

- “十一五”国家重点图书出版工程
- 国家出版基金资助项目
- 江苏省文化产业引导资金项目

# 金阳光

## 我是电机 维修能手



主编 王吉华

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社



“金阳光”新农村丛书

金阳光



“金阳光”新农村丛书

顾问：卢良恕

翟虎渠

# 我是电机维修能手

主 编 王吉华

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

我是电机维修能手/王吉华主编. —南京:江苏科学技术出版社,2010.4

(“金阳光”新农村丛书)

ISBN 978-7-5345-6859-6

I. 我... II. 王... III. 电机—维修  
IV. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131968 号

## “金阳光”新农村丛书 我是电机维修能手

---

主 编 王吉华  
责任编辑 谷建亚  
责任校对 郝慧华  
责任监制 曹叶平

---

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路1号A楼,邮编:210009)  
网 址 <http://www.pspress.cn>  
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路1号A楼,邮编:210009)  
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>  
经 销 江苏省新华发行集团有限公司  
照 排 南京奥能制版有限公司  
印 刷 江苏凤凰盐城印刷有限公司

---

开 本 787 mm×1 092 mm 1/32  
印 张 4.375  
字 数 95 000  
版 次 2010 年 4 月第 1 版  
印 次 2010 年 4 月第 1 次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5345-6859-6  
定 价 6.60 元

---

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

## 建设新农村 培养新农民

---

党中央提出建设社会主义新农村,是惠及亿万农民的大事、实事、好事。建设新农村,关键是培养新农民。农村要小康,科技做大梁;农民要致富,知识来开路。多年来,江苏省出版行业服务“三农”,出版了许多农民欢迎的好书,江苏科学技术出版社还被评为“全国服务‘三农’出版发行先进单位”。在“十一五”开局之年,江苏省新闻出版局、凤凰出版传媒集团积极组织,江苏科学技术出版社隆重推出《“金阳光”新农村丛书》(以下简称《丛书》),旨在“让党的农村政策及先进农业科学技术和经营理念的‘金阳光’普照农村大地,惠及农民朋友”。

《丛书》围绕农民朋友十分关心的具体话题,分“新农民技术能手”“新农业产业拓展”和“新农村和谐社会”三个系列,分批出版。“新农民技术能手”系列除了传授实用的农业技术,还介绍了如何闯市场,如何经营;“新农业产业拓展”系列介绍了现代农业的新趋势、新模式;“新农村和谐社会”系列包括农村政策宣讲、常见病防治、乡村文化室建立,还对农民进城务工的一些知识做了介绍。全书新颖实用,简明易懂。

近年来,江苏在建设全面小康社会的伟大实践中成绩可喜。我们要树立和落实科学发展观,推进“两个率先”,构建和谐社会,按照党中央对社会主义新农村的要求,探索农村文化建设新途径,引导群众不断提升文明素质。希望做好该《丛书》的出版发行工作,让农民朋友买得起、看得懂、用得上,用书上的知识指导实践,用勤劳的双手发家致富,早日把家乡建成生产发展、生活宽裕、乡风文明、管理民主的社会主义新农村。

孙志军

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第一章 电机维修基础知识</b> ..... | 1  |
| 第一节 电机实用技术基础 .....        | 1  |
| 一、电机的分类与产品型号 .....        | 1  |
| 二、电机的结构组成 .....           | 4  |
| 三、电机的正确选用 .....           | 8  |
| 四、电机的安装与调整 .....          | 12 |
| 第二节 电机维修常用工具及仪器 .....     | 18 |
| 一、电机维修常用量具和工具 .....       | 18 |
| 二、电机维修常用仪表 .....          | 28 |
| <b>第二章 直流电机的维修</b> .....  | 37 |
| 第一节 直流电机的结构组成 .....       | 37 |
| 一、直流电机的基本结构组成 .....       | 37 |
| 二、直流电机的铭牌数据和型号 .....      | 37 |
| 第二节 直流电机的维修 .....         | 42 |
| 一、直流电机的维护 .....           | 42 |
| 二、直流电机的检修 .....           | 45 |
| 三、直流电机常见故障及处理 .....       | 52 |
| 四、直流电机的修理 .....           | 54 |
| <b>第三章 单相异步电动机</b> .....  | 67 |
| 第一节 单相异步电动机的结构特点 .....    | 67 |
| 一、定子 .....                | 67 |
| 二、转子 .....                | 68 |
| 三、附件 .....                | 68 |
| 第二节 单相异步电动机的维修 .....      | 72 |
| 一、单相异步电动机的使用与维护 .....     | 72 |
| 二、单相异步电动机常见故障的分析 .....    | 73 |
| 三、单相电动机绕组的修理 .....        | 75 |
| <b>第四章 三相异步电动机</b> .....  | 86 |



|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一节 三相异步电动机的结构特点 .....    | 86  |
| 一、产品分类及铭牌 .....           | 86  |
| 二、三相异步电动机的基本结构 .....      | 88  |
| 第二节 三相异步电动机的维修 .....      | 91  |
| 一、交流异步电动机的运行维护 .....      | 91  |
| 二、三相异步电动机常见故障及处理 .....    | 97  |
| 三、定子绕组的检修 .....           | 100 |
| 四、转子绕组故障的处理 .....         | 109 |
| 五、铁芯故障及修理 .....           | 111 |
| 六、转轴故障及修理 .....           | 118 |
| 七、滚动轴承的代用 .....           | 128 |
| 八、三相异步电动机的拆装和修复后的试验 ..... | 130 |

# 第一章 电机维修基础知识

## 第一节 电机实用技术基础

### 一、电机的分类与产品型号

#### 1. 电机的基本类型

通常把电机分为两大类：一类是交流电机，另一类是直流电机。交流电机又可按它的转速与电流频率之间是否有着严格的关系，分成同步电机和异步电机两类。现分述如下：

##### (1) 直流电机

直流电机按其用途可分为电动机和发电机，但也有其他特殊用途的电机，如自动控制系统中作为执行元件及一般传动动力的力矩电动机等。

随着可控硅整流电源的广泛应用和日益完善，在许多领域中不再采用直流发电机，但却进一步扩大了直流电动机的应用范围。在某些领域中（如真空冶炼工业和无交流电网且又需要直流电源的场合），直流发电机仍有一定的地位。

直流电机的特性与其励磁方式有密切联系，按不同的励磁方式，它可分为永磁、并励、串励、复励、稳定并励和他励直流电机六种。

直流电机还可以按转速、电流、电压、工作定额、防护形式、安装结构形式以及通风冷却方式等特征来分类。直流电机的派生和专用系列是按用途分类的。



## (2) 同步电机

同步电机按其用途可分为发电机、电动机和补偿机,但主要还是用作发电机。若按其结构形式分,有旋转电枢式(磁极固定在定子上)和旋转磁场式(电枢固定在定子上)两种。为了易于引出电流,一般都采用旋转磁场式。只有小型或特殊用途的同步电机(如无刷励磁同步电机所用的交流励磁机等),才采用旋转电枢式。

同步电机按磁路结构分有凸极式、隐极式、感应电子式、爪极式、反应式和永磁式。作为发电机主要是凸极式和隐极式两种。凸极式的特点是转子上有显露的磁极,励磁绕组为集中绕组,转子的磁轭和磁极一般不是整体的,适用于极对数  $p \geq 2$  的同步发电机(或电动机)。隐极式的转子是圆柱形的,一般适用于极对数  $p \leq 2$  的同步发电机(或电动机)。

## (3) 异步电机

异步电机主要用作电动机,它是各种电动机中应用最广泛、需要量最大的一种电机。90%左右的电气原动力均为异步电动机,其中小型异步电动机占70%以上。在电网的总负荷中,异步电动机用电量占60%以上。

为了适应各种机械配套的要求,异步电动机的系列、品种、规格繁多。目前,我国生产的异步电动机约有100个系列,500多个品种和5000多个规格。

异步电动机可分为单相和三相两大类。单相异步电动机一般为1kW以下的小功率电动机,它包括单相电阻启动式、单相电容启动式、单相电容运转式、单相电容启动与运转式以及单相罩极式异步电动机。三相异步电动机按转子绕组形式,一般可分为鼠笼式和绕线式两类。鼠笼式转子绕组本身自成闭合回路,整个转子形成一个坚实的整体,其结构简单牢固,应用最为广泛。小型异步电动机大多为鼠笼式。绕线式异步电动机在转子回路中通过集电环和电刷接入外加电阻,可以改善启动特性,必要时可供调节转速。

三相异步电动机还可按尺寸大小、防护形式、安装条件、绝缘等级和工作定额来分类,见表1-1。

表 1-1 三相异步电动机的主要分类

| 分类方式                                                   | 类 别                                    |                                |                            |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 转子绕组形式                                                 | 鼠笼式、绕线式                                |                                |                            |
| 电机尺寸<br>中心高 $H/\text{mm}$<br>(定子铁芯外径 $D_1/\text{mm}$ ) | 大 型<br>$\geq 630$<br>( $\geq 1\,000$ ) | 中 型<br>355~630<br>(500~1\,000) | 小 型<br>80~315<br>(130~500) |
| 防护形式                                                   | 开启式、防护式、封闭式                            |                                |                            |
| 通风冷却方式                                                 | 自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式                    |                                |                            |
| 安装结构形式                                                 | 卧式、立式、带底脚、带凸缘                          |                                |                            |
| 绝缘等级                                                   | E 级、B 级、F 级、H 级                        |                                |                            |
| 工作方式                                                   | 连续、断续、间歇                               |                                |                            |

## 2. 电机的产品型号

型号是不同规格电机的代号,它的每一个字母都有一定含义。我国电机产品型号在 1990 年以前采用国家科委 1964 年颁布的“电工系统图图形符号”的国家标准和“电工设备文字符号编制通则”的规定。为了便于国际交流,掌握引进技术,国家标准局颁布了《电气图用图形符号》《电气制图》和《电气技术中的文字符号制定通则》。国家规定从 1990 年 1 月 1 日起执行,但旧国标现在还不能立即在所有以前技术资料和以前设备中消失,在附录中给出新旧对照表。

电机型号是由电机类型代号、特点代号和设计序号等三个小节顺序组成。

电机类型代号:如 Y——异步电动机,T——同步电机。

电机特点代号表示电机的性能、结构、用途,采用汉语拼音字母。

设计序号系指电机产品设计的顺序。

规格代号是用中心高、铁芯外径、机座号、机座长度、功率、转速或极数等表示。

产品代号用字母和数字表示。不同字母代表的意义不同。

电机的机座号直接用电机轴中心高度或机壳外径的毫米数表示。



机座(铁芯)长度用 L、M、S 分别表示长、中、短。铁芯长度用数字表示,数字越大,铁芯越长。极数用数字表示。特殊环境代号用字母表示,如 TH——湿热带用,TA——干热代用,G——高原用,W——户外用,F——化工防腐用,等等。

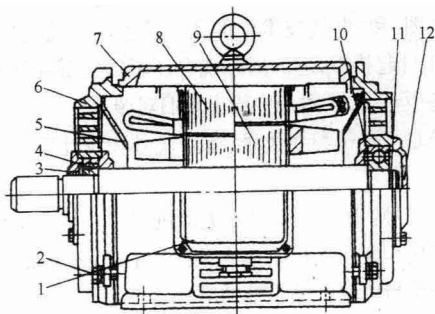
如 Y 112S-6  
 规格代号: 表示中心高 112 mm, 短机座, 6 极  
 电机类型代号: 表示异步电动机

Y 系列三相异步电动机是 20 世纪 80 年代生产的新系列电动机,它是国内最先进的异步电动机,较 J、JO<sub>2</sub> 等老系列电动机效率高、体积小、性能更优良且功率等级和安装尺寸符号用国际标准。

## 二、电机的结构组成

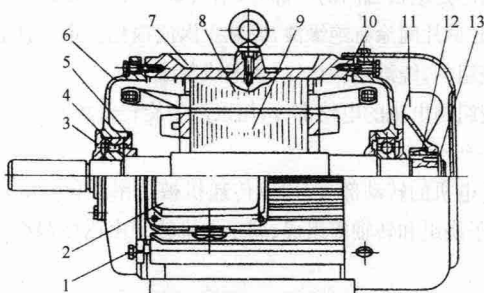
### 1. 交流电机的结构

图 1-1 是 Y 系列三相交流电动机的典型结构图,图 1-2 是同步电机的结构图。电机主要由两部分组成,即定子和转子。定子是用来产生旋转磁场的,而转子是用来传递功率的。定子与转子之间的空气隙,成为气隙。此外还有端盖、轴承、接线盒等附件。



(a) IP23 系列典型结构图

- 1—接线盒;2—紧固件;3—轴承外盖;4—轴承;5—挡风板;6—端盖;7—机座;8—定子铁芯;9—转子;  
 10—轴承内盖;11—轴用挡圈;12—轴承外盖



(b) IP44 系列典型结构图

1—紧固件;2—接线盒;3—轴承外盖;4—轴承;5—轴承内盖;6—端盖;7—机座;8—定子铁芯;9—转子;10—风罩;11—外风扇;12—键;13—轴用挡圈

图 1-1 Y 系列三相交流电动机典型结构图

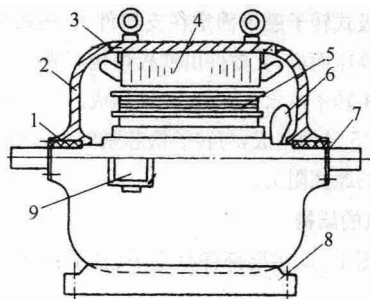


图 1-2 同步电机结构图

1—轴承;2—端盖;3—紧固件;4—定子铁芯;  
5—转子(磁极);6—风叶;7—轴承外盖;8—机座;9—接线盒

### (1) 定子

定子由外壳、定子铁芯、定子绕组和机座组成。

机壳和底部一般用铸铁铸在一起,是定子铁芯的固定件,它的两端固定在端盖 2 上,是转子的支撑件。端盖和轴承盖也由铸铁制成。

接线盒一般用铸铁铸成,是用来固定和保护引线端子的。



定子铁芯是电机磁路的一部分,用 $0.35\sim 0.5\text{ mm}$ 厚的硅钢片冲制叠压而成,硅钢片间涂有绝缘漆,以减少涡流损耗。定子铁芯槽是用来嵌放定子绕组的,绕组由漆包线、扁铜线制成。

定子绕组是电机的电路部分,用以产生旋转磁场。

## (2) 转子

转子是电机的转动部分,用以传递机械功率。异步电机转子由转子铁芯、转子绕组和转轴等组成;同步电机转子由磁极绕组、支撑件、转轴等组成。

异步电机转子铁芯由 $0.35\sim 0.5\text{ mm}$ 厚的硅钢片冲叠而成,槽内嵌放导体,导体由铸铝条、裸铜条制成时,这种转子称笼型转子;导体由带绝缘的导条按一定规律联接并通过滑环、电阻器等短接时,这种转子称为绕线型转子。

同步电机凹极式与绕线型转子结构基本相同。

同步电机凸极式转子磁极固定在支撑件上,磁极铁芯由 $1\sim 2\text{ mm}$ 厚的硅钢片冲制叠压而成,支撑件由铁板焊接而成。

单相同步电机转子由永久磁极、转轴构成。

转轴一般由45号钢制成,与转子铁芯紧配合,轴肩处套有轴承,以减少电机转动时的摩擦阻力。

## 2. 直流电机的结构

直流电机见图1-3,主要部件是定子、转子、电刷装置以及支撑保护附件。

### (1) 定子

定子由主磁极、换向极、机座组成,大型电机还有补偿绕组。

① 主磁极。由铁芯、线圈和极身绝缘组成。主极铁芯由 $1\sim 2\text{ mm}$ 厚钢板冲叠而成,除晶闸管供电电机外,冲片不需绝缘。线圈除大型电动机用裸铜排扁绕制外,一般均采用绝缘导线多层绕制而成。极身绝缘结构有框架式、熨包式和模压成型三种。

② 换向极。由铁芯、线圈和极身绝缘组成。换向器铁芯除小型电机用整体铁芯外,其余由 $1\sim 2\text{ mm}$ 厚的硅钢片冲制叠压而成。除晶闸

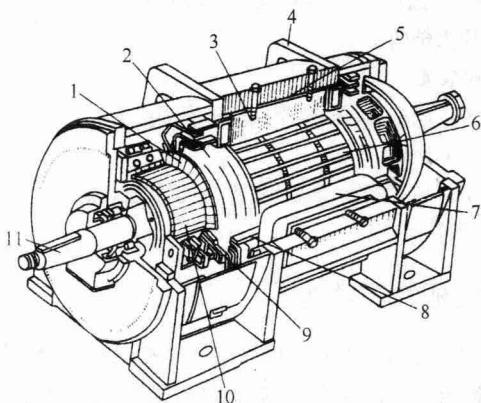


图 1-3 直流电机结构图

1—升高片；2—绑扎箍；3—磁极螺钉；4—机座框架；5—磁极垫片；6—电枢铁芯；7—主极；8—补偿线圈；9—刷架；10—换向器；11—转轴

管供电电机外，一般不需绝缘处理。线圈多数由裸扁铜线绕制而成，匝数较多时匝间垫绝缘，匝数少时用垫块隔开做绝缘。极身绝缘多采用直接烫包云母板或玻璃坯布等材料的形式。

③ 机座。由钢板焊接而成。大型电机也用 1~2 mm 厚的硅钢片冲制叠压而成。是主磁极、换向极、端盖的支撑件。

#### (2) 转子

由电枢铁芯、电枢绕组、电枢支架、换向器和转轴组成。

① 电枢铁芯。由 0.35~0.5 mm 厚的硅钢片冲制叠压而成，冲片涂以绝缘漆。中小型直流电机电枢铁芯直接套在转轴上，大中型电机的电枢铁芯都套在支架上。

② 电枢绕组。放于铁芯槽内，端部用绑带或钢丝绑扎。

③ 换向器。主要由换向器、片间云母、V 形环以及压圈、套筒等紧固件组成。

④ 电枢支架。由具有足够强度的钢板焊接而成。



⑤ 转轴。一般由 45 号碳钢或合金钢制成,大型电机上也有采用焊接轴和薄壁应力轴的。

### (3) 电刷装置

电刷装置由电刷、刷握、刷架及刷杆座圈组成。

### (4) 支撑保护件

支撑保护件包括轴承、端盖、底板、测速装置、测温元件和埋设在电机内的电热器等。

## 三、电机的正确选用

选择电机产品需要涉及电机的保护形式、安装结构形式、额定电压、额定功率、额定转速、绝缘等级、启动方式等,还要与电机的使用环境、电源情况等方面结合起来考虑。

### 1. 电机防护形式的选择

为了防止电机被周围环境物质所损坏,或防止因电机本身故障引起灾害,必须根据不同的环境适当选择电机的防护形式。电机的防护形式有开启式、防护式、防爆式和封闭式几种,在选择时应遵循以下原则:

① 开启式电机只能用于干燥及清洁的环境中。

② 防护式电机适用于干燥和灰尘不多、没有爆炸性和腐蚀性的气体环境中。在一般情况下,可选用此类型电机,因为它们的通风条件较好。

③ 防爆式电机可用于有爆炸危险的环境中(如在瓦斯矿的井下等)。

④ 封闭式电机分为自扇冷式、他扇冷式和密封式三类。其中前两类可用于潮湿、多腐蚀性灰尘、易受风雨侵蚀等环境中;后者一般用于浸入水中的设备(如潜水泵)上。

### 2. 电机结构形式的选择

电机的结构形式按其安装位置的不同,可分为卧式和立式两种。卧式电机的转轴是水平放置的,一般情况下应选用卧式;立式电机的转

轴与地面垂直,价格较贵,对于那些为了简化传动装置,而又必须垂直运转的设备(如立式深井水泵等),应选用立式。

### 3. 额定电压的选择

对于交流电机,其额定电压应选择与供电电网的电压相一致。直流电机的额定电压也要与电源电压相配合。

### 4. 额定功率的选择

选择电机额定功率的原则是:在电机能够胜任生产机械负载要求的前提下,最合理、最经济地选择电机的功率。这是因为:如果功率选得过大,设备投资大,而且电机欠载运行,效率低;反之,如果功率选小了,电机将过载运行,易损坏电机。

电机功率的选择主要考虑电机的发热、允许过载能力与启动能力等三个方面的因素,一般情况下以发热最为重要。电机工作时,负载持续时间的长短对电机的发热影响很大,因此电机的工作方式分为三类,即连续工作制、短时工作制和断续周期性工作制。下面从这三个方面来考虑电机功率的选择。

#### (1) 连续工作制电机的选择

对于恒值负载,所选择电机的额定功率应等于或略大于负载功率。电机的额定功率是对应于环境温度为标准值 40℃ 的功率,因此,如果电机周围环境温度与标准值相差较大,为充分利用电机,可按表 1-2 对电机功率进行粗略的增减。

表 1-2 不同环境温度下,电机功率的修正

| 环境温度/℃     | 30  | 35  | 40 | 45  | 50     | 55   |
|------------|-----|-----|----|-----|--------|------|
| 电机功率增减的百分数 | +8% | +5% | 0  | -5% | -12.5% | -25% |

注:在环境温度低于 30℃ 时,一般电机功率也只增加 8%。

另外,电机工作环境的海拔高度对温升也有影响。因此规定:使用地点的海拔不超过 1 000 m 时,额定功率不必进行修正;当海拔超过 1 000 m 时,对平原设计的电机,出厂试验时,必须把允许温升降低,才能供高原地区使用。



对于变化的负载,其所用的电机一般都是为恒值负载工作而设计的。因此,对变化负载的电机必须进行发热校验,也就是看电机在整个运行过程中所达到的最高温升是否接近并低于允许温升。

变化负载下电机功率的选择步骤是:计算并绘制生产机械的负载图,即  $P_z = f(t)$ ;在上述负载图的基础上选电机功率;做出电机的负载图;进行发热、过载能力及必要时的启动能力校验。如果校验通过,并且功率适当,则电机功率可确定;如果校验未通过或电机功率预选过大,则需重新选择,再做电机负载图进行校验,直至合适为止。校验的方法有平均损耗法、等效法等。

## (2) 短时工作制电机的选择

对于短时工作制,可选用为连续工作制而设计的电机,也可选用专为短时工作制设计的电机。若选用为连续工作制而设计的电机,当  $\frac{t_g}{T} > 0.3$  时,其额定功率  $P_e = \frac{P_g}{\lambda_m}$ 。式中,  $t_g$  为短时工作时间,  $T$  为电机发热时间常数,  $P_e$  为所选电机的额定功率,  $P_g$  为负载短时功率,  $\lambda_m$  为电机的过载能力。当  $\frac{t_g}{T} \leq 0.3$  时,  $P_e \geq \frac{P_g}{\lambda_m}$ 。

若选用专为短时工作制而设计的电机,应选择实际工作时间与功率接近的电机。我国专为短时工作制设计的电机,按标准工作时间分为 15 min、30 min、60 min、90 min 4 种。当电机实际工作时间  $t_{gx}$  与标准时间  $t_g$  不同时,按下式将  $t_{gx}$  下的功率  $P_x$  换算到  $t_g$  下的功率  $P_g$ ,再按  $P_g$  进行电机功率选择。

$$P_g = \frac{P_x}{\sqrt{\frac{t_g}{t_{gx}} + k \left( \frac{t_g}{t_{gx}} - 1 \right)}}$$

式中,  $k = \frac{p_o}{p_{cu}}$ ,  $p_o$  为在  $t_g$  下的不变损耗,  $p_{cu}$  为在  $t_g$  下的可变损耗。

如果没有合适的专为短时工作制设计的电机,可选用专为断续周期工作制设计的电机,其对应关系可近似定义为:  $t_g = 30 \text{ min}$  相当于负载持续率为 15%,  $t_g = 60 \text{ min}$  相当于负载持续率为 25%,  $t_g = 90 \text{ min}$  相当于负载持续率为 40%。

### (3) 断续周期工作制电机的选择

断续周期工作制可选用为连续工作制而设计的电机,也可选用专为断续周期工作制设计的电机。断续周期工作制电机功率选择的步骤与连续工作制变化负载下功率的选择相似,即计算并绘制生产机械的负载图,初步确定负载持续率,根据负载功率的平均值及负载持续率,预选电机功率,做出电机的负载图,进行发热、过载能力及必要时的启动能力校验。

当电机实际工作的负载持续率与标准值不同时,应进行换算。在选择电机功率时,换算按下式进行:

$$P = \frac{P_x}{\sqrt{\frac{ZC\%}{ZC_x\%} + k(\frac{ZC\%}{ZC_x\%} - 1)}}$$

式中,  $ZC\%$ ——实际工作的负载持续率;

$ZC_x\%$ ——标准工作的负载持续率。

当持续率小于 10% 时,可按短时工作制选择电机;若持续率大于 70%,可按连续工作制选择电机。

### 5. 电机额定转速的选择

选择电机额定转速时,应考虑以下几种情况:

① 电机连续工作,很少启制动或反转。可根据设备的初期投资、占地面积和维护费用等方面,从几个不同的额定转速(即不同的传动比)进行全面比较,最后确定合适的传动比和电机的额定转速。

② 电机经常启制动及反转,但过渡过程的持续时间对生产率影响不大。除考虑初期投资外,主要根据过渡过程能量损耗为最小的条件来选择传动比和电机的额定转速。

③ 电机经常启制动及反转,但过渡过程的持续时间对生产率影响较大。主要根据过渡过程持续时间为最短的条件来选择电机的额定转速。

