

电 工 实 用 手 册

目 录

一、功率电流快速计算公式，导线截面积与电流的关系.....	5
1、功率电流速算公式.....	5
2、下面是铜线在不同温度下的线径和所能承受的最大电流.....	7
3、导线线径一般按如下公式计算.....	7
4、说明.....	8
5、估算口诀.....	8
二、电线大小与用电功率之间的计算.....	10
1、用途.....	10
2、口诀.....	10
3、说明.....	10
三、电压降的估算.....	12
1、用途.....	12
2、口诀.....	12
3、说明.....	12
4、以上就是电压损失的估算方法。.....	15
四、根据电流来选截面.....	16
1、用途.....	16
2、口诀.....	17
3、说明.....	17
4、下面这个估算口诀和上面的有异曲同工之处：.....	20
5、口诀.....	20
6、说明.....	20
7、电线粗细与电器功率之间的关系是怎样计算的？.....	22
8、如合计算电线所能承受的电功率.....	22
五、电导线径对应电流速查表:.....	24

六、实操项目 2101：正反转能耗制动控制.....	25
1、实操目的.....	25
2、动作原理.....	25
3、接线图.....	26
4、线路检查（取下 FU2）.....	26
5、通电试车.....	27
6、故障分析.....	27
7、注意事项.....	28
8、分析思考.....	28
七、实操项目 2102:双速电机控制.....	28
1、实操目的.....	29
2、动作原理.....	29
3、接线圈.....	29
4、线路检查（取下 FU1）.....	30
5、通电试车.....	30
6、故障分析.....	31
7、注意事项.....	31
8、分析思考.....	31
八、实操项目 2103：Y/Δ 启动及顺序控制.....	32
1、实操目的.....	32
2、动作原理.....	32
3、接线图.....	33
4、线路检查（取 FU2）.....	33
5、通电试车.....	33
6、故障分析.....	33
7、注意事项.....	33
8、分析思考.....	34

九、实操项目 2104：三速电机控制.....	35
1、实操目的.....	35
2、动作原理.....	36
3、线路检查（取下 FU2）.....	37
4、通电试车.....	37
5、故障分析.....	38
6、注意事项.....	38
7、分析思考.....	38
十、附录：电气元件的选择.....	39
1、熔断器的选用.....	39
2、接触器的选用.....	39
3、低压断路器的选择及整定.....	40
4、热继电器的选择及整定.....	40
5、导线的选择.....	40
6、附表.....	42

一、功率电流快速计算公式，导线截面积与电流的关系

1、功率电流速算公式

三相电机： 2A/KW

三相电热设备： 1.5A/KW

单相 220V， 4.5A/KW

单相 380V， 2.5A/KW

铜线、铝线截面积(mm²)型号系列：

1 1.5 2.5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185

一般铜线安全电流最大为：

2.5 平方毫米铜电源线的安全载流量——28A。

4 平方毫米铜电源线的安全载流量——35A 。

6 平方毫米铜电源线的安全载流量——48A 。

10 平方毫米铜电源线的安全载流量——65A。

16 平方毫米铜电源线的安全载流量——91A 。

25 平方毫米铜电源线的安全载流量——120A。

如果是铝线截面积要取铜线的 1.5-2 倍。

如果铜线电流小于 28A，按每平方毫米 10A 来取肯定安全。

如果铜线电流大于 120A，按每平方毫米 5A 来取。

铝导线的截面积所能正常通过的电流可根据其所需要导通的电流总数进行选择，一般可按照如下顺口溜进行确定：

十下五，百上二，二五三四三倍，七零九五两倍半，铜线升级算。

就是 10 平方以下的铝线，平方毫米数乘以 5 就可以了，要是铜线呢，就升一个档，比如 2.5 平方的铜线，就按铝线 4 平方计算。一百以上的都是截面积乘以 2，二十五平

方以下的乘以 4, 三十五平方以上的乘以 3, 70 和 95 平方都乘以 2.5。

说明:只能作为估算,不是很准确。

另外如果是室内,6 平方毫米以下的铜线,每平方电流不超过 10A 就是安全的,从这个角度讲,可以选择 1.5 平方的铜线或 2.5 平方的铝线。

10 米内,导线电流密度 6A/平方毫米比较合适,10-50 米,3A/平方毫米,50-200 米,2A/平方毫米,500 米以上要小于 1A/平方毫米。从这个角度,如果不是很远的情况下,可以选择 4 平方铜线或者 6 平方铝线。

如果是距离 150 米供电,一定采用 4 平方的铜线。

导线的阻抗与其长度成正比,与其线径成反比。在使用电源时,特别要注意输入与输出导线的线材与线径问题。以防止电流过大使导线过热而造成事故。

2、下面是铜线在不同温度下的线径和所能承受的最大电流

线径（大约值）（mm ² ）	铜线温度（摄氏度）			
	60	75	85	90
	电流（A）			
2.5	20	20	25	25
4	25	25	30	30
6	30	35	40	40
8	40	50	55	55
14	55	65	70	75
22	70	85	95	95
30	85	100	100	110
38	95	115	125	130
50	110	130	145	150
60	125	150	165	170
70	145	175	190	195
80	165	200	215	225
100	195	230	250	260

3、导线线径一般按如下公式计算

铜线： $S = I * L / (54.4 * U^2)$

铝线： $S = I * L / (34 * U^2)$

式中：

I——导线中通过的最大电流（A）

L——导线的长度（M）

U' ——允许的电压降（V）

S——导线的截面积（MM²）

4、说明

4.1、 U' 电压降可由整个系统中所用的设备范围内，分给系统供电用的电源电压额定值综合起来考虑选用。

4.2、计算出来的截面积往上靠。

绝缘导线载流量估算

铝芯绝缘导线载流量与截面的倍数关系

导线截面(mm ²)	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
载流是截面倍数	9	8	7	6	5	4	3.5	3	2.5				
载流量(A)	9	14	23	32	48	60	90	100	123	150	210	238	300

5、估算口诀

二点五下乘以九，往上减一顺号走。

三十五乘三点五，双双成组减点五。

条件有变加折算，高温九折铜升级。

穿管根数二三四，八七六折满载流。

说明：

本节口诀对各种绝缘线（橡皮和塑料绝缘线）的载流量（安全电流）不是直接指出，而是“截面积乘上一定的倍数”来表示，通过计算而得。

由表 5.3 可以看出：倍数随截面的增大而减小。

“二点五下乘以九，往上减一顺号走”说的是 2.5mm² 及以下的各种截面铝芯绝

缘线，其载流量约为截面数的 9 倍。如 2.5mm' 导线，载流量为 $2.5 \times 9 = 22.5$ (A)。

从 4mm' 及以上导线的载流量和截面数的倍数关系是顺着线号往上排，倍数逐次减 1，即 4×8 、 6×7 、 10×6 、 16×5 、 25×4 。

“三十五乘三点五，双双成组减点五”，说的是 35mm' 的导线载流量为截面数的 3.5 倍，即 $35 \times 3.5 = 122.5$ (A)。从 50mm' 及以上的导线，其载流量与截面数之间的倍数关系变为两个两个线号成一组，倍数依次减 0.5。即 50、70mm' 导线的载流量为截面数的 3 倍；95、120mm' 导线载流量是其截面积数的 2.5 倍，依次类推。

“条件有变加折算，高温九折铜升级”。上述口诀是铝芯绝缘线、明敷在环境温度 25℃ 的条件下而定的。若铝芯绝缘线明敷在环境温度长期高于 25℃ 的地区，导线载流量可按上述口诀计算方法算出，然后再打九折即可；

当使用的不是铝线而是铜芯绝缘线，它的载流量要比同规格铝线略大一些，可按上述口诀方法算出比铝线加大一个线号的载流量。如 16mm' 铜线的载流量，可按 25mm² 铝线计算。

二、电线大小与用电功率之间的计算

先估算负荷电流

1、用途

这是根据用电设备的功率（千瓦或千伏安）算出电流（安）的口诀。

电流的大小直接与功率有关，也与电压、相别、力率（又称功率因数）等有关。一般有公式可供计算。由于工厂常用的都是 380/220 伏三相四线系统，因此，可以根据功率的大小直接算出电流。

2、口诀

低压 380/220 伏系统每千瓦的电流，安。

千瓦、电流，如何计算？

电力加倍，电热加半。 ①

单相千瓦，4.5 安。 ②

单相 380，电流两安半。 ③

3、说明

口诀是以 380/220 伏三相四线系统中的三相设备为准，计算每千瓦的安数。对于某些单相或电压不同的单相设备，其每千瓦的安数，口诀另外作了说明。

① 这两句口诀中，电力专指电动机。在 380 伏三相时（力率 0.8 左右），电动机每千瓦的电流约为 2 安。即将“千瓦数加一倍”（乘 2）就是电流，安。这电流也称电动机的额定电流。

【例 1】 5.5 千瓦电动机按“电力加倍”算得电流为 11 安。

【例 2】 40 千瓦水泵电动机按“电力加倍”算得电流为 80 安。

电热是指用电阻加热的电阻炉等。三相 380 伏的电热设备，每千瓦的电流为 1.5 安。即将“千瓦数加一半”（乘 1.5）就是电流，安。

【例 1】 3 千瓦电加热器按“电热加半”算得电流为 4.5 安。

【例 2】 15 千瓦电阻炉按“电热加半”算得电流为 23 安。

这句口诀不专指电热，对于照明也适用。虽然照明的灯泡是单相而不是三相，但对照明供电的三相四线干线仍属三相。只要三相大体平衡也可这样计算。此外，以千伏安为单位的电器（如变压器或整流器）和以千乏为单位的移相电容器（提高力率用）也都适用。即时说，这后半句虽然说的是电热，但包括所有以千伏安、千乏为单位的用电设备，以及以千瓦为单位的电热和照明设备。

【例 1】 12 千瓦的三相（平衡时）照明干线按“电热加半”算得电流为 18 安。

【例 2】 30 千伏安的整流器按“电热加半”算得电流为 45 安（指 380 伏三相交流侧）。

【例 3】 320 千伏安的配电变压器按“电热加半”算得电流为 480 安（指 380/220 伏低压侧）。

【例 4】 100 千乏的移相电容器（380 伏三相）按“电热加半”算得电流为 150 安。

②在 380/220 伏三相四线系统中，单相设备的两条线，一条接相线而另一条接零线的（如照明设备）为单相 220 伏用电设备。这种设备的力率大多为 1，因此，口诀便直接说明“单相（每）千瓦 4.5 安”。计算时，只要“将千瓦数乘 4.5”就是电流，安。

同上面一样，它适用于所有以千伏安为单位的单相 220 伏用电设备，以及以千瓦为单位的电热及照明设备，而且也适用于 220 伏的直流。

【例 1】 500 伏安（0.5 千伏安）的行灯变压器（220 伏电源侧）按“单相千瓦、4.5

安”算得电流为 2.3 安。

【例 2】 1000 瓦投光灯按“单相千瓦、4.5 安”算得电流为 4.5 安。

对于电压更低的单相，口诀中没有提到。可以取 220 伏为标准，看电压降低多少，电流就反过来增大多少。比如 36 伏电压，以 220 伏为标准来说，它降低到 1/6，电流就应增大到 6 倍，即每千瓦的电流为 $6 \times 4.5 = 27$ 安。比如 36 伏、60 瓦的行灯每只电流

为 $0.06 \times 27 = 1.6$ 安，5 只便共有 8 安。

③在 380/220 伏三相四线系统中，单相设备的两条线都是接到相线上的，习惯上称为单相 380 伏用电设备（实际是接在两相上）。这种设备当以千瓦为单位时，力率大多为 1，口诀也直接说明：“单相 380，电流两安半”。它也包括以千伏安为单位的 380 伏单相设备。计算时，只要“将千瓦或千伏安数乘 2.5”就是电流，安。

【例 1】 32 千瓦钨丝电阻炉接单相 380 伏，按“电流两安半”算得电流为 80 安。

【例 2】 2 千伏安的行灯变压器，初级接单相 380 伏，按“电流两安半”算得电流为 5 安。

【例 3】 21 千伏安的交流电焊变压器，初级接单相 380 伏，按“电流两安半”算得电流为 53 安。

估算出负荷的电流后在根据电流选出相应导线的截面，选导线截面时有几个方面要考虑到一是导线的机械强度二是导线的电流密度（安全截流量），三是允许电压降

三、电压降的估算

1、用途

根据线路上的负荷矩，估算供电线路上的电压损失，检查线路的供电质量。

2、口诀

提出一个估算电压损失的基准数据，通过一些简单的计算，可估出供电线路上的电压损失。

压损根据“千瓦·米”，2.5 铝线 20—1。截面增大荷矩大，电压降低平方低。①

三相四线 6 倍计，铜线乘上 1.7。②

感抗负荷压损高，10 下截面影响小，若以力率 0.8 计，10 上增加 0.2 至 1。③

3、说明

电压损失计算与较多的因素有关，计算较复杂。

估算时，线路已经根据负荷情况选定了导线及截面，即有关条件已基本具备。

电压损失是按“对额定电压损失百分之几”来衡量的。口诀主要列出估算电压损失的最基本的数据，多少“负荷矩”电压损失将为1%。当负荷矩较大时，电压损失也就相应增大。因此，首先应算出这线路的负荷矩。

所谓负荷矩就是负荷（千瓦）乘上线路长度（线路长度是指导线敷设长度“米”，即导线走过的路径，不论线路的导线根数。），单位就是“千瓦·米”。对于放射式线路，负荷矩的计算很简单。如下图1，负荷矩便是 $20 \times 30 = 600$ 千瓦·米。但如图2的树干式线路，便麻烦些。对于其中5千瓦

设备安装位置的负荷矩应这样算：从线路供电点开始，根据线路分支的情况把它分成三段。在线路的每一段，三个负荷（10、8、5千瓦）都通过，因此负荷矩为：

第一段： $10 \times (10 + 8 + 5) = 230$ 千瓦·米

第二段： $5 \times (8 + 5) = 65$ 千瓦·米

第三段： $10 \times 5 = 50$ 千瓦·米

至5千瓦设备处的总负荷矩为： $230 + 65 + 50 = 345$ 千瓦·米

下面对口诀进行说明：

①首先说明计算电压损失的最基本的根据是负荷矩：千瓦·米

接着提出一个基准数据：

2.5平方毫米的铝线，单相220伏，负荷为电阻性（力率为1），每20“千瓦·米”负荷矩电压损失为1%。这就是口诀中的“2.5铝线20—1”。

在电压损失1%的基准下，截面大的，负荷矩也可大些，按正比关系变化。比如10平方毫米的铝线，截面为2.5平方毫米的4倍，则 $20 \times 4 = 80$ 千瓦·米，即这种导线负荷矩为80千瓦·米，电压损失才1%。其余截面照些类推。

当电压不是220伏而是其它数值时，例如36伏，则先找出36伏相当于220伏的 $1/6$ 。此时，这种线路电压损失为1%的负荷矩不是20千瓦·米，而应按 $1/6$ 的平方即 $1/36$ 来降低，这就是 $20 \times (1/36) = 0.55$ 千瓦·米。即是说，36伏时，每0.55千瓦·米（即每550瓦·米），电压损失降低1%。

“电压降低平方低”不单适用于额定电压更低的情况，也可适用于额定电压更高

的情况。这时却要按平方升高了。例如单相 380 伏，由于电压 380 伏为 220 伏的 1.7 倍，因此电压损失 1% 的负荷矩应为 20×1.7 的平方 = 58 千瓦·米。

从以上可以看出：口诀“截面增大荷矩大，电压降低平方低”。都是对照基准数据“2.5 铝线 20—1”而言的。

【例 1】 一条 220 伏照明支路，用 2.5 平方毫米铝线，负荷矩为 76 千瓦·米。由于 76 是 20 的 3.8 倍 ($76/20=3.8$)，因此电压损失为 3.8%。

【例 2】 一条 4 平方毫米铝线敷设的 40 米长的线路，供给 220 伏 1 千瓦的单相电炉 2 只，估算电压损失是：

先算负荷矩 $2 \times 40 = 80$ 千瓦·米。再算 4 平方毫米铝线电压损失 1% 的负荷矩，根据“截面增大负荷矩大”的原则，4 和 2.5 比较，截面增大为 1.6 倍 ($4/2.5=1.6$)，因此负荷矩增为

$20 \times 1.6 = 32$ 千瓦·米（这是电压损失 1% 的数据）。最后计算 $80/32=2.5$ ，即这条线路电压损失为 2.5%。

②当线路不是单相而是三相四线时，（这三相四线一般要求三相负荷是较平衡的。它的电压是和单相相对应的。如果单相为 220 伏，对应的三相便是 380 伏，即 $380/220$ 伏。）同样是 2.5 平方毫米的铝线，电压损失 1% 的负荷矩是①中基准数据的 6 倍，即 $20 \times 6 = 120$ 千瓦·米。至于截面或电压变化，这负荷矩的数值，也要相应变化。

当导线不是铝线而是铜线时，则应将铝线的负荷矩数据乘上 1.7，如“2.5 铝线 20—1”改为同截面的铜线时，负荷矩则改为 $20 \times 1.7 = 34$ 千瓦·米，电压损失才 1%。

【例 3】 前面举例的照明支路，若是铜线，则 $76/34=2.2$ ，即电压损失为 2.2%。对电炉供电的那条线路，若是铜线，则 $80 / (32 \times 1.7) = 1.5$ ，电压损失为 1.5%。

【例 4】 一条 50 平方毫米铝线敷设的 380 伏三相线路，长 30 米，供给一台 60 千瓦的三相电炉。电压损失估算是：

先算负荷矩： $60 \times 30 = 1800$ 千瓦·米。

再算 50 平方毫米铝线在 380 伏三相的情况下电压损失 1% 的负荷矩：根据“截面增大荷矩大”，由于 50 是 2.5 的 20 倍，因此应乘 20，再根据“三相四线 6 倍计”，

又要乘 6，因此，负荷矩增大为 $20 \times 20 \times 6 = 2400$ 千瓦·米。

最后 $1800 / 2400 = 0.75$ ，即电压损失为 0.75%。

③以上都是针对电阻性负荷而言。对于感抗性负荷（如电动机），计算方法比上面的更复杂。但口诀首先指出：同样的负荷矩——千瓦·米，感抗性负荷电压损失比电阻性的要高一些。它与截面大小及导线敷设之间的距离有关。对于 10 平方毫米及以下的导线则影响较小，可以不增高。

对于截面 10 平方毫米以上的线路可以这样估算：先按①或②算出电压损失，再“增加 0.2 至 1”，这是指增加 0.2 至 1 倍，即再乘 1.2 至 2。这可根据截面大小来定，截面大的乘大些。例如 70 平方毫米的可乘 1.6，150 平方毫米可乘 2。

以上是指线路架空或支架明敷的情况。对于电缆或穿管线路，由于线路距离很小面影响不大，可仍按①、②的规定估算，不必增大或仅对大截面的导线略为增大（在 0.2 以内）。

【例 5】若 20 千瓦是 380 伏三相电动机，线路为 3×16 铝线支架明敷，则电压损失估算为：已知负荷矩为 600 千瓦·米。

计算截面 16 平方毫米铝线 380 伏三相时，电压损失 1% 的负荷矩：由于 16 是 2.5 的 6.4 倍，三相负荷矩又是单相的 6 倍，因此负荷矩增为： $20 \times 6.4 \times 6 = 768$ 千瓦·米
 $600 / 768 = 0.8$

即估算的电压损失为 0.8%。但现在是电动机负荷，而且导线截面在 10 以上，因此应增加一些。根据截面情况，考虑 1.2，估算为 $0.8 \times 1.2 = 0.96$ ，可以认为电压损失约 1%。

4、以上就是电压损失的估算方法。

最后再就有关这方面的问题谈几点：

A、线路上电压损失大到多少质量就不好？一般以 7~8% 为原则。（较严格的说法是：电压损失以用电设备的额定电压为准（如 380/220 伏），允许低于这额定电压的 5%（照明为 2.5%）。但是配电变压器低压母线端的电压规定又比额定电压高 5%（400/230 伏），因此从变压器开始至用电设备的整个线路中，理论上共可损失 $5\% + 5\% = 10\%$ ，但通常却只允许 7~8%。这是因为还要扣除变压器内部的电压损失以及变压器力率低的影响的缘

故。)不过这7~8%是指从配电变压器低压侧开始至计算的那个用电设备为止的全部线路。它通常包括有户外架空线、户内干线、支线等线段。应当是各段结果相加，全部约7~8%。

B、估算电压损失是设计的工作，主要是防止将来使用时出现电压质量不佳的现象。由于影响计算的因素较多（主要的如计算干线负荷的准确性，变压器电源侧电压的稳定性等），因此，对计算要求很精确意义不大，只要大体上胸中有数就可以了。比如截面相比的关系也可简化为4比2.5为1.5倍，6比2.5为2.5倍，16比2.5倍为6倍。这样计算会更方便些。

C、在估算电动机线路电压损失中，还有一种情况是估算电动机起动时的电压损失。这是若损失太大，电动机便不能直接起动。由于起动时的电流大，功率低，一般规定起动时的电压损失可达15%。这种起动时的电压损失计算更为复杂，但可用上述口诀介绍的计算结果判断，一般截面25平方毫米以内的铝线若符合5%的要求，也可符合直接起动的要求：35、50平方毫米的铝线若电压损失在3.5%以内，也可满足；70、95平方毫米的铝线若电压损失在2.5%以内，也可满足；而120平方毫米的铝线若电压损失在1.5%以内，才可满足。这3.5%，2.5%，1.5%刚好是5%的七、五、三折，因此可以简单记为：“35以上，七、五、三折”。

D、假如在使用中确实发现电压损失太大，影响用电质量，可以减少负荷（将一部分负荷转移到别的较轻的线路，或另外增加一回路），或者将部分线段的截面增大（最好增大前面的干线）来解决。对于电动机线路，也可以改用电缆来减少电压损失。当电动机无法直接启动时，除了上述解决办法外，还可以采用降压启动设备（如星-三角启动器或自耦减压启动器等）来解决

四、根据电流来选截面

1、用途

各种导线的截流量(安全用电)通常可以从手册中查找。但利用口诀再配合一些简单的心算，便可直接算出，不必查表。

导线的截流量与导线的截面有关，也与导线的材料（铝或铜）、型号（绝缘线或裸线等）、敷设方法（明敷或穿管等）以及环境温度（25℃左右或更大）等有关，影响的

因素较多，计算也较复杂。

2、口诀

铝心绝缘线截流量与截面的倍数关系： S （截面） $=0.785 \times D$ （直径）的平方

10 下 5，100 上二，25、35，四三界，70、95，两倍半。①

穿管、温度，八九折。②

裸线加一半。③

铜线升级算。④

3、说明

口诀是以铝芯绝缘线、明敷在环境温度 25°C 的条件为准。若条件不同，口诀另有说明。

绝缘线包括各种型号的橡皮绝缘线或塑料绝缘线。

口诀对各种截面的截流量（电流，安）不是直接指出，而是用“截面乘上一定倍数”来表示。为此，应当先熟悉导线截面（平方毫米）的排列：

1 1.5 2.5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185

生产厂制造铝芯绝缘线的截面通常从 2.5 开始，铜芯绝缘线则从 1 开始；裸铝线从 16 开始，裸铜线则从 10 开始。

①这口诀指出：铝芯绝缘线截流量，安，可以按“截面数的多少倍”来计算。口诀中阿拉伯数字表示导线截面（平方毫米），汉字数字表示倍数。把口诀的“截面与倍数关系”排列起来便如下：

... 10*5 16、25*4 35、45*3 70、95*2.5 120*2.....

现在再和口诀对照就更清楚了，原来“10 下五”是指截面从 10 以下，截流量都是截面数的五倍。“100 上二”是指截面 100 以上，截流量都是截面数的二倍。截面 25 与 35 是四倍和三倍的分界处。这就是口诀“25、35 四三界”。而截面 70、95 则为二点五倍。从上面的排列可以看出：除 10 以下及 100 以上之处，中间的导线截面是每每两种规格属同一种倍数。

下面以明敷铝芯绝缘线，环境温度为 25℃，举例说明：

【例 1】6 平方毫米的，按“10 下五”算得截流量为 30 安。

【例 2】150 平方毫米的，按“100 上二”算得截流量为 300 安。

【例 3】70 平方毫米的，按“70、95 两倍半”算得截流量为 175 安。

从上面的排列还可以看出：倍数随截面的增大而减小。在倍数转变的交界处，误差稍大些。比如截面 25 与 35 是四倍与三倍的分界处，25 属四倍的范围，但靠近向三倍变化的一侧，它按口诀是四倍，即 100 安，但实际不到四倍（按手册为 97 安），而 35 则相反，按口诀是三倍，即 105 安，实际则是 117 安，不过这对使用的影响并不大。当然，若能“胸中有数”，在选择导线截面时，25 的不让它满到 100 安，35 的则可以略为超过 105 安便更准确了。同样，2.5 平方毫米的导线位置在五倍的最始（左）端，实际便不止五倍（最大可达 20 安以上），不过为了减少导线内的电能损耗，通常都不用到这么大，手册中一般也只标 12 安。

②从这以下，口诀便是对条件改变的处理。本名“穿管、温度，八、九折”是指：若是穿管敷设（包括槽板等敷设，即导线加有保护套层，不明露的），按①计算后，再打八折（乘 0.8）。若环境温度超过 25℃，应按①计算后再打九折（乘 0.9）。

关于环境温度，按规定是指夏天最热月的平均最高温度。实际上，温度是变动的，一般情况下，它影响导体截流并不很大。因此，只对某些高温车间或较热地区超过 25℃ 较多时，才考虑打折扣。

还有一种情况是两种条件都改变（穿管又温度较高），则按①计算后打八折，再打九折。或者简单地一次打七折计算（即 $0.8 \times 0.9 = 0.72$ ，约为 0.7）。这也可以说是“穿管、温度，八、九折”的意思。

例如：（铝芯绝缘线）

10 平方毫米的，穿管（八折），

40 安（ $10 \times 5 \times 0.8 = 40$ ）

高温（九折）

45 安（ $10 \times 5 \times 0.9 = 45$ ）

穿管又高温(七折)

35 安($10*5*0.7=35$ 安)

95 平方毫米的, 穿管(八折)

190 安($95*2.5*0.8=190$)

高温(九折)

214 安($95*2.5*0.9=213.8$)

穿管又高温(七折)

166 安($95*2.5*0.7=166.3$)

③ 对于裸铝线的截流量, 口诀指出“裸线加一半”, 即按①计算后再一半(乘 1.5)。这是指同样截面的铝芯绝缘芯与裸铝线比较, 截流量可加一半。

【例 1】 16 平方毫米裸铝线, 96 安 ($16*4*1.5=96$)

高温, 86 安 ($16*4*1.5*0.9=86.4$)

【例 2】 35 平方毫米裸铝线, 158 安 ($35*3*1.5=157.5$)

【例 3】 120 平方毫米裸铝线, 360 安 ($120*2*1.5=360$)

④对于铜导线的截流量, 口诀指出“铜线升级算”, 即将铜导线的截面按截面排列顺序提升一级, 再按相应的铝线条件计算。

【例 1】 35 平方毫米裸铜线 25℃。升级为 50 平方毫米, 再按 50 平方毫米裸铝线, 25℃计算为 225 安 ($50*3*1.5$)。

【例 2】 16 平方毫米铜绝缘线 25℃。按 25 平方毫米铝绝缘线的相同条件, 计算为 100 安 ($25*4$)。

【例 3】 95 平方毫米铜绝缘线 25℃, 穿管。按 120 平方毫米铝绝缘线的相同条件, 计算为 192 安 ($120*2*0.8$)。

附带说一下: 对于电缆, 口诀中没有介绍。一般直接埋地的高压电缆, 大体上可采用①中的有关倍数直接计算, 比如 35 平方毫米高压铠装铝芯电缆埋地敷设的截流量约为 105 安 ($35*3$)。95 平方毫米的约为 238 安 ($95*2.5$)。

4、下面这个估算口诀和上面的有异曲同工之处：

二点五下乘以九，往上减一顺号走。

三十五乘三点五，双双成组减点五。

条件有变加折算，高温九折铜升级。

穿管根数二三四，八七六折满载流。

2.5 平方*9 4 平方*8 6 平方*7 10 平方*6 16 平方*5 25 平方*4 35 平方*3.5

50 和 70 平方*3 95 和 120 平方*2.5

最后说明一下用电流估算截面的适用于近电源(负荷离电源不远), 电压降适用于长距离

给你一个口诀, 背熟了, 你也就可以自己设计家中的强电布线了

5、口诀

十下五;百上二;二五三四三界;

七零九五两倍半;穿管温度八九折;

铜线升级算;裸线加一半

6、说明

十下五就是十以下乘以五;

百上二就是百以上乘以二;

二五三四三界就是二五乘以四, 三五乘以三;

七零九五两倍半就是七零和九五线都乘以二点五;

穿管温度八九折就是随着温度的变化而变化, 在算好的安全电流数上乘以零点八或零点九;

铜线升级算就是在同截面铝芯线的基础上升一级, 如二点五铜芯线就是在二点五铝芯线上升一级, 则按四平方毫米铝芯线算.

裸线加一半就是在原已算好的安全电流数基础上再加一半

电线粗细与电器功率之间的关系是怎样计算的？

导线截面积与载流量的计算 一、一般铜导线载流量导线的安全载流量是根据所允许的线芯最高温度、冷却条件、敷设条件来确定的。一般铜导线的安全载流量为 $5 \sim 8 \text{ A/mm}^2$ ，铝导线的安全载流量为 $3 \sim 5 \text{ A/mm}^2$ 。〈关键点〉一般铜导线的安全载流量为 $5 \sim 8 \text{ A/mm}^2$ ，铝导线的安全载流量为 $3 \sim 5 \text{ A/mm}^2$ 。如：2.5 mm² BVV 铜导线安全载流量的推荐值 $2.5 \times 8 \text{ A/mm}^2 = 20 \text{ A}$ 4 mm² BVV 铜导线安全载流量的推荐值 $4 \times 8 \text{ A/mm}^2 = 32 \text{ A}$ 二、计算铜导线截面积利用铜导线的安全载流量的推荐值 $5 \sim 8 \text{ A/mm}^2$ ，计算出所选取铜导线截面积 S 的上下范围： $S = \langle I / (5 \sim 8) \rangle = 0.125 I \sim 0.2 I \text{ (mm}^2)$ S-----铜导线截面积 (mm²) I-----负载电流 (A) 三、功率计算一般负载（也可以成为用电器，如点灯、冰箱等等）分为两种，一种式电阻性负载，一种是电感性负载。对于电阻性负载的计算公式： $P = UI$ 对于日光灯负载的计算公式： $P = UI \cos \phi$ ，其中日光灯负载的功率因数 $\cos \phi = 0.5$ 。不同电感性负载功率因数不同，统一计算家庭用电器时可以将功率因数 $\cos \phi$ 取 0.8。也就是说如果一个家庭所有用电器加上总功率为 6000 瓦，则最大电流是 $I = P / U \cos \phi = 6000 / 220 \times 0.8 = 34 \text{ (A)}$ 但是，一般情况下，家里的电器不可能同时使用，所以加上一个公用系数，公用系数一般 0.5。所以，上面的计算应该改写成 $I = P * \text{公用系数} / U \cos \phi = 6000 * 0.5 / 220 \times 0.8 = 17 \text{ (A)}$ 也就是说，这个家庭总的电流值为 17A。则总闸空气开关不能使用 16A，应该用大于 17A 的。估算口诀：二点五下乘以九，往上减一顺号走。三十五乘三点五，双双成组减点五。条件有变加折算，高温九折铜升级。穿管根数二三四，八七六折满载流。说明：(1) 本节口诀对各种绝缘线(橡皮和塑料绝缘线)的载流量(安全电流)不是直接指出，而是“截面乘上一定的倍数”来表示，通过心算而得。由表 5 3 可以看出：倍数随截面的增大而减小。“二点五下乘以九，往上减一顺号走”说的是 2.5mm² 及以下的各种截面铝芯绝缘线，其载流量约为截面数的 9 倍。如 2.5mm² 导线，载流量为 $2.5 \times 9 = 22.5 \text{ (A)}$ 。从 4mm² 及以上导线的载流量和截面数的倍数关系是顺着线号往上排，倍数逐次减 1，即 4×8 、 6×7 、 10×6 、 16×5 、 25×4 。“三十五乘三点五，双双成组减点五”，说的是 35mm² 的导线载流量为截面数的 3.5 倍，即 $35 \times 3.5 = 122.5 \text{ (A)}$ 。从 50mm² 及以上的导线，其载流量与截面数之间的倍数关系变为两个两个线号成一组，倍数依次减 0.5。即 50、70mm² 导线的载流量为截面数的 3 倍；95、120mm² 导线载流量是其截面积数的 2.5

倍，依次类推。“条件有变加折算，高温九折铜升级”。上述口诀是铝芯绝缘线、明敷在环境温度 25℃ 的条件下而定的。若铝芯绝缘线明敷在环境温度长期高于 25℃ 的地区，导线载流量可按上述口诀计算方法算出，然后再打九折即可；当使用的不是铝线而是铜芯绝缘线，它的载流量要比同规格铝线略大一些，可按上述口诀方法算出比铝线加大一个线号的载流量。如 16mm' 铜线的载流量，可按 25mm² 铝线计算。

7、电线粗细与电器功率之间的关系是怎样计算的？

电线的线径和负载的功率的关系还要看电线的工作环境，比如埋管或者明线、电缆或者塑料线，铜线或者铝线，到书店买本《电工手册》即可，或者在共享资料下载。一般估算可以按照明线架空每平方毫米 10 安培，暗埋 5~6 安培最大电流。

8、如合计算电线所能承受的电功率

如果已知电线的截面积要如何，要如何计算该电线所能承受的最大电功率？

或已知所需电功率，如何计算出该使用多少 mm² 电线。回复：我们可以通过查电工手册，得出电线的最大允许载流量，根据公式

功率 $P = \text{电压 } U \times \text{电流 } I$

计算出的功率就是电线所能承受的最大电功率。

例如：在 220 伏的电源上引出 1.5 平方毫米导线，最大能接多大功率的电器？

解：查下面手册可知 1.5 平方毫米导线的载流量为 22A

根据：功率 $P = \text{电压 } U \times \text{电流 } I = 220 \text{ 伏} \times 22 \text{ 安} = 4840 \text{ 瓦}$

答：最大能接上 4840 瓦的电器

反之，已知所需功率，我们根据上面的公式求电流

电流 = 功率 ÷ 电压

得出电流再查手册就能知道要用多大的导线。

例如：要接在 220 伏电源上的 10 千瓦的电器，要用多大的导线？

解：根据：电流 = 功率 ÷ 电压 = 10000 瓦 ÷ 220 伏 = 45.5 安

查下面手册可知，要用 6 平方毫米的导线

答：要用 6 平方毫米的导线

500V 及以下铜芯塑料绝缘线空气中敷设，工作温度 30℃，长期连续 100% 负载下的载流量如下：

1.5 平方毫米——22A

2.5 平方毫米——30A

4 平方毫米——39A

6 平方毫米——51A

10 平方毫米——70A

16 平方毫米——98A

铜芯电线：.. 铜芯线截面积.. 允许长期电流.. 2.5 平方毫米 (16A~25A)..

4 平方毫米 (25A~32A).. 6 平方毫米 (32A~40A)

铝芯电线：铝芯线截面积.. 允许长期电流.. 2.5 平方毫米 (13A~20A)

4 平方毫米 (20A~25A).. 6 平方毫米 (25A~32A)

///举例说明：////

1、每台计算机耗电约为 200~300W(约 1~1.5A)，那么 10 台计算机就需要一条 2.5 平方毫米的铜芯电线供电，否则可能发生火灾。

2、大 3 匹空调耗电约为 3000W(约 14A)，那么 1 台空调就需要单独的一条 2.5 平方毫米的铜芯电线供电。

3、现在的住房进线一般是 4 平方毫米的铜线，因此，同时开启的家用电器不得超过 25A(即 5500 瓦)，有人将房屋内的电线更换成 6 平方毫米的铜线是没有用处的，因为进入电表的电线是 4 平方毫米的。

4、早期的住房(15 年前) 进线一般是 2.5 平方毫米的铝线，因此，同时开启的家用电器不得超过 13A(即 2800 瓦)。

5、耗电量比较大的家用电器是：空调 5A(1.2 匹)，电热水器 10A，微波炉 4A，电饭煲 4A，洗碗机 8A，带烘干功能的洗衣机 10A，电开水器 4A

在电源引起的火灾中,有 90%是由于接头发热造成的,因此所有的接头均要焊接,不能焊接的接触器件 5~10 年必须更换

(比如插座、空气开关等)。

国标允许的长期电流

4 平方是 25-32A

6 平方是 32-40A

其实这些都是理论安全数值,极限数值还要大于这些的,

2, 5 平方的铜线允许使用的最大功率是:5500W. 4 平方的 8000W, 6 平方 9000W 没问题的.

40A 的数字电表正常 9000W 绝对没问题. 机械的 12000W 也不会烧毁的.

五、电线线径对应电流速查表:

单芯线径	电流(A)	单芯线径	电流(A)	单芯线径	电流(A)
1. 5mm ²	17A	8mm ²	49A	50mm ²	125A
2mm ²	18A	10mm ²	55A	70mm ²	183A
2. 5mm ²	26A	16mm ²	73A	96mm ²	220A
4mm ²	34A	20mm ²	90A	120mm ²	258A
5mm ²	38A	25mm ²	96A	150mm ²	294A
6mm ²	42A	35mm ²	120A		

注:

- 1: 以上电线是三相五线制.
- 2: 在设计时,如使用铁管则放大 1.5 倍系数.
- 3: A 为单根铜线允许的电流.
- 4: 三相电:电流 A = 功率 ÷ 660
- 5: 单相电:电流 A = 功率 ÷ 220
- 6: 选择空开(A) = 功率(KW) × 2 × 1.3

六、实操项目 2101：正反转能耗制动控制

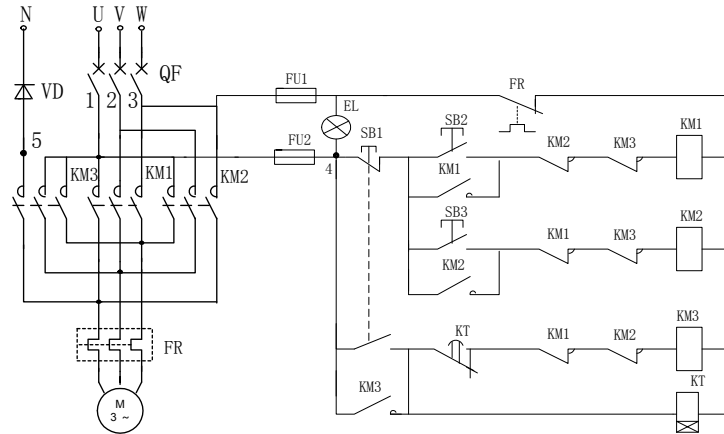


图 2101—1 正反转能耗制动控制原理图

1、实操目的

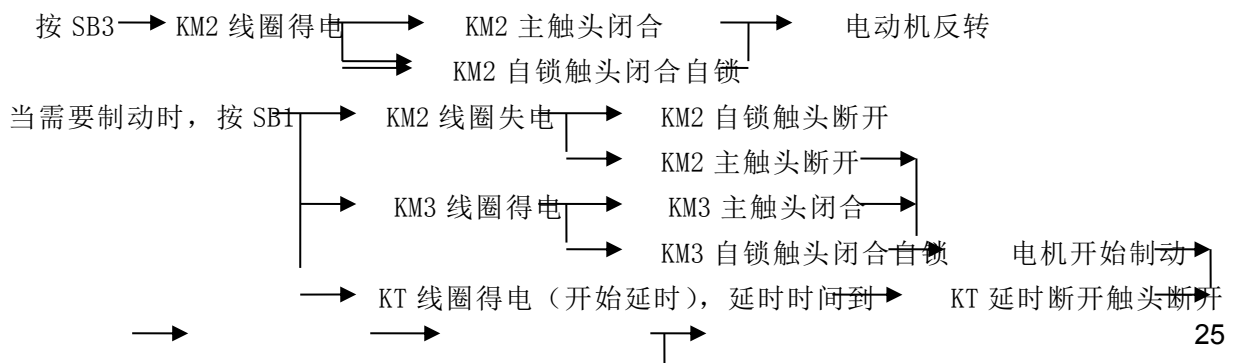
- 1、掌握无功电度表的绘制及接线。
- 2、掌握正反转能耗制动控制的动作原理
- 3、掌握电气线路的检查方法，并根据故障现象判断故障的位置。

2、动作原理

1. 正转制动



2. 反转制动



KM3 线圈失电 → KM3 主触头断开 → 制动完成 (KT 线圈同时也失电)
 → KM3 自锁触头断开

3、接线图

图 2101-1 的主电路主要由正反转和能耗制动两部分组成。其能耗制动主电路的接线可参考图 1103-2，也可根据原理图进行接线。无功电度表的接线如图 2102-2 所示。

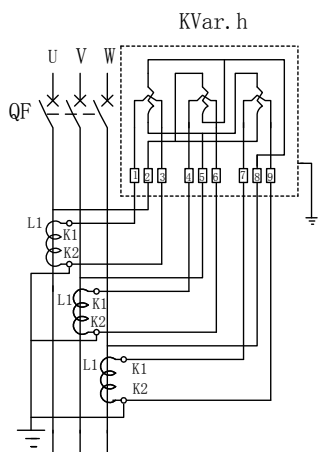


图2102-2 DX862-2型无功电度表的接线

4、线路检查（取下 FU2）

主电路的检查（万用表打到 Rx1 或数字表的 200 欧）

1. 表笔放在 1、2 处，分别按 KM1、KM2，读数为电动机两绕组的串联电阻值。
2. 表笔放在 1、3 或 2、3 处，分别按 KM1、KM2，读数为电动机两绕组的串联电阻值。
3. 表笔放在 1、5 处，按 KM3，读数为电动机两绕组并联后再与另一绕组串联的电阻值。

控制电路的检查（万用表打到 Rx10 或 Rx100 或数字表的 2K 档表笔放在 3、4 处）

1. 此时万用表读数应为无穷大；
2. 按 SB2（或 KM1），读数应为 KM1 线圈的电阻值，轻按 SB1，则变为无穷大。
3. 按 SB3（或 KM2），读数应为 KM2 线圈的电阻值，轻按 SB1，则变为无穷大。
4. 按 SB1（或 KM3），读数应为 KM3 与 KT 线圈的并联电阻值。
5. 同时按 KM1、KM2、KM3、中的任何两个，读数为无穷大。

5、通电试车

经上述检查无误后，可在教师监护下通电试车。

A、电路送电

合上 QF，电源指示灯 EL 亮，电度表不转动。

B、正转制动

按 SB2，电动机正转，电度表正转，当需要制动时，按 SB1，电动机制动（即立即停）。

C、反转制动

按 SB3，电动机反转，电度表正转，当需要制动时，按 SB1，电动机制动。

D、电路停电

断开 QF，电源指示灯 EL 灭，电度表不转动。

6、故障分析

A、电源指示灯不亮，应检查 FU1、FU2 及电源是否缺相；

B、控制回路的 KM1（正转）和 KM2（反转）都不吸合，但 EL 亮，则应检查 SB1 及 FR 的常闭触头，以及两个线圈的公共部分的接线。

C、控制回路的 KM1 或 KM2 或 KM3 不能吸合，则应检查其所在支路的接线。

D、控制回路的 KM1、KM2 都能动作，但电动机没有反转，则是主电路没有换相。

E、电机能正反转，但无能耗制动（即自由停车），则原因如下：

时间继电器 KT 整定太短。

二极管 VD 断路或零线未接好。

KM3 主触头未接对。

F、电度表不转或反转。

电度表的电压线圈与电流线圈的相序不一致。

电流互感器的 K1、K2 接反。

电动机功率太小，或电流互感器变比太大。

7、注意事项

- A、时间继电器的整定不能太长，也不能太短。
- B、电流互感器二次侧的一端要接地，K1、K2 不能接反。
- C、电度表的电压与电流线圈的相序要一致。
- D、正反转的主电路要调换相序。

8、分析思考

- A、正、反转能耗制动应用在什么场合？
- B、无功和有功电度表有何区别？
- C、二极管的阴阳极能否反过来连接？为什么？
- D、测量无功电能的目的是什么？
- E、深圳市供电局规定功率因数一般要大于多少？否则要罚款。

七、实操项目 2102:双速电机控制

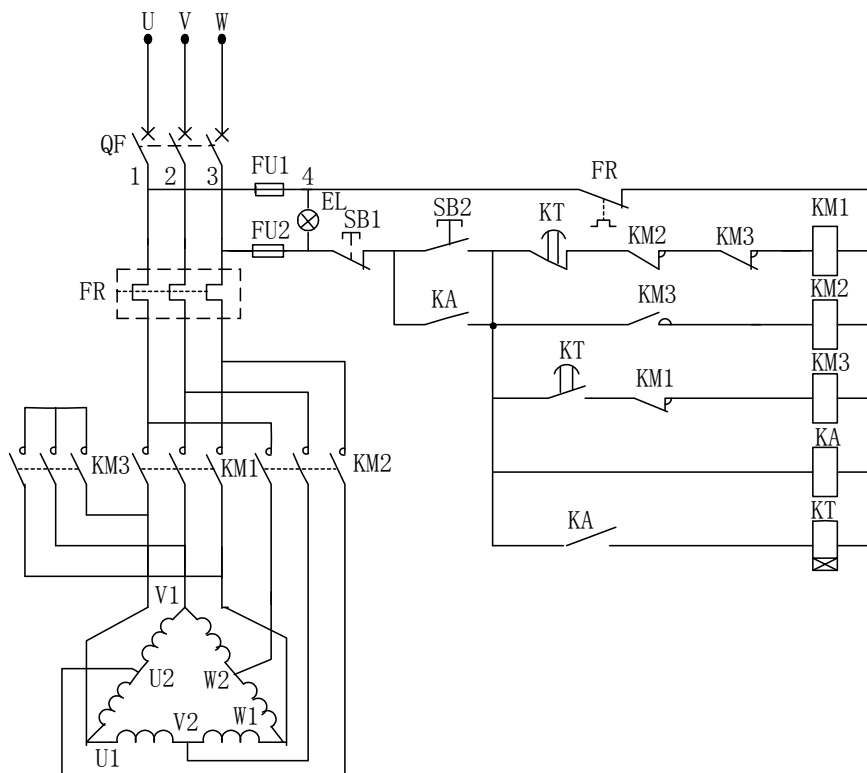
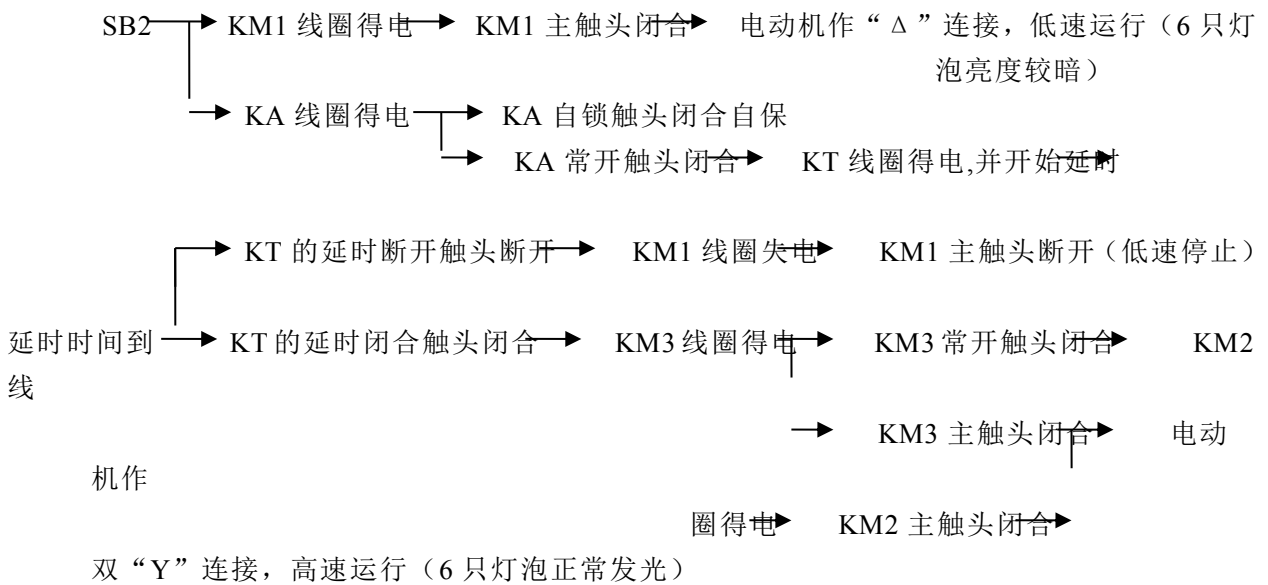


图 2102—1 双速电机控制原理图

1、实操目的

- A、了解双速电机的结构及原理
- B、掌握双速电机控制的动作原理
- C、掌握双速电机的接线及接线工艺。
- D、掌握用 6 只灯泡代替双速电机的原理及接线要领。

2、动作原理



3、接线圈

图 2102-1 的主电路用 6 只灯泡代替后，其接线比较复杂，经简化后，可按图 2102-2 接线，这样接线后，思路就比较清楚了。

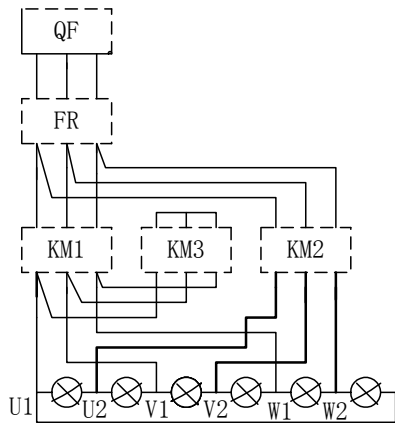


图2102-2 主电路简化接线图

4、线路检查（取下 FU1）

(1)、主电路的检查（万用表打到 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 或数字表的 2K 档）

A、表笔放在 1、2（或 1、3 或 2、3）处，按 KM1，读数为 4 R 灯/3

B、表笔放在 1、2（或 1、3 或 2、3）处，同时按 KM2 和 KM3，读数为 R 灯。

(2)、控制电路的的检查（万用表档位同上，）

A、表笔放在 3、4 处，按 SB2，读数为 KM1 和 KA 线圈的并联值。

B、表笔放在时间继电器的 \overline{KT} 或 KM3 常开触头两端，读数为上述值与 KM3 或 KM2 线圈的串联值。

5、通电试车

经上述检查无误后，在教师的监护下通电试车。

A、电路通电

合上 QF，电源指示灯 EL 亮。

B、电机运行

按 SB2，电机低速运行（6 只灯亮度较暗），延时后电机高速运行（6 只灯正常发光）。

C、电机停止

按 SB1，电机停止（6 只灯全灭）。

6、故障分析

故障分析时，我们一般要根据故障的现象分析，一般送电后，应观察指示灯的情况，正确后，再按启动按钮，这时既要观察控制电路中线圈的动作情况，又要观察主电路的动作情况，从而判断是控制电路的问题，还是主电路的问题，然后进一步分清是哪一支路的问题。这样就可将故障锁定在某一个小范围内，从而缩短检查故障的时间，也避免了对照原理图一根线一根线的查线。例如，双速电机线路中，经常出现有低速运行而无高速运行的情况，这时我们应先观察控制回路是否正常。如果正常，则是主回路接线错误。如果控制回路动作不正常，则要看时间继电器是否得电，再看其延时触头（包括延时断开和闭合）是否有问题，然后看 KM3，KM2 的得电情况，这样逐渐缩小范围，逐渐排除故障，直到通电成功。具体的分析由学员参照完成。

7、注意事项

- A、6 只灯泡的功率要一样大。
- B、时间继电器的延时闭合和延时断开触头要有一公共点。
- C、双速电机由低速转换到高速时要注意换相序。

8、分析思考

- A、双速电机的调速实际上是改变了什么？
- B、能否去掉中间断电器 KA？若可以，则要改变哪些地方？
- C、若缺一相，则 6 只灯泡的亮度怎样变化？

八、实操项目 2103：Y/Δ 启动及顺序控制

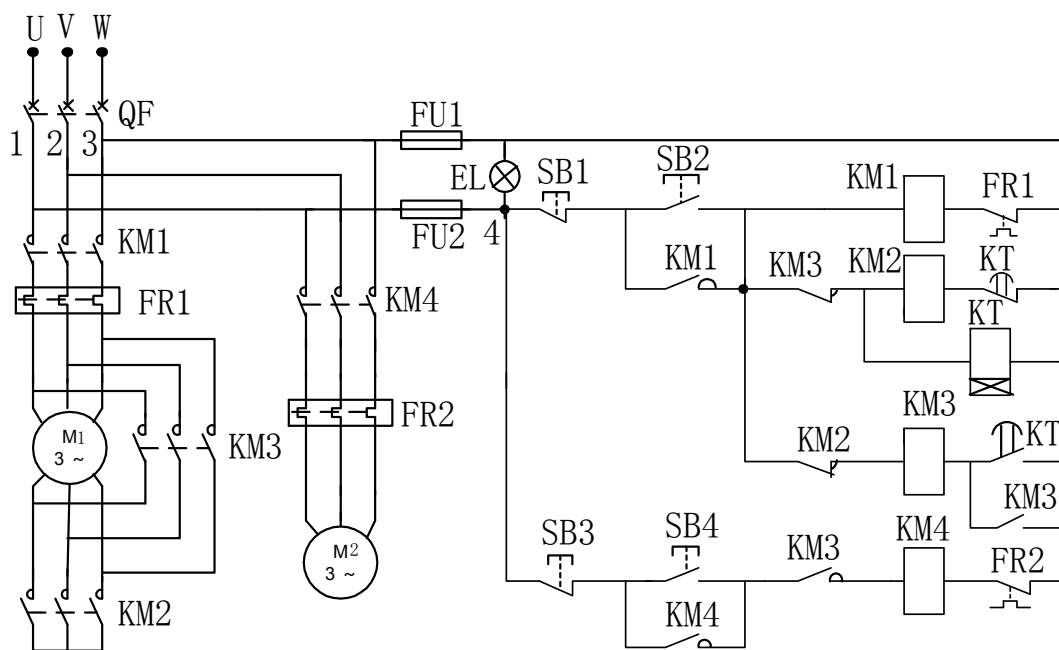


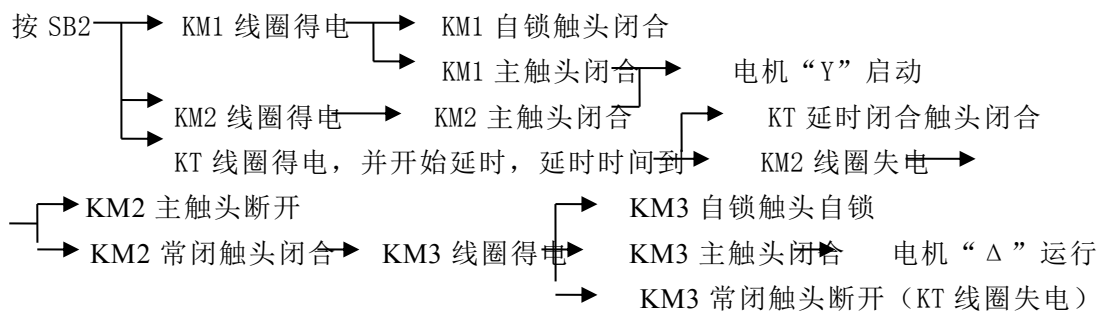
图 2103—1 Y/Δ 启动及顺序控制原理图

1、实操目的

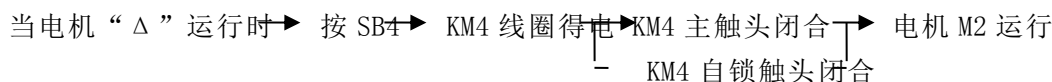
- A、掌握电动机 Y/Δ 启动的接线原理。
- B、掌握电动机 Y/Δ 启动及顺序控制的动作原理。

2、动作原理

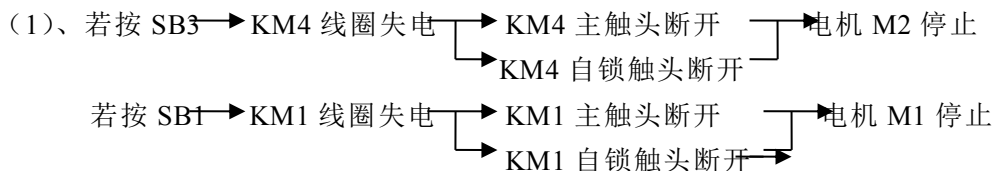
A、电动机 Y/Δ 启动

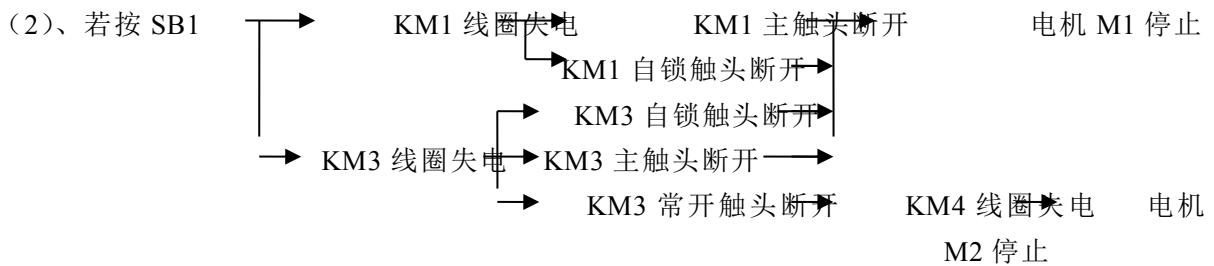


B、顺序控制



C、停止运动





3、接线图

图 2103 是在图 1104 的基础上增加了一个顺序控制，其难点还是在 Y/Δ 启动的主回路的接线，故请参照图 1104-2 的接线图进行接线。

4、线路检查（取 FU2）

(1) 主电路的检查（万用表挡位同前）

主电路的检查包括 M1 电机的主电路检查，请参考实操项目 1104 的有关部分，M2 电机的主电路检查很简单，故这里就不再作介绍。

(2) 控制电路的检查（万用表挡位同前）

A、按 SB2 或 KM1 读数为 KM1、KM2、KT 线圈的并联电阻值。

B、同时按 KM1（或 SB2）和 KM3 读数为 KM1、KM3 线圈的并联电阻值。

C、同时按 KM3、KM4（或 SB4）读数为 KM4 线圈的电阻值。

D、表笔放在时间继电器的 — 的两端，读数为 KM1、KM2、KT 线圈并联后再和 KM3 线圈的串联电阻值。

5、通电试车

经上述检查正确后，在教师的监护下通电试车。

A、电路通电

合上 QF，电源指示灯亮。

B、Y/Δ 启动

按 SB2 电动机 M1 进行 Y/Δ 启动。

C、顺序控制

电机 M1 在 Δ 运行时，按 SB4，则电机 M2 运行。

D、停车

若按 SB3，电机 M2 停止运行，M1 正常运行；若再按 SB1，则电机 M1 停止运行。

若直接按 SB1，则电机 M1、M2 均停止运行。

E、电路断电

断开 QF，电源指示灯 EL 灭

6、故障分析

该项目的故障分析请参考项目 1104 的有关部分。

7、注意事项

A、Y/Δ 启动的主电路中，未标明电动机的首尾端，则必须注意电机 Δ 接线的原理

B、时间继电器的— \overline{KT} —和— \overline{KT} —有公共点。

C、电机 M1、M2 启动时，有先后顺序。

8、分析思考

A、图 2103 和 1104 的主电路和控制电路（只指 Y/Δ 启动部分）有何不同？其功能是否相同？

B、时间继电器的— \overline{KT} —和— \overline{KT} —为什么要画在最右边？能否画在其它位置？

C、电机 M 1 在 Y 形启动的过程中，能否启动电机 M 2，为什么？

九、实操项目 2104：三速电机控制

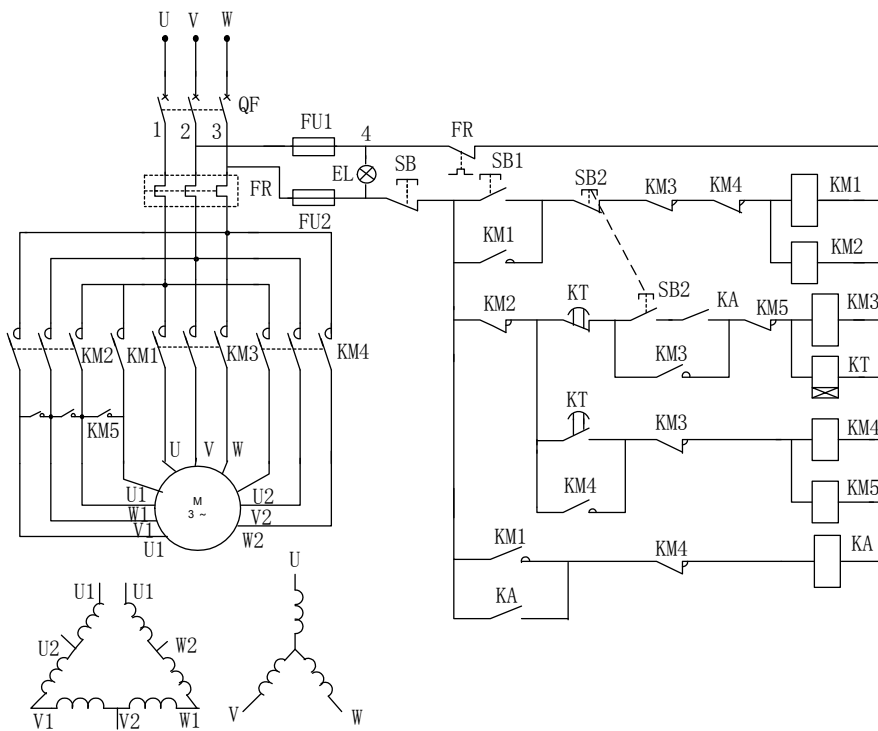


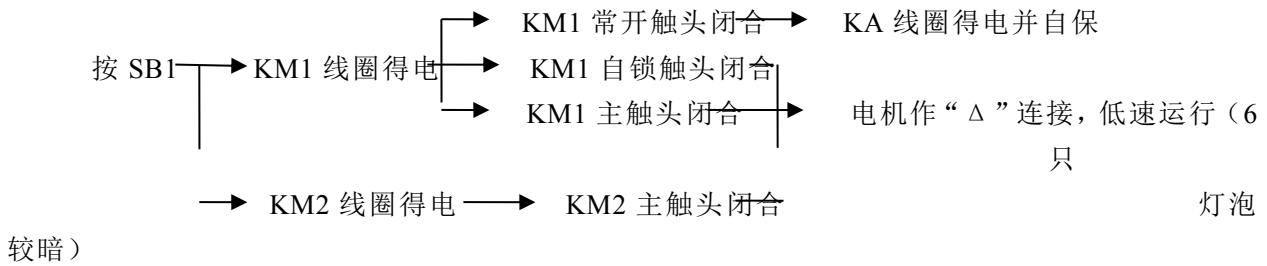
图 2104：三速电机控制原理图

1、实操目的

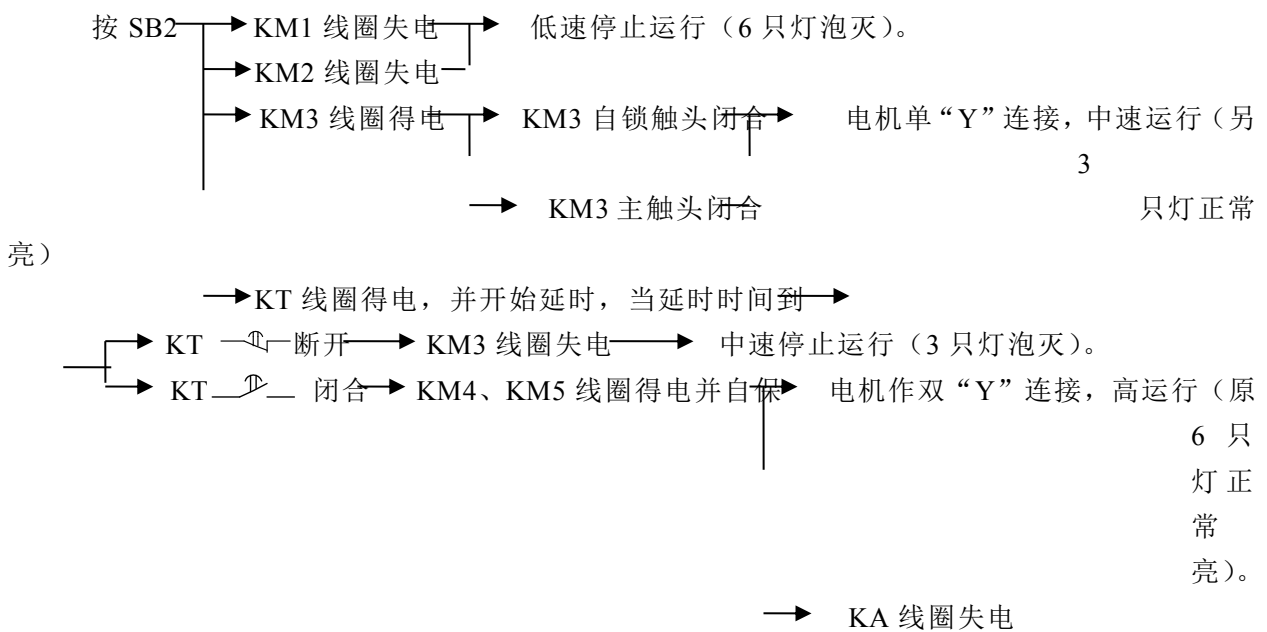
- 了解三速电动机的结构及原理。
- 掌握三速电动机的接线和用 9 只灯泡代替三速电动机的接线原理。
- 掌握三速电动机控制的动作原理。
- 掌握复杂的控制线路的接线及接线工艺。
- 掌握复杂的控制线路的故障检查方法，并根据故障现象准确地判断故障的位置。

2、动作原理

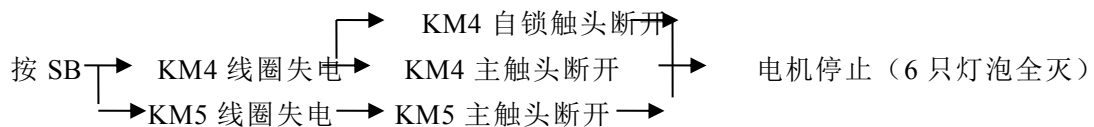
2.1 低速运行



2.2 中速运行



2.3 停止运行



2.4 接线图

图 2104- 1 的主电路可按下图进行接线。

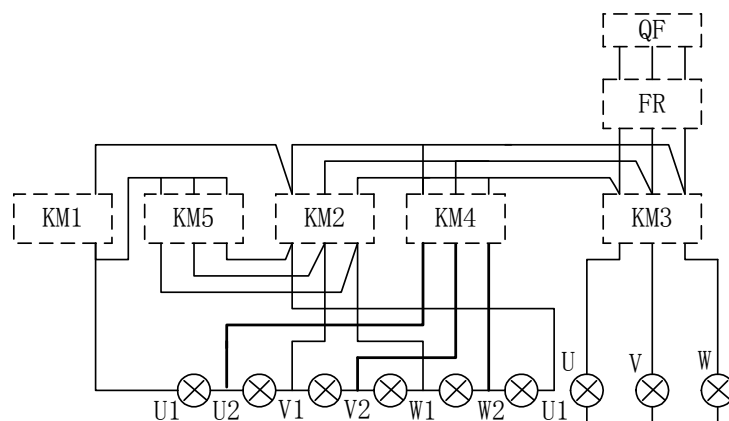


图2104-2 主电路简化接线图

3、线路检查（取下FU2）

（一）主回路的检查（万用表打到 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 或数字表的 2K 档）

- A、表笔放在 1、2 处，按 KM1 和 KM2，读数为 4 灯/3R
- B、表笔放在 1、2 处，按 KM3，读数为 2R 灯。
- C、表笔放在 1、2 处，按 KM4 和 KM5，读数为 R 灯。
- D、表笔放在 1、3 或 2、3 处，重复上述步骤。

（二）控制回路的检查（万用表档位同前）。

- 1、按 SB1，读数为 KM1 和 KM2 线圈的并联值。
- 2、按 KM1，读数为 KM1 和 KM2 及 KA 线圈的并联值。
- 3、同时按 SB2 和 KA，读数为 KM3、KT、KA 线圈的并联值。
- 4、按 KM4，读数为 KM4 和 KM5 线圈的并联值。

4、通电试车

经过上述检查无误后，可在教师的监护下通电试车。

4.1 电路送电

合上 QF，电源指示灯亮。

4.2 低速运行

按 SB1，电动机低速运行（6 只灯较暗）。

4.3 中、高速运行

按 SB2，电动机中速运行（另三只灯正常发光）。

经过延时后，电动机高速运行（3 只灯灭，原 6 只灯正常发光）。

4.4 停车

按 SB，电动机停车（6 只灯灭）。

4.5 电路断电

断开 QF，电源指示灯灭。

5、故障分析

经过前面 3 个实操的分析，请根据前面介绍的方法自行进行分析，然后进行总结。

6、注意事项

- A、KM5 主电路的接线要避免造成短路。
- B、各灯泡的连接关系应使之符合电路要求。
- C、注意三种速度的相序关系，避免相序不对而造成变速后变成反转。
- D、接成“ Δ ”的 6 只灯泡的功率要一样，以避免由于灯泡亮度不一致而造成的误判。

7、分析思考

- A、控制电路中 KA 的作用是什么？
- B、电动机绕组为什么要接成开口三角形？
- C、KM1、KM2 在主电路中的四条线能否平均分配？

十、附录：电气元件的选择

1、熔断器的选用

1.1 熔断器类型的选择

类型的选择应根据负载的保护特性和短路电流来选择。

A、车间配电网，若短路电流较大，则应选高分断能力的 RTO 系列。

B、机床电气设备，一般选体积较小的 RL1 系列。

C、在经常发生故障的地方，应考虑选用 RC1 和 RM10 系列。

D、半导体整流元件应选用快速熔断器。

E、在易燃易爆场所，不允许选用敞开式熔断器。

1.2 熔体额定电流选择

熔体额定电流不能大于熔断器的额定电流，具体原则如下：

1.3 照明及电热设备

装在线路总熔体的额定电流，等于电度表额定电流的 0.9-1.0 倍，支路熔体的额定电流，等于支路所有电气设备额定电流总和的 1-1.1 倍。

1.4 单台鼠笼式电动机

熔体额定电流 $I_{re} \geq (1.5-3) I_{de}$ 电机额定电流 I_{de}

所选电机额定电流的倍数一般为：轻载起动的电机可取 1.5-2；重载起动的电机可取 2-2.5；频繁起动的电机可取 2.5-3；绕组式电机和降压起动电机及直流电机可取 1.2-2。

1.5 多台鼠笼式电动机

$I_{re} \geq (1.5-2.5) I_{zde} + \sum I_e$

I_{zde} —容量最大的一台电机的额定电流 (A)

$\sum I_e$ —其它各台电机的额定电流之和 (A)

2、接触器的选用

选用接触器时，应考验其控制的负载类别，连续工作时间的长短以及工作环境条件的影响。

A、对于无感或微感负载（如电阻炉），则可按负载工作电流选用相应额定电流的接触器。

B、对于鼠笼式电动机，则按 $I_e \geq 1.3 I_{de}$

I_e —接触器额定电流

I_{de} —电动机额定电流

C、对于反复短时工作和环境散热条件较差的，则应适当降低容量使用。

3、低压断路器的选择及整定

- A、低压断路器的额定电压 \geq 线路的额定电压。
- B、低压断路器的额定电流 \geq 线路的计算电流（一般按其 1.3 倍计算）。
- C、短延时或瞬时动作的脱扣器的整定电流 $I_{de} \geq K I_m$
 I_m —线路的峰值电流或电动机的起动电流
对于动作时间小于 0.02 秒 (DZ) 的 K 取 1.7-2
对于动作时间大于 0.02 秒 (DW) 的 K 取 1.35
- D、长延时脱扣器的整定电流 $I_{zd} \geq I_{de}$

4、热继电器的选择及整定

4.1 热继电器的类型的选择

当电动机为“ Δ ”接法时应选带断相保护的热继电器。
当电动机为“Y”接法时，则可选带断相也可选不带断相保护的热继电器。

4.2 热继电器额定电流的选择

热继电器额定电流 $>$ 电动机额定电流

4.3 热继电器的整定

热继电器的整定电流=电动机额定电流

5、导线的选择

导线选择的一般原则

5.1 满足发热条件

导线在通过计算电流时，其发热温度不能超过允许最高的温度

5.2 符合电压损失要求

导线在通过计算电流时，其产生的电压损失不应超过正常允许的电压损失值

5.3 按经济电流密度选择

高压和低压大电流线路，应按照规定经济电流密度选择导线截面以满足节约有色金属和降低电能损耗的要求。

5.4 符合机械强度要求

导线的截面不能低于最小允许截面，以满足机械强度的要求

5.5 满足工作电压的要求

导线的绝缘水平必须满足其正常工作电压的要求。

在实际选择导线时，对于低压动力线路一般先按发热条件选择截面，然后再校验其电压损失和机械强度；对于低压照明线路，一般先按允许电压损失来选择截面，然后再

按发热条件和机械强度校验；对于高压线路，一般先按经济电流密度选择截面，然后校验其发热条件，允许电压损失和机械强度（只对架空线）。

例. 现有一 30kw 的三相鼠笼式电动机，采用 Y/Δ 降压起动，试选择其低压断路器、熔体额定电流、交流接触器、热继电器及导线。

解：根据经验公式 $I_{de}=2P_e=2\times 30=60(A)$

(1) 低压断路器的选择

低压断路器的额定电流为： $1.3\times 60=78(A)$ ，查附表 2，应选 DZ10-100 型低压断路器，其额定电压 $U_e=380V$ ，主触头额定电流为 100A，脱扣器额定电流为 100A，脱扣器整定电流为 1.7-2 倍脱扣器额定电流，可取 200A。

(2) 熔断器的选择

熔体额定电流为： $(1.2-2)\times 60=72-120(A)$ （单台电动机降压启动），查附表 1，应选 RT0-100 型熔体器，其熔体额定电流为 100A

(3) 交流接触器额定电流的选择

交流接触器额定电流为 $1.3\times 60=78(A)$ ，应选 100A 的交流接触器。

(4) 热继电器额定电流的选择

热继电器额定电流为 100A，整定电流为 60A，且带断相保护的热继电器。

(5) 导线的选择（按常温 25 度）

A、常温明敷

查附表 3，BV 铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于 60A 的一级为 75A，导线截面积为 10 mm^2 。

B、常温穿钢管暗敷

查附表 4，BV 铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于 60A 的一级为 72A，导线截面积为 16 mm^2 （设导线为 3 根），穿电线管管径为 32mm。

C、常温穿硬塑料管暗敷

查附表 5，BX 铜芯橡皮绝缘导线的允许载流量大于 60A 的一级为 75A，导线截面积为 25 mm^2 （设导线为三火一零，共 4 根），穿管管径为 40mm。

6、附表

6.1 各种型号熔断器的技术规格

名称	主要用途	型号	熔管额定电压 (V)	熔管额定电流 (A)	熔体额定电流等级 (A)	最大分断能力 (kA)	备注
有填料封闭管式熔断器	用于大短路电流网路内作为过载和短路保护	RTO-100	交流	100	30,40,50,60,80,100	50	括弧内的等级尽量不选用
		RTO-200		200	(80),(100),120,150,200		
		RTO-400	直流	400	(150),200,250,300,350,400		
		RTO-600		600	(350),(400),450,500,550,600		
		RTO-1000		1000	700,800,900,1000		
无填料封闭管式熔断器	用于电力网路内作为过载和短路保护	RM10-15	交流	15	6,10,15	1.2	为全国统一设计,可取代RM1 RM3 等老产品
		RM10-60	220	60	15,20,25,35,45,60	3.5	
		RM10-100	380	100	60,80,100	10	
		RM10-200	500	200	100,125,160,200		
		RM10-350	直流	350	200,225,260,300,350		
		RM10-600	220 440	600	350,430,500,600		
无填料封闭管式熔断器	用于电力网路内作为过载和短路保护	RM7-15	交流	15	6,10,15	2	全国联合设计最新产品,管体用玻璃纤维粉压制,可取代RM1, RM3 RM10
		RM7-60	380	60	15,20,25,30,40,50,60	5	
		RM7-100		100	60,80,100	20	
		RM7-200	直流	200	100,125,160,200		
		RM7-400		400	200,240,260,300,350,400		
		RM7-600		440	600		
螺旋式熔断器	用于电力网路内作为过载和短路保护	RL1-15	交流	15	2,4,5,6,10,15	6	
		RL1-60	500	60	20, 25,30,35,40,50,60	6	
		RL1-100		100	60,80,100	20	
		RL1-200		200	100,125,160,200	50	
螺旋式熔	用于机床配电设备	RL2-25	交流	25	2,4,5,6,10,15,20	1	有熔断指
		RL2-60	500	60	25,30,50,60	2	

断路器	作过载或 短路保护	RL2-100		100	80,100	3.5	示器
瓷插 式熔 断器	用于交流 分支线路 的过载和 短路保护	RC1A-5	交流 380	5	2,4	0.3	取 代 RC1, 外形尺 寸 与 RC1 相 同
		RC1A-10		10	2,4,6,10	0.5	
		RC1A-15		15	6,10,15	0.5	
		RC1A-30		30	15,20,25,30	1.5	
		RC1A-60		60	30,40,50,60	3	
		RC1A-100		100	60,80,100	3	
		RC1A-200		200	100,120,150,200	3	
螺旋 式快 速熔 断器	用于硅整 流过载保 护	RLS-10	500	10	3,5,10	40	结构同 RL1
		RLS-50		50	15,20,25,30,40,50	40	
		RLS-100		100	60,80,100		

6.2 低压断路器基本技术参数

型 号	触头额定电流 (A)	额 定 电 压 (V)	脱 扣 器 类 别	辅助触头 类别	脱扣器额定电流	最大分断电流 (A 有效值)
DZ5-10	10	~220	复式	无	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 10	1000
DZ5-25	25	~380 -110	复式	无	0.5, 1, 1.6, 2.5, 4, 6, 10, 15, 20, 25	2000
DZ5B-50- 100	50, 100	~380	液 压 式 或 电 磁 式	无辅助触 头或带具 有公共动 触头的一 常开一常 闭辅助触 头	1.6, 2.5, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100	2000
DZ10-100	100	~500 -220	复 式 或 电 磁式、 热 (无) 脱扣	一常开 一常闭	20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150	7000~12000 (~380V 时)
DZ10-250	250	同上	同上	二常开 二常闭	100, 120, 140, 170, 200, 250	30000 (~380V 时)
DZ10-600	600	同上	过 电 流、失 压 分 励	二常开 二常闭	200, 250, 300, 350, 400, 500, 600	50000 (~380V 时)
DW5-400	400	~380 -440	同上	二常开 二常闭	100~800	10, 200(KA)
DW5-100 0 1500	1000~1500	同上	同上	四常开 四常闭	100~1500	20, 400(KA)
DW10-20 0	200	同上	同上	三常开 三常闭 或更多	60, 100, 150, 200	10(KA)
DW10-40 0	400	同上	同上	同上	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400	15(KA)

DW10-600	600	同上	同上	同上	500, 600	15(KA)
DW10-1000	1000	同上	同上	同上	400, 500, 600, 800, 1000	20(KA)
DW10-1500	1500	同上	同上	同上	1500	20(KA)
DW10-2500	2500	同上	同上	同上	1000, 1500, 2000, 2500	30(KA)
DW10-4000	4000	同上	同上	同上	2000, 2500, 3000, 4000	40(KA)

6.3 BBLX, BBX, BLV, BV 型橡皮和塑料绝缘导线明敷时载流量(A)T+60° C

导线截面积 (mm ²)	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95~185 的请查 有关	
BBLX	25℃			25	33	42	60	80	105	130	165		205
	30℃			23	31	39	56	74	98	121	153		191
	35℃			21	28	36	51	68	89	110	140		174
	40℃			19	25	32	46	61	80	99	125		156
BBX	25℃	20	25	33	43	55	80	105	140	170	215		265
	30℃	19	23	31	40	51	74	98	130	158	200		246
	35℃	17	21	28	37	47	68	89	119	144	183		225
	40℃	15	19	25	33	42	61	80	106	129	163		201
BLV	25℃			26	30	39	55	75	100	125	155		200
	30℃			21	26	36	51	70	93	116	144		186
	35℃			20	25	33	47	64	85	106	132		170
	40℃			17	23	30	42	57	76	95	113		152
BV	25℃	18	22	30	40	50	75	100	130	160	200		255
	30℃	17	20	28	37	47	70	93	121	149	180		237
	35℃	15	19	25	34	43	64	85	110	136	170		216
	40℃	14	17	23	30	38	57	76	99	122	152		194

注 按原一机部电缆研究所推荐数据（1968.3）。

6.4 BBX, BV 型铜芯导线套钢管时载流量(A) T+60° C

导线截面积 (mm ²)		1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95~185 的请查 有关
二根单 芯	25°C	15	18	26	38	44	68	80	109	125	163	202	
	30°C	14	17	24	35	41	63	74	101	116	152	188	
	35°C	13	15	22	32	37	58	68	93	106	139	172	
	40°C	11	14	20	29	33	52	61	83	95	124	154	
管 径 (mm)	G	15	15	15	15	20	20	25	32	32	40	50	
	DG	20	20	20	20	20	25	32	32	40	—	—	
三根单 芯	25°C	14	16	25	33	41	56	72	100	110	142	182	
	30°C	13	15	23	31	38	52	67	93	102	132	169	
	35°C	12	14	21	28	35	48	61	85	94	121	155	
	40°C	11	12	19	25	31	43	55	76	84	108	138	
管 径 (mm)	G	15	15	15	20	20	25	25	32	40	50	50	
	DG	20	20	20	20	25	32	32	40	40	—	—	
四根单 芯	25°C	13	15	23	30	37	49	64	85	107	116	161	
	30°C	12	14	21	28	34	46	60	79	100	108	150	
	35°C	11	13	20	26	31	42	54	72	91	99	137	
	40°C	10	11	17	23	28	37	49	65	81	88	122	
管 径 (mm)	G	15	20	20	20	20	25	32	40	50	50	70	
	DG	20	20	25	25	25	32	40	—	—	—	—	

注： 1.按原一机部电缆研究所推荐数据（1968.3）。

2.G 为焊接钢管（按内径计算）； DG 为电线管（按外径计算）

6.5 BBX, BX 型铜芯导线套硬塑料管时载流量(A) T+60° C

导线截面积 (mm ²)	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95~185 的 请查 有关	
二根单 芯	25°C	12	14	21	31	37	56	69	96	113	147		182
	30°C	11	13	19	28	34	54	64	89	105	136		169
	35°C	10	11	17	26	31	49	58	81	96	125		154
	40°C	9	10	16	23	28	44	52	73	86	112		138
管径 (mm)	15	15	15	15	20	25	25	32	40	40	40		
三根单 芯	25°C	11	13	20	27	35	48	62	88	99	128		164
	30°C	10	12	18	25	32	44	57	82	92	119		152
	35°C	9	11	17	23	29	40	52	74	84	109		139
	40°C	8	9	15	20	26	36	47	67	75	97		124
管径 (mm)	15	15	20	20	20	25	32	40	40	50	50		
四根单 芯	25°C	10	12	18	25	31	42	55	75	97	104		145
	30°C	9	11	16	23	28	39	51	69	90	96		135
	35°C	8	10	15	21	26	35	46	63	82	88		123
	40°C	7	9	13	19	23	31	41	57	73	79		110
管径 (mm)	15	15	20	25	25	32	32	40	50	50	50		

注： 1 载流量按原一机部电缆研究所推荐数据（1969.8）为参考值。

2. 四根单芯线如其中一根仅供接地或接零保护用时，仍按三根单芯的数据。