



图表轻松学电工丛书

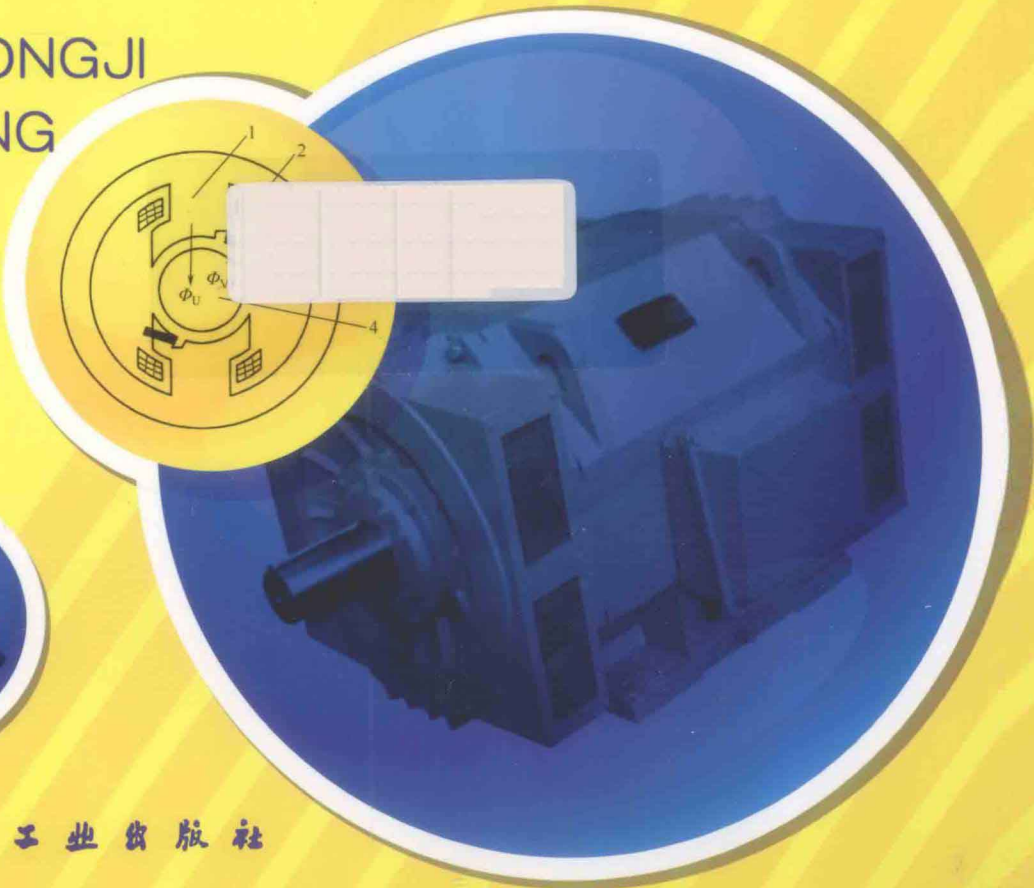
电动机

使用与维修

—— 孙克军 主编 刘 浩 副主编



DIANDONGJI
SHIYONG
YU
WEIXIU



化学工业出版社

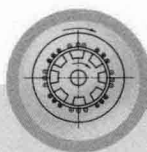


图表轻松学电工丛书

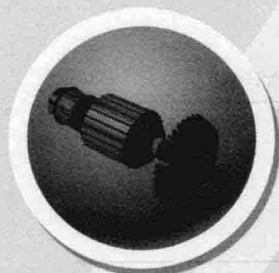
电动机

使用与维修

—— 孙克军 主编 刘 浩 副主编



DIANDONGJI
SHIYONG
YU
WEIXIU



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电动机使用与维修/孙克军主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 8

(图表轻松学电工丛书)

ISBN 978-7-122-18052-0

I. ①电… II. ①孙… III. ①电动机-使用方法
②电动机-维修 IV. ①TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 171473 号

责任编辑: 高墨荣

加工编辑: 徐卿华

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 371 千字 2013 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着我国电力事业的飞速发展，电工技术在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。为了满足大量农民工就业、在职职工转岗就业和城镇有志青年就业的需求，我们策划并组织具有实践经验的专家、教师和工程技术人员编写了《图表轻松学电工丛书》。

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。为此，本丛书在编写过程中，充分考虑到了许多电工初学者的具体情况，面向生产实际，搜集、查阅了大量与电工技术有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点，将初级电工的必备知识和技能进行了归类、整理和提炼。

本丛书包括：《电工基本技能》、《电动机使用与维修》、《变压器使用与维修》和《低压电器使用与维护》，共四个分册。

本丛书着重于基本原理、基本方法、基本概念的分析和应用，重点阐述物理概念，尽量联系电动机、变压器和低压电器等使用与维修的生产实践，力求做到重点突出，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上全部采用了图表形式，利用图表讲述如何巧学巧用电工技能，尽量回避一些实用性不强的理论阐述。具有简洁明了、便于查找、适合自学的优点。本丛书的特点是密切结合生产实际，图文并茂，深入浅出，通俗易懂，书中列举了大量实例，实用性强，易于迅速掌握和运用。

本书为《电动机使用与维修》分册。本书主要内容包括三相异步电动机、单相异步电动机、直流电动机、单相串励电动机与电动工具、小型潜水电泵及深井泵用电动机、变极多速三相异步电动机、变频调速电动机、电磁调速电动机、防爆电动机、锥形转子电动机、交流力矩电动机、无刷直流电动机等各种中小微型电动机的基本结构、工作原理、使用与维护、常见故障及其排除方法，并介绍了电动机启动、调速、电磁制动的的方法以及有关计算实例。

本书由孙克军主编，刘浩为副主编。第1、6章由孙克军编写，第2章由刘浩编写，第3章由田常葛编写，第4章由张凯编写，第5章由谭健编写，第7章由李仕旭编写。编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心的感谢。

本书不仅可作为零起点读者的就业培训用书，也可供电工及电气技术人员使用，还可作为高等职业院校及专科学校有关专业师生的教学参考书。

由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

第1章 电动机基础知识入门

1

1.1 电机的用途	1
1.2 电机的分类	2
1.3 电动机的绝缘等级与温升	3
1.4 电动机的防护型式	4
1.4.1 电动机防护型式的含义	4
1.4.2 电动机防护型式举例	6
1.5 电动机的工作制	7
1.6 电动机的安装型式	8
1.7 电动机的使用	9
1.7.1 电动机的选择	9
1.7.2 电动机熔体的选择	10
1.7.3 电动机绝缘电阻的测量	11
1.7.4 测量电动机温升的方法	12
1.7.5 电动机常用的保护措施	13
1.7.6 电动机的安装	14

第2章 三相异步电动机

17

2.1 认识三相异步电动机	17
2.1.1 三相异步电动机的基本结构	17
2.1.2 三相异步电动机的工作原理	21
2.1.3 三相异步电动机常用的接线方法	22
2.1.4 改变三相异步电动机旋转方向的方法	23
2.1.5 三相异步电动机的分类	24
2.1.6 三相异步电动机的型号	25
2.1.7 三相异步电动机铭牌上各项内容的含义	26
2.1.8 三相异步电动机的技术性能	27
2.1.9 三相异步电动机的机械特性	29

2.2	三相异步电动机的使用	30
2.2.1	电动机启动前应做的检查与注意事项	30
2.2.2	三相异步电动机运行中的监视	32
2.2.3	三相异步电动机常用的启动方法及特点	33
2.2.4	三相异步电动机常用的调速方法及特点	38
2.2.5	三相异步电动机常用的制动方法及特点	43
2.3	三相异步电动机的维修	48
2.3.1	电动机的小修内容及周期	48
2.3.2	电动机的大修内容及周期	49
2.3.3	电动机的拆装	49
2.3.4	定子绕组绝缘电阻下降的检修	57
2.3.5	定子绕组接地故障的检修	57
2.3.6	定子绕组短路故障的检修	58
2.3.7	定子绕组断路故障的检修	61
2.3.8	三相绕组首尾端的判别	63
2.3.9	三相绕组其他故障的检查与分析	64
2.3.10	笼型转子绕组常见故障的检修	65
2.3.11	绕线转子绕组常见故障的检修	67
2.3.12	转子绕组绑扎钢丝故障的检修	68
2.3.13	烘干电动机绕组常用的方法	69
2.3.14	电动机修理后的检查和试验	71
2.3.15	特殊电动机修理后的检查和试验	75
2.3.16	井用潜水电机修理后的检查和试验	77
2.3.17	三相异步电动机的常见故障及其排除方法	78

第3章 单相异步电动机 82

3.1	认识单相异步电动机	82
3.1.1	单相异步电动机的基本结构	82
3.1.2	单相异步电动机的工作原理	84
3.1.3	单相异步电动机的特点及用途	85
3.1.4	单相异步电动机的型号	86
3.1.5	单相异步电动机的分类	86
3.1.6	改变单相异步电动机旋转方向的方法	88
3.1.7	单相异步电动机的机械特性	89
3.2	单相异步电动机的使用与维护	91
3.2.1	单相异步电动机的使用	91
3.2.2	单相异步电动机常用的调速方法	91
3.2.3	单相异步电动机常用的维修方法与注意事项	94

3.2.4 分相式单相异步电动机的常见故障及其排除方法	95
3.2.5 罩极式单相异步电动机的常见故障及其排除方法	97

第4章 直流电动机 98

4.1 认识直流电动机	98
4.1.1 直流电动机的基本结构	98
4.1.2 直流电机的工作原理	103
4.1.3 直流电动机的励磁方式	105
4.1.4 直流电动机的特点与用途	106
4.1.5 不同励磁方式的直流电动机的特性和用途	106
4.1.6 直流电动机产品名称、新老产品代号	107
4.1.7 直流电动机的型号	108
4.1.8 直流电动机的额定值	109
4.1.9 直流电动机各种绕组线端的标志	109
4.1.10 直流电动机的几何中性线和物理中性线	110
4.1.11 直流电动机的电枢反应	111
4.1.12 直流电动机的机械特性	114
4.1.13 直流电动机的换向	116
4.2 直流电动机的使用与维护	120
4.2.1 直流电动机的使用方法与注意事项	120
4.2.2 电刷的合理选用与几何中性线的确定	121
4.2.3 直流电动机常用的启动方法及特点	122
4.2.4 直流电动机常用的调速方法及特点	125
4.2.5 直流电动机常用的制动方法及特点	129
4.2.6 直流电动机电枢绕组的修理	133
4.2.7 直流电动机换向器的修理	135
4.2.8 直流电动机的常见故障及其排除方法	137

第5章 单相串励电动机与电动工具 140

5.1 单相串励电动机	140
5.1.1 单相串励电动机的特点及用途	140
5.1.2 单相串励电动机的基本结构	141
5.1.3 单相串励电动机的工作原理	143
5.1.4 单相串励电动机的使用与维修	144
5.1.5 单相串励电动机常用的调速方法	145
5.1.6 单相串励电动机的常见故障及其排除方法	146
5.2 认识电动工具	149

5.2.1	电动工具的种类与特点	149
5.2.2	电动工具的型号	150
5.3	电钻	152
5.3.1	电钻的基本结构与工作原理	152
5.3.2	电钻的使用与保养	153
5.3.3	电钻的常见故障及其排除方法	154
5.4	冲击电钻	155
5.4.1	冲击电钻的基本结构与工作原理	155
5.4.2	冲击电钻的使用与保养	156
5.5	电锤	157
5.5.1	电锤的基本结构与工作原理	157
5.5.2	电锤的使用与保养	158
5.5.3	电锤的常见故障及其排除方法	158
5.6	电动曲线锯	159
5.6.1	电动曲线锯的基本结构与工作原理	159
5.6.2	电动曲线锯的使用与保养	160
5.6.3	电动曲线锯的常见故障及其排除方法	160
5.7	角向磨光机	161
5.7.1	角向磨光机的基本结构与工作原理	161
5.7.2	角向磨光机的使用与保养	162
5.8	电动扳手	163
5.8.1	电动扳手的基本结构与工作原理	163
5.8.2	电动扳手的使用与保养	165

第6章 潜水电泵

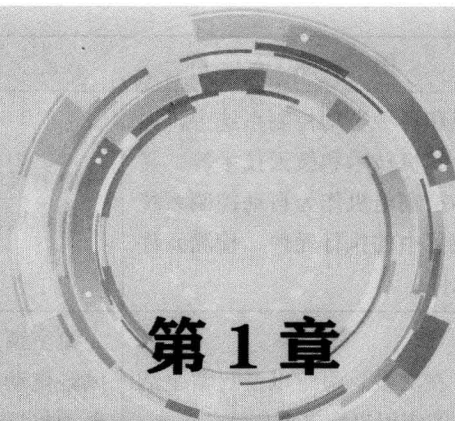
6.1	认识潜水电泵	166
6.1.1	潜水电泵的主要用途与特点	166
6.1.2	潜水电泵的分类	166
6.1.3	潜水电机的基本结构与主要特点	170
6.1.4	潜水电泵的基本结构与主要特点	172
6.2	潜水电机的使用与维修	175
6.2.1	潜水电机的拆卸与装配	175
6.2.2	定子绕组接头的包扎	176
6.3	潜水电泵的使用与维修	177
6.3.1	潜水电泵使用注意事项	177

6.3.2	潜水电泵的保养	178
6.3.3	潜水电泵的检修	179
6.3.4	潜水电泵的常见故障及其排除方法	182

第7章 特种电动机 184

7.1	变极多速三相异步电动机	184
7.1.1	变极多速三相异步电动机的特点与用途	184
7.1.2	变极多速三相异步电动机的分类	185
7.1.3	变极多速三相异步电动机的工作原理	186
7.1.4	变极多速三相异步电动机三相绕组的连接	189
7.1.5	变极多速三相异步电动机的维护	191
7.2	变频调速三相异步电动机	192
7.2.1	变频调速系统的特点	192
7.2.2	变频器供电对电动机的影响	193
7.2.3	变频调速异步电动机的特点	194
7.2.4	变频调速异步电动机加强绝缘的措施	196
7.2.5	变频调速电动机的选用	197
7.3	电磁调速三相异步电动机	198
7.3.1	电磁调速三相异步电动机的结构与特点	198
7.3.2	电磁调速三相异步电动机的工作原理	200
7.3.3	电磁转差离合器的基本结构和机械特性	201
7.3.4	电磁调速三相异步电动机的选择与维护	203
7.3.5	电磁调速三相异步电动机的使用	204
7.3.6	电磁调速三相异步电动机常见故障及其排除方法	205
7.4	防爆电动机	207
7.4.1	防爆电动机的用途与分类	207
7.4.2	防爆电动机的结构特点	207
7.4.3	防爆电动机的防爆标记与防爆标志	209
7.4.4	防爆电动机的使用	210
7.4.5	防爆电动机的运行与维护	211
7.5	锥形转子异步电动机	212
7.5.1	锥形转子异步电动机的特点与用途	212
7.5.2	锥形转子异步电动机的类型和使用特点	213
7.5.3	锥形转子异步电动机的基本结构	213
7.5.4	锥形转子异步电动机的工作原理	215
7.5.5	锥形转子异步电动机的使用与维护	216
7.6	交流力矩电动机	217

7.6.1	交流力矩电动机的特点与用途	217
7.6.2	交流力矩电动机的主要类型	217
7.6.3	交流力矩电动机的结构	218
7.6.4	交流力矩电动机的机械特性	219
7.6.5	交流力矩电动机的主要应用	219
7.6.6	交流力矩电动机的使用与维护	222
7.7	无刷直流电动机	224
7.7.1	无刷直流电动机的特点与系统的组成	224
7.7.2	无刷直流电动机的分类	225
7.7.3	无刷直流电动机与其他电动机的区别	225
7.7.4	无刷直流电动机的基本结构	226
7.7.5	无刷直流电动机的工作原理	228
7.7.6	无刷直流电动机使用注意事项	229



第 1 章

电动机基础知识入门

1.1 电机的用途

表 1-1 电机的用途

应 用 领 域	用 途	举 例
电力工业	电机是发电厂的主要动力设备。如将水力、热力、风力、太阳能、核能等转换为电能，都需要使用发电机	如水轮发电机、汽轮发电机、风力发电机、柴油发电机等
工业企业	在机械、冶金、石油、煤炭和化学工业以及其他各种工业企业中，广泛地应用各种电动机。一个现代化工厂需要几百台至几万台电机	例如各种机床都采用电动机拖动，尤其是数控机床，都需由一台或多台不同功率和形式的电动机来拖动和控制；各种专用机械，如高炉运料装置、轧钢机、吊车、风机、水泵、搅拌机、纺织机、造纸机、印刷机和建筑机械等都大量采用电动机驱动
交通运输业	随着城市交通运输和电气铁道的发展，需要大量具有优良启动和调速性能的牵引电动机	在航运和航空事业中，需要很多具有特殊要求的船用电机和航空电机。在铁路运输中，需要电力机车用电动机。在公路运输中，需要电动汽车用电动机等
农业和农副产品加工	在农业和农副产品加工中，随着农业机械化的进展，电动机的应用也日趋广泛	如电力排灌、脱粒、碾米、榨油、粉碎等农业机械，都是用电动机拖动

续表

应 用 领 域	用 途	举 例
国防工业	在军事和各种自动控制系统中，如雷达、计算机技术和航天技术等，需要大量的控制电机作为自动控制系统和计算装置中的执行元件、检测元件和解算元件	如伺服电机、测速发电机、步进电机、自整角机、力矩电机、旋转变压器等
其他领域	此外，在文教、医疗以及日常生活中，电机的应用也愈来愈广泛	如空调和冰箱中的压缩机电动机、风扇电动机、吸尘器电动机、洗衣机电动机以及教学仪器和医疗器械用电动机等

1.2 电机的分类

表 1-2 电机的分类

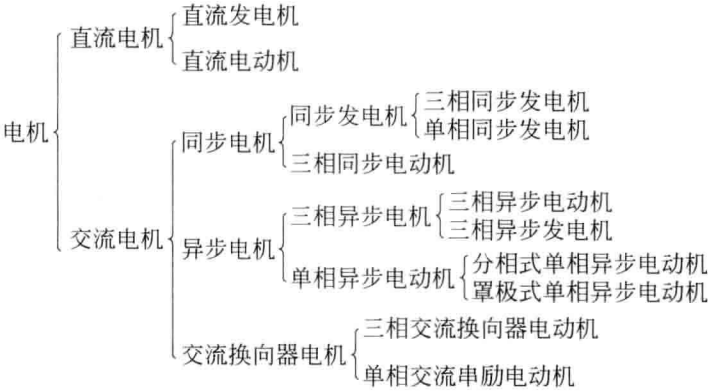
分 类 方 法	特 点	名 称
按照能量转换方式分类	(1) 将机械能转换为电能 (2) 将电能转换为机械能 (3) 将电能转换为另一种形式的电能 ① 具有不同的频率 ② 具有不同的相位 (4) 不以功率传递为主要职能，而在自动调节系统中起控制作用	(1) 发电机 (2) 电动机 (3) ① 变频器 ② 移相器 (4) 控制电机
按照电流性质分类	(1) 应用于直流电系统的电机 (2) 应用于交流电系统的电机 ① 电机的速度等于同步速度（同步速度决定于该电机的极数和频率，同步速度的确切意义将在后文说明） ② 作为电动机运行时，速度永远较同步速度小；作为发电机运行时，速度永远较同步速度大	(1) 直流电机 (2) 交流电机 ① 同步电机 同步电机通常主要用作发电机运行 ② 异步电机 异步电机又称为感应电机。异步电机通常主要用作电动机运行，也可以作为发电机使用，但工作性能较差。因此，异步发电机仅用于要求不高的农村小型发电设备中

电动机使用与维修

续表

分 类 方 法	特 点	名 称
按照旋转速度 分类	(1) 电机的转速 n 恒等于同步转速 n_s (n_s 为电机气隙中旋转磁场的转速, $n_s = \frac{60f}{p}$, 即 n_s 与电流的频率 f 成正比; n_s 与电机的极对数 p 成反比)	(1) 同步电机
	(2) 电机的转速 n 不等于同步转速 n_s (作为电动机运行时, $n < n_s$; 作为发电机运行时, $n > n_s$)	(2) 异步电机
	(3) 电机没有固定的同步转速	(3) 直流电机
	(4) 电机的转速可以在宽广的范围内随意调节	(4) 交流换向器电机

上述电机分类方法可以归纳如下:



1.3 电动机的绝缘等级与温升

表 1-3 电动机的绝缘等级与温升的名词解释

专用名词术语	含 义
绝缘等级	电动机的绝缘等级 (或温升) 指电动机绕组所采用的绝缘材料的耐热等级, 它表明电动机所允许的最高工作温度。电动机中常用的绝缘材料, 按其耐热能力可分为 A、E、B、F、H 五个等级
极限允许工作温度	每一绝缘等级的绝缘材料都有相应的极限允许工作温度 (电动机绕组最热点的温度), 如表 1-4 所示。电动机运行时, 绕组最热点的温度不得超过表 1-4 中的规定。否则, 会引起绝缘材料过快老化
绝缘老化现象	表征绝缘老化的现象, 除电气绝缘性能降低外, 绝缘材料变脆、机械强度降低, 在振动、冲击和湿热条件下出现裂纹、起皱、断裂, 寿命大大降低, 缩短电机寿命; 如果温度超过允许值很多, 绝缘就会损坏, 导致电动机烧毁

续表

专用名词术语	含 义
温升	电动机某部件的温度与周围介质温度（周围环境温度）之差，就称为该部件的温升
温升限值	电动机在额定状态下长期运行而其温度达到稳定时，电动机各部件温升的允许极限值称为温升限度（又称温升限值）。国家标准对电动机的绕组、铁芯、冷却介质、轴承、润滑油等部分的温升都规定了不同的限值。表 1-5 给出了适用于中小型电动机绕组的温升限值。 各温度值与温升限值之间存在如下关系： $\text{温升限值} = \text{许用温度} - \text{环境温度} - \text{热点温差}$ 国家标准中规定+40℃作为环境温度。所谓热点温差是指当电动机为额定负载时，绕组最热点的稳定温度与绕组平均温度（即测得的温度）之差

注：同一种类型的电动机，当额定功率和额定转速相同时，电动机的绝缘等级越高，则电动机的额定温升越高，而且电动机的体积越小，但是电动机的成本一般越高。因此，应根据工作需要和经济条件合理地选择电动机的绝缘等级。如果需要尽量减小机械设备的体积和重量时，应该选择绝缘等级较高的电动机。

表 1-4 绝缘材料的耐热等级及极限工作温度 单位：℃

绝缘等级	A	E	B	F	H
极限工作温度/℃	105	120	130	155	180

表 1-5 中小型电动机绕组的温升限值 单位：℃

绝缘等级	绝缘结构许用温度	环境温度	热点温差	温升限值（电阻法）
A	105	40	5	60
E	120	40	5	75
B	130	40	10	80
F	155	40	15	100
H	180	40	15	125

1.4 电动机的防护型式

1.4.1 电动机防护型式的含义

电动机的防护型式表示方法如下：

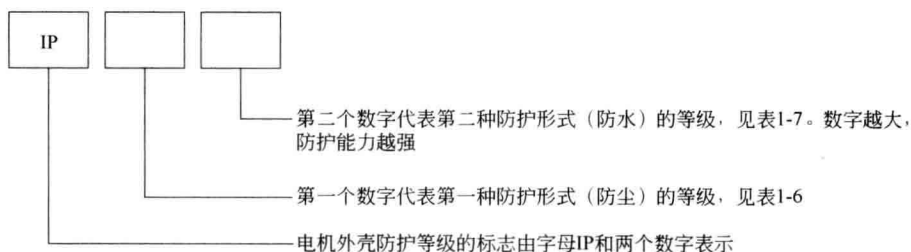


表 1-6 电机的外壳按防止固体异物进入内部及防止人体触及内部的带电或运动部分划分的防护等级

防 护 等 级	简 称	定 义
0	无防护	没有专门的防护
1	防止大于 50mm 的固体进入的电机	能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内，能防止人体的某一大面积部分（如手）偶然或意外地触及壳内带电或运动部分，但不能防止有意识地接近这些部分
2	防止大于 12mm 的固体进入的电机	能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内，能防止手指、长度不超过 80mm 物体触及或接近壳内带电或运动部分
3	防止大于 2.5mm 的固体进入的电机	能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内，能防止厚度（或直径）大于 2.5mm 的工具、金属线等触及或接近壳内带电或转动部分
4	防止大于 1mm 的固体进入的电机	能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内，能防止厚度（或直径）大于 1mm 的导线、金属条等触及或接近壳内带电或转动部分
5	防尘电机	能防止触及或接近机内带电或转动部分。不能完全防止尘埃进入，但进入量不足以影响电机的正常运行

表 1-7 电机外壳按防止水进入内部程度的防护等级

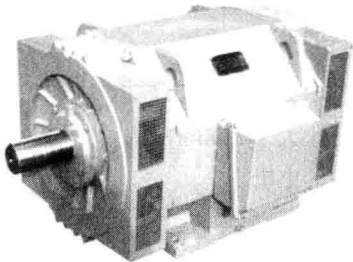
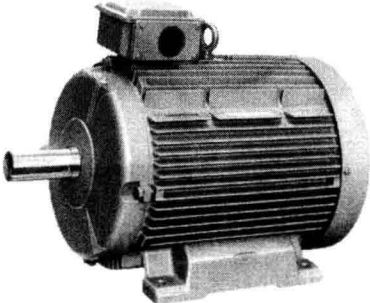
防 护 等 级	简 称	定 义
0	无防护电机	没有专门的防护
1	防滴电机	垂直的滴水应无有害影响
2	15° 防滴电机	与铅垂线成 15° 角范围内的滴水，应无有害影响
3	防淋水电机	与铅垂线成 60° 角范围内的淋水，应无有害影响

续表

防 护 等 级	简 称	定 义
4	防溅水电机	任何方向的溅水应无有害的影响
5	防喷水电机	任何方向的喷水应无有害的影响
6	防海浪电机	猛烈的海浪或强力喷水应无有害的影响
7	防浸水电机	在规定的压力和时间内浸在水中，进入水量应无有害的影响
8	潜水电机	在规定的压力下长时间浸在水中，进入水量应无有害的影响

1.4.2 电动机防护型式举例

表 1-8 电动机防护型式举例

名 称	电动机外形图与解释
防滴式 (又称防护式) IP23	 图 1 防滴式电动机的外形 防滴式（又称防护式）电动机的机座下面有通风口，散热好，能防止水滴、沙粒和铁屑等杂物溅入或落入电动机内，但不能防止潮气和灰尘侵入，适用于比较干燥、没有腐蚀性和爆炸性气体的环境
封闭式 IP44、IP54	 图 2 封闭式电动机的外形

名 称	电动机外形图与解释
封闭式 IP44、IP54	封闭式电动机的机座和端盖上均无通风孔，完全封闭。封闭式又分为自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式及密封式等。前四种电动机外的潮气及灰尘不易进入，适用于尘土多、特别潮湿、有腐蚀性气体、易受风雨等较恶劣的环境

1.5 电动机的工作制

表 1-9 电动机常用工作制

类 别	代 号	含 义
连续工作制	S1	连续工作制是指该电动机在铭牌规定的额定值下，能够长时间连续运行。适用于风机、水泵、机床的主轴、纺织机、造纸机等很多连续工作方式的生产机械
短时工作制	S2	短时工作制是指该电动机在铭牌规定的额定值下，能在限定的时间内短时运行。我国规定的短时工作的标准时间有 15min、30min、60min、90min 四种。适用于水闸闸门启闭机等短时工作方式的设备
断续周期工作制	S3	断续周期工作制是指该电动机在铭牌规定的额定值下，只能断续周期性地运行。按国家标准规定每个工作与停歇的周期 $t_z = t_g + t_o \leq 10\text{min}$。每个周期内工作时间占的百分数称为负载持续率（又称暂载率），用 $FS\%$ 表示，计算公式为 $FS\% = \frac{t_g}{t_g + t_o} \times 100\%$ 式中 t_g——工作时间； t_o——停歇时间。 我国规定的标准负载持续率有 15%、25%、40%、60% 四种。 断续周期工作制的电动机频繁启动、制动，其过载能力强、转动惯量小、机械强度高，适用于起重机械、电梯、自动机床等具有周期性断续工作方式的生产机械

注：电动机的工作制（又称工作方式或工作定额）是指电动机在额定值条件下运行时，允许连续运行的时间，即电动机的工作方式。工作制是对电动机各种负载，包括空载、停机和断电，及其持续时间和先后次序情况的说明。