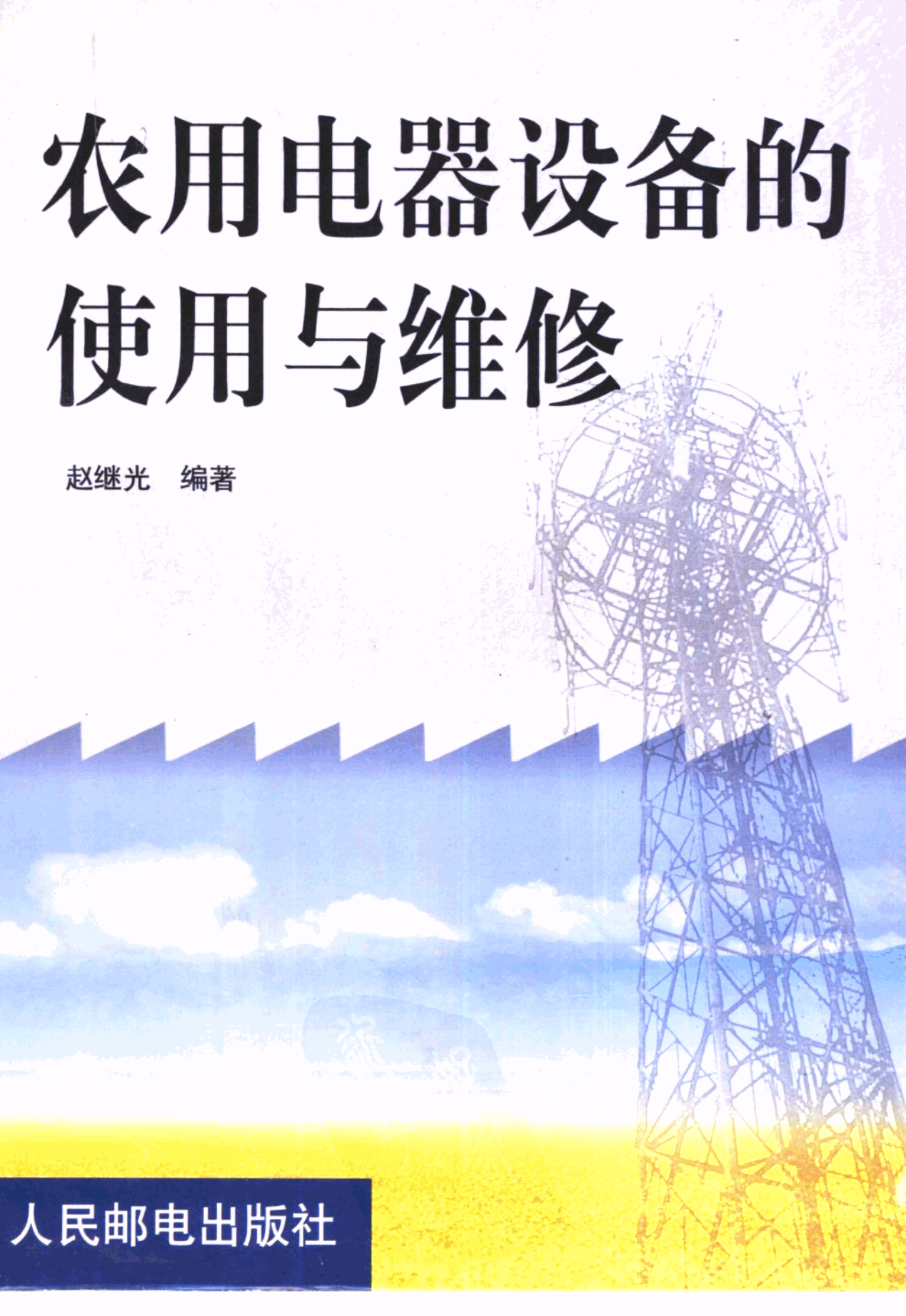


# 农用电器设备的使用与维修



赵继光 编著

人民邮电出版社

# 前 言

我国是一个农业大国,农业是国民经济的基础,全国 80% 的人口在农村。随着农村电气化程度的提高,农村乡镇企业和农民用电迅猛发展。据统计,截至 1996 年底,我国县及县以下的用电量已达到 4 088 亿千瓦时,占全国总用电量的 37%。随着“电力扶贫共富工程”的深入开展,我国农村用电人口以平均每年 1 200 万的速度递增,全国有 98.6% 的乡镇、96.7% 的村和 94% 的农户,近 8.8 亿农村人口用上了电。全国约有 200 万农电职工在农村中从事输、变、配、用电的安装、检修和运行维护。

电力事业的发展,对农村电工提出了更高的要求。为了适应广大农村电工的需要,提高农村供用电的水平,减少用电设备损坏和电气事故的发生,特以本书献给农村电工人员,希望能对他们有所帮助。本书尽量向读者提供各种农村常用电气设备可供选用的实用数据,根据农村设备的技术及客观条件,提供简易实用的操作、使用、维修及常见故障的处理方法,并尽可能多地采用最新资料。

本书在编写过程中得到张之超和王伦友两位老师的大力协助,在此表示衷心感谢。由于编者水平有限,时间仓促,书中错漏之处在所难免,希望广大读者批评指正。

## 目 录

## 第 1 章 农村发电设备

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 1.1 小型水轮发电机 .....                        | 1  |
| 1.1.1 小型水轮发电机的基本结构及工作原理 .....            | 2  |
| 1.1.2 小型水轮发电机的额定值及农村常用水轮发电机的主要技术数据 ..... | 3  |
| 1.1.3 小型水轮发电机及其控制装置的选择 .....             | 5  |
| 1.1.4 小型水轮发电机的使用与维修 .....                | 7  |
| 1.2 异步发电机及微型水轮发电机 .....                  | 13 |
| 1.2.1 异步发电机及激磁电容器 .....                  | 13 |
| 1.2.2 常用微型水轮发电机组及其选用 .....               | 15 |
| 1.2.3 异步发电机及微型水轮发电机组的使用和维修 .....         | 16 |
| 1.3 小型柴油发电机组 .....                       | 19 |
| 1.3.1 常用柴油发电机组 .....                     | 19 |
| 1.3.2 柴油发电机组的使用与维护 .....                 | 22 |
| 1.3.3 小型发电机组的并车运行 .....                  | 26 |
| 1.4 拖拉机及汽车用发电机 .....                     | 28 |
| 1.4.1 硅整流发电机及主要技术数据 .....                | 28 |
| 1.4.2 硅整流发电机的使用与维修 .....                 | 29 |

## 第 2 章 电力变压器

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.1 变压器的基本知识 .....              | 31 |
| 2.1.1 变压器的基本结构、分类及主要技术数据 .....  | 32 |
| 2.1.2 农村常用变压器的联结组别和主要技术数据 ..... | 36 |
| 2.2 变压器的选择和安装 .....             | 39 |
| 2.2.1 变压器的选择 .....              | 39 |
| 2.2.2 变压器的安装 .....              | 41 |
| 2.3 变压器的运行 .....                | 43 |
| 2.3.1 变压器的运行 .....              | 43 |
| 2.3.2 变压器的保护 .....              | 45 |
| 2.3.3 变压器的并列运行 .....            | 50 |
| 2.4 变压器的维护与故障排除 .....           | 52 |
| 2.4.1 变压器的维护 .....              | 52 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 2.4.2 变压器的常见故障及处理方法 ..... | 54 |
|---------------------------|----|

## 第3章 配电设备及装置

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 3.1 高压配电装置 .....                | 56 |
| 3.1.1 高压隔离开关 .....              | 56 |
| 3.1.2 高压负荷开关 .....              | 58 |
| 3.1.3 高压断路器 .....               | 60 |
| 3.1.4 高压熔断器 .....               | 61 |
| 3.1.5 高压避雷器 .....               | 64 |
| 3.1.6 高压开关配用的操动机构 .....         | 68 |
| 3.1.7 互感器 .....                 | 69 |
| 3.1.8 高压开关柜的使用和维护 .....         | 73 |
| 3.2 低压成套配电装置 .....              | 74 |
| 3.2.1 低压成套配电装置的分类及特点 .....      | 74 |
| 3.2.2 低压配套开关的选用 .....           | 75 |
| 3.2.3 低压配电装置的运行 .....           | 76 |
| 3.3 电力电容器及无功功率补偿 .....          | 76 |
| 3.3.1 电力电容器的结构特点 .....          | 76 |
| 3.3.2 并联电容器补偿无功功率的作用和补偿方式 ..... | 77 |
| 3.3.3 电容器容量的选择和计算 .....         | 78 |
| 3.3.4 功率因数自动补偿成套装置 .....        | 79 |
| 3.3.5 电容器的运行与维护 .....           | 80 |

## 第4章 异步电动机

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 4.1 异步电动机的分类、结构及用途 .....    | 83  |
| 4.1.1 异步电动机的分类 .....        | 83  |
| 4.1.2 异步电动机的基本结构 .....      | 83  |
| 4.1.3 异步电动机的用途 .....        | 83  |
| 4.2 异步电动机的额定值及主要技术数据 .....  | 85  |
| 4.2.1 异步电动机的额定值 .....       | 85  |
| 4.2.2 异步电动机的主要技术数据 .....    | 87  |
| 4.2.3 异步电动机的选用 .....        | 89  |
| 4.3 异步电动机的使用与维修 .....       | 91  |
| 4.3.1 异步电动机的使用 .....        | 91  |
| 4.3.2 异步电动机的保护 .....        | 99  |
| 4.3.3 异步电动机的运行维护及常见故障 ..... | 101 |
| 4.4 常用的分马力电动机简介 .....       | 104 |

## 第5章 常用低压电器

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 5.1 刀开关 .....                | 106 |
| 5.1.1 刀开关的用途、类型和基本结构 .....   | 106 |
| 5.1.2 刀开关的使用 .....           | 107 |
| 5.1.3 刀开关的维修 .....           | 113 |
| 5.2 自动开关 .....               | 113 |
| 5.2.1 自动开关的用途、类型和基本结构 .....  | 113 |
| 5.2.2 自动开关的选用、安装及维护 .....    | 115 |
| 5.2.3 自动开关的常见故障及处理方法 .....   | 119 |
| 5.3 熔断器 .....                | 120 |
| 5.3.1 熔断器的用途与分类 .....        | 120 |
| 5.3.2 熔断器的选用和维护 .....        | 125 |
| 5.4 交流接触器 .....              | 127 |
| 5.4.1 交流接触器的用途与类型 .....      | 127 |
| 5.4.2 交流接触器的选用 .....         | 127 |
| 5.4.3 用交流接触器控制电动机的常用线路 ..... | 131 |
| 5.4.4 交流接触器的维修 .....         | 131 |
| 5.5 控制继电器 .....              | 133 |
| 5.5.1 控制继电器的常见类型和选用 .....    | 133 |
| 5.5.2 热继电器的使用与维修 .....       | 139 |
| 5.6 启动器 .....                | 143 |
| 5.6.1 启动器的常见类型 .....         | 143 |
| 5.6.2 常用的启动器及其选用 .....       | 144 |
| 5.7 电磁铁 .....                | 149 |
| 5.7.1 牵引电磁铁及其选用 .....        | 150 |
| 5.7.2 制动电磁铁和制动器 .....        | 150 |
| 5.8 凸轮控制器 .....              | 152 |
| 5.8.1 凸轮控制器的主要结构和工作原理 .....  | 152 |
| 5.8.2 凸轮控制器的选用及维修 .....      | 153 |

## 第6章 农村常用排灌设备

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 6.1 农用水泵及配套电动机 .....     | 155 |
| 6.1.1 农用水泵的选择 .....      | 155 |
| 6.1.2 配套电动机或柴油机的选择 ..... | 164 |
| 6.1.3 水泵性能的调节 .....      | 164 |
| 6.1.4 水泵的运行与维修 .....     | 165 |
| 6.2 潜水泵的运行与维修 .....      | 166 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 6.2.1 潜水泵的使用 .....          | 166        |
| 6.2.2 潜水泵的维修及常见故障处理方法 ..... | 168        |
| <b>6.3 深井泵的使用与维修 .....</b>  | <b>169</b> |
| 6.3.1 深井泵简介 .....           | 169        |
| 6.3.2 深井泵的使用 .....          | 169        |
| 6.3.3 深井泵的常见故障及处理方法 .....   | 169        |

## 第7章 常见农用机电设备

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>7.1 交流电焊机和直流电焊机 .....</b> | <b>171</b> |
| 7.1.1 交流电焊机 .....            | 171        |
| 7.1.2 直流电焊机 .....            | 174        |
| <b>7.2 拖拉机用电气设备 .....</b>    | <b>175</b> |
| 7.2.1 蓄电池 .....              | 175        |
| 7.2.2 拖拉机电机的使用和维护 .....      | 177        |

## 第8章 家用电器

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>8.1 家用冰箱 .....</b>      | <b>179</b> |
| 8.1.1 家用冰箱的选择 .....        | 179        |
| 8.1.2 电冰箱的使用 .....         | 180        |
| <b>8.2 电视机 .....</b>       | <b>181</b> |
| 8.2.1 电视机的选购与使用 .....      | 181        |
| 8.2.2 电视机的维护与简单故障处理 .....  | 183        |
| <b>8.3 收录机 .....</b>       | <b>184</b> |
| 8.3.1 收录机的选购与使用 .....      | 184        |
| 8.3.2 收录机的简单故障处理 .....     | 185        |
| <b>8.4 洗衣机 .....</b>       | <b>185</b> |
| 8.4.1 洗衣机的种类与选用 .....      | 185        |
| 8.4.2 洗衣机的使用、维护与故障处理 ..... | 187        |

## 第9章 照明装置

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>9.1 常用电光源 .....</b>   | <b>189</b> |
| 9.1.1 白炽灯 .....          | 189        |
| 9.1.2 荧光灯 .....          | 191        |
| 9.1.3 高压水银荧光灯 .....      | 192        |
| 9.1.4 黑色诱虫灯 .....        | 193        |
| <b>9.2 常用灯具的使用 .....</b> | <b>194</b> |
| 9.2.1 灯具的选择 .....        | 194        |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 9.2.2 灯具的安装 ..... | 194 |
|-------------------|-----|

## 第 10 章 常用电工仪表

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 10.1 电工仪表的分类 .....          | 196 |
| 10.1.1 电工仪表的分类 .....        | 196 |
| 10.1.2 电工仪表的符号、型号和准确度 ..... | 200 |
| 10.2 常用电工仪表的使用和维修 .....     | 202 |
| 10.2.1 电流表 .....            | 202 |
| 10.2.2 电压表 .....            | 203 |
| 10.2.3 钳形表 .....            | 203 |
| 10.2.4 万用表 .....            | 204 |
| 10.2.5 兆欧表 .....            | 205 |
| 10.2.6 电能表 .....            | 206 |

## 第 11 章 安全用电和节约用电

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 11.1 防雷装置与避雷器 .....          | 209 |
| 11.1.1 防雷装置 .....            | 209 |
| 11.1.2 防雷装置的安装要求 .....       | 210 |
| 11.1.3 农用配电变压器和低压线路的防雷 ..... | 211 |
| 11.2 预防触电 .....              | 212 |
| 11.2.1 发生触电的几种形式及防护措施 .....  | 212 |
| 11.2.2 常用电气安全用具 .....        | 215 |
| 11.2.3 漏电保护及其装置 .....        | 219 |
| 11.2.4 农村及家庭安全用电常识 .....     | 221 |
| 11.3 接地与接零 .....             | 223 |
| 11.3.1 保护接地 .....            | 223 |
| 11.3.2 保护接零 .....            | 227 |
| 11.4 节约用电 .....              | 228 |
| 11.4.1 农村低压电网的节电 .....       | 228 |
| 11.4.2 农村常用电气设备的节电 .....     | 229 |
| 11.4.3 乡镇企业和农副产品加工的节电 .....  | 331 |

# 第1章 农村发电设备

农村经济的发展和农民生活水平的提高,离不开农业生产技术的进步,离不开农业机械化和农业电气化。随着农村乡镇企业和第三产业的发展,农村用电紧缺的矛盾日益突出。由于农村地域辽阔,在居住分散的边远地区,靠大电网送电比较困难。远距离架设输电线路,投资大,维护运行也不方便,从经济性、实用性上考虑都不合算。有的地区虽与电网接通,但由于电力资源紧张,电力供应也常常不能保证。为了解决这些地区的工业、农副产品加工、照明以及广播电视等用电的需要,必须开发和充分利用当地的水力、风力、沼气等资源发电,以便就地发电,就地利用。就地发电是解决农村特别是偏远农村地区生产及生活用电的重要途径。

在农村使用的发电设备中,较为常见的是水轮发电机、异步发电机和柴油发电机等。

## 1.1 小型水轮发电机

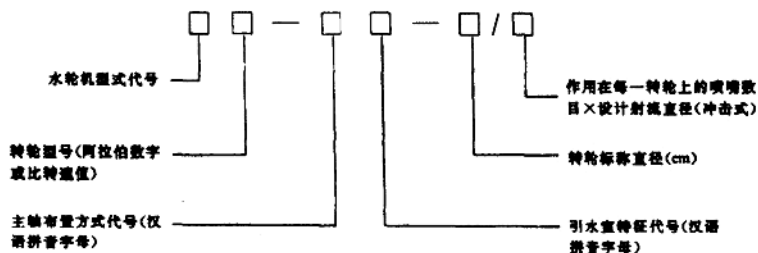
我国水力资源十分丰富,特别是在我国的西南以及中南、西北地区的广大农村。在这些具备水利资源的地方,因地制宜地发展不同规模的小水电站,作为大中型电站的补充,对实现农业的机械化、电气化具有重要的现实意义。

开发水力资源,建设小水电站,虽然初始投资较大,但水力是取之不尽的再生资源,水力发电不需要昂贵的燃料费用,发电成本低,数年内即可收回投资,有利于资源节约。水力发电在汛期可多发季节性电能,有利于发展大耗电产业项目,也可以将多发电能进行能量贮存,在溺水季节利用储能发电。水力发电污染少,有利于生态和环境保护,利国利民。

小水电站的核心设备是水轮发电机组。小型水轮发电机组主要由小型水轮机、小型水轮发电机以及控制装置等组成。

水轮机是水轮发电机的原动机,它的作用是将水流的水能变为机械能。水轮机的主要部件是转轮。按照水流对转轮的作用原理和转轮的结构特征,水轮机分为反击式和冲击式两大类。反击式水轮机是利用转轮进口处水流的压力工作的,适用于平原地区的低水头、大水流的电站;冲击式水轮机则是利用转轮进口处水流的动能工作的,它适用于高水头、小流量的电站。

水轮机型号的含义如下所示:



水轮机型式代号、主轴布置方式和引水室特征代号及其所表示的意义见表1-1。

表 1-1 水轮机型式代号、主轴布置方式和引水室特征代号

| 水轮机型式代号 |          | 适用水头范围 h(m) | 主轴布置方式代号             | 引水室特征代号 |
|---------|----------|-------------|----------------------|---------|
| 反击式     | 斜流式 XL   | 40 ~ 120    | 立轴 L<br>卧轴 W<br>斜轴 X | 金属蜗壳 J  |
|         | 混流式 HL   | 1.5 ~ 700   |                      | 混凝土蜗壳 H |
|         | 轴流转桨式 ZZ | 30 ~ 80     |                      | 灯泡式 P   |
|         | 轴流定桨式 ZD | 2 ~ 70      |                      | 单叶式 D   |
|         | 贯流定桨式 GD | 0.5 ~ 16    |                      | 明槽式 M   |
|         | 贯流转桨式 GZ | 0.5 ~ 16    |                      | 金属罐式 G  |
| 冲击式     | 冲斗式 CJ   | 80 ~ 1000   |                      | 虹吸式 X   |
|         | 斜击式 XJ   | 20 ~ 300    |                      | 轴伸式 Z   |
|         | 双击式 SJ   | 5 ~ 100     |                      | 竖井式 S   |

鉴于农村水力发电规模较小的实际情况,本节只介绍小型水轮发电机。但是需要指出的是,作为水轮发电机组的配套发电机——同步发电机,其中中小型的,有时也可以作为同步电动机和调相电动机使用。

### 1.1.1 小型水轮发电机的基本结构及工作原理

#### 1. 小型水轮发电机的基本结构

小型水轮发电机的结构形式有立式和卧式两种(大型发电机多为立式结构)。小型水轮发电机的主要结构有定子、转子、电刷、端盖、轴承等部件。

发电机的定子与三相异步电动机相同,也是由定子铁心和三相绕组等组成。发电机的定子常称为电枢。所谓电枢,就是电机产生感应电动势的部分。定子铁心由 0.35 ~ 0.5mm 硅钢片叠装而成,固定于机座内。机座通常为铸铁件或钢板做成。定子铁心为圆环形,其内圆壁有槽,槽内放置定子绕组。定子绕组为三相,称为电枢绕组,分别为  $D_1$ - $D_4$ 、 $D_2$ - $D_5$  和  $D_3$ - $D_6$ (也有表示为  $U_1$ - $U_2$ 、 $V_1$ - $V_2$ 、 $W_1$ - $W_2$ )。对称地放在铁心槽内,并接成星形。首端  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ (或  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ ) 作为 A、B、C 三相的引出线,末端  $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_6$ (或  $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$ ) 引至接线板后接在一起,作为中性点。电枢绕组与转子的励磁绕组产生的磁场相互作用,感生电势,实现能量转换。

转子主要由磁轭、磁极铁心、励磁绕组和穿过磁轭的转轴等组成。轴的一端装有风叶,另一端有两只铜制滑环及炭刷。励磁绕组的两端分别接在两只滑环上。环与环,环与转轴之间都是相互绝缘的。励磁装置送来的直流电流经电刷和滑环,进入转子的励磁绕组,产生一个恒定的主磁极磁场。定子和转子之间的间隙称为空气隙。

由于水轮机的转速较低,要想获得额定频率的感应电势,发电机转子需要较多的磁极。同时,为了在水轮发电机突然去掉负载时,转速不致升得很高,发电机转子应具有一定的飞轮力矩,所以其转子的直径一般较大,而轴向长度则较短。转子的直径一般为长度的 5 ~ 7 倍。

励磁系统是发电机的重要组成部分。励磁系统的主要作用是为发电机提供在额定运行时所需要的励磁功率,并使发电机达到规定的技术要求。传统的励磁方式是采用励磁机。励磁机是与发电机同轴或与发电机通过皮带连接的小容量的直流发电机。它靠磁极上的剩磁逐步建立电压。励磁机励磁装置价格高、体积大、换向器故障多,维修工作较麻烦,可靠性也较差。但由于它的技术比较成熟,过载能力强,易于并车,运行人员易于掌握,所以在小型水轮发电机

中应用还是比较多的。目前半导体励磁方式发展较快,将逐步代替励磁机励磁。

半导体励磁主要有可控硅整流励磁(如 TF<sub>2</sub>-K 型)、双绕组电抗分流式励磁、相复励励磁、三次谐波励磁(如 TF<sub>2</sub>S 等)。半导体励磁装置具有体积小、可靠性高、能自动调节发电机电压等优点,所以选用时宜优先考虑。

可控硅励磁是将发电机发出的交流电的一部分或由发电机特设绕组提供的交流电经可控硅整流元件整流后,通过电刷送至转子励磁绕组以供励磁。可控硅励磁方式的发电机动态性能较好,但线路较复杂,成本较高,维修困难。

双绕组电抗分流式励磁由定子附加绕组、分流电抗器、硅整流器等组成。它通过改变分流电抗器的抽头部分的匝数比或者调节分流电抗器铁芯气隙,稳定输出电压。

相复励励磁装置由相复励变压器、经硅整流器通过电刷为励磁绕组提供励磁电流。这种励磁方式线路简单,可靠性高,过载能力强,但效率较低。

三次谐波励磁由三次谐波绕组(在定子槽内,其极数为主绕组的 3 倍)感应出 3 倍于基波电压频率的谐波电压,经硅整流器整流后送至励磁绕组。三次谐波电压的大小随负载的增加而增加。所以它能随负载变化自动调节励磁电流的大小,维持输出电压基本恒定。这种励磁方式的发电机动态性能很好,有自动调压作用,尤其能直接启动与自身容量相近的异步电动机。

## 2. 水轮发电机的工作原理

水轮发电机的转子由水轮机拖动,以转速  $n$  等速旋转,励磁绕组得到由励磁机或其它整流励磁装置供给的励磁电流,建立恒定的主磁极磁场,简称为主磁场。主磁场随转子旋转成为旋转磁场。适当地选择转子磁极的形状,使旋转磁场在空间按正弦规律分布。对于固定不动的定子绕组来说,这个旋转磁场就成为一个随时间按正弦规律变化的磁场,此磁场切割定子绕组,在定子绕组中产生三相正弦交流感生电动势。

如果定子三相绕组的出线端  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  接三相负载,便有电流输出。与此同时,由于定子绕组中流过三相电流,此三相电流也将产生一个旋转磁场,称为定子磁场或电枢磁场。定子磁场的旋转速度与主磁场的旋转速度相等,方向相同。这种定子绕组产生的旋转磁场与转子主磁场转速大小相等,方向相同的现象就是同步,这个转速就叫做同步转速。

同步转速  $n$  (r/min)、感生电动势的频率  $f$  和转子主磁场的磁极对数  $P$  之间的关系为:

$$f = \frac{Pn}{60} (\text{Hz})$$

### 1.1.2 小型水轮发电机的额定值及农村常用水轮发电机的主要技术数据

#### 1. 水轮发电机的额定值

(1) 额定功率(kW)。额定功率是发电机在额定功率因数下连续运行而输出的功率,农用小型发电机的额定功率一般在 12 ~ 400kW。有的发电机标为额定容量(kVA),是发电机输出的视在功率。

(2) 额定电压。额定电压是发电机在额定运行下定子三相绕组的线电压。农用小型发电机的额定电压一般为 400V。

(3) 额定电流。额定电流是发电机在额定运行时定子绕组的线电流。

(4) 额定功率因数。额定功率因数是发电机在额定运行时有功功率与视在功率的比值。

农用小型发电机的功率因数一般在 0.8 左右。

(5) 额定频率。额定频率是发电机在额定运行时的频率,单位为 Hz。我国的额定工业频率规定为 50Hz。

(6) 额定转速。额定转速是发电机在额定运行下规定的转速,单位为 r/min。

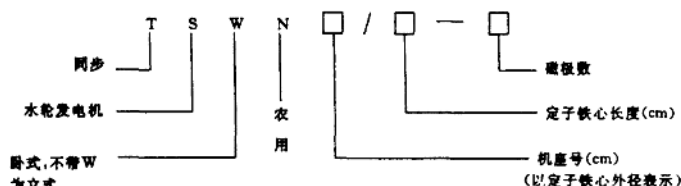
(7) 额定励磁电压。额定励磁电压是发电机的励磁电流达到额定值,发电机冷却介质达到最高容许温度的情况下,励磁绕组进线端或滑环间的电压值。

(8) 额定励磁电流。额定励磁电流是发电机在额定运行下的励磁电流。

(9) 额定温升。发电机在额定运行下,定子绕组和转子绕组允许的最高温度与额定入口风温的差值。

## 2. 农村常用水轮发电机的主要技术数据

农用小水电常用的水轮发电机有 TSN 和 TSWN 系列,其型号的含义如下所示:



TSWN、TSN 系列发电机与混流式水轮机或定桨式水轮机配套,适于偏僻、边远山区的小水流的综合利用,可作为农田水利排灌、农副产品加工、小型乡镇企业的动力和照明的能源。

表 1-2 常见农用小型发电机的主要技术数据

| 型 号                     | 额定功率 (kW) | 额定电压 (V) | 额定电流 (A) | 额定转速 (r/min) | 效率 (%)     | 励磁方式    | 励磁电压 (V) | 励磁电流 (A) |
|-------------------------|-----------|----------|----------|--------------|------------|---------|----------|----------|
| TSWN 36.8/12.5-6<br>TSN | 12        | 400      | 21.7     | 1 000        | 83<br>82   | 双绕组电抗分流 | 27.9     | 23.7     |
| TSWN 36.8/14-4<br>TSN   | 18        | 400      | 32.5     | 1 500        | 83<br>82   | 双绕组电抗分流 | 28.6     | 23.9     |
| TSWN 36.8/18-6<br>TSN   | 18        | 400      | 32.5     | 1 000        | 84<br>83.5 | 双绕组电抗分流 | 41.2     | 24.2     |
| TSWN 36.8/20-4<br>TSN   | 26        | 400      | 46.9     | 1 500        | 85<br>84   | 三次谐波励磁  | 85       | 7        |
| TSWN 42.3/19-6<br>TSN   | 26        | 400      | 46.9     | 1 000        | 86.5<br>86 | 励磁机     | 42.4     | 23.7     |
| TSWN 42.3/25-6<br>TSN   | 40        | 400      | 72.2     | 1 500        | 88<br>87.5 | 硅整流     | 29.8     | 49.2     |
| TSWN 42.3/20.5-6<br>TSN | 40        | 400      | 72.5     | 1 500        | 89<br>88.5 | 双绕组电抗分流 | 24.7     | 51.2     |

续表

| 型 号                   | 额定功率<br>(kW) | 额定电压<br>(V) | 额定电流<br>(A) | 额定转速<br>(r/min) | 效率<br>(%) | 励磁方式     | 励磁电压<br>(V) | 励磁电流<br>(A) |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------|----------|-------------|-------------|
| TSWN 49.3/25-6<br>TSN | 55           | 400         | 99.1        | 1 000           | 89.6      | 三次谐波励磁   | 37.6        | 48          |
| TSWN 49.3/30-6<br>TSN | 75           | 400         | 135.5       | 1 000           | 91        | 双绕组电抗分流  | 43.3        | 40.6        |
| TSWN 59/34-8<br>TSN   | 100          | 400         | 180.5       | 750             | 91        | 电抗分流自励恒压 | 85.8        | 47.7        |
| TSWN 59/27-6<br>TSN   | 100          | 400         | 180.5       | 1 000           | 91        | 硅整流      | 26.7        | 120         |

该系列水轮发电机有卧式和立式两种,其励磁装置有励磁机及半导体励磁多种方式。一般采用凸极式,其结构简单,安装方便。

常见农用小型发电机的主要技术数据见表 1-2。

### 1.1.3 小型水轮发电机及其控制装置的选择

#### 1. 小型水轮发电机的选择

小型水轮发电机的选择主要考虑以下几个问题。

- ① 水轮发电机的功率,应考虑发电机效率和传动效率,按略低于水轮机的功率进行选择。
- ② 由于水轮发电机的转速越高,其重量越轻,价格越便宜,所以应优先选择转速较高(1 500 r/min 和 1 000 r/min)的发电机。水轮发电机的转速应尽量与水轮机的转速相吻合,采用联轴器连接水轮机和发电机,以提高转动效率,方便维修。

③ 水轮发电机应优先选用半导体励磁装置。这是因为半导体励磁装置维修方便,能自动维持发电机的端电压在 $\pm 5\%$ 的范围以内,能启动相对发电机容量 70% 的异步电动机。励磁机换向器故障多,维修工作量大,而且仅能启动相对发电机容量 30% 的异步电动机。

④ 水轮发电机的装置方式(卧式或立式),一般应与水轮机的装置方式相同,只有在 25kW 以下的才可考虑采用半交叉皮带传动。

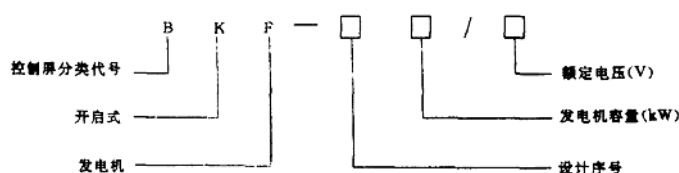
#### 2. 小型水轮发电机控制方式的选择

小型水轮发电机控制方式的选择,在条件许可的情况下,尽量选用配套控制屏。这是因为配套控制屏选用电气装置及线路设计一般较为合理,技术较成熟,安装和检修比较方便。

目前使用较多的成套控制装置如下。

##### (1) BKF 系列控制屏

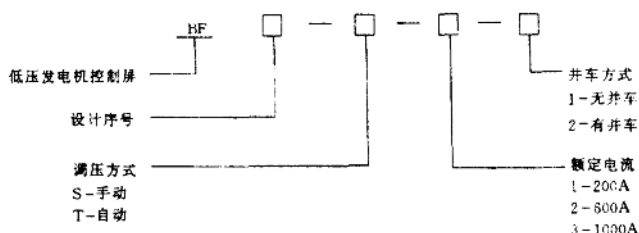
BKF 系列控制屏型号的含义如下所示:



BKF 系列发电机控制屏用于三相三线制或三相四线制,电压为 400/230V 的小型发电机组的控制,其额定容量有 20~750kW 多种型式。屏上备有能指示发电机运行状态的电压表、电流表、频率表、功率因数表和瓦特表等,具有过载及短路保护和各种开关装置。

### (2) BF 系列控制屏

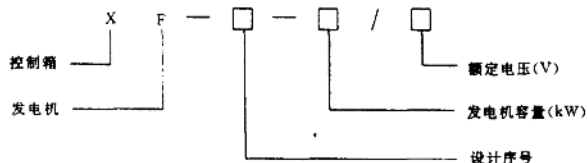
BF 系列控制屏型号的含义如下所示:



BF 系列发电机控制屏由 BF 控制屏改进而成,用于三相四线制、电压为 400/230V 的小型发电机组的控制。控制屏面板装有指示灯及多种测量仪表,用于指示发电机运行状态。屏内装有过载及短路保护装置。其中 BF<sub>3</sub> 型额定容量有 50~500kW 等多种型式,可带有调压(自动或手动)及并车装置;BF<sub>4</sub> 型为额定容量 50kW 以下的箱式结构,可带自动调压装置。

### (3) XF 系列控制箱

XF 系列控制箱型号的含义如下所示:



XF 系列控制箱用于三相四线制、电压为 400/230V 的小型发电机组的控制。其额定容量为 20~100kW,具有过载及短路保护性能。其箱板装有多种测量仪表及指示灯。

各类发电机控制屏的选用,主要依据发电机的技术数据(功率、电流、电压),同时应考虑调压方式、有无并车等。

对于容量较小的发电机组,可以根据实际情况自制控制箱。自制控制箱应注意以下几个方面:

① 控制箱可用铁制或木制,应牢固、防潮、防腐。

② 各种测量仪表和控制设备以及导线的选用,必须根据发电机和负载的大小合理选用。作为最基本的测量仪表,应具备:

a 交流电压表。可选用 1T1-V、0~450V 板面用电压表,通过 LW<sub>5</sub> 转换开关,进行电压表的换相测量。

b 交流电流表。宜采用 1T1-A 电流表作电流指示。

c 频率表,可选用 1D1-Hz、45~55Hz、220V。

d 总开关可采用 DZ10 系列自动空气开关。分路开关,视其重要程度可选用自动空气开关或铁壳开关、胶瓷开关等,其额定电流应与发电机及负载相适应。

e 接线时应可靠,正确无误,走线应短捷、有序,以便检修。

f 如采用金属箱体结构,其外壳应与机组底盘连接共同接地,也可单独接地,接地应可靠,符合规定。

上述各类控制屏不但适用于小型水轮发电机,同时也适用于其它小型发电机(例如柴油发电机组)的控制。

#### 1.1.4 小型水轮发电机的使用与维修

##### 1. 水轮发电机的使用

###### (1) 对发电机投入运行前的检查

发电机投入运行前必须做如下的检查。

① 检查绝缘电阻。对新安装及久置未用的衣用发电机,使用前必须测定绝缘电阻值。额定电压为 400V 的,可用 500V 或 1 000V 兆欧表。测定发电机绕组的绝缘电阻和励磁装置各绕组的绝缘电阻值,不应低于  $2M\Omega$ ,否则应对绕组进行干燥处理。在测定励磁装置的绝缘电阻时,一定要将与硅元件的连接线拆除,以免损害硅元件。(凡装有电子元件的装置,在用兆欧表摇测绝缘电阻时,都应与电路分离。)

② 检查发电机与励磁装置的接线是否正确,发电机各引出线有无松动。

③ 检查发电机内部有无杂物、灰尘,滑环表面是否清洁。

④ 检查发电机电刷压力是否适宜,接触是否良好,刷握是否牢固可靠。

⑤ 发电机与水轮机的连结应可靠,水轮机的转向应与发电机的外壳箭头指示方向相同。转动应灵活自如。

⑥ 发电机机壳应有良好接地。

⑦ 励磁回路的磁场变阻器应放于空载额定电压位置。

###### (2) 对新安装的发电机进行试运行

新安装的发电机在正式投入运行前,还应进行试运行。试运行时,分别以空载低速(额定转速的 60% 左右)、空载额定转速、空载额定转速额定电压试运行,观察机械运转状况是否正常,能否起励建压。在交流电压为额定值时,测定转子励磁电压与励磁电流是否与出厂试验时的空载额定值相近,相近时表示正常。若运行过程有异常,应停机检查。排除故障后重新试验。

空载试运行正常后,方可带负载试验,可依次施加 25%、50%、100% 额定负载,并持续运行 72h,一切都正常后,试运行完成。

###### (3) 开车

开车时,应先打开水闸,使水轮机缓缓加速至额定值,发电机应建立电压。此时,应注意发电机有无杂音、振动及异味。若一切正常,即可调节励磁,使电机升压至额定值,然后闭合负载开关,投入正常运行。

###### (4) 小型水轮发电机运行中的监护

① 应随时监听发电机运转声音是否正常、有无振动、有无异常气味。

② 应特别注意检查轴承温度是否超过规定值。滑动轴承不应超过  $80^{\circ}\text{C}$ ,滚动轴承不应超过  $95^{\circ}\text{C}$ 。

③ 要注意检查发电机定子绕组是否超过允许温升,有无过热。各种不同绝缘等级的发电机的允许温升可参照第 4 章 4.2 表 4-2。

当不具备测温条件时,可在验证电机外壳确实不带电的情况下,用手触摸电机外壳和轴承盖,若正常时,应不太烫手且能持续接触,此时一般不大于  $65^{\circ}\text{C}$ 。

④ 要经常观察滑环及换向器火花是否正常,并及时调整处理,如果火花很大,应停机检查。

⑤ 应随时注意观察发电机的电压、电流读数变化。发电机连续运行的电压波动不得大于额定电压的 10%,定子电流不应超过其额定电流,且三相电压、电流应保持平衡。若电压、电流读数突然发生变化,应及时检查原因加以处理。同时,还应注意发电机频率波动应在 0.5Hz 之内。

⑥ 要经常查看发电机的接地是否牢靠。

(5) 发电机的正常停机和异常停机

① 正常停机操作。需要正常停机时,应先减负载,在减载的同时,逐步关闭导水闸门,防止由于突然甩掉负载而引起“飞车”。去掉负载后,再调节磁场电阻,使发电机电压下降,再拉开停机。

② 紧急停机操作。在发电机运行中,只要出现下列严重情况中的任何一项,应立即紧急停机:

- 1) 机组发生剧烈振动,并伴随异常声响;
- 2) 发电机电压急剧上升;
- 3) 换向器(或滑环)电刷有强烈火花,经处理无效;
- 4) 发电机、励磁机的定子、转子冒烟火,或有焦灼气味;
- 5) 轴承温度超过允许值,经加添润滑油后仍然无效;
- 6) 机组传动装置出现严重故障;
- 7) 定子绕组温度超过允许值,经降低负载后,仍然无效;
- 8) 水轮机发生故障,经处理无效;
- 9) 励磁装置发生故障,励磁电流突然下降,经调节后仍然无效。

紧急停机操作时,应拉开发电机主开关,拉开励磁开关;迅速停止水轮机,关闭进水阀。

(6) 小型水轮发电机的保护

小型水轮发电机虽然容量小,但对一般农村地区来说,却直接关系到当地工农业生产和人民生活,而且由于农村检修力量薄弱,一旦损坏,常常是达到很难修复的地步。因此,对小发电机尽量设置可靠的保护装置,以保证发电机不受严重损坏。

根据农村水电站的特点,小发电机的保护可按以下方法考虑:

① 定子绕组的相间短路保护。凡中性点有引出线的小型发电机均宜采用差动保护。对于同其它发电机或电力系统并列运行,容量在 100kW 以上,或者容量在 60kW 以上,并装有 DW<sub>3</sub> 型自动开关的发电机,可采用电流速断保护作为定子绕组的相间短路保护,也可动作于跳闸,灭磁和停机,如电流速断保护灵敏度不满足要求,可装设差动保护。

对容量小于 1000kW 的小型机组如中性点无引出线,可采用电流速断保护。

② 对于机组数目在 2 台以下的孤立运行的水电站,或电站所连电网容量较小时,由于电流速断装置的灵敏度不够,可不设电流速断装置而采用自动开关,利用它的失压脱扣作为发电机定子线圈的短路保护。

③ 过电流保护。对于小容量的发电机,常采用低电压启动(或复合电压启动)的过电流保护,动作于跳闸。对于 20kW 以下的发电机,一般仅需采用熔断器作为定子绕组及外部短路的

过电流保护,不必再装设其它保护装置。

④ 对农村水电站,可不装励磁消失保护。当电站与容量不大的地方电网并列运行,或机组在2台以上,且单机容量在60kW以上时,可在发电机励磁回路装设直流电流表监视电流变化。

⑤ 对电压在3000V以下的水轮发电机,由于突然甩负荷会引起定子绕组出现1.8~2倍额定电压的过电压,对定子绕组绝缘造成危害,必须装设过电压保护。其动作电压整定值可取额定电压的1.5~1.7倍,动作时间为0.5s。

## 2. 小型水轮发电机的维修

发电机的维护和保养是发电机组维修的主要内容。农村许多地区的经验证明,不少故障都是由于使用和维护不当造成的。不及时对发电机进行适当的维护,不仅大大缩短机组的使用寿命,甚至会发生严重事故。

发电机的维护主要应做好以下几项工作。

① 发电机换向器的表面应保持光洁,没有伤痕或灼伤、油污或污物,启动前可用于布擦拭。

② 发电机的滑环不应有擦伤和烧焦的痕迹,若表面有油污,可用布蘸少许汽油擦拭。若有微伤痕或轻微灼伤,可在发电机运转时以00号砂布磨光,然后用干布将表面擦干净,若表面腐蚀严重,则应在车床上加工处理。

③ 电刷表面应光滑,与换向器或滑环的接触面积不应低于工作面的80%,要保持一定的压力。

④ 电刷磨损过度或损坏,应及时更换新电刷,新电刷必须与原电刷型号相同。新电刷换上后必须用0号或00号砂布研磨,使工作面光滑并与换向器或滑环表面吻合。

⑤ 小型发电机的轴承故障较为常见。轴承应使用规定的润滑脂润滑,润滑脂应清洁无杂物。若发现轴承内润滑脂已硬化,则应将轴承用煤油清洗干净再填入新脂,润滑脂加入量应适当,一般装至容积的1/2~1/3。不同型号的润滑脂不能混合使用。

当轴承磨损过大,轴承在机座上发生松动时,应更换原型号轴承。

⑥ 要保持电机外壳及周围环境的清洁。严防各种油类、水或其它液体及杂物进入电机内部。

⑦ 发电机应定期保养检修,一般每半年一次中、小修,一年一次大修,以便及时发现故障,保证安全运行。

电机的小修内容主要有:解体清洁各部件;清洗轴承,换润滑脂;更换损坏量在10%以下的紧固件并配齐缺损件;换向器的车圆、磨光及个别线头的重焊;转子或定子绕组的修复;局部线圈的绝缘包扎等。

电机的中修内容主要有:电机换轴或局部更换绕组;更换轴承;更换损坏量在25%以下的紧固件并配齐缺损件;电刷装置解体修理,定子绕组的浸漆、烘干,电机内部连接线的连接、包扎以及小修等。

电机的大修内容主要有:拆洗电机所有零部件,装有电容器的电机更换电容,修整换向器、集电环,绕组重换,电枢、绕组转子和定子的浸漆处理及中、小修各项。

小型发电机主要常见故障及处理方法列于表1-3,供操作人员参考。

表 1-3

小型发电机的常见故障及处理方法

| 故障现象       | 故障原因                                                                                                                                                                                                                                       | 处理方法                                                                                                                                                                                                                               |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 不发电        | 1) 转速太低<br>2) 原动机旋转方向不对<br>3) 接线错误<br>4) 励磁电压过低或为零<br>① 励磁调节电路开路<br>② 电刷与换向器接触不良, 刷架松动或电刷接地<br>③ 励磁绕组接线错误或极性接反<br>④ 输出线连接不良或开路<br>⑤ 磁极无剩磁<br>(正常剩磁电压 $U_{残} > 10V$ , $U_{剩} > 6V$ )<br>⑥ 整流器的半导体元件损坏, 或开路<br>⑦ 电抗器、电流互感器(相复励)或谐波励磁绕组短路(短路) | 1) 测量转速, 并调节转速至额定值<br>2) 改正原动机旋转方向<br>3) 按接线图正确接线<br>4) 检查励磁电路<br>① 检查励磁调节电路, 查明开路点并接好<br>② 清洁换向器表面, 检查电刷的接触面和接触压力, 使之符合要求<br>③ 改正错误接线; 按正确极性用电池充电<br>④ 将压线拧紧, 检查连接部接触面<br>⑤ 用蓄电池充磁<br>⑥ 检查整流装置, 更换损坏元器件<br>⑦ 找出断路(短路)点, 消除故障或更换线圈 |
| 发电机电压调不上去  | 1) 原动机转速低<br>2) 励磁电流过小<br>3) 励磁机电刷位置不当或压力小<br>4) 定子绕组或励磁绕组有局部短路或接短<br>5) 整定电阻太小或电抗器气隙太小(相复励)<br>6) 可控硅导通晚(可控硅励磁)                                                                                                                           | 1) 调整转速至额定值<br>2) 调节磁场变阻器, 检查励磁调压装置<br>3) 调整电刷位置和压力<br>4) 检查短路及接地点, 予以消除<br>5) 适当增加整定电阻或调整气隙<br>6) 调整增大可控硅导通角                                                                                                                      |
| 三相电压不平衡    | 1) 定子绕组接线头松动或某相断路(短路)<br>2) 三相负载不对称                                                                                                                                                                                                        | 1) 紧固接线, 消除断(短)路故障<br>2) 调整负荷, 使之基本平衡                                                                                                                                                                                              |
| 电压不稳       | 1) 励磁装置故障<br>2) 电刷接触不良, 或接线松动<br>3) 原动机转速不稳                                                                                                                                                                                                | 1) 检修励磁装置, 有无断路、短路或稳压器损坏<br>2) 调整电刷压力, 磨配好接触表面, 检查电刷接线<br>3) 检查本轮机转速                                                                                                                                                               |
| 加负载后电压下降过多 | 1) 励磁电流跟不上增加<br>2) 供电线路接地                                                                                                                                                                                                                  | 1) 检修励磁调压装置<br>2) 检查负载线路, 消除接地                                                                                                                                                                                                     |
| 绝缘电阻过低     | 1) 电机线圈受潮或老化<br>2) 电机绕组或导电部分有灰尘                                                                                                                                                                                                            | 1) 干燥处理, 浸漆或更换绝缘<br>2) 清理并用压缩空气吹净灰尘                                                                                                                                                                                                |
| 发电机过热      | 1) 长时间过负载或三相负载不平衡<br>2) 定子绕组一相断路或短路<br>3) 轴承磨损引起铁心磨擦<br>4) 通风散热不良                                                                                                                                                                          | 1) 减轻负载, 调整负荷<br>2) 检修断路或短路线圈<br>3) 更换轴承<br>4) 检查风道和风扇                                                                                                                                                                             |
| 轴承过热, 噪声大  | 1) 轴承磨损严重或轴弯曲<br>2) 润滑剂不适当或不干净<br>3) 转子零部件松动<br>4) 传动皮带过紧<br>5) 电刷太硬或压力太大                                                                                                                                                                  | 1) 更换轴承或调轴<br>2) 清洗轴承后加规定适量的干净润滑剂<br>3) 停车检查并紧固之<br>4) 调整传动皮带<br>5) 更换符合规定的电刷或调整弹簧压力                                                                                                                                               |