

示范特色专业建设项目
综采维修电工培训教程

主编	王志文	熊权湘
参编	张卓慧	蔡翰庭

第一部分 综采电工基本知识

第一章 . 电工基本知识

一、直流电路

电路

电路的定义：就是电流通过的途径

电路的组成：电路由电源、负载、导线、开关组成

内电路：负载、导线、开关

外电路：电源内部的一段电路

负载：所有电器

电源：能将其它形式的能量转换成电能的设备

二、基本物理量

1 . 电流

电流的形成：导体中的自由电子在电场力的作用下作有规则的定向运动就形成电流.

电流具备的条件：一是有电位差,二是电路一定要闭合.

电流强度：电流的大小用电流强度来表示,基数值等于单位时间内通过导体截面的电荷量,计算公式为 $I = \frac{Q}{t}$

其中 Q 为电荷量(库仑); t 为时间(秒/s); I 为电流强度

电流强度的单位是 “安”,用字母 “A” 表示.常用单位有: 千安(KA)、安(A)、毫安(mA)、微安(uA)

$$1\text{KA} = 10^3\text{A} \quad 1\text{A} = 10^3\text{mA} \quad 1\text{mA} = 10^3\text{uA}$$

直流电流(恒定电流)的大小和方向不随时间的变化而变化,用大写字母 “I” 表示,简称直流电.

2. 电压

电压的形成：物体带电后具有一定的电位,在电路中任意两点之间的电位差,称为

该两点的电压.

电压的方向：一是高电位指向低电位；二是电位随参考点不同而改变.

电压的单位是“伏特”，用字母“U”表示. 常用单位有：千伏(KV)、伏(V)、毫伏(mV)、微伏(uV)

$$1KV = 10^3V \quad 1V = 10^3 \text{ mV} \quad 1mV = 10^3 \text{ uV}$$

3 . 电动势

电动势的定义：一个电源能够使电流持续不断沿电路流动, 就是因为它能使电路两端维持一定的电位差. 这种电路两端产生和维持电位差的能力就叫电源电动势.

电动势的单位是“伏”，用字母“E”表示. 计算公式为 $E = \frac{A}{Q}$ (该公式表明

电源将其它形式的能转化成电能的能力) 其中 A 为外力所作的功, Q 为电荷量, E 为电动势.

电源内电动势的方向：由低电位移向高电位

4. 电阻

电阻的定义：自由电子在物体中移动受到其它电子的阻碍, 对于这种导电所表现的能力就叫电阻.

电阻的单位是“欧姆”，用字母“R”表示.

电阻的计算方式为： $R = \rho \frac{l}{s}$

其中 l 为导体长度, s 为截面积, ρ 为材料电阻率铜 $\rho = 0.017$ 铝 $\rho = 0.028$

5. 欧姆定律

欧姆定律是表示电压、电流、电阻三者关系的基本定律.

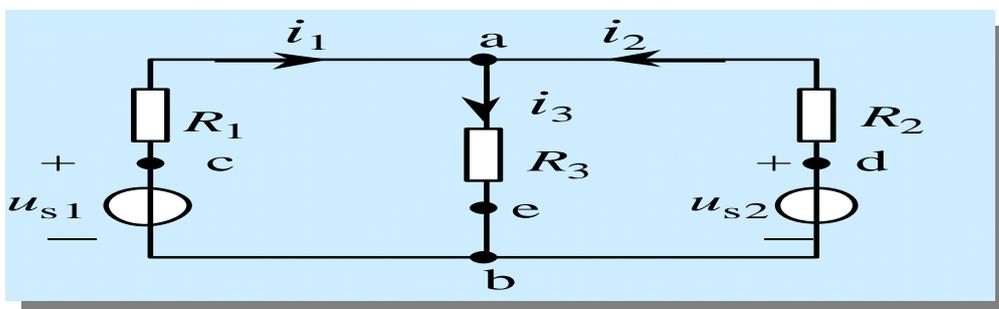
部分电路欧姆定律：电路中通过电阻的电流，与电阻两端所加的电压成正比，与电阻成反比，称为部分欧姆定律. 计算公式为 $I = \frac{U}{R}$ $R = \frac{U}{I}$ $U = IR$

全电路欧姆定律：在闭合电路中(包括电源)，电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路中负载电阻及电源内阻之和成反比，称全电路欧姆定律. 计算公式为

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad \text{其中 } R \text{ 为外电阻, } r_0 \text{ 为内电阻, } E \text{ 为电动势}$$

三、基尔霍夫定律

电路中通过同一电流的每个分支称为支路。3 条或 3 条以上支路的连接点称为节点。



电路图示电路有 3 条支路，2 个节点，3 个回路。中任一闭合的路径称为回路。

基尔霍夫电流定律表述一

在任一瞬时，流入任一节点的电流之和必定等于从该节点流出的电流之和。

$$\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}}$$

所有电流均为正。

基尔霍夫电流定律表述二

在任一瞬时，通过任一节点电流的代数和恒等于零。

$$\sum i = 0$$

可假定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负；也可以作相反的假定。

基尔霍夫电压定律表述一

在任一瞬时，在任一回路上的电位升之和等于电位降之和。

$$\sum u_{\text{升}} = \sum u_{\text{降}}$$

所有电压均为正。

基尔霍夫电压定律表述二

在任一瞬时，沿任一回路电压的代数和恒等于零。

$$\sum u = 0$$

电压参考方向与回路绕行方向一致时取正号，相反时取负号。

四、电路的连接(串连、并连、混连)

1. 串联电路

电阻串联将电阻首尾依次相连,但电流只有一条通路的连接方法.

电路串联的特点为电流与总电流相等,即 $I = I_1 = I_2 = I_3 \cdots$

总电压等于各电阻上电压之和,即 $U = U_1 + U_2 + U_3 \cdots$

总电阻等于负载电阻之和,即 $R = R_1 + R_2 + R_3 \cdots$

各电阻上电压降之比等于其电阻比,即 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \frac{U_1}{U_3} = \frac{R_1}{R_3}, \dots$

电源串联:将前一个电源的负极和后一个电源的正极依次连接起来.

特点:可以获得较大的电压与电源.计算公式为

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n$$

$$r_0 = r_{01} + r_{02} + r_{03} + \cdots + r_{0n}$$

$$I = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n}{r_{01} + r_{02} + r_{03} + \cdots + r_{0n}}$$

2. 并联电路

电阻的并联:将电路中若干个电阻并列连接起来的接法,称为电阻并联.

并联电路的特点:各电阻两端的电压均相等,即 $U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n$; 电路的总电流等于电路中各支路电流之总和,即 $I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$; 电路总电阻 R 的倒数等于各支路电阻倒数之和,即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$. 并联负载愈多,

总电阻愈小,供应电流愈大,负荷愈重.

通过各支路的电流与各自电阻成反比,即 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2}$

电源的并联:把所有电源的正极连接起来作为电源的正极,把所有电源的负极连接起来作为电源的负极,然后接到电路中,称为电源并联.

并联电源的条件:一是电源的电势相等;二是每个电源的内电阻相同.

并联电源的特点:能获得较大的电流,即外电路的电流等于流过各电源的电流之和.

3. 混联电路

定义:电路中即有元件的串联又有元件的并联称为混联电路.混联电路的计算:先求出各元件串联和并联的电阻值,再计算电路的总电阻值;由电路总电阻值和电

路的端电压,根据欧姆定律计算出电路的总电流;根据元件串联的分压关系和元件并联的分流关系,逐步推算出各部分的电流和电压.

五、电功和电功率

1. 电功

电流所作的功叫做电功,用符号“ A ”表示.电功的大小与电路中的电流、电压及通电时间成正比,计算公式为 $A = U I T = I^2 R T$

电功及电能量的单位名称是焦耳,用符号“ J ”表示;也称千瓦/时,用符号“ KWH ”表示. $1KWH=3.6MJ$

2. 电功率

电流在单位时间内所作的功叫电功率,用符号“ P ”表示.计算公式为

$$P = \frac{A}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电功率单位名称为“瓦”或“千瓦”,用符号“ W ”或“ KW ”表示;也可称“马力.

$$1 \text{ 马力} = 736W \quad 1KW = 1.36 \text{ 马力}$$

六、电流的热效应、短路

1. 电流的热效应

定义: 电流通过导体时,由于自由电子的碰撞,电能不断的转变为热能.这种电流通过导体时会发生热的现象,称为电流的热效应.

$$\text{电与热的转化关系其计算公式为 } Q = I^2 R T = W = \frac{U^2}{R} t$$

其中 Q 为导体产生的热量, W 为消耗的电能.

2. 短路

定义: 电源通向负载的两根导线,不经过负载而相互直接接通.该现象称之为短路.

$$\text{短路分析: 电阻}(R) \text{ 变小, 电流}(I) \text{ 加大, 用公式表示为 } I = \frac{E}{R + r_0}$$

短路的危害：温度升高, 烧毁设备, 发生火灾; 产生很大的动力, 烧毁电源, 电网破裂.

保护措施：安装自动开关; 安装熔断器.

七、交流电路

1. 单相交流电路

定义：所谓交流电即指其电动势、电压及电流的大小和方向都随时间按一定规律作周期性的变化, 又叫正弦交流电.

单相交流电的产生：线圈在磁场中运动旋转, 旋转方向切割磁力线, 产生感应电动势.

单相交流发电机：只有一个线圈在磁场中运动旋转, 电路里只能产生一个交变电动势, 叫单相交流发电机. 由单相交流发电机发出的电简称为单相交流电.

交流电与直流电的比较：输送方便、使用安全, 价格便宜。

2. 交流电的基本物理量

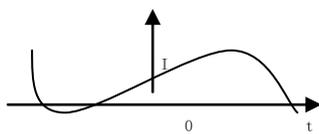
瞬时值与最大值

电动势、电流、电压每瞬时的值称为瞬时值. 符号分别是：电动势 “E”, 电压 “U”, 电流 “I” .

瞬时值中最大值, 叫做交流电动最大值. 也叫振幅. 符号分别是：Em, Im, Um.

周期、频率和角频率

周期：交流电每交变一次(或一周)所需时间. 用符号 “T” 表示; 单位为 “秒”, 用字母 “s” 表示; $T = 0.02s$



$T = 0.02s$ (China 中国)

频率：交流电每秒交变的次数或周期叫做频率. 用符号 “f” 表示, 单位是 Hz.

50Hz (China 中国)

角频率：单位时间内的变化角度, 用 “rad/s” (每秒的角度) 表示, 单位为 “ ω ” .

3. 相位、初相位、相位差

相位：两个正弦电动势的最大值是不是在同一时间出现就叫相位，也可称相角。

初相位：不同的相位对应不同的瞬时值，也叫初相角。

相位差：在任一瞬时，两个同频率正弦交流电的相位之差叫相位差。

有效值：正弦交流电的大小和方向随时在变。用与热效应相等的直流电流值来表示交流电流的大小。这个值就叫做交流电的有效值。

纯电阻电路：负载的电路，其电感和电容略去不计称为纯电阻电路。

纯电感电路：由电感组成的电路称为纯电感电路。

纯电容电路：将电容器接在交流电源上组成的电路并略去电路中的一切电阻和电感。这种电路称为纯电容电路。

4. 三相交流电路

三相交流电的定义：在磁场里有三个互成角度的线圈同时转动，电路里就产生三个交变电动势。这样的发电机叫三相交流发电机，发出的电叫三相交流电。每一单相称为一相。

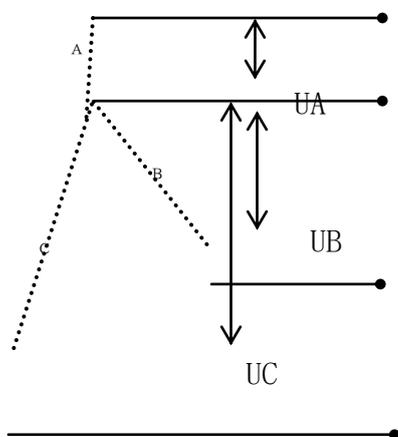
三相交流电的特点：转速相同，电动势相同；线圈形状、匝数均相同，电动势的最大值（有效值）相等；三个电动势之间互存相位差； e_A 、 e_B 、 e_C 为三相对称电动势。计算公式为：

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin (\omega t - 240^\circ)$$

电源的连接(在实际连接中)星形连接 " Y "



A 相电压：每个线圈两端的电压。相电压为 220V

0 线电压：两条相线之间的电压。线电压为 380V

相电压与线电压的关系如下：

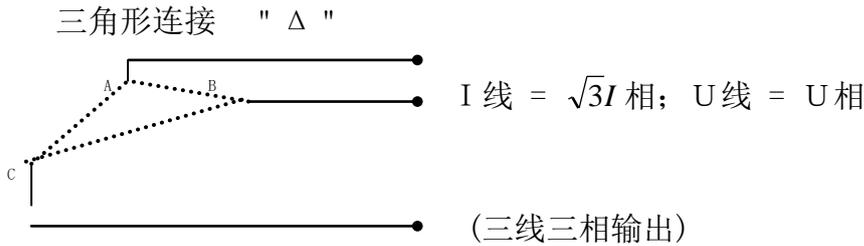
B $U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}}; U_{\text{相}} = 220\text{V}; U_{\text{线}} = 380\text{V}$

C 相电流：流过每一相线圈的电流。用 $I_{\text{相}}$ 表示

(三相四线输出)

线电流：流过端线的电流。用 $I_{\text{线}}$ 表示。相电流

等于线电流.



示例：有一三相发电机，其每相电动势为 127V，分别求出三相绕组作星形连接和三角形连接时的线电压和相电压

解：作星形连接时， $U_{\text{Y相}} = 127\text{V}$ ， $U_{\text{Y线}} = \sqrt{3}U_{\text{Y相}} = 127\text{V} \times \sqrt{3}$

作三角形连接时， $U = 127\text{V}$

三相电路的功率计算

单相有功功率： $P = IU$ （纯电阻电路）

功率因数：衡量电器设备效率高低的一个系数。用 $\text{Cos}\varnothing$ 表示。

对于纯电阻电路， $\text{Cos}\varnothing = 1$

对于非纯电阻电路， $\text{Cos}\varnothing < 1$

单相有功功率的计算公式为(将公式一般化) $P = IUC\text{os}\varnothing$

三相有功功率：不论“Y”或“Δ”接法，总的功率等于各相功率之和

三相总功率计算公式为 $P = I_{\text{A}}U_{\text{A}}\text{Cos}\varnothing + I_{\text{B}}U_{\text{B}}\text{Cos}\varnothing + I_{\text{C}}U_{\text{C}}\text{Cos}\varnothing = 3$

对于“Y”接法，因 $U_{\text{线}} = \sqrt{3}U_{\text{相}}$ $I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$ ，则 $P = 3 \times I_{\text{相}} \times \frac{U_{\text{线}}\sqrt{3}}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} =$

$$\sqrt{3} I_{\text{线}} U_{\text{线}} \text{Cos}\varnothing$$

对于“Δ”接法，因 $I_{\text{线}} = \sqrt{3}I_{\text{相}}$ $U_{\text{线}} = U_{\text{相}}$ ，则 $P = 3 \times U_{\text{线}} \times \frac{I_{\text{线}}\sqrt{3}}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} =$

$$\sqrt{3} I_{\text{线}} U_{\text{线}} \text{Cos}\varnothing$$

示例一：某单相电焊机，用钳表测出电流为 7.5A，用万能表测出电压为 380V，设有功系数为 0.5，求有功功率。

解：根据公式 $P = IUC\text{os}\varnothing$ ，已知 $I = 7.5\text{A}$ ， $U = 380\text{V}$ ，

$$\text{Cos}\varnothing = 0.5$$

$$\text{则 } P = IUC\text{os}\varnothing = 7.5 \times 380 \times 0.5 = 1425\text{W}$$

示例二：某单相电焊机, 额定耗电量为 2.5KW, 额定电压为 380V, $\cos\phi$ 为 0.6, 求额定电流.

解：根据公式 $P = IUCos\phi$,

$$\text{则 } I = \frac{2500}{380 \times 0.6} \approx 11.0A$$

八、电磁和电磁感应

1. 磁的基本知识

任一磁铁均有两个磁极, 即 N 极(北极)和 S 极(南极). 同性磁极相斥, 异性磁极相吸.

磁场：受到磁性影响的区域, 显示出穿越区域的电荷或置于该区域中的磁极会受到机械力的作用; 也可称磁铁能吸铁的空间, 称为磁场.

磁材料：硬磁材料—永久磁铁; 软磁材料—电机和电磁铁的铁芯.

2. 电流的磁效应

定义：载流导体周围存在着磁场, 即电流产生磁场(电能生磁)称电流的磁效应.

磁效应的作用：能够容易的控制磁场的产生和消失, 电动机和测量磁电式仪表的工作原理就是磁效应的作用.

通电导线(或线圈)周围磁场(磁力线)的方向判别, 可用右手定则来判断:

通电直导线磁场方向的判断方法：用右手握住导线, 大拇指指向电流方向, 则其余四指所指的方向就是磁场的方向.

线圈磁场方向的判断方法：将右手大拇指伸直, 其余四指沿着电流方向围绕线圈, 则大拇指所指的方向就是磁场方向.

通电导线在磁场中受力的方向, 用电动机左手定则确定：伸出左手使掌心迎着磁力线, 即磁力线透直穿过掌心, 伸直的四指与导线中的电流方向一致, 则与四指成直角的大拇指所指方向就是导线受力的方向.

3. 电磁感应

感应电动势的产生：当导体与磁线之间有相对切割运动时, 这个导体就有电动势产生.

磁场的磁通变化时, 回路中就有电势产生, 以上现象称为电磁感应现象. 由电磁

感应现象产生的电动势叫感应电动势. 由感应电动势产生的电流叫感应电流.

自感: 由于线圈(或回路)本身电流的变化而引起线圈(回路)内产生电磁感应的现象, 叫自感现象. 由自感现象而产生的感应电动势叫做自感电动势.

互感: 在同一导体内设有两组线圈, 电流通过一组线圈时, 线圈内产生磁通并穿越线圈, 而另一组则能产生感应电动势. 这种现象叫做互感

第二章 常用电工仪表

一、电工仪表的基本原理

磁电式仪表用符号 ‘ Ω ’ 表示. 其工作原理为: 可动线圈通电时, 线圈和永久磁铁的磁场相互作用的结果产生电磁力, 从而形成转动力矩, 使指针偏转.

电磁式仪表用符号 ‘ ’ 表示, 分为吸引型和排斥型两种.

吸引型电磁式仪表工作原理: 线圈通电后, 铁片被磁化, 无论在那种情况下都能使时钟顺时方向转动.

排斥型电磁式仪表工作原理: 线圈通电后, 动定铁片被磁化, 动定铁片的同极相对, 互相排斥, 使动铁片转动.

电动式仪表用符号 ‘ ’ 表示. 其工作原理为: 固定线圈产生磁场, 可动线圈有电流通过时受到安培力作用, 使指针顺时针转动.

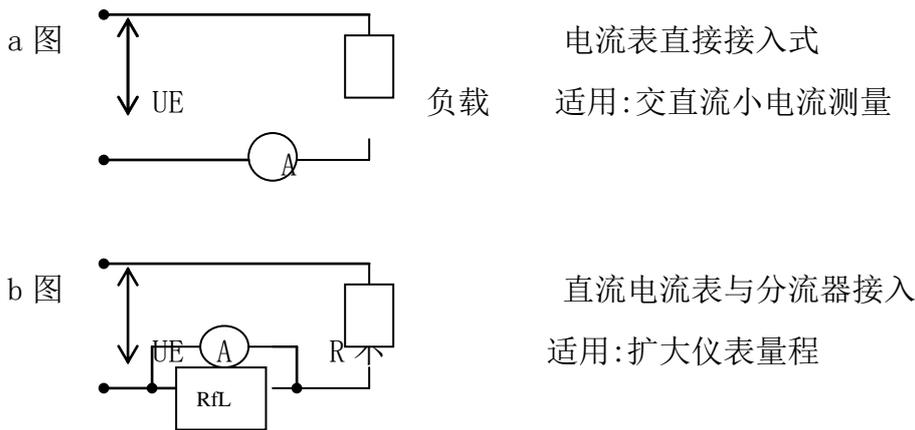
二、常用的测量仪表

1. 电工测量项目: 电流、电压、电阻、电功率、电能、频率、功率因素等.

2. 电流测量

电流测量的条件: 电流表须与被测电路串联; 电流流量不超过量程.

电流测量的方法:



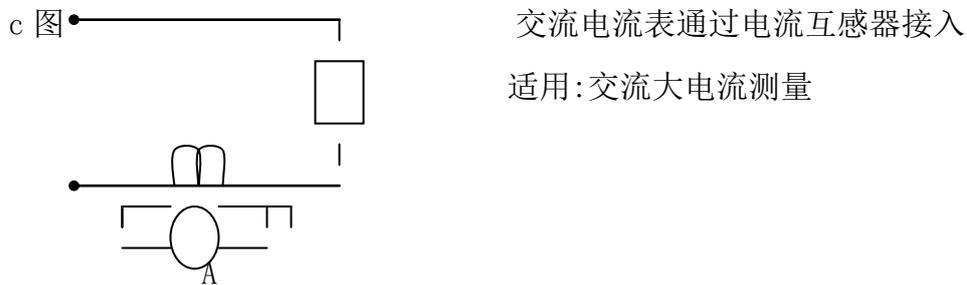
R_{fL} 的确定: 1. 测出 R 表; 2. 定出量程范围

例: 假定 A 表的量程为 A_1 (1A, 1m)

解: 因 $U_{表} = R_{fL} I$, 则 $A_1 \times R_{表} = (A_2 - A_1) \times R_{fL}$

$$1 \times 0.1 = (10 - 1) \times R_{fL}$$

$$\text{即 } R_{fL} = \frac{0.1}{9} = \frac{1}{90} \text{ m}$$



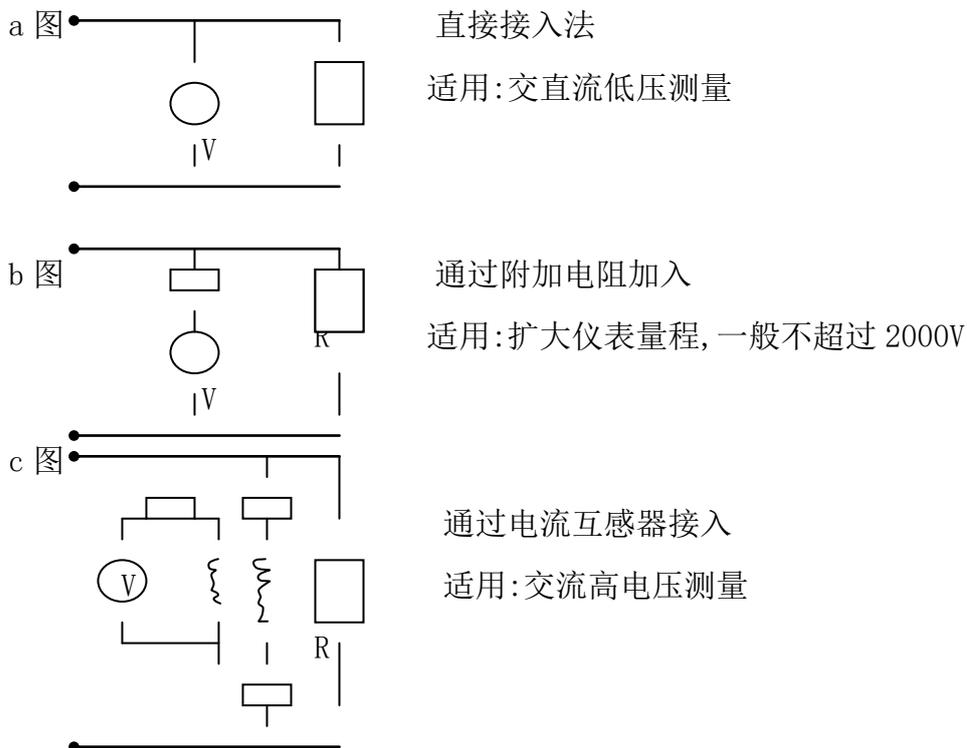
3. 互感器的选用:

- 1) 选用穿互感器的匝数必须满足母线电流, 小于允许电流;
- 2) 购买配套仪表: 例如选用 1 匝 150/5, 则选用 150/5 仪表

4. 电压测量

电压测量条件: 电压表必须与被测电压并联, 电压值不得超出量程.

电压测量方法:

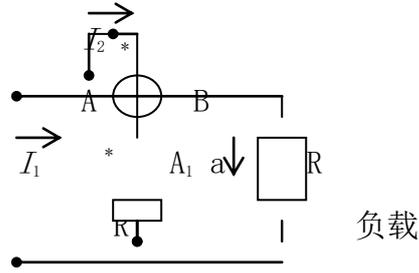


5. 电功率测量

功率表的选用: 功率表大都采用电动式. 因为要反映电压、电流要素, 要使实际电压小于电压线圈耐压, 实际电流小于电流线圈额定电流.

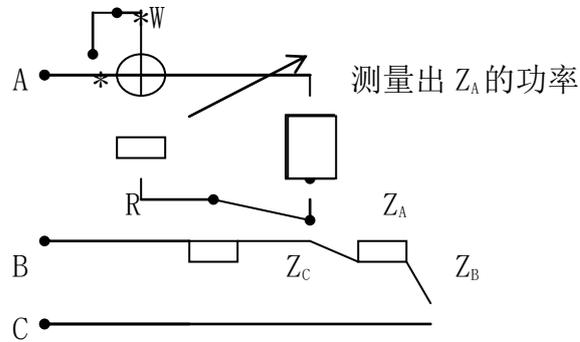
接线守则：符号 ‘*’，端接电源. 电流端钮与电路串联, 电压端钮与电路并联.

接线图：

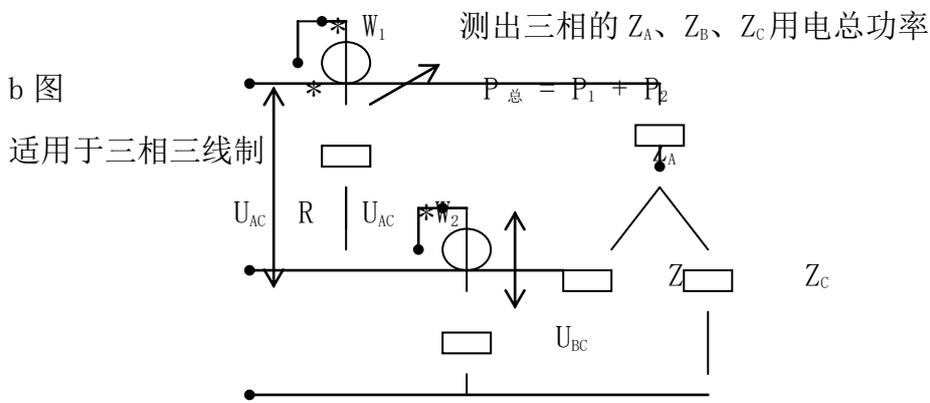


单相功率及三相功率测量接线：

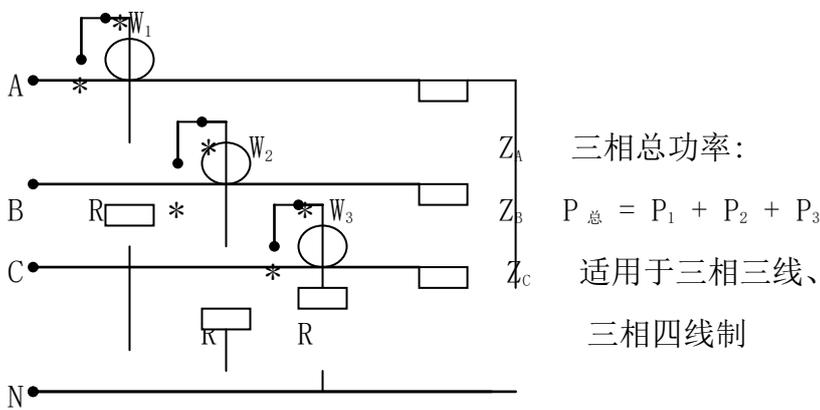
a 图



b 图



c 图

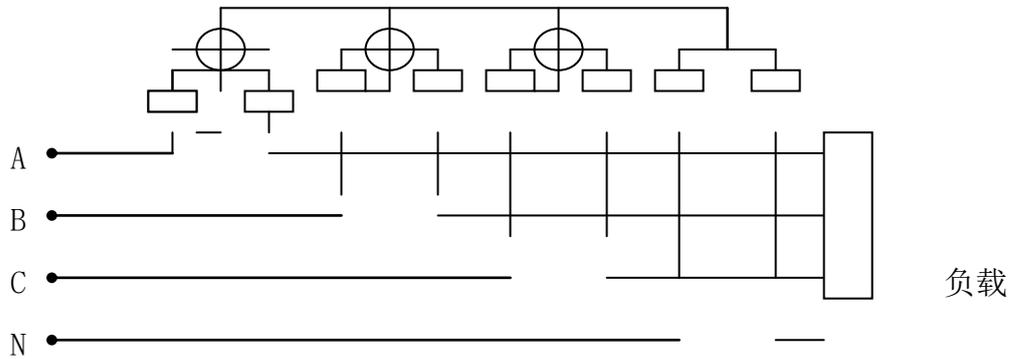


注：直流电 $P=UI$ ，交流电 $P=UI\cos\phi$

电能有单相与三相两种电能测量。

单相电度表的结构大都属于感应式，原理为：电压线圈与电流线圈产生的磁通分别穿过铝盘，铝盘产生感应涡流，涡流与磁通互相作用，产生一个转动力矩 M_P

接线方式：（三相四线直接式）



三、常用测量仪表的使用(万能表、钳形表、兆欧表)

1. 万用表的使用

万用表的外形及结构：万用表由表头、测量线路、转换开关、面板及表壳组成。

万用表常用符号说明：

\underline{V} ：直流电压(DCV)	Ω ：电阻, 欧姆
\overline{V} ：交流电压(ACV)	K：1000
μA 、mA：直流电流	∞ ：无穷大

万用表的技术数据

各数据说明—A：1.5 直流准确度；B：2.5 交流准确度；C： $\sqrt{2}$ KV 表示 2KV 耐压试验；D：45-1000Hz 交流频率的范围；E：直 20000 Ω/V - 交 5000 Ω/V 表示灵敏度。

万用表的使用

使用前的准备工作：

检查表笔的安装，红笔装 ‘+’ 字孔，黑笔装 ‘-’ 字孔；如果有较大的电流、电压的测量时接成孔，一般黑笔不动，红笔装入对角接线孔；

机械调零旋钮，测量前调零作用；

电调零，测电阻时调零用。如果不能调零，就表示万用表内电池即将耗尽，应将电

池更换;

电阻的测量,选量程 X1、X10、X100、X1K、X10K、X100K;

短接两表笔调零;

把表笔接于两测电阻两端;

读数:电阻值=刻度数值 X 倍率;

测量电流、电压

根据被测对象,将转换开关旋至所需位置;

电压测量用并联接入方式,电流测量用串联接入方式;

测直流时红笔接 ‘+’,黑笔接 ‘-’;

读数:实际数值=刻度数值 X $\frac{\text{量程}}{\text{刻度数值最大值}}$. 例如量程为 500V, 刻度数值为

200V, 则实际数值=200 X $\frac{500}{250}$. =400V

注意事项

万用表用完后应将转换开关打在交流电压档或将其打在标有 ‘OFF’ 的位置上, 以免下次用时将表针打坏或将表烧坏.

万用表的电池应根据使用频率的多少及时检查, 以免没电后电液流出出腐蚀电极或元件, 导致万用表损坏. 应将电池取出保管.

2. 钳形表的使用

钳形表的构造: 可看成电流互感器与电流表合二为一的仪表.

测量方法: 选用适当的量程, 把导线放入钳口, 读出读数; 当被测电流太小时, 可

把导线多绕钳口几圈进行测量; 电流值必须用下式读出, 即电流值= $\frac{\text{读数}}{\text{圈数}}$

注意事项

测量前不知道电流的大小, 必须选用最大量程测试;

测量时只能放入一条导线时, 不能多线同时测量; 防止触电或短路事故.

3. 兆欧表的使用

兆欧表应接电气设备的电压等级选用, 不要使用测量范围过多地起出被测绝缘的数值, 以保证读数准确. 特别注意, 不要用输出电压太高的兆欧表测低压电气设备, 否则就有把设备绝缘击穿的危险.

兆欧表上有三个接线柱, ‘浅’接线柱 ‘L’ 在测量时与被测物和大地绝缘的导体部分相接; ‘地’接线柱与被测物外壳或其它部分相接;第三接线柱 ‘保护 (G)’ 或者 ‘屏’, 只有被测物表面漏电很严重的情况下使用.

在测量前就将被测物断电并放电, 而兆欧表应作一次开路 and 短路的试验, 旋到额定转速时, 指针应指到 ∞ , 短接 ‘浅’路和 ‘接地’两极, 指针应指到 0.

使用兆欧表时, 应注意远离大电流的导体和有外磁场的场合, 同时放平勿摇动兆欧表本身, 以免影响读数.

摇动手柄, 应将转速保持在规定的范围内, 一般每分钟 120 转左右, 手柄应摇到指针稳定.

如被测设备短路, 表针指表 ‘0’ 时, 应立即停止摇动手柄, 以免兆欧表过热烧坏. 测试完毕, 应将被测物放电, 未放电时不可用手触及被测部分和进行拆线工作.

第三章 低压电器

一、低压电器分类

定义：交流 1200V 或直流 1500V 以下的电力线路中起控制调节及保护作用的电气元件称为低压电器。

低压电器可分为低压配电电器和低压控制器两类：

低压配电电器：此类电器包括刀开关、转换开关、熔断器、自动开关和保护继电器，主要用于低压配电系统中，要求在系统发生故障的情况下动作准确、工作可靠、有足够的热稳定性和动稳定性。

低压控制电器包括控制继电器、接触器、起动机、控制器、调压器、主令电器、变阻器和电磁铁，主要用于电力传流中，要求寿命长、体积小、重量轻和工作可靠。

二、低压电器的正确选用：

安全原则：使用安全可靠是对任何开关电器的基本要求；保证电路和用电设备的可靠运行是使生产和生活得以正常运行的重要保障。

经济原则：经济性考虑可分开关电器本身的经济价值和使用开关电器产生的价值。前者要求选择的合理、适用；后者则考虑在运行中必须可靠，不因故障造成停产或损坏设备、危及人身安全等构成的经济损失。

二、低压电器通用种类的分类：

1. 刀开关

作用：用于设备配电中隔离电源，也可用于不频繁的接通与分断额定电流以下负载。

特性：不能切断故障电流，只能承受故障电流引起的电动力。

2. 转换开关

作用：是供两种或两种以上电源或负载转换用的电器。

特性：可使控制回路或测量线路简化，并避免操作上的失误。

3. 熔断器

定义及作用：借熔体在电流超出限定值而熔化，分断电路的一种用于过载或短

路保护的电器。

特性：熔断器的熔断时间与熔断电流的大小有关，其规律是与电流平方成反比。

4. 主令器

定义及作用：用于切换控电路，通过它来发出指令或信号以便控制电力拖动系统及其它控制对象的起动、运转、停止或状态的改变，它是一种专门发送动作命令的电器。

特性：主要用来控制电磁开关（继电器、接触器等）电磁线圈与电源的接通和分断。

种类：按其功能可分为控制按钮（按钮开关）、万能转换开关、行程开关、主令控制器、其它主令器（如脚踏开关、倒顺开关等）。

5. 接触器

接触器的定义：是可以远距离频繁地自动控制电动机的起动、运转与停止的一种电器。

分类：接触器按其所控制的电流种类分交流接触器与直流接触器两种。

结构组成：触头系统、灭弧系统、磁系统、外壳、辅助触头（通常两对以上，常开和常闭）

工作原理：铁芯上的线圈通过电流产生磁势吸引活动的衔铁，通过杠杆使动触头与静角头接触以接通电路。

6. 热继电器

作用：用以保护电动机的过载及对其它电气设备发热状态的控制。

分类：双金属片式和热敏电阻式

结构组成：双金属片、加热元件、导板、常开或常闭静触头、复位调节螺钉、调节旋钮、压簧、推杆等

工作原理：利用电流热效应，使触点动作。

7. 自动开关（空气断路器）

作用：当电路发生过载、短路和欠压等不正常情况时，能自动分断电路的电器。

结构组成：感觉元件、传递元件、执行元件

工作原理：当电路发生短路、过载、欠压时，磁线圈在超出规定值范围后产生吸力使衔铁动作，使锁扣脱扣，从而分断主电路。

8. 漏电保护器（电磁式漏电开关）

作用：用来保护人身电击伤亡及防止因电气设备或线路而引起的火灾事故。

结构组成：零序电流互感器、漏电脱扣器、主开关、绝缘外壳

工作原理：检测元件。将检测到的漏电或漏电电流转换成二次回路的电压或电流，使驱动脱扣器动作，发出触电或漏电信号，以致将电源切断。

第四章 低压配电导线

一、导线类别：裸导线、绝缘导线

裸导线：用铝、铜或钢制成，外面没有包覆层，导电部分能触摸或看到。

绝缘导线：由导电的线芯和绝缘外皮两部分组成；线芯用铜或铝制成，外皮用塑料或橡胶制成，导电部分看不见、摸不着。

二、绝缘导线

绝缘导线的种类：绝缘导线品种繁多，按绝缘材料主要有塑料绝缘导线和橡胶绝缘导线；按线芯材料分有铜芯导线和铝芯导线；按线芯形式分有单股和多股绞合导线；按用途分有布线和连接两种。

三、绝缘导线的结构组成：

主导电线芯、橡皮绝缘、橡皮填芯、接地线芯、橡皮护套。

常用绝缘导线的型号、名称及主要用途如下：

型号		名 称	主要用途
铜芯	铝芯		
BX	BLX	棉纱编织橡胶绝缘电线	固定敷设,可明敷、暗敷
BXF	BLXF	氯丁橡胶绝缘电线	固定敷设,可明敷、暗敷,尤其适用室外
BXHF	BLXHF	橡胶绝缘氯丁橡胶护套电线	固定敷设,适用于干燥或潮湿场所
BV	BLV	聚氯乙烯绝缘电线	室内、外固定敷设
BVV	BLVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	室内、外固定敷设
BVR		聚氯乙烯绝缘软电线	同 BV 型,安装要求较柔软时用
RV		聚氯乙烯绝缘软线	交流额定电压 250V 以下日用电器,照明灯头接线,无线电设备
RVB		聚氯乙烯绝缘平型软线	

RVS		聚氯乙烯绝缘较型软线	等
-----	--	------------	---

四、导线选择

导线选择须满足发热条件：在最高环境温度和最大负荷的情况下，保证导线不被烧坏，即导线中通过的持续电流始终是允许电流。

导线选择须满足电压损失条件：以保证线路的电压损失不超过允许值。

导线选择须满足机械强度条件：在任何恶劣的环境条件下，应保证线路在电气安装和正常运行过程中不被拉断。

导线选择须满足保护条件：以保证自动开关或熔断器能对导线起到保护作用。

第五章 电气安全技术

一、电气设备安全标志

1. 发电机和电动机上应有设备的名称、容量和编号。

变压器上应有名称、容量和顺序编号；单相变压器组成的三相变压器除标有以上内容外，还应有相位的标志；变压器室的门上，应标注变压器的名称、容量、编号，有周围的遮栏上挂有‘止步、高压危险！’警告类标志牌。

蓄电池的总引出端子上，就有极性标志，蓄电池室的门上应挂有‘禁止烟火’等禁止类标志。

电源母线 L_1 (A)相黄色， L_2 (B)相绿色， L_3 (C)相红色；明设的接地母线、零线母线均为黑色；中性点接于接地网的明设接地线，为紫色带黑色条纹；直流母线正极为赭色，负极为蓝色。

照明配电箱为浅驼色，动力配电箱为灰色或浅绿色，普通配电屏为浅驼色或浅绿色，消防或事故电源配电屏为红色，高压配电柜为浅驼色或浅绿色。

电气仪表玻璃表门上应在极限参数的位置上画有红线。

明设的电气管路一般为深灰色。

高压线路的杆塔上用黄、绿、红三个圆点标出相序。

二、电力危害的防护

1. 触电的危害

电击(触电)：是指电源通过人体内部，影响到心脏、肺部和神经系统的正常功能。电击可分为直接接触电击和间接接触电击。

直接接触电击：是触及设备和线路正常运行时的带电体发生的电击(如误触接线端子发生的电击)。

间接接触电击：是触及正常状态下不带电而当设备或线路故障时意外带电的金属导体发生的电击(如触及漏电设备的外壳发生的电击)。

按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，电击又可分为：单线电击、两线电击、跨步电压电击三类。

电伤(烧伤): 是通过人体的电流可导致人体皮肤、肌肉、或身体内部的器官烧伤. 电伤可分为以下几种类型—

电烧伤: 是由电流的热效应造成的伤害, 可分为电流灼伤和电烧伤.

皮肤金属化: 是在电弧高温的作用下, 金属熔化、气化、金属微粒渗入皮肤, 使皮肤粗糙而张紧的伤害.

电烙印: 是人体与带电体接触的部位留下的永久性的斑痕.

机械性损伤: 是电流作用于人体时导致的机体组织断裂、骨折等伤害.

电光眼: 是发生弧光放电时, 由红外线、可见光、紫外线对眼睛的伤害.

火警与爆炸: 电流在不正常或有故障的情况下产生高温, 足以燃点附近的物件, 导致有火警及爆炸意外. 一般导致产生高温的原因包括—

电力超出负荷;

绝缘体损坏、短路;

电器或电线保养不足;

通风欠佳.

2. 预防触电的基本措施

在低压设备上工作的基本措施

将需停电设备的各方面电源彻底断开, 包括中性线, 并取下可熔保险器在刀闸或开关的操作把手上挂 ‘禁止合闸, 有人工作’ 的标示牌; 如需要可在刀闸或开关两侧装设接地线或现场派人看护.

工作前必须用合格的验电笔对停电设备及周围设备验电.

工作中要采用防止误触、误碰临近带电设备的措施和防止短路带电设备的措施.

采取防止误入临近的带电间隔和误登临近带电杆、塔上的措施.

禁止用喊话、约时等方式进行停送电.

根据现场需要安排指挥和监护人.

根据工作需要和现场情况采取其它的安全措施.

使用触电危险性较大的电气设备(主要是指手持动工具、手提照明灯、各种移动式电气设备等)的安全要求:

手持式电动工具必须完好, 电源线不得任意加长; 与电源连接应用插头连接, 不得随意搭接; 必须采用高灵敏的漏电保护器进行保护; 严禁将 I 类工具的三芯电源线

并为二芯使用。

手提行灯必须采用安全电压并采用合格的灯具和电源线。

使用潜水泵、水磨石机、电风扇等移动式电气设备时，必须检查其绝缘情况，使用中要防止电源线的绝缘好坏，要安装漏电保护，操作者应穿戴好防护用品。

3. 带电作业的基本措施

带电作业应则经验丰富的电工进行。至少两人以上同时工作，设有专责监护人进行监护。

带电作业应使用合格的绝缘工具，工作时应站在干燥的绝缘物上进行。

带电作业时应采取防止相间短路和三单相接地的绝缘措施。采取防止误触、误碰周围低压带电体的措施。

工作时先分清火线、零线，选好工作位置。断开线时，先断开火线，后断开地线；搭接导线时，顺序相反。人体不得同时接触两根线头。

4. 电气安全用具

安全用具的种类。安全用具可分为基本绝缘安全辅助绝缘安全用具两种。

基本绝缘安全用具：指绝缘程度足以抵抗电气设备运行电压并直接接触电源的安全用具。

高压基本绝缘安全用具有：绝缘杆、绝缘夹钳、高压验电器（高压试电笔）

低压基本绝缘安全用具有：绝缘手套、装有绝缘柄的工具、低压试电笔

辅助绝缘安全用具：指绝缘强度不足以抵抗电气设备运行电压，并不直接接触电源的安全用具。

高压辅助绝缘安全用具有：绝缘靴、绝缘手套、绝缘垫及绝缘台等

低压辅助绝缘安全用具有：绝缘靴、绝缘鞋、绝缘垫、绝缘台

5. 安全用具的正确使用

使用基本绝缘安全用具时，必须使用辅助绝缘安全用具。

高压绝缘安全用具应经耐压试验合格，在有效期内使用。

安全用具使用前应进行外观检查，其表面应清洁、干燥、无断裂、划印、毛刺、孔洞等外伤。

验电器使用前应在已知带电体上试验，检查其是否良好。绝缘手套除耐压试验合格、外观清洁、干燥、在有效期内使用外，还应做充气实验，检查其是否有孔洞。

安全用具的保管

- 1) 安全用具应存放于干燥、通风场所.
- 2) 绝缘拉杆应悬挂或放在支架上, 不应与地面、墙面接触, 以防受潮.
- 3) 绝缘手套应存放在封闭的橱内, 并应与其它工具、仪表分别存放.
- 4) 高压验电器应放在防潮匣内, 存放在干燥场所.
- 5) 绝缘靴应存放在橱内, 不应代替一般雨鞋使用.
- 6) 安全用具不得当作一般工作使用.

6. 接零接地保护

直接接地：电气设备的外壳接地, 其主要目的是当有漏电情形下, 提供低阻抗通路予故障电流在接地后放电. 即当触电时, 电流以地线流走而避免进入人体造成伤害.

接零：设备金属外壳与保护零线连接的方式, 当某一相线直接连接到设备金属外壳时, 即形成单相短路, 短路电流促使线路上的短路保护装置迅速动作, 在规定时间内将故障设备断开电源, 消除电击危险。

第二部分 综采维修电工技能培训

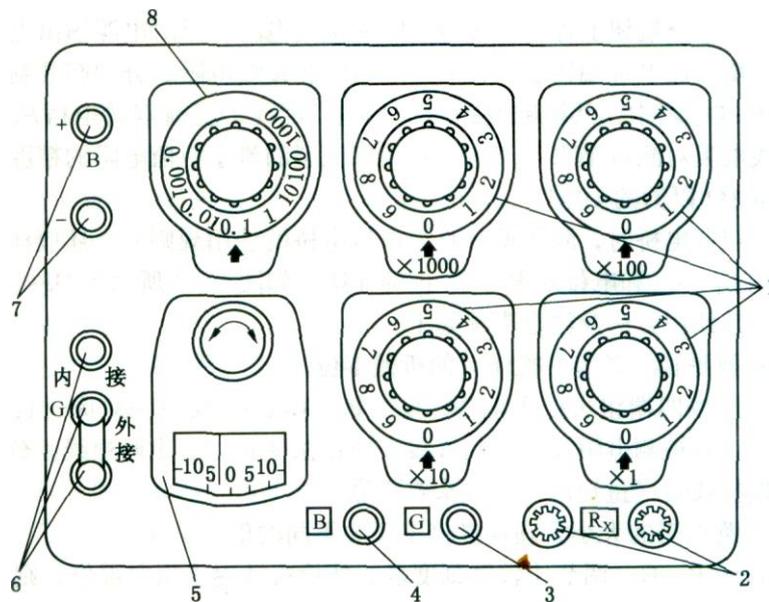
第一章 工作前准备

第一节 工具量具及仪器仪表

一、操作技能

1. 直流单臂电桥的使用

直流电桥是一种用来测量较小电阻的比较仪器，按类型可分为单臂电桥、双臂电桥和单双臂电桥。直流单臂电桥因不能有效地消除接线电阻和接触电阻的影响，难以保证测量精度，故不适用于测量 $1\ \Omega$ 以下的小电阻，而一般用于测量 $1\ \Omega \sim 100\ \Omega$ 的电阻。如图 1-1 所示为 QJ23 型便携式直流单臂电桥面板示意图，其使用方法及注意事项如下：



1-比较臂；2-被测电阻端钮；3-检流计按钮；4-电源按钮；5-检流计；
6-内、外附检流计转换端钮；7-外附电源接线端；8-比率臂

图 1-1 QJ23 型直流单臂电桥面板图

(1) 将电桥放置平稳，并将两内接线柱上的短路连接片接到两外接线柱上，松开检流计锁扣，将检流计指针进行机械零位调整。

(2) 在无法估计被测电阻大致数值时，先用万用表测量其粗略值，然后再用较

粗、较短的连线将被测电阻接入表的 R_x 两端钮上，并保持接触良好。

(3) 合理选择比率臂的倍率和比较臂的挡位，原则是根据被测电阻的粗估值，选择合适的倍率使比较臂的四个挡位调节旋钮都用上，这样可以保证测量结果的准确度。

(4) 按下电源按钮 B、检流计按钮 G，从比较臂最末一盘起调节，使检流计指针指零，电桥平衡，松开按钮 G、B。调节平衡时，先按住电源按钮 B，再按下检流计按钮 G，同时调节比较臂电阻读数盘：如检流计指针偏向标尺“+”，应增大比较臂电阻值，反之，则减少比较臂电阻值，直到检流计指针指到零位。

在调节电桥平衡过程中，按下按钮 B、G 时如果指针偏转太快，则应及时松开按钮，另选桥臂比率。选择不同比率臂时应注意松开 G 钮，以免调整中检流计指针可能受到猛烈撞击而损坏。

(5) 调节完毕，应先松开检流计按钮 G，再松开电源按钮 B，以防被测对象产生感应电动势损坏检流计。

(6) 电桥平衡后，将比较臂四个测量盘的读数乘上比率臂系数，即为被测电阻的实际值。

(7) 测量结束后，松开两外接接线柱，将短路连接片接到两内接接线柱上，并将检流计锁扣锁上，防止检流计因振动而受损。

(8) 使用电桥测电阻时应注意不能带电测量，电桥长期不用时应将电池从电桥中取出。

2. 直流双臂电桥的使用

直流双臂电桥电流端钮上存在的接触电阻和接线电阻，只对电源输出电流有影响，不会影响电桥的平衡；而电位端钮上存在的接触电阻和接线电阻，分别归并到四个阻值不小于 $10\ \Omega$ 的桥臂标准电阻中，其影响变得微不足道。因此，直流双臂电桥从结构上保证了接触电阻和接线电阻对测量结果不产生影响，保证了测量小阻值电阻的精度，故直流双臂电桥适用于测量 $1\ \Omega$ 以下的小电阻。

在使用直流双臂电桥时，除了遵守直流单臂电桥的使用规则外，还应注意被测电阻应与电桥的电流端 C_1 、 C_2 和电位端 P_1 、 P_2 正确连接。如图 1-2 所示为 QJ42 型直流双臂电桥面板示意图，其使用方法及注意事项如下：

(1) 将电桥放平稳，调节好检流计的机械零位。

(2) 被测电阻按四端钮法接入电桥 C_1 、 P_1 、 C_2 、 P_2 要一一对应，且电位端总是接在电流端的内侧。若被测电阻没有专门接线，应设法使每端引出两根线，分别接电流端和电位端，而且连接线要尽量短而粗，接头要牢靠。

(3) 根据被测电阻的大小合理选择倍率开关不同的倍率。

(4) 按下按钮 B、G，调节比较臂刻度盘，使检流计逐步指向零位，则电桥平衡。

(5) 当检流计指针平稳指零时，松开按钮 G、B，将比较臂两刻度盘的数值相加，再乘以倍率系数即为被测电阻的实际值。

(6) 使用电桥测量电阻时，连接导线与接线端钮的接触必须良好，以免增加测

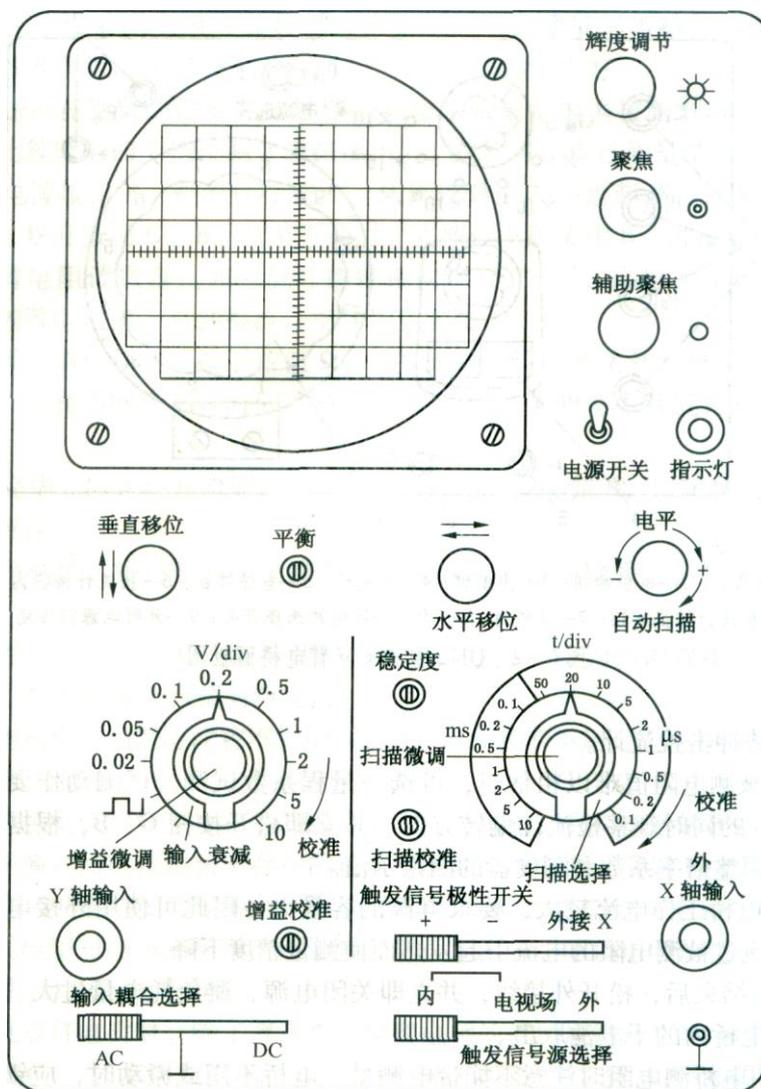


图 1 -3 ST16 型通用示波器面板图

量误差。一般连接导线两端要用焊接牢固的接线叉，而不要用鳄鱼夹。

(7) 当测量具有电感性绕组的直流电阻时，要注意应先接通电源，再接通检流

计（即先接 B，后接 G）。测量结束后，先断开检流计，再断开电源（即松开 G，后松开 B），以防止自感电势冲击检流计。

(8) 如果被测电阻值难以粗估时，可选一量程系数试测。试测动作要迅速果断，即按下按钮 B、G 的同时观察检流计偏转方向，并立即松开按钮 G、B，根据观察到的检流计偏转方向来调整倍率系数和刻度盘的测量示值。

(9) 双臂电桥工作电流较大，要求电源的容量大，因此可使用外接电源。测量时动作要快，以免流过被测电阻的电流引起发热而使测量精度下降。

(10) 测量结束后，松开外接线，并立即关闭电源，避免耗电量过大。较长时间不用的电桥，应将电桥内的干电池取出。

(11) 使用电桥测电阻时注意不能带电测量。电桥不用或搬动时，应锁紧检流计，以免振动损坏检流计。

(12) 经常使用的直流电桥，其桥臂转动摩擦，使电刷片和电刷座磨损或污染，引起接触不良，影响测量准确度，应定期进行一般的清洗保养。

3. 通用示波器的使用

通用示波器是一种直接在屏幕上显示电信号波形的电子仪器，其种类繁多，型号各异，但使用方法及控制面板的布置却大致相同，如图 1-3 所示为 ST16 型通用示波器面板图。

1) 示波器各开关旋钮的作用

(1) Y 轴输入（插座）。通过专用测量电缆及探头，将被测信号引入示波器。

(2) 输入耦合选择（开关）。用以改变被测信号与 Y 轴输入的耦合关系。“AC”位为交流耦合，显示波形不受输入被测信号中直流分量的影响；“DC”位为直流耦合，适合于观察变化缓慢的信号；“ \perp ”位为输入端处于接“地”状态，便于确定输入端为零电位时光点或光迹在屏幕上的位置。

(3) 增益校准。用于校准 Y 轴输入灵敏度。

(4) 输入衰减。主要通过 Y 轴输入灵敏度步进式挡位选择开关实现。对被测信号的大小可提供 $0.02\text{V}/\text{div}$ （表示屏幕纵向每格大小为 0.02V ） $\sim 10\text{V}/\text{div}$ 九挡进行选择；位于方波挡时为内部产生 100mV 、 50Hz 的方波，供示波器校准用。

(5) 增益微调。用于连续改变 Y 轴放大器增益，顺时针方向旋到底为最大，同时也是标准位置。

(6)垂直位移。顺时针方向光点上移；反之下移。

(7)平衡。当光迹随“V/div”开关换挡或微调转动而出现Y轴位移时，进行平衡调节，以使这种位移减至最小。

(8)X轴输入（插座）。水平信号或外触发信号的输入端。

(9)触发信号源选择（开关）。“内”挡为触发信号取自Y轴放大器；“外”挡为触发信号是由X轴输入引入的外部信号；“电视场”挡为将Y轴放大器中的被测电视信号通过积分电路，使屏幕上显示的电视信号与场频同步。

(10)触发信号极性开关。“+”、“-”位分别为触发信号的上升和下降沿来触发扫描电路；“外接X”位为外触发信号由“X轴输入”端输入。

(11)扫描校准。对X轴放大增益校准，用以对时基扫描速度进行校准。正常使用时不调节。

(12)扫描选择（开关）。用于根据被测信号频率选择适当的速度，挡位由 $0.1\mu\text{s}/\text{div}\sim 10\text{ms}/\text{div}$ 分为16挡。

(13)扫描微调。用于连续调节时基扫描速度，顺时针方向旋到底为“校准”位。

(14)稳定度。调节使扫描电路进入待触发状态。一般已调节在待触发状态，可不予调节。

(15)水平移位。顺时针方向调节使光点或信号波形沿X轴向右移；反之则左移。

(16)电平。用以调节触发信号波形上触发点的相应电平值。“+”为趋向信号的正半波；“-”为趋向信号的负半波，顺时针旋到底为“自动扫描”。

(17)聚焦。用于调节示波管中电子束的焦距，使屏幕上显示出清晰的小圆点。

(18)辅助聚焦。用于调节光点为最小。

(19)辉度调节。顺时针调节辉度增大。

(20)电源开关及电源指示灯。

2)测量前的准备

(1)检查示波器电源电压变换装置的指示值是否与电源电压相符。

(2)将面板上各开关、旋钮拨到如下位置：垂直移位与水平移位均置于中间位；电平在“自动扫描”位；输入方式在“ \perp ”位；扫描选择在“ $2\text{ms}/\text{div}$ ”，输入衰减在“ $10\text{V}/\text{div}$ ”；触发信号源选择在“内”位；触发信号极性开关在“+”位；辉度逆时针调到较小位。

(3)接通电源，指示灯亮使示波器预热 2~3min 后，将辉度调到使屏幕上水平线的亮度适当。

(4)反复调节聚焦和辅助聚焦旋钮，使屏幕上的水平亮线尽量细而清晰。调节水平及垂直移位，使水平亮线处于屏幕中央位置。

3) 示波器的校准

为了尽量准确地屏幕上反映出被测信号幅值及周期的大小，ST16 型示波器应用它内部的校准方波信号，对 Y 轴增益和 X 轴扫描速率进行校准。此时将有关开关及旋钮拨到如下位置：输入衰减及增益微调分别在方波挡及“校准”；扫描选择及扫描微调分别在“2ms/div”及“校准”。然后调节电平旋钮至屏幕上显示出稳定的方波，并将方波移到屏幕中央。如果方波双幅值不等于 5 格，周期不为 10 格，则应调节增益及扫描校准。

示波器校准后，将输入耦合选择在“AC”、输入衰减选择在 10V/div，接入 Y 轴输入信号后再调整输入衰减、扫速选择的挡位和电平，使屏幕上显示出 2~3 个振幅在 6~8 格的稳定交流波形。通过对放大器输入、输出波形的比较，可判断是否存在失真；通过波形双峰点所占格数及 Y 轴衰减挡位（单位为 V/div）可知信号的幅值，此时如果采用衰减探极，应考虑衰减比；通过波形两相邻正（或负）峰点在 X 轴上所占的格数及扫描选择所在挡位（t/div），可知信号的周期。

4) 电压的测量

电压信号中往往既含有交流分量又含有直流分量。示波器采用“交流”（AC）耦合输入方式时，将滤去直流分量，只显示交流分量；采用“直流”（DC）耦合输入方式时，信号中的交、直流成分都能进入示波器。因此，测量时应根据测量的目的，合理选择测量方法。

(1) 直流电压的测量。

①将示波器“输入衰减”旋钮的微调顺时针旋到底，置于“校准”位置。

②将触发方式置于“自动”方式，触发器选择开关置于 Y 轴的输入通道或 X 轴。

③输入通道调节“垂直移位”旋钮，使扫描基线位于屏幕的坐标线中间，作为零电平参考基准线。

④将 Y 轴输入耦合方式置于直流（DC）位置，输入端加上被测电压。此时扫描线在 Y 轴方向产生位移，位于零电平参考线上方为正，位于下方为负。

⑤调节“输入衰减”旋钮，使扫描线位于屏幕标尺内。将“输入衰减”旋钮所指的V/div数值与扫描线在Y轴方向的位移（相对于零电平参考线）的格数相乘，再乘以探头的衰减倍数，即可得出被测直流电压值。

(2) 交流电压的测量。

①交流电压的测量方法与直流电压测量时相同，先将输入衰减微调旋钮调至“校准”位置，将触发方式打到“自动”方式，确定出零电平参考线。

②将X轴或Y轴输入耦合方式置于交流（AC）位置，输入端加入被测信号电压。

③调整“输入衰减”旋钮和“扫描选择”旋钮，使被测信号波形稳定地显示在屏上。

④读取电压波形峰一峰值所占的垂直格数，乘以“输入衰减”旋钮所指的V/div数值，再乘上探头衰减倍数，即得被测交流电压峰一峰值。

(3) 合成电压的测量。

在实际测量中，经常要测量、分析合成信号和脉冲信号，它们既有交流分量，又有直流分量。其测量方法可参照以上直流和交流的电压测量方法，将X或Y轴输入耦合方式置于直流（DC）位置，在屏幕上调出稳定的波形，读取合成电压的电压值，亦可按交流电压的测量方法，测出合成电压的交流分量。

5) 时间的测量

用示波器测量时间，就是观察波形的水平方向所占的标尺刻度。定量测试时间时，要将“扫描速率”旋钮的微调旋钮调到“校准”位置，这样可根据“扫描速率”旋钮的指示值计算时间。测量时，首先按照交流电压测试步骤，将被测信号的波形在屏幕上显示出来，然后读出信号中被测二点间的水平距离（格数）乘段“扫描速率”旋钮所指的数值，则可得到所测的时间间隔。

6) 频率的测量。

对于周期重复的信号，可按照时间间隔测量法测出其信号波形一个周期的时间T，进而求得被测信号的频率 $f = 1/T$ 。

由于示波器的分辨率较低，所以测量误差较大，如果采用“多周期法”，则可以提高测量的准确度。一般通过调节“扫描选择”旋钮，可使屏幕上出现被测信号的若干个周期。

7) 示波器的使用保养

(1) 示波器使用时机壳必须可靠接地，以保证使用安全。由于示波器的金属外壳是与电源保护接零线相连的，并与探头电缆中一根测量线相连，所以测试时应注意安全。

(2) 作电子线路测试时，被测线路及其他电子仪器等的参考点均应与示波器的参考点（金属外壳）连成公共的参考点。

(3) 测量时人不要触及探针，以防干扰和触电。

(4) 测量过程中，不要频繁开启示波器，如短时不用示波器，只需将辉度调暗，不要关机，以延长仪器使用寿命。正常使用时辉度应适中，不宜过亮。光点不应长时间停留在某一点上。

(5) 使用时要保证示波器的完整、可靠，防止仪器受到振动和冲击，应避免在强磁场中工作。

(6) 示波器在长期使用过程中，应保证干燥和清洁。不用时要加盖防尘罩，应由专人负责保管（包括资料及附件）。长期不用时，应定期通电，潮湿季节最好每天通电 20min。

二、相关知识

1. 电子仪器的基本知识

随着近代的测量范围日益扩大，工业生产中常用的电气测量仪器仪表，除万用表、钳形表和兆欧表等电工仪表外，还包括一些常用的电子仪器。如微伏级电压的测量、千兆赫级频率的测量、电力电缆的故障检测、晶闸管整流系统的调试等，都不是一般电工仪表所能完成的，必须使用电子仪器。因此，对于从事电气工作的专业人员来说，只掌握电工仪

表已远远不够，还应掌握电子仪器的基本知识和应用方法，以适应社会发展的需要。

1) 电子仪器的分类

电子仪器是指利用电子技术原理并以电子器件构成的仪表、仪器及装置的总称。其分类情况如下：

(1) 按功能可分为专用电子仪器和通用电子仪器。

(2) 按工作频段可分为超低频、音频、超音频、高频、超高频电子仪器。

(3) 按测量精度可分为简易测量仪器、精密测量仪器、高精度测量仪器。

(4) 按工作原理可分为模拟式电子仪器和数字式电子仪器。

(5)按操作方式可分为手动、遥控、程序、自动等电子仪器。

(6)按结构特点可分为袖珍式、便携式、台式、架式、插件式等电子仪器。

2) 电子测量的基本特点

(1)测量的频率范围极宽。电子测量的频率范围很宽，其频率低端已进入 $10^{-4}\sim 10^{-5}$ Hz 量级，而高端已达到 4×10^{10} Hz，有的则已进入可见光的范围（约 88×10^{12} Hz）。随着科学及测量技术的迅速发展，电子测量的范围正向更宽的频段及全频段方向发展。

(2)测量的精确度很高。电子测量的精确度可达相当高的水平。目前对时间、频率的测量，其精确度已达到 10^{-13} 量级左右。数字电压表的分辨率已从毫伏(10^{-3} V)级提高到纳伏(10^{-9} V)级，精确度达百万分之一以上。

(3)量程很广。电子仪器所测量的范围极其广泛，有些测量仪器的测量范围已达20个量级左右。例如，电压从 $10^{-6}\sim 10^5$ V，电容量从一皮法(10^{-12} F)到若干法拉等。

(4)易实现测量过程的自动化。电子测量不但快速、准确，而且测量数据可用电子计算机进行处理，因而易实现测量过程的自动化。

3) 电子示波器

电子示波器是一种能把随时间变化的电过程用图像显示出来的电子显示器。示波器主要用来观察电波形，测量电波形的幅度、频率等参数。示波器能够直接把信号显示在显示屏上，响应非常迅速，细微部分也能清晰分辨。因此，对于电量的测量来说，它是一种极方便有效的测量仪器。在实验室的研制和车间的生产过程中，从元器件的一般测量到大型设备的整机调试，从维护修理到质量检查，从了解电路的功能到检查电路系统中存在的信号波形，都广泛使用各种类型的示波器。

示波器按用途和特点可分为以下几类：

(1)通用示波器。通用示波器采用单线示波管，即示波管中装有一个电子枪和一套偏转系统。它是利用高速电子流冲击荧光屏而发光的显示器件，其结构如图1-4所示。通用示波器常有以下两种：一种是单踪型的，在结构上简单一些，通常称为普

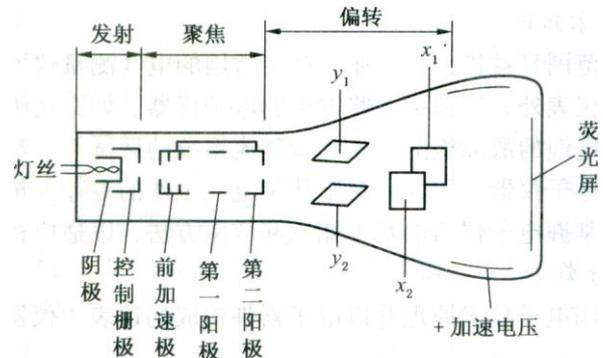


图1-4 示波管的结构示意图

通示波器；另一种是多踪型的，一般为双踪示波器。

(2)多线示波器。多线示波器采用多线示波管（即示波管中装有几个电子枪和几套偏转系统）构成，它能同时观测和比较两个以上的信号。

(3)采样示波器。采样示波器采用取样技术，将高频信号转换成低频信号，然后进行显示。这种示波器频带很宽，其上限频率可达18GHz。

(4)记忆示波器。记忆示波器采用记忆示波管，它具有储存和记忆信号的功能。

(5)特种示波器。特种示波器是能满足特殊用途或具有特殊装置的示波器，如高压示波器、超低频示波器、电视示波器等。

示波器使用时应注意以下事项：

(1)使用时机壳必须可靠接地，以保证使用时的安全。当测量对象两端对地有电压（例如，电网主回路中晶闸管电路等）时，由于一般示波器的外壳与输入信号的地线、电源插头的地线相连，一定要把地线拆掉，同时注意示波器的外壳不要和其他与“地”相连的导体相碰，否则在使用时可能会引起严重的短路事故。当地线拆掉后，示波器外壳和输入地线都是带电的，所以操作时一定要按带电操作规程进行操作。

(2)电源电压要符合要求。如超出使用范围，则应采取稳压措施后再使用。

(3)开机后亮度调节要适中，而且亮点不要长时间停留在同一点上。

(4)测量时，被测波形的关键部位要移到屏幕中心，以确保测量精度。

(5)凡是要测量读数的，不需将相应的微调旋钮调至校准位置，这样读出的格数才是有效的。

(6)被测信号频率低于几百千赫兹时，可用一般导线连接；被测信号较弱时，应使用屏蔽线连接；测量高频信号时，则应使用高频电缆连接。

(7)测量探头要专用。若被测信号大于示波器灵敏度最大值时，要使用衰减器，以免烧坏示波器。

(8)示波器刚关后，不要立即再开，最好等几分钟，因为频繁地开关电源对示波器中的元器件有损害，也容易引起电路故障。

(9)使用时要保证示波器的完整、可靠，应避免在强磁场中使用。

(10)示波器在长期使用过程中，应保证干燥和清洁，不用时要用布罩住，妥善保管。

2. 智能化仪表的使用

智能化仪表就是将微计算机技术应用于仪器仪表的一种新型测量仪表，它具有模仿人工智能的特性，使仪表内部的各个环节能够自动地协调工作，并具有数据处理和故障诊断功能。

1) 智能化仪表的基本类型

仪器仪表一般由检测元件（传感器）和显示仪表组成，智能化仪表是指检测元件为智能型或显示仪表为智能型或二者均为智能型的仪器仪表。

(1) 智能型检测元件。智能型检测元件一般在普通检测元件的基础上，配以相应的电子线路和其他传感器，实现自动温度补偿、自动线性化补偿、自我保护以及自动信号变换等功能，从而提高了检测元件的稳定性和测量的准确度。例如，智能型的电涡流位移传感器就是在原来的电涡流位移传感器中加入了微型温度传感器，由单片机根据电涡流位移传感器输出的电压和温度传感器的温度信号来进行线性化校正和温度补偿，从而可以将电涡流位移传感器的位移测量准确度由 5% 提高到 1%，传感器的温度稳定性也有很大的提高。

智能型检测元件具有较高的抗干扰性能。在实际测试中，由于传感器本身的特性和外界的影响，会存在一些确定性的干扰和不确定的随机干扰，这些干扰会影响仪表的测量准确度和可靠性。智能检测元件中的单片机可以对检测到的信号进行处理，对确定性的干扰所引起的误差进行补偿修正，对那些不确定的随机干扰进行滤波，从而提高了检测元件本身的抗干扰性能。

智能型检测元件往往由几种传感器组合在一起，从而形成复合型检测元件，这种复合型检测元件可以同时检测到测点处的多个物理参数，由单片机根据测量的需要进行选择输出或全部输出。

(2) 智能型显示仪表。智能型显示仪表发展速度较快，最常见的智能型测量仪表是那些多功能的综合测量仪表，如智能通风机测试仪就是通过测量通风机的全压、静压、风温以及电机的功率等参数，通过计算机对测量参数进行综合运算，可以计算出通风机的风速、风量以及通风有效功率等参数。

有一些智能型显示仪表还可以选择所配用的传感器类型，即一台显示仪表可以配带多种检测元件。如智能型温度测量仪，就可以选择温度传感器的类型（热电偶、热电阻、半导体、热敏元件或其他温度传感器），仪表可以根据传感器的类型选取

对应的计算公式或数据表，将不同的传感器的信号转换为温度值输出。

智能化仪表的发展依赖于电子技术的发展，随着电子技术的发展，智能化仪表在向小型化（微型化）、多功能、高速度、高精度、高可靠性和低耗能方向发展。

随着大规模集成电路技术的发展，仪表所用元件的体积越来越小，而且原来分立元件组成的复杂电路实现的功能，现在只有一块集成电路就可以实现，因此使得仪表的体积较以前大为减小。另外由于集成电路采用 CMOS 等低耗能工艺，仪表的能耗越来越低。采用高速集成电路的智能化仪表不仅能测量恒定量和缓慢变化量，而且能测量高速变化的量，如电网中的谐波测量所用的谐波测量仪表，就能测量出瞬间出现的高次谐波。

2) 智能化仪器的使用

在选用智能仪器时，应根据实际测量要求来选择，应特别注意仪器的量程范围和准确度以及显示位数等。智能仪表的测量误差主要由检测元件、模数转换器件、显示器件和计算过程中的 4 舍 5 入所产生。由于运算过程多采用多字节运算，其产生的误差可以忽略，在选择智能仪表时除考虑仪表的基本准确度外，还要考虑仪器的显示器最低位 ± 1 所产生的误差，因为智能仪器一般采用数字显示，其显示器最低位以后的数字采用 4 舍 5 入的原则进行处理，若显示器的位数较少，则由于显示器而产生的误差也不应忽略。

智能仪表与其他普通仪表一样，一般在最大量程的 $2/3$ 处其测量精确度最高，这是由于检测元件所造成的，在选择仪表的量程范围时，应充分考虑这一点。

智能仪表的使用比较灵活方便，在实际使用过程中应注意仪表的使用要求。对于多种量程选择的仪表，一般先选择最大量程进行测量，然后再根据实际测量的数据范围进行量程调整；对于多功能的智能仪表，应根据测量的实际情况选择相应的功能及参数；对于需输入参数的智能仪表，输入参数的准确与否往往会对测量的准确度产生较大的影响，如红外测温仪要求输入被测物体的辐射系数，超声波流量计要求输入被测介质的种类和被测管的参数，目前许多智能仪表的输入输出往往采用人一机对话的方式，但由于仪表所用显示器所能显示信息量的局限性和出于对成本的考虑，仪表的提示信息一般都用英文或英文缩写，在使用时一定要了解提示信息的确切含义，以便根据提示信息正确输入（或选择）相应的参数。

另外，智能仪表在使用中要注意防尘、防潮和防腐，因为智能仪表的线路板布

线都比较细且线间距都比较小，微小的尘粒和水珠都可能造成短路，轻微的腐蚀都有可能造成断路，轻者影响测量的正常进行，重者可能损坏仪表。

第二节 读图与分析

一、操作技能

(一) ZZ8L-4 型煤电钻综合保护装置的读图

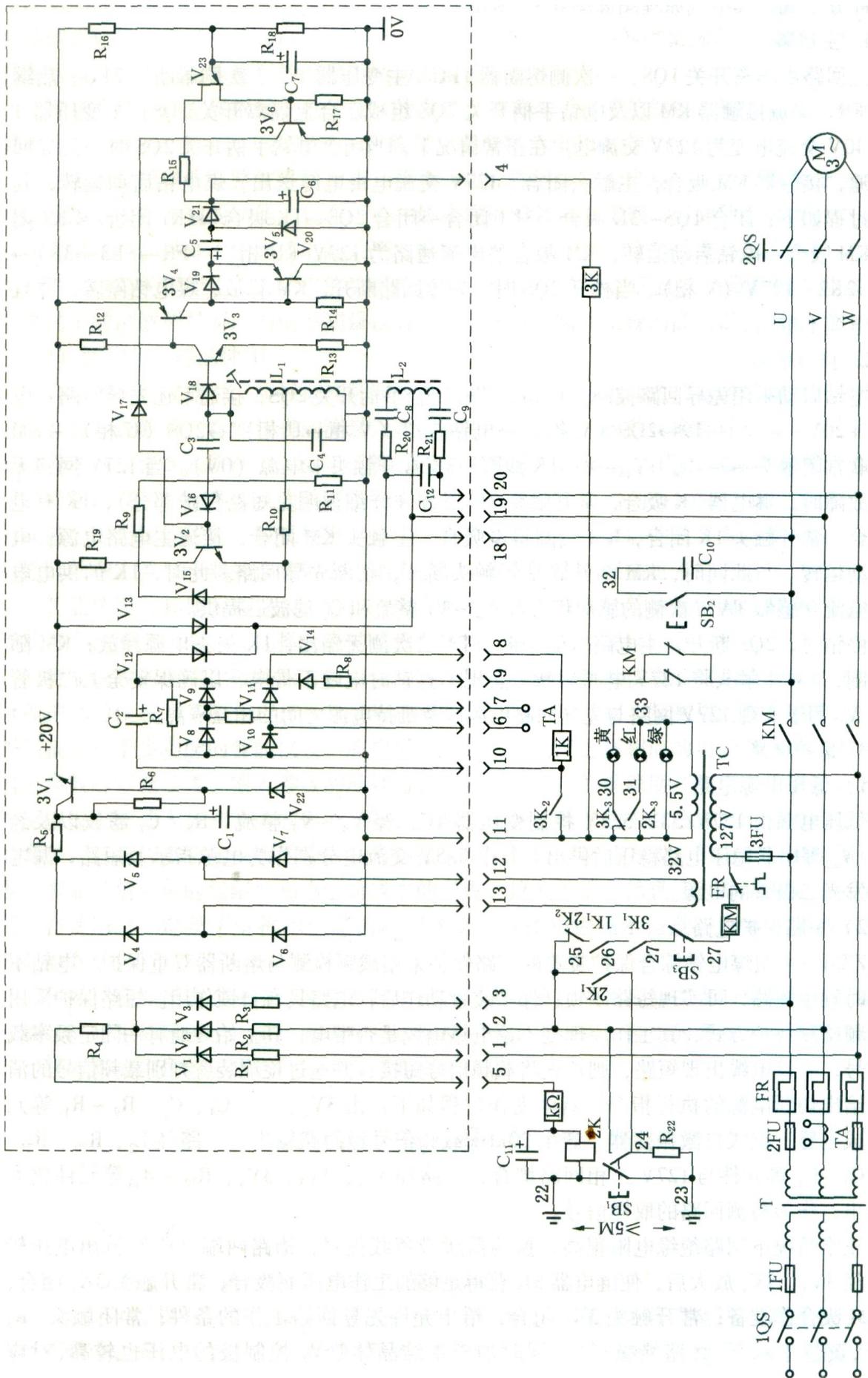
ZZ8L-4 型煤电钻综合保护装置采用了先导回路，可在远方开停电钻，做到不打钻时电缆不带电，安全可靠。它由电钻变压器、控制开关、先导控制回路以及短路、漏电保护等几部分组成，其电气原理图如图 1-5 所示。

1. 主回路

主回路由隔离开关 1QS、一次侧熔断器 1FU、主变压器 T、二次侧熔断器 2FU、热继电器 FR、交流接触器 KM 以及电钻手柄开关 2QS 组成。合上隔离开关 1QS，主变压器 T 将 1140V 交流电变为 127V 交流电。在正常情况下，当闭合电钻手柄开关 2QS 时，先导回路接通，接触器 KM 吸合，主触头闭合，127V 交流电由电缆送出，煤电钻启动运转，其动作过程如下：闭合 1QS→3K 吸合→3K1 闭合叶闭合 2QS→1K 吸合_1K1 闭合→2K2 闭合→KM 吸合→电钻启动运转，KM 吸合的电流通路为 127V (U 相)→FR→SB3 →3K1→1K1→2K2→127V (V 相)。当松开 2QS 时，先导回路断开，KM 释放，煤电钻停转，并且供电电缆不带电。

2. 控制电路

电钻启动采用先导回路控制。启动时首先闭合手柄开关 2QS，接通下述先导回路：电源(+20V)→V₁₃→19→2QS (V 相)→电钻绕组 (V 相→U 相)→2QS (U 相)



40 图 1-5 ZZ8L-4 型煤电钻综合保护装置电气原理图

→KM 两并联常闭触头→9→R₈→V₁₄→8→1K 线圈→心 K 常开触头→电源(0V)。当 127V 网路无短路故障时,继电器 3K 吸合,常开触头 3K 闭合(详细说明见短路保护部分),1K 有电压吸合,常开触头 1K 闭合,KM 线圈得电吸合,主触头 KM 闭合,接通主电路电源,电钻启动运转。与此同时,KM 两并联常闭触头断开,切断先导回路。此时,1K 的供电电源由电流互感器 TA 二次侧的感应信号经 V₈~V₁₁ 整流和 C₂ 滤波后提供。

停钻时,2QS 断开,主电路电流中断,TA 二次侧无输出,1K 失去电源释放;KM 随之跳闸,KM 主触头将 127V 电源切断,实现不打钻时电缆不带电,以确保安全。二极管 V₁₂、V₁₃ 用于实现 127V 网路与先导回路电源以及维持电源之间的相互隔离。

3. 保护电路

1) 低压电源电路

低压电源由 127V/32V/5.5V 控制变压器 TC,经 V₄—V₇ 整流,R₅、C₁ 滤波以及经 3V₁、V₂₂ 等串联稳压电路稳压后供出。其中 5.5V 交流电分别作为电源指示及短路、漏电指示发光二极管的电源。

2) 短路保护电路

ZZ8L—4 型煤电钻综合保护装置的短路保护采用载频检测与熔断器双重保护,电钻不工作时发生短路,可实现短路闭锁;保护装置动作后,电路具有自锁作用。短路保护采用的载频检测保护方式,其工作原理是不论电钻电缆是否带电,其上始终通有一固定频率载频信号,一旦电缆出现短路,则首先将载频信号短接,并通过检测装置判别载频信号的消失,给出切断电源的执行指令。具体动作过程如下:由 3V₂、L₁、C₄、C₃、R₉~R₁₁ 等元件组成电感三点式自激振荡器,产生 20kHz 载频信号经两路输出,一路经 L₂、R₂₀、R₂₁、C₈、C₉、C₁₂ 等元件与 127V 三相网路耦合,一路经 V₁₈、3V₃、3V₄、R₁₂~R₁₄ 等元件放大后输出,作为检测回路的取样信号。

正常情况下网路绝缘电阻很高,振荡器所带负载很轻,槽路两端(C₄)输出电压较高,经 3V₃、3V₄ 放大后,使继电器 3K 获得足够的工作电压而吸合,常开触头 3K₁ 闭合,为 KM 吸合作准备;常开触头 3K₂ 闭合,给出允许先导回路工作的条件;常闭触头 3K₃ 断开,黄色指示灭,线路绝缘正常。同时加于单晶体管 V₂₃ 控制极的电压也较高,对应该电压下的峰点电位高于由 V₁₆₄、V₁₈ 分压确定的阳极电位,V₂₃ 不能导通,由 3V₆ 组成的闭锁电路不起作用。

正常工作时,由 3V₄ 集电极输出的电压为矩形脉冲电压,为保证电压能够连续通过

C₅而送入 3K，电路中设置了在 3V₄ 电压输出的间歇时期 C₅ 的低阻放电通路，其回路为：C₅(+) → 3V₅(e-c) → V₂₀ → C₅(-)。

当 127V 网路发生短路时，电阻 R₂₀ 和 R₂₁ 成为振荡器的主要负载。由于该阻值很小，使振荡器负载电流显著增大，结果促使振荡器停振，槽路两端(C₄)无电压输出。这样 3V₃、3V₄将持续截止，3V₅无输出，从而使继电器 3K 得不到电压而释放。同时单结管 V₂₃开始导通，R₁₇输出电压使 3V₆饱和导通，将振荡器三极管 3V₂基极对地短接，保证 3K 持续释放。3K 触头动作，分别切断电源、1K 和 KM，并给出短路保护动作指示信号，即黄灯亮。由于短路保护具有闭锁作用，所以当短路保护动作后，在排除故障并准备再一次送电时，必须将控制电源瞬间断开，使闭锁电路复位后方能重新工作。

另外，变压器一次侧熔断器 1FU 对主变压器起短路保护，二次侧熔断器 2FU 作为 127V 系统短路的后备保护，玻璃管熔断器 3FU 对控制变压器 TC 和接触器 KM 线圈回路起短路保护作用。

3) 过载保护

采用热继电器 FR 对电钻进行过载保护。当电钻过载时，串接于 KM 线圈回路的 FR 常闭触头断开，KM 释放使主电路断电。

4) 漏电保护电路

该装置漏电保护系统采用 127V 网路电源直接检测方式，由 V₁~V₃、R₁~R₄ 以及直流继电器 2K 等主要元件组成。

检测回路是：127V 电源（三相）→ R₁ → R₃ → V₁ → V₃ → R₄ → R₅ → $\boxed{K\Omega}$ → 2K 线圈 → 大地 → 网路绝缘电阻 r → 127V 电源（三相）。

在网路对地绝缘水平较高时，流经 2K 的电流很小，不足以使其动作。当网路对地绝缘电阻低于整定值，继电器 2K 因流过足够电流而吸合，其常闭触头 2K₁ 断开，将 KM 线圈回路切断，KM 释放，切断主电路电源，同时 2K₁ 闭合，将漏电试验电阻 R₂₂ 接入，使 2K 自锁。漏电故障排除后，保护装置重新投入工作时，仍需瞬间断开隔离开关 1QS，解除漏电自锁，然后方能工作。

5) 保护装置动作试验电路

保护装置动作试验电路包括短路动作试验电路和漏电动作试验电路两个部分。短路动作试验电路主要由按钮 SB₂ 和电容 C₁₀ 组成，当按下短路动作试验按钮 SB₂ 时，通

过 C_{10} 人为模拟 127V 网路两相短路故障，此时装置应可靠动作，并给出短路灯光指示信号。漏电动作试验电路则由按钮 SB_1 、 R_{22} 等元件组成。当按下漏电保护试验按钮 SB_1 时，将接入漏电试验电阻 R_{22} ，人为模拟网路漏电故障，2K 吸合，KM 动作，切断主电路电源，实现漏电保护并自锁，同时给出漏电灯光指示信号。

(二) ZX28 -4 矿用隔爆型照明信号综合保护装置的读图

ZX28 -4 矿用隔爆型照明信号综合保护装置的电源可取自 1140V 或 660V 供电系统，其输出的 127V 电压作为照明及信号负载电压，具有短路、漏电保护和电缆绝缘监视等综合功能，其电气原理图如图 1-6 所示。

1. 主电路

主电路由三相隔离开关 QS、主变压器 T、一次侧熔断器 1FU、二次侧熔断器 2FU、交流接触器 KM 等组成，用以实现电压的变换及电源的通断。

2. 控制回路

控制电路由接触器 KM 线圈、送电按钮 SB_1 、停电按钮 SB_2 、接触器 KM 常开触头、控制继电器 K 常闭触头等组成。装置投入工作时，首先闭合隔离开关 QS，使主变压器 T 及控制变压器 TC 有电工作，此时运行指示二极管 V 通电发出绿光，指示装置运行正常。在 127V 网路无漏电、短路情况下，按下送电按钮 SB_1 ，接触器 KM 线圈得电吸合，KM 主触头闭合，127V 网路负荷得电工作。停电时，按下控制按钮 SB_2 ，使 KM 接触器线圈断电释放，KM 主触头切断主电路 127V 电源，负载断电。

3. 保护电路

1) 稳压电源电路

来自控制变压器 TC 二次侧 25V 交流电压，送入电子线路插件板上的稳压电源电路，经整流桥 VC 整流、电容 C 滤波、三端集成稳压器 E 稳压后，输出 18V 直流电压，作为保护电路的稳压电源。

2) 照明短路保护电路

照明短路保护电路由 555N 集成电路 A_1 、电阻 $R_2 \sim R_7$ 、电容 C_4 、 C_5 、二极管 V_1 、 V_3 、 V_4 、稳压管 V_{21} 组成。正常运行时，电流传感信号电压（该电压为电流传感器 TA_1 、 TA_2 二次输出经整流滤波后的电压值）不足以使 A_1 翻转动作。

当照明负载任意两相发生短路时，电流传感信号电压经 V_3 或 V_4 半波整流后在 R_5 上的信号电压使 A_1 翻转， A_1 输出端由高电平跳变为低电平。此时，电流由电源

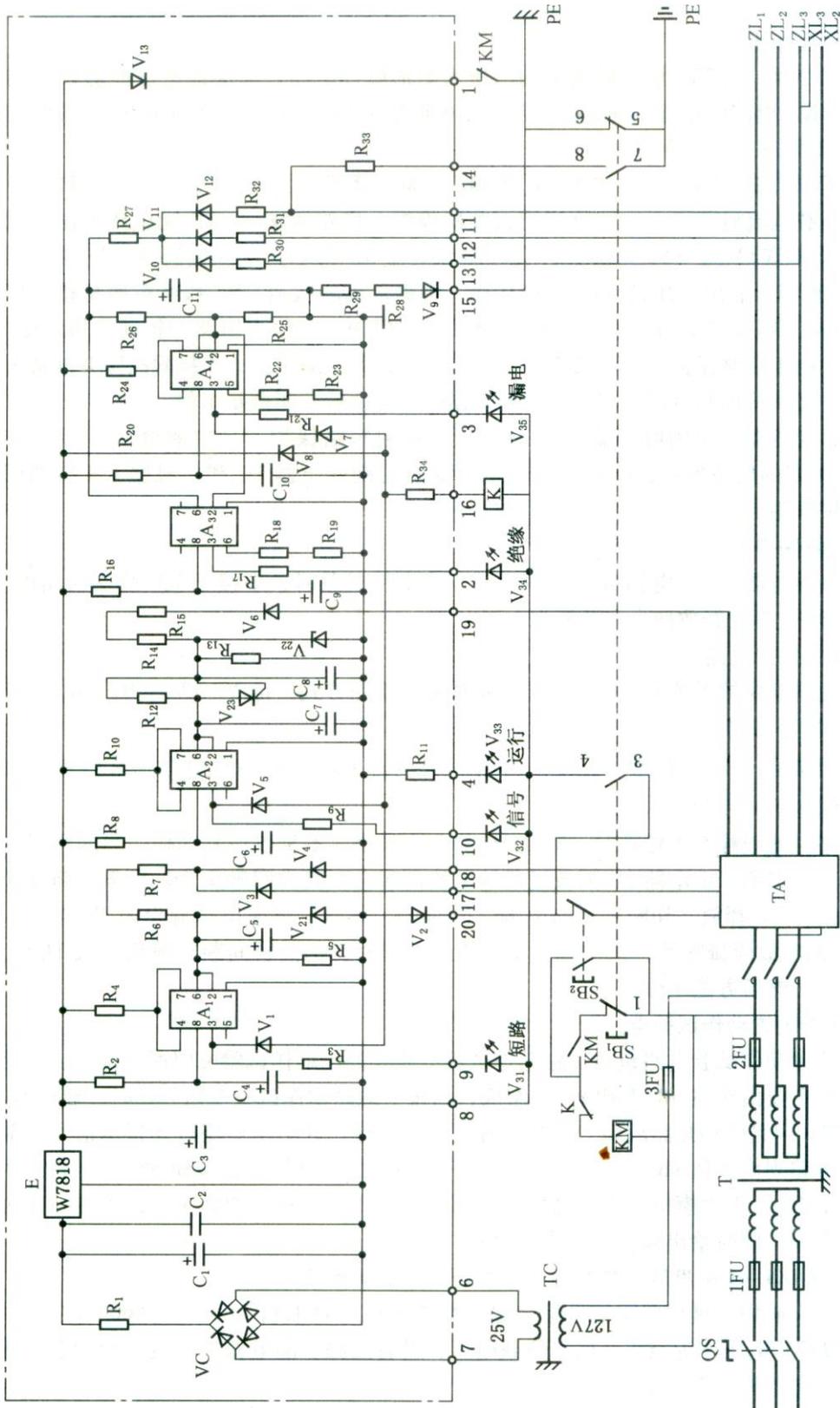


图 6-6 ZXZ8-4 矿用隔爆型照明信号综合保护电气原理图

(+18V)→插座端子 8→K→插座端子 16→ R_{34} → V_1 → A_1 输出端→ A_1 内部→电源(0V)，形成回路。继电器 K 吸合，使控制回路 K. 常闭触头断开，切断主电路，同时发光二极管 V_{31} 亮，给出照明短路故障的红色信号指示。

另外， R_2 、 C_4 为退耦电路， R_3 为限流电阻， V_1 为或门二极管， R_5 为取样电阻， R_6 、 R_7 为调整电阻， V_3 、 V_4 为整流二极管， C_5 为滤波电容， V_{15} 为保护稳压管， R_4 为自锁负载电阻。

3) 信号短路保护电路

信号短路保护电路由集成电路 A_2 、 $R_8 \sim R_{10}$ 、 $R_{12} \sim R_{15}$ 、 C_6 、 C_7 、 C_8 、 V_5 、 V_6 、稳压二极管 V_{22} 以及晶闸管 V_{23} 等组成。

正常运行时电流传感信号电压（该电压为电流传感器 TA_3 二次输出经整流滤波后的电压值）不足以使 A_2 翻转动作。当信号负载发生短路时，电流传感信号电压经 V_6 半波整流后在 R_{13} 上的信号电压使 A_2 翻转， A_2 输出端由高电平跳变为低电平。电流由电源(+18V)→插座端子 8→K→插座端子 16→ R_{34} → V_1 → A_1 输出端→ A_1 内部→电源(0V)，形成回路。继电器 K 吸合，控制回路 K_1 常闭触头断开，切断主电路，同时发光二极管 V_{32} 亮，给出信号短路故障的黄色指示。

由于信号回路具备声光指示，又因白炽灯丝由冷态变为热态时，其电阻阻值相差甚大，在启动瞬间电流很大，相当于短路电流，此时有可能产生误动作，为此在信号短路保护电路中设置了延时环节。

在信号打点瞬间，由于电流传感信号电压使 C_8 两端（ V_{23} 控制极、阴极间）电压大于 C_7 两端（ V_{23} 阳极、阴极间）电压，此时 V_{23} 截止；在信号打点间歇瞬间，则 C_7 两端电压大于 C_8 两端电压，此时 V_{23} 导通，将 C_7 两端电压迅速放掉。防止了连续间断打信号时， C_7 两端积累电压大于 A_2 门坎翻转电压而产生误动作。

另外， R_8 、 C_6 为退耦电路， R_9 为限流电阻， R_{10} 为自锁负载电阻， R_{13} 为取样电阻， R_{12} 为充电延时电阻， R_{14} 、 R_{15} 为调整电阻， V_3 为或门二极管， V_6 为半波整流二极管， V_{22} 为保护稳压管， C_7 、 C_8 为延时电容， V_{23} 为 C_7 的放电管。

4) 漏电保护电路

漏电保护电路由集成电路 A_4 、 $R_{20} \sim R_{33}$ 、 V_7 、 $V_9 \sim V_{13}$ 、 C_{10} 、 C_{11} 组成。在 127V 网路未送电状态下，网路存在漏电故障时，电路可实现闭锁。其动作回路为：电源(+18V)→ V_{13} →插座端子 B→KM 常闭触头→接地极 PE→大地→127V 网路漏电处→ ZL_1 (或 ZL_2 、

ZL₃)→插座端子 B₁₁ (或 B₁₂、B₁₃)→R₃₂ (R₃₁、R₃₀)→V₁₂ (V₁₁、V₁₀)→R₂₇→R₂₆→R₂₅→电源 (0V)。R₂₅ 上的信号电压使 A₄ 翻转, A₄ 输出端由高电平跳变为低电平, 电流由电源 (+18V)→插座端子 B₈→K→插座端子 B₁₆→R₃₄→V₇→A₄ 输出端→A₄ 内部→电源 (0V), 继电器 K 线圈得电吸合, 其常闭触头 K 断开, 接触器 KM 线圈无法得电吸合, 实现漏电闭锁, 同时发光二极管 V₃₅ 亮, 给出漏电闭锁的红色信号指示。

在 127V 网路送电状态下, 若发生漏电故障, 可实现漏电跳闸, 其动作回路为: ZL₁ (ZL₂、ZL₃)→插座端子 B₁₁ (B₁₂、B₁₃)→R₃₂ (R₃₁、R₃₀)→V₁₂ (V₁₁、V₁₀)→R₂₇→R₂₆→R₂₅→电源 (0V)→R₂₉→R₂₈→V₉→插座端子 B₁₅→接地极 PE→大地→127V 网路漏电处→ZL₂ (ZL₃、ZL₁)。R₂₅ 上的信号电压使 A₄ 翻转, A₄ 输出端由高电平跳变为低电平, 电流由电源 (+18V)→插座端子 B₈→K→插座端子 B₁₆→R₃₄→V₇→A₄ 输出端→A₄ 内部→电源 (0V)。继电器 K 吸合, 断开 K₁, 切断主电路, 同时发光二极管 V₃₅ 亮, 给出漏电跳闸的红色信号指示。另外, R₂₁、R₂₇、R_{30~32} 为限流电阻, R₂₅ 为取样电阻, R₂₈、R₂₉ 为漏电动作值调整电阻, V₉ 为隔离二极管, R₂₄ 为自锁负载电阻, R₂₀、C₁₀ 为退耦电路, V₇ 为或门二极管, V₈ 为继电器续流二极管, C₁₀、C₁₁ 为滤波电容。

5) 电缆绝缘监视电路

电缆绝缘监视电路由集成电路 A₃、R₁₆、R₁₉、R₂₅、R₂₆、C₉ 等组成, 当电缆对地绝缘电阻下降到规定值以下时, 可发出绝缘危险指示信号。当 127V 电缆网路对地绝缘电阻较高时, 漏电电流比较小, R₂₅、R₂₆ 上的电压不足以使 A₃ 触发器翻转, 黄色发光二极管 V₃₄ 不亮。当电缆网路电阻下降到某一整定值时, 其漏电电流增加, R₂₅、R₂₆ 电压上升, 使 A₃ 触发翻转, 黄色指示灯 V₃₄ 亮, 给出电缆绝缘危险指示信号; 若 127V 电缆网路绝缘电阻恢复到整定值以上时, 触发器 A₃ 可自动返回至初始状态, V₃₄ 灯灭, 取消漏电危险指示信号。

另外, R₁₆、C₉ 为退耦电路, R₁₇ 为限流电阻, R₁₈、R₁₉ 为调整电阻, R₂₅、R₂₆ 为取样电阻。

保护电路中的 A₁、A₂、A₄ 触发器均具有自动闭锁功能, 当故障切除后, 还必须将隔离开关 QS 先断开, 然后再重新闭合后方可恢复正常运行。

4. 动作试验电路

合上隔离开关 QS, 按下控制回路中的试验 (停电) 按钮 SB₂, 即可检测保护功能是否正常。

1) 短路动作试验

按下 SB_2 ，其常开触头 3-4 闭合，此时短路动作试验回路为：电源 (+18V) → 插座端子 B_8 → SB_2 (3-4) → SB_1 常闭触头 → TA_1 、 TA_2 (TA_3) → 插座端子 B_{17} 、 B_{18} (B_{19}) → V_3 、 V_4 (V_6) → R_7 、 R_6 (R_{15} 、 R_{14}) → R_5 (R_{13}) → 电源 (0V)。电阻 R_5 (R_{13}) 上的试验电压使 A_1 (A_2) 翻转，其输出端 3 由高电平突变为低电平，于是继电器 K 得电吸合，其常闭触头 K 断开，并发出灯光指示信号。若 V_{31} 亮，表示照明线路短路，保护功能正常；若 V_{32} 亮，表示信号线路短路，保护功能正常。

2) 漏电动作试验

按下 SB_2 ，其常开触头 2-8 闭合，此时漏电动作试验回路为：电源 (+18V) → V_{13} → KM 常闭触头 → 主接地极 PE → 大地 → 辅接地极 PE_1 → PE_1 → SB_2 (7-8) → R_{33} → R_{32} → V_{12} → R_{27} → R_{26} → R_{25} → 电源 (0V)。电阻 R_{25} 上的试验电压使 A_4 翻转，输出端由高电平突变为低电平，K 吸合，其常闭触头 K 断开，指示灯 V_{35} 亮，表示漏电保护功能正常。

以上两种动作试验电路的模拟信号电压均由保护电路的直流稳压电源供给。保护电路的各电子元器件组装成电子线路板插件，如原理图中点画线框所示。采用线路板插接方式，便于拆卸和维修。

(三) QJZ - 300/1140 矿用隔爆兼本质安全型真空磁力启动器的读图

QJZ - 300/1140 型真空磁力启动器主要用于含有爆炸性气体和煤尘的煤矿井下，在交流 50Hz、电压为 1140V（或 660V）供电线路中，对额定容量在 15—440kW 范围内的矿用隔爆型三相鼠笼式感应电动机进行就地或远距离启动和停止控制，并可在停止时进行换向，同时对电动机及电路实现各种保护。必要时允许使用真空换向开关手动操作停止电动机。其电气原理图如 1-7 所示。

启动器具有过载保护、断相保护、短路保护、漏气闭锁保护、漏电闭锁保护、过电压保护和防止先导回路发生短路时的自启动保护等功能，并采用发光二极管实现电源、运行及各种故障状态的显示，还可通过试验开关对启动器的保护系统进行试验检查，以判断电路是否正常。

1. 系统组成

该系统主要由主回路、控制回路、保护回路及试验显示回路等几部分组成。

1) 主回路

QJZ - 300/1140 型真空磁力启动器主回路由真空隔离换向开关 1QS、千伏级熔

断路器 1FU、真空接触器 KM 主触头、FV 阻容吸收装置组成。当启动器进线端送入 1140V(或 600V)三相交流电源后,合上隔离换向开关 1QS,电源经千级熔断器 1FU 进入真空接触器 KM 主触头。通过真空接触器 KM 主触头的断开或闭合,完成主回路的停送电操作,从而实现电动机的启动和停止控制。真空接触器 KM 主触头的出线端还并联有阻容吸收装置 FV,用以有效吸收线路过电压。

2) 控制回路

控制回路由控制变压器 1TC、本安变压器 2TC、中间继电器 1KA~3KA、直流继电器 1K—5K、主接触器 KM 线圈回路、本安先导组件 XDZ 及按钮等组成。控制变压器 1TC 一次侧与主回路相接,二次侧输出 42V、24V 和 36V 电压。

3) 保护回路

保护回路主要由电流互感器 1TA~3TA 和电子保护系统组成。启动器的电子保护系统采用 CMOS 数字逻辑电路组成基本单元,CMOS 电路具有功耗低(一般为几个微瓦)、输入阻抗高(一般可达 1000M Ω)、抗干扰性能好等突出优点。整个电子保护系统由 4 块组件组成,它们分别是电源延时组件 DSZ、保护组件 BHZ、信号整定组件 XZZ、漏电闭锁组件 LDZ。

电流互感器 1TA—3TA 在系统出现过载、短路、欠压、断相及三相不平衡故障时,从主回路上检测并取出电信号,送到保护组件 BHZ,保护组件对检测信号进行数据处理后,给出相应的故障动作和显示信号,驱动执行电路,实现保护作用。

4) 试验显示回路

该系统由试验检查开关 2QS 和若干故障指示发光二极管等组成,用于判断和检查启动器保护系统是否正常。试验检查开关 2QS 触头闭合表见电气原理图。

由触头闭合表及原理图可知,启动前,当 2QS 置于右 30°过流检查位置时,2QS₁ 闭合,即把直流 24V 电压作为过流信号加到 BHZ 组件的信号输入端,短路保护动作,GU 吸合,短路指示 V₈亮,延时 8s 左右,过载指示 V₇亮,电路记忆,启动器闭锁,需复位才能返回。

当 2QS 置于左 30°漏电检查位置时,2QS₂ 闭合,形成一个人为接地点,则漏电闭锁组件 LDZ 动作,LDJ 立即释放,V₁₁亮,启动器闭锁,无法启动;当 2QS 返回运行状态时,2QS₂ 断开,LDJ 又吸合,V₁₁熄灭,启动器解除闭锁,可以启动。

2. 工作过程

1) 启动前的准备

将隔离换向开关 1QS 置于正向或反向接通位置，控制变压器 1TC 有电，其二次侧输出 42V 电压供真空接触器 KM 线圈回路，24V 电压经复位按钮 SB 向电源延时组件 DSZ 组件供电，同时又经 LDZ 组件输出控制触头 LDJ₂，向本安电源变压器 2TC 供电；36V 电压向中间继电器 2KA、3KA 线圈供电。

当 DSZ 输入交流 24V 电源后，DSZ 进入正常工作状态，交流 24V 整流滤波后经限流电阻向直流继电器组 1K~SK 提供直流 24V 电源。另外，此直流电压经三端稳压器 W7815C 稳压后输出 15V 稳压电源，此电源二方面为 DSZ 本身的 1KT~4KT 延时回路供电，另外经 37 号线向保护组件 BHZ、漏电闭锁组件 LDZ 提供 15V 直流电源，则 BHZ、LDZ 都进入工作状态，保护组件中的 GZJ、DXJ 两个小继电器吸合，GLJ、LQJ 两个小继电器仍处于释放状态，所以 GZJ₂ 闭合、DXJ₂ 闭合、GLJ₂ 和 LQJ₂ 常闭触头仍为接通状态，则 BHZ 组件的 A₁、B₄ 端通，即系统中 12 号与 13 号线通，它为 2KA 的吸合提供一个必要条件。同时，BHZ 输出信号控制触头 GZJ₁ 常闭触头断开，DXJ₁ 常闭触头断开，GLJ₁ 与 LQJ₁ 常开触头状态不变，过载显示二极管 V₇、短路显示二极管 V₈ 断相显示二极管 V₉、漏气显示二极管 V₁₀ 都不亮。

当漏电闭锁组件 LDZ 输入 15V 以后，LDZ 中的小继电器 LDJ 立即吸合，其控制触头 LDJ₂ 常开触头闭合，2TC 有电；其信号控制触头 LDJ₁ 常闭触头断开，漏电显示二极管 V₁₁ 不亮，此时 15V 电源经限流电阻接通电源显示二极管 V₁₂，V₁₂ 发光，表明启动器有电源。与此同时交流 42V 电压送入 LDZ 的 B₁、B₃ 端，在 LDZ 中经整流滤波稳压后得到 40V 弱漏电检测电源。

在 DSZ 工作的同时，延时回路 1KT 继电器延时吸合，其触头 1KT₁ 闭合，由于 1K 线圈回路中串联有 5K₂ 常闭点和 1KT₁，所以此时 1K 也立即吸合，1K₁ 常开触头闭合，1K₂ 常闭触头断开，则 3KA 吸合，其触头动作及作用如下：3KA₁ 常开触头闭合，先导回路有电源；3KA₂ 常闭触头断开，闭锁 2KA₂、3KA₃、3KA₄ 常开触头闭合，接通漏电闭锁检测回路。这时漏电闭锁检测回路中就有一个检测信号电流流过，电流通路为：电源(+)→LDZ 取样电位器→A₁₀→大地→绝缘电阻 r→U、V、W→2KA₃、2KA₄、3KA₃、3KA₄ 四串联触头→A₁→电源(-)。而电流的大小与线路对地绝缘电阻 r 的大小有关，当 r 大时，信号电流小，反之信号电流大。在 1140V 系统中，我们整定在当 r>40kΩ 时信号电流在取样电位器上形成的对地电压较低，则 LDZ 电路不动作，LDJ 仍然

维持吸合状态。

LDJ₂常开触头闭合，先导回路有电，开关可以启动。如绝缘电阻 r 小于动作电阻时，LDJ 释放，LDJ₂常开触头断开，2TC 失电、开关闭锁，同时 LDJ₁常闭触头闭合， V_{11} 亮，表明开关闭锁原因是网路对地绝缘下降到危险值。直到故障消失，LDZ 才返回，LDJ 吸合，开关可以启动，这就是漏电闭锁原理。

由于 KA₃吸合闭锁 KA₂，所以 KA₂不可能吸合，则 KA₂常闭点闭合，它串在漏气检测回路中，此回路中还串有 3 个并联的拉力继电器 1LLJ~3LU 的常开触头。在真空接触器的真空灭弧室（又叫真空开关管）中真空度良好时，1LU~ 3LLJ 是处于断开状态，LQJ 不吸合，一旦某个真空灭弧室漏气，则串在其下端的拉力继电器触头立即闭合，则 BHZ 中的 LQJ 立即吸合，LQJ₂常闭触头断开，切断 12 号、13 号线，2KA 不可能吸合，开关无法启动，同时 LQJ₁常开触头闭合， V_{10} 亮，表明启动器不能启动的原因是由于真空灭弧室出现全漏气所致。这就是启动器的漏气闭锁保护原理。

2) 启动

启动器能启动的先决条件是：①真空接触器的真空灭弧室没有漏气。②启动器负荷侧对地绝缘电阻高于漏电闭锁的动作值。③试验检查开关 2QS 应置于运行位置，即从观察窗口看有电源指示是亮的。启动器具有远控和近控功能，其选择开关在先导组件上，现以远控为例说明其启动过程。

首先将先导组件板上的远、近控选择开关 SA₁ 拨至远控位置。按下启动按钮 SB₃，则先导组件 XDZ 中的继电器 1KA 吸合，其常开触头 1KA₁ 闭合接通 3KA，常开触头 1KA₂ 闭合，5K 吸合。常开触头 5K₁ 闭合，为 2KA 的吸合提供一个必要条件。SK 的另一常闭触头 5K₂ 断开，切断 1K 线圈回路，所以 1K 立即释放。1K 的常开触头 1K₁ 断开，切断 3KA 线圈回路，3KA 释放。1K 的常闭触头 1K₂ 闭合，为 2KA 吸合提供第二个必要条件。3KA 释放后，其常开触头 3KA₁ 断开，常闭触头 3KA₂ 闭合，为 2K 吸合提供第三个必要条件。3KA 另外二个常开触头 3KA₃、3KA₄ 打开，断开漏电闭锁检测回路。因为 1K₂、5K₂、3KA 闭合，而 BHZ 中控制出口 A₂-B₂ 通，所以 2KA 立即吸合，其常开触头 2KA₁ 闭合，真空接触器全波吸合；常闭触头 2KA₂ 断开，切断漏气闭锁检测回路；常闭触头 2KA₃、2KA₄ 断开，进一步加强负荷端与控制回路 67 号的绝缘，2KA₆ 闭合，1KT 释放。

当 KM 全波大电流吸合后，其辅助触头相应动作，状态与作用如下：KM₁常开触

头闭合，1KA 自保回路通；常开触头 KM_2 闭合，程控用；常闭触头 KM_3 、 KM_5 断开，常开触头 KM_4 、 KM_6 闭合，它们都是外供辅助触头；常开触头 KM_7 闭合，DSZ 组件中的 2KT 延时 0.5s 吸合，触头 $2KT_1$ 闭合，2K 吸合，其常开触头 $2K_1$ 闭合，1KA 才能实现自保； $2K_2$ 常闭触头断开，所以 V_1 — V_4 由原来的全波整流桥变为半波整流装置，则 KM 由全波吸合转为半波整流吸持，启动过程到此结束，在观察窗口中，看到由于 $2KA_5$ 闭合而运行，指示 V_{13} 亮，表明启动器进入运行状态。

若将先导组件板上的远、近控选择开关置于近控位置，利用启动器自身的启动按钮 SB，进行启动，称为近控，动作原理同远控。

3) 停止

(1) 远控停止。按下远控按钮上的停止按钮 SB_4 ，1KA 断电释放，常开触头 $1KA_1$ 断开，松开停止按钮， $1KA_2$ 常开触头断开，SK 释放，其常开触头 $5K_1$ 断开，2KA 释放； SK_2 常闭触头闭合，为 1K 吸合准备一个条件。2KA 释放后，常开触头 $2KA_1$ 断开，接触器 KM 释放，常闭触头 $2KA_2$ 闭合，漏气闭锁开始检测；常闭触头 $2KA_3$ 、 $2KA_4$ 闭合，为漏电闭锁检测投入作准备；常开触头 $2KA_5$ 断开，运行指示 V_{13} 不亮；KM 释放后，自保触头 KM_1 断开， KM_2 ~ KM_6 动作； KM_7 断开，2KT 释放，常开触头 $2KT_1$ 断开，2K 释放，常开触头 $2K_1$ 断开，常闭触头 $2K_2$ 闭合， V_1 ~ V_4 再次组成全桥，为下次启动作准备。

当负荷反电动势消失后，1KT 延时 0.5s 吸合，常开触头 $1KT_1$ 闭合，1K 吸合，常开触头 $1K_1$ 闭合，3KA 吸合，常闭触头 $1K_2$ 断开；3KA 吸合后，常开触头 $3KA_1$ 闭合，准备再启动；常闭触头 $3KA_2$ 断开，闭锁 2KA，常开触头 $3KA_3$ 、 $3KA_4$ 闭合，漏电闭锁检测回路接通，开始漏电检测。

(2) 紧急停止。利用启动器外壳上的停止按钮 SB_2 ，可以直接切断真空接触器线圈回路，使启动器停止运行。紧急停止操作时应注意，按动停止按钮时间应长些，直到 2KA 释放时才可松开。

3. 故障保护

(1) 漏电闭锁保护。在启动前，3KA 吸合后，当主回路负荷端对地绝缘电阻值小于某个值（1140V 系统为 $40k\ \Omega$ ；660V 系统为 $22k\ \Omega$ ）时，LDZ 中的漏电检测电路动作，LDJ 释放，其触头断开 2TC 电源，启动器无法启动，同时漏电闭锁故障显示 V_{11} 亮。待负荷端绝缘恢复正常后，LDJ 自动吸合，故障显示 V_{11} 灭，可以启动，一旦启动进入运行状态，主回路漏电保护由检漏继电器执行。

(2)漏气闭锁保护。如前所述，启动前若任一真空灭弧室出现漏气，则对应拉力继电器触头立即闭合，LQJ吸合，切断2KA回路，KM不能吸动，同时漏气显示 V_{10} 亮。

(3)过载保护。在运行中，当主回路出现大于启动器的整定电流（即过载）时，此时过载电流经电流互感器1TA~3TA变换成过载信号，并经整定组件XZZ变为直流电压信号，经75号线送入保护组件BHZ的 A_0 端，经一段延时（延时时间的长短取决于过载倍数的高低）电路翻转并记忆，GZJ立即释放，常开触头 GZJ_2 断开，2K₂立即释放，真空接触器KM释放，切断故障电源；同时常闭触头 GZJ_1 闭合， V_7 亮，表明启动器跳闸原因是由于过载引起。

当启动器跳闸后，因为电路有记忆功能，故跳闸后开关闭锁，不能再启动，此时需按下复位按钮，则电路返回，GZJ重新吸合， V_7 不亮，可以重新启动。

(4)短路保护。当主回路出现大于8~10倍额定电流时，保护组件BHZ中短路保护电路动作，GLJ吸合，并记忆故障信号，此时常闭触头 GLJ_2 断开，2KA释放，KM释放，同时常开触头 GLJ_1 闭合， V_8 亮，表明启动器跳闸是由于短路原因所致。运行显示 V_{13} 灭，电路记忆，要重新启动也须复位。如果短路电流大于4500A，则主回路熔断器1FU快速熔断，作为BHZ组件短路保护的后备保护。

(5)断相保护。在运行中若出现主回路缺相，或电流互感器取样回路某相断线，或当信号整定组件XZZ输出三相平衡信号即75号、76号、77号线有一根线无输出时，都会造成保护组件BHZ中的断相保护电路延时8~20s后动作，使DXJ继电器立即释放，电路记忆，此时DXJ₂常开触头断开，2KA释放，KM释放，同时DXJ₁常闭触头闭合， V_{13} 灭， V_9 亮，表明启动器跳闸是由于断相故障引起。由于电路有记忆功能，所以也需复位后才能重新启动。

(6)防止先导回路短路自启动保护。在启动前由于某种原因一旦造成先导回路控制电缆出现短路，此时因远方控制按钮中的整流二极管也被短接，回路中流过的是交流电流，所以直流继电器1KA无法吸合，从而有效地防止了启动器的误启动或自启动。

(7)过电压保护。由于启动器采用了真空接触器，虽然其分断速度快，分断能力强，但在操作时易产生过电压，特别是截流过电压，如不加以保护，容易击穿被控设备的绝缘。为此，启动器通常采用阻容吸收装置进行过电压保护，它利用电容

两端电压不能突变和频率越高其容抗越小的原理，可有效地吸收过电压。

4. 程序控制

当两台或两台以上启动器需程序启动时，可按图 1-7 中的程序控制接线图连接，它包括顺序控制和联锁控制 2 种。

顺序控制动作过程如下：第 1 台启动后，由于所有启动器的 SA_2 都接通（即置于程控位置），第 1 台的 KM_7 常开触头接通，此时 $3KT$ 延时 $3\sim 5s$ 吸合， $3KT_1$ 闭合，常开触头 $3K_2$ 闭合，由于第 1 台的 K_5 、 K_6 、 K_7 依次接到下台的 K_1 、 K_3 、 K_4 上，所以第 2 台开始启动， $3\sim 5s$ 后，第 2 台的 $3K$ 又吸合，又启动第 3 台，以此类推，这样就实现了顺序控制。用于程控时，除第 1 台开关可用远控也可近控，其余均应置于远控位置。

在有些场合，除要求顺序控制外，还要求当某一台启动器没有正常启动或跳闸后，其余启动器也应依次停止，在这种情况下可以用联锁控制来实现，注意联锁控制的启动器除 SA_2 置于程控位置外，远近控开关 SA_1 也应置于远控位置，并要按规定接线，即第 1 台的 K_{14} 、 K_0 依次接到下台的 K_8 、 K_g 上。

联锁控制过程如下：正常启动时，当第 1 台启动后，延时 $3\sim 5s$ 第 2 台启动，以此类推，每隔 $35s$ 依次启动下一台，这时凡已启动的启动器，其 $K_8\sim K_9$ 间的 KM_3 常闭触头都打开，它接到前台的 $K_{14}\sim K_0$ ，即前台的 $4KT$ 控制端。 $4KT$ 不吸合， $4K_1$ 常闭触头串于该台的 $1KA$ 自保回路中，前台仍然保持启动状态。

当其中一台未启动时，例如第 3 台在第 2 台启动后仍未启动，则前台（第 2 台）的 $4KT$ 控制端经第 3 台的 $K_8\sim K_9$ 接地， $8\sim 10s$ 后第 2 台 $4KT$ 吸合， $4K$ 吸合， $4K_1$ 常闭触头打开， $2KA$ 释放，则第 2 台的 KM 释放。同样道理，再经 $8\sim 10s$ 第一台也停止，这些停止的启动器由于 KM_8 常开触头断开， $4KT$ 释放， $4K$ 释放， $4K_1$ 又重新闭合，可以再启动。

全线启动后某一台故障跳闸时，如在全线 8 台启动器启动后，当第 4 台出现过载跳闸，则在 $8\sim 10s$ 后，第 3 台停止，再依次第 2 台、第 1 台也按每 $8\sim 10s$ 停下一台，而第 5~8 台因第 4 台的跳闸立即停止，从而达到了全线停车的目的。故障跳闸的启动器有显示并且启动器记忆闭锁，其余无显示，从而很容易查出故障点。

（四）BKD1 - 630/1140 矿用隔爆型真空馈电开关的读图

BKD1 - 630/1140 矿用隔爆型真空馈电开关主要用于交流 50Hz、额定电压 1140V、

额定电流 630A 及以下线路中，作为配电系统的总开关、分支开关及大容量电动机的不频繁启动，也可作为移动变电站的低压馈电开关。BKD1-630/1140 矿用隔爆型馈电开关电气原理图如图 1-8 所示，它主要由主电路、控制电路、保护电路 3 大部分组成。

1. 主电路

主电路的通断是通过 630A 真空断路器 QF 三相真空管的接通与分断来完成的，电源侧和负荷侧均由插接式的导电铜排连接。

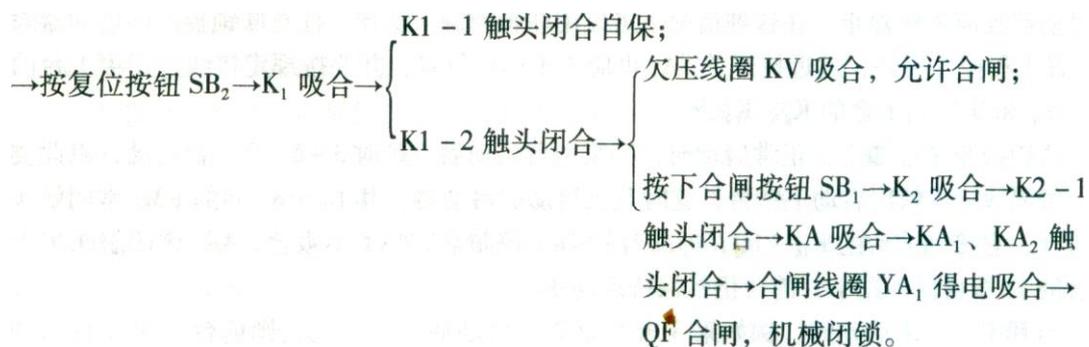
2. 控制电路

控制电路由组合开关 QS、控制变压器 TC、真空断路器辅助触头 QF₁—QF₆，继电器 K₂、欠压线圈 KV，分励线圈 1YA 等元器件组成。控制变压器 TC 将 1140V (1200V) 电压变为 250V、127V、100V、50V、24V、6V 通过整流和稳压后，分别供给断路器合闸线圈 2YA、半导体脱扣器 BT、电压表 V、继电器 KA、指示灯的工作电源。

合闸时，首先合上组合开关 QS，指示灯电路获得 6V 工作电压，此时两仪表照明灯 HL 亮，电压表 V 指示电源电压；分闸灯 V₁、闭锁灯 V₄ 亮，指示开关工作状态。

24V 电压通过检漏继电器插件 JJ 的插座端子 B₄、B₅ 送入，检漏单元投入工作。当被控线路绝缘正常时，检漏继电器触头 K 闭合，为开关合闸做准备。按下复位按钮 SB₂，继电器 K₁ 吸合，K1-1 闭合自保；K1-2 闭合，由于高压联锁按钮 SB₅ 已闭合，欠压线圈 KV 吸合，允许合闸；K1-3 动作，闭锁指示灯 V₄ 灭，检测指示灯 V₃ 亮，检漏单元进入绝缘检测状态。再按下合闸按钮 SB₁，继电器 K₂ 吸合，K2-1 常开触头闭合，中间继电器 KA 吸合，其常开触头 KA 闭合，断路器 QF 因合闸线圈 YA 得电吸合而合闸。其控制过程如下：

闭合 QS→TC 得电→检测回路工作→线路绝缘正常时，检漏继电器吸合→K 触头



闭合→合闸后，断路器辅助触头 QF₁ 闭合，为分励线圈 YA 通电做准备；QF₂ 断开继

电器 K2 线圈回路，K2 -1 断开，中间继电器 KA 释放，其常开触头 KA 断开，断路器 QF 合闸线圈断电，此时断路器 QF 的闭合状态靠机械机构维持。QF₃ 闭合，接通漏电动作值整定电位器 RP₁ 电路；QF₄ 断开，切断漏电闭锁值整定电位器 RP₂ 电路；QF₅ 断开，分闸灯 V₁ 灭，QF₆ 闭合，合闸灯 V₂ 亮。

当网路出现过载、短路、欠压、漏电等故障时，控制电路可发出动作信号，使主回路按规定时间动作，同时可通过发光二极管的亮、灭，指示故障类别，以便排查。

分闸时，只需按下机壳上的停止按钮，便可通过机械机构使脱扣器脱扣，断路器分闸，合闸灯 V₂ 灭，分闸灯 V₁ 亮，检测灯 V₃ 灭，闭锁灯 V₄ 亮。

3. 保护电路

保护电路主要由半导体脱扣器 BT、检漏继电器插件 JJ 和阻容保护装置 FV 等几部分组成，用以实现网路的过载、短路、欠压、漏电等故障保护功能。

1) 过流保护

由控制变压器 TC 输出 50V 交流电源从插座端子 B₇、B₈ 输入半导体脱扣器，经整流后，一路经稳压得到 17V 和 9V 直流电压，供给控制电路；另一路通过开关电源，经插座端子 B₁₄、B₁₂ 为欠压线圈 KV 提供直流电压。

电流电压变换器输出的电压经整流后得到反映主回路电流大小的脉动直流电压信号，将它们分压后分别送到瞬时、短延时、长延时及预报警电路，各单元电路按设定值翻转，输出一动作信号到记忆电路，寄存并显示故障类别。记忆电路输出的驱动信号一路使晶体管 V₄ 饱和导通，关断开关电源，欠压线圈失电，断路器脱扣跳闸。另一路送往整形电路，再触发可控硅。导通的可控硅同时使二极管 V₃₀ 导通，关断开关电源；V₂₉ 导通，使欠压线圈 KV 失电，并使分励线圈 YA 得电，完成脱扣动作，使断路器分断。此时，流经分励线圈 YA 的电流通路是：50V (+) → V₃₂ → 插座端子 B₁₃ → YA → QF₁ → 插座端子 B₁₆ → V₅ → 50V (-)。

可见，半导体脱扣器具有瞬时过电流（短路）、短延时过电流、长延时过电流等保护功能，其中瞬时过电流整定范围为额定电流的 3~10 倍，长延时过电流整定范围为额定电流 0.4~1 倍。

2) 欠电压保护

欠电压保护是通过欠压线圈 KV 实现的。馈电开关在断开位置时，当电源电压

等于或大于 85%额定电压时，欠压线圈 KV 吸合，保证馈电开关可靠闭合；馈电开关在闭合位置时，当电源电压降低至额定电压的 70%—35%时，欠压线圈 KV 释放，保证馈电开关脱扣跳闸，可靠断开电路。欠电压延时可调范围 $1\sim 3s$ 。

3) 漏电保护

漏电保护包括漏电闭锁和漏电检测功能，它主要由检漏继电器及其外围元器件组成。其中检漏继电器又由电源、取样放大、比较器、输出执行继电器和千欧表 5 部分组成。

24V 交流电源经插座端子 B_4 、 B_5 送入检漏继电器插件 JJ，经桥式整流后从 B_3 输出，供给 24V 直流继电器 K_1 ，另一路经电容滤波及三端稳压器稳压后供检测部分。

稳压后的 24V 直流电经隔离、滤波后从 B_6 输出，再经外接 R_1 电阻，三相电抗器 L，三相线路对地绝缘电阻 r，由大地返回 B_1 ，到 24V 负端，其电流通路为：24V (+) $\rightarrow B_6 \rightarrow R_1 \rightarrow L \rightarrow r \rightarrow$ 大地 $\rightarrow B_1 \rightarrow$ 24V (-)。该检测回路电流的大小由被测三相线路对地绝缘电阻值的大小决定，取样后经放大器放大，进入比较器。输出由比较器带动三极管驱动执行继电器 K 动作。当三相绝缘电阻大于 $120k\ \Omega$ 时，比较器输出高电平，三极管饱和导通，执行继电器吸合，常开触头 K 闭合。此时，按下复位按钮 SB_2 ，继电器 K_1 吸合，真空馈电开关的欠压线圈 KV 有电吸合，真空馈电开关允许合闸；同时，闭锁灯灭，检测、分闸灯亮。

按一下合闸按钮 SB_1 ，真空馈电开关迅速合闸，此时分闸灯灭，检测、合闸灯亮，当三相绝缘电阻下降至检漏继电器动作值 $60k\ \Omega$ 时，执行继电器释放，常开触头 K 断开，从而迫使 K_1 释放，则欠压线圈 KV 断电，真空馈电开关跳闸， K_1 触头断开，漏电灯亮，分闸、闭锁灯亮。

当网络对地绝缘电阻恢复 $120k\ \Omega$ 时，执行继电器 K 吸合，常开触头 K 闭合，漏电指示灯灭，分闸、闭锁指示灯亮。

4) 过电压保护

馈电开关 U、V、W 三相分别接入阻容保护装置 FV，当开关出现操作过电压时，通过阻容保护对地泄放，消除过电压对线路的危害，起到了过电压时的保护作用。

二、相关知识

(一) 电子技术基础

1. 振荡电路

如果一个放大器的输入端不外接输入信号，而在它的输出端却有一定频率和振幅的信号输出，这样的现象称为自激振荡。能够产生自激振荡的电路称为振荡电路。

1) 自激振荡的条件

将输出信号反馈到输入端作为输入信号，且反馈信号满足一定的条件，放大器就能形成自激振荡。自激振荡的原理框图如图 1-9 所示。

自激振荡的条件包括振幅平衡条件和相位平衡条件。振幅平衡条件是指由放大器输出端反馈到输入端的电压幅值正好等于输入信号的电压幅值，即输入信号就来自反馈信号；

相位平衡条件是指由放大器输出端反馈到输入端的电压相位必须和输入信号的相位相同，即电路必须具有正反馈。

在分析自激振荡条件时，已经假设了放大器有输出，只要满足反馈的两个条件振荡就能维持下去了。那么放大器一开始的振荡输出是从哪里来的呢？事实上，当振荡器刚接通电源的瞬间，电路中就出现了一电冲击，这个电冲击激起的信号中包含有频率从 $0 \rightarrow \infty$ 的各种谐波分量，其中只有满足振荡条件的特定频率（由选频回路定）的信号才能经过放大→正反馈→放大的过程，形成振荡器的输出信号，而其他频率因不满足振荡条件而被衰减掉。

2) LC 振荡器基本电路

(1) 变压器反馈式振荡器。变压器反馈式振荡器电路如图 1-10 所示。放大器的集电极负载为一个 LC 并联回路（L 为变压器的一次线圈）。

当 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 时，回路发生谐振，谐振时回路的阻抗最大，而且呈现纯电阻性，此时回路输出的谐振电压最大。这时 LC 回路起选频（ f_0 ）的作用，此时的放大器也称为选频放大器，其含义是它只放大频率为 f_0 的信号，如果改变 LC 回路的参数，就可以放大不同频率的信号。图中 L_1 为反馈线圈，其作用是把交流信号反馈到放大器的输入端，且满足正反馈的条件。

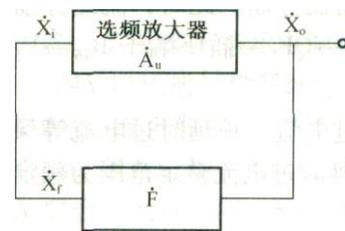


图 1-9 自激振荡器原理框图

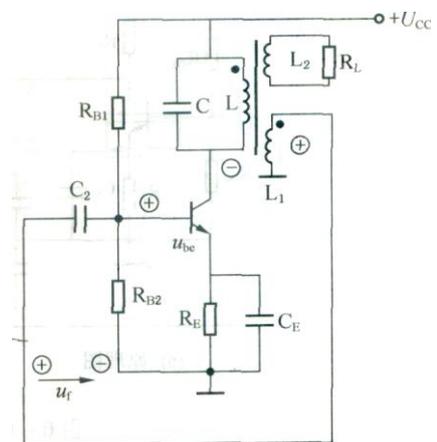


图 1-10 变压器反馈式振荡器电路

在实际应用中，如果不知道线圈的同名端极性，无法确定反馈的连接时，可以试连，如果不产生振荡，只要将 L_1 （或 L ）的两个接头对调一下就行。

反馈电压 u_f ，取自 L_1 两端，改变 L_1 的匝数或它和 L 之间的耦合程度就可以改变 u_f 的大小，使它满足起振的振幅平衡条件。

变压器反馈式振荡器通过互感实现耦合和反馈，很容易实现和负载 R_L 的阻抗匹配而达到起振要求，所以效率较高，应用很普通。通过变换回路线圈 L 可以改变振荡器输出信号的频率波段，在同一波段内只要改变回路中电容的数值，便可微调输出频率。

(2) 电感三点式 LC 振荡器。电感三点式振荡器（又称哈特莱振荡器）的电路如图 1-11 所示。 L_b 、 L_c 和 C 组成选频电路和反馈电路。振荡器的交流等效电路如图 1-11b 所示，因为电感线圈的三端点分别同三极管的三个极相连，故称为电感三点式振荡器。

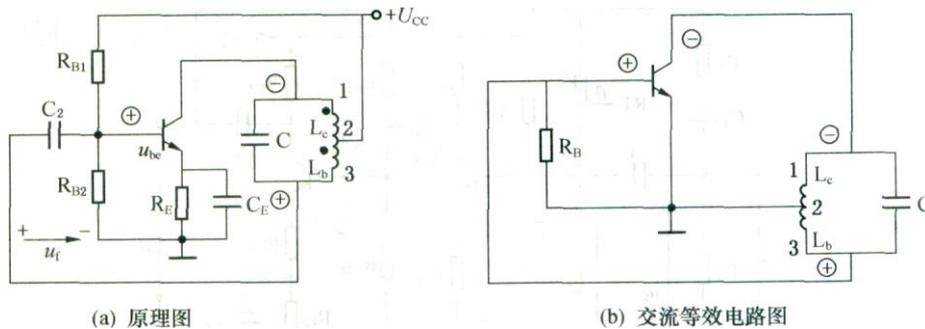


图 1-11 电感三点式振荡器电路

反馈电压 u_f 取自 L_b 两端，并保证 u_f 和 u_{be} 同相，改变 L_b 抽头的位置，即可改变嘶的大小。通常反馈线圈 L_b 的匝数为电感线圈总匝数的 $1/8—1/4$ 。

电感三点式振荡器的振荡频率由 L_b 、 L_c 、 C 及 L_b 和 L_c 之间的互感系数 M 等因素决定，由于 L_b 和 L_c 耦合很紧，故容易起振。要调节振荡器的输出频率，可改变电容 C ，调节范围较宽，可产生几十兆赫以下的正弦信号。

(3) 电容三点式 LC 振荡器。电容三点式振荡器（又称考毕兹振荡器）如图 1-12 所示。电容 C_b 、 C_c 和电感 L 组成选频电路和反馈电路。电容 C_b 、 C_c 的三端点分别接到三极管的三个极上，故称为电容三点式振荡器。

反馈电压 M ，从 C_b 上取出，这样连接可保证 u_f 和 u_{be} 同相，只要适当选取 C_b 和 C_c 的容量，改变 C_c/C_b 的比值，就会得到足够的反馈电压，电路便可起振。可见，电容三点式振荡器的振荡频率由 L 、 C_b 和 C_c 决定。由于 C_b 和 C_c 的取值可以较小，所以

振荡器频率可以较高，可达 100MHz 以上。一般情况下高频信号发生器中采用 LC 振荡器。

3) RC 振荡器

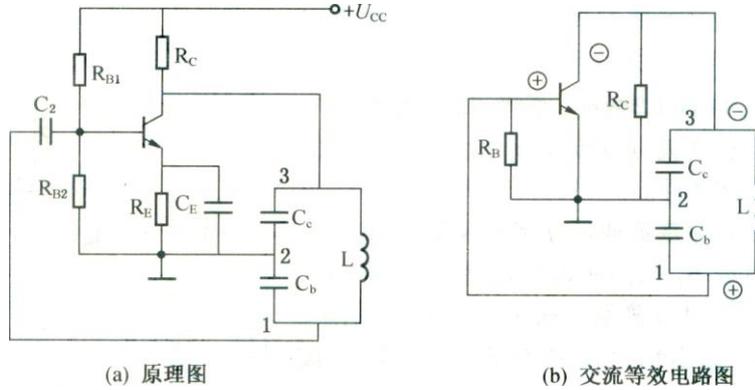


图 1-12 电容三点式振荡器电路

当要获得低频信号时，常采用 RC 振荡器。图 1-13 所示是常用的 RC 振荡电路，它由两级阻容耦合电压放大器和一个 RC 串联支路组成。这个 RC 串联支路既是反馈电路，将输出信号 M 。反馈到输入端，又是选频电路，选出 $f_0 = 1 / (2 \pi RC)$ 。

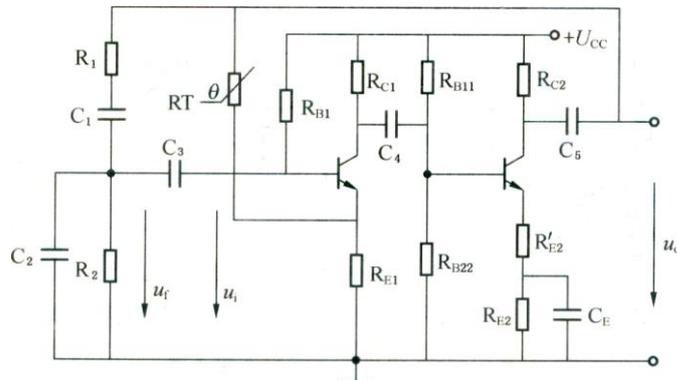


图 1-13 RC 振荡器电路

如果选频电路的电阻和电容采用双连电位器和双连电容器，则可方便地调节 RC 振荡器输出信号的频率。生产和实验中的音频振荡器常用这种电路形成。

4) 石英晶体振荡器

石英晶体振荡器是用石英晶体作为选频电路的振荡器，其特点是频率稳定度高，被广泛应用于要求频率稳定度高的设备中，例如标准信号发生器、脉冲计数器和计算机中的时钟信号发生器等。

图 1-14 所示为石英晶体振荡器的结构、等效电路和符号。C。是晶体基片两金属极板间的电容，L、C、R 是晶片本身的等效参数，其数值与石英晶体切割方式及

其几何尺寸有关，基本不受温度变化的影响。

石英晶体振荡器的基本形式有并联型和串联型两种。

2. 串联型稳压电路与集成稳压器

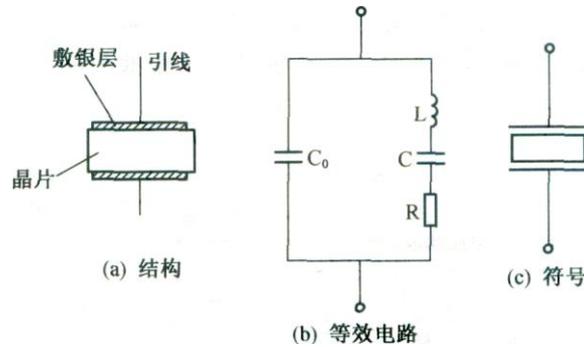


图 1-14 石英晶体振荡器

1) 简单串联型稳压电路及稳压原理

图 1-15 是一个简单的晶体管串联型稳压电路，图中 R_1 既是稳压管 V_1 的限流电阻，又是调整管 V_2 的基极偏置电阻，它和稳压管 V_1 组成基本稳压电路，向调整管基极提供一个稳定的直流电压 U_Z ，叫基准电压。

当负载 R_L 开路时，由电阻 R_2 提供给调整管一个直流通路。由于三极管的 U_{CE} 会随基极电流 I_b 改变而改变，所以只要调整 I_b 就可以控制 U_{CE} 的变化，且有： $U_{BE} = U_Z - U_L$ ， $U_L = U_i - U_{CE}$ 。

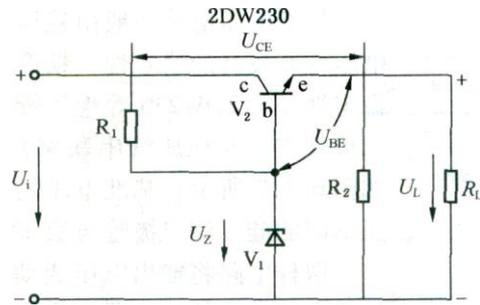


图 1-15 简单晶体管串联型稳压电路

当负载电阻 R_L 不变，电源电压升高引起输出电压 U_i 增大，导致稳压电路输出电压 U_L 增大。

由于稳压管 V_1 的稳定电压 U_Z 不变， U_{BE} 要减小，于是三极管基极电流减小，集电极电流也减小，使 U_{CE} 增大，最终可使 U_L 下降，保持输出电压 U_L 基本不变。稳压过程如下：

$$U_i \uparrow \rightarrow U_L \uparrow \rightarrow U_{BE} \downarrow \rightarrow I_B \uparrow \rightarrow I_C \downarrow \rightarrow U_{CE} \uparrow \rightarrow U_L \downarrow$$

当输入电压 U_i 不变，负载电阻 R_L 减小引起负载电流 I_L 增大，稳压电路输出电压减小。因 U_Z 不变， U_L 减小时， U_{BE} 增大，使 I_B 增大， U_{CE} 减小，从而使 U_L 基本不变。

稳压过程如下：

$$R_L \downarrow \rightarrow I_L \uparrow \rightarrow U_L \downarrow \rightarrow U_{BE} \uparrow \rightarrow I_B \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow U_{CE} \downarrow \rightarrow U_L \uparrow$$

当负载电阻 R_L 增大时，稳压过程与上述过程相反。

2) 串联型稳压电路的主要环节

串联型稳压电路主要由电源变压器、整流滤波电路、基准电压、取样电路、比较放大电路、调整器件等组成，如图 1-16 所示。下面结合这个框图进一步讨论串联型稳压电路各部分的作用。

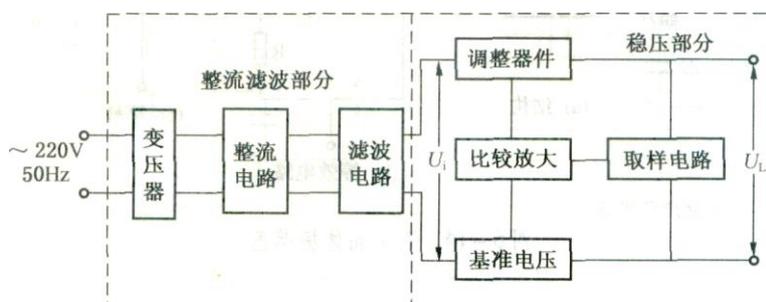


图 1-16 串联型稳压电路功能方框图

整流滤波电路的作用是为稳压电路提供一个比较平滑的直流输入电压 U_i 。显然， U_i 比稳压输出电压 U_L 高得越多，调整管可以调整的稳压范围就越大，但 U_i 如果高得太多，调整管管压降 U_{ce} 太大，就会导致功率损耗过大，管子发热； U_i 太小，则容易进入饱和区，失去调整能力。一般 U_{ce} 取值为 3~8V。

基准电压电路一般由稳压管串限流电阻构成。基准电压应有较高的稳定性，精度较高的稳压电路常采用热稳定性高的 2DW230 等稳压管，或用温度系数相反的锗二极管与普通稳压管串联来补偿温度引起的精度变化，如图 1-17 所示。基准电压的稳压值还可以利用正向电压不同的硅、锗二极管与稳压管串联来调整。



图 1-17 串联二极管调整基准电压

取样电路将输出电压变动量的一部分取出，加到比较放大器；比较放大器则将取样电路送来的电压和基准电压进行比较放大，再去控制调整管以稳定输出电压，它应有较高的放大倍数以提高稳压精度。同时，作为直流放大器，还要求它对零点漂移能进行较好的抑制。在稳定度要求较高的电路中，常采用集成运放作比较放大电路。

调整器件是稳压电路的核心环节，一般采用工作在放大状态的功率三极管。其

基极电流受比较放大电路输出信号的控制。稳压电路输出的最大气沛也主要取决于调整器件。调整管的选择原则是工作可靠，要求在各种极限工作条件下调整管都不会损坏。

3) 集成稳压器

所谓集成稳压器是指将调整管、取样放大、基准电压、启动和保护电路等全部集成在一个半导体芯片上而形成的一种稳压器。它具有体积小、稳定性高、性能指标好等优点。图 1-18 所示为典型的 CW78×× 系列集成稳压器的内部功能框图。

集成稳压器的种类很多，按原理可分为串联调整式、并联调整式和开关调整式 3

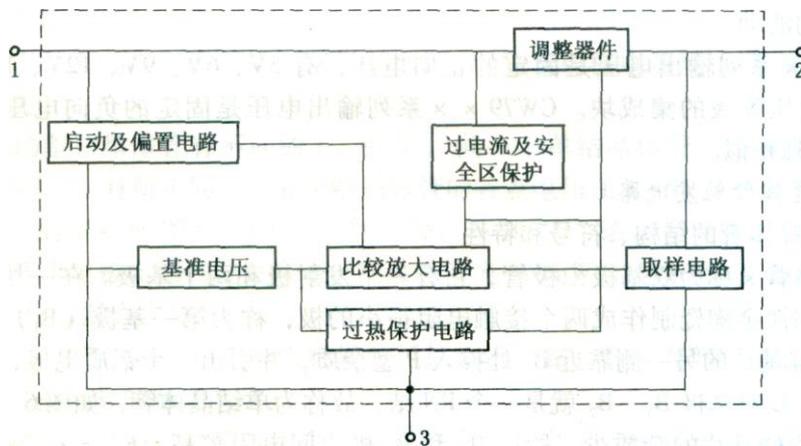


图 1-18 CW78×× 系列集成稳压器内部功能框图

种，以串联调整式集成稳压器应用最广。按输出电压方式可分为固定式和可调式，按引出端一般又可分为三端式和多端式。这里主要介绍国产 CW78×× 系列和 CW79

×× 系列稳压器的使用。如图 1-19 所示为 CW7800 系列稳压器的外形、管脚和接线图。这种稳压器只有三个引出端，即输入端 1、输出端 2 和公共端 3，所以也称为三端集成稳压器，这种稳压器安装与使用都非常方便。表 6 -1 是 CW7800、CW7900 系列三端集成稳压器的外引线排列方式。

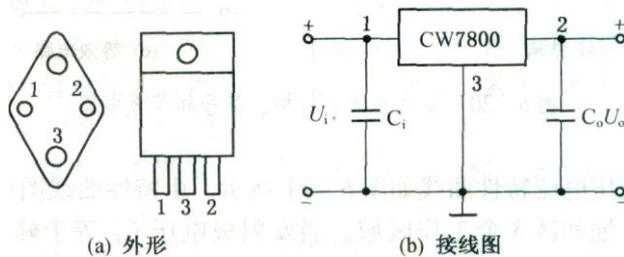


图 6—19 CW78×× 系列稳压器

表 6 -1 CW7800、CW7900 系列引线排列

封装形式	金属封装	塑料封装
------	------	------

型号	输入	公共	输出	输入	公共	输出
CW7800, CW7800M	1	3	2	1	2	3
CW7800L	1	3	2	3	2	1
CW7900系列	3	1	2	2	1	3

使用时只需分别在其输入、输出端与公共端之间各并联一个电容即可。 C_1 的作用是消除因输入端较长接线的电感效应，防止在集成稳压器内部产生自激振荡，接线短时 C_1 也可不用。 C_2 的作用是改善稳压器的暂态响应，有瞬时增减负载电流时不至于引起输出电压有较大的波动。

CW78 $\times\times$ 系列输出电压是固定的正向电压，有 5V、6V、9V、12V、15V、18V 及 24V 等各种电压等级的集成块。CW79 $\times\times$ 系列输出电压是固定的负向电压，其参数与 CW78 $\times\times$ 系列相似。

3. 单结晶体管触发电路

1) 单结晶体管的结构、符号和特性

单结晶体管又称为双基极二极管，它有一个发射极和两个基极。在一块高阻率的 N 型硅基片上用镀金陶瓷制作成两个接触电阻很小的极，称为第一基极(B_1)和第二基极(B_2)，而在硅基片的另一侧靠近 B_2 处掺入 P 型杂质，并引出一个铝质电极，称为发射极(E)。发射极 E 对基极 B_1 、 B_2 就是一个 PN 结，故称为单结晶体管，如图 1-20 所示。

因为 N 型硅基片的杂质少，所以 B_1 和 B_2 极之间电阻较高， $R_{BB}=R_{B1}+R_{B2}$ ，为 4~12k Ω 。 R_{B1} 和 R_{B2} 分别是两个基极与发射极之间的电阻，发射极与两个基极之间的 PN 结用一个等效二极管 V_D 表示，单结晶体管的等效电路如图 1-20c 所示。

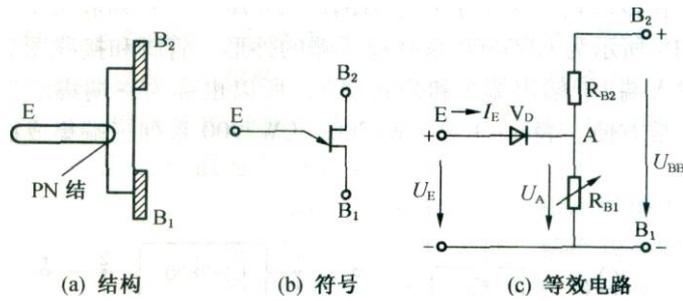


图 1-20 单结晶体管结构、符号和等效电路

单结晶体管的电压电流特性曲线如图 1-21 所示。由特性曲线图可知，单结晶体管具有截止区、负阻区、饱和区 3 个工作区域。当发射极电压 U_E 等于峰点电压 U_P 时，单结晶体管导通，且 U_E 随导通电流 I_E 的增大而降低，这就是单结晶体管所特有的负阻特性；当发射极电压 U_E 减小到谷点电压 U_V 时，管子由导通变为截止。

单结晶体管还具有以下特点：

(1) 单结晶体管的发射极与第一基极的电阻 R_{B1} 随发射极电流增大而变小， R_{B2} 则与发射极电流无关。

(2) 不同的单结晶体管有不同的 U_P 和 U_V 。同一个单结晶体管，若电源电压 U_{BB} 不同，它的 U_P 和 U_V 也有所不同。一般单结晶体管的谷点电压在 $2 \sim 5V$ 。

单结晶体管的型号有 BT31、BT33、BT35 等，其中“B”表示半导体，“T”表示特种管，“3”表示 3 个电极，第四位数字表示耗散功率为 100mW、300mW、500mW

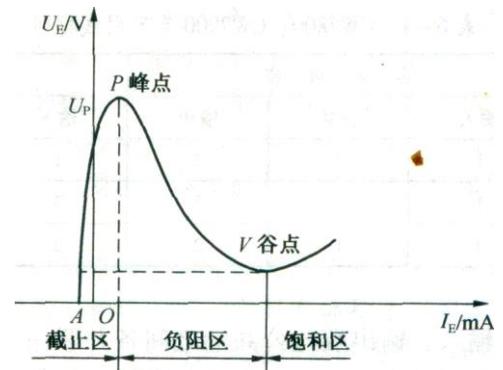


图 1-21 单结晶体管的电压电流特性

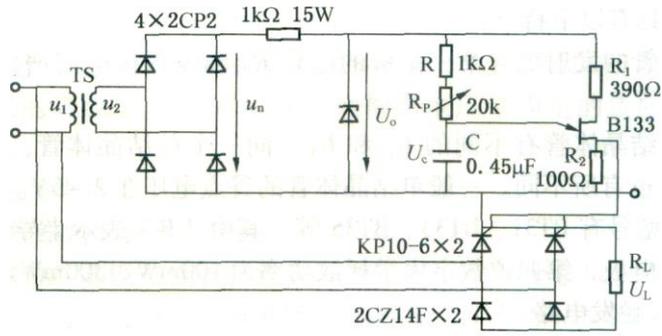
2) 单结晶体管触发电路

图 1-22a 所示是利用单结晶体管触发的可控整流电路，图下面部分是晶闸管的主电路，上面部分是晶闸管的触发电路。

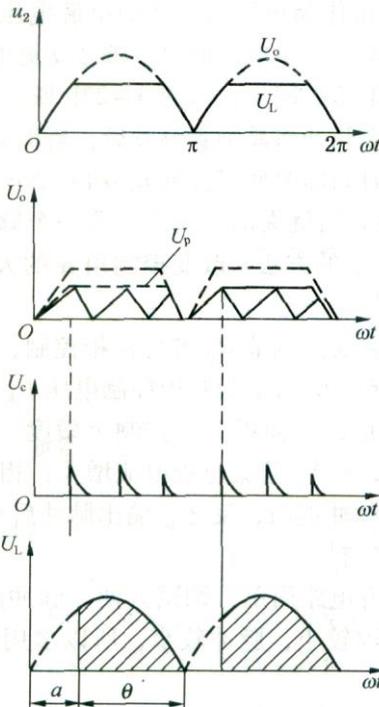
在图中的触发电路中， u_2 经过二极管桥式整流后输出的全波整流电压经稳压管削波后得到梯形波电压 U_0 ，此电压作为单结晶体管的电源电压。此梯形波电压和交

流电压同时过零，因此它保证了触发电路产生的脉冲电压都在交流电源每半周的同
一时刻出现，即保证了触发电压和交流电源电压的同步，如图 1- 22b 所示。

由于每半个周期内第一个脉冲将晶闸管触发后，后面的脉冲均无作用，因此
只要改变每半周的第一个脉冲产生的时间即改变了控制角 α 的大小。若电容 C 充电
较快， U_c 就很快达到 U_p ，第一脉冲输出的时间就提前；反之，第一个脉冲输出的时
间就后移。在实际应用中可利用改变充电电阻的方法改变控制角 α 的大小，从
而达到触发脉冲移相的目的。



(a) 电路图



(b) 波形图

上述单晶体管触发电路通过调节器进行移相控制，而在实际的电路中往往要求对上述移相进行自动控制。图 1-23 所示为利用控制电压 U_k 进行移相控制的触发电路

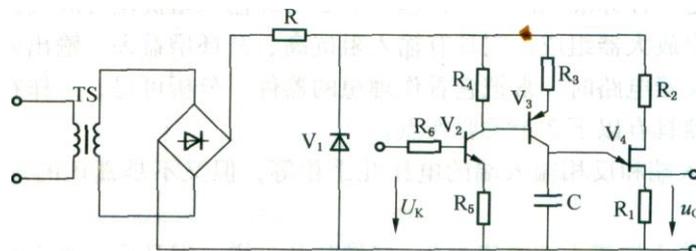


图 1-23 移相控制触发电路

电路。

控制电压 U_k 由 V_2 管直接放大而提高了控制灵敏度。若 U_k 增大, V_2 管的集电极电流增大, 其集电极电位下降, 使 V_3 管集电极电流增大, 相当于 V_3 管的等效电阻变小, 使电容 C 充电速度加快, 输出脉冲提前; 反之, 输出脉冲后移。这样由控制电压 U_k 实现了对可控整流输出电压的自动控制。

单晶体管触发电路具有电路简单、调试方便、脉冲前沿陡、抗干扰能力强等优点, 但是它的输出功率和移相范围较小, 脉冲较窄, 所以多用于 50A 以下的中小容量晶闸管的单相可控整流电路中。

(二) 集成运算放大器与 555 定时器集成电路

1. 集成运算放大器

1) 集成运算放大器的特性

运算放大器是一种标准化的电路, 基本上是由高输入阻抗差分放大器、高增益电压放大器和低阻抗输出放大器组成, 它具有输入阻抗高、开环增益大、输出阻抗低等优点。在分析集成运算放大器电路时, 常把它看作理想的器件。分析可得, 工作在线性放大状态时的理想运算放大器具有以下 2 个重要特点:

(1) 同相输入端和反相输入端的电压几乎相等, 但又不是真正的短路, 故称为“虚短”, 即 $U_+ = U_-$ 。

(2) 从两个输入端流入的电流为 0, 好像断开一样, 但又不是真正断开, 故称为“虚断”, 即 $i_i = 0$

2) 集成运算放大器的应用

目前, 集成运算放大器作为一种基本的标准化的功能器件已被广泛用于各类电子

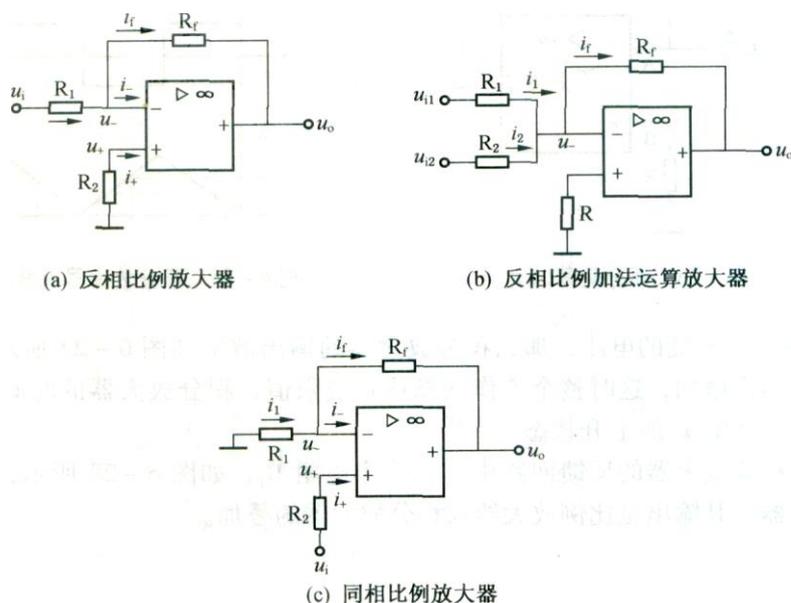


图 1- 24 比例放大器

电路中。

(1)反相比例放大器。

反相比例放大器如图 1- 24a 所示，它有两个内阻很大的输入端，为保证输入输出的线性关系，在反相输入端与输出端加上了一个反馈电阻 R_f ，而同相输入端通过一个电阻 R_2 接地，且 $R_2 = R_1/R_f$ 。

根据欧姆定律和运算放大器“虚断”、“虚短”的概念，可得：

$$u_0/u_i = - R_f/R_1$$

即放大器的放大倍数是由 R_f 与 R_1 的数值求得的，放大倍数与运算放大器本身的参数无关。负号表示是反相，当输入电压为正时，输出为负，反之亦然。

若在反相输入端有多个信号输入就构成反相比例加法运算放大器，如图 1- 24b 所示。其输出电压 u_o 的大小为：

$$u_o = - R_f u_{i1}/R_1 - R_f u_{i2}/R_2$$

可见，输出电压由两部分组成，一是 u_{i1} 单独作用在运放上所获得的值，二是 u_{i2} 单独作用在运放上所获得的值，这两部分之和就是输出电压的大小。

(2)同相比例放大器。

同相比例放大器如图 1- 24c 所示，其输入端是同相端。根据“虚短”和“虚断”的概念，分析整理可得：

$$u_0/u_i = 1+R_f/R_1$$

可见，同相比例放大器的放大倍数只取决于电阻 R_f 与 R_1 的数值，而与运算放大器本身的参数无关。

(3)积分运算放大器。

积分运算放大器如图 1-25 所示。因为 R_2 上没有电流，B 点电位与地相同，那么 A 点电位也是 0。分析可知，当输入 u_i 的波形是一个振荡方波，如图 1-26 所示，那么通过积分放大器之后的输出就是一个三角波。

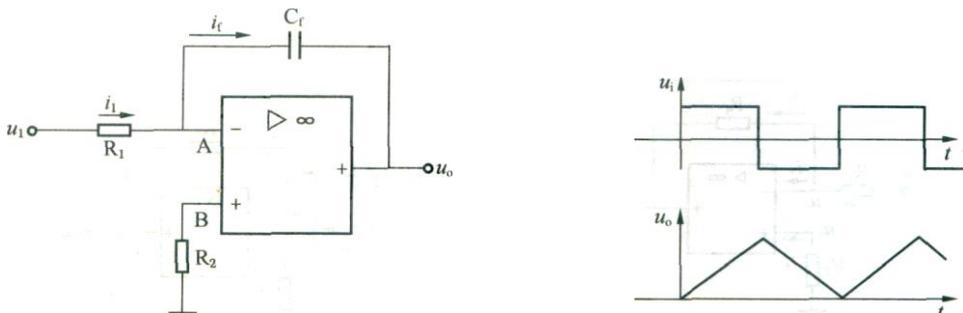


图 1-25 积分运算放大器

图 1-26 积分放大器充放电波形

如果 u_i 是一个不变的电压，那么积分放大器的输出波形如图 1-27 所示，输出电压达到一定值就不再增加，这时整个工作状态达到极限值，积分放大器的时间常数是 $T_1=C_fR_1$ ，表示输出电压 u_o 的上升状态。

若在积分运算放大器的反馈回路中串入一个电阻 R_f ，如图 1-28 所示，即构成比例积分运算放大器，其输出是比例放大器与积分放大器的叠加。

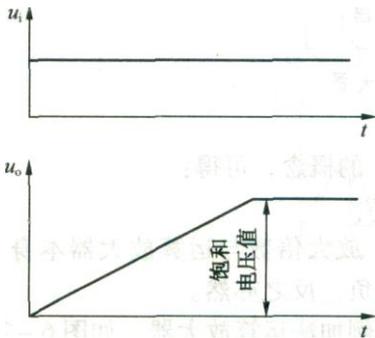


图 1-27 饱和状态波形

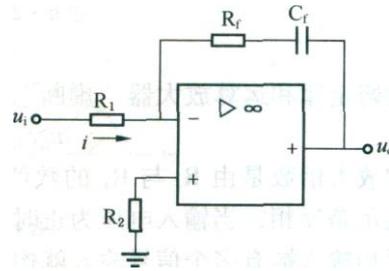


图 1-28 比例积分运算放大器

(4) LM324 组成的电平指示器。

LM324 是一块含有四个集成运算放大器的集成组件，简称四运放集成电路，它的外引线分布示意图如图 1-29 所示。其同类型号有 F324、D6324 及 LA6324 等。

图 1-30 是用四运放 LM324 组成的电平指示器电路图。在图中来自低频放大器或扬声器的音频电压信号 u_i ，经 $V(2AP9)$ R_{10} 、 C_2 组成的整流电路，得到大小正比于信号强度的正极性电压，该电压同时加于四个运算放大器的同相输入端。所有运算放大器的反相输入端，分别加上电源电压经电阻分压网络 R_{P1} 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 分压后量值不等的正电压。

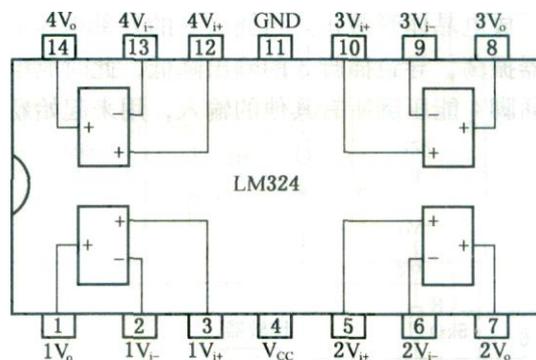


图 1-29 LM324 四运放外引线图

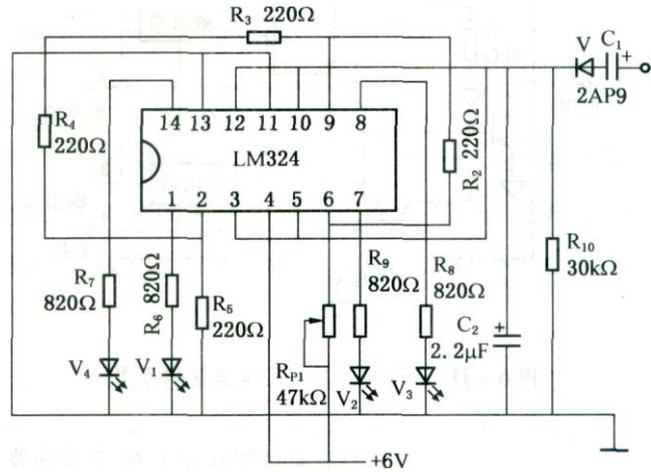


图 1-30 LM324 组成的电平指示器

当没有信号时，四个运放的同相输入端皆为零电平（零电位），而反相输入端皆为正电位，则各个运放输出低电平（低电位）， $V_1 \sim V_4$ 各发光二极管全不亮。当有信号时，信号被整流后的对地电压（电位）仅大于 LM324 第 2 脚电位，则接于第 1 脚的发光二极管 V_1 发亮。若同相输入端的电位都高于相应运放反相输入端的电位时，四个发光二极管 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 全部发光。这样随着音频信号强度的变化，则电路中发光二极管的个数和亮度也随之变化。改变 R_{P1} 的阻值，可调整发光亮度。若电源电压不等于 6V 时，可调整 R_6 、 R_7 、 R_8 、 R_9 的阻值，使发光二极管亮度适币。

2. 555 集成电路及应用

(1) 555 定时器集成电路。

555 定时器集成电路结构框图如图 1-31 所示，它主要由端子分压器网络、两个电压比较器、双稳多谐振荡器、放电晶体管和推挽输出级等 5 大部分组成。三个电阻器是相等的，用于设置比较器的电平。比较器 1 定位在 $+V_{CC}$ 的 $2/3$ ，比较器 2（触发器）定位地 $+V_{CC}$ 的 $1/3$ 。当在插脚 2 的外部电压比 $+V_{CC}$ 的 $1/3$ 少时，比较器 2 使多谐振荡器振荡，导致插脚 3 的输出升高，放电晶体管截止。当插脚 6 的外部电压超过 $+V_{CC}$ 的 $2/3$ 时，比较器 1 重新使多谐振荡器振荡，导致插脚 3 的输出降低，此时放电晶体管导通，提供了从插脚 7 到接地的通路。插脚 4 能压倒所有其他的输入，用来起始新的定时周期，插脚 5 用于去耦合调制。

555 定时器在定时使用时非常稳定可靠，它通过外部电阻器和电容器控制能够产生精密的延时和振荡。555 定时器需要的电源范围是 5 N18V，具有较高的输出电流，功率消耗为 600mW。

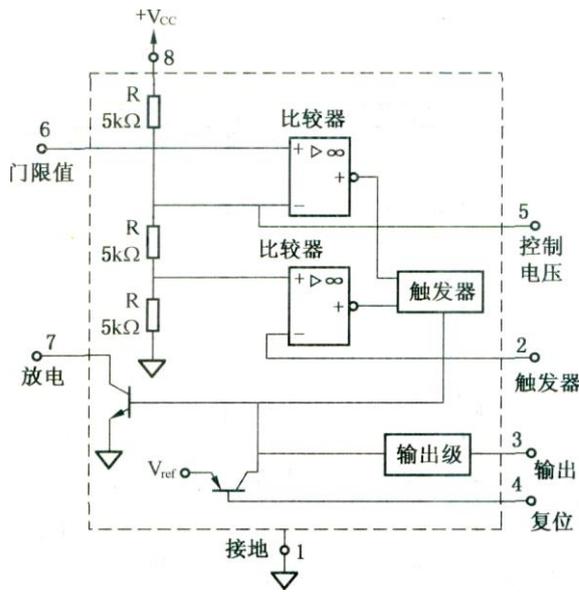


图 1-31 555 定时器集成电路结构框图

种
多

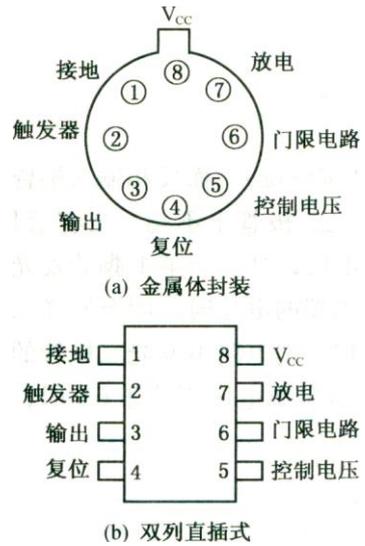


图 1-32 555 定时器外部引线排列图

555
定
时
器
是
一

用途单片集成电路，利用它可以接成施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器。由于使用灵活，555 定时器的应用极为广泛。目前国内、外各电子器件公司均生产有 555 定时器产品，型号各异。所有双极型产品型号的最后 3 个数码都是 555，所有 CMOS 产品型号的最后 4 个数码都是 7555。这些产品的逻辑功能与外部引线排列也完全相同。图 1-32 所示为 555 定时器外部引线排列图。

(2) 555 定时器构成模拟发音电路。

图 1-33 所示是用两个定时器(也可用一片双定时器 556)接成的模拟发音电路，它能交替地发出两种高低不同的声音。

图中两片 555 定时器均接成低频多谐振荡电路，第 II 片 555 定时器控制电压输

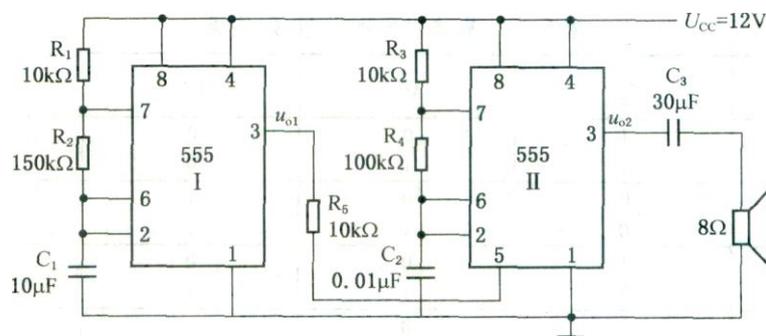


图 1-33 模拟发音电路

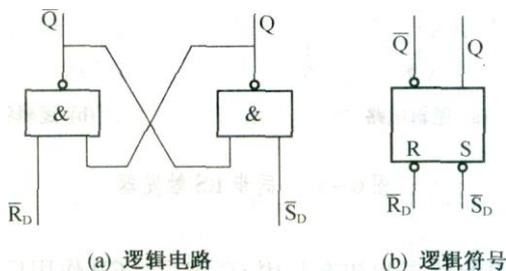
入端与第 1 片 555 的输出端相连。在图中给定的参数下，扬声器交替发出高低不同的两种声音。

改变电路参数，可以模拟各种动物的发音。

(三) 集成触发器

1. 基本 RS 触发器

由两个与非门交叉偶合连接而成，如图 1-34 所示。它有两个输入端 R、S 和两个输出端 Q、 \bar{Q} ，正常情况下，它的两个稳定输出端 Q 与 \bar{Q} 总是互补的。在实际应用中，把触发器 Q 端的状态作为触发器的输出状态，Q=1， \bar{Q} =0 时，称触发器处于 1 态，反之则为 0 态。



分析基本 RS 触发器的逻辑功能有：

(1) 当 $\bar{R}_D = \bar{S}_D = 1$ 时，触发器保持原状态不变，即具有记忆功能，也称为保持（存储）功能。

图 1-34 基本 RS 触发器

(2) 当 $\bar{R}_D = 0$ 、 $\bar{S}_D = 1$ 时，触发器为“0”态，即触发器置 0，此时称 R 端为置 0 端，或称复位端。

(3) 当 $\bar{R}_D = 1$ 、 $\bar{S}_D = 0$ 时，触发器为“1”态，即触发器置 1，此时称 S 端为置 1 端，或称置位端。触发器在外加触发信号作用下，状态发生了转换，称为翻转。

(4) 当 $\bar{R}_D = \bar{S}_D = 0$ 时，触发器既不是“0”态，又不是“1”态，破坏了 Q 与 \bar{Q} 的互补关系，在两输入信号同时消失后触发器的状态将是不确定的，这种情况将尽量避免。其真值表见表 6-2。

表 6-2 基本 RS 触发器真值表

\bar{R}_D	\bar{S}_D	Q^n	Q^{n+1}	功能
0	1	0	0	置 0
0	1	1	0	
1	0	0	1	置 1
1	0	1	1	
1	1	0	0	保持
1	1	1	1	

0	0	0		
0	0	1		不定

2. 同步 RS 触发器

同步 RS 触发器，也称为时钟脉冲控制的 RS 触发器，它由基本 RS 触发器与用来引入 R、S 和时钟脉冲 CP 的两个与非门构成，如图 1-35 所示。

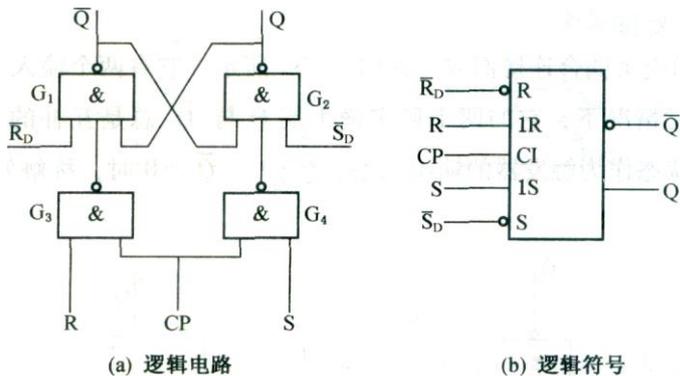


图 1-35 同步 RS 触发器

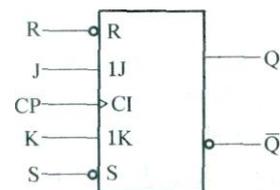
CP 作用前触发器的原始状态为初态，用 Q^n 表示，CP 作用后触发器的新状态为次态，用 Q^{n+1} 表示。在 CP = 0 期间， $\bar{R} = \bar{S} = 1$ ，触发器不动作。在 CP = 1 期间，如 R = 1、S = 0，则 $\bar{R} = 0$ 、 $\bar{S} = 1$ ，使 Q = 0，即触发器置 0，其余类推。同步 RS 触发器的简化真值表见表 6-3。

表 6-3 同步 RS 触发器真值表

R	S	Q^{n+1}	功能
0	0	Q^n	保持
0	1	1	置 1
1	0	0	置 0
1	1		不定

3. JK 触发器

由六个与非门按照一定的组合方式可构成 JK 触发器，如图 1-36 所示。表 6-4 列出了 JK 触发器的简化真值表。



由真值表可以看出：当 J = 0、K = 0 时，触发器

图 1-36 JK 触发器的逻辑符号

维持原状态不变，即 $Q^{n+2}=Q^n$ ；当 $J=0$ 、 $K=1$ 时，无论触发器原来是 0 态或是 1 态，触发器都被置 0；当 $J=1$ 、 $K=0$ 时，无论触发器原来是 0 态或是 1 态，触发器都被置 1；当 $J=1$ 、 $K=1$ 时，每来一个 CP 脉冲，触发器的状态就翻转一次，称计数或取反。由此可见，JK 触发器具有保持、置 0、置 1 和计数等功能。

表 6-4 JK 触发器简化真值表

J	K	Q^{n+1}	功 能
0	0	Q^n	保持
0	1	0	置0
1	0	1	置1
1	1	Q^n	计数

4. D 触发器

在 JK 触发器的 K 端前面串接一个“非”门，再和 J 端相连，引出一个输入端 D，便构成 D 触发器，其逻辑符号如图 1-37 所示，可见，D 触发器是 JK 触发器在 $J=K$ 条件下的特殊情况的电路。表 6-5 列出了它的简化真值表。

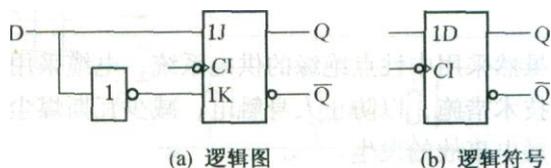


图 1-37 用 JK 触发器接成的 D 触发器

表 6-5 D 触发器简化真值表

D	Q^{n+1}	功 能
0	0	置0
1	1	置1

由真值表可以看出：当 $D=0$ 时，在 CP 脉冲信号到来后，触发器置“0”；当 $D=1$ 时，在 CP 脉冲信号到来后，触发器置“1”，由此可见，D 触发器的状态与其输入端的状态相同。

5. T 触发器

将 JK 触发器的两个输入端 J、K 连在一起，作为一个输入端 T，就构成 T 触发器，如图 1-38 所示，可见，T 触发器是 JK 触发器在 $J=K$ 条件下的特殊情况的电路。T

触发器的简化真值表见表 6-6。

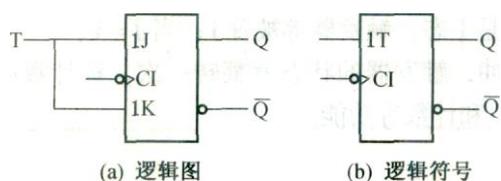


图 1-38 用 JK 触发器接成的 T 触发器

表 6-6 T 触发器的真值表

T	Q^{n+1}	功 能
0	Q^n	保持
1	$\overline{Q^n}$	计数

由真值表可以看出：当 $T=0$ 时，在 CP 脉冲信号到来后，触发器维持原状态不变；当 $T=1$ 时，在 CP 脉冲信号到来后，触发器状态发生翻转。可见，T 触发器具有保持和计数（翻转）两种功能，受 T 端输入信号控制， $T=0$ 时不计数， $T=1$ 时计数。因此，T 触发器是一种可控制的计数触发器。

（四）漏电保护

煤矿井下低压电网虽然采用中性点绝缘的供电系统，电缆采用矿用屏蔽阻燃橡胶套电缆和采取保护接地等多重技术措施，以防止人身触电，减少瓦斯煤尘爆炸的可能性，但并不能根本杜绝漏电和人身触电事故的发生。

虽然中性点对地绝缘方式比中性点接地方式提高了安全程度，但若电网对地绝缘电阻下降过大，或电网对地电容增大，人身触及带电体时通过的电流仍将可能超过 30mA 的极限安全值，因此，井下低压馈电线路上应装设带有漏电闭锁的检漏保护装置或有选择性的检漏保护装置。

1. 漏电保护原理

1) 附加直流电源的漏电保护原理

在三相电抗器组成的人为中性点或变压器的中性点上附加直流电源，使直流电流由电源正极流出，经大地→三相绝缘电阻→电网→三相电抗器 L_s →零序电抗器 L_E →欧姆表→继电器 K→电源的负极，其原理如图 1-39 所示。当人身触及电网一相或电网对地绝缘电阻下降到危险值时，这个回路的电流就会大到足以使继电器 K 动

作，使开关跳闸，实现漏电保护作用。

这种方法的特点是：线路设计简单；便于安装欧姆表，以便通过欧姆表直接读到井下绝缘状态；能反映单相、两相及三相漏电，无论是人身触电还是三相绝缘电阻均匀降低均能反映，而且其动作值只与总的绝缘电阻有关，但它不具备选择性漏电保护。

采用这种电路可以把监视绝缘电阻的线路和对井下电网电容电流补偿的线路结合在一起，既保证绝缘电阻小于整定值时漏电跳闸，又可大大降低人身触电时的电容电流，减少触电危险性。

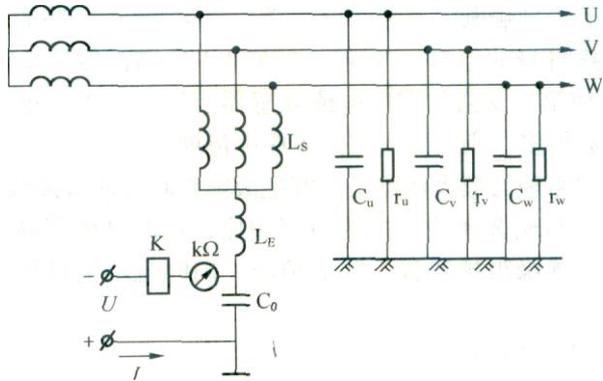


图 1-39 利用附加直流电源保护原理图

2) 零序电流方向保护原理

利用故障线路的零序电流比非故障线路零序电流大的特点，实现有选择性漏电保护，称为零序电流方向保护。如图 1-40 所示，正常情况下各支路中的对地电容电流都是对称的，当某一支路发生人身触电或单相漏电故障时，各支路中都有零序电流通过，且故障支路零序电流的大小和方向都与非故障支路不同。

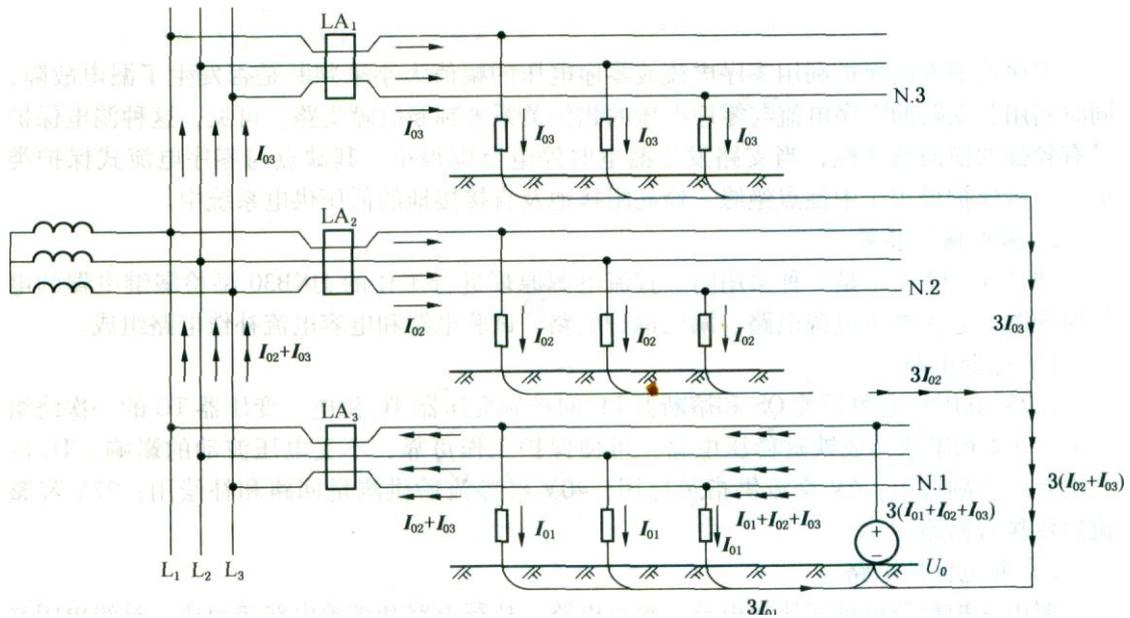


图 1-40 各分支线路中的零序电流分布图

如果第 1 支路发生人身触电或单相漏电故障，则第 2、3 支路的零序电流互感器中的零序电流分别由各支路自身的电容来决定，而在第 1 支路的零序电流互感器中则流过第 2、3 支路电流之和，使第 1 支路的零序电流互感器所流过的零序电流要大于其他两个支路。如果电网的支路数越多，则故障支路的零序电流就越大。

零序电流方向保护原理的最大优点是能够把故障线路和非故障线路区别开来，实现选择性漏电保护，与其他实现选择性保护的原理相比，具有灵敏度高、选择性好的突出优点，但它不能反映电网绝缘阻抗对称下降的情况，同时也不能设置零序电抗线圈补偿回路。

3) 零序功率方向保护原理

根据故障线路的零序功率与非故障线路的零序功率方向相反的特点，使保护装置有选择性的动作，称为零序功率方向式漏电保护，简称方向保护。方向保护的原理如图 1-41 所示，当电网中某支路发生漏电故障或人身触电事故时，由取样电路分别从电网中取出零序电压和各支路的零序电流信号，经放大整形后，由相位比较电路来判别故障支路，最后启动执行电路，切断故障支路的电源，从而实现了有选择性的漏电保护。

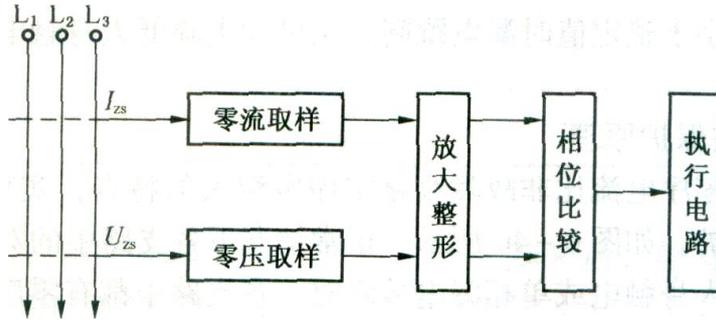


图 1-41 零序功率方向式漏电保护原理

零序功率方向保护利用零序电流或零序电压的幅值大小来判断是否发生了漏电故障；同时利用各支路的零序电流与零序电压的相位关系来判断故障支路。可见，这种漏电保护具有较强的横向选择性，当支路发生漏电时停电范围很小，其缺点与零序电流式保护类似。这种保护可用于中性点绝缘、经高阻接地及直接接地的低压供电系统中。

2. 漏电保护装置

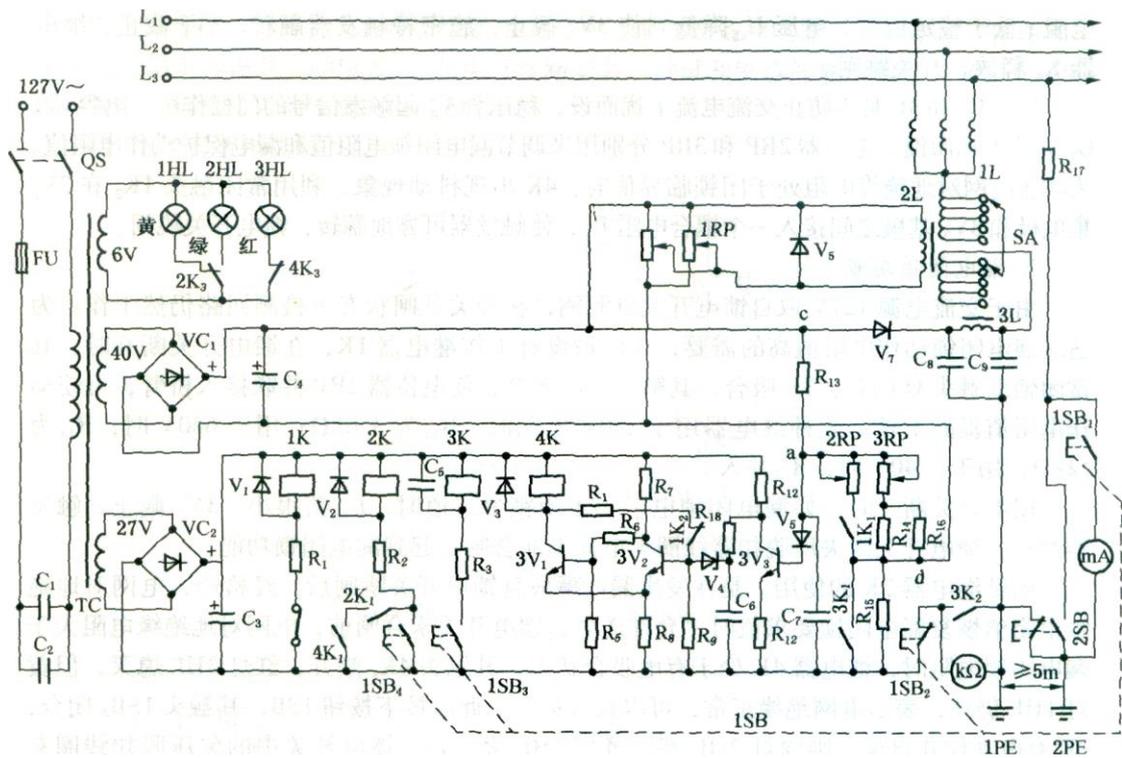
如图 1-42 所示是一种采用附加直流电源原理进行工作的 JJKB30 型检漏继电器的电气原理图。它主要由电源电路、漏电保护电路、试验电路和电容电流补偿电路组成。

1) 电源电路

127V 电压经电源开关 QS 和熔断器 FU 向控制变压器 TC 供电。变压器 TC 的一次绕组与 C1、C2 相串联构成铁磁稳压电路，可使保护工作可靠，不受电压波动的影响。TC 的二次有三个副绕组：6V 交流供指示灯用；40V 经整流后供测量回路和补偿用；27V 经整流后供执行回路用。

2) 漏电保护电路

漏电保护部分由桥式比较电路、触发电路、执行电路和试验电路等组成。绝缘电阻测量回路是：整流桥 $VC_1(+)$ → V_7 → 3L → 2L → 1L → 电网 → 对地绝缘电阻 r → 1PE、2PE → Ω 表 → 1SB₂ → R_{15} → $VC_1(-)$ 。该回路中除 r 和 R_{15} 阻值较大外，其他元件电阻很小，可忽略不计。如图 1-43 所示桥式电路，a、b 两端接触发电路，c、d 两端接测量直流电源。



1K-工作继电器；2K-闭锁继电器；3K-延时继电器；4K-执行继电器；SB-试验按钮；
 SB₁-补偿按钮；V₁₋₄-检测电源；V₆₋₉-保护电源；1L-三相电抗器；2L-零序电抗器；
 3L-扼流圈；2HL-绿色信号灯；3HL-红色信号灯；1HL-黄色信号灯

图 1-42 JJKB30 型检漏继电器电气原理图

图中， r 是被检测的电网对地绝缘电阻，除它是可变值外，其余三个桥臂均为已知电阻 (R_{13} 、 R_{14} 、 R_{15} 、 R_{16})。在电网对地绝缘电阻正常时，输出检测信号电压较高，且 a 点电位高于 b 时，使三极管 $3V_3$ 导通， $3V_2$ 截止， $3V_1$ 导通，执行继电器 $4K$ 吸合。当绝缘电阻 r 低于整定值时，电压 U_{ab} 降低到使 $3V_3$ 截止，施密特触发器翻转， $3V_1$ 截止，继电器 K_4 释放，开关跳闸。

V_7 、 C_8 和 $3L$ 是为防止交流电流干扰而设，稳压管 V_4 起触发信号的门槛作用，电容 C_6 、 C_7 为抗干扰而设。电位器 $2RP$ 和 $3RP$ 分别用来调节漏电闭锁电阻值和漏电保护动作电阻

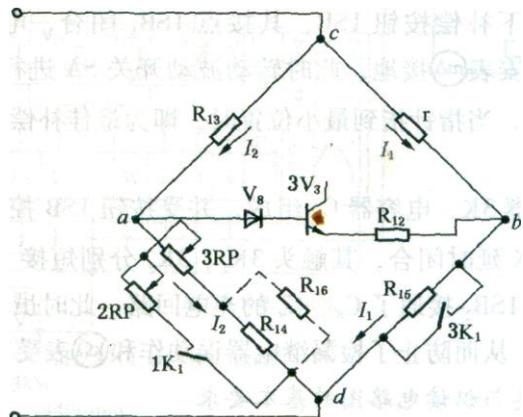


图 1-43 桥式检测电路

值。为防止电网对绝缘电阻处于闭锁临界值时，4K 出现抖动现象，利用常闭触头 $1K_2$ 在 $3V_1$ 集电极和 $3V_2$ 基极之间接入一个耦合电阻 R_1 ，使触发器可靠地翻转，馈电开关跳闸。

3. 漏电闭锁功能

由于交流电源 127V 取自馈电开关电源侧，在开关分闸状态下检测回路仍然工作。为适应漏电闭锁动作电阻值高的需要，本保护设有工作继电器 1K，在馈电开关断开时，其常闭辅助触头 Q 闭合，1K 吸合，其触头 $1K_1$ 闭合，使电位器 2RP 并联接入桥臂，可使动作电阻值提高 1 倍。此种继电器用于 380V 电网时， R_{14} 为 $3.6k\Omega$ ；用于 660V 时， R_{14} 为 $12k\Omega$ ；用于 1140V 时， R_{16} 并入。

馈电开关断开时，如漏电闭锁电阻小于闭锁整定值时， U_{ab} 值很小， $3V_3$ 截止，触发器翻转，馈电开关因失压脱扣器线圈无电而不能合闸，起到漏电闭锁功能。

闭锁继电器 2K 的使用，是在发生漏电事故且馈电开关跳闸后，经检修，电网对地绝缘电阻值恢复漏电闭锁要求值时才允许送电。馈电开关未合闸前，电网对地绝缘电阻大于漏电闭锁电阻时，继电器 4K 处于有电吸合状态，其触头 $4K_3$ 断开，红灯 3HL 熄灭，但黄灯 1HL 仍亮，表示电网绝缘正常，可以投入运行。此时按下按钮 1SB，其触头 $1SB_1$ 闭合，2K 有电动作并自保，则绿灯 2HL 亮，黄灯 1HL 灭，表示馈电开关中的欠压脱扣线圈有电，闭锁解除，馈电开关可以合闸送电。

4. 补偿回路

补偿方法是在三相电抗器 1L 的人为中性点与地之间接入一个零序电抗器 2L。该 2L 为一饱和电抗器，既可通过改变抽头进行粗调也可以通过调节直流绕组的电流改变其电感电抗值，做到无级调感，实现细调。

调试方法如下：按下补偿按钮 1SB，其接点 $1SB_1$ 闭合，电网经人体模拟电阻 R_{17} ($R_{17}=1k\Omega$)、 $1SB_1$ 、毫安表接地，此时转动波动开关 SA 进行粗调，然后再调节电位器 1RP，注意毫安表读数，当指针指到最小位置时，即为最佳补偿状态。

5. 延时回路

该回路由延时继电器 3K、电容器 C_5 组成，并受按钮 1SB 控制，补偿时触头 $1SB_3$ 闭合，电容器 C_5 充电，3K 延时闭合，其触头 $3K_1$ 、 $3K_2$ 分别短接了电阻 R_{15} 和欧姆表；补偿完毕松开 1SB 时，触头 $1SB_2$ 接通了 C_5 、 C_9 的充电回路，此时虽然 $1SB_3$ 断开，但由于 C_5 的放电仍维持 3K 吸合，从而防止了检漏继电器误动作和欧姆表受冲击。

（五）电气图的种类与识读电路图的基本要求

1. 电气图的种类和用途

电气图是电气工程技术的通用语言，其种类繁多，常见的有电气原理图、安装接线图、展开接线图和平面布置图等。综采维修电工以电气原理图、安装接线图和平面布置图最为重要。

1) 电气原理图

电气原理图，简称为电路图，它能够充分表达电气设备和电器元件的用途、作用和工作原理（但不考虑其实际位置），是电气线路安装、调试和维修的理论依据。如图 1- 44a 所示为电动机单向启动控制的电气原理图。

2) 电气安装接线图

电气安装接线图是根据电气设备和电器元件的实际位置和安装情况绘制的，只用来表示电气设备和电器元件的位置、配线方式和接线方式，而不明显表示电气动作原理。它主要用于安装接线、线路的检查维修和故障处理，如图 1-44b 所示。

3) 平面布置图

平面布置图是根据设备（或电器元件）在生产现场（或控制板上）的实际安装位置，采用简化的外形符号（如正方形、矩形、圆形等）而绘制的一种简图，如图 1- 44c 所示。它不表达各电器的具体结构、作用、接线情况以及工作原理，主要用于电器元件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和电气安装接线图的标注相一致。

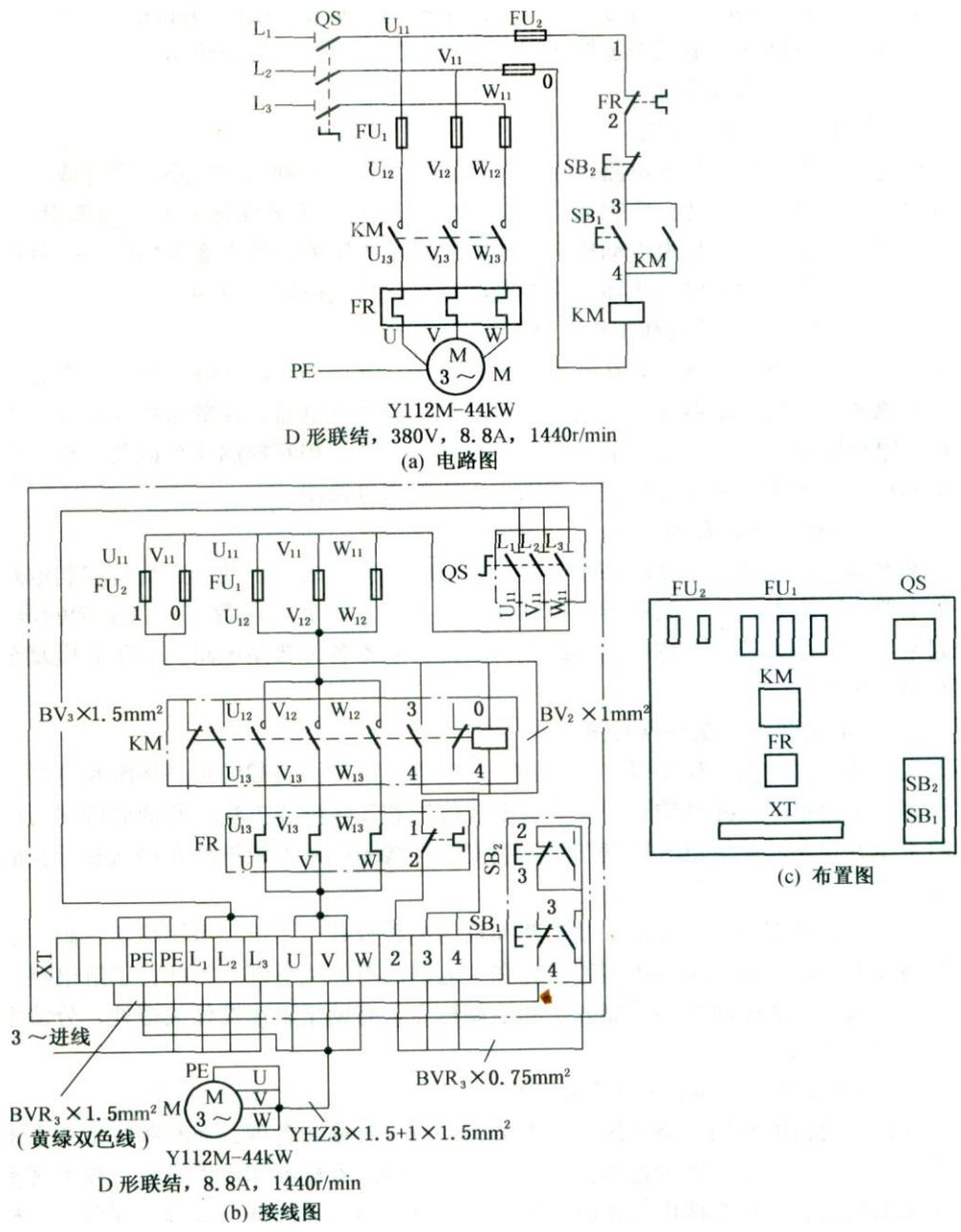


图 1-44 电动机单向启动控制线路图

在实际中，电路图、电气安装接线图和平面布置图要结合起来使用。

2. 识读电气图的基本要求

1) 结合电工基础理论看图

无论是电工电子基本单元电路，还是照明供电和各种控制实用电路的设计或识读，都离不开电工基础理论。因此，要想搞清电路的电气原理，必须具备电工基础知识。例如，鼠笼式电动机的旋转方向是由电动机三相电源的相序决定的，所以通

常用两个接触器进行切换，改变三相电源的相序，从而达到控制电动机正转或反转的目的。

2) 结合电器元件的结构和工作原理看图

电路中有各种电器元件，如在高压供电电路中，常用的有高压隔离开关、断路器、熔断器、互感器、压敏电阻器等；在低压电路中常用各种继电器、接触器和控制开关等。因此，在看电路图时，首先应该搞清这些电器元件的性能、相互控制关系以及在整个电路中

的地位和作用，才能搞清工作原理，否则，无法看懂电路图。

3) 结合典型电路图看图

所谓典型电路，就是常见的基本电路，如电动机的启动、制动、正反转控制电路、继电保护电路、联锁电路、时间和行程控制电路、整流和放大电路等。一张复杂的电路图，细分起来不外乎是由若干典型电路所组成，因此，熟悉各种典型电路，对于看懂复杂的电路图有很大帮助。

4) 结合电路图的绘制特点看图

电气原理图也叫电气控制线路图，它表示电流从电源到负载的传送情况和电器元件的动作原理，不表示电器元件的结构尺寸、安装位置和实际配线方法。阅读原理图可以了解负载的工作方式和功能。电气原理图是绘制安装接线图的基本依据，在调试和寻找故障时有重要作用。

绘制电气原理图时，通常把主要电路和辅助电路分开，主电路可用粗实线画在辅助电路的左侧或上部，辅助电路可用细实线画在主电路的右侧或下部。因此，了解电路图的绘制原则和要求，熟悉电路图的绘制方法和绘制特点，有助于迅速抓住关键处，分清主次环节，提高识图效率。

5) 了解涉及电气图的有关标准和规程

识图的主要目的是用来指导施工、安装、运行、维修和管理，而有些技术要求不可能在图面上一一反映出来，因为这些技术要求在有关的国家标准和技术规程、技术规范中已作了明确的规定，因而在读电气图时，还必须了解这些有关标准、规程、规范，这样才算真正识图。

第七章 检修与维护

第一节 电气故障检修

一、操作技能

(一) KBSGZY 型移动变电站故障检修

KBSGZY 型移动变电站主要由高压开关箱、干式变压器、低压开关箱等部分组成，其结构外形图如图 2-1 所示，实际工作中，通常有以下几种组配方式：

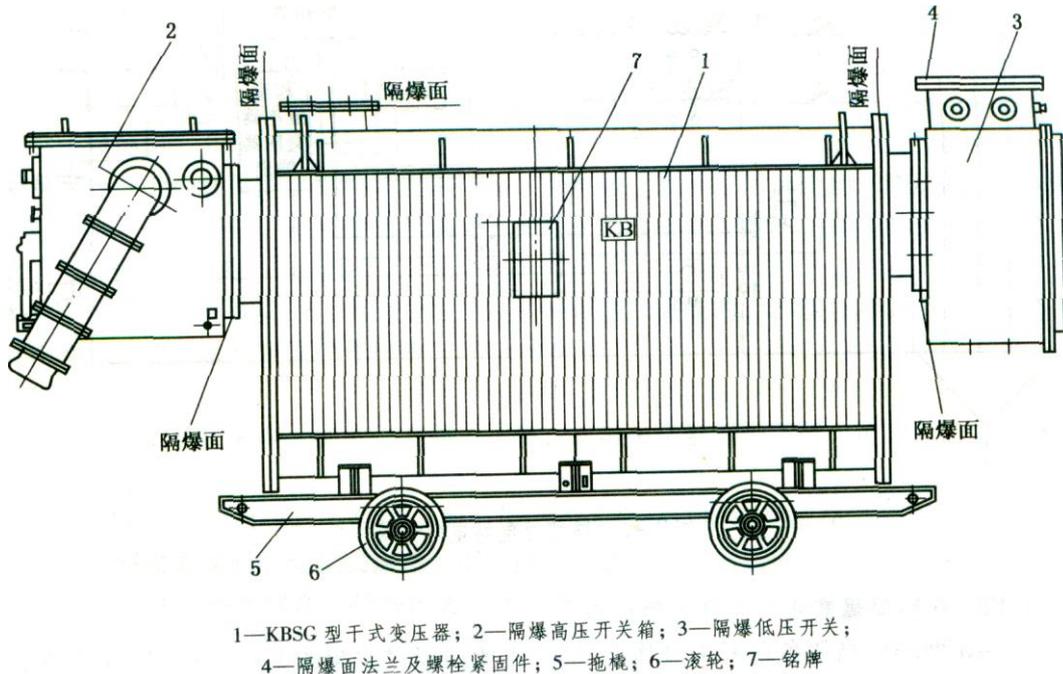


图 2-1 KBSGZY 型移动变电站外形结构图

- (1) 高压开关箱中仅安装负荷开关，低压开关箱中安装真空馈电开关。
- (2) 高压开关箱中安装隔离开关和真空断路器，而低压开关箱中不设断路器，只设低压保护装置。
- (3) 高压开关箱中有隔离开关和真空断路器，低压开关箱中装有真空馈电开关。
- (4) 高、低压开关和变压器三个箱体各自单独装在一个车架上，用电缆相互连接起来。

KBSGZY-630/1140 型移动变电站是由 FB-6 型隔爆高压负荷开关、KBSG 型隔爆变压器、BTD1-630/1140 隔爆型真空馈电开关和相关组件组装而成。其电气系统如图 2-2 所示。

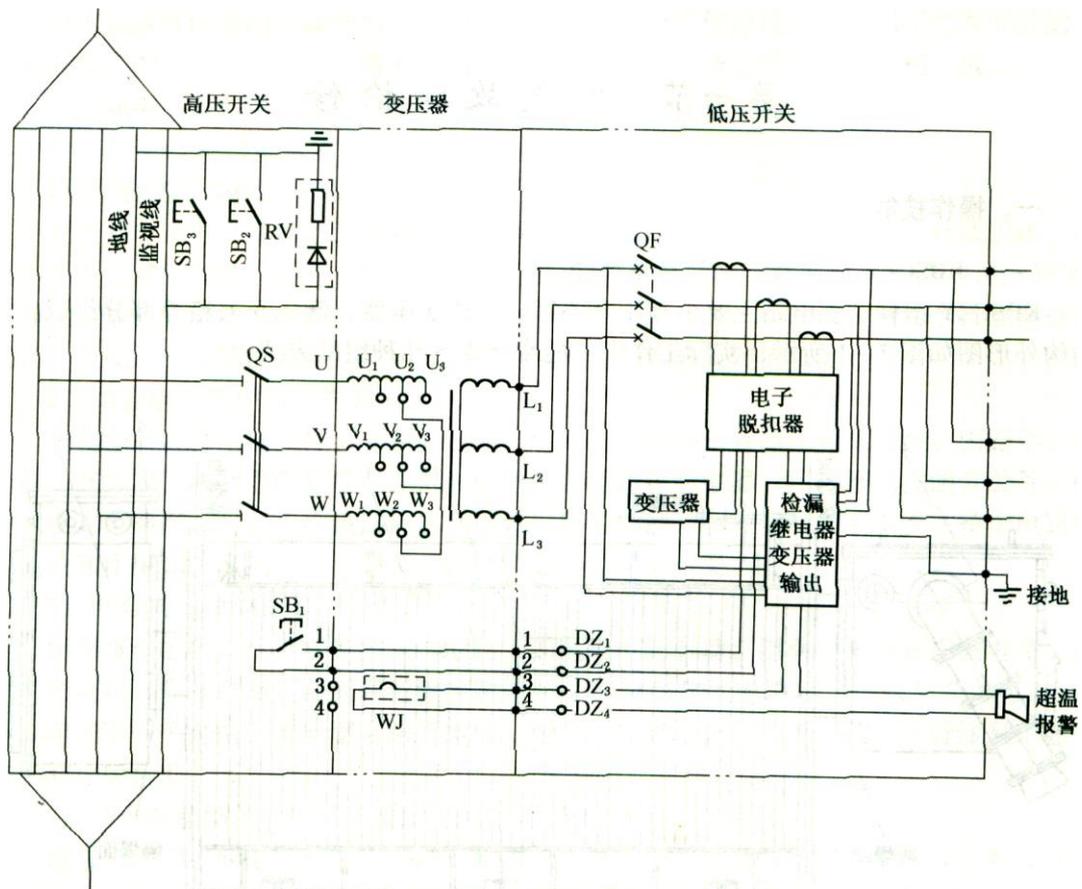


图 2-2 移动变电站电气系统

1. FB -6 型隔爆高压负荷开关的检修

FB -6 型隔爆高压负荷开关（图 2-3）主要由经过改装的 FN - 10 型压气式负

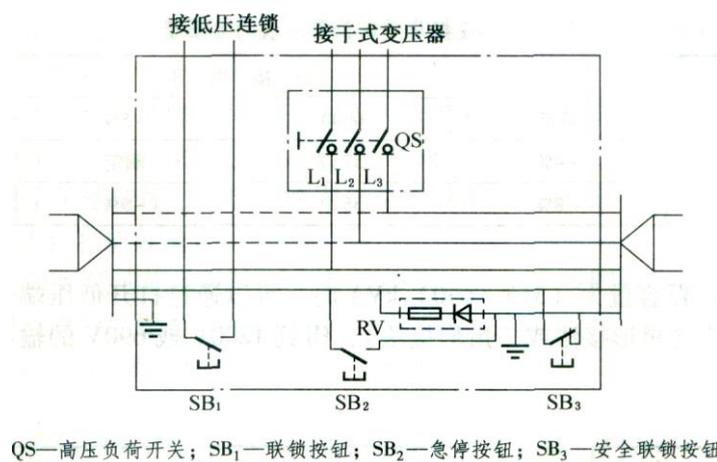


图 2-3 负荷开关电气接线图

荷开关、高、低压电气联锁、紧急停电按钮、开盖断电按钮以及操作手把等装置组成。其常见故障及处理方法如下：

1) 高压馈电开关合闸后送不上高压

(1) 用万用表检查终端元件 RV 有无损坏，如损坏应更换。

(2) 检查安全联锁按钮 SB，是否压好，常闭触头是否断开；检查急停按钮 SB：是否被卡死或螺栓、弹簧脱落导致，使上级高压馈电开关不能送电。对按钮出现损坏应进行修理或更换。

(3) 如果上述 (1)、(2) 均无故障，则故障在高压电缆的监测线与接地线未接通或上级高压馈电开关。

2) 高压负荷开关内有放电现象

故障的原因可能是高压负荷开关的进线电缆上有煤尘；或者是绝缘部分老化；或者是使高压负荷开关内部进入潮气；或者是由于受外力的作用使电缆芯线发生窜动导致放电间隙减小。首先查看电缆的窜动情况，并使电缆芯线保持一定距离，同时认真清除电缆芯线上的煤尘和污垢，并定期进行除尘和更换干燥剂，使高压负荷开关内部始终保持清洁、干燥。对高压开关内瓷件绝缘材料、层压制品，当绝缘件表面脏污、受潮、漆层脱落和碳化时，绝缘水平也会降低，可采用除污烘干、浸漆、刷漆等处理方法，提高绝缘水平。

3) 高压负荷开关不能合闸

由于本高压负荷开关的合闸完全是通过机械机构来完成的，不能合闸的主要原因是操作机构损坏，应调整或更换操作机构。

4) 触头烧损

由于分、合闸次数多，储能弹簧弹力下降，使触头接触压力下降，造成电弧加强烧损触头。修理方法如下：

(1) 用锉刀修整灭弧触头喷嘴表面，使其表面平整，用汽油洗净，表面涂中性凡士林油，同时将喷嘴表面的碳化层擦净，即可使用。触头和喷嘴烧损严重时，必须更换。

(2) 检查 3 个储能弹簧的弹簧压力是否一致，出现弹簧压力下降或压力不一致时必须更换弹簧。

2. KBSG 型隔爆变压器的检修

隔爆变压器采用全封闭型干式自冷变压器，散热条件极差。为此，除在结构方面采取一系列措施外，在壳内上部空间还装有温度继电器，当温度达到温度继电器

动作值时，接点闭合，接通报警回路，发出报警信号。

1) 电压调整

(1) 高压绕组有三个分线头与高压侧的分线板相连，按表 7-1 分线板上的连片连接位置，即可在+5%和-5%的范围内对输出电压进行调整。方法如图 2-4 所示。

表 7 -1 连接片所在位置代表的电压值

连接片所在位置	分接电压			
$U_1 V_1 W_1$	额定	6000	+5%	6300
$U_2 V_2 W_2$	-4%	5760	额定	6000
$U_3 V_3 W_3$	- 8%	5520	-5%	5700

(2) 隔爆变压器容量为(315~630) kVA 时，可以通过打开低压端盖，改变低压接线端子的连接方法（星形接法或三角形接法），得到 1200V 或 690V 的输出电压，接法如图 2-5 所示。

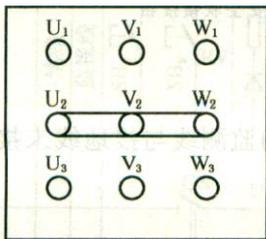


图 2-4 高压连接片连接方式

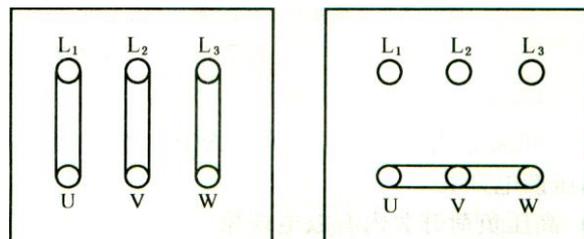


图 2-5 低压连接片连接方式

2) 变压器的维护与检查

干式变压器结构比较简单，故障发生率较少，但有时发生故障的原因也比较复杂，检查时，应对变压器运行状况、温升、电压及使用环境进行检查，其内容包括：

- (1) 检查所有的螺栓是否松动，器身有无位移，铁芯有无变形。
- (2) 测量穿心螺杆与铁芯、轭铁与夹铁间的绝缘电阻情况。
- (3) 检查线圈绝缘层是否完整元损，有无位移和潮湿现象，线圈压钉是否紧固，上、下部绝缘有无松动。
- (4) 检查线圈引出线绝缘是否良好，接线端接触是否良好，带电体间距离是否符合要求。

(5) 检查线圈表面有无放电痕迹，元件线圈间和对地绝缘是否达到要求。

3) 常见故障及处理

- (1) 外壳过热或发热不均。检查变压器所带设备的运行情况，看是否处在超负

荷的情况下运行，特别是工作面运输机和采煤机最容易出现过负荷；用兆欧表测量绝缘电阻，检查线圈绝缘老化或绝缘被破坏引起局部漏电，若绝缘降低或接地，应进行修理或更换；

铁芯损失过大也会引起外壳过热或发热不均，拆开铁芯处理绝缘或紧固铁芯螺栓。

(2) 变压器声音不正常。原因可能是铁芯固定螺栓松动、线圈绝缘损坏、硅钢片绝缘不好或变压器两相运行等。通过启动所带的电气设备运行状况来判断是否是两相电源，若是，用高压验电器检查供电电源，找出供电电源缺相，作出相应的处理。检查进线和分线板有无松动脱落、烧断、锈蚀、线包内部断路等情况，并作相应处理与更换。

(3) 二次侧电压降低。故障的原因是由于负荷太大，二次线圈局部短路或一次侧电压偏低引起的，通过调整负荷、检查线圈、调高一次侧电压等方法作相应处理。

(4) 外壳带电。故障的原因是由于套管与变压器外壳距离太近或发生位移接触外壳而造成套管漏电，查明原因并消除，严重者应更换。

(5) 保护装置动作。故障的原因是由于内部严重短路、铁芯发热、外部短路或过负荷造成的，查明故障原因，找出故障点作相应处理。

(6) 线圈发生机械破坏。故障的原因是由于引出线短路或在运输、安装中发生碰撞造成的，查明原因作相应处理。

(7) 绝缘电阻太低或吸收比太低。故障的原因是由于线圈受潮或老化，套管闪络，轻微漏电或破损造成的，受潮需要进行烘干，破损需更换。

3. BKD1 - 630/1140 隔爆型真空馈电开关检修（参照图 1-8）

1) 维护与检修

(1) 周期性检查馈电开关外壳，检查各隔爆面、隔爆轴孔配合处有无划伤损坏部位，如有损坏部位应及时修理。各隔爆面的间隙应达到下列要求：门盖与壳体间隙不大于 0.4mm，接线箱盖与接线箱法兰间隙不大于 0.4mm，操作杆与孔的间隙不大于 0.45mm，如隔爆间隙超差应立即采取措施，使之达到标准要求，若无法修复必须立即更换，各隔爆面应保持清洁并涂防锈油脂。

(2) 动力电缆、控制电缆、连接要符合要求。对不用的接线孔用橡胶密封圈、钢质堵板和压紧法兰盘密封。

(3) 定期检查馈电开关的按钮和旋钮是否灵活，继电器动作是否正常，如继电

器触头接触表面有熔化的金属微粒时，可用细锉清除，但不准用金刚砂布打磨。

2) 常见故障及处理

(1) 合上电源开关 QS，电源指示灯 HL 不亮。

①若分闸指示、闭锁指示和电压表都无指示，则故障发生在控制变压器 TC 本身或之前电路。首先查看控制变压器 TC 有无烧焦痕迹和气味，若有，应更换变压器；然后检查千伏级熔断器 FU₁、FU₂ 熔体是否熔断，若熔断，则应查清造成熔断的原因，再用同规格、型号的熔断器芯进行更换。如果上述都没有问题，则需要检查电源线与电源开关 QS 是否接触不良或损坏，并做出相应的处理。

②若分闸、闭锁和电压表都有指示，则故障在电源指示灯 HL 烧坏或灯泡与灯座之间接触不良。

(2) 合上电源开关 QS，电源指示灯 HL 亮，但电压表无指示，故障原因可能是保险管 FU₃ 熔断、电压表损坏或电压表供电线路接触不良，应作相应处理；如果分闸灯不亮，再查看闭锁灯，若也不亮，则故障原因可能是整流桥 V₈ 损坏或公共线接触不良；若闭锁灯亮，则故障原因是断路器辅助触头（常闭）QF₅ 接触不良。因为分闸指示（闭锁、合闸、检测、漏电、短路、过载）采用的是发光二极管，一般很少出现故障，只有在其他故障都排除后，再检查发光二极管本身。

③合闸指示灯不亮时，查看分闸指示灯，若也不亮，则是因为整流桥 V₈ 损坏或公共线接触不良；若灯亮，故障在 K₁ 接点。

(3) 按复位按钮，检测灯不亮。

①查看发现漏电指示灯亮，说明有漏电情况或检漏板损坏，排除漏电故障或更换检漏板。

②若漏电指示灯不亮，用电压表测量检漏板的 B₄、B₅ 脚有无 24V 交流电压，若无电压，检查与控制变压器 TC 之间的连线是否接触不良；若有电压，继续检查。检查检漏板的 B₃ 与 B₉ 有无直流 24V 电压，若无电压，检漏板内的整流桥损坏，必须更换；若有电压，再继续检测。检查检漏板的 B₃ 与 B₈ 之间有无直流 24V 电压，若无电压，检漏板内的继电器 K 没有吸合或触头接触不良，必须更换检漏板；若有电压，按住复位按钮 SB₂，查看继电器 K₁ 能否吸合。如果 K₁ 不吸合，则测量继电器 K₁ 线圈两端有无 24V 直流电压，无电压，则是复位按钮 SB₂ 触头接触不良，应修理或更换复位按钮 SB₂，有电压，则是继电器 K₁ 损坏，应更换；如果 K₁ 能吸合，则是继电器

K_1 触头接触不良或插头氧化，检修插头或更换继电器 K_1 。

(4) 按下合闸按钮，断路器 QF 不能合闸

按住合闸按钮，查看 K_2 继电器能否吸合，不能吸合，测量半导体脱扣器 12、14 脚有无 50V 的直流电压：

①若没有电压，继续测量 7、8 脚的输入电压：没有电压，故障发生在半导体脱扣器到控制变压器之间的连线断路或接触不良；有电压，故障在半导体脱扣器内部的整流桥或开关电源损坏，应更换半导体脱扣器。

②若有 50V 直流电压，测量继电器 K_2 两端电压：有电压，则是 K_2 继电器损坏，应换新；没有电压，把其中一支表笔分别搭接半导体脱扣器的 12、14 脚，看搭接在哪一脚有电压。与 14 脚有电压，故障在断路器常闭辅助触头 QF2 接触不好，应进行修理或更换；与 12 脚有电压，故障在联锁按钮 SB_2 没有压到位或损坏、继电器 K_1 触头接触不良、合闸按钮 SB_1 接触不良，应分别对其进行检查修理。

(5) 短路或过载灯亮。

①设备运行中短路或过载灯亮，说明设备或供电线路有短路或有超载情况。检查用电设备和外接电缆有无发热、短路现象，所带的用电设备有无因负荷过大或机械故障而卡死，针对所查问题进行相应处理。

②合闸时短路或过载灯亮，检查自检按钮是否被卡住而没有复位，否则更换半导体脱扣器。

(二) QJZ - 315/1140 真空磁力启动器的故障分析与排除

QJZ - 315/1140 型真空磁力启动器用于含有爆炸性气体（甲烷）和煤尘的煤矿中，实现就近或远距离启动和停止额定电压 1140V 或 660V、频率 50Hz、额定容量在 50~466kW 范围内的矿用隔爆型三相鼠笼式感应电动机，在停止时可以进行换相。

该启动器电气系统图主要是由隔离开关、真空接触器主触头组成主回路；由近控或远控按钮组成的先导控制回路，用来控制真空接触器；由整流桥、真空接触器四个线圈组成的主控回路，用来控制主回路，实现大电流启动，小电流维持吸合；由电流互感器、电动机综合保护器组成的保护与试验回路，用来控制先导回路电源，实现失压、过载、短路、断相、过电压、防止控制发生短路自启动和漏电闭锁等保护，并具有过载、过流、断相、漏电、短闭、电源、运行等显示和过载、漏电试验。电气原理图如图 2--6 所示。

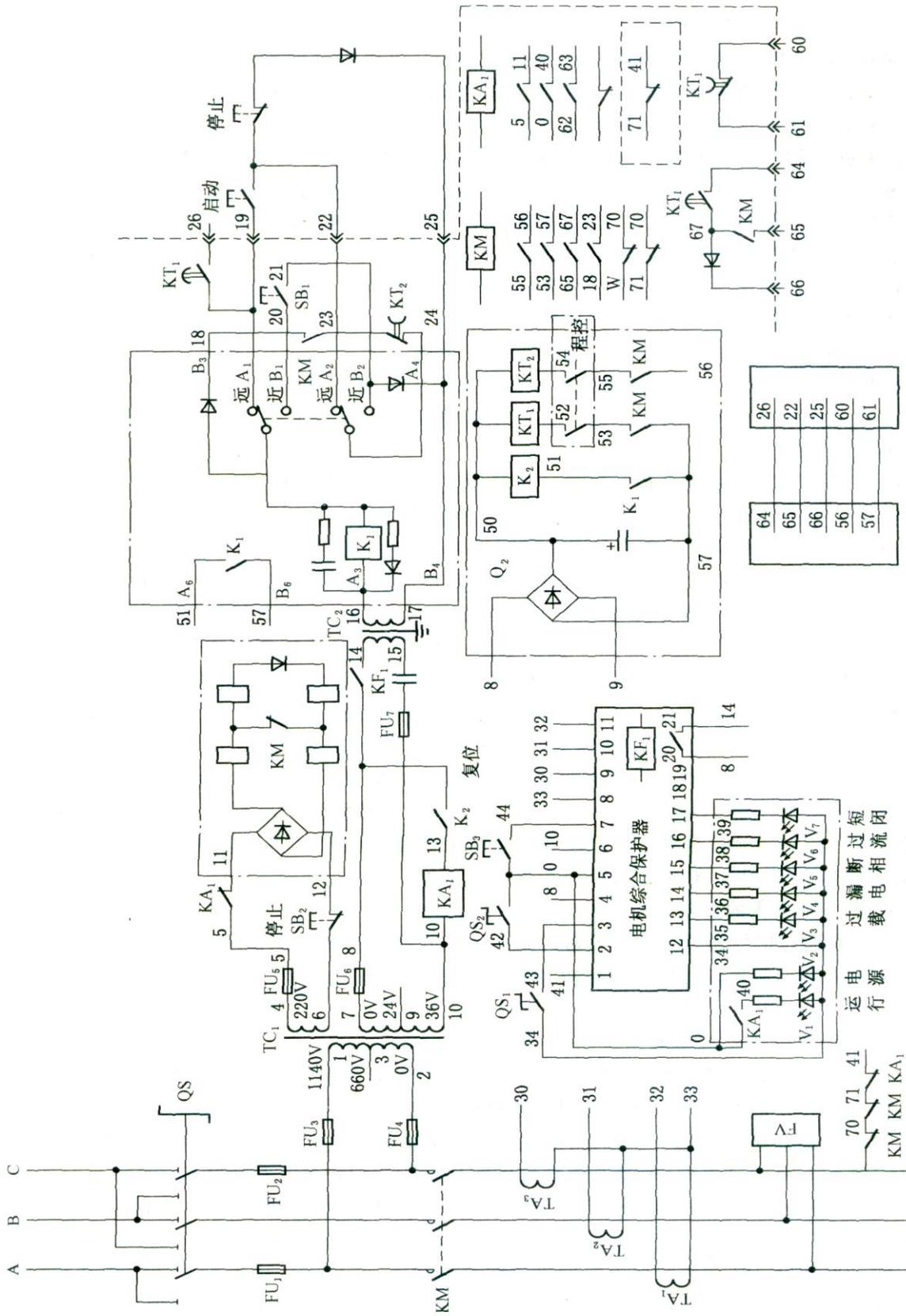


图 2-6 QJZ - 315/1140 真空磁力启动器电气原理图

U、

常见的故障与检修方法如下：

1. 隔离开关合上后电源指示灯不亮

由电气原理图可知，引起电源指示灯不亮的主要原因有：主回路保险管 FU_1 、 FU_2 、千伏级保险 FU_3 、 FU_4 、控制变压器、低压保险 FU_6 、电机综合保护器等器件损坏或接触不良。仔细倾听启动器有无轻微的“嗡嗡”声。若无声音，故障在控制变压器或以前电路！具体检查方法为：首先断开上级电源并拉开隔离开关，挂上“有人工作，严禁送电”警示牌，并执行验、放电程序；再用万用表电阻挡检查保险管 FU_1 、 FU_2 、 FU_3 、 FU_4 有无烧断现象，若有烧断就用同型号的保险管换上，若无烧断，说明故障在于控制变压器或供电线路连线断开，用万用表检查，找出故障点进行修理或更换。若有声音，故障在控制变压器以后。用万用表测量电机综合保护器的 4、6 端有无 36V 交流电源，有电源，即电机综合保护器损坏，需更换；无电源，故障在控制变压器 36V 绕组、保险管 FU_6 或连线，可用万用表检查，找出故障点修理或更换。

2. 隔离开关合上后，按启动按钮接触器不吸合

根据图 2-6 可知，引起接触器不吸合的原因主要有先导回路、控制回路、执行回路等。检修时首先观察开关的显示情况，在电源指示灯发亮而其他指示灯都不发亮的情况下，再进行下列分析、处理：

(1) 先导回路的故障分析与处理。测量本安变压器二次侧有无 17V 电源。若无电源，故障为本安变压器本身损坏、 KF_1 接触不良、保险管 FU_7 烧断或连线断路，用仪表对其逐个检查并处理；有电源，就逐个检查直流继电器 K_1 是否完好，启动按钮、远近控转换开关接触是否良好，线路有无断路等，对应其故障性质进行更换或修理。

(2) 控制回路的故障分析与排除。先导回路 K_1 吸合后，继电器 K_1 应吸合，若 K_2 不会吸合，测量电容 C_2 两端有无 24V 直流电压：无电压，整流桥损坏或供电回路断线，进行相应修复；有电压，继电器 K_2 损坏或 K_1 触头接触不良，更换继电器 K_2 或修理 K_1 触头。 K_2 吸合，常开触头闭合，中间继电器 KA_1 应吸合。 KA_1 不会吸合，原因有 KA_1 损坏或 K_2 常开触头接触不良或接线不紧固，根据情况作出相应的修理或更换。

(3) 主控回路的故障分析与排除。中间继电器 KA_1 吸合，真空接触器 KM 也应吸合。不会吸合应检查控制变压器 4、6 端有无 220V 电压，保险管 FU_5 是否熔断，停止按钮是否复到位，触头接触是否良好， KA_1 常开触头吸合是否到位（可以多并联几

对触头), 真空接触器是否有问题, 对应其故障进行修理或更换。

3. 开关不自保的故障分析与排除

自保是通过接触器 KM 的辅助常开触头、时间继电器 KT_2 的常闭触头和远、近控转换开关的转换触头串联后再与启动按钮并联而实现的。对应其进行检查、修理或更换, 即可排除故障。

4. 其他故障分析与排除

(1) 启动器采用程序控制时, 第一台启动 3~5s 后, 第二台开关不启动。检查开关的时间继电器 KT_1 是否损坏、触头接触是否良好, 相关回路有无断路现象等。

(2) 启动器频繁过载、短路跳闸。在排除外部负荷过大的情况下, 主要原因是保护器整定值不正确(过小), 电流互感器性能发生变化或保护器本身故障等。

(3) 试验不显示。检查试验开关 QS_1 接触情况, 电动机综合保护器本身是否损坏。

(三) MG300/690 -W 型采煤机常见电气故障的分析与排除

MG300/690 -W 型采煤机电气原理接线图如图 2-7 所示, 电气部分主要由 2 台隔离开关和 3 台电动机组成的主回路, 控制采煤机电动机; 由启动、停止、急停按钮与过零开关、电动机温度继电器等组成的先导控制回路, 控制顺槽开关; 由采煤机闭锁开关控制运输机; 由电流互感器与保护器板组成的采煤机恒功率保护电路, 实现采煤机的牵引速度随负载变化而自动调节。

在分析判断采煤机电气故障前, 首先要检查采煤机各开关、手柄是否处于正确的位置, 然后根据故障现象采取相应的分析判断方法, 以便迅速排查出故障原因。

下面是 MG300/690 -W 型采煤机常见电气故障与分析。

1. 采煤机不启动

根据电气原理接线图 2-7 分析可知, 引起此种故障的原因主要是: 先导控制回路故障或电动机动力回路(主回路)故障。

1) 先导控制回路检查及处理

利用万用表检查先导回路 X_6-1 及 X_6-6 之间控制电压是否正常, 若无控制电压或电压数值不正常, 则要检查外电路的电缆及接线是否断线或接触不良等, 若有控制电压且电压数值正常, 则要检查整流二极管 V_{11} 是否击穿或开路, 左、右急停按钮 SB_1 、 SB_2 闭合情况, 启动按钮 QS_5 触头接触情况是否良好, 若有问题, 对应处理。

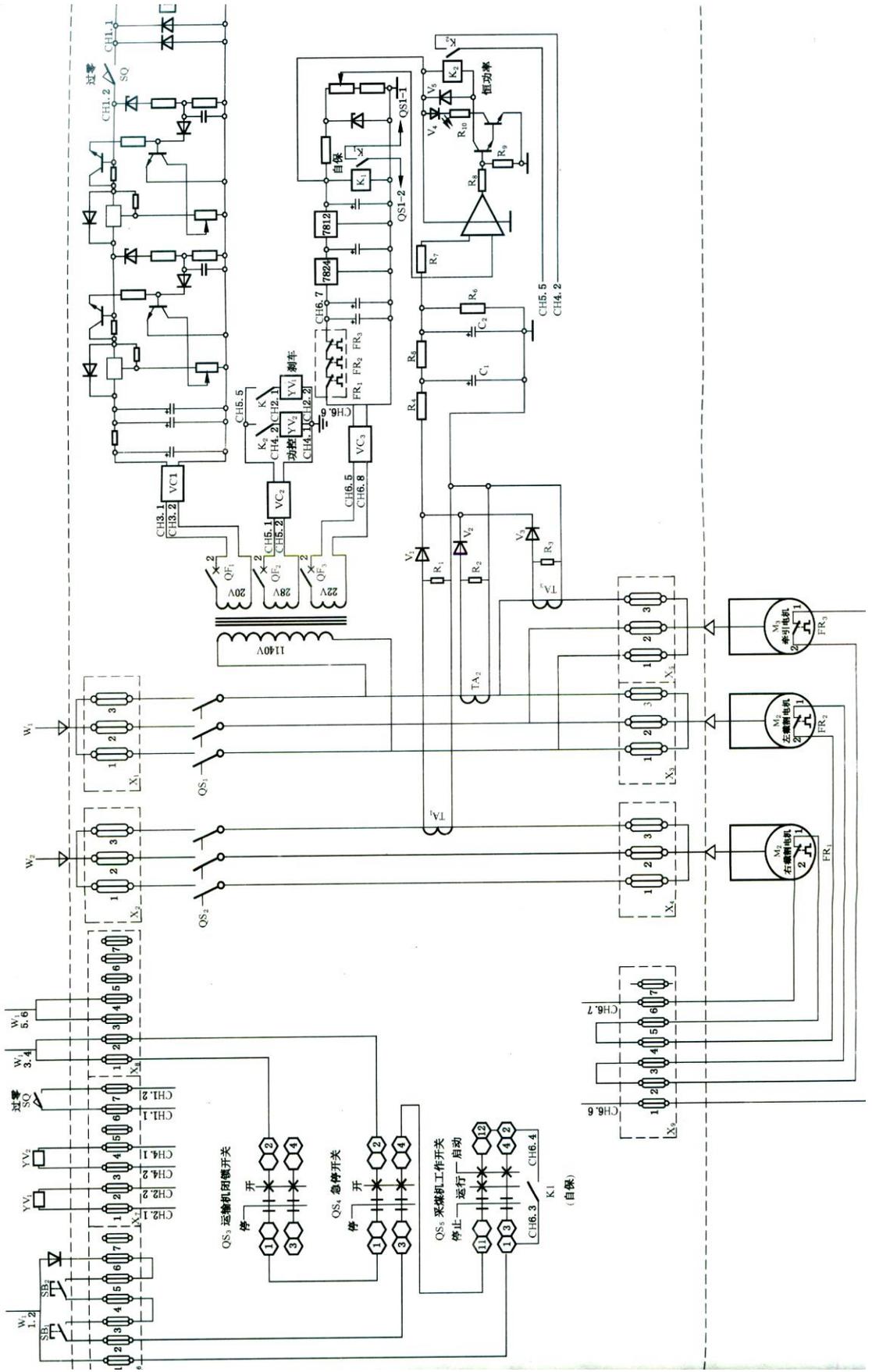


图 2-7 MG300/690 -W 型采煤机电气原理图

2) 主回路检查及处理

可按主回路的组成依次对其进行故障查找，一般主回路的查找是以检查构成主回路的元件的工作状态为主，如刀闸接触不良等。主回路故障原因可列为以下几种情况：接线端子或隔离开关接触不良、电动机及电缆绝缘低或存在漏电点、电动机电源缺相、重负荷启动等。针对故障采取措施进行处理。

在查找和处理主回路故障时，首先应判断出是采煤机电机故障还是为采煤机供电的电缆故障，最有效的判断方法是利用测量仪表。

(1) 断路故障的查找。首先断开采煤机隔离开关，再用万用表电阻挡分别测量电动机、隔离开关是否正常。若不正常，应根据所查故障作相应的修理或更换；若正常，即为电缆故障，应作出相应的处理。

(2) 漏电故障的查找。用兆欧表进行查找，方法同断路故障的查找。

在无测量仪表的情况下可用下列方法判定：

① 拉开采煤机隔离开关，观察顺槽开关上的漏电闭锁指示灯是否熄灭，如熄灭，再将 3 根主芯线短接，仍不显示接地故障，则可认为是隔离开关以后的电动机或隔离开关本身故障。

② 拉开采煤机隔离开关，不论 3 根主芯线是否短接，顺槽开关上的漏电闭锁指示灯均显示漏电，即为电缆故障。

2. 采煤机不自保

根据电气原理图 2-7，继电器触头 K_1 为采煤机启动转换开关 QS_5 复位后的自保触头，采煤机启动后不能自保的故障原因有以下方面：启动手把 QS_5 在启动位置停留时间过短，继电器 K_1 的常开触头来不及吸合，起不到自保作用；继电器 K_1 触头接触不好或 K_1 继电器回路存在问题，即控制变压器 TC 的输出电压不正常，空气开关 QF_3 跳闸，电动机温度触头接触不好等，针对以上原因采取相应处理措施后，采煤机即可正常工作。

3. 采煤机无牵引

MG300/690-W 采煤机牵引的工作原理是：90kW 牵引电机拖动采煤机主油泵为两台液压马达提供动力，由液压马达输出动力扭矩到采煤机行走箱来拖动采煤机行走。由此可见，对液压牵引采煤机来说，造成采煤机不牵引的原因是机、电、液三

方面的问题，在这三方面的原因中，由于电气造成不牵引故障的原因如下方面：

(1) 牵引电机 M_3 不启动， M_3 不启动的原因检查分析同主回路的检查分析。

(2) 刹车电磁阀 YV_1 不工作。 YV_1 不工作的原因是：

① 电磁阀液压故障，即电磁阀 YV_1 阀芯卡阻不能正常开合，原因为液压油腔或电磁阀阀芯与其导套间距大，处理方法为更换液压油或更换电磁阀；

② 电气方面原因则应根据其所在电气回路进行检查，同时考虑与其相关电气元件的工作状况。首先检查控制变压器 TC 的二次输出 28V 电压是否正常，再顺次检查空气开关 QF_2 、整流桥 VC_2 及继电器 K 的辅助接点是否正常，若继电器 K 的辅助接点不吸合，则应检查另一单元回路，即控制变压器 TC 的二次侧 20V 输出回路正常否，直至确定继电器 K 正常工作为止。

③ 在采煤机正常使用过程中，容易造成采煤机牵引手把过零后，制动器不松闸，引起采煤机不牵引。其主要原因是过零开关损坏，其触头不能很好闭合，造成过零继电器不吸合，其接点不闭合，松闸电磁阀不吸合，刹车器打不开，这类故障在现场中经常遇到，所以在维修过程中应密切注意。

4. 运行中使用急停开关停机后，解锁时自动启动

根据电气原理图 2-7 可知，引起此故障的原因在先导控制回路，其原因及处理方法如下：

(1) 检查启动手把是否已恢复到运行位置，若无，则应恢复到位。

(2) 继电器 K_1 不释放或其常开触头 K_1 粘连，应更换继电器 K_1 。

5. 采煤机引起工作面输送机不能启动

根据电气原理图 2-7 可知，引起输送机不能启动故障的原因是：

(1) 采煤机上“运停”按钮未解锁。

(2) 采煤机上“运停”按钮解锁后，触头不闭合或接触不良。

(3) 主电缆内控制输送机的芯线断线或与地线、屏蔽层短路。

(四) 228L -4 型煤电钻综合保护装置常见故障处理（参见图 1-5）

1. 故障检查与分析

228L -4 型煤电钻综合保护装置常见故障一般表现为接通电源后，煤电钻不能送电，出现这种情况，首先要观察指示灯的显示情况，然后按下列方法进行检查：

(1) 综合保护装置的隔离开关 1QS 合上后，所有的信号灯都不亮，应检查以下

几点，并作相应处理。

①首先检查千伏级保险管 1FU 是否烧断，接触是否良好。若保险管烧断应先查出烧断原因，并使用同规格的保险管进行更换。

②然后检查保险管 2FU、3FU 是否完好，控制变压器、连线有无接触不良现象。发现问题及时做出相应处理。

(2)综合保护装置的隔离开关 1QS 合上后绿色信号灯亮，但煤电钻不能工作，应检查以下几点，并作相应处理。

①检查线路板插接是否牢固，接触是否良好。发现接触不良可取下插件，调整插座映的弹簧触片弧度，并用酒精清洗插件接触处的灰尘及氧化物，确保有良好的电接触。

②检查交流接触器 2 个常闭辅助触头 KM_4 、 KM_5 的接触情况。检查方法：在停电能情况下，按一下触头观察常闭辅助触头接触情况。动、静触头接触位置要正确，触头压力要适当。若出现接触不良，应调整触头，保证有一定的接触面积和触头压力。

③检查煤电钻手把开关 2QS 及电缆连接情况。若开关 2QS 烧坏或电缆断路应及时处理。

④检查振荡回路有无高频信号输出，若无信号输出，可更换插件线路板。

(3)综合保护装置的隔离开关 1QS 合上后红色或黄色信号灯亮，煤电钻不能工作，其检查处理方法如下：

①操作隔离开关 1QS 接通电源后，试验按钮未能及时复位，使 127V 交流电通过电阻接地。处理方法，将隔离开关手柄重新置于停电位置，按下试验按钮，待隔离开关转动尚未合闸之前松开试验按钮，隔离开关转到送电位置，绿色指示灯亮即说明送电正常。

②煤电钻或负荷电缆有接地故障。处理方法：若接线盒内接地，可打开接线盒消除接地点，使其恢复绝缘；若电缆线路或电钻电机绕组受潮接地，则应更换电缆或煤电钻。

③试验按钮弹簧失效或按钮损坏而使试验按钮常开点闭合。处理方法是更换有效弹簧或试验按钮。

④轴与孔的隔爆结合面不清洁或有锈蚀使试验按钮不能复位。处理方法是将装

置停电，清洗轴孔与轴表面的锈迹，涂上防锈油脂重新组装，使其活动灵活。

⑤煤电钻绕组过热损坏造成相间短路或电缆线路受机械力损坏绝缘击穿时，保护装置在送电时红色信号灯亮煤电钻不能工作。处理方法是更换质量合格的电缆（或煤电钻），将故障电缆（或煤电钻）升井处理。

2. 保护插件常见故障及处理

ZZ8L -4 型煤电钻保护插件常见故障及处理方法见表 2-2。

表 2-2 ZZ8L-4 型煤电钻保护插件常见故障及处理方法

故障部位	故障现象	故障分析	处理方法
电源部分	直流输出电压过高或过低	调整管3V ₁ 、整流二极管V ₄ 、V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 、稳压管V ₂₂ 或滤波电容C ₁ 可能损坏	更换
	直流没有电压输出	整流二极管V ₂₇ 、电阻R ₅ 、调整管3V ₁ 可能损坏	
短路部分	闭合1K开关黄灯亮	(1) C ₇ 容量变小 (2) 3V ₆ 损坏 (3) 振荡或放大管有问题	(1) 更换100 μ F/16V (2) 将 3V ₆ 断开送电试之，如黄灯不亮，更换3V ₆ (3) 检查振荡管和线圈，对损坏部分进行更换
短路部分	打钻黄灯亮	(1) 振荡器发射极反馈电阻R ₁₀ 阻值变大 (2) C ₄ 容量变化 (3) 3V ₂ β 值降低	(1) 换比原来阻值小10 Ω 左右（R ₁₀ 在线电路中为了便于调试用两个电阻串联而成），如没有合适电阻可串、并联的方法解决 (2) 更换 (3) 更换蓝点3DG12B或3DG130B放大系数在80~100范围
停送电部分	闭合1K开关后指示灯正常（红、黄灯不亮绿灯亮），但不能打钻	(1) R ₈ 烧断 (2) V ₁₂ 、V ₁₃ 、V ₁₄ 损坏	(1) 换下4—6W，360~500 Ω 电阻 (2) 更换同型号二极管
	打钻时接触器时而吸合或释放，不能连续打钻	保持回路整流桥V ₈ 、V ₉ 、V ₁₀ 、V ₁₁ 之一或全部损坏	更换同型号二极管
漏电部分	漏电失灵	(1) 二极管V ₁ 、V ₂ 、V ₃ 损坏 (2) 电阻R ₁ 、R ₂ 、R ₃ 、R ₄ 损坏	(1) 更换同型号二极管 (2) 更换同规格的电容器

（五）稳压电源故障修理

稳压电源在综采电气设备中为电子线路提供直流电源，如图 2-8 所示为串联型稳压电路，其故障分析处理方法如下。

1. 整流电路的故障检修

由图 2-8 可知，整流电路为桥式全波整流，其输入端为 AC (15—16V)，输出端为 DC (16—19V)，空载时输出电压还会升高一些。

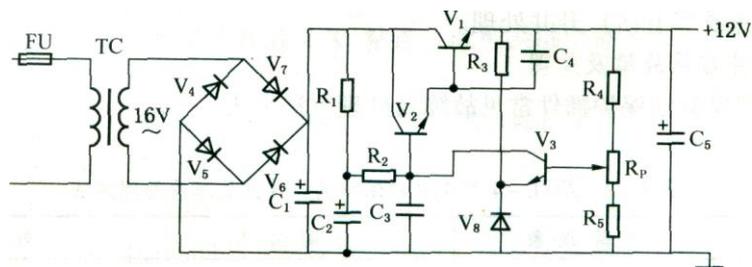


图 2-8 串联型稳压电路

整流电路常见的故障是在四个整流元件中有一个击穿损坏，使前级保险丝烧断。这可以利用万用表 RX1 挡测量直流电阻判断，在整流电路正常时，测量整流输出端对地电阻应为 $40\ \Omega$ 左右；如四只二极管中有一只击穿，上述阻值就下降为 $10\ \Omega$ 左右。判别是哪一只二极管击穿，可测量每只二极管的正、反向电阻，正常时正向电阻很小，反向电阻很大，有时表针基本上不动，否则二极管已击穿或性能已下降。

2. 电子稳压电路故障的检查

电子稳压电路产生故障的原因较多，从输出端出现的现象看，可分为无输出电压 (12V)、输出电压调不高 (低于 12V)、输出电压调不低 (高于 12V)、输出电压的交流纹波系数增大 4 种。

(1) 无输出电压 (12V)：如稳压电路输入电压正常 ($16\sim 19\text{V}$)，但无输出电压，其原因主要是调整管 V_1 断路，或其他电路元件损坏，使调整管得不到正常偏压而截止，导致无输出电压。

稳压电路中许多元件损坏都会造成无 12V 电压输出，常见有电容 C_2 或 C_3 击穿，使 V_1 基极电位为零，这时测量 V_1 ，各极电压为 $U_b=0$ ， $U_c=0.4\text{V}$ ， $U_e>19\text{V}$ 。

V_2 开路，导致 V_1 不导通，无输出电压； V_2 e、b 间击穿，在 R_1 、 R_2 中形成很大电流，造成 V_1 基极电位下降很多，输出电压也很低 (约 $3\sim 4\text{V}$)。稳压二极管 V_8 击穿，使 V_3 发射极电位为零，集电极电流上升， V_2 基极电位降到很低， V_2 、 V_1 基本上处于

截止状态，以致输出电压很低，约 1.3V。这时测量 V_2 、 V_3 各极电压分别为下列数值：

V_3	V_2
$U_b=0.6V$	$U_b=2.4V$
$U_c=2.4V$	$U_c=2.1V$
$U_e=0V$	$U_e=1.8V$

V_3 性能不好，漏电或 b、c 间击穿，造成集电极电流上升， V_2 基极电位下降， V_1 导通程度降低，以致输出电压很低，这时测量 V_3 各极电压为如下数值： $U_b=4.6V$ ， $U_c=5.2V$ ， $U_e=5.2V$ 。

(2) 输出电压低于 12V，调节电位器 RP 无效。

在电源电路工作正常时，输出电压低于 12V，一般只要调整电位器 RP 就可以将电压提高到 12V。如调整 RP 无效，首先应检查整流输出电压，若电压过低，可能是由于进线交流电压偏低，也有可能是整流电路有故障（较多的情况是四只整流管中有一只反向特性变坏），这时应首先查明原因，使整流电路恢复正常。

如果整流输出电压正常，而稳压输出调不上去，则故障原因与“无输出电压”的故障原因类似，只是元件损坏程度较轻，没有造成晶体管截止，只是使输出电压降低了。

负载电路电流过大也会引起输出电压低，通过测量输出电流值，就可以进行判断。

(3) 输出电压高于 12V，调整电位器 RP 无效。

造成这一故障的原因一般有两种：一是调整管 RP_1 发射极、集电极间击穿短路使其失去调整作用；二是由于其他元件损坏，使 V_1 偏压过高，饱和导通，从而失去调整作用。

(4) 输出的直流电压纹波系数大。

造成这一故障常见的原因有：电源电压低或整流部分故障，使输出电压纹波系数增大；稳压电路中旁路电容 C_1 、 C_5 断路，使输出直流电压的纹波系数增大。

（六）电缆故障与寻找方法

1. 电缆故障种类

1) 电缆绝缘故障

(1) 电缆的绝缘水平降低，出现漏电现象。

(2) 线芯相间或对地绝缘电阻达不到要求。

(3) 线芯之间或对地泄漏电流过大。

2) 接地故障

(1) 完全接地，检漏继电器动作，即电缆某相芯线直接接地，如用兆欧表（或万用表）测量二者之间绝缘电阻为零。

(2) 低电阻接地，即一相或几相芯线对地绝缘电阻低于 500k Ω 。

(3) 高电阻接地，即一相或几相芯线对地绝缘电阻在 500k Ω 以上。

3) 短路故障

电缆的短路故障包括三相短路、两相直接短路、两相同时接地短路以及一相接线短路。

4) 断路故障

电缆一相或几相线芯断开或者一相导电线芯断~部分。

5) 闪络性故障

当电缆的电压达到某一定值时，线芯间或线芯对地发生闪络性击穿，当电压降低时击穿停止。在某些情况下，即使再次提高电压值，击穿亦不出现，可经过若干时间后击穿又会发生。这种故障有自动封闭故障点的特点。

2. 产生的原因

电缆发生故障的原因是多方面的，与设计选型、安装施工、使用环境、运行状况、维修管理都有密切关系，具体原因有以下几个方面：

(1) 电缆在使用中遇到挤、压、埋、砸等使电缆的绝缘损坏而漏电、接地或短路。煤矿井下巷道支架变形而使破碎顶板下落、在采掘作业中岩石破碎掉落、整修巷道时没有掩护好电缆被砸压等，都能造成电缆的损伤与破坏；井下工作面的采煤机、输送机等设备有时会碰伤或拉断电缆；放炮时也常有崩坏、挤压而撞坏电缆的现象。

(2) 在运输工作中，因电机车、矿车掉道或者材料车超宽等造成碰撞、拉坏电缆，或者材料车撞倒井巷支架而损坏电缆。特别是电缆吊挂过低，不符合要求出事故的机会更多。

(3) 在电缆敷设时，没有按要求敷设而采用铁丝掉挂、敷设时不注意，碰撞损伤电缆，时间久了绝缘性能逐渐恶化，造成事故。

(4)所做电缆接线盒质量不符合要求。如操作不善、施工工艺不正确；导线接头接触电阻大造成发热；材料质量低劣；因受潮而使绝缘强度降低。

(5)日常维护检修管理不善，将电缆落在地上，电缆上面有淋水甚至长期浸泡在水中，有“鸡爪子”、“羊尾巴”、明接头，都会造成漏电、接地或短路事故。

(6)电缆过负荷运行，线芯发热，造成绝缘老化、损伤电缆而引起事故。

(7)因操作出现过电压、故障过电压和过电压等造成电缆事故。

3. 电缆故障点的寻找

1) 判断故障性质

(1)判断接地。将兆欧表“E”端和“L”根测试线一根接地（或铠装电缆外皮）线，根分别与三相线的一相接触（电缆另一端开路），哪一相电阻为零或很低，即是接地相。

如图 2-9a 所示。

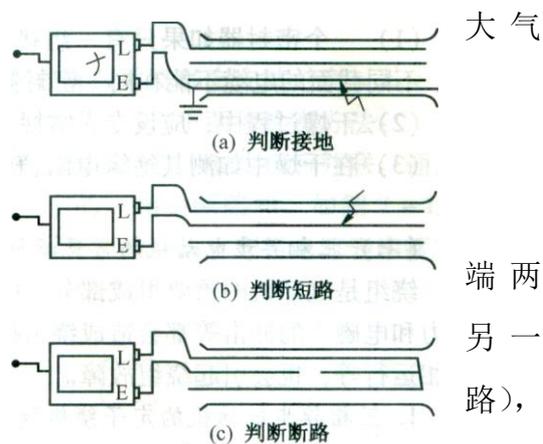


图 2-9 用兆欧表判断故障性质

(2)判断短路。将电缆一端开路，另一端三相中任意两相线先后接在兆欧表两测试线端，哪两相间电阻为零，即是短路相。如图 2-9b 所示。

(3)判断断路。将电缆一端短接，在另一端测两相间电阻，哪两根芯线间电阻为无限大，则必有一芯为断线芯，再用同样的方法与第三相试测，以判断出断线相。如图 2-9c 所示。

2) 电缆故障点的查找

(1) 直接判断和寻找故障点。

运行中的电缆或者新安装的电缆一旦出现故障，应以最快的速度寻找故障点，以便及时处理，减少生产和安全上的损失。首先向事故现场人员了解情况，确定是哪条电缆出现了故障。当无法查明是哪条线路出现事故跳闸时，可以对线路逐条进行一次试送电来判断故障电缆，注意在井下，敷设电缆巷道的瓦斯浓度必须在 1% 以下时才可试送电。

如果属于电缆事故跳闸，应首先从设备上撤除电缆，并用兆欧表或万用表测定电缆线芯之间和对地之间的绝缘电阻，初步判断故障的性质。凡属电缆绝缘故障，往往是通过检测绝缘电阻和做泄漏试验来发现的，或者从检漏继电器指针数值判

断；凡是接地事故，可通过检漏继电器跳闸发现。如果属于短路事故，常常是因接地短路或者短路后接地，有少数是只短路不接地。

对于在空中敷设的电缆，包括井下沿巷道敷设的电缆，如果因短路事故造成外皮烧伤，通过沿电缆线路查看外观就可找到故障点。电缆接线盒出现短路事故时，可以摸到表面温度较高；电缆某处短路，有时可以看到烧穿的伤痕和穿孔，在短路点还可以嗅到绝缘烧焦的特殊气味。对于不太长的电缆线路，可通过沿线触摸电缆的外皮温度找到故障地点。

(2)用万用表寻找橡套电缆故障点。

首先将橡套电缆两端的线芯全部开路，如果电缆故障是相间短路，将发生短路的两根线芯的端头与万用表相连接，如果是接地故障，就将发生接地的线芯和地线芯接到万用表上，将万用表的选择开关转到欧姆挡上，尽量使用高阻挡。然后由检修人员对电缆逐段进行弯曲或翻动，当弯曲到某一点，万用表指针有较大摆动时，说明这就是故障点，也可用木棒敲打电缆护套，当敲打到某点万用表针有较大摆动时，也就找到了故障点。

(3)利用电缆故障测试仪寻找橡套电缆故障点。

4. 综采电缆的干燥

橡套电缆在井下长期运行中，若护套受到损伤，则潮气和水分极易渗透进去，破坏电缆的绝缘强度，造成漏电事故。橡胶电缆的干燥处理就是将渗透到电缆芯线主绝缘、芯垫及护套三者之间的水分及潮气驱除，保持电缆结构的干燥，提高绝缘强度。

橡胶电缆的热风干燥法，是指将电缆的一端接到一密封容器内，将干燥的压缩空气（可采用压风机排出的压气）压入电缆护套内与芯线中，迫使潮气或水分排出电缆体外的一种干燥方法，在现场使用中有心线不通电的热风干燥和芯线通电的热风干燥两种。

通电干燥时应注意如下几个问题：

(1) 一个密封器如果只有一组接线柱，则只能接一组电源，因此，只能干燥一根电缆。不同截面的电缆不能在同一密封器内同时干燥。

(2) 干燥过程中，应设专人掌握芯线温度，有时因掌握不准，易造成芯线过热现象。

(3) 在干燥中如测其绝缘电阻值时，必须停掉电源和拆开芯线的连接，烦琐而不简便。

(七) 三相异步电动机的常见故障与排除

绕组是电动机的重要组成部分。电动机绝缘的老化、受潮、腐蚀性气体侵入，以及机械力和电磁力的冲击等都会造成绕组损伤，此外不正常的运行，如长期过载、电压过低或两相运行等，也会引起绕组故障。

1. 三相异步电动机的定子绕组故障的检修

1) 绕组断路故障的检修

绕组断路故障多数发生在电动机绕组的端部、各绕组元件的接线头或电动机引出线端等附近。因此首先要检查绕组的端部，如发现断线或接头松脱时，应重新连接焊牢，包上绝缘再涂上绝缘漆才可以使用。如不能凭经验找到绕组断路处，就应借助测量仪表进行查找。

(1) 小型电动机。

检查小型电动机断路时，可用兆欧表或万用表（放在低电阻挡）、校验灯等来

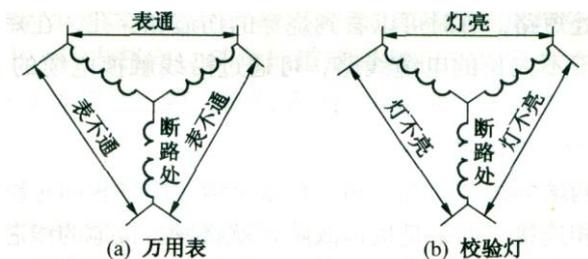


图 2-10 用万用表或校验灯等检查绕组断路（星形连接）

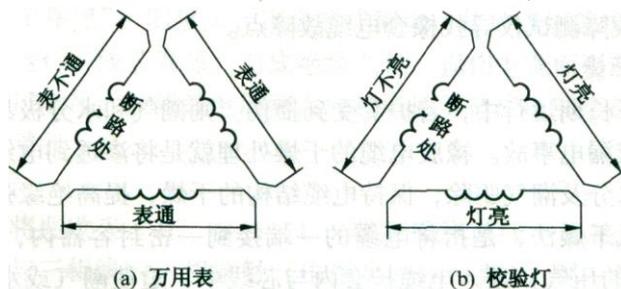


图 2-11 用万用表或校验灯检查绕组断路（三角形连接）

测量查找。对于星形接法的电动机，检查时需每相分别测试，如图 2-10 所示。对于三角形接法的电动机，检查时必须把三相绕组的接线头拆开，再每相分别测试，如图 2-11 所示。

(2) 中等容量以上的电动机。

由于中等容量以上的电动机的绕组大多是采用多根导线并绕和多支路并联，其中如断掉若干根或断开一路时，用以上方法就检查不出来。通常采用以下两种检查方法：

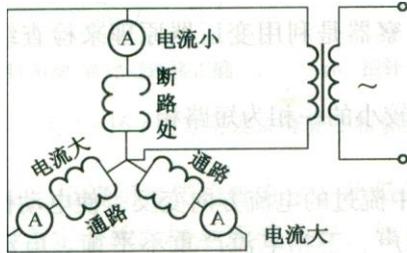


图 2-12 用平衡法检查多支路
并联星形连接绕组断路图

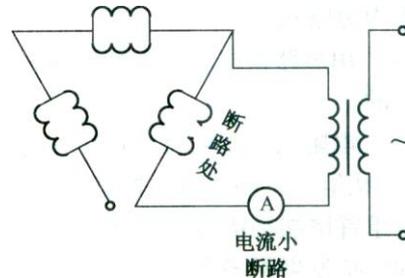


图 2-13 用平衡法检查多支路
并联三角形连接绕组断路图

①三相电流平衡法。对于星形接法的电动机，将三相绕组串入电流表后并联。通入低电压大电流，如果三相电流值相差大于 5% 时，电流小的一相为断路相，如图 2-12 所示。对于三角形接法的电动机，先要把三角形的接头拆开，然后再分别把电流表串接在每相绕组中进行测量，其中电流小的一相为断路相，如图 2-13 所示。

②电阻法。用电桥测量三相绕组的电阻，如三相电阻值相差大于 5% 时，电阻较大的一相即为断路相。

2) 绕组接地故障的检修

拆除电动机的接线连片，使电动机的三相绕组分别独立。用兆欧或万用表按图 2-14 逐相对电动机进行检查，如果电阻较小时表示相绕组严重受潮，应进行烘干处理。

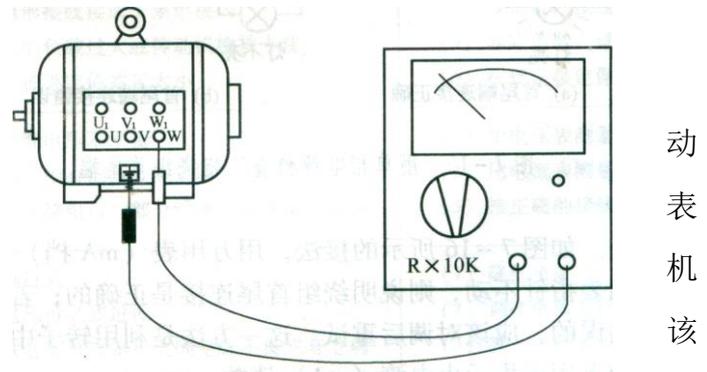


图 2-14 电动机绕组接地故障检查

烘干后用兆欧表测定其绝缘电阻必

须大于 $0.5 \text{ M}\Omega$ ，以上，才可使用。如果某相电阻为 0，即为接地相；然后再仔细检查接地相绕组绝缘层，如有破裂及焦痕的地方，即为接地点。经验表明，电动机接地点一般都在绕组伸出槽外的交接处。如该处故障不严重，可用竹片或绝缘纸插入铁芯与绕组之间，然后按上述方法检查；如果接地发生在槽内，则需更换绕组；如果没有接地，可用绝缘带包扎好并涂上自干绝缘漆即可使用。

3) 绕组短路故障的检修

绕组短路的情况有绕组匝间短路、相邻绕组间短路、一个极相组间短路和相间短路。常用的检查方法有下面几种：

(1) 利用兆欧表或万用表检查相间绝缘。用兆欧表或万用表检查任何两相绕组间绝缘电阻，如绝缘电阻很低，就说明该两相短路。

(2) 观察法。电动机发生短路故障后，在故障处由于电流大，产生高热，使导线外面的绝缘老化焦脆，所以观察电动机绕组是否有烧焦痕迹，即可找出短路处。

(3) 电流平衡法。用图 2-12 及图 2-13 所示的方法分别测量三相绕组电流，电流大的相为短路相。

(4) 用短路侦察器检查绕组匝间绝缘。短路侦察器是利用变压器原理来检查绕组匝间短路的。

(5) 电阻法。用电桥测量三相绕组电阻，电阻较小的一相为短路相。

4) 绕组首尾端接错的检修

绕组首尾端接错后，电动机启动时，由于绕组中流过的电流方向变反，使电动机的磁动势和电抗发生不平衡，因此引起电动机振动、噪声、三相电流严重不平衡、电动机过热、转速降低，甚至造成电动机不转，过载保护动作等。

绕组首尾端接错有两种情况，一种是绕组外部接线错误，另一种是内部各绕组接错。

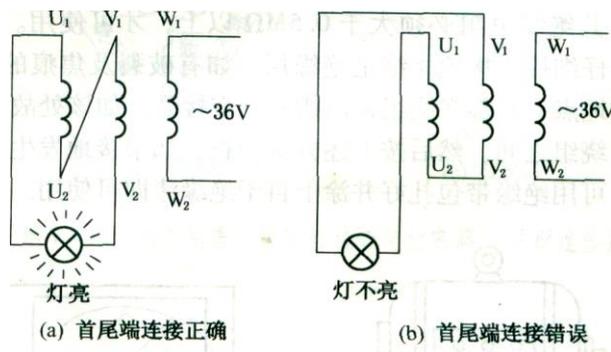


图 2-15 用单相电源检查三相绕组首尾端

(1) 三相绕组首尾端的检查方法。

① 绕组串接法。图 2-15 是一相绕组接通 36V 低电压交流电，另外两相绕组串联起来接上灯泡，如果灯泡发亮，说明三相绕组首尾连接是正确的，作用在灯泡上的电压是两相绕组感应电动势的矢量和；如果灯泡不亮，说明两相绕组首尾接反，

作用在灯泡上的电压是两相绕组感应电动势的矢量差，正好抵消，应该对调后重试。

②用万用表检查。如图 2-16 所示的接法，用万用表（mA 挡）进行测试，此时转动电动机转子，如万用表指针不动，则说明绕组首尾连接是正确的；若万用表指针转动，说明绕组首尾连接是错误的，应该对调后重试。这一方法是利用转子中剩磁在定子三相绕组内感应出电动势，使万用表指示出电流（mA）读数。

③直流法。按图 2-17 所示接好线路，当开关接通瞬间，如万用表指针（mA 挡）摆向大于零的一边，则电池正极所接线头与万用表负端所接线头同为首或尾，如指针反向摆动，则电池正极所接线头与万用表正端所接线头同为首或尾。再将电池接到另一相的两个线头试验，就可确定三相的首与尾。

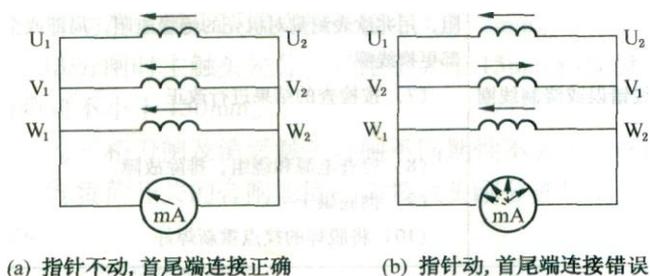


图 2-16 用万用表法检查三相绕组首尾端

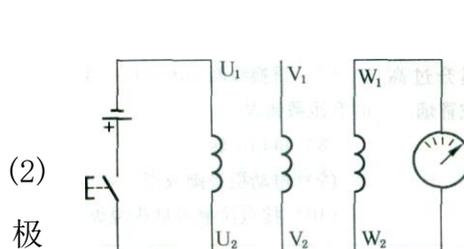


图 2-17 用直流法检查绕组首尾端

绕组接错检查方法。将低压直流电源（一般用蓄电池）通入某相绕组，用指南针沿着定子铁芯槽上逐槽检查，如指南针指在每极相组的方向交替变化，表示接线正确，如果与邻近的极相组指南针的指向相同，表示极相组接错，如果极相组中个别绕组嵌反，则指南针的指向在本极相组范围中是交替变化的，这时需把绕组故障部分的连接线或过桥线加以纠正。

2. 三相异步电动机常见故障及处理办法

三相异步电动机常见故障及处理见表 2-3。

表 2-3 三相异步电动机常见故障及处理

故障	产生原因	处理办法
电动机不能启动或带负载运行时转速低于额定值	(1) 熔丝烧断，开关有一相在分开状态，或电源电压过低	(1) 检查电源电压和开关、熔丝的工作情况，排除故障
	(2) 定子绕组中或外部电路中有一相断线	(2) 检查定子绕组中是否有断线，再检查电源电压
	(3) 鼠笼式电动机转子断条或脱焊，电动机空载启动，但不能加负载启动运转	(3) 将电动机接到电压较低的电源上，如果转子绕组有断条或脱焊，定子电流会发生变化
	(4) 将三角形接线接成了星形接线	(4) 按正确的接线法改正接线
	(5) 电动机的负载过大或传动机构被卡住	(5) 卸除负载，排除机械卡堵现象
	(6) 过流保护整定值整定太小	

		(6) 按规定整定保护值
电动机三相电流不平衡	(1) 三相电源电压不平衡 (2) 定子绕组中有部分线圈短路 (3) 新换定子绕组后, 部分线圈之间有接线错误	(1) 用电压表测量电源电压 (2) 用电流表测量三相电流 (3) 按正确的接线法改正接线错误
电动机温升过高或冒烟	(1) 电动机过载 (2) 电源电压过高或过低 (3) 定子铁芯部分硅钢片之间绝缘不良或有毛刺 (4) 转子运转时和定子相摩擦, 致使定子局部过热	(1) 降低负载 (2) 调整电源电压 (3) 拆开电动机检修定子铁芯 (4) 检查转子铁芯是否变形, 轴是否弯曲, 端盖的止口是否过松, 轴承是否磨损
电动机温升过高或冒烟	(5) 电动机通风不好或冷却水流量过小或压力过小 (6) 定子绕组有短路或接地故障 (7) 重换线圈的电动机, 由于接线错误或绕制线圈时有匝数错误 (8) 单相运转 (9) 电动机受潮或浸漆后未烘干 (10) 接点接触不良或脱焊	(5) 检查通风孔道、冷却水管是否堵塞 (6) 用电桥测量各相线圈或各元件的直流电阻, 用兆欧表测量对机壳的绝缘电阻, 局部或全部更换线圈 (7) 按检查的结果进行改正 (8) 检查电源和绕组, 排除故障 (9) 彻底烘干 (10) 将脱焊的接点重新焊好
电动机有不正常的振动和响声	(1) 电动机安装得不符合要求 (2) 滑动轴承的电动机轴颈与轴承的间隙过小或过大 (3) 滚动轴承在轴上装配不良或轴承损坏 (4) 电动机转子或轴上所附有的皮带轮、对轮、齿轮等不平衡 (5) 转子铁芯变形或轴弯曲 (6) 电动机单相运转, 有“嗡嗡”声 (7) 转子风叶碰壳 (8) 轴承严重缺油	(1) 按要求安装电动机 (2) 检查滑动轴承的情况 (3) 检查轴承的装配情况或更换轴承 (4) 做静平衡或动平衡试验 (5) 将转子夹在车床上, 用千分表找出是铁芯变形还是轴弯曲, 而后进行校正 (6) 检查熔丝及开关触头 (7) 校正风叶, 旋紧螺钉 (8) 清洗轴承加新油, 注意润滑脂的量不宜超过轴承室容积的70%

轴 承 过热	(1) 轴承损坏 (2) 轴承与轴配合过紧或过松 (3) 轴承与端盖配合过紧或过松 (4) 滑动轴承油环磨损或转动缓慢 (5) 润滑油过多、过少或油太脏、混有铁屑沙尘 (6) 皮带过紧或联轴器装配得过紧 (7) 电动机两侧端盖或轴承盖未装平	(1) 更换轴承 (2) 过松、过紧时重新加工 (3) 过松、过紧时重新加工 (4) 查明磨损处，修好或更换油环 (5) 加油或换油，容量不宜超过轴承室容积的70%，润滑脂的选用要合适 (6) 调整皮带张力、联轴器传动装置 (7) 将端盖或轴承盖止口装平，旋紧
-----------	--	--

二、相关知识

(一) 机电设备检修质量标准

1. 移动变电站配电开关检修质量标准

1) 外壳

(1) 负荷开关及馈电开关外壳的结合部的隔爆性能必须符合有关规定。

(2) 外壳内部清洁，无污物，无锈蚀，观察孔玻璃完好、清晰。

2) 高压负荷开关（FB -6 型）

(1) 导线连接坚固，防松装置齐全完好，支持绝缘子及汽缸绝缘子无裂纹及放电痕迹。

(2) 刀闸及消弧触头应符合下列规定：

① 刀闸及消弧触头接触良好，接触面积不小于总面积的 80%。合闸后，刀闸插入静触头深度为 (16 ± 2) mm。触头压力为 (1.45 ± 0.2) MPa，接触电阻不大于 $100 \mu \Omega$ 。

② 动消弧触头顶端烧损长度不大于 2mm。

③ 分闸时主触头先分，开距不大于 15mm 消弧触头再分离；分闸后，刀闸与静触头之间距离不小于 150mm。

④ 三相刀闸及消弧触头合闸不同期性不大于 3mm。

⑤ 负荷开关的合闸速度：消弧触头刚分速度为 (4 ± 0.5) m/s，刚合速度为 (3 ± 1) m/s。

3) 低压馈电开关

(1) 导线连接坚固，固定接头需镀锡或银，导电回路电阻应小于 $300 \mu \Omega$ 。

(2) 开关性能应符合下列规定：

① 触头接触良好，磨损厚度大于原设计尺寸的 1/3 时，必须更新，更新触头材质应符合出厂要求。

②触头接触终压力为 1.4~1.8MPa，触头开距为 18mm，超行程为 4~4.5mm，三相接触不同期性不大于 0.5mm。

③消弧装置完整无损，栅片无灼伤、缺片。

(3)互感器应符合下列规定：

①电压互感器比差值不超过±1%，角差值不超过±40′。

②在额定电流时，电流互感器比差值不超过 1%，角差值不超过 60′。

③保护装置齐全完整，动作灵敏可靠，其整定参数应符合下列规定：

a. 当电压为额定值的 85%时，失压保护应可靠地吸合；电压在额定值 70%~35%时，应释放。

b. 当电流为额定值的 3~10 倍时，过电流保护运作时间为 0.1~0.4s。

c. 漏电保护动作时间不大于 0.2s，漏电动作整定值：1140V 三相 20kΩ，660V 三相 11kΩ；漏电闭锁电阻值大于或等于 1.5 倍漏电动作电阻值。

4)操作机构

(1)高压负荷开关机构动作灵活可靠，无刮卡现象，合、分闸指示正确，辅助轴凸轮与跳闸板距离应在 1~1.5mm 范围内。

(2)刚分、刚合速度调整螺钉齐全可靠。

(3)传动机构应有适当的润滑。

(4)分闸缓冲器工作可靠，限制合闸位置符合规定，分闸缓冲器固定牢靠，使用 HJ-50 机械油，油量适当。

(5)馈电开关只有在高压开关合闸后才能合闸，合闸时手柄旋向逆时针方向 1200 储能，然后顺时针旋到原位置，即合闸。此时，馈电开关显示灯为黄灯灭，绿灯亮。

5)馈电开关信号灯

(1)合闸时检测灯亮，合闸灯亮，分闸时闭锁灯亮，分闸灯亮，过电流时红灯亮。

(2)检漏继电器处于闭锁状态时为闭锁灯亮，投入运行后，不漏电时为检测灯亮，漏电时为漏电灯亮。

6)联锁机构

(1)高、低压开关联锁机构齐全完整，高、低压开关应有门盖联锁及急停按钮，高、低压开关应联锁。

(2)高、低压开关电气联锁应保证移动变电站的停送电操作程序：供电时，先合高压开关，后合低压开关；断电时，先分低压开关，后分高压开关。

7) 电缆连接器及接线（AGKB30 - 200/6 型）

(1)电缆连接器必须零部件齐全完整，固定牢靠，各插头表面光洁、接触良好，拔插力不小于 30N。

(2)连接器至开关间的橡胶连线绝缘良好，绝缘线与外壳间要有 6mm 以上的电气间隙，沿橡胶线表面的绝缘漏电距离应大于 200mm（即高压带电导体对地和高压带电两相间，沿橡套电缆的绝缘漏电距离）。

8) 试验

高压开关本体应能承受 21kV 电压，开关总体组装后应能承受 10kV 电压；低压馈电开关应能承受 3.6kV 的工频耐压试验，1min 无击穿及闪络现象为合格。

2. 高压防爆开关检修质量标准

高压开关使用真空管或 SF6 断路器的检修质量标准见表 7-4。

表 7 -4 高压开关检修质量标准

型号参数	SF ₆ 断路器型	真空管型
断路器型号	SF ₆	ZN -10/600 -150
行程/mm		15±1
开距/mm		12±1
超行程/mm		±0.5
三相合闸不同期性/mm		≤1.5
合闸时间 / s		0.2
固有分闸时间 / s	0.018 ~ 0.025 (≤0.1)	0.05
触头平均合闸速度 / (m. s ⁻¹)		0.8±0.2 1.2 ±0.2
触头平均分闸速度 / (m. s ⁻¹)	0.4	
充气气压/MPa		133. 322 x10 ⁻⁸ ~10 ⁻⁴
真空度/Pa	0.3	
闭锁气压/MPa		

3. 低压防爆开关检修质量标准

综采用低压防爆型开关断路器、接触器的检修质量标准见表 7 -5。

真空磁力启动器检修质量标准：

1) 隔爆面长度与间隙标准

(1)前门与壳体间：隔爆面长不小于 25mm 时，隔爆间隙不大于 0.5mm。

表 7-5 真空接触器、断路器检修质量标准

类别	型号	开 关	
		开距/mm	超程 / mm
真空接触器	CJZ - 300/1140	1.5	1.5
真空断路器	ZD - 400/1140	$4_{-0.5}^0$	$3_0^{+0.5}$
真空换向开关	ZD - 400/1140	2	4.6

(2)上盖与壳体间：隔爆面长不小于 25mm 时，隔爆间隙不大于 0.5mm。

2) 水压试验

上盖、外壳、前门施加水压 1MPa，试验 1min 无损坏。

3) 耐压试验

(1)真空灭弧室真空度符合要求，10kV 工频耐压试验无击穿和闪络现象。

(2)启动器耐压试验合格，主回路工频耐压 4500V，1min，控制回路工频耐压 100V，1 min。

(3)做耐压试验时应将阻容吸收装置和所有电子组件拆下，以免高压击毁。

4) 动作性能试验

(1) (75±7%—110%)U 范围内可靠启动。

(2)吸合后，电压渐次降至 60%/0U。时仍能吸持。

(3)最低释放电压不低于额定值的 10%。

5) 试验开关及信号系统

(1)试验开关在试验位置时，应达到相应的检查作用。

(2)相应的信号显示正确。

6) 电气与机械联锁保护

隔离开关、接触器及前门间的电气与机械联锁装置正确、可靠。

7) 保护特性试验

(1)过载保护特性试验应满足表 7-6 的要求。

(2)断相保护特性试验应满足表 7-7 要求。

(3)漏电闭锁保护动作阻值：1140V 时，小于 40+20% kΩ；660V 时，小于 22+20% kΩ。

8)检修后还应符合下列要求

表 7-6 过载保护特性

过载倍数	动作时间	起始状态
1.05	2h动作	热态
1.5	小于3 min	热态
6	可返回时间大于3s	冷态
8~10	不大于0.28s	冷态

表 7-7 断相保护特性

过电压		动作时间	起始状态
整定电流			
任意两相	第三相		
1.0	0.9	不动作	冷态
1.15	0	小于20min	热态

- (1)隔爆接合面达到完好标准。
- (2)紧固用的螺栓、螺母、垫圈齐全，紧固、无锈蚀。
- (3)观察窗孔胶封及透明度良好，无破损、无裂纹。
- (4)保护装置齐全，整定合格，灵敏可靠。
- (5)接地装置符合要求。
- (6)绝缘性能良好，1140V 时不低于 50MΩ。
- (7)控制及选择开关、按钮动作灵活，接触良好。

4. 煤电站综合保护装置检修质量标准

- (1)检查后隔爆完全达到标准。
- (2)零件齐全，螺栓紧固、无松动现象。
- (3)漏电整定值调整正确。
- (4)漏电、短路试验跳闸正常。
- (5)操作机构灵活，无卡住现象。
- (6)显示窗口透明板无裂纹、无松动。
- (7)照明和故障显示灯完好。
- (8)主接地和辅助接地螺栓完好无锈蚀。

5. 采煤机电控部分检修质量标准

1) 电磁阀的换向稳定性应符合下列要求

(1) 在液压系统额定电压下，换向与复位必须迅速、灵活、可靠，不得有外泄漏和卡阻现象。

(2) 当电压降至额定电压的 85% 时，电磁阀能正常动作。

2) 牵引部位符合下列要求

(1) 各零部件要认真清洗，不得有锈斑，机壳内不得有任何污染物。

(2) 伺服机构调零必须准确。

(3) 试验前应按规定注入经过滤的油液，并排净管路系统的空气。

(4) 各种安全保护装置必须齐全、灵敏、可靠，并按规定值调定，不得扔掉任何一种保护装置。

(二) 电气故障及排除方法

1. 电气故障的类型

1) 自然故障

综采设备在运行过程中，其电气设备常常要承受井下许多不利因素的影响，如周围环境温度、湿度的影响，有害介质的侵蚀等。由于自然因素使得设备出现故障称为自然故障。加强日常维护保养和检修可使设备在较长时间内不出或少出故障，而切不可误认为反正综采电气设备的故障是不可避免的，就忽视日常维护保养和定期检查工作。

2) 人为故障

综采电气设备在运行过程中，由于受到不应有的机械外力的破坏或操作安装不恰当而造成的故障，称为人为故障。

(1) 损坏性故障和预告性故障。

损坏性故障是指电气线路或电气设备已经损坏的严重故障，如灯泡的灯丝烧断，灯泡完全不发光；电动机绕组断线，电动机完全不能转动等。对这类故障，只有通过修复或更换，并且排除造成故障的各种原因后，故障才能排除。

有些故障，如灯泡亮度下降、电动机温升偏高等，表明设备尚未损坏，还可以短时断续使用，称为预告性故障。预告性故障的长期存在将影响设备的正常使用，甚至演变成损坏性故障。

某些电气故障虽然对电气线路或电气设备本身影响不大，但不能满足使用要

求，称为使用故障。

有些故障虽然不影响使用要求，但对电气线路或电气设备本身有一定影响，称为性能故障。例如，变压器空载损耗增加，说明变压的铁芯存在某些故障，从而降低了变压器的性能，并使变压器发热增加，但从外部使用来看，只要变压器输出电压正常，就不影响正常使用。

(2) 内部故障和外部故障。

有些电气故障是由于电气线路或电气设备内部因素造成的，如电磁力、电弧、发热等，使设备结构损坏、绝缘材料击穿等，称为内部故障。有些故障是由外部因素造成的，如电源电压、频率、三相不平衡、外力及环境条件等，使电气线路或电气设备形成故障，称为外部故障。

(3) 显性故障和隐性故障。

“显性”故障是指故障有明显的外表特征，容易被人发现，如继电器相接触器线圈过热、冒烟、发出焦味等。“隐性”故障是指故障没有外表特征，不易被人发现，如熔断器熔体熔断、绝缘导线内部断线、热继电器整定值调数不当、触头通断不同步等。“隐性”故障由于没有外表特征，常需花费较多的时间和精力去分析和查找。

2. 综采电气故障分析与排除方法

1) 故障调查

故障调查就是在处理故障时，通过问、看、听、摸方式了解故障前后的操作情况和故障发生后出现的异常现象，以便根据现象迅速地判断出故障可能发生的部位，准确地排除故障。

(1) 问。向操作者了解故障前的工作情况及故障后的现象，这对处理故障有重要意义。因为多数操作者熟悉设备性能，他们对经常发生的故障和处理方法有很多宝贵经验。一般询问的项目有：故障是经常发生还是偶尔发生；有哪些征兆（如响声、冒火、冒烟等）；故障发生前是否负载过大和频繁地启动、停止、制动等；有无经过保养、检修或改动过线路等。

(2) 看。有些故障有明显的外观征兆，如发出各种信号、热继电器脱扣、接线脱落、触头熔焊、线圈烧毁等。

(3) 听。电机、变压器和其他一些电器元件，正常运行的声音和发生故障的声

音有明显的差异，听它们的声音是否正常，可以帮助寻找到故障部位。

(4)摸。电机、变压器和电磁线圈等发生故障时，温度显著上升，可切断电源用手摸一摸。

问、看、听、摸只是寻找故障的第一步，对许多故障还应进一步进行检查。

2) 试验法

通过外观检查不能发现故障时，可对电气设备做通电试验检查。

(1)做通电试验时，要尽量使电动机和机械部分脱开，将调节器和相应的转换开关置于零位，行程开关还原到正常位置。若电动机和传动机械不好脱开时，可将主回路熔断器或开关断开，先检查控制回路，待控制回路正常后，再恢复电源检查主回路，启动机械设备时，应在操作者配合下进行，以免发生意外事故。

(2)在通电检查时，应先用试灯或万用表检查电源电压是否正常，有无缺相及严重不平衡情况，然后再进行其他检查。

(3)通电检查一般是先易后难，分步进行。每次检查的部位、范围不要太大，范围越小越容易查出故障。检查的顺序一般应是先检查控制电路，后检查主电路；先检查辅助系统，后检查主传动系统；先检查开关电路，后检查调整系统；先检查重点怀疑部位，后检查一般怀疑部位。

特别是对比较复杂的电气设备或控制系统进行检查时，要根据故障现象和分析结果，拟定一个初步检查顺序或步骤，将复杂电路划分成若干个简单的单元或环节，按步骤有目的地检查下去。

若无异常现象，逐步给出动作指令，观察线路中各接触器、继电器等是否按照规定的动作顺序进行动作。若依次动作至某一电器时发现其动作不对，则说明与此电器有关的电路存在问题，应进行深入分析和检查。

3) 测量法

一般检查、修理电气设备时，常用的测试工具和仪表有试灯、电池灯、试电笔、万用表、钳形电流表、兆欧电表等，用这些工具或仪表测量线路中的电压、电流，检查电器元件的好坏，检查设备的绝缘情况及线路的通断，是有效的检查方法。在检查晶闸管电路及其他电子电路时，需用示波器、逻辑笔等电子仪器和工具。

(1)电压测量法。在检查电气设备时，经常用测量电压值的方法来判断电器元件和电路的故障点，检查时，需根据所测线路电压类型及范围，将万用表量程选择

在合适的挡位上。

①分段测量法。如图 2-18 所示的电路，先用万用表测试 1-7 两点，电压为电源电压，说明电源电压正常。电压的分段测试法是用红、黑两根表笔逐段测量相邻两标号点 1-2、2-3、3-4、4-5、5-6、6-7 的电压。如电路正常，按下启动按钮 SB_1 后，除 6-7 两点间电压等于电源电压外，其他任意两点间的电压都应为零，此时 KM_1 吸合。如果测量 6-7 两点间电压为零，而其他某

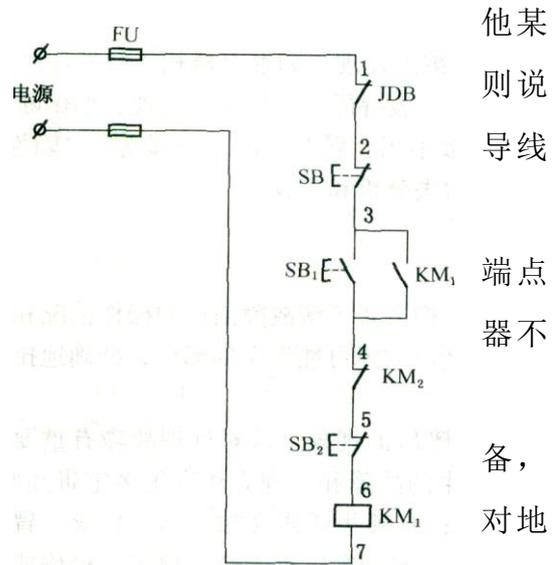


图 2-18 测量法应用举例

用分段测量法测量到接触器 KM_1 线圈两 6-7 时，若测量电压等于电源电压，而接触器吸合，可认为接触器本身有故障。

②对地测量法。电源零线直接接地的设可采用对地测量法来检查电路的故障。电压测量法可参照图 2-18。测量时，把万用表黑表笔接零，红表笔逐点测量 1、2、3、4、5、6 等各点，根据各点对地的测试电压来检查线路的电气故障。

(2)电阻测量法。参照如图 2-18 所示电路，检查时先切断电源，按下启动按钮 SB_1 不放，然后逐段测量相邻两标号 1-2、2-3、3-4、4-5、5-6 的电阻，如测得某两点间的电阻很大，则说明该触头接触不良或导线断路。

测量时应注意如下事项：

①用电阻测量法检查故障时一定要断开电源，所测量电路如与其他电路并联，必须将该电路与其他电路断开，否则所测电阻值不准。

②测量不同电阻阻值的元件，应将万用表的电阻挡扳到适当的挡位；测量有极性的元件时，应注意测量时的表笔极性。

4) 逻辑检查法

所谓逻辑检查法就是根据设备控制线路工作原理、控制环节的動作程序以及它们之间的联系，结合调查结果及故障现象进行电路分析，迅速缩小检查范围，然后判断出故障所在。当故障的可疑范围较大时，不必从输入到输出逐级进行检查，可

以采取分段检查的方法，从故障范围内的中间环节开始，判断故障究竟发生在哪部分，这样便缩小了检查范围，加快了速度。

5) 短接法

电气设备的常见故障为断路故障，如导线断路、虚连、虚焊、触头接触不良、熔断器熔断等。对这类故障较为简单可靠的检查方法就是短接法。检查时用一根绝缘良好的导线，将所怀疑的断路部位短接，如短接到某处电路接通，即说明该处断路。

(1) 局部短接法。如图 2-18 所示电路，按下启动按钮 SB_1 时，若 KM_1 不吸合，说明该电路有故障。检查前，先用万用表测量 1-7 两点间的电压，若电压正常，可按下启动按钮 SB_1 不放，然后用一根绝缘良好的导线分别短接标号相邻的两点，如 1-2、2-3、3-4、4-5、5-6，当短接到某两点时接触器吸合，即说明断路故障就在这两点之间。

(2) 长短接法。长短接法是指一次短接两个或多个触头来检查故障的方法，参照图 2-18 电路，当 JDB 和 SB 两个常闭触头同时接触不良时，若用局部短接法就无法检查出来，而用长短接法将 1-6 点短接，如果 KM_1 吸合，说明 1-6 这段电路有断路故障，然后再逐段短接找出故障点。长短接法的另一个作用是可把故障点缩小到一个较小的范围。例如，第一次先短接 3-6 点， KM_1 不吸合，再短接 1-3 点， KM_1 吸合，说明故障在 1-3 点范围内。

(3) 用短接法检查故障时的注意事项。

①短接法是用手拿绝缘导线带电操作的，所以一定要注意安全，避免发生触电事故。

②短接法只适用于电压降极小的导线及触头之类的断路故障，对于电压降较大的电器，如电阻、线圈、线路等断路故障，不能采用短接法，否则会出现短路故障。对于设备的某些要害部位，必须确认电气部分和机械部位不会出现事故的情况下，才能使用短接法。

机械设备的电气故障不是千篇一律的，就是同一故障现象，发生的部位也不一定相同，所以在维修中，应根据具体情况，采用不同的故障检查方法。在大部分情况下，往往是几种检查方法结合使用，例如，先进行故障调查，对故障现象有个大概的了解，然后用逻辑分析法和试验法找到故障部位，最后用测量法或其他检查方

法找到故障点。

以上介绍了几种常用的电气故障检查方法，还有许多其他很好的方法，如替换法、比较法等，这里就不一一介绍了，可以在维修实践中不断地学习和总结新的故障检查方法。

3. 电气故障检修的一般步骤与技巧

1) 电气故障检修的一般步骤

(1) 观察和调查故障现象。电气故障现象是多种多样的，同一类故障可能有不同的故障现象，不同类故障可能有同种故障现象，这种故障现象的同一性和多样性，给查找故障带来复杂性。故障现象是检修电气故障的基本依据，是电气故障检修的起点，因而要对其进行仔细观察、分析，找出故障现象中最主要的、最典型的方面，搞清故障发生的时间、地点、环境等。

(2) 分析故障原因。根据故障现象分析故障原因是电气故障检修的关键，分析的基础是电工电子基本理论。某一电气故障产生的原因可能很多，重要的是在众多原因中找出最主要的原因。

(3) 确定故障的部位。确定故障部位可理解成确定设备的故障点，如短路点、损坏的元器件等，也可理解成确定某些运行参数的变异，如电压波动、三相不平衡等。确定故障部位是在对故障现象进行周密的考察和细致分析的基础上进行的，在这一过程中，往往要采用下面将要介绍的多种技巧。

2) 电气故障检修技巧

(1) 熟悉电路原理，确定检修方案。当一台设备的电气系统发生故障时，不要急于动手拆卸，首先要了解该电气设备产生故障的现象、经过、范围、原因，熟悉该设备及电气系统的基本工作原理，分析各个具体电路，弄清电路中各级之间的相互联系，结合实际经验，经过周密思考，确定一个科学的检修方案。

(2) 先机械，后电路。电气设备都以电气—机械原理为基础，特别是机电一体化先进设备，机械和电子在功能上有机配合，是一个整体的两个部分，往往机械部件出现故障，影响电气系统。因此，电气系统出现故障并不全部都是电气本身问题，有可能是机械部位发生故障所造成的，因此先检修机械系统所产生的故障，再排除电气部分的故障，往往会收到事半功倍的效果。

(3) 先简单，后复杂。检修故障要先用最简单的方法去处理，再用复杂、精确

的方法处理。排除故障时，先排除简单常见的故障，后排除难度较高、没有处理过的故障。

(4)先检修“通病”，后攻“疑难杂症”。电气设备经常容易产生相同类型的故障“通病”，由于“通病”比较常见，检修经验较丰富，因此可快速排除，这样就可以集中精力和时间排除少见的故障，简化步骤，提高检修速度。

(5)先外部调试，后内部处理。外部是指暴露在电气设备外壳或密封件外部的各种开关、按钮、插口及指示灯，内部是指在电气设备外壳或密封件内部的印制电路板、元器件及各种连接导线。先外部调试，后内部处理，就是在不拆卸电气设备的情况下，利用电气设备面板上的开关、旋钮、按钮等调试检查，缩小故障范围，首先排除外部部件引起的故障，再检修机内的故障。

(6)先不通电测量，后通电测试。首先在不通电的情况下，对电气设备进行检修，然后再在通电情况下，对电气设备进行检修。

(7)先公用电路，后专用电路。任何电气系统的公用电路出故障，其能量、信息就无法传送、分配到各具体专用电路，专用电路的功能、性能就不起作用。如一个电气设备的电源出故障，整个系统就无法正常运转，向各种专用电路传递的能量、信息就不可能实现。因此遵循先公用电路、后专用电路的顺序，就能快速、准确地排除电气设备的故障。

(8)总结经验，提高效率。电气设备出现的故障种类五花八门，任何一台有故障的电气设备检修完，都应该把故障现象、原因、检修经过、技巧、心得记录在专用笔记本上，不断总结，将自己的经验上升为理论，这样可以为下次处理故障作充分准备。

第二节 维护与保养

一、操作技能

1. 矿用高压隔爆馈电装置日常维护与要求（见表 2-8）

表 2-8 矿用高压隔爆馈电装置日常维护与要求

检查项目	标准与要求
检查外壳各部位螺栓	齐全、紧固、完好
检查操作手柄、按钮	齐全、完好、灵活
检查各指示装置（仪表，信号灯等）	齐全、完好、指示准确
检查保护按钮装置	接地线连接良好，接地螺栓无锈蚀

观察设备运行状况	无异常声响、振动、超温点
试验各种保护装置	工作正常、动作灵敏可靠
检查设备外壳	无变形、裂纹和严重锈蚀
检查电缆出线装置	螺栓齐全、紧固，防拔脱装置完好可靠
检查项目	标准与要求
检查设备隔爆性能	粗糙度、间隙、伤痕、锈蚀不超过完好标准规定
检查内部电气部件及接线	部件牢固、无损坏，接线连接良好，无老化、破损，螺丝无锈蚀
检查内部机械部件，并清理污垢	机械操作部分动作灵活无锈蚀，机件磨损不超过完好标准的规定，并加注润滑油
检查断路器操作机构	各紧固件齐全、紧固、机构动作灵活可靠
用压力表测量SF6气体压力（SF6开关），用2500V兆欧表测量真空管分闸时动静触头的绝缘电阻	SF6充气压力不低于0.34MPa，真空管绝缘电阻过低时应予以更换
测量设备的绝缘电阻（应用掉保护回路测量）	主回路不低于250M Ω ，控制回路不低于0.5M Ω
检查各保护装置的整定值	漏电、绝缘监视、过流、欠电压等保护整定值符合要求
检查闭锁装置	牢固、可靠

2. 矿用移动变电站日常维护与要求（见表 2-9）

表 2-9 矿用移动变电站日常维护与要求

检查项目	标准与要求
检查外壳部位螺栓	齐全、紧固、有防松装置
检查各操作把手、按钮	齐全、灵活可靠
检查各种指示装置（仪表、信号灯等）	齐全、完好、正常、指示准确
检查保护接地装置	接地线连接良好，接地螺栓无锈蚀
观察设备运行状态	无异常声响、振动、高温点，变压器温升不超过允许值
检查机械电气联锁装置	动作灵活，正确、可靠
检查各开关按钮	动作灵活可靠
试验各种保护装置	动作灵敏可靠
检查电缆出线装置	螺栓齐全、紧固，防拔脱装置完好可靠
检查设备外部卫生	设备上无杂物，无积尘
检查处理设备隔爆性能	外壳无变形，裂纹，严重锈蚀，隔爆面粗糙度、伤痕、锈蚀符合完好标准，防锈油清洁均匀

测量绝缘电阻（应用掉保护回路）	6000V不低于200M(1) 1140V不低于50MΩ 660V不低于5MΩ 127V不低于0.5MΩ
检查项目	标准与要求
检查各种保护整定值	过流、漏电、漏电闭锁整定值符合要求
检查低压馈电开关空气断路器触头、消弧罩（空气式）；测量真空管分闸位置时的动静触头绝缘电阻（真空开关）	触头无严重烧毁，消弧罩无裂痕、灰尘、损坏；绝缘电阻过低时应更换
检查低压馈电开关内部电气元件及接线	元部件牢固、完好，接线连接良好，无损伤
检查低压馈电开关内部机械零部件及操作机构	零部件齐全、清洁、动作可靠，转动部件加注润滑油
检查低压开关断路器	触头无严重烧蚀，接触良好，开距、行程、不同期性合完好标准要求
检查处理高压负荷开关隔爆面	粗糙度、间隙、伤痕、锈迹不超过完好标准，防锈油清洁均匀
检修高压负荷开关触头	烧蚀不超过完好标准，插入深度符合完好标准要求
检修负荷开关操作机构	动作灵活可靠，机件磨损不超过标准，无锈蚀、污垢
清扫高、低压侧开关内部卫生	清洁、无积尘和杂物

3. 矿用真空隔爆开关日常维护与要求（见表 2-10）

表 2-10 矿用真空隔爆开关日常维护与要求

检查项目	标准与要求
检查外壳各部位螺栓、弹垫	齐全、紧固、完好
检查各操作手柄、按钮	齐全、动作灵活可靠、完好
检查各指示装置（仪表、信号灯等）	齐全、完好、指示准确
检查保护接地装置	接地线连接良好，接地螺栓无锈蚀
观察设备运行状态	无异常声响、振动、高温点
检查接触器	开距与同步性符合要求，无烧蚀和漏气
检查中间继电器	接点接触良好，无卡堵
检查机械、电气联锁装置	动作灵活、正确可靠
各种保护装置	整定正确，动作灵敏、可靠，无用其他金属丝代替保险丝现象
检查电缆出线装置	螺栓齐全、紧固，密封圈和电缆的压紧程度符合防爆标准

检查项目	标准与要求
清理设备外部卫生	设备上无杂物、无积尘
检查处理设备隔爆性能	外壳无变形、裂纹、严重锈蚀，隔爆面粗糙度、伤痕、锈蚀符合完好标准，防锈油清洁均匀
检查内部机械部件	无变形、锈蚀，磨损不超过标准要求
检查电气部件、连线	部件牢固、完好，接线符合完好标准

4. 采煤机日常维护与要求（见表 2-11）

表 2-11 采煤机日常维护与要求

检查项目	标准与要求
检查电缆、电缆夹的连接与拖拽情况	电缆连接可靠，无扭曲挤压，电缆夹板无缺损，并记录电缆破损情况
查并询问冷却、喷雾供水情况	流畅通无泄漏，喷雾效果良好，供水压力、流量符合规定
查和处理操作手把、按钮故障	动作灵活可靠、准确无误
处理电动机和电控系统故障	保持电机和电控系统正常
检查电气控制箱	防爆面符合规定，各种连接螺栓齐全并有防松装置，接线不松动，控制箱保持干燥、无杂物、无油污

5. 控制、通讯、照明日常维护与要求（见表 2-12）

表 2-12 控制、通讯、照明日常维护与要求

检查项目	标准与要求
检查外壳各部位螺栓	齐全、紧固
检查各操作手把、按钮	齐全、完好
检查各指示装置（仪表、信号灯等）	齐全、完好、指示正确
检查保护接地装置	接地线连接良好，接地螺栓无锈蚀
观察设备运行状况	无异常声响、振动、高温点
检查照明灯	完好、工作正常
检查启动、报警、闭锁、通讯系统	工作正常
检查照明变压器接地装置及保护装置	接地良好，连接螺栓无锈蚀，保护装置灵敏可靠
清理设备卫生	无浮矸及煤尘
检查处理设备隔爆性能	外壳无变形、裂纹、严重锈蚀，隔爆面粗糙度、伤痕、锈蚀符合完好标准，防锈油清洁均匀
检查项目	标准与要求
检查电缆接头	牢固、完好
测试照明绝缘电阻	不低于 0.5 MΩ

检查照明变压器保护装置	整定值合格，动作灵敏可靠
检查照明变压器内部机械、电气元件	机械元件无锈蚀、变形，磨损不超过标准，转动部位灵活，开关触头无严重烧蚀，闭锁机构牢固可靠
清理照明变压器内部卫生	无污垢、积尘

二、相关知识

（一）综采设备检修周期

周期性检修是一种对综采设备进行强制性检查的检修方法，这种方法根据设备磨损规律和零件的使用寿命，明确规定了检修日期、类别和内容。检修周期的确定主要是依据设备的运行时间、过煤量的大小、设备的磨损规律和零件的使用寿命。周期性检查主要划分为日常检修、一般检修和大修 3 种。

三种周期检修的含义见表 2-13。

综采设备的一般检修和大修周期可参考表 2-14。

（二）综采设备通用检修工艺

综采设备检修的通用流程（图 2-19）。

（三）综采电气设备的完好标准

表 2-13 三种周期检修的含义

检修类别	检修含义	负责单位
日常检修	日常检修是定期对设备进行检修。对发现的问题，拆卸零部件进行检查、修整，更换或修复少量磨损件，基本上不拆卸设备的主体部分。检修包括对设备的注油和临时性故障处理等，通过检查、调整、紧固机件等技术手段，恢复设备的使用性能	矿、综采队
一般检修	一般检修是根据设备的技术状态，对设备精度、性能达不到技术要求的项目按需要进行针对性检修。一般需要部分解体，更换或修复损坏的零部件，更换油脂，进行必要的调试以恢复设备的精度和性能。更换电机个别线圈和部分绝缘，进行涂漆、烘干。在检修过程中，充分利用镀、喷、焊、镶、粘、机加工等技术手段，恢复其精度和性能	矿机修厂、检修中心
大修	大修指对设备进行全面修理，使设备完全恢复精度和额定电力。需要对设备全面解体，对所有零部件进行清洗、检查、修理、更换或加固重要的零部件，恢复设备应有的精度和性能，按设备出厂或部门大修标准进行验收	取得综采机械设备大修许可证的机修厂或检修中心

表 7 -14 综采设备一般检修和大修周期

设备名称	一般检修周期		大修周期		备注
	使用时间/a	完成工作量	使用时间/a	完成工作量	
采煤机	0.5—1	采完1—2个工作面	2	采完60万—120万t	根据采煤工作面的完成情况可适当延长或提前进行，如生产中出现大部件损坏应升井大修
刨煤机	1		2	采完1—2个工作面	
液压支架	1~2	采完2~3个工作面	2~3	采煤120万—200万t	
乳化液泵、喷雾泵	1	采完1—2个工作面	2		
刮板输送机、转载机、带式输送机	0.5~1	采完1—2个工作面	1~2		
电气设备	1~2	采完2~3个工作面	2~3		

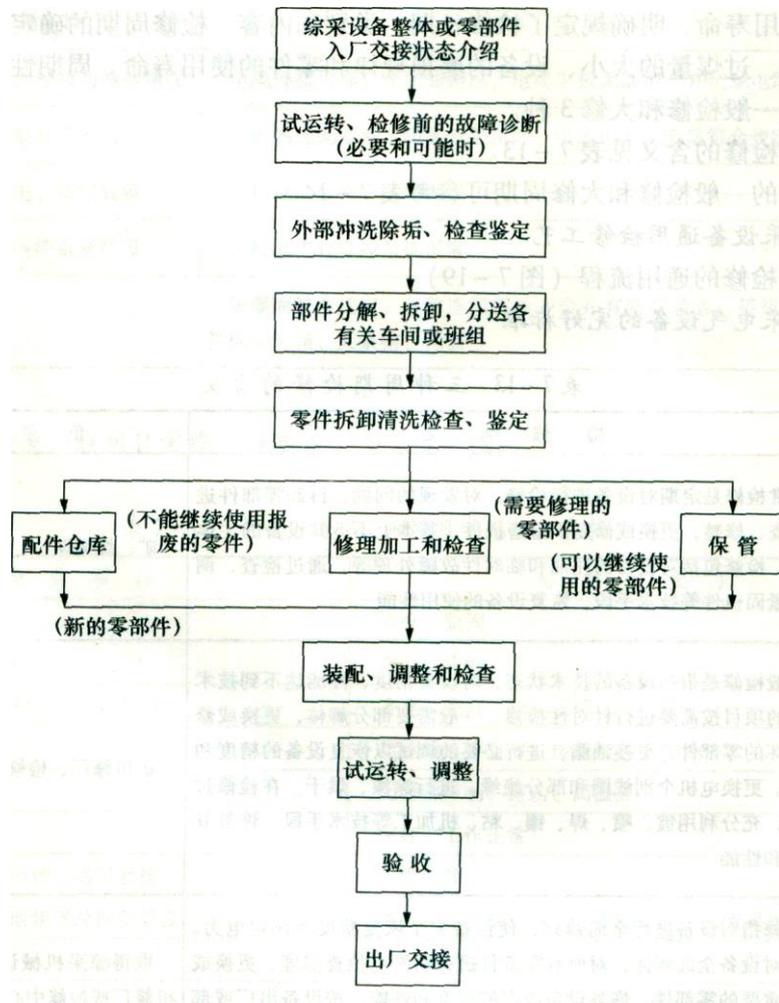


图 2-19 综采设备检修的通用流程

1. 紧固件完好标准

- (1) 紧固用的螺栓、螺母、垫圈等齐全、紧固、无锈蚀。
- (2) 同一部位的螺母、螺栓规格一致，平垫、弹簧垫圈的规格应与螺栓直径相

符合。紧固用的螺栓、螺母应有防松装置。

(3)用螺栓紧固不透眼螺孔的部件，紧固后螺孔需留有大于 2 倍防松垫圈的厚度的螺纹余量，螺栓拧入螺孔长度应不小于螺栓直径，铸铁、铜、铝件应不小于螺栓直径的 1.5 倍。

(4)螺母紧固后，螺栓螺纹应露出螺母 1~3 个螺距，不得在螺母下面加多余垫圈减少螺栓的伸出长度。

(5)紧固在护圈内的螺栓或螺母，其上端平面不得超出护圈高度，并需用专用工具才能松、紧。

2. 接线完好标准

(1)进线嘴连接紧固，密封良好，并应符合下列规定：

①密封圈材质须用邵尔硬度为 45—55 度的橡胶制造，并按规定进行老化处理。

②接线后紧固件的紧固程度以抽拉电缆不窜动为合格，线嘴压紧应有余量，线嘴与密封圈之间应加金属垫圈；压叠式线嘴压紧电缆后的压扁量不超过电缆直径的 10%。

③密封圈内径与电缆外径差应小于 1mm；密封圈外径与进线装置内径差应符合表 7-15 的规定，密封圈宽度应大于电缆外径的 0.7 倍，且必须大于 10mm；厚度应大于电缆外径的 0.3 倍，且必须大于 4mm（70mm² 的橡套电缆例外）。密封圈无破损，不得割开使用。电缆与密封圈之间不得包括其他物体。

表 7-15 密封圈外径与进线装置内径间隙 mm

密封圈外径D	密封圈外径与进线装置内径间隙
$D \leq 20$	不大于1.0
$20 < D \leq 60$	不大于1.5
$D > 60$	不大于2.0

④低压隔爆开关引入铠装电缆时，密封圈应全部套在电缆铅皮上。

⑤电缆护套（铅皮）穿入进线嘴长度一般为 5~15mm，如电缆粗穿不进时，可将穿入部分锉细，但护套与密封圈结合部位不得锉细。

⑥低压隔爆开关空间的接线嘴应用密封圈及厚度不小于 2mm 的钢垫板无声封堵压紧，其紧固程度为：螺旋线嘴用手拧紧为合格，压叠式线嘴用手晃不动为合格。钢垫板应置于密封圈的外面。高压隔爆开关空间的接线嘴应用与线嘴法兰厚度、直径相符的钢垫板堵封压紧，其隔爆接合面的间隙应符合规定。

⑦高压隔爆开关接线盒引入铠装电缆后，应用绝缘胶灌至电缆三叉以上。

⑧凡不符合上述规定之一者，即为失爆，不得评为完好设备。

(2)接线装置齐全、完整、紧固，导电良好，并符合下列要求：

①绝缘座完整无裂纹。

②接线螺栓和螺母的螺纹无损伤，无放电痕迹，接线零件齐全，卡爪、弹簧垫、背雌等齐全。

③接线整齐、无毛刺，卡爪不压绝缘胶皮或其他绝缘物，也不得压或接触屏蔽层。

④接线盒内导线的电气间隙和爬电距离应符合 GB 3836.1-2000《爆炸性气体环境用电气设备》的规定。

⑤隔爆开关的电源、负荷引入装置，不得颠倒使用。

(3)固定电气设备接线应符合下列要求：

①设备引入（出）线的终端线头，应用线鼻子或过渡接头接线。

②导线连接牢固可靠，接头温度不得超过导线温度。

(4)电缆的连接除应符合《煤矿安全规程》的规定外，还应符合下列要求：

①电缆芯线的连接严禁绑扎，应采用压接或焊接，连接后接头电阻不应大于同长度定线电阻的 1.1 倍，其抗拉强度不应小于原芯线的 80%。不同材质芯线的连接应采用过渡接头，其过渡接头电阻值不应大于同长度芯线电阻值的 1.3 倍。

②高、低压铠装电缆终端应灌注绝缘材料，户内可采用环氧树脂干封，中间接线盒落注绝缘胶。

3. 设备使用完好标准

(1)高、低压开关的选用应符合《煤矿安全规程》的要求，与被控制设备的容量应匹配，有下列情况之一者，不得评定为完好设备。

①超容量、超电压等级使用者。

②不符合使用范围者。

③继电保护失灵，熔体选用不合格者。

④隔爆磁力启动器用小喇叭嘴引出动力线者。

(2)井下隔爆型电气设备人井前，应检查其“产品合格证”、“防爆合格证”、“煤矿矿用产品安全标志”及安全性能，检查合格并签发合格证后，方准人井，否则一

律不能评为完好设备。

4. 设备环境完好标准

(1) 设备表面无积尘、油污。

(2) 机房（硐室）清洁，无杂物、无淤泥、无积水、无滴水、无油污；工具、备件、材料等存放在固定地点，安放整齐。

(3) 机房（硐室）通风良好，照明设施亮度合适，符合安全要求。

5. 记录、资料完好标准

(1) 固定电气设备场所必须具备下列记录及资料。

① 电气系统图。

② 检查、修理记录，试验整定记录。

③ 运转记录、交接班记录、事故记录。

(2) 移动电气设备应有下列记录。

① 检查、修理记录，试验整定记录。

② 事故记录。

6. 国产移动变电站的完好标准

1) 外观检查

零部件齐全、完整、紧固；箱体及散热器无变形，无锈蚀；拖撬小车无严重变形，轮组转动灵活，不松旷；箱体内外无积尘、无积水、无水珠。

2) 接线

接线符合完好标准通用部分中有关接线的标准。电缆连接器接触良好，接线盒不发热。在井下使用时，应采用监视型屏蔽橡胶套电缆。箱内二次回路导线接线端子接线牢固，线端标志齐全、清晰。布线整齐、清晰，无积尘，导线绝缘良好，瓷瓶牢固无松动现象，无裂纹、无损伤、无放电痕迹。

3) 变压器

线圈绝缘良好，绝缘老化程度不低于 3 级，运行声音正常，温度不超过下列规定

(1) B 级绝缘不超过 110℃。

(2) F 级绝缘不超过 125℃。

(3) H 级绝缘不超过 135℃。

开关接线连接紧密，触头接触良好，无严重烧痕，隔离刀闸开关插入深度不小于刀闸宽度的 2/3，三相合闸不同期性不大于 3mm。开关操作机构动作灵活可靠，各传动轴不松旷，分、合闸指示正确。

4) 保护装置与绝缘

保护装置齐全，整定合格，灵敏可靠。温度继电器动作灵敏正确。互感器性能良好，有规定期内测试记录。电气、机械联锁装置齐全，动作正确可靠，接地标志明显，接地装置符合规定，绝缘性能良好，绝缘电阻值符合下列数值，并有规定期内的测试记录。

- (1) 127V 不低于 0.5M Ω 。
- (2) 380V、660V 不低于 5M Ω 。
- (3) 1140V 不低于 50M Ω 。
- (4) 6kV 不低于 200M Ω 。

5) 隔爆性能

隔爆性能符合电气完好标准通用部分中有关隔爆性能的规定。

7. 鼠笼型电动机的完好标准

1) 外观检查

螺栓、接线盒、吊环、风翅、通风网、护罩及散热片等零部件齐全、完整、紧固，运行中无异常声响。运行温度不超过生产厂规定，同时可参考下列规定：

- (1) B 级绝缘的绕组 110 $^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) F 级绝缘的绕组 125 $^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) H 级绝缘的绕组 135 $^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 滚动轴承 75 $^{\circ}\text{C}$ 。

电流不超过额定值，三相交流电动机在三相电压平衡条件下，三相电流之差与平均值之比不得相差 5%，在电源电压及负载不变条件下，电流不得波动。接地装置应符合规定。

2) 定子、转子

转子无开焊断条。绝缘良好，温度在 75 $^{\circ}\text{C}$ 时，定子绕组的绝缘电阻：3kV 不低于 3 M Ω ，； 6kV 不低于 6M Ω ； 700V 以下不低于 0.5M Ω 。转子绕组绝缘电阻不低于 0.5M Ω 。

3) 轴承

轴承不松旷，转动灵活，运行平稳无异常，油质合格，水冷装置不阻塞、不渗漏。

4) 接线

接线螺栓、引线瓷瓶、接线板无损伤裂纹，标号齐全，引线绝缘无老化破损，接线终端应用线鼻子或过渡接头接线。接头温度不得超过导线温度，接线符合电气完好标准中接线规定要求。

5) 隔爆性能

符合有关隔爆性能的规定要求。

8. 高压配电箱完好标准

- (1) 各接合面完全达到隔爆要求。
- (2) 螺栓紧固，零件齐全。
- (3) 无放电和拉弧现象。
- (4) 过流、漏电整定合适。
- (5) 一次铠装电缆和二次橡套电缆连接符合要求。
- (6) 联锁装置可靠。
- (7) 接地螺栓无锈蚀，接地良好。
- (8) 绝缘性能良好，绝缘电阻值大于 $200\text{M}\Omega$ 。
- (9) 继电保护动作灵敏可靠。
- (10) 电压表、电流表指示正常。
- (11) 试验开关、合分闸按钮动作可靠，接触良好。

9. 低压隔爆电器的完好标准

1) 箱体

箱体内部清洁，螺栓紧固；箱体外表无锈蚀、无裂纹，标志齐全。

2) 隔爆与接线

隔爆面间隙与表面粗糙度应符合电气完好标准通用规定中有关隔爆的规定，接线嘴无裂纹、无损伤，接线柱不松动、不滑扣。接地装置符合规定，接线密封应符合电气完好标准中的有关规定。

3) 性能

操作灵活，动作可靠，声、光讯号清晰。工作电压、电流符合铭牌规定，无过热现象。隔爆型插销装置需符合以下规定：

(1) 电源低于 1140V 时应有防止突然松脱的徐动装置。

(2) 电源为 1140V 时应有电气联锁装置。

(3) 绝缘良好，1140V 时电阻不低于 $10\text{M}\Omega$ ；660V 时电阻不低于 $5\text{M}\Omega$ ；380V 时电阻不低于 $2\text{M}\Omega$ ；127V 时电阻不低于 $1\text{M}\Omega$ 。

第八章 安装与调试

第一节 配线与安装

一、操作技能

(一) QJZ-300/1140 矿用隔爆兼本质安全型真空磁力启动器的安装与配线

1. 工作前准备

(1) 检查防爆外壳有无变形和裂纹, 接线嘴是否完好无损, 连接螺栓有无变形, 金属垫圈、密封圈和挡板是否齐全。

(2) 检查接地装置齐全良好, 闭锁装置灵活、可靠。

(3) 准备电工工具、万用表、1000V 或 2500V 兆欧表。

(4) 检查隔爆面是否有损伤、隔爆面间隙是否符合要求。

(5) 检查启动器的技术数据(电压、电流等)是否与要求相符合, 并将电子保护分压器组件上的粗调与细调开关按被控电动机的额定电流调整在相对应的位置。

(6) 检查安装地点环境是否干燥、有无垮塌现象, 如果顶板有淋、滴水而无法避开时, 必须采取措施遮挡好, 以免水滴入开关中。

(7) 检查开关是否安置在与地面垂直位置上, 如无法做到时, 则与垂直面的倾斜角不得超过 15°。安置在配电点或设备旁的开关应放在架子上。

2. 安装与配线

1) 外壳接线腔安装配线

接线腔内布置有 3 个动力线进线接线柱、3 个负荷端接线柱、2 个接地螺栓接线柱、3 个七芯控制线接线座和 1 个接线端子排, 如图 3-1 所示。为保证安全, 在动力线进线柱上方安装隔电板。安装接线柱时, 要保护好接线柱绝缘座。

接线腔配线时, 要根据配备负荷量大小, 合理选择电缆截面, 接线工艺符合规范要求, 进出电缆及隔爆面符合防爆要求。接线腔接线工艺如下:

(1) 将 UCPQ 电缆按实际需要切除外护套, 并将填充物全部切除。

(2) 将三根芯线外半导体绝缘层切除, 并将芯线相绝缘外套用酒精或三氯乙烯擦净。

(3) 将电缆套入压紧法兰盘、密封橡胶垫圈后, 穿入接线腔内。外护套在接线腔内留 5~15mm, 用压紧法兰盘将密封垫圈压紧, 用压板将电缆压紧, 其压扁量不超

过电缆直径的 10%。

(4) 按实际需要，将芯线端头绝缘切除，做接线头，将芯线压到接线柱上，套上

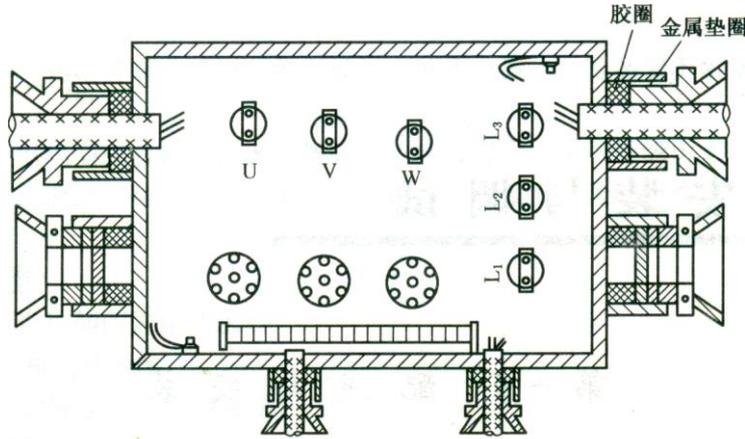


图 3-1 接线腔布置图

压板、垫圈，用螺母拧紧。具体要求是：

- ①接线端裸露部分保持在 3~5mm，以防压住绝缘层。
- ②三根芯线在接线室内不得重叠、搭桥，接线柱紧固芯线处不得碰到相绝缘套。
- ③三根接线柱接线后，其电气间隙和爬电距离均应符合要求。
- (5) 将屏蔽层接地线沿接线室壁接到接地螺栓上。

2) 主控腔元器件安装

(1) 真空隔离换向开关 1QS 安装在主控腔的右侧，型号是 HGZ - 300/1140A，可在启动器正面操作，安装时要与外操作手把机构位置配合准确，并保护好元器件，不得装偏。

(2) 停止按钮 SB2 安装在换向开关与操作手把联动机构的上方，型号为 LX12 -2。安装过程中必须注意停止按钮和操作手把联动机构之间的机械闭锁动作灵活可靠，只有按下停止按钮后，才能转动换向开关手把。

(3) 电流互感器组 $TA_1 \sim TA_3$ 安装在换向开关下方，型号为 DL-1 型 3 个，与粗调开关、互感器负载电阻配合使用，实现过载整定。

(4) 互感器交流负载电阻组安装在电流互感器出线端，它们分别是：RX21-2- 1K 型电阻 6 个，RX21-6-330 型电阻 3 个，RX21-6-143 型电阻 3 个，RX20-16- 68 型电阻 3 个，其引出线以及停止按钮线经 CA-20JW1 接插头引出到折页式芯板上。

(5) 阻容吸收装置 FV 安装在上下空腔隔板上，实现线路过电压保护。

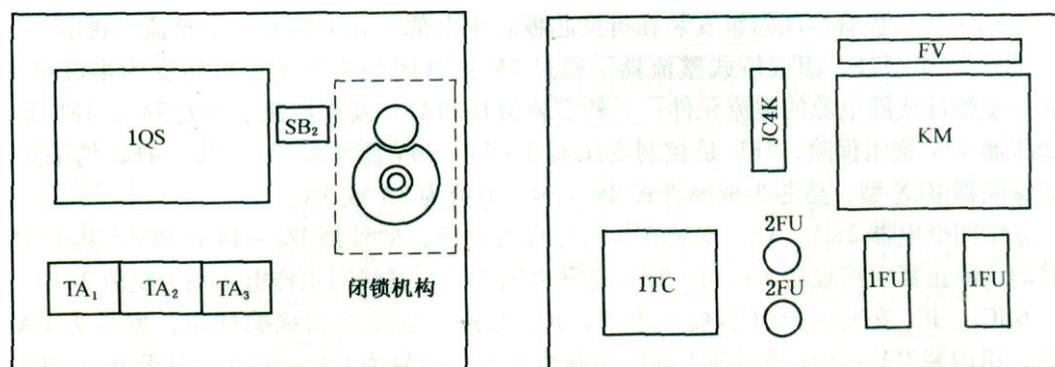
(6)交流真空接触器 KM 安装在壳体内右上方,接触器型号为 CJZ-300/1140A 型,线圈为直流吸合线圈,工作电压为 36V,全波整流吸合后转为半波整流维持,其线圈引线和辅助触头引线经 CA-20ZW3 引出插入 JC4K 上。真空接触器安装与调试见有关调试部分。

(7)电源控制变压器 1TC 安装在壳体内左下方,型号为 KB-1140/24/36 型。

(8)控制变压器一次侧保险 2FU 安装在电源控制变压器右方,其型号为 RL30 型,熔芯为 2A/1140V。

(9)主回路短路后备保护熔断器 1FU,安装在真空接触器下方,型号为 NGT3 - 560A/1000V 型,属于快速熔断器。

主控腔元器件安装布置如图 3-2 所示,安装时不得损坏各元器件,固定螺栓必须紧固并符合要求。



(a) 右侧元器件安装布置图

(b) 正面元器件安装布置图

图 3-2 主控腔元器件安装布置图

3) 折页式芯板与前门芯板元器件安装

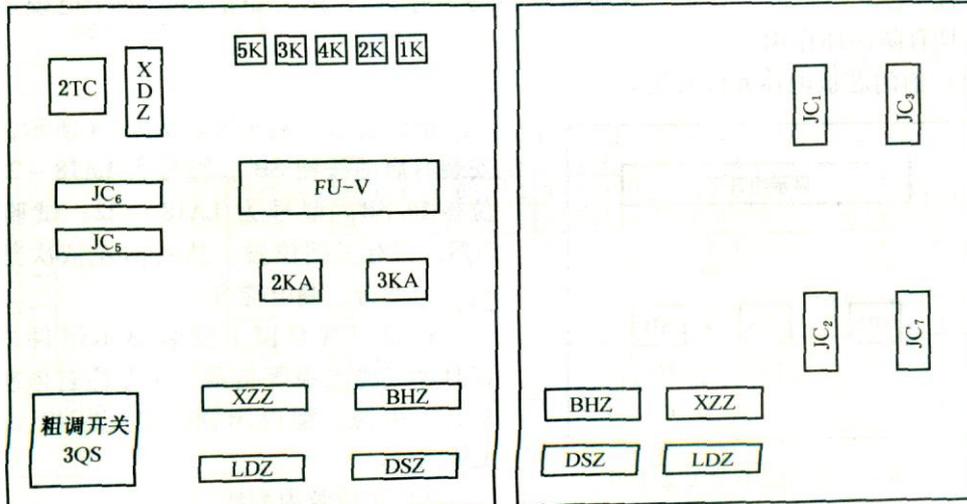
(1) 折页式芯板电器元件安装

折页式芯板上各电器元件安装布置如图 3-3 所示,主要包括以下内容:

①本安电源变压器 2TC 安装在折页芯板左上方,是为控制先导回路供电的本安型变压器。

②在折页芯板左上方,平行于 2TC 的右侧安装有先导组件 XDZ 插座,组件上面装有远、近控制转换开关。

③直流继电器组安装在折页芯板右上方,从右往左数依次是 1K、2K、4K、3K、5K,继电器型号是 JQX-4F. DC24V. 2Z,线圈工作电压为直流 24V,各有 2 对转换触头。



(a) 折页芯板正面布置

(b) 折页芯板反面布置

图 3--3 折页式芯板电器元件安装布置图

④FU -V 二极管熔断器组安装在折页芯板右中上部，其上装有 4 个整流二极管 $V_1 \sim V_4$ ，型号为 2CZ57F，组成桥式整流器，通过 2K 的常闭触头控制也可转变为半波整流，是真空接触器线圈电源的整流元件；另外安装 3FU 和 4FU 及程控钮子开关 SA2，3FU 是控制变压器 42V 绕组保险，4FU 是控制变压器 0~24~36V 绕组保险，3FU、4FU 均采用螺旋式保险器 BLX 型，熔芯为玻璃管式 $\phi 6 \times 30$ ，电流为 2A 或 3A。

⑤中间继电器 2KA、3KA 安装在折页芯板右中部，型号是 JZ₇- 44AC36V，其中 2KA 是启动、停止真空接触器 KM 用，3KA 是漏电闭锁用，其线圈工作电压均为交流 36V。

⑥JC₅、JC₆ 安装在折页芯板左中部，JC₆ 为去接线腔控制线的插座，型号为 CA-20kA，组内装 CA-20J；JC₅ 为去前门控制线插座，型号为 CA-20kA。由于 JC₅、JC₆ 内装插头插座不一致，所以可以起到防误插作用。

⑦粗调开关 3QS 安装在折页芯板左下方，型号为 KHS - SW6D。为了提高可靠性，采用双刀并用，通过它的切换，可以改变 1TA~ 3TA 电流互感器的交流负载电阻，以改变启动器电流整定值的范围，共有 5 挡位置。

⑧在芯板右下方安装 4 块电子组件插座，分别插接信号整定组件 XZZ（上面有细调整定电位器）、漏电闭锁组件 LDZ（上面有电源选择开关，可对 1140V 或 660V 网路进行漏电闭锁保护）、保护组件 BHZ 及电源一延时组件 DSZ。由于 4 个组件插座的固定螺杆及定位孔位置不同，可以防止误插。在芯板反面还装有 JC₁、JC₂、JC₃、

JC₇四个电缆连接插座，也具有防误插作用。

(2)前门芯板电器元件安装。

前门芯板（开后门位置）安装布置如图 3-4 所示，其上安装有启动按钮 SB₁，型号为 LA18-22；复位按钮 SB，型号为 LA18-22；试验开关 2QS，它有三挡位置，从右向左依次是过流检查、运行、漏电检查。

在前门观察窗上安装显示组件，采用 LED 型发光二极管指示，从左往右依次表示运行、电源、漏电闭锁、漏气断相、短路、过载指示。

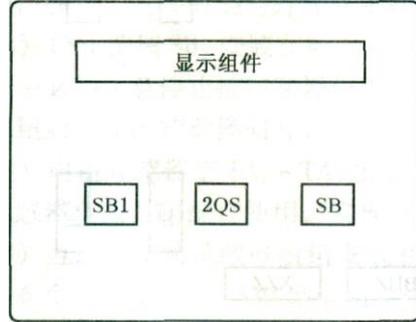


图 3-4 前门芯板安装布置图

4)主控腔内配线

(1)主回路配线。

主回路采用 70mm²软铜线，外套能承受千伏级以上绝缘软胶管，配线主要包括：主控腔电源侧接线柱与换相开关一次侧之间的连线；换相开关二次侧与熔断器之间连线一定要从电流互感器中穿过；熔断器二次侧与接触器触头之间的连线；接触器触头与负荷侧接线柱之间的连线。

(2)控制回路配线。

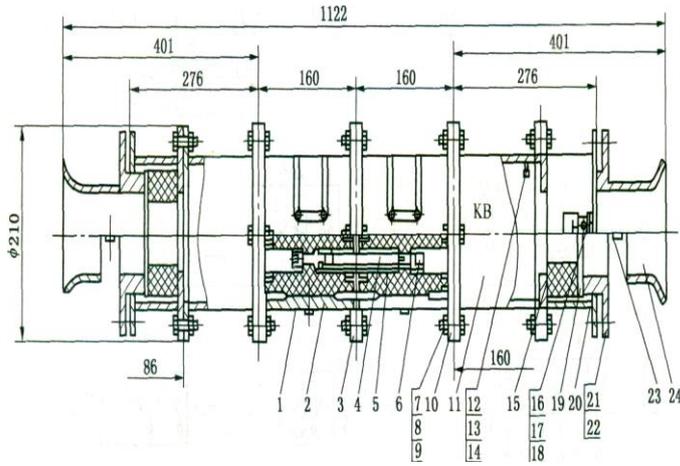
控制变压器及漏电监测线到主回路之间的连线采用 2.5 mm²千伏级绝缘塑料软铜线，控制回路采用 0.75mm²塑料软铜线，本质安全回路一般选蓝色线，千伏级选红色线，接地线选黑色线，其他为白色或别的颜色。控制回路配线时，要结合电气原理，并按如图 3-5 所示的接线图进行。其操作方法如下：

①确定敷设位置时要按照电气原理图上各元器件间的连接关系，估量出元器件间实际要连接导线的长度（包括连接长度及弯曲余度），切割导线，进行敷设。敷设时，在平行于板面方向上的导线应平直，在垂直于板面方向上的导线，高度应相同，以保证工整、美观，尽量减少线路交叉。

②敷设完毕进行修整，然后固定绑扎导线，使其整齐美观。

③导线与端子的连接。当导线根数不多且位置宽松时，采用单层分列；如果导线较多，位置狭窄，不能很好地布置成束时，则采用多层分列，即在端子排附近分层之后，再接入端子。导线接入接线端子时，首先根据实际需要剥切出连接长度，除锈和清除杂物，然后套上号码套管（千伏级导线需套耐热塑料软管），再与对应

绝缘体用来承受相对地和相间的电压，并承受载流体的散热。因电压很高，绝缘体必须有较好的抗漏电性和抗老化性。载流体包括插座和插杆，插座和插座中间



1—壳体；2—绝缘体；3—密封胶垫；4—接触杆；5—弹簧圈；6—接线座；7—六角螺栓；8—弹簧垫圈；9—螺母；10—一密封垫圈；11—接线腔体；12—内接地螺栓；13、15、17、22—弹簧垫圈；14—螺母；16—外接地螺栓；18—螺母；19—挡板；20—接线腔壳体；21—螺栓；23—压线板；24—压紧法兰盘

图 3 -6 AGKB30 - 200/6000 型电缆连接器结构图

用插杆连接。电缆芯线在插座一端采用螺纹压接。

用电缆分线腔内的内接地螺钉与绝缘体中的接地线连接，形成电缆连接器的接地装置。同时，连接器在各隔爆面连接处均采用了密封装置，防止淋水和井下潮气的侵入造成绝缘下降。

AGKB30 型隔爆高压电缆连接器的安装接线步骤如下：

1. 安装前的准备

安装前首先检查电缆的型号、规格是否与所安装的连接器的规格相符，并备齐各种器材。连接器及各种器材必须保持清洁，尤其是连接器里的绝缘件必须在安装前擦拭干净，施工现场应尽可能注意清洁。

2. 高压连接器与 UGSP 电缆的安装接线

高压连接器与 UGSP 电缆的安装接线按以下步骤进行：

(1)在电缆一端 250mm 长度上剥去电缆护套及护套下监视线内外的半导体层，松开留下的监视线，并编成 2 根辫子股，如图 3-7 所示。然后在它上面套上绝缘管，绝缘管应尽量套到辫子股的根部，绝缘管的另一端应露出导线 28mm 长度。

(2)用木锉、砂布或四氧化碳溶剂擦去监视线下面的内护套根部表面 22mm 长度上的残留半导体胶，然后按图 3-7 所示尺寸，将 22mm 长度以外的内护套，包括内护

套里 面的填充物全部剥去，用自粘带在 22mm 长度的内护套上包绕 2 层。自粘带绕包时，注意 将自粘带拉伸 100%~2000/0 左右再进行绕包。

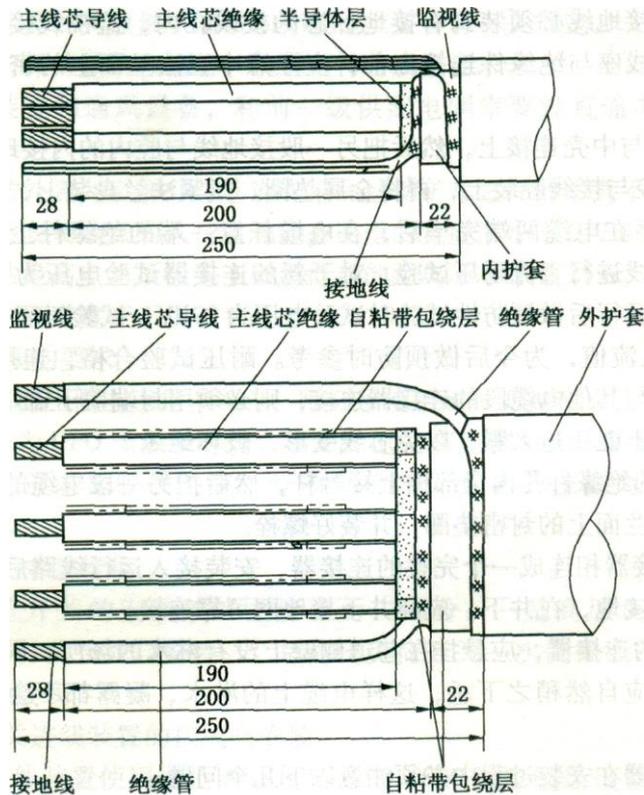


图 3-7 AGKB30 型连接器电缆切割包缠尺寸

(3) 将内护套下面的接地线松开并编织成二根辫子股，然后套上绝缘管并露出导线 28mm。

(4) 按图 3-7 所示尺寸切去各主芯线端部绝缘 28mm 长度（包括绝缘内外的半导体层）。

(5) 按图 3-7 所示尺寸剥去各主芯线绝缘外面 190mm 长度上的半导体层，并用木锉、砂布或四氯化碳溶剂仔细擦去主芯线绝缘表面上的残留半导体胶。

(6) 当电缆的另一端亦完成上述工序后，应测量各主芯线绝缘电阻及监视线对接地线之间的绝缘电阻，测量仪器分别采用 2500V、500V 兆欧表。对于新电缆，要求各主芯线绝缘电阻及监视线对接地线之间的绝缘电阻应符合标准要求。

(7) 在各主芯线上包绕 1~2 层自粘带，以增强绝缘性，对于监视线、接地线的根部，亦须包绕 1~2 层自粘带。

(8) 将主芯线导线、监视线以及一股接地线安装铜接线座。然后把已装好接线

座的主芯线、监视线及接地线装回到中壳内腔的绝缘件上，其中三根主芯线应该接入具有沟槽的接线孔内，接地线必须装到有接地标志的接线孔内，监视线接到剩下的两个接线孔内。此外，在接线座与绝缘件连接之前，应注意中壳法兰面上的密封垫圈不要忘记套上。

(9)将接线腔与中壳连接上，然后把另一股接地线与腔内的内接地柱连接好。

(10)将压线腔与接线腔装上，再将金属垫圈、压紧法兰盘装上，并装好压板。

(11)上述工序在电缆两端完毕后，在电缆任意一端的绝缘件上，将接触杆全部插好，然后对各主芯线进行直流耐压试验，对于新的连接器试验电压为 30kV，对于已运行过的连接器或投入运行后做预防性试验时试验电压为 27kV，试验时间为 5 min，记录 1min 及 5min 时的泄漏电流值，为今后做预防时参考。耐压试验合格，连接器安装即为合格，如果连接器不立即与其他电缆段的连接器连接，则必须用封端盖子盖好。连接器在进行安装时，橡胶密封圈不能压迫太紧，以免芯线变形，破坏绝缘。

(12)连接器的绝缘件孔内全部插上接触杆，然后把另一段电缆的连接器插上，须注意不要漏掉中壳法兰面上的密封垫圈，并装好螺栓。

(13)两个连接器相连成一个完整的连接器，安装接入运行线路后，必须将连接器两端的外接地桩可靠接地，在井下，应与井下接地网可靠连接。

(14)安装好的连接器，应悬挂在巷道侧壁上没有淋水的场所。同时应把连接器排在高位，两端的电缆应自然稍之下垂，这样电缆上的淋水、凝露都不会再沿电缆流向出线口。

高压电缆连接器在安装过程中必须注意以下几个问题：

(1)对主芯线外面的屏蔽层要认真进行处理，特别是导电胶布带在剥离后要用木锉或四氯化碳等将粘在绝缘层表面的导电胶或石墨粉处理干净。

(2)接地芯线必须可靠接地。

(3)屏蔽层与导体裸露部分的电气间隙及爬电距离均应满足要求。

(4)对于用金属丝做成的屏蔽层应将金属丝处理好，严禁金属丝刺入绝缘层内部。

(5)屏蔽层导体不要悬在隔爆空隙间，应靠在隔爆腔内壁的就近处。

(三) 移动变电站的安装接线

1. 安装前的准备与要求

1) 安装前的准备

(1) 安装前要仔细检查移动变电站各部件是否完好无损，检查壳体零部件和视察窗等有无损坏现象。

(2) 阅读使用说明书和有关技术资料，校对容量、电压等级及变压器连接组别等电气参数是否符合要求。

(3) 检查所有隔爆结合面有无损伤锈蚀现象，所有法兰结合面的隔爆间隙应符合标准要求，按钮操作杆的隔爆间隙符合规定。

(4) 所有操作机构应灵活，按钮应无卡阻现象，所有紧固件应无松动现象，所有电气接触良好可靠。

(5) 变电站各部分电气绝缘性能良好，高低压开关箱仪表无损坏。

2) 移动变电站安装要求

(1) 安装地点要保持通风良好，设备运行中的环境温度不得超过允许值 40℃。

(2) 配备有灭火器，其数量、规格和存放地点要符合有关规定。

(3) 运输巷道应保持整洁和畅通，轨道要符合质量要求。

(4) 应有照明装置和通风设备，和前一级供配电硐室要设直通电话，便于通讯联系。

(5) 移动变电站外壳突出部分与巷道支架和移动矿车之间的距离不小于 0.26m。

(6) 移动变电站安装地点的人行道和检查通道的宽度不小于 0.7m。

(7) 移动变电站最高点与顶板或支架最低点的距离不小于 0.25m。

(8) 开关的操作通道宽度不小于 1m。

3) 对高低压电缆的要求

如果移动变电站低压侧电压是 1140V，则必须使用耐压 1140V 以上的电缆，并且要有明显标记。电缆型号为 UPQ 千伏级电缆。移动变电站高压侧引入电缆必须使用 6000V 以上的矿用监视型铜芯屏蔽橡胶软电缆，型号为 UGSP。如果低压侧为 660V 电压，则用 660VUP 型橡套电缆。

2. 高压负荷开关安装接线

FB -6 高压负荷开关的安装接线主要分为三部分：一是高压负荷开关进线装置 (AGKB30 - 200/6000) 的接线与安装；二是高压负荷开关一次侧接线；三是高压负

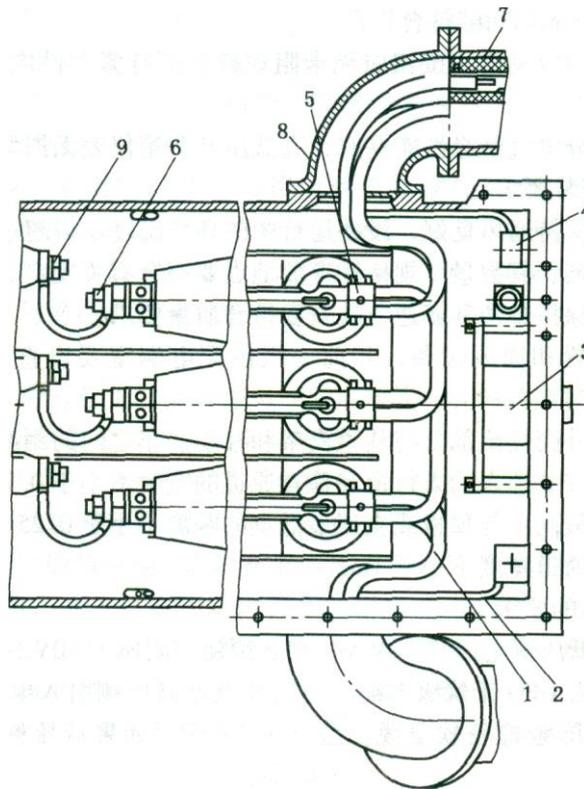
荷开关二次侧与变压器的接线。

1) 高压负荷开关进线装置的接线与安装

高压负荷开关进线装置使用的是 AGKB30 - 200/6000 型电缆连接器的部分隔爆腔体，它的安装接线分为 UGSP 双屏蔽电缆进线安装与 6kVJBHF 橡皮绝缘氯丁护套连接线的引出两部分。UGSP 双屏蔽电缆的接线安装见“AGKB30 型高压隔爆电缆连接器的安装接线”，6kVJBHF 橡皮绝缘氯丁护套连接线的引出安装步骤如下：

(1) 将连接器解体放好，松开隔爆腔体上的 3 条内六方螺栓，取出绝缘体。用专用套筒松开接线座与绝缘体的固定螺帽，取出接线座。

(2) 先将 6kVJBHF 橡皮绝缘氯丁护套连接线端部绝缘去掉，再将 6kVJBHF 芯线端部插入接线座尾端并压紧，监视线与接地线同样插入接线座尾端并压紧，然后把接线座装入绝缘件安装孔中（接线座的外方应与绝缘体的内方相对应），并从另一端用专用套筒与螺母将接线座安装好。在安装时必须保证有足够的螺纹连接，并保证螺孔端面的接触面压紧。



1-JBHF 型连接线；2-监视线与接地线；3-操作机构；4-接线板；5-次接线座；
6-次接 i 柱；7-电缆连接器；8-肩接头；9-变压器接线柱

图 3-8 高压负荷开关接线图

(3)把绝缘件装入隔爆腔内并固定好，监视引出线固定好，接地线与主芯线裸露导电部分的空气间隙不小于 60mm。

(4)3 根 JBHF 连接线和 2 根绝缘监视线从接线器一端引出，将连接器用螺钉固定在高压负荷开关的肩接头上，如图 3-8 所示。

2) 高压负荷开关一次侧接线

JBHF 型 3 根连接线和 2 根绝缘监视线与接地线进入高压负荷开关后，将 3 根主芯线的端部绝缘层切去，切除长度与接线座孔的深度相适应。把切除掉绝缘部分的导体用铜皮包好，分别插到负荷开关的一次接线柱的接线孔中，并把接线孔上的螺栓拧紧。2 根监视线接到终端元件上，为防止芯线绝缘老化，引接线不得与外壳金属部分相碰，应有 6mm 以上的空气间隙，接地线接到接地螺栓上。如图 3-8 所示。

3) 高压负荷开关二次侧与主变压器的安装与接线

(1)用 3 根 JBHF 型连接导线分别接在负荷开关二次侧的三个接线柱上，检查高压负荷开关内部元件，确定无误后，用起重设备平稳吊起负荷开关，从负荷开关后方抽出 3 条二次母线及信号线，在上角穿好两条螺栓，整体移向变压器高压侧法兰口。

(2)将信号线与变压器四芯接线柱的 3、4 端子相连接。

(3)将 3 条二次母线分别接入变压器的相应输入端，压紧平垫和弹垫，以防松动产生电火花和接触电阻过大而接线柱发热。

(4)将两法兰面对齐，先穿入两条螺栓到适当位置，再穿入其他螺栓并保证孔位平滑旋入，放下起吊装置，旋紧螺栓。注意不能造成电缆和信号线的损伤。

(5)按防爆标准要求检查防爆性能，完成安装。

3. KBD 型馈电开关的安装

(1)检查 KSGB 与 KBD 连接处隔爆面的完好程度，达到隔爆要求后，将馈电开关吊装，用螺钉将 KBD 固定在变压器上，并拧紧螺钉。

(2) KBD 固定好后，将馈电开关前盖打开，用规定的连接铜排在变压器出线端 L1、L2、L3 端子和馈电开关进线端端子间连接，并用螺母紧固。

(3)用软绝缘线将高低压联锁线接到 JX 端子排 3、4 端子上。

(4)根据负载进行过载、过流整定，根据电压等级对漏电跳闸值进行选定。

(5)安装结束后，以相应电压的兆欧表检查馈电开关整体电路的绝缘电阻，一

般应不小于 $10M\Omega$ ，若低于此值应做干燥处理。

(四) 228L -4 型煤电钻综合保护装置的安装接线

1. 安装前的准备

(1) 安装前应检查本装置在运输过程中是否有碰伤或损坏，隔爆是否良好，连接螺栓有无松动现象。

(2) 核对主变压器一次电压是否与井下供电电压等级相一致，如果不符，应改变连接组别。

(3) 安装前，用 500V 兆欧表测量高、低压各回路绝缘电阻，其阻值应不低于 $5M\Omega$ ，但测量低压时应拔掉插件板。

(4) 对高、低压电缆绝缘进行测量时，1140V 电缆绝缘电阻不小于 $5M\Omega$ ，127V 电缆绝缘电阻不小于 $0.5M\Omega$ 。

2. 安装接线

(1) 根据电网电压等级，确定主变压器连接组别。主变压器一般均按 1140V/133V 方式接线。如在 660V 网路工作，需将主变压器拉出外壳，按图 3-9 所示进行接线。

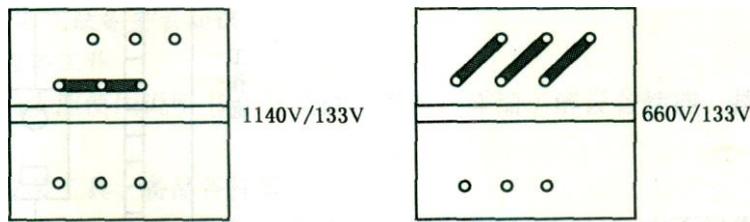


图 3-9 主变压器连接片连接方式

(2) 接线工艺符合完好标准。在进线嘴内套密封圈，使电缆通过密封圈进入接线室，密封圈内径与电缆外径差应小于 1mm，密封圈外径与进线装置内径差应符合要求。

(3) 电缆护套穿入接线室长度为 5~15mm，按如图 3-10 所示进行电缆接线，要求规范操作，接线整齐、无毛刺；接线零件齐全，有卡爪、弹簧垫、螺帽；接线紧固，导电良好。

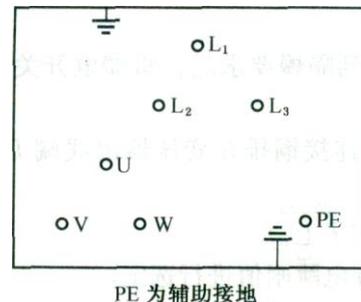


图 3-10 连接腔接线图

(4) 接线室内的接线应达到电气间隙和爬电距离的要求，接地线沿接线室壁布线，接地必须牢固可靠。

(5) 接线后紧固件的紧固程度以抽拉电缆不窜动为合格，接线压紧应留有余量，

线嘴与密封圈之间应加金属垫圈。压叠式线嘴压紧电缆后的压扁量不超过电缆直径的10%。

(6) 空闲的接线嘴应用密封圈和厚度不小于 2mm 的钢垫板封堵压紧。

(五) KTC2 矿用微机通信控制保护装置安装接线

1. KTC2 矿用微机通信控制保护装置功能及安装布置 KTC2 矿用微机通信控制保护装置是以微处理机技术为核心，集控制和通信于一身的通信控制装置，适用于综采工作而破碎机、转载机、前后运输机等启动、停止、闭锁控制、故障监视等。在设备启动、闭锁时沿线电话发出音频提示，设备出现故障将显示故障性质并停车；通过扩音电话可在工作面、顺槽进行扩音通讯；通过尾端监视器的音频扩展功能，可与地面或井下其他设备进行音频通讯；更换控制芯片后也可对煤矿井下胶带运输系统进行控制及多种保护。

本装置具有安全可靠、使用方便、监视齐全、维修简单等特点。它主要包括矿用微机通讯控制台、隔爆兼本安型电源箱、闭锁式扩音电话和尾端监视器，各部分通过带插头五芯拉力电缆连接，其典型的安装布线方式如图 3-11 所示。

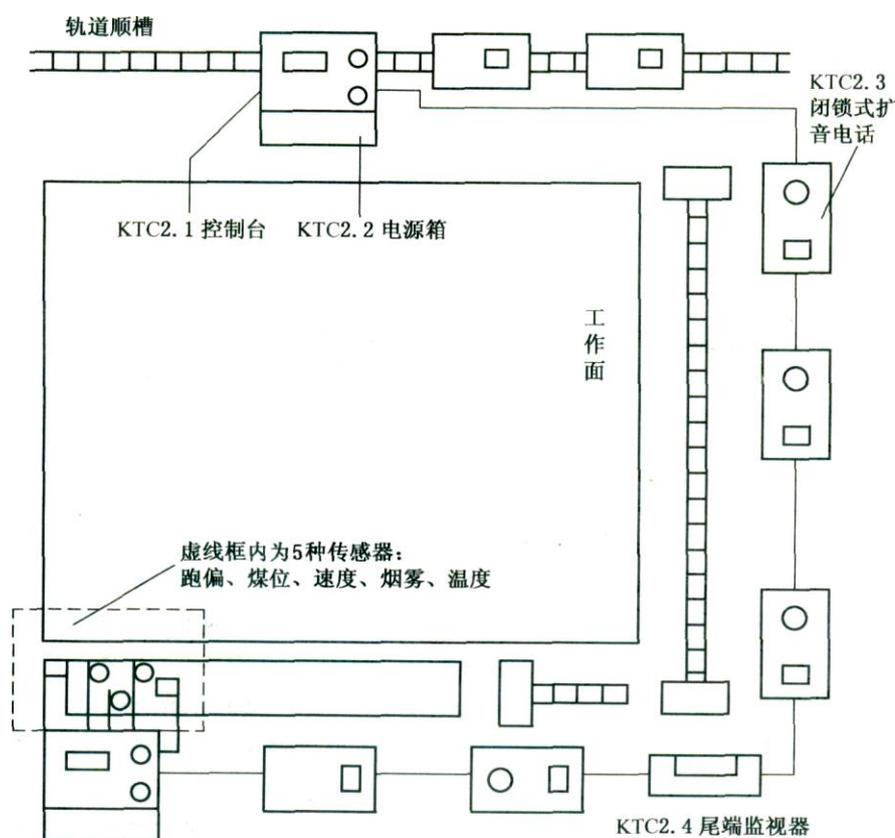


图 3-11 通讯控制系统安装布置图

2. 安装前检查

(1)外观检查。检查外观是否完好，各零部件是否齐全、紧固，外壳有无锈蚀，有无严重变形；检查壳体内有无油污、积垢或水珠；观察孔应清洁，无破损。

(2)接线检查。检查是否达到内部插件连接可靠，接线连接规范、整齐，接线端子清洁、标志清晰，插销接线装置紧固、牢靠，接头接触良好，接线符合电气完好标准通用部分中的有关规定。

(3)检查主回路绝缘性能是否符合要求，导线绝缘是否良好，有无破损老化现象。

(4)整体系统功能检查。检查系统控制、检测、监视、保护功能是否正常，信号、显示部分的声、光及屏幕显示是否正常。通讯系统应声音清晰，音量适当。

(5)隔爆性能检查。符合电气完好标准有关隔爆性能的规定。

3. KTC2 矿用微机通讯控制保护装置的安装接线

(1) KTC2 控制台安装在靠近 127V 电源、泵站开关处或带式输送机机头处，安放平稳牢固。

(2)闭锁式扩音电话通过弯角件固定或悬挂于工作面液压支柱沿线或皮带巷行人一侧，每隔 15m 安装一部闭锁式扩音电话。

(3)拉力电缆插头与控制台、闭锁式扩音电话插座连接应牢固紧密，拉力电缆适当松弛，安全固定，以避免电缆过分受力和断裂。

(4)尾端监视器安装在最末端的闭锁式扩音电话插座上，否则将不能启动设备，控制台将显示闭锁。

(5)按如图 3-12 所示的系统线缆连接图，连接主控台、电源箱、各闭锁式扩音电话、尾部监视器及各被控设备之间的连线，要求接线规范，布线合理。

二、相关知识

(一) 综采电气设备安装知识

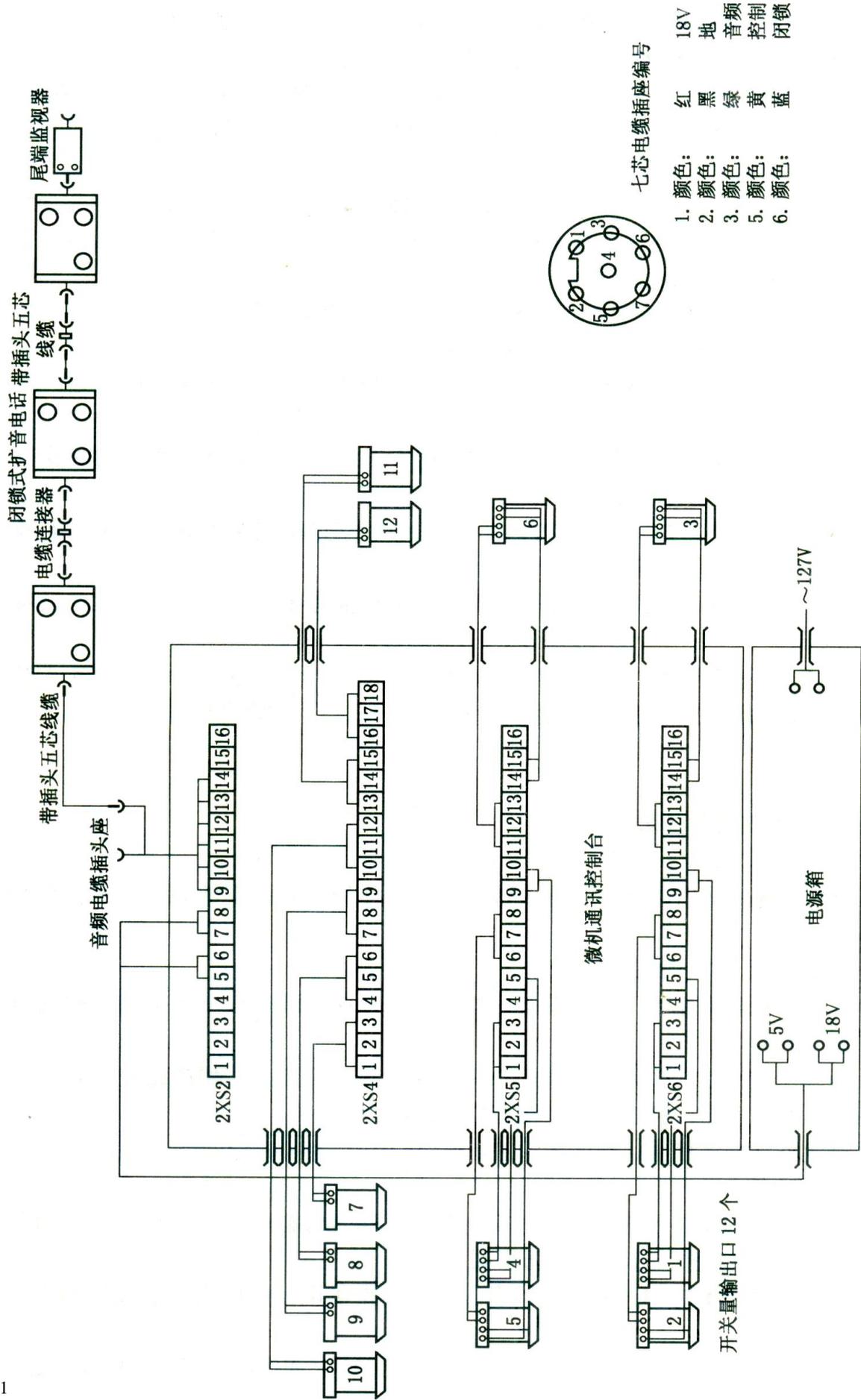
1. 安装前的准备工作

(1)安装前参照使用说明书及有关技术资料，详细了解设备性能，技术参数和注意事项。

(2)准备安装工具、备品备件等。

(3)派专人对运输通道、运输设备进行检查，确保运输过程中不损伤运输通道中其他设备。

图 3-12 系统线缆连接图



(4)防爆电气设备入井前应检查其“产品合格证”、“煤矿矿用产品安全标志”、“防爆合格证”及安全性能，检查合格并签发合格证后方准入井。

(5)确定安装顺序标号，确保依次进行安装。

2. 安装一般要求

(1)电气设备的安装要符合《煤矿安全规程》和《煤矿矿井机电设备完好标准》的有关规定，按负荷进行整定，并达到防爆要求。

(2)工作面和顺槽的 1140V 电气设备，要严格按供电系统图进行安装和整定，必须符合规定要求。

(3)所有电气设备的安全保护和仪表显示完整准确，动作灵敏可靠，接地装置齐全，并符合要求。

(4)移动变电站设备列车排列顺序和放置方向要符合设计要求。

(5)电缆、电气设备要有标志牌，并注明用途、规格、长度。电缆吊挂整齐，剩余部分要盘成“8”字形，置于专用电缆车上。

(6)按照设计要求，工作面通讯照明和控制系统安装齐全。

(7)各操作按钮、手柄和机械闭锁装置齐全、完整、灵活可靠。

(8)设备内部腔室无灰尘、无积水、无其他异物。

(9)防爆面无锈蚀、无伤痕，并涂以适量的防锈油脂，防爆间隙符合厂家规定。

(10)所有紧固件应齐全、完整、无松动。

(11)设备间联络电缆的规格、长度和压接方式应符合设计要求，不得有“鸡爪子”、“羊尾巴”、明接头。

(12)设备上不用的电缆喇叭嘴或插座应按防爆安全要求封闭。

3. 吊运重物的安全注意事项

(1)起吊时应将绳套捆在设备的重心点以上，不准把设备的外凸处如手柄等当作吊装点挂在绳上用。

(2)吊装前必须检查绳索是否捆好，要统一信号，吊装指挥应站在所有人员能看到的位置，严禁人员随同吊装设备升降。

(3)使用千斤顶起吊时，千斤顶应放平整，并在其上下垫上坚韧的木料，但不能用沾有油污的木料或铁板垫衬，防止打滑。为了预防千斤顶滑脱或损坏而发生危险，必须随重物升起时及时在重物下垫保险枕木。

(4)用作起吊支撑架而设的起重横梁要安全牢靠。起吊重物时必须是垂直上吊，严禁斜吊，以防将支架拉倒造成事故。

(5)已被重物张紧的吊绳和吊具，发现捆绑松动或吊运工具发生异样、异响时，必须立即停止吊运，进行处理。

(6)根据不同起重作业要求，正确选择钢丝绳结扣和绳卡。检查发现钢丝绳断丝磨损超过规定时要及时更换。

(7)使用锚链起重时必须装上联接环螺丝，并拧紧螺母，严禁使用报废锚链起吊设备。

(8)在起吊过程中，严禁用人体重量来平衡吊运重物或用人力支承物件起吊，不准站在物件上吊运。

(9)起吊地点及通道不得有障碍物，不得有人员逗留，并选择好安全位置。

4. 综采工作面电气安装质量验收标准

(1)电缆悬挂整齐，合格率达 95%。

(2)电气设备上架，3 台以上的“五小”电器实现牌板化（即将其装在一块板上）；设备列车处有人行通道。

(3)电气设备及“五小”电器完好率达 100%。

(4)有合格的过流保护，且整定合理。

(5)有合格的漏电保护，且整定合理。

(6)有合格的接地保护，且设置合理，符合接地细则。

(7)隔爆电器设备的失爆率为 0，线路及设备不能出现“三无”问题。

(8)采煤机有启动报警装置，并能闭锁工作面输送机。

(9)工作面至少每 10 台液压支架设置一盏照明灯，且有急停装置。

(10)通讯信号系统可靠，且声光具备。

（二）机械传动基础知识

机器是由原动机、传动系统和工作机构 3 部分组成。机械传动系统是将原动机的运动和动力传给工作机构的中间装置，是机器的主要组成部分。机械传动分为摩擦传动、啮合传动和液压传动 3 大类。

1. 带传动

带传动是在两个或多个带轮之间用传动带作为挠性拖曳元件的一种摩擦传动，

依靠带与带轮之间的摩擦力或啮合来传递运动或动力的。如图 3-13 所示，它由主动轮 1、从动轮 2 和传动带 3 组成，当原动机驱动主动轮转动时，由于传动带和带轮间摩擦力的作用，拖动从动轮转动，并传递一定的运动或动力。

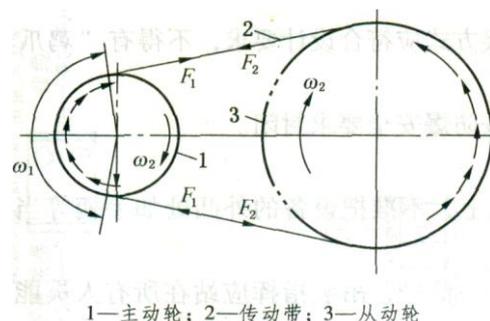


图 3-13 带传动示意图

机构中瞬时输入速度与输出速度的比值称为机构的传动比。对于摩擦传动，其传动比就是主动轮转速 n_1 与从动轮转速 n_2 的比值，传动比用符号 i 表示，表达式为：

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

带传动是一种应用很广的机械传动装置，它具有结构简单、运行平稳、成本低、无噪声等优点，又由于传动带有良好的柔性和弹性，能缓冲吸振，过载时产生打滑，因而可保护薄弱零件不被损坏。带传动多用于两轴中心距较大的传动，但它的传动比不准确，机械效率低，传动带寿命较短。

2. 摩擦轮传动

摩擦轮传动是利用两轮直接接触产生摩擦力来传递运动和动力的一种机械传动。图 3-14 为最简单的摩擦轮传动，由两个互相压紧的圆柱形摩擦轮组成。在正常传动时，主动轮依靠摩擦力的作用带动从动轮转动，并保证两轮面有足够大的接触摩擦力，使主动轮的摩擦力矩足以克服从动轮上的阻力矩。

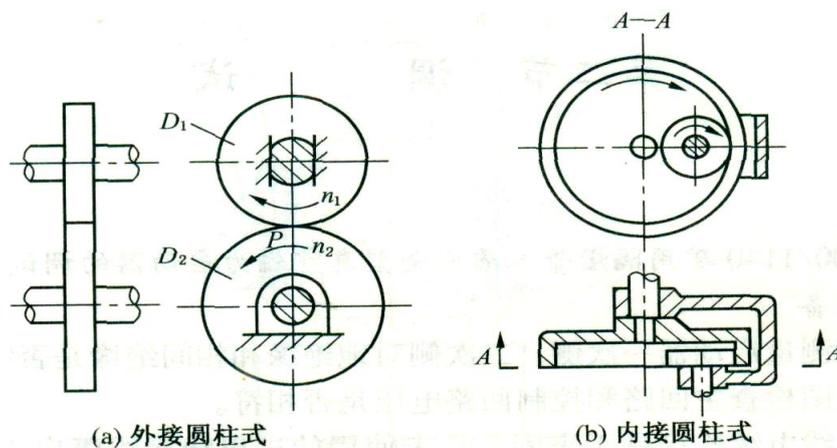


图 3-14 摩擦轮传动示意图

摩擦传动具有结构简单、使用维修方便、传动噪声小等优点，但其传动效率

较低，不宜传递较大的转矩，主要适用于高速、小功率传动的场合。

3. 齿轮传动

齿轮传动是指由两个相啮合的齿轮组成基本的传动机构，主动轮的运动和力，通过齿轮基本机构传递给从动轮，使从动轮获得合适的转向、转速和转矩。

齿轮传动是机械传动中最主要的传动形式，具有结构紧凑、效率高、工作可靠、寿命长等优点，但是齿轮传动的制造及安装精度要求高，价格较贵，且不宜在传动距离过大的场合下使用。

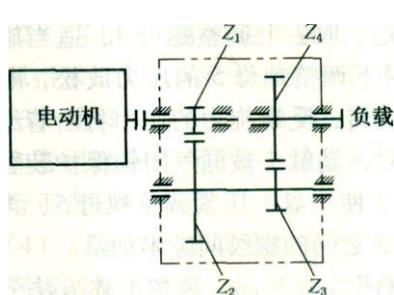
在机械传动机构中常采用一系列互相啮合的齿轮组，用以获得较大的传动比和变换转速等，这一系列齿轮所构成的传动系统称为轮系。轮系的种类很多，根据其运转时内部各齿轮几何轴线的位置是否固定，可将其分为定轴轮系和行星轮系两种。如图 3-15 所示是一组应用较为广泛的定轴轮系，其传动比为：

$$i = Z_2 Z_4 / Z_1 Z_3$$

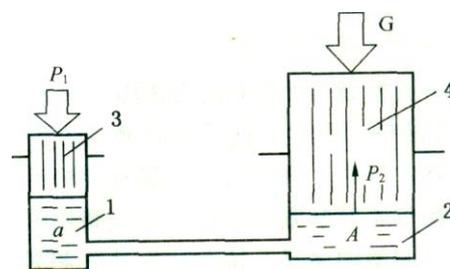
4. 液压传动

液压传动是利用处在密封容积内的液体的压力能来传递能量或动力的。一个完整的液压传动系统由液压动力元件（液压泵）、液压执行元件（液压马达）、液压控制元件、液压辅助元件和工作液体 5 个基本部分组成。

图 3-16 是一个简化的液压千斤顶模型，根据帕斯卡原理，作用在小柱塞 3 上的力 P_1 ，通过柱塞 3 底面 a 产生液压力，并以等值同时传递到密封容器内各处。因此，大柱塞 4 底面 A 也受到液压力的作用，而产生推力 P_2 ：推动重物 G 。 P_1 与 P_2 的关系为：



$$P_2 = P_1 \frac{A}{a}$$



1、2—工作液体；3—小柱塞；4—大柱塞

图 3-15 定轴轮系减速器示意图

图 3-16 液压千斤顶模型

液压传动的特性是液体压力 P 决定于负载，负载的运动速度只与输入的流量 Q 有关而与压力无关，输出功率 $W=PQ$ ，压力 P 和流量 Q 是液压传动中的重要参数。

第二节 调 试

一、操作技能

(一) QJZ - 300/1140 矿用隔爆兼本质安全型真空磁力启动器的调试

1. 调试前的准备

(1) 用兆欧表测量启动器一次侧、二次侧对地绝缘和相间绝缘是否符合要求。

(2) 对照原理图检查主回路和控制回路电压是否相符。

(3) 检查进出线电缆连接是否牢固，凡未使用的进出线接线嘴应用压盘、钢质压板和橡胶垫圈进行可靠的密封；检查各防爆面是否完好无损，是否按规定压接完好，有无失爆现象。各防爆面及前门锁扣机构要涂油防锈。

(4) 仔细检查真空接触器及真空换相开关中的真空灭弧室是否完好，发现问题及时处理。

(5) 检查控制变压器 TC₁ 一次侧接线，应与电网电压等级一致，否则更改接线端。

(6) 漏电闭锁组件上钮子开关位置应与启动器使用的电网电压等级一致。

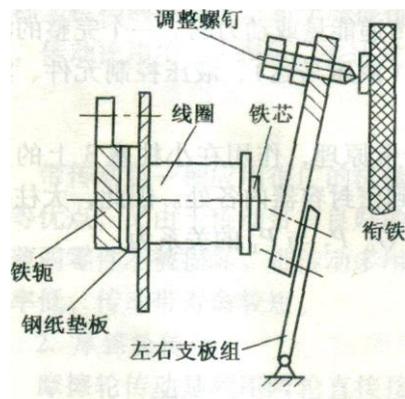


图 8-17 铁芯开口气隙的调整

2. CJZ - 300/1140A 交流真空接触器调整

1) 铁芯开口气隙的调整

由于设计时选择联系电磁机构与触头系统的传动杠杆比为 1，所以只要将铁芯中线处的开口气隙调整为 3mm，满足触头开距(1.5mm)加超程(1.5mm)的总要求。铁芯开口气隙可通过旋动调整螺钉和在电磁机构后部铁轭与左、右支板组间增减钢纸垫板的方法调整，也便于测量，如图 3-17 所示。

2) 真空接触器真空管触头开距调整

触头开距和三相同步性可由装在真空灭弧室上部的两只调整螺母来调节，开距调整机构如图 3-18 所示。其具体方法是：取去上调整螺母 4，适当旋松螺钉 2，使压盘 1 对下调整螺母 5 的压力放松，顺时针方向转下调整螺母 5，上接头 3 因平键 6 的限制无法旋转，受螺旋力的作用将沿着绝缘座 7 键槽孔的轴向上移，使动、静触头的开距加大，此时，动触头被漏气闭锁保护装置拉住不能上移；反之，开距减小。调整完毕后，旋紧螺钉 2 使压盘 1 压紧调整螺母 5，再装上上调整螺母 4 并旋

紧，以消除下调整螺母 5 与上接头 3 之间的螺纹间隙串动量。

一般调整顺序是：按前述方法先将铁芯开口气隙调整为 3mm，再按上述方法分别旋动三相的下调整螺母 5，使动、静触头刚刚分离（用万用表判断），调整时三相灭弧室之间可能互相影响，应反复调节至三相的动、静触头都处于刚刚分离的程度为止；再将三相的下调整螺母 5 都顺时针方向旋转一周，动、静触头开距刚好调至 1.5 mm，同时也达到了三相同步的要求；最后旋紧螺钉 2 使压盘 1 压紧下调整螺母 5，装上上调整螺母 4 并旋紧，则触头开距、超程和三相同步性都达到了要求。

3. HGZ - 300/1140A 换向开关的安装与调整

真空换向开关触头有两部分组成：一个是真空触头组 ZCT，另一个是换向触头组 HCT。通过机械组合，利用共用的一个手把进行操作，从而达到换向和分合电源的目的。

真空触头组真空灭弧室的触头开距和三相同步性的调整方法与真空交流接触器完全一样，不同的是接触器的真空触头开距是 1.5mm，超行程也是 1.5mm，而换向开关的真空触头开距是 2mm，超行程是 4.6mm，超行程是依靠下接头中的长孔达到的。调整是在操作机构处于停机位置时进行的。

在换向触头组中，换向动触头单独组装完毕后再组装到绝缘架上。在静触头组中，可以通过增减调整垫来调节静触头的开距和超行程，其超行程为 $(2 + 0.5)$ mm。

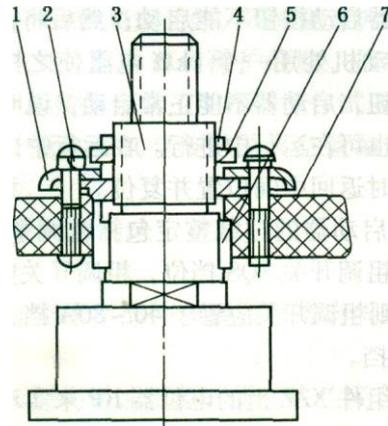
4. 系统调试与整定

系统调试按如下步骤进行：

(1) 合上启动器隔离换向开关 1QS，将试验检查开关 2QS 置于运行位置，控制变压器 1TC 得电，通过观察显示窗口，电源指示灯亮，变压器及直流电源工作正常。

(2) 将开关置于近控位置，按就地启动按钮，启动器能正常吸合，从显示窗口上看到电源指示灯亮，运行指示灯亮，说明启动器运行正常。

(3) 将开关置于远控位置，按远方启动按钮，启动器能正常吸合，接触器辅助常



1 一压盘；2 一螺钉；3 一真空灭弧室上接头；
4—调整螺母；5—T 调整螺母；6—q—键；7—绝缘座

图 3 -18 开距调整机构

开触头和常闭触头通断可靠，从显示窗口看到电源指示灯亮，运行指示灯亮，说明启动器远控运行正常。

(4) 启动器停止试验。按下停止按钮，启动器在吸合状态下能正常停机，从显示窗口看到运行指示灯灭，电源指示灯亮，说明启动器停止可靠。

(5) 过流保护试验。将试验检查开关置于右 30° 过流检查位置，从显示窗口看到短路指示灯亮，过一定时间后过载灯亮；将试验检查开关置于中间运行位置后，短路与过载指示灯仍有显示，启动器闭锁不能启动；按复位按钮后短路、过载指示灯灭，按启动按钮启动器可以正常启动，说明短路保护系统正常。

(6) 漏电检测回路试验。将试验检查开关置于左 30° 漏电检测位置，从显示窗口上看到漏电闭锁检测灯亮，按启动器启动按钮不能启动；然后将试验检查开关置于运行状态，漏电闭锁指示灯灭，此时在电动机处用一个 1kΩ 电阻使之搭接在地线与任一相线之间，漏电灯亮，再按启动器启动按钮，启动器不能正常启动，说明启动器漏电闭锁系统正常。

此试验可在运行前进行，也可在运行中进行。在运行中试验启动器立即跳闸，试验结束后，注意将试验检查开关及时返回中间位置并复位。

(7) 启动器的过载整定。启动器的过载整定包括粗调整定和细调整定。根据启动器所控制的额定电流选择合适的粗调开关 3QS 挡位，粗调开关整定范围有五挡，见表 8-1，如果电动机额定电流为 78A，则粗调开关应置于 40~80A 挡，若电动机额定电流为 240A，则粗调开关应置于 160~320A 挡。

细调整定则通过信号整定组件 XZZ 上的电位器 RP 来实现，按照表 8-1 对应的时钟，将时钟电位器 RP 整定于被控电动机的额定电流值。

表 8—1 电流整定

时钟式电流整定法					
粗调 I	粗调 II	粗调 III	粗调 IV	粗调 V	时钟电位器 RP
10~20A	20~40A	40—80A	80—160A	160~320A	对应的时钟
10	20	40	80	160	0: 00
11	22	44	88	176	1 • 55
12	24	48	96	192	3: 29
13	26	52	104	208	4: 47

14	28	56	112	224	5: 53
15	30	60	120	240	6: 49
16	32	64	128	256	7: 38
17	34	68	136	272	8: 20
18	36	72	144	288	8: 58
19	38	76	152	304	9: 31
20	40	80	160	320	10: 00

如在表中找不到合适的对应值,可以按下列公式进行计算(I_N 为整定的电流值):

$$X = 18.87 - \frac{100 \times (\text{粗调下限})}{6I_N - 0.7(\text{粗调下限})}$$

计算后得到一个数值, X 的整数部分为“时”, 小数部分乘以 60 即为“分”。

例如: 粗调范围置于 40~ 80A, 则“粗调下限”为 40, 现欲整定 62A, 则:

$$X = 18.87 - \frac{100 \times 40}{6 \times 62 - 0.7 \times 40} = 7.24$$

即整定于 7 点 14 分(7: 14)。

在调试过程中应注意以下几点:

(1) 地面试验时要严格执行电工操作规程, 一般不得拆除闭锁装置开门试验, 特殊情况下要采取有效安全措施, 防止人身事故。

(2) 试验中严禁带电拔插电子插件, 以免损坏电路。

(3) 电子保护系统采用高可靠性集成元件, 不要随意拆卸, 插件紧固螺钉要注意拧紧。

(4) 利用机壳上的试验开关对启动器的保护线路、控制线路、信号线路作一全面检查, 证实启动器一切正常后, 再按远距离控制按钮操作试运转。

(5) 当发生过载、短路、漏电和真空接触器真空管漏气等故障时, 必须将事故排除后才允许按复位按钮再次启动。

(二) KBSGZY 型移动变电站的调试

1. 调试前的准备

(1) 检查移动变电站所有壳体零部件和视察窗等有无损坏现象, 低压开关箱仪表有无损坏。

(2) 所有隔爆结合面应无损伤锈蚀现象，所有法兰接合面的隔爆间隙应小于 0.5mm，按钮操作杆的隔爆间隙不大于 0.4mm。

(3) 所有操作机构应灵活，按钮应无卡阻现象，所有紧固应无松动现象，所有电气连接件接触良好、可靠，所有进出电缆应压紧和密封合格。

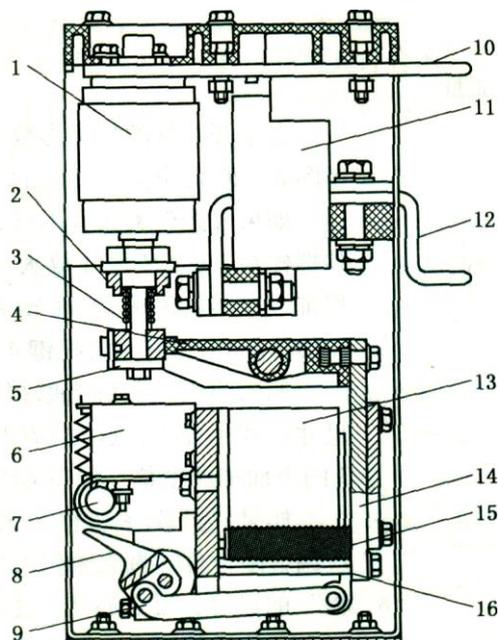
(4) 变电站各部分电气绝缘性能良好。

(5) 检查移动变电站接地系统是否符合要求，主接地极和辅助接地距离不得小于 5mm，接地电阻不大于 2Ω 。

2. 真空断路器的调整

1) 真空断路器的结构原理

ZK - 630/1140 型真空断路器是 BTD1 型馈电开关的重要组成部分，其结构及原理如图 3-19 所示。



1—真空开关管；2—动导电杆；3—超行程弹簧；4—摆动板；5—调整螺栓；6—分励脱扣器；
7—半轴机构；8—搭扣器；9—拉杆；10—上母线排；11—电流电压变换器；12—下母线排；
13—合闸电磁铁；14—衔铁；15N 反力弹簧；16—限位组件

图 3-19 ZK -630/1140 型真空断路器结构图

真空开关管 1 的动导电杆 2 由调整螺栓 5 和触头弹簧 3 与摆动板 4 相连。当电磁铁 13 未通电时，由于反力弹簧 15 的力大于三个真空开关管的自闭力，真空开关管 1 处于断开位置。当合闸电磁铁 13 接通电源时，衔铁 14 带着摆动板 4 转动使真空开关管闭合，同时衔铁 14 推动拉杆 9 使搭扣器 8 到达半轴 7 的上方。电磁铁的

通电时间为 $100 \sim 200\text{ms}$ ，电磁铁断电后搭扣器 8 搭在半轴 7 上，保证开关管处于闭合状态。这时若要使真空开关管断开则必需转动半轴，才能脱扣，能够转动半轴的机构有欠压脱扣器、分励脱扣器和手动脱扣机构。

欠压脱扣器是由电子脱扣器提供 50V 直流，使它保持在吸合状态，当有欠压故障或漏电故障时，欠压脱扣器失电，由弹簧推着铁心向上跳起，使半轴转动，断路器脱扣，真空开关管断开。

分励脱扣器平时不通电，当发生过载、短路或断相故障时，电子脱扣器自动地把分励脱扣器的电源接通，分励脱扣器的铁心向上运动，带动半轴使断路器脱扣，真空开关管断开。

可以直接按动停止按钮，使手动脱扣机构带动半轴转动使断路器脱扣，真空开关管断开。

2) 触头参数的检查与调整

在送电调试前要复核一下真空开关管的技术参数是否与规定相符，以免由于运输或其他原因造成参数变动影响使用。触头的技术参数规定如下：

触头开距	3^{+1}mm
超程	$1.5^{+0.5}\text{mm}$
开距+超程	$4.5 \sim 6\text{mm}$
在断开位置时 CH	$25 \sim 28\text{mm}$
触头允许的最大磨损量	2mm

真空开关管的技术参数达不到以上规定时，应参考图 3-20 对真空开关管的开距、超程进行调整。

如果开距较大超程不够，可将键销 4 拆下转动调整螺栓 6，使 CH 尺寸放大一点，开距就会变小，超程加大。调整螺栓每转动一个螺距调整量为 0.1875mm ，调好后要把键 4 上紧。

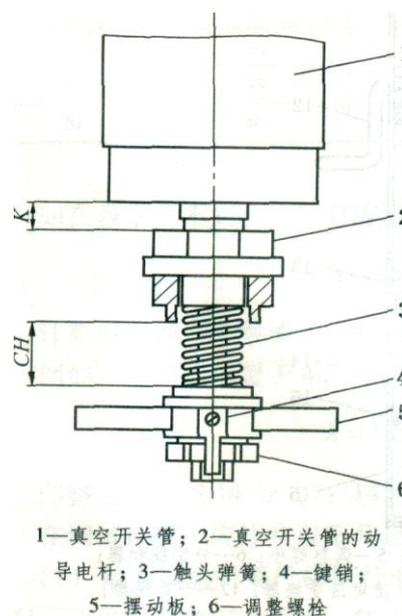


图 3-20 真空触点头调整示意图

如果使用过久触头磨损量过大，调整时放大 CH 尺寸以减小开距，这时 CH 尺寸超差就应在触头弹簧 3 的下面加调整垫，保持 CH 尺寸符合规定要求。

如果“开距+超程”大于 6mm 或者小于 5mm，应调整限位件。调大限位尺寸也就调大了“开距+超程”的尺寸，反之亦然。注意限位组件有两个，要把两个限位组件调成一样长短，判定两个限位组件长短一致的办法是：在开断位置用手指转动它的尼龙缓冲垫，如果两个缓冲垫的转动阻力相等，则两个限位的长短就相等。

3. 高压负荷开关与干式变压器的调试

1) 交流耐压试验

交流耐压试验是检查变压器、开关等设备主绝缘状况以及主绝缘局部缺陷的重要手段，因此，新安装或检修后的移动变电站必须做此项试验。移动变电站高压开关本体应能承受 21kV 的工频耐压试验，开关总体组装后能承受 10kV 电压；低压馈电开关应能承受 3.6kV 的工频耐压试验，1min 无击穿及闪络现象为合格。

做耐压试验前必须测量绝缘电阻。如果发现绝缘电阻过低，则暂不能进行耐压试验，要进行低温烘烤，在温度不超过 60°C 时烘烤 4~6h，打开分接线后盖和低压负荷开关上盖，待绝缘电阻上升到规定值后，再进行耐压试验。同时还要拆除半导体脱扣器的电抗器与低压馈电开关连线并包好，以防做耐压试验时有高压电窜入电子线路而击穿电子元件。

2) 高压负荷开关与干式变压器的调试

(1) 合上高压负荷开关，通过窗口观察触头闭合是否到位，合闸机构动作是否灵活。

(2) 断开高压负荷开关，通过窗口观察触头断开是否到位。

(3) 按下急停按钮，检查上一级电源能否跳闸。

(4) 打开端盖后，断开安全按钮，检查上一级电源能否跳闸。

4. 低压馈电开关的调试

(1) 移动变电站高压侧旋至合闸位置，机械联锁螺杆旋至合闸位置，再将隔离开关手柄转至合闸位置，在正常情况下，分闸信号灯亮，仪表照明灯亮，检漏单元闭锁信号灯亮，电压表有电压指示。观察上述各信号灯、指示灯或电压表的指示情况，判断变压器二次侧电压是否正常、指示回路有无故障等现象。

(2) 按一下复位按钮，检漏单元状态信号灯转至检测灯亮，闭锁灯灭，此时真

空馈电开关负载线路已由检漏单元检测正常，真空开关允许合闸。

(3) 按动合闸按钮，真空馈电开关合闸，合闸灯亮，分闸灯灭，并有如下指示：电压表有电压指示；带负载时，电流表有电流指示；检漏继电器状态指示灯的检测指示灯亮；检测绝缘电阻的千欧表有绝缘电阻值指示。

(4) 馈电开关合闸后，进行检漏试验。检漏试验方法有两种。一是就地试验，按下检漏试验按钮，馈电开关跳闸，开关状态及检漏继电器状态显示灯符合要求。二是远方试验，在移动变电站低压馈电开关所保护的远端，选一台磁力启动器，将阻值等于动作电阻的模拟电阻接在磁力启动器负荷侧任一相线和地线之间的接线柱上，低压馈电开关合闸送电，磁力启动器合闸送电，移动变电站低压馈电开关应立即跳闸，并指示漏电显示，则其漏电保护功能良好。

(5) 半导体脱扣器自检试验。馈电开关没有合闸时，将半导体脱扣器上瞬时整定拨码器与长延时整定值拨码器拨至最小，按下自检按钮 SB4，短路信号灯亮，半导体脱扣器正常，松开自检按钮，再按复位按钮 SB2，使电路恢复正常。馈电开关合闸后，用上述方法操作，馈电开关应跳闸。

(6) 过电流保护特性试验。该馈电开关长延时过电流整定范围为开关额定电流的 0.4~1 倍，瞬时过电流整定范围为长延时过电流整定值的 3~10 倍。其过电流保护特性可以通过试验进行检验，具体试验方法是：将大电流发生器穿入电流互感器中，按照表 3-2 要求调整大电流发生器的电流值，观察其脱扣时间是否满足要求。

表 3 -2 过载整定延时特性

试验电流 / 电流整定值	脱扣时间
1. 05	2h内不脱扣
1. 2	1h内脱扣
1. 5	小于3 min
2. 0	小于2 min
6. 0	可返回时间大于8s

当大电流发生器的输出电流较小时，馈电开关应延时动作，且延时时间符合要求，同时过载指示灯亮；当大电流发生器的输出电流调到 5 倍以上整定电流值时，馈电开关应立即跳闸，而且短路指示灯亮，说明半导体脱扣器瞬时动作部分及短路信号显示部分性能良好。

(7) 检漏继电器动作值的整定。检漏继电器动作电阻值和漏电闭锁电阻值的整

定按如图 3-21 所示的整定接线图接线。1140V 电压时选试验电阻尺为 $0.150\text{k}\Omega$ ，功率为 250W ，电容 C 为 $0.22\ \mu\text{F}$ ，耐压值为 3kV 。漏电动作值的整定要参考 BKD1-630/1140 矿用隔爆型真空馈电开关电气原理图进行。

①1140V 漏电动作值的整定。先将接地线和辅助接地线短接，将 U、V、W 三相绝缘电阻月调节至 $60\text{k}\Omega$ ，再将电位器 RP_1 调到最大位置，合上真空断路器 QF；缓慢调节电位器 RP_1 ，阻值由大减小，直到漏电状态信号灯红灯亮为标准。反复调几次，直到动作比较理想为止。

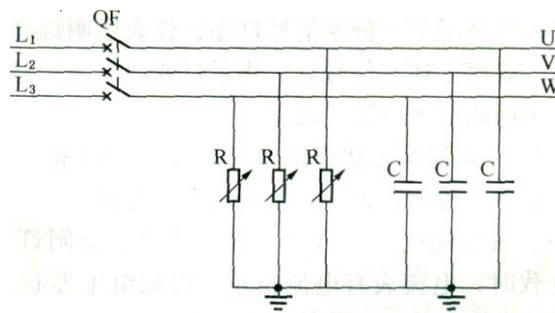


图 3-21 漏电整定接线图

按上述方法整定好之后还必须反复校验，其方法如下：将 U、V、W 三相绝缘电阻 R 调至大于 $60\text{k}\Omega$ ，合上电源隔离开关 QS，检漏继电器不应动作，然后将尺均匀降至动作电阻值 $60\text{k}\Omega$ ，此时检漏继电器可靠动作，漏电状态红灯亮。这样反复试验几次，直至认为合格为止，然后将电位器 RP_1 锁住，并用红漆点封。

②1140V 漏电闭锁值的整定。合上电源隔离开关 QS，将电位器 RP_2 调到电阻比较小的位置，在检漏继电器动作的情况下将三相绝缘电阻 R 调整到 $120\text{k}\Omega$ ；再缓慢调节电位器 RP_2 ，直至漏电状态信号灯红灯灭。反复调几次直至认为比较理想为止，其校正方法是：在检漏继电器动作之后，将三相绝缘电阻 R 调至小于 $120\text{k}\Omega$ ，检漏继电器红灯灭，说明该继电器漏电闭锁为 $120\text{k}\Omega$ ，然后将电位器 RP_2 锁定，并用红漆点封。

（三）ZZ8L -4 型煤电钻综合保护装置的调试（参考图 1-5）

1. 调试前检查

- (1) 检查安装接线是否正确无误，是否符合标准要求。
- (2) 检查各电器元件有无因运输受到震动而损坏、脱落或受潮现象。
- (3) 检查漏电电阻的整定值是否合适。
- (4) 检查综合保护装置是否可靠接地，辅助接地极应在主接地极 5m 以外。

2. 调试

1) 插件板的数据测试

在进行系统调试之前，首先对插件板调试，插件板调试一般在实验台上进行，

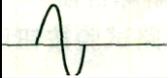
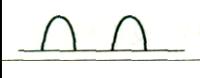
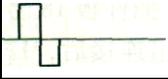
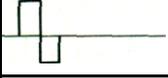
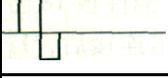
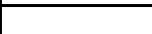
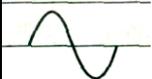
需要用万用表和示波器等仪器仪表来完成。

(1) 正常情况下在插件板 12 号、13 号插头输入交流 32V 电源电压，用万用表测插件板稳压电源输出为 20V 左右（3V₁ 发射极电压）。

(2) 用调压器改变输入电压，使电源电压在+5%~-15%范围内波动，测量插件板稳压电源输出直流电压基本不变。

(3) 用万用表、示波器等仪器仪表对短路保护电路进行测试，在电源电压正常、输出端不接负载条件下，其结果应符合表 3-3。该装置的载频短路保护振荡器振荡频率为 20kHz 左右。

表 3-3 短路保护部分测试结果

测试点	电压值	波形示意图	测试仪表
3V ₂ 发射极对地	AC (12—13)V		毫伏表、示波器
C ₄ 两端	AC (14—15)V		毫伏表、示波器
3V ₃ 发射极对地	AC (8—7)V		毫伏表、示波器
3V ₄ 集电极对地	AC (11—12)V		毫伏表
c ₅ 正端对地	AC (11—12)V		毫伏表、示波器
c ₅ 负端对地	AC (11—12)V		毫伏表、示波器
C ₆ 两端	DC (14—16)V		万用表
C ₇ 两端	DC (5—6)V		万用表
UV相间(插头18、19)	AC 2.2V		毫伏表、示波器
VW相间(插头20、19)	AC 2.2V		毫伏表、示波器
UW相间(插头18、20)	AC 4.4V		毫伏表、示波器

2) 系统调试

ZZ8L -4 型综合保护装置下井使用前需要在地面进行检查试验。由于该装置短路保护部分的某些元件参数是按井下网络调试整定的，故在地面试验时，由于电源

及网络参数与井下差别较大，可能出现短路保护系统误动作情况（即打钻或不打钻时黄灯亮）。

为了避免上述原因引起的误动作，可在电源侧并接一组角形连接的电容器组，每相电容量为 $0.47\text{—}1\ \mu\text{F}$ ，或加长电缆。如仍出现误动作，则应检查线路板插件及机芯。如打钻工作正常，应分别做长电缆(150m)末端短路试验以及漏电试验，保护装置均能正常动作后，方可下井。

综合保护装置投入网路后应先进行三次短路及漏电动作试验，每次均应可靠动作，并给出灯光信号指示。其中漏电保护部分如产生拒动，可适当减小试验电阻 R_{22} 。具体试验方法如下：

(1)将电源开关 1QS 闭合，此时通过窗口观察绿色指示灯亮，黄灯、红灯均不亮，说明电源已送上，电路正常，无漏电、短路故障。

(2)按下位于机壳侧方的短路试验按钮，若短路保护功能正常，则黄色指示灯给出发光信号指示。再次进行试验时，将 1QS 瞬间分断后再闭合，以便解除线路中的闭锁作用。若按下短路试验按钮后，黄色指示灯不亮，在指示灯供电系统无故障的情况下，则说明短路保护失灵，应查出原因并处理后方可使用。

(3)按下漏电试验按钮后，当保护功能正常时，红色指示灯给出发光指示，否则表明漏电保护部分存在问题，需要处理。同样，当红灯亮后，装置再次进行试验时，仍需将 1QS 开关瞬间分断后闭合，解除自锁。

在分断 1QS 时，应将短路试验按钮压入，否则不能搬动开关手把，因为二者存在机械闭锁。

3) 检测试验

(1)稳压电源检测。用万用表测插件板 12、13 两端，应有 32V 交流电压；测 C. 端，应有 36V 左右直流电压，3V。发射极应输出稳定的 20—24V 直流电压。

(2)短路保护检测。在插件板 18 号、19 号、20 号插头处分别用 10m 或 300m 电缆和 4kV. A 干式变压器二次绕组连接后， L_1 两端的载频信号电压不应小于 5V；当任意二相电缆短路时，保护应可靠动作。

(3)漏电保护检测。在送电打钻情况下，通过 1k Ω 电阻将任一相电缆接地，漏电保护应可靠动作，且红色指示灯亮。

(4)绝缘试验调整。将保护装置的电子插件拔出，用 1000V 摇表测量 L_1 、 L_2 、 L_3

及 KM 二次负荷侧，KM 负荷侧三相对地绝缘电阻不应小于 $1\text{M}\Omega$ ，之后施加 1500V 工频电压， 1min 应无击穿和闪络。

3. 安全技术要求

- (1) 该综合保护装置供电电网电压不得超过额定值的 $85\%\sim 105\%$ 。
- (2) 电缆相间绝缘电阻不得小于 $2\text{k}\Omega$ ，否则装置可能自动跳闸。
- (3) 每次使用前应做短路和漏电跳闸试验，检查装置是否工作正常。
- (4) 打开门盖时，应先断电，将隔离开关置于“分”的位置，然后旋出联锁螺杆，这样方可打开门盖。
- (5) 在紧急情况下，隔离开关载荷拉闸总次数累计不得超过 3 次，每次拉闸后应检查开关触头有无熔蚀现象，并进行处理。

(四) KTC2 矿用微机通信控制保护装置的调试

1. 调试前的检查

- (1) 熟悉系统组成及工作原理，准备好使用说明书及相关技术资料。
- (2) 检查机械安装和电缆的连接是否正确，控制台、扩音电话安装联接牢固，拉力电缆固定挂好，并保持适度松弛。排除电缆被砸压、拉力过大等受损隐患。

(3) 检查被控设备及各种传感器等与系统的连接是否正确无误，有否达到有关技术要求。

(4) 检查电源箱输入、输出是否满足要求，检查完毕后方可进行操作调试。

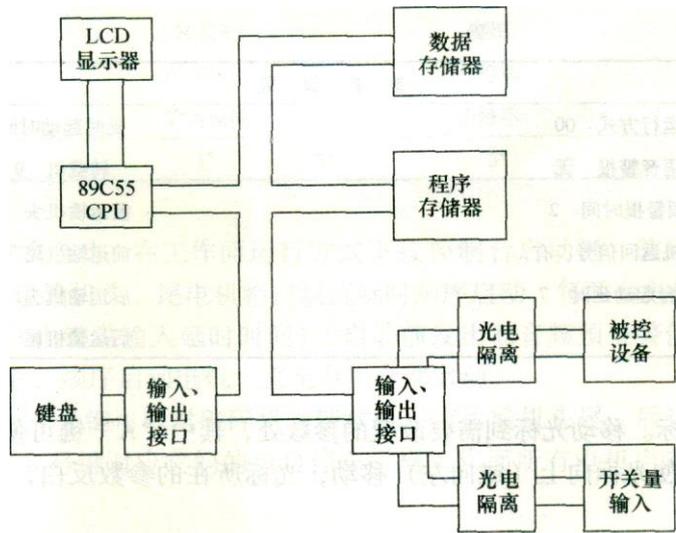


图 3-22 控制台结构原理框图

2. 控制台工作原理

微机通信控制台是该通信控制系统的核心，它采用单片机作为主控制芯片，将执行程序固化在程序存储器中，程序的执行由 CPU 控制，单片机与外部输入输出接口均经光电隔离，以提高系统的抗干扰能力；被控设备、传感器及输入量接入接线板。结构原理框图如图 3-22 所示。

当系统接通电源后，控制台接通 $\text{DC}5\text{V}$ 和 $\text{DC}18\text{V}$ 电源（由电源箱提供），系统开

始工作，液晶显示器显示被控设备的运行状态、沿线电话状态；沿线电话闭锁键均处于正常状态时，液晶显示“沿线正常”，设备处于待机状态，当键盘按下“启动”键时，设备将按逆煤流方向顺序延时启动，设备启动时扩音电话沿线将播放预报警信号；按停止键时，设备将顺煤流方向倒序停车。设备处于运行时，当沿线电话有闭锁键动作发生，计算机系统将释放控制继电器，从而使被控设备停车，液晶显示“沿线某台电话闭锁或线路断”；控制台“急停”键动作时与扩音电话的“闭锁”键的效果相同，此时液晶显示“沿线急停”。当“急停”键或“闭锁”键动作时，设备将停止，在解除前不能再启动，泵或阀不受“急停”、“闭锁”控制。沿线电缆断线或插头处松动时的效果与闭锁相同。

3. 参数设置

该装置在安装检查无误后，要根据现场使用情况进行适当调整，在达到工作面安全生产需要后，方可投入运行。其参数设置包括：

(1) 工作方式的选择。根据使用场合不同，有 3 种方式：工作面工作方式(方式 00)、皮带机工作方式（方式 01）以及维修方式（方式 02）。

(2) 预报警时间设置。此时间是指按下设备启动键至预报警发完并运行的时间，0~9s 范围内可调。

(3) 电机启动延时时间设置。此时间指电机顺序启动时，前后两台电机之间的延时时间，0~9s 范围内可调。

(4) 电机返回信号设置。当系统所控电机需要开关量返回时，将电机返回信号设置为“有”；当系统不需要对电机返回信号进行检测时，将此电机返回信号设置为“无”；当部分电机使用返回信号时，接线板上其他电机的返回信号开关设置为模拟返回状态。

参数调整的具体步骤如下（以工作面工作方式为例）：

(1) 进入参数调整显示。按下“设置”键再按“C”键，此时显示屏显示如下：

参 数 设 置	
运行方式	00
语音警报	无
预报警时间	有
电机返回信号	有
单台起动的延时	7
延时起动的时间	转载机 9
	前运输机头 3
	前运输机尾 4
	后运输机头 6
	后运输机尾 4

(2)移动光标。移动光标到需要改变的参数处，其中“A”键可使光标向下（或右）移动，“B”键可使光标向上（或向左）移动，光标所在的参数反白，表示可以对参数进行调整。

(3)调整参数。对于时间参数，可按数字键直接键入数值；对于电机返回、语音警报等参数的调整，可在光标移到该位置时，按“C”键进行调整，每按一次，其参数改变一次，如：当电机返回信号显示“有”时，按一下“C”键即显示“无”，反之亦然。

(4)调整结束后返回。当通过以上步骤将参数调整好后，按“停止”键，系统将自动记忆设定好的参数并返回工作屏。

参数设置后，将自动记忆，断电后再次加电仍会保持该设置，直至下次设置参数改变，参数设置后无需再进行调整。为安全起见，系统在参数调整前必须停止所有设备的运行。

4. 调试中运行方式选择

选择方式 00 时可实现破碎机、转载机、前运输机头、尾、后运输机头、尾的顺序程序启动，逆序停车；破碎机、转载机、前运输机头、尾、后运输机头、尾电机的按键单台启动、停止和紧急停车；对四个泵单独启动、停止。液晶显示被控设备的运行状态，闭锁时显示沿线闭锁位置。启动设备时、扩音电话闭锁时沿线均发出警报信号。通过键盘的“设置”，“C”键可对预警报时间、启动延时时间、返回信号选择等进行参数设置。

维修方式（方式 02）配置 1、2 均具备。结束设置后，通过参数设置可随即进入维修方式（方式 02），在工作面运行方式下按下相应数字键可对设备进行点动启动；点动启动为维修状态，启动时发出音频警报信号，同时启动对应电机，松开键后，被控设备即停止运行。配置 1 时，“1”，“2”，“3”，“4”，“5”，“6”号键分别对应破碎机、转载机、前运输机头、尾、后运输机头、尾的启动。单台启动时，每启动一台电机，3s 后系统才能接收新的启动命令。

5. 通电试运行

(1)电源箱接入 127V 电源，控制台加电，液晶显示首先提示输入当前时间，当键入时间后按停止键，进入设备主画面。系统一切正常时，液晶画面显示：

00:00

沿线正常

00:00	破碎机		停车	
00:00	转载机		停车	
00:00	前运输机		头停车	尾停车
00:00	后运输机		头停车	尾停车
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

(2)按设定方式启动。在工作面运行方式下按控制台启动键，破碎机、转载机、前运输机头、尾、后运输机头、尾电机将逆煤流延时顺序启动，每两台电机之间启动延时可调，时间为0~9s（由键盘输入延时时间）。启动前发出双音频预报警信号，预报警时间为0~9s。预报警后，顺序启动电机，直至电机全部启动。

按下1、2、3、4号键可以对破碎机、转载机、前运输机头尾、后运输机头尾进行单台启动，5、6、7、8号键对应它们的单台停车。当工作面所有电机启动时将显示如下画面：

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		起动	
00:00	转载机		起动	
00:00	前运输机		头起动	头起动
00:00	后运输机		头起动	头起动
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

当破碎机到后运输机的所有预报警发完后显示运行画面，此时系统沿线正常，通讯正常，启动、闭锁报警正常。

(3)启动、停车时测量各输出接点开关量变化应正常，然后断电，在接线板相应输出接点接入被控电机磁力启动器。设备加电，若沿线电话正常，可启动观察设备的受控情况，若能够正常启动及停止，闭锁控制正常，启动、闭锁时音频报警正常，则安装调试成功，可以投入运行。

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		运行	
00:00	转载机		运行	
00:00	前运输机		头运行	尾运行
00:00	后运输机		头运行	尾运行
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

(4)当破碎机到后运输机全部启动时，遇有下列情况之一时，破碎机到后运输机全部停车且不能再次启动，直到故障排除，并在显示屏上显示出故障性质：

- ①控制台急停按钮按下时；
- ②扩音电话闭锁按钮按下时，或通信电缆开路时；
- ③18V电源下降至10V以下时；

④当设置电机返回信号开启时，某一电机无返回信号时。

当某闭锁扩音电话闭锁键按下时（例如 5 号电话），显示如下画面：

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		停车	
00:00	转载机		停车	
00:00	前运输机		头停车	尾停车
00:00	后运输机		头停车	尾停车
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

假设设备运行及乳化泵 24 运行时，按下控制台急停按钮，显示如下画面：运行

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		停车	
00:00	转载机		停车	
00:00	前运输机		头停车	尾停车
00:00	后运输机		头停车	尾停车
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

此时，运行设备停车，乳化泵 28 仍将运行。

当 18V 电源下降至 10V 以下时，则显示如下画面：

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		故障	
00:00	转载机		故障	
00:00	前运输机		头故障	尾故障
00:00	后运输机		头故障	尾故障
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

当设置电机返回信号开启时，某一电机（如破碎机）无返回信号时，则显示如下画面：

00:00	沿线正常			
00:00	破碎机		故障	
00:00	转载机		停车	
00:00	前运输机		头停车	尾停车
00:00	后运输机		头停车	尾停车
乳化泵	1#	2#	3#	清水泵

(5) 设备停车控制。

①正常停车。按控制台“停车”按键，运行电机按顺煤流方向延时顺序停车。在工作面方式单台启动时，分别操作对应被控设备的停车按键，可停止对应的电机。

②紧急停车。当外接保护开关发生保护，闭锁式扩音电话上的闭锁键按下时，控制台立即停止被控设备，并在显示屏上显示故障性质或闭锁位置，供维修时查找。

二、相关知识

相关知识在这里主要介绍一下单片机基础知识。

如果将组成微型计算机的微处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口电路等功能部件全部集成在一块电路芯片上,就构成单芯片微型计算机,简称单片机。它具有控制性能好、可靠性高、体积小、价格低、安装简单方便等优点,被广泛应用于实时工业控制、机电一体化产品、智能仪器仪表及家用电器等领域。由于单片机主要用于控制系统,所以又被称为微控制器。

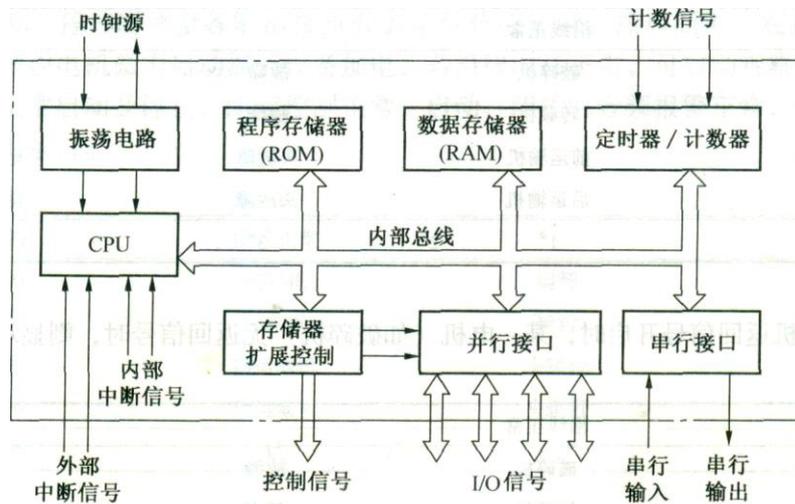
1. 单片机的基本结构和工作原理

1) 基本结构

典型系列单片机的基本结构示意图如图 3-23 所示。图中内部总线是系统内部传输信息的公共通道,包括地址总线、数据总线和控制总线。

80C51 系列单片机是我国目前应用较为广泛的一种主流机型,其基本结构中各部件的作用介绍如下:

(1)微处理器(CPU)。CPU 由运算器和控制器组成,完成运算和控制功能。运算器包括算术逻辑单元、累加器、寄存器、暂存器等,其功能是实现数据的算术运算、逻辑运算和数据传送操作。控制器包括定时控制逻辑、指令寄存器、指令译码器以



及信息传送控

图 8-23 80C51 系列单片机的基本结构示意图

制部件等,以实现控制功能。

(2)存储器。存储器包括程序存储器和数据存储器,它们相互独立、严格分工。程序存储器只存放程序指令、常数及数据表格;数据存储器只存放数据。

当 MCS-51 单片机内部存储器容量不能满足需要时,就要在外部进行扩展。存储器扩展控制就是 CPU 用来对内、外部存储器进行管理、控制的电路。

(3) 定时器 / 计数器。定时器 / 计数器的作用是实现定时或计数功能，同时以其定时或计数的结果来实现控制功能。80C51 有 2 个 16 位定时器 / 计数器，定时时靠内部的分频频率计数实现；计数时对 T0 或 T1 端口的低电平脉冲计数。

(4) 中断系统。中断系统是为提高 CPU 工作效率，以满足控制应用需要而采用的一项技术。80C51 共有 5 个中断源，2 个外部中断源，2 个定时器溢出中断和 1 个串行中断。

(5) I / O 口。80C51 系列单片机具有 4 个 8 位并行 I/O 接口，分别为 P0、P1、P2、P3，它们既可以作为并行数据的输入口使用，也可以作为并行数据的输出口使用；有一对 I/O 串行接口，一个接收端口，一个发送端口，它们负责单片机与单片机以及单片机与外部设备之间的串行数据传送。

(6) 振荡电路。振荡电路为单片机产生时钟脉冲序列，用于协调和控制单片机的工作。

2) 工作原理

单片机自动完成赋予它工作任务的过程，也就是单片机执行程序的过程，即一条条执行指令的过程。程序是指把要求单片机执行的各种操作命令的形式写下来的指令序列，一条指令对应着一种基本操作，单片机所能执行的全部指令，就是该单片机的指令系统。

为使单片机能自动完成某一特定任务，必须把要解决的问题编制成单片机能够识别和执行的程序，并预先存放在存储器中。程序通常是顺序执行的，所以程序中的指令也是一条条顺序存放的，那么如何将存储器里的指令取出并执行呢？单片机在执行程序时通过一个能追踪指令所在地址的程序计数器 PC，把这些指令一条条取出并加以执行。在开始执行程序时，给 PC 赋以程序中第一条指令所在的地址，然后每取出一条指令，PC 中的内容就自动增加，以指向下一条指令的起始地址，保证指令顺序执行。由此可见，程序计数器 PC 就是用来存放指令地址的，CPU 通过它的内容就可取得指令的存放地址，进而取得要执行的指令。CPU 将从存储器中取来的指令先送入指令寄存器（包含在 CPU 中）中寄存，然后再由指令译码器（包含在 CPU 中）对指令寄存器中的指令进行分析解译，最终形成 CPU 的控制信息，以指挥相关硬件电路完成该指令所要求的功能，如数据传送、据运算、输入或输出信息等。

2. 单片机的引脚分配及功能描述

(1) 80C51 单片机不同封装的引脚分配。

80C51 系列单片机的 DIP、LCC、QFP 封装引脚分配图如图 3-24 所示。

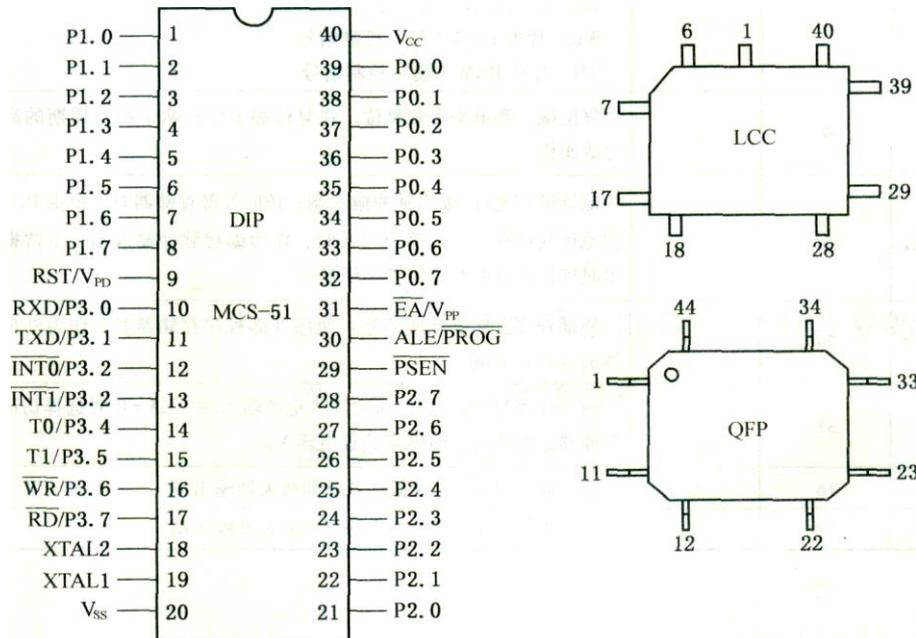


图 3-24 80C51 系列的 DIP、LCC、QFP 封装引脚示意图

(2) 80C51 引脚功能描述（见表 8-4）。

表 3-4 DIP 封装的 80C51 系列单片机引脚功能描述

引脚标记	引脚编号	端口类别	引脚名称及功能描述
Vss	20	I	地端：0V，作为基准
Vcc	40	I	电源端：正常操作、空闲、掉电状态的供电
P0.0—P0.7	39~32	I/O	P0口：为开漏结构的准双向口，是80C51并行总线的数据总线和低8位地址总线；不作总线使用时，也可用作普通I/O口
P1.0—P1.7	1—8	I/O	P1口：带内部上拉电阻的准双向口
P2.0—P2.7	21~28	I/O	P2口：带内部上拉电阻的准双向口，是并行总线的高8位地址线，不作总线地址线时，也可用作普通I/O口
P3.0—P3.7	10 N17	I/O	P3口：带内部上拉电阻的准双向口，具有复用功能，除作普通I/O口外，还可作以下用途： RXD: UART的串行输入口，移位寄存器方式的数据端 IXD: UART的串行输出口，移位寄存器方式的时钟端 $\overline{INT0}$: 外部中断0输入口 $\overline{INT1}$: 外部中断1输入口 T0: 定时器 / 计数器0输入口 T1: 定时器 / 计数器1输入口 WR: 片外RAM“写”控制信号 RD: 片外RAM“读”控制信号

RST/VPD	9	I	复位端：高电平有效复位，在复位端上保持两个机器周期的高电平即可完成操作
ALE/ \overline{PROG}	30	I/O	地址锁存允许 / 编程脉冲输入端：访问外部存储器时，提供Po口作为低8位地址的锁存信号；编程写入时，作为编程脉冲输入端；正常操作时，输出时钟振荡器的6分频频率信号
\overline{PSEN}	29	0	外部程序存储器选通信号：使用外部程序存储器时，作为外部程序存储器的取指控制端
\overline{EA}/V_{pp}	31	I	内外程序存储器选择 / 编程写入电源输入端：EA =0时选择访问外部程序存储器；编程写入时输入编程电压vPP
XTAL2	18	0	谐振器端口2：时钟振荡器反相放大器输出端
XTAL1	19	I	谐振器端口1：时钟振荡器反相放大器输入端

主要参考文献

- [1] 煤炭工业职业技能鉴定中心, 综采维修电工[M], 北京: 煤炭工业出版社, 2012
- [2] 王清灵、龚幼民, 现代矿井提升机电控系统[M], 北京: 机械工业出版社, 1996
- [3] 顾永辉, 煤矿电工手册第三分册[M], 北京: 煤炭工业出版社, 1999
- [4] 人力资源和社会保障部教材办公室, 煤矿电气设备维修技能训练[M], 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009
- [5] 何风有、谭国俊, 矿井直流提升机计算机控制技术[M], 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003
- [6] 姚承三、杨仲平, 矿山机械的自动控制系统[M], 徐州: 中国矿业学院出版社, 1987
- [7] 刘桂兰、祖国建, 煤矿皮带机的 PLC 改造[J], 煤炭技术, 2011.7
- [8] 祖国建, 电气控制与 PLC[M], 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.2
- [9] 王子文, PLC 技术及应用项目教程[M], 北京: 北京科学技术出版社, 2010.3
- [10] 阮友德, 电气控制与 PLC 实训教程[M], 北京: 人民邮电出版社 2006.10
- [11] 庭有, 可编程控制器原理及应用[M], 北京: 国防工业出版社 2005.7
- [12] 施振金, 电机与电气控制[M], 北京: 人民邮电出版社 2007.4
- [13] 许晓峰, 电机及拖动[M] (第二版), 北京: 高等教育出版社 2005.8
- [14] 王君容, 光电子器件[M], 长沙: 国防工业出版社 1982.12
- [15] 何焕山, 工厂电气控制设备[M], 北京: 高等教育出版社 1999.6
- [16] 郭海、穆连生等, 高产高效矿井综连采电气技术[M], 北京: 煤炭工业出版社, 2005
- [17] 王红俭、王会森主编, 煤矿电工学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005
- [18] 梁南丁, 矿山机械设备电气控制[M]. 徐州: 中国矿业学院出版社, 2009.1