

除了电动机起动用或其他特殊用途变压器可以采用单绕组式外,电力和照明变压器必须采用双绕组式,其初级绕组与次级绕组间不应有电的连接。

由于船舶大型化,电源设备和配电设备也出现了高压化,所以高压变压器、高压变流器等已在船上采用。

2.3.2.2 船用变压器的定额和主要特性

船用变压器的定额数据系指:额定容量、额定电压、额定频率、额定电流、联接组别、短路电压和温升。

在变压器的特性中,最重要的是:效率、电压变化率、励磁电流和阻抗。

按中国船级社规定,在电阻性负载的情况下,变压器负载自空载至满载时次级电压的变化,不应超过下列数值:

1. 对容量大于 5kVA 的单相变压器以及容量大于 15kVA 的三相变压器为 2.5%。
2. 对容量等于或小于 5kVA 的单相变压器以及容量等于或小于 15kVA 的三相变压器为 5%。

应该注意,IEC, NK, JEM, NDS, BV 上述指标规定为功率因数为 1; LR 规定功率因数为 0.8, 电压变化均为 5%。

关于变压器的短路强度,通常都规定:当变压器阻抗电压不大于 4% 时,其承受 25 倍额定电流的时间为 2s。

2.3.2.3 船用变压器的运行

1. 相数和接线

供给三相电源时,可以使用 3 台或 2 台单相变压器进行配电。这种方式的主要优点是当变压器发生故障时,可以很经济地更换,但使用 2 台或 3 台单相变压器供给三相电源,总不如使用 1 台三相变压器经济性好,而且安装面积也增大。

为了吸收励磁电流中的 3 次谐波,变压器初级绕组和次级绕组的三相最好都采用 Δ 形接法。但应该注意的是船用变压器标准规格书中都定为高压侧为 Y 形接法,低压侧为 Δ 形接法。

2. 并联运行

变压器并联运行是指几台变压器的初级和次级都分别接在公共母线上。理想的并联运行是各变压器间无环流,各变压器承担的负载与其容量成正比,为此,必须满足下述条件:

- 1) 极性相同。
- 2) 三相组合时,其相序和相位均应相等;
- 3) 变比相等。
- 4) 百分比电阻压降和百分比电感压降应分别相等。

严格的说要满足第 4) 条件的要求是很难的。一般说,两个变压器的额定容量之比不大于 3:1,并百分比阻抗压降的绝对值之差在其平均值的 $\pm 10\%$ 以内,实际并联运行不会出现故障。

3. 超载运行

由于干式变压器的基准特性不同,而且其冷却效果也没有液冷式明显,故目前还没有超载运行的通用指南。所以,应尽量不要超载运行,如特殊需要,应与制造厂联系。

对于油浸变压器,冷却空气温度一日的最高温度以 30°C 为准,每下降 1°C ,可以超负载额定功率的 0.8%。短时过载能力可由相应的曲线求得。

综上所述,当选用变压器时,必须注意其用途、型式、绝缘等级、环境温度、相数、频率、额定容量、接法以及结构特点等。

2.3.3 船用蓄电池^[1,3,8~11]

2.3.3.1 船用蓄电池的类型

目前船上使用的蓄电池主要有酸性蓄电池和碱性蓄电池两大类型。酸性蓄电池又称铅酸蓄电池,船上使用历史最久,价格便宜,用途最广,常用于内燃机的起动和应急照明。碱性蓄电池包括镉-镍蓄电池、铁-镍蓄电池、锌-银蓄电池和镉-银蓄电池等,主要用于无线电通信设备。由于价格较昂贵,所以民用船舶使用较少。

常用蓄电池的性能参数,见表 2.3.3.1。

表 2.3.3.1 常用蓄电池性能参数

种 类	组 成			电 极 反 应	单个电池电压 /V	充放循环 (周期)
	负极	电解液	正极			
铅酸蓄电池	Pb	H ₂ SO ₄	PbO ₂	$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	2.0	100 ~ 400
镉-镍蓄电池	Cd	KOH	NiOOH	$\text{Cd} + 2\text{NiOOH} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$	1.2	500 ~ 5000
铁-镍蓄电池	Fe	KOH	NiOOH	$\text{Fe} + 2\text{NiOOH} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$	1.2	500 ~ 1000
锌-银蓄电池	Zn	KOH	Ag ₂ O	$\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} 2\text{Ag} + \text{Zn}(\text{OH})_2$	1.5	20 ~ 200
镉-银蓄电池	Cd	KOH	Ag ₂ O	$\text{Cd} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} 2\text{Ag} + \text{Cd}(\text{OH})_2$	1.1	300 ~ 2000

目前作为电力推进能源,已有采用燃料电池;太阳能电池已在人造卫星、气象观测及无线电中继中广泛使用。

2.3.3.2 蓄电池的主要性能

蓄电池的主要性能指标包括开路电压、工作电压、电池容量、使用温度、寿命和储存期等。

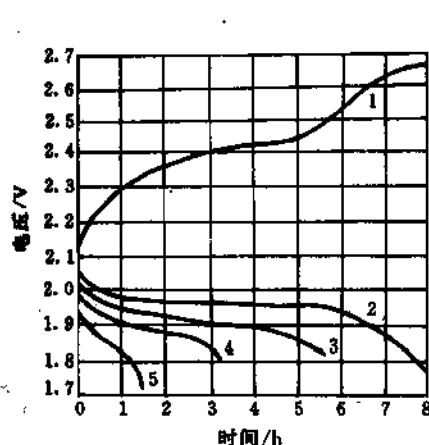


图 2.3.3.1 酸性蓄电池充放电曲线

1—充电曲线;2—8h 放电曲线;
3—5h 放电曲线;4—3h 放电曲线;
5—1h 放电曲线。

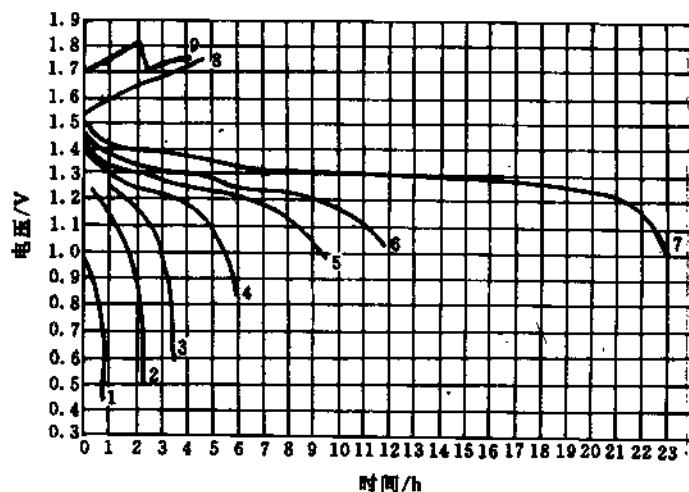


图 2.3.3.2 碱性蓄电池充放电曲线

1—1h 放电曲线;2—2h 放电曲线;3—3h 放电曲线;4—5h 放电曲线;
5—8h 放电曲线;6—10h 放电曲线;7—20h 放电曲线;8—标准充电曲线;
9—快速充电曲线。

酸性蓄电池中每个小电池的电动势为 2.0V ~ 2.1V。放电时,电压逐渐下降,到达某一电压(称放电终止电压)时,将急剧下降,当低至放电终止电压时不应再放电。10h 放电率的每个小电池放电终止电压为 1.8V。充电时,电压变化在 2.05V ~ 2.8V 范围内,充电终期电压,每个小电池为 2.5V ~ 2.8V。充电设备的电压应考虑能调节到每个小电池 2.8V 的数值。酸性蓄电池的充放电曲线如图 2.3.3.1 所示。

碱性蓄电池中每个小电池的电动势为 1.3V 左右,在额定放电率时平均放电电压为 1.2V。根据不同结构型式充放电特性是不同的。碱性蓄电池(镉-镍和铁-镍)的充放电曲线如图 2.3.3.2 所示。

酸性蓄电池和碱性蓄电池的性能比较,如表 2.3.3.2 所示。

表 2.3.3.2 酸性蓄电池和碱性蓄电池性能比较

项 目	酸性蓄电池	碱性蓄电池
放电电压	较高:2.1V	较低:1.25V
内电阻	较小:平均为 0.005Ω	较大:平均为 0.03Ω ~ 0.06Ω
体积	较小	较大
维护	较易	较精细
机械性能	较差	较好:不怕振,耐冲击
使用寿命	较短	较长
保管	有酸液腐蚀	方便
开路损失	较大,需维护性充电	较小,可长期放置
放电	不可在长期放电状态	可在长期放电状态
忍受短路性能	好	较差
电解	不需调换	需调换
价格	较便宜	较贵

酸性蓄电池现在常用的有 Q 系列,碱性蓄电池常用的有 TN(铁-镍)和 GN(镉-镍)系列。而银-锌电池是目前使用的电池中重量指数和容积指数最高的类型,但其寿命短,过充电和过放电性能差,价格也特别昂贵。电池性能如表 2.3.3.3 所示。

表 2.3.3.3 电池性能比较

电池种类	重量指数/Wh·kg ⁻¹	容积指数/Wh·l ⁻¹	寿命充电循环周期	每瓦时的价格比
银锌蓄电池	100 ~ 150	200 ~ 300	50 ~ 100	15 ~ 30
铅酸蓄电池	20 ~ 40	50 ~ 80	400 ~ 1800	1
碱性蓄电池	24 ~ 27	40 ~ 50	1000 ~ 2000	3 ~ 10
注:每瓦时价格比,是以铅酸蓄电池为 1				

2.3.3.3 船用蓄电池的充放电方式

1. 充电的方法和种类

蓄电池的充电方法和种类如下所述,采用哪种充电方法和种类,应根据蓄电池的用途和经济性决定。

1) 充电方法

a. 恒电流充电——以恒定电流充电至充电结束。通常利用可变电阻控制或可控硅控制恒定电流。

b. 恒电压充电——给蓄电池加以恒定电压进行充电。由于充电初期通过电流大,应根据该电流选定整流器的容量。

c. 准恒电压充电——为了消除恒电压充电的缺点,在充电初期串入电阻,限制充电电流的充电方式。

d. 恒电流恒电压充电——在充电初期通以适当的恒定大电流,达到某一电压时,保持恒定电压进行连续充电。

e. 连续补充充电——给无负载的蓄电池自行放电进行补充充电的方法。但是,利用这种充电方法给已放电的蓄电池进行充电需要时间较长。

f. 分段充电——按 2 段 ~ 3 段变化准恒电压或恒电流充电电流进行充电。

2) 充电种类

a. 初次充电——使用铅酸蓄电池时,初次向电池内加入电解液进行充电。

b. 恢复充电及补充充电——因停电或自行放电后,为了恢复到原来规定的容量而进行的充电,充电电压一般用均衡充电电压。

c. 均衡充电——蓄电池通常是由多个小电池组合使用,长时间使用,各小电池将产生差异,为了消除差异,采用恒电流或恒电压方法充电至提高蓄电池的电压和密度。

2. 蓄电池充电要则

蓄电池充电必须严格依照技术要求进行,才能保证正常使用,否则将使蓄电池容量不足和寿命缩短。

1) 初次充电

新的或长期库存的蓄电池,在使用前须经过初次充电。

a. 酸性蓄电池——将配制好的密度为 1.285 的冷却了的电解液注入蓄电池内,液面应高出保护板 10mm ~ 20mm。电解液注入后,电池内部发热,要等到电池内电解液的温度低于 35℃ 时,才能进行初次充电。自电解液注入电池内至开始充电,中间所搁置的时间,一般不能超过 24h。

初次充电必须按规定的电流和时间进行。用第一阶段电流充电使每个小电池的端电压上升至 2.4V,然后改用第二阶段电流充电,直至电压和电解液密度在 3h 内基本不变为止。在充电终了时,再校正电池内电解液的密度,使其达到 1.285,然后再用第二阶段电流继续充电 1h,则初次充电全部完成,即可使用。

b. 碱性蓄电池——将蓄电池注入所需的电解液,液面应高出极板端面 5mm ~ 12mm,静置 2h,再调整一次液面,即可进行初次充电。初次充电必须先按规定的充电和放电电流以及充电和放电时间,进行 2 次 ~ 3 次初次充放电循环,然后再用标准充电制的方法进行充电。

2) 经常充电

a. 酸性蓄电池——酸性蓄电池经常充电应按规定的电流和时间分两个阶段进行。第一阶段充电,使每个小电池电压上升至 2.4V 左右,然后转入第二阶段充电。充电后,对蓄电池内的电解液密度进行调整,使其达到 1.285 左右,再用第二阶段充电电流继续充电 1h,当蓄电池内的电解液上下均匀时,整个充电过程完毕。

b. 碱性蓄电池——碱性蓄电池也分两个阶段进行。第一阶段用 $\frac{1}{4}$ 容量的电流充电 6h ~ 7h,第二阶段用第一阶段充电电流的一半充电 2h ~ 3h,再校正电解液,整个充电过程便完毕。

Q 系列酸性蓄电池的充放电电流和时间的要求见表 2.3.3.4。GN 系列碱性蓄电池和 TN 系列碱性蓄电池的标准充电制和标准放电制的技术规格,见表 2.3.3.5 和表 2.3.3.6^[1]。

表 2.3.3.4 Q 系列酸性蓄电池规格数据

型 号	额定电压 /V	额定容量 /Ah	放 电				初 次 充 电				经 常 充 电			
			10h 放电率		常温启动放电率(+30℃)		第一阶段		第二阶段		第一阶段		第二阶段	
			放电时间/h	放电电流/A	放电时间/min	放电电流/A	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h
3-Q-56/6-Q-56	6/12	56		5.6		170	4		2		5		3	
3-Q-70/6-Q-70		70		7.0		210	5		3		6		3	
3-Q-84/6-Q-84		84		8.4		250	6		3		8		4	
3-Q-98/6-Q-98		98		9.8		295	7		4		9		5	
3-Q-112/6-Q-112		112	10	11.2	5.5	335	8	25~35	4	20~30	11	10~12	6	3~5
3-Q-126/6-Q-126		126		12.6		380	9		5		12		6	
3-Q-140/6-Q-140		140		14.0		420	10		5		14		7	
3-Q-154/6-Q-154		154		15.4		460	11		6		15		8	
3-Q-168/6-Q-168		168		16.8		505	12		6		16		8	
3-Q-182/6-Q-182		182		18.2		545	13		7		17		9	

表 2.3.3.5 GN 系列碱性镉镍蓄电池规格数据

型 号	额定电压 /V	标 准 放 电 制					标 准 充 电 制		
		额定容量 /Ah	8h 放电		1h 放电		时间 /h	电流 /A	充电容量 /Ah
			电流 /A	终止电压 /V	电流 /A	终止电压 /V			
GN-2.25	1.25	2.25	0.28	1.0			6	0.56	3.36
GN-10		10	1.25					2.5	15
GN-22		22	2.75					5.5	33
GN-45		45	5.65		45	0.5		11.25	67.5
GN-60		60	7.5		60	0.5		15	90
GN-100		100	12.5		100	0.5		25	150

表 2.3.3.6 TN 系列碱性铁镍蓄电池规格数据

型 号	额定电压/V	标 准 放 电 制				标 准 充 电 制		
		时间/h	电流/A	容量/Ah	放电终止电压/V	时间/h	电流/A	充电容量/Ah
TN-10	1.25	10	1	10	1.0	7	2.5	17.5
TN-22		8	2.75	22			5.5	38.5
TN-45		8	5.65	45			11.25	78.75
TN-60		8	7.5	60			15	105
TN-100		8	12.5	100			25	175
TN-250		5	50	250			62.5	437.5
TN-300		5	60	300			75	525
TN-350		5	70	350			90	630
TN-500		8	62.5	500			125	875

3. 蓄电池充放电方式

目前,船舶上采用的充放电方式有交互充放电方式、浮充方式以及交互充放电和浮充方式组合方式3种。各种充放电方式的特点如表2.3.3.7所示。

表 2.3.3.7 各充放电方式比较

充放电方式	主要特征	主要优缺点
交互充放电方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 两组蓄电池的充电和放电相互转换; 2. 充电装置仅接入一组蓄电池,另一组蓄电池接入负载; 3. 充电装置不能与负载回路相接; 4. 一般采用连续补充充电方法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在进行充电-放电转换时,负载侧出现瞬时断电; 2. 2组蓄电池分别独立,一组故障时,另一组蓄电池仍可供电,可靠性高
浮充方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蓄电池和负载并联接于充电装置,浮充电压保持恒定; 2. 充电时,蓄电池仅通过补充充电的电流; 3. 由于充电回路都设有限流环节,当出现大电流负载时,将由蓄电池负担部分负载;大电流负载消失后,蓄电池放电部分由充电装置补充充电; 4. 停电时,蓄电池负担全部负载; 5. 失电恢复后,充电装置负担正常负载,并给蓄电池充电 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由于浮充时由充电装置给负载供电,停电时由蓄电池给负载供电,故无瞬时断电,电压波动小; 2. 正常时蓄电池保持最合适的充电电压,处于良好的过充电状态,因此延长蓄电池寿命; 3. 充电装置负担正常负载电流和蓄电池充电电流,蓄电池负担大电流和停电时负载,所以充电装置和蓄电池容量可减少
交互充放电方式和浮充方式组合	<p>根据需要,通常有下述两种组合:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 利用转换开关,将一组蓄电池接入快速充电装置,另一组蓄电池与浮充充电装置和负载并联。 2. 仅设置一个充电装置,正常时2组蓄电池都与负载和充电装置并联,利用转换开关,可对其中一组蓄电池进行均衡充电 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 需2组充电装置,蓄电池容量大; 2. 2组蓄电池可互为备用,可靠性高。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 充电装置为一台,蓄电池容量小; 2. 可靠性高

作为交互充放电方式和浮充方式组合的实例,可参阅图2.3.3.3(a)和图2.3.3.3(b)。

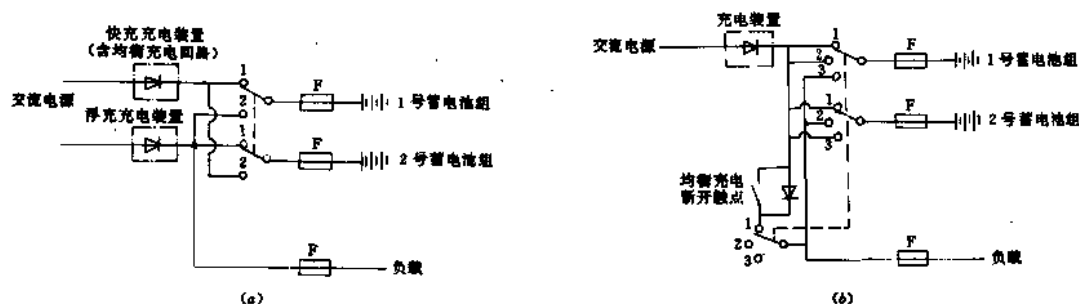


图 2.3.3.3 组合充电方式主电路单线图

(a)采用2个充电装置;1—1号蓄电池快充,2号蓄电池浮充;2—2号蓄电池快充,1号蓄电池浮充。(b)采用1个充电装置。1—1号蓄电池和2号蓄电池浮充;2—1号蓄电池充电,2号蓄电池放电;3—2号蓄电池充电,1号蓄电池放电。

2.3.3.4 蓄电池组的充电电源类型

目前,船用蓄电池的充电电源有如下几种类型:

1. 蓄电池直接与船舶直流电网并联——多用于直流发电机由主机带动的小型船舶上。充电电压和充电电流受电网负载影响较大,充电电流是波动的。
2. 蓄电池通过可调的限流电阻接到直流电网上——适用于电网电压较高、蓄电池电压较

低而又不是经常进行充电的蓄电池组,如临时应急照明蓄电池组。蓄电池充足电后,立即与电网脱开。电阻上电能损耗很大,故目前已很少采用。

3. 采用独立的充电机组——用于充电比较频繁的蓄电池组,充电电流可以任意调节。如果一台充电直流发电机同时给几组蓄电池充电时,可分别串入电阻来调节所需的充电电流。

4. 采用硅整流器——采用硅整流装置,将交流整流成直流后,再向蓄电池充电。目前交流电制的船上广泛应用。充电电流大小可用调压变压器或抽头变压器进行调节。

5. 采用可控硅整流器——将可控硅装置装于控制回路中,可以自动地调节充电电流,如有电流反馈环节,可使充电电流维持恒定。

2.3.3.5 蓄电池组在船上的安装

1. 安装场所

根据船舶吨位大小以及蓄电池的用途,蓄电池组可以安装在下列处所:

1) 安装在专用蓄电池室内——这种方式一般在有条件设置专用舱室的较大型船舶上、或设有较多的蓄电池组必须设置专用舱室安装时采用。

2) 安装于专用木箱内——将蓄电池组装于专用木箱内,木箱可放在室内或室外,这种方式一般在小型船舶上、或具有较少蓄电池组的场合采用。

3) 安装于室内专用架子上——一般在小型船舶上或不能将蓄电池放置在其他处所(如柴油机的起动蓄电池)时采用。

2. 蓄电池组的布置要求

1) 一般充电功率大于 2kW 的蓄电池组,应安放在专用舱室内。如果安放在露天甲板上,则应安放在专用的箱或柜中。

对于通常充电功率不大于 2kW 的蓄电池组可以安放在专用的箱或柜中。若机舱内条件不许可,则可以敞开安放在通风良好的处所。

蓄电池组不应安放在生活区域内。

2) 酸性蓄电池和碱性蓄电池不能安放在同一舱室、箱或柜中。

3) 原动机起动用蓄电池应尽可能安放在靠近原动机的处所。

4) 作为应急电源、临时应急电源和指挥电话用的蓄电池组,必须安放在最高一层连续甲板以上、并易于从露天甲板到达之处,且不应装在防撞舱壁之前。如经有关当局同意,货船可以例外。

另外,安装处所应尽实际可行不与 A 类机器处所或装有主电源、辅助变换设备或主配电板所在处所的限界面相毗邻。

5) 蓄电池组的安装应便于更换、检测、充液和清洁。各电池的周围间隙必须大于 20mm,并用不吸潮、耐电解液腐蚀的绝缘材料楔隔、衬垫和固定。并有防止漏出的电解液与船体接触的设施。

6) 安放蓄电池的专用舱室、箱和柜等的通风要求以及蓄电池室的电气设备要求应符合有关规范或规则的规定。

2.3.4 船用轴带发电机

采用主机轴带发电,早在直流电制时代各国在中小型船舶上就已应用。随着电力电子学

技术的发展,轴带发电装置作为节约运行费用及改善机舱管理运行条件以其特有的优越性引起了各国造船界和航运界的重视。

2.3.4.1 轴带发电装置的主要优点

船舶采用轴带发电装置主要优点如下:

1. 节省燃料和燃料费用——轴带发电机由主机带动,主机燃用劣质燃油,比辅助柴油发电机组燃用柴油价格低,主机耗油率也比辅助柴油发电机组低。
2. 减少维修工作量,降低维修费用。
3. 减少滑油消耗——船舶在航行中不使用辅柴油发电机组,减少其消耗的滑油。
4. 有利于机舱布置——由于辅助柴油发电机组总工作时间缩短,故可以选用较高速的柴油机发电机组;使用轴带发电机时,往往会减少一台辅机,故节省了占用机舱空间。
5. 改善机舱工作环境——降低机舱噪音和减少机舱的热源。

2.3.4.2 轴带发电装置的类型

目前使用的和正在研制的轴带发电装置类型,可以大致划分如下:

1. 频率变动型轴带发电装置分变距桨普通式和定距桨普通式。
2. 频率稳定型轴带发电装置。
 - 1) 定速类包括涡轮联轴节式;油压驱动式;油类多板离合器式;电磁滑差离合器式;无级调速齿轮箱。
 - 2) 可控硅逆变器式。
 - 3) 跨轴式。
 - 4) 旋转变流机类分直流式和交流式。
 - 5) 感应恒频式分旋转式;静止式;可控硅逆变器式。
3. 复合轴带发电装置包括:高经济轴带发电装置;超经济轴带发电装置;轴带发电电动装置;多功能齿轮箱式轴带发电组合装置;废气涡轮轴带发电组合装置。

常用轴带发电装置系统框图如图 2.3.4.1 所示。

目前使用的复合轴带发电装置中,轴带发电电动装置是节能效果较好的。图 2.3.4.2 是其系统原理图的一例。

其工作原理是:根据蒸气压力或操纵杆的提升位置在主配电板上检测出废气涡轮发电机的可能最大输出功率,与船舶必需的功率进行比较运算,当有剩余功率时,主配电板发出一个频率下降信号给轴带发电装置。轴带发电装置接收到该信号后,作为发电机方式的输出下降,输出为零再输出频率下降信号,则自动转换为电动机方式。

当转换为电动机方式时,在发电机方式作为逆变器的 TH_2 变为换流器动作,将船内剩余功率变换为直流功率,这时 TH_2 的控制滞后角为 $15^\circ \sim 25^\circ$ 。在发电机方式作为换流器动作的 TH_1 变为逆变器,将直流功率变换为适合轴带发电机频率的交流功率,将轴带发电机作为同步电动机,则把船内剩余功率变换为推进用功率。对轴带发电装置而言,发电机方式是利用控制同步调相机的频率来控制汇流排频率的频率控制;电动机方式是将船内剩余功率变换为推进功率的功率控制。

表 2.3.4.1 列入某公司的轴带发电装置的型式和规格,供参考。

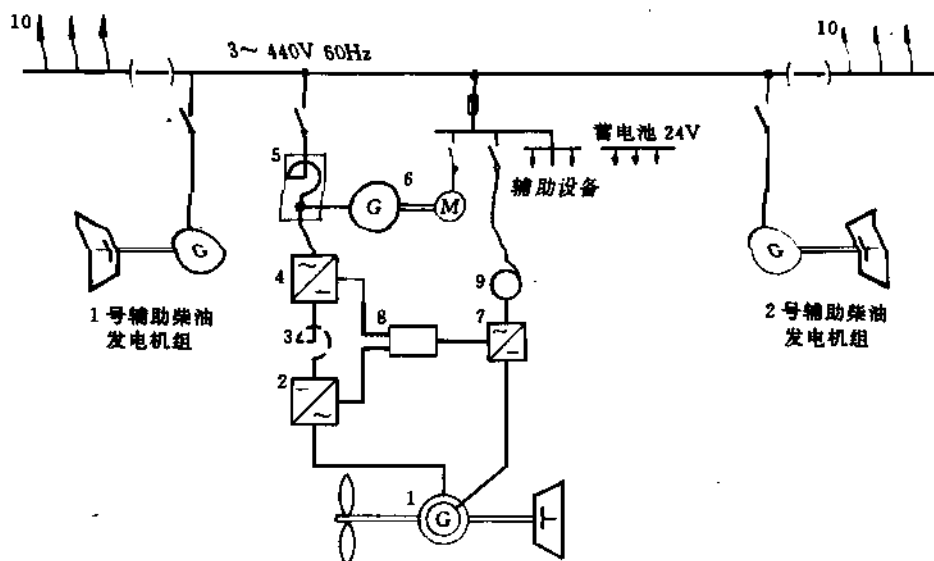


图 2.3.4.1 轴带发电装置系统框图

1—轴带发电机；2—晶闸管整流器；3—电抗器；4—晶闸管逆变器；5—短路电抗器；
6—同步调相机；7—励磁变换器；8—控制装置；9—励磁变压器；10—负载。

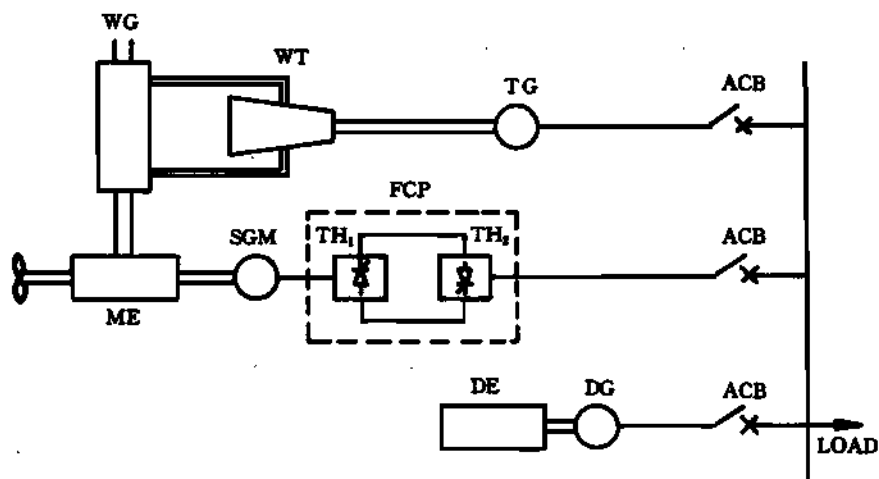


图 2.3.4.2 轴带发电电动机装置系统原理图

表 2.3.4.1 轴带发电装置型式及规格

型式及组成	轴带发电装置		
	推荐速度范围/%	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	功率/kW
晶闸管变换式,发电机轴直接装在推进轴上,其组成为: (1) 装在轴上的三相发电机; (2) 变换器; (3) 带小型电动机的同步调相机	70~100	按推进轴	大于400
晶闸管变换式,发电机由齿轮箱传动,其组成为: (1) 经增速齿轮传动的三相发电机; (2) 变换器; (3) 带小型电动机的同步调相机	70~100	3600以下	大于400

(续)

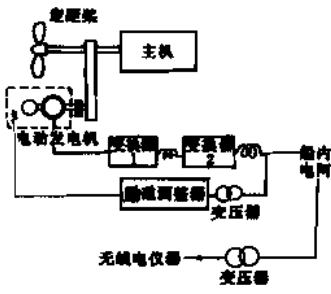
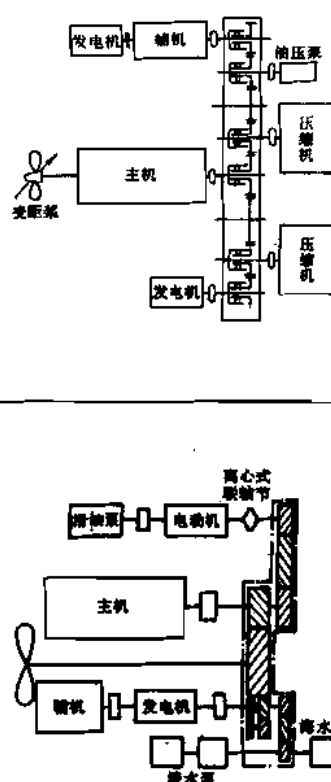
型 式 及 组 成	轴 带 发 电 装 置		
	推荐速度范围/%	转速/ $r \cdot \min^{-1}$	功率/kW
旋转变换机式,其组成为: (1) 经增速齿轮传动的三相发电机; (2) 变流器; (3) 旋转变换机	70 ~ 100	按传动小齿轮	400 以下
调距桨弹性联轴节传动: (1) 经增速齿轮传动的三相发电机; (2) 复励调节器	95 ~ 105	按传动小齿轮	40

表 2.3.4.2 列出部分复合轴带发电装置的组成示意图及特点,供参考。

表 2.3.4.2 复合轴带发电装置组成及特点

分类	示 意 图	特 点	适用范围
高经济轴发电装置		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可有效利用主机废热,节省燃油。 2. 若安装在油船上,在航行中可加热油舱内的货物油; 3. 由于研制了自动多级转换式变速装置,在使用定距桨时也有可能在功率较广的范围内使用轴带发电装置; 4. 大幅度减少辅机的维修作业 	较大型的船舶,适于远洋船
超经济轴发电装置		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完全利用主机废热,废气,节约柴油,节约重油; 2. 轴带发电机运行范围广泛; 3. 大大减少了辅机的维修量,节约维修费用; 4. 能在较低的主机负载下,用轴带发电装置回收热量 	较大型的船舶,适于远洋船

(续)

分类	示意图	特点	适用范围
复合轴带发电电装置		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可与废气涡轮发电装置联合使用。在废气供不应求时,该装置可补充不足部分的电力;在废气过剩时,可通过该装置提供推进力。这时该装置作为电动机运转,而补充不足电力时作为发电机运转; 2. 操作简便,宜于机舱布置; 3. 可与船内其他发电机持续并联运转。可顺利进行不停电切换; 4. 电压、频率恒定,不受螺旋桨转速的影响; 5. 额定功率的转速范围:70%~110%额定转速; 6. 节约燃料与燃料费用; 7. 维修保养费用和维修量大为减少; 8. 系统中使用隔离变压器,基本消除杂波及高次谐波的影响 	定距桨、变距桨船舶
轴带发电电装置		<ol style="list-style-type: none"> 1. 与皮带传动的方式相比,传动损失减少12%~20%; 2. 这种驱动系统同时能由辅机驱动; 3. 能根据船上电力和动力需要,合理操纵主辅机,使之维持较高效率,提高了船舶的机动性和生命力; 4. 可节省燃料20%以上 	适于变距桨船舶(包括渔船)

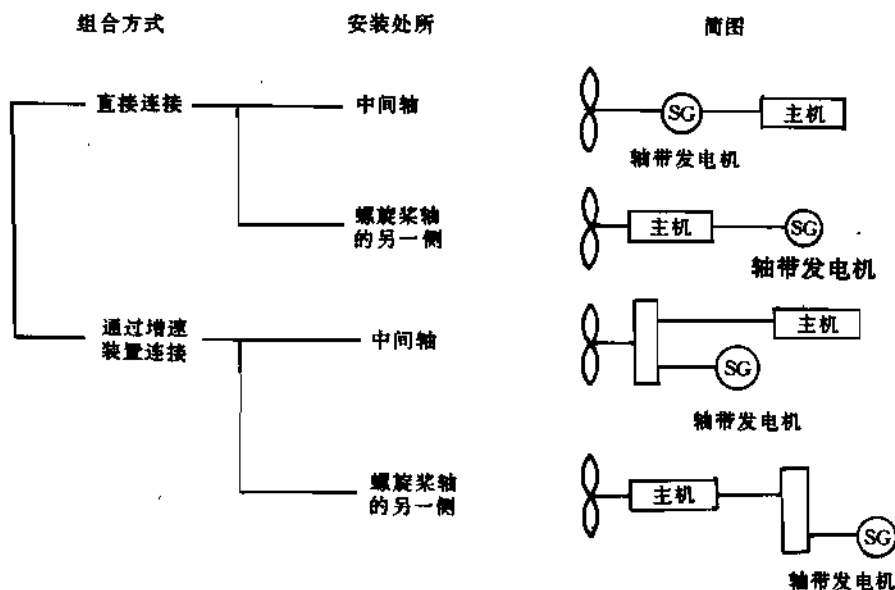


图 2.3.4.3 轴带发电机与轴系组合方式

2.3.4.4 应用举例

69000t 成品油船的电站和配电方案如图 2.3.4.4 所示。

轴带发电机是在反螺旋桨端直接连接在主机前轴伸端。1 号柴油发电机的柴油机,通过离合器一端与发电机相连,另一端与液压动力油泵相连;2 号柴油辅机仅带发电机,也配有离合器。根据电力负载计算,本船在航行加洗舱的工况需要轴带发电机与柴油发电机长期并联运行,故选用了可控硅逆变器式轴带发电装置。柴油发电机和轴带发电机的运行方式均满足挪威“EO”级无人机舱的要求。轴带发电机电力系统单线图如图 2.3.4.5 所示。

轴带发电装置的组成及参数如下:

1) 轴带发电机

额定输出:1135kVA,455V,0.85 滞后

转速:54.3r/min ~ 75r/min,恒功率输出;36r/min ~ 54.3r/min,比例功率输出

频率:4.8Hz ~ 7.2/9.7Hz(36r/min ~ 54.3/75r/min)

励磁系统:有刷励磁

冷却方式:电动风机 30kW,440V,60Hz

2) 调相机

额定输出:1330kVA,457V(3 相,60Hz),0.0 导前

额定转速:1200r/min

转动惯量:464.5kg·m²

驱动电动机:35kW,440V,60Hz,1130r/min

自动调压器:HIRES-80

3) 直流电抗器

直流:518V,1862A,0.9mH(在 7500A 时)

冷却方式:电动风机 0.75kW

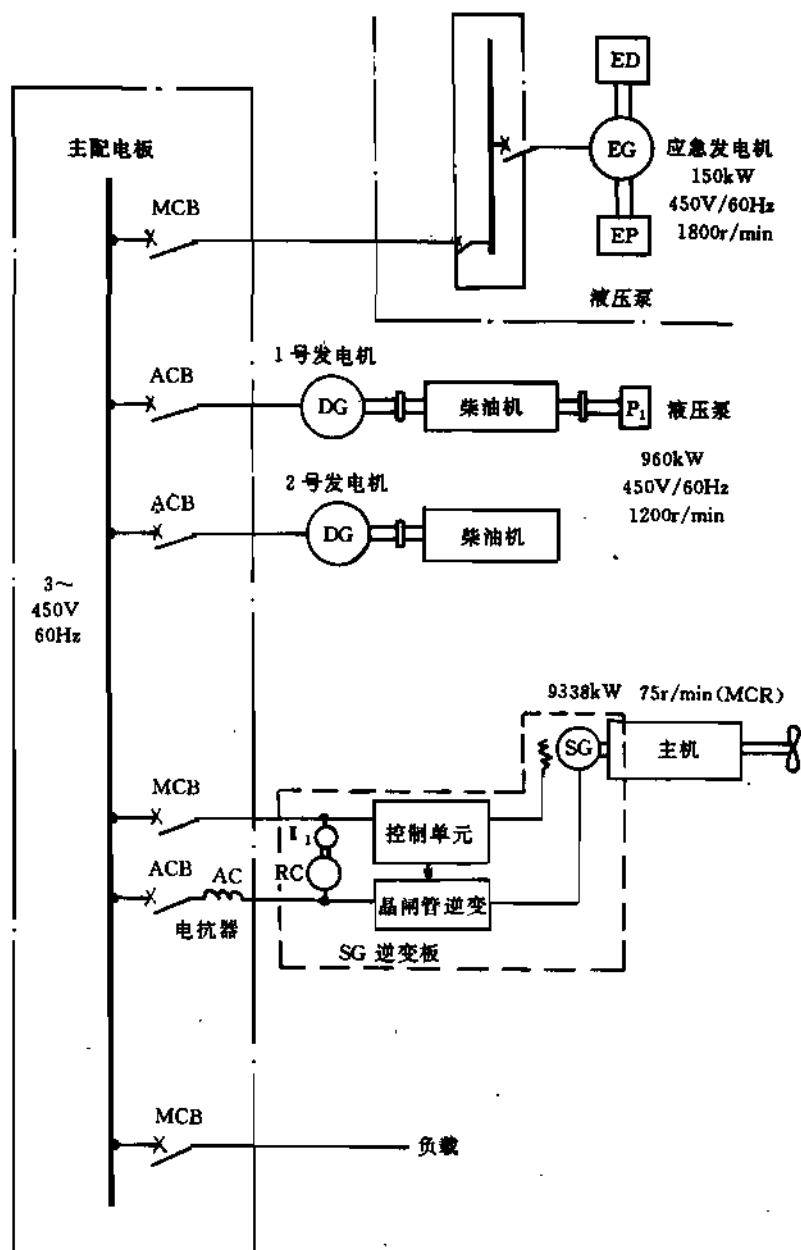


图 2.3.4.4 69000t 成品油船电力系统单线图

4) 交流电抗器

交流 450V, 1440A, 60Hz, 11.7 μ H/相

5) 晶闸管逆变器包括:

晶闸管整流器; 晶闸管逆变器; 电流单元; 控制单元; 模拟指示板; 测量仪表; 冷却风机(2 \times 0.75kW)

图 2.3.4.5 69000t 成品油船轴带发电机装置系统单线图

第4章 船舶电力网

2.4.1 概述

2.4.1.1 船舶电力网的作用和意义

船舶电力网简称为船舶电网,系指介于船舶电源和用电设备之间的传输、分配电能的全部配电装置和网络的总称。可见,它是船舶电力系统的重要组成部分,主要是由配电装置和配电网络两大部分组成。配电装置的设计将在第6章加以说明,所以本章主要是论述配电网络的设计。

2.4.1.2 船舶电力网的设计任务

船舶电力网的设计任务是完成全船电能合理分配,即所谓配电。所以,其必要的设计条件是:船舶电源装置种类和容量已确定;各用电设备要求和功率已明确;辅机控制线路已设计完成;辅机位置已决定;总布置、机舱布置等有关专业布置图已提供。船舶电力网的设计内容包括:正确选择配电方式;正确地划分各供电网络负载,绘制全船电力系统图和布置图以及主干电缆走向图;正确地选择各保护装置及其整定值(见第5章和第6章);正确选择电缆(见第7章)。

2.4.1.3 船舶电力网的分类

根据供电电源的不同、负载的性质和用途不同,船舶电网可分为:

主电网——由主发电机通过主配电板供电的网络;

应急电网——由应急发电机通过应急配电板供电、或由蓄电池通过蓄电池充放电板供电的网络;

临时应急电网——由蓄电池通过蓄电池充放电板用以传输、分配临时应急电能的网络;

一次网络——由主配电板直接向区配电板、分配电板和负载供电的网络,亦称为一次系统;

二次网络——由区配电板或分配电板向负载供电的网络;亦称为二次系统;

动力网络——船舶电网中向动力设备供电的网络;

照明网络——船舶电网中向照明设备、电风扇及小容量电热设备供电的网络;

弱电网络——船舶电网中向各导航、通信及无线电设备等供电的网络。

在进行全船电力系统设计时,通常按上述各网络绘制系统图。

2.4.1.4 配电方式

所谓配电方式,是指主配电板和区配电板、分配电板及其与用电设备之间的电缆和电线的连接和布设方式。通常应根据各用电设备的具体要求,并考虑整个电力系统的可靠性、灵活

性、经济性及操作管理方便等因素后,选择合理的方式。目前采用较多的是馈线式和环路式。还有干线式、棋盘式、两舷供电式和混合式等。

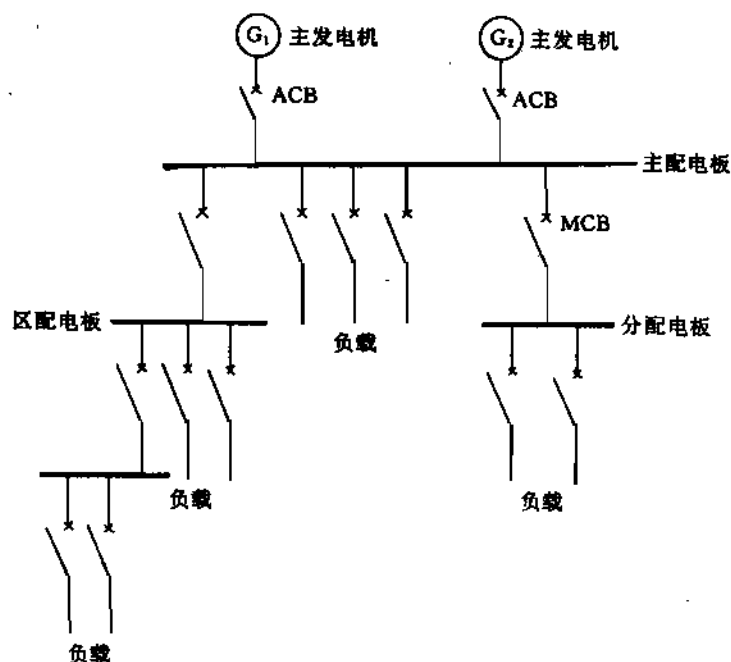


图 2.4.1.1 馈线式供电方式

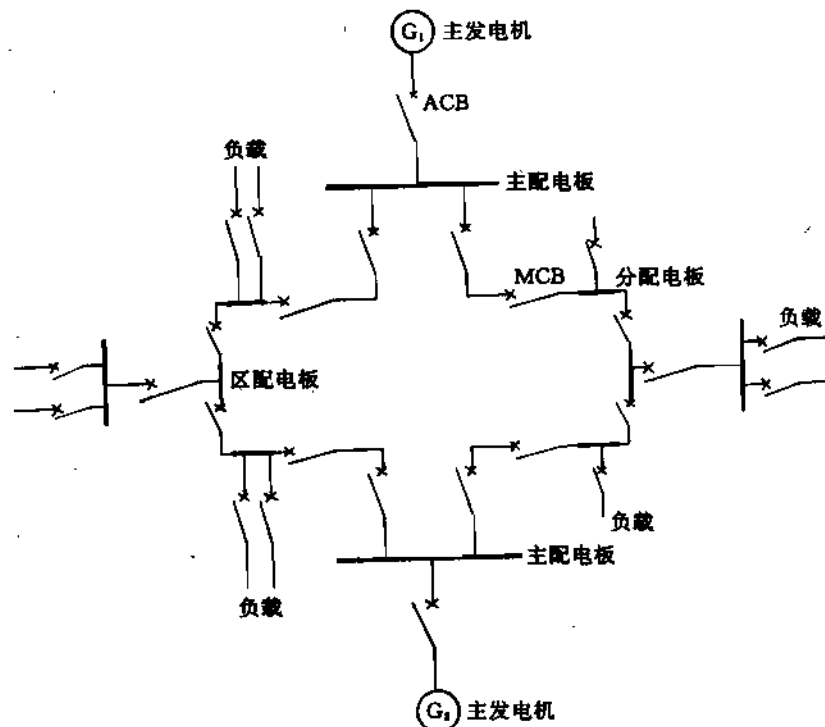


图 2.4.1.2 环路式供电方式

所谓馈线式是指各区配电板、分配电板和重要负载分别由各自馈电电路直接从主配电板获得供电的输配电方式。如图 2.4.1.1 所示,也称之为干馈混合式。其主要优点是:

1. 可降低电缆数量。
2. 保护装置数量少,便于维护。
3. 主要供电开关均在一个控制场所,便于集中控制。
4. 增加用电设备比较方便。
5. 与环路式相比,设备价格便宜。

所谓环路式是指干线形成闭合环路,所有用电设备均从该环路获得供电的输配电方式。如图 2.4.1.2 所示。其主要优点是:

1. 与馈线式相比,可靠性高。
2. 可降低电压波动和功率损耗。但其维护复杂,价格较昂贵。一般仅在可靠性要求高的军舰和大型客船上采用。

馈线式(干馈混合式)与环路式供电方式的比较,见表 2.4.1.1^[12]。

表 2.4.1.1 两种供电方式比较

	馈线式(干馈混合式)	环 路 式
优 点	1. 即使发生重大事故,只要断开相应的开关就可防止事故扩大到其他区域。与环路式相比,其小范围局部停电次数多,但可以避免大范围的停电	1. 线路发生故障通常不会停止供电
	2. 短路电流值较环路式小,因此断路器的断流容量要求较低	2. 由于系统组成一体,电源发展的自由度大
	3. 故障电流集中在故障线路上,保护装置动作较容易。由于系统构成简单,故相邻区段保护装置的动作时间容易整定协调,不易产生误动作	3. 系统总阻抗减小,提高了稳定性,并改善了电压状态
	4. 事故后的恢复操作比较简单	4. 可减小有功和无功功率的损耗
	5. 由于系统结构简单,监视系统的运行也较简单	5. 由于提高了稳定性和减少了功率损耗,可提高设备利用率
缺 点	1. 电网供电的可靠性比环网形低,故重要设备必须采取双路供电方式,增加了供电线的数量	1. 系统发生事故时,电流分布的变化比较复杂,可能在未估计到的地方发生过负载,造成不良后果
	2. 供电考虑分区负载平衡为主,各个区域都要留有适当的余量,故这种方式的设备利用率不高	2. 系统的阻抗值减小,增大了短路电流值
	3. 与环路系统相比,稳定性和电压调整等指标较差	3. 发生故障时流入故障点的电流是多路的。流过某一分支的电流可能很小,使安装在该支点的保护装置动作整定困难
	4. 运行中的灵活性较差	4. 当保护装置或断路器拒动时,事故扩大和停电会影响到整个系统,容易发生大事故
		5. 保护装置的动作时间不易配合,可能发生越级动作
		6. 监视和调整比较困难
		7. 预测和事故后的恢复操作困难
		8. 要求保护装置快速动作、有较高的可靠性,设备要求较高

2.4.2 船舶电力网设计

2.4.2.1 设计要点

在全船电源装置和用电设备已确定等基本条件具备后,便可着手进行船舶电力网的设计,设计的要点简述如下:

1. 选定配电方式——采用馈线式、环路式还是其他配电方式。
2. 确定主电网——确定哪些用电设备由主配电板供电。
3. 确定应急电网——确定哪些用电设备由应急配电板或蓄电池充放电板供电。
4. 确定临时应急电网——确定哪些用电设备由临时应急蓄电池充放电板供电。
5. 确定上述各供电系统间的相互联系方式。
6. 电力系统图设计——通常分为一次网络和二次网络设绘系统图。
7. 选择电缆——选择系统中各电缆型号和规格,进行电压降核算。
8. 电力布置图设计——绘制电力设备布置图。
9. 设计主干电缆走向图。

2.4.2.2 主电网供电范围

各规范、规则要求略有不同,通常包括区配电板、分配电板、组合起动器屏、重要设备及其供电电源。

所谓重要设备,通常是指对船舶操纵和安全所必须的设备,保证船员和旅客安全的设备以及其他特种船舶的专用设备(例如冷藏船的确保冷藏货物安全的设备、化学品液货船的加温设备等)。由于船舶种类和吨位、主机等不同,有所增加或减少。中国船级社《钢质海船入级与建造规范》(1996)规定如下:

1. 空压机
2. 空气泵
3. 循环和冷却水泵
4. 燃油头冷却泵
5. 滑油泵
6. 冷凝器循环泵
7. 抽吸泵
8. 增压风机
9. 分油机
10. 燃油泵和燃油燃烧装置
11. 给水泵
12. 舵机
13. 锚机
14. 消防泵
15. 舱底泵
16. 压载泵

17. 具有冷藏装置级船舶中的冷藏机械(例如压缩机、循环泵和通风机)
18. 机炉舱通风机
19. 锅炉强迫通风机
20. 自动喷水系统和压力水雾灭火系统
21. 探火和失火报警系统
22. 法定航行设备和通信设备
23. 法定航行灯和特殊用途灯
24. 机器处所、控制站、走道、梯道及应急出口等处的照明
25. 上列 1 至 24 项设备的供电电源

2.4.2.3 应急电网供电范围

船舶的应急电网的电源可以采用发电机,也可以采用蓄电池组。对于不同的应急电源、不同种类的船舶(如客船和货船)、不同航区的船舶(如远洋船和内河船),其应急电网的供电范围是不同的。设计时必须满足有关规范规则对应急电源供电范围的最低要求。同时,对于有要求备用电源供电的设备(例如自动化设备),如无独立备用电源时也应考虑由应急电网供电。

2.4.2.4 临时应急电网供电范围

当船舶设有临时应急电源时,必须进行临时应急电网的设计。根据不同船舶,必须按有关规范的规定,例如保证给表 2.4.2.1 所列设备供电。

表 2.4.2.1 临时应急电网供电范围最低要求

序号	供 电 设 备	客船	货船
1	现行《国际海上避碰规则》所要求的航行灯和其他信号灯	○	○
2	现行《国际海上人命安全公约》所要求的每一登乘救生艇、筏的集合地点、登乘地点和舷外的应急照明	○	○
3	现行《国际海上人命安全公约》所要求的通达登乘救生艇、筏集合地点、登乘地点的走廊、梯道和出口的应急照明	○	
4	所有服务及起居处所内的通道、梯道、出口及乘人电梯以及乘人电梯内应急照明	○	○
5	超过 16 人的居住舱室应急照明	○	
6	机器处所及主发电站内,包括它们的控制位置的应急照明	○	○
7	所有控制站、机器控制室以及每一主配电板和应急配电板处应急照明	○	○
8	消防员装备储藏处所应急照明	○	○
9	舵舵装置处应急照明	○	○
10	消防泵、喷水器供水泵、应急舱底泵等处以及这些泵的电动机起动位置的应急照明	○	○
11	现行《国际海上人命安全公约》所要求的包括梯道和出口在内的脱险通道全线(包括转弯和叉路口处)距甲板高度不超过 0.3m 处的应急照明	○	
12	现行《国际海上人命安全公约》所要求的甚高频无线电设备、中频无线电设备、船舶地球站以及中频/高频无线电设备	○	○
13	所有紧急状态下所需要的船内通信设备	○	○
14	火灾探测和报警系统	○	○
15	防火门的固定和释放系统	○	
16	白昼信号灯、船舶号笛、手动火警报警按钮以及所有在应急状态下需要的船内信号设备	○	○
17	供操作水密门所需电力(但不必考虑同时操作所有水密门)供电	○	
18	对操作水密门有关的控制设备、指示器和报警电路供电	○	

注: ○表示需要临时应急电源供电