

实用 电气线路及原理

SHIYONGDIANQIXIANLUJIYUANLI



中国广播电视出版社 ●

TM 147
Y 09

实用电气线路及原理

杨耀春 编著

中国广播电视出版社

责任编辑: 高聚成

封面设计: 戴梅海

实用电气线路及原理

杨耀春 编著

中国广播电视出版社出版

(北京复外广播电影电视部灰楼 邮政编码10086)

济南书刊印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168毫米 大32开 12.75印张 插页3 316仟字

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数: 1—2000册 定价: 7.60元

ISBN7-5043-1534-6/TN·144

前 言

所有用电设备及电气自动化装置，均是由各种电气线路进行控制，并按照电气线路所予置的程序运行的。电气线路作为用电设备及自动化装置的关键部分，是每个设备维修和运行的技术人员所必须十分熟悉和掌握的。本书以常见的异步电动机控制线路、通风、空调设备电气线路、水泵自动控制线路、电气测量线路、低压供电系统操作控制线路、柴油发电机组励磁调压线路、柴油发电机组的自动起动和并列运行等实用电气线路为例，详细地介绍了各线路的构成及工作原理，希望此书能成为电气设备运行、维修管理技术人员的一本有实用价值的参考书。

本书在叙述上力求以通俗的语言，由浅入深，由易到难，由简单线路到复杂线路，循序渐近，即讲电路的构成和工作原理，又讲读图识图方法步骤。对于各种线路，以其通、断为主的方法只作理性分析，尽量避免了繁索的数学分析；同时各个线路均以独立的方式进行叙述，读者可以根据需要，阅读其中的有关章节，即可全面了解某一电路的工作过程，因此便于理解、记忆和掌握。

本书绘制的电路图，按新的国标采用了新的图形符号。对于定型设备的电路图，都尽可能地按新的图形符号对原电路图作了修改，考虑到设备维修时与原设备上的标注相对应，线路的标号及文字符号未作变动。

本书在编写中参阅了有关书籍的内容和有关厂家的产品使用说明，恕不一一列注，在此谨向有关作者致谢。本书完稿后，承蒙工程兵工程学院黄彬业教授对全书作了仔细的审阅，并对重要章节的内容作了修改；王心诚、张乾同志对本书全书进行了认

真的校对，在此一并表示衷心的感谢！

由于本人知识浅薄，水平所限，实践经验不足，书中错误和不足在所难免，恳请广大读者和同仁不吝批评指正。

编 者

1991年8月

目 录

序言

第一章 动力设备控制线路	(1)
第一节 异步电动机的基本控制线路.....	(1)
第二节 常用控制电器电气线路.....	(32)
第三节 通风空调设备控制线路.....	(47)
第四节 常用水泵自动控制线路.....	(86)
第五节 电热设备控制线路	(115)
第二章 电气测量线路	(122)
第一节 电流测量线路	(122)
第二节 电压测量线路	(129)
第三节 功率测量线路	(135)
第四节 频率和功率因数测量线路	(137)
第五节 电能测量线路.....	(139)
第六节 接地电阻测量线路	(148)
第七节 电源进线各电量测量线路	(149)
第八节 柴油发电机组电气仪表测量线路	(153)
第三章 低压供电系统线路	(158)
第一节 开关设备的电动操作线路	(158)
第二节 供电主回路及控制线路	(166)
第三节 备用电源自动切换线路	(185)
第四章 发电机励磁调压线路	(195)
第一节 炭阻式自动电压调整器励磁调压线路	(196)

第二节	TLG1型可控硅调节器励磁调压线路	(200)
第三节	三次谐波励磁调压线路	(210)
第四节	TKL型可控硅自励调压线路.....	(220)
第五节	TZ型相复励装置励磁调压线路.....	(229)
第六节	TZ—F型可控相复励自励恒压线路.....	(237)
第七节	TDJ—3型励磁调压线路.....	(241)
第八节	KFD—2型励磁调节器线路	(246)
第五章	自动起动柴油发电机及其装置控制线路	(252)
第一节	135型柴油发电机组定位应急自动起动 控制线路.....	(252)
第二节	ZK—135—Ⅱ型自起动装置线路.....	(262)
第三节	GFZ ₁ 型自动起动柴油发电机组控制线路.....	(274)
第四节	120GF4Z型自动起动柴油发电机组控制线路...	(283)
第五节	200GF—1、300GF—1型自动起动柴油发电 机组线路.....	(300)
第六节	TKZ—Ⅱ型控制台线路	(321)
第七节	300瓩自动起动柴油发电机组线路	(333)
第六章	发电机并列运行线路	(362)
第一节	灯光熄灭法并车线路	(362)
第二节	灯光旋转法并车线路	(364)
第三节	同步指示器并车线路	(367)
第四节	粗同步并车线路	(373)
第五节	自动自同期并车线路	(376)
第六节	PC—J型恒定导前相角自动并车装置线路 ...	(379)
第七章	柴油机电气线路	(386)
第一节	柴油机起动及直流发电机充电调压线路	(386)
第二节	硅整流发电机及电压调节线路	(393)
第三节	硅整流发电机及晶体管式调节器线路	(397)

第一章 动力设备控制线路

动力设备这里主要指通风机、水泵、油泵、空调机、电动密闭活门及电热设备等等。这些动力设备的控制线路由各种电气元件所组成。这些电气元件主要有刀开关、熔断器、接触器、磁力起动器、继电器、控制按钮、信号指示灯和电气仪表等。各设备的运行方式不同，电气控制线路也不同，其作用是实现对动力设备的起动、运行、停止、正转、反转等运行方式的控制，实现对设备在运行过程中有可能发生的短路、断线、接地、过载等故障时的可靠保护和工作过程的自动控制。本章将首先介绍异步电动机的基本控制电路，在此基础上介绍常用的水泵及液位控制线路、通风及空调设备控制线路和电热设备控制线路。

第一节 异步电动机的基本控制线路

在动力设备中，诸如通风机、水泵、除湿机等，大都采用异步电动机来拖动。所谓异步电动机的基本控制线路，就是指实现对电动机的起动、运行、停止所采用的各种电气元件之间的线路联接。我们知道，将电动机定子绕组接上三相电源后，起动转矩若大于电动机主轴的负载转矩时，则电动机开始起动。但电动机在开始起动时，由于转子和旋转磁场之间相对转速最大，所以它在转子导体上产生的感应电动势和电流也最大，这时定子绕组中的电流 I_s （称电动机起动电流）可能达到电动机正常工作时额定

电流 I_s 的4~7倍。很大的起动电流，在短时间内（约几分之一秒到数秒钟）会在供电线路上造成较大的电压降，这不仅影响电动机本身的起动，也会影响到相同电源线上其它正在工作的电机及设备的正常工作。因此异步电动机的起动方式分直接起动（也称全压起动）和降压起动。直接起动适应于小容量（与电源容量比较而言）的电动机，降压起动适应于大容量（与电源容量比较而言）的电动机的起动。本节中所介绍的采用接触器或磁力起动器控制的线路为直接起动方式，采用自耦变压器、起动电阻、频敏变阻器和星三角起动器等控制的线路为降压起动方式。

一、电动机单向运行控制线路

线路如图1—1所示，它是一个最常用最简单且松开起动按钮

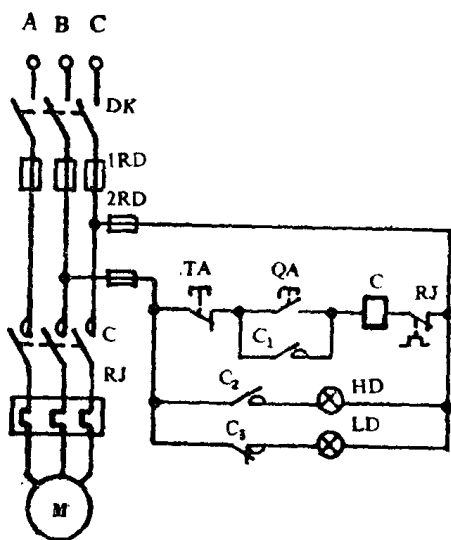


图1—1 单向运行线路

后仍能自行保持接通，使电动机保持一个方向运行的控制线路。一般单台运行无自动控制要求的通风机，水泵、油泵等设备均采用此控制线路。它由闸刀开关DK，熔断器1RD，接触器C的常

开主触头和热继电器RJ的热元件与电动机M构成主回路。由起动按钮QA, 停止按钮TA, 接触器C的吸合线圈和常开辅助接点(或称辅助触头)C₁, 热继电器RJ的常闭接点和控制回路熔断器2RD构成控制回路。由接触器常开辅助接点C₂, 信号灯HD(运行指示灯), 常闭辅助接点C₃, 信号灯LD(停机指示灯)构成信号指示回路。

电路工作分析:

起动、运行: 合上闸刀开关DK, 引入三相电源, 但由于起动按钮为常开式, 接触器吸引线圈不通电而不能吸合, 其主接点呈断开状态, 电机接不通电源而不转动。按下起动按钮QA, 接触器吸引线圈C通电吸合, 主接点闭合, 电动机三相绕组接通电源起动运转, 在接触器吸合主接点闭合的同时, 与QA并联的接触器辅助常开接点C₁也已闭合, 使接触器吸引线圈经两条路径通电, 所以按钮QA只在电动机起动时起作用, 当接触器合闸, 电动机起动后, 松开QA使其复位(即恢复原来的开路状态), 接触器仍可通过自身辅助接点C₁使其吸引线圈保持通电, 电机仍正常运行。与QA并联的接触器辅助常开接点C₁称为自锁接点或叫自保持接点。

停机: 控制电路中串联停止按钮TA。在正常情况, TA呈通路状态(常闭), 当需电动机停止运行时, 按下停止按钮TA, 接触器吸引线圈C断电释放, C的三个常开主接点将三相电源切断, 电动机M停止运行。当手松开按钮TA后, TA的常闭接点在复位弹簧的作用下, 虽又恢复原来的常闭状态(即接通状态), 但QA为常开状态, 接触器由于其吸引线圈C断电释放后在主接点断开的同时, 辅助接点C₁(自锁接点)也已断开, 所以吸引线圈C不能再依靠其自锁接点而通电了。

电路保护: 本线路具有短路、过载和失压、欠压保护。

短路保护: 熔断器1RD串联于主回路中, 作主回路的短路保

护，2RD串联于控制回路中，作控制回路的短路保护。当主回路或二次回路发生短路故障时，1RD或2RD熔断，使接触器C跳闸，切断电动机电源，电动机停机运行。

过载保护：主回路中熔断器1RD熔体的规格是根据电动机启动电流的大小来选择的，一般为额定电流的2.5倍，另一方面熔断器熔体的特性为反时限特性，一般起不到电机过载保护作用。在本电路中选用三元件热继电器RJ作为过载保护，热继电器的发热元件串接在主电路中，紧贴热元件处装有双金属片（由两种不同膨胀系数的金属片压结而成）。当电动机过载运行时，电路电流增加，热元件产生的热量增加并不断积蓄，使双金属片弯曲，当弯曲到一定程度时，便将脱扣器打开，从而使串联在控制回路中的热继电器常闭接点RJ断开，接触器吸引线圈C断电释放，电动机断电而停止运行，达到过载保护的目。

欠压和失压保护：电动机在电压过低的情况下运行时，由于转速下降，将使回路电流大大增加，长时间运行有可能使电机烧毁；当电机在运行中电源断电后又突然恢复供电时，一般是不允许电动机自起动的，否则电机突然起动有可能造成设备损坏或人身事故，所以电路必须具有欠压和失压保护功能。本电路的欠压和失压保护由接触器C本身的电磁机构来实现。当电源电压由于某种原因低于额定电压（即欠压，约为额定电压的85%）时，接触器的衔铁自行释放，断开三相电源，电动机停止转动。当电动机在运行中，电源突然断电，则接触器吸合线圈断电，其衔铁自行释放，主接点断开，电动机也因断电而停止运行。电源电压恢复时，由于接触器吸引线圈不能自行通电，只有在操作人员再次按下起动按钮QA后，电动机才能起动运行。从而实现欠压和失压保护。

信号指示回路：为了监视电动机的运行，本电路设置了电动机“停机”、“运行”灯光指示信号。当接触器合闸电动机通电

运行时，其另一对辅助常开接点 C_2 闭合，“运行”指示灯HD通电点亮，指示电动机处于运行状态。当按下停止按钮TA后，接触器C跳闸，电动机停止运行，接触器辅助常闭接点 C_1 闭合，“停机”指示灯LD通电点亮，指示电动机处于停机状态。

二、多处按钮控制的电动机单向运行线路

有些设备需要在两处或两处以上的地方控制其起动、运行、停止，例如设置在染毒区的设备，不仅需要就地操作，还要求在非染毒区能遥控操作。单向运行电动机多处控制的线路如图1—2所示（三处控制）。它由闸刀开关DK、熔断器1RD、接触器

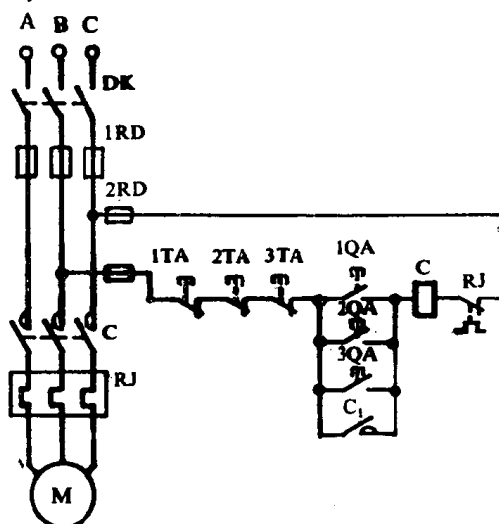


图1—2 多处控制单向运行线路

C主触点，热继电器RJ的热元件和电动机M构成主回路。由熔断器2RD，停止按钮1~3TA、起动按钮1~3QA、接触器C吸引线圈、接触器常开触点 C_1 和热继电器RJ常闭触点构成控制回路。其中1TA、1QA，2TA、2QA，3TA、3QA分别设在3个控制处。

电动机的起动、运行和停止：合上刀开关DK接通电源，此时无论在任一处按下起动按钮QA，接触器C吸引线圈均可通电吸

合，主接点接通三相电源，电动机开始起动运行。由于常开接点 C_1 的自保持作用，松开起动按钮QA后，C仍处于合闸状态，电动机仍正常运行。由于3只停止按钮TA均串联在控制回路中，所以只要按下其中任一只停止按钮TA，接触器C均失电释放跳闸，电动机停止运行。所以对于需多处控制的电动机，只要将各处的停止按钮的常闭接点串联在控制回路中，将起动按钮的常开接点与自保持接点并联，就可以实现一台电动机在多处控制的目的。电动机的保护环节与“电动机单向运行控制线路”相同，此处不再重述。当需要多处指示电机运行状态时，只需将多只运行指示灯并联后，回路中串联一只常开接点；将多只“停机”指示灯并联后，回路中串联一只常闭接点接在控制电源上即可。

三、电动机点动控制线路

电动机点动控制线路就是按下控制按钮时，电动机通电运转，松开控制按钮电动机就停止运转，其控制线路如图1—3所示，其工作原理是：

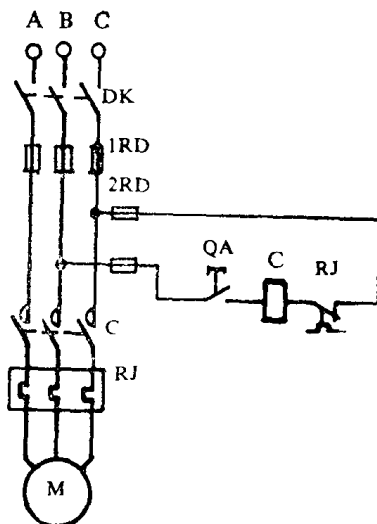


图1—3 点动控制线路

合上电源开关DK接通电源，因为接触器C主接点未闭合，电动机不转动。当按下合闸控制按钮QA后，按钮常开接点闭合，接触器吸引线圈C通电动作，主接点闭合电动机通电运转。当松开按钮QA后，QA在按钮内弹簧的作用下，其常开接点复位（断开），由于QA没有并联自锁接点，所以接触器吸引线圈C断电释放，接触器跳闸，电动机断电停转。

图中熔断器1RD作主回路的短路保护，2RD作控制回路的短路保护。RJ作为电动机的过载保护。

四、连续和点动单向运行混合控制线路

线路如图1—4所示，它既能使电动机作单向断续运行，又可

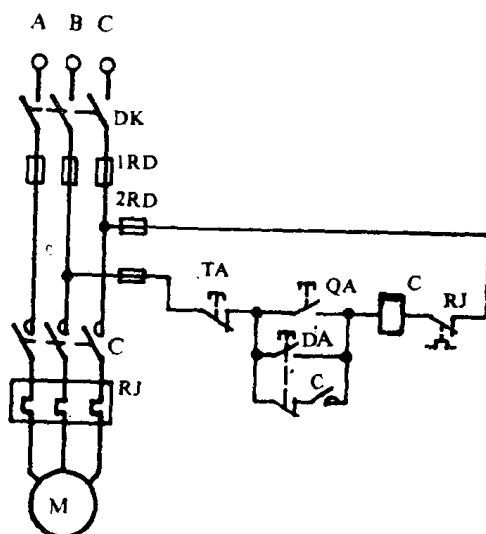


图1—4 连续和点动运行线路

使电动机作单向连续运行。其工作过程是：

单向点动控制：单向点动运行由按钮DA控制。DA有两对接点，一对常开接点（动合）与QA并联，一对常闭接点（动断）与接触器的自保持接点（常开接点）串联。DA的两对端点联动，

即当按钮按下后，其常开接点闭合，常闭接点同时断开，松开按钮后，其常开接点断开的同时，常闭接点闭合。电源开关DK合闸后，电源接通，当按下DA时常开接点闭合，接触器吸引线圈通电，接触器合闸，电动机通电运转。由于DA的两对接点是联动的，所以尽管接触器合闸后，其自锁接点闭合，但由于DA的常闭接点在其常开接点闭合的同时断开，所以接触器仍不能自锁。当松开DA时，其常开接点在弹簧的反作用力下断开，接触器C随即断电跳闸，电动机停止运行。

单向连续运行控制：合上电源开关DK，按下起动按钮QA，接触器C吸引线圈通电，接触器合闸，主接点闭合，电动机通电运转。同时自保持接点闭合，使控制回路在QA松开后继续通电，电动机继续运行。当按下停止按钮TA后，控制回路断电，接触器吸引线圈C失电，接触器跳闸，电动机停止运行。

五、可逆运行控制线路

在工程中，一些设备需要能够左转和右转，前进和倒退，上升和下降等，例如电动密闭阀门的开启与关闭，电动防护门、防护密闭门的开启与关闭等等，这通常由电动机的正转和反转来实现，其电路称为正反转控制线路或称可逆运行控制线路。我们知道，对于三相电动机，要使其可逆运转，只需任意改变主电路上两相电源的相序，具体地说就是改变电动机的接线位置，用两台接触器交替地给电动机送入A、B、C相序电源和C、B、A相序电源，电动机就可以实现可逆运转，其线路如图1—5所示。

本电路由刀开关DK，熔断器1RD，正转接触器ZC，反转接触器FC，热继电器RJ热元件和电动机M构成主回路。ZC合闸，送入电动机接线柱D₁、D₂、D₃电源分别为A、B、C相，电动机正转；FC合闸，送入电动机接线柱D₁、D₂、D₃电源分别为C、B、A相，电动机反转。

由熔断器2RD，停止按钮TA，正转起动按钮ZA，反转起

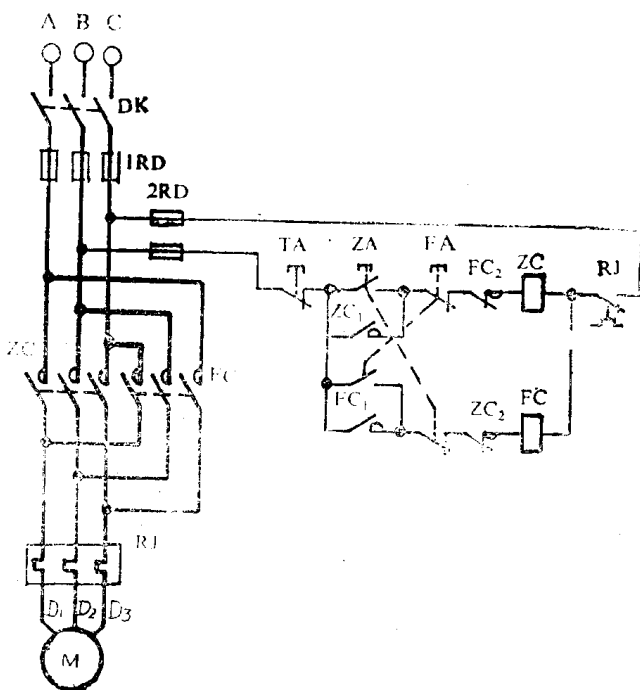


图1—5 可逆运行线路

动按钮FA，正转接触器吸合线圈ZC，反转接触器吸合线圈FC和热继电器常闭接点RJ构成控制回路。

电路工作原理：

电动机正转：合上电源开关DK接通电源，按下正转控制按钮ZA，此时电源B相→熔断器2RD→停止按钮TA→已按合的正转按钮ZA常开接点→反转起动按钮FA常闭接点→反转接触器常闭接点FC₂→正转接触器吸引线圈ZC→热继电器常闭接点RJ→熔断器2RD→电源C相构成通路，ZC通电合闸，电动机正转，合闸后，松开正转起动按钮ZA，由于自保持接点ZC₁闭合自锁，电动机继续正转。当按下停止按钮TA后，接触器吸引线圈ZC断电释放，电动机停止转动。

电动机反转：按下反转起动按钮FA，电源B相→熔断器2RD→停止按钮TA→已按合的反转起动按钮FA常开接点→正转起动按钮ZA常闭接点→正转起触器常闭接点ZC₂→反转接触器吸合线圈FC→热继电器常闭接点RJ→熔断器2RD→电源C相构成通路，FC通电合闸并自锁，电动机反转。停机时，只要按下停止按钮TA，则反转接触器FC失电跳闸，电动机停止运行。

在控制线路中，正转起动回路中分别串联了反转接触器常闭接点FC₂和反转按钮FA的常闭接点；反转起动回路中串联了正转接触器常闭接点ZC₂和正转控制按钮ZA的常闭接点。它们的作用是利用常闭接点的打开来锁住对方线路的接通，称线路的联锁或互锁。即在电动机需正转按下ZA时，其常闭接点先将FC断开，FC₂闭合后正转控制回路才能构成通路，ZC才能合闸，电动机转动。电动机反转时，同样按下FA，其常闭接点先断开ZC的控制回路，使ZC跳闸后，ZC₂闭合，FC才能合闸，电动机反转。这样能可靠地避免ZC和FC同时合闸而引起电源的相间短路。

本电路同样具有短路、过载、欠压和失压保护功能，分别有熔断器RD，热继电器RJ和接触器本身的电磁机构来完成。

六、正反转限位控制线路

有些设备在正转和反转、前进和后退、上升和下降到达一定位置时需要电动机停止转动，这就需要进行限位控制，如电动密闭阀门在开启和关闭时，当阀门完全打开后，电动机停止转动，在完全关闭时，电动机也应自动停止转动。要实现限位控制，可以采用装有行程开关(限位开关)的控制电路，如图1—6所示。其主回的构成与图1—5相同，在控制回路中，正转控制回路中串联了一只行程开关1XWK的常闭接点，反转控制回路中串联了一只行程开关2XWK的常闭接点。其他控制环节和互锁环节与图1—5相同。其工作过程是：