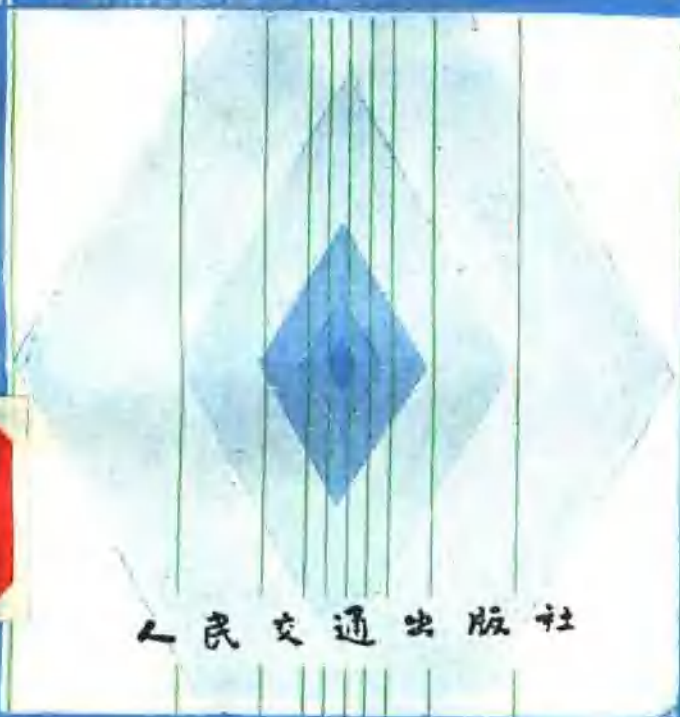


# 船 闸 电 气

徐守余 编  
钱亚英



人民交通出版社

# 船 闸 电 气

Chuanzha Dianqi

徐守余 钱亚英 编

人 民 交 通 出 版 社

## 船 闸 电 气

徐守余 钱亚英 编

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各 地 新 华 书 店 经 销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$  印张: 4.875 插页: 3 字数: 100千

1990年1月 第1版

1990年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—1,280册 定价: 3.40元

## 内 容 提 要

本书介绍有关船闸电气管理方面的基本知识，通俗易懂。全书共分七章，内容有船闸概况、船闸控制设备常用元器件及其线路、自动控制的基本原理及其在船闸控制中的应用和船闸控制设备常见故障及其排除方法。

本书可供船闸技术、管理人员及有关读者阅读。

## 前 言

船闸是一种解决航道上不同水位落差的过船建筑物。船闸建成后，大量的管理工作就是机电设备的使用与保养。随着我国科学技术的发展，船闸启闭机械的控制逐步发展成电子程序控制和电子计算机控制。为了确保船闸的安全畅通，船闸工作人员熟练掌握控制设备的原理、性能和检修技能具有十分重要的意义。为此我们编写了这本书。

本书比较通俗易懂地介绍了船闸的基本概况、启闭方式和电气控制的基本原理及种类；电气控制设备常用元器件的基本性能及电路；控制设备的常见故障及排除方法。目的是帮助读者了解船闸电气的基本知识和船闸自动控制的原理，初步掌握船闸程序控制的基本设计方法及常见故障的排除等，以提高解决实际问题的能力。

本书共分七章。第一至第二章，简要介绍船闸的概况；第三和第四章介绍船闸控制设备常用元器件及其线路；第五至第六章，介绍自动控制的基本原理及其在船闸控制中的应用，并附带介绍船闸电气助航设施；第七章介绍船闸控制设备的常见故障及排除方法。

本书适用于船闸技术人员、管理人员使用，亦可作为操作工技术培训的参考及供从事程序控制设计的工程技术人员参考。

由于我们水平有限，书中缺点、错误难免，希望广大读者提出宝贵意见，不胜感谢。

编 者

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 船闸的组成          | 1  |
| 第二章 船闸供电           | 3  |
| 一、电力结构和总体布置        | 3  |
| 二、自动控制的设计原则        | 3  |
| 三、控制设备             | 4  |
| 四、照明               | 5  |
| 五、船闸的自备电源——发电机组    | 5  |
| 第三章 船闸电气控制常用的低压电器  | 11 |
| 一、刀开关              | 11 |
| 二、转换开关             | 13 |
| 三、自动空气断路器          | 14 |
| 四、按钮和继电器           | 16 |
| 五、交流接触器            | 23 |
| 六、磁力起动器            | 26 |
| 七、限位开关             | 27 |
| 八、变压器、互感器          | 31 |
| 九、异步电动机            | 35 |
| 十、电器控制电路           | 40 |
| 第四章 船闸控制常用半导体元件及线路 | 48 |
| 一、半导体二极管           | 48 |
| 二、硅稳压二极管及其特性与参数    | 53 |
| 三、半导体二极管的应用        | 55 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 四、晶体三极管.....                   | 64  |
| 五、半导体三极管的应用.....               | 72  |
| 六、可控硅及其应用.....                 | 79  |
| 七、集成电路.....                    | 83  |
| <b>第五章 顺序控制系统基础</b> .....      | 85  |
| 一、船闸自动控制的意义和作用.....            | 85  |
| 二、自动控制系统及其方式.....              | 86  |
| 三、顺序控制系统的组成.....               | 88  |
| 四、顺序控制系统的逻辑运算.....             | 97  |
| 五、逻辑线路及其真值表.....               | 99  |
| 六、顺序控制系统设计原则及电气图纸基本知识.....     | 110 |
| <b>第六章 顺序控制系统在船闸上的应用</b> ..... | 117 |
| 一、船闸运行工艺的要求.....               | 117 |
| 二、船闸运行逻辑回路图.....               | 118 |
| 三、水位信息及其传输方式.....              | 120 |
| 四、目前国内常用的几种自动控制线路.....         | 130 |
| 五、船闸电气助航设施.....                | 136 |
| <b>第七章 船闸控制系统常见故障</b> .....    | 139 |
| 一、系统故障的产生及防止.....              | 139 |
| 二、电器设备和外围部件常见故障产生的原因及排除.....   | 141 |
| 三、人为故障及防止.....                 | 146 |

# 第一章 船闸的组成

船闸有三个基本部分组成：闸室、闸首（包括上闸首和下闸首）及引航道（包括上游引航道和下游引航道）。平面图如图 1 所示。

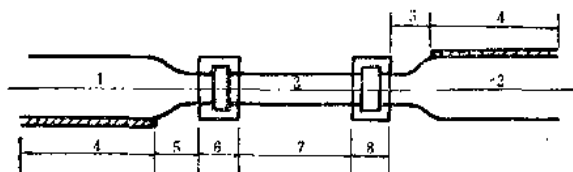


图 1 船闸的基本组成部分

1-上游引航道；2-下游引航道；3-闸室；4-靠船建筑物；5-导航架；  
6-上闸首；7-闸室长度；8-下闸首

在上、下闸首上安设有闸门。关闭闸门，可以保证闸室与上、下游引航道的水流隔离。此外，还设有输水廊道，将闸室与上、下游引航道连通。

廊道中设置阀门加以控制。当闸室通过上游输水廊道与上游相通时，水将自上游流入闸室，闸室中的水面则由下游水位上升到与上游水位齐平，这一过程称为闸室的灌水。相反，当闸室通过下游输水廊道与下游连通时，水自闸室流入下游，闸室中的水面则由上游水位下降到与下游水位齐平，这一过程，称为闸室的泄水。

当船舶停泊于闸室中时，即可借助于闸室的灌泄水以调整闸室中的水面，使船舶在上、下游水位之间作垂直升降，



从而通过集中的落差。图 2 为船舶自下游驶至上游时通过船闸的过程示意图。

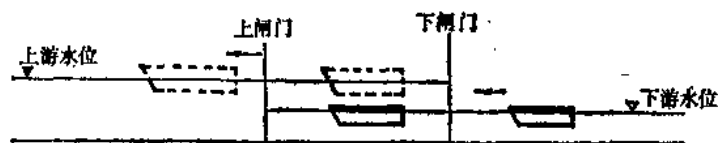


图 2 船舶过闸示意图

引航道是船舶过闸前后经过的航道。在引航道靠近闸首的岸边，设置有供等待过闸的船舶停靠用的靠船建筑物。在较宽的引航道与较窄的闸首之间的过渡段，布置有导航建筑物（导航架），以调整船舶进闸时的方向，保证船舶安全进出。

目前大部分船闸为单级船闸，只需经过一次灌泄水即能使船舶克服全部落差，予以通过。一般认为单级船闸适用于 30 m 以内的水头。我国目前最大的葛洲坝单级船闸水头为 27 m。当落差很大时，一般采用多级船闸，将全部落差分配到几个闸室上，使船舶依次、连续地通过。

船闸闸门的类型主要有以下几种：人字门、下降式弧形门、下降式平板门、横拉门、三角门、叠梁门及一字门。使用较多的为人字门、横拉门及三角门。船闸阀门多用平板提升式，也有少数船闸在闸门上设置阀门。

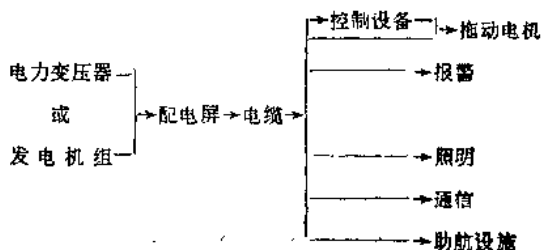
闸阀门的启闭目前主要有卷扬式、螺杆式、油压式及蜗轮蜗杆式等形式。

## 第二章 船 闸 供 电

船闸供电对象主要是各种启闭机械的低压电动机、排水泵及照明等。

### 一、电力结构和总体布置

船闸一般电力由供电局或船闸自备电源——发电机组供给，其供电程序如下，



船闸都设有配电间，内设配电板以分配电力。

船闸负荷一般分布在闸室两侧。因此，在闸室两边分别布置有一条安放电缆的纵向电缆沟。

### 二、自动控制的设计原则

1. 为保证运行可靠，大部分船闸设双重操作系统，采用弱电小型有触点装置和无触点装置，两套互为备用，实现单闸室自动化。

2. 采用集中控制、闸首控制与单机操作相结合的控制方式。

3. 电气控制设备宜先在条件相似的船闸进行中间试验或各种模拟试验, 合格后方可投入使用。

### 三、控制设备

控制设备为船闸自动化系统的中心部分。控制设备一般包括控制屏台、监视系统、信号系统、超声波检测系统、水位测量系统及应急操作开关等。

#### 1. 集中控制屏台

集中控制屏台一般位于一闸首的集中控制室内, 屏上有模拟信号, 台内设有弱电小型有触点控制装置及无触点控制装置, 并兼设手动操作装置。手动操作装置只作为临时措施。

无触点控制装置采用可控硅元件及各类集成电路或分离元件。

#### 2. 监视系统

为便于操作人员掌握各部分的运行状态, 正确发出指令, 设有如下监视系统:

(1) 表头监视, 包括各类电压、电流表头, 监视供电电压及元件运转情况。

(2) 信号监视, 包括各类小型指示灯、监视程序的执行情况、运转件到位情况及故障指示。

此外有些船闸还设有:

(3) 船闸监视, 在集中控制室的控制屏台上设置船闸模拟屏, 直接反映闸门、阀门和信号系统的运行情况。

(4) 船舶监视, 在航道上设置可以调整角度的工业电视系统, 以便值班人员正确指挥船舶过闸。

#### 3. 信号系统

(1) 灯光信号在船闸的上、下闸首的上、下游系靠侧和

靠船墩处设置红、绿、黄指示信号灯；上闸首下游侧，下闸首上游侧，设置船舶限位灯标；船闸中心线设置导航灯标及进出闸信号灯，等等。

(2) 音响信号包括蜂鸣器及电铃音响信号，用于事故报警。

(3) 闪光信号和其他各部分的事故和故障光字牌。

#### 4. 超声波船舶探测装置

为探测船只进出船闸情况而设。在船闸上、下游闸首的外侧，各设置两对相对应的光电探测装置（多数船闸目前尚未安装）。

#### 5. 水位测量系统

为测量闸室、上下游水位情况及程序控制的需要而设，可以反映各水位或水平信息。

#### 6. 安全措施

为确保运行安全，在控制室、上下闸首均设有事故和故障紧急开关或按钮，以便发生异常情况时能紧急停机。

### 四、照 明

在下列部位，设置室内外照明：

1. 机房、变电房、控制楼；
2. 闸室面、活动桥、导墙、靠船墩；
3. 引航道（按航运要求布置）；
4. 部分电缆廊道。

### 五、船闸的自备电源——发电机组

我国的船闸大部分位于远离城镇的乡村，加之目前电力供应尚不十分充足，经常停电，为了保证船闸的正常运行，大

部分船闸都设有自备电源。

船闸的自备电源采用柴油发电机组，由柴油机和发电机两大部分组成。交流发电机为柴油发电机组的主要组成部分，常用同步发电机。下面简单介绍这种发电机的结构和工作原理。

四级交流发电机的结构原理如图 3 所示。

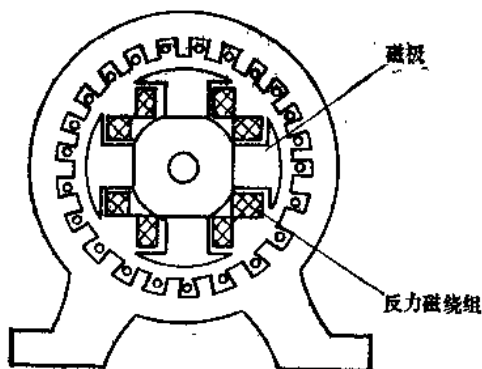


图 3 交流发电机的结构原理图

这是一种按电磁感应原理工作、将机械能转变为电能的旋转电机。

其结构和异步电动机类似，定子的铁芯槽子对称嵌有三相绕组；转子则由铁芯磁极和套于磁极的励磁绕组构成，转子和定子间有一很稀薄的空气隔层。

根据电磁感应原理，只要导体与磁场有相对运动，导体切割磁力线，就会在导体上产生感应电动势，因此，当原动机拖动转子旋转时，在绕组导体中也会产生感应电动势。

当电流通过励磁绕组时，发电机定子和转子间的空气隙

中的磁感应强度大体上按正弦规律分布。于是当原动机(船舶上所用的原动机为柴油机)带动转子旋转时,就产生一个旋转的磁场。这个在空间按正弦规律分布的旋转磁场,对固定不变的定子绕组,就是一个随时间按正弦规律变化的磁场。而定子三相绕组则在此旋转磁场中感应产生正弦交流电动势。由于定子三相绕组的空间位置是对称的,因此三相绕组中的感应电动势也是对称的。我们按三相电路的联接方法,把定子三相绕组接成星形或三角形(实际上发电机一般都接成星形),再与负载接通,那么在感应电动势的作用下,电路中就会出现电流,从而向负载输出电能。

向同步发电机的转子励磁绕组供给励磁电流的整套装置,叫做励磁系统。励磁系统是同步发电机的组成部分。每一台发电机都有自己的一套励磁系统,在正常运行时,由它向发电机提供励磁电源。

目前,同步发电机的励磁方式主要有两大类,一类是直流发电机励磁,一类是半导体静止式励磁。

直流发电机用作励磁电源时,称励磁机,它一般与发电机装在同一轴上,故也称并激直流发电机。半导体励磁系统分自励式(自激式)和他励式(他激式)。

同步发电机和其他电机一样,制造厂家将发电机正常运行的条件、各种规格的数据都印刻在铭牌上,这些数据称为额定值。同步发电机的主要额定值有:

1. 额定电压 $U$ 。指发电机在正常运行时,制造厂家规定的定子三相绕组的线电压。电压的单位是伏(V)或千伏(kV)。

2. 额定电流 $I$ 。指发电机在额定运行时,制造厂家规定的流过定子绕组的线电流。电流的单位是安(A)或千安

(kA)。

3. 额定容量  $P_e$ 。指发电机在额定运行时输出的功率，单位是千瓦 (kW)。它与额定电压和额定电流间的关系是：

$$P_e = \sqrt{3} U_e I_e \cos \varphi_e$$

4. 额定转速  $n$ 。指转子正常运行时的转速，单位是 r/min。

5. 额定效率 指发电机在额定状态运行时的效率。

6. 额定频率  $f$ 。我国规定的额定工业频率为 50Hz。

此外还有相数、额定功率因数、定子及转子的容许温升及绝缘等级、定子重量及转子重量、励磁容量及励磁电压等。

柴油机是以柴油为燃料的内燃机。由于它的发火是靠空气的压缩而自燃的，不需火花塞点火，因此也叫做压燃式内燃机。由于它的热效率高，经济性好，使用安全可靠，因此得到了广泛的应用。

要使柴油在机器内燃烧放出热量，并转化为有效的机械功，需要具备以下几个条件：

1. 有足够的空气供柴油机燃烧；
2. 要求很高的温度促使油滴蒸发成油气；
3. 需将柴油喷散成很细的雾状，以保证燃料与新鲜空气均匀混合，以得到充分和完善的燃烧。

因此，柴油机首先要有一个密封的气缸，一个活塞，先把空气吸进来，再把它压缩到很高的压力和温度，然后将燃油喷入高温高压的空气中发火燃烧；燃烧产生的大量热能，使工作的压力、温度急剧升高，在气缸中膨胀推动活塞做功；再借助曲杆连杆，使活塞的往复运动转变为曲轴的回转

运动，至此构成一个最简单的柴油机的工作过程。

柴油机的主要部件包括（四冲程柴油机）：

1. 固定部件 机座、机身、主轴承、气缸套、气缸盖；
2. 运动部件 活塞、活塞销、连杆、连杆螺栓、曲轴；
3. 配气机构 凸轮轴、顶杆、摇臂、进气阀、气阀弹簧；
4. 燃油系统 高压喷油泵、高压油管、喷油器；
5. 辅助部件 进气管、排气管。

此外，柴油机还须配备润滑、冷却、操纵、控制、调速、传动机构等系统的零部件。

柴油机的种类繁多，按工作循环特点可分四冲程柴油机及二冲程柴油机；按气缸冷却方式可分水冷柴油机及风冷柴油机；按柴油机转速和活塞平均速度可分高速柴油机、中速柴油机及低速柴油机；按结构特点可分筒形活塞式柴油机与十字头式柴油机和立式与卧式柴油机等。

柴油机的循环通过进气、压缩、工作（燃烧及膨胀）及排气四个过程实现。

柴油机所用的燃料主要是柴油。柴油是液体燃料，有轻柴油和重柴油两种。高速柴油机一般用轻柴油，大型低速柴油机用重柴油较多。柴油的性质对柴油机的燃料耗率、功率、使用的可靠性和寿命都有很大的关系，所以在选用柴油时，必须了解该柴油机对柴油质量的要求，主要有：①柴油不含杂质和不易结胶，因为柴油机的喷油泵、喷油嘴等部件很精密，如燃油含有微量的杂质即会增大磨损；②柴油在寒冷的气候条件下能够流动，故对于容易凝固的柴油，在使用、保管时应根据具体情况适当地预热保温；③柴油应具有一定的粘度，以保证高压油泵柱塞的润滑。



柴油机本身不具备起动的能力，须用外力驱动柴油机曲轴以一定转速回转，带动活塞在气缸内首先完成进气、压缩两个过程，将气缸中的空气压缩到燃料自燃温度以上，点燃喷入气缸内的燃油进行第一次燃烧做功，此时，柴油机才能起动，并进入独立工作状态。起动性能的好坏是柴油机一个重要性能指标，操作人员应十分关注，做好保养工作，保证柴油机能在任何大气状况下可靠起动，并做到起动迅速、起动消耗功率小，能在短时间内多次起动。

发电机使用时应注意：

#### 1. 送电前的检查和送电方法

- (1) 检查电源输出开关是否放在断的位置；
- (2) 检查手动电压调节器旋钮是否反时针旋到底；
- (3) 检查手动—自动开关是否放在“自动”位置。
- (4) 按步骤起动柴油机，并将转速调至规定转速（频率为50Hz）；
- (5) 电压表指示数值应为380~400V，否则应进行调整；
- (6) 最后接通电源输出开关，向负载供电。

#### 2. 断电方法

- (1) 将电源输出开关扳至分（min）的位置；
- (2) 将手动电压调节旋钮反时针旋到底；
- (3) 按步骤停止柴油机的工作。