

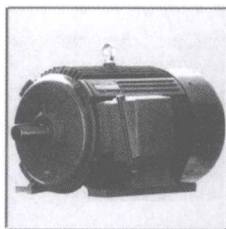
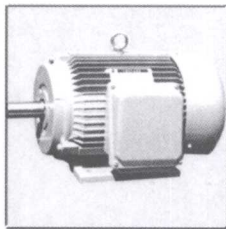
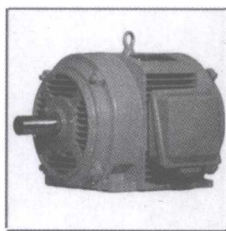
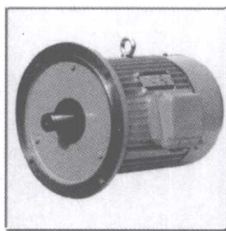


农村劳动力转移技能培训用书

J I N E N G   P E I X U N

# 常用电动机的 选择和应用

周希章 周全 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



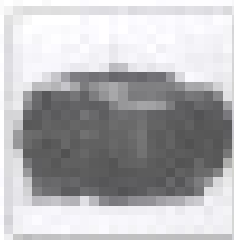
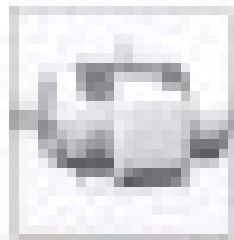
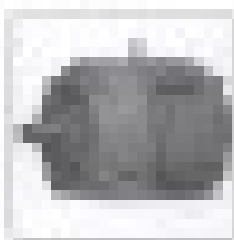
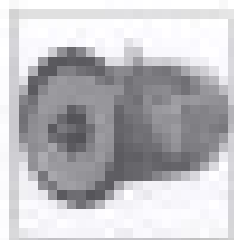


机械工业出版社出版

中国机械工业出版社出版

# 常用电动机的 选择和应用

作者：张三 李四 王五



中国机械工业出版社

# 常用电动机的 选择和应用

周希章 周全 编著



机械工业出版社

本书简要地阐述了常用电动机的选择和应用方法,并提供了必要的技术数据和资料。主要内容有:选用电动机的原则和方法;选用电动机功率的计算;单相异步电动机的选用和维护等。

本书通俗易懂,适合工矿企业、乡镇企业电工和农村电工阅读使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

常用电动机的选择和应用/周希章,周全编著. —北京:机械工业出版社,2007.6

农村劳动力转移技能培训用书

ISBN 978-7-111-21497-7

I. 常… II. ①周…②周… III. 电动机—技术培训—教材 IV. TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081093 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李振标 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:张静 责任印制:杨曦

三河市国英印务有限公司印刷

2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

130mm×184mm·7.375 印张·163 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21497-7

定价:13.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379767

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

在国民经济和科学技术的各个领域以及人们的日常生活中，均需应用电动机。如何正确选择和应用电动机，使其既能满足生产工艺要求，又能安全、合理、经济运行，是保证设备正常运行的重要环节。为此，编写了这本《常用电动机的选择和应用》实用读物。

本书在内容上力求简明实用，通俗易懂，做到少而精，适合农村电工和乡镇企业电工实际工作的需要。内容包括基础知识、选用电动机的原则和方法、选用电动机功率的计算、单相异步电动机的选用和维护等章节。

由于水平所限，书中难免有错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编著者

2007年3月

# 目 录

## 前言

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 基础知识          | 1  |
| 第一节 一般介绍          | 1  |
| 一、电机的外壳防护型式       | 1  |
| 二、电机的发热和冷却        | 5  |
| 三、电动机的效率曲线和功率因数曲线 | 20 |
| 四、电机的安装型式及其代号     | 23 |
| 第二节 电机产品型号        | 32 |
| 一、型号编制原则          | 32 |
| 二、主要产品型号举例        | 36 |
| 三、常用新老电机产品型号对照    | 39 |
| 第三节 机械特性          | 52 |
| 一、生产机械的机械特性       | 52 |
| 二、电动机的机械特性        | 53 |
| 第四节 电动机的工作制与定额    | 60 |
| 一、电动机工作制的分类       | 60 |
| 二、电动机定额分类         | 66 |
| 三、标志              | 67 |
| 第二章 选用电动机的原则和方法   | 69 |
| 第一节 电动机的工作条件      | 69 |
| 一、环境条件            | 69 |
| 二、电气条件            | 82 |
| 第二节 电动机类型的选择      | 85 |
| 一、电动机类型选择要求       | 85 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 二、交流电动机的选择 .....               | 86         |
| 三、直流电动机的选择 .....               | 92         |
| 四、小功率电动机的选择 .....              | 96         |
| 五、特殊环境下电动机的选择 .....            | 103        |
| 六、根据负载性质选择电动机 .....            | 113        |
| 第三节 电动机转速和功率的选择 .....          | 115        |
| 一、电动机转速的选择 .....               | 115        |
| 二、电动机功率的选择 .....               | 130        |
| 第四节 电动机外部结构型式的选择 .....         | 139        |
| 一、电动机的外部结构型式 .....             | 139        |
| 二、外部结构型式的选择方法 .....            | 140        |
| <b>第三章 选用电动机功率的计算</b> .....    | <b>143</b> |
| 第一节 风机和泵驱动功率的计算 .....          | 143        |
| 一、概述 .....                     | 143        |
| 二、风机类配用电动机功率的计算 .....          | 144        |
| 三、泵类配用电动机功率的计算 .....           | 146        |
| 四、压缩机类配用电动机功率的计算 .....         | 148        |
| 五、计算示例 .....                   | 149        |
| 第二节 金属切削机床电动机功率的计算 .....       | 152        |
| 一、金属切削加工的几种主要型式 .....          | 152        |
| 二、机床工艺时间的决定 .....              | 153        |
| 三、机床负载图 .....                  | 156        |
| 四、按机床切削力确定电动机的功率 .....         | 158        |
| 五、短时工作制负载运行时电动机功率的确定 .....     | 164        |
| 六、选择电动机功率的统计法 .....            | 170        |
| 第三节 起重机电动机功率的计算 .....          | 172        |
| 一、起升机构电动机功率的计算 .....           | 172        |
| 二、运行机构电动机功率的计算 .....           | 180        |
| 三、计算示例 .....                   | 187        |
| <b>第四章 单相异步电动机的选用和维护</b> ..... | <b>192</b> |

## 常用电动机的选择和应用

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一节 单相异步电动机的选用 .....      | 192 |
| 一、概述 .....                | 192 |
| 二、单相异步电动机按用途分类 .....      | 193 |
| 三、常用的规定用途单相异步电动机简介 .....  | 198 |
| 四、常用的特殊用途单相异步电动机简介 .....  | 215 |
| 五、单相异步电动机的选用方法 .....      | 217 |
| 第二节 单相异步电动机的维护 .....      | 218 |
| 一、单相异步电动机的使用维护要点 .....    | 218 |
| 二、单相异步电动机的常见故障分析和处理 ..... | 219 |
| 三、离心开关的故障检修 .....         | 221 |
| 四、起动继电器的故障检修 .....        | 224 |
| 参考文献 .....                | 228 |



# 第一章

## 基础知识

### 第一节 一般介绍

#### 一、电机的外壳防护型式

##### 1. 电机防护型式分类

电机按外壳防护型式，可分为以下几类：

(1) 开启式 电机除必要的支承结构外，对转动及带电部分没有专门的防护，通风散热条件较好，适用于干燥、无灰尘的场所。

(2) 防护式 电机机壳内部的转动部分及带电部分有必要的机械保护，以防止意外的接触，且能防止水滴、尘土、铁屑或其他物体从上方落入电机内部。它适用于灰尘不多、比较干燥的地方，但不能用于有腐蚀和爆炸性气体的场所。防护式电机按其通风口防护结构不同，又分为下列3种：

1) 网罩式。电机的通风口用穿孔的遮盖物遮盖起来，使电机的转动及带电部分不能与外物相接触。

2) 防溅式。电机通风口的结构可以防止与铅垂线成 $100^\circ$ 角范围内任何方向的液体或固体直接进入电机内部。

3) 防滴式。电机通风口的结构可以防止垂直下落的液体或固体直接进入电机内部。

(3) 封闭式 外壳完全封闭（但不是密封），所以散热

条件较差，其冷却方式是靠自身风扇或外部风扇冷却，并在外壳带有散热片，适合于多灰尘、潮湿、水土飞溅及有腐蚀性气体的场所。

(4) 防水式 电机机壳的结构能够阻止具有一定压力的水进入电机内部。

(5) 水密式 当电机浸没在水中时，电机机壳的结构能阻止水进入电机内部。

(6) 潜水式 电机在规定的水压下，能长期在水中运行。

(7) 隔爆式 电机机壳的结构是以阻止电机内部的气体爆炸传递到电机外部而引起电机外部的燃烧性气体的爆炸。

### 2. 电机外壳防护等级的标志方法

电机产品外壳防护等级的标志，采用国际通用的标志系统，由字母“IP”（International Protection，国际防护）及两个阿拉伯数字组成。第一位数字代表第一种防护（防触及和固体进入）等级，第二位数字代表第二种防护（防水）等级。如只单独标志一种防护型式的等级时，则略去数字的位置以 X 补充，例如 IPX3 或 IP5X 等。对有些电机产品，在数字后面加有附加字母，如：

R——管道通风式电机；

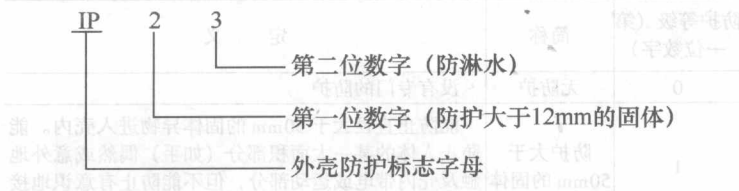
W——气候防护式电机；

S——在静止状态下进行第二种防护型式试验的电机；

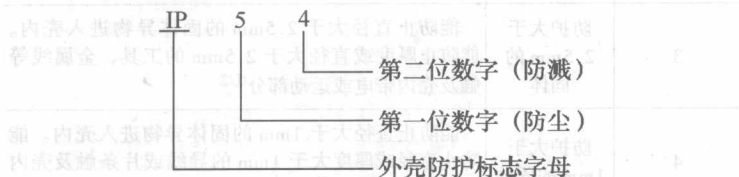
M——在运转状态下进行第二种防护型式的电机。

其中，字母 R 和 W 标于 IP 和两个数字之间，而字母 S 和 M 标在两个数字之后，如没有标志字母 S 和 M 的，则表示该电机是在静止和运转状态下都要进行试验的电机。

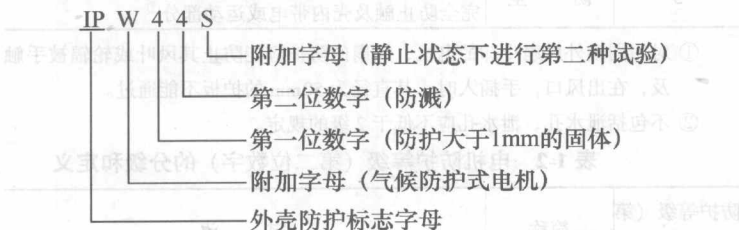
标志方法举例如下:



这样的标志方法,表明电机能防止大于 12mm 的固体进入内部,并能防淋水。



这样的标志方法,表明电机能防尘,并能防溅。



这样的标志方法,表明电机是既能防护大于 1mm 的固体,又能防溅,并在静止状态下进行第二种防护型式的气候防护式电机。

防护等级标志,一般都标在每台产品的铭牌上或外壳上的明显位置上,是表征产品性能的一项重要标志。

### 3. 防护等级的分级和定义

防护等级的分级和定义见表 1-1 和表 1-2。

**表 1-1 电机防护等级（第一位数字）的分级和定义**

| 防护等级（第一位数字） | 简称             | 定 义                                                                        |
|-------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 0           | 无防护            | 没有专门的防护                                                                    |
| 1           | 防护大于 50mm 的固体  | 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           | 防护大于 12mm 的固体  | 能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内。能防止手指触及壳内带电或运动部分 <sup>①</sup>                       |
| 3           | 防护大于 2.5mm 的固体 | 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、金属线等触及壳内带电或运动部分 <sup>①②</sup> |
| 4           | 防护大于 1mm 的固体   | 能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内。能防止直径或厚度大于 1mm 的导线或片条触及壳内带电或运动部分 <sup>①②</sup>       |
| 5           | 防 尘            | 能防止灰尘进入达到影响产品正常运行的程度，完全防止触及壳内带电或运动部分 <sup>①</sup>                          |

① 对用同轴外风扇冷却的电机，风扇的防护应能防止其风叶或轮辐被手触及，在出风口，手插入时，其直径为 50mm 的护板不能通过。

② 不包括泄水孔，泄水孔应不低于 2 级的规定。

**表 1-2 电机防护等级（第二位数字）的分级和定义**

| 防护等级（第二位数字） | 简称    | 定 义                          |
|-------------|-------|------------------------------|
| 0           | 无防护   | 没有专门的防护                      |
| 1           | 防 滴   | 垂直的滴水应不能直接进入电机内部             |
| 2           | 15°防滴 | 与铅垂线成 15°角范围内的滴水，应不能直接进入电机内部 |
| 3           | 防淋水   | 与铅垂线成 60°角范围内的淋水，应不能直接进入电机内部 |
| 4           | 防 溅   | 任何方向的溅水对电机应无有害的影响            |
| 5           | 防喷水   | 任何方向的喷水对电机应无有害的影响            |

(续)

| 防护等级 (第二位数字) | 简称           | 定义                           |
|--------------|--------------|------------------------------|
| 6            | 防海浪<br>或强加喷水 | 猛烈的海浪或强力的喷水对电机应无有害的影响        |
| 7            | 防浸水          | 电机在规定的压力和时间下浸在水中, 其进水量应无有害影响 |
| 8            | 潜水           | 电机在规定的压力下长时间浸在水中, 其进水量应无有害影响 |

电机最常用的防护等级有 IP11、IP21、IP22、IP23、IP44、IP54、IP55 等。

## 二、电机的发热和冷却

### 1. 电机的发热

从电机学的理论可知, 电机的发热与散热过程比较复杂, 因为电机不是一个均匀物体。为研究电机的发热和散热过程, 假定:

1) 电机为一均匀物体, 各点的温度一样; 各构成部分的热容都相同; 各部分表面的散热系数也相同; 热容和散热系数均为常数, 不随温度的高低而变化。

2) 散热量与电机和周围温度差成正比, 且不受温度本身数值影响。

根据能量平衡关系, 电机的发热微分方程式具有下列形式

$$\Phi dt = A r dt + C dr \quad (1-1)$$

式中  $\Phi$ ——热流量, 即电机单位时间内发出的热量, 单位为 W, 或 J/s;

$A$ ——电机的散热系数，即当电机温度与周围环境温度相差  $1\text{K}$  时，每秒钟散发到周围环境的热量，单位为  $\text{J}/(\text{s}\cdot\text{K})$ ；

$\tau$ ——电机的温升，即电机的温度超过周围环境的温度值，单位为  $\text{K}$ ；

$C$ ——电机的热容，即电机温度升高  $1\text{K}$  所需的热量，单位为  $\text{J}/\text{K}$ 。

上述方程式表示，电机在每一单元时间内发出的热量，一部分散发给周围环境 ( $A\tau dt$ )，一部分用来升高电机温度 ( $Cd\tau$ )。解此方程式得

$$(\Phi - A\tau)dt = Cd\tau \quad (1-2)$$

即 
$$dt = \frac{Cd\tau}{\Phi - A\tau} \quad (1-3)$$

将式 (1-3) 两边积分，即得

$$t = -\frac{C}{A} \ln(\Phi - A\tau) + K \quad (1-4)$$

式 (1-4) 中的  $K$  是由初始条件决定的积分常数，假定在  $t=0$  时，温升  $\tau = \tau_0$ ，显然

$$K = \frac{C}{A} \ln(\Phi - A\tau_0)$$

将  $K$  值代入式 (1-4) 后得

$$t = \frac{C}{A} \ln \frac{\Phi - A\tau_0}{\Phi - A\tau} \quad (1-5)$$

或 
$$\frac{\Phi - A\tau_0}{\Phi - A\tau} = e^{\frac{A}{C}t} \quad (1-6)$$

由式 (1-6) 可得出

$$\tau = \frac{\Phi(e^{\frac{A}{C}t} - 1) + A\tau_0}{Ae^{\frac{A}{C}t}}$$

$$\text{即} \quad \tau = \frac{\Phi}{A}(1 - e^{-t/C/A}) + \tau_0 e^{-t/C/A} \quad (1-7)$$

设  $T = C/A$ ，称作电机发热时间常数，单位为 s。式 (1-7) 可变为

$$\tau = \frac{\Phi}{A}(1 - e^{-t/T}) + \tau_0 e^{-t/T}$$

$$\text{即} \quad \tau = \frac{\Phi}{A} - \left( \frac{\Phi}{A} - \tau_0 \right) e^{-t/T} \quad (1-8)$$

由式 (1-8) 可以看出，电机发热过程中的温升是时间的指数函数。从理论上讲，只有在时间为无限大时，电机的温升才能达到稳定值。实际上，在  $t = (4 \sim 5) T$  时（见图 1-1），即可认为已经达到稳定。

当  $t = \infty$  时，由式 (1-8) 得到电机温升的稳定值为

$$\tau_s = \frac{\Phi}{A} \quad (1-9)$$

于是电机的发热方程式可表示为

$$\tau = \tau_s - (\tau_s - \tau_0) e^{-t/T} \quad (1-10)$$

若最初温升  $\tau_0 = 0$ ，即电机温度和周围环境温度相同，则式 (1-10) 可变为

$$\tau = \tau_s (1 - e^{-t/T}) \quad (1-11)$$

设  $t = T$ ，代入式 (1-11) 中，得  $\tau = 0.632 \tau_s$ 。由此可知，发热时间常数  $T$  为电机温升从零开始上升到稳定值的 63.2% 所需时间。

由式 (1-10) 和式 (1-11) 所得的发热曲线如图 1-1 所示。

按曲线 2 用图解法可求出电机发热时间常数  $T$ ，这只需要函数  $\tau = \tau_s (1 - e^{-t/T})$  在  $t = 0$  处的导数。即

$$\left. \frac{d\tau}{dt} \right|_{t=0} = \frac{\tau_s}{T}$$

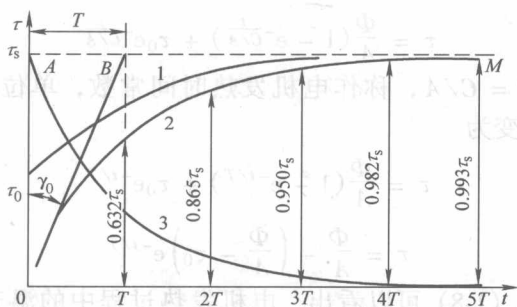


图 1-1 电机发热和冷却曲线  $\tau = f(t)$

$$1 - \tau = \tau_s - (\tau_s - \tau_0) e^{-t/T}$$

$$2 - \tau = \tau_s (1 - e^{-t/T}) \quad 3 - \tau = \tau_s e^{-t/T}$$

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{T}{\tau_s} = \operatorname{tg} \gamma_0 \quad (1-12)$$

式中  $\gamma_0$ ——通过坐标原点和曲线 2 相切的切线与纵坐标所夹的角。

故  $T = \tau_s \operatorname{tg} \gamma_0 \quad (1-13)$

由此可知, 电机发热时间常数  $T$ , 可由图 1-1 线段  $AB$  的长度来决定, 而  $AB$  是由稳定温升  $\tau_s$  的直线  $ABM$  和曲线 2 的通过原点的切线相交求出的。

## 2. 电机的温升和输出功率的关系

电机的发热是由于工作时, 在其内部产生的损耗造成的。现假定电动机在恒定负载下运转, 从电源输入功率为  $P_1$ , 而在轴上输出功率为  $P_2$ , 则功率损耗为

$$\Phi = \Delta p = P_1 - P_2 = \frac{P_2}{\eta} - P_2 = P_2 \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad (1-14)$$

式中  $\Phi$ ——热流量, 单位为  $W$  或  $J/s$ ;

$\eta$ ——电动机的效率。



电动机的稳定温升, 不能超过电动机绝缘材料的最高允许温升  $\tau_m$ , 即

$$\tau_s \leq \tau_m \quad (1-15)$$

根据式 (1-9), 可将式 (1-15) 写成下列形式:

$$\tau_m \geq \frac{\Phi}{A} \quad (1-16)$$

或 
$$\tau_m \geq \frac{\Delta p}{A} \quad (1-17)$$

将式 (1-14) 代入上式可得

$$\tau_m \geq \frac{P_2(1-\eta)}{A\eta}$$

或 
$$P_2 \leq \frac{\tau_m A \eta}{1-\eta} \quad (1-18)$$

如电动机的额定功率为  $P_N$ , 额定效率为  $\eta_N$ , 则式 (1-18) 为

$$P_N \leq \frac{\tau_m A \eta_N}{1-\eta_N} \quad (1-19)$$

式 (1-19) 说明, 对于同样大小尺寸的电动机来说, 如果想提高其输出功率, 可以从以下三个方面采取措施:

- 1) 设法降低电动机的损耗, 提高效率。
- 2) 加强散热, 提高散热系数  $A$  值。
- 3) 采用高一级的绝缘材料, 提高其允许温升值  $\tau_m$ 。

电机常用绝缘材料的耐热等级见表 1-3。

表 1-3 绝缘材料的耐热等级

| 耐热等级 | 最高允许工作温度/℃ | 相当于此等级的主要绝缘材料                        |
|------|------------|--------------------------------------|
| Y    | 90         | 未浸渍过的棉纱、丝及纸等材料或其组合物所组成的绝缘结构; 有机填料的塑料 |