旋转磁场异步电机

三相异步电动机的定子铁心线槽内嵌有位置相差 120° (电角度) 的三相绕组。当定子绕组接上三相交流电源时，在电动机空气隙中就会产生一个旋转磁场，见图 1-4 (c)。这个磁场的转速 n_s 称为同步转速，它由电源频率 f 以及定子绕组的极对数 P 来决定，即 $n_s = 60f/P$ 。应该指出的是，鼠笼转子的转速 n 总是低于旋转磁场的同步转速 n_1 ，因为只有当转子与旋转磁场之间存在相对运动时，转子导体才能切割磁力线，从而产生电流和转矩。即电动机转速与旋转磁场转速的差异是电动机能够运转的主要因素，异步电动机的异步也就由此而产生。

1.2.2 异步电动机的常用计算公式

1. 三相异步电动机的同步转速

设三相异步电动机的同步转速为

$$n_s = 60 \times \frac{f}{p} \quad (\text{r/min})$$

式中 f ——电源的频率 (Hz);

p ——电动机磁极的对数。

2. 三相异步电动机的转差率为

$$S_n = \frac{n_s - n_n}{n_1} \times 100\%$$

式中 n_s ——电动机的同步转速 (r/min);

n_n ——电动机的额定转速 (r/min)。

3. 三相异步电动机的额定电流

设额定电流为

$$I_e = \frac{1\,000 \times P_n}{1.73 V_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (\text{A})$$

式中 P_n ——电动机的额定功率 (kW);

V_n ——电动机的额定电压 (V);

$\cos\varphi$ ——功率因数;

η ——电动机的效率。

4. 三相异步电动机的额定转矩

设额定转矩为

$$M_e = \frac{975 P_n}{n_n} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

若采用皮带传动, 则 $M = F \cdot D/2$, 因此皮带上的拉力

$$F = 1\,950 P_n / n_n \cdot D$$

式中 M_e ——电动机的额定转矩 (N·m);

P_n ——电动机的额定功率 (kW);

n_n ——电动机的额定转速 (r/min);

F ——皮带拉力 (N);

D ——皮带轮直径 (mm);

975.1950——单位换算系数。

1.2.3 三相异步电动机的选择

1. 型号的选择

三相异步电动机的型号是根据乡镇企业和农村生活用电的技术要求以及电动机安装环境和所拖动的生产机械所需要的功率来决定的。

实际上农村用来带动水泵、机磨、脱粒机、轧花机和粉碎机等农业机械的小型电动机，大多选用 Y 系列 IP44、IP23 型或以前所用的 J2 系列，JO2 系列卧式封闭电动机。

按电动机安装环境选择电动机，如地理环境，亚热带地区应尽量选用绝缘等级高的电动机；如工作环境潮湿、粉尘飞扬等应选用封闭式电动机，易爆处则选用防爆电动机等。

2. 容量的选择

电动机容量必须根据所拖动的生产机械需要的功率来决定。一般农业机械也都注明应配套的电动机容量，有的农业机械还注明本机的机械功率，电动机容量比机械功率大 10% 即可（指直接传动）。

电动机容量选得过小，往往难于起动，或者勉强起动。长期过载运行，工作电流会超过电动机额定电流，导致电机过热，缩短电动机的使用寿命，甚至烧毁。反之，如果电机容量选得过大，会出现大马拉小车而造成资金和电力的浪费，同时，低负荷状态下运行，其功率因数和效率也在降低，见表 1-1。

表 1-1 异步电动机功率因数和效率随负荷变化表

负荷情况	空载	1/4 负载	1/2 负载	3/4 负载	满负载
功率因数 $\cos\varphi$	0.2	0.5	0.77	0.85	0.87
效率	0	0.78	0.85	0.88	0.875

另外，在选择电机容量时，还要考虑供电变压器容量的大小，一般情况，直接起动的最大一台鼠笼型电动机的容量，不宜超过变压器容量的 1/3。

3. 电动机转速的选择

电动机和它所拖动的生产机械，都有各自的额定转速。转速配套的原则是：电动机和生产机械必须都在各自的额定转速下运行。若选用联轴器直接传动，电动机额定转速应等于生产机械的额定转速；若选用皮带传动，其变速比不宜大于 3。