

374091

中等专业学校教材

船舶机械电力拖动

王培基主编 费以法主审



国防工业出版社

629/17

1044

U665.13 39320

374091 v 33

中等专业学校教材

船舶机械电力拖动

王培基主編 費以法主审



国防工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书是根据部訂中等专业学校“船舶电气装置”专业教学大纲，在原有讲义的基础上編写成的。內容共分三篇：第一篇电力拖动自动控制，主要讲述常用的主要电器，控制綫路典型环节和典型的控制綫路；第二篇舰船机械电力拖动，主要讲述舵、锚机、起重机和泵等简要工作原理、电动机的选型和容量計算，以及典型控制綫路；第三篇舰船电力推进，主要讲述螺旋桨的机械特性，推进电动机的容量計算、調速和控制系統的一般知識。

本书可供中等专业学校“舰船机械电力拖动”課程进行教学时使用，也可供工厂和設計单位工程技术人员参考。

船 舶 机 械 电 力 拖 动

王 培 基 主 編

費 以 法 主 审

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

789×1902 $\frac{1}{16}$ 印張 12 $\frac{1}{8}$ 267 千字

1965年2月第一版 1965年2月第一次印刷 印数：0,001—2,400册

統一书号：K15034·819 定价：(科四) 1.30 元

目 录

緒 論	7
-----------	---

第一篇 电力拖动自动控制

第一章 接触器的控制线路	9
1-1 接触器概述	9
1-2 直流和交流接触器	12
1-3 控制线路图形和字母符号	17
第二章 电动机的保护和联锁	21
2-1 短路保护和最大电流保护	21
2-2 长期过载的热保护	23
2-3 欠压或零压保护	24
2-4 联锁作用	28
2-5 其他保护和控制	30
第三章 电阻器和控制器	35
3-1 电阻元件	35
3-2 变阻器	39
3-3 控制器	42
第四章 电动机起动自动控制线路	45
4-1 电动机起动自动控制原理	45
4-2 转速原则自动起动	45
4-3 电流原则自动起动	46
4-4 时间原则自动起动	48
第五章 电动机的制动	53
5-1 电磁制动器	53
5-2 能耗制动	54
5-3 反接制动	55
第六章 交流电动机控制线路	58
6-1 鼠笼式异步电动机的控制	58
6-2 绕线式异步电动机的控制	59
6-3 同步电动机的控制	61
第七章 直流电动机控制线路	64
7-1 并激电动机的控制	64
7-2 串激电动机的控制	66
第八章 闭环自动控制系统	67
8-1 自动调整系统的基本概念	67

8-2 交磁电机放大机(OMY)控制线路	69
8-3 磁放大器的工作原理	72
8-4 具有磁放大器的控制线路	74
第九章 同步传递与随从系统	77
9-1 概述	77
9-2 自整角机的工作原理	77
9-3 随从拖动系统的线路	80

第二篇 舰船机械电力拖动

第十章 机械传动的舵机电力拖动装置	83
10-1 概述	83
10-2 舵的形式和作用力	84
10-3 舵杆上阻力矩的计算	85
10-4 舵机的机械传动装置	87
10-5 舵机电动机简化负载图	89
10-6 操舵装置电动机型式和容量的选择	91
10-7 舵机电动机的控制线路	103
第十一章 液压传动的舵机电力拖动装置	116
11-1 液压传动概述	116
11-2 液压传动随从控制原理	117
第十二章 起锚和系缆装置的电力拖动	120
12-1 用途和传动原理	120
12-2 起锚装置拉力计算	121
12-3 起锚过程和负载图的绘制	123
12-4 起锚装置电动机的选择	125
12-5 起锚装置电动机的控制线路	128
第十三章 起重机械的电力拖动	133
13-1 起重机械的结构和传动	133
13-2 吊货装置的工作情况	135
13-3 稳定工作状态下绞车电动机负载图的绘制	137
13-4 考虑过渡过程时绞车电动机负载图的绘制	139
13-5 绞车电动机型式和容量的选择	142
13-6 绞车电动机控制线路	144
第十四章 泵、通风机和空气压缩机的电力拖动	148
14-1 泵的用途和电动机容量选择	148
14-2 通风机和空气压缩机拖动电动机的容量选择	150
14-3 泵和通风机电动机的控制线路	151

第三篇 舰船电力推进

第十五章 推进电动机功率的计算	153
15-1 概述	153
15-2 螺旋桨的机械特性	154

15-3 电力推进装置电动机功率計算.....	156
第十六章 直流电力推进装置	159
16-1 Γ - Π 系統的机械特性.....	159
16-2 过载工作时推进电动机的机械特性曲綫.....	161
16-3 推进电动机的调节特性曲綫.....	162
16-4 电力推进装置的联接方法和中間工作状态.....	164
16-5 直流电力推进装置控制綫路.....	167
第十七章 交流电力推进装置	175
17-1 交流电力推进装置的概述.....	175
17-2 推进电动机轉速的調节.....	176
17-3 交流电力推进装置的控制綫路.....	178

629/17

1044

U665.13 39320

374091 v 33

中等专业学校教材

船舶机械电力拖动

王培基主編 費以法主审



国防工业出版社

1965

內 容 簡 介

本书是根据部訂中等专业学校“船舶电气装置”专业教学大纲，在原有讲义的基础上編写成的。內容共分三篇：第一篇电力拖动自动控制，主要讲述常用的主要电器，控制綫路典型环节和典型的控制綫路；第二篇舰船机械电力拖动，主要讲述舵、锚机、起重机和泵等简要工作原理、电动机的选型和容量計算，以及典型控制綫路；第三篇舰船电力推进，主要讲述螺旋桨的机械特性，推进电动机的容量計算、調速和控制系統的一般知識。

本书可供中等专业学校“舰船机械电力拖动”課程进行教学时使用，也可供工厂和設計单位工程技术人员参考。

船 舶 机 械 电 力 拖 动

王 培 基 主 編

費 以 法 主 审

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

789×1902 $\frac{1}{16}$ 印張 12 $\frac{1}{8}$ 267 千字

1965年2月第一版 1965年2月第一次印刷 印数：0,001—2,400册

統一书号：K15034·819 定价：(科四) 1.30 元

目 录

緒 論	7
-----------	---

第一篇 电力拖动自动控制

第一章 接触器的控制线路	9
1-1 接触器概述	9
1-2 直流和交流接触器	12
1-3 控制线路图形和字母符号	17
第二章 电动机的保护和联锁	21
2-1 短路保护和最大电流保护	21
2-2 长期过载的热保护	23
2-3 欠压或零压保护	24
2-4 联锁作用	28
2-5 其他保护和控制	30
第三章 电阻器和控制器	35
3-1 电阻元件	35
3-2 变阻器	39
3-3 控制器	42
第四章 电动机起动自动控制线路	45
4-1 电动机起动自动控制原理	45
4-2 转速原则自动起动	45
4-3 电流原则自动起动	46
4-4 时间原则自动起动	48
第五章 电动机的制动	53
5-1 电磁制动器	53
5-2 能耗制动	54
5-3 反接制动	55
第六章 交流电动机控制线路	58
6-1 鼠笼式异步电动机的控制	58
6-2 绕线式异步电动机的控制	59
6-3 同步电动机的控制	61
第七章 直流电动机控制线路	64
7-1 并激电动机的控制	64
7-2 串激电动机的控制	66
第八章 闭环自动控制系统	67
8-1 自动调整系统的基本概念	67

8-2 交磁电机放大机(OMV)控制线路	69
8-3 磁放大器的工作原理	72
8-4 具有磁放大器的控制线路	74
第九章 同步传递与随从系统	77
9-1 概述	77
9-2 自整角机的工作原理	77
9-3 随从拖动系统的线路	80

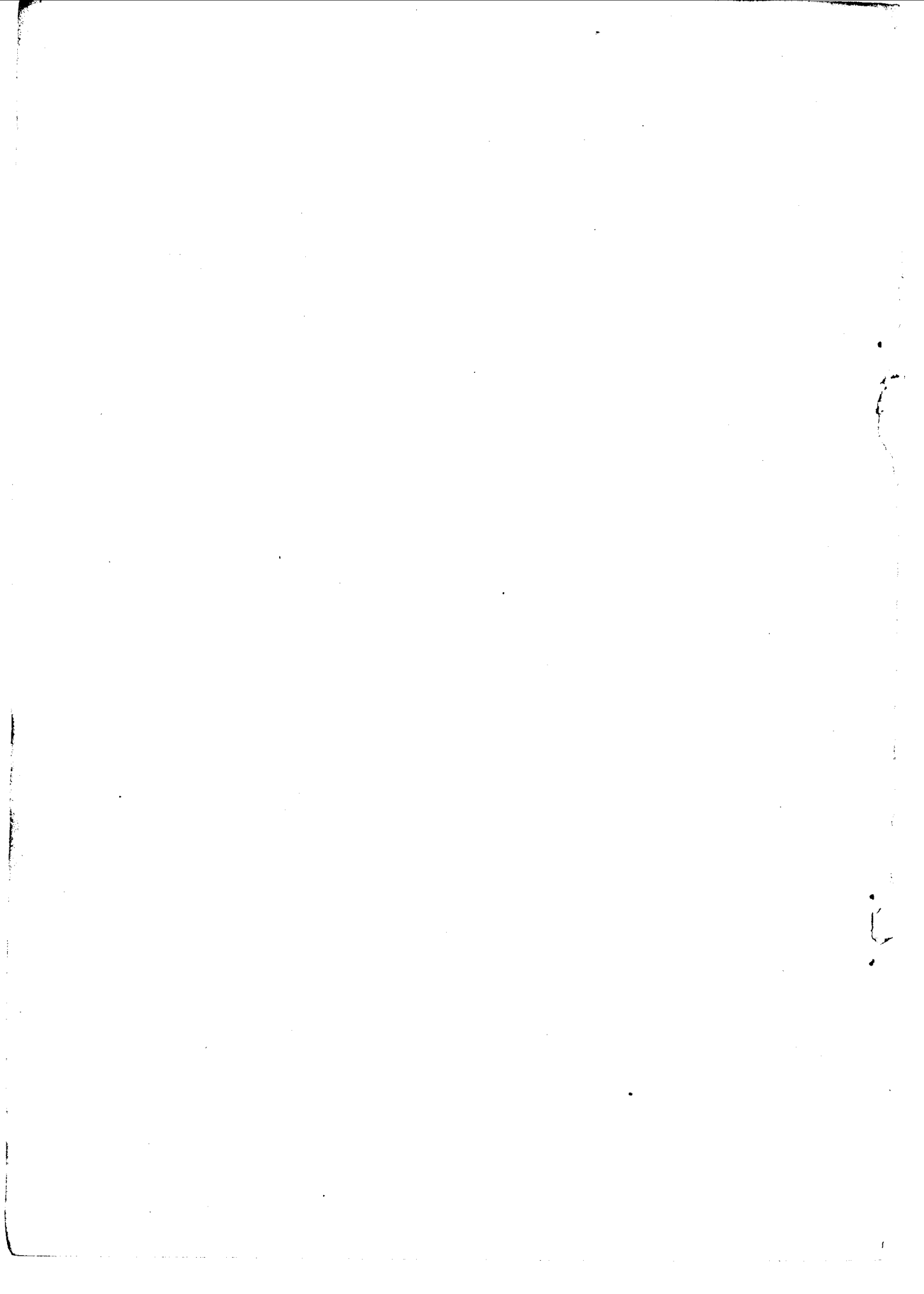
第二篇 舰船机械电力拖动

第十章 机械传动的舵机电力拖动装置	83
10-1 概述	83
10-2 舵的形式和作用力	84
10-3 舵杆上阻力矩的计算	85
10-4 舵机的机械传动装置	87
10-5 舵机电动机简化负载图	89
10-6 操舵装置电动机型式和容量的选择	91
10-7 舵机电动机的控制线路	103
第十一章 液压传动的舵机电力拖动装置	116
11-1 液压传动概述	116
11-2 液压传动随从控制原理	117
第十二章 起锚和系缆装置的电力拖动	120
12-1 用途和传动原理	120
12-2 起锚装置拉力计算	121
12-3 起锚过程和负载图的绘制	123
12-4 起锚装置电动机的选择	125
12-5 起锚装置电动机的控制线路	128
第十三章 起重机械的电力拖动	133
13-1 起重机械的结构和传动	133
13-2 吊货装置的工作情况	135
13-3 稳定工作状态下绞车电动机负载图的绘制	137
13-4 考虑过渡过程时绞车电动机负载图的绘制	139
13-5 绞车电动机型式和容量的选择	142
13-6 绞车电动机控制线路	144
第十四章 泵、通风机和空气压缩机的电力拖动	148
14-1 泵的用途和电动机容量选择	148
14-2 通风机和空气压缩机拖动电动机的容量选择	150
14-3 泵和通风机械电动机的控制线路	151

第三篇 舰船电力推进

第十五章 推进电动机功率的计算	153
15-1 概述	153
15-2 螺旋桨的机械特性	154

15-3 电力推进装置电动机功率计算.....	156
第十六章 直流电力推进装置	159
16-1 Γ - Π 系统的机械特性.....	159
16-2 过载工作时推进电动机的机械特性曲线.....	161
16-3 推进电动机的调节特性曲线.....	162
16-4 电力推进装置的联接方法和中间工作状态.....	164
16-5 直流电力推进装置控制线路.....	167
第十七章 交流电力推进装置	175
17-1 交流电力推进装置的概述.....	175
17-2 推进电动机转速的调节.....	176
17-3 交流电力推进装置的控制线路.....	178



緒 論

近二十年来建造的各种舰船，几乎没有采用蒸汽机动力装置的，絕大多数是內燃机动力装置。由于舰船动力装置的变革，必然会引起輔机拖动系統的变革。虽然舰船各种輔机不再采用蒸汽机拖动，但也未曾采用內燃机拖动，因为無論在經濟上和技术上都比现代化的电力拖动相差很大。电力拖动与其它的拖动方式相比較，有其一系列的优点，最主要的是：

1. 力能的輸送容易，可以集中供电，分散用电，取消了许多复杂而笨重的管路，不仅在經濟上比較有利，而且在維護管理上，以及設備布置上也比較方便；

2. 采用电动机拖动工作机械，不仅能够迅速和方便地起动、制动、反轉和調速，而且电动机可在各种工作状态下运行，能滿足舰船机械的各种特殊要求；

3. 电力拖动可以进行遙控和自动控制，同时通过保护装置和信号系統便于集中管理和操纵；

4. 对于推进器也采用电力拖动的舰船，可以实现舰船綜合自动化或全盘自动化。

舰船机械根据舰船工作要求的不同可分为各种类型，其中应用最广的有：1. 推进器；2. 舵机、起錨絞纜装置、起重拖曳机械、泵、通風机等輔助机械。舰船机械电力拖动就是上述各种工作机械由电动机、中間傳动装置和电动机的控制器械所組成的系統进行拖动。

除电动机的運轉状态、中間傳动装置已在相应的电力拖动原理、工程力学等課程中讲过以外，本課程主要讲述以下三个部分的内容：

第一篇：电力拖动自动控制，包括各种主要的常用的控制电器，例如，接触器、继电器、控制器等；控制綫路的各种典型环节和各种典型綫路的組成。

第二篇：舰船机械电力拖动，包括舵机、起錨絞纜、起貨机、泵、通風机等机械简单的工作情况，傳动方式，負載图的繪制，电动机容量的确定和典型控制綫路的組成。

第三篇：舰船电力推进，包括螺旋桨机械特性、調速和控制系統的一般知識。

我国是一个造船事业发展很早的国家，相傳在 4600 年前黄帝时代已发明了木舟，而到秦、汉以后，由于生产的发展和当时商业的需要已能建造近海船只。根据記載，公元 1405 年郑和和王景弘去西洋通商时的远洋船只，已能建造长达 44 丈、寬 18 丈的巨型木結構船舶。但由于封建社会长期对生产力的束縛，尤其是近百年来帝国主义相繼侵入、滿清封建王朝的腐朽和軍閥、国民党反动派殘酷統治的結果，使生产力遭到严重挫折。毫无例外，我国的造船工业在解放前也是非常落后的，不仅根本不能建造大型鋼結構船舶，而且修理技术也大多依賴外国。解放 15 年来，造船工业的面貌才起了根本的变化，現在我們不仅可以建造各种类型鋼結構舰船，同时造船科学技术队伍也迅速壮大，現在已能独立設計和建造万吨远洋舰船了。

随着造船事业的发展，舰船电力拖动也有飞跃的进展。高度电气化已成为我国新建船只的主要特征。舰船电力拖动的发展是受电机和控制电器的生产所制約。由于舰船工作条

件的特殊性，对电气设备提出了一系列特殊要求，主要的有：

1. 舰船在海洋上航行，是一个独立的单位，要求电气设备有更高的工作可靠性，船用电动机的机壳都应用鑄鋼制成。

2. 舰船在航行时要产生横摇(22.5°)、纵倾(10°)和横倾(15°)。在此情况下，要求控制电器不产生误动作；而防溅式电动机要求能防止水滴自垂直线 22.5° 范围内落入电机内；尤其在战斗舰艇上，电气设备还要经得住炮火的震动。

3. 在船上应考虑周围温度(达 $+50^\circ\text{C}$)和周围空气的相对湿度($95\pm 3\%$)的影响，另外还有蒸汽、油气和海水的侵蚀，因此对船用电机和电气设备，要求采用质量较好的绝缘材料，必须满足耐热、耐潮、耐油气、防蚀、防霉和不燃性等要求。船用电机通常采用B级以上的绝缘材料，最好采用E、F和H级绝缘材料。

4. 要求船用电机和电气设备的重量轻，体积小及效率高，以增加舰船的有效空间。对于船用电机来讲，采用高级绝缘材料比较合理，可以减小电机的重量和体积。

5. 船用电气设备要求操作简单灵活。由于舰船工作条件较差，因此尽量考虑减轻舰船工作人员的劳动强度；同时维护要方便，能迅速地排除电气设备的故障。电气设备的互换性要求较高，这样可大大地减少备品数量。

近几年来，在总路线、大跃进和人民公社三面红旗的光辉照耀下，通过以调整为中心的“调整、巩固、充实、提高”方针的贯彻，使我国舰船电气化方面逐渐形成一个完整的体系，船用电机基本上解决了，在船用控制电器方面，各工厂也都进行了试制，并已经过实际使用，一般地能满足工作要求，即将成为定型产品。关于船用电气设备的系列化和标准化工作，必须在自力更生方针的指导下，发奋图强迅速地形成自己的一套完整体系。

随着电工技术和自动化技术的发展，舰船设备正趋向于广泛采用自动化和交流电。舰船机械的控制系统，在已有的继电器-接触器控制的基础上，正日益广泛采用自动调整和自动控制系统。尤其是战斗舰艇自动化的发展更加迅速，例如，炮火自动瞄准和雷达站自动跟踪装置等，这些系统与计算装置组合成十分复杂的控制系统。由于舰船电气化和自动化程度的迅速增长，对电气设备的重量、体积和工作可靠性方面，则提出了更高的要求，因此半导体仪器和无触点控制器件，也将在舰船上广泛地应用。目前我国正在开展阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动，通过这三大革命运动，我国的经济面貌定将出现一个欣欣向荣的景象。毫无疑问，我们的造船事业，我们的舰船电气化事业，也将得到飞跃的进展。

第一篇 电力拖动自动控制

第一章 接触器的控制线路

1-1 接触器概述

接触器是一种远控电器，用来接通和开断正常工作状态下的主电路。

在图 1-1-1 中表示电动机的接通是由接触器来实现的。线路的动作如下：当按钮 2 按下时，装在绝缘底板 1 上的电磁铁线圈 3 中有电流流过，电磁铁的铁心 5 就磁化了，并把衔铁 4 吸上去。这时接触器的轴 6 也转动，使主触头 7 闭合，将接到电动机定子上的三相电源接通。

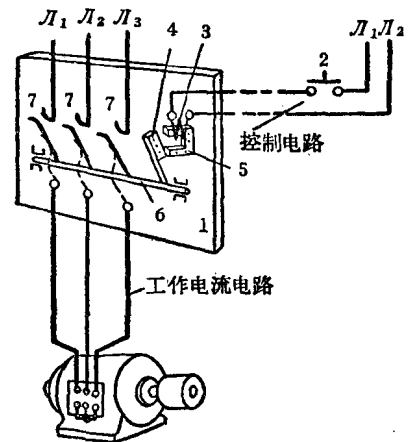


图 1-1-1 接触器的控制。

一、接触器的分类

接触器的种类很多，按其主触头通过电流种类分，有直流接触器和交流接触器两大类。除了上述这个原则的分类外，尚可根据接触器结构上的特点，而分为：带有常开主触头（常分或原断主触头）和带有常闭主触头（原通主触头）的接触器；单极和多极的接触器；带有强迫灭弧和不带有强迫灭弧的接触器等。所谓常开触头，是指在正常情况下，也就是指电器没有发生动作以前，即在接触器吸引线圈没有通电时，主触头是开断的。关于其他电器的触头，也是这样定义的；常开触头简称为 H. O.，在控制线路中以 ---| 或 ---| 图形符号来表示。反之，常闭触头在正常情况下触头是闭合的，简称为 H. C.，在控制线路中的图形符号为 ---| 或 ---| 。

按主触头允许通过额定电流的大小，接触器还可分为五级

等级：	I	II	III	IV	V
电流（安）	40	75	150	300	600

直流接触器第 I 级额定电流为 100 安。

二、接触器的结构

无论直流或交流接触器，在结构上都包括下面三个主要组成部分。

(1) 灭弧设备 因为触头在刚分开的一瞬间，由于距离很小，在一定的电压值下，产生很大的电场强度，引起金属表面的强电场电子发射，结果造成火花放电。如果触头在开断时的电流和电压比较大，将由火花转变成电弧放电。由于电弧的产生，在触头上引起

高温，将触头表面上的金属材料熔化蒸发，造成很大的电磨损。为了保护触头和延长电器的使用寿命，在交流和直流接触器中都有相应的灭弧设备。

(2) 接触系统 接触系统是接触器的导电部分，当触头处在闭合状态时，由于加工情况所限，不可能使触头间的接触十分紧密；因此就产生接触电阻。如果接触电阻太大，在触头间就产生高温，以致将触头焊住。为了减少接触电阻，除了要求加工精密度提高，使触头表面光洁和触头几何形状准确外，还可从选用适当的触头材料，增加触头间的接触压力等方面来满足要求。

接触器的触头材料一般都是用硬拉铜，它的电阻系数小，而机械强度高，能承受频繁操作且不变形。但铜质触头在温度高时极易氧化，触头表面产生氧化膜薄层，使接触电阻激增。为了使触头在操作过程中能自动将氧化膜除去，在触头接触处需做成一定的弧形，如图 1-1-2 a) 所示。但对于操作次数不多的接触器，氧化膜不易除去，我们则采用铜触头嵌银块的办法，如图 1-1-2 b) 所示，因为银的氧化膜是良导体。但由于银的抗磨性较差，近年来触头材料广泛地应用陶瓷混合物（烧结材料），如银—镍，银—氧化镉，银—钨等。这些材料的优点是接触电阻小和电磨损小，尤以前两种为佳。



图1-1-2 主触头形状。

在接触器中，为了能将氧化膜挤掉和使触头间产生一定压力，一般接触器的闭合过程如图 1-1-3 所示。图中 a) 为触头开断位置，b) 为触头开始接触，c) 为触头最后接触位置。图中 O 为衔铁的旋转轴， O' 为触头臂的旋转轴， O_H 为开始接触时触头臂轴的位置， O_K 为最后接触时触头臂轴的位置。触头接触时，压力由接触弹簧产生，动触头支架围绕静止点 O 旋转，支架本身又围绕运动轴 O' 旋转。该轴在闭合过程中走过圆弧轨迹 $O'-O_H-O_K$ ，触头从刚接触到完全闭合，轴走过的圆弧是 O_H-O_K ，支架的这个转动，保

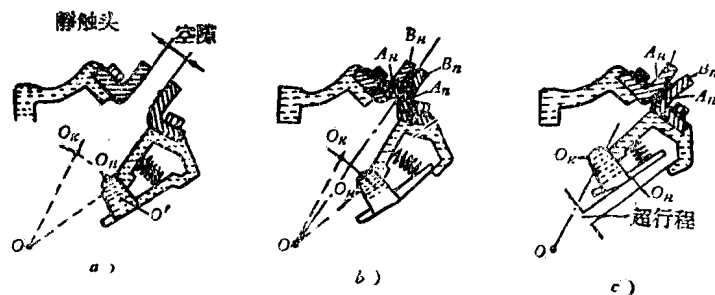


图1-1-3 接触器触头的闭合过程。

証了靜触头与动触头間的相对滑动，利用触头間的机械摩擦，将氧化膜挤掉。此外，在触头开始接触时，触头彈簧保证了开始接触的初压力，触头繼續旋轉产生一定的超行程，使触头間的壓力增大。触头分开时，上述过程又重复发生，但次序相反。

同时，从图 1-1-3 中又可看出，A 点为持續工作位置，B 点为接触器开始开断或闭合时的接触点，这样就保证了触点在正常工作时能良好的接触，从而提高了电器的使用寿命。

(3) 电磁系統 电磁鉄是由激磁綫圈以及构成磁路的鉄磁物质所組成的。接触器中常用的电磁机构有下列几种，如图 1-1-4 所示。

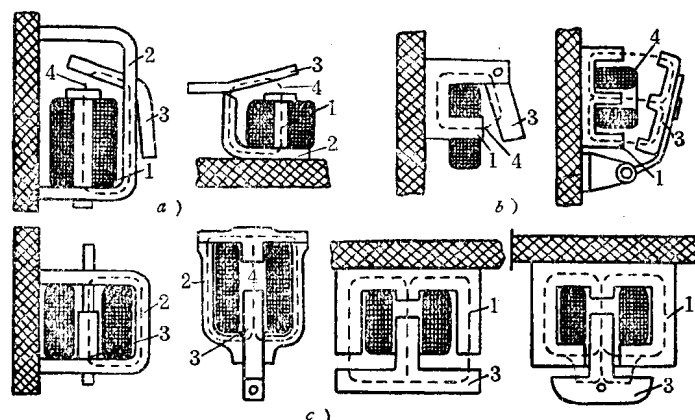


图1-1-4 接触器的磁系統。

图中 a) 銜鉄在棱角上轉动的合扑式电磁鉄；b) 口形和 11 形銜鉄在轉軸上轉动的合扑式电磁鉄；c) 銜鉄在綫圈中間作直綫运动的螺管綫圈式，也称为杵式。銜鉄在不工作时是靠彈簧和銜鉄本身重量来維持磁路中的一个較大的空气隙 4；当綫圈中通过电流产生磁通以后，銜鉄就向縮短空气隙的方向运动，接触器的动触头是装在銜鉄上的，随着銜鉄的动作，接触器相应的閉合或开断綫路。

三、接触器的主要技术条件

(1) 磨損性能 直流接触器在一百万次开閉以后，应该仍能很好动作，銜鉄装在轉軸上的接触器，在机械方面完全損坏以前应能承受五百万次开閉，銜鉄嵌在棱角上的接触器应能承受四千万次开閉。

交流接触器在一百万次开閉以后，应仍能很好动作；这种接触器在机械方面完全損坏以前，应能承受二百万次开閉，交流接触器所能承受的开閉次数較少，是因为磁系統的铁心和磁軛是用矽鋼片叠成的，容易松散。

为了增加交流接触器的使用寿命，可将磁系統做成直流的。

(2) 接触器动作的准确性 当吸引綫圈上的电压（吸引电压）等于 0.85 額定电压值时，接触器銜鉄应完全閉合而不停留在中間位置。

銜鉄开始釋放时的最大电压（釋放电压），直流接触器为 0.15~0.2 額定值；交流接触器为 0.4~0.6 額定值。銜鉄釋放时，应返回原始位置，不应停留在中間位置。

釋放电压与吸引电压的比值，称为返回系数：

$$K_{fh} = u_{shf} / u_{xy}$$

上述定义也同样适用于相应的电流之比值。