



船舶电气装置

《船检业务基础知识》培训教程

中国船级社上海培训中心

2006年6月

目 录

A 部分	课程框架
B 部分	课程大纲
C 部分	具体教学大纲
D 部分	POWERPOINT 讲义

A 部分

课程框架

一、 范围

电气设备在现代船舶上得到了广泛应用，一艘现代远洋航行大型客船上的电站容量可达几万 kW，相当于一个拥有几十万人口城市的用电量。在整个船舶检验业务中电气装置的检验也就越来越显得重要起来。

船舶电气装置是包括电源、配电和用电设备等船上所使用的各种电气设备的总称。本培训教材是从如何保证船舶电气装置安全可靠地工作，进而确保船舶、船上的货物和人员安全的角度出发，介绍了国际海上人命安全(SOLAS)公约和本社规范有关电气装置的基本内容。

本培训教材内容重点在于：作为一电气验船师“应知”的基础知识，包括以下几个方面：

1, 船舶电气装置的工作条件

在这样的工作条件下电气装置应能安全可靠地工作，这是对船舶电气装置的基本要求，也是其与陆上通用的电气产品一大区别。熟悉这些工作条件是电气验船师必备的基本功；

2, 电源和配电

介绍船上所使用的电源设备、SOLAS 公约和规范关于电源设备配备及其布置要求以及所采用的配电系统类型及其特点；

3, 触电、火灾等电气灾害的预防措施

有防触电、防爆、防静电灾害、避雷、电路保护和电磁兼容等内容；

4, 新造船舶电气装置的检验概述

含准备工作、设备配备检查、安装检验、系泊试验和航行试验以及证书、检验记录和报告的填写等几个部分。

二、 目标

通过本课程和其他相关课程的学习并经考试合格的学员，具备了作为电气验

船师所应具备的基本知识。如再经资深验船师的指导，在现场检验中进行一段时间的检验实践，则可成为一名名副其实的电气验船师。

三、 引用的公约、规范、规则等

- R1 《国际海上人命安全公约 (SOLAS)》1974 及其修正案;
- R2 IACS UR M40 《环境条件--温度》;
- R3 IACS UR M46 《环境条件—倾斜》;
- R4 IACS UR E19 《非机器处所舱室中电气设备的环境温度》(2003);
- R5 IACS UR E10 《型式认可试验要求》(2004);
- R6 IEC60092-101 出版物《定义和一般规定》;
- R7 IEC60529 出版物《外壳防护型式的分级》;
- R8 IEC60079 出版物《爆炸性气体环境中使用的电气设备》;
- R9 中国船级社《钢质海船入级与建造规范》;

四、 参考书

- B1 中船总编《船舶设计手册(电气分册)》1997;
- B2 GB/T 3471-1995 《柴油机船系泊试验和航行试验大纲》。

五、 教学辅助

- P1 船舶电气装置 (POWERPOINT 幻灯)

B 部分

课 程 大 纲

题目	小时
1 船舶电气装置的工作条件	讲座
1.1 工作条件	0.25
1.2 环境条件	0.25
1.3 电源供电条件	0.25
1.4 其他电磁条件	0.25
2 电源和配电	
2.1 电源设备	1.0
2.2 主电源	1.0
2.3 应急电源	1.0
2.4 配电系统	1.0
3 触电、电气火灾及其他电气灾害的预防措施	
3.1 防触电	0.5
3.2 防电气火灾	0.25
3.3 防爆	3.0
3.4 防静电危害	0.25
3.5 避雷	0.125
3.6 电磁兼容	0.125
3.7 接地	1.0
4 设备和电路的保护	
4.1 一般要求	0.25
4.2 保护电器的选择	0.25
4.3 发电机的保护	0.25
4.4 系统选择性保护	3.0
5 新造船舶电气装置的检验概述	1.0
	共约
	<u>16.0h</u>

C 部分 具体教学大纲

课程要点	IMO/IACS 文件	CCS 规范等	参考书	教学辅助 材料
1 船舶电气装置的工作条件				P1-
1.1 工作条件			R6- 附录 B	1.1
.1 气候条件				
.2 生物条件				
.3 机械条件				
.4 化学活性物质条件				
.5 机械作用物质条件		R9-		
.6 电磁条件		P4/1.2.2		
1.2 环境条件				1.2
.1 环境空气温度和初级冷却水温度	R2	P4/1.2.1.1(1)		1.3
.2 机器处所之外,有空调舱室中的电气设备,如能符合规范有关规定,则其环境空气温度可以降低	R4	P4/1.2.1.2		1.4
.3 倾斜摇摆	R3, R5-试验 8	P4/1.2.1.1(2)		1.5
.4 船舶正常营运中所产生的冲击和振动	R5-试验 7	P4/1.2.1.1(3)		
.5 潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌	R5-试验 6, 12,	P4/1.2.1.1(4)		
1.3 电源供电条件				1.6
.1 电源电压和频率的波动		P4/1.2.2		1.7
.2 谐波成分		P4/1.2.3		
1.4 其他电磁条件		P4/1.3.5		
2 电源和配电				
2.1 电源设备				2.1
.1 发电机组				
-独立原动机驱动的发电机组		P4/2.1.1、4.1.6、 4.1.7		2.2-1~4
-主推进装置驱动的发电机组		P4/2.1.2		
.2 蓄电池组			B1-	
-酸性蓄电池(又称铅酸蓄电池)		P4/2.11	2.2.7、	2.3
-碱性蓄电池			2.3.3	2.4-1、2
-阀控密封型蓄电池				2.5-1、2
.3 其他	R1-			
-海水电池	Reg. III			
-干电池	/7.1.3			
-锂电池	Reg. III/6.2.1			

课程要点	IMO/IACS 文件	CCS 规范等	参考书	教学辅助 材料
2.2 主电源	R1-	R9-		2.6
.1 定义	Reg. II-1/3.7	P4/1.1.2.1(4)		2.7
.2 基本配备要求	Reg. II-1 /41.1	P4/2.1.1.1 (1)(2)(3)(6)		
.3 保持供电连续性的新措施	Reg. II-1 /41.5	P4/2.1.1.1 (4)(5) P4/5.3.2.1		2.8
.4 例外情况				2.9
2.3 应急电源				2.10
.1 定义	Reg. II-1/3.12	P4/1.1.2.1(5)		2.11
.2 一般要求				
-电源设备	Reg. II-1/42.3 Reg. II-1/43.3	P4/2.2.1.3、 2.2.1.4		2.12 2.13
-临时应急电源	Reg. II-1/42.4 Reg. II-1/43.4	P4/2.2.1.5		2.14
-布置	Reg. II-1/42.1 Reg. II-1/43.1	P4/2.2.1.2		2.15-1 2.15-2
.3 客船配置	Reg. II-1/42.2	P4/2.2.2		2.16
.4 货船配置	Reg. II-1/43.2	P4/2.2.3		2.17
.5 例外情况				
-向某些设备供电的蓄电池组	Reg. II-1/ 42.2.3, 43.2.4	P4/2.2.2.1(3), 2.2.3.2(2)		2.18
-某些类型船舶	Reg. II-1/ 42.2.7, 43.2.6.2	P4/5.2.4.1, 5.3.3, 5.4.3		2.19
2.4 配电系统				
.1 船上使用配电系统类别		P4/2.4.1.1		
-绝缘配电系统				
-接地配电系统				
-船体作导电回路的配电系统				
.3 1600 总吨及以上船舶不应采用 利用船体作回路的配电系统，但 有例外	Reg. II-1/ 45.3.1	P4/2.4.3.1		2.20
.4 现代造船除了交流高压配电系统 有采用中性点通过阻抗的接地系 统外，基本上都采用绝缘配电系 统				

课程要点	IMO/IACS 文件	CCS 规范等	参考书	教学辅助材料
3 触电、电气火灾及其他电气灾害的预防措施				3. 1
3.1 防触电		R9-		
. 1 外壳防护	R1		R7	3. 2
. 2 除例外情况以外，设备带电部件以外的所有人可接近的金属部分(含电缆的金属扩套或金属外护层)均应接地(另见“3. 7 接地”)	Reg. II -1/ 45. 1, 45. 2	P4/1. 3. 2, 1. 3. 4		3. 3
. 3 限制工作电压, 50V 为公认的安全电压		2. 4. 4. 1		
. 4 双重绝缘和/或加强绝缘的应用				
3.2 防电气火灾				3. 4
. 1 绝缘配电系统绝缘电阻的连续检测和绝缘电阻值异常低时发出报警	Reg. II -1/ 45. 4. 2	2. 4. 2. 2		3. 5
. 2 设备和电路的保护(详见“4 设备和电路的保护”)	Reg. II -1/ 45. 6. 1	2. 5		3. 6
. 3 滞燃和耐火电缆的使用	Reg. II -1/ 45. 5. 2 45. 5. 3	2. 12. 3. 3、 2. 12. 3. 4, 2. 12. 3. 5		3. 7
. 4 发热器件(设备)和电热器具的防火		1. 3. 1, 2. 10, 4. 8. 5		
3.3 防爆				3. 8
. 1 爆炸机理				3. 9
. 2 防爆措施				3. 10
. 3 合格防爆电气设备		1. 3. 3. 1	R8	3. 11
. 4 船上常用的防爆电气设备类型		1. 3. 3. 2		3. 12-1 3. 12-2 3. 12-3
. 5 防爆电气设备的类别				3. 13
. 6 防爆电气设备的温度组别				3. 14
. 7 允许在危险区域中使用的电气设备举例		1. 3. 3. 3 2. 16. 6. 2(1) , (5)		3. 15
3.4 防静电危害				3. 16
. 1 载运导电性能较低的易燃液货的船上, 其液货舱内存在的静电可能引发燃爆事故				
. 2 船上乘员人体所带静电可能损坏设备, 也可能引发燃爆事故				
. 3 防静电危害措施		1. 3. 4. 12		3. 17
3.5 避雷		2. 13		3. 18
3.6 电磁兼容		1. 3. 5		3. 19
3.7 接地		1. 3. 4 等		3. 20-1 3. 20-2

课程要点	IMO/IACS 文件	CCS 规范等	参考书	教学辅助 材料
4 设备和电路的保护				4.1
4.1 一般要求		R9-		
.1 设备和电路应设有合适的保护		P4/2.5.1.1		4.2-1
.2 短路保护和过载保护的设置		P4/2.5.1.2		4.2-2
		P4/2.5.1.3		
4.2 保护电器的选择		P4/2.5.3、2.5.5		
.1 保护电器简介				
--断路器及其脱扣特性				4.3-1
				4.3-2
				4.4
--熔断器				
.2 短路保护电器的选择				4.5
.3 过载保护电器的选择				4.6
4.3 发电机的保护		P4/2.5.6		4.7
.1 过载保护				4.8
.2 短路保护				
.3 逆功率(逆电流)保护				4.9
.4 欠电压保护				
.5 自动卸载		P4/2.5.7		
4.4 系统选择性保护		P4/2.5.1.1, 2.5.4		4.10
.1 何谓“选择性保护”				4.11
.2 《钢规》对选择性保护的原则要求				4.12
.3 船舶电力系统特点				4.13
.4 选择性保护的实现				4.14-1
				4.14-2
			B1-	4.14-3
.5 实现选择性保护的具体方案			2.5.1	4.15
				4.16
				4.17-1
				4.17-2
				4.18
				4.19-1
				4.19-2
5 新造船舶电气装置的检验概述				5.1
5.1 准备工作				5.2
5.2 设备配备检查和安装检验		R9- P4		5.3
5.3 系泊试验		B2		5.4
5.4 航行试验				
5.5 证书、检验记录和报告的填写				5.5

D 部分
POWERPOINT 讲义

《船 舶 电 气 装 置》

船舶电气装置

CCS上海规范所

1

船舶电气装置工作条件

- 气候条件：空气温度、水温、湿度和日光辐射等；
- 生物条件：霉菌、啮齿动物等；
- 机械条件：振动、冲击、倾斜、摇摆等；
- 化学活性物质作用条件：盐雾、二氧化硫、硫化氢等；
- 机械作用物质条件：空气中的沙、灰尘、油雾等；
- 电源供电条件：电压、频率波动等
- 电磁骚扰条件：射频电磁场辐射、低频传导骚扰等。

[1.1]

2

环境条件

- .1 环境空气温度和初级冷却水温度
- .2 机器处所之外，有空调舱室中的电气设备，如能符合规范有关规定，则其环境空气温度可以降低
- .3 倾斜摇摆
- .4 船舶正常营运中所产生的冲击和振动
- .5 潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌

[1.2]

3

环境空气温度和初级冷却水温

介质	部位	温度(℃)	
		无限航区	除热带海区以外的有限航区
空气	围蔽处所内	0~45	0~40
	温度超过 45℃(或 40℃)或低于 0℃的处所内	按这些处所的温度	按这些处所的温度
	开敞甲板	-25~45	-25~40
水		32	25

- 适用于电子设备的环境空气温度的上限为55℃。

[1.3]⁴

受控环境处所电气设备 环境温度降低的条件

- (1)该设备是非应急设备；
- (2)至少有2套制冷单元进行温度控制，在其中1套制冷单元失效时，其余单元能满意地保持其设计温度；
- (3)该设备开始时能在环境空气温度45℃条件下处于安全工作状态，直至达到较低环境空气温度时为止。冷却设备的环境空气温度应为45℃；
- (4)在连续有人的控制站内设有听觉和视觉报警，以指示制冷单元的任何故障；
- (5)有关电缆的载流量，应以其整个长度上所遭遇到的最高环境空气温度为准确定。

[1.4]

5

倾斜角 倾斜角

设备组件	倾斜角(°)①②			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电器及电子设备	22.5	22.5	10	10
上列以外的设备、组件	15	22.5	5	7.5

注：①可能同时发生横向和纵向倾斜；

②装运液化气体和化学品的船舶，其应急电源还应在船舶进水，以致于最终横倾达30°的极限状态下能保持供电。

[1.5]

6

电源供电条件等

- 1.3 电源供电条件
 - . 1 电源电压和频率的波动
 - . 2 谐波成分
- 1.4 其他电磁条件

[1.6]

7

电源电压和频率的波动 [1.7]

设 备	参 数	稳态 (%)	瞬 态	
			%	恢复时间 (s)
一 般 交 流 设 备	电压	+6 ~ -10	±20	1.5
	频率	±5	±10	5
由直流发电机供电或经 整流器供电的设备	电压	±10	—	—
	电压周期性 波动	5	—	—
	纹波电压	10	—	—
由蓄电池供电的设备： 充电期间接于蓄电池者 ① 充电期间不接于蓄电池 者	电压 电压	+30 ~ -25 +20 ~ -25	—	—

注：①应对由充/放电特性决定的不同的电压波动予以考虑，包括充电设备的纹波电压。

8

谐波成分和其他电磁条件

- 谐波成分

交流电气设备应能在供电电源的谐波成分不大于**5%**的情况下正常工作。当电源的谐波成分可能大于**5%**时，应注意设备的选择，保证其正常工作。

- 其他电磁条件

对船上的电气、电子设备还承受着静电放电、射频电磁场辐射、电快速瞬变脉冲群、浪涌、低频传导和射频场感应的传导等电磁骚扰条件。在规定的上述各种电磁骚扰条件下（详见本社《电气电子产品型式认可试验指南》），这些设备应能正常工作。

[1.8]

9

电源和配电

- 2.1 电源设备

- . 1 发电机组

- 独立原动机驱动的发电机组
 - 主推进装置驱动的发电机组

- . 2 蓄电池组

- 酸性蓄电池(又称铅酸蓄电池)
 - 碱性蓄电池

- . 3 其他

- 海水电池
 - 干电池
 - 锂电池

[2.1]

10

对交流发电机组的基本性能要求(1)

- 突加和突卸60%额定电流及功率因数不超过0.4的对称负载，其瞬态电压值不低于额定电压的85%；不超过额定电压的120%，而电压恢复到与最后稳定值相差3%以内所需的时间应不超过1.5s；
- 在额定功率因数下，静态电压变化率在±2.5%以内。应急发电机可允许为±3.5%以内；
- 空载线电压波形正弦性畸变率不超过5%；
- 对原动机调速调速特性的要求：
 - 1,当加上或卸去最大梯级负载时，电网的瞬时频率变化不大于10%，恢复到稳态的时间不超过5s；稳定调速率不大于5%；
 - 2,当在空载状态下实加50%额定负载，稳定后再加上余下的50%额定负载时，其瞬时速调率不大于10%；
稳定调速率不大于5%；稳定时间不超过5s；

[2.2-1]

11

对交流发电机组的基本性能要求(2)

3,当原动机是高增压柴油机时，其调速特性试验可以多于二次加载的方式进行(详见《钢规》第3篇9.7.3.1)；

4,如应急发电机的原动机是高增压柴油机，则其第一次突加的负载应不小于所连接的应急负载的总和；

5,并联运行的各发电机组均应能稳定运行，且当负载在总额定负载的20%~100%范围内变化时，其负载分配应符合下列要求：

各机组所承担的有功负载与总负载按机组定额比例分配值之差，应不超过下列数值中的较小者：

a,最大机组额定有功功率的±15%；

b,各个机组额定有功功率的±25%；

2.2-2

12

对交流发电机组的基本性能要求(3)

- 对并联运行的交流发电机组，还有个机组之间的无功分配问题，应满足如下要求：
各机组所承担的无功负载与总无功负载按机组额定 比例分配值之差，应不超过下列数值中的较小者：
a, 最大机组额定无功功率的±10%；
b, 最小机组额定无功功率的±25%；
- 由于这是决定于并联运行发电机的励磁环节特性的，一般不需用户进行调节。一般是在发电机组配套工厂进行配套试验中考核。
- 关于无功功率的计算，例如：
已知一交流发电机的额定(有功)功率(P)为 400 kW，额定功率因数(Cos Φ) 0.8，计算其额定无功功率。
额定无功功率 (Q) = $S \cdot \sin \Phi$
$$= P / \cos \Phi \cdot [1 - (\cos \Phi)^2]^{1/2}$$
$$= 400 / 0.8 \cdot (1 - 0.8^2)^{1/2}$$
$$= 300 \text{ kVar (千乏)}$$

[2.2-3]

13

对交流发电机组的基本性能要求(4) (并联运行发电机组负载分配误差的算例)

- 假设某船有4台发电机组，其容量为：1、2和3号发电机为400kW，4号发电机为200kW。现测得在1、2和4号发电机并联运行试验中某点各发电机承载的实际有功负载依次为：215kW、140kW和45kW。试计算各发电机所承担的有功负载与按比例分配值之差值，并判定是否符合《规范》的上述要求。
- 解：1,计算各发电机的分配差值
1号发电机： $P_1 = 215 - 400 \times (215 + 140 + 45) / (400 + 400 + 200)$
 $= +55 \text{ kW}$
2号发电机： $P_2 = 140 - 400 \times 400 / 1000 = -20 \text{ kW}$
4号发电机： $P_3 = 45 - 200 \times 400 / 1000 = -35 \text{ kW}$
2,判定是否合格？
由于 $400 \times 15\% = 60 \text{ kW} > 200 \times 25\% = 50 \text{ kW}$ ，则50kW为分配差允许值。
而1号发电机的分配差值为+55kW大于50kW，故此点不合格。
因此需重新调节，重做并联运行试验考核。

[2.2-4]

14

常用蓄电池性能参数

[2.3]

种类	组成			单个电池电压 (V)	充放循环 (次数)
	负极	电解液	正极		
铅酸蓄电池	Pb	H ₂ SO ₄	PbO ₂	2.0	100~400
镉-镍蓄电池	Cd	KOH	NiOOH	1.2	500~5000
铁-镍蓄电池	Fe	KOH	NiOOH	1.2	500~1000
锌-银蓄电池	Zn	KOH	Ag ₂ O	1.5	20~200
镉-银蓄电池	Cd	KOH	Ag ₂ O	1.1	300~2000

酸性蓄电池和碱性蓄电池性能比较

[2.4-1]

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 0.03~0.06Ω
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
电解液	不需调换	需调换
价格	较便宜	较贵

阀控密封型蓄电池

- 为减少维修工作量，现有一种阀控密封型蓄电池，在船上也得到了较广泛的使用。
- 这是在原透气型蓄电池的基础上，加入了某些物质，以能在其内部产生化学反应，从而减少了充放电过程中产生的氢气等排放物，这样就可密封起来。但不可能做到完全没有排放物，如在快速充电时还是有氢气等产生的，因此就在壳体上加了个“安全阀”。需要时还可从那里加液。
- 安装阀控密封型蓄电池的舱室，如其通风和充电方式满足本社《钢规》有关规定，则可在其中安装非防爆设备。

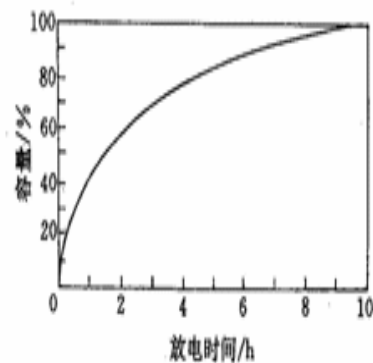
[2.4-2]

17

Q系列酸性蓄电池容量系数 (以10h放电率为标准)

[2.5-1]

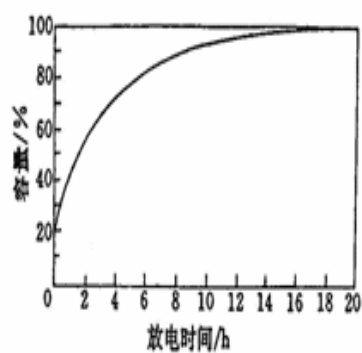
放电率/h	容量系数/%
10	100
6	86
5	82
3	68
1	42
0.5	30



Q系列酸性蓄电池容量系数 (20h放电率为标准)

[2.5-2]

放电率/h	容量系数/%
20	100
18	99
10	93
5	76
3	63
1	39
0.5	28



19

主电源

• 2.2 主电源

.1定义

.2基本配备要求

.3保持供电连续性的新措施

.4例外情况

[2.6]

20

主电源定义及其基本配备

- 主电源：是指向主配电板供电，并通过主配电板对为保持船舶处于正常操作和居住条件所必需的所有设备配电的电源，称为主电源。
- 主电源的基本配备要求：
 - 1, 应至少由2台发电机组组成；
 - 2, 这些发电机组的台数和容量，应能在任何1台发电机组停止工作时，仍能继续对正常推进运行、船舶安全以及具有附加标志船舶上的特殊设备供电。同时最低舒适居住条件也应得到保证；
 - 3, 应能在任何1台发电机或其原动机不工作时，其余发电机组仍能供应从瘫船状态起动主推进装置所必需的电力；
 - 4, 主电源装置应是：不论推进机械和轴系的速度和旋转方向如何，均应能使为保持船舶处于正常操作状态和满足正常居住条件所必需的所有电力辅助设备处于工作状态。

[2.7]

21

保持连续供电的进一步措施

- 1998年7月1日或以后建造的船舶，如果船舶推进和操纵必需依靠主电源，则还应满足如下要求：
 - (1) 在正常由1台以上发电机并联运行同时供电的情况下，应设有包括将非重要设备自动卸去，必要时也可将保证居住条件的设备和次要设备自动卸去等保护措施，以确保对推进、操舵和保证船舶安全所必需的设备供电；
 - (2) 在正常由1台发电机供电的情况下，应提供措施，以能在失电后自动起动备用发电机，并自动连接至主配电板。该备用发电机应具有足够的容量，以保证辅机的自动起动或自动顺序起动。备用发电机应尽快自动起动并连接至主配电板，最好在失电后30s内完成，最长不超过45s；
 - (3) 主汇流排应至少分成个独立的分段，平时这些分段应由断路器或可使汇流排能方便分开的隔离开关、开关加以连接，并尽可能将发电机和其他双套设备均分地连接于这些分段上。

[2.8]

22

主电源配备的 例外情况

(1)遮蔽航区航行的船舶:

a, 货船可仅设1台发电机组;

b, 对客船, 若为主机服务的各种辅机、舵机油泵、消防泵和舱底泵均可由主机驱动, 则可仅设1台发电机组。

(2)近海、沿海(含遮蔽航区)非国际航行船舶:

当主发电机总容量 $\leq 500\text{kVA}$ 时, 可不执行以上2.8(2)和(3)的规定。

[2.9]

23

应急电源

- 2.3 应急电源

- . 1 定义

- . 2 一般要求

- 电源设备

- 临时应急电源

- 布置

- . 3 客船配置

- . 4 货船配置

- . 5 例外情况

- 向某些设备供电的蓄电池组

- 某些类型船舶

[2.10]

24

应急电源定义及其用途

- 系指在主电源供电发生故障的情况下，用来向应急配电板供电的电源。
- 其用途为：
 - (1)在主电源供电发生故障由应急电源供电的情况下，对消防、保船和船上人员逃生脱险有关的设备供电，而无法保证船舶的正常航行；
 - (2)可作为从瘫船状态恢复主推进之用，则其容量应足以供给下列设备的用电，并应在失电后30min时间内完成。对于蒸汽轮机船，此30min限制在从上述的失电/瘫船状态开始至第一台锅炉完成点火这段时间：
 - a, 规定的应急设备（见《钢规》第4篇2.2.2.1或2.2.3.1）；
 - b, 船舶推进机械和其他机械（如适用）从瘫船状态恢复运转。
 - (3)此外，如果采取了规定的措施(见《钢规》第4篇2.2.4)，则允许在港内停泊时使用应急发电机。

[2.11]

25

应急发电机组

- 应急电源可以是符合下到要求的发电机组：
 - 1, 由一具有独立的冷却装置和燃料供给，燃油的闪点(闭杯)不低于43℃，并设有符合第3篇9.5.5要求的起动装置的柴油机驱动；
 - 2, 在主电源失电时应能自动起动和自动连接于应急配电板(设有临时应急电源的货船除外)，并在不超过45s时间内承载额定负载。

[2.12]

26

蓄电池组

- 应急电源也可以是符合下列要求的蓄电池组：
 - (1) 承载应急负载而不必再充电，并在整个放电期间其电压变化应能保持在其额定电压的 $\pm 12\%$ 范围内；
 - (2) 当主电源失电时，自动连接至应急配电板；
 - (3) 其容量应足够在规定的时间内对规定的各项设备供电。

[2.13]

27

临时应急电源 (Transitional source of emergency electrical power)

- SOLAS公约(规范)还规定：客船和应急发电机达不到自动起动和供电要求的货船，均应设有一符合下列要求的临时(过渡性的)应急电源：
 - (1) 应是一符合以上2.9-1要求的蓄电池组；
 - (2) 当主电源或应急电源失电时，均应能立即自动对规定的应急照明、航行灯、号灯、紧急状态下需要的内部通信、失火报警系统和客船水密门的操作、控制、指示和报警等设备供电0.5h；

[2.14]

28

应急电源的布置(1)

- 应急电源连同其相关联设备的布置应符合下列规定：
 - (1)应安装在最高一层连续甲板以上易于从露天甲板到达之处；
 - (2)不应装设在防撞舱壁之前，但对货船在特殊情况下经本社同意者可以除外；
 - (3)应急电源连同其相关联设备相对于主电源连同其相关联设备的位置，应确保主电源连同其相关联设备所在处所或任何A类机器处所发生火灾或其他事故时，不致妨碍应急电源的供应、控制和分配；
 - (4)应急电源连同其变换设备(如设有时)、临时应急电源和应急配电板所在处所，应尽可能不与A类机器处所或装有主电源连同其变换设备(如设有时)或主配电板所在处所的限界面相毗邻。

29

[2.15]

应急电源的布置(2)

- (5) 应急配电板应尽可能靠近应急电源安装，并符合下列要求：
 - a. 如应急电源是发电机，则应急配电板应与应急发电机安装在同一处所，除非会妨碍应急配电板的操作；
 - b. 如应急电源是蓄电池组，则蓄电池组不应与应急配电板安装在同一处所。并应在主配电板或机器控制室内的适当地点装设指示器，以指示应急电源或临时应急电源的蓄电池正在放电；

[2.15-2]

30

客船的应急电源

- 所有客船均应设有独立的应急电源，其容量应足够在应急情况下向下列必要的安全设备供电，并应考虑到这些设备可能要同时工作：

除水密门的操作、指示和报警设备和操舵装置按规定的时间供电外，应足以对《钢规》第4篇2.2.2.1(1)、(2)、(3)和(4)所列的设备外，应足以对2.2.3.1(2)~(5)所列设备供电36h。

[2.16]

31

货船的应急电源

- 500总吨以上的货船应设独立的应急电源，其容量应足够在应急情况下向下列必要的安全设备供电，并应考虑到这些设备可能要同时工作：

除《钢规》第4篇2.2.3.1(1)、(6)和(7)所列的设备外，应足以对2.2.3.1(2)~(5)所列设备供电18h。

[2.17]

32

应急电源的例外情况

- 有以下几种不同于以上规定的例外情况：
 - (1)如果探火和失火报警系统等能由设置于适当处所，可供应急使用且具有足够容量的蓄电池组供电者，则可不由应急电源供电；
 - (2)对具有“沿海航区”附加标志的船舶，若经本社认为能达到同样的安全程度，则应急电源的供电时间可以由以上2.12和2.13规定36h和18h，缩短为12h；
 - (3)近海、沿海非国际航行船舶的应急电源供电时间：
 - 所有客船：近海12h / 沿海6h；
 - 1600总吨及以上货船：近海6h / 沿海3h；
 - 1600总吨以下货船：应设符合规范要求、供电时间为3h的应急电源；
 - (4)遮蔽航区航行船舶：
 - 应设符合规范要求、供电时间为3h的应急电源；

[2.18]

33

配电系统

- 2.4 配电系统
 - .1 船上使用配电系统类别
 - 绝缘配电系统
 - 接地配电系统
 - 船体作导电回路的配电系统
 - .2 1600总吨及以上船舶不应采用利用船体作回路的配电系统，但有例外
 - .3现代造船，除了交流高压配电系统有采用中性点通过阻抗的接地系统外，基本上都采用绝缘配电系统

[2.19]

34

接地/绝缘配电系统的特点

- (1) 接地配电系统有利于防止因漏电引发电气火灾；
- (2) 绝缘配电系统有利于电气设备连续工作；
- (3) 绝缘配电系统有利于电气设备的电磁兼容；
- (4) 绝缘配电系统的经济成本高于接地配电系统；
- (5) 载运危险货物船舶不宜采用接地配电系统。

[2.20]

35

触电、火灾及其他电气灾害的预防措施

- **3.1 防触电**
 - . 1 外壳防护
 - . 2 除例外情况以外，设备带电部件以外的所有人可接近的金属部分(含电缆的金属扩套或金属外护层)均应接地(另见“3.7 接地”)
 - . 3 限制工作电压，50V及以下为公认的安全电压
 - . 4 双重绝缘和/或加强绝缘的应用

[3.1]

36

外壳防护

- 为防止固体异物和水进入设备内部，也为了防止人身的触电事故，船用电气设备均需有适当的防护外壳；
- 为了满足不同的要求，这种防护外壳分成了若干个等级，国际电工委员会(IEC)制定了IEC60529《外壳防护型式的分级》标准，为国际公认；
- 表示外壳防护等级的标志为由“IP”字母后面加2位数字组成：IPX(第1位数字)X(第2位数字)
 - (1)这第1位数字表示防固体进入的等级，分0~6个等级；
 - (2)这第2位数字表示防液体进入的等级，分0~8个等级。例如：“IP56”表示设备的外壳防护为“防尘并防猛烈海浪”等级，可用在露天甲板上。

[3.2]

37

非带电部分接地的例外情况

- (1)灯头；
- (2)安装在非导电材料制成或覆盖的灯座或照明设备上的灯罩、反光镜和保护件；
- (3)设在非导电材料的金属部件，在正常使用中不可能带电和接触接地部件；
- (4)具有双重绝缘和/或加强绝缘，并满足公认的安全要求的可携式设备；
- (5)为防止轴电流的绝缘轴承座；
- (6)荧光灯管的紧固件；
- (7)工作电压不超过50V的设备。对交流，此项电压应为均方根值，且不应使用自耦变压器取得此项电压；
- (8)电缆紧固件。

[3.3]

38

防电气火灾

- 3.2 防电气火灾

- . 1 绝缘配电系统绝缘电阻的连续检测和绝缘电阻值异常低时发出报警

- . 2 设备和电路的保护(详见“4 设备和电路的保护”)

- . 3 滞燃和耐火电缆的使用

- . 4 发热器件(设备)和电热器具的防火

[3.4]

39

对地绝缘电阻的连续监测

- SOLAS公约和本社规范对绝缘配电系统绝缘电阻的连续监测，都有明确的规定：用于电力、电热和照明的绝缘配电系统，不论是一次系统还是二次系统，均应设有连续监测绝缘电阻，且在绝缘电阻异常低时发出听觉或视觉报警信号的绝缘电阻监测报警器。

- 需注意的是：上述的“一次系统”和“二次系统”应是其范围涉及整个船舶的配电系统，如全船照明系统等。而如临时应急电源供电的系统就不需设置上述的绝缘电阻监测报警器。

[3.5]

40

电路保护和对电缆的防火要求

- 过载和短路是常见的电气故障，为了防止由于这些故障的发生可能损及电缆和电气设备，甚至发生火灾。**SOLAS**公约和本社规范都要求每一独立电路均应设有过载保护和短路保护。但对某些特殊电路(例如操舵装置的动力设备电路)，应以过载报警代替过载保护。
- 本社《钢规》第4篇第2章第5节对电路(系统)保护更作出了全面而具体的规定。
- 对电缆的防火要求详见5.3的介绍。

[3.6]

41

防爆

- 3.3 防爆
 - . 1爆炸机理
 - . 2防爆措施
 - . 3合格防爆电气设备
 - . 4船上常用的防爆电气设备类型

[3.7]

42

气体和粉尘爆炸机理

- 经人们的实践和科学研究的结论是：产生爆炸一是可燃性气体或可燃性粉尘与空气的混合在一定的比例范围之内，二是有点燃这种气体混合物的着火源，缺一不可。
- 某些气体、油品的爆炸范围：
例如： 氢 4.0~74.2%；
甲烷 5~15 %；
乙炔 2.5~80 %；
汽油 1~6 %。

以上所列最小值称为爆炸下限(LEL)；所列最大值称为爆炸上限(UEL)。

[3.8]

43

防爆措施

- 了解了产生爆炸的机理，防止爆炸的措施便迎刃而解了，即只要破坏产生爆炸的一个条件即可：

(1)控制其混合气体的比例，使其不在爆炸范围之内。

例如：

a,使用惰性气体，使危险处所惰化；

b,《钢规》第4篇2.18.6.1规定：“有开口直接通向毗邻危险处所的围蔽或半围蔽处所，如果具有本社接受标准(IEC60092-506标准)规定的正压通风，则可使其成为非危险处所”；

(2)避免在有爆炸性气体或粉尘的区域中的着火源：这首先是原则上在这些区域中不允许安装电气设备和可能成为着火源的其他设备。但如果是操作上必需者，则应采用符合公认标准的防爆电气设备。

[3.9]

44

合格防爆电气设备和对爆炸性 粉尘环境中电气设备的要求

- 本社《钢规》第4篇1.3.3.1规定，若需在爆炸性气体环境中安装电气设备，则应为符合下列要求的合格防爆电气设备(英文一般称“**Certified safe type equipment**”)：
 - (1)防爆电气设备的制造和试验，应符合本社接受标准(例如IEC60079系列标准)的规定；
 - (2)应具有本社认可的防爆主管试验机构核发的防爆合格证。
- 本社《钢规》第4篇1.3.3.7规定，若需在爆炸性粉尘环境中安装电气设备，则应为符合下列要求：
 - (1)外壳防护等级至少为IP55；
 - (2)在连续工作情况下，其最高表面温度应至少比5mm厚该粉尘层的引燃温度低75K。

[3.10]

45

防爆电气设备型式(一)

- 按达到防爆目的的手段和结构不同，船上通常使用的气体防爆电气设备有下列几种型式：
 - (1)本质安全型“i”
在规定的试验条件下，正常工作和规定的故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃规定的爆炸性混合物的电气设备。按其安全程度，分为ia和ib两个等级；
 - (2)隔爆型“d”
具有隔爆外壳的电气设备，是指把点燃爆炸性混合物的部件封闭在一个外壳内，该外壳能承受内部爆炸性混合物的爆炸压力，并阻止内部的爆炸向周围的爆炸性混合物传播的电气设备；

[3.11-1]

46

防爆电气设备型式(二)

(3)正压型“P”

具有保护外壳，且壳内充有保护气体，其压力保持高于周围爆炸性混合气体的压力，以避免外部爆炸性混合物进入外壳内部的电气设备；

(4) 增安型“e”

在正常运行条件下不会产生电弧、火花或可能点燃爆炸性混合物的高温的设备，在结构上采取措施提高安全程度，以避免在正常和认可的过载条件下出现这些现象的电气设备；

[3.11-2]

47

防爆电气设备型式(三)

(5)充砂型“q”

外壳内充填细颗粒材料，以便在规定的使用条件下，外壳内产生的电弧、火焰传播，壳壁或颗粒材料表面的过热均不能点燃周围的爆炸性混合物的电气设备；

(6)浇封型“m”

将可能产生点燃爆炸性混合物的火花或过热的部件封闭在复合物中，使之不能点燃周围爆炸性混合物的电气设备；

[3.11-3]

48

防爆电气设备的分类 (Apparatus group)

- * 爆炸性气体环境用防爆电气设备可分为：
 - I 类：煤矿用电气设备
 - II 类：除煤矿外的其他爆炸性气体环境用电气设备。
- * II 类防爆电气设备，按其最大试验安全间隙(“d”型设备)或最小点燃电流比(“I”型设备)的不同，又分为“II A”、“II B”和“II C”三类，以能适应不同爆炸性气体环境的需要。例如：甲烷气中用 II A 类设备即可；氢气中则应用 II C 类设备。其中 II C 类设备可以用于需使用 II A 或 II B 设备的环境中，反之不可。

[3.12]

49

防爆电气设备的温度组别 (Temperature class)

- 由于爆炸性气体或粉尘均有个引燃温度，因此对防爆电气设备的最高表面温度加以限制，相应地防爆电气设备就有个温度组别参数。

例如爆炸性气体环境用电气设备的温度组别为：

温度组别	最高表面温度 (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

[3.13]

50

允许安装在爆炸性气体 环境中 的电气设备举例

* 蓄电池室:

允许使用 3.13所列“II C”类, 温度组别“T1”的合格防爆电气设备;

* 载运闪点(闪杯)不超过60°C货油油船:

货油舱、含有货油的管路和设备的内部, 允许使用:

ia等级本质安全型电气设备(“II A”类, “T3”组);

装有货油管的围蔽或半围蔽处所, 允许使用:

(1) 允许在毗邻货油舱的隔离空舱中使用的电气设备;

(2) 只要该处所有适当的机械通风, 则可安装下列电气设备:

(a) ib等级本质安全型电气设备(“II A”类, “T3”组);

(b) 隔爆型和正压型灯具(“II A”类, “T3”组);

(c) 路经电缆

[3.14]

51

防静电危害、避雷等

• 3.4 防静电危害

(1) 载运导电性能较低的易燃液货的船上, 其液货舱内存在的静电可能引发燃爆事故

(2) 船上乘员人体所带静电可能损坏设备, 也可能引发燃爆事故

(3) 防静电危害措施

• 3.5 避雷

• 3.6 电磁兼容

• 3.7 接地

[3.15]

52

防静电危害的措施

- 凡用作易燃液体和能挥发出可燃气体和/或产生易燃粉尘固体的货舱(柜)、处理装置和管系均应有效接地，凡对地电阻超过 $1\text{M}\Omega$ 者，均应加装专门的接地搭接片；
- 限制易燃液体在装卸作业中的流速，其初始流速应限制在 1m/s 以内，以后可以增速至约 5m/s ；
- 在装油期间和装油完成后的 30min 内，不允许进行测深、空档测量和采样作业；
- 在有爆炸危险区域工作的人员均应穿防静电服和防静电鞋袜等等。

[3.16]

53

避 雷

- 防止直接结构损坏(防直接雷击)
 - (1)对于金属结构船舶，由于其桅、构件和船体构成了固有的对地低电阻通路，故不需另设避雷系统；
 - (2)对具有较多非金属构件的船舶，则应设避雷系统。详见《钢规》P4/2.13.1的规定。
- 防止间接损坏(防二次雷击)
 - 在所有船舶上，设备的安装均应能减小雷击所引起的间接损坏效应。详见《钢规》P4/2.13.2的规定。

[3.17]

54

电磁兼容

- 应采取适当的措施，以减少船内设备所产生的电磁骚扰及可能产生相互干扰，从而保证所有的电气设备和电子设备能正常工作。
- 船用电气设备和电子设备所产生的骚扰电压(电流)限值和抑制干扰的措施，应符合**IEC60533**《船舶电气设备和电子设备的电磁兼容性》标准或本社接受的其他标准的规定。
- 船用电气设备和电子设备应进行上述标准规定的各项骚扰限值测量和抗扰度试验，并符合其相应的规定。

[3.18]

55

接地(一)

- 这里的“地”，是指船的金属船体；对非金属船而言是指一始终浸入水中的金属板。因此“接地”就是与上述的金属船体或金属板相连接。
- 接地的作用(或目的)有：
 - (1)非带电部件的接地---防止触电，确保人生全安，因此称为“保护接地”；
 - (2)用于易燃液体管系等接地---防静电危害；
 - (3)避雷引下线接地---防止雷击；
 - (4)为电磁兼容目的的接地---防电磁干扰；此外还有：
 - (5)例如交流三相配电系统的中性点接地---工作接地。

[3.19-1]

56

接地(二)

- 上列各种形式的接地，作用不同要求也是不一样的，例如为避雷的接地电阻应不超过0.02 Ω，而防静电危害接地只要电阻不超过1MΩ即可。
- 电气设备的接地：
 - (1)当设备直接紧固在船体的金属结构上或紧固在与船体金属结构有可靠电气连接的底座或支架上时，则可不另设专用导体接地；
 - (2)若采用专用导体接地，其导体应用铜或导电良好的耐蚀材料制成，必要时应有防止机械损伤及防腐措施。铜接地导体的截面积应不小于《钢规》P4/1.3.4.4和1.3.4.5的规定。
- 电缆的金属护套和金属外护层的接地，详见《钢规》P4/1.3.4.7的规定。
[3.19-2]

57

设备和电路的保护

- **4.1一般要求**
 - .1设备和电路应设有合适的保护
 - .2短路保护和过载保护的设置
- **4.2保护电器的选择**
 - .1保护电器简介
 - 断路器及其脱扣特性
 - 熔断器
 - .2短路保护电器的选择
 - .3过载保护电器的选择

[4.1]

58

设备和电路保护的一般要求(一)

- 电气装置中应设有合适的保护电器，以能在发生包括短路在内的过电流和其他电气故障时对其进行保护，以保证：
 - (1)在某处发生故障的情况下，通过保护电器的选择性作用确保无故障重要设备电路的供电连续性；
 - (2)消除故障的影响，以减少对系统的和发生火灾的危险。

[4.2-1]

59

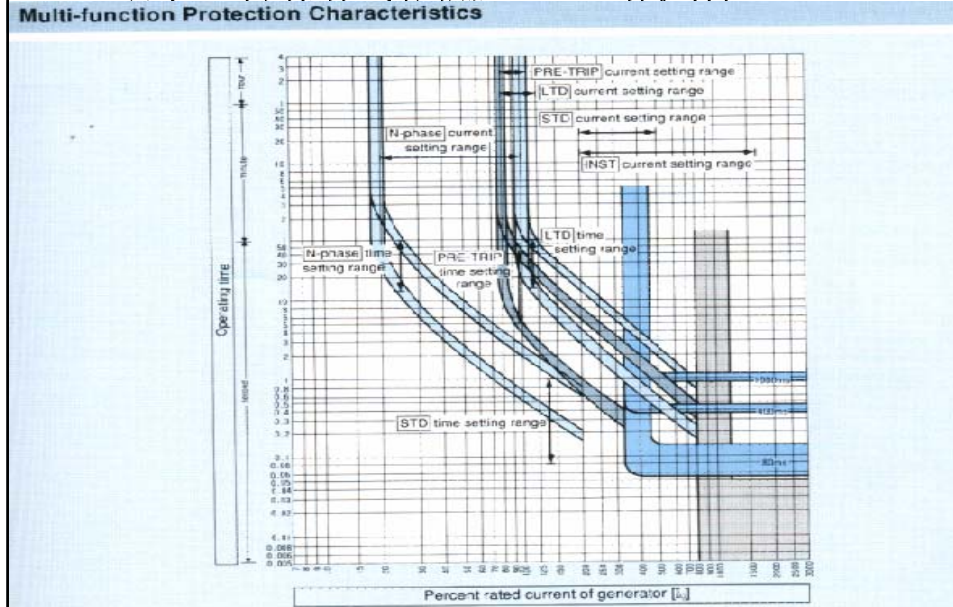
设备和电路保护的一般要求(二)

- 在配电系统的每一不接地的极(或)相上均应设有短路保护。
- 过载保护应设置在：
 - (1)直流双线绝缘系统或交流单相绝缘系统：至少一个极(或相)上；
 - (2)交流三相绝缘系统：至少二相上；
 - (3)接地系统：每一不接地的极(或相)上。
- 在配电系统中，凡接地导体上均不应装设熔断器以及与绝缘极不相联动的开关

[4.2-2]

60

日本AT系列框架式断路器（ACB）保护特性（一）

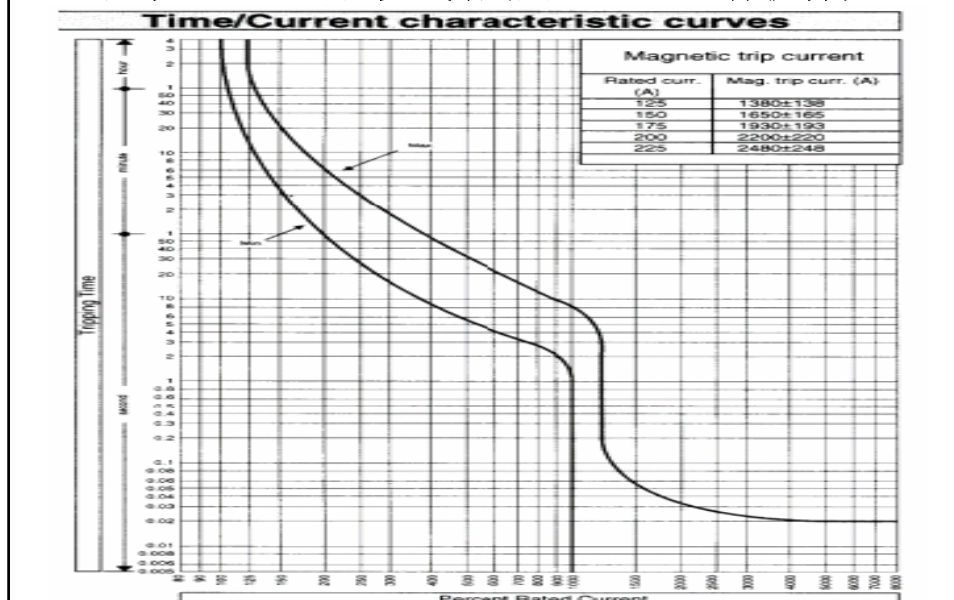


日本AT系列框架式断路器（ACB）保护特性（二）

Setting Range of Protection Functions

Protection Functions	Setting Range
■ Characteristics	
LTD	
Pick-up current [I_L] (A)	$[I_o] \times (0.8 - 1.0 - 1.05 - 1.1 - 1.15 - 1.2 - 1.25 - \text{NON})$ 8 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 5\%$ ($\pm 10\%$ when [I_L] of type AT06 is 160A or 80A)
Time-delay [T_d] (S)	(15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60) at [I_L] $\times 120\%$ current, 7 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 15\%$ ($\pm 20\%$ when [I_L] of type AT06 is 160A or 80A)
■ Characteristics	
STD	
Pick-up current [I_L] (A)	$[I_o] \times (2 - 2.5 - 2.7 - 3 - 3.5 - 4 - 4.5 - 5 - \text{NON})$ 9 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 10\%$ ($\pm 15\%$ when [I_L] of type AT06 is 160A or 80A)
Time-delay [T_d] (ms)	
Relay-time (ms) 10 graduations	80 160 240 320 400 480 560 640 800 1000
Opening time (ms)	100 180 260 340 420 500 580 660 820 1020
Resettable time (ms)	55 135 215 295 375 455 535 615 775 975
Max. total clearing time (ms)	150 230 310 390 470 550 630 710 870 1070
■ Characteristics	
INST or MCR	
Pick-up current [I_L] (A)	$[I_o] \times (2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - \text{NON})$ 9 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 20\%$
■ Characteristics	
PRE-TRIP	
Pick-up current [I_L] (A)	$[I_o] \times (0.75 - 0.8 - 0.85 - 0.9 - 0.95 - 1.0 - 1.05 - 1.1)$ 8 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 5\%$ ($\pm 10\%$ when [I_L] of type AT06 is 160A or 80A)
Time-delay [T_d] (S)	(5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45) at [I_L] $\times 120\%$ current, 9 graduations
Setting tolerance (%)	$\pm 15\%$ ($\pm 20\%$ when [I_L] of type AT06 is 160A or 80A)

日本XH225NS塑壳式断路器（MCB）保护特性



短路保护电器的选择

- 应采用熔断器或断路器作短路保护，除采用后备保护者外，其短路分断和接通能力应满足下列要求：
 - (1)熔断器和一般用途断路器的额定短路分断能力，应不低于其安装点所应分断的最大预期短路电流；
 - (2)重要设备有关电路用断路器的额定运行短路分断能力，应不低于其安装点所应分断的最大预期短路电流；
 - (3)使用类别B断路器(带短延时)的额定短时耐受电流，应不低于其安装点其触头分断瞬间的最大预期短路电流；
 - (4)所有可能在短路情况下接通的断路器或开关，其额定短路接通能力应不低于其安装点预期短路电流的最大峰值。

注：对于交流系统，上述短路保护电器的额定短路分断能力均应不低于其安装点的对称短路电流(均方根值)。

[4.5]

过载保护电器的选择

- 用作过载保护的电器应具有与其保护对象的过载能力和系统的选择性保护要求相适应的保护特性(过电流-动作时间特性)。
- 一般使用：
 - (1)断路器；或
 - (2)200A及以下使用熔断器。
- 还使用：
 - (1)电流继电器；
 - (2)热继电器。

[4.6]

65

发电机的保护

- **4.3发电机的保护**
 - .1过载保护
 - .2短路保护
 - .3逆功率(逆电流)保护
 - .4欠电压保护
 - .5自动卸载 (需要时设置)

[4.7]

66

发电机的过载和短路保护

- 应采用能同时分断所有绝绝极的断路器作发电机的过载和短路保护，并满足下列要求：
 - (1) 过载报警(建议)：过载 $<10\%$ ，延时 $<15\text{min}$ 报警；
 - (2) 过载 $10\%\sim 50\%$ ：经少于 2min 的延时断路器应分断，建议 $125\%\sim 135\%$ ，延时 $15\sim 30\text{s}$ 分断；
 - (3) 过电流大于 50% ，但小于发电机的稳态短路电流：经与系统选择性保护所要求的短暂延时后断路器分断，建议始动值： $200\sim 250\%$ ；延时：直流 0.2s /交流 0.6s ；
 - (4) 在可能有3台及以上发电机并联连接的情况下，还应设有瞬时脱扣器，并应整定在稍大于其所保护发电机的最大短路电流下断路器瞬时分断；
 - (5) 容量为 1500kVA 或以上的发电机应设发电机内部短路保护。

注：以上所述的百分数，是相对于被保护发电机的额定电流而言的。

[4.8]

67

发电机的其他保护

- (1) 并联运行的交流(直流)发电机应设有延时 $3\sim 10\text{s}$ (直流 1s)的逆功率(直流为逆电流)保护，按原动机的类型不同可整定为：
 - a, 原动机为柴油机：发电机额定功率(电流)的 $8\sim 15\%$ ；
 - b, 原动机为涡轮机：发电机额定功率(电流)的 $2\sim 6\%$ ；
- (2) 并联运行的发电机应设有欠电压保护，并能满足下列要求：
 - a, 用于避免发电机不发电时闭合断路器时应瞬时动作；
 - b, 当电压降低至额定电压的 $70\sim 35\%$ 时，经系统选择性保护要求的延时后动作；
- (3) 应设有适当的卸载装置或其他等效措施，自动将非重要负载及保证居住条件的设备予以卸载，必要时，次重要设备也可予以卸载，以确保被连接的发电机不发生持续过载。根据发电机的过载能力，此种卸载可分一级或多级进行。在这种情况下，应先行卸掉非重要负载。

[4.9]

68

系统选择性保护

- **4.4 系统选择性保护**
 - .1何谓“选择性保护”
 - .2《钢规》对选择性保护的原则要求
 - .3船舶电力系统特点
 - .4选择性保护的实现

[4.10]

69

何谓“选择性保护”

- 选择性保护是电力系统保护的一种方式，它要求在电力系统某处发生过电流故障情况下，仅是最接近故障点的保护电器动作，切断故障电路。从而保证了其他非故障电路的正常供电。
- 选择性保护包括选择性过载保护和选择性短路保护两个方面。由于在船舶电力系统中，上一级馈电线定额一般为下一级馈电线定额的好几倍，故选择性过载保护能较容易地按时间原则实现。
- 因此以下讨论的是选择性短路保护(以下简称选择性保护)。

[4.11]

70

《钢规》对选择性保护的原则要求(一)

- 电力系统的那些部分应实现选择性保护
 - (1) 主发电机保护电器、主汇流排分段断路器(如设有脱扣器)、连接主汇流排馈电线保护电器(如设有时)以及主汇流排上引出馈电线保护电器之间;
 - (2) 除了具有自动转换功能的双套重要设备的情况以外,对含有重要设备(包括主、次重要设备)的分配电板,其馈电线保护电器与分配电板分支电路保护电器之间;
 - (3) 应急发电机保护电器和应急汇流排引出馈电线保护电器之间;主配电板至应急配电板的互连馈线保护电器与应急汇流排上引出馈电线保护电器之间。

[4.12-1]

71

《钢规》对选择性保护的原则要求(二)

- 其他原则要求
 - (1) 串联连接的短路保护电器的动作时间应仔细协调;
 - (2) 在选择性保护所要求的时间内,短路保护电器应具有能承载其安装处的短路电流而不分断的能力;
 - (3) 主重要设备应直接由主配电板或应急配电板(要求应急电源供电者)供电,但如其获得完全选择性保护则可例外。

[4.12-2]

72

船舶电力系统的特点

- 船舶电力系统与陆上电力系统相比，有下列特点：
 - (1) 范围小、线路短---- 导致了容量虽然较小,但其短路电流值却相对较大;
 - (2) 一般由数台中小容量发电机供电，不同工况供发电机数量是不同的---- 导致了同一故障点的短路电流值随船舶工况的不同，而有较大的变化。故障点距主汇流排越近，这种变化越大;
 - (3) 此外，还有国内船上一般都采用断路器作短路保护和过载保护，除发电机电路采用保护特性较完善的ACB以外，其他都采用具有热保护元件和瞬时动作的电磁脱扣器(作短路保护)的MCB，这种电磁脱扣器一般为10倍额定电流动作。大规格(250A及以上)MCB虽可小范围整定，但也无法根据系统设计需要进行整定。

[4.13]

73

选择性保护实现的基本条件(一)

- 根据以上对船舶电力系统的特点的分析，不难得出这样的结论：除个别电路(例如主汇流排至各发电机之间电路)之外，船舶电力系统几乎不可能按电流原则设计和整定保护电器，实现其短路选择性保护的，而按时间原则设计和整定保护电器才能可靠实现船舶电力系统的短路选择性保护(参见《钢规》P4/2.5.4)。并由此可以得实现短路选择性保护的3个基本条件如下：
 - (1) 所有保护电器必须具有大于其安装点可能出现的最大预期短路电流的短路分断能力;
 - (2) 串联连接在电路中的各短路保护电器，任何上、下两级保护电器的分断(熔断)时间必须有长、短差别。对断路器而言，须使下一级断路器的全分时间小于上一级断路器的可返回时间。即它们的电流—时间特性

[4.14--1]

74

选择性保护实现的基本条件(二)

曲线不能相交。如4.14-3示意图所示：

a,为上一级采用具有长延时(LTD)、短延时(STD)两段保护的断路器；下一级采用具有长延时(LTD)、瞬时(INST)两段保护的断路器；

b,为上一级采用具有长延时(LTD)、短延时(STD)和(INST)三段保护的断路器，并在电流 I_1 下瞬时动作；下一级采用具有长延时(LTD)、瞬时(INST)两段保护的断路器。因此在被保护电路中的短路电流大于 I_1 时，上、下级断路器即同时动作，就无选择性保护了；

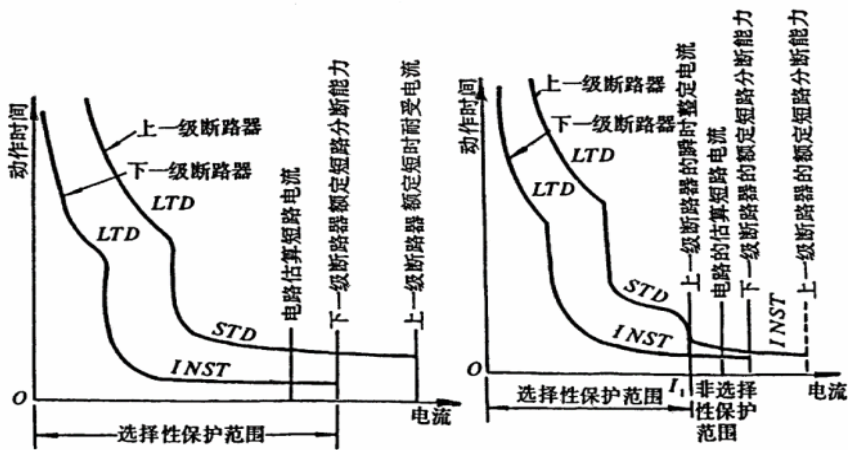
(3)在选择性切断故障电路所需的时间内，除短路保护电器外，还有汇流排、隔离开关、接线端子和电缆等元件均应具有良好的热稳定性。

[4.14-2]

75

选择性保护的实现示意图

[4.14-3]



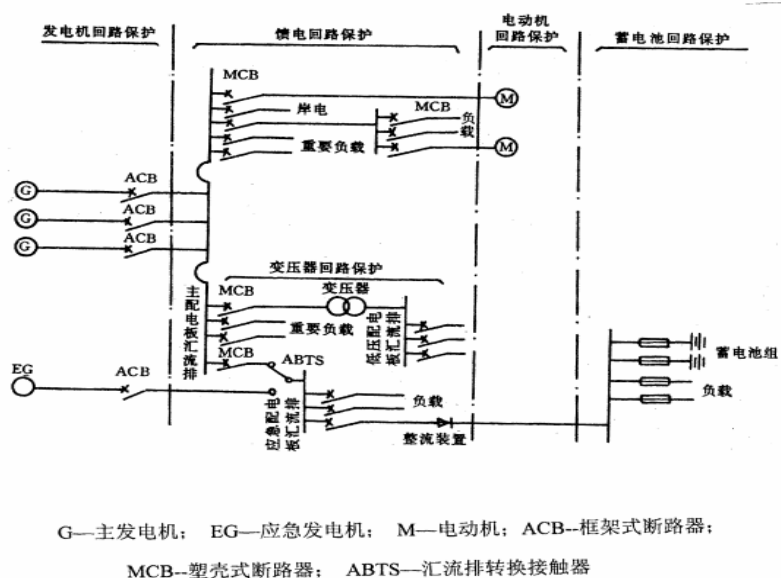
a) 可实现全范围选择性保护

b) 可实现部分选择性保护

注：①LTD：长延时保护； ②STD：短延时保护； ③INST：瞬时动作保护

典型船舶交流电力系统图

[4.15]



77

发电机电路与主汇流排引出的 馈电线之间的选择性保护

- 这是涉及到全船供电的大事，是必须得到保证的。为此《钢规》有如4.3.2所述的明确规定：在主汇流排以外范围发生短路故障时，应整定发电机断路器，使其处于短延时保护区域，在发生短路故障后，并须经0.2s(直流)或0.6s的延时后，发电机断路器才跳闸。
- 因此相对于主汇流排引出馈电线上断路器或熔断器而言，只要满足这些断路器或熔断器的全分断(熔断)时间小于各发电机断路器的可返回时间，即可实现这一范围内的选择性保护。
- 《钢规》还有小于50kVA发电机可用熔断器作过载和短路保护的规定，只要满足上述条件，则也可实现这一范围内的选择性保护。

[4.16]

78

自主汇流排至用电设备之间 配电网络的选择性保护(一)

- 船上一般采用辐射形馈线式配电网络，自主汇流排至用电设备之间的保护级数一般不多于3级。实现选择性保护的方案有：

(1)各级均采用断路器

末级采用具有LTD和INST两段保护特性的MCB，以上各级(如设有)，除个别情况(例如主照明变压器)外，采用具有LTD和STD(有时附带INST)两(三)段保护特性的MCB；

采用熔断器是实现选择性保护最简单的方式，使用经验和科学试验表明：当采用同类型熔断器，只要上、下级熔断器的定额在2:1以上(一般能满足这一条件)，则选择性保护就有了保证。由于照明最后分中的故障多，为了减少维护工作量，一般都采用小型MCB；

(2)除照明网络的末级采用小型MCB外，均采用熔断器

[4.17-1]

79

自主汇流排至用电设备之间 配电网络的选择性保护(二)

(3)动力网络按方案(1)，都采用MCB；照明网络除了末级采用小型MCB外，按方案(2)。

- 须注意的是：

(1)实现以上3个方案的前提是满足4.9-1和4.9-2所列的3个基本条件；

(2)当采用熔断器方案时还应注意：

a,只是200A及以下的熔断器，且具有合适的时间—电流特性者，才能兼作过载保护；

b,当采用熔断器保护多相电动机及馈电路径时，应设有具有断相保护的热继电器作防止电动机单相运行的保护；

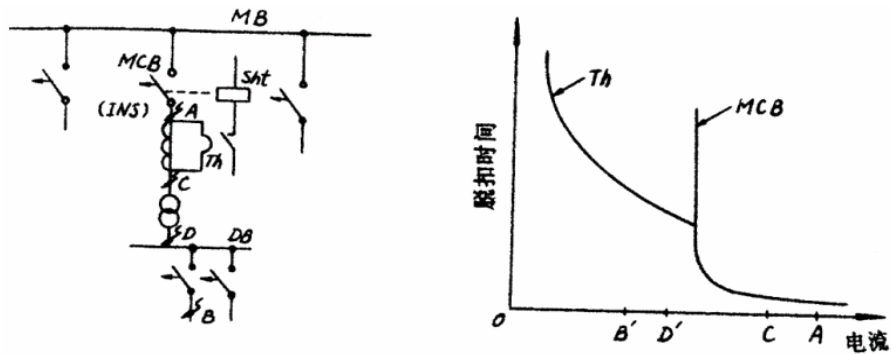
c,为让起动电流通过，应适当提高对电动机供电最后分路的熔断器定额，而且一般应将熔断器与作电动机保护用的热继电器安装在一起。

[4.17-2]

80

电力与照明变压器电路选择性保护示意图

[4.18]



(a) 系统图

(b) 动作特性

图(b)中:

A: A点短路电流

B' D' : 分别为B、D点短路, 换算至

C: C点短路电流

变压初级侧的短路电流

电力与照明变压器电路 的选择性保护(一)

- 由于该电力与照明变压器需对无线电通信设备、航行设备、航行灯、信号设备以及照明系统等重要设备供电, 因此其有关电路实现选择性保护是重要的。
- 由于自该变压器初级起, 后面次级电路中还有1级至2级保护, 故应按以上4.4.3的结论, 按时间原则办事才行。具体有下列几个方案:

(1) 在变压器初级电路中采用具有LTD和STD两段保护(无INST)的MCB, 其中LTD作过载保护、STD作短路保护。只要其与上一级发电机的保护和下一级保护均能满足以上4.4.3所述的3个原则即可。但这种MCB价格较贵;

[4.19-1]

电力与照明变压器电路 的选择性保护(二)

(2)在变压器初级电路中设仅有INST保护的MCB，并应保证其只是在变压器初级短路情况下跳闸，而在变压器次级端短路时，该MCB不会跳闸。

此外，在初级电路中还设有经特殊设计的小型热继电器Th(见示意图)作过载保护，并在次级电路中发生短路时，经约0.5s时间内通过MCB的分励脱扣器使MCB跳闸。这是日本常用的方案，优点是比较经济，但热继电器Th的工作特性是很关键的；

(3)在变压器初级电路中设熔断器作短路保护，设仅有LTD保护的MCB作过载保护。该熔断器的熔断电流--时间特性应与发电机保护以及下一级保护相协调。

此应是一种很经济的实用方案，如德国等国应用较多。但国内很少有应用，这与对熔断器有偏见有关。

[4.19-2]

83

5 电缆和电线

5.1 概述

5.2 电缆的选择

.1 电缆品种的选择

.2 导体截面积的选择

5.3 防火要求

.1对船用电缆产品的防火要求

.2对电缆布置和敷设方面的防火要求

5.4 电线

[5.1]

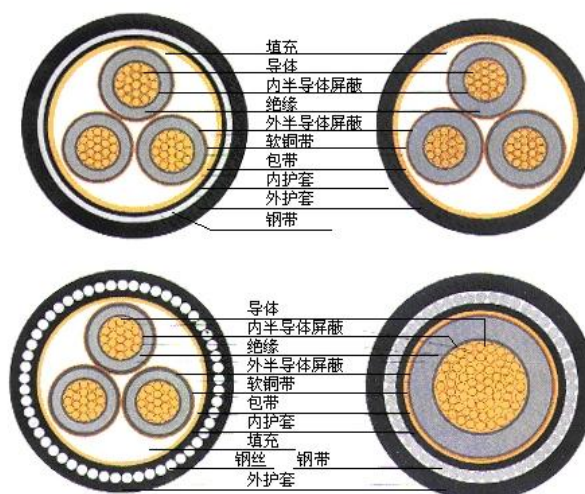
84

概述

- 电缆好似人体中的血管和神经遍布船舶各处，1艘一般用途的万吨货船就需安装近百公里的各种电缆和电线，通过它们将电能和各种信息输送至需要的地方。显而易见：它们的正常工作是船上各种设备正常运行的前提，从而船舶的安全航行和正常作业才有了保证。
因此，如何正确地选择和敷设电缆，是船舶设计、建造和我们检验工作中重要的组成部分。
 - 船用电缆的制造和试验应符合本社接受标准的规定，这首先是指国际电工委员会IEC60092国际标准中的电缆系列标准，例如IEC60092-350~354等。
 - 电缆应根据所在场所的环境条件、敷设方法、工作电压、电流定额、工作定额、需用系数和允许电压降等因素进行选择。
 - 对电缆敷设方面的要求，详见本教材7.2的介绍。
 - 电线详见5.4的介绍。
- [5.2-1]

85

电缆结构示意图



[5.2-2]

86

电缆的选择（一）

5.2.1 电缆品种（型号）的确定

（1）绝缘的选择

a, 工作电压：任何电缆的额定电压应不低于其所在电路的额定电压。

- 这里的“电缆的额定电压”有 U_0 和 U 之分：

U_0 ：系指电缆的导体对地或其金属外护层之间的额定工频电压；

U ：系指电缆的导体之间的额定工频电压。

- 需注意的是在采用绝缘配电系统的情况下，除非有能将碰地或碰接地导体的相线故障自动切离电力系统，或者有保证这种相线接地故障的持续时间不会超过8h的措施。否则应使电缆的 U_0 大于或等于其所在系统的额定相间电压。但额定相间电压不超过1.0 kV的低压系统：可以使用 U_0/U 等于0.6/1.0 kV电缆。详见参考资料R11：3.2.1。

[5.3-1]

87

电缆的选择（二）

b, 工作温度

- 不同绝缘材料作为绝缘制成的电缆有不同的允许最高工作温度，对此《钢规》第4篇表2.12.2.2有明确规定。例如常用的乙丙橡皮和交联聚乙烯绝缘电缆的最高工作温度为85℃等。这是正常工作情况下，其导体的允许最高工作温度。

此外，该表还规定了短路情况下的允许最高温度，由于在船舶电力系统中短路电流数量相对较大，容易烧毁电缆。特别是应注意允许短路温度较低(仅150℃)的热塑性复合物制成的“塑料电缆”，最好不用。

- 《钢规》还规定：选用电缆的最高工作温度，至少应比其安装场所可能存在的最高环境空气温度高10℃。

(2) 保护层的选择

应根据具体敷设场所的环境条件选择具有合适护套和外护层(统称保护层)的电缆。

- 固定敷设在露天甲板、浴室、冷藏处所、机器处所或可能处于包括油蒸气在内的有害蒸气场所中的电缆，其导体和绝缘均应封闭在一不透性护套中，该护套的材料应适合于其所在的环境条件。

[5.3-2.]

88

电缆的选择（三）

- 外护层的选择，主要考虑电缆在安装和使用过程中可能受到的机械作用。如果认为电缆的外护层的机械强度不够，则电缆应安装在管子、管道、电缆槽中，或者采取其他防护措施。
- 可能经受腐蚀的电缆，应在其金属编织层、铠装或金属护套外加上一非金属不透性外护套。
- 为达到电磁兼容目的，有些场所或用途的电缆，例如无线电通信和导航系统中的电缆，需具有屏蔽。
- 电流定额超过20A电路，如使用单芯电缆，则应使用无金属外护层或者具有非磁性金属外护层电缆。

(3)客船上的电缆

- 在客船上的旅客处所和服务处所，只允许安装无卤电缆。

(4) 防火要求

- 详见5.3的介绍。

[5.3-3]

89

电缆的选择（四）

5.2.2 导体截面积的确定

(1) 连续工作制

a,环境空气温度为45℃，并按规定的方式敷设

- 如果按下列3种方式敷设：
 - ①不超过6根电缆成束敷设在导板上、管道、管子或电缆槽内；
 - ②超过6根电缆，任何两组6根束集之间的距离至少等于束集中最粗电缆直径；
 - ③超过6根电缆，任何两组3根束集之间的水平及垂直距离，至少等于束集中最粗电缆直径。
- 则可根据实际需要的负载电流，直接按《钢规》第4篇表2.12.5.1规定的电流定额确定电缆导体的截面积。

[5.3-4]

90

电缆的选择（五）

- b, 按以上规定的方式敷设, 但环境空气温度非45℃
则应将实际需要的负载电流乘以《钢规》第4篇表2.12.6.1中规定的相应的环境温度校正系数后, 再按上述表2.12.5.1中相应的电流定额, 确定电缆导体的截面积。
- c, 环境空气温度45℃, 但不按以上规定的方式成束敷设
- 对于可能以额定负载同时工作而又紧靠在一起, 且周围无空气自由循环的6根以上的电缆束, 则应采用0.85的校正系数。即可将实际需要的负载电流除以0.85后, 再按上述表2.12.5.1中相应的电流定额, 确定电缆导体的截面积。
 - 须注意的是这校正系数0.85不是通用的, 应注意敷设层数, 一般每束电缆不宜超过2层。当采用较大的电缆束, 特别是层数多于2层, 则应根据实际情况采用小于0.85的校正系数。

[5.3-5]

91

电缆的选择（六）

- (2)短时工作制、重复短时工作制
可将实际需要的负载电流除以《钢规》第4篇图2.12.6.3(1)和图2.12.6.3(2)中规定的相应的工作定额校正系数后, 再按上述表2.12.5.1中相应的电流定额, 确定电缆导体的截面积。
- (3)按规定的允许线路电压降进行校核
- 按前面介绍的方法, 初步选定了选用电缆的型号和导体截面积, 最后还需按《钢规》第4篇2.12.4.2规定的允许线路电压降: “从主配电板或应急配电板的汇流排至任何安装点的电压降, 应不超过额定电压的6%; 由蓄电池供电, 电压不超过50V者, 可增至10%; 对于航行灯线路应有较小的电压降, 以保持其足够的亮度和色度”, 进行校核。
 - 一般是选择较细长的线路, 特别是电压不超过50V较细长的线路进行线路电压降计算, 校核其线路电压降是否满足规范上述要求。如达不到上述要求, 则需加大其导体截面积, 直到满足要求为止。

[5.3-6]

92

对电缆的防火要求（一）

5.3.1对船用电缆产品的防火要求

- 除了特殊需要，例如射频电缆或数字通信系统用电缆以外，所有电缆至少应为滞燃型的。一般应采用通过IEC60332-3 国际标准A类成束滞燃试验要求的电缆。
- 船上有例如通用紧急报警系统、探火和失火报警系统以及灭火系统等重要安全系统和设备，需在失火状况下维持工作。为此，规范规定：这些系统或设备的有关电缆，包括其供电电缆在内，如果穿过较大失火危险处所（《钢规》第4篇2.12.3.4有规定）和客船上的主竖区，则应采用符合IEC60331-21、31等国际标准规定的耐火电缆。但故障安全系统、有自我检测功能的系统以及电缆是远离分开敷设的双套系统可以除外。

[5.4-1]

93

对电缆的防火要求（二）

5.3.2对电缆布置和敷设方面的防火要求

(1) 也可采用符合通过IEC60332-1 国际标准规定的单根滞燃试验要求的电缆，而需成束敷设时，则应采取《钢规》第4篇2.12.10规定的限制火焰沿电缆束蔓延的措施。由于这样做增加了施工工作量，故现在一般不使用这种电缆。

(2) 其他布置和敷设方面的防火要求

- 电缆的金属护套和金属外护层均应可靠接地；
- 电缆贯穿有某种防火要求的舱壁和甲板时，应保证不会削弱舱壁和甲板的防火完整性。
- 客船上分成若干个主竖区，要求通过任一主竖区的主用电缆与应急用电缆尽可能在垂直方向和水平方向远离敷设，以尽可能满足“任一主竖区发生火灾时，不致妨碍任何其他主竖区安全必需设备的工作”的要求。

[5.4-2]

94

对电缆的防火要求（三）

- 除对这些处所中设备供电的电缆以外，所有用于重要设备、应急设备以及应急状态下使用的船内通信和信号设备的电缆，应尽可能远离厨房、洗衣间、机器处所及其舱栅以及其他较大失火危险处所。且所有这些电缆的敷设方式，应尽量做到能防止由于邻近处所失火时可能造成的舱壁高温而使其失效。
- 对要求两路供电的重要设备，例如操舵装置的供电及其控制用的两路电缆，应尽可能在水平及垂直方向远离敷设。
- 对具有双套设备的重要设备，其各自的供电及控制用电缆应尽可能在水平及垂直方向远离敷设。但如主配电板安装于独立封闭的舱室（例如机器控制室）中，则该要求不适用于安装在该封闭舱室中的设备和电缆。

[5.4-3]

95

电 线

- 电线与电缆一样，能起到传输电能和信息的作用。不同的是其结构比较简单，一般由导体与绝缘两部分组成，也有带护套或具有屏蔽的品种。其导体：小规格（例如 $\leq 6\text{mm}^2$ ）有采用实心导体（单股）结构的，其他均采用绞合导体（多股）结构。
- 与建筑物中大量使用电线不同，船舶上，除了船长小于24m的小艇可采用电线作全船固定敷设用以外，都采用电缆。电线一般只用作船用电气设备的内部接线，因此也没有专门的船用电线标准。
- 需注意的是在船上使用的电线，其绝缘和护套均应是滞燃材料制成，其导体应具有绞合导体结构。

[5.5]

96

6 电力推进装置

6.1 电力推进装置的分类

- 根据原动机的型式：柴油机电力推进、汽轮机电力推进、燃气轮机电力推进
- 主回路电流种类：直流电力推进、交流电力推进、交直流电力推进
 - 直流：恒压电力推进、简单的**G-M**电力推进系统、恒功率电力推进系统、恒电流电力推进系统
- 推进装置在船舶中的地位：独立的电力推进，附加（联合）推进
- 形式：**Z**型电力推进、吊舱式电力推进

97

6.2 电力推进的优点

- 采用中高速原动机和高压系统，减小重量、体积、方便布置
- 原动机统一化，减少备件
- 提高营运率 and 安全性（多台设备）
- 船舶总体布置方便
- 更合理的选择螺旋桨的尺寸和转速，不受原动机的限制
- 轻载时，可使用部分原动机，提高运行效率。

98

- 螺旋桨与原动机之间无机械连接，故螺旋桨受到的波浪冲击，不会直接传给原动机，这点对破冰船具有十分重要的意义。
- 可设置中心电站，向推进和船舶正常工作供电，提高了经济性。
- 容易实现冗余推进，RP
- 舒适性、操纵性。

6.3 缺点

- 初期投资高
- 电磁兼容性问题

99

6.4 主要技术要求

主要以目前运用最广全电力推进的例为基础，介绍相关技术要求。

6.4.1 中心电站的要求

在一台发电机组突然断电时，运行中的剩余机组应足以保证重要设备的不间断运行和有效的推进。这里所有有效推进，至少应满足**50%**的航速。

100

6.4.2 原动机

发电机的原动机应视为主机对待。相关要求要满足主机的有航空关适用要求。

6.4.3 舵将装置

船舶的每个舵桨装置均应满足规范中有关操舵装置的要求。

6.4.4 电磁兼容性

由于电力推进中往往采用变频器，将在电网上产生较大的谐波。关于谐波可采用下列原则：

101

- 低压部分（通用部分）的电压谐波总变形不超过**5%**
- 对于电力推进部分电网，如果所有的设备均专门制造，可在高于**5%**的电压畸变压能多正常工作，经试验无正常发热。可允许有较高的电压畸变。一般应控制在**8%-10%**以内较合适。

102

新造钢质海船电气装置 的检验概述

7.1 准备工作

7.2 设备配备检查和安装检验

7.3 系泊试验

7.4 航行试验

7.5 证书、检验记录和报告的填写

[7.1]

103

准备工作

- 首先要对业经本社审图审核批准的图纸和技术资料进行了解、熟悉，并应特别注意审图意见的落实；
- 针对需检验船舶的类型、航区、装运的货品和所要获得的主船级及附加标志等，掌握规范、公约和规则的有关规定，使工作做到有的放矢；
- 根据本社有关规定对已安装或即将安装上船的电缆和电气设备进行确认，检查其重要电气设备(详见《钢规 P4/1.1.2.1(1)》)持有的本社 船用产品检验证书或船用产品的有关认可证明。

此外，防爆电气设备还应具有本社认可的防爆试验机构签发的防爆合格证书。。

[7.2]

104

设备配备检查和安装检验

- 检查实际安装上船的电气设备(即设备配备), 是否符合已经本社审批的图纸(含审图意见), 是新造船舶电气验船师的首要任务;
- 其次便是电气设备的安装(含布置)情况检验, 包括:
 - (1) 电缆的敷设应符合《钢规》第4篇: 第1章第3节、第2章2.12.9~2.12.25、第14节和第16节等的有关规定;
 - (2) 电气设备的安装应符合《钢规》第4篇: 第1章第3节、第2章第1、2、3、6、7、8、9、10、11、14、16和18节等的有关规定。

[7.3]

105

系泊试验和航行试验

- 系泊试验:
各类设备或系统安装完整后, 首先在船厂检验部门检查、试验合格后应提交船检部门和船东验收。其目的主要是保证航行试验能安全顺利地进行;
- 航行试验:
在系泊试验结束, 且把在系泊试验过程中暴露或发生的缺陷和故障全部消除之后, 应进行航行试验。考核经系泊试验的所有设备在航行中是否安全可靠, 同时还增加了系泊状态下无法进行的试验内容;
- 系泊试验和航行试验的试验项目等:
系泊试验和航行试验的具体试验项目、内容和方法, 详见本社负责主编的我国国家标准GB/T3471《海船系泊及航行试验通则》的规定。

[7.4]

106

证书、检验记录和报告的填写

- 至此已完成了新造船舶电气装置的现场检验，最后一道工序便是证书、检验记录和报告的填写；
- 但对电气装置来说，没有单独的检验记录和报告填写，也没有独立的船舶证书签发。仅在船体、轮机、冷藏装置入级和有些法定证书、检验记录和报告中填写电气装置的有关内容即可。具体详见本社《验船师须知》的有关规定。

[7.5]