

必将损坏电动机,可见欠相保护的必要。

目前断相保护装置多采用两大类型,一类是利用热敏元件检测断相运行电动机的温升,即利用热效应检测;另一类是利用断相时三相(或三线)电流或电压参数的不平衡,即参数不平衡检测。这些方法虽然保护性能好,但价格昂贵,需要组件多,给安装和布置带来麻烦。而较为实用而经济性较好的是采用有2种功能的差动式热继电器。正常运行时起过电流保护;断相时,利用断相(线)的热继电器双金属片不弯曲、或各相(线)双金属片弯曲不等,而起断相保护作用。例如日本富士公司的TK系列热动式过载断相保护继电器,就是这种类型。其动作特性如图2.5.7.3所示。

2.5.7.4 最后支路断路器的选择

电动机最后支路可以用断路器或熔断器进行过载和短路保护。对于断路器,可以使用线路断路器和电动机用断路器两种,根据所选用的保护方式决定。例如,选用前述方式(b)或方式(c)时,可以采用电动机用断路器。

由于船用电动机回路保护和特点,通常都是选用方式(a),所以,下面对这种保护方式的最后支路断路器的选择加以说明。

就电力系统保护而言,其基本要求如下:

1. 断路器的短路容量,应大于其安装位置的推算短路电流。
2. 瞬时脱扣器的动作电流,应与上位保护装置相协调,并应取协调范围的最小值,以保证良好的选择性保护性能。
3. 在电动机起动时间内,不因电动机起动电流和冲击电流而导致断路器脱扣。

为此,必须充分注意电动机的类型、起动方式、起动频繁程度、负载特性、环境温度和起动功率因数等。一定要保证断路器的动作特性曲线在电动机的起动电流曲线的上方或右方,两

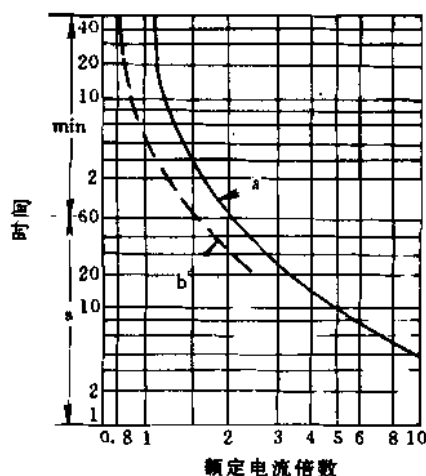


图 2.5.7.3 具有过载和断相
保护热继电器动作特性
a—三相运行时动作特性;b—断相运行
时动作特性。

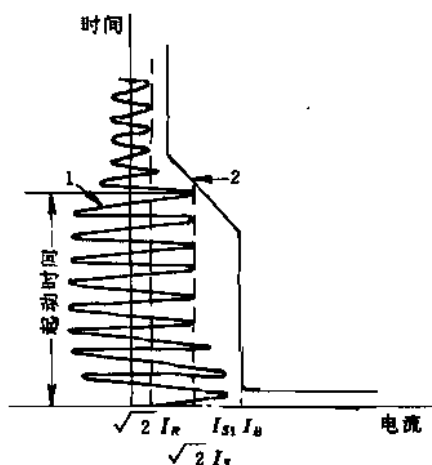


图 2.5.7.4 保护协调的断路器动作
特性和电动机起动电流特性
1—电动机起动电流;2—装置式断路器动作特
性(换算为峰值); I_R —电动机额定电流;
 I_S —电动机起动电流; I_{S1} —电动机起动
冲击电流(峰值); I_B —装置式断路器瞬
时脱扣电流。

曲线不应相交,如图 2.5.7.4 所示。

电动机的起动电流大小,是电动机固有的,随电动机的种类、容量、极数以及制造厂不同而异,一般为额定电流的 5 倍~7 倍。

起动时间的长短,不是电动机固有的,是由起动方式和负载性质决定的。船用辅机电动机的起动时间,通常认为 5s~7s 已足够了,但对风机和分油机可考虑起动时间长一些。H 公司的设计标准,电动机的起动时间如表 2.5.7.2 所示。

表 2.5.7.2 H 公司电动机起动时间标准

用 途	起动时间/s		备 注
	全电压起动	降压起动	
涡流泵	1	2	涡轮船的主循环泵降压起动时间为 10s
螺杆泵、齿轮泵、压缩机、分油机、通风机	3	6	分油机起动时间约 60s
油泵 电动甲板机械	3~5	5~10	
强压风机 惰性气体风机	10~20	40	

当负载的 GD^2 比电动机的 GD^2 大得多的场合,起动时间应根据计算求得,其简化计算公式如下:

$$t = \frac{GD^2}{375} \int_0^n \frac{dn}{T} \quad (2.5.7.1)$$

式中 t ——起动加速时间(s);

GD^2 ——电动机转子的转动惯量和换算为电动机轴上的负载转动惯量之和($N \cdot m$);

n ——起动后的稳定转速($r \cdot \min^{-1}$);

T ——加速转矩(=电动机转矩与负载转矩之差)($N \cdot m^2$)。

假设起动加速度一定的时候,式(2.5.7.1)可以简化为式(2.5.7.2)。

$$t = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{n}{\bar{T}} \quad (2.5.7.2)$$

式中 \bar{T} ——平均加速转矩(=电动机转矩与负载转矩之差平均值)($N \cdot m$)。

电动机的起动冲击电流,发生在起动、进行 Y- Δ 转换、瞬时再起以及反转制动的场合。

产生起动冲击电流有如下两种原因:

1. 由于起动电流的低功率因数,出现较大的瞬态直流分量的叠加。

起动冲击电流与起动功率因数的关系,如图 2.5.7.5 所示。例如,当起动功率因数为 0.3 时,起动冲击电流为起动电流有效值的 2 倍。

2. 由于受剩余电压的影响,瞬时再起时出现冲击电流。

当运行的电动机从电源切除后,瞬时再起时,电动机尚未停止运转,故仍具有剩余电压,此时,电动机电流的大小,是由剩余电压和电源电压的大小及两者

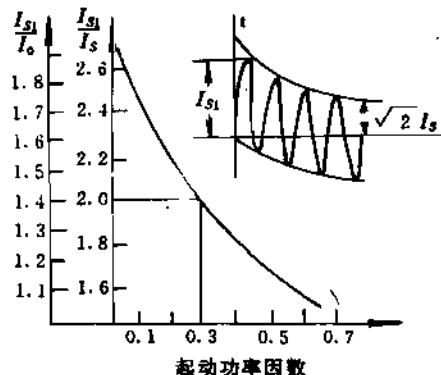


图 2.5.7.5 起动冲击电流与起动功率因数关系曲线

I_0 ——起动电流峰值; I_s ——起动电流有效值; I_{s1} ——起动冲击电流(峰值)。

的相位决定,其最大值出现在两者相位完全相同的场合。该起动电流与原来值的比率为:(剩余电压+电源电压)/电源电压,即为 $(1 + \text{剩余电压}/\text{电源电压})$ 。例如,在开式Y-△起动中,在从Y型向△型转换时,剩余电压可视为等于 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 线电压,则冲击电流增加了 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍。

综上所述,电动机的起动电流峰值应为:

$$I_{SP} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_n \quad (2.5.7.3)$$

式中 I_{SP} ——电动机的起动电流峰值(A);

K_1 ——峰值系数(=起动电流峰值与起动电流有效值之比,为起动功率因数的函数,可由图2.5.7.5查得);

K_2 ——起动方式系数。直接起动时为1;开式Y-△起动为 $(1 + \frac{1}{\sqrt{3}})$;自耦变压器降压起动为 $(1 + \alpha)$, α 为自耦变压器抽头;瞬时再起起动取2;

K_3 ——电动机起动电流倍数;

I_n ——电动机额定电流(A)。

假设电动机起动电流倍数为7,起动功率因数为0.3,断路器动作误差为20%时,则起动冲击电流及断路器瞬时脱扣器最小整定电流相对于电动机起动电流的倍数,如表2.5.7.3所示。

表 2.5.7.3 起动方式与起动冲击电流倍数

序号	起动方式	起动冲击电流/起动电流	起动冲击电流/ $\sqrt{2}$ 起动电流	断路器瞬动整定值/起动电流
1	直接起动	2.0	1.42	1.70
2	开式Y-△起动	3.16	2.24	2.69
3	自耦变压器 抽头 0.80	3.60	2.55	3.06
4		3.30	2.33	2.80
5		3.00	2.12	2.54
6	瞬时再起	4.0	2.84	3.40

以Y180M-4-H电动机为例,其额定功率为18.5kW,额定电流为35.9A,其直接起动时,起动冲击电流为 $35.9 \times 7 \times 2 = 502.6\text{A}$,断路器的瞬时脱扣器整定电流必须大于 $35.9 \times 7 \times 1.7 = 427.2\text{A}$ 。如果考虑断路器的瞬时脱扣器的动作电流为额定电流的10倍,则可选用整定电流为75A断路器。

为了减少电动机起动时电压降,通常采用Y-△降压起动和自耦变压器起动;Y-△起动时起动电流减至直接起动时起动电流的 $\frac{1}{3}$,不言而喻,其起动转矩也减至 $\frac{1}{3}$;采用自耦变压器起动时,其起动电流和起动转矩与全电压起动时相比,如表2.5.7.4所示。

表 2.5.7.4 自耦变压器的起动电流和起动转矩

自耦 变压器抽头	50	65	80
起动电流 和起动转矩			
原边电流	0.25	0.42	0.64
副边电流	0.50	0.65	0.80
中性线电流	0.25	0.23	0.16
起动转矩	0.25	0.42	0.64

假设全电压启动时,启动电流为额定电流的 5 倍、6 倍、7 倍和 8 倍时,则采用自耦变压器启动时,其启动电流倍数列于表 2.5.7.5。

表 2.5.7.5 自耦变压器的启动电流

自耦变压器 抽头/%	启动 电流倍数	全电压启动时电流倍数			
		5	6	7	8
50		1.25	1.50	1.75	2.00
65		2.10	2.52	2.94	3.36
80		3.20	3.84	4.48	5.12

仍以 Y180M-4-H 电动机为例,如果采用 80% 抽头自耦变压器降压启动,则启动冲击电流为 $35.9 \times 4.48 \times 3.6 = 579\text{A}$,仍可选用 100A 断路器,整定电流为 75A。

当缺乏确切数据时,可以参考表 2.5.7.6 和表 2.5.7.7 进行选用断路器。

表 2.5.7.6 选定原则是:考虑电动机的启动电流为额定电流的 7 倍;启动功率因数为 0.3;并考虑了断路器动作误差为 25%。

表 2.5.7.6 TY 公司装置式断路器选定表(AC 440V)

电动机额定功率/kW	满载电流/A	选用断路器额定电流/A		
		直接启动	Y-△启动	补偿启动
0.75	1.9	15	—	—
1.5	3.5	15	—	—
2.2	5.0	15	—	—
3.7	7.8	15	—	—
5.5	11	20	20	—
7.5	15	30	30	—
11	21	40	40	—
15	28	50	50	—
19	33	75	75	—
22	39	75	75	75
26	45.5	100	100	100
30	54	100	100	100
37	65	100	100	100
45	77	150	150	150
55	98	150	150	150
60	108	175	175	175
65	116	175	175	175
75	133	175	175	175
80	141	225	225	225
90	160	225	225	225
100	178	250	250	250
110	190	250	250	250
120	210	350	350	350
140	248	350	350	350
150	250	350	350	350
190	315	400	400	400
220	365	500	500	500
250	400	600	600	600
300	465	600	600	600
400	620	800	800	800
450	690	800	800	800

注:电动机启动条件是启动电流为 500% 额定电流时 15s;启动电流为 600% 额定电流时 10s

表 2.5.7.7 是以 4 极或 6 极鼠笼式电动机为参考,采用直接起动方式,没有考虑瞬时再起动。

表 2.5.7.7 T 公司装置式断路器选定表(AC-440V)

电 动 机			选定断路器/A 额定值/整定值	电 动 机			选定断路器/A 额定值/整定值
额定功率 /kW	额定电流 /A	起动电流 /A		额定功率 /kW	额定电流 /A	起动电流 /A	
0.2	0.75	4	60/10	45	73	650	225/125
0.4	1.1	6	60/10	50	80	675	225/150
0.75	1.7	14	60/10	55	88	745	225/150
1.0	2.1	16	60/10	60	101	1073	225/175
1.5	3.2	22	60/10	75	128	1360	225/200
2.2	4.9	40	60/10	80	135	1425	225/200
3.7	7.2	51	60/15	90	152	1600	225/225
5.5	10.5	81	60/15	100	168	1700	400/250
7.5	14	100	60/30	110	185	1865	400/300
11	21.5	168	60/40	120	190	2110	400/300
15	26	288	60/50	132	209	2310	400/350
18.5	32	295	60/60	150	240	2650	400/350
22	39	325	60/60	160	255	2820	400/400
25	43	375	100/75	180	290	3265	400/400
30	52	475	100/75	185	293	3300	400/400
33	60	584	100/100	200	314	3520	600/500
37	67	658	100/100	220	345	3880	600/600
40	68	650	225/125	250	390	4100	600/600

2.5.7.5 断路器与磁力起动器、热继电器的保护协调

由于热继电器的热元件的熔点选在其额定电流的10倍左右,而且电磁接触器用于直接起动鼠笼式电动机的通断能力为 10 倍额定电流,所以,短路保护必须由断路器实现,为了取得该断路器的短路保护与热继电器的过载保护协调,断路器和热继电器的动作特性,必须与电动机起动特性很好配合,如图 2.5.7.6 所示。必须保证下述条件:

1. 断路器应具有足够的切断安装点短路电流的能力。
2. 断路器瞬时脱扣器的整定值,必须大于电动机起动冲击电流(换算为有效值),以保证通过电动机的起动冲击电流时,不误动作;同时还要注意与上位保护装置的保护协调要求。

3. 电磁接触器应能承受电动机正常起动、停止和正反转时所出现的最大电流。

4. 起动器内热继电器的动作特性应与电动机过载特性很好配合,确保实现过载保护。

5. 热继电器的动作特性曲线,应在断路器动作特性曲线的左侧或下侧,而且两条特性曲线必须相交,热继电器的动作

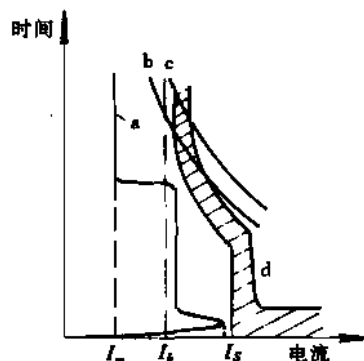


图 2.5.7.6 电动机起动特性、热继电器动作特性和断路器动作特性的配合

a—电动机电流; b—热继电器动作特性; c—电动机或电缆的过载能力; d—线路断路器的动作特性; I_m —电动机满载电流; I_s —线路断路器额定电流; I_d —电动机起动电流。

电流范围,必须在交点对应的电流以下。

6. 电磁接触器的分断容量,必须大于热继电器动作曲线与断路器动作曲线交点对应的电流值,否则,电磁接触器会损坏。

7. 当短路电流通过磁力起动器时,磁力起动器应能承受短路故障被切除时间内的短时短路电流。

8. 热继电器和断路器的动作特性,应与电缆的过载能力很好的配合,可以对电缆进行过载和短路保护。

不难看出,满足上述保护协调要求的电流范围是很窄小的,所以,实际上是允许起动器有所损伤,IEC292-1号出版物规定了起动器允许损坏的保护配合等级,如表2.5.7.8所示。

表 2.5.7.8 起动器元件允许损坏的保护配合等级

保护配合等级	允许磁力起动器的损伤
a	允许任何损坏,按需要调换元件,或全部调换
b	允许过载热继电器永久变形,其他部分无损伤
c	没有任何损伤

国产 YH 系列电动机之磁力起动器、断路器以及电缆的选择可以见表 2.5.7.9。对于频繁起动、开式 Y- Δ 起动以及自耦变压器起动的电动机,应按式(2.5.7.1)进行核算。当考虑电缆应具有较高的机械强度时,电缆的最小截面可取 1.5mm^2 。

表 2.5.7.9 YH 电动机起动器、断路器和电缆选定表

序号	电动机 型 号	功率 /kW	电流 /A	起动 电流 倍数	功率 因数	效率	起动器 型 号	DZ 断路器 整定值 /A	TO 断路器 整定值 /A	电缆 (60℃) 截面 /mm ²	电缆 (85℃) 截面 /mm ²
1	Y801-2-H	0.75	1.9	7	0.84	0.75	QCC1-20	15	15	1	1
2	Y802-2-H	1.2	2.6	7	0.86	0.78	QCC1-20	15	15	1	1
3	Y90S-2-H	1.5	3.4	7	0.84	0.795	QCC1-20	15	15	1	1
4	Y90L-2-H	2.2	4.7	7	0.85	0.825	QCC1-20	15	15	1	1
5	Y100L-2-H	3	6.4	7	0.86	0.83	QCC1-20	15	15	1.5	1
6	Y112M-2-H	4	8.2	7	0.87	0.86	QCC1-20	15	15	2.5	1.5
7	Y132S1-2-H	5.5	11.1	7	0.88	0.86	QCC1-20	15	20	2.5	1.5
8	Y132S2-2-H	7.5	15	7	0.88	0.87	QCC1-20	20	30	6	2.5
9	Y160M1-2-H	11	21.8	7	0.88	0.885	QCC1-40	30	40	10	4
10	Y160M2-2-H	15	29.4	7	0.88	0.895	QCC1-40	40	50	16	6
11	Y160L-2-H	18.2	35.5	7	0.89	0.905	QCC1-40	50	75	16	10
12	Y180M-2-H	22	42.2	7	0.88	0.9	QCC1-60	60	75	25	10
13	Y200L1-2-H	30	56.9	7	0.88	0.905	QCC1-60	80	100	35	16
14	Y200L2-2-H	37	60.6	7	0.88	0.91	QCC1-63	80	100	35	25
15	Y225M-2-H	45	84	7	0.88	0.92	QCC1-100	120	125	70	35
16	Y250M-2-H	55	102.7	7	0.88	0.92	QCC1-160	140	150	95	50
17	Y280S-2-H	75	140.1	7	0.88	0.92	QCC1-160	200	175	150	70
18	Y280M-2-H	90	167.1	7	0.89	0.93	QCC1-250	200	225	150	95
19	Y801-4-H	0.55	1.6	6.5	0.76	0.725	QCC1-20	15	15	1	1
20	Y802-4-H	0.75	2.1	6.5	0.76	0.74	QCC1-20	15	15	1	1
21	Y90S-4-H	1.1	2.7	6.5	0.77	0.79	QCC1-20	15	15	1	1
22	Y90L-4-H	1.5	3.7	6.5	0.79	0.8	QCC1-20	15	15	1	1
23	Y100L1-4-H	2.2	5	7	0.82	0.82	QCC1-20	15	15	1	1
24	Y100L2-4-H	3	6.8	7	0.81	0.83	QCC1-20	15	15	1.5	1

(续)

序号	电动机 型 号	功率 /kW	电流 /A	起动 电流 倍数	功率 因数	效率	起动器 型 号	DZ 断路器 额定值 /A	TO 断路器 额定值 /A	电缆 (60℃) 截面 /mm ²	电缆 (85℃) 截面 /mm ²
25	Y112M-4-H	4	8.8	7	0.82	0.855	QCC1-20	15	15	2.5	1.5
26	Y132S-4-H	5.5	11.6	7	0.83	0.87	QCC1-20	15	20	4	1.5
27	Y132M-4-H	7.5	15.4	7	0.84	0.88	QCC1-20	20	30	6	2.5
28	Y160M-4-H	11	22.6	7	0.84	0.89	QCC1-40	30	40	10	4
29	Y160L-4-H	15	30.3	7	0.84	0.9	QCC1-40	40	50	16	6
30	Y180M-4-H	18.5	35.9	7	0.86	0.91	QCC1-40	50	75	16	10
31	Y180L-4-H	22	42.5	7	0.86	0.915	QCC1-63	60	75	25	10
32	Y200L-4-H	30	56.9	7	0.87	0.925	QCC1-63	80	100	35	16
33	Y225S-4-H	37	70.4	7	0.87	0.925	QCC1-100	80	100	50	25
34	Y225M-4-H	45	84.2	7	0.88	0.93	QCC1-100	120	125	70	35
35	Y250M-4-H	55	102.5	7	0.88	0.935	QCC1-160	140	150	95	50
36	Y280S-4-H	75	139.6	7	0.88	0.935	QCC1-160	200	175	150	70
37	Y280M-4-H	90	164.3	7	0.89	0.94	QCC1-250	200	225	150	95
38	Y90S-6-H	0.75	2.3	6	0.7	0.735	QCC1-20	15	15	1	1
39	Y90L-6-H	1.1	3.2	6	0.72	0.74	QCC1-20	15	15	1	1
40	Y100L-6-H	1.5	4	6	0.74	0.78	QCC1-20	15	15	1	1
41	Y112M-6-H	2.2	5.6	6	0.74	0.815	QCC1-20	15	15	1	1
42	Y132S-6-H	3	7.2	6.5	0.76	0.84	QCC1-20	15	15	1.5	1
43	Y132M1-6-H	4	9.4	6.5	0.76	0.85	QCC1-20	15	15	2.5	1.5
44	Y132M2-6-H	5.5	12.6	6.5	0.78	0.865	QCC1-20	20	20	4	1.5
45	Y160M-6-H	7.5	17	6.5	0.77	0.875	QCC1-20	25	30	6	2.5
46	Y160L-6-H	11	24.6	6.5	0.78	0.885	QCC1-40	30	40	10	4
47	Y180L-6-H	15	31.4	6.5	0.81	0.895	QCC1-40	40	50	16	6
48	Y200L1-6-H	18.5	38.1	6.5	0.83	0.905	QCC1-40	50	75	25	10
49	Y200L2-6-H	22	44.7	6.5	0.83	0.905	QCC1-63	60	75	25	10
50	Y225M-6-H	30	58	6.5	0.84	0.915	QCC1-63	80	100	35	16
51	Y250M-6-H	37	72	6.5	0.86	0.92	QCC1-100	80	100	50	25
52	Y280S-6-H	45	85.4	6.5	0.87	0.93	QCC1-100	120	125	70	35
53	Y280M-6-H	55	104.9	6.5	0.87	0.93	QCC1-160	140	150	95	50
54	Y132S-8-H	2.2	5.8	5.5	0.71	0.815	QCC1-20	15	15	1	1
55	Y132M-8-H	3	7.7	5.5	0.72	0.825	QCC1-20	15	15	1.5	1
56	Y160M1-8-H	4	9.9	6	0.73	0.845	QCC1-20	15	15	2.5	1.5
57	Y160M2-8-H	5.5	13.3	6	0.74	0.855	QCC1-20	20	20	4	1.5
58	Y160L-8-H	7.5	17.7	5.5	0.75	0.865	QCC1-20	25	30	6	2.5
59	Y180L-8-H	11	25.1	6	0.77	0.875	QCC1-40	30	40	10	4
60	Y200L-8-H	15	34.1	6	0.76	0.885	QCC1-40	40	50	16	6
61	Y225S-8-H	18.5	41.3	6	0.76	0.9	QCC1-63	50	75	25	10
62	Y225M-8-H	22	47.6	6	0.78	0.905	QCC1-63	60	75	25	10
63	Y250M-8-H	30	63	6	0.8	0.915	QCC1-100	80	100	50	16
64	Y280S-8-H	37	78.2	6	0.79	0.92	QCC1-100	80	100	70	25
65	Y280M-8-H	45	93.2	6	0.8	0.925	QCC1-100	120	125	70	35

2.5.8 舵机电动机回路的保护

2.5.8.1 保护的特别要求

舵机是关系到船舶航行安全的重要设备,有关规范和规则都有明确的要求和规定。就其回路保护而言,应注意下述特殊要求:

1. 电动和电动液压的主操舵装置和辅助操舵装置的每一控制回路和每一馈电回路均应设短路保护。

2. 操舵装置的控制馈电回路只能设置短路保护。

3. 如果设置包括起动电流在内的过电流保护,则应不小于所保护电路或电动机满载电流的2倍,并应设计成允许适当的起动电流通过。

4. 应设有下述保护报警:

1) 指示过载的报警;有时加设堵转报警。

2) 如果采用三相供电,应设有能指示任一相发生故障的报警。

3) 指示控制和供电电源故障的报警。

4) 操舵装置中任何一台操舵装置的动力设备发生动力故障的报警。

上述所有报警应既是声响的又是可见的。

2.5.8.2 保护装置的选择

舵机电动机回路的短路保护装置,多是选用仅有瞬时脱扣器的装置式断路器,其瞬时脱扣器的整定电流值,通常考虑舵机电动机堵转时不引起脱扣。但必须注意低起动功率因数产生较大的直流分量的叠加以及瞬时脱扣器动作误差的影响。

如果假设堵转电流的峰值为电动机额定电流的7倍,瞬时脱扣器的电流值必须大于堵转电流的2倍,再考虑断路器的动作误差为 $\pm 20\%$,则选用的断路器瞬时脱扣器的整定电流值必须大于电动机额定电流的12倍。

如果没有确切资料时,可参考表2.5.8.1和表2.5.8.2进行选择。

日本TY公司的设计标准列入表2.5.8.3,供参考。

表 2.5.8.1 舵机保护装置整定值(AC 440V)

电 动 机		装置式断路器定额	
额定功率/kW	额定电流/A	额定电流/A	瞬时脱扣电流/A
2.2	5.0	10	100
3.7	7.9	15	150
5.5	11	20	200
7.5	16	30	300
11	22	40	400
15	29	50	500
18.5	36	60	600
22	42	60	600
30	56	100	1000
37	68	100	1000
45	82	200	2000

表 2.5.8.2 舵机保护装置整定值(AC 220V)

电 动 机		装置式断路器定额	
额定功率/kW	额定电流/A	额定电流/A	瞬时脱扣电流/A
2.2	11.1	20	200
3.7	17.4	30	300
5.5	25	40	400
7.5	34	50	500
11	48	75	750
15	64	100	1000
18.5	78	150	1500
22	92	150	1500
30	123	200	2000

表 2.5.8.3 TY 公司舵机用保护装置整定值(AC 440V)

电动机 容 量 /kW	电动机 满载电流 /A	断 路 器 定 额							
		NF60-S, SA		NF100-S, HA		NF100-RB		NFU100	
		持续电流 /A	电磁脱扣 /A	持续电流 /A	电磁脱扣 /A	持续电流 /A	电磁脱扣 /A	持续电流 /A	电磁脱扣 /A
1.5	3.5	15	150	15	150	15	150	30	400
2.2	5.0	15	150	15	150	15	150	30	400
3.7	7.8	15	150	15	150	15	150	30	400
5.5	11	20	200	20	200	20	200	30	400
7.5	15	20	200	20	200	20	200	30	400
11	21	30	300	30	300	30	300	30	400
15	28	40	400	40	400	40	400	40	520
19	33	50	500	50	500	50	500	40	520
22	39	60	600	60	600	60	600	50	650
30	54	—	—	75	750	75	750	60	820
37	65	—	—	100	1000	100	1000	75	1000
45	77	—	—	100	1000	100	1000	100	1400
55	98	—	—	100	1400	100	1400	100	1400

注: 1 此表不适用于 Y-△ 启动。

2 此表仅适用于电动机启动电流不大于 700% 额定电流, 启动功率因数 0.3 以上。

3 当在两台电动机的场合:

连续电流 $> 2 \times$ 满载电流; 电磁脱扣电流 $> 满载电流 \times 12$ 。

4 脱扣电流考虑了 $\pm 20\%$ 动作误差

2.5.9 照明和电热器回路的保护

船舶照明和小容量的电热器基本属于电阻负载, 其功率因数较高, 而且又不会出现像电动机那样较大的启动电流。所以, 可以按最大使用电流选择保护装置。

照明和电热器回路均应设置过载保护和短路保护, 其保护装置可以选用断路器或熔断器。

由于照明和电热器供电回路多用分电箱或区配电板供电, 所以必须注意上下级保护装置的保护协调。

T 公司推荐的照明和电热器回路断路器的选定表列入表 2.5.9.1, 供参考。

表 2.5.9.1 照明和电热电器回路断路器选定表(AC 200/220V)

短路容量(gym.)/kA		2.5	5	7.5	15	25	35	50	85	100	120	130	180
最大使用 电流 /A	断路器 额定电 流/A												
12	15	TB-5S TB-5P XE30NS	TB-5S ^① TB-5P ^① XE30NS	XS30CS	XS30NS	XS100NS	XS100NS	XH50NS	XH100NS	TL-100C			
16	20												
24	30												
32	40	TB-5S ^① TB-5P ^① XE50NS		XS60NS	XS60NS	XS100NS	XS100NS	XH100NS	XH100NS	TL-100C			
40	50												
48	60												
60	75	TB-10S		XE100CS	XE100NS	XS225NS	XS225NS	XH225NS XH225NE	XH225NS XH225NE	TL-225B			
80	100												
100	125												
120	150	XE225NS		XS400CS	XS400NS XS400NE	XS400NS XS400NE	XS400NS XS400NE	XH400NE	TL-400E	TL-400			
140	175												
160	200												
180	225	XE600NS		XS600CS	XS600NS XS600NE	XS600NS XS600NE	XS600NS XS600NE	XH600NE	TL-600E	TL-600			
200	250												
240	300												
280	350	XS800CS		XS800NS XS800NE	XS800NS XS800NE	XS800NS XS800NE	XS800NS XS800NE	XH800NE	TC-800B	TL-800			
320	400												
360	450												
400	500	XS1000NE		XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE	XS1000NE
480	600												
560	700												
640	800	XS1200NE		XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE	XS1200NE
800	1000												
960	1200												
1120	1400	XS1600NE		XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE	XS1600NE
1280	1600												
1440	1800												
1600	2000	XS2000NE		XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE	XS2000NE
2000	2500												
2240	2800												
2560	3200	XS2500NE		XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE	XS2500NE
		XS3200		XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200	XS3200

① IP 为 2.5kA

2.5.10 岸电回路的保护

船舶岸电供电回路,通常是将岸电接至主配电板岸电开关或馈电汇流排,也有接至应急配电板,再给主配电板供电。

由于船舶电力系统保护设计都是以船舶电源供电为依据,继而选择保护装置并确定整定值。所以,对岸电供电时的系统保护协调没有具体要求,仅要求以断路器或熔断器对岸电至船内配电板间的固定敷设连接电缆进行保护。实际上,不可能根据岸电供电时系统保护的要求来更改已经确定的保护装置。所以,实际上是岸电箱内保护装置的选择原则。

1. 采用空气断路器作保护装置时的原则

1) 长延时过电流保护的整定

设长延时过电流脱扣器时,其整定值为:

- a. 最大值取岸电供电的总负载电流的 125%。
- b. 长延时脱扣器的时间—电流特性,应大于通过馈电回路的正常冲击电流。

2) 短延时过电流保护的整定

设短延时过电流脱扣器时,其整定值为:

- a. 整定值应等于连接汇流排回路断路器(或配电板上岸电开关)短延时脱扣器的最大值。
- b. 对于大于上述整定电流的任何故障电流,延时时间均应大于对应的连接汇流排回路断路器(或配电板上岸电开关)的“延时时间+切断时间”之和。

3) 瞬时过电流保护的整定

设瞬时脱扣器时,其整定值应等于连接汇流排回路的断路器(或配电板上岸电开关)的瞬时脱扣最大值。

2. 采用装置式断路器作保护装置时的原则

采用装置式断路器作保护装置时,仅有长时脱扣器和瞬时脱扣器,整定值为:

- 1) 长延时脱扣器的定额,取等于岸电供电的总负载电流最接近的上位值。
- 2) 瞬时脱扣器的定额,取最低的标准值。

3. 采用熔断器作保护装置时的原则

小船可以采用熔断器作保护装置。此时,熔断器的额定容量可以选定岸电供电的总负载电流的 125%。

2.5.11 蓄电池回路的保护

对于已知的蓄电池组,其电动势、充满时的内阻和外部电阻也是已知的,所以可以求得蓄电池短路电流的大小,表 2.5.11.1 列出日本 SS, BP 和 DP 型蓄电池的短路电流^[14],供参考。

表 2.5.11.1 蓄电池短路电流

蓄电池种类和容量		内阻 R_1/Ω	外阻 R_2/Ω	短路电流/A(t :周温)		
				$t=0^\circ\text{C}$	$t=25^\circ\text{C}$	$t=45^\circ\text{C}$
铅蓄电池	200Ah (ss-200)	1.32×10^{-2}	0.179×10^{-2}	780	1673	1832
	300Ah (ss-300)	0.88×10^{-2}	0.204×10^{-2}	1615	2314	2518
	400Ah (ss-400)	0.66×10^{-2}	0.102×10^{-2}	2251	3291	3603
碱蓄电池	200Ah (BP200C)	1.60×10^{-2}	0.162×10^{-2}	1161	1532	1686
	200Ah (DP200C)	1.00×10^{-2}	0.053×10^{-2}	2029	2564	2833

注: 蓄电池电动势如下: 铅蓄电池为 25.08V, 碱蓄电池为 27.0V

由表 2.5.11.1 可知,对于 DC24V 蓄电池系统,最大推算短路电流是很小的,所以,在选择保护装置时可以不考虑切断容量是否满足的问题,只要考虑上下级保护装置的保护协调问题便可以了。

保护装置可以采用断路器或熔断器,特别是对于要求避免回路处于断开位置的回路,通常是采用熔断器作保护装置。

在选择保护装置时,应该注意低压直流回路与交流回路的不同特点。以熔断器的动作特性为例,在 DC24V 回路内,在短路电流较小的场合,其电弧 I^2t 值几乎可以小到能够忽略的程度,所以可以认为全切断时间 I^2t 和熔断的 I^2t 是相同的。再如,交流和直流回路中熔断器的动作时间也是不相同的。

蓄电池电源系统,选择性保护的组合,可采用如下几种方式:

- 装置式断路器和装置式断路器;
- 装置式断路器和熔断器;
- 熔断器和装置式断路器;
- 熔断器和熔断器。

2.5.12 船舶电力系统保护协调

2.5.12.1 概述

船舶电力系统保护协调,应保证:

1. 迅速切除所有短路故障;
2. 发生故障时选择性动作;
3. 最大限度地保证供电连续性。

为此,要保证:

1. 保护装置的動作特性应与被保护电气设备或回路很好地配合;
2. 保护装置之间的動作特性应很好协调。

2.5.12.2 系统保护协调的要求

以图 2.5.12.1 为例,有关规范对保护装置之间采用何种保护方式的要求,列入表 2.5.12.1。

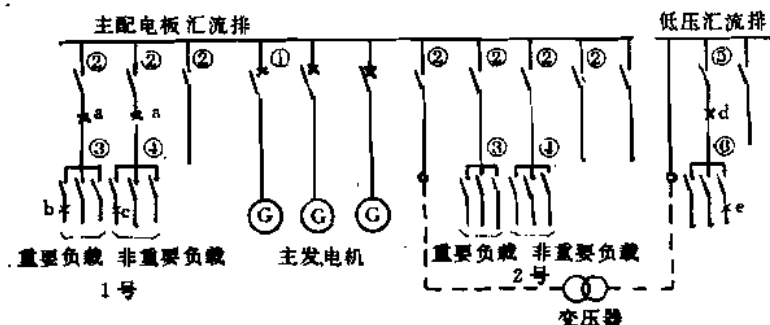


图 2.5.12.1 船舶电力系统保护装置之间的协调

表 2.5.12.1 有关规范对船舶电力系统保护装置协调要求

系 统	短路点	规 范	协 调 要 求	备 注
①——②	a	NK	选择切断	
		LR		
		ABS		
		BV		
		NV		
②——③	b	NK	后备切断	在汇流排上有 2 个系统时,建议 1 号、2 号自动转换
		LR	选择切断	要求选择切断,但有自动转换时,也可以采用后备切断
		ABS	如果无自动转换,应为选择切断	1 号、2 号系统有自动转换时,可以不用选择切断;但不允许后备切断,保护装置的额定切断电流应大于设置点的短路电流
		BV	选择切断	无自动化符号,系统分开时,根据情况可以采用后备保护
		NV	选择切断	
②——④	c	NK	后备切断	无选择切断要求,但断路器额定切断电流应大于设置点短路电流
		LR		
		ABS	—	
		BV	后备切断	
		NV		
②——⑤	d	NK	—	规范无要求
		LR	选择切断	
		ABS		
		BV		
		NV		
⑤——⑥	e	NK	后备切断	
		LR	—	根据用途要求选择切断
		ABS	同②——④系统	
		BV	—	根据用途要求选择切断
		NV	后备保护	根据用途要求选择切断

主配电板与应急配电板之间保护装置的协调,以图 2.5.12.2 为例,有关规范对采用何种保护方式的要求,列入表 2.5.12.2。

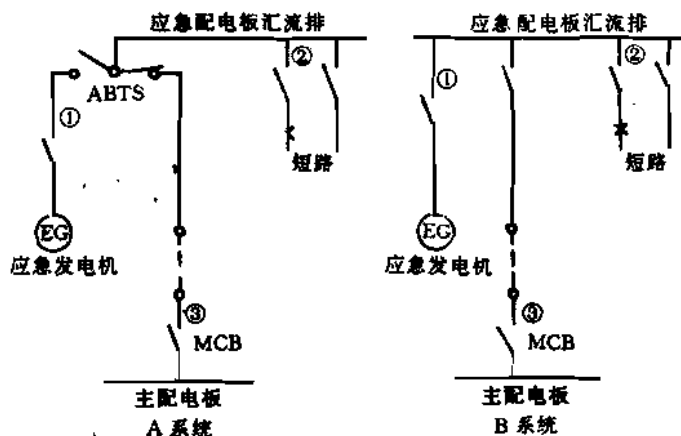


图 2.5.12.2 船舶电力系统主配电板与应急配电板保护装置之间的协调

表 2.5.12.2 主配电板与应急配电板保护装置协调要求

系 统	规 范	A 种供电方式	B 种供电方式	备 注
①——②	NK	选择切断	选择切断	
	LR	—		
	ABS	选择切断		
	BV	—		
	NV	选择切断		
③——②	NK	后备切断	后备切断	原动机自动启动时
	LR	—	选择切断	
	ABS	如果原动机自动启动时,可以不用选择切断,但断路器切断容量应大于设置点的短路电流	同左	
	BV	—	选择切断	
	NV			
注: NV 总都希望选择切断,但采用后备切断,由于能自动进行汇流排转换,暂时断电也可认可				

2.5.12.3 主配电板与应急配电板保护协调的设计要点

主配电板与应急配电板的连接,通常采用两种方法,一是用断路器,二是用汇流排自动转换接触器。若应急发电机可以向主汇流排供电时,则不能使用汇流排自动转换接触器。

以图 2.5.12.3 为例,设计要点如下:

1. 应急发电机用空气断路器 ACB 与应急配电板馈电用装置式断路器 MCB₂ 之间应具有选择性保护。通常可以选用 ACB 带有短延时脱扣器来实现。

2. 主配电板上给应急配电板供电的断路器 MCB₁ 与 MCB₂ 之间应具有选择性保护。

假设 A 点短路电流对称有效值为 21.87kA,非对称短路电流为 51.19kA;B 点短路电流的

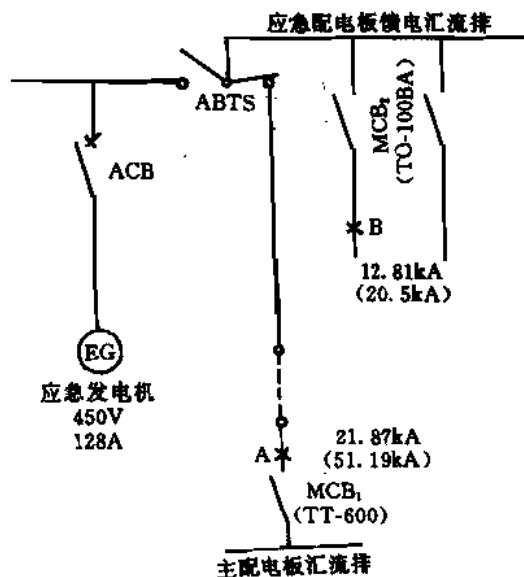


图 2.5.12.3 主配电板与应急配电板的保护协调例

对称有效值为 12.81kA, 非对称短路电流为 20.5kA。由于 A 点和 B 点的短路电流比较接近, 若 MCB_1 选用一般的装置式断路器很难保证在短路区域内实现选择性保护。所以 MCB_1 必须采用带短延时和瞬时脱扣器的 TT-600 型断路器, 以保证通 20.5kA 峰值电流时, MCB_1 不动作。而 MCB_2 可以选用 TO-100BA 型断路器。

3. 由于采用汇流排自动转换器 (ABTS), 还必须注意 ABTS 的短时承受短路电流的过载能力。

关于变压器回路保护协调, 参考本章 2.5.6.5。

关于电动机回路中断路器与磁力起动器、热继电器的保护协调, 参考本章 2.5.7.5。

关于保护装置动作特性与电缆的保护协调, 参考本篇第 7 章 2.7.5。

第6章 船用配电装置

2.6.1 概 述

配电装置用以接受和分配电能,并对电网进行保护。由于船用配电装置的特殊性决定,有些配电装置(例如主配电板、应急配电板和蓄电池充放电板等)还具有对电源装置、用电设备等进行保护、测量和控制等功能。

船用配电装置种类很多,常用的、按其用途分类有:

1. 主配电板——用来控制和监测主发电机的工作,并将主发电机产生的电能,通过主电网或直接给用电设备配电。

2. 应急配电板——用来控制和监测应急发电机的工作,并将应急发电机产生的电能,通过应急电网或直接给用电设备配电。

3. 蓄电池充放电板——用来控制和监测充电发电机或充电整流器,对蓄电池组进行充放电工作,并通过低压电网或直接给用电设备配电。

4. 交流配电板——当船舶采用直流电制时,由于多数通信导航设备仍需要交流电源,所以需装设交流变流机组。交流配电板用来控制和监测交流变流机组,并给用电设备配电。

5. 岸电箱——当船舶停靠码头时,将岸上电源接至船上,通过主配电板(或应急配电板)给用电设备配电。

6. 区配电板——介于主配电板或应急配电板与分电箱(亦称分配电板或分配电箱)之间,用以向分电箱和最后支路供电的配电板。

7. 分电箱——用以向成组的最后支路供电,并装有保护装置。按其使用目的和性质,通常又可分为:

- 电力分电箱(或称分配电板);
- 照明分电箱(或称分配电板);
- 无线电分配电板(无线电电源板);
- 助航通信分配电板;
- 专用设备分配电板(如冷藏集装箱电源板)。

8. 电工试验板——接有全船各种电源和必要的检测仪表,专供船上检修和校验各种用电设备的配电板。

2.6.2 船用配电装置的结构设计

船用配电装置应根据其安装的场所,选择不同的防护等级和安装方式。

2.6.2.1 防护等级

一般舱室内安装的配电装置,其顶部应达到 IP22 的要求,在符合规范要求的干燥舱室内,

其顶部的防护等级可降至 IP21;而两侧的防护等级应有不低于 IP2x 的防护措施。

当额定电压大于 500V 时,其背面应有不低于防护等级 IP2x 的防护措施。

配电装置应尽量避免安装在易受较大水和机械损伤的处所,如机炉舱、封闭的燃油分油机室和滑油分油机室内,如果安装在上述舱室内,其防护等级应不低于 IP44。

安装在露天甲板上的配电装置,如岸电箱等,应具有 IP55 或 IP56 的防护等级。

2.6.2.2 安装方式

1. 立式安装

一般较大的配电装置,如主配电板、应急配电板和蓄电池充放电板等,多采用立式安装的结构。配电板下面设有底座或底脚,安装于甲板上。可设计成封闭式和板后开启式结构。也可按有关规范的要求,采用板前检修或板后检修的方式。对于板前检修方式;应有后盖板,可以靠壁安装;对于板后检修方式,后面可为开启式或装有防护门,但必须备有水平安装的绝缘扶手。

2. 壁式安装

这类配电板在两侧或上下设有安装箱脚,安装在隔壁或支架上。如分电箱和小型的充放电板等小型配电板多采用这种安装方式。壁式安装的配电板,有时还附装铰链,可以摇出,以便维修。壁式安装型亦称箱式结构。

3. 嵌入式安装

对于要求美观或空间受到限制的处所(例如住舱室内走道的照明分电箱),通常采用嵌入式安装。这类配电板装于隔壁内,其面板应于隔壁面齐平。

关于封闭式、板后开启式和箱式交流低压配电板的单屏基本外形尺寸,可参照表 2.6.2.1^[15]。

表 2.6.2.1 单屏配电板基本外形尺寸

屏 高/mm		屏 宽/mm							
		550	600	650	700	800	900	1000	1100
		屏 深/mm							
封 闭 式	1890	660, 760, 860					—		
	2010	660, 760, 860, 960						—	
	2130	—	760, 860, 960, 1060					—	
	2250	—	860, 960, 1060, 1160, 1260, 1360					—	
	2370	—	1360, 1460, 1560, 1660						
板 后 开 启 式	1600	630			—				
	1800	630, 730				—			
	1900	—	630, 730, 830, 930				—		
	2000	—	630, 730, 830, 930				—		
	2100	—	630, 730, 830, 930, 1030					—	
	2200	—			930, 1030, 1130, 1230, 1330				
箱 式	700	300	—						
	800	300		—					
	900	—	300		350	—			
	1000	—	300		350		—		
	1200	—			350		400	—	

2.6.2.3 配电装置结构设计

对配电装置的结构设计影响较大的有:汇流排的安装位置、发电机控制屏和配电屏等功

能、发电机励磁装置设置场所、外部电缆的引入方法以及安装尺寸的限制等。

配电装置的结构设计,应注意下述各点:

1. 构成配电装置的骨架及箱体应有足够的强度,在振动和冲击情况下,不能发生有害的变形。其外壳一般用厚 1.2mm 及以上的优质碳素结构钢板制成。
2. 配电装置的结构附件,应尽量选用标准件。
3. 配电装置上使用的紧固件,应使用耐腐蚀材料或经防腐蚀处理的碳素钢制成,作导电用的紧固件,最好采用铜质材料。
4. 配电装置应在保证电气性能和满足要求的前提下,具有最小的尺寸和重量。
5. 仪表、指示灯和小型开关等通常装于面板上,面板做成可摇出的形式。仪表和指示灯的布置应便于观看;经常操作的手柄应伸出面板,操作手柄的布置应便于操作。
6. 配电装置内电器的布置,应便于调整、检修和拆换。
7. 可活动的门(包括可活动的上面板)应设有止动器;其铰链应设在正视面板的左侧,以利于右手进行维修。
8. 大型配电装置,如主配电板和应急配电板等,其板前(或板后)应设有坚固的绝缘扶手。
9. 配电装置应设有固定的或可卸式的吊装件,吊装件应有足够的强度。
10. 通常,电缆应从底部进入配电装置。若电缆非从底部进入时,电缆进入处应采取防止水滴进入装置内的措施,例如设有围板。
11. 配电装置用绝缘材料应具有耐久性、滞燃性和不吸水性。加工的酚醛树脂等绝缘材料,应在干燥的条件下进行防湿处理。

2.6.3 船舶配电装置的电气设计

配电装置的电气设计,应注意下述各点:

1. 电气元器件和装置的额定电压、额定电流、额定频率、短路强度、分断能力以及使用寿命等参数应适合其指定的用途。
2. 各电气装置保护的设置和整定应与被保护用电设备的电性能和热特性相协调,并应满足系统保护的要求。
3. 配电板用电气元器件和装置,均应牢固地安装在构架或面板上,并应设有防松动措施,便于操作和检修。
4. 额定电压大于 500V 系统用的接线端子与较低电压的接线端子应明显地隔开,并有醒目的标记。
5. 额定电压不同的熔断器,应尽量分开安装。当熔断器的额定电压高于 500V,而熔断器座允许插入较低额定电压的熔断器,则应设置专门的警告牌。
6. 安装在配电板上的仪表、开关、指示灯、按钮、操作手柄和手轮等均应有明显的耐久铭牌,标明其用途和操作位置。
7. 应有标明每个电路的用途、过载保护电器的定额定值或其相应整定值的耐久标志,并设置在该保护电器的所在位置。
8. 汇流排及其连接件应为铜质的,一般采用导电率为 97% 以上的铜材;汇流排的连接处应作防止腐蚀和氧化的处理。汇流排的最高允许温升为 45℃,汇流排连接处的温升不得高于表 2.6.3.1 的规定。

表 2.6.3.1 汇流排连接处允许温升

汇流排类别	环境温度为 45℃ 时允许温升/℃
铜-铜	40
铜搪锡-铜搪锡	45
铜镀银-铜镀银	55

9. 汇流排和裸线的颜色应满足有关规范和规则的要求。例如,按我国国家标准和中国船级社(CCS)的要求如下:

对直流汇流排和裸线的极性颜色规定为:

正极 - - - - - 红色

负极 - - - - - 蓝色

接地线 - - - - - 绿色和黄色间隔

对交流汇流排和裸线的相序颜色规定为:

第 1 相 - - - - - 绿色

第 2 相 - - - - - 黄色

第 3 相 - - - - - 褐色或紫色

接地线 - - - - - 绿色和黄色间隔

中性线 - - - - - 浅蓝色

10. 汇流排在配电板内的排列,应符合有关规范和规则的规定。例如,按我国国家标准和 CCS 的要求,应满足表 2.6.3.2 的规定。

表 2.6.3.2 汇流排在配电板内排列

汇流排	相序或极性	汇流排安装的相互位置			附 图
		垂直布置	水平布置	引下线	
交流	第 1 相	上	前	左	配电板正视方向示意图
	第 2 相	中	中	中	
	第 3 相	下	后	右	
直流	正极	上	前	左	
	均压极	中	中	中	
	负极	下	后	右	

注: 交流中性线汇流排可放在适当的位置

11. 配电装置中所用测量仪表的精度等级,应根据仪表的用途决定,一般选用 1.5 级仪表,但不应低于 2.5 级。测量仪表的量程和刻度应符合下述要求:

- 电压表的上量限应约为线路额定电压的 120%;
- 电流表的上量限应约为线路中额定电流的 130%;
- 频率表应具有 $\pm 10\%$ 额定频率的刻度;
- 供并联运行的直流发电机用电流表应指示出 15% 逆电流;
- 供并联运行的交流发电机用功率表应指示出 15% 逆功率;
- 在电压表、电流表及功率表的刻度盘上应有表示其额定值的明显标志。

12. 配电装置所使用的指示灯的颜色,应按表 2.6.3.3^[16] 所示的意义选用。现将白色、红色和绿色的指示灯的使用实例列入表 2.6.3.4 中,供参考。

13. 配电装置所使用的按钮颜色,应按表 2.6.3.5 所示的意义选用。

表 2.6.3.3 指示灯颜色的选用

颜色	意义	说明
红	危险或报警	潜在危险的警告或要求立即进行处理的情况警告
黄	注意	条件变化或临近变化
绿	安全	安全状况的指示或批准进行
蓝	根据所考虑情况的需要指定特定的意义	可以指定蓝色表示红色、黄色、绿色所含意义以外任何一种特定的意义
白	未指定特定意义(中性色)	任何意义,每当应用红色、黄色、绿色存在疑问时,可用白色。例如,可用白色表示确认

表 2.6.3.4 指示灯颜色使用举例

白色	红色	绿色
有电压	自动开关断开	自动开关接通
准备	过载	工作
放电	报警	充电
在中间位置	在左舷位置	在右舷位置
	上升	下降
	禁止	允许
	紧急	正常
	倒车	正车

表 2.6.3.5 按钮颜色的选用

颜色	意义	举例
红	处理事故	紧急停机 扑灭燃烧
	“停止”或“断电”	正常停机 停止一台或多台的电动机 装置的局部停机 切断一个开关 带有“停止”或“断电”功能的复位
黄	参与	防止意外情况 参与抵制反常的状态 避免不需要的变化(事故)
绿	“起动”或“通电”	正常起动 起动一台或多台的电动机 装置的局部起动 接通一个开关装置(投入运行)
蓝	上列颜色未包含的任何指定用意	凡红黄和绿色未包含的用意,皆可采用蓝色
黑、灰、白	无特定用意	除单功能的“停止”或“断电”按钮外的任何功能

14. 配电装置的内部配线应采用最高允许温度不低于 75℃ 及相应电压等级的船用多股铜芯绞合导线。导线应敷设在用阻燃材料制成的走线槽中,或用夹线板固定。

15. 配电装置内的绝缘导线最小截面一般不应小于 1mm^2 (低电平的电子电路除外)。

16. 电压互感器和电流互感器的次级绕组应单独可靠接地,接地处应有耐久的接地标志。保护接地不能与工作接地共用接地线和接地螺钉。

17. 万能转换开关的操作顺序应设计成:

相序——从左至右:A相、B相、C相或AB、BC、CA;

转速——顺时针加速,逆时针减速;

大小——顺时针递增,逆时针递减。

2.6.4 主 配 电 板

作为船舶主配电板,通常是将主发电机的控制、保护和监测以及配电等功能组合在一起的配电装置。

在发电机容量和台数决定后,便可进行全船配电系统的设计。完成上述工作内容,即可进行主配电板设计,主配电板设计主要工作内容有:

- 发电机励磁方式的决定;
- 并车方式的决定;
- 负载分配方式的决定;
- 测量和监视仪表的选择;
- 配电电器的选择和参数的整定;
- 汇流排的选择;
- 主配电板原理图的绘制;
- 主配电板的结构设计等。

上述各工作内容集中于主配电板原理图、布置图和结构图的设计工作中。

2.6.4.1 主配电板原理图设计

1. 设计原则

主配电板原理图设计,必须遵守下述原则:

1) 一般按屏绘制,每台发电机均采用独立的控制屏。所以,应根据发电机台数和容量决定发电机屏的数量并选定发电机保护开关;再根据配电系统用电设备的负载大小和性质,决定配电屏的数量。

2) 根据系统短路电流计算结果,按本篇第5章要求,选定发电机保护开关和配电用保护开关的短路容量(包括分断容量和接通容量)。

3) 根据系统短路电流计算结果,按本篇第5章的要求,确定发电机保护装置和配电用保护装置的整定值。

4) 应按有关标准规定的图形符号和文字代号绘制原理图。图中应有设备明细表,标明各电气元件的名称、型号、规格和数量等。

5) 保护设计应满足本篇第5章的有关要求。

2. 发电机控制屏设计要点

1) 发电机控制屏主要包括发电机励磁控制、发电机并车控制、测量仪表、保护装置、联锁、报警以及指示回路等。

2) 各发电机控制屏应设有指示发电机开关(例如断路器)接通与切断的指示灯。

3) 各直流发电机控制屏上应设有能单独对其电压进行调节的手动调压器。该调压器在发电机所允许的工作温度范围内,以及负载自空载至满载之间任何负载下,电压在额定值的

80% ~ 105% 范围内,电压调整精度应为:

- a. 对于额定输出超过 100kW 的发电机,为额定电压的 0.5% 以内。
- b. 对于额定输出不超过 100kW 的发电机,为额定电压的 1% 以内。

手动调压器的电路一般应能分断,并应有防止分断时产生过电压的措施。只有能将空载电压调低至接近剩磁电压,调压器才允许不分断。

4) 直流发电机的均压连接线的截面,不得小于自发电机到主配电板之间负极连接线截面的 50%。

5) 各直流发电机控制屏上应设有发电机充磁设备。

6) 在需并联运行的交流发电机控制屏上,应设有对原动机转速进行遥控调节的设施,其调速范围应保证 10%。

7) 如果发电机设有空间加热器时,其加热器开关应设在发电机控制屏上,并应与发电机供电开关联锁,以保证只有当发电机停止运行时才能接通。

8) 主发电机供电与岸电供电之间必须有联锁,以避免同时供电。该联锁方式可以采用以岸电为主、以发电机为主或以供电方为主的不同线路。图 2.6.4.1 为电动合闸联锁并以供电方为主的原理图。为了避免因断路器主触头动作不协调而造成暂短并联,往往在线路中再加中间继电器,以确保先行供电的断路器断开后,供电方的断路器才能合闸。

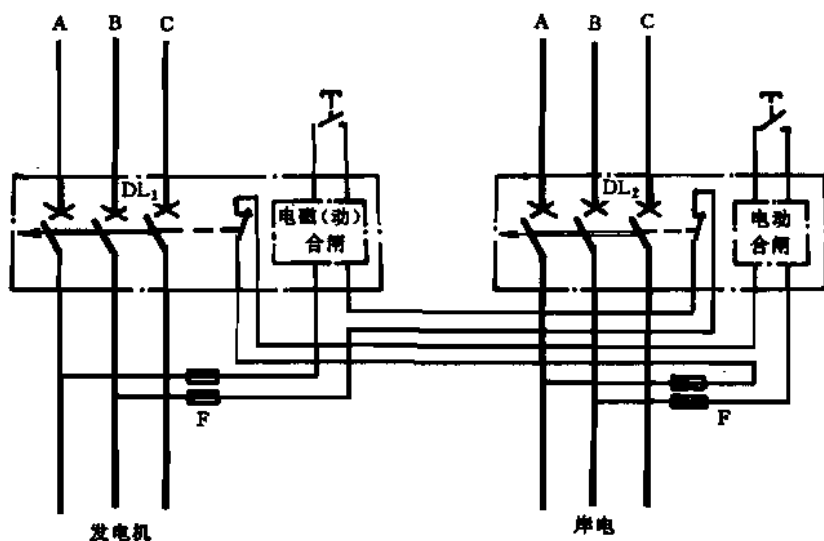


图 2.6.4.1 主发电机与岸电联锁原理图

不用待说,几台主发电机参与联锁时,各发电机开关以一个常闭辅触头相串联后与岸电开关合闸电源线路串接,岸电开关以数个常闭辅触头分别与各发电机的合闸电源线路相串接。

9) 发电机控制屏上必须装设的测量仪表 CCS 的规定如表 2.6.4.1 所示,其他有关规则的要求列入表 2.6.4.2,供参考。

10) 测量仪表可以采用直接连接和间接连接方法。直流仪表的间接连接可以采用分流器和分压器;交流仪表的间接连接可以采用电流互感器和电压互感器。

电流互感器的次级额定电流一般为 5A;电压互感器的次级额定电压一般为 100V。

为了节省测量仪表,通常采用转换开关进行有关测量。例如,用一个电压表和转换开关分别测量发电机各相(线)电压,用一个电流表和转换开关分别测量发电机的相(线)电流。

表 2.6.4.1 发电机控制屏最低装设测量仪表

发电机种类	运行状态	仪表种类	数 量
直流	单机运行	电流表	各发电机 1 个(接于正极)
		电压表	各发电机 1 个
	并联运行	电流表	各发电机 1 个(接于正极)
		电压表	2 个(1 个测量汇流排电压 1 个能测量各发电机电压)
交流	单机运行	电流表	各发电机 1 个(能分别测量各相[线]电流)
		电压表	各发电机 1 个(能分别测量各相[线]电压)
		功率表	各发电机 1 个(容量小于 50kW[kVA]者除外)
		频率表	各发电机 1 个
		励磁电流表 ^①	各发电机 1 个
	并联运行	电流表	各发电机 1 个(能分别测量各相[线]电流)
		电压表	2 个(1 个能分别测量各发电机各相[线]电压 1 个能测量汇流排电压)
		功率表	各发电机 1 个
		频率表	2 个(1 个测量汇流排频率 1 个能测量各发电机频率)
		整步表	各发电机共用 1 个
		励磁电流表 ^①	各发电机 1 个

① 只在必要时设置

表 2.6.4.2 有关规则对交流发电机控制屏装设测量仪表的要求

运行状态	规则 仪表种类	NK	ABS	LR	IEC
单机运行	电流表	各发电机 1 个 (测各相电流)	同左	各发电机 1 个(测各相电流) 或 各发电机 3 个(测各相电流)	同左
	电压表	各发电机 1 个 (测各相电压)	各发电机 1 个(测发电机各相及 汇流排一相电压)	各发电机 1 个	同左
	功率表	各发电机 1 个 (不大于 50kVA 可省略)	各发电机一个	各发电机 1 个 (不大于 50kVA 不要求)	各发电机(三相用)1 个 (不大于 50kVA 不要求)
	频率表	1 个 (测各发电机电率)	同左	各发电机 1 个	同左
并联运行	电流表	各发电机 1 个 (测各相电流)	同左	各发电机 3 个(测各相电流) 或 各发电机 1 个(测各相电流)	同左
	电压表	2 个(测发电机各相电压、 测汇流排电压)	各发电机 1 个(测发电机各相及 汇流排一相电压)	汇流排 1 个 发电机 1 个(测各发电机电 压)	同左
	功率表	各发电机 1 个	同左	同左	各发电机(三相用)1 个
	频率表	2 个(测各发电机电率、汇 流排频率)	1 个 (测各发电机电率)	汇流排 1 个 各发电机 1 个(测各发电机电 率)	同左
	同步指示器 和同步灯	各一套 包括在自动同步指示器内, 可省略任一种	各一套 (带选择开关)	各一套或相当装置	同左

注: 1 励磁电流表 NK 规定可根据需要各发电机设一个, IEC 推荐加装。

2 NK 规定, 其中一个电压表可以测量岸电供电电压。

3 自动控制发电机有控制板时, 上述仪表也可以装在控制板上(NK, ABS), 但控制板装在机舱外时, 配电板上还需装设发电机单机或并联运行的必要仪表(NK)

11) 当使用电压互感器时应注意下述各点:

- a. 次级要接地。
- b. 初级用熔断器实现短路保护。
- c. 次级输出应为高阻抗。
- d. 相序和极性应符合有关仪表的要求。

12) 当使用电流互感器时应注意下述各点:

- a. 次级要接地。
- b. 初级不能设熔断器。
- c. 次级输出应为低阻抗。
- d. 严禁次级绕组开路运行。

13) 当主发电机台数较多时,为了便于并车操作及集中监视,往往还设有同步屏(或称并车屏)。同步屏应该装设的测量仪表及操作开关各船差异甚大。某集装箱船主发电机组为2台柴油发电机和1台废气涡轮发电机,其同步屏上安装的测量仪表、操作开关和指示灯等列举如下,供参考。

- 主发电机空气断路器通断开关,3个;
- 伺服电机控制开关,3个;
- 交流电压表和转换开关,各1个;
- 交流电流表和转换开关,各1个;
- 频率表和转换开关,各1个;
- 同步指示器和开关,各1个;
- 同步指示灯,1套;
- 发电机自动同步装置,1套;
- 发电机自动负载分配装置,1套;
- 功率表,3个;
- 发电机起停选择开关(遥控-手动/自动),1个;
- 柴油发电机起停-停止开关,2个;
- 废气涡轮发电机应急停止开关,1个;
- 废气涡轮发电机应急停止报警灯,1个;
- 发电机空气断路器故障脱扣报警灯,3个;
- 柴油发电机遥控起停可能性指示灯,2个;
- 柴油发电机备机指示灯,2个;
- 柴油发电机起停失败报警灯,2个;
- 柴油发电机空气断路器不合闸指示灯,2个;
- 自动同步和负载分配装置投入选择开关(自动-手动),1个;
- 自动同步和负载分配带指示灯起停按钮开关,3个;
- 优先脱扣报警灯,1个;
- 频率低报警灯,1个;
- 频率高报警灯,1个;
- 过电压报警灯,1个;
- 自动同步故障灯,1个;

过电流报警灯,3个;
 带指示灯空气断路器故障复位按钮,3个;
 应急停止和优先脱扣电源指示灯,1个;
 应急停止和优先脱扣电源故障报警灯,1个;
 失压报警灯,1个;
 440V 配电屏绝缘低报警灯,1个;
 220V 配电屏绝缘低报警灯,1个;
 220V 应急配电屏绝缘低报警灯,1个;
 24V 电源指示灯,1个;
 岸电电源指示灯,1个;
 24V 电源故障报警灯,1个;
 发电机自动控制系统电源指示灯,1个;
 应急发电机运转指示灯,1个;
 应急发电机自动备车指示灯,1个;
 应急发电机遥控起动开关,1个。

3. 配电屏设计要点

1) 通常重要设备和大功率负载都由配电屏设独立的供电回路。

2) 除独立供电回路用电设备侧已设有过载保护外,一般配电屏上供电开关均应设置短路保护和过载保护。

3) 主配电板上应设有连续监测绝缘电阻并在绝缘电阻异常低时发出声光信号的绝缘电阻监测报警器,该绝缘电阻监测报警器应能分别监测不同电压等级的电网绝缘。通常装于配电屏上。

4) 配电屏上通常也装有电流表,以测量馈电电路的负载电流。三相交流系统一般只测量一相电流。测量点超过一路时,尚需装设转换开关,每一电流表的测量点一般不超过6点。电流表所测量的负载一般为:

a. 重要的辅机,如主机滑油泵、主机海水冷却泵、主机淡水冷却泵和舵机等。

b. 功率较大的辅机,如舱底泵、消防泵、起货机、起锚机和油船的货油泵等。

5) 照明负载常集中在一屏上,以便于接线和操作。在交流电制中,通常采用照明和电力变压器给照明负载和低于主发电机电压等级的负载供电。变压器开关也装于该配电屏上。由于电压不同,尚应装设下述测量仪表和开关:

a. 电压表及其转换开关,以测量照明和电力变压器次级的三相电压。

b. 电流表及其转换开关,以测量照明及电力变压器次级的三相负载电流。

6) 配电屏各用电设备的供电开关电路的相对位置,尽量与布置图的相对位置一致;通常大容量开关放在下边,小容量开关放在上边,并尽量使容量相同的开关在同一列,以利于汇流排的布置和接线。

7) 除了自动化电站要求设置失压保护以及特殊用电设备要求采用分励脱扣外,配电用开关一般都采用失压脱扣方式。

8) 在主配电板上应设置指示器,以指示应急电源或临时应急电源的蓄电池正在供电。

4. 主配电板各屏的排列

1) 当主配电板的发电机控制屏和配电屏较少时,可将发电机控制屏排在一边,配电屏排

在另一边;当屏数较多时,一般将发电机控制屏排在中间,配电屏排列在其两边。

2) 发电机控制屏的排列顺序应与发电机的序号一致,以便于操作和管理。

3) 配电屏的负载可采用下述分法:

a. 按系统,如把机舱辅机排在一边,甲板机械和冷藏空调排在另一边。

b. 按主机,如将左主机的辅机排在一边,右主机的辅机排在另一边。

c. 按主用和备用,如主用辅机,在一边,备用辅机放在另一边。

d. 按分区供电,如一台发电机给一边负载供电,而另一台发电机给另一边的负载供电,但要考虑两台发电机负载的均分。

5. 汇流排的选择

1) 汇流排及其连接件的材料、颜色以及在板内的排列等,应符合 2.6.3 节的要求。

2) 主配电板裸主汇流排的最小电气间隙和最小爬电距离,应符合有关规范和规则的规定。例如,CCS 的规定如表 2.6.4.3 所示,而日本 JEM 的规定如表 2.6.4.4 所示。其他有关规则的要求如表 2.6.4.5 所示。

表 2.6.4.3 主配电板汇流排最小电气间隙和最小爬电距离(CCS)

极间或相间额定电压/V	最小电气间隙/mm	最小爬电距离/mm
250 及以下	15	20
251 至 660	20	30
660 以上	25	35

注:表中所列数值适用于带电部件之间以及带电部分与裸露的导电部件之间的电气间隙和爬电距离。

表 2.6.4.4 JEM 规定主配电板汇流排最小绝缘间隙

相间或极间额定电压/V	最小绝缘间隙/mm	
	裸导电体的相间或极间	裸导电体和接地裸金属间
125 及以下	13	13
大于 125 至 250	16	13
大于 250 至 500	23	23

表 2.6.4.5 主配电板汇流排最小绝缘间隙

相间或极间 额定电压/V	相间或极间距离/mm				与接地裸金属间距离/mm			
	NK	ABS	LR		NK	ABS	LR	
	空气中		油中		空气中		油中	
125 及以下	13	12.5	19	—	13	12.5	16	—
大于 125 至 250	16	19.0			23	22.0		
大于 250 至 500	23	22.0						
大于 500 至 600(ABS) 660(LR)		25.5						
大于 660 至 2200	—		38		—		38	
大于 2200 至 3300			51	19			51	13
大于 3300 至 6600			89	25			63	19

3) 汇流排及连接导体的载流量应符合图 2.6.4.2 和表 2.6.4.6 的要求。如果发电机控制屏在中央、配电屏在两侧时,发电机用汇流排也可以与馈电用汇流排相同。

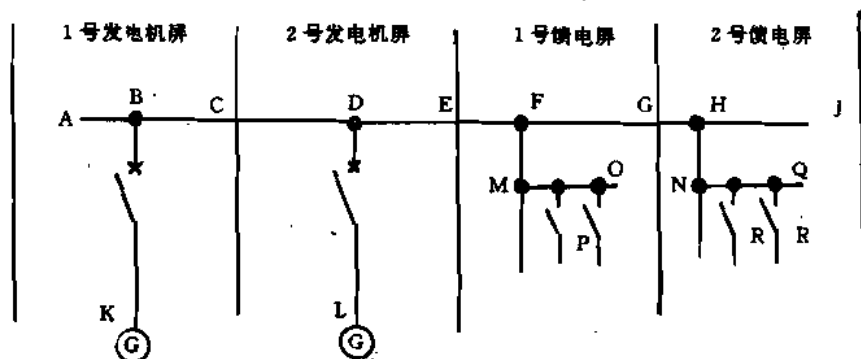


图 2.6.4.2 汇流排和连接导体

AE—发电机用汇流排; EJ—馈电用汇流排;

BK, DL—连接导体(1); FM, HN—连接导体(2);

MO, NQ—连接导体(3); OP, QR—连接导体(4)。

表 2.6.4.6 汇流排及连接导体载流量的选定

种 类			载 流 容 量
发 电 机 用	汇流排	1台发电机馈电系统	大于发电机额定电流
		2台及2台以上发电机并联馈电系统	取下述任一种: 1. 大于最大容量的1台发电机的额定电流加上余下的发电机(备用除外)额定电流总和的80%。 2. 大于按负载容量而决定的运行发电机的(备用除外)额定电流总和
	连接导体(1)		大于发电机额定电流
馈 电 用	汇流排	一般馈电回路	大于馈电回路(包括备用)额定电流之和的75%,但是不必超过发电机汇流排容量
		馈电回路仅有一个负载的场合或者馈电到连续使用的一组设备的场合	大于全负载电流
	连接导体(2)及(3)		与馈电用汇流排相同
	连接导体(4)		大于保护装置的额定电流

4) 汇流排截面和形状的选择,通常要考虑汇流排的允许电流强度、短时电流强度和短路机械强度。不仅与工作电流和短路电流大小有关,还与汇流排的材料、形状及布置和支撑方法有关。无确切资料时,可根据汇流排的允许电流值来选择汇流排的截面和并联根数。表 2.6.4.7 为单根铜质汇流排的安全载流量,如果汇流排采用几根叠成时,安全载流量相应降低,重叠系数如表 2.6.4.8 所示。日本 TY 公司的汇流排允许电流标准列入表 2.6.4.9,供参考。NK 及 IEEE No. 45 的规定列入表 2.6.4.10。

表 2.6.4.7 铜汇流排安全载流量(A)(周温 45℃, 允许温升 45℃)

宽(b)/mm	厚 b/mm										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20
10	61	118	150	179	$\frac{208}{207}$	$\frac{234}{233}$					
15	118	171	214	$\frac{256}{255}$	$\frac{292}{290}$	$\frac{329}{326}$	$\frac{398}{394}$	$\frac{464}{456}$			
20	157	225	281	$\frac{332}{331}$	$\frac{379}{377}$	$\frac{425}{419}$	$\frac{506}{500}$	$\frac{586}{575}$	$\frac{663}{646}$		
25	194	278	348	$\frac{408}{407}$	$\frac{464}{462}$	$\frac{516}{513}$	$\frac{615}{610}$	$\frac{709}{696}$	$\frac{797}{783}$	$\frac{932}{931}$	
30	232	332	413	$\frac{486}{482}$	$\frac{549}{544}$	$\frac{610}{603}$	$\frac{725}{714}$	$\frac{836}{814}$	$\frac{932}{931}$	$\frac{1072}{1030}$	$\frac{1312}{1248}$
40	307	439	$\frac{543}{541}$	$\frac{634}{632}$	$\frac{720}{714}$	$\frac{799}{786}$	$\frac{942}{923}$	$\frac{1075}{1048}$	$\frac{1200}{1170}$	$\frac{1380}{1324}$	$\frac{1665}{1580}$
50	382	548	$\frac{676}{674}$	$\frac{788}{780}$	$\frac{890}{875}$	$\frac{980}{956}$	$\frac{1154}{1125}$	$\frac{1313}{1273}$	$\frac{1468}{1409}$	$\frac{1674}{1590}$	$\frac{2005}{1890}$
60	(440)	$\frac{(632)}{(629)}$	$\frac{(779)}{(776)}$	$\frac{885}{867}$	$\frac{1020}{991}$	$\frac{1122}{1083}$	$\frac{1325}{1273}$	$\frac{1504}{1429}$	$\frac{1665}{1561}$	$\frac{1950}{1771}$	$\frac{2216}{2082}$
80	$\frac{(581)}{(578)}$	$\frac{(828)}{(820)}$	$\frac{(1020)}{(1003)}$	$\frac{(1188)}{(1162)}$	$\frac{1332}{1293}$	$\frac{1470}{1410}$	$\frac{1715}{1630}$	$\frac{1943}{1824}$	$\frac{2150}{1970}$	$\frac{(2440)}{(2198)}$	$\frac{(2820)}{(2510)}$
100	$\frac{(728)}{(724)}$	$\frac{(1032)}{(1020)}$	$\frac{(1271)}{(1248)}$	$\frac{(1476)}{(1440)}$	$\frac{1651}{1590}$	$\frac{1826}{1734}$	$\frac{2130}{2060}$	$\frac{2400}{2230}$	$\frac{2650}{2416}$	$\frac{(3020)}{(2670)}$	$\frac{(3541)}{(3140)}$

注: 1 分子表明直流的许可电流, 分母表明交流的许可电流。
 2 括弧内为非标准的尺寸。
 3 粗线栏内为常用尺寸

表 2.6.4.8 汇流排安全载流量重叠系数

汇流排并联根数		2	3	4	5
直 流		1.8	2.6	3.4	
交 流	50×5		2.45	3.15	1.73
	60×6	1.73	2.40	3.02	
	60×8	1.67	2.30	2.90	
	60×10	1.65	2.22	2.72	
	80×6	1.70	2.32	2.96	
	80×8	1.65	2.25	2.75	
	80×10	1.60	2.10	2.60	
	100×6	1.66	2.30	2.85	
	100×8	1.61	2.15	2.70	
	100×10	1.58	2.05	2.50	

表 2.6.4.9 汇流排允许电流



并联数	导体尺寸/mm	截面/mm ²	允许电流/A	汇流排间隔/mm
1	10×2.5	25	105	
	16×2.5	40	165	
	20×5	100	335	
	22×2.5	50	230	
	30×3	90	350	
	30×5	150	460	
	50×3	150	590	
	50×6	300	830	
	50×8	400	975	
	75×6	450	1200	
	75×8	600	1425	
	100×6	600	1525	
	100×8	800	1770	
	100×10	1000	1980	
	150×6	900	2240	
2	50×6	600	1445	
	75×6	900	1950	
	100×6	1200	2440	
	150×6	1800	3360	
	175×6	2100	3900	
3	200×6	2400	4460	
	75×6	1350	2350	
	100×6	1800	2850	
	150×6	2700	3850	
	175×6	3150	4480	
	200×6	3600	5100	

表 2.6.4.10 有关汇流排允许电流的规定

并联根数	导体尺寸/mm	截面/mm ²	允许电流 /A			
			AC 60Hz	AC 60Hz		AC 60Hz
				银接触	铜接触	
1	25×3	75	250	250	170	330
	50×3	150	500	515	350	—
	50×6	300	700	725	493	900
	75×6	450	1000	1060	720	1280
	100×6	600	1300	1325	900	1650
	150×6	900	1900	1990	1320	2300
2 间隔 6mm	25×3	150	450			
	50×3	300	800			
	50×6	600	1100	1255	845	1450
	75×6	900	1600	1700	1150	2050
	100×6	1200	2100	2120	1440	2550
	150×6	1800	2800	2920	1980	3450
3 间隔 6mm	75×6	1350		2050	1390	2550
	100×6	1800		2480	1670	3225
	150×6	2700		3350	2270	4400
4 间隔 6mm	75×6	1800		2470	1665	
	100×6	2400		2810	1900	
	150×6	3600		3570	2410	
			允许温升 约 30℃	(参照 NK) 周温 45℃ 允许温升 45℃		IEEE No.45 1997 周温 50℃ 允许温升 50℃

5) 配电断路器用的连接导体,一般也采用标准尺寸。日本 TY 电机公司主配电板配电断路器用连接导体的标准尺寸,如表 2.6.4.11 所示,可参照使用。

表 2.6.4.11 配电断路器用连接导体

断路器型号	连接螺钉	电源侧	负载侧	电流容量/A
NF60-SA	M6	10×2.5	16×2.5	105
NF100-E	M8	16×2.5	16×2.5	165
NF100-R	M8	16×2.5	16×2.5	165
NFU100	M8	16×2.5	16×2.5	165
NF225-G	M12	20×5	20×5	335
NF225-H	M2	20×5	20×5	335
NF225-R	M12	20×5	20×5	335
NF225-RA	M12	20×5	20×5	335
NFU225-B	M20	30×3	30×3	450
NF400-C	M20	30×5	30×5	460
NF400-B	M20	30×5	30×5	460
NF400-H	M20	30×5	30×5	460
NF400-R	M20	30×5	30×5	460
NFU400	M20	30×5	30×5	460
NF600-B	M24	50×6	50×6	830
NF600-H	M24	50×6	55×6	830
NF600-R	M24	50×6	50×6	830
NFU600	M24	50×6	50×6	830
NF800-B	M27	50×6	50×6	830
NF800-H	M27	50×6	50×6	830
NF800-R	M27	50×6	50×6	830
NFU800	M27	50×6	50×6	830

2.6.4.2 主配电板布置图设计

1. 设计原则

主配电板布置图设计,必须遵守下列原则:

- 1) 布置上要考虑安装和操作方便,同时还要考虑到设备的调整 and 维修方面的要求。
- 2) 除了配电板屏数较少时(例如小型船舶)可将发电机控制屏放在一侧外,通常应将发电机控制屏布置在中央,两侧布置配电屏。
- 3) 互为备用的两套设备的配电开关应尽量远离,通常分别布置在两侧配电屏上。
- 4) 要求两路供电的设备的电源开关,通常分别布置在两侧配电屏上。
- 5) 用途和性质相同的负载,尽量靠近布置。
- 6) 容量相同的开关,尽量靠近布置。
- 7) 用同一电流表测量负载电流的负载,尽量布置在同一屏上。
- 8) 要求应急切断的用电设备(如风机和油泵等)尽量布置在同一屏上。
- 9) 指示仪表应布置在面板易见位置,其高度应保证不产生视觉误差。通常布置在上面板上。
- 10) 控制按钮和转换开关等应布置在易于操作的位置。通常布置在其控制的指示测量仪表及指示灯的下方,以免操作时影响观察测量仪表和指示信号。
- 11) 大容量开关布置在下方,小容量开关布置在上方。

12) 主发电机总装机容量超过 3MW 的主配电板, 每台发电机必须设独立的发电机控制屏, 并应以钢板或滞燃材料相互隔开; 主汇流排至少分成两部分, 平时应由可拆卸的连接件或经船级社同意的其他器件加以连接, 并尽可能地将发电机和其他双套设备均分地连接至两段主汇流排上。

13) 主配电板上部, 通常设置眉灯照明, 以利于操作和管理; 如果主配电板设置在集控室内, 也可以不设眉灯照明。

2. 主配电板外形尺寸的决定

1) 主配电板的外形尺寸取决于主发电机容量和台数、全船配电方式以及机舱集控室的有无等因素, 所以, 应综合考虑上述诸因素最后决定主配电板各屏的外形尺寸。

2) 由于机舱或集控室的高度限制, 再加之对操作管理方便的考虑, 主配电板的高度一般为 2m 左右, 最好不要超过 2.2m。

3) 如果主配电板由多屏组成, 通常要设横向扶手, 主配电板各屏的上面板和下面板尺寸应保持相同, 上面板和下面板一般以扶手高度分隔, 各屏的深度应保持相同。

4) 发电机控制屏尺寸的决定, 除了应考虑发电机控制开关、励磁装置、调频调载等装置外, 还必须注意发电机控制开关的安全电弧距离。相同容量发电机的控制屏的宽度应尽量相同。

5) 配电屏的宽度取决于安装配电开关容量的大小和数量的多少, 通常不希望超过 1m。

国产空气断路器最小安装空间尺寸与相应控制屏基本外形尺寸见表 2.6.4.12。

表 2.6.4.12 空气断路器最小安装空间尺寸和控制屏基本外形尺寸

框架式断路器 型 号	极 数	安 装 方 式	宽/mm		深/mm			高/mm			备 注
			断 路 器 本 体	控 制 屏	断 路 器		控 制 屏 ≥	断 路 器			
					本 体 (不 含 手 柄)	含 飞 弧 距 离 (380V)		本 体	含 飞 弧 距 离		
									380V	660V	
DW914-600 1000	3	抽屉	350	700	520	—	830	505	570	620	
		固定	333	700	405	—	730	487	550	600	
DW914-1600	3	抽屉	350	700	525	—	930	505	570	620	
		固定	333	700	405	—	830	487	550	600	
DW914-2000 2000(G)	3	抽屉	540	800	597	—	1030	645	735	765	
		固定	496	800	442	—	930	575	715	745	
DW914-3200 3200(G)	3	抽屉	622	900	672	—	1130	655	765	855	
		固定	578	900	507	—	1030	575	745	835	
DW914-4000	3	抽屉	622	1100	672	—	1530	655	765	855	
DW94-800P DW94A-800P	3	固定	436	700	541	791	830	376	—	—	
DW94-1500P	3	固定	511	800	541	791	830	398	—	—	
DW94-2500P	3	固定	577	800	541	791	830	398	—	—	
DW95-400B	3	固定	242	550	294	—	630	380	580	—	
DW95-600B	3	固定	242	550	314	—	630	380	580	—	

封闭式主配电板上主要电器元件的典型布置见图 2.6.4.3。

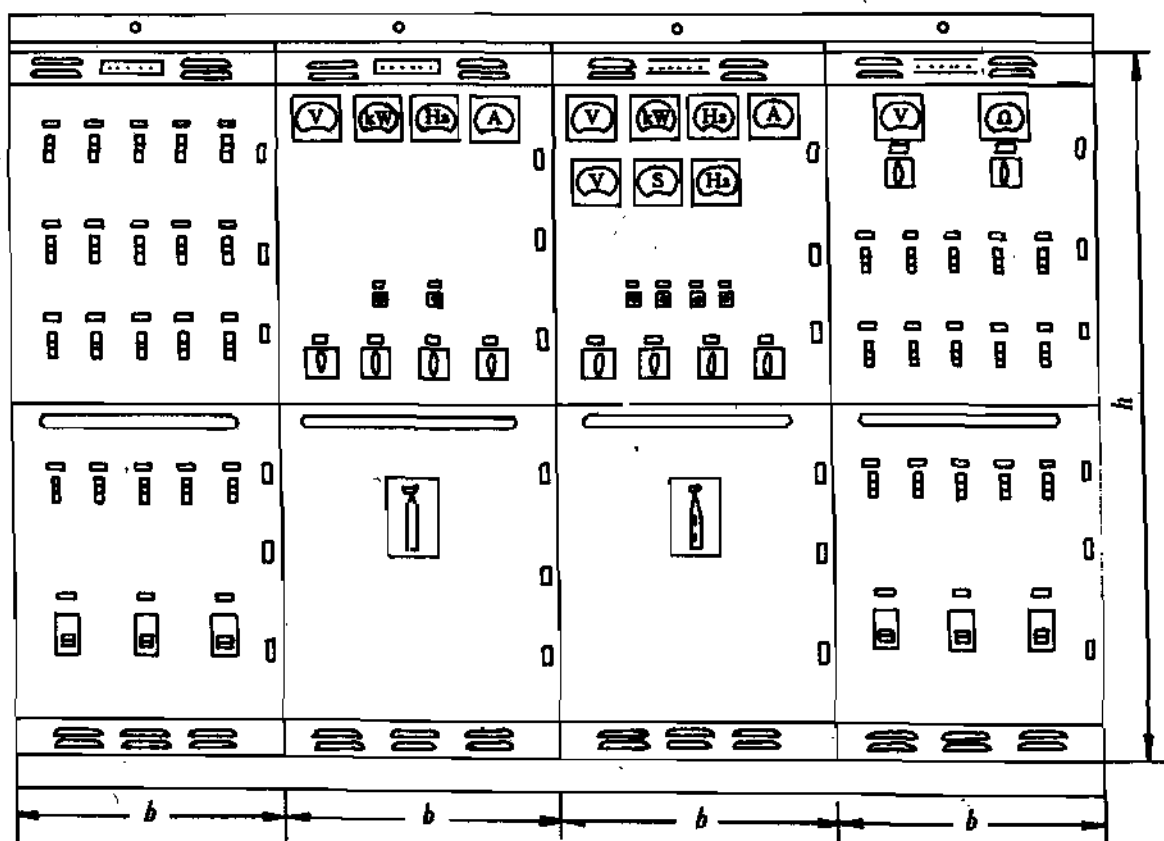


图 2.6.4.3 封闭式主配电板主要电器元件布置示意图

2.6.4.3 主配电板在船上的布置

主配电板在船上的布置,应注意下述各点:

1. 主配电板最好垂直于船舶的纵剖面装设。
2. 主配电板应牢固地固定在安装底座上,不要直接固定在船体构件上。
3. 主配电板应与发电机装在同一主竖防火区内。大型船舶的主配电板最好装设在机舱平台甲板上,不装设在舱底,以防油污和潮湿。有机舱集控室的船舶,亦可将主配电板装设在机舱集控室内。
4. 主配电板的后面和上方不应设有水管、油管、蒸汽管、油柜以及其他液体容器。若不可避免时,必须有可靠的防护措施,以防止液体滴落在主配电板上,进入内部。
5. 主配电板前后应有足够宽度的通道,其前面通道的宽度不得少于 0.8m,后面通道的宽度不得少于 0.6m,以作为通行和维修之用。若配电板的结构型式可以在前面和侧面进行维护、检查和更换部件时,允许后面不设通道。
6. 若主配电板不装设在集控室内,则应在其后通道入口处配置带锁的门。当主配电板的宽度大于 4m 时,主配电板后通道两端入口处均应配置带锁的门。
7. 主配电板的前后(如有后通道)均应铺有防滑和耐油的绝缘地毯(例如绝缘橡皮地毯)或经绝缘处理的木格栅,以确保操作人员的安全。

2.6.5 应急配电板

在有应急发电机的船舶上,应设有应急配电板,以控制、监测和保护应急发电机,并进行配电。

应急配电板的设计和安装,应注意下述各点:

1. 应急电网的电压和频率(对交流电制而言)应与主电网相同。一般设计成正常时应急电网由主配电板供电,只有在应急时,才起动应急发电机进行供电,不考虑应急发电机和主发电机的并联运行。因此,应急发电机的供电电源必须与主配电板供电之间有联锁。该联锁可以采用下述方法:

- 应急发电机电源开关与主配电板给应急配电板供电开关之间的联锁;或者
- 应急配电板电源开关与主发电机电源开关之间的联锁;或者
- 主配电板与应急配电板之间失电联锁,例如采用汇流排转换接触器。

2. 应急配电板供电应与岸电供电有联锁,以避免应急发电机与岸电并网。如果岸电是通过主配电板供电给应急配电板,可以采用下述联锁方法:

- 应急发电机供电开关与主配电板给应急配电板供电开关之间的联锁;或者
- 应急发电机供电开关与主配电板上岸电开关之间的联锁;或者
- 主配电板与应急配电板之间的失电联锁。

3. 一般来讲,应急发电机不能作为停泊发电机使用。如果得到主管部门允许作为停泊发电机使用时,则应急配电板应能通过主配电板给停泊负载供电,常常需另设馈电线路。

4. 应急配电板上应装设检测发电机用的电压表、电流表和频率表(对交流电制而言),有时还装设功率表。

5. 应急配电板上应装设测量照明电网的电压表。对于大装机容量的应急配电板,有时还应装设测量变压器次级电流、重要负载和大功率负载电流的电流表。

6. 应急配电板上应装设连续监测绝缘电阻并在绝缘电阻异常低时发出声光报警的绝缘电阻监测报警器。该绝缘电阻监测报警器应能分别监测不同电压等级的电网绝缘。

7. 除设有满足要求的临时应急电源的货船外,应保证主电源失效时能自动起动应急发电机,并自动连接至应急配电板,保证在 45s 内给应急负载供电。

8. 为了保证应急电源的迅速获用,必要时应有在应急配电板上自动将非应急电路切断的措施,以确保向应急负载供电。

9. 如果应急电网为独立的电网(即平时不是由主配电板供电),则应急配电板配电回路最好不装设开关,而只用熔断器作为保护装置。

10. 直流电制船舶接用交流岸电时,应考虑应急照明亦能使用交流岸电。

11. 应急配电板的安装位置应确保主电源、辅助变换设备、主配电板等所在的处所或 A 类机器处所发生火灾或其他事故时,不妨碍其正常工作。所以,应急配电板的安装处所不应与上述设备所在处所的限界面相毗邻,通常与应急发电机安装在同一处所。

12. 应急配电板在船上的布置要求,可参照本篇 2.6.4 “主配电板在船上的布置”的规定。

13. 应急配电板的保护设计,可参考本篇第 5 章所述内容进行。

2.6.6 蓄电池充放电板

按照有关规范的要求,客船和 500 总吨及 500 总吨以上的货船均应设独立的应急电源,该应急电源可以是发电机,也可以是蓄电池组。客船及应急发电机的自动启动不满足有关要求的货船,还应设置一组蓄电池组作为临时应急电源。

船舶上安装的蓄电池组应设有充放电板,以进行充电和配电。蓄电池充放电板的设计和安装,应注意下述各点:

1. 作为应急电源的蓄电池组,必须保证承载应急负载而无需再充电,并在整个放电期间蓄电池组的电压变化应能保持在其额定电压的 $\pm 12\%$ 范围内;当主电源供电失效时,自动接应急配电板(即蓄电池充放电板),并对规定的各项设备供电。

2. 作为临时应急电源的蓄电池组,必须保证承载临时应急负载而无需再充电,并在整个放电期间蓄电池的电压变化应能保持在其额定电压的 $\pm 12\%$ 范围内;当主电源或应急电源供电失效时,应能立即自动向规定的各项设备供电。

3. 蓄电池组的充电设备可以采用下述类型,设计时综合具体因素决定。

1) 用充电机组充电。此时调节发电机电压用的励磁变阻器可以设在蓄电池充放电板内或板外。

2) 用船舶交流电源经整流装置整流后充电。可以设有“快充”和“慢充”及其转换开关。

3) 用船舶直流电源经电阻降压充电。主要用于主电源为直流电制的船舶。

4. 蓄电池组充电设备的电源应设有电源开关、保护装置(如熔断器)和电源指示灯。

5. 每一充电回路应设有防止逆流的装置,一般采用整流器或逆流继电器,也可以采用欠流继电器或其他保护方式。

6. 应设有测量每一充电回路的充电电流的电流表,如果尚需测量放电电流时,则该电流的刻度应为双向的。

7. 应有测量每一蓄电池组的充放电电压的电压表。

8. 供电给应急照明或临时应急照明及警铃等的蓄电池组,其充放电回路的设计,应确保应急情况发生时即使在充电位置仍能放电。

9. 应急照明或临时应急照明须在主电网(或应急电网)供电失效时自动接通,通常采用由电网电压控制接触器来实现。警铃也可以采用遥控接触器来接通电路。上述接触器一般均装在充放电板内,有时可另设接触器箱。

10. 充放电板的保护设计,可参照本篇第 5 章的有关规定。

11. 蓄电池充放电板应尽可能地靠近蓄电池组安装,但不得与蓄电池组安装在同一处所。如果充放电板离蓄电池组较远,蓄电池组的保护装置(例如熔断器)应布置在靠近蓄电池组的处所,但不能与蓄电池组安装在同一处所。

2.6.7 交流配电板

在直流电制的船舶上,为了给交流用电设备(如通信导航设备)供电,需安装变流机组,由交流配电板进行控制和配电。在设计该交流配电板时,应注意下述几点:

1. 一般由变流机组供电的重要设备,不能有电源中断,因此常设两台变流机组。在一台

发生故障时,应有声光报警信号。该声光报警信号应延伸至驾驶室和机舱内。

2. 在一台变流机组发生故障时,另一台变流机组应迅速起动,接入电网。通常在驾驶室和机舱内设置遥控起动按钮和指示灯。

3. 在正常转换变流机组时,最好能瞬时并车,以使供电不致中断。

4. 配电板上应装有电压表和电流表,有时还应装有频率表。

5. 交流配电板应考虑接入交流岸电时,亦能获得电源。

6. 设有专用变流机室的船舶上,交流配电板一般与变流机组安装在同一舱室内。不设专用变流机室的小型船舶上,交流配电板可装于机舱或驾驶室内。也有将交流配电板与主配电板毗邻安装。

对于小型直流电制的船舶,由于交流用电设备容量很小,所以,可以不配备交流配电板,采用逆变器即可。

交流配电板原理图见图 2.6.7.1。其两台变流机可利用继电器控制得到瞬时并车。

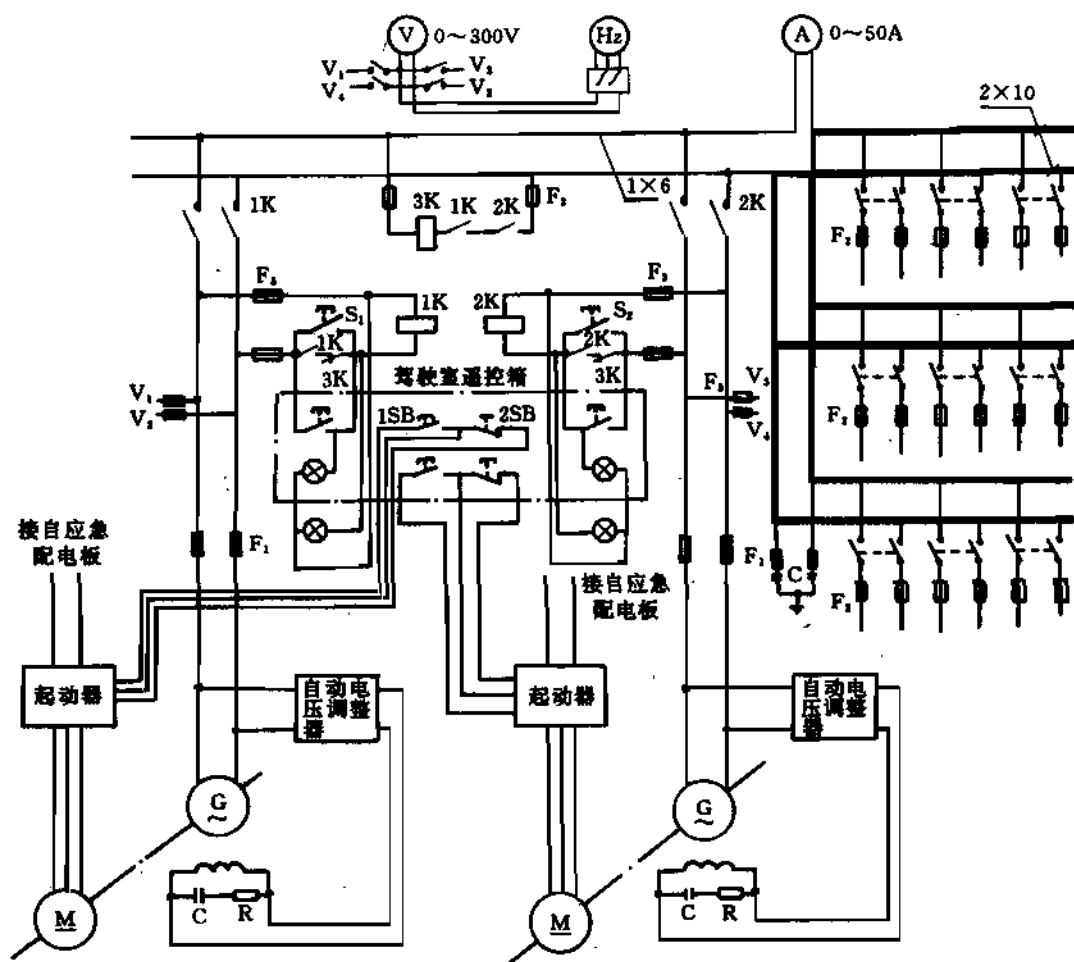


图 2.6.7.1 交流配电板原理图

2.6.8 分配电板

分配电板也称分电箱,主要有电力用和照明用两种。

目前分配电板已有定型产品可供选用。在选用分配电板时,应注意下述几点:

1. 结构型式——根据安装地点选择合适的箱体防护等级。
2. 配电方式——根据配电系统选择合适的电制和线制。
3. 电压等级——根据用电设备要求,选择合适的电压等级。
4. 配电路数和电流容量——根据电力系统二次网路设计,选择合适的配电路数和各分路的电流容量。但每一分配电板应有1路~2路备用。
5. 系统保护要求——根据电力系统保护要求,选定合适的保护装置(开关或熔断器)。

2.6.9 岸电箱

船舶停泊码头时,或进坞修理时,一般都接用岸电电源。尤其是定期航行的班船,停靠一定的码头,在码头上都设置接岸电的装置,使船舶一靠码头即可使用岸电,将船上发电机组全部停机,一方面可减少值班人员,又可对发电机组进行正常的维护或修理。

1. 直流电制船舶

进坞修理时,须接用直流岸电,此时可以安装直流岸电箱;也可以将直流岸电电缆直接拉至机舱主配电板临时接用,不安装直流岸电箱。

由于码头上陆用电源多为交流电,因此,停泊码头时应考虑接用交流岸电的可能,设置交流岸电箱。交流岸电的供电方式有两种:

1) 接用单相交流岸电,仅供船上照明回路使用。此时,配电板内照明汇流排应与电力汇流排分开。

2) 船上安装一台变流机组或整流装置,将交流岸电变为直流电,再供电给船上停泊负载。

2. 交流电制船舶

不论进坞修理还是停泊码头,都需接用交流岸电,应设置交流岸电箱。岸电箱的容量大小,应依据停泊负载确定,各类船舶的停泊负载是不同的,通常包括:

- 1) 照明——机舱照明、舱室照明、甲板照明和信号灯等。
- 2) 厨房设备——电灶、电烘箱和电茶桶等。
- 3) 日用设备——日用海水泵、日用淡水泵以及空压机等。
- 4) 通风机——厨房风机、住舱风机等。
- 5) 冷藏空调设备。
- 6) 修理机械——车床、钻床和电焊机等。
- 7) 通信设备——无线电、广播和电话等船内外通信设备。
- 8) 娱乐设备——电视接收、录像放像和电影设备、以及体育设施用电设备等。

3. 岸电箱及接岸电的基本要求

设计岸电箱和接岸电时,应注意下述基本要求:

- 1) 岸电箱应有下列设施:

- a. 岸电箱内应设有能切断所有绝缘极(相)的断路器或开关加熔断器进行保护。
- b. 指示端电压的指示灯或电表。
- c. 用于连接软电缆的合适的接线端子。
- d. 对岸电为中性点接地的交流三相系统,应设有接地接线柱,以便将船体接至岸上的接地装置或岸上电网的零点。
- e. 应有检视岸电极性(直流时)和相对船舶配电系统的相序(三相交流时)是否相符的设施。
- f. 标明船电系统的配电系统的形式、额定电压和频率(对于交流)的铭牌。
- g. 根据船东要求,有时还应装设电度表。

2) 接岸电时应注意下述各点:

- a. 岸电箱应安装在便于连接来自外部电源软电缆的处所,根据安装处所,选择合适的外壳防护等级。
- b. 岸电箱与主配电板间应以固定敷设的电缆连接,该电缆应有足够的定额。
- c. 当岸电或(和)船电系统为中性点接地的交流三相系统时,应将船体与岸地相连接。
- d. 利用船体作导电回路的船舶,在接岸电时,不能以陆地或海水作岸电回路,而应以与绝缘的岸电相线或极线同类型且同截面的导线将船体与岸电网的零点或接地的相线或接地的负极相连。岸电箱内应有连接此电缆的接线柱,该接线柱应在岸电箱附近与船体可靠地连接。

三相交流岸电箱上可以采用指示灯组成相序指示器。相序指示灯的接线图可参考图 2.6.9.1。采用两个指示灯时,亮的指示灯表示超前相,暗的指示灯表示滞后相;采用一个指示灯时,亮时表示超前相。

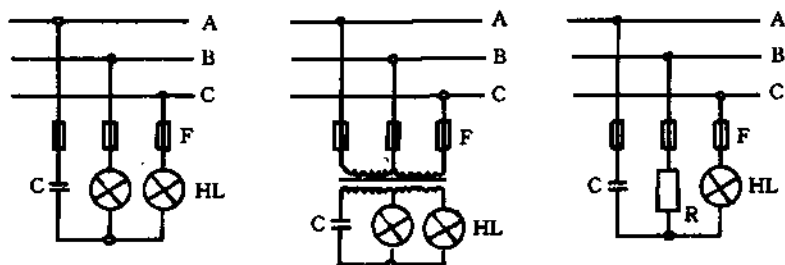


图 2.6.9.1 相序指示灯电路图

两个指示灯 HL 的电阻应该相等,或指示灯 HL 的电阻和电阻 R 的阻值相等,并满足 $\omega CR \approx 1$ 。

根据计算所得的指示灯和电容的参数列入表 2.6.9.1。

表 2.6.9.1 相序指示器的参数

电 网	电 容 器 C	指 示 灯 HL	电 阻 R
110V, 50Hz	6 ~ 7 μF	110V, 25W	36k Ω
220V, 50Hz	1 ~ 2 μF	220V, 25W	
380V, 50Hz	0.1 μF	XD4 型	

2.6.10 电工试验板

电工试验板通常安装在电工工作室,对于小型船舶也可安装在机修间。主要用作试验船

第7章 船用电缆

2.7.1 船用电缆的种类和特性

1. 船用电缆的种类

根据用途,船用电缆可以分为如下种类:

- 照明和电力回路用电缆;
- 控制和通信回路用电缆;
- 电话回路用电缆;
- 配电板用电缆;
- 可移动设备用电缆;
- 控制设备内部接线用电缆;
- 其他特殊装置用电缆。

根据船用电缆的结构、组成材料和性能,国产船用照明和电力回路用电缆的型号列入表 2.7.1.1。

表 2.7.1.1 中所列电缆的最低敷设温度规定为:聚氯乙烯护套为 -15°C , 其他均为 -20°C 。电缆的防火性能,DA 型符合单根垂直燃烧试验要求,当成束敷设时,需采取“止火措施”;而 SA 型符合成束燃烧试验要求。电力电缆的额定电压为 0.6/1kV,电缆敷设的允许弯曲半径列入表 2.7.1.2。

表 2.7.1.1 国产船用照明和电力回路用电缆型号

型 号	名 称
CEF/DA/SA	乙丙绝缘氯丁护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEF80/DA/SA	乙丙绝缘氯丁内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEF90/DA/SA	乙丙绝缘氯丁内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEF82/DA/SA	乙丙绝缘氯丁内套铜丝编织铠装聚氯乙烯外套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEF92/DA/SA	乙丙绝缘氯丁内套铜丝编织铠装聚氯乙烯外套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEH/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEH80/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯内套铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEH90/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯内套铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEH82/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯外套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEH92/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯外套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEFR/DA/SA	乙丙绝缘氯丁护套船用电力软电缆 DA 型、SA 型
CEHR/DA/SA	乙丙绝缘氯磺化聚乙烯护套船用电力软电缆 DA 型、SA 型

(续)

型 号	名 称
CEV/DA/SA	乙丙绝缘聚氯乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEV80/DA/SA	乙丙绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEV90/DA/SA	乙丙绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEV82/DA/SA	乙丙绝缘聚氯乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CEV92/DA/SA	乙丙绝缘聚氯乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CVV/DA/SA	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CVV80/DA/SA	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CVV90/DA/SA	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆 DA 型、SA 型
CVV92/DA/SA	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯护套船用电力电缆 DA 型、SA 型
CXF	天然丁苯绝缘氯丁护套船用电力电缆
CXF80	天然丁苯绝缘氯丁内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆
CXF90	天然丁苯绝缘氯丁内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆
CXF92	天然丁苯绝缘氯丁内套铜丝编织铠装聚氯乙烯护套船用电力电缆
CVV	天然丁苯绝缘聚氯乙烯护套船用电力电缆
CVV80	天然丁苯绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆
CVV90	天然丁苯绝缘聚氯乙烯内套裸铜丝编织铠装船用电力电缆
CVV92	天然丁苯绝缘聚氯乙烯内套铜丝编织铠装聚氯乙烯护套船用电力电缆
CXFR	天然丁苯绝缘氯丁护套船用电力软电缆

表 2.7.1.2 国产船用电力电缆允许弯曲半径

电缆结构特征	电缆外径 D	最小弯曲半径
金属编织铠装型	任何值	6D
非铠装型	$D \leq 25\text{mm}$	4D
	$D > 25\text{mm}$	6D

日本电缆的种类和符号如下:

1) 电缆芯数和用途符号

S——单芯,照明和电力用;

D——双芯,照明和电力用;

T——三芯,照明和电力用;

F——四芯,照明和电力用;

M——多芯,控制和通信用;

TT——电话用;

P——移动或可动设备用;

STW——配电板用;

SY——设备内部接线用。

2) 绝缘符号