中 国 船 级 社

钢质海船入级规范

2015

第4分册

第4篇 电气装置
第7篇 自动化系统

人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co.,Ltd.
北 京

书　　名：钢质海船入级规范2015（第4分册）
著 作 者：中国船级社
责任编辑：张向东
出版发行：人民交通出版社股份有限公司
地　　址：（100011）北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网　　址：http://www.chinasybook.com
销售电话：（010）64981400，59757915
总 经 销：北京交实文化发展有限公司
印　　刷：北京鑫正大印刷有限公司
开　　本：880×1230　1/16
印　　张：12
字　　数：356千
版　　次：2015年6月　第1版
印　　次：2015年6月　第1次印刷
书　　号：15114·2149
定　　价：70.00元
（有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换）

总目录 *Zong Mulu*

第1分册（2015）

第 1 篇　入级规则…… 1-1

第 2 分册（2015）

第 2 篇　船体…… 2-1

第 3 分册（2015）

第 3 篇　轮机…… 3-1

第 5 篇　货物冷藏…… 5-1

第 4 分册（2015）

第 4 篇　电气装置…… 4-1

第 7 篇　自动化系统…… 7-1

第 5 分册（2015）

第 6 篇　消防…… 6-1

第 8 篇　其他补充规定…… 8-1

第 6 分册（2015）

第 9 篇　散货船和油船结构 (CSR)…… 9-1

中　国　船　级　社

钢质海船入级规范

2015

第4篇　电气装置

2015年7月1日生效

地址　　Add：北京市东直门南大街9号船检大厦
CCS Mansion,9 Dongzhimen Nan Da Jie
Beijing 100007,P.R.China
电话　　Tel：0086-010-58112288
传真　　Fax：0086-010-58112811
邮码 Postcode：100007
电 子 邮 箱：CCS@CCS.org.cn

目 录

第1章 通则 …… 4-1
第1节 一般规定…… 4-1
第2节 工作条件…… 4-6
第3节 设计、制造与安装…… 4-7

第2章 船上电气装置 …… 4-15
第1节 主电源…… 4-15
第2节 应急电源…… 4-17
第3节 外来电源…… 4-21
第4节 供电与配电…… 4-22
第5节 系统保护…… 4-25
第6节 辅助机械…… 4-29
第7节 照明与航行灯…… 4-31
第8节 船内通信系统…… 4-33
第9节 船舶与乘员安全系统…… 4-34
第10节 电热器具 …… 4-39
第11节 蓄电池组 …… 4-39
第12节 电缆 …… 4-41
第13节 避雷 …… 4-54
第14节 交流高压电气装置特殊要求 …… 4-55
第15节 电力推进装置附加要求 …… 4-58
第16节 油船附加要求 …… 4-58
第17节 载运油箱中有自用燃料车辆船舶附加要求 …… 4-62
第18节 载运危险货物船舶附加要求 …… 4-62
第19节 散货船附加要求 …… 4-66

第3章 电气设备的制造与试验 …… 4-68
第1节 一般规定…… 4-68
第2节 旋转电机…… 4-68
第3节 配电板与配电电器…… 4-73
第4节 控制设备…… 4-77
第5节 电缆…… 4-78
第6节 电力与照明变压器…… 4-79
第7节 蓄电池…… 4-81
第8节 电力半导体变换器…… 4-82
第9节 不间断电源…… 4-83
第10节 其他电气设备 …… 4-84

第4章 小船与有限航区船舶的补充规定 …… 4-87
第1节 一般规定…… 4-87
第2节 1类航区航行船舶 …… 4-87
第3节 2类、3类航区航行船舶 …… 4-87
第4节 小于500总吨货船…… 4-88

附录1 电力系统的短路计算 …… 4-89
附录A 计算实例…… 4-102
附录B 断路器短路分断能力的换算…… 4-122

附录2 塑料制电缆托架/保护封闭罩壳的型式认可程序 …… 4-124

第1章　通　　则

第1节　一般规定

1.1.1　一般要求

1.1.1.1　除另有规定外，本篇规定适用于海船的电气装置。

1.1.1.2　电力推进装置、为推进装置服务的配套设备和对船舶安全必不可少的辅助电气设备的制造和安装应符合本篇有关规定，并应由验船师进行检查和试验。此外，这些电气设备的制造和试验还应符合接受的有关标准。

1.1.1.3　本节1.1.1.2所述以外的其他电气设备的设计和安装，应保证在其发生故障时极少有引起火灾的可能。但这些设备应至少符合接受的标准，必要时应对环境条件进行修正。

1.1.1.4　电气装置还应符合本规范第1篇的适用要求。

1.1.1.5　电气装置应能：

（1）确保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供电，而不需求助于应急电源；

（2）确保在各种紧急状态下，向安全所必需的电气设备供电；

（3）确保旅客、船员及船舶的安全，免受电气事故的危害。

1.1.2　定义

1.1.2.1　本篇的定义如下：

（1）重要设备：系指推进、操舵和船舶安全所必需的设备，以及具有特殊附加标志船舶上的特殊设备。包括：

①主重要设备：系指为保持推进和操舵需连续运转的设备。例如：

（a）操舵装置；

（b）调距桨装置；

（c）为主、辅柴油机服务的鼓风机、燃油供给泵、喷油嘴冷却泵、滑油泵和冷却水泵，以及推进用涡轮机所必需的相应设备；

（d）为向主重要设备供汽的辅锅炉服务的和在蒸汽轮机船上为蒸汽装置服务的强力鼓风机、给水泵、循环水泵、真空泵、冷凝水泵以及油燃烧装置；

（e）单独作推进/操舵用的方位推进器连同其滑油泵和冷却水泵；

（f）用于电力推进装置的电气设备连同其滑油泵和冷却水泵；

（g）向上述（a）至（f）设备供电的发电机及有关电源；

（h）向上述（a）至（f）设备提供动力的液压泵；

（i）重油黏度控制设备；

（j）消防泵和其他灭火剂泵；

（k）航行灯、航行设备和信号设备；

（l）船内安全通信设备；

（m）照明系统；

（n）以上（a）至（m）所列设备的控制、监视和安全设备/系统；

②次重要设备：系指为保持推进和操舵不必连续运转的设备，以及为保持船舶安全必需的设备。

例如：

（a）锚机；

（b）燃油输送泵和燃油处理设备；

（c）滑油输送泵和滑油处理设备；

（d）重油预热设备；

（e）起动空气和控制空气压缩机；

（f）舱底、压载和平衡泵；

（g）机舱和炉舱通风机；

（h）保持危险区域处于安全状态所必需的设备；

（i）探火与失火报警系统；

（j）水密关闭设备；

（k）为降低环境空气温度的制冷设备（见本章 1. 2. 1. 2）；

（l）向上述（a）至（k）设备供电的发电机和有关电源；

（m）向上述（a）至（k）设备提供动力的液压泵；

（n）货物围护系统的控制、监视和安全系统；

（o）上述（a）至（m）设备的控制、监视和安全设备 / 系统。

③具有附加标志船舶上的特殊设备可作为重要设备。

（2）非重要设备：系指短时间不运转不会对船舶推进和操舵有损害，也不会危及乘客、船员、货物、船舶以及机械安全的设备。

（3）应急设备：系指在主电源失电后，须由应急电源供电的设备。

（4）主电源：系指向主配电板供电，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。

（5）应急电源：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。

（6）瘫船状态：系指主推进装置、锅炉和辅机已停止运行，且在恢复推进的过程中，假定无储存的能源起动和运行推进装置、主发电机和其他重要辅机的状态。

（7）一次配电系统：系指与发电机有电气连接的系统。

（8）二次配电系统：系指与发电机无电气连接的系统，例如用双绕组变压器加以隔离的系统。

（9）低压系统：系指工作于额定频率为 50Hz 或 60Hz、导体间最高电压不超过 1000V 的交流系统，或在额定工作条件下导体间最高瞬时电压不超过 1500V 的直流系统。

（10）高压系统：系指额定电压大于 1kV 但不超过 15kV，额定频率为 50Hz 或 60Hz 的交流系统，或在额定工作条件下最高瞬时电压超过 1500V 的直流系统。

（11）开关设备和控制设备组件：系指一个或多个开关电器，连同控制、测量、信号、保护和调节设备等的组合，由制造厂负责加上所有电气和机械的内部连接件和结构件组装完成的组件。

（12）主配电板：系指由主电源直接供电、并分配和控制电能至船上各种设备的开关设备和控制设备组件。

（13）应急配电板：系指正常情况下由主配电板供电，而在主电源供电系统发生故障的情况下，由应急电源或临时应急电源直接供电，并分配和控制电能至各种应急设备的开关设备和控制设备组件。

（14）分配电板：系指用于控制和分配电能至最后分路的开关设备和控制设备组件。

（15）最后分路：系指位于配电系统最后一个过电流保护电器之后的部分。

（16）完全选择性保护：系指在有 2 个或 2 个以上过电流保护电器串联的电路中，当发生过电流故障时，只是最接近故障点的保护电器起保护作用，而不会导致其他保护电器动作的过电流选择性保护。

（17）部分选择性保护：系指在有 2 个或 2 个以上过电流保护电器串联的电路中，当发生过电流故障时，只是在一定的短路电流范围内，才能做到最接近故障点的保护电器起保护作用，而不会导致

其他保护电器动作的过电流选择性保护。

（18）后备保护：系指由于最接近故障点的保护电器有故障或缺乏能力，或者其他保护电器有故障，以致不能及时清除系统故障的情况下起作用的保护设备或系统。

（19）供电连续性：系指在某电路发生故障期间以及故障之后，非故障电路的供电能始终得以保证。

（20）危险区域：系指通常可能聚集易燃或易爆蒸气、气体、粉尘或爆炸物的区域。

（21）围蔽处所：系指由舱壁和甲板所围蔽的处所，可以有可关闭的门、窗或其他开口。

（22）半围蔽处所：系指由于具有诸如顶板、风障和舱壁等结构，以致其自然通风条件与在开敞甲板上的处所有显著差异，且其布置又使气体不易扩散的处所。

（23）船舶失电：系指主、辅助机械，包括主电源不能工作，但起动它们的设备（如压缩空气、起动蓄电池等）仍然可用的状态。

（24）蓄电池的贮存寿命：系指蓄电池在规定条件下的贮存期间，在此期间的最后仍能保持其规定的性能。

（25）气闸：气闸应设有两扇间距不小于 1. 5m，但也不必大于 2. 5m 的气密门；气密门应为自闭式，且没有任何门背钩装置。

（26）纹波电压：纹波电压的幅值为图 1. 1. 2. 1（26）中所示的 U_{max} 与 U_{min} 之差值。

（27）不间断电源（UPS）：变流器、开关和储能装置（如蓄电池）组合构成的，在输入电源故障时，用以维持负载供电连续性的电源设备。

（28）后备式 UPS 装置：正常运行时负载由旁路（未经处理的主电源）供电，当旁路供电故障或输入电源超出预设限值时，负载转移至由逆变器供电，上述转换不可避免的导致负载的短时断电（2~10ms）。如图 1. 1. 2. 1（28）所示。

（29）互动式 UPS 装置：在正常运行方式下，由 UPS 逆变器或电源接口向负载供电。当输入电源超出预先设定的电压和频率限值时，负载转由储能供电，电源接口切断输入电源的后备式 UPS 装置。如图 1. 1. 2. 1（29）所示意。

（30）在线式 UPS 装置：正常工作时，负载由逆变器供电，因此电源故障或超出限值时可不间断的持续工作。如图 1. 1. 2. 1（30）所示意。

（31）0 区：爆炸性气体环境连续出现或长时间存在的区域。

（32）1 区：在正常运行时，可能出现爆炸性气体环境的区域。

（33）2 区：在正常运行时，不可能出现爆炸性气体环境的区域，即使出现，也是偶尔发生并且仅是短时间存在的区域。

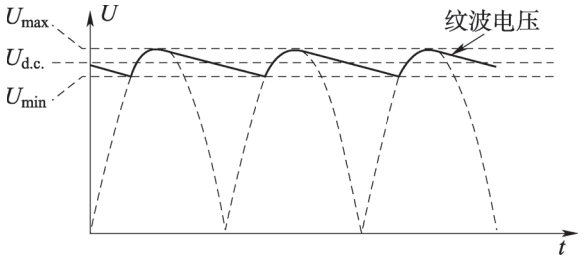


图 1. 1. 2. 1（26）　纹波电压示意图

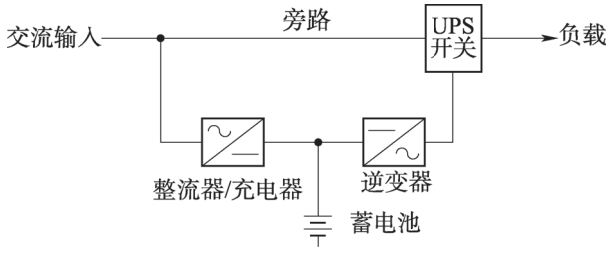


图 1. 1. 2. 1（28）　后备式 UPS 装置示意图

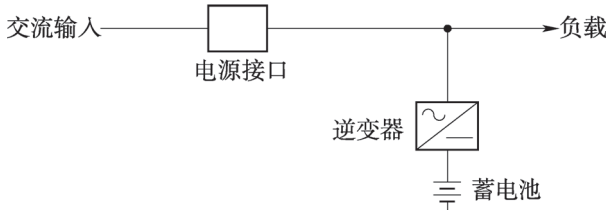


图 1. 1. 2. 1（29）　互动式 UPS 装置示意图

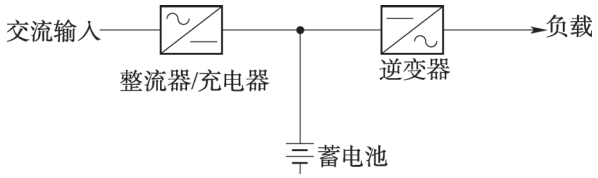


图 1. 1. 2. 1（30）　在线式 UPS 装置示意图

1. 1. 3　图纸资料

1. 1. 3. 1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）主电源和应急电源电力负荷估算书。

（2）短路电流计算书（适用于可并联连接的发电机总容量大于 250kVA 的船舶）。

（3）表明符合本篇 2. 5. 1. 1 和 2. 5. 4. 1 要求的保护电器协调动作的分析（适用于可并联连接的发电机总容量大于 250kVA 的船舶）。

（4）主配电板单线图，图中应标明：

①保护电器（例如短路、过载、逆功率和卸载保护等）的型号、规格和整定值；

②测量仪表；

③同步装置；

④遥控切断；

⑤接地故障监视和报警；

⑥联锁。

（5）应急配电板（或应急蓄电池充放电板）单线图，图中应标明：

①保护电器（例如短路、过载保护等）的型号、规格和整定值；

②测量仪表；

③接地故障监视和报警；

④联锁。

（6）电力系统图，图中应标明：

①电机、变压器、蓄电池组和电力电子设备的主要额定参数；

②主配电板和应急配电板引出的所有馈电线；

③区配电板（如设有时）和分配电板；

④电缆的型号、截面积和负载电流；

⑤断路器和熔断器的型号和主要额定参数。

（7）主要电力设备布置图，应标明下列设备的安装位置：

①主发电机和应急发电机；

②主配电板和应急配电板（或应急蓄电池充放电板）；

③应急蓄电池组；

④重要电气设备（参见本章 1. 1. 2. 1）。

（8）主照明系统图。

（9）主照明布置图。

（10）应急照明、临时应急照明（如设有时）和附加应急照明（如设有时）系统图。

（11）应急照明、临时应急照明（如设有时）和附加应急照明（如设有时）布置图。

（12）低位照明（如设有时）布置图和系统图（如由应急电源供电）。

（13）船内通信系统图，包括：

①主机传令钟系统；

②重要电话系统；

③救生用通信系统；

④轮机员报警系统。

（14）船内通信系统布置图，包括：

①主机传令钟系统；

②重要电话系统；

③救生用通信系统；

④轮机员报警系统。

（15）船舶和乘员安全系统图，包括：

①通用紧急报警系统；

②公共广播系统；

③探火和失火报警系统；

④水密门关闭报警系统；

⑤灭火剂施放前报警等其他报警系统（见本篇第 2 章第 9 节）。

（16）船舶和乘员安全系统布置图，包括：

①通用紧急报警系统；

②公共广播系统；

③探火和失火报警系统；

④水密门关闭报警系统；

⑤灭火剂施放前报警等其他报警系统（见本篇第 2 章第 9 节）。

（17）主干电缆走向图（适用于客船和高压电气装置）。

（18）危险区域划分图（适用于油船等载运有爆炸危险货物的船舶）。

（19）电力推进装置单线图，图中应标明：

①电机、变压器、蓄电池和电力电子设备的主要额定参数；

②电缆型号、截面积和负载电流；

③断路器和熔断器的型号和主要额定参数；

④接地故障监视。

（20）电力推进控制位置和控制站布置图，包括控制台面板图。

（21）电力推进监测和报警项目表。

（22）电力推进系统半导体变换器的布置，包括冷却系统的布置。

（23）电力推进船舶电力系统各主要节点（包括主配电板、分配电板等）的谐波畸变计算。

（24）对于散货船，货舱、压载舱和干燥处所水位探测系统的电气系统图和总布置图，包括本质安全电路（如设有时）布置图。

（25）危险区域电气设备布置图，应包括危险区域内所有电气设备和下述信息：

①防爆类型、防爆类别和温度组别；

②防护等级；

③安装区域的危险类别。

（26）本质安全电路的校核资料[①]，包括对电压、电流、电容和电感的校核。

1.1.3.2　应将全船电气说明书提交备查。

1.1.3.3　认为必要时，可要求增加送审图纸和资料的范围。

1.1.4　试验

1.1.4.1　本节1.1.1.2及1.1.2.1（1）所指各电气设备，均应按本篇第3章的规定在制造厂进行试验。如认为必要，可要求进行本篇规定以外的其他试验。

1.1.4.2　当电气装置在船上安装完工后，应按CCS批准的试验大纲进行系泊试验和航行试验。

第2节　工作条件

1.2.1　环境条件

1.2.1.1　除非另有规定（例如本节1.2.1.2），所有电气设备均应在下列环境条件下正常工作：

（1）环境空气温度和初级冷却水温度如表1.2.1.1（1）所列，但适用于电子设备的环境空气温度的上限为55℃；

环境温度　　**表1.2.1.1（1）**

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

（2）倾斜摇摆如表1.2.1.1（2）所列；

倾　斜　角　　**表1.2.1.1（2）**

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至于最终横倾达30°的极限状态下能保持供电。

（3）船舶正常营运中所产生的振动和冲击；

（4）潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌。

1.2.1.2　当电气设备安装在环境空气温度受到控制的处所时，适用于电气设备的最高环境空气温度可以由45℃降低至不低于35℃，其条件是：

（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

① 本质安全电路的安装应使电路内设备（包括电缆）的电容和电感不超过关联设备标示值，每个本质安全设备允许的输入电压和输入电流应大于或等于各自关联设备的标示值。参见IEC60079-14出版物《爆炸性气体环境——第14部分：电气设施设计、选择和安装》或与其等效的标准。

设计温度；

（3）该设备开始时应能在环境空气温度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。

1.2.2　电压和频率波动

1.2.2.1　由主或应急电力系统供电的电气设备应能在正常的电压和频率波动情况下可靠工作。

1.2.2.2　除非国际标准中另有说明，电气设备应能在表1.2.2.2规定的电压和频率偏离额定值的波动情况下（在设备的输入端测量）可靠工作：

电压和频率波动表　　**表1.2.2.2**

设　备	参数	稳态（%）	瞬　态	
			（%）	恢复时间（s）
一般交流设备	电压	-10 ~ +6	±20	1.5
	频率	±5	±10	5
由直流发电机供电或经整流器供电的直流设备	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	 -25 ~ +30 -25 ~ +20	—	—

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。

1.2.2.3　在表1.2.2.2规定的限值内不能正常工作的任何特殊系统，例如电子电路，不应直接从系统供电，应采用其他方式，例如通过稳压装置。

1.2.3　谐波成分

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

第3节　设计、制造与安装

1.3.1　一般要求

1.3.1.1　电气设备的设计、制造与安装应考虑安全和便于检修。

1.3.1.2　电气设备不同电位的带电部件之间和带电部件与接地金属之间，按其绝缘材料的性质和工作条件，应具有适应其工作电压的足够的电气间隙和爬电距离。

1.3.1.3　除整步开关外，电气设备经开关断开电源后，不应经控制电路或指示灯继续保留电压。

1.3.1.4　电气设备连接和紧固用的螺栓和螺母，均应有防止其受振动而松脱的措施。

1.3.1.5　制造电气设备所用的材料，应符合下列要求：

（1）一般应用耐久、滞燃和耐潮的材料制成，除非对可能遭受到的大气环境和温度作适当的防护；

（2）绝缘材料和绝缘绕组均应能耐潮、耐海上空气和耐油雾，除非针对这些因素采取专门的防护措施；

（3）导电部分一般应用铜或铜合金制造；

（4）金属部分除其材料本身有较好的耐腐蚀性能外，均应有可靠的防护层；

（5）禁止新装设备使用石棉。

1.3.1.6　当非铝质电气附件与铝质件相连接时，应采取适当的防止电解腐蚀的措施。

1.3.1.7　凡具有内部接线的电气设备，均应附上带有接线编号的原理电路图或接线图。电气设备的接线端头，应具有与图纸相符的耐久标志或符号。

1.3.1.8　应急报警装置的控制器，应涂上红色和设有标明其用途的耐久铭牌。

1.3.1.9　调节电阻、启动电阻、充电电阻、电热器具以及其他在工作时能产生高温的电气设备，在安装时应有防止导致附近物体过热和起火的措施。

1.3.1.10　电气设备不应贴近油舱、油柜或双层底储油舱等外壁表面安装。如必须安装时，则电气设备与此类舱壁表面之间，至少应有 50mm 的距离，但本节 1.3.1.9 中所规定的电气设备，严禁在上述油舱、油柜外壁表面安装。

1.3.1.11　应将发电机组安装成使其转轴与船舶首尾线平行。对卧式电动机，也应尽量使其转轴与船舶首尾线平行安装。

1.3.1.12　除安装在专用舱室内的电气设备外，其他电气设备的对地电压或工作电压超过 50V 的带电部分，均应有防止偶然触及的防护措施。

1.3.1.13　当电气设备的外壳温度超过 80℃时，应加防护措施或在布置上予以安排，以防止工作人员偶然触及而灼伤。

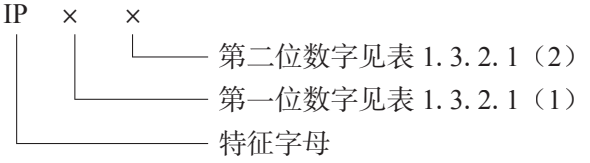
1.3.1.14　在水密的舱壁、甲板、甲板室的外围壁上，不应钻孔以螺栓紧固电气设备及电缆。

1.3.1.15　电气设备及电缆，不应安装在船舶外板上。

1.3.1.16　导线和电气设备应离开磁罗经适当的距离，或者对这些导线和电气设备加以屏蔽，以使其外部干扰磁场能减至最低限度。

1.3.2　外壳防护

1.3.2.1　电气设备的外壳防护型式，应符合接受的有关标准[①]的规定。表示防护等级的标志由 IP 字母后面加两位数字组成：



第 1 位数字所代表的防护等级　　表 1.3.2.1（1）

第一位数字	防　护　等　级	
	简 要 说 明	意　义
0	无防护	无专门的防护
1	防护大于 50mm 的固体	人体大面积部分如手（但对有意识的接触并无防护）。直径超过 50mm 的固体
2	防护大于 12mm 的固体	手指或类似物，长度不超过 80mm，直径超过 12mm 的固体
3	防护大于 2.5mm 的固体	直径或厚度大于 2.5mm 的工具，电线等，直径超过 2.5mm 的固体
4	防护大于 1.0mm 的固体	厚度大于 1mm 线或片状物，直径超过 1mm 的固体
5	防尘	并不防止全部尘土进入，但进入量不能达到妨碍设备正常运转的程度
6	尘密	无尘土进入

① 参见国际电工委员会（IEC）60529 出版物《外壳防护型式的分级》或与其等效的标准。

第 2 位数字所代表的防护等级　　**表 1. 3. 2. 1（2）**

第二位数字	防护等级	
	简要说明	意　义
0	无防护	无专门的防护
1	防滴	垂直滴水应无有害的影响
2	15° 防滴	设备与垂直线成 15° 角时，滴水应无有害影响
3	防淋水	与垂直线成 60° 范围的淋水应无有害影响
4	防溅	任何方向溅水应无有害影响
5	防冲水	任何方向冲水应无有害影响
6	防猛烈海浪	猛烈海浪或强烈冲水时进入机壳水量应无有害影响
7	防浸水	浸沉在规定压力的水中经规定的时间后，进入水量应无有害影响
8	防潜水	能长期潜水，其技术条件由制造厂规定 注：通常设备应完全密封，但对某些类型设备，在不产生有害影响的前提下，水可进入设备

1. 3. 2. 2　电气设备的外壳防护型式的选择，应与安装的场所相适应。除非另有规定（例如本节 1. 3. 2. 3 和 1. 3. 2. 4），其最低防护等级应符合表 1. 3. 2. 2 的要求。

外壳防护等级的最低要　　**表 1. 3. 2. 2**

(1)	(2)	(3)	(4)							
			设　备							
处所	环境条件	防护等级	配电板，控制设备，电动机起动器	发电机	电动机	变压器，半导体变换器	照明设备	电热器具	电炊设备	附具(例如开关，接线盒)
干燥的居住处所	只有触及带电部分的危险	IP20	×	—	×	×	×	×	×	×
干燥的控制室			×	—	×	×	×	×	×	×
控制室	滴水和(或)中等机械损伤危险	IP22	×	—	×	×	×	×	×	×
机炉舱 (花钢板以上)			×	×	×	×	×	×	×	IP44
舵机舱			×	×	×	×	×	×	—	IP44
冷藏机室 (氨装置室除外)			×	—	×	×	×	×	—	IP44
应急机械室			×	×	×	×	×	×	—	IP44
一般贮藏室			×	—	×	×	×	×	—	×
配膳室			×	—	×	×	×	×	×	IP44
粮食库			×	—	×	×	×	×	—	×
浴室	较大的水和 (或) 机械损伤危险	IP34	—	—	—	—	×	IP44	—	IP55
机炉舱 (花钢板以下)			—	—	IP44	—	×	IP44	—	IP55
围蔽的燃油分离室			IP44	—	IP44	—	×	IP44	—	IP55
围蔽的滑油分离室			IP44	—	IP44	—	×	IP44	—	IP55

续上表

(1)	(2)	(3)	(4) 设备							
压载泵舱	较大的水和(或)机械损伤危险	IP44	×	—	×	×	IP34	×	—	IP55
冷藏舱			—	—	×	—	IP34	×	—	IP55
厨房和洗衣间			×	—	×	×	IP34	×	×	×
双层底中的轴隧或管道	喷水危险、货物粉尘存在、严重机械损伤、腐蚀性气体	IP55	×	—	×	×	×	×	—	IP56
干货舱			—	—	—	—	×	—	—	×
露天甲板	大量浸水的危险	IP56	×	—	×	—	IP55	×	—	×

注：①表中“×”表示按（3）栏要求，如不能满足（3）栏要求时，则按注②要求；表中“—”表示一般不应安装此种设备。

②设备本身不能达到防护要求时，应采用其他措施，或改善安装场所条件来确保本表要求。

③如在有爆炸性粉尘存在的处所中安装电气设备，则应符合本章 1. 3. 3. 7 的规定。

④按本篇第 3 章第 3 节的规定制造，并按本篇第 2 章第 1 节和第 2 节的规定安装的主配电板和应急配电板，可不按本表规定。

1. 3. 2. 3　在机舱中，位于固定式局部水基灭火系统所保护的区域及其喷雾直接到达的邻近区域（见图 1. 3. 2. 3）中的电气和电子设备，应有不低于 IP44 的防护等级。如果能提供适合在上述区域中使用的证据并经 CCS 认可，则可以使用较低的防护等级。

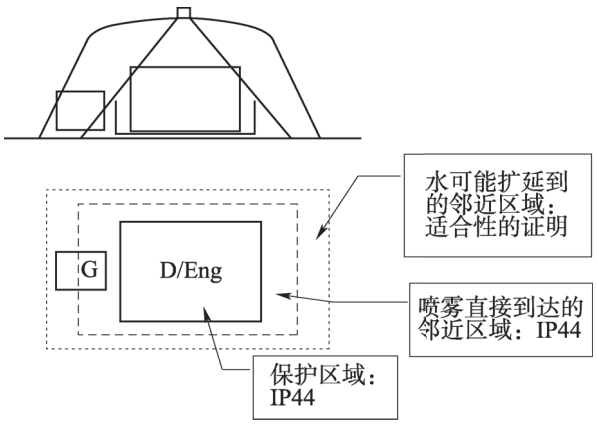


图 1. 3. 2. 3　固定式局部水基灭火系统保护区域示意图

G- 发电机；D/Eng- 柴油机

1. 3. 2. 4　在机舱中，位于本节 1. 3. 2. 3 规定区域之外水可能扩延到的邻近区域（见图 1. 3. 2. 3）中的电气和电子设备，如提供适合在这些区域中使用的证据，考虑到其设计和配置：例如进风口的位置、冷却空气流向，则可以使用较低的防护等级。

1. 3. 3　防爆

1. 3. 3. 1　如需在可能出现爆炸性气体、蒸气而有爆炸危险的处所安装电气设备，则应为符合下列要求的合格防爆电气设备：

（1）防爆电气设备的制造和试验，应符合接受的有关标准[①]的规定；

（2）应具有 CCS 认可的防爆主管试验机构核发的防爆合格证。

1.3.3.2　船上通常使用下列几种类型的合格防爆电气设备：

（1）本质安全型 Ex“i”；

（2）隔爆型 Ex“d”；

（3）增安型 Ex“e”；

（4）正压型 Ex“p”；

（5）特殊型 Ex“s”；

（6）充砂型 Ex“q”；

（7）浇封型 Ex“m”。

1.3.3.3　可在蓄电池室、油灯间和油漆间（包括其通风管道）等有爆炸危险处所中安装的电气设备应符合下列要求：

（1）在油漆间（包括其通风管道）仅能安装其作业所必需的电气设备，这些电气设备应为本节 1.3.3.2（1）~（5）所列合格防爆电气设备。其余处所可安装本节 1.3.3.2 所列合格防爆电气设备，且其防爆类别和温度组别应不低于表 1.3.3.3 的规定；

（2）电缆（包括路过电缆和终端电缆）应为铠装型的或敷设在金属管道中；

（3）电气设备的开关、保护电器和电动机控制设备应能分断所有极或相，且最好安装在非危险处所。

此外，对油漆间通风口附近等处所、蓄电池室、油船以及运载油箱中有自用燃料车辆船舶的有关要求，详见本节 1.3.3.4、1.3.3.5、第 2 章第 11 节、第 16 节以及第 17 节的规定。

防爆类别与温度组别表　　**表 1.3.3.3**

处　　所	类　　别[①]	温度组别[①]
蓄电池室	IIC[②]	T1
油漆间	II B	T3
油灯间	II A	T3
氨装置室	II A	T1
乙炔储藏室	II C	T2
危险货物舱	按载运危险货物的类别	按载运危险货物的类别
60℃及以下闪点的油管管隧	II A	T3

注：①本表和本篇以下章节所列防爆电气设备的类别及温度组别，均采用 IEC60079 出版物《爆炸性气体环境中使用的电气设备》或 GB3836《爆炸性环境用电气设备》的有关规定。

②本表和本篇以下章节所列防爆电气设备类别 II A、II B、II C 仅适用于隔爆型电气设备及本质安全型电路和电气设备，如采用其他类型防爆电气设备，则应采用Ⅱ类设备。

1.3.3.4　在开敞甲板上距油漆间进气和排气通风口 1m 或距机械通风排气出口 3m 范围内，可安装下列电气设备：

（1）本节 1.3.3.2（1）~（5）所列合格防爆电气设备，而电缆及其安装应符合 1.3.3.3（2）的规定；

（2）无火花型（Ex“n”）防爆电气设备；

（3）工作时不会产生电弧，并且其表面不会达到不允许高温的电气设备；

（4）具有简单的正压外壳或防蒸气外壳（防护等级至少为 IP55），并且其表面不会达到不允许高温的电气设备。

① 参见 IEC 60079 出版物《爆炸性气体环境中使用的电气设备》或与其等效的标准，例如 GB 3836《爆炸性环境用防爆电气设备》等。

1.3.3.5　与油漆间相通的围蔽处所如符合下列所有要求，则可认为是非危险处所：

（1）通向油漆间的门或油漆间的门应为自闭式气密门（水密门可看作气密门），且无阻挡措施；

（2）油漆间设有合适的、独立的自然通风系统，其风源来自安全区域；

（3）在油漆间入口处应安装警告牌，写明油漆间内有易燃液体存在。

1.3.3.6　除另有明文规定者外，在有爆炸危险的处所中不应安装插座。

1.3.3.7　在有爆炸性粉尘沉积的处所中，如需要安装电气设备，则这些电气设备应符合下列要求：

（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 厚该类粉尘层的引燃温度低 75K。

1.3.4　接地

1.3.4.1　电气设备的带电部件以外的所有可接近的金属部分均应接地。但下列情况除外：

（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、反光镜和防护件；

（3）设在非导电材料上的金属部件和拧入或贯穿非导电材料的螺钉，这些金属部件和螺钉以非导电材料与带电部件和接地的非带电部件相隔离，因此在正常使用中它们不可能带电和接触接地部件；

（4）具有双重绝缘和 / 或加强绝缘的可携式设备，但应满足公认的安全要求；

（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，此项电压为方均根值，且不应使用自耦变压器取得此项电压；

（8）电缆紧固件。

1.3.4.2　当电气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，可不另设专用导体接地。

1.3.4.3　不论是专用导体接地或靠设备底座或支架接地，其接触面均应光洁平贴，保证有良好的接触，并应有防止松动和生锈的措施。

1.3.4.4　如采用专用导体接地，则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蚀措施。不同型式的铜接地导体的截面积应不小于表 1.3.4.4 的规定。

接地导体的截面积　　**表 1.3.4.4**

接地导体的型式	相关的载流导体截面积，S（mm^2）	铜接地导体的最小截面积，Q（mm^2）
软电缆或软电线中的连续接地导体	$S \leqslant 16$	$Q = S$
	$S > 16$	$Q = S/2$，但不小于 16
固定敷设电缆中的连续接地导体	$S \leqslant 16$	$Q = S$，但不小于 1.5
	$S > 16$	$Q = S/2$，但不小于 16
单独固定的接地导体	$S \leqslant 2.5$	$Q = S$，但不小于 1.5
	$2.5 < S \leqslant 120$	$Q = S/2$，但不小于 4
	$S > 120$	$Q = 70$

1.3.4.5　可移动和可携电气设备的不带电裸露金属部分，应以附设在软电缆或软电线中的连续接地导体，并通过插头和插座接地，其接地导体的截面积应不小于表 1.3.4.4 的规定。

1.3.4.6　电缆的金属护套或金属外护层应于两端做有效接地，但最后分路可只在电源端接地。对于控制和仪表设备的电缆，由于技术上的原因，如一端接地较为有利时，则不必两端接地。

1.3.4.7　电缆的金属护套或金属外护层可采用下列方式之一进行接地：

（1）用金属夹箍夹住，并以专用铜接地导体连接至船体的金属结构上。该接地导体的截面积 Q 与

电缆导体截面积 S 间的关系应符合下列规定：

当 $S \leqslant 25mm^2$ 时，$Q \geqslant 1.5mm^2$；

当 $S > 25mm^2$ 时，$Q \geqslant 4mm^2$。

（2）用专用接地填料函接地，这种填料函能保证有效的接地连接；

（3）用电缆紧固件接地，这种电缆紧固件应以耐腐蚀的金属材料制成，并应能使电缆金属护套或金属外护层与接地金属之间有良好的接触。

1.3.4.8　应保证电缆的金属护套或金属外护层在其全长上，特别是在连接处和分支处保证电气上的连续性。

1.3.4.9　不能只用电缆的铅护套作为接地的唯一措施。

1.3.4.10　连续接地导体或单独接地导体与船体结构的各连接点，应位于船上易于到达之处，并应以直径不小于 4mm 的黄铜或其他耐腐蚀材料制成的螺钉紧固，该螺钉应仅作接地之用。

1.3.4.11　如铝上层建筑用加绝缘方式紧固在钢质船体上，以达到防止电解腐蚀目的，则在上层建筑与船之间应设置单独的跨接线，且其连接方式应能防止电解腐蚀，其连接点设在便于检查之处。

1.3.4.12　为防止液体 / 气体 / 蒸气流动而产生的静电放电危害，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）、处理装置和管系应满足下列要求：

（1）上述货舱（柜）、处理装置和管系与船体间的电阻应不超过 1MΩ。

（2）直接或通过支承件焊接或用螺栓固定安装在船体上的货舱（柜）、处理装置和管系不需要接地搭接片即可满足 1.3.4.12（1）的要求。

（3）与船体非固定连接的货舱（柜）、处理装置和管系，应加专门的接地搭接片，例如：

①独立液货舱；

②与船体电气隔离的货舱（柜）、管系；

③作为可拆短管的管路连接件；

④采用不导电材料（例如聚四氟乙烯）垫片或密封件的膜片阀。

（4）接地搭接片应符合下列规定：

①清晰可见以便于清楚地发现任何缺陷；

②设计和安装地点应使其免受机械损伤，同时应不受锈蚀物或油漆等高电阻率介质的影响；

③易于安装和更换。

（5）接地搭接片应用铜或导电良好的耐腐蚀材料制成，其截面积应不小于 $10mm^2$。

1.3.5　电磁兼容性

1.3.5.1　应采取适当的措施，以减小由于电磁能量所产生的干扰，从而保证所有电气设备和电子设备在船舶电磁环境中能正常工作。

1.3.5.2　各类电气设备和电子设备所产生的干扰电压（电流）允许值和抑制干扰的措施，参照接受的标准[①]的有关规定。

1.3.6　视觉和听觉信号

1.3.6.1　除本节 1.3.6.2 另有规定者外，视觉信号的颜色应符合表 1.3.6.1 的规定。

1.3.6.2　除上述规定之外，视觉和听觉信号应符合接受的标准[②]。

① 参见 IEC60533 出版物《船舶电气设备和电子设备的电磁兼容性》或相应标准。

② 参见 IMO 通过的 A.1021（26）决议《警报和指示器规则》。

视觉信号的颜色表 表 1.3.6.1

颜 色	含 义	说 明	应用举例
红	危险或报警	危险或需要立即采取行动的警告	重要设备停止运转； 水、油等温度或压力达到临界值； 重要电路失电
黄	注意	状态的改变或即将改变	温度或压力值异常，但未达到临界值
绿	安全（正常运转或正常工作状态）	安全状态指示	机械正常运转； 液体正常循环； 压力、温度和电流等在限定值以内
蓝	指导/信息（根据需要给予特定的含义）	允许赋予上述红、黄、绿三色未涉及的特定含义	电动机准备起动； 空载发电机准备合闸； 停转电动机加热电路接通
白	无具体含义	任何含义，允许在认为红、黄、绿三色不适用时应用	对地绝缘指示； 同步指示灯； 电话呼叫； 自动控制的设备

第2章　船上电气装置

第1节　主　电　源

2.1.1　发电机组

2.1.1.1　应配备足以供给本篇1.1.1.5（1）所指的所有设备用电的主电源，并应满足下列要求：

（1）主电源应至少由2台发电机组组成。

（2）这些发电机组的台数和容量，应能在任一发电机组停止工作时，仍能继续对正常推进运行、船舶安全以及具有第5篇冷藏附加标志所必需的设备供电。同时最低舒适居住条件也应得到保证，至少应包括适当的炊事、取暖、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电。

（3）发电机组应能在任一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）如船舶推进和操纵必须依靠主电源，则船舶推进、操舵和保证船舶安全所必需设备的供电连续性，应符合下列要求：

①在正常由一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重要设备自动卸去（参见本章2.5.7.1）等保护措施，以确保当运行中任何一台发电机停止工作后，其余发电机能继续运行，并保持对推进、操舵和保证船舶安全所必需设备的供电；

②在正常由一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，以保证重要辅助设备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。

（5）如船舶推进必须依靠主电源，则主汇流排应至少分成两个独立的分段，通常这些分段应由不带脱扣机构的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。

（6）可设置一公共发电站兼作主电源和电力推进电源，在此情况下应符合第8篇第15章15.2.1.7的规定。

2.1.1.2　在交流系统中，当一台发电机停止工作时，其余机组应有足够的储备容量，以使当最大电动机起动时所导致的系统电压的大幅度降落，不会使任何电机失速或使任何其他设备失效。容量特大且非船舶安全航行必不可少的电动机，例如侧推器电动机，可以在所有发电机投入工作情况下起动，但不应导致任何重要设备停止工作。

2.1.1.3　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，均应能使本篇1.1.1.5（1）所指的设备处于工作状态。

2.1.1.4　在计算发电机容量时，如果无法提供具体的冷藏集装箱功率，则冷藏集装箱的插座既可供电给20ft的冷藏集装箱，也可供电给40ft的冷藏集装箱，建议每个插座按11kW计算。仅能供给20ft集装箱的插座，建议每个插座按7.5kW计算。计算冷藏集装箱的负荷时可采用0.6的需用系数。

2.1.1.5　非机动船可根据需要设置主电源。当主电源是发电机时，不必符合以上2.1.1.1至2.1.1.3的规定。

2.1.2　主推进装置驱动的发电机（如轴带发电机）

2.1.2.1　主推进装置驱动的发电机如满足下列要求，则可作为主电源的组成部分：

（1）当船舶在各种气候条件下航行、操作和停泊时，能进行正常运转并且其电压波动应符合3.2.7、3.2.8的规定，频率变化应符合1.2.2.2的规定；

（2）发电机的容量，应能在其他任一发电机发生故障时，仍符合2.1.1.1（2）的规定；

（3）考虑到配电系统保护电器的选择性保护，发电机的短路电流应足以使发电机断路器脱扣。当在主汇流排上发生短路时，应设有保护措施以确保发电机不会受到危害，并在故障清除后再次使用；

（4）备用发电机的自动起动应符合2.1.1.1（4）②的规定。

2.1.2.2　主推进装置驱动的发电机和/或发电机系统，不作为主电源的组成部分，如满足下列条件，则可用来向船舶航行时正常操作和起居条件所需的电气设备供电：

（1）设有足够容量的备用电源（本节2.1.1.1所要求的主电源的一部分）；

（2）频率变化超过下述限值时，应按照2.1.1.1(4)②的规定自动起动至少一台发电机(本节2.1.1.1所要求的主电源的一部分）：

稳态频率波动：±5.5%；

瞬态频率波动：±11%（5s）；

（3）电压波动应符合3.2.7、3.2.8的规定，频率变化符合1.2.2.2的规定；

（4）考虑到配电系统保护电器的选择性动作，发电机和/或发电机系统的短路电流应能足以使发电机断路器脱扣；

（5）自动卸载应符合本章2.5.7的规定；

（6）在设有驾驶室遥控推进装置的船舶上，应提供措施或程序，以确保在操纵工况下向重要设备供电，从而避免船舶失电。

2.1.3　变压器

2.1.3.1　如变压器构成照明系统和本节2.1.1.1要求的主电源供电系统的必要部分时，则其台数、容量和布置应满足下列要求：

（1）应能在任何一台变压器停止工作时，其余变压器应足以保证正常推进和船舶安全所必需设备安全运转，同时最低舒适居住条件也应得到保证，至少应包括适当的炊事、取暖、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电；

（2）每一变压器均应具有外壳或等效的分隔，以能形成一独立单元，且其初级和次级侧均应设有独立的电路；

（3）每一初级电路的每一相上均应设有开关和保护；

（4）每一次级电路均应设有多极隔离开关。

2.1.4　配电板的安装

2.1.4.1　主配电板相对于主发电站的位置，应尽可能具有正常供电的完整性，使其只有在同一处所发生火灾或其他事故才会受到影响。主配电板的围蔽，例如利用位于该处所主界限以内的机器控制室所提供的围蔽，不能视作配电板与发电机隔开。

2.1.4.2　配电板的后面和上方不应设有水、油及蒸汽管、油柜以及其他液体容器。如不能避免时则应有可靠的防护措施。

2.1.4.3　主配电板的前后应留有足够宽度的通道。其前面通道的宽度应至少为0.8m。后面通道的宽度应至少为0.6m，且与加强肋骨间的通道宽度应至少为0.5m。如配电板的结构型式可在前面和侧面进行维护检查和更换部件时，则可不设后通道。

2.1.4.4　当主配电板长度超过4m时，应尽可能在主配电板的两端均设有通道。除安装在机器控制室中的主配电板外，均应在其后通道的两端入口处配置带锁的门。

2.1.4.5　主配电板的前后均应铺有防滑和耐油的绝缘地毯或经绝缘处理的木格栅。

2.1.5　主发电机组的自动接入和切断

2.1.5.1　发电机组的起动、停止和负载分配以及断路器闭合/脱扣等操作采用自动控制时，应满足2.1.5.2至2.1.5.6的要求。

2.1.5.2　应设置以下故障报警：

（1）汇流排电压偏离额定值（高和低）；

（2）汇流排频率偏离额定值（高和低）；

（3）自动卸载；

（4）发电机主开关自动合闸失败；

（5）发电机主开关自动脱扣；

（6）负载分配失败（设置必要的延时，负载分配比例参见第3章3.2.8.5）。

2.1.5.3　应设有避免两台及以上发电机组同时接入主配电板公共汇流排的措施。

2.1.5.4　因短路故障而失电后，发电机断路器仅能合闸1次。

2.1.5.5　如由于主汇流排长时间的电压或频率波动原因而起动备用发电机组，则有故障的发电机组应在该备用发电机组接入主汇流排之前尽快切断。

2.1.5.6　应限制主发电机组的自动起动次数，以避免耗尽起动能源。

第2节　应急电源

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　客船和500总吨以上的货船均应设有独立的应急电源。

2.2.1.2　应急电源的布置应符合下列要求：

（1）应急电源连同其变换设备（如设有时）、临时应急电源、应急配电板以及应急照明配电板等均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，且它们不应装设在防撞舱壁之前。但对货船，在特殊情况下经CCS同意者可以例外；

（2）应急电源连同其变换设备（如设有时）、临时应急电源、应急配电板和应急照明配电板相对于主电源连同其变换设备（如设有时）、主配电板等的位置应布置成，能确保主电源连同其变换设备（如设有时）、主配电板等所在的处所或任何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。设有应急电源连同其变换设备（如设有）、临时应急电源以及应急配电板等的处所，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。

2.2.1.3　应急电源可以是发电机，该发电机应符合下列要求：

（1）由一具有独立的冷却装置和燃料供给，并设有符合本规范第3篇第9章9.5.3规定的起动装置的柴油机驱动；

（2）除设有符合本节2.2.1.5规定的临时应急电源的货船外，在主电源供电失效时应能自动起动和自动连接于应急配电板，且本节2.2.2.2（对客船）或2.2.3.2（对货船）所规定的各项设备自动换接至应急配电板。原动机的自动起动系统和原动机的特性均应能使应急发电机在安全而实际可行的前提下，尽快地承载额定负载（最长不超过45s）。

2.2.1.4　应急电源也可以是蓄电池组，该蓄电池组应符合下列要求：

（1）承载应急负载而不必再充电，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 ±12% 范围内；

（2）当主电源的供电失效时，自动连接至应急配电板；

（3）能对本节 2.2.2.1（对客船）或 2.2.3.1（对货船）所规定的各项设备（另有说明者除外）供电，并能立即对本节 2.2.2.2（对客船）或 2.2.3.2（对货船）所规定的各项设备供电。

2.2.1.5　除设有符合本节 2.2.1.3（2）所规定的自动起动应急发电机的货船外，当应急电源为应急发电机时，还应设置一蓄电池组作为临时应急电源，并应符合下列要求：

（1）承载应急负载而不必再充电，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 ±12% 范围内；

（2）当主电源或应急电源的供电失效时，均应能立即自动向本节 2.2.2.2（对客船）或 2.2.3.2（对货船）所规定的各项设备供电。

2.2.1.6　如从瘫船状态恢复推进必须依靠应急电源，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：

（1）本节 2.2.2.1（1）至 2.2.2.1（3）或 2.2.3.1（1）至 2.2.3.1（4）所规定的各项设备；

（2）从瘫船状态恢复船舶推进和其他机械（如适用）恢复运转。

2.2.1.7　应急配电板应尽可能靠近应急电源安装，并符合下列要求：

（1）如应急电源为发电机，则应急配电板应与应急发电机安装在同一处所，但如应急配电板的工作会因此受到妨碍者，则可例外；

（2）如应急电源为蓄电池组，则该蓄电池组不应与应急配电板安装在同一处所；

（3）应急配电板的前后通道等，应符合本章 2.1.4.2 ~ 2.1.4.5 的要求。

2.2.1.8　在主配电板或机器控制室内的适当地点应装设指示器，以指示应急电源或临时应急电源的蓄电池正在放电。

2.2.1.9　在正常情况下，应急配电板应通过相互连接的馈电线由主配电板供电。该馈电线应按本章 2.5.9.6 的规定设置保护，并应能在主电源供电失效时在应急配电板处自动切断。

2.2.1.10　为保证应急电源的迅速可用，必要时应设有在应急配电板上自动将非应急电路切断的设施，以确保向应急电路供电。

2.2.1.11　如采取适当的措施，使在所有情况下均能确保独立的应急工作时，则应急发电机可以例外地用来短时间地向非应急电路供电。

2.2.1.12　当应急电源和 / 或临时应急电源是蓄电池组，并通过电子变换器或逆变器向应急负载供电时，其电压波动应符合下列规定：直流电压波动（从变换器负载侧测量）应能保持在其额定电压的 ±12% 范围内；当直流逆变为交流时，交流电压波动应符合表 1.2.2.2 的规定。

2.2.1.13　如果根据 IEC62040 或其他接受的标准的规定设置了通风，本节 2.2.2.1 和 2.2.3.1 所述采用阀控型蓄电池的 UPS 装置可与普通电气设备置于同一舱室内。

2.2.2　客船的供电范围和时间

2.2.2.1　应急电源应有足够的容量，以确保在应急情况下向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。

应急电源在计及某些负载的起动电流和瞬变特性后，应至少能对下列设备（如依靠电力工作时）按以下规定的时间供电：

（1）对下列各处的应急照明供电 36h：

①现行《国际海上人命安全公约》要求的每一登乘救生艇、筏的集合地点、登乘地点和舷外；

②现行《国际海上人命安全公约》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；

③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 处的照明（如需应急电源供电时）；

④所有服务及起居处所内的通道、梯道、出口及乘人电梯内；

⑤超过 16 人的居住舱室；

⑥机器处所及主发电站内包括它们的控制位置；

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；

⑧消防员装备贮放处所；

⑨操舵装置处；

⑩本条（4）所规定的消防泵、喷水器供水泵、应急舱底泵等处以及这些泵的电动机起动处。

（2）对下列设备供电 36h：

①现行《国际海上避碰规则》所要求的航行灯和其他号灯；

②现行《国际海上人命安全公约》所要求的甚高频无线电装置、中频无线电装置（如设有时）、船舶地面站（如设有时）以及中频 / 高频无线电装置（如设有时）。

（3）对下列各项设备供电 36h：

①所有在紧急状态下需要的船内通信设备；

②现行《国际海上人命安全公约》所要求的航行设备，对小于 5000 总吨的船舶，当此项规定为不合理或不可行时，经 CCS 同意可免除这一要求；

③探火和失火报警系统以及防火门的固定和释放系统；

④断续使用的白昼信号灯、船舶号笛、手动失火报警按钮和所有在紧急状态下需要的船内信号设备（例如通用紧急报警系统、灭火剂施放预告报警器等）。

以上①～④项所列的各项设备，如具有安装于适当位置，能供电 36h 的独立蓄电池组或符合本篇第 3 章第 9 节规定的不间断电源（UPS）装置供应急状态使用者，则可除外。

（4）对下列各项设备供电 36h：

①对现行《国际海上人命安全公约》所要求的消防泵之一；

②自动喷水器泵（如设有时）；

③应急舱底泵以及操纵电动遥控舱底阀所必需的所有设备。

（5）对操舵装置如按本规范第 3 篇 13. 1. 8 要求需由应急电源供电者，应按该条的规定时间供电。

（6）对下列各项设备供电 0. 5h：

①现行《国际海上人命安全公约》要求由动力操作的水密门，连同其指示器及报警信号；

②将旅客或船员提升至甲板上以便脱险的电梯应急装置。在应急情况下，供旅客用的电梯可以依次提升至甲板上。

（7）对具有“2 类航区”附加标志，且定期从事离岸不超过 20n mile 短程航行的船舶，如经 CCS 认为能达到同样的安全程度，则可采用较本条（1）～（4）所规定 36h 为短的供电时间，但应不少于 12h。

2. 2. 2. 2　本节 2. 2. 1. 5 所要求的临时应急电源应具有足够的容量，至少应能对下列各项设备（如依靠电力进行工作时）供电：

（1）对下列设备应供电 0. 5h：

①本节 2. 2. 2. 1（1）所要求的照明和本节 2. 2. 2. 1（2）①所要求的航行灯和其他号灯；

②本节 2. 2. 2. 1（3）①、③及④项所要求的设备，但如具有安装于适当位置，可供应急状态使用，且满足应急供电时间的独立蓄电池组供电者，则可除外。

（2）供操作水密门所需电力，但不必同时操作所有的水密门，除非设有一独立的过渡性储备能源。

（3）对操作水密门有关的控制设备、指示器和报警电路供电 0. 5h。

2.2.2.3　凡设有滚装装货处所或特种处所的客船，除设有以上要求的应急照明外，还应设有符合下列要求的附加应急照明：

（1）在所有的旅客公共处所和走廊应设有附加应急照明，并符合下列要求：

①在所有其他电源发生故障和在各种横倾条件下，至少应能维持照明 3h；

②所提供的照明应能照亮逃生设施的周围；

③其电源应是设置于灯具内部的蓄电池，该蓄电池应尽实际可能地由应急配电板连续充电，或也可用其他的照明设备替代。但该照明设备至少是由 CCS 认可有效的；

④该附加照明设备应有明显的故障指示；

⑤设置灯具内部的蓄电池应定期地更换，其间隔期应考虑到蓄电池在使用中所经受的环境条件规定的使用寿命。

（2）在每一船员处所的走廊、娱乐场所和通常有人的工作处所，除非设有符合本条（1）要求的附加应急照明，否则均应配备可携式充电电池灯。

2.2.3　货船的供电范围和时间

2.2.3.1　应急电源应有足够的容量，以确保在应急情况下向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。

应急电源在计及某些负载的起动电流和瞬变特性后，应至少能对下列设备（如依靠电力工作时）按以下规定的时间供电：

（1）对现行《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供电 3h。

（2）对下列处所的应急照明供电 18h：

①所有服务及起居处所内的通道、梯道、出口及乘人电梯内以及乘人电梯围阱壁上；

②机器处所及主发电站内，包括它们的控制位置；

③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；

④消防员装备贮放处所；

⑤操舵装置处；

⑥本条（5）所规定的消防泵、喷水器供水泵（如设有时）和应急舱底泵（如设有时）等处所以及这些泵的电动机起动位置；

⑦液货船的所有货泵舱内。

（3）对下列设备供电 18h：

①现行《国际海上避碰规则》所要求的航行灯和其他号灯；

②现行《国际海上人命安全公约》所要求的甚高频无线电装置、中频无线电装置（如设有时）、船舶地面站（如设有时）以及中频 / 高频无线电装置（如设有时）。

（4）对下列各项设备供电 18h：

①所有在紧急状态下需要的船内通信设备；

②现行《国际海上人命安全公约》所要求的航行设备，当此项规定为不合理或不可行的，对小于 5000 总吨的船舶，经 CCS 同意可免除这一要求；

③探火和失火报警系统；

④断续使用的白昼信号灯、船舶号笛、手动失火报警按钮和所有在紧急状态下需要的船内信号设备（例如通用紧急报警系统、灭火剂施放预告报警器等）。

以上①～④项所列的各项设备，如具有安装于适当位置，能供电 18h 的独立蓄电池组或符合本篇第 3 章第 9 节规定的不间断电源（UPS）装置供应急状态使用者，则可除外。

（5）对现行《国际海上人命安全公约》所要求的消防泵之一（如为应急发电机供电者）供电

18h。

（6）对操舵装置，按本规范第 3 篇 13. 1. 8 要求需由应急电源供电者，应按该条的规定时间供电。

（7）对具有“2 类航区”附加标志，且定期从事离岸不超过 20n mile 短程航行的船舶。如经 CCS 认为能达到同样的安全程度，则可同意比本条（2）～（5）款所规定 18h 为短的供电时间，但应不少于 12h。

2. 2. 3. 2　本节 2. 2. 1. 5 所要求的临时应急电源应具有足够的容量，至少应能对下列各项设备（如依靠电力进行工作时）供电 0. 5h：

（1）本节 2. 2. 3. 1（1）、（2）所要求的照明和本节 2. 2. 3. 1（3）①所要求的航行灯和其他号灯。但对机器处所、服务和起居处所内所需的应急照明，可以设置固定装设、单独、自动充电并以继电器控制的蓄电池灯；

（2）本节 2. 2. 3. 1（4）中①、③和④项所述设备，如具有装设于适当位置，可供应急状态使用，且足以按规定时间供电的独立蓄电池组供电者，则可除外。

2. 2. 4　港内停泊时使用的应急发电机

2. 2. 4. 1　如符合下列要求，则应急发电机可在船舶停泊港内期间向主电网供电：

（1）为防止发电机及其原动机过载，应设有能卸除足够非应急负载的装置，以确保发电机组的安全运行。

（2）原动机应配置用于主发电机原动机和无人看管要求的燃油滤器、润滑油滤器、监视设备和保护设备。

（3）原动机的燃油供应柜应有适当的容量并设有低位报警，该低位报警应设定在对应于足够在本节 2. 2. 2 或 2. 2. 3 规定的供电时间内进行应急操作所需燃油量的液位上报警。

（4）原动机应按连续工作定额设计和制造，并应按经 CCS 审核的计划保养系统的规定确保其随时可用，以及能在海上发生紧急情况时起到其自身的作用。

（5）在应急发电机组和应急配电板的所在位置应装设火灾探测器。

（6）应设有能迅速地转换至应急运行的转换装置。

（7）为在港内使用应急发电机而附加的控制、监视和供电电路的布置和保护，应使其任何电气故障都不会对主设备和应急设备的运行产生影响。为安全操作，必要时应在应急配电板上设有隔离这些电路的开关。

（8）船上应备有包括所要求的燃油柜液位、港口 / 海上模式转换装置的位置和通风口在内的操作说明书，以确保船舶在航行途中用于应急发电机组和应急配电板独立应急操作的所有阀门、开关等处在正确的位置上。该操作说明书应张贴在应急发电机室内。

第 3 节　外 来 电 源

2. 3. 1　接岸电

2. 3. 1. 1　如船上的设备需由岸电或其他外来电源供电，则应在船上便于连接来自外部电源软电缆的适当地方设置一符合本篇 3. 3. 2. 12 规定的岸电箱。在岸电箱与主配电板或应急配电板间应以固定敷设并具有足够定额的电缆相连。

2. 3. 1. 2　当岸电或 / 和船电系统为中性点接地的交流三相系统时，则应设有将船体与岸地相连接的设施。当船电系统为以船体作回路的直流系统时，应将岸电的负极接于船体。

2. 3. 1. 3　在主配电板或应急配电板上应设有岸电指示器，以指示岸电电缆已经通电。

第4节　供电与配电

2.4.1　供电与配电系统

2.4.1.1　可采用下列配电系统：

（1）直流：

双线绝缘系统；

负极接地的双线系统；

利用船体作负极回路的单线系统。

（2）交流单相：

双线绝缘系统；

一线接地的双线系统；

一线利用船体作回路的单线系统。

（3）交流三相：

三线绝缘系统；

中性点接地的四线系统；

利用船体作为中性线回路的三线系统。

如采用上述以外的配电系统，应经CCS特殊同意。

2.4.1.2　高压系统的供电和配电系统见本篇2.14.2.1的规定。

2.4.1.3　散装运载闪点（闭杯试验）不超过60℃的原油和石油产品的船舶，其配电系统见本篇2.16.2.1的规定。

2.4.2　绝缘配电系统

2.4.2.1　在绝缘配电系统中，发电机的中性点不应连接在一起。

2.4.2.2　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，且能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。

2.4.3　接地和船体回路配电系统

2.4.3.1　1600总吨及以上船舶的动力、电热和照明配电系统，均不应采用利用船体作回路的配电系统。但并不排除用于下列情况：

（1）外加电流型阴极保护系统；

（2）有限的和局部的接地系统，如由此可能产生的任何电流并不直接流过任何危险区；

（3）在最不利条件下循环电流不超过30mA的绝缘电阻监测设备。

2.4.3.2　当采用船体作回路的配电系统时，所有最后分路的所有极或相均应是绝缘的，其船体回路导体应连接至相应分配电板中的绝缘汇流排，该汇流排应与船体连接。

2.4.3.3　高压系统中的接地配电系统应符合本篇2.14.2.1的有关规定。

2.4.3.4　在利用船体作回路的配电系统中，与船体相连接地线的截面积应与绝缘敷设极或相的导线相同，并不应用裸线。

2.4.3.5　设备的外壳及其安装螺栓均不应作为回路导体，或者作连接该回路导体用。

2.4.3.6　用于平时不载流的工作接地线，其截面积应为载流导线的截面积的1/2，但应不小于1.5mm^2。

2.4.3.7　接地配电系统的系统接地应与电气设备的平时不带电部分的接地分开。

2.4.4　供电电压与频率

2.4.4.1　直流和交流配电系统的最高供电电压应不超过表2.4.4.1的规定。

配电系统的最高供电电压　　**表2.4.4.1**

序号	用　　途	最高电压（V）
1	固定安装、连接于固定布线的电力设备	15000
2	（1）固定安装并连接于固定布线的电力设备、电炊设备和除室内取暖器以外的电热设备。 （2）固定安装的电力设备和除室内取暖器以外的电热设备，由于使用上的原因需用软电缆连接者，例如可移动的起重机等。 （3）以软电缆与插座连接，运行中不需手握持，并以截面积符合本篇1.3.4.5要求的连续接地导体接地的可移动设备，例如电焊变压器等	1000
3	（1）居住舱室内的照明设备、取暖器。 （2）向下列设备供电的插座： ① 具有双重绝缘的设备； ② 以符合本篇1.3.4.5要求的连续接地导体接地的设备	250
4	人特别容易触电的场所，例如：特别狭窄，潮湿处所中的插座： （1）无论是否使用隔离变压器供电。 （2）由只供1个用电设备的安全隔离变压器供电。 这些插座系统的两根导线均应对地绝缘	50 250

注：电压为500V以上配电系统的控制电压见本节2.4.4.2的规定。

2.4.4.2　500V以上的配电系统，除电压不高于1000V配电系统中所有控制设备均封闭在相应的控制柜内者外，其控制电压均应不高于250V。

2.4.4.3　交流配电系统的标准频率为50Hz或60Hz。

2.4.5　负载的平衡

2.4.5.1　对交流三线或四线系统，应在最后分路上将用电设备加以组合，以便在正常情况下，使各相负载在分配电板、区配电板以及主配电板处尽可能平衡在其各自额定负载的15%以内。

2.4.6　需用系数

2.4.6.1　供电给2个或2个以上最后分路的电路，其电流定额可以根据总负载乘以一个合理的需用系数来确定。当在区配电板或分配电板上留有备用线路时，则采用需用系数之前，应将增添负载所留的余量加到总负载中去。

2.4.6.2　在计算电缆的截面积、开关设备和熔断器的定额时，可以应用需用系数。

2.4.6.3　起货机电路的需用系数，可根据制造厂以及制造厂与购货方之间商定的资料确定，如缺乏确切的资料，则可应用表2.4.6.3中所提供的需用系数。

需 用 系 数　　**表2.4.6.3**

<table>
<tr><td rowspan="2">电动机台数</td><td colspan="2">应提供的电流定额</td></tr>
<tr><td>各电动机容量相同时</td><td>各电动机容量不相同时</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">电动机总额定电流的100%</td></tr>
<tr><td>3</td><td>电动机总额定电流的67%</td><td rowspan="3">最大电动机额定电流的100%+其余每台电动机额定电流的50%</td></tr>
<tr><td>4</td><td>电动机总额定电流的62%</td></tr>
<tr><td>5</td><td>电动机总额定电流的60%</td></tr>
<tr><td>6或更多</td><td colspan="2">电动机总额定电流的58%</td></tr>
</table>

2.4.6.4　冷藏集装箱插座电路的需用系数另见本规范第 5 篇第 4 章的有关规定。

2.4.7　重要设备供电

2.4.7.1　除另有明文规定者外，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。

2.4.8　无线电设备与航行设备的供电

2.4.8.1　《国际海上人命安全公约》第 IV 章要求的无线电设备（以下简称无线电设备）和第 V 章要求的电气 / 电子航行设备（以下简称航行设备）的供电，应符合 2.4.8.2 ~ 2.4.8.5 的规定。

2.4.8.2　无线电设备分配电板应与航行设备分配电板相互独立。

2.4.8.3　无线电设备分配电板和需由应急电源供电的航行设备分配电板，均应由主配电板和应急配电板设独立馈电线供电，并应在每一分配电板上设有主电源与应急电源之间的转换器具。这一转换一般应能自动进行。无线电设备分配电板的供电发生任何故障，则应在驾驶室发出视觉和听觉报警信号。

2.4.8.4　每一用电设备应由各自的分配电板设独立最后分路供电。

2.4.8.5　还应配备 1 个或多个独立于船舶推进动力和船舶电力系统的备用电源，在船舶主电源和应急电源发生故障时向无线电设备供电，以便进行遇险和安全通信。该备用电源的容量应足以同时向下列设备供电 1h：

（1）甚高频无线电装置；

（2）中频无线电装置或船舶地面站或中频 / 高频无线电装置；

（3）操纵无线电设备的无线电控制台适当的照明设备。

2.4.9　辅助机械电动机等设备供电

2.4.9.1　除上述供电要求以外，辅助机械电动机、照明设备、航行灯、船内通信系统以及乘员与船舶安全系统等的供电，应符合本章相应节的要求。

2.4.10　插座

2.4.10.1　供一般可携设备用的插座应符合本篇表 2.4.4.1 中序号 3 和序号 4 的规定。

2.4.10.2　不同电压和 / 或不同频率配电系统中的插座，应使用不可互换的插头和插座连接。

2.4.10.3　在机器处所内花钢板以下、围蔽的燃油和润滑油分离机室内不准安装插座。

2.4.10.4　如必须在货舱中安装插座，则应安装在能防止机械损伤之处。

2.4.10.5　冷藏集装箱用插座另见本规范第 5 篇第 4 章的有关规定。

2.4.10.6　用于电力电路并且额定电流大于 16A（交流）或 10A（直流）的插座，应具有联锁功能，以确保当插座有电时，不能插入 / 拔出插头。

2.4.11　变压器并联供电

2.4.11.1　并联运行的变压器应符合下列要求：

（1）变压器绕组的联接组应该相同；

（2）变压器应有相同的额定电压比（偏差在允许范围内）；

（3）变压器应有相同的阻抗电压（相互之间阻抗电压的比值应在 0.9 ~ 1.1 的范围以内）；

（4）当多台变压器并联运行时，该组中最小变压器额定容量应不小于并联运行中最大变压器额定容量的 50%。

2.4.12　原动机的安全、控制和报警系统供电

2.4.12.1　本条原动机系指驱动构成主电源的发电机的柴油机、燃气轮机和汽轮机等。

2.4.12.2　原动机的安全、控制和报警系统应由2个独立电源供电，其供电电源和布线应保证在出现单一故障时，能满足本章2.1.1.1（2）的要求。

2.4.13　柴油机电控系统供电

2.4.13.1　柴油机电控系统的供电应满足第3篇第9章附录2第2.2.4的要求。

第5节　系统保护

2.5.1　一般要求

2.5.1.1　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。各保护电器的性能及其布置应能提供完善协调的自动保护，以保证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，消除故障的影响，从而减少对系统的损害和发生火灾的危险。

在下述保护电器间应能提供协调的保护：

（1）主发电机保护电器、主汇流排分段断路器（如设有脱扣器时）、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）除本节2.5.3.6另有规定者外，对含有重要设备的分配电板，其馈电保护电器和分配电板分支电路保护电器之间；

（3）应急发电机、应急汇流排上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和应急汇流排上引出馈电线保护电器之间。

2.5.1.2　在配电系统的每一不接地的极或相上均应设有短路保护。

2.5.1.3　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。

2.5.1.4　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。

2.5.2　短路电流计算

2.5.2.1　在计算最大预期短路电流时，应考虑到：

（1）满足最大需要功率的可能并联连接的所有发电机；

（2）需同时运行的所有电动机。

2.5.2.2　必要时，应对交流系统短路回路的预期短路功率因数进行计算，如该计算值小于与所选用的开关电器的接通或分断能力相对应的功率因数的规定值时，则其分断能力应相应地减小。

2.5.2.3　短路计算应参照本篇附录1《电力系统的短路计算》，或CCS接受的其他计算方法进行。

2.5.2.4　一般应计算下列各处的短路电流：

（1）发电机输出端短路；

（2）主汇流排短路；

（3）应急配电板、区配电板以及分配电板的汇流排短路；

（4）电力和照明变压器次级短路。

此外，为判断保护电器动作的选择性，必要时还应进行单台最小发电机供电情况下，被保护电路

末端短路情况下短路电流的计算。

2.5.3　短路保护电器的选择

2.5.3.1　应采用熔断器或断路器作短路保护。

2.5.3.2　除本节 2.5.3.3 和 2.5.3.5 另有规定外，作短路保护的电器的短路分断能力应符合下列要求：

（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；对于交流系统，其额定短路分断能力应不低于其安装点的预期对称短路电流（方均根值）；

（2）重要设备有关电路用断路器的额定运行短路分断能力（I_{cs}），应不低于其安装点所应分断的最大预期短路电流。对于交流系统，其额定运行短路分断能力应不低于其安装点的预期对称短路电流（方均根值）。

2.5.3.3　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。对于交流系统，其额定短时耐受电流应不低于其安装点其触头分断瞬间的预期对称短路电流（方均根值）。

2.5.3.4　除本节 2.5.3.5 另有规定者外，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的预期短路电流的最大峰值。

2.5.3.5　如在发电机侧设有必需的额定短路通断能力的熔断器或断路器（但不是发电机断路器）作为后备，则可使用额定短路分断能力和 / 或额定短路接通能力低于其安装点最大预期短路电流的断路器。

该后备保护组合的短路性能应至少具备 CCS 接受的标准[①]对单个断路器的要求。该断路器应具有与该后备保护组合中负载侧断路器相同的使用类别，以及等于该组合电源端处最大预期短路电流的额定短路通断能力。

2.5.3.6　符合本节 2.5.3.5 规定的后备保护可以用于非重要设备电路和具有自动转换功能的双套重要设备电路。在非重要设备电路中，同一熔断器或断路器可作为一个以上断路器的后备保护。

2.5.3.7　可以使用熔断器接在负载侧的带熔断器断路器，但其提供后备保护的熔断器与断路器应设计成协调动作的，从而保证当它们承受会引起熔断器熔断的过电流的情况下，熔断器能在适当的时候熔断，以防止在断路器的极间或极与金属部件之间产生飞弧。

2.5.3.8　在确定对上述后备保护组合的短路性能要求时，可计及该组合中各元件的阻抗。例如当该组合中的负载侧断路器离开其后备保护熔断器或断路器较远时，可以计及它们之间的连接电缆的阻抗。

2.5.4　短路选择性保护

2.5.4.1　除本节 2.5.3.6 另有规定者外，重要设备电路的短路保护应是选择性保护，并应符合下列规定：

（1）在发生短路故障情况下，应保证仅限最接近故障点的保护电器动作切断故障电路；

（2）串联连接的保护电器的动作时间应仔细协调；

（3）在选择性保护所要求的时间内，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。

2.5.5　过载保护电器的选择

2.5.5.1　用作过载保护的断路器，应具有与其保护对象的过载能力以及系统的选择性要求相适应的脱扣特性（过电流—脱扣时间特性）。

① 参见 IEC60947-2 号出版物《低压开关设备和控制设备　第 2 篇　断路器》。

2.5.5.2　等于及小于320A的熔断器，如具有合适的特性可用作过载保护，但200A以上时，推荐采用断路器或与它相类似的设备作过载保护。

2.5.6　发电机的保护

2.5.6.1　应采用能同时分断所有绝缘极的断路器作发电机的过载和短路保护，其过载保护应与发电机的热容量相适应。并应满足下列要求：

（1）过载10% ~ 50%，经少于2min的延时断路器应分断，建议整定在发电机额定电流的125% ~ 135%，延时15 ~ 30s断路器分断；

（2）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应分断。

断路器的短延时脱扣器建议按下列规定进行整定：始动值为发电机额定电流的200% ~ 250%，延时时间：直流最长为0.2s，交流最长为0.6s；

（3）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。

2.5.6.2　单机容量小于50kW（或kVA）且不并联运行的发电机，可以一多极联动开关，并在每一绝缘极上设一熔断器作保护。

2.5.6.3　容量为1500kVA或以上的发电机应配备一合适的保护装置或系统，以能在发电机内部或发电机至其断路器之间的供电电缆发生短路的情况下，使发电机灭磁并使其断路器分断。

2.5.6.4　并联运行的交流发电机应设有延时3 ~ 10s动作的逆功率保护。并联运行的直流发电机应设在瞬时或经短暂延时（少于1s）动作的逆电流保护。并联运行的发电机的逆功率（或逆电流）值按原动机的类型不同可整定为：

（1）原动机为柴油机：发电机额定功率（电流）的8% ~ 15%；

（2）原动机为涡轮机：发电机额定功率（电流）的2% ~ 6%。

当供电电压下降至额定电压的50%时，逆功率或逆电流保护不应失效，但其动作值可以有所改变。

逆电流保护，应适当考虑由船舶电网例如起货机所产生的逆电流。

如有均压线，则逆电流保护应设在直流发电机的正极。

2.5.6.5　并联运行的发电机应设有欠电压保护并能满足下列要求：

（1）用于避免发电机不发电情况下闭合断路器时应瞬时动作；

（2）当电压降低至额定电压的70% ~ 35%时，应经系统选择性保护要求的延时后动作。

2.5.6.6　并联运行的直流涡轮发电机组中的涡轮机的超速限制器动作时，应能同时切断发电机的断路器。

2.5.6.7　在发电机转速显著下降的情况下，发电机保护电器应仍保持有效。

2.5.7　自动卸载

2.5.7.1　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障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。

2.5.8　电力和照明变压器的保护

2.5.8.1　电力和照明变压器的初级电路，应以多极断路器或熔断器作短路保护和过载保护。过载保护也可设在次级电路中。

2.5.8.2　并联运行变压器的次级电路应设有隔离措施，作此用途的开关或断路器应能承受冲击电流。

2.5.9　馈电线路的保护

2.5.9.1　每一馈电线路应以同时分断所有绝缘极的多极断路器或多极开关加熔断器作过载和短路保护，临时应急照明馈电线路可仅用熔断器。

2.5.9.2　当采用多极开关加熔断器作过载和短路保护时，应满足下列要求：

（1）主配电板引出的馈电分路上的熔断器，应设于汇流排与开关之间；

（2）分配电板引出的等于及小于60A的最后分路，且由它供电的用电设备可在它的附近关闭时，则可免设开关。

2.5.9.3　供电给具有独立过载保护的用电设备（例如电动机）的线路可仅设短路保护。

2.5.9.4　操舵装置馈电线路的保护应符合本规范第3篇13.1.9.2的规定。

2.5.9.5　岸电箱至主配电板间的固定敷设连接电缆，应以断路器或开关加熔断器进行保护。此项保护应设于岸电箱中。

2.5.9.6　一般情况下由主配电板供电给应急配电板的互连馈线，应在主配电板上设有过载和短路保护。如可反向供电时，则还应在应急配电板上至少设有该馈线的短路保护。

2.5.10　电动机的保护

2.5.10.1　额定功率等于或大于0.5kW和所有重要设备电动机，均应设有独立的过载、短路保护以及符合本节2.5.10.6要求的欠电压保护。

电动机及其专用馈电电缆可采用公共的短路保护。

2.5.10.2　舵机电动机的保护应符合本规范第3篇13.1.9.2的规定。

2.5.10.3　保护电器应设计成允许在正常使用条件下电动机在正常加速期间的电流通过。当电动机的过载保护电器的时间—电流特性与电动机的起动周期不相适应时，则在电动机加速过程中，可允许过载保护有短暂的失效，但短路保护仍应保持有效。

2.5.10.4　对连续工作制的电动机的保护电器，应保证电动机在过载情况下有可靠热保护的延时特性，其最大持续电流，应不超过被保护电动机额定电流的125%。

2.5.10.5　断续工作制电动机的保护电器的整定电流和延时特性，应在考虑实际使用情况后选定。

2.5.10.6　电动机应设有下述两者之一的欠电压保护：

（1）欠电压保护，在电压降低或失电时分断电路并防止电动机自动重新起动；

（2）欠电压释放，在电压降低或失电时分断电路，当电压恢复时电动机可重新自行起动，但应避免过大的电压降落或过大的冲击电流。

当电压在额定电压的85%以上时，保护电器应允许电动机起动。当电压低于额定电压的20%左右，且在额定频率下，保护电器应分断电路，同时在需要时应有一定的延时。

2.5.10.7　当多相电机采用熔断器保护时，应设置防止单相运转保护。

2.5.11　照明电路的保护

2.5.11.1　每一照明电路应设有过载和短路保护。

2.5.12　蓄电池的保护

2.5.12.1　蓄电池组（除内燃机的起动用蓄电池外）均应设有短路保护，其保护电器应尽可能靠近蓄电池组。

2.5.12.2　每一蓄电池充电器，应设有由于充电器电源电压的降低或丧失而导致蓄电池放电的合适的保护。

2.5.13　电表、指示灯和控制电路的保护

2.5.13.1　电压表、测量仪表的电压线圈、接地指示器、指示灯以及它们的连接导线应采用熔断器加以保护。但如满足下列所有条件时，则指示灯本身可以不设保护：

（1）指示灯与设备装在同一壳体内；

（2）指示灯从设备壳体内部电路供电；

（3）设备中保护电器的定额小于25A；

（4）指示灯电路的故障不会导致重要设备供电的失效。

2.5.13.2　控制和保护用电器及设备的电压线圈应采用熔断器进行保护。但如满足下列条件，则其本身可不设保护：

（1）线圈与设备在同一壳体内，且由一总的保护电器进行保护；

（2）线圈由设备的电路供电，且该电路的保护电器的定额小于25A。

2.5.14　电力半导体设备的保护

2.5.14.1　电力半导体设备应设有过载和短路保护。

第6节　辅助机械

2.6.1　一般要求

2.6.1.1　额定功率等于或大于0.5kW的电动机及所有重要设备的电动机，均应由独立的最后分路供电。

2.6.1.2　每台电动机均应设置有效的起动和停止装置，其位置一般在电动机旁，且应便于电动机管理人员的操纵。

2.6.1.3　额定功率等于或大于0.5kW的电动机及其控制装置，应设置能够把满负载从电源的所有带电电极上切断的装置。如这种控制装置是装在主配电板或其他配电板上，或者是邻近于这些配电板之处，则可以用这些配电板上的切断开关来切断上述负载的电源，否则应在控制装置箱内装设一个切断开关或者单独装设一个有封闭外壳的切断开关。

2.6.1.4　当起动器或用于切断电动机的任何其他电器装置远离电动机时，则应采取下列的任何一种措施：

（1）能够在“分断”位置上把电路锁定在断开状态的措施；

（2）在邻近电动机处装设一附加的切断开关；

（3）使安装在每一个带电极或相上的熔断器可以方便地由专职人员卸除和保管。

2.6.1.5　如采用公共起动系统（即以一套起动器逐个起动多台电动机）时，此系统中每台电动机均应配备欠电压保护、过电流保护、切断设施和运转指示器，其有效程度应不低于每台电动机单独使用1套起动器时的要求。如起动系统属于自动类型，则应另备适当的手动操作设施。如此项起动器是用于重要用途的电动机，则其起动部分应为双套，且应设置转换设施，当其中1套发生故障时，能立即进行转换。

2.6.1.6　用改变励磁进行调速的电动机，应设有在全励磁的情况下才能起动的装置。

2.6.1.7　电动机的欠电压、过载及短路等保护应符合本篇第2章第5节有关规定。

2.6.2　操舵装置

2.6.2.1　电动或电动液压操舵装置应符合本规范第3篇第13章的有关规定。

2.6.3　固定式潜水舱底泵

2.6.3.1　固定式潜水舱底泵的电动机应接于应急配电板。馈电电缆应从电动机的接线端连续敷

设至舱壁甲板以上。

电缆应具有不透性的护套和铠装。电缆及其端头应能承受与舱壁甲板高度相等的水柱压力。

2.6.3.2　在任何情况下固定式潜水舱底泵应能自舱壁甲板以上进行起动。如固定式潜水舱底泵的电动机附近另有“起动”、“停止”按钮时，则应保证在舱壁甲板以上还能将该“起动”、“停止”按钮的所有控制线路切断。

2.6.3.3　固定式潜水舱底泵的电源，还应符合本规范第 3 篇第 3 章第 5 节有关规定。

2.6.4　甲板机械

2.6.4.1　电动甲板机械的电磁制动器，应附有人工释放装置。

2.6.4.2　锚机、绞缆机的电动机，如技术条件中未作特殊要求时，其工作定额应不小于 30min。

2.6.4.3　吊艇机电力拖动装置应设有当艇回复至原位时的限位开关。

2.6.4.4　吊艇机电力拖动装置应与手动装置以及手动制动器相联锁。

2.6.5　消防设备

2.6.5.1　消防泵和固定式应急消防泵的电动机的供电，应符合本篇的有关规定。

2.6.5.2　消防自动喷水系统和水雾灭火系统的供电，应符合《国际消防安全系统规则》的有关规定。

2.6.6　风机和油泵的切断

2.6.6.1　起居处所、服务处所、货物处所和控制站的动力通风，应能从其所服务的处所外面易于到达的位置将其停止。此位置应在其所服务的处所失火时不易被隔断。

厨房排气管道的抽风机应能在厨房内将其停止。

2.6.6.2　机器处所风机和油泵的切断：

（1）服务于机器处所的动力通风的停止应集中在两个位于服务处所外部的位置上进行，其中之一应位于邻近于这种处所的并易于到达之处，且应在其所服务的处所失火时不易被隔断。

机器处所动力通风的停止设备应与其他处所的通风停止设备完全分开。

（2）应设有停止强力送风和抽风机、燃油驳运泵、燃油装置用泵、润滑油供应泵、热油循环泵和油分离器（净油器）的控制设备。除油分离器外，该控制设备应位于各有关处所的外部，从而不会在其所服务的处所失火时被隔断。

2.6.6.3　对客船的附加要求：

（1)对于客船,本节 2.6.6.2 所要求的控制设备应位于一个控制位置或者集中在尽可能少的位置上，这些位置均应具有通往开敞甲板上的安全通道。

（2）对于载客超过 36 人的客船，除机器处所和货物处所的通风以及本规范第 6 篇另有规定之外，其动力通风应设有集中控制设备，以便在两个尽可能远离位置均可停止所有通风机。

服务于货物处所动力通风系统的风机，应能从该处所外的安全位置将其停止。

2.6.7　液货船上的货物和压载综合系统

2.6.7.1　以下要求适用于液货船上安装的货物和压载综合系统。

2.6.7.2　货物和压载综合系统系指任何用于同时驱动货物和压载泵（包括主动的控制系统和安全系统，不包括被动部件，如：管系）的液压和 / 或电气综合系统。

2.6.7.3　在某些应急情况下或在航行途中，为增强液货船的安全，可能有必要操作货物和 / 或压载系统，所以应采取措施，防止由于货物和压载综合系统（包括其控制和安全系统）的单个故障造成货泵和压载泵同时失效。

2.6.7.4　货物和压载综合系统应具有下列特性：

（1）货物和压载系统的应急停车电路应与控制系统的电路独立。控制系统电路或应急停车电路中的单个故障，不应造成整个货物和压载综合系统的失效；

（2）货泵的应急手动停止应布置成不会引起动力单元的停止，以至于造成压载泵的失效；

（3）控制系统应具有备用电源，可要求由主配电板提供两路供电来满足。当任何一路电源发生故障时，应在货物和压载综合系统的每一控制板的安装位置发出听觉和视觉报警；

（4）在自动或遥控系统故障的情况下，应能采用第2种控制方法操作货物和压载综合系统。这一要求可通过设置手动越控和/或冗余的控制系统来实现。

2.6.8　渡船车辆跳板的控制系统

2.6.8.1　车辆跳板控制站的位置应使操作人员能观察到跳板的运动状态。

2.6.8.2　控制系统发生电力故障时应发出声光报警，同时跳板应自动保持在位。当供电恢复时，操纵机构应复位后才能继续进行操作。

2.6.8.3　控制站应设有跳板状态的指示器。

2.6.8.4　应设有在下述情况下使控制和驱动线路不能动作的措施：

（1）任何遮盖物未取下；

（2）如有车辆围栏，而未关闭。

2.6.8.5　跳板在运行时应在跳板旁醒目位置发出连续的听觉和视觉指示。

2.6.8.6　跳板由可伸缩的锁紧装置固定时，应设有在锁紧装置合上时确保动力不中断的设施，以及在锁紧装置未脱开前不可能降落。

2.6.8.7　除尾门外，如另设有由码头边出入的跳板，在尾门开启或关闭前，跳板相对于水平的角度应小于10°。

2.6.8.8　出入的跳板在工作时与水平的最大倾斜应不大于预定角度，如超过所允许的预定角度时，则应发出声光报警。

2.6.8.9　如设置遥控锁紧装置时，则应设有在锁紧控制或锁住机构失效时的锁紧跳板的替代设施。

第7节　照明与航行灯

2.7.1　一般要求

2.7.1.1　安装在货舱、外走道及其他易受机械损伤处所的灯具应有坚固的保护栅。

安装在振动较大处所的灯具应采取减振措施。

直接固定在木板或其他易燃材料上的灯具，应采取防火隔热措施。

2.7.1.2　行李舱、邮件舱、粮食舱、冷藏舱及其他类似舱室的照明开关不应设在室内。

潮湿处所及有爆炸危险处所，其照明开关应能切断所有绝缘极。

行李舱、邮件舱、粮食舱、冷藏舱的照明在开关处，应装有接通指示灯。

2.7.1.3　邻近工作电压高于250V放电灯的处所和其他必要的地方，应设置提醒人们注意的“高压危险”的警告标志。

2.7.2　供电、控制等

2.7.2.1　照明分配电板每一容量大于16A的最后分路的供电灯点应不超过1个。每一容量小于或等于16A的最后分路的供电灯点数应不超过：

对于55V及55V以下的电路　10点；

对于 56 ~ 120V 电路　14 点；

对于 121 ~ 250V 电路　24 点。

供电给灯头紧贴成簇的檐板照明、壁灯、电标志等最后分路，如其最大工作电流不超过 10A，所供应的灯点可不受限制。

照明电路的最后分路不应向电热及电力设备供电，但对于小型的厨房设备（如面包片烘烤器、小搅拌器、咖啡壶）、小型的电动机（如台扇、舱室电扇、电冰箱）、衣橱加热器和类似用具可以除外。

2. 7. 2. 2　主机舱、除主机舱外的大型机器处所、大型厨房、通道（包括出入口）、通向艇甲板的梯道、公共处所以及旅客超过 16 人的客舱等处所的照明，至少应由照明用的两个最后分路供电，其中之一可为应急照明最后分路。当其中任何一路不能供电时，另一路仍应能保持上述处所必要的照明。主机舱及炉舱的照明灯点应交错布置。

在机器处所内，凡燃油系统压力超过 0. 18MPa 燃油加热装置处应有足够的照明，以便于及时发现缺陷和泄漏。在 A 类机器处所以及当实际可行时在其他机器处所，压力润滑系统的滑油储藏、分配及使用等设施至少亦应具有同样足够的照明。

2. 7. 2. 3　每一主竖防火区至少需有两路独立照明的馈电线，其中一路可为应急照明馈电线。

2. 7. 2. 4　货舱内固定照明的控制，应由位于货舱以外适当位置的能切断所有绝缘极的开关完成，并应装有电源接通指示灯。

2. 7. 2. 5　船上各种场所所安装的照明灯具，其防护等级应符合本篇表 1. 3. 2. 2 的要求。对某些有特殊要求的场所，其照明开关应按本节 2. 7. 1. 2 的规定进行安装。

2. 7. 2. 6　照明电路应按本章 2. 5. 11. 1 设置保护。

2. 7. 2. 7　主照明系统应向全船供旅客或船员正常出入和使用的部位提供照明，并从主电源得到电源供应。

2. 7. 3　应急照明

2. 7. 3. 1　应急照明的布置和客滚船的附加应急照明应符合本章第 2 节的有关规定。

2. 7. 3. 2　在客船上，在包括梯道和出口在内的脱险通道全线（包括拐弯和叉路口处）距甲板高度不超过 0. 3m 处，应设置符合接受标准[①] 的灯光或光致发光条显示标志。该显示标志应使乘客能辨认出整个脱险通道并迅速识别出脱险通道出口。

如采用灯光，则应由应急电源供电（见本章 2. 2. 2. 1（1）③）。

2. 7. 3. 3　各种应急照明灯均应在灯具上有明显的标志，或在结构上与一般照明灯不同。

2. 7. 3. 4　在临时应急照明电路内不应装设就地开关。

2. 7. 3. 5　除驾驶室和救生艇、筏存放处舷外的应急照明灯外，在本章 2. 2. 2. 1（1）和 2. 2. 3. 1（2）规定处所的应急照明电路内不应装设就地开关。

2. 7. 3. 6　主照明系统和应急照明系统各自的电源、相关的变换设备（如设有时）、主或应急配电板和照明配电板（不包括区配电板和分配电板）不应安装在同一处所内，以使设有这些设备的任一处所发生火灾或其他事故时，两系统不致同时失效。

2. 7. 3. 7　在客船上，所有客舱均应设有辅助照明，以清楚地示明出口，使乘客能够找到通向门的通道。辅助照明可与应急电源相连，或在每一客舱中配备独立电源，在客舱正常照明断电时自动点亮，并延续至少 30min。

① 参见 IMO 通过的 A. 752（18）决议《客船上低位照明的鉴定、试验和应用指南》。

2.7.4　航行灯

2.7.4.1　每1盏航行灯均应由安装在驾驶室内易于接近位置上的航行灯控制箱引出的独立分路供电，而且应在这些分路的每个绝缘极上用安装在该控制箱内的开关和熔断器或断路器进行控制和保护。

2.7.4.2　航行灯控制箱应直接由主配电板和应急配电板供电；如按照本章第2节设置临时应急电源，航行灯控制箱应直接由应急配电板和临时应急充放电板供电。

2.7.4.3　应在航行灯控制箱上或驾驶室的适当位置设置转换开关，以能对本节2.7.4.2所要求的供电电源进行转换。

2.7.4.4　应设有在每1盏航行灯发生故障时能发出听觉和视觉报警信号的自动指示器，如采用与航行灯串联连接的灯光指示，则应有防止由于信号灯故障而导致航行灯熄灭的措施。并应设有航行灯控制箱电源故障的听觉和视觉报警。

2.7.4.5　航行灯控制箱可扩展至对《国际海上避碰规则》规定的信号灯供电，其他用电设备不应接入该控制箱。

第8节　船内通信系统

2.8.1　主机传令钟系统

2.8.1.1　自驾驶室至机器处所或机器控制室内通常控制螺旋桨转速和推力方向的位置（以下简称螺旋桨通常控制位置）之间，至少应设置两套相互独立的命令传送设施。其中之一应为符合本节2.8.1.2规定的主机传令钟系统。

2.8.1.2　主机传令钟系统应符合下列规定：

（1）发信器和收信器的控制器应有适当的安全保持措施，以防止其被无意地移动；

（2）应是个双向系统，由收信器发出的信号应同样立即在发信器上显示；

（3）在设有几个控制位置的情况下，已得到应答的命令应在所有控制位置上都有显示。如可用转换开关对控制位置进行选择时，则应设有表明那个控制位置正在使用的附加指示；

（4）发信器和收信器均应配备呼叫信号发生器，该信号发生器应自发送命令开始工作，直至得到正确应答为止。应在机舱内任何位置均能听到这一听觉信号，如有必要，还应附加视觉信号；

（5）在螺旋桨通常控制位置上应设有主机错向的听觉报警器；

（6）应由独立的最后分路供电，并在驾驶室内设有失电的听觉和视觉报警器。

2.8.1.3　本节2.8.1.1所要求的另一命令传送设施可为应急主机传令钟系统，其功能应符合本节2.8.1.2（1）和（2）的规定，并应由应急电源供电。

2.8.1.4　可设置一本节2.8.2.2（4）规定的电话系统代替应急主机传令钟系统。

2.8.2　重要电话系统

2.8.2.1　重要电话系统应保证在船舶各种工况下通话清晰。

2.8.2.2　下列处所之间应设有电话系统：

（1）驾驶室——机器控制室；

（2）驾驶室——舵机舱内操舵装置控制位置；

（3）驾驶室——无线电室：如不用电话就能通话，则不需设此电话；

（4）驾驶室——螺旋桨通常控制位置：如设有应急主机传令钟系统，则不需设此电话；

（5）驾驶室——螺旋桨各其他控制位置：如这些位置设有主机传令钟的复示器，则不需设此电话；

（6）机器控制室——螺旋桨各其他控制位置：如这些位置上设有主机传令钟的复示器，则不需设此电话。

2.8.2.3　本节2.8.2.2所列各项电话系统均应是单独直通线路，如果任何时候均能确保驾驶室能进行插入忙线通话，则可采用一共用电话系统。

2.8.2.4　本节2.8.2.3所述共用电话系统应是一独立系统，除供2.8.2.2所述处所通话外，仅允许向与船舶安全相关的处所提供通话，例如消防控制站、二氧化碳室和应急发电机室等。

2.8.2.5　凡安装在机舱（机器控制室除外）内的电话系统均应设有双向呼叫设备，并应设计成在主推进装置全功率运行情况下，机舱内的任何位置都能听到，还应附加上视觉信号。

2.8.2.6　在主电源失电情况下重要电话系统应仍能工作。

2.8.3　应急情况下的通信

2.8.3.1　在应急控制站、救生艇筏集合和登乘地点与驾驶室等要害位置之间，应设有能传送命令的相互通信系统。

2.8.3.2　该通信系统可由可携式设备或固定安装的设备组成，并应在主电源失电情况下仍能工作。

2.8.4　轮机员报警系统

2.8.4.1　应设有能由机舱或机器控制室操作的轮机员报警系统，并应能在轮机员起居处所清晰地听到。

2.8.4.2　听觉警报器可以集中安装在轮机员起居处所的走廊中，或者安装在各轮机员舱室和餐厅中。

如采用分散布置，则应能单一和集中地向轮机员发出报警。

第9节　船舶与乘员安全系统

2.9.1　通用紧急报警系统

2.9.1.1　为发出通用紧急报警信号，所有客船和500总吨及以上货船应设有一由船舶号笛或汽笛以及附加电铃或小型振膜电警笛或其他等效设备组成的通用紧急报警系统。

在客船上该报警信号应能分别向船员和乘客，以及同时向两者发出。

2.9.1.2　除船舶号笛或汽笛外，该报警系统应能自驾驶室和至少一个其他要害位置[①]进行操作，并应在被触发后一直保持报警状态，直至人工将其关闭或由于公共广播系统工作而暂时中断。对于客船，该报警系统还应能从安全中心进行操作。

2.9.1.3　当通用紧急报警系统在工作时，应自动关闭娱乐音响系统。

2.9.1.4　该报警系统应由专门的馈电线供电，在主电源失电后应能自动转换至应急电源供电。在客船上该报警系统还应由临时应急电源供电。

2.9.1.5　在全船所有起居处所、通常船员工作处所以及对客船还应包括开敞甲板上均能听到该报警信号。

在内外部处所中，该紧急报警的最小声压级应为80dB（A），并至少应高出船舶在中等气候条件下的正常设备运转情况下的环境噪声10dB（A）。在舱室内睡眠位置和浴室内的声压级应至少为75dB（A），并至少应高出环境噪声10dB（A）。

2.9.1.6　每一电铃或小型振膜电警笛或其他等效电气声响设备应设有独立的短路保护。

① 其他要害位置是指除驾驶室之外的，在紧急情况下可用于控制和激发通用紧急报警系统的地点，消防控制站或者货物控制室通常可被认为是要害位置。

2.9.2　公共广播系统

2.9.2.1　500总吨及以上货船均应设有符合下列要求的公共广播系统：

（1）应能从驾驶室和消防控制站等处所，向船员通常所在的所有处所以及集合站发送广播信息。

（2）应不需要接收者进行任何操作即可接收广播信息。

（3）应有防止未经许可使用的保护。

（4）放大器应有足够的输出功率，以使作广播紧急通告用的所有扬声器能同时工作。

（5）其布置应能防止音频反馈或其他干扰。

（6）当船舶在正常航行状态下航行时，广播紧急通告的声压级应不低于：

①内部处所75dB（A），并应至少高于语音干扰声压级20dB（A）；

②外部处所80dB（A），并应至少高于语音干扰声压级15dB（A）。

（7）应能由主电源和应急电源供电。

（8）如采用公共广播系统发出通用报警信号，并符合下列要求时，可不要求设置本节2.9.1要求的通用紧急报警系统：

①符合本节2.9.1的性能要求；

②至少设置两个放大器，并单独供电；

③扬声器电路应布置成即使一个放大器或一个扬声器电路发生故障，仍能维持报警信号的发送，但其强度可以有所减弱；

④当扬声器由内置音量控制器控制时，在发出报警信号时，音量控制应自动失效；

⑤能随时发出清晰的报警信号，其他同时发送的信号应自动中断；

⑥每一扬声器应设有独立的短路保护。

2.9.2.2　所有客船应设有符合下列要求的公共广播系统：

（1）应能从驾驶室和中央控制站等处所，同时向船员和乘客或两者通常所在的所有处所以及集合站发送广播信息，同时也应可以分别向船员和乘客发送广播信息。

（2）应符合本节2.9.2.1（2）~（6）的规定。

（3）在驾驶室的控制位置上应能切断本广播系统从其他位置上发出的任何广播。

（4）系统控制单元所在处所属《国际海上人命安全公约》第Ⅱ-2章定义的控制站，在每一这样的控制站均应具有下列应急功能控制：

①应急功能的清晰显示；

②任何其他输入系统或程序的自动越控；

③所有音量控制和开/关控制的自动越控，以使所有处所中均能获得要求的音量。

（5）至少应设有独立且分开的2个放大器，并独立供电。

（6）每一防火区应至少设有2个与各自放大器相连接的扬声器环路，其电缆并应在整个长度上都尽可能分开敷设。

（7）每一扬声器均应设有独立的短路保护。

（8）应能由主电源、应急电源和临时应急电源供电。

（9）如公共广播系统用来发出通用紧急报警信号，则还应符合本节2.9.1的要求。

2.9.3　灭火剂施放前报警

2.9.3.1　对任何滚装处所、载运整体式冷藏集装箱的货舱、经门或舱口盖进出的处所（普通货舱除外）和通常有人员工作或出入的其他被固定式气体灭火系统保护的处所，应设有施放灭火剂的听觉和视觉自动报警装置。报警持续时间应考虑撤离该处所所需的时间，应在灭火剂施放前至少工作20s。

2.9.3.2　被固定式高倍泡沫灭火系统保护的机器处所、货泵舱、车辆处所、滚装处所和特种处

所等处所内应设有施放灭火剂的听觉和视觉报警，以便在系统释放时能发出警告。报警持续时间应考虑撤离该处所所需的时间，应在灭火剂施放前至少工作20s。

2.9.3.3　上述报警系统应由应急电源供电。

2.9.4　升降机报警

2.9.4.1　具有内部控制器的升降机应设有一能从其轿厢内操作的应急听觉呼叫器，这一报警信号应传送至通常有人的位置。

2.9.4.2　该应急听觉呼叫器应独立于升降机的动力和控制电路，并应由应急电源供电。

2.9.5　冷藏处所关闭报警

2.9.5.1　如通向冷藏货舱和伙食冷藏库等冷藏处所的门不能从其内部开启，则应设有能从该处所内部触发误关报警，并将其传送至通常有人位置的设施。

2.9.6　探火和失火报警系统

2.9.6.1　探火和失火报警系统应符合现行《国际海上人命安全公约》第II-2章和《国际消防安全系统规则》第9章的有关规定。

2.9.6.2　探火和失火报警系统的电源应不少于两套，其中一套应为应急电源。该系统应由专用的独立馈电线供电，这些馈电线应接至位于或邻近于该系统控制板上的自动转换开关。主（应急）馈电线应从主（应急）配电板直接接至转换开关，而不通过任何其他分电箱。

2.9.6.3　自动转换开关的操作或电源的单一故障不应导致探火与失火报警系统性能降低。

2.9.6.4　如果电源瞬间丧失会导致探火与失火报警系统的性能降低，则应设置有足够容量的储备能源以确保电源转换过程中系统能够持续运行。

2.9.6.5　电源至自动转换开关的连接应布置成单一故障不会导致所有供给自动转换开关的电源失效。

2.9.6.6　探火与失火报警系统的应急电源也可以由蓄电池供给。当采用蓄电池供电时，其布置应满足下列要求：

（1）蓄电池应具有足够的容量，按照本章2.2.2或2.2.3对应急电源要求的时间，对探火与失火报警系统供电；

（2）充电装置应有足够的功率，以便恢复输入电源后，其在向探火和失火报警系统供电的同时，还能对蓄电池进行充电；

（3）蓄电池应位于合适的位置以供紧急情况下使用；

（4）馈电线应从蓄电池或蓄电池充放电板直接接至转换开关，而不通过任何其他分电箱。

2.9.7　防火门

2.9.7.1　现行《国际海上人命安全公约》第II-2章要求的防火门的动力、控制、指示和报警系统应由应急电源供电。

2.9.7.2　对客船，应在通常有人的控制站内设有每一遥控操作的防火门是“开启”还是“关闭”的指示器。

2.9.7.3　对客船，防火门的控制和指示系统应按故障安全原则设计，并具有人工复位的释放系统。该人工复位装置应能在防火门的两边都能进行操作。

2.9.8　客船上的水密门

2.9.8.1　动力操作滑动水密门的动力电路及其相关连的控制、指示和报警电路应直接由应急配电板，或者由位于舱壁甲板以上连接于应急配电板的专用配电板供电。

2.9.8.2　如开启和关闭水密门的操作设备中具有电动机，则除非设有独立的过渡性储备能源，当主电源或应急电源发生故障时，应能自动转换至临时应急电源供电。其容量应至少足够操作水密门3次，即关—开—关。

2.9.8.3　动力操作滑动水密门的操作系统或控制系统的单一电气故障，不应导致关闭着的门被开启，或者妨碍任何水密门的人工操作。

2.9.8.4　应在邻近水密门操作设备电路的某点进行供电的连续监视。任何断电故障均应在驾驶室的集控台上发出听觉和视觉报警。

2.9.8.5　电气动力、控制、指示和报警电路均应设有对发生的故障进行保护，以使一水密门电路中的故障不应导致任何其他水密门电路发生故障。一水密门报警或指示电路的短路或其他故障，不应导致该水密门的动力操作失效。其布置应保证水渗漏进位于舱壁甲板以下电气设备时不致使水密门开启。

2.9.8.6　必需安装在舱壁甲板以下的电气部件的外壳，应具有下列防浸水的防护等级：

（1）电动机、相关连的电路和控制部件：IPX7；

（2）门位置指示及相关连的电气部件：IPX8；

其水压试验应基于该部件所在位置可能出现的压力，浸水36h；

（3）门移动警告信号设备：IPX6。

2.9.8.7　包括电缆在内的水密门的电气控制设备，应尽可能靠近装设该水密门的舱壁安装，且应布置成在船舶遭受任何损坏时使其产生损坏的可能性减至最小。

2.9.8.8　每当遥控动力关闭水密门时，应发出一不同于该区域中其他报警的听觉报警信号，该报警信号应在水密门开始移动前至少5s，但不超过10s时发出，并持续至该门完全关闭为止。在乘客区域和噪声超过85dB（A）区域内的该项听觉报警还应加上一间断的视觉信号。

2.9.8.9　集控台应安放在驾驶室内，其上应设置一具有下列两种控制模式的“控制模式”开关：

（1）正常情况使用的“就地控制”模式，该模式可不使用自动关闭设备即能将任何水密门就地开启和就地关闭；

（2）应急状态下使用的“关闭门”模式，该模式能自动关闭任何一扇开启着的水密门，同时可就地开启任何门，而在脱开其就地控制机构后能将其自动再关闭。

2.9.8.10　驾驶室内的集控台上应设置一标有每扇水密门位置的略图。集控台和舱壁甲板以上的水密门手动操纵处应设有显示门是“开启”还是“关闭”的视觉指示器。应采用红灯表示门“完全开启”，绿灯表示“完全关闭”。当进行遥控关门时，应以闪烁的红灯表示“门正在关闭过程中”。

该指示电路应独立于每扇水密门的控制电路。

2.9.8.11　应不可能在集控台上遥控打开任何一扇水密门。

2.9.9　货船上的水密出入门和舱盖等

2.9.9.1　为确保在海上使用的内部开口的水密完整性而设置的滑动水密门，其操作、控制和指示应符合下列要求：

（1）应能在驾驶室遥控关闭，也能在舱壁的两侧就地操作；

（2）在控制位置上应设置表明门是开启或关闭着的指示器；

（3）在门关闭时应发出听觉和视觉报警信号；

（4）每一动力操作的门应有一独立的手动操作装置，并应能从门的任何一侧手动开启和关闭该门。

2.9.9.2　为保证内部开口的水密完整性在航行中关闭的出入口上的门和舱盖，应在其就地和驾驶室内设有显示这些门或舱盖是开启或关闭着的指示器。

2.9.9.3　所有通向在破损分析中假定为完整的且位于最终水线以下的舱室的外部开口，除货舱盖以外，均应在驾驶室设有表明其开启或关闭着的指示器。

2.9.9.4　在主电源失电的情况下，本节 2.9.9.1 所涉及的动力、控制、指示和听觉和视觉报警设备应仍能工作。

2.9.10　滚装船特种处所和滚装处所边界中的门

2.9.10.1　以下的要求适用于本规范第 2 篇第 9 章所定义的特种处所或滚装处所边界中的门，通过该门这些处所可能浸水。

对货船，如舷门和尾门无任何部分处在最高水线以下，且门的开口面积不大于 $6m^2$，则本节 2.9.10.2 至 2.9.10.5 的要求不适用。

2.9.10.2　在驾驶桥楼和每个操作控制屏上应设有独立的指示灯和听觉报警器，以显示门已关闭及其紧固和锁紧装置已处于适当的位置。

指示屏应具有试灯功能，且不应关闭指示灯。

2.9.10.3　指示系统应按故障安全原则设计[①]，并设计成：如门未完全关闭和未完全锁紧，以视觉报警显示；如锁紧装置变成开启或锁紧装置变成非锁紧，以听觉报警显示。指示系统的电源应独立于操作和关闭门的电源，且应设有备用电源，该备用电源可以是应急电源或其他的可靠电源（如 UPS）。

应对指示系统的传感器加以保护，以防来自水、结冰和机械的损伤。

2.9.10.4　在驾驶桥楼的指示屏上应设有“在港 / 在航”工况的选择功能，如船离港时首门、尾门或舷门等未关闭或任一紧固装置不在正确位置上时，则应在驾驶桥楼发出听觉报警。

2.9.10.5　对于舷门和尾门，客船应配备带听觉报警和电视监控的水渗漏探测系统[②]，以向驾驶桥楼和机舱控制室显示门的任何渗漏情况；货船应配备带听觉报警的水渗漏探测系统[②]，以向驾驶桥楼显示门的任何渗漏情况。

2.9.10.6　对于内门，应配备带听觉报警和电视监控的水渗漏探测系统[②]。以向驾驶桥楼和机舱控制室显示内门的任何渗漏情况。

2.9.10.7　在首门和内门之间应装设电视监控系统[②]，并在驾驶桥楼和机舱控制室内配置监视器。该系统用以监视门的位置及其足够数量的紧固装置。应对所监视物体的亮度和色彩对比度给以特殊考虑。

2.9.10.8　在首门和跳板之间的区域应设排水系统[②]，当不设置跳板时，则首门与内门之间区域应设排水系统[②]。该系统在驾驶桥楼应设有听觉报警功能，当区域内积水水位超过车辆甲板 0.5m 或高水位报警值（取小者）时发出警报。

2.9.10.9　客滚船在航行途中，应对特种处所和滚装处所进行不间断巡逻或通过有效途径（如电视监控）进行监控，以确保发现在恶劣天气下机动车辆的任何移动或乘客未经许可而进入上述处所的情况。

---

① 指示系统满足下列要求时，则可认为是按故障安全原则设计的：

a. 指示屏具有下列功能：

——电源故障报警；

——接地故障报警；

——指示灯试验；

——对门关闭、门锁紧、门未关闭和门未锁紧能分别进行指示。

b. 当门关闭时，电气限位开关应闭合（当设有多个限位开关时，可串联连接）。

c. 当紧固装置起作用时，电气限位开关应闭合（当设有多个限位开关时，可串联连接）。

d. 设两个电路（也可在一多芯电缆中），一个电路作为门关闭和未关闭指示，另一电路作为锁紧和未锁紧指示。

e. 当限位开关错位时，应指示：未关闭 / 未锁紧 / 紧固装置不在位（如适用时）。

② 系统应按照故障安全原则设计，见本节 2.9.10.3 脚注。

2.9.11　挖泥船和泥驳应急排泥设备的要求

2.9.11.1　按本规范第2篇第1章第13节勘划作业吃水标志的挖泥船和泥驳，应在驾驶室设有应急装置，以便于当主电源或主液压单元失效时，和/或正常控制系统发生单一故障时，进行排泥操作。

第10节　电热器具

2.10.1　一般要求

2.10.1.1　所有电取暖器应固定装设。

2.10.1.2　在有可燃气体和尘埃易于聚集的地方，不应装设电热器具。

2.10.1.3　电热器具的安装对甲板、舱壁或其他周围物品应不致产生过热的危险。

2.10.2　电热和电炊设备的控制及装设

2.10.2.1　每个电热器和电炊设备，应作为1个完整的单元用1个安装在其邻近的多极联动开关进行控制。对于舱室取暖器，则可采用单极开关。

2.10.3　电热器具的供电

2.10.3.1　每只电热器应分别接到1个独立的电热最后分路上。但数量不多于10只，且总的电流定额不超过16A的小型电热器可共同连接至1个独立的电热最后分路上。

第11节　蓄电池组

2.11.1　布置和安装

2.11.1.1　蓄电池组应安放在不受过热、过冷、溅水、蒸汽、其他损害其性能或加速其性能恶化影响的处所内。其安装应不致因其所产生的气体或电解液的泄漏，而导致人员遭受危险和设备遭受损坏。

2.11.1.2　蓄电池组应布置得易于接近，以便对其进行更换、检查、测试、注液和清洁。

2.11.1.3　蓄电池组不应安装在起居处所。但如充电时不会产生有害气体的气密蓄电池可以例外。

2.11.1.4　如蓄电池组有遭受机械损伤或下落物体的危险，则应有适当的防护措施。

2.11.1.5　充电功率[①]大于2kW的蓄电池组，应安放在专用舱室内或也可安放在开敞甲板上的箱或柜中。

2.11.1.6　充电功率为0.2kW至2kW的蓄电池组，应按本节2.11.1.5的规定安放，也可安放在适当处所内的箱或柜中，或者敞开安放在机器处所内通风良好的地方。

2.11.1.7　充电功率小于0.2kW的蓄电池组，可以安放在任何合适处所中的开敞位置上或者蓄电池箱内。

2.11.1.8　每只蓄电池周围间隙应大于20mm，并应用不吸潮、耐电解液腐蚀的绝缘材料楔隔、衬垫和固定，并采取防止漏出的电解液与船体接触的措施。

2.11.1.9　安放蓄电池的专用舱室、箱、柜及其通风管道等，凡可能经受电解液或电解液逸出气体引起腐蚀的表面均应有防腐蚀措施。

2.11.1.10　原动机起动蓄电池组应尽可能接近该原动机安装。

2.11.1.11　用作应急电源和临时应急电源的蓄电池组的安放位置应符合本篇2.2.1.2的规定。

2.11.1.12　在蓄电池室的门、箱和柜的外面应有禁止烟火的标志。

① 充电功率系指蓄电池组的标称电压乘最大充电电流值。

2.11.2　通风

2.11.2.1　蓄电池室、箱和柜均应通风，以避免可燃气体的危险积聚。

2.11.2.2　如需要的换气量较小，通风管道能从蓄电池室、箱或柜的顶部直接向上通至开敞空气，而通风管的任何部分与铅垂线的夹角均不大于45°，则可以采用自然通风。

2.11.2.3　蓄电池室采用自然通风时，进风风管的截面积应和出风风管的截面积相等，截面积A，应不小于：

（1）透气型蓄电池：

$$A=\frac{50\times U_n\times Q\times n}{1000}\qquad \mathrm{cm}^2$$

（2）阀控密封型蓄电池：

$$A=\frac{20\times U_n\times Q\times n}{1000}\qquad \mathrm{cm}^2$$

上述两式中：U_n——蓄电池标称电压，V；

Q——蓄电池容量，Ah；

n——蓄电池数量，只。

2.11.2.4　安装透气型蓄电池组的专用舱室、箱或柜，如蓄电池组的总充电功率大于2kW，则应设有机械通风装置。

2.11.2.5　除安放在开敞甲板上或本节2.11.1.6和2.11.1.7规定的处所内的箱、柜以外，蓄电池室、箱或柜的通风系统应独立于其他通风系统。其排气管道应通向能安全稀释可燃气体且无点燃源之处，其进风口应开向可燃气体可能积聚之处。其出风口应设在顶部，进风口应设在底部，并有防止水和火焰进入的措施。

2.11.2.6　蓄电池室、箱或柜的机械通风装置，应有防止通风叶片偶然与机壳发生摩擦产生火花的措施。非金属的通风叶片应用抗静电材料制成。

2.11.2.7　除通风口外，蓄电池室的其他开孔均应作有效封闭，以防止爆炸性气体进入邻近舱室。

2.11.2.8　装有透气型蓄电池组的室、箱或柜通风装置的排气量Q应不少于：

$$Q = 0.11\ In\qquad \mathrm{m}^3/\mathrm{h}$$

式中：I——产生气体期间的最大充电电流，但不小于充电设备能够输出的最大充电电流的25%，A；

n——蓄电池数量，只。

2.11.2.9　装有阀控密封型蓄电池的室、箱或柜的排气量可减少至本节2.11.2.8规定排气量的25%。

2.11.3　充电设备

2.11.3.1　所有蓄电池组均应设有充电设备。按使用要求，该充电设备应能将蓄电池组从完全放电状态开始在不超过10h的时间内充至额定容量。

2.11.3.2　应设有控制和监视蓄电池组充电的适当措施，以及本篇2.5.12.2规定的保护。

2.11.3.3　对浮充电路或在充电期间负载连接至蓄电池组的其他情况，最大蓄电池电压应不超过与其连接设备的安全值。

2.11.4　电气设备

2.11.4.1　在蓄电池室内应避免安装电气设备。如必需安装时，应选用符合本篇1.3.3.3规定的防爆电气设备。

2.11.5　蓄电池组型式、位置和维护周期记录

2.11.5.1　对用于重要设备和应急设备的蓄电池组，应制定一记录表并保持更新。该记录表应经

CCS 现场验船师审核，并至少应包括蓄电池组的下列信息：

—— 型式和制造厂的型号；

—— 电压和安时定额；

—— 安放位置；

—— 所服务的设备和 / 或系统；

—— 维护 / 更换周期；

—— 上一次维护和 / 或更换日期；

—— 贮存中的更换蓄电池的制造日期和贮存寿命。

2. 11. 5. 2　应提出一更换蓄电池的程序，以保证在更换蓄电池时，所更换者均为具有等效性能的蓄电池。

2. 11. 5. 3　如将阀控密封型蓄电池更换成透气型蓄电池，则应保证有本节 2. 11. 2. 4 和 2. 11. 2. 8 要求的适当通风，其位置和安装应符合本节 2. 11. 1 的有关要求。

2. 11. 5. 4　上述经验船师审核的详细记录表和程序，应纳入到船舶安全管理体系中。

第 12 节　电　　缆

2. 12. 1　一般要求

2. 12. 1. 1　电缆的选择应根据敷设场所的环境条件、敷设方法、电流定额、工作定额、需用系数和允许电压降等因素来确定。

2. 12. 1. 2　任何电缆的额定电压应不低于它所在电路的额定电压。

2. 12. 1. 3　可携式电气设备应采用移动软电缆。

2. 12. 1. 4　在非接地系统中使用的电缆，应具有合适的定额以便能承受在发生故障时施加在电缆绝缘上的附加应力。

2. 12. 2　绝缘材料和电压等级的选择

2. 12. 2. 1　绝缘材料的最高工作温度，至少应比电缆安装场所可能存在的最高环境温度高 10℃。

2. 12. 2. 2　电缆绝缘材料一般应根据表 2. 12. 2. 2 来选用。如选用其他绝缘材料应符合 IEC60092 系列出版物的规定。

绝缘材料及其最高工作温度　　**表 2. 12. 2. 2**

绝缘材料		缩写	导体最高工作温度（℃）	
			正常工作	短路
热塑性复合物①	聚氯乙烯　氯乙烯与醋酸乙烯的共聚体	PVC	70	150
弹性或热固性复合物	乙丙橡胶	EPR	90	250
	高模量或硬质乙丙橡胶	HEPR	90	250
	交联聚乙烯	XLPE	90	250
	硅橡胶③	S95	95	350②
	无卤乙丙橡胶	HF EPR	90	250
	高模量或硬质无卤乙丙橡胶	HF HEPR	90	250
	无卤交联聚乙烯	HF XLPE	90	250
	无卤硅橡胶	HF S95	95	350②
	用于无卤电缆的交联聚烯烃	HF90	90	250
其他材料	矿物③	—	95	—

注：①不适用于电力电缆。

②不适用于镀锡铜导体，仅适用于电力电缆。

③硅橡皮和矿物绝缘，当它们在船员不易接触的地方时，可允许较高的工作温度（如硅橡皮为 150℃；矿物绝缘则不作限制），但应经 CCS 同意。

2.12.2.3　电缆的额定电压用U_0/U表示，U_0为电缆任一导体和“地”（电缆的金属护层或周围介质）之间的电压。U为电缆任何两相导体之间的电压。在交流绝缘系统中，或者在交流高阻抗接地系统中（发生接地故障时电源不断开），电缆的额定电压应不低于表2.12.2.3所列值。

交流系统电缆的选择　　**表2.12.2.3**

系统额定（相间）电压（kV）	电缆额定电压 U_0/U（kV）
≤ 0.25	0.15/0.25
≤ 1.0	0.6/1.0
≤ 3.0	3.6/6.0
≤ 6.0	6.0/10.0
≤ 10.0	8.7/15.0

2.12.3　保护层的选择

2.12.3.1　固定敷设在露天甲板、浴室、货舱、冷藏处所、机器处所或可能出现凝结水或有害蒸气（例如油蒸气）的任何其他地点的电缆，均应具有金属不透性护套（铜、铅合金）或非金属不透性护套（聚氯乙烯、氯丁橡皮、氯磺化聚乙烯等）。护套的性质应满足环境条件的要求。

2.12.3.2　敷设在永久潮湿的处所，而以吸潮材料作绝缘的电缆，均应采用金属护套。

2.12.3.3　所有电气设备以外的电缆及布线至少应为滞燃型的。一般应采用通过接受标准①规定的成束滞燃试验的电缆，如采用通过接受标准②规定的单根滞燃试验的电缆，而需成束敷设时，则应采取限制火焰沿电缆束蔓延的措施（见本节2.12.10）。

2.12.3.4　需在失火状态下工作的设备电缆，包括其供电电缆，如穿过较大失火危险处所③和客船上的主竖防火区，应布置成任一处所或主竖区内失火不会影响到其他处所或主竖区内设备的工作。可采取下列的任何一种措施来满足上述要求：

（1）在较大失火危险处所采用符合本篇3.5.1.1规定的耐火电缆④，其安装和连续敷设应保持防火完整性，如图2.12.3.4所示；

（2）至少为双环路/辐射型配电，且其电缆是远离敷设的，并且在失火状态下环路/辐射型配电中至少一路能保持工作。

---

① 参见国际标准IEC 60332-3-22《电缆在火焰条件下的试验 第3-22部分：成束电线或电缆的垂直火焰蔓延试验-A类》或与其等效标准。

② 参见国际标准IEC 60332-1-2《电缆和光缆在火焰条件下的试验 第1-2部分：单根绝缘电线或电缆的垂直火焰蔓延试验—1kW标称预混合型火焰程序》和IEC 60332-2-2《电缆和光缆在火焰条件下的试验 第2-2部分：单根小型绝缘电线或电缆的垂直火焰蔓延试验—扩散火焰程序》或与其等效标准。

③ “较大失火危险处所”，是指下列处所：

（1）SOLAS公约第II-2章第3.30所定义的机器处所，SOLAS公约第II-2章第9.2.2.3.2.2（10）所定义的极少或无失火危险处所除外；

（2）装有燃油处理设备或其他易燃物质的处所；

（3）厨房和装有烹调设备的配膳间；

（4）装有烘干设备的洗衣房；

（5）载客超过36人客船上，SOLAS公约第II-2章第9.2.2.3.2.2条第（8）、（12）和（14）所定义的处所。

④ 耐火电缆应易于区分。

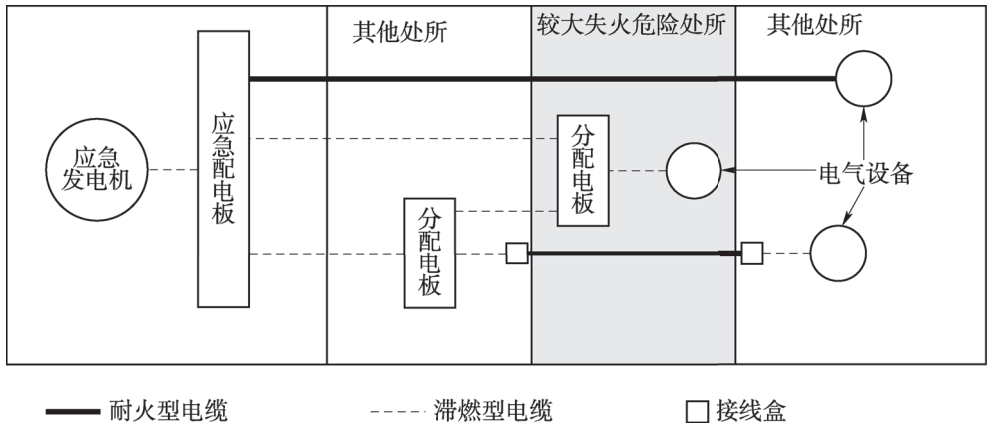


图 2. 12. 3. 4　需在失火状态下工作的设备的电缆

2. 12. 3. 5　需在失火状态下维持工作的设备包括：

（1）通用紧急报警系统；

（2）探火和失火报警系统；

（3）灭火系统和灭火剂施放报警系统；

（4）公共广播系统；

（5）动力操作防火门的控制和动力系统以及所有防火门的状态指示系统；

（6）动力操作水密门的控制和动力系统以及它们的状态指示系统；

（7）应急照明；

（8）低位照明系统；

（9）可能形成火灾和 / 或爆炸蔓延系统的遥控停止 / 关闭设备；

（10）应急消防泵。

2. 12. 3. 6　至应急消防泵的电缆，不应穿过装有主消防泵及其动力源和 / 或原动机的机器处所。至应急消防泵的电缆穿过较大失火危险处所时，应采用耐火电缆。

2. 12. 3. 7　特殊情况下必要时，例如射频电缆或数字计算机信息传输系统电缆，经 CCS 同意可以使用不符合本节 2. 12. 3. 3 要求的特种电缆。

2. 12. 3. 8　在选择不同类型的外护层时，应着重考虑对每根电缆在安装和使用时可能受到的机械作用。如认为外护层的机械强度不够，则电缆应安装在管子或管道或电缆槽内或采取其他防护措施。

2. 12. 3. 9　在客船上的旅客处所和服务处所，只应安装无卤电缆。

2. 12. 4　导体截面积的确定

2. 12. 4. 1　电缆所能承载的最大连续负载，应不超过该电缆经过校正系数校正后的标称电流。在估算最大连续负载时，可以考虑各个负载需用系数和最大负载的持续时间。

2. 12. 4. 2　当电缆在正常工作条件下承载最大电流时，从主配电板或应急配电板的汇流排到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，其电压不超过 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颜色。

2. 12. 4. 3　在确定照明电路的电流定额时，每 1 只灯座应按能与它连接的最大负载计算，但最小为 60W。如灯具的结构只能装接定额低于 60W 的灯者，则可除外。

每个照明插座应按两个灯座计算。

2. 12. 4. 4　馈电给起货机或旋转起重机、起锚机及绞缆机的电缆定额，应与工作定额相适应。

2. 12. 4. 5　直流发电机均压线电缆的截面积应不小于主电路电缆截面积的 50%；三相四线制中性线截面积至少应为相线截面积的 50%，当相线截面积小于或等于 16mm^2 时，中性线截面积应与相线截面积相同。

2. 12. 5　连续工作制的电流定额

2. 12. 5. 1　电缆承载的最大连续负载，应不超出表 2. 12. 5. 1 所列数值。

表中所列的电流定额，系以表 2. 12. 2. 2 所列的绝缘材料最高工作温度为基础而规定的。如根据经验或者计算得出的数据对电流定额进行更精确的估定时，则可将详细内容提交 CCS 批准。

电缆连续工作时的电流定额（基准环境温度 45℃）（A）　　**表 2. 12. 5. 1**

绝缘	热塑性复合物			热固性复合物			硅橡胶和矿物绝缘		
导体最高工作温度	70℃			90℃			95℃		
mm^2	单芯	双芯	三芯或四芯	单芯	双芯	三芯或四芯	单芯	双芯	三芯或四芯
1	12	10	8	16	14	11	20	17	14
1. 5	15	13	11	23	20	16	26	22	18
2. 5	21	18	15	40	26	21	32	27	22
4	29	25	20	51	34	28	43	37	30
6	37	31	26	52	44	36	55	47	39
10	51	43	36	72	61	50	76	65	53
16	68	58	48	96	82	67	102	87	71
25	90	77	63	127	108	89	135	115	95
35	111	94	78	157	133	110	166	141	116
50	138	117	97	196	167	137	208	177	146
70	171	145	120	242	206	169	256	218	179
95	207	176	145	293	249	205	310	264	217
120	239	203	167	339	288	237	359	305	251
150	275	234	193	389	331	272	412	350	288
185	313	266	219	444	377	311	470	400	329
240	369	314	258	522	444	365	553	470	387
300	424	360	297	601	511	421	636	541	445

2. 12. 5. 2　本节中采用的电缆连续工作制是指电流（具有恒定负载）的持续时间大于电缆的发热时间常数的 3 倍，即大于临界持续时间（见图 2. 12. 5. 2）的工作制。

2. 12. 6　电流定额的校正系数

2. 12. 6. 1　不同环境温度时的校正系数：

当已知环境温度不同于 45℃时，应采用表 2. 12. 6. 1 所示的校正系数。

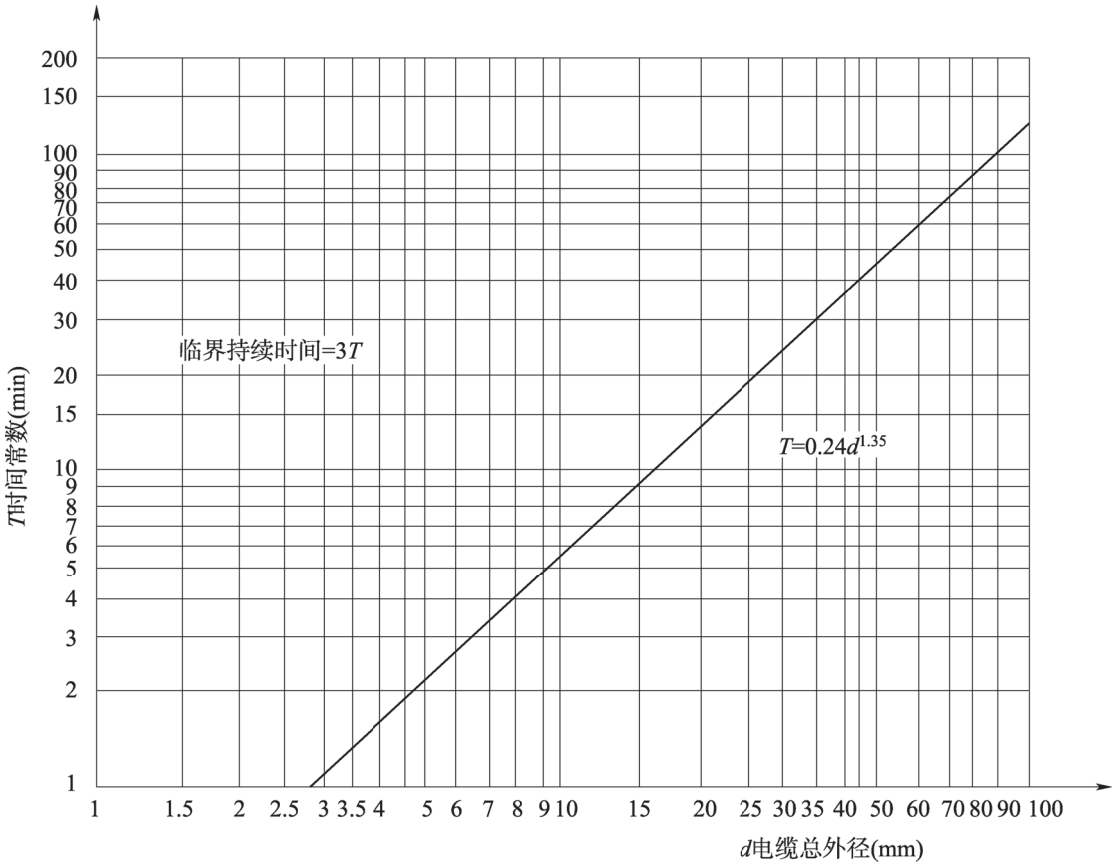


图 2. 12. 5. 2　电缆的时间常数

不同环境温度的校正系数　　表 2. 12. 6. 1

环境温度 (℃) / 导体最高工作温度 (℃)	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
60	1. 29	1. 15	1. 00	0. 82	—	—	—	—	—	—	—
65	1. 22	1. 12	1. 00	0. 87	0. 71	—	—	—	—	—	—
70	1. 18	1. 10	1. 00	0. 89	0. 77	0. 63	—	—	—	—	—
75	1. 15	1. 08	1. 00	0. 91	0. 82	0. 71	0. 58	—	—	—	—
80	1. 13	1. 07	1. 00	0. 93	0. 85	0. 76	0. 65	0. 53	—	—	—
85	1. 12	1. 06	1. 00	0. 94	0. 87	0. 79	0. 71	0. 61	0. 50	—	—
90	1. 10	1. 05	1. 00	0. 94	0. 88	0. 82	0. 74	0. 67	0. 58	0. 47	—
95	1. 10	1. 05	1. 00	0. 95	0. 89	0. 84	0. 77	0. 71	0. 63	0. 55	0. 45

2. 12. 6. 2　成束电缆敷设时的校正系数：

（1）按下列方式之一敷设的电缆，如能保证每束电缆周围冷却空气自由循环，则可直接采用表 2. 12. 5. 1 所列的电流定额：

①不超过 6 根的电缆成束敷设在导板上，或管道、管子或电缆槽内；

②超过 6 根的电缆按下列方式组合：

在任何 2 组 6 根束集之间的距离应至少等于最粗电缆的直径

○○○○○○　○○○○○○　○○○○○○

或在任何 2 组 3 根束集之间的水平及垂直距离应至少等于最粗电缆的直径

○○○　○○○　○○○

○○○　○○○　○○○

（2）对于可能以额定负荷同时工作而又靠紧在一起，且周围无空气自由循环的 6 根以上的电缆束[①]，则应采用 0. 85 的校正系数。当采用 0. 85 的校正系数时，应注意电缆敷设层数，一般每束电缆不宜超过两层。

2. 12. 6. 3　非连续工作制的校正系数：

（1）“0. 5h”或“1h”工作制的校正系数，可采用图 2. 12. 6. 3（1）所给出的相应的校正系数。这些校正系数只是在停止工作的时间长于图 2. 12. 5. 2 中所给出的临界持续时间时才适用。

（2）重复短时工作制的校正系数，可采用图 2. 12. 6. 3（2）所给出的相应的校正系数。

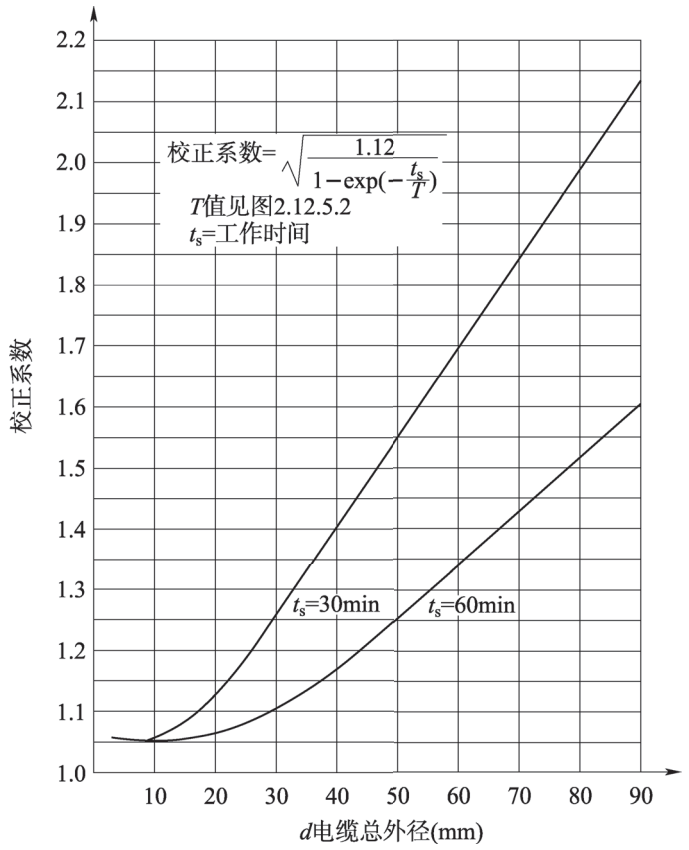


图 2. 12. 6. 3（1）“0. 5h”和“1h”工作制的校正系数

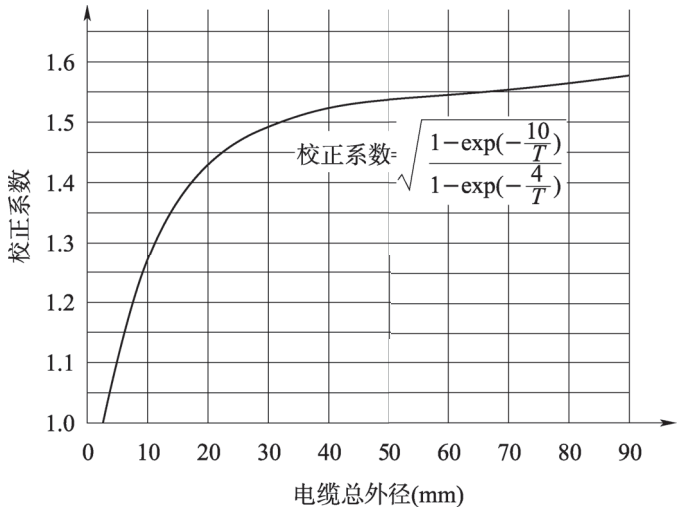
2. 12. 7　电缆的并联使用

2. 12. 7. 1　导体截面等于或大于 10mm^2 时，才可作并联使用。进行并联使用的所有电缆应为相同的阻抗、截面和导体最高工作温度，其电流定额应为所有并联导体的定额之和。

2. 12. 8　短路容量

2. 12. 8. 1　电缆及其绝缘导体应能耐受最大短路电流所产生的机械应力和热效应。

① 成束电缆系指两根或多根电缆敷设在单独的管道、电缆槽或电缆通道内，或者是未加封闭且相互间不可分开的一束电缆。



注：本图所给出的校正系数是按 10min 为周期的粗略计算，其中 4min 为恒定负载，6min 为空载。

图 2.12.6.3（2）　重复短时工作制的校正系数

2.12.9　电缆的走线

2.12.9.1　电缆的走线应尽可能平直且易于检修。

2.12.9.2　电缆的走线应避免潮气或水滴凝结的影响。

2.12.9.3　电缆的走线应尽量远离锅炉、热管、电阻器等的热源，并具有不受机械损伤的保护。

2.12.9.4　电缆敷设不应跨越船体伸缩接头，如确实不能避免时，应将电缆弯成一个环形伸缩弯头，该伸缩弯头的长度应正比于船体伸缩长度。伸缩弯头的最小内半径应为电缆外径的 12 倍。

2.12.9.5　导体最高工作温度不同的电缆不应敷设在一起。如此种成束敷设不可避免时，则任何 1 根电缆的工作温度不应达到高于该束中温度定额最低的电缆所允许的温度。

2.12.9.6　具有不同护套或外护层的电缆，如敷设时可能损坏其他电缆的护套或外护层时，则不应成束敷在一起。

2.12.9.7　对要求两路供电的重要设备，例如对航行灯控制箱供电的两路电缆，应尽最大可能在水平及垂直方向远离敷设。

2.12.9.8　对具有双套设备的重要设备或互为备用完成同一重要功能（例如操舵装置的双套动力设备等）的双套系统，其各自的供电及其控制用电缆应尽可能在水平及垂直方向远离敷设。

2.12.9.9　在客船上，配电系统的布置应使本规范第 6 篇所规定的任何主竖区内发生的火灾，不致妨碍任何其他主竖区内安全所必需的设备的供电。如主馈电线和应急馈电线通过任何主竖区时，在垂直和水平方向上均尽可能远离敷设，则可认为满足这一要求。

2.12.9.10　用于重要设备或应急动力设备、应急照明、以及应急状态下使用的船内通信或信号设备的电缆应尽量远离厨房、洗衣间、机器处所及其舱棚、以及其他较大失火危险处所，但对这些处所中的设备供电的电缆可例外。

如可能，所有这些电缆的敷设方式应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。

2.12.9.11　主干电缆和重要设备的供电和控制用电缆应远离具有较大失火危险的机械、机械部件[①]敷设。除非是：

（1）这些设备本身的电缆；

① 包含易燃物的机械、机械部件或设备被认为是具有较大失火危险的机械、机械部件或设备。

（2）以钢质舱壁或甲板与这些设备隔开的电缆；

（3）采用耐火电缆。

2. 12. 9. 12　干线电缆暗式敷设的路径上的封闭板应便于开启。

2. 12. 9. 13　电缆不应直接埋在用可燃材料制成的隔热或隔声绝缘层内。采用不燃材料包覆后，将绝缘层分开时，则可敷设在绝缘层内，但这些电缆应该相应降低负荷。

2. 12. 9. 14　耐火电缆的布置和走线应符合下列要求：

（1）应布置成由于在本节 2. 12. 3. 4 规定的处所或区域之一的局部火灾所引起的有关设备的功能减损为最小；

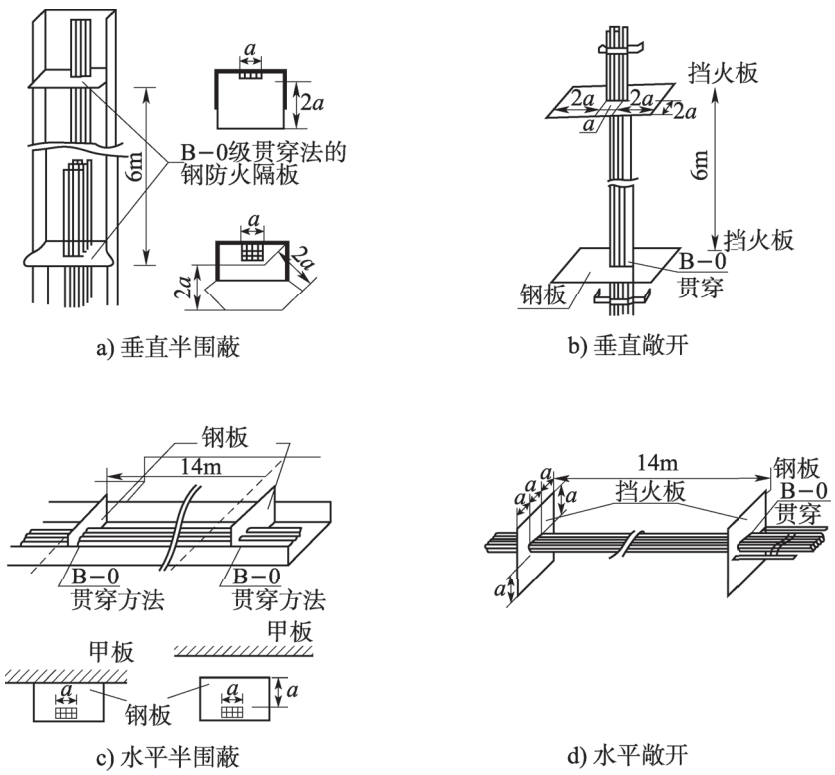
（2）电缆应尽可能平直走线。

2. 12. 9. 15　每个本质安全电路应具有各自的专用电缆，并应与非本质安全电路的电缆分开敷设（例如：不应束聚在一起，不应放在同一罩壳或管道内，也不应用同一夹线板固定）。本质安全电路电缆的外护套应为蓝色或具有蓝色条纹标识。蓝色条纹应清晰可见。

2. 12. 10　限制火焰沿电缆束蔓延的措施

2. 12. 10. 1　如采用通过接受标准规定的单根滞燃试验的电缆（见本节 2. 12. 3. 3），而需成束敷设[①]时，则应采取以下 2. 12. 10. 2 ~ 2. 12. 10. 4 规定的限制火焰沿电缆束蔓延的措施。

2. 12. 10. 2　设置挡火板（如图 2. 12. 10. 2 所示）：



a) 垂直半围蔽　　b) 垂直敞开

c) 水平半围蔽　　d) 水平敞开

图 2. 12. 10. 2　挡火板的位置

（1）在围蔽或半围蔽处所中垂直敷设的电缆，应在下列位置设置挡火板：

① 这里的“成束敷设”，系指从机器处所及具有较大失火危险处所中出来的 5 根或多于 5 根，以及在其他处所中多于 10 根电缆紧靠敷设在电缆槽中者。

①除电缆安装在完全封闭的电缆槽内者外，在每隔一层甲板或大约每 6m 处；

②在主配电板和应急配电板的电缆入口处；

③电缆进入机器控制室处；

④在推进机械和重要辅助机械的集中控制屏的电缆入口处；

⑤全封闭电缆通道的每一端。

（2）在围蔽或半围蔽处所内水平敷设的电缆，挡火板的设置位置与上述（1）相同，但挡火板间的最大距离可增加至 14m。

（3）在货舱和货物区域内高度低于人体颈部的通道内，挡火板只能安装在舱室的边界上。

2. 12. 10. 3　挡火板的设计应满足下列要求：

（1）电缆穿过挡火板处的耐火特性应满足 B—0 级分隔的要求；

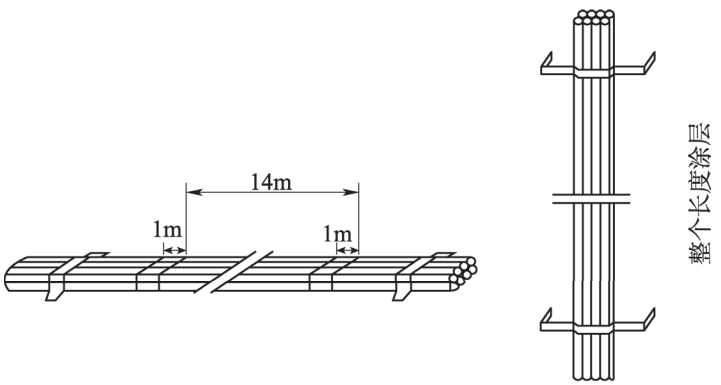
（2）挡火板应以厚度至少为 3mm 的钢板制成；

（3）电缆垂直敷设在非完全封闭的电缆槽时，挡火板应覆盖电缆槽截面积；

（4）电缆敞开敷设时，挡火板应向四周延伸至电缆最大敷设尺寸的 2 倍，但不必延伸至穿过天花板、甲板、舱壁或电缆槽的刚性侧壁。

2. 12. 10. 4　可采用下列在电缆束上涂以耐火涂料的方法代替前面规定的挡火板：

（1）对于水平敷设的电缆，每隔 14m 涂 1m 长的耐火涂料（见图 2. 12. 10. 4a）；



a) 水平敷设　　b) 垂直敷设

图 2. 12. 10. 4　耐火涂料的位置

（2）对于垂直敷设的电缆，在电缆整个长度范围涂耐火涂料（见图 2. 12. 10. 4b）。

2. 12. 11　电缆的机械保护

2. 12. 11. 1　容易受到机械损伤的电缆，应以金属缆槽或罩壳或钢管来保护，如其外护层能足以承受这种可能的损坏者，则可例外。

2. 12. 11. 2　货舱中的电缆，以及存在异常的机械损伤危险的其他处所的电缆，即使已有铠装，仍应加以适当保护。

2. 12. 11. 3　用作电缆机械性保护的金属罩壳，应有有效的防腐蚀措施。

2. 12. 11. 4　如电缆通过舱底花钢板下敷设时，应有防止油水浸渍和防止机械损伤的可靠措施。

2. 12. 12　弯曲半径

2. 12. 12. 1　在敷设电缆时，最小弯曲内半径一般应符合表 2. 12. 12. 1 的规定。

固定敷设的电缆最小弯曲内半径　　**表 2. 12. 12. 1**

电缆结构		电缆外径 D(mm)	最小弯曲内径 F
绝缘	外护层		
热塑性或热固性材料 (铜导体为圆形)	非铠装或非编织	≤ 25	4D
		> 25	6D
	金属编织屏蔽或铠装	任何	6D
	金属线铠装、金属条铠装或金属护套	任何	6D
	合成聚酯 / 金属薄片带屏蔽或组合带屏蔽	任何	8D
热塑性或热固性材料 (铜导体为特定形状)	任何	任何	8D
矿物	硬金属护套	任何	6D

2. 12. 13　电缆的紧固

2. 12. 13. 1　除用于可携式设备以及敷设在管子、管道、电缆槽或特别罩壳内者以外，电缆均应有效地加以支承和紧固。

2. 12. 13. 2　电缆紧固件或扎带应坚固，并应具有足够的表面积和一定的形状，使电缆能保持紧固而不损伤其护套或外护层。

2. 12. 13. 3　电缆紧固件、支承和附件均应用耐蚀材料制成，或在安装前进行适当的防蚀处理。

2. 12. 13. 4　支承件之间的距离，应按电缆的类型和承受振动的可能性适当地选择，其距离一般应符合表 2. 12. 13. 4 的规定。

电缆外径与支承件距离（mm）　　**表 2. 12. 13. 4**

电缆的外径		支承间距离	
超过	不超过	非铠装电缆	铠装电缆
—	8	200	250
8	13	250	300
13	20	300	350
20	30	350	400
30	—	400	450

2. 12. 13. 5　电缆采用非金属电缆紧固件或扎带固定，并且未敷设在水平电缆托架或支承件之上时，应以最大不超过 1m 的间隔附加金属电缆紧固件，防止火灾时电缆脱落，引起人员伤害或对逃生通道造成阻碍。

2. 12. 14　电缆贯穿舱壁和甲板

2. 12. 14. 1　电缆贯穿水密隔舱壁或甲板时，可采用单独水密填料函，或用容纳多根电缆的水密填料箱，但完工后应保持隔舱壁或甲板的水密完整性。

2. 12. 14. 2　当电缆穿过非水密舱壁或结构钢时，孔口应用铅或者其他认可的材料作衬垫。如钢材厚度等于或大于 6mm，则适当倒圆孔口可以被认为与衬垫等效。

2. 12. 14. 3　电缆贯穿有某种防火要求的舱壁和甲板时，应保证不会削弱甲板和舱壁的防火完整性。

2. 12. 14. 4　穿过甲板的电缆，应用适当高度的金属导管或围框加以保护。

2. 12. 14. 5　用作填料函和衬垫的材料，不应对电缆或船体构件有腐蚀危险。

2. 12. 14. 6　如在舱壁或结构钢中切割方形孔时，则孔角应有一定的曲率半径。

2.12.15　电缆在金属管子或管道或电缆槽中敷设

2.12.15.1　当电缆在金属管子、管道、电缆槽内敷设时，应符合下列规定：

（1）管子或管道或电缆槽内壁应光滑，并应有防蚀措施；

（2）管子或管道或电缆槽的端部应采取措施以使电缆的护套或外护层不致受损；

（3）管子或管道的内截面积和弯曲半径，应使其所容纳的电缆容易拉进和拉出；管子或管道的弯曲内径应不小于电缆弯曲半径的允许值，外直径等于或大于63mm的管子，其弯曲内半径应不小于管子外直径的2倍；

（4）穿管系数（电缆外径截面积的总和与管子或管道或电缆槽内截面积之比）应不大于0.4；

（5）管子或管道或电缆槽在接头处应保证机械上和电气上的连续性，并应可靠接地；

（6）管子或管道或电缆槽的布置应使水不能在内部积聚（因考虑可能凝水）；

（7）必要时应设置通风开口，以流通空气，并避免管子或管道或电缆槽线路上的任何部分有积水的可能。通风开口最好设在管子或管道或电缆槽的最高点及最低点。此项通风开口仅在不会因此而增加火灾危险的情况下方可设置；

（8）当管子很长且必要时，应设膨胀接头；

（9）应避免把没有任何外护层的铅包电缆敷设在管子、管道或电缆槽内。

2.12.15.2　如电缆系敷设在围壁通道内，则围壁通道的构造，不应使之成为火灾由一甲板间或舱室传到另一处的通道。

2.12.15.3　用作冷阴极辉光放电灯的电缆，除非用金属护套或屏蔽加以保护，否则均不应安装在金属管中。

2.12.16　电缆在冷藏处所内的敷设

2.12.16.1　与冷藏处所无关的电缆，不应穿过冷藏处所敷设。敷设在冷藏处所中的电缆，应具有水密的或不透性的护套，而且应有防止遭受机械性损伤的防护。如采用铠装电缆，则铠装应进一步采用耐潮外护层以防止腐蚀。

2.12.16.2　冷藏处所内的电缆应全部明线敷设。

2.12.16.3　如电缆必须穿过冷藏处所的热绝缘层，则电缆应敷设在金属管子里垂直穿过。管子的两端应设置水密填料函。

2.12.16.4　固定电缆的金属支承件均应镀锌或采用其他防腐蚀措施。

2.12.16.5　应有预防措施以防止沿电缆放置临时悬挂物件的铁钩。

2.12.16.6　在冷藏处所中一般不使用以聚氯乙烯为绝缘或护套的电缆，除非该聚氯乙烯混合物是适合于低温工作的。

2.12.17　减少张力

2.12.17.1　电缆的敷设应使其本身重量或任何其他原因所施加在电缆上的张力减至最小。特别是对于小截面的电缆和垂直敷设或敷在垂直管子内的电缆。

2.12.18　电动力

2.12.18.1　为防止由于短路导致的电动力作用，单芯电缆应牢靠地固定，支承件的强度应承受预期短路电流相当的电动力。

2.12.19　交流单芯电缆的敷设

2.12.19.1　交流电力系统应尽量采用双芯或多芯电缆，如必须采用单芯电缆而线路电流又超过20A者，则应符合下列规定：

（1）电缆应为非铠装的或为以非磁性材料铠装和覆盖的；

（2）属于同一线路导线应装在同一管子或管道或电缆槽内；紧固电缆的紧固件应将各相导线一同夹持，紧固件以非磁性材料制成者除外；

（3）当由 2 根、3 根或 4 根单芯电缆分别构成单相电路，三相电路或三相四线电路，电缆应尽量相互紧贴敷设。在各种情况下，两相邻电缆外护层之间的间隙不应大于单根电缆的直径；

（4）额定电流大于 250A 的单芯电缆，必需靠近钢质舱壁敷设时，电缆与舱壁之间至少应有 50mm 的间隙，但不同相的单芯电缆系按品字形敷设时，则可例外；

（5）磁性材料不应用于同一线路的一群单芯电缆之间。在电缆穿越钢板时，应将同一线路的所有导线都在一起穿过钢板或填料函，其布置应使电缆之间无磁性材料存在；电缆和磁性材料之间的间隙应不小于 75mm，但不同相的单芯电缆系按品字形敷设时，则可例外；

（6）为使导线截面积等于或大于 185mm^2 的单芯电缆所构成的相当长的三相线路的阻抗达到一定程度的平衡，应每隔 15m 以内，将各相换位 1 次；亦可将 3 根不同相的单芯电缆按品字形敷设；如走线的长度不超过 30m 者，则不必采取此项措施；

（7）如线路中每相有几根单芯电缆并联时，所有电缆应沿相同的路径敷设和具有相同的截面积；

此外，为防止电流负载的分配不均匀，属于同相的电缆应尽量同其他相的电缆交错排列。例如：每相有 6 根电缆时，正确的排列次序见表 2. 12. 19. 1；

电 缆 排 列 次 序　　**表 2. 12. 19. 1**

每相并联根数	一层排列次序	二层排列次序
2	ABC　CBA	ABC CBA
3		ABCA BCABC
4		ABCABC CBACBA
5		ABCABCA BCABCABC
6		ABCABCABC CBACBACBA

（8）单芯电缆的金属护套或金属外护层，只能在一点接地。

2. 12. 20　电缆防电磁干扰的敷设

2. 12. 20. 1　为尽可能避免不必要的电磁干扰，电缆的敷设应符合 CCS 接受的标准[①]的有关规定。

2. 12. 21　电缆金属护套或金属护层的接地

2. 12. 21. 1　电缆金属护套或金属外护层的接地应符合本篇第 1 章第 3 节的有关要求。

2. 12. 22　电缆端头的处理

2. 12. 22. 1　截面积大于 4mm^2 的各种导线的端接头，应为焊接的接线头、压接型接线头或者机械夹头，不应采用腐蚀性焊剂。

① 参见 IEC 60533 出版物《船舶电气和电子设备的电磁兼容性》或有关标准的有关规定。

2.12.22.2　电缆接头和接线端头的温度，一般应不超过电缆绝缘的最高工作温度。

2.12.22.3　在护套层下具有辅助绝缘带的电缆，如其线端的绝缘带已被剥去时，则在每1根芯线的绝缘与接地金属接触或可能接触之处应设附加绝缘。

2.12.22.4　导体在接线端固定时，无论在连接处或分支处，均应能承受短路电流的热效应和机械应力。

2.12.22.5　矿物绝缘电缆的端头，应按电缆制造厂的说明书的要求施工。

2.12.22.6　具有吸潮性绝缘的（即矿物绝缘等）电缆，应将其端部密封，以防潮气进入。

2.12.23　电缆的连接和分支

2.12.23.1　电缆的敷设通常不应有接头，如由于维修或分段造船需要连接接头时，这种接头的导电连续性、绝缘性、机械强度和防护性、接地和耐火或滞燃等特性均应不低于对电缆的相应要求。

2.12.23.2　电缆应在适当的接线盒内进行连接和分支，应使所有的导线加以适合紧固和绝缘，并防止大气的作用。接线端或汇流排应具有适合于电缆定额的尺寸。

2.12.23.3　连接和分支处应有清晰的标志。

2.12.24　接线盒

2.12.24.1　接线盒应用滞燃材料制成，导电部分应架设在坚固耐久、滞燃和耐潮的材料上，并具有永久性的高介电强度的绝缘电阻。

2.12.24.2　接线盒内的导电部分之间应用滞燃绝缘材料作适当阻隔，以使不同极性的导线间或导线和接地金属之间不致发生短路。

2.12.24.3　所有接线盒应有说明其用途的铭牌或与敷设图上相一致的耐久编号标志。如接线盒的安装为暗式，则封闭板应便于开启。

2.12.25　塑料制电缆托架和保护封闭罩壳

2.12.25.1　塑料[①]制电缆托架和保护封闭罩壳[②]应根据本篇附录2《塑料制电缆托架/保护封闭罩壳的型式认可程序》进行型式试验。

2.12.25.2　塑料制电缆托架或保护封闭罩壳应用金属固定件和金属扎带来补充，使得一旦失火时，防止该电缆托架或保护封闭罩壳和其固定的电缆跌落，引起人员伤害或对逃生通道造成阻碍。当用在开敞甲板上时，还应具有防紫外线照射的能力。

2.12.25.3　电缆托架或保护封闭罩壳的负载应在安全工作负载范围内。支承间距不应大于制造厂建议的值或不超过安全工作负载试验确定的值，一般间距不大于2m。支承间距应考虑到下列因素：

（1）电缆托架或保护封闭罩壳的大小；

（2）该材料的机械和物理特性；

（3）电缆托架或保护封闭罩壳的面积；

（4）电缆的重量、外部受力、推力和振动；

（5）系统可能达到的最大加速度；

（6）所有负载之和。

2.12.25.4　除保护封闭罩壳内只有单根电缆外，各电缆外径的截面积之和与管道内截面积之比应不大于0.4。

① 指具有热塑性和热固性的塑料材料，如PVC（聚氯乙烯）和FRP（纤维增强塑料）。

② 指管状的封闭罩壳或其他非圆形的封闭管道。

第13节 避 雷

2.13.1 防止直接结构损坏

2.13.1.1 对金属结构船舶，由于其桅、构件和船体构成固有的对地低电阻通路，故不需另设避雷系统。

2.13.1.2 对具有较多非金属构件的船舶，则应设有避雷系统。

2.13.1.3 避雷系统应由接闪器、引下线和接地端子组成。

2.13.1.4 金属桅杆和金属构件可作为避雷系统的一部分或全部。

2.13.1.5 金属桅索，如支索、侧支索等的末端应可靠接地。

2.13.1.6 引下线的连接应以铜铆钉或夹钳的方式进行，并应易于接近和在布置上加以考虑或具有保护以能减小意外的损坏。夹钳可以是铜、铜合金或与引下线相同的材料，并应有锯齿状的接触类型和有效的锁紧装置。不应采用软焊连接。

2.13.1.7 接闪器与接地端子间的电阻不应超过0.02Ω。

2.13.1.8 当船舶在干船坞或船台上时，应有适当的措施确保船舶的避雷系统或金属船体与岸地相连。连接到岸地的整个电缆应位于船舶的外部。

2.13.1.9 避雷系统中的接闪器应符合下列要求：

（1）在每一非金属桅杆上应安装接闪器；

（2）接闪器应以直径不小于12mm的铜或铜合金导电杆组成，并应至少高出桅顶300mm。也可采用其他材料，如不锈钢、铝合金、经防锈处理的铁杆等，但应符合2.13.1.7的要求。所有这些材料均应耐海水腐蚀；

（3）对液货船，位于桅杆顶端或其附近的可燃气体通风口应由接闪器进行保护，接闪器应高出通风口至少2m。如钢桅高出通风口2m，则可作为接闪器。

2.13.1.10 避雷系统中的引下线应符合下列要求：

（1）引下线应由铜或铜合金带或铜缆组成，为防止表面放电，铜缆应有绝缘且成圆形。也可以采用其他材料，如不锈钢、铝合金或钢条，但应符合2.13.1.7的规定。这些材料均应耐海水腐蚀；

（2）铜引下线的截面积应不小于70mm^2，并应牢固固定在船体结构上。在接闪器与接地体间引下线应尽可能敷成直线，如必需弯曲，则弯曲半径至少为导体等效直径的10倍。

2.13.1.11 引下线末端应可靠地连接至其附近船体金属结构的接地端子上。如有必要应采取措施防止发生电化腐蚀。

2.13.2 防止间接损坏

2.13.2.1 在所有船舶上，设备的安装均应能减小雷击所引起的对电气系统的间接损坏效应。

2.13.2.2 设备的金属外壳应可靠接地，对处于桅顶或其他突出构件上的航行灯和其他设备应予以特别注意。

2.13.2.3 通常作为抑制信号干扰的电缆屏蔽或铠装的接地不能作为唯一的避雷接地通路，应设有本节2.13.2.2所要求的专门接地。

2.13.2.4 在本节2.13.1.2所要求的避雷系统中的引下线附近，应避免有电缆环或如管子之类的金属环存在。贴近引下线的电缆应安装在接地的金属管中。

2.13.2.5 沿金属甲板的电缆应贴近甲板敷设，并应充分利用电缆束附近或其上的例如栏杆、管子等的接地金属构件的屏蔽作用。

2.13.2.6 应设有将可能在无线电和航行设备等天线中感生的任何雷电能量泄放至地的措施。应考虑安装例如火花放电器或浪涌分流器等设备作保护，以防止过高的电压瞬变。

第14节　交流高压电气装置特殊要求

2.14.1　一般要求

2.14.1.1　本节的规定适用于额定电压（相间电压）超过1kV的交流三相电气装置。除另有明文规定外，低压电气设备的构造和安装一般也适用于交流高压电气装置。

2.14.1.2　系统额定电压应不超过15kV。但如有特殊需要，经CCS同意可以采用更高的电压。

2.14.1.3　电压超过1kV的高压电气设备和低压电气设备不应组合在同一外壳内，除非采取隔离或其他合适的措施，以确保人员能够无危险地接近低压电气设备。

2.14.2　系统设计

2.14.2.1　高压电气装置的配电应符合下列要求：

（1）应将主配电板至少分成2个独立的分段，通过至少1个断路器或其他合适的隔离设备分隔开，每1分段至少由1台发电机供电。如2个独立配电板由电缆进行连接，则在电缆的每一端应设有断路器。

双套设备应分开连接至不同分段上；

（2）当采用中性点接地系统时，接地故障电流既不大于配电板上或配电板分段上最大1台发电机的满载电流，又不小于其接地故障保护电器最小动作电流的3倍。

不论采用何种方式供电，都应保证至少有一电源中性点接地。中性点直接接地的电气设备或其他中性点接地系统中，应能承受单相接地故障电流，直至其接地故障保护电器脱扣所需的时间为止；

（3）每台发电机均应设有将其中性点接地连接切断的措施，以便于在切断中性点接地连接后进行维修和测量绝缘电阻；

（4）所有接地电阻器都应与船体相连接，其与船体连接中的任何环流都不会对无线电、雷达、通信和控制设备电路产生干扰；

（5）在中性点接地的系统中，则主配电板每一独立分段都应将中性点与船体相连接。

2.14.2.2　高压电气设备的外壳防护等级均应与其安装场所相适应，除至少应符合本篇表1.3.2.2的规定外，还应满足下列要求：

（1）旋转电机的外壳防护等级至少应为IP23，其接线盒的防护等级至少应为IP44。安装在非专职人员可以到达处所的电动机，其外壳防护等级至少为IP4X，以防止人员接近或触及电机的带电或转动部分；

（2）变压器的外壳防护等级至少应为IP23，如安装在非专职人员可以到达的处所时，则其外壳防护等级至少为IP4X。

变压器如无外壳，其安装应符合本节2.14.7.1的规定；

（3）具有金属外壳的控制设备、配电设备组件和静止变换器的外壳防护等级至少应为IP32，如安装在非专职人员可以到达的处所时，则其外壳防护等级至少为IP4X。

2.14.2.3　高压电气设备的电气间隙和爬电距离应符合下列要求：

（1）通常对未经型式试验的设备，其非绝缘部件间的相对相和相对地之间的电气间隙应不小于表2.14.2.3的规定值。

如电压为所列额定电压的中间值，则应取电压高的这一档次值。如电气间隙低于表2.14.2.3所列值，则应进行相应的冲击电压试验；

（2）带电部件之间及带电部件与接地金属部件之间的爬电距离，应符合IEC出版物60092-503关于系统的额定电压、绝缘材料特性和开关及故障时产生瞬间过电压的规定。

有开关设备的汇流排分段上的非标准部件，最小爬电距离应至少25mm/kV，在限流设备后16mm/kV。

最小电气间隙　　表2.14.2.3

额定电压（kV）	最小电气间隙（mm）
3（3.3）	55
6（6.6）	90
10（11）	120
15	160

2.14.2.4　对高压电力系统的保护有下列特殊要求：

（1）应设有保护装置，以对发电机至主配电板之间的连接电缆出现相间故障和发电机内部绕组出现故障进行保护。该保护电器应能使发电机断路器脱扣，并自动对发电机进行灭磁。

在中性点接地的配电系统中，相对地间故障也应按上述要求处理；

（2）系统中任何接地故障应有视觉和听觉报警。在低阻抗或直接接地的系统（有效接地的系统，其接地系数[①]小于0.8）中，应设有能自动切断故障电路的保护设备。在高阻抗接地系统（非有效接地的系统，其接地系数大于0.8）中，如发生接地故障时输出电源未断开，则设备的绝缘应按相对相电压来设计；

（3）电力变压器应设有过载和短路保护。如变压器需并联运行，则其初级侧保护电器的脱扣应能自动分断连接于次级侧的开关；

（4）电压互感器在次级侧应设置过载和短路保护；

（5）不应用熔断器作过载保护；

（6）通过变压器从高压系统获得供电的低压系统应设有过电压保护，可采取下列方式：

①低压系统直接接地；

②适当的中性点电压限制器；

③变压器初级和次级绕组间的接地屏蔽。

2.14.3　旋转电机

2.14.3.1　应引出发电机定子绕组所有相的端头，以便安装差动保护。

2.14.3.2　在定子绕组应设有温度检测器，以能在温度一旦超过允许值时，触发安装在通常有人值班的处所内的视觉和听觉报警器发出报警信号。

如采用埋置式温度检测器，则应设有电路的过电压保护。

2.14.3.3　除通常对旋转电机要求的试验项目以外，对单个线圈还应按照接受的标准[②]进行高频高压试验，以验证匝间绝缘对陡峭前沿的操作过电压的承受能力。

2.14.4　电力变压器

2.14.4.1　干式变压器应符合接受的标准[③]，液冷式变压器也应符合接受的标准[④]。

2.14.4.2　油浸式变压器应设有下列报警和保护：

（1）低油位—报警；

（2）高油温—报警；

（3）低油位—脱扣或降低载荷；

（4）高油温—脱扣或降低载荷；

---

① 接地系数：指相对地电压与相对相的电压之比，在1/ $\sqrt{3}$ 和1之间取值。

② 参见IEC60034-15出版物《旋转电机第15篇模绕定子线圈的交流旋转电机的耐压等级》或其他等效的标准。

③ 参见IEC60076-11出版物《干式电力变压器》或其他等效的标准。

④ 参见IEC60076出版物《电力变压器》或其他等效的标准。

（5）高气压继电器—脱扣。

2.14.5　电缆

2.14.5.1　电缆应按照接受的标准[①]制造。

2.14.6　控制设备和配电设备组件

2.14.6.1　控制设备和配电设备组件应按照接受的标准[②]制造。

2.14.6.2　控制设备和配电设备组件的结构应符合下列要求：

（1）应具有符合接受标准[③]规定的金属封闭结构或绝缘材料封闭型结构；

（2）抽出式断路器或开关不论是在工作位置，还是断开位置上，均应有机械锁定机构。为维修之便，抽出式断路器、开关和固定安装的断路器可采用键式锁定。

在抽出式断路器处于工作位置情况下，其固定部件之间应无相对位移；

（3）抽出式断路器和开关的固定触头，应安排成在抽出状态下，其带电触头被自动覆盖；

（4）应提供足够数量的接地和短路设备，以保证对电路能安全地进行维修工作。

2.14.6.3　对辅助系统的要求：

（1）如电能或机械能用作断路器和开关的操作能源，则应能提供所有部件至少连续2次操作的储备能源。

但是，用于过载、短路或欠压的脱扣应独立于任何电源储备。如释放电路断路或电源发生故障而产生报警的话，可采用分励脱扣；

（2）当辅助电路必需外部电源供电时，应至少设有2套外部电源，并布置成使其中1套发生故障或丧失功能的情况下，而不会导致1台以上发电机和/或成组的重要设备不能工作。如必要，上述电源之一应是能从瘫船状态起动的应急电源。

2.14.6.4　任一控制设备和配电设备组件均应进行工频高压试验。试验程序和电压值应符合接受标准[④]的规定。

2.14.7　安装

2.14.7.1　如设备没有外壳，而是安装在构成设备“外壳”的舱室中时，则应设有仅在电源断开和设备已经接地的情况下，该舱室的门方可打开的联锁措施。

在安装高压设备处所的入口，应设有一适当的标志牌，以指明高压危险。安装在上述处所以外的高压设备也应设有类似的标志牌。

2.14.7.2　高压电缆的敷设应符合下列要求：

（1）高压电缆路经居住处所时，应敷设在封闭的电缆敷设系统内。

（2）高压电缆应与其他不同工作电压的电缆分隔开，特别是它们不应敷设在同一电缆束、或同一电缆槽、同一管道中或者同一箱（盒）中。

当不同电压等级的高压电缆安装在同一电缆托架上时，电缆间的电气间隙应不小于按2.14.2.3（1）所要求的较高电压等级的最小值。但高压电缆不应与额定电压1kV及以下的电缆安装在同一电缆托架上；

---

① 参见IEC60092-353出版物《船舶电气设备——第353部分：额定电压1kV和3kV电力电缆》和IEC60092-354出版物《船舶电气设备——第354部分：额定电压6kV（Um=7.2kV）到30kV（Um=36kV）固体挤出绝缘单芯和三芯电力电缆》

② 参见IEC62271-200出版物《交流额定电压1kV以上至52kV金属封闭开关设备和控制设备》或其他等效的标准。

③ 参见IEC62271-200出版物《交流额定电压1kV以上至52kV金属封闭开关设备和控制设备》和符合IEC62271-201出版物《交流额定电压1kV以上至52kV绝缘材料封闭式开关设备》。

④ 参见IEC62271-200出版物《交流额定电压1kV以上至52kV金属封闭开关设备和控制设备》或其他等效的标准。

（3）通常，具有连续并有效接地的金属护套或铠装高压电缆应安放在托架上。否则，整根电缆均应安装在有效接地的金属封闭罩壳中。

（4）高压电缆所有导体的端头应尽实际可能有效地覆盖上合适的绝缘材料，在接线盒中如导体无绝缘层，则相间和相对地之间均应用合适的绝缘材料制成的坚固隔板隔开。径向场类型的高电压电缆，如在绝缘中具有控制电场的导电层，应具有提供电应力控制的端头。

端头应是与电缆的绝缘和保护层材料相兼容的形式，且应将电缆的所有金属保护层（例如金属带、金属丝等）接地。

（5）高压电缆应具有合适的标志，以便识别。

（6）对新的高压电缆装置，或在已有的装置上加装高压电缆，投入运行前，对每一完工的电缆和其附件应在绝缘电阻试验之后进行耐电压试验，试验方法可按 CCS 接受的标准[①]或下面的方法进行：

①当进行直流电压耐压试验时，电压应不小于：

电缆额定电压（U_0）为 3.6kV 及以下：1.6（$2.5U_0+2$kV）

电缆额定电压（U_0）大于 3.6kV：$4.2U_0$

式中 U_0 是导体和地或金属屏蔽间电缆设计的额定电压。试验电压应保持至少 15min。在试验完毕后导体应连接至地一段足够时间，以便清除任何聚集的电荷。然后重复绝缘电阻试验。

②当进行交流电压耐压试验时，电压应不小于电缆的正常工作电压，并应保持至少 24h。

第 15 节　电力推进装置附加要求

电力推进装置应符合本篇的适用规定以及第 8 篇第 15 章的规定。

第 16 节　油船附加要求

2.16.1　一般要求

2.16.1.1　载运原油和成品油船舶上的电气装置，应符合本节规定以及本篇其他适用的规定。

2.16.1.2　本节依据 IEC60092-502 的规定，按照 0 区、1 区和 2 区划分了油船的典型危险区域。对本节未提及的区域或处所，可根据 IEC60079-10-1 规定的原则，进行危险区域划分。

2.16.1.3　在任何危险区域中，原则上不应敷设电缆和安装电气设备。如确属无法避免，则应符合本节的有关规定。

2.16.2　配电系统

2.16.2.1　可采用以下的配电系统：

（1）直流双线绝缘系统；

（2）交流单相双线绝缘系统；

（3）交流三相三线绝缘系统。

2.16.2.2　不同电压的网络不应有电气上的直接连接。

2.16.2.3　发电机电路、供电和配电电路均不应接地，也不应使用以船体作回路的系统，但下列可以例外：

（1）本质安全型电路；

（2）控制和仪表电路，如因技术上或安全上原因不能使用不接地系统，且在正常和故障情况下可

① 参见 IEC60502 出版物《额定电压 1kV 至 30kV 挤出型绝缘和附件的电力电缆》或其他等效的标准。

能产生的船体电流均不超过5A；

（3）有限和局部的接地系统，如由此可能产生的任何电流不直接流过危险处所；

（4）相间电压为1000V（方均根值）及以上的交流配电系统，如由此可能产生的任何电流不直接流过任何危险处所。

2.16.3　电缆及其敷设

2.16.3.1　除本质安全型电路中的电缆以外，敷设在0区和1区的所有电缆应至少具有下列之一的保护层：

（1）非金属不透性护套，加上金属编织层或其他金属保护层；

（2）矿物绝缘电缆应具有铜或不锈钢护套。对于特殊用途，可以考虑采用具有铝护套的矿物绝缘电缆。

2.16.3.2　本质安全型电路的电缆应具有金属屏蔽，并至少加上一非金属不透性外护套。

2.16.3.3　如电缆被货油长期浸没，则电缆的结构应能经受这些物质的浸泡，或者将电缆密封在能经受这些物质的封闭罩壳（例如金属管）中。

2.16.3.4　可能经受腐蚀的所有电缆，应在其金属编织层、铠装或金属护套外加上非金属不透性外护套。

2.16.3.5　电缆或电缆管穿越分隔危险与非危险区域的气密舱壁和甲板时，其布置不应破坏舱壁或甲板的气密完整性。

2.16.3.6　敷设在甲板上或首尾步桥上的电缆应作保护，防止其遭受机械性损伤。所敷设的电缆应避免发生应变或擦伤，且应考虑到船体结构的膨胀或走动，而留有适当的余量。当设有环形伸缩弯头时，应能接近，以利维护。

2.16.3.7　敷设在货泵舱中的电缆应作适当防护，以防机械损伤。

2.16.3.8　连接可携式电气器具的移动式软电缆或电线，不应通过危险区域或处所，但本质安全电路的软电缆或电线可以除外。

2.16.4　危险区域中的电气设备

2.16.4.1　在危险区域中安装电气设备，应根据危险区域的级别来选取合适的合格防爆电气设备，其防爆类别和温度组别应不低于ⅡAT3。

2.16.4.2　下列设备允许安装在0区：

（1）本质安全型设备“ia”；

（2）“ia”等级本质安全电路内包含的简单电气设备和元件（例如热电偶、光电元件、压力计、接线盒和开关），不会存储或产生超过IEC60079—14限制的电能或能量；

（3）潜没泵，应至少设有两种独立的方式在出现低液位时自动切断供电。

2.16.4.3　下列设备允许安装在1区：

（1）本节2.16.4.2中所述电气设备；

（2）本质安全型设备“ib”；

（3）“ib”等级本质安全电路内包含的简单电气设备和元件（例如热电偶、光电元件、压力计、接线盒和开关），不会储存或产生超过IEC60079—14限制的电能或能量；

（4）隔爆型设备“d”；

（5）正压型设备“p”；

（6）增安型设备“e”；

（7）浇封型设备“m”；

（8）充砂型设备“q”；

（9）特殊型设备[①]“s”；

（10）外加电流阴极保护系统的阳极或电极、测深仪或计程仪的传感器，应将这些设施设置在气密围蔽处所，并且不应毗邻液货舱壁；

（11）路经电缆。

2.16.4.4　下列设备允许安装在2区：

（1）本节2.16.4.3中所述电气设备；

（2）无火花型电气设备“n”；

（3）正常工作时不会出现火花、电弧和热点的设备。

2.16.4.5　发射天线及其所属索具的位置均应远离易燃或易爆蒸气或气体的出口。

2.16.4.6　可在危险区域或处所内安装的电气设备，其开关和保护电器应能分断所有的极或相，而且应设在安全的区域或处所内。设备、开关和保护电器应有清晰而耐久的标志，以便于识别。

2.16.5　接地与防静电

2.16.5.1　在危险区域或处所中所有电气设备，不管其工作电压如何，其金属外壳均应可靠接地。

2.16.5.2　为防止静电放电危害，货油舱（柜）、处理装置和管系应按本篇1.3.4.12的规定进行接地。

2.16.5.3　桅索应与船体有可靠的电气连接。

2.16.6　载运闪点（闭杯）不超过60℃货油的油船的危险区域划分

2.16.6.1　以下区域或处所应属于0区：

（1）货油舱、污油水舱以及货油舱和污油水舱的任何压力真空管系或其他透气系统；

（2）含有货油的管路和设备的内部空间。

2.16.6.2　以下区域或处所应属于1区：

（1）毗邻货油舱的隔离空舱和压载舱；

（2）货泵舱，其机械通风应满足以下要求：

①货泵舱的机械通风发生故障时应在有人值班处所发出视觉和听觉报警；

②机械通风故障后，应立即采取措施恢复通风；

③若在较长的时间内无法恢复机械通风，除以下设备之外，其余电气设备均应能在安全区域进行关断，并应有措施防止未经许可的再次接通：

（a）本质安全型设备；

（b）隔爆型灯具；

（c）隔爆型通用紧急报警发声器，但其内部应无产生火花的触点。

④在机械通风停止较长时间后或初次使用时，货泵舱应至少进行5次换气后，电气设备（本质安全设备、隔爆型灯具和隔爆型通用紧急报警发声器除外）才可接通电源。

（3）直接在货油舱上方的围蔽或半围蔽处所（例如甲板间处所）或其舱壁在货油舱舱壁之上并与之成一直线的围蔽或半围蔽处所；

（4）除隔离空舱以外其他与货油舱毗邻而且在货油舱顶板下面的处所（例如围壁通道、走道和杂货舱）以及货油舱下面的双层底和管隧；

（5）距离货油舱舱口、气体或蒸气出口[②]、货油分配阀门、货油舱阀门、货油管路法兰、货泵舱

① 电气设备采用专用标准未包括的防爆型式（隔爆型、增安型、本质安全型、正压型、充油型、充砂型、浇封型和无火花型）时，经检验单位认可，可作为特殊型电气设备，标志为“s”。

② 这些开口包括观察孔、洗舱开口、油面空部容积（液货舱膨胀余位）测定开口、测深管、货油蒸气出口等位置。

通风出口以及允许由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的货油舱压力/真空阀3m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所；

（6）在装卸货油、压载或驱除货油舱气体过程中通过大量气体或蒸气混合物的货油舱出口向上，以6m为半径、无限高度的垂直圆柱内；以及自该出口向下，以6m为半径的半球面内的开敞甲板区域，或开敞甲板上的半围蔽处所；

（7）距离货泵舱入口、货泵舱通风入口、隔离舱入口或其他1区开口处所1.5m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上的半围蔽处所；

（8）所有货油舱（包括在货舱区域的所有压载舱）上面的开敞甲板区域，其构造限制了自然通风，宽度为船的全宽，前后向货油舱首尾舱壁各向外水平延伸3m，离甲板高度为2.4m以内的区域；

（9）在货油分配阀门下方溢流挡板内，以及以挡板为界向外水平延伸3m，离甲板高度为2.4m以内的开敞甲板区域；

（10）贮放输油软管的舱室；

（11）装有货油管路的围蔽或半围蔽处所；

（12）本规范第6篇第3章第3.4.14.1规定的首尖舱及其透气管开口。

2.16.6.3　以下区域或处所应属于2区：

（1）如无特殊规定，则距离2.16.6.2中规定的1区中的开敞处所或半围蔽处所周围1.5m以内的区域；

（2）在2.16.6.2（6）条中定义的区域之外4m的处所；

（3）在由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的货油舱出口和货油舱压力/真空阀3m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所以外2m的区域；

（4）在通向1区的气闸内；

（5）如甲板上设有连续围板（以使溢流被保留在甲板上并使之远离居住处所和服务区），则以此为界，向外延伸3m，且离甲板高度2.4m以内的开敞甲板区域；

（6）所有货油舱（包括在货舱区域的所有压载舱）上面的开敞甲板区域，确保自然通风的开敞甲板，宽度为船的全宽，前后向货油舱首尾舱壁各向外水平延伸3m，距离属于1区开敞或半围蔽处所周围甲板的高度为2.4m以内的区域；

（7）该处所邻近本节2.16.6.2（8）和2.16.6.3（6）条定义的开敞甲板区域，但低于主甲板，并在主甲板上或不高于主甲板上方0.5m处有一开口，除非：

①这些处所的入口以及处所的所有其他开口（包括通风出口和进气口），不朝向液货舱区域，并距液货舱最前部舱壁至少5m，远离液货舱出口或气体或蒸气出气口水平距离至少10m的位置；并且

②该处所设有机械通风。

2.16.6.4　某些危险区域或处所，例如有开口直接通向危险区域或处所的区域或处所，如其通风、增压（正压保护）、开口处门的设置以及其他安全保护措施符合接受标准[①]的有关规定，则该区域或处所的危险性可以降低，或者作为非危险区域或处所。

2.16.7　载运闪点（闭杯）超过60℃货油，且不加热或加热温度低于其闪点15℃以上的油船的危险区域划分

2.16.7.1　货油舱、污油水舱、货油舱和污油水舱的任何压力/真空阀管系或其他透气系统以及含有货油或处理可燃气体或蒸气的管系和设备的内部空间属于2区。

① 参见IEC60092-502出版物《船舶电气设备—第502部分液货船特殊要求》。

2.16.8　载运闪点（闭杯）超过60℃货油，且将其加热至其闪点以上或加热至与其闪点之差小于15℃的油船的危险区域划分

2.16.8.1　该类油船应符合本节2.16.6对载运闪点（闭杯）不超过60℃货油油船的规定。

第17节　载运油箱中有自用燃料车辆船舶附加要求

2.17.1　一般要求

2.17.1.1　本节适用于对设有载运油箱中有自用燃料车辆处所的船舶的电气装置。

2.17.1.2　本节所要求的合格防爆电气设备应符合本篇1.3.3的规定，并且其防爆类别和温度组别应不低于IIA T3。

2.17.2　在客船的舱壁甲板以上的特种处所、闭式滚装处所[①]和货船每小时换气次数不少于10次的闭式滚装装货处所装载车辆

2.17.2.1　在离车辆甲板或装车平台450mm的高度内和该处所的排气通风导管内，应安装合格防爆电气设备。

2.17.2.2　在2.17.2.1规定以外的部位内，如不使用合格防爆电气设备，则应安装外壳防护等级至少为IP55的电气设备，且表面温度不应高于200℃。

2.17.3　在客船舱壁甲板以下的特种处所、闭式滚装处所和货船每小时换气次数少于10次的闭式滚装装货处所装载车辆

2.17.3.1　在该处所及其排气通风导管内应安装合格防爆电气设备。

2.17.4　在客船和货船装货处所内装载车辆

2.17.4.1　在该处所及其排气通风导管内，应安装合格防爆电气设备。

2.17.4.2　在该处所内终止的所有电路中，均应在该处所之外设有多极联动隔离开关，并应有可将该开关锁定在分断位置上的设施。但这一规定不适用于诸如：火警、烟雾或可燃气体探测等电路。

2.17.4.3　若该处所每小时换气次数不少于10次，则在距离车辆甲板或装车平台450mm的高度之外，如不使用合格防爆电气设备，则应安装外壳防护等级至少为IP55的电气设备，且表面温度不应高于200℃。

2.17.5　在客船和货船露天甲板的某区域装载车辆

2.17.5.1　在该区域中安装的电气设备，除其外壳防护等级应符合本篇表1.3.2.2的有关规定外，其表面温度不应高于200℃。

第18节　载运危险货物船舶附加要求

2.18.1　一般要求

2.18.1.1　具有载运本节2.18.1.2规定危险货物装货处所的船舶上的电气装置，应符合本节规定以及本篇其他适用的规定。

2.18.1.2　按IMO《国际海运危险品规则》（《IMDG规则》）和《国际海运固体散货规则》（《IMSBC规则》）的有关规定，需对电气设备采取安全措施的危险货物分为以下几类：

① 每小时换气次数不小于10次。

（1）有包装的危险货物：

1类　　爆炸品，但在配装组S中的1.4类爆炸品除外；

2.1类　　压缩、液化或加压溶解的所有易燃气体；

3.1，3.2类　闪点（闭杯试验）低于23℃的所有易燃液体；

6.1类　　闪点（闭杯试验）低于23℃的所有有毒物质；

8类　　闪点（闭杯试验）低于23℃的所有腐蚀性液体。

（2）散装固体危险货物：

4.1类　　易燃固体物质；

4.2类　　易于自燃的物质；

4.3类　　遇水会散发易燃气体的物质；

5.1类　　氧化物；

9类　　杂类危险物质，经验已经表明或可能表明按其危险性质应采用本节规定的任何其他物质；

MHB　　如散装运输会有危险，要求采取特殊措施的物质。

2.18.1.3　由于载运本节规定的危险货物可能产生的危险区域可分为以下两类：

（1）在正常工作状态下可能出现爆炸性环境①的区域或处所，称为危险区；

（2）在正常工作状态下不太可能出现爆炸性环境，即使出现也仅仅是偶然的和短时间的区域或处所，称为扩大危险区。

2.18.1.4　在危险区域中仅可安装船舶安全与营运所必不可少的电气设备，所安装和使用的电气设备的防爆性能应适合于所载运货物的特性。

2.18.1.5　当载运闪点低于23℃的可燃液体（3.1类、3.2类、6.1类和8类）、铝熔炼/再熔炼副产品（UN3170）、经加工的铝熔炼/再熔炼副产品（MHB）、硅铁（MHB）和硅铁（UN1408）时，存放带有法兰、阀门、泵等构件的管路的围蔽处所（如管隧，舱底泵舱等）属于扩大危险区（等同于2区）。

2.18.2　载运本节2.18.1.2（1）规定的有包装的1类爆炸品（在配装组S中的1.4类爆炸品除外）

2.18.2.1　下列区域或处所属危险区：

（1）闭式装货处所和闭式或开式滚装装货处所；

（2）固定安装的容器（例如：弹药箱）。

2.18.2.2　在本节2.18.2.1规定的危险区内，可安装符合本节2.18.8.2规定的电缆，以及不低于表2.18.2.2要求的电气设备。

可安装的电气设备　　**表2.18.2.2**

环　境	电　气　设　备			
	类　型	防爆类别	温度组别或最高表面温度	外壳防护等级
爆炸性粉尘环境	一般电气设备		100℃	IP65
爆炸性气体环境	本质安全型Ex“i”	IIA	T5	
	隔爆型Ex“d”	IIA		
	增安型Ex“e”（仅适用于照明灯具）	II		
爆炸性粉尘和爆炸性气体兼有的环境	本质安全型Ex“i”	IIA	T5	IP65
	隔爆型Ex“d”	IIA		
	增安型Ex“e”（仅适用于照明灯具）	II		

① 爆炸性环境可能由于爆炸性气体和/或粉尘的存在而存在。

2.18.3　载运只产生爆炸性粉尘环境的散装固体危险货物

2.18.3.1　下列区域或处所属危险区：

（1）闭式装货处所；

（2）危险区域的通风管道（如设有）；

（3）有开口直接通向以上（1）或（2）所列处所的围蔽或半围蔽处所，并无防止易燃粉尘进入该处所的适当措施。

2.18.3.2　在本节2.18.3.1规定的危险区内，可安装符合2.18.8.2的规定的电缆，以及不低于下列要求的电气设备：

（1）一般电气设备

—— 外壳防护等级　IP55；

—— 最高表面温度　200℃；或者

（2）合格防爆电气设备

—— 外壳防护等级　IP55；

—— 温度组别　T3。

2.18.3.3　如载运的危险货物要求较本节2.18.3.2规定更低的表面温度，则应按该货物的要求（另见本节2.18.7）。

2.18.4　载运闪点低于23℃有包装的易燃液体（3.1，3.2类）和易燃气体（2.1类）

2.18.4.1　下列区域或处所属危险区：

（1）闭式装货处所和闭式滚装装货处所；

（2）危险区的通风管道（如设有）；

（3）离危险区任何排风口周围1.5m范围内的露天甲板区域，或者露天甲板上的半围蔽处所；

（4）有开口直接通向以上（1）和（2）所列处所的围蔽或半围蔽处所，并无防止易燃气体进入该处所的适当措施。

2.18.4.2　下列区域或处所属扩大危险区：

（1）以自闭式气密门（水密门可认为是气密的）与本节2.18.4.1（1）和（2）所列危险处所分隔，并有自然通风的处所；

（2）与本节2.18.4.1所列危险区相毗邻的气闸（如设有）的里面；

（3）在2.18.4.1（3）规定的危险区之外1.5m范围的露天或半围蔽处所。

2.18.4.3　在本节2.18.4.1和2.18.4.2规定的危险区域内，可安装本节2.18.8.2规定的电缆，以及不低于表2.18.4.3要求的电气设备。

可安装的电气设备　　**表2.18.4.3**

危险区类别	电气设备		
	类　型	防爆类别	温度组别或最高表面温度
危险区	本质安全型 Ex“i”	IIC	T4
	隔爆型 Ex“d”	IIC	
	正压型 Ex“p”	II	
	浇封型 Ex“m”	II	
扩大危险区	以上危险区允许安装的设备	IIC或II	T4
	无火花型 Ex“n”	II	
	正常工作时不产生火花或电弧的设备		135℃

2. 18. 4. 4　如所载运的货物不包括氢气、氢气混合物以及在一定条件下可能产生氢气的散装货物，则以上规定的防爆类别可为 II B。

2. 18. 5　只载运散装固体危险货物和 MHB

2. 18. 5. 1　如只载运散装固体危险货物（含能产生爆炸性气体环境的固体危险货物）和 MHB，则：

（1）本节 2. 18. 4. 1 所列区域或处所属危险区；

（2）本节 2. 18. 4. 2 所列区域或处所属扩大危险区。

2. 18. 5. 2　在本节 2. 18. 5. 1 规定的危险区域内，可安装的电缆和电气设备的类型应符合本节 2. 18. 3. 2 和 2. 18. 4. 3 的规定，以及表 2. 18. 5. 2 所示的最低要求。

在危险区内使用的电气设备特性（举例）　　表 2. 18. 5. 2

危险货物	IMO 分类	主要危险[①]	粉尘防爆	气体防爆	
			外壳防护等级	防爆类别	温度组别
碎铝	MHB	H_2	—	IIC	T2
硅铝铁粉	4. 3	H_2	—	IIC	T2
未包覆的硅铝粉	4. 3	H_2	—	IIC	T2
硝酸铵肥料 —A 型 —B 型	 5. 1 9	 ② ②	 — —	 — —	 — —
煤	MHB	粉尘，甲烷	IP55	IIA	T4
直接还原铁	MHB	H_2	—	IIC	T2
磷铁 (无团块)	MHB	H_2	—	IIC	T1
硅铁	4. 3	H_2	—	IIC	T1
废氧化铁 废海绵铁	4. 2	粉尘	IP55	IIA	T2
粉尘 (例如：来自谷物)		粉尘	IP55	—	—
压榨过的含芳香植物种子的饼	4. 2	己烷	—	IIA	T3
硅锰合金	MHB	H_2	—	IIC	T1
硫	4. 1	易燃	IP55	—	T4
锌渣 碎锌 废锌 锌浮渣	4. 3	H_2	—	IIC	T2

注：① 这里的“危险”一词专指因危险货物和电气设备而产生的爆炸危险。

②应按照 2. 18. 5. 3 的规定，切断在装货处所终止的所有电路。

2. 18. 5. 3　对某些 5. 1 类和 9 类危险货物，应按照 2. 18. 8. 1 的规定切断在装货处所终止的所有电路（见本节表 2. 18. 5. 2）。

2. 18. 6　正压保护和气闸的应用

2. 18. 6. 1　有开口直接通向毗邻危险区（例如本节 2. 18. 4. 1（4）规定的危险区）的处所，如具有接受标准[①]规定的正压保护，则可使其成为非危险处所。

① 参见 IEC60092-506 出版物《专辑 载运特殊危险货物和仅散装有危险货物船舶》。

2.18.6.2 如设置与2.18.4.1所列危险区域相毗邻的气闸，则毗邻气闸并设有自然通风的外部处所，可认为是安全区域。

2.18.7 特殊规定

2.18.7.1 如未获得拟载运的货物特性的详细资料，或者船舶拟载运本节2.18.1.2规定的所有货物，则可安装在危险区域中的电气设备应符合下列规定：

——外壳防护等级 IP65
——最高表面温度 85℃
——防爆类别 II C
——温度组别 T6

2.18.8 危险区域内电气设备的安装

2.18.8.1 如安装的电气设备为不适合在有爆炸危险的区域中使用者，则应能将其关断，并应有防止未经批准的再次接通的保护。该项关断应在危险区域之外进行，且一般应采用隔离开关或可锁定的开关实施。

2.18.8.2 电缆均应是铠装的或者应具有编织的屏蔽层，否则应敷设在金属管道中，但扩大危险区可以除外。

2.18.8.3 装货处所中应尽可能避免电缆接头，如不可避免，则接头应围蔽在防爆的金属或高强度塑料制成的接线盒中，或者将其密封在波纹套筒电缆接头中。

2.18.8.4 除扩大危险区以外，甲板和舱壁上的电缆贯穿应是密封的，以防止易燃气体或蒸气透过。

2.18.9 危险区域内的可携电气设备

2.18.9.1 如为船舶营运必须在危险区域内使用可携电气设备，则应采用适合于该危险区域中使用的合格防爆电气设备，且除本质安全电路外，一般应自带电源。

第19节 散货船附加要求

2.19.1 适用范围

2.19.1.1 本节规定适用于500总吨及以上国际航行的所有散货船和除散货船以外的单舱货船。

2.19.2 水位探测系统

2.19.2.1 安装在货舱、压载舱和干燥处所中的水位探测器除应符合本节规定外，还应符合接受标准[①]的有关规定，并经型式认可。

2.19.2.2 在每一货舱内，当水位达到高出任何货舱内底0.5m时应发出一个听觉和视觉报警，并在水位高度达到不小于货舱深度15%但不超过2m时也应发出一个听觉和视觉报警。对于SOLAS公约第XII/9.2条适用的散装货船，只需要安装发出后一个报警的报警器。水位探测器的安装应符合本节2.19.2.11的规定。对于用作水压载的货舱，可安装一个报警越控设备。听觉和视觉报警器应能将每一货舱中探测到的两种不同的水位明显区分。

2.19.2.3 在SOLAS公约第Ⅱ-1/11条所要求的防撞舱壁前方的任一压载舱中，当舱内的液位达到不超过舱容的10%应发出一个听觉和视觉报警。应安装一个报警越控设备以便当使用该舱时，使其

① 参见IMO通过的MSC.188（79）决议《散货船和除散货船之外的单舱货船的水位探测器的性能标准》。

水位报警越控。

2.19.2.4　除锚链舱以外，任何干燥处所或空舱，延伸至首货舱前方的任何部分，在水位高出甲板0.1m时应发出一个听觉和视觉报警。在容量不超过船舶最大排水量的0.1%的围蔽处所，不必安装此类报警器。

2.19.2.5　本节2.19.2.2至2.19.2.4条中规定的听觉和视觉警报器应安装在驾驶室。

2.19.2.6　探测设备应有适合所有拟装货物的腐蚀保护。探测设备包括安装在货舱和其他处所的传感器和过滤器，以及探测器的保护装置。

2.19.2.7　水位探测系统在货物区域中如有电路部分，则应为符合接受标准[①]规定的ib等级的本质安全电路。如船舶设计成仅载运不会产生易燃或爆炸性环境的货物，并在本探测系统操作手册、船舶装货手册和有关载运特殊货物的证书中有所规定，则上述的本质安全电路可不作强制性要求。

2.19.2.8　如在货物处所中安装本质安全型设备，则应为符合本篇1.3.3.1要求的合格防爆电气设备。其防爆类别和最高表面温度应适合于其可能遭遇到的易燃粉尘和/或爆炸性气体。如不知道该易燃粉尘和/或爆炸性气体的特性，则防爆类别应不低于II C，温度组别为T6或最高表面温度不超过85℃。

2.19.2.9　水位探测系统的供电应符合下列要求：

（1）由两个独立的电源供电：

①主电源和应急电源；或者

②主电源和一连续充电的专用蓄电池，其布置、位置和供电时间均等效于应急电源（18h）。该蓄电池可以是在水位探测系统中的内部蓄电池；

（2）从一电源换至另一电源供电的转换设备不需要组合在水位探测系统中；

（3）在主电源供电发生故障时应发出报警指示。当另一电源是蓄电池时，则两个电源都应有故障报警。

2.19.2.10　安装在货舱、压载舱和干燥处所中的电气部件的外壳防护等级应达到IP68的要求。

2.19.2.11　对水位探测器的安装要求：

（1）传感器应安装在与货舱指定部分相通的有保护的位置上（通常是货舱后部），该位置应使传感器测出的水位能代表货舱的实际水位。这些传感器应尽可能安装在靠近中心线，或在货舱的左右舷均安装。

对于2004年7月1日及以后安放龙骨的船舶，传感器的安装位置与船中心线的距离不应超过1个槽距或1个舱壁垂向加强材间距，否则应在货舱的左右两侧都安装传感器。

对于2004年7月1日以前安放龙骨的船舶，传感器的安装位置与船中心线的距离不应超过或等于$B/6$（B为船宽），否则应在货舱的左右两侧都安装传感器；

（2）探测器的安装不应阻碍任何测深管或其他用于测量货舱或其他舱室水位测量器具的使用；

（3）传感器和设备应安装在便于对其进行检验、维护和修理的地方；

（4）探测器设有的任何过滤器部件应能在装货之前予以清洗；

（5）安装在货舱内的电缆和任何相关联的设备应防护，例如装在结构牢固的管道内或有类似防护的位置上，以免其被货物或与散货船操作相关的装卸机械损坏；

（6）船舶结构、电气系统或管系的任何改变改装如涉及切割和/或焊接，应在施工之前经CCS批准。

① 参见IEC60079号出版物。

第 3 章　电气设备的制造与试验

第 1 节　一 般 规 定

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　本章规定适用于入级相关的电气设备，交流高压电气系统设备的附加要求见本篇第 2 章第 14 节，电力推进装置的附加要求见本规范第 8 篇第 15 章。

3.1.1.2　对于入级相关的电气设备，应提供相应类型的证书，具体的持证要求见本规范第 1 篇第 3 章。

第 2 节　旋 转 电 机

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　发电机的原动机及其调速器的性能应符合本规范第 3 篇第 7、8、9 章的有关规定。

3.2.1.2　并联运行发电机组原动机的调速器特性应保证本节 3.2.7.5 和 3.2.8.5 所规定的负载分配要求。并应设有足够精细的调速器调节机构，以便它在正常频率下，能进行小于发电机额定功率 5% 的负载调节。

3.2.1.3　推进电动机和主机驱动的转轴为推进轴的组成部分的发电机，其转轴的材料应具有 CCS 颁发的证书。

3.2.1.4　电机应有防止轴电流有害影响的措施。

3.2.1.5　采用非封闭轴承的电机应考虑设有轴承加油杯或加油孔，并设置相应的排油道，以保证轴承良好的润滑。

3.2.2　图纸资料

3.2.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）主要零部件图，包括：定子装配图、转子装配图、转轴图、集电环或换向器装配图、机座图、接线盒结构图；

（3）产品技术条件；

（4）面板布置图和系统控制流程图（适用于推进电机及其控制装置）；

（5）电气原理图（适用于发电机及其励磁装置、推进电机及其控制装置）；

（6）外部接线图（适用于发电机及其励磁装置、推进电机及其控制装置）。

3.2.2.2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）配套电器规格明细表（适用于发电机及其励磁装置、推进电机及其控制装置）。

3.2.3　温升

3.2.3.1　表 3.2.3.1 规定空气冷却电机在环境空气温度为 45℃下额定运行时的温升限值。

3.2.3.2　当电机的运行环境空气温度高于 45℃时，则其温升限值应较表 3.2.3.1 规定值减去实际环境空气温度与 45℃之差值。

如电机的运行环境空气温度低于 45℃，则其温升限值可较表 3.2.3.1 规定值增加实际环境空气温

度与 45℃之差值，但此增加值不应大于 15K。

空气间接冷却绕组的温升限值（K）　　**表 3.2.3.1**

热分级		A			E			B			F			H		
测量方法③		Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
项号	电机部件															
1a)	输出 5000kW(或 kVA) 及以上电机的交流绕组	—	55	60	—	—	—	—	75	80	—	95	100	—	120	125
1b)	输出 200kW(或 kVA) 以上但小于 5000kW(或 kVA) 电机的交流绕组	—	55	60	—	70	—	—	75	85	—	100	105	—	120	125
1c)	项 1d) 或项 1e) 以外的输出为 200kW(或 kVA) 及以下电机的交流绕组①	—	55	—	—	70	—	—	75	—	—	100	—	—	120	—
1d)	额定输出小于 600W(或 VA) 电机的交流绕组①	—	60	—	—	70	—	—	80	—	—	105	—	—	125	—
1e)	无扇自冷式电机 (IC410) 的交流绕组和 / 或囊封式绕组①	—	60	—	—	70	—	—	80	—	—	105	—	—	125	—
2	带换向器的电枢绕组	45	55	—	60	70	—	65	75	—	80	100	—	100	120	—
3	除项 4 外的交流和直流电机的磁场绕组	45	55	—	60	70	—	65	75	—	80	100	—	100	120	—
4a)	同步感应电动机以外的用直流励磁绕组嵌入槽中的圆柱形转子同步电机的磁场绕组	—	—	—	—	—	—	—	85	—	—	105	—	—	130	—
4b)	一层以上的直流电机静止磁场绕组	45	55	—	60	70	—	65	75	85	80	100	105	100	120	130
4c)	交流和直流电机单层低电阻磁场绕组以及一层以上的直流电机补偿绕组	55	55	—	70	70	—	75	75	—	95	95	—	120	120	—
4d)	表面裸露或仅涂清漆的交流和直流电机的单层绕组以及直流电机的单层补偿绕组②	60	60	—	75	75	—	85	85	—	105	105	—	130	130	—
5	永久短路的绕组	这些部件的温升或温度应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘														
6	换向器和集电环及其电刷和电刷机构	这些部件的温升或温度应不至于损坏其本身或任何与其相邻部件的绝缘。此外，换向器或集电环的温升或温度应不超过由电刷等级和换向器或集电环材质组件在整个运行范围内能承受的电流的温升或温度值														
7	无论与绝缘是否接触的结构件 (轴承除外) 和铁芯	这些部件的温升或温度应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘														

注：①对 200kW（或 kVA）及以下，绝缘等级为 A、B、E 和 F 级的电机绕组，如用叠加法，温升限值可比电阻法高 5K。

②对于多层绕组，如下面各层均与循环的初级冷却介质接触，也应包括在内。

③ 表中 Th- 温度计法，R- 电阻法，ETD- 埋置检温计法。

3. 2. 3. 3　主发电机、应急发电机（包括励磁机）以及连续工作制电动机，在最高冷却空气温度情况下，均应能在额定输出状态下长期地连续工作，而不超过表 3. 2. 3. 1 所规定的温升限值。

上述以外的其他发电机和电动机的定额应与它们所执行的工作制相符合，并在额定输出条件下进行试验，其温升应不超过表 3. 2. 3. 1 的规定。对短时工作制 S2 电机，绕组温升限值可较表 3. 2. 3. 1 规定值增加 10K。

3. 2. 4　换向

3. 2. 4. 1　电刷已整定在固定位置的直流电动机和发电机，当负载从空载到所规定的瞬时过载工作时，应不产生有害火花。

3. 2. 4. 2　交流换向器电动机在其规定的负载和转速范围内工作时，应不出现有害的火花。

3. 2. 5　过载

3. 2. 5. 1　电机应能承受下列的过电流或过转矩而不产生有害变形：

直流发电机　50% 过电流 15s

交流发电机　50% 过电流 2min

直流电动机　50% 过转矩 15s

多相异步电动机　60% 过转矩 15s

多相凸极同步电动机　50% 过转矩 15s

多相隐极同步电动机　35% 过转矩 15s

多相异步结构（线绕转子）同步电动机　35% 过转矩 15s

3. 2. 6　短路

3. 2. 6. 1　船用发电机应能在选择性保护电器的任何延时脱扣时间内，耐受短路电流所产生的机械应力和热效应。交流发电机及其励磁系统，在稳态短路状态下，至少能维持 3 倍额定电流历时至少 2s，如掌握精确的数据，则其持续时间可为脱扣器所整定的延时脱扣时间。

3. 2. 7　直流发电机

3. 2. 7. 1　除充电发电机外，直流发电机的励磁形式一般应采用复励式或带有自动电压调整器的并励或稳定并励式（具有少量串励绕组的分励电机）。

3. 2. 7. 2　每一直流发电机均应在其控制屏上设有能单独对其电压进行调节的手动电压调整器。在发电机所允许的工作温度范围内，以及负载自空载至额定负载之间的任何负载下，电压在额定值的 80% ~ 105% 范围内，电压调整的精确度应为：

（1）对于额定输出超过 100kW 的发电机，额定电压的 0. 5% 以内；

（2）对于额定输出不超过 100kW 的发电机，额定电压的 1% 以内。

手动电压调整器的电路一般应能分断，并应设有防止分断时产生过电压的措施。只有能将空载电压调低到接近剩磁电压，调整器才可不分断。

手动电压调整器的手轮，应安排成当顺时针方向旋转时，为发电机电压升高，反之则为电压下降。

3. 2. 7. 3　均压连接线应具有适应于系统的截面积，但应不小于自发电机到配电板之间的负极连接线截面积的 50%。

3. 2. 7. 4　在考虑原动机调速特性的情况下，额定功率 50kW 及以上的复励直流发电机组在热态下的电压负载特性应为：当负载为发电机额定功率的 20% 时，使发电机的电压偏差为额定电压的 1% 以内；当负载为满载时，其电压偏差应在额定电压的 2. 5% 以内；在 20% 负载至满载之间，电压负载特性的上升曲线和下降曲线的平均曲线与额定电压的偏差应不大于 3%。

3.2.7.5　并联运行的各直流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，各机组所承担的负载与总负载按机组额定功率比例分配值之差，应不超过：

（1）最大机组额定功率的 ±12%；

（2）当最小机组的额定功率小于最大机组额定功率的50%时，为最小机组额定功率的 ±25%。

这样的负载分配应不引起较小机组过载运行。

3.2.8　交流发电机

3.2.8.1　交流发电机除自励恒压式外，均应在发电机控制屏上设有独立的自动和手动电压调整器。

3.2.8.2　由调速特性符合本规范第3篇第7章或第8章或第9章要求的原动机驱动的交流发电机连同其励磁系统，应能在负载自空载至额定负载范围内，且其功率因数为额定值情况下，保持其稳态电压的变化值在额定电压的 ±2.5%以内。应急发电机可为 ±3.5%以内。

3.2.8.3　交流发电机在负载为空载，转速为额定转速，电压接近额定值的状态下，突加和突卸60%额定电流及功率因数不超过0.4（滞后）的对称负载时，当电压跌落时，其瞬态电压值应不低于额定电压的85%；当电压上升时，其瞬态电压值应不超过额定电压的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。应急发电机电压恢复到与最后稳定值相差4%以内所需的时间，可不超过5s。

3.2.8.4　交流发电机的空载线电压波形正弦性畸变率应不超过5%，但小容量（例如小于24kW）发电机可以除外。

3.2.8.5　并联运行的各交流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规定：

（1）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：

①最大机组额定有功功率的 ±15%；

②各个机组额定有功功率的 ±25%；

（2）各机组所承担的无功负载与总无功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：

①最大机组额定无功功率的 ±10%；

②最小机组额定无功功率的 ±25%。

3.2.9　试验

3.2.9.1　所有电机均应在制造厂依照IEC60092-301出版物的规定进行试验，重要设备用电机应具备制造厂的试验合格证。

3.2.9.2　凡重要设备用额定功率为50kW及以上的电机，在其试验期间和必要时在制造过程中应由CCS验船师进行检验。

3.2.9.3　电机的型式认可试验和出厂试验项目应符合表3.2.9.3的规定。轴带发电机、特殊用途电机和新型电机的试验项目可与表3.2.9.3的规定不完全相同。

3.2.9.4　表3.2.9.3要求进行的各项试验除应符合3.2.9.5 ~ 3.2.9.15的规定外，还应符合接受标准[①]的有关规定。

① 参见IEC60092-301出版物《设备—发电机和电动机》和IEC60034-1出版物《旋转电机第1篇定额和性能》或其他等效的标准。

电机的型式认可试验和出厂试验项目表　　表 3.2.9.3

序号	试验项目	交流发电机		电动机	
		型式认可试验①	出厂试验②	型式认可试验①	出厂试验②
1	技术资料审查和目测检查	×	×	×	×
2	绝缘电阻	×	×	×	×
3	绕组电阻测量	×	×	×	×
4	电压调整系统校验	×	×③		
5	额定负载试验和温升测量	×		×	
6	过载 / 过流试验	×	×④	×	×④
7	稳态短路校验⑤	×			
8	超速试验	×	×	×⑥	×⑥
9	耐压试验	×	×	×	×
10	空载试验	×	×	×	×
11	外壳防护等级试验	×		×	
12	轴承检查	×	×	×	×

注：①对样机或至少首批电机进行型式认可试验。

②电机出厂试验报告应包括试验结果和已经过型式认可试验的样机编号。

③ 只对电压调整系统做功能性试验。

④ 适用于大于 100kW 的重要设备用电机。

⑤ 稳态短路校验仅适用于同步发电机。

⑥鼠笼式电动机除外。

3.2.9.5　目测检查

对电机进行目测检查，以保证其与提交审查的技术文件相符合。

3.2.9.6　绝缘电阻测量

耐压试验之后应立即用直流绝缘试验法（直流高阻计）测量下列绝缘电阻，其最低试验电压值和相应绝缘电阻值应符合表 3.2.9.6 的规定：

（1）连接在一起的所有载流部件和地之间；

（2）所有载流部件的不同极或相之间（当每极或每相的两端均可分别接近时）。

绝缘电阻应在接近工作温度测量，或者用适当的方法将其折算至工作温度。

最低试验电压和最低绝缘电阻值　　表 3.2.9.6

额定电压 Un（V）	最低试验电压（V）	最低绝缘电阻（MΩ）
$U_n \leqslant 250$	$2 \times U_n$	1
$250 < U_n \leqslant 1000$	500	1
$1000 < U_n \leqslant 7200$	1000	（U_n/1000）+1
$7200 < U_n \leqslant 15000$	5000	（U_n/1000）+1

3.2.9.7　绕组电阻测量

应采用适当的桥式或电压电流测量方法测量电机绕组电阻，并记录。

3.2.9.8　电压调整系统校验

校验结果应符合本节 3.2.8.2 和 3.2.8.3 的规定。

3.2.9.9　额定负载试验和温升测量

电机应在额定输出功率、额定电压、额定频率和额定工作制下，按 IEC60034-1 出版物规定的试验方法或者采用其他复合试验方法进行额定负载试验，试验结束后测量其温升，其温升限值应不超过本

节表 3. 2. 3. 1 的规定。

3. 2. 9. 10　过载 / 过电流试验

在额定负载试验之后，电机应能承受本节 3. 2. 5. 1 规定的过载 / 过电流试验。在出厂试验中，过载试验可以由过电流试验代替。

3. 2. 9. 11　稳态短路校验

交流同步发电机及其励磁系统应按本节 3. 2. 6. 1 的要求进行稳态短路校验。

3. 2. 9. 12　超速试验

按 IEC60034-1 出版物规定的试验方法进行超速试验，鼠笼式电动机除外。

3. 2. 9. 13　耐压试验

电机耐压试验应符合 IEC60034-1 出版物的有关规定。对高压电机的线圈还应按 2. 14. 3. 3 进行试验。

3. 2. 9. 14　空载试验

在额定电压和频率供电下，电动机应能以额定转速空载运转；发电机应由适当的动力驱动和有适当的励磁，使其在额定转速和额定端电压下空载运转。

在运转试验期间，如合适，应检查电机波动和转轴润滑系统的工作状况。

3. 2. 9. 15　外壳防护等级试验

电机的外壳防护等级试验应符合 CCS 接受的标准[①]的有关规定。

3. 2. 9. 16　轴承检查

在完成规定的试验后，应拆开滑动轴承进行检查，以确定轴承正确的密封在轴瓦内。

第 3 节　配电板与配电电器

3. 3. 1　图纸资料

3. 3. 1. 1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）面板布置图；

（3）产品技术条件；

（4）电气原理图。

3. 3. 1. 2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）配套电器规格明细表；

（2）产品使用说明书（若配电板的其他图纸和技术文件已涵盖说明书内容时可不必提交）；

（3）外部接线图。

3. 3. 2　配电板的设计和结构

3. 3. 2. 1　主配电板和应急配电板的结构应满足下列要求：

（1）配电板的顶部应达到防护等级 IP22 的要求，但如安装在符合本篇 2. 1. 4. 2 要求的控制室中，则其顶部的防护等级可为 IP21。配电板的两侧应有不低于防护等级 IP2X 的防护措施。额定电压大于 500V 者，其背面还应有不低于防护等级 IP2X 的防护措施；

（2）对地电压或工作电压大于 50V 者，其裸露带电部分不应安装在面板上；

（3）在配电板的前面应设有坚固的绝缘扶手，如配电板的结构型式可在后面进行维护检查和更换部件时，则其后面也应设有坚固的绝缘扶手。绝缘扶手应水平安装在配电板的固定部分；

（4）电缆进入配电板处应有能防止漏水沿着电缆进入配电板内部的措施；

① 参见 IEC60034-5 出版物《旋转电机 第 5 篇 旋转电机整体设计提供的防护等级—分级》或其他等效的标准。

（5）主汇流排应按本篇 2. 1. 1. 1（5）的规定进行分段；

（6）主发电机总容量超过 100KVA 时，则每台发电机应设独立的开关单元，且应以钢板或滞燃材料相互隔开；

（7）额定电压大于 500V 系统用的接线柱应与较低电压的接线柱隔开，并做出明显的标志。

3. 3. 2. 2　区配电板和分配电板应具有符合本篇表 1. 3. 2. 2 规定的防护外壳。所有防护外壳均应以滞燃、耐潮的材料制成，且有坚固的结构。

3. 3. 2. 3　各电气装置保护的设置和保护电器的选择应符合本篇第 2 章第 5 节的有关规定。

3. 3. 2. 4　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标明其用途和操作位置的耐久铭牌。

3. 3. 2. 5　应有标明每个电路的用途、过载保护电器的定额或其相应整定值的耐久标志，这些标志应设在该保护电器的所在位置。对于 500V 以上的熔断器，当熔断器座可插入较低额定电压的熔断器时，则应设有专门的警告牌，例如“注意，只适用于 660V 熔断器。”

3. 3. 2. 6　在主配电板和应急配电板上，应设有符合本篇 2. 4. 2. 2 要求的绝缘监视报警器。

3. 3. 2. 7　发电机控制屏应设有指示发电机断路器接通与切断的指示灯。当发电机设有空间加热器时，应在发电机控制屏设空间加热器运行指示灯。

3. 3. 2. 8　在直流发电机控制屏上应设有符合本篇 3. 2. 7. 2 规定的调压设备。

3. 3. 2. 9　应在需并联运行交流发电机的控制屏上，设有可以对原动机转速在额定转速的 ±10% 范围内进行遥控调节的设施。

3. 3. 2. 10　在直流发电机控制屏上应设有发电机的充磁设备。

3. 3. 2. 11　除非满足第 8 篇第 19. 2. 5. 3、19. 2. 5. 4 和 19. 2. 6 的要求，否则应设有所有主发电机和应急发电机与岸电之间的联锁装置，以避免同时供电。

3. 3. 2. 12　用作连接岸电或其他外来电源的岸电箱应具有下列设施：

（1）用于连接软电缆的合适的接线柱；

（2）用于将船体与岸地相连的接地接线柱；

（3）符合本篇 2. 5. 9. 5 规定的开关和保护；

（4）指示端电压的指示灯或电压表；

（5）检查外来电源与船电系统的极性（直流）或相序（三相交流）是否相符的设施；

（6）防止接线端承受过大机械外力的设施；

（7）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。

3. 3. 2. 13　应急电源或临时应急电源充放电板的充电设备应符合本篇 2. 11. 3 的要求。

3. 3. 2. 14　在应急电源或临时应急电源充放电板上，应设有充电电源隔离开关和充电电源指示灯。

3. 3. 3　汇流排

3. 3. 3. 1　汇流排应由导电用电解铜或铜包覆的铝合金制成。汇流排的最大允许温升为 45K。

3. 3. 3. 2　汇流排及其支承件应能承受短路时产生的机械应力而不致损坏。

3. 3. 3. 3　主配电板和应急配电板中的裸主汇流排（但不包括主汇流排至引出线之间的导体），应具有表 3. 3. 3. 3 所列的最小电气间隙和最小爬电距离。

最小电气间隙与爬电距离　　**表 3. 3. 3. 3**

额定电压（V）	最小电气间隙（mm）	最小爬电距离（mm）
$U_n \leqslant 250$	15	20
$250 < U_n \leqslant 690$	20	25
$U_n > 690$	25	35

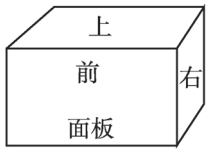
注：表中所列数值适用于带电部件之间以及带电部分与裸露的导电部件之间的电气间隙和爬电距离。

3.3.3.4　均压汇流排的载流能力，应不小于电站中最大发电机额定电流的 50%。

3.3.3.5　交流三相四线系统中中性线汇流排的截面积，应不小于相应相汇流排截面积的 50%。

3.3.3.6　配电板内汇流排按相序（交流）或极性（直流）的安装排列应符合表 3.3.3.6 的规定（以配电板正视方向为准）。

相序或极性的安装排列　　**表 3.3.3.6**

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。

3.3.4　测量仪表

3.3.4.1　测量仪表的精密度等级，应根据仪表的作用选择，但应不低于 1.5 级。

3.3.4.2　测量仪表的量程和刻度应符合下列规定：

（1）电压表的上量限应约为线路额定电压的 120%；

（2）电流表的上量限应约为该线路中额定电流的 130%；

（3）功率表的上量限应约为线路额定功率的 120%，供并联运行的直流发电机用电流表和供并联运行交流发电机用功率表，应能分别指示出 15% 的逆电流或逆功率；

（4）频率表应具有 ± 10% 额定频率的刻度；

（5）在电压表、电流表及功率表的刻度盘上应有一表示其额定值的明显标志。

3.3.4.3　发电机控制屏至少应按表 3.3.4.3 的要求设置测量仪表。

发电机控制屏测量仪表　　**表 3.3.4.3**

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	各发电机 1 个 (只在必要时设置)
	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	各发电机 1 个 (只在必要时设置)

3.3.4.4　电压互感器及电流互感器的次级绕组应可靠接地。

3.3.4.5　应急电源或临时应急电源充放电板应至少设置下列测量仪表：

（1）电压表，测量充电电压；

（2）电流表，测量充电电流。

3.3.5　开关和断路器

3.3.5.1　断路器的设计、制造和试验应满足 IEC60947-2 出版物或其他公认的标准。断路器应为自由脱扣式。

3.3.5.2　开关和断路器应能使其处于断开位置时，不致由于意外的运动而导致电路闭合。

3.3.5.3　发电机用断路器的保护性能应满足本篇 2.5.6 的要求。其过电流脱扣器的整定值应为可调式的，如属不可调者，则应为易于更换不同数值的形式。

3.3.5.4　动力操作的断路器，应设有人力操作机构，以便在动力操作机构发生故障时使用，且应能在板前进行操作。

3.3.5.5　带熔断器断路器的结构，应能在熔断器发生熔断时，不会导致单相运行，并应易于更换而不会有意外触及带电部分的危险。

3.3.5.6　断路器应有标明其额定电压、过电流脱扣器额定电流及其整定值等耐久标志。

3.3.6　熔断器

3.3.6.1　熔断器的设计、制造和试验应满足 IEC60269 出版物或其他公认的标准。

3.3.6.2　熔断器应为封闭式，其结构应于熔体熔断时，外壳不会破裂或烧坏。熔化的金属流或者所发散的气体应不损坏邻近的绝缘。

3.3.6.3　熔断器应便于更换其备件，而不致在取下或装上熔断器时发生触电或烧伤的危险。

3.3.6.4　熔断器在额定电流下长期工作时，其电缆连接端头的温度应不超过所连接电缆的允许最高工作温度。

3.3.6.5　熔断器应有标明其额定电压、额定电流、额定分断能力等的耐久标志。

3.3.7　试验

3.3.7.1　配电板应在制造厂进行本节 3.3.7.2 ~ 3.3.7.5 规定的各项试验，但对批量生产的同型产品可不做 3.3.7.2 规定的试验。

3.3.7.2　配电板应在规定的负载电流下进行温升试验。

3.3.7.3　配电板应进行效用试验，检查配电板上的仪表、配电电器的效能。

3.3.7.4　配电板应按表 3.3.7.4 的规定进行耐压试验。试验电压频率可以是 25~100Hz 之间的任一频率，该项试验应持续 1min 而无击穿现象。试验时可以分断仪表和辅助器具。

试 验 电 压　　**表 3.3.7.4**

额 定 电 压 （V）	试 验 电 压 （V）
$U_n \leqslant 60$	1000
$60 < U_n \leqslant 300$	2000
$300 < U_n \leqslant 690$	2500
$690 < U_n \leqslant 800$	3000
$800 < U_n \leqslant 1000$	3500
$1000 < U_n \leqslant 1500$ ①	3500

注：① 仅指直流。

②在进行耐压试验时，半导体器件应拆除，同时可不接测量仪表、电容器、指示灯等附属设备。

③耐压试验应在所有带电部分与机壳间和各极（相）相互之间进行。

3.3.7.5　绝缘电阻测量：在耐压试验之后，应立即用至少500V的直流高阻计测量其所有载流部分对地以及载流部分的极间或相间的绝缘电阻，其值应不低于1MΩ。

第4节　控制设备

3.4.1　一般要求

3.4.1.1　控制设备的操纵手轮或手柄应满足下列要求：

（1）其温度应不超过：金属制成者为55℃；绝缘材料制成者为65℃；

（2）应设有机械锁定设施，以保证在受到冲击、振动时不致改变其工作位置；

（3）应设有指示其作用、工作位置和动作方向的耐久标志。

3.4.1.2　控制设备的操纵手轮应安排成：如以“0”位为起始点，则沿顺时针方向旋转时为“上升”、“起锚”、“收缆”，反之则为“下降”、“抛锚”、“放缆”等。

控制设备的操纵手柄应安排成：如以“0”位为起始点，则向前移动时应为“下降”、“抛锚”、“放缆”，反之则为“上升”、“起锚”、“收缆”等。

3.4.1.3　控制设备中应设有符合本篇第2章第5节规定的有关保护。

3.4.1.4　控制按钮应能防止因偶然触及而产生误动作。

3.4.1.5　对允许开路的并联磁场绕组，应设有放电保护设施，以防由于感应过高的电压而损坏。

3.4.2　图纸资料

3.4.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）主要零部件图；

（3）产品技术条件；

（4）电气原理图。

3.4.2.2　应将《产品使用说明书》提交备查。

3.4.3　电动机的控制设备

3.4.3.1　电动机的控制设备应设有运转指示器。

3.4.3.2　各种用途电动机的控制设备还应符合本篇第2章第6节的有关规定。操舵装置控制设备还应符合本规范第3篇第13章的有关规定。

3.4.3.3　锚机、绞缆机、起货机的控制设备，应设有应急切断电路的设施。

3.4.3.4　如锚机和绞缆机的电动机功率等于或大于10kW时，则应在其控制设备上设有能监视电动机工作电流的电流表，且应有适当照明或夜光。

3.4.4　试验

3.4.4.1　温升试验：控制设备应在正常工作状态下进行温升试验。但对同型号同规格产品，可只要求对首台产品进行试验。

3.4.4.2　效用试验：所有控制设备应进行效用试验。

3.4.4.3　耐压试验：按表3.3.7.4的规定进行。试验电压频率可以是25～100Hz之间的任一频率，该项试验应持续1min而无击穿现象。试验时可以分断仪表和辅助器具。

3.4.4.4　绝缘电阻测量：紧接着在耐压试验后，应用至少500V的直流高阻计进行绝缘电阻测量，绝缘电阻值应不低于1MΩ。

第5节　电　　缆

3.5.1　一般要求

3.5.1.1　电缆应符合本节的规定，本节未作规定者，则应符合接受标准[①]的有关规定。对于耐火电缆，还应符合接受的有关耐火电缆标准[②]的有关规定。

3.5.1.2　除3.5.1.1所述标准之外，电缆的制造和试验可根据其他接受的和相关的国际标准或国家标准。

3.5.1.3　应提交电缆的结构图和产品技术条件供批准。

3.5.2　导体

3.5.2.1　导体应采用有金属镀层或无金属镀层的并已韧炼的铜。除非导体与绝缘层之间有隔离层，作为热固性绝缘导体的铜线应镀金属，而且表面应光亮。热塑性绝缘导体，可不镀金属。如能用适当的型式试验证明不会产生有害的影响，热固性绝缘导体也可不镀金属镀层。

3.5.2.2　导体的结构和股绞的选择，应能保证成品电缆适当的柔软性，多芯电缆的芯线应易于辨别。

3.5.3　绝缘材料

3.5.3.1　可采用的绝缘材料及导体的最高工作温度应符合本篇2.12.2.2的规定。

3.5.3.2　不同导体最高工作温度不同的电缆，应有识别标志。

3.5.4　绝缘

3.5.4.1　对弹性或热塑性复合物绝缘，只有在采用挤压工艺时才可由单层复合物构成。如采用其他加工工艺，则绝缘至少应由两层性能相同的复合物组成，各层应粘接在一起，且绝缘应紧密地包覆，但不粘于导体上。

3.5.4.2　矿物绝缘应由粉状矿物材料即镁的氧化物构成，它高度压缩于导体和铜护套之间。它对温度变化是稳定的并对铜不产生腐蚀。

3.5.5　结构

3.5.5.1　无论使用什么绝缘材料，对于二芯、三芯和更多芯电缆，都可采用有包带和无包带两种结构。

3.5.5.2　对于无包带电缆，各芯线间的空隙均应填满纤维质的或类橡皮的填充物，并且此圆柱形的组合件应包以适当的外护层。在导电线芯截面等于或小于4.5mm^{2}的多芯电缆中，填充物可以省略，或者，对于弹性或热塑性绝缘电缆，可用合适的复合物挤压在电缆芯线上，使填充物和类似于护套的连续覆盖层成为一体。

---

① 参见IEC 60092-350、60092-351、60092-352、60092-353、60092-354、60092-359、60092-373、60092-374、60092-375和60092-376出版物。

② 参见：IEC60331-21出版物；或，
电力电缆外径>20mm：IEC60331-1出版物；
电力电缆外径≤20mm：IEC60331-21或IEC60331-2出版物；以及可能采用；
电气数据电缆：IEC60331-23出版物；
光导纤维缆：IEC60331-25出版物。

3.5.5.3　除进行保护覆盖之前，对电缆芯线应加上 1 层绝缘层之外，包带电缆的结构应与无包带电缆一样。对于弹性或热塑性绝缘电缆，公共包带应分别为弹性或者热塑性，它可以与填充物形成整体或分开。

3.5.5.4　采用纤维质填充物时，它们应由黄麻或相类似的粗纺线（包括玻璃丝等等）组成，且应为防潮的。

3.5.5.5　当采用类橡皮填充物时，它们应由橡皮（包括再生橡皮和 / 或非硫化橡皮）的复合物或塑性复合物组成。

3.5.6　护套和外护层

3.5.6.1　电缆应以下述的 1 种或多种护套或外护层作保护，但护套和外护层应与其绝缘相适应：

（1）护套：铅合金护套；

铜护套；

非金属护套；

（2）外护层：钢丝铠装；

钢带铠装；

金属编织铠装；

浸渍纤维编织铠装。

3.5.6.2　铜质护套只可用于矿物绝缘电缆。

3.5.6.3　金属编织铠装应由镀锌的钢丝、铜或铜合金丝或铝合金丝构成。铝合金应是耐腐蚀的。编织的覆盖密度应使该编织物的质量至少等于同一种金属、同一内径和厚度（等于构成编织物的 1 根金属丝的直径）的管子重量的 90%。

3.5.6.4　钢丝铠装应由断裂伸长率至少为 12% 的镀锌退火钢丝构成。金属丝沿着电缆铠装衬垫表面绕包，以便形成一均匀的圆柱层，并保证电缆有适当的柔软性。

3.5.6.5　钢带铠装应由退火钢带构成，通常铠装应由 2 条钢带在电缆铠装衬垫上以相同方向绕包而成，使其在第 1 层中的空隙不大于带宽的一半，而在第 2 层以重叠来覆盖这个空隙。

3.5.6.6　必要时铠装应有防腐蚀保护，在铠装（任何一种型式）下面，应具有 1 层保护衬垫，它可以是纺织带或编织物、氯丁橡皮带或其他的适当材料。纺织材料应进行防潮处理。

3.5.6.7　非金属不透性护套可以采用氯丁橡皮、聚氯乙烯混合物和氯磺化聚乙烯。其他复合物将予以考虑。

3.5.6.8　纤维编织可用棉、大麻、玻璃丝或其他等效的纤维，且应具有与电缆尺寸相适应的强度。它应有效地以防潮复合物浸渍，且还应是滞燃的。

3.5.7　试验

3.5.7.1　产品出厂之前，在制造厂应按接受有关标准[①]的规定进行试验。

第 6 节　电力与照明变压器

3.6.1　一般要求

3.6.1.1　本节规定适用于容量等于或大于 1kVA 的单相变压器和容量等于或大于 5kVA 的三相变压器。

3.6.1.2　除用于电动机起动者外，所有变压器均应采用双绕组式或多绕组式，其初级与次级绕

① 参见 IEC60092 系列出版物或有关标准。

组间应无电的连接。

3.6.1.3　一般应采用空气冷却的干式变压器。湿式变压器的使用应满足下列要求：

（1）湿式变压器填充的液体应是无毒和不易助燃型。应有带报警的压力释放装置，并应备有适当措施以接收由于释放装置动作或容器损坏而漏出的液体；

（2）当采用液体强制冷却时，应能检测冷却介质和变压器线圈的温度，当其超过规定值时发出报警，并通过减少负载达到与冷却能力相当的水平。

3.6.1.4　凡额定功率为 50kVA 及以上的变压器，在其试验期间和必要时在制造过程中应由 CCS 验船师进行检验。

3.6.2　图纸资料

3.6.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）主要零部件图，包括：线圈图、铁芯图、接线盒图；

（3）产品技术条件。

3.6.2.2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）产品使用说明书；

（2）外部接线图。

3.6.3　电压调整率

3.6.3.1　在电阻性负载的情况下，当变压器自空载至满载时，次级电压的变化应不超过下列数值：

（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%。

3.6.4　温升

3.6.4.1　变压器在最大定额连续运行，冷却空气环境温度为 45℃时，各部分的温升应不超过表 3.6.4.1 的温升限值。

温 升 极 限　　**表 3.6.4.1**

变压器部位		温 升 限 值 （K）	测 量 方 法
线　圈	A 级绝缘	55	电阻法
	E 级绝缘	70	
	B 级绝缘	75	
	F 级绝缘	95	
	H 级绝缘	120	
铁芯及结构零件表面		最大不应超过与其接触的绝缘材料的允许温升	温度计法或热电偶法

3.6.5　短路

3.6.5.1　所有变压器应能承受任何绕组端头短路时的热效应和机械应力，历时 2s 而不致损伤。

3.6.6　试验

3.6.6.1　所有变压器在制造厂至少进行本节 3.6.6.2 ~ 3.6.6.6 的试验。但对批量生产的同型号同规格产品，可只要求首台产品进行 3.6.6.2 的试验。

3.6.6.2　温升试验：变压器应在额定负载下进行温升试验，温升限值应不超过表 3.6.4.1 的规定。

3.6.6.3　耐压试验[①②]：变压器初、次级绕组和绕组对地之间，均应按照表3.6.6.3的规定进行耐压试验，并应能维持1min而无击穿或闪络现象。

耐压试验电压　　**表3.6.6.3**

最高电压（方均根值）kV	额定短时工频耐受电压（方均根值）kV	最高电压（方均根值）kV	额定短时工频耐受电压（方均根值）kV
≤1.1	3	17.5	38
3.6	10	24.0	50
7.2	20	36.0	70
12.0	28		

3.6.6.4　感应耐压试验：变压器应能承受2倍额定电压的感应耐压试验，试验电源的频率小于或等于2倍额定频率时应持续1min；试验电源的频率大于2倍额定频率时，试验持续时间t可按下式计算，但应不小于15s：

$$t = \frac{60 \times 2 \times \text{额定频率}}{\text{试验频率}} \quad \text{s}$$

进行温升试验的变压器，该项试验应在温升试验结束后立即进行。

3.6.6.5　绝缘电阻试验：应依次测量每1绕组对地的绝缘电阻。测量时，所有其余绕组、铁芯、框架、箱或外壳一起接地，并连同试验时变压器的温度一起记录下来。

3.6.6.6　电压调整率试验：变压器应进行电压调整率试验，并应符合本节3.6.3.1的规定。当此项试验在制造厂进行为不可行时，经CCS同意可免除。

3.6.6.7　短路试验：根据需要进行短路试验，并应符合本节3.6.5.1的规定。

第7节　蓄　电　池

3.7.1　一般要求

3.7.1.1　本节规定适用于固定安装的蓄电池。

3.7.2　图纸资料

3.7.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）主要零部件图，包括：外壳图、极板图；

（3）产品技术条件。

3.7.2.2　应提交《产品使用说明书》供备查。

3.7.3　类型

3.7.3.1　船用蓄电池可以是酸性铅板型，也可以是碱性镍板型。除上述之外的其他类型，应经同意。

3.7.4　结构

3.7.4.1　所有极板应为刚性结构，并应设计成活性材料的实际脱落为最小。单体电池的结构应能防止倾斜达40°时电解液外溢，并应防止散发酸雾或碱雾。

① 进行温升试验的变压器，该项试验应在温升试验结束后立即进行。

② 一般应不重复进行上述试验，但如有必要时允许再进行一次试验，试验电压应降低为首次试验电压的75%。

3.7.4.2　单体蓄电池应组装在结构坚固和用适当材料制成的壳体或托盘内，并具有便于搬运的措施。组装成的蓄电池组的重量最好不超过 100kg。

这一要求不适用于由于其重量重，不可能组装在上述壳体或托盘内的单体蓄电池。

3.7.4.3　应急蓄电池组的设计和安装，应保证在船舶正浮和横倾达 22.5°，或在首尾方向任何一端纵倾至 10°，或在前述各范围内作任何混合角度的倾斜时，均能在全额定功率下运行。

3.7.5　铭牌

3.7.5.1　每个壳体或托盘均应配置 1 个牢固附着的耐用的铭牌，铭牌上有制造厂的厂名、型号名称和出厂日期、规定放电率的安—时定额（最好选用 5h、10h 或 20h 定额的工况）以及电解液的相对密度（如是铅—酸蓄电池，则系充电充足时的相对密度）。

第 8 节　电力半导体变换器

3.8.1　一般要求

3.8.1.1　本节规定适用于由半导体二极管和反向阻断三极晶体闸流管（简称晶闸管）等元件所组成的电力半导体变换器，而不适用于通信用以及测量仪表的辅助设备用半导体变换器。变换可以是交流变直流、直流变交流、直流变直流以及交流变交流。

3.8.1.2　除制造厂另有规定者外，整流元件在额定负载状态下的最大允许结温，应不超过下列规定：

硒二极管：70℃

硅二极管：150℃

硅晶闸管：100℃（适用于小于或等于 50A 者）

125℃（适用于大于 50A 者）

3.8.1.3　半导体变换器最好为干式空气冷却型。

3.8.1.4　湿式半导体变换器最好应予以密封，如采取透气措施，则应配备适当干燥剂。

3.8.1.5　供半导体变换器用的变压器应为双绕组变压器，并应符合本章第 6 节的有关规定。

3.8.1.6　半导体变换堆或半导体组件应安装成可从设备中移出而不需拆散整个设备。

3.8.1.7　在硒整流元件附近应不使用汞基防霉剂。

3.8.2　图纸资料

3.8.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）电气原理图；

（3）产品技术条件。

3.8.2.2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）外部接线图；

（2）配套电器规格明细表；

（3）产品使用说明书。

3.8.3　保护措施

3.8.3.1　当采用强迫冷却时，其电路应设计成除非保持有效的冷却，否则半导体变换器应停止工作。

3.8.3.2　半导体变换器应能承受来自船舶电网的瞬时过电压及由于再生功率而产生的直流电压

的升高。

3.8.3.3　半导体变换器应根据本篇2.5.14.1的规定设置过载和短路保护。

3.8.3.4　湿式半导体变换器应考虑设置液体超温报警器和气动保护装置。

3.8.4　试验

3.8.4.1　半导体变换器应在制造厂进行本节3.8.4.2 ~ 3.8.4.5规定的各项试验，但对系列生产的产品，可不做本节3.8.4.2规定的试验。

3.8.4.2　半导体变换器应于正常工作状态下进行温升试验。

3.8.4.3　半导体变换器应进行效用试验。

3.8.4.4　半导体变换器应按下列的电压值进行耐压试验，但不低于2000V：

$$U_p = 2\times\frac{U_m}{\sqrt{2}}+1000 \qquad \text{V}$$

式中：U_p——为试验电压有效值，V；

U_m——为半导体变换器任何一对端子之间的空载最高峰值电压，如其对地电压高于2个端子之间的电压（例如变换器作串联连接时），则应取较高的电压，V。

但如$U_m/\sqrt{2}$小于90V时，则U_p可以取1000V。

试验以25 ~ 100Hz之间任一频率的交流电压，加在设备的带电部分与可以接地的任一不带电的金属部分之间，历时1min而无击穿或闪络现象。

3.8.4.5　以500V直流高阻计进行测试，整流器及其属件的带电部分对地之间的绝缘电阻应不低于1MΩ。

第9节　不间断电源

3.9.1　适用范围

3.9.1.1　本节规定适用的不间断电源[①]装置，可用作替代电源或临时电源，以替代向本篇第2章2.2.2.1（3）和2.2.3.1（4）所述负载供电的独立蓄电池组。

3.9.2　图纸资料

3.9.2.1　应将下列图纸资料提交批准：

（1）总图；

（2）电气原理图；

（3）产品技术条件。

3.9.2.2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）外部接线图；

（2）配套电器规格明细表；

（3）产品使用说明书。

3.9.3　设计和制造

3.9.3.1　UPS装置的制造应根据IEC62040或其他接受的标准。

3.9.3.2　UPS运行不得依靠外部设备。

3.9.3.3　UPS装置的形式，不论是后备式、互动式或在线式，均应适合于所连接负载对电源的

① 参见国际标准IEC62040。

要求。

3.9.3.4　应为 UPS 装置提供外部旁路。

3.9.3.5　应对 UPS 装置进行监测，并在通常有人值班处所显示下列声光报警：

（1）负载供电电源故障（电压和频率）；

（2）UPS 接地故障；

（3）电池保护设备工作；

（4）电池放电；

（5）在线式 UPS 旁路工作。

3.9.4　性能要求

3.9.4.1　在本篇第 2 章 2.2.2.1（3）和 2.2.3.1（4）规定的供电时间内，UPS 应维持其输出功率。

3.9.4.2　未确定 UPS 装置具有足够的容量时，不应连接其他的电路。在任何时候，UPS 电池的容量应足够在本篇第 2 章规定的时间内，向设计负载供电。

3.9.4.3　输入电源恢复时，充电单元的额定容量应足以在维持负载供电的同时保证蓄电池的再充电。

3.9.5　试验和检验

3.9.5.1　额定功率 50kVA 及以上的 UPS，在其制造和试验期间应由 CCS 验船师进行检验。

3.9.5.2　应进行合适的试验，以证明 UPS 装置适合于拟安装的环境。至少应包括下列试验项目：

（1）功能试验，包括报警功能；

（2）温升试验；

（3）通风率试验；

（4）电池容量试验。

3.9.5.3　应在安装后进行实际试验，以验证输入电源故障后的不间断供电性。

第 10 节　其他电气设备

3.10.1　白炽灯

3.10.1.1　钨丝灯灯座的电压及负载应不超过表 3.10.1.1 的规定。

钨丝灯电压与负载　　**表 3.10.1.1**

灯座型式		电　压（V）	负　荷
插口式	B22	250	200W/4A
	B15d	250	15W/2A
	B15s	55	15W/2A
螺旋式	E40	250	3000W/16A
	E27	250	200W/4A
	E14	250	15W/2A

3.10.1.2　灯座应以滞燃的和不吸潮的材料制成。所有金属部件的结构应牢固，E40 型灯座应有把灯泡锁牢在灯座上的措施。

3.10.1.3　照明灯具在结构上应保证进入灯具内电缆的温度不超过本篇表 2.12.2.2 中所列的电缆导体最高工作温度。

3.10.2　工作电压低于250V的放电灯

3.10.2.1　与灯具分开安装的所有独立的镇流器、电容器和其他附件，均应安装在接地的金属盒中。

3.10.2.2　等于和大于0.5μF的电容器，应设有当电源一断开就迅速放电的措施。

3.10.2.3　管状荧光灯座的电压及负载应不超过表3.10.2.3的规定：

荧光灯电压与负载　　表3.10.2.3

灯座型式	电压（V）	负荷（W）
G13	250	80
G5	250	13

3.10.2.4　管状荧光灯座的结构应符合本节3.10.1.2的要求。

3.10.3　工作电压超过250V的放电灯

3.10.3.1　放电灯具应有坚固的结构。

3.10.3.2　所有带电部件应设计、布置和安装成不能被偶然触及或误触及，并应考虑到沿放电玻璃管的爬电距离。

3.10.3.3　放电灯用变压器应具有在电气上相隔离的初级绕组和次级绕组，且应不含有易燃液体。

3.10.3.4　放电灯用变压器应安装在灯具之内，或者尽量靠近灯具安装。

3.10.3.5　应按本篇2.7.1.3的要求，设有提醒人们注意的“高压危险”的警告标志。

3.10.4　电热器具

3.10.4.1　加热元件应有结构坚固的防护装置。防护装置的开孔应足够狭窄，以防止杂物落入。

3.10.4.2　电热器具在结构上应保证其电源端头所达到的温度不超过本篇表2.12.2.2中所列的电缆导体最高工作温度。

3.10.4.3　电热器具的所有内部连接线应以不燃材料作连续的绝缘。电热元件之间的连接不应用锡焊。

3.10.4.4　电热器具的热态绝缘电阻应不低于0.5MΩ。

3.10.4.5　电热器具和电炊具在使用时，必需用手握持的部分，其温度应不超过表3.10.4.5给定的值。

可手握持部分的最高温度　　表3.10.4.5

把手，手柄及类似部件的材料	正常情况下可直接用于持握的最高温度（℃）	
	长时	短时
金属	55	60
瓷器、玻璃、模压材料、橡胶或木材	65	70

3.10.4.6　安装在厨房内的电热器具和电炊设备及其控制设备，其外壳防护等级至少为IP44。它们的外壳应耐腐蚀，并备有1个或几个排水孔。

3.10.4.7　电炊具的结构应保证当有液体或食品溢出时，不致损坏绝缘和发生短路。

3.10.4.8　电取暖器的结构、防护和安装，应考虑到当衣服、寝具或其他易燃物质与之接触时不会导致引起火灾的危险，其外壳顶部的结构应使易燃物质不可能在其上面搁置。

3.10.4.9　当电取暖器的温度超过允许极限时，应能切断其电源。

3.10.5　附具

3.10.5.1　附具的设计和结构，应使绝缘导线经过之处具有足够的尺寸，表面应无粗糙的凸出物和尖角，应不突然弯曲，所有电缆出口要求有良好的圆边或有合适的衬垫。

3.10.5.2　附具的设计和绝缘导线的安装，应不使导线对其所连接的任何接线端施加应力。

3.10.5.3　附具的设计和固定，应使灰尘和潮湿不易积聚于带电部分及其绝缘上。

3.10.5.4　外壳应由金属或滞燃绝缘材料制成。

3.10.5.5　插头和插座的结构应符合下列要求：

（1）插头和插座带电部分的温升应不超过 30℃；

（2）插头插入时应不使工作人员可能接触到任何带电部分，也应不使插头仅有 1 只插销插入插座；

（3）在插头插入或拔出时不致发生短路。插头的插销不应使带电极接地；

（4）工作电压超过 50V 的插头与插座均应有一保护接地极。插头上的接地销截面和长度均应比其余的销为大；

（5）不同电压和 / 或不同频率的插头、插座应有不同的结构型式。

3.10.5.6　额定电流大于 16A 的插座，应与开关联锁，当开关处于“接通”位置时，插头不能插入或拔出。

3.10.5.7　IP56 结构的插头及插座，在插头插入或拔出的任一状态下，均应能保证其防护性能。

第 4 章　小船与有限航区船舶的补充规定

第 1 节　一 般 规 定

4.1.1　一般要求

4.1.1.1　本章规定适用于下列船舶的电气装置，这些规定可以代替本篇前述的有关规定：

（1）具有“1 类航区”附加标志或在与之相当航区中航行的船舶；

（2）具有“2 类航区”附加标志或在与之相当航区中航行的船舶；

（3）具有“3 类航区”附加标志或在与之相当航区中航行的船舶；

（4）小于 500 总吨的货船。

第 2 节　1 类航区航行船舶

4.2.1　接地指示器

4.2.1.1　除载运危险液货的液货船等载运危险货物的船舶外，小于 1600 总吨的船舶可以用接地指示器代替本篇 2.4.2.2 规定的对地绝缘电阻监测报警器。

第 3 节　2 类、3 类航区航行船舶

4.3.1　一般规定

4.3.1.1　本章 4.2.1.1 的要求适用。

4.3.2　主电源

4.3.2.1　非国际 3 类航区航行货船至少设 1 台发电机组。

4.3.2.2　非国际 3 类航区航行客船，如果为主机服务的各种辅机、舵机油泵、消防泵和舱底泵由主机驱动，则应至少设 1 台发电机组。

4.3.3　应急电源

4.3.3.1　非国际 2 类和 3 类航区航行船舶，本篇 2.2.2.1 和 2.2.3.1（2）至（5）要求的应急电源供电时间可缩短为：

（1）2 类航区：客船——6h，　　货船——3h；

（2）3 类航区：客船——3h，　　货船——3h。

4.3.3.2　非国际 3 类航区航行船舶，可以不设本篇第 2 章第 2 节要求的应急电源，但应设一独立的并符合下列要求的备用电源：

（1）备用电源应为符合下列要求的蓄电池组：

①不应与主电源在同一处所内，并应尽可能安装在最高一层连续甲板以上；

②符合本篇 2.2.1.4（1）、（2）和 1.2.1.1（2）的要求；

③能立即对本节 4.3.3.3（2）规定的各项设备供电。

（2）备用电源的容量应足以对下列设备供电至少 3h：

①登乘救生艇、筏的集合地点、登乘地点及舷外、所有走廊、梯道和出口、超过16人的居住舱室、主配电板、备用电源所在处所以及控制站的照明；
②航行灯和《国际海上避碰规则》要求的其他号灯；
③在紧急情况下需要使用的船内通信设备；
④探火和失火报警系统（如设有时）；
⑤断续使用的白昼信号灯、船舶号笛、手动失火报警按钮（如设有时）和所有在紧急状态下需要使用的船内信号设备（例如通用紧急报警系统等）；
⑥船上配备的无线电通信设备

4.3.4 变压器

4.3.4.1 非国际3类航区航行的货船可不必满足本篇2.1.3.1（1）和（2）的要求。

第4节 小于500总吨货船

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 本章4.2.1.1和4.3.3的要求适用。

4.4.2 配电系统

4.4.2.1 除本篇2.4.1.1所列配电系统之外，还可采用交流三相四线绝缘系统。

4.4.3 主电源

4.4.3.1 本篇2.1.1.1（2）要求的最低舒适居住条件可不作要求。
4.4.3.2 本篇2.1.1.1（4）和（5）的要求可不必满足。
4.4.3.3 配电板的位置可不必满足本篇2.1.4.1的要求。

4.4.4 备用电源

4.4.4.1 可以不设本篇第2章第2节要求的应急电源，但应设一独立的并符合下列要求的备用电源：
（1）备用电源应为符合下列要求的蓄电池组：
①不应与主电源在同一处所内，并应尽可能安装在最高一层连续甲板以上；
②符合本篇2.2.1.4（1）、（2）和1.2.1.1（2）的要求；
③能立即对本节4.4.4.1（2）规定的各项设备供电。
（2）备用电源的容量应足以对下列设备供电至少3h：
①登乘救生艇、筏的集合地点、登乘地点及舷外、所有走廊、梯道和出口、超过16人的居住舱室、主配电板、备用电源所在处所以及控制站的照明；
②航行灯和《国际海上避碰规则》要求的其他号灯；
③在紧急情况下需要使用的船内通信设备；
④探火和失火报警系统（如设有时）；
⑤断续使用的白昼信号灯、船舶号笛、手动失火报警按钮（如设有时）和所有在紧急状态下需要使用的船内信号设备（例如通用紧急报警系统等）；
⑥船上配备的无线电通信设备。

4.4.5 航行灯控制箱的供电

4.4.5.1 航行灯控制箱可由主配电板和备用电源供电。

附录1　电力系统的短路计算

1.1　一般规定

1.1.1　一般要求

1.1.1.1　本附录适用于船舶交流电力系统三相短路的短路电流和短路功率因数的计算。两相短路的短路电流值，可取为相应三相短路的短路电流值的0.866倍。

1.1.1.2　本计算方法适用于交流50Hz或60Hz非网格形，且中性点通过阻抗接地或中性点绝缘的低压和高压三相电力系统。

1.1.1.3　采用本计算方法计算短路发生后100ms以内的短路电流，其计算结果具有足够的精确度。其计算结果可用作：

（1）校核所选用的保护电器的短路接通能力和短路分断能力；

（2）校核汇流排等元件的电动力稳定性和热稳定性；

（3）为电力系统保护的设计和整定提供依据；

（4）为在必要时选择适当的限流设备，以能将短路电流限制在保护电器的能力范围之内提供依据。

1.1.1.4　在计算最大短路电流时，应考虑最恶劣情况，即应计及对应于船舶或海上设施电站最大负载工况下：

（1）所有可能并联连接于主汇流排的发电机（包括短时转移负载的发电机在内）所馈送的短路电流；

（2）所有可能投入运行的电动机所馈送的短路电流。

1.1.1.5　一般应计算下列各处的短路电流：

（1）发电机输出端；

（2）主汇流排；

（3）应急配电板、区配电板以及分配电板的汇流排；

（4）电力和照明变压器次级侧。

此外，为电力系统保护的设计和整定需要，有时还应进行馈电线末端短路电流的计算。

1.1.1.6　计算所需要的发电机、电动机、变压器和电缆等的各项特征参数，应由产品制造厂提供，并保证足够的精确度。

1.1.2　定义

1.1.2.1　短路

在正常情况下电路中处于不同电压的两点或更多点，通过一比较低的电阻或阻抗偶然或有意的连接。

1.1.2.2　短路电流

在电源不变情况下，由于故障或误操作引起短路而产生的过电流。

1.1.2.3　预期短路电流（针对开关电器）

当开关电器的每一极由一阻抗可以忽略不计的导体代替时，电路中可能流过的短路电流。

1.1.2.4　对称短路电流

预期（可达到的）短路电流交流对称分量的方均根值。如有直流分量，应不计算在内。

1.1.2.5　短路电流直流分量

突然短路发生后，短路电路中电流的一个组成部分，所有基波和谐波均不计算在内。

1.1.2.6　峰值短路电流

可达到的短路电流的最大可能瞬时值。

1.1.2.7　等效发电机

为计算短路电流，将运行中的各台发电机和各台电动机综合成一台等效发电机，该等效发电机馈送的短路电流等效于各台发电机和各台电动机馈送的短路电流之和。

1.1.2.8　等效电动机

为简化短路电流的计算，将运行中除大电动机以外的各台电动机综合成一台等效电动机，该等效电动机馈送的短路电流等效于上述各台电动机馈送的短路电流之和。

1.1.2.9　大电动机

任何额定输出功率大于 100kW，或者大于系统中最大发电机额定功率的 25% 的电动机。

1.1.3　符号、下标和上标

1.1.3.1　一般要求

（1）本附录采用以下 1.1.3.2 和 1.1.3.3 规定的符号、下标和上标，并规定统一的单位。

（2）在阻抗、电抗、电阻和电压降的符号中，大写字母代表绝对值，小写字母代表相对值（标么值）。

（3）对电流和电压等与时间有关的量，大写字母代表有效值（方均根值），小写字母代表瞬时值。

1.1.3.2　符号

（1）电压符号见表 1.1.3.2（1）。

电 压 符 号　　**表 1.1.3.2（1）**

符　　号	名　　称	单　　位
E''_{q0}	短路发生前发电机超瞬态交轴电动势	V
E'_{q0}	短路发生前发电机瞬态交轴电动势	V
E''_{M}	电动机超瞬态电动势	V
U_{r}	系统额定线电压	V
U_{rM}	电动机额定线电压	V
U_{rT2}	变压器次级额定线电压	V
u_{K}	以百分比表示的变压器短路电压	%
u_{R}	以百分比表示的变压器短路电压的电阻分量	%
u_{X}	以百分比表示的变压器短路电压的电抗分量	%

（2）电流符号见表 1.1.3.2（2）。

电 流 符 号　　**表 1.1.3.2（2）**

符　　号	名　　称	单　　位
I''_{Kd} 和 I'_{Kd}	同步发电机超瞬态和瞬态短路电流初始值（方均根值）	kA
I''_{*} 和 I'_{*}	等效发电机超瞬态和瞬态短路电流初始值（方均根值）	kA
I_{*}	等效发电机短路电流（方均根值）	kA
I''_{M} 和 I''_{M*}	异步电动机和等效电动机超瞬态短路电流初始值（方均根值）	kA
I_{ac}	短路点的对称短路电流（方均根值）	kA
I_{acG}	同步发电机的对称短路电流（方均根值）	kA
I_{acM}	异步电动机的对称短路电流（方均根值）	kA
i_{dc}	短路点短路电流的直流分量	kA
i_{dcG}	同步发电机短路电流的直流分量	kA

续上表

符　号	名　称	单　位
i_{dcM}	异步电动机短路电流的直流分量	kA
i_K	短路电流上包络线值	kA
I_{K*}	等效发电机稳态短路电流（方均根值）	kA
I_{Kd}	同步发电机稳态短路电流（方均根值）	kA
i_M	异步电动机短路电流的上包络线值	kA
$i_{p\,G}$	同步发电机峰值短路电流	kA
$i_{p\,M}$	异步电动机峰值短路电流	kA
i_p	短路点的峰值短路电流	kA
I_r	额定电流（方均根值）	kA
I_{ac2}	变压器次级对称短路电流（方均根值）	kA
i_{K2}	变压器次级短路电流上包络线值	kA
i_{p2}	变压器次级峰值短路电流	kA
$I_{C\,R}$	给定的断路器额定短路分断能力	kA
$I_{C\,r}$	经换算的断路器额定短路分断能力	kA

（3）电抗、电阻和阻抗符号见表 1.1.3.2（3）。

电抗、电阻和阻抗符号　　表 1.1.3.2（3）

符　号	名　称	单　位
R	电阻	mΩ
r	单位长度电缆电阻	mΩ/m
R_*	等效发电机定子电阻	mΩ
R_a	同步发电机定子电阻	mΩ
R_M	异步电动机电阻	mΩ
R_R	折算至定子侧的异步电动机转子电阻	mΩ
R_{R*}	折算至定子侧的等效异步电动机转子电阻	mΩ
R_S	异步电动机定子电阻	mΩ
R_{S*}	等效电动机定子电阻	mΩ
R_T	变压器电阻	mΩ
X	电抗	mΩ
x	单位长度电缆电抗	mΩ/m
X''_* 和 X'_*	等效发电机超瞬态和瞬态电抗	mΩ
X''_d 和 $X'd$	同步发电机直轴超瞬态和瞬态电抗	mΩ
X''_M	异步电动机超瞬态电抗	mΩ
X''_{M*}	等效异步电动机超瞬态电抗	mΩ
X_R	折算至定子侧的异步电动机转子电抗	mΩ
X_S	异步电动机定子电抗	mΩ
X_d	同步发电机直轴电抗	mΩ
X_T	变压器电抗	mΩ
Z	阻抗	mΩ

续上表

符　号	名　称	单　位
Z_*	等效阻抗	mΩ
Z''_d 和 Z'_d	同步发电机直轴超瞬态和瞬态阻抗	mΩ
Z''_* 和 Z'_*	等效发电机超瞬态和瞬态阻抗（包括线路阻抗）	mΩ
Z''_M	异步电动机超瞬态阻抗	mΩ
Z''_{M*}	等效异步电动机超瞬态阻抗	mΩ
Z_T	变压器阻抗	mΩ
R_{e1}	变压器初级电缆电阻	mΩ
R_{e2}	折算至初级侧的变压器次级电缆电阻	mΩ
X_{e1}	变压器初级电缆电抗	mΩ
X_{e2}	折算至初级侧的变压器次级电缆电抗	mΩ

（4）时间和时间常数见表1.1.3.2（4）。

时间和时间常数符号　　表1.1.3.2（4）

符　号	名　称	单　位
t	以短路发生时刻为起点的持续时间	ms
t_x	以短路发生时刻为起点的某一规定时间	ms
T''_d 和 T'_d	同步发电机直轴超瞬态和瞬态短路时间常数	ms
T''_{d*} 和 T'_{d*}	等效发电机直轴超瞬态和瞬态短路时间常数	ms
T''_e 和 T'_e	计及外线路阻抗影响的同步发电机超瞬态和瞬态短路时间常数	ms
T''_M 和 T''_{M*}	异步电动机和等效异步电动机超瞬态时间常数	ms
T''_{Me}	计及外线路阻抗影响的异步电动机超瞬态时间常数	ms
T_{dc} 和 T_{dc*}	同步发电机和等效发电机直流时间常数	ms
T_{dce}	计及外线路阻抗影响的同步发电机直流时间常数	ms
T_{dcM} 和 T_{dcM*}	异步电动机和等效电动机直流时间常数	ms
T_{dcMe}	计及外线路阻抗影响的异步电动机直流时间常数	ms

（5）功率符号见表1.1.3.2（5）。

功 率 符 号　　表1.1.3.2（5）

符　号	名　称	单　位
S_{rG}	同步发电机额定视在功率	kVA
P_{rG}	同步发电机额定功率	kW
P_{rM}	异步电动机额定输出功率	kW
P_{rM*}	等效异步电动机额定输出功率	kW
S_{rT}	变压器额定视在功率	kVA
P_K	变压器短路损耗	kW

（6）其他符号见表 1.1.3.2（6）。

其 他 符 号　　**表 1.1.3.2（6）**

符　　号	名　　称	单　　位
$\cos\varphi_K$	短路功率因数	
$\cos\varphi_r$	发电机额定功率因数	
$\cos\varphi_M$	异步电动机额定功率因数	
η_M	异步电动机效率	
a	并联电缆根数	
A_i	发电机断路器电源端处的短路点	
B_i	邻近主汇流排处的短路点	
C_i	主汇流排外一次配电系统馈电线处的短路点	
D_i	变压器次级侧的短路点	
e	自然指数的底数	
f	频率	Hz
l	电缆长度	m
n	峰值系数	
S	电缆截面积	mm^2
T	周期	ms
CB	断路器	
FU	熔断器	

1.1.3.3　上标和下标

（1）下标符号见表 1.1.3.3（1）。

下 标 符 号　　**表 1.1.3.3（1）**

符　　号	含　　义
*	等效发电机和等效异步电动机
0	短路发生前状态
a	电枢
ac	交流
d	直轴
dc	直流
e	计及外线路阻抗影响的量值
$\underline{E}$、$\underline{I}$ 和 $\underline{U}$	E、I 和 U 的矢量
G	同步发电机
i	发电机台数
j	电动机台数
K	短路
M	异步电动机或异步电动机组
q	交轴
R	异步电动机转子
S	异步电动机定子
T	变压器
$\underline{Z}$	复数阻抗

（2）上标符号见表1.1.3.3（2）。

上标符号　　表1.1.3.3（2）

符　　号	含　　义
″	超瞬态值
′	瞬态值

1.2　短路电流的计算

1.2.1　基本假设

1.2.1.1　以下各节所述的计算公式，是用来计算随时间变化的短路电流最大值的上包络线值（见图1.2.2.2）。其计算是利用电机制造厂提供的电机特征参数采用公认方法进行的，并采用了下列假设：

（1）忽略不计电力系统中的所有电容；

（2）短路发生瞬间，短路点某相的相电压瞬时值为零；

（3）短路期间短路电流的路径不变；

（4）忽略不计短路电弧阻抗，也不计及汇流排、电压互感器阻抗以及导体之间连接点的接触电阻；

（5）变压器处于主抽头位置；

（6）短路在三相同时发生；

（7）短路发生前发电机处于额定负载状态；

（8）并联运行的发电机，在短路发生瞬间所有发电机按比例承担有功负载和无功负载；

（9）在每一不连续的时间间隔内，所有电路元件作线性响应。

以上假设对满足工程计算要求来说是可以接受的。

1.2.2　同步电机馈送的短路电流计算

1.2.2.1　概述

（1）在船舶和海上设施的电气装置中使用的同步电机，包括同步发电机、同步电动机和调相机。这些电机所产生的短路电流是电力系统短路电流计算的基本部分。

在短路发生开始几个周期内，所有同步电机产生相类似的反应，且相应地产生具有相同基本特征的短路电流。

（2）等效电路

在同步发电机机端发生三相短路时，其超瞬态和瞬态状态下的等效电路（单相）如图1.2.2.1所示。

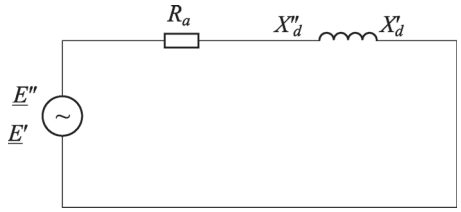


图1.2.2.1　同步发电机机端三相短路等效电路图

1.2.2.2　三相短路电流

（1）当三相同时短接在一起时，就产生三相短路状态，此时在每相中都产生短路电流，它是一复杂的时间函数。同步发电机典型的三相机端短路的短路电流随时间变化的波形图如图1.2.2.2所示。该短路电流由对称短路电流（交流分量）和直流分量组成。

1.2.2.3　短路电流的计算

（1）从进行短路电流计算的目的出发，往往仅考虑短路电流的最高值，如图1.2.2.2所示该短路

电流的最高值是以时间为自变量的函数，并沿着短路电流这一复杂时间函数的上包络线变化。由这一上包络线确定的短路电流 i_K（t）可用（1）式进行计算：

$$i_K(t)=\sqrt{2}I_{ac}(t)+i_{dc}(t) \tag{1}$$

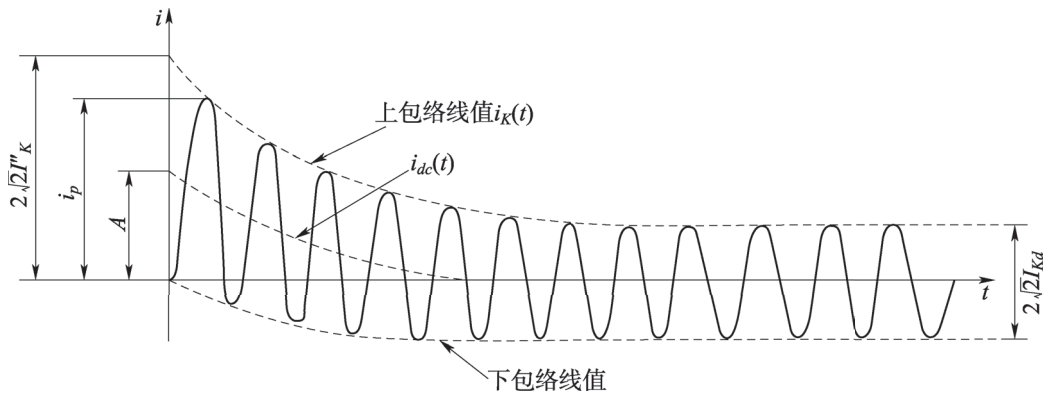


图 1.2.2.2　典型的同步发电机在空载状态下机端短路的短路电流时间函数

I''_K - 对称短路电流初始值；i_p - 峰值短路电流；I_{Kd} - 稳态短路电流；i_{dc} - 短路电流直流分量；A - 短路电流直流分量初始值

（2）对称短路电流 I_{ac}（t）的计算

I_{ac}（t）可用下列各式计算：

$$I_{ac}（t）=（I''_{Kd}-I'_{Kd}）\cdot e^{-t/T''_d}+（I'_{Kd}-I_{Kd}）\cdot e^{-t/T'_d}+I_{Kd} \tag{2}$$

$$I''_{Kd}=\frac{E''_{q0}}{Z''_d}=\frac{E''_{q0}}{\sqrt{R_a^2+X''^2_d}} \tag{3}$$

$$I'_{Kd}=\frac{E'_{q0}}{Z'_d}=\frac{E'_{q0}}{\sqrt{R_a^2+X'^2_d}} \tag{4}$$

$$E''_{q0}=\sqrt{(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r+R_a\cdot I_r)^2+(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r+X''_d\cdot \mathrm{I}_r)^2} \tag{5}$$

$$E'_{q0}=\sqrt{(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r+R_a\cdot I_r)^2+(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r+X'_d\cdot \mathrm{I}_r)^2} \tag{6}$$

（3）式中的 I_{Kd} 为发电机机端短路的稳态短路电流，应由电机制造厂提供。

（4）短路电流直流分量 i_{dc}（t）计算

i_{dc}（t）可由（7）式求得：

$$i_{dc}(t)=\sqrt{2}(I''_{Kd}-I_r\cdot\sin\varphi_r)\cdot e^{-t/T_{dc}} \tag{7}$$

（5）峰值短路电流 i_p 的计算

最大短路电流出现在 $t=0$（短路发生瞬间）至 $T/2$ 之间，准确的时间决定于短路发生前的负载状态、发电机阻抗及时间常数。一般认为最大短路电流出现在 $t=T/2$，则：

$$i_p=\sqrt{2}I_{ac}(\frac{T}{2})+i_{dc}(\frac{T}{2}) \tag{8}$$

1.2.3　异步电动机馈送的短路电流计算

1.2.3.1　概述

（1）船舶和海上设施上有不少异步电动机，按其容量及其与发电机容量之比，可区分为大电动机和小电动机。

（2）当电力系统中某处发生短路时，所有连接于系统中的电动机均产生短路电流。通常，大电动

机产生的短路电流应单独计算，而将小电动机编成一组，作为一个等效电动机处理。

1. 2. 3. 2　等效电路

（1）在异步电动机机端发生三相短路时，其等效电路如图 1. 2. 3. 2 所示。

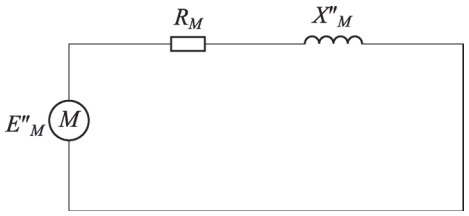


图 1. 2. 3. 2　异步电动机机端三相短路等效电路图

1. 2. 3. 3　三相短路电流的基本计算

（1）异步电动机机端三相短路所产生的短路电流最大值的上包络线值 iM（t）可用下式计算：

$$i_M(t)=\sqrt{2}I_{acM}(t)+i_{dcM}(t) \tag{9}$$

（2）对称短路电流 I_{acM}（t）的计算

I_{acM}（t）可用（10）式计算：

$$I_{acM}（t）=I''_M \cdot e^{t/T''_M} \tag{10}$$

在忽略短路发生前负载电流影响的情况下，（10）式中的 I''_M 可用（11）式计算：

$$I''_M=\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{(R_R+R_S)^2+(X_R+X_S)^2}}=\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{R_M^2+X''^2_M}} \tag{11}$$

（3）在忽略短路发生前负载电流影响的情况下，短路电流直流分量 i_{dcM}（t）和峰值短路电流 i_{pM}，可分别用（12）式和（13）式计算：

$$i_{dcM}(t)=\sqrt{2}I''_M\cdot e^{-t/T_{dcM}} \tag{12}$$

$$i_{pM}=\sqrt{2}I_{acM}(\frac{T}{2})+i_{dcM}(\frac{T}{2}) \tag{13}$$

1. 2. 3. 4　大电动机短路电流的计算

（1）对 1. 1. 2. 9 所定义的大电动机，应按 1. 2. 3. 3 给的计算方法分别计算其机端短路的短路电流。

（2）如缺乏计算所需的电动机的各项特征参数，则可以使用下列各项电动机特征参数的近似值：

①电动机阻抗（适用于 50Hz 和 60Hz 电力系统）

$$z''_M=0.16$$
$$x''_M=0.15$$
$$r_S=0.034$$
$$r_R=0.021$$

②电动机时间常数：

在 50Hz 系统中 $T''_M=22.4$ms，$T_{dcM}=14.08$ms

在 60Hz 系统中 $T''_M=18.67$ms，$T_{dcM}=11.73$ms

1. 2. 3. 5　小电动机短路电流的计算

（1）相对而言，除 1. 2. 3. 4（1）所涉及的大电动机外，在船舶或海上设施上的其余电动机均属小电动机。所有这些小电动机及其连接电缆可作一等效电动机处理，如缺乏其特征参数的确切数据，则可以采用下列特征参数的近似值：

①阻抗（适用于 50Hz 和 60Hz 电力系统）

$$z''_M=0.2$$
$$x''_M=0.188$$
$$r_S=0.043$$

$$r_R = 0.027$$

②时间常数

在 50Hz 系统中 $T''_M = 22.4\text{ms}$，$T_{dcM} = 14.08\text{ms}$

在 60Hz 系统中 $T''_M = 18.67\text{ms}$，$T_{dcM} = 11.73\text{ms}$

（2）等效电动机的额定输出功率，可按“电力负荷计算书”进行计算，或者也可取为实际运行中发电机（不包括短时转移负载的发电机）总额定有功功率的 60% 减去各大电动机额定输出功率之和。

1.2.4　外阻抗对短路电流的影响

1.2.4.1　概述

（1）在实际电力系统中，除同步电机和异步电动机外，还有与它们串联的电缆、变压器和电抗器等存在。这些部件虽不是馈送短路电流的电源，但对短路电流值有很大影响。概括地说，它们的作用是使短路电流值减小和衰减变慢。

1.2.4.2　对发电机短路电流的影响

（1）由于串联外阻抗 R_e 和 X_e，使阻抗增加，使（3）式和（4）式中的 Z''_d 和 Z'_d 变成 Z''_e 和 Z'_e：

$$Z''_e = \sqrt{(R_a + R_e)^2 + (X''_d + X_e)^2} \tag{14}$$

$$Z'_e = \sqrt{(R_a + R_e)^2 + (X'_d + X_e)^2} \tag{15}$$

就稳态而言，相应地有：

$$Z_e = \sqrt{(R_a + R_e)^2 + (X_d + X_e)^2} \tag{16}$$

但在主汇流排附近，可忽略发电机至主配电板之间电缆阻抗对稳态短路电流的影响。

（2）时间常数 T''_d、T'_d 和 T_{dc} 也发生变化，变为 T''_e、T'_e 和 T_{dce}：

$$T''_e = \frac{[(R_a + R_e)^2 + (X''_d + X_e)^2] \cdot X'_d \cdot T''_d}{[(R_a + R_e)^2 + (X''_d + X_e)(X'_d + X_e)] \cdot X''_d} \tag{17}$$

$$T'_e = \frac{[(R_a + R_e)^2 + (X'_d + X_e)^2] \cdot X'_d \cdot T'_d}{[(R_a + R_e)^2 + (X'_d + X_e)(X_d + X_e)] \cdot X'_d} \tag{18}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc} + 1000X_e/(2\pi f R_a)}{1 + R_e/R_a} \tag{19}$$

1.2.4.3　对电动机短路电流的影响

（1）增加阻抗，使（11）式中的 R_M 和 X''_M 变成 R_{Me} 和 X''_{Me}：

$$R_{Me} = R_R + R_S + R_e \tag{20}$$

$$X''_{Me} = X_R + X_S + X_e \tag{21}$$

（2）时间常数的变化

超瞬态时间常数变为：

$$T''_{Me} = \frac{1000X''_{Me}}{2\pi f R_R} \tag{22}$$

直流时间常数变为：

$$T_{dcMe} = \frac{1000X''_{Me}}{2\pi f(R_s + R_e)} \tag{23}$$

1.2.5　主汇流排处短路电流的计算

1.2.5.1　概述

（1）由于忽略汇流排、电流互感器和导体之间的接触电阻，因此主配电板内主汇流排范围内的短路，

均可看作是主汇流排处短路。

1.2.5.2　短路电流的计算

（1）设某船舶电力系统有 i 台发电机和 j 台电动机并联连接于主汇流排上，则其主汇流排处的最大短路电流应按下列步骤进行计算：

①首先应按本附录 1.2.2、1.2.3 和 1.2.4 的规定，分别计算出各发电机和电动机馈送的短路电流；

②主汇流排处最大短路电流应为各台发电机和电动机短路电流的代数和，即：

$$I_{ac}(t)=\sum_i I_{acG}(t)_i+\sum_j I_{acM}(t)_j \tag{24}$$

$$i_{dc}(t)=\sum_i i_{dcG}(t)_i+\sum_j i_{acM}(t)_j \tag{25}$$

$$i_K(t)=\sum_i i_{KG}(t)_i+\sum_j i_{KM}(t)_j \tag{26}$$

1.2.6　主汇流排外馈电线处短路电流的计算

1.2.6.1　等效发电机的应用

（1）为计算主汇流排外馈电线处短路的短路电流，首先须将向短路点馈送短路电流的所有发电机和电动机，在它们的共同连接点（主汇流排）处集合在一起合并成一台等效发电机。该等效发电机馈送的短路电流，等于各台发电机和电动机馈送的短路电流之和。

1.2.6.2　等效发电机特征参数的求取

（1）如上所述，在主汇流排处，等效发电机馈送的短路电流相应地等于各台发电机和电动机馈送的各项短路电流之和，即：

$$I_{ac}(t)_*=\sum_i I_{acG}(t)_i+\sum_j I_{acM}(t)_j \tag{27}$$

$$i_{ac}(t)_*=\sum_i i_{acG}(t)_i+\sum_j i_{acM}(t)_j \tag{28}$$

$$I''_*=\sum_i I''_{Kdei}+\sum_j I''_{Mej} \tag{29}$$

$$I'_*=\sum_i I'_{Kdei} \tag{30}$$

$$I_{K*}=\sum_i I_{Kdei} \tag{31}$$

（2）与单台发电机一样，等效发电机对称短路电流的时间函数 $Iac（t）_*$，与（2）式相对应，有：

$$I_{ac}（t）_*=（I''_*-I'_*）\cdot e^{-t/T''_{d*}}+（I'_*-I_{K*}）\cdot e^{-t/T'_{d*}}+I_{K*} \tag{32}$$

如令：

$$M_*=I''_*-I'_*$$

$$N_*=I'_*-I_{K*}$$

则（32）式可改写成：

$$I_{ac}（t）_*=M_*\cdot e^{t/T''_{d*}}+N_*\cdot e^{t/T'_{d*}}+I_{K*} \tag{33}$$

（3）超瞬态时间常数 T''_{d*} 的求取

在忽略发电机对称短路电流在瞬态期间的衰减，则单台发电机的对称短路电流随时间变化的函数 $K''（t）$ 可用下式表达：

$$K''（t）=（I''_{Kd}-I'_{Kd}）\cdot e^{-t/T''_d}+I'_{Kd} \tag{34}$$

对等效发电机而言相应地有：

$$K''（t）_*=M_*\cdot e^{t/T''_{d*}}+I'_* \tag{35}$$

根据（27）和（10）式得：

$$K''(t)_* = \sum_i K''(t)_i + \sum_j I''_{Mj} \cdot e^{-t/T''_M} \tag{36}$$

在 $t = t_x$ 时，按（36）式可计算出 $K''(t_x)_*$ 来，则：

$$T''_{d*} = \frac{-t_x}{\ln[(K''(t_x)_* - I'_*)/M_*]} \tag{37}$$

（4）瞬态时间常数 T'_{d*} 的求取

在 $t = t_x$ 时，按（33）式可计算在 $t = t_x$ 时，等效发电机所馈送的对称短路电流：

$$I_{ac}(t_x)_* = M_* \cdot e^{-t_x/T''_{d*}} + N_* \cdot e^{-t_x/T'_{d*}} + I_{K*} \tag{38}$$

同样，$I_{ac}(t_x)_*$ 也可按下式求得：

$$I_{ac}(t_x)_* = \sum_i I_{acG}(t_x)_i + \sum_j I_{acM}(t_x)_j \tag{39}$$

则 T'_{d*} 可由下式求得：

$$T'_{d*} = \frac{-t_x}{\ln\{[I_{ac}(t_x)_* - (M_* \cdot e^{-t_x/T''_{d*}} + I_{K*})]/N_*\}} \tag{40}$$

（5）直流时间常数 T_{dc*} 的求取

在 $t = t_x$ 时，等效发电机馈送的短路电流直流分量 $i_{dc}(t_x)_*$ 可按下式计算：

$$i_{dc}(t_x)_* = \sqrt{2} I''_* \cdot e^{-t_x/T_{dc*}} \tag{41}$$

而 $i_{dc}(t_x)_*$ 又可由下式求得：

$$i_{dc}(t_x)_* = \sum_i i_{dcG}(t_x)_i + \sum_j i_{dcM}(t_x)_j \tag{42}$$

则 T_{dc*} 可由下式求得：

$$T_{dc*} = \frac{-t_x}{\ln[i_{dc}(t_x)_*/(\sqrt{2} I''_*)]} \tag{43}$$

（6）阻抗的求取

在忽略短路发生前负载电流影响的情况下，等效发电机的阻抗可以用下列公式求得：

$$R_* = \frac{1000 X''_*}{2\pi f T_{dc*}} \tag{44}$$

令

$$C = \frac{1000}{2\pi f T_{dc*}}$$

则

$$R^* = CX''^*$$

$$Z''_* = U_r/(\sqrt{3} I''_*) \tag{45}$$

$$Z'_* = U_r/(\sqrt{3} I'_*) \tag{46}$$

$$Z_* = U_r/(\sqrt{3} I_*) \tag{47}$$

则：

$$X''_* = \frac{Z''_*}{\sqrt{1 + C^2}} \tag{48}$$

$$X'_* = \sqrt{Z'^2_* - R^2_*} \tag{49}$$

$$X_* = \sqrt{Z^2_* - R^2_*} \tag{50}$$

1. 2. 6. 3　主汇流排外馈电线处短路电流的计算

（1）按以上 1. 2. 6. 2 的规定，首先求得主汇流排处等效发电机的各项特征参数，然后按 1. 2. 2 和 1. 2. 4 的有关规定，即可计算得主汇流排外馈电线处任何一点短路的短路电流。

（2）在计算大电动机馈电线处的短路电流时，可不计及该电动机本身的作用。

1.2.6.4　变压器次级侧短路电流的计算

（1）此属主汇流排外馈电线处短路的情况之一，只需将变压器的阻抗（阻抗计算详见1.4.2）作为线路阻抗的一部分，并将变压器的变比考虑在内即可。

1.2.7　短路电流的简化计算

1.2.7.1　同步电机

（1）在公式（3）、（4）、（5）和（6）中可以忽略定子电阻，这样在计算同步电机机端短路的短路电流时，计算结果偏大些，但误差在允许范围内。在系统短路电流的计算中由此引起的误差可以忽略不计。

（2）在公式（5）、（6）、（7）和（8）中忽略短路发生前的负载电流 I_0，即假定发电机为空载，则 E''_{q0} 和 E'_{q0} 均等于 $U_r/\sqrt{3}$，这样处理的结果是会使计算结果偏小（一般小于10%）。

（3）如忽略对称短路电流在瞬态期间的衰减，则公式（2）变成为：

$$I_{ac}(t)=(I''_{Kd}-I'_{Kd})\cdot e^{-t/T''_d}+I'_{Kd} \tag{51}$$

按（51）式计算峰值短路电流时，会出现较大的误差，用这种计算方法计算短路发生后第1个半周期以后的短路电流，由于其误差过大而使结果无效。因此要计算随时间变化的短路电流值时，建议不要采用这种近似计算法。

（4）如忽略短路电流的衰减，并忽略定子电阻和短路发生前的负载电流的影响，则同步电机机端短路时，其恒定电压除以恒定的超瞬态电抗，即得对称短路电流，其直流分量可以由该对称短路电流乘以适当的系数求得，即：

$$I_{ac}=U_r/\sqrt{3}X''_d \tag{52}$$

$$i_p=\sqrt{2}I_{ac}+i_{dc}=1.8(\sqrt{2}I_{ac}) \tag{53}$$

该计算方法只能用于短路电流的估算，其计算结果有较大的正误差。更不适用于计算时间超过第1个半周的短路电流计算。

1.2.7.2　异步电动机

（1）可以假设短路时，投入系统运行的所有异步电动机所产生的短路电流等于它们的起动电流（通常为额定电流的4至7倍）。

也可以假设从短路开始至结束，电动机产生的短路电流是个常数。

采用以上假设其计算结果比实际值大，其误差由连接在系统中的电动机的数量和大小而定。

（2）如本附录1.2.3.3（2）所述，在计算电动机短路电流时，忽略短路发生前电动机负载电流的影响，由此引起的计算误差可以忽略不计。

（3）以本附录1.2.3.4（2）和1.2.3.5（1）给出的异步电动机的特征参数为基础，计算出在主汇流排附近短路情况下，电动机所馈送的短路电流为：

①大电动机：

$$I''_M=6.25I_{rM}$$

$$I_{acM}=4.00I_{rM}\qquad（当\ t=T/2\ 时）$$

$$i_{pM}=10I_{rM}$$

②小电动机群：

$$I''_M=5I_{rM}$$

$$I_{acM}=3.2I_{rM}\qquad（当\ t=T/2\ 时）$$

$$i_{pM}=8I_{rM}$$

（4）如缺乏确切的数据，则电动机额定电流可按下式估算：

$$I_{rM}=\frac{P_{rM}}{\sqrt{3}\cdot U_{rM}\cdot\eta_M\cdot\cos\varphi_M} \tag{54}$$

其中的 $\eta_M\cdot\cos\varphi_M$ 可取为：

$$\eta_M\cdot\cos\varphi_M=0.76$$

（5）计算很少使用的异步电动机的短路电流时，如缺乏确切的数据，可以假定这种电动机在较低功率下使用。

1.3　短路功率因数的计算

1.3.1　概述

1.3.1.1　由于断路器的额定短路分断能力与其分断电路的短路功率因数有关，而在船舶和海上设施交流电力系统中邻近主汇流排处的短路功率因数一般低于断路器的试验短路功率因数，因此需对短路电路的功率因数进行计算，并在必要时应对选用断路器的短路分断能力根据产品制造厂提供的换算系数进行换算。在缺乏确切数据的情况下，可采用本文件附录 B 所提供的方法（不适用于延时分断的断路器）进行换算。

1.3.2　短路功率因数的计算

1.3.2.1　主汇流排外馈电线处某点短路，其超瞬态期间的短路功率因数可用（55）式计算：

$$\cos\varphi_K=\frac{R_*+R_e}{\sqrt{(R_*+R_e)^2+(X''_*+X_e)^2}} \tag{55}$$

1.3.2.2　主汇流排附近短路，其超瞬态期间时的短路功率因数可按（55）式计算，但应取 $R_e=0$ 和 $X_e=0$。

1.4　电抗、电阻和阻抗的计算和换算

1.4.1　发电机、电动机的电阻和电抗的换算

1.4.1.1　发电机的电阻和电抗的换算

（1）直轴超瞬态电抗的换算：

$$X''_d=x''_d\frac{U_r}{\sqrt{3}I_{rG}}=x''_d\frac{U^2{}_r}{S_{rG}} \tag{56}$$

（2）直轴瞬态电抗的换算：

$$X'_d=x'_d\frac{U_r}{\sqrt{3}I_{rG}}=x'_d\frac{U^2{}_r}{S_{rG}} \tag{57}$$

（3）定子电阻的换算：

$$R_a=r_a\frac{U_r}{\sqrt{3}I_{rG}}=r_a\frac{U^2{}_r}{S_{rG}} \tag{58}$$

1.4.1.2　电动机的电阻和电抗的换算

（1）电动机超瞬态电阻和电抗的换算：

$$X''_M=x''_M\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}I_{rM}}=x''_M\frac{U^2{}_{rM}\cdot\eta_M\cdot\cos\varphi_M}{P_{rM}} \tag{59}$$

$$R_s=r_s\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}I_{rM}}=r_s\frac{U^2{}_{rM}\cdot\eta_M\cdot\cos\varphi_M}{P_{rM}} \tag{60}$$

$$R_R = r_R \frac{U_{rM}}{\sqrt{3} I_{rM}} = r_R \frac{U^2{}_{rM} \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}} \tag{61}$$

1.4.2　变压器电抗、电阻和阻抗的计算和换算

1.4.2.1　变压器电抗、电阻和阻抗可用下列各式进行计算和换算：

$$Z_T = u_K \frac{U_r^2}{S_{rT}} \tag{62}$$

$$R_T = P_K \frac{U_r^2}{S_{rT}^2} \tag{63}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \tag{64}$$

$$R_T = r_T \frac{U_r^2}{S_{rT}} = u_R \frac{U_r^2}{S_{rT}} \tag{65}$$

$$X_T = x_T \frac{U_r^2}{S_{rT}} = u_X \frac{U_r^2}{S_{rT}} \tag{66}$$

1.4.3　电缆电抗和电阻的计算

1.4.3.1　电缆电抗和电阻可用下列公式计算：

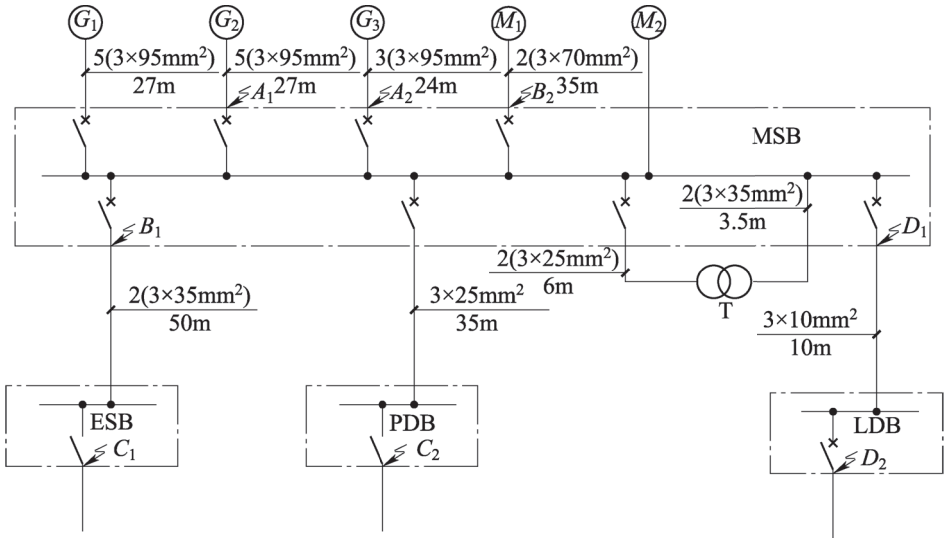
$$R = rl/a \tag{67}$$

$$X = xl/a \tag{68}$$

附录A　计 算 实 例

A.1　电力系统示意图

A.1.1　标明需计算各短路点位置的电力系统示意图如图A.1.1所示。



图A.1.1　电力系统示意图

A.2　计算所需参数

A.2.1　计算所需发电机参数见表A.2.1。

发电机参数　　表A.2.1

代　号	G_1，G_2	G_3
型号	IFC5502-8TA42	IFC5354-4
S_{rG}（kVA）	550	312.5
U_r（V）	400	400
I_{rG}（kA）	0.79	0.451
f（Hz）	50	50
x''_d	0.112	0.099
x'_d	0.193	0.17
x_d	2.19	3.16
r_a	0.0178	0.0174
T''_d（ms）	3	3
T'_d（ms）	80	49
T_{dc}（ms）	22	20
I_{Kd}（kA）	2.4	1.40

A.2.2　计算所需变压器参数见表A.2.2。

变压器参数　　表A.2.2

代　　号	T
型号	CSGD-100
S_{rT}（kVA）	100
U_{rT2}（V）	230
U_K（%）	3.5
P_K（kW）	2.0

A.2.3　计算所需电动机参数见表A.2.3。

电动机参数　　表A.2.3

代　　号	M_1	M_2（等效电动机）
P_{rM}（kW）	120	408
U_{rm}（V）	380	380
r_R	0.021	0.027
r_S	0.034	0.043
x''_M	0.15	0.188
T''_M（ms）	22.4	22.4
T_{dcM}（ms）	14.076	14.076

A. 3　主汇流排处短路发电机馈送短路电流的计算

A. 3. 1　发电机至主汇流排连接电缆阻抗的计算

G_1、G_2：

$$R_e = rl/a = 0.215 \times 27 \div 5 = 1.161 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_e = xl/a = 0.0809 \times 27 \div 5 = 0.437 \quad \text{m}\Omega$$

G_3：

$$R_e = rl/a = 0.215 \times 24 \div 3 = 1.72 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_e = xl/a = 0.0809 \times 24 \div 3 = 0.647 \quad \text{m}\Omega$$

A. 3. 2　发电机电抗、电阻计算

G_1、G_2：

$$X''_d = x''_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.112 \times 160000}{550} = 32.582 \quad \text{m}\Omega$$

$$X'_d = x'_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.193 \times 160000}{550} = 56.145 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_d = x_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{2.19 \times 160000}{550} = 637.09 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_a = r_a \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.0178 \times 160000}{550} = 5.18 \quad \text{m}\Omega$$

G_3：

$$X''_d = x''_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.099 \times 160000}{312.5} = 50.688 \quad \text{m}\Omega$$

$$X'_d = x'_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.17 \times 160000}{312.5} = 87.04 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_d = x_d \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{3.16 \times 160000}{312.5} = 1617.92 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_a = r_a \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}} = \frac{0.0174 \times 160000}{312.5} = 8.909 \quad \text{m}\Omega$$

A. 3. 3　发电机相电动势 E''_{q0} 和 E'_{q0} 计算

G_1、G_2：

$$E''_{q0} = \sqrt{\left(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r + R_a I_r\right)^2 + \left(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r + X''_d I_r\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{400 \times 0.8}{\sqrt{3}} + 5.18 \times 0.79\right)^2 + \left(\frac{400 \times 0.6}{\sqrt{3}} + 32.582 \times 0.79\right)^2}$$

$$= 250.314 \quad \text{V}$$

$$E'_{q0} = \sqrt{\left(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r + R_a I_r\right)^2 + \left(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r + X'_d I_r\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{400 \times 0.8}{\sqrt{3}} + 5.18 \times 0.79\right)^2 + \left(\frac{400 \times 0.6}{\sqrt{3}} + 56.145 \times 0.79\right)^2}$$

$$= 262.908 \quad \text{V}$$

G_3：

$$E''_{q0}=\sqrt{(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r+R_aI_r)^2+(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r+X''_dI_r)^2}$$

$$=\sqrt{(\frac{400\times0.8}{\sqrt{3}}+8.909\times0.451)^2+(\frac{400\times0.6}{\sqrt{3}}+50.688\times0.451)^2}$$

$$=248.377\qquad \text{V}$$

$$E'_{q0}=\sqrt{(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\cos\varphi_r+R_aI_r)^2+(\frac{U_r}{\sqrt{3}}\sin\varphi_r+X'_dI_r)^2}$$

$$=\sqrt{(\frac{400\times0.8}{\sqrt{3}}+8.909\times0.451)^2+(\frac{400\times0.6}{\sqrt{3}}+87.04\times0.451)^2}$$

$$=259.332\qquad \text{V}$$

A. 3. 4　发电机的短路电流计算

1　I''_{Kde}、I'_{Kde}、T''_e、T'_e 和 T_{dce} 的计算：

（1）I''_{Kde} 和 I'_{Kde}：

G_1、G_2：

$$I''_{Kde}=\frac{E''_{q0}}{\sqrt{(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)^2}}$$

$$=\frac{250.314}{\sqrt{(5.18+1.161)^2+(32.582+0.437)^2}}$$

$$=7.445\qquad \text{kA}$$

$$I'_{Kde}=\frac{E'_{q0}}{\sqrt{(R_a+R_e)^2+(X'_d+X_e)^2}}$$

$$=\frac{262.908}{\sqrt{(5.18+1.161)^2+(56.145+0.437)^2}}$$

$$=4.618\qquad \text{kA}$$

G_3：

$$I''_{Kde}=\frac{E''_{q0}}{\sqrt{(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)^2}}$$

$$=\frac{248.377}{\sqrt{(8.909+1.72)^2+(50.688+0.647)^2}}$$

$$=4.738\qquad \text{kA}$$

$$I'_{Kde}=\frac{E'_{q0}}{\sqrt{(R_a+R_e)^2+(X'_d+X_e)^2}}$$

$$=\frac{259.332}{\sqrt{(8.909+1.72)^2+(87.04+0.647)^2}}$$

$$=2.936\qquad \text{kA}$$

（2）T''_e、T'_e 和 T_{dce}

G_1、G_2：

$$T''_e = \frac{[(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)^2]\cdot X'_d\cdot T''_d}{[(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)(X'_d+X_e)]\cdot X''_d}$$

$$= \frac{(40.028+1090.254)\times 56.145\times 3}{(40.208+33.019\times 56.582)\times 32.582}$$

$$= 3.062 \quad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_a+R_e)^2+(X'_d+X_e)^2]\cdot X_d\cdot T'_d}{[(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)(X'_d+X_e)]\cdot X''_d}$$

$$= \frac{(40.028+3201.523)\times 637.09\times 80}{(40.208+56.582\times 637.527)\times 56.145}$$

$$= 81.49 \quad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc}+1000X_e/(2\pi fR_a)}{1+R_e/R_a}$$

$$= \frac{22+1000\times 0.437/(100\pi\times 5.18)}{1+1.161/5.18}$$

$$= 18.191 \quad \text{ms}$$

G_3：

$$T''_e = \frac{[(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)^2]\cdot X'_d\cdot T''_d}{[(R_a+R_e)^2+(X''_d+X_e)(X'_d+X_e)]\cdot X''_d}$$

$$= \frac{(112.9756+2635.282)\times 87.04\times 3}{(112.9756+4501.412)\times 50.688}$$

$$= 3.068 \quad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_a+R_e)^2+(X'_d+X_e)^2]\cdot X'_d\cdot T'_d}{[(R_a+R_e)^2+(X'_d+X_e)(X'_d+X_e)]\cdot X'_d}$$

$$= \frac{(112.9756+7689.01)\times 1617.92\times 49}{(112.9756+87.687\times 1618.567)\times 87.04}$$

$$= 50.03 \quad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc}+1000X_e/(2\pi fR_a)}{1+R_e/R_a}$$

$$= \frac{20+1000\times 0.647/(100\pi\times 8.909)}{1+1.72/8.909}$$

$$= 16.957 \quad \text{ms}$$

2　$t = 10$ms 时的短路电流计算

G_1、G_2：

$$I_{acG} = (I''_{Kde}-I'_{Kde})\cdot e^{-t/T''_e}+(I'_{Kd}-I_{Kd})\cdot e^{-t/T'_e}+I_{Kd}$$

$$= (7.445-4.618)\cdot e^{-10/3.062}+(4.618-2.4)\cdot e^{-10/81.49}+2.4$$

$$= 4.47 \quad \text{kA}$$

$$i_{dcG} = \sqrt{2}(I''_{Kde} - I_r \cdot \sin\ _r) \cdot e^{-t/T_{dce}}$$

$$= \sqrt{2}(7.445 - 0.79 \times 0.6) \cdot e^{-10/18.191}$$

$$= 5.689 \quad \text{kA}$$

$$i_{pG} = \sqrt{2} I_{acG} + i_{dcG}$$

$$= \sqrt{2} \times 4.47 + 5.689$$

$$= 12.01 \quad \text{kA}$$

G_3:

$$I_{acG} = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{-t/T''_e} + (I'_{Kde} - I_{Kd}) \cdot e^{-t/T'_e} + I_{Kd}$$

$$= (4.738 - 2.936) \cdot e^{-10/3.068} + (2.936 - 1.4) \cdot e^{-10/50.03} + 1.4$$

$$= 2.727 \quad \text{kA}$$

$$i_{dcG} = \sqrt{2}(I''_{Kde} - I_r \cdot \sin\varphi_r) \cdot e^{-t/T_{dce}}$$

$$= \sqrt{2}(4.738 - 0.451 \times 0.6) \cdot e^{-10/16.957}$$

$$= 3.503 \quad \text{kA}$$

$$i_{pG} = \sqrt{2} I_{acG} + i_{dcG}$$

$$= \sqrt{2} \times 2.727 + 3.503$$

$$= 7.36 \quad \text{kA}$$

A. 4　主汇流排处短路电动机馈送的短路电流计算

A. 4. 1　阻抗计算

A. 4. 1. 1　大电动机 M_1 阻抗

1　X''_M、R_S 和 R_R 的计算

$$X''_M = x''_M \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$

$$= \frac{0.15 \times 380^2 \times 0.76}{120}$$

$$= 137.18 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_S = r_S \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$

$$= 0.034 \times 914.533$$

$$= 31.094 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_R = r_R \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$

$$= 0.021 \times 914.533$$

$$= 19.205 \quad \text{m}\Omega$$

2　电动机至主汇流排电缆阻抗

$$R_e = rl/a$$
$$= 0.297 \times 35 \div 2$$
$$= 5.198 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_e = xl/a$$
$$= 0.0821 \times 35 \div 2$$
$$= 1.437 \quad \text{m}\Omega$$

A. 4. 1. 2　等效电动机 M_2 阻抗

$$X''_M = x''_M \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$
$$= 0.188 \times \frac{380^2 \times 0.76}{408}$$
$$= 50.568 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_S = r_S \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$
$$= 0.043 \times 268.98$$
$$= 11.566 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_R = r_R \frac{U_{rM}^2 \cdot \eta_M \cdot \cos\varphi_M}{P_{rM}}$$
$$= 0.027 \times 268.98$$
$$= 7.262 \quad \text{m}\Omega$$

A. 4. 2　大电动机 M_1 时间常数计算

$$T''_{Me} = \frac{1000X''_{Me}}{2\pi f R_R}$$
$$= \frac{1000(X''_M + X_e)}{2\pi f R_R}$$
$$= \frac{1000 \times (137.18 + 1.437)}{100\pi \times 19.205}$$
$$= 22.975 \quad \text{ms}$$

$$T_{dcMe} = \frac{1000\,(X''_M + X_e)}{2\pi f\,(R_S + R_e)}$$
$$= \frac{10 \times 138.617}{\pi \times (31.094 + 5.198)}$$
$$= 12.158 \quad \text{ms}$$

A. 4. 3　短路电流的计算

A. 4. 3. 1　t = 10ms 时大电动机 M_1 的短路电流

$$I''_{Me}=\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}\sqrt{(R_R+R_S+R_e)^2+(X''_M+X_e)^2}}$$

$$=\frac{380}{\sqrt{3}\times\sqrt{(19.205+31.094+5.198)^2+(137.18+1.437)^2}}$$

$$=1.469 \quad \text{kA}$$

$$I_{acM}=I''_{Me}\cdot e^{-t/T''_{Me}}$$

$$=1.469\times e^{-10/22.975}$$

$$=0.951 \quad \text{kA}$$

$$i_{dcM}=\sqrt{2}I''_{Me}\cdot e^{-t/T_{dcMe}}$$

$$=\sqrt{2}\times1.469\times e^{-10/12.158}$$

$$=0.913 \quad \text{kA}$$

$$i_{pM}=\sqrt{2}I_{acM}+i_{dcM}$$

$$=\sqrt{2}\times0.951+0.913$$

$$=2.258 \quad \text{kA}$$

A. 4. 3. 2　t = 10ms 时等效电动机（小电动机群）M_2 的短路电流

$$I''_{Me}=\frac{U_{rM}}{\sqrt{3}\sqrt{(R_S+R_R)^2+X''^2_M}}$$

$$=\frac{380}{\sqrt{3}\times\sqrt{(11.566+7.262)^2+50.568^2}}$$

$$=4.066 \quad \text{kA}$$

$$I_{acM}=I''_{Me}\cdot e^{-t/T''_M}$$

$$=4.066\times e^{-10/22.4}$$

$$=2.602 \quad \text{kA}$$

$$i_{dcM}=\sqrt{2}I''_{Me}\cdot e^{-t/T_{dcMe}}$$

$$=\sqrt{2}\times4.066\times e^{-10/14.076}$$

$$=2.826 \quad \text{kA}$$

$$i_{pM}=\sqrt{2}I_{acM}+i_{dcM}$$

$$=\sqrt{2}\times2.602+2.826$$

$$=6.506 \quad \text{kA}$$

A. 5　A_1、A_2、B_1 和 B_2 点的短路电流计算

A. 5. 1　A_1 点短路电流计算

A. 5. 1. 1　t = 10ms 时的短路电流

$$I_{ac} = I_{acG1} + I_{acG3} + I_{acM1} + I_{acM2}$$
$$= 4.47 + 2.727 + 0.951 + 2.602$$
$$= 10.75 \quad \text{kA}$$
$$i_p = i_{pG1} + i_{pG3} + i_{pM1} + i_{pM2}$$
$$= 12.01 + 7.36 + 2.258 + 6.506$$
$$= 28.134 \quad \text{kA}$$

A. 5. 2　A_2 点短路电流计算

A. 5. 2. 1　t = 10ms 时的短路电流

$$I_{ac} = I_{acG1} + I_{acG2} + I_{acM1} + I_{acM2}$$
$$= 2 \times 4.47 + 0.951 + 2.602$$
$$= 12.493 \quad \text{kA}$$
$$i_p = i_{pG1} + i_{pG2} + i_{pM1} + i_{pM2}$$
$$= 2 \times 12.01 + 2.258 + 6.506$$
$$= 32.784 \quad \text{kA}$$

A. 5. 3　B_1 点短路电流计算

A. 5. 3. 1　t = 10ms 时的短路电流

$$I_{ac} = I_{acG1} + I_{acG2} + I_{acG3} + I_{acM1} + I_{acM2}$$
$$= 2 \times 4.47 + 2.727 + 0.951 + 2.602$$
$$= 15.22 \quad \text{kA}$$
$$i_p = i_{pG1} + i_{pG2} + i_{pG3} + i_{pM1} + i_{pM2}$$
$$= 2 \times 12.01 + 7.36 + 2.258 + 6.506$$
$$= 40.144 \quad \text{kA}$$

A. 5. 4　B_2 点短路电流计算

A. 5. 4. 1　t = 10ms 时的短路电流

$$I_{ac} = I_{acG1} + I_{acG2} + I_{acG3} + I_{acM2}$$
$$= 2 \times 4.47 + 2.727 + 2.602$$
$$= 14.269 \quad \text{kA}$$
$$i_p = i_{pG1} + i_{pG2} + i_{pG3} + i_{pM2}$$
$$= 2 \times 12.01 + 7.36 + 6.506$$
$$= 37.886 \quad \text{kA}$$

A. 6　C_1、C_2、D_1 和 D_2 点短路电流的计算

A. 6. 1　t = 10ms 时等效发电机参数的求取

A. 6. 1. 1　超瞬态时间常数 T''_{d*} 的求取

1　由（29）、（30）和（31）式得：

$$I''_* = \sum_i I''_{Kdei} + \sum_j I''_{Mej}$$
$$= 2\times7.445+4.738+1.469+4.066$$
$$= 25.163 \quad \text{kA}$$

$$I'_* = \sum_i I'_{Kdei}$$
$$= 2\times 4.618 + 2.936$$
$$= 12.172 \quad \text{kA}$$
$$I_{K*} = \sum_i I_{Kdi}$$
$$= 2\times 2.4 + 1.4$$
$$= 6.2 \quad \text{kA}$$

则：
$$M_* = I''_* - I'_*$$
$$= 25.163 - 12.172$$
$$= 12.991 \quad \text{kA}$$
$$N_* = I'_* - I_{K*}$$
$$= 12.172 - 6.2$$
$$= 5.972 \quad \text{kA}$$

2　取 $t_x = 10\text{ms}$，由（34）和（36）式计算 G_1、G_2、G_3 的 $K''(t)$ 和 $K''(t)_*$。

G_1、G_2：
$$K''(t_x) = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{-t/T''_e} + I'_{Kde}$$
$$= (7.445 - 4.618) \cdot e^{-10/3.062} + 4.618$$
$$= 4.726 \quad \text{kA}$$

G_3：
$$K''(t_x) = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{t/T''_e} + I'_{Kde}$$
$$= (4.738 - 2.936) \cdot e^{-10/3.068} + 2.936$$
$$= 3.005 \quad \text{kA}$$

则：
$$K''(t_x)_* = \sum_i K''(t_x)_i + \sum_j I''_{Mj} \cdot e^{-t/T''_{Me}}$$
$$= 2\times 4.726 + 3.005 + 0.951 + 2.602$$
$$= 16.01 \quad \text{kA}$$

3　则得：
$$T''_{d*} = \frac{-t_x}{\ln\left[(K''(t_x)_* - I'_*)/M_*\right]}$$
$$= \frac{-10}{\ln\left[(16.01-12.172)/12.991\right]}$$
$$= 8.20 \quad \text{ms}$$

A.6.1.2　瞬态时间常数 T'_{d*} 的求取

取 $t_x = 10\text{ms}$，由（39）式求得：
$$I_{ac*} = \sum_i I_{acGi} + \sum_j I_{acMj}$$
$$= 15.22 \quad \text{kA} \qquad （即为 B_1 点的 I_{ac} 值）$$

则：

$$T'_{d*}=\frac{-t_x}{\ln\left[\dfrac{I_{ac}(t_x)_*-(M_*\cdot e^{-t_x/T''_{d*}}+I_{k*})}{N_*}\right]}$$

$$=\frac{-10}{\ln\left[\dfrac{15.22-(12.991\times e^{-10/8.20}+6.2)}{5.972}\right]}$$

$$=70.553 \quad \text{ms}$$

A. 6. 1. 3　直流时间常数 T_{dc*} 的求取

取 $t_x=10\text{ms}$，由（42）式求得：

$$i_{dc}(t_x)_*=\sum_i i_{dcGi}+\sum_j i_{dcMj}$$

$$=2\times 5.689+3.503+0.913+2.826$$

$$=18.62 \quad \text{kA}$$

则：

$$T_{dc*}=\frac{-t_x}{\ln\left[\dfrac{i_{dc}(t_x)_*}{\sqrt{2}I''_*}\right]}$$

$$=\frac{-10}{\ln\left[\dfrac{18.62}{\sqrt{2}\times 25.163}\right]}$$

$$=15.439 \quad \text{ms}$$

A. 6. 1. 4　阻抗的求取

由（45）、（46）和（47）得：

$$Z''_*=\frac{U_r}{\sqrt{3}I''_*}=\frac{400}{\sqrt{3}\times 25.163}=9.178 \quad \text{m}\Omega$$

$$Z'_*=\frac{U_r}{\sqrt{3}I'_*}=\frac{400}{\sqrt{3}\times 12.172}=18.973 \quad \text{m}\Omega$$

$$Z_*=\frac{Ur}{\sqrt{3}I_{K*}}=\frac{400}{\sqrt{3}\times 6.2}=37.248 \quad \text{m}\Omega$$

又

$$C=\frac{1000}{2\pi fT_{dc*}}=\frac{10}{\pi\times 15.439}=0.2062 \quad \text{m}\Omega$$

则：

$$X''_*=\frac{Z''_*}{\sqrt{1+C^2}}=\frac{9.178}{\sqrt{1+0.2062^2}}=8.99 \quad \text{m}\Omega$$

$$R_*=CX''_*=0.2062\times 8.99=1.854 \quad \text{m}\Omega$$

$$X'_*=\sqrt{Z'^2_*-R^2_*}=\sqrt{18.973^2-1.854^2}=18.88 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_*=\sqrt{Z^2_*-R^2_*}=\sqrt{37.248^2-1.854^2}=37.202 \quad \text{m}\Omega$$

A. 6. 2　C_1 点短路电流计算

A. 6. 2. 1　主汇流排至短路点线路阻抗计算

$$R_e=rl/a=0.582\times 50/2=14.55 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_e = xl/a = 0.0871 \times 50/2 = 2.178 \qquad \text{m}\Omega$$

A. 6. 2. 2　T''_e、T'_e 和 T_{dce} 的计算

$$T''_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2] \cdot X'_* \cdot T''_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)(X'_* + X_e)] \cdot X''_*}$$

$$= \frac{[(1.854+14.55)^2 + (8.99+2.178)^2] \times 18.88 \times 8.20}{[(1.854+14.55)^2 + (8.99+2.178)(18.88+2.178)] \times 8.99}$$

$$= 13.449 \qquad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2] \cdot X_* \cdot T'_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)(X_* + X_e)] \cdot X'_*}$$

$$= \frac{[(1.854+14.55)^2 + (18.88+2.178)^2] \times 37.202 \times 70.553}{[(1.854+14.55)^2 + (18.88+2.178)(37.202+2.178)] \times 18.88}$$

$$= 90.186 \qquad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc*} + 1000X_e/(2\pi f R_*)}{1 + R_e/R_*}$$

$$= \frac{15.439 + 1000 \times 2.178/(100\pi \times 1.854)}{1 + 14.55/1.854}$$

$$= 2.168 \qquad \text{ms}$$

A. 6. 2. 3　I''_{Kde}、I'_{Kde} 和 I_{Kde} 的计算：

$$I''_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+14.55)^2 + (8.99+2.178)^2}}$$

$$= 11.637 \qquad \text{kA}$$

$$I'_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+14.55)^2 + (18.88+2.178)^2}}$$

$$= 8.652 \qquad \text{kA}$$

$$I_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+14.55)^2 + (37.202+2.178)^2}}$$

$$= 5.413 \qquad \text{kA}$$

A. 6. 2. 4　t = 10ms 时短路电流的计算

$$I_{ac} = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{-t/T''_e} + (I'_{Kde} - I_{Kde}) \cdot e^{-t/T'_e} + I_{Kde}$$

$$= (11.637 - 8.652) \cdot e^{-10/13.449} + (8.652 - 5.413) \cdot e^{-10/90.186} + 5.413$$

$$= 9.731 \qquad \text{kA}$$

$$i_{dc} = \sqrt{2} I''_{Kde} \cdot e^{-t/T_{dce}}$$

$$= \sqrt{2} \times 11.637 \times e^{-10/2.168}$$

$$= 0.163 \qquad \text{kA}$$

$$i_p = \sqrt{2} I_{ac} + i_{dc}$$

$$= \sqrt{2} \times 9.731 + 0.163$$

$$= 13.925 \qquad \text{kA}$$

A. 6. 3　C_2 点短路电流和短路功率因数计算

A. 6. 3. 1　主汇流排至短路点线路阻抗计算

$$R_e = rl/a = 0.807 \times 35 = 28.245 \qquad \text{m}\Omega$$

$$X_e = xl/a = 0.0885 \times 35 = 3.098 \qquad \text{m}\Omega$$

A. 6. 3. 2　T''_e、T'_e 和 T_{dce} 的计算

$$T''_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2] \cdot X'_* \cdot T''_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)(X'_* + X_e)] \cdot X''_*}$$

$$= \frac{[(1.854 + 28.245)^2 + (8.99 + 3.098)^2] \times 18.88 \times 8.20}{[(1.854 + 28.245)^2 + (8.99 + 3.098)(18.88 + 3.098)] \times 8.99}$$

$$= 15.464 \qquad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2] \cdot X_* \cdot T'_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)(X_* + X_e)] \cdot X'_*}$$

$$= \frac{[(1.854 + 28.245)^2 + (18.88 + 3.098)^2] \times 37.202 \times 70.553}{[(1.854 + 28.245)^2 + (18.88 + 3.098)(37.202 + 3.098)] \times 18.88}$$

$$= 107.775 \qquad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc*} + 1000 X_e / (2\pi f R_*)}{1 + R_e / R_*}$$

$$= \frac{15.439 + 1000 \times 3.098 / (100\pi \times 1.854)}{1 + 28.245 / 1.854}$$

$$= 1.28 \qquad \text{ms}$$

A. 6. 3. 3　I''_{Kde}、I'_{Kde} 和 I_{Kde} 的计算

$$I''_{Kde}=\frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_*+R_e)^2+(X''_*+X_e)^2}}$$

$$=\frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+28.245)^2+(8.99+3.098)^2}}$$

$$=7.12 \quad \text{kA}$$

$$I'_{Kde}=\frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_*+R_e)^2+(X'_*+X_e)^2}}$$

$$=\frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+28.245)^2+(18.88+3.098)^2}}$$

$$=6.197 \quad \text{kA}$$

$$I_{Kde}=\frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_*+R_e)^2+(X_*+X_e)^2}}$$

$$=\frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854+28.245)^2+(37.202+3.098)^2}}$$

$$=4.591 \quad \text{kA}$$

A. 6. 3. 4　t = 10ms 时短路电流的计算

$$I_{ac}=(I''_{Kde}-I'_{Kde})\cdot e^{-t/T''_e}+(I'_{Kde}-I_{Kde})\cdot e^{-t/T'_e}+I_{Kde}$$

$$=(7.12-6.197)\cdot e^{-10/15.464}+(6.197-4.591)\cdot e^{-10/107.775}+4.591$$

$$=6.538 \quad \text{kA}$$

$$i_{dc}=\sqrt{2}I''_{Kde}\cdot e^{-t/T_{dce}}$$

$$=\sqrt{2}\times 7.12\times e^{-10/1.28}$$

$$=0.0041 \quad \text{kA}$$

$$i_p=\sqrt{2}I_{ac}+i_{dc}$$

$$=\sqrt{2}\times 6.538+0.0041$$

$$=9.25 \quad \text{kA}$$

A. 6. 4　D_1 点短路电流计算

A. 6. 4. 1　主汇流排至短路点线路阻抗计算

1　变压器初级线路阻抗

$$R_{e1}=rl/a=0.807\times 6/2=2.421 \quad \text{m}\Omega$$

$$X_{e1}=xl/a=0.0885\times 6/2=0.2655 \quad \text{m}\Omega$$

2　变压器阻抗计算

$$Z_T = u_K \cdot \frac{U_r^2}{S_{rT}}$$

$$= 3.5\% \times \frac{400^2}{100}$$

$$= 56 \qquad \text{m}\Omega$$

$$R_T = P_K \cdot \frac{U_r^2}{S_{rT}^2}$$

$$= 2.0 \times \frac{400^2}{100^2}$$

$$= 32 \qquad \text{m}\Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

$$= \sqrt{56^2 - 32^2}$$

$$= 45.9565 \qquad \text{m}\Omega$$

3　折算至初级侧的变压器次级侧线路阻抗

$$R_{e2} = （rl/a）\cdot （U_r/U_{rT2}）^2$$
$$= （0.582 \times 3.5/2） \times （400/230）^2$$
$$= 3.0805 \qquad \text{m}\Omega$$
$$X_{e2} = （xl/a）\cdot （U_r/U_{rT2}）^2$$
$$= （0.0871 \times 3.5/2） \times （400/230）^2$$
$$= 0.461 \qquad \text{m}\Omega$$

4　主汇流排至短路点线路阻抗

$$R_e = R_{e1} + R_T + R_{e2}$$
$$= 2.421 + 32 + 3.0805$$
$$= 37.5015 \qquad \text{m}\Omega$$
$$X_e = X_{e1} + X_T + X_{e2}$$
$$= 0.2655 + 45.9565 + 0.461$$
$$= 46.683 \qquad \text{m}\Omega$$

A.6.4.2　T_e''、T_e' 和 T_{dce} 的计算

$$T_e'' = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X_*'' + X_e)^2] \cdot X_*' \cdot T_{d*}''}{[(R_* + R_e)^2 + (X_*'' + X_e)(X_*' + X_e)] \cdot X_*''}$$

$$= \frac{[(1.854 + 37.5015)^2 + (8.99 + 46.683)^2] \times 18.88 \times 8.20}{[(1.854 + 37.5015)^2 + (8.99 + 46.683)(18.88 + 46.683)] \times 8.99}$$

$$= 15.397 \qquad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2] \cdot X_* \cdot T'_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)(X_* + X_e)] \cdot X'_*}$$

$$= \frac{[(1.854 + 37.5015)^2 + (18.88 + 46.683)^2] \times 37.202 \times 70.553}{[(1.854 + 37.5015)^2 + (18.88 + 46.683)(37.202 + 46.683)] \times 18.88}$$

$$= 115.328 \quad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc*} + 1000X_e/(2\pi f R_*)}{1 + R_e / R_*}$$

$$= \frac{15.439 + 1000 \times 46.683/(100\pi \times 1.854)}{1 + 37.5015/1.854}$$

$$= 4.503 \quad \text{ms}$$

A. 6. 4. 3　I''_{Kde}、I'_{Kde} 和 I_{Kde} 的计算：

$$I''_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 37.5015)^2 + (8.99 + 46.683)^2}}$$

$$= 3.387 \quad \text{kA}$$

$$I'_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 37.5015)^2 + (18.88 + 46.683)^2}}$$

$$= 3.02 \quad \text{kA}$$

$$I_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 37.5015)^2 + (37.202 + 46.683)^2}}$$

$$= 2.492 \quad \text{kA}$$

A. 6. 4. 4　$t = 10\text{ms}$ 时短路电流的计算

$$I_{ac} = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{-t/T''_e} + (I'_{Kde} - I_{Kde}) \cdot e^{-t/T'_e} + I_{Kde}$$

$$= (3.387 - 3.02) \cdot e^{-10/15.397} + (3.02 - 2.492) \cdot e^{-10/115.328} + 2.492$$

$$= 3.168 \quad \text{kA}$$

$$i_{dc} = \sqrt{2} I''_{Kde} \cdot e^{-t/T_{dce}}$$

$$= \sqrt{2} \times 3.387 \times e^{-10/4.503}$$

$$= 0.52 \qquad \text{kA}$$

$$i_p = \sqrt{2} I_{ac} + i_{dc}$$

$$= \sqrt{2} \times 3.168 + 0.52$$

$$= 5.0 \qquad \text{kA}$$

变压器次级的短路电流：

$$I_{ac2} = I_{ac}（U_r/U_{rT2}）$$

$$= 3.168 \times 400/230$$

$$= 5.51 \qquad \text{kA}$$

$$i_{p2} = i_p（U_r/U_{rT2}）$$

$$= 5.0 \times 400/230$$

$$= 8.696 \qquad \text{kA}$$

A. 6. 5　D_2 点短路电流计算

A. 6. 5. 1　主汇流排至短路点线路阻抗计算

1　主汇流排至照明汇流排线路阻抗（即为 D_1 点线路阻抗）

$$R_e = 37.5015 \qquad \text{m}\Omega$$

$$X_e = 46.683 \qquad \text{m}\Omega$$

2　折算至变压器初级侧的照明汇流排至短路点线路阻抗

$$R_{e2} =（rl/a）\cdot（U_r/U_{rT2}）^2$$

$$=（2.02 \times 10/1）\times（400/230）^2$$

$$= 61.096 \qquad \text{m}\Omega$$

$$X_{e2} =（xl/a）\cdot（U_r/U_{rT2}）^2$$

$$=（0.0957 \times 10/1）\times（400/230）^2$$

$$= 2.895 \qquad \text{m}\Omega$$

3　主汇流排至短路点线路阻抗

$$R_e = R_{e（D1）} + R_{e2}$$

$$= 37.5015 + 61.096$$

$$= 98.598 \qquad \text{m}\Omega$$

$$X_e = X_{e（D1）} + X_{e2}$$

$$= 46.683 + 2.895$$

$$= 49.578 \qquad \text{m}\Omega$$

A. 6. 5. 2　T''_e、T'_e 和 T_{dce} 的计算

$$T''_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2] \cdot X'_* \cdot T''_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)(X'_* + X_e)] \cdot X''_*}$$

$$= \frac{[(1.854 + 98.598)^2 + (8.99 + 49.578)^2] \times 18.88 \times 8.20}{[(1.854 + 98.598)^2 + (8.99 + 49.578)(18.88 + 49.578)] \times 8.99}$$

$$= 16.513 \quad \text{ms}$$

$$T'_e = \frac{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2] \cdot X_* \cdot T'_{d*}}{[(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)(X_* + X_e)] \cdot X'_*}$$

$$= \frac{[(1.854 + 98.598)^2 + (18.88 + 49.578)^2] \times 37.202 \times 70.553}{[(1.854 + 98.598)^2 + (18.88 + 49.578)(37.202 + 49.578)] \times 18.88}$$

$$= 128.144 \quad \text{ms}$$

$$T_{dce} = \frac{T_{dc*} + 1000X_e/(2\pi f R_*)}{1 + R_e/R_*}$$

$$= \frac{15.439 + 1000 \times 49.578/(100\pi \times 1.854)}{1 + 98.598/1.854}$$

$$= 1.89 \quad \text{ms}$$

A. 6. 5. 3　I''_{Kde}、I'_{Kde} 和 I_{Kde} 的计算：

$$I''_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 98.598)^2 + (8.99 + 49.578)^2}}$$

$$= 1.986 \quad \text{kA}$$

$$I'_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X'_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 98.598)^2 + (18.88 + 49.578)^2}}$$

$$= 1.899 \quad \text{kA}$$

$$I_{Kde} = \frac{U_r/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(1.854 + 98.598)^2 + (37.202 + 49.578)^2}}$$

$$= 1.74 \quad \text{kA}$$

A. 6. 5. 4　t = 10ms 时短路电流的计算

$$I_{ac} = (I''_{Kde} - I'_{Kde}) \cdot e^{-t/T''_e} + (I'_{Kde} - I_{Kde}) \cdot e^{-t/T'_e} + I_{Kde}$$
$$= (1.986 - 1.899) \cdot e^{-10/16.513} + (1.899 - 1.74) \cdot e^{-10/128.144} + 1.74$$
$$= 1.931 \quad \text{kA}$$

$$i_{dc} = \sqrt{2} I''_{Kde} \cdot e^{-t/T_{dce}}$$
$$= \sqrt{2} \times 1.986 \times e^{-10/1.89}$$
$$= 0.0141 \quad \text{kA}$$

$$i_p = \sqrt{2} I_{ac} + i_{dc}$$
$$= \sqrt{2} \times 1.931 + 0.0141$$
$$= 2.745 \quad \text{kA}$$

变压器次级的短路电流：

$$I_{ac2} = I_{ac} (U_r / U_{rT2})$$
$$= 1.931 \times 400/230$$
$$= 3.358 \quad \text{kA}$$
$$i_{p2} = i_p (U_r / U_{rT2})$$
$$= 2.745 \times 400/230$$
$$= 4.774 \quad \text{kA}$$

A. 7　短路功率因数计算

A. 7. 1　A_1、A_2、B_1 和 B_2 的短路功率因数计算

$$\cos\varphi_K = \frac{R_*}{\sqrt{R_*^2 + X''^2_*}}$$
$$= \frac{1.854}{\sqrt{1.854^2 + 8.99^2}}$$
$$= 0.202$$

A. 7. 2　C_1、C_2、D_1 和 D_2 点短路功率因数计算

1　C_1 点：

$$\cos\varphi_K = \frac{R_* + R_e}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$
$$= \frac{1.854 + 14.55}{\sqrt{(1.854 + 14.55)^2 + (8.99 + 2.178)^2}}$$
$$= 0.827$$

2　C_2 点：

$$\cos\varphi_K = \frac{R_* + R_e}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{1.854 + 28.245}{\sqrt{(1.854 + 28.245)^2 + (8.99 + 3.098)^2}}$$

$$= 0.928$$

3　D_1 点：

$$\cos\varphi_K = \frac{R_* + R_e}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{1.854 + 37.5015}{\sqrt{(1.854 + 37.5015)^2 + (8.99 + 46.683)^2}}$$

$$= 0.577$$

4　D_2 点：

$$\cos\varphi_K = \frac{R_* + R_e}{\sqrt{(R_* + R_e)^2 + (X''_* + X_e)^2}}$$

$$= \frac{1.854 + 98.598}{\sqrt{(1.854 + 98.598)^2 + (8.99 + 49.578)^2}}$$

$$= 0.864$$

A. 8　短路计算结果和选用的保护电器数据汇总

A. 8. 1　短路计算结果和选用的保护电器数据汇总见表 A. 8. 1。

短路计算结果和选用的保护电器数据汇总　　**表 A. 8. 1**

短路计算结果					选用的保护电器									
短路点代号	短路发生后时间	对称短路电流 (kA)	短路电流上包络线值 (kA)	短路功率因数	型号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	额定短路分断能力 (kA)	额定短路接通能力 (kA)	额定短时耐受电流 (kA)	短路功率因数	$\cos\varphi_K$ 换算	
												换算系数	短路分断能力 (kA)
A_1	T/2 稳态	10.75 3.80	28.134	0.202	AH-10B	790	500	40	104	30 (1s)			
A_2	T/2 稳态	12.493 34.80	32.784	0.202	AH-6B	451	500	35	98.5	22 (1s)			
B_1	T/2	15.22	40.144	0.202	TG-100B	50	500	42	95.5				
	T/2 稳态	15.22 6.20	40.144	0.202	XH225 NE①	150	415	25	50	5.0 (300ms)			
	稳态	6.20			XH600 NE②	200	415			10.0 (300ms)			

续上表

短路计算结果					选用的保护电器								
短路点代号	短路发生后时间	对称短路电流 (kA)	短路电流上包络线值 (kA)	短路功率因数	型号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	额定短路分断能力 (kA)	额定短路接通能力 (kA)	额定短时耐受电流 (kA)	短路功率因数	$\cos\varphi_K$ 换算	
												换算系数	短路分断能力 (kA)
B_2	T/2	14.269	37.886	0.202	TO-225 BA	225	500	22	44				
C_1	T/2	9.731	13.925	0.827	TO-100 BA	15	500	18	38				
C_2	T/2	6.538	9.25	0.928	TO-100 BA	15	500	18	38				
D_1 ③	T/2	5.51	8.696	0.577	TO-100 BA	15	250	22	35				
D_2	T/2	3.358	4.774	0.864	TH-50B	10	250	5	8.6				

注：①此系变压器 T 初级用高瞬动断路器，瞬动电流为 4kA。

②此系主配电板至应急配电板互连馈线上的断路器。

③ D_1、D_2 点为变压器次级的短路电流。

附录 B　断路器短路分断能力的换算

B. 1　引言

断路器的额定短路分断能力是由制造厂提供的该断路器在额定频率和规定的短路功率因数下，对应于不同额定工作电压的短路分断能力值。

由于在船舶交流电力系统中，其短路电流供给源是交流同步发电机和异步电动机，短路功率因数较低。因此一般工业用断路器标准所规定的短路功率因数往往不能满足船用要求。

本附录提供了一换算方法，以供当选用的断路器的试验功率因数给定值与船舶电力系统实际要求的短路功率因数值不相符合时，进行其短路分断能力的换算。

B. 2　换算方法

按下列步骤进行换算：

a. 由图 B. 2 查取对应于断路器试验短路功率因数 $\cos\varphi_{Kr}$ 给定值的峰值系数值 n。

注：对仅给出额定短路接通能力和额定短路分断能力的断路器，则其额定短路接通能力与额定短路分断能力之比即峰值系数 n。

b. 由图 B. 2 查取对应于实际要求的短路功率因数 $\cos\varphi_K$ 值的峰值系数值 n'。

c. 在短路功率因数 $\cos\varphi_K$ 下，断路器换算的短路分断能力 ICr 为：

$$I_{Cr} = \frac{n}{n'} I_{CR} = CI_{CR}$$

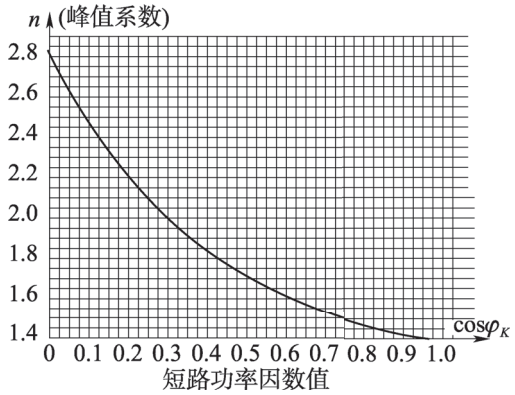


图 B. 2　峰值系数 $n = f(\cos\varphi_k)$ 曲线

B. 3　举例

设某船主汇流排处的计算短路功率因数 $\cos\varphi_K = 0.16$，现选用 TO-100BA 断路器，已知该断路器的参数为：

额定电压：　　500V

额定短路分断能力：　　18 kA

额定短路接通能力：　　38 kA

求：该断路器在短路功率因数 $\cos\varphi_K = 0.16$ 时的短路分断能力值。

解：（a）$n = \dfrac{38}{18} = 2.111$

（b）由图 B. 2 查得 $\cos\varphi_K = 0.16$ 时的 $n' = 2.30$。

（c）$I_{Cr} = \dfrac{n}{n'} I_{CR} = \dfrac{2.111}{2.30} \times 18 = 16.52$　　kA

附录 2 塑料制电缆托架 / 保护封闭罩壳的型式认可程序

2.1 一般设计要求

2.1.1 环境温度

设计电缆托架 / 保护封闭罩壳应符合下列的环境温度：

室外使用 –25℃ 至 90℃

室内使用 ＋ 5℃ 至 90℃

如在寒冷的环境中使用塑料制电缆托架 / 保护封闭罩壳，应特别注意：当周围温度低于 -25℃时，塑料的机械性能仍然可达到使用目的和安装位置的要求。在这样的特殊情况下，应考虑材料的冷弯曲和冷冲击性能。

2.1.2 安全工作载荷

电缆托架 / 保护封闭罩壳应符合本附录 2.2.2 安全工作载荷的相关规定。

2.2 机械要求

2.2.1 冲击阻力测试

测试应根据 IEC 60068-2-75 的要求，使用摆锤冲击机完成。

2.2.1.1 测试所用样品应是长度为 250mm ± 5mm 的电缆托架或梯式桥架。梯式桥架样品应由两条边构件和中间横档组成。网状托架样品中间应具有金属丝网。

2.2.1.2 测试前，塑料部件应已经在 90℃ ± 2℃的条件下连续老化 240h。

2.2.1.3 样品应放置在厚度为 20mm ± 2mm 的木纤维板上。

2.2.1.4 待测试的样品应放在冰箱里，保持在本附录 1.1 所规定的温度范围内，允许 ± 2℃的误差。

2.2.1.5 2h 之后，把样品从冰箱中取出，并立即放置在检测设备中。

2.2.1.6 样品从冰箱中取出 10s ± 1s 后，使用符合表 2.2.1.6 规定的摆锤冲击机进行测试。

摆锤规格 表 2.2.1.6

大约能量（J）	锤的质量（kg）	锤的高度（mm）
10	5.0	200 ± 2

2.2.1.7 在第一测试样品中，冲击应作用于基座或横档；第二测试样品中，冲击作用于一个边构件；第三测试样品中，冲击作用于另一边构件。任何一种情况下，冲击都应作用于待检测面的中心。

2.2.1.8 以上测试完毕后，样品上不应有任何有损安全的裂纹和 / 或变形。

2.2.2 安全工作载荷（SWL）测试

2.2.2.1 电缆托架 / 保护封闭罩壳和接头的安全载荷应达到以下标准。测试按照本附录 2.1.1 规定的温度进行：

——最大挠度应不超过 $L/100$，其中 L 指支架间的距离，

——当测试达到 1.7 × SWL 时，无机械缺陷或机械毁坏。

2.2.2.2 所有载荷应均匀地分布（UDL）在样品的长度和宽度上，如图 2.2.2.2 所示。

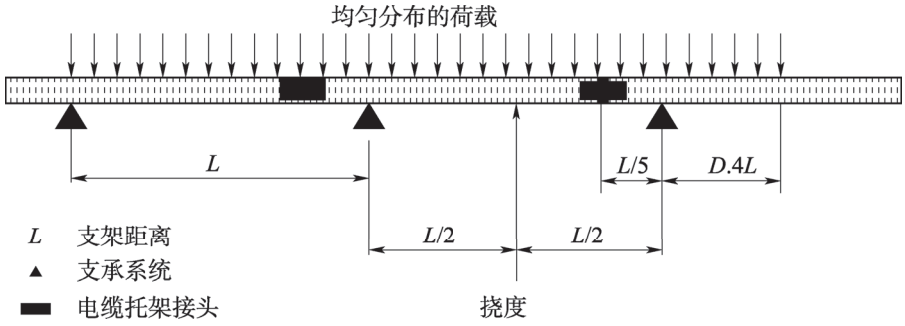


图 2. 2. 2. 2　IEC 61 537 载荷测试程序概述

即使在样品极度变形的情况下，也应保证做到载荷的均匀分布。

考虑到样品的沉降，除非另有规定，可以先进行 10% 的预加载荷，并持续至少 5min 之后，把测量设备校准到零。

2. 2. 2. 3　应在纵向和横向角度逐渐增加到测试载荷，如持续增加载荷的方法不可行，载荷应按一定增量分几次完成。增量应不超过安全工作载荷的四分之一。载荷增量应通过载荷板在纵向和横向角度尽可能地均匀分布。

2. 2. 2. 4　加载完毕后，应在规定点测量挠度，以便获得实际跨中挠度。

2. 2. 2. 5　将样品放好，每 5min 测量一次挠度，直到连续两组读数间的差异小于第一个连续两组读数间差异的 2%，则在该点测量到的第一组读数就是测试载荷的挠度。

2. 2. 2. 6　用于测试载荷的样品、接头和内部固定装置，有正常视力或矫正视力的人在不使用放大镜的情况下，应看不到任何损坏或裂纹。

2. 2. 2. 7　然后，载荷应增加至测试载荷的 1. 7 倍。

将样品放好，每 5min 测量一次挠度，直到连续两组读数间的差异小于第一个连续两组读数的 2%。样品应能承受得住增加的载荷而没有破坏。在增加载荷的过程中，可允许样品的翘曲和变形。

注：测试也可如下进行：

——在规定范围内的任何温度下进行。如可以证明系统中所用材料的相关结构参数差异不超过最大和最小参数值间平均数的 5%，或者，

——如有文件可以证明，随着温度的上升，系统中使用材料的相关结构性能会下降，则只能在规定范围内的最高温度下进行。或者，

——只在最高温度和最低温度下进行。

应对具有相同的材料、接头和拓扑形状的最大尺寸和最小尺寸的电缆托架进行测试。

2. 3　燃烧特性

2. 3. 1　滞燃测试

电缆托架 / 保护封闭罩壳应至少是滞燃型的。应根据表 2. 3. 1 进行检测。

滞 燃 试 验 规 定　　表 2. 3. 1

试 验 程 序	试 验 参 数	其　他
IEC60092-101，或 IEC60695-2-2	——燃烧应用： 5 次，每次 15s 在每次燃烧间的间隔： 15s，或 1 次 30s 试验标准基于燃烧应用	——试验样品烧毁或损坏的部分不超过 60mm。 ——设备的设计和材料的选择应降低火灾的可能性，确保当试验样品暴露在火焰中时，样品的表面不会助燃。

2.3.2 烟雾和毒性测试

根据国际海事组织（IMO）的《火灾测试程序规则》（FTPC），MSC. 61（67）决议第 2 部分—烟雾和毒性测试，或者任何国际或国内标准，应对电缆托架 / 保护封闭罩壳进行检测。

2.4 特殊要求

2.4.1 电阻率测试

经过危险区域的电缆托架 / 保护封闭罩壳应具有导电性。

电缆托架 / 保护封闭罩壳和装置的容积电阻率应低于 $10^5\Omega$，表面电阻率应低于 $10^6\Omega$。应根据 IEC 60093 对电缆托架 / 保护封闭罩壳进行测试。

该设备上任何一点的接地电阻都不应超过 $10^6\Omega$。

中　国　船　级　社

钢质海船入级规范

2015

第 7 篇　自动化系统

2015 年 7 月 1 日生效

地址　　Add：北京市东直门南大街 9 号船检大厦
CCS Mansion,9 Dongzhimen Nan Da Jie
Beijing 100007,P.R.China
电话　　Tel：0086-010-58112288
传真　　Fax：0086-010-58112811
邮码 Postcode：100007
电 子 邮 箱：CCS@CCS.org.cn

目 录

第 1 章 通则 …… 7-1
第 1 节 一般规定…… 7-1

第 2 章 基本要求 …… 7-4
第 1 节 一般规定…… 7-4
第 2 节 控制系统…… 7-5
第 3 节 安全系统…… 7-6
第 4 节 报警系统 (包括显示) …… 7-6
第 5 节 控制站 (室) …… 7-7
第 6 节 计算机系统…… 7-8
第 7 节 传感器…… 7-12
第 8 节 驾驶室遥控主推进装置…… 7-13
附录 1 计算机系统试验和验证相关定义和注解 …… 7-14

第 3 章 周期无人值班机器处所 AUT–0 附加标志的要求 …… 7-16
第 1 节 一般规定…… 7-16
第 2 节 主推进装置…… 7-16
第 3 节 锅炉…… 7-18
第 4 节 电站…… 7-20
第 5 节 辅机…… 7-20
第 6 节 其他设备…… 7-21
第 7 节 控制站 (室) 的附加要求 …… 7-21
第 8 节 监控系统的附加要求…… 7-22
第 9 节 消防与防止浸水…… 7-23
第 10 节 自动化监视项目 …… 7-24

第 4 章 有人值班机器处所自动化附加标志的要求 …… 7-36
第 1 节 一般规定…… 7-36
第 2 节 MCC 附加标志的要求 …… 7-36
第 3 节 BRC 附加标志的要求 …… 7-47

第 1 章　通　　则

第 1 节　一般规定

1.1.1　一般要求

1.1.1.1　本篇适用于安装在海船上的机电设备和装置的自动化系统。

1.1.1.2　本篇所述自动化系统包括控制系统、安全系统和报警系统（包括显示）。

1.1.1.3　对于满足本篇要求的不同自动化等级的船舶，可授予下列附加标志：

（1）推进装置由驾驶室控制站遥控，机器处所包括机舱集控站（室）周期无人值班——AUT-0；

（2）机舱集控站（室）有人值班对机电设备进行监控——MCC；

（3）推进装置由驾驶室控制站遥控，机器处所有人值班——BRC。

1.1.1.4　设有符合本篇要求的自动化系统的船舶，均应能适应所有航海工况（包括机动操纵航行）。

1.1.1.5　设有符合本篇要求的自动化系统的船舶的安全性，应与机电设备有人直接看管的船舶相同，并应有措施保证在自动化系统失效时能在机旁对机电设备进行有效的人工操作。

1.1.2　定义

1.1.2.1　本篇有关定义如下：

（1）自动控制：系指具有自动调节特性，无需操作人员参与即可按预定指令对设备进行操作的控制。

（2）遥控：系指由操作人员通过机械、电气、电子、气动、液压、电磁（无线电）及光学方式或其组合方式远距离对设备进行操作的控制。

（3）就地控制：系指位于机电设备近旁由操作人员对设备进行直接的人工操作的控制。

（4）控制站（室）：系指具有监视功能且能够对机电设备实施控制的处所。在本篇中的控制站（室）主要有下列 4 类：

①机舱集控站（室）：系指机舱内自动化设备的所有监控设施集中布置的控制站（室）；

②驾驶室控制站：系指设在驾驶室内对推进装置及其他设备进行监控的控制站；

③就地控制站：系指对机电设备实施就地控制的控制站；

④其他控制站：系指船上除上述 3 种控制站以外的控制站。

（5）安全系统：系指当发生危及主推进装置、锅炉、电站以及其他重要机电设备的严重故障时，能使发生故障的机电设备，按下列 3 种类型自动产生保护性动作的系统：

a 类：立即停止运行，如主柴油机紧急停车，锅炉紧急停炉，紧急切断用电设备电源等，而且非经人工复位，该设备不应再投入运行；

b 类：暂时调节到可以勉强运行的状态，如降低功率或转速等；

c 类：起动和投入备用设备，以恢复正常的运行状态。

（6）报警：系指当被监控的机电设备或系统超出预定参数范围时所发出的听觉和视觉信号，并能识别机器处所内具体的故障情况和位置。

（7）组合报警：系指被监控的机电设备或系统处于任何非正常状况下发出的任一报警，通过一个报警通道所送出的公用报警。

（8）故障安全原则：系指当一个元件或一个系统出现故障或误动作时，该元件或系统的输出能自

动处于预定的安全状态。

（9）越控：系指越过控制过程中的某一程序或某一安全保护功能，在短时间内强制机电设备继续运行以保证船舶安全的特殊控制措施。

（10）紧急停止装置：系指独立于控制系统，在紧急情况下用人工停止机电设备运行的装置。如主柴油机紧急停车按钮、锅炉紧急停炉按钮、用电设备电源紧急切断按钮等。

（11）冗余设计：系指当系统或设备发生故障时所采用的备用技术手段，依靠其能即刻参与相应的功能而使动作状态持续运行，或者通过恢复原有功能而使运行状态得以延续。

（12）节点：系指数据通信联络的内部连接点。

（13）网络：系指计算机之间进行数据传递和交换的通信网。

（14）重大改装：系指船上的计算机系统除外围设备外，发生下列之一或组合的情况导致功能和安全性能发生实质性改变：

①计算机硬件配置的改变；

②软件升级；

③网络（包括拓扑结构）的更改。

1.1.3　图纸资料

1.1.3.1　具有自动化附加标志的船舶，应将其相应的本篇所涉及设备的控制、报警（显示）和安全系统的下列图纸资料提交批准：

（1）测量显示点；

（2）报警点（包括控制站、室内报警信号显示的位置、报警方式）；

（3）安全系统的项目；

（4）自动化系统的动力源（包括电力、气动、液压）系统图。

1.1.3.2　II、III类计算机系统（参见本篇2.6.2）提交的图纸资料应分别满足下列（1）至（4）的要求。

（1）申请产品检验的计算机系统：

①应将下列图纸和技术资料提交批准：

（a）系统说明书，至少应包括硬件配置的详细说明、系统功能说明、数据通信说明、冗余系统转换说明、系统自检说明及数据储存方式等；

（b）硬件和外部设备配置框图，应标明系统主要单元/模块的内部连接及与其他系统的接口；

（c）系统接线图；

（d）电源系统图；

（e）输入和输出设备说明书；

（f）软件说明书，至少应包括每一硬件单元所安装的软件、每个网络节点设备所安装的通信软件、应用软件描述；

（g）软件功能框图；

（h）故障分析说明书（仅适用于III类计算机系统），采取适当的方法（例如故障树分析、风险分析、失效模式与影响分析（FMEA）或故障模式、影响和严重性分析（FMECA）等）针对安全相关功能进行分析；

（i）硬件和外部设备技术规格明细表；

（j）无线数据通信设备型式试验资料（如适用）；

（k）试验大纲：包括型式试验、出厂试验。试验程序应对试验配置及模拟方法进行描述。每一项试验应规定：设备/系统的初始状态、试验进行的方法、试验结果分析及其接收准则。每一试验应覆盖正常模式和故障模式，以及供电及通信失效。

②应提交下列图纸和技术资料备查：

（a）操作手册（包括故障处理说明书）；

（b）软件质量控制计划；

（c）无线数据通信相关资料（如适用），应包括制造厂建议的安装和维护方法、网络规划（包括布置和天线型式及位置）、无线通信系统协议和管理功能说明、无线频率和功率水平的详细信息。

（2）申请新装和重大改装的计算机系统应将系统说明书提交备查，并将下列图纸和技术资料提交批准：

①船上供电系统图；

②船上系统布置图；

③试验大纲（包括系统功能试验、船上测试程序等）。

（3）对现有船上已安装的计算机系统申请初次检验时，应将系统说明书和操作手册提交备查，并将下列图纸和技术资料提交批准：

①船上供电系统图；

②船上系统布置图（如必要时）。

（4）在建造后检验时应提交硬件和软件重大改动说明（适用时）备查。

1.1.3.3　如 CCS 需要时，I 类计算机系统可按照 1.1.3.2 的要求提交必要的图纸资料备查。

1.1.3.4　如有必要，还应提交 CCS 要求送审的其他图纸资料。

1.1.4　产品证件

1.1.4.1　用于船舶自动化系统的设备和装置等的持证要求详见本规范第 1 篇第 3 章附录 1《船舶入级产品持证要求一览表》。

1.1.5　试验

1.1.5.1　自动化系统应连同被监控的机、电设备一起，按经 CCS 批准的试验大纲进行系泊和航行试验，以查明整个系统是否正常工作。

1.1.5.2　应记录经试验满足本规范要求所确定的自动化系统报警点和安全系统参数的整定值，并保存在船上备查。

第 2 章　基 本 要 求

第 1 节　一 般 规 定

2.1.1　环境条件

2.1.1.1　自动化系统应能在本规范第 4 篇第 1 章 1.2.1.1（1）所述环境空气温度下正常工作。

2.1.1.2　自动化系统应能在下列相对湿度下正常工作：

温度达 +45℃时：　　95% ± 3%；

温度高于 +45℃时：　70% ± 3%。

2.1.1.3　自动化系统应能在表 2.1.1.3 所述振动条件下正常工作，如在频率范围内发生共振，并当振动超过要求值时，应采取适当措施予以抑制。

振　　动　　表 2.1.1.3

安装位置	振动参数	
一般处所	2.0 ~ 13.2Hz 振幅 ± 1mm	13.2 ~ 100Hz 加速度 ± 0.7g
往复机械上（例如柴油机、空压机上）及其他类似处所	2.0 ~ 25Hz 振幅 ± 1.6mm	25 ~ 100Hz 加速度 ± 4.0g
其他特殊部位，例如柴油机（特别是中、高速柴油机）的排气管上	40 ~ 2000Hz 加速度 ± 10.0g（温度 600℃）	

2.1.1.4　自动化系统应能在各方向倾斜及摇摆 22.5°（周期 10s）以及垂直方向线性加速度 ± 9.8m/s^2 时正常工作。

2.1.1.5　自动化系统应能适应船上盐雾、油雾、霉菌及灰尘等环境。

2.1.2　其他工作条件

2.1.2.1　自动化系统应能满足本规范第 4 篇第 1 章第 2 节第 1.2.2 和 1.2.3 的要求。

2.1.2.2　自动化系统应具有必要的电磁兼容性。

2.1.2.3　自动化系统的液压和气动设备，应能在动力源压力变化额定值的 ± 20% 时正常工作，在设计压力值的 1.5 倍时不损坏。

2.1.3　故障安全

2.1.3.1　控制系统、报警系统和安全系统应按故障安全原则设计。故障安全原则不仅应考虑自动化系统本身以及与之有关的机械，而且应考虑全部机械装置，以及船舶和人员的安全。

2.1.3.2　控制系统、报警系统和安全系统的设计，应能使运行过程中出现的一个故障不会导致其他故障的产生，并且其产生的危险性降到尽可能低的程度。

2.1.3.3　自动控制和遥控系统应确保持续、有效、可靠地运行。

2.1.4　独立性

2.1.4.1　控制系统、安全系统和报警系统应设计成或使其功能相互独立，当其中的某一或多个系统发生故障时，应不影响其他系统的正常工作。

2.1.4.2　在任何情况下，a 类安全系统应独立于控制系统和报警系统，使之不受其他系统故障的影响；但 b、c 类安全系统不要求与其他的控制系统和报警系统完全独立。

2.1.4.3　机电设备不同单元的安全系统也应各自独立。当其中某一部分的安全系统发生故障时应不妨碍另一部分安全系统的正常工作。

2.1.5　检测和锁定

2.1.5.1　对控制系统、安全系统和报警系统的功能应能进行检查。如控制设备、安全设备和报警设备的灵敏度和极限值等整定值可以调节，则调定的数值应易于检查、辨认并予以锁定。

2.1.6　供电

2.1.6.1　安全系统、报警系统以及正常供电失电时仍有必要使用的控制系统（例如电站的自动化系统），应能在正常供电失电时自动转接到备用电源。该备用电源可以采用蓄电池组，其容量应至少能维持 30min 供电的需要。

若上述系统可能因电源的中断而受到有害影响时，则应采用不中断的方式转换到备用电源。

2.1.6.2　当安全系统、报警系统和控制系统的电源故障[①]时应发出视觉和听觉报警。

2.1.6.3　控制系统、安全系统和报警系统应由独立的最后分路供电，并设有短路和过载保护。

第 2 节　控 制 系 统

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　控制系统包括自动控制系统和遥控系统。

2.2.1.2　控制系统应具有良好的控制品质。控制系统以及被控制的机电设备，在其全部运行工况范围内应具有满意的特性，即应能稳定工作，不会使机电设备受到有害的机械负荷和热负荷，并具有必要的控制精度。

2.2.1.3　控制系统的设计，应能使控制系统中出现的故障对控制过程产生的危险性降到尽可能低的程度，并且不会使备用的自动和 / 或手动控制失效。

2.2.1.4　对于安全操纵船舶所必需的所有机电设备，当自动控制系统或遥控系统发生故障或失效（包括动力源中断）时，应能：

（1）发出报警信号；

（2）及时更换损坏的部件或投入备用设备以恢复正常的控制功能（如适用时）；

（3）转换到就地手动控制，转换控制时不应引起机电设备运行状态的严重变化。

2.2.1.5　除非操作上必需，主推进装置（包括主机和调距桨）、锅炉和电站的控制系统应各自独立，每一独立推进装置应设有独立的控制系统。

2.2.1.6　如有措施能保证本章 2.1.4.1 所述的各系统共用部分的设备能受到有效的监测，且在发生故障时能发出报警，可允许其局部共用（见本章 2.7.1.4）。

2.2.2　液压和气动动力源

2.2.2.1　控制系统的液压动力源及管系，应满足本规范第 3 篇第 2 章和第 4 章第 7 节的有关要求以及下列要求：

（1）当运行泵的压力低于预定值时，备用液压泵应能自动起动投入工作，并应发出报警；

① 机舱集中监测和报警系统电源故障时应发出视觉和听觉报警，其余设备安全系统、报警系统和控制系统的电源故障报警要求详见本篇第 3 章表 3.10.1.1。

（2）当系统的压力低于正常工作压力预定值时，应发出报警。

2.2.2.2　控制系统的气动动力源及管系，应满足本规范第 3 篇第 2 章的有关要求以及下列要求：

（1）气动控制用空气瓶可以由主机起动空气瓶或专用空气压缩机供气；

（2）当气动控制用空气瓶由专用空气压缩机供气时，应设置两台空气压缩机，其中一台为备用，或者设一台专用空气压缩机和由主空气瓶供气，当气压低于要求值时，空气压缩机应自动起动并投入工作；

（3）气动控制的供气管路中应设置安全阀。安全阀的开启压力应不大于额定工作压力的 1.1 倍；

（4）供气管路中应设置减压阀、滤器、油水分离器和干燥器，以使空气保持干燥，不含杂质和油分。一般应至少各设置两只减压阀、滤器和干燥器，并应并联装设，如有措施能保证迅速完成上述器件的保养、更换工作而又不影响气动控制系统的正常工作，则允许各设置一只滤器和干燥器。

第 3 节　安 全 系 统

2.3.1　一般要求

2.3.1.1　当发生危及主推进装置、锅炉、电站以及其他重要机电设备的严重故障时，安全系统应能按本篇 1.1.2.1（5）中所述 3 种类型自动产生保护性动作，并应发出报警。

2.3.1.2　如因安全系统的动作而导致机电设备停止运行，则非经人工复位，该设备不应再自动投入运行。

2.3.1.3　为了避免机电设备发生不必要的运行中断，安全系统应在报警系统动作后随即以下列方式动作，使其产生的危害性尽可能低：

（1）起动和投入备用设备；

（2）降低负载或停止运行。

2.3.1.4　在安全系统动作后，应在控制站给出听觉和视觉报警，以便指示安全系统动作的原因。

2.3.2　越控

2.3.2.1　为保证船舶的安全，船舶的主机（如主柴油机、主汽轮机、主燃气轮机和电力推进装置等）一般应设有越控功能。

2.3.2.2　实施越控时，应予以指示并发出报警。

2.3.2.3　应有措施防止越控功能被误触动。

2.3.3　气动动力源及管系

2.3.3.1　安全系统的气动动力源及管系应满足本章 2.2.2 的要求，而且管路应尽实际可能与控制系统分开。

第 4 节　报警系统（包括显示）

2.4.1　一般要求

2.4.1.1　对被监控的机电设备和监控系统本身的所有故障应在有关的控制站（室）显示，并发出报警信号，以使值班轮机员知道发生的故障。

2.4.1.2　所有的报警应同时发出视觉和听觉报警信号。严重故障的报警光色一般采用红色，普通故障一般采用黄色。听觉信号应有足够的响度，并应与火警、电话及其他听觉信号（如释放 CO_2）有明显的区别。

2.4.1.3　报警系统应能对同时发生的所有故障发出报警信号。对某个故障的报警和 / 或对报警的

应答不应妨碍对其他同时发生的故障的报警和 / 或应答。

2.4.1.4　报警设备可设有消除听觉报警信号（消声）的装置，当报警信号应答后，按下该装置的消声按钮，消声时不应熄灭视觉报警信号但可改变视觉信号（如闪光转为平光等），该视觉信号仍应清晰可辨。在驾驶室和起居处所对听觉报警信号的局部消除不应中止机器处所的听觉报警。且机器处所听觉报警信号的消声按钮只允许设在机器处所或集控室内，同时视觉报警信号应一直保留到故障消除为止。故障消除后，该报警通道应能自动恢复到正常工作状态。

2.4.1.5　如单个报警在就地控制站已有显示，则也应在其他相关的控制站显示报警信号，但可采用组合报警的方式显示。

2.4.2　报警系统的检测与自检

2.4.2.1　报警系统应具有自检功能，即对自身的故障自动进行检测和报警（或指示）。自检的范围及程度可与维修更换的措施配合考虑。

2.4.2.2　报警系统应能对某些过程中无意义的报警信号进行闭锁。当闭锁由人工实施时，应予以指示。

2.4.3　显示

2.4.3.1　可采用仪表、显示器等进行参数显示。参数可以单独显示，也可以选择显示；可用文字显示，也可以用图形显示；但显示均应清晰明了。指示灯信号的光色一般采用绿色或白色。与计算机配用的显示器及显示要求见本章 2.6.6.3 和 2.6.6.4 的要求。

第 5 节　控 制 站（室）

2.5.1　控制站（室）的布置

2.5.1.1　机舱集控站（室）一般应设在机器处所内。

2.5.1.2　机舱集控站（室）应尽可能设在振动和噪声较小的地方。

2.5.1.3　机器处所内的机舱集控站（室）应设计成具有隔声性能，窗玻璃应采用防碎型，并设有两个尽可能远离的进出口通道，其中之一应尽可能接近机器处所的脱险通道或者设有专用的脱险通道。

2.5.1.4　控制站（室）内监控设备、信号显示位置、操作手柄、开关、按钮等的布置应考虑人体工程学的原则，以利于操作、监视、维护以及人员的安全。

2.5.1.5　就地控制站应满足本篇 1.1.1.5 及 2.5.2 的有关要求。当其他控制站或者推进装置的自动或遥控系统任何部分出现故障或失效时，不应妨碍就地控制站对主推进装置就地控制的功能。

2.5.2　控制转换

2.5.2.1　各控制站（室）之间应能在其共同控制的机电设备正常运行或发生故障时实施控制转换。在进行这种转换时，不应引起机电设备运行状态的严重变化。

2.5.2.2　机舱集控站（室）与驾驶室控制站之间的控制转换，仅能在机舱集控站（室）进行；就地控制站与机舱集控站（室）或驾驶室控制站之间的控制转换，仅能在就地控制站进行。

2.5.2.3　控制转换应在得到应答后，方可进行。

2.5.2.4　在所有控制站（室）均应指示出哪个控制站（室）正在进行控制。

2.5.2.5　可由两个以上控制站（室）进行控制的机电设备，同一时刻仅能由一个控制站（室）控制。在各控制站（室）对主推进装置的控制器可以互联控制位置。

2.5.2.6　来自驾驶室的对主推进装置的指令，应在该装置的所有控制位置指示出来。

2.5.2.7　如从机舱集控站（室）通过直接的机械连接机构对主推进装置或其他机电设备进行控制，则可免设其相应的就地控制站。

2.5.3　其他控制站

2.5.3.1　如船上设有其他控制站涉及机电设备及船舶的安全时，应提供相关的技术资料（如布置图、监控功能说明等），并应满足本篇的相关要求。

第 6 节　计算机系统

2.6.1　一般要求

2.6.1.1　本节适用安装于入级船舶上，提供符合入级要求的控制、报警、监测或安全功能的计算机系统，包括可编程电子系统；不适用于装载仪[①]和国际海事组织已有具体性能标准的无线电通信、航行设备等。

2.6.1.2　计算机系统应能在各种操作情况下（包括应急情况），完成各种预定的功能，同时应考虑到下列因素：

（1）不应对人员产生危险；

（2）不应对船舶和其设备产生损害；

（3）不应影响非计算机设备和系统的运行（如主机、辅机等）；

（4）不应对环境产生破坏；

（5）不应影响系统的可用性；

（6）应易于维修保养。

2.6.1.3　若采取与本节要求不一致的设计或布置，应向 CCS 提交按照相关国际[②]或国内标准进行的工程分析，并获得认可。III 类系统的失效可能导致严重的灾难，因此仅在有足够证据证明系统的可接受性和可靠性，并获得 CCS 认可的情况下，才允许应用非常规技术（例如无线通信技术）。

2.6.1.4　II、III 类计算机系统应有保护措施，防止操作者无意或未经授权而对程序进行修改。由 CCS 验船师见证的性能试验后进行的任何修改应记录并可追溯，若有重大修改[③]应重新提交 CCS 认可。

2.6.1.5　III 类计算机系统的特征值和整定值等参数的改动应经 CCS 确认。

2.6.2　系统分类

2.6.2.1　根据单一故障可能引发损害的程度，计算机系统可以分成 I 类、II 类、III 类三种类别，见表 2.6.2.1。该损害是直接由某一事件引发的，而非间接产生的损害。系统分类时未考虑冗余。

2.6.2.2　根据船舶的不同类型和尺度，人员在危险区域工作持续时间的长短和频率，系统的复杂程度以及防止危害的可能性，对计算机系统的分类也有所不同。

2.6.2.3　如果 III 类系统设有独立有效的备用系统或其他可避免危险的措施，可将其降低为 II 类系统。

① 参见本规范第 2 篇第 2 章附录 1《装载仪》的要求。

② 参见 SOLAS 公约第 II-1 章第 55 条。

③ 重大修改指影响系统功能和安全的修改。

计算机系统的分类　　表 2.6.2.1

类别	影　响	系统功能	举　例
I	这些系统的故障不会对人员的安全、船舶的安全以及环境产生危害	——监视功能和日常管理功能	——维修保养支持系统 ——日常信息处理
II	这些系统的故障最终会对人员的安全、船舶的安全以及环境产生危害	——监视和报警功能 ——对保持船舶处于正常运营和起居状况所必要的控制功能	——监视和报警装置 ——液柜容量测量设备 ——辅机控制系统 ——主推进装置遥控系统 ——探火和灭火系统 ——舱底水系统 ——调速器
III	这些系统的故障即刻会对人员的安全、船舶的安全以及环境产生危害	——保持船舶推进和操舵的控制功能 ——安全功能	——机械保护系统或设备 ——燃烧器控制系统 ——内燃机的电子喷油器 ——推进和操舵控制系统 ——发电机同步单元

2.6.3　系统设计

2.6.3.1　计算机系统应在各种操作情况（包括应急情况）下确保：

（1）执行必需的自动操作；

（2）接受用户命令；

（3）为用户提供正确信息。

2.6.3.2　系统应设计成在各种处理情况下为完成所有的功能提供足够的响应时间，其中需考虑最大负荷量和同时要求的最大工作量，以及网络的通信速度。

2.6.3.3　计算机系统应设计成能使无专业计算机知识的人员易于安全操作，否则应对操作人员进行相关的培训。

2.6.3.4　计算机系统的故障和重新启动不会造成进入非定义或危险状态的过程。当因电源发生故障后重新恢复时，计算机系统应能按照预定的顺序在短时间内重新启动运行，其功能亦能迅速恢复。

2.6.3.5　系统的设计应保证系统发生的单一故障不会引起系统其他部分故障或整个系统的故障；该故障应限制在发生故障的模块中。必要时，可采用冗余设计（如采用备用设备），该设备应能恢复其功能。

2.6.3.6　为便于维修和更换，硬件应由可替换的模块构成，并尽可能标准化和组件化。为减少备件的数量，应减少使用不同的模块。每一可替换组件的构造应设计为可易于安全操作的形式。插入式模块和接头（包括电气连接方式）应有识别标记，且其设计应确保不会插错。

2.6.3.7　承担重要功能的系统应采用能永久存储的组件进行保存，以确保所应用的程序、特性曲线和极限值不因断电而丢失或出错。

2.6.3.8　II 类和 III 类计算机系统软件设计应满足以下要求：

（1）软件应具有保密性和封闭性；

（2）操作系统程序应适应软件使用期内所有阶段期间所进行的开发、安装及其后的修改；

（3）应进行软件的系统测试，并予以文件化。这些测试应包括在各种操作模式下（包括应急情况和在故障情况下的操作）的所有软件功能，重要的功能组合，运行特性，关联性以及使用要求等。如软件有所修改，其测试也应作相应的改动；

（4）软件的设计应使操作者不能修改程序和与船相关的固定数据。

2.6.3.9　计算机系统应具有自检功能。所有引发重要功能丧失的故障均应发出视觉和听觉报警

信号。

2. 6. 3. 10　计算机系统中对影响重要功能且系统本身又无法显示的故障应由独立于计算机的设备显示。

2. 6. 3. 11　计算机系统外部供电电源应设有故障监测，当出现故障时应发出视觉和听觉报警信号。采用冗余系统时，每一系统应由独立的最后分路供电。

2. 6. 3. 12　基于用计算机系统来实现预定的自动化监控功能，其控制系统、报警系统和安全系统的设计应满足本章 2. 1. 4 的独立性要求。

2. 6. 3. 13　计算机系统用于与推进、操舵和船舶安全相关的重要功能时，应设置备用或应急措施，该措施应尽可能与计算机系统独立。

2. 6. 4　数据通信

2. 6. 4. 1　数据通信的可靠程度应根据不同的计算机系统类别和具体的使用情况来确定，II 类和 III 类系统应满足本章 2. 6. 4. 2 至 2. 6. 4. 10 的要求。

2. 6. 4. 2　作为数据的通信线路应能够对其线路本身和网络连接点连续进行自检，一旦出现不正常情况应发出报警。

2. 6. 4. 3　一旦数据通信发生故障，系统应自动转换到最低的危险状态。

2. 6. 4. 4　当同一数据通信线路用作两种或两种以上的重要功能时，该线路应采用冗余设计。

2. 6. 4. 5　冗余线路的转换开关不应干扰数据通信或功能的连续运作。

2. 6. 4. 6　为确保数据在各种系统之间的正常交换，应尽可能采用标准接口。

2. 6. 4. 7　如单一组件故障导致数据通信丢失，应备有自动恢复数据通信的措施。

2. 6. 4. 8　数据通信的丢失不应影响采取替代措施操作关键设备的能力。

2. 6. 4. 9　应采取措施以确保数据的完整性，并及时恢复损坏或无效信息。

2. 6. 4. 10　数据通信线路应具有足够的容量，在足够的时间内传送所有必需的信息以及避免出现阻塞状况。

2. 6. 5　无线数据通信附加要求

2. 6. 5. 1　除满足本章 2. 6. 4 的要求外，II 类系统采用无线数据通信时还应满足本章 2. 6. 5. 2 至 2. 6. 5. 4 的要求。III 类系统若采用无线数据通信，应满足本章 2. 6. 1. 3 的要求。

2. 6. 5. 2　重要设备连续运行所需要的功能依赖于无线数据通信时，应具有替代控制措施，并在系统可接受的时间内能投入使用。

2. 6. 5. 3　无线数据通信应使用认可的国际无线通信系统协议，并应满足以下要求：

（1）信息完整性：故障预防、检查、诊断和修正，以便收到的信息（与发送的信息相比较）不被破坏或更改；

（2）配置和设备验证：应仅允许与系统设计中包含的设备连接；

（3）信息加密：保护机密和 / 或关键数据内容；

（4）安保管理：保护网络资产，防止非法存取网络资产。

2. 6. 5. 4　无线系统应满足国际电信联盟和船旗国主管机关对无线频率和功率水平的要求[①]。

2. 6. 6　输入和输出设备

2. 6. 6. 1　计算机系统的输入和输出设备应设计成易于用户操作的形式，并尽可能按人体工程学

① 应考虑到港口和当地法规禁止使用无线通信的情况。

原理进行设计和布局。

2.6.6.2　计算机操作键盘应满足下列要求：

（1）如借助键盘可以改变设备的操作或功能，则应采取适当措施（例如设定口令）限制非经授权的人员才能进行此类操作；

（2）如某一键的操作可能引发危险的运行情况，则应采取措施防止由于单一键动作造成的故障，如可采用特殊的锁定键，或者采用两种或两种以上的键等等。

2.6.6.3　计算机显示器应满足下列要求：

（1）在显示器上显示的文本和图表的尺寸、颜色和分辨率应能在各种操作照明情况下从正常的操作员位置易于阅读。亮度和对比度应能根据周围的环境情况进行调节；

（2）显示的信息应具有逻辑优先性；

（3）如报警信息在彩色显示器上显示，即使在原始颜色故障时也应确保报警状态的清晰性。

2.6.6.4　II、III 类计算机系统中，如用显示器取代一般的指示灯报警显示，则应满足下列要求：

（1）显示器上的显示在明亮的环境条件下应能清晰明了，对于显示器显示的数据和信息，操作人员在正常操作位置应能方便读取；

（2）显示器应能清楚地显示出所有出现的报警；

（3）显示器应以适当的方式显示出故障报警在应答前后的区别，但不可仅用不同的颜色显示这种区别；

（4）应具有存储设备和输出接口，以便记录和输出故障内容和故障发生的时间；

（5）机舱集中监测和报警系统，至少应配有 1 台备用显示器或灯板，或 1 台打印机记录故障内容和故障发生时间；

（6）正常供电失电时，显示器应仍能正常工作；

（7）如参数显示与报警合用 1 个显示器时，显示应不妨碍报警信号。

2.6.7　图形用户接口

2.6.7.1　应根据功能的重要性和相关性，使显示的信息清楚和易于理解。屏幕上的内容应合理编排，它们的表示应限于只与用户有关的数据。

2.6.7.2　当采用一般性的图形用户接口时，则只应用对有关过程必需的功能。

2.6.7.3　在图形用户接口系统的每一操作模式中，报警应是优于其他信息的视觉和听觉报警，并能与其他的各种信息加以明显的区别。

2.6.8　试验和验证

2.6.8.1　计算机系统应根据表 2.6.8.1 的要求进行试验和验证，有关表 2.6.8.1 中的定义和注解见本章附录 1。

计算机系统试验和验证　　**表 2.6.8.1**

序号	试　验　和　验　证	系　统　类　别		
		I	II	III
1	**质量体系证明文件**			
	软件质量计划		M	M
	检查由分销商供应的部件（仅对硬件）		M	M
	生产中质量控制		M	M
	完工试验报告	M	M	S
	软件的可追溯性	M	M	S

续上表

序号	试　验　和　验　证	系　统　类　别		
		I	II	III
2	**硬件和软件说明**			
	软件说明		M	S
	硬件说明		M	S
	仅针对安全相关功能的故障分析			S
3	**软件试验证明文件**			
	依据质量计划进行的软件试验证明文件		M	S
	分析安全相关功能的可编程程序有效性			S
4	**硬件试验**			
	按 CCS《电气电子产品型式认可试验指南（2006）》进行试验		W	W
5	**软件试验**			
	模块试验		M	S
	子系统试验		M	S
	系统试验		M	S
6	**性能试验**			
	集成试验		M	W
	故障模拟		W	W
	工厂验收试验	M	W	W
7	**船上试验**			
	完整系统试验	M	W	W
	集成试验		W	W
	通过对无线功能的操作证明电磁兼容能力		W	W
8	**修改**			
	修改后试验	M	S/W	S/W

注：M- 厂商保留并按要求提交的证明文件。

S- 需经 CCS 检查的证明文件。

W- 应经 CCS 现场见证。

第 7 节　传　感　器

2.7.1　一般要求

2.7.1.1　传感器应能长期稳定地正常工作。其量程及频率特性（如适用时）应与被测参数的预计的最大变化范围及变化速率相适应，并应具有适当的精度和灵敏度。

2.7.1.2　传感器应在其安装位置对环境条件有良好的适应性。传感器应坚固耐用，具有良好的机械保护、可靠的电气连接和良好的绝缘性能。

2.7.1.3　传感器的安装位置应能正确反映出被监测参数，并应易于接近、测试和拆装。为便于维修和更换，传感器应加装防护套。在难以接近和拆装的位置，还应另装 1 个备用传感器。

2.7.1.4　a 类保护动作应设置独立于 b 类和 c 类保护动作的传感器；如无特殊的要求，b 类保护

动作可与显示、报警合用 1 只传感器，c 类保护动作可与其本身的报警合用 1 只传感器。

第 8 节　驾驶室遥控主推进装置

2.8.1　一般要求

2.8.1.1　如主推进装置由驾驶室遥控，则应满足本章 2.8.1.2 至 2.8.1.12 的要求。

2.8.1.2　当船舶在海上航行（包括机动操纵）时，主推进装置的推进方向、推进速度及螺旋桨螺距（如设有时）应可从驾驶室完全控制。

2.8.1.3　在驾驶室对主推进装置的遥控，每一独立螺旋桨应使用单一控制装置进行控制，所有相关装置应自动进行操作，必要时，包括防止推进机械超负荷和防止在振动转速禁区内长期运转的装置。如果多螺旋桨设计为同时运行，则可由一个控制装置进行控制。

2.8.1.4　驾驶室的控制系统应独立于其他用途的发信系统，但亦可用一根控制杆用于控制两个系统。

2.8.1.5　从驾驶室控制装置发出的各种操作指令，包括在应急情况下以最大前进营运航速变为全速后退，其自动顺序控制应在主机所允许的时间间隔内完成操作。

2.8.1.6　驾驶室控制站应设置独立于驾驶室控制系统的主推进装置紧急停车装置，但其执行机构可不要求独立，且其布置应能防止被误触动。

2.8.1.7　驾驶室发出的主推进装置指令应在机舱集控站（如设有）和主推进装置就地控制站显示。

2.8.1.8　当推进装置在驾驶室遥控起动，而由于推进装置所处的状况可能产生危险时，如盘车机构正啮合着、滑油压力已下降等，则遥控起动应能自动被阻止。

2.8.1.9　驾驶室控制系统应设计成使其能在发生故障时发出报警信号，在这种情况下，除非认为实际上不可行，否则，螺旋桨的转速和转向应一直保持到进行就地控制为止，特别当监控系统的动力源（电力、气动、液压）中断或控制转换时，应不会导致推进功率或推进转向发生较大和突然的变化。

2.8.1.10　如果主推进装置遥控系统具有自动起动功能，连续自动起动的次数应不超过 3 次，当 3 次起动失败后，应在驾驶室发出视觉和听觉报警信号。并应在驾驶室和机器处所设有报警装置，对主推进装置的最低起动空气压力达到临界值时发出报警。

2.8.1.11　驾驶室控制站、机舱集控站（室）和主推进装置就地控制站应显示：

（1）主机转速或螺旋桨转速；

（2）定距桨的转向或调距桨的桨角（或螺距）；

（3）离合器、轴制动器的状态（如适用时）；

（4）主机起动空气压力或起动蓄电池组电压；

（5）正在实施控制的控制站；

（6）控制站有关的监控系统动力源。

2.8.1.12　如主推进装置由驾驶室遥控，自动控制系统应设计为：主推进装置因即将发生的减速或停车而引发的临界报警能确保及时准确地提供给负责航行值班的驾驶员，以帮助其评估紧急情况下的航行条件。尤其是该自动控制系统在进行控制、监视、报告、报警以及采取减速或停车的安全措施的同时，还应能为负责航行的值班驾驶员提供实施手动的干预（如越控），但因手动干预而导致机器和 / 或主推进装置短时间内完全失效（如超速）的情况除外。

附录 1　计算机系统试验和验证相关定义和注解

1.1　质量体系证明文件

1.1.1　软件质量计划：应制定软件生命周期的活动计划，该计划应明确相关程序、职责和系统文件，包括配置管理。

1.1.2　检查由分销商供应的部件（仅对硬件）：证明部件和 / 或组件符合技术规格。

1.1.3　生产中质量控制：有关生产质量保证措施的证明文件。

1.1.4　完工试验报告：根据成品试验和试验结果记录生成的报告。

1.1.5　软件的可追溯性：对编程内容和数据的修改以及版本的变化必须按程序进行并记录。

2.1　硬件和软件说明

2.1.1　软件说明：应对软件进行说明，例如：

——每个硬件单元内安装的基本软件和通信软件的说明；

——应用软件（非编程列表）的说明；

——说明功能、性能、模块和其他部件之间的相互约束和依赖。

2.1.2　硬件说明：应对硬件进行说明，例如：

——系统框图，说明布置、输入和输出设备和之间的相互连接；

——接线图；

——输入和输出设备详细说明；

——供电电源详细说明。

2.1.3　仅针对安全相关功能的故障分析（例如 FMEA）：应采取适当的方法进行分析，例如：

——故障树分析；

——风险分析；

——潜在失效模式与后果分析（FMEA）或故障模式、影响和危害性分析（FMECA）。

其目的是为了证明在单一故障下系统会安全失效，进而找到方法保证运行中的系统不会丢失或降低到不能满足 CCS 规定的可接受的性能标准。

3.1　软件试验证明文件

3.1.1　依据质量计划进行的软件试验证明文件：应制定验证和批准程序，例如：

——试验方法；

——生成试验大纲；

——模拟。

3.1.2　分析安全相关功能的可编程程序有效性：应设计具体保证方法，以验证和确认满足，例如：

——多个程序；

——程序分析和试验，以发现格式错误和说明偏差；

——简单结构。

4.1　硬件试验

4.1.1　根据 CCS《电气电子产品型式认可试验指南（2006）》进行的试验属于型式认可试验。CCS 可特别考虑由其他 IACS 成员船级社见证和认可的试验。

5.1　软件试验

5.1.1　模块试验：软件模块试验应证明每个模块应能实现其预定功能，且不执行非预设功能。

5.1.2　子系统试验：子系统试验应验证各模块能正确地进行相互作用，以实现其预定功能，且不执行非预设功能。

5.1.3　系统试验：系统试验应验证子系统能正确地进行相互作用，按规定的要求提供功能，且不执行非预设功能。

6.1　性能试验

6.1.1　集成试验：应使用满意的系统测试软件，并尽实际可能使用预定系统元件，进行可编程电子系统集成试验。

6.1.2　故障模拟：应尽可能真实地进行故障模拟，以证明有适当的系统故障检测和系统反应功能。对任何所需的故障分析结果应进行观察。

6.1.3　工厂验收试验：应根据 CCS 接受的试验大纲进行工厂验收试验。试验应基于证明系统满足 CCS 规定的要求。

7.1　船上试验

7.1.1　完整系统试验：应根据经认可的试验大纲，对包括实际硬件元件及最终应用软件的完整系统进行试验。

7.1.2　集成试验：船上试验应验证所有系统集成状况下的功能可以正确实现。

7.1.3　对于无线通信设备，应在系泊和航行试验中验证在预定操作条件下不会因电磁干扰产生故障，同时还应验证其采用无线发送信息时不会导致其他设备故障。在 II 类或者 III 类计算机系统中，若发现无线数据通信设备的电磁干扰引起设备故障，则应更换设备和 / 或改变设备布置以避免进一步故障发生。

8.1　修改

8.1.1　修改后试验：应提前告知对已批准系统的修改，并且修改应使 CCS 满意，见本章第 2.6.1.4。

第 3 章　周期无人值班机器处所 AUT–0 附加标志的要求

第 1 节　一 般 规 定

3.1.1　适用范围

3.1.1.1　本章适用于主推进装置由驾驶室控制站遥控、机器处所包括机舱集控站（室）周期无人值班的船舶，其自动化附加标志为 AUT-0。

3.1.1.2　具有 AUT-0 自动化附加标志的船舶除应满足本章的要求外，还应满足本篇第 1 章和第 2 章的要求。

3.1.1.3　具有 AUT-0 自动化附加标志的客船，还应注意到船旗国主管机关的要求（如有时）。

3.1.1.4　在无人值班周期内，自动化系统应能保证下列机电设备连续正常运行：

（1）主推进装置，包括主机（如主柴油机、主汽轮机、主燃气轮机和电力推进装置等）、传动装置（如离合器、减速齿轮箱等）以及推进器（如调距桨等）；

（2）为主推进装置服务的重要辅机；

（3）主、辅锅炉；

（4）电站；

（5）其他机电设备，如空气压缩机、舱底水系统（包括油水分离器）、与遥控有关的阀、燃油系统以及 CCS 认为有必要进行自动化监控的其他机电设备。

第 2 节　主推进装置

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　应能在机舱集控站（室）对主推进装置的起动、调速、正倒车换向（包括轴系换向装置）、停车进行遥控和自动顺序控制。当控制系统出故障时，应能保证在就地控制站对主推进装置由人工进行上述操纵。

3.2.2　主柴油机

3.2.2.1　主柴油机应满足本规范第 3 篇第 9 章的有关要求。

3.2.2.2　主柴油机控制系统应满足下列要求：

（1）控制系统应保证主柴油机及轴系在所有操纵状态下不会受到有害的机械负荷和热负荷；

（2）主柴油机的自动顺序控制应设有必要的联锁，以防止机械损伤；

（3）主柴油机连续自动起动的次数应不超过 3 次，当第 3 次起动失败后，应停止自动再起动，并发出视觉和听觉报警信号，同时该单项报警信号还应延伸至驾驶室控制站；

（4）控制系统应能保证主柴油机自动快速地越过振动转速禁区；

（5）当主柴油机用于主推进时，应设有使起动空气压力保持在所要求的压力范围内的措施。

3.2.2.3　主柴油机安全系统应满足下列要求：

（1）安全保护：

①当所要求的备用泵自动起动时应发出报警；

②如对要求自动降低功率的安全保护设有越控功能时，应有措施防止越控功能被误触动，实施越控时应发出报警；

③如对要求自动停车的安全保护设有越控功能时（超速时除外），应有措施防止越控功能被误触动，实施越控时应发出报警。主柴油机自动停车时，只有人工复位之后，例如使遥控手柄操至“停车”位置，才可以使恢复正常工作状态的主柴油机重新起动。否则，柴油机不应进行自动再起动；

（2）主柴油机安全系统的要求见本章表 3. 10. 1. 1 第 4 栏；

（3）在驾驶室和机舱集控站（室）还应设置紧急停车按钮（另见本篇第 2 章 2. 8. 1. 6 和本章 3. 7. 3. 5）。

3. 2. 2. 4　主柴油机报警系统（包括显示）应满足下列要求：

（1）本章表 3. 10. 1. 1 所要求的遥测显示仅适用于在机舱集控站（室）显示和报警的项目，见表 3. 10. 1. 1 第 2 栏和第 3 栏；

（2）应在驾驶室控制站报警的项目和报警方式见本章表 3. 10. 1. 1 第 5 栏，显示项目见本篇第 2 章 2. 8. 1. 11。

3. 2. 2. 5　如主柴油机采用减振器：

对于采用主机润滑油循环供油并靠其阻尼工作的扭振减振器或纵振减振器，其自动化监视项目要求应满足本章表 3. 10. 1. 1 的有关要求。

3. 2. 3　主汽轮机

3. 2. 3. 1　主汽轮机应满足本规范第 3 篇第 7 章的有关要求。

3. 2. 3. 2　主汽轮机控制系统应满足下列要求：

（1）主汽轮机应能低速自动盘车，以防止汽轮机在机动操纵时由于转子停转超过要求时间而产生热变形，但在驾驶室应有可能中止此种低速自动盘车的装置；

（2）控制系统应能保证主汽轮机自动快速地越过振动转速禁区，也可采取替代措施，如当转速进入转速禁区内时，应发出报警，以使人员尽快操纵主汽轮机快速越过转速禁区。

3. 2. 3. 3　主汽轮机安全系统的要求见本章表 3. 10. 1. 1 第 4 栏。

3. 2. 3. 4　主汽轮机报警系统（包括显示）应满足下列要求：

（1）应在机舱集控站（室）显示和报警的项目见表 3. 10. 1. 1 第 2 栏和第 3 栏；

（2）应在驾驶室控制站报警的项目和报警方式见本章表 3. 10. 1. 1 第 5 栏，显示项目见本篇第 2 章 2. 8. 1. 11。

3. 2. 4　主燃气轮机

3. 2. 4. 1　主燃气轮机应满足本规范第 3 篇第 8 章的有关要求。

3. 2. 4. 2　主燃气轮机控制系统应满足下列要求：

（1）除应急操纵情况外，燃气轮机从起动开始功率增大到额定值，以及从额定功率减小到停车，其燃油的油量控制应使涡轮机的任何部件都不致发生危险的热应力和 / 或机械应力，正常运行时，燃气轮机的遥控系统应使燃气轮机的排气温度和转子转速保持在设定范围内，且在整个控制范围内燃烧室的燃烧应保持稳定；

（2）燃气轮机遥控系统应设计成使涡轮机滑油系统、燃油系统和冷却系统等具有适当的联锁，以使燃气轮机按预定的起动和停车程序工作，顺序控制应满足下列要求：

①燃气轮机在起动前和停车后，滑油泵应进行工作，但对于装有滚柱轴承和设有机带滑油泵的燃气轮机可予以特殊考虑；

②点火前，燃气轮机的燃烧室应以空气进行充分扫气；

③主燃油阀的开启不应先于点火火花之前出现；

④每一燃烧器的点火过程应不超过要求的时间，而且，如燃气轮机在要求时间内不能成功起动，则应停止进行再起动；

⑤点火时燃烧室内不应喷入过量的燃油。

（3）多台燃气轮机用作单桨的推进装置，由遥控系统进行控制时，应使每台燃气轮机的负荷分配不会形成异常的不平衡。

3.2.4.3 主燃气轮机安全系统的要求见本章表 3.10.1.1 第 4 栏。

3.2.4.4 主燃气轮机报警系统（包括显示）应满足下列要求：

（1）应在机舱集控站（室）显示和报警的项目见本章表 3.10.1.1 第 2 栏和第 3 栏；

（2）应在驾驶室控制站报警的项目和报警方式见本章表 3.10.1.1 第 5 栏，显示项目见本篇第 2 章 2.8.1.11。

3.2.5 调距桨

3.2.5.1 调距桨应满足本规范第 3 篇第 11 章第 3 节的有关要求。

3.2.5.2 在驾驶室控制站应能对调距桨的桨角（或螺距）进行遥控和自动顺序控制。

3.2.5.3 对每个独立的调距桨以及与之相连的自动操作设备，均应由 1 个单一的控制器进行控制。可同时操作的多桨系统，可以由 1 个控制设备控制。

3.2.5.4 主推进调距桨与主机的联合控制系统，应能防止主机和轴系过载，以及因过载或超速引起的停车。

3.2.5.5 主推进调距桨的遥控液压系统应设有备用动力源。当液压系统压力低于预定工作压力时，备用液压泵应能自动起动。

3.2.5.6 调距桨的桨角（或螺距）和桨轴转速应在对其控制的各控制站予以显示（见本篇第 2 章 2.8.1.11 和表 3.10.1.1）。

3.2.5.7 对调距桨的报警项目见本章表 3.10.1.1。

3.2.6 电力推进装置

3.2.6.1 电力推进装置的监控功能应满足本规范第 8 篇第 15 章第 2 节的有关要求。

3.2.6.2 驾驶室控制站应能操纵控制电力推进装置，并应设有指示推进轴转向、转速及其他必要运行参数的仪表。

3.2.7 离合器

3.2.7.1 离合器的自动化监视项目要求应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.2.8 齿轮箱

3.2.8.1 齿轮箱的自动化监视项目要求应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

第 3 节 锅 炉

3.3.1 主锅炉

3.3.1.1 主锅炉应满足本规范第 3 篇第 6 章的有关要求。

3.3.1.2 主锅炉的控制系统应满足下列要求：

（1）水位控制

①自动控制系统应保证锅炉水位在所有工况下自动保持在要求的范围内；

②每台锅炉应设有 2 个独立的低水位传感器（其中 1 个用于检测过低水位的安全系统）和 1 个高水位传感器，应防止因摇晃使锅炉水位传感器产生误动作信号。

（2）燃烧控制

①燃烧过程的自动控制系统应能在主汽轮机所有工况下保持预定的蒸汽量、蒸汽压力、蒸汽温度以及稳定的燃烧；

②顺序控制的自动点火锅炉应满足下列要求：

（a）锅炉的炉膛和烟道在喷油器开始点火前应进行定时的前扫气，扫气时间应足以保证炉膛 4 次换气，扫气时应使空气调节门处于全开位置；

（b）点火应在空气进入燃烧室并完成前扫气后方可进行，喷油器进油阀应在点火火花出现之后方可打开，如点火不着，点火装置和喷油器进油阀应自动关闭，进油阀从开启到关闭的时间不得大于 15s；

（c）应设有火焰监测器，当故障熄火时能自动关闭喷油器的进油阀，关闭时间应不迟于熄火后 6s。

3.3.1.3　主锅炉安全系统：

（1）当发生下列故障之一时，应自动切断锅炉的燃油供给或采用其他等效措施紧急停炉：

①炉膛熄火（指所有喷油器的火焰都熄灭）或点火失败；

②锅炉水位低于极限低水位（极限低水位不得低于锅炉的最低安全水位或水位表能见的水位）；

③供锅炉炉膛燃烧的空气失压。

（2）除（1）要求外，在机舱集控站（室）还应设置手动紧急切断每台锅炉燃油供给的设施（另见本章 3.7.3.5）；

（3）为锅炉服务的燃油泵，当压力低于预定工作压力时，应自动起动备用泵并投入工作；

（4）为锅炉服务的给水泵，当压力或流量低于设定值时，应自动起动备用泵并投入工作。

3.3.1.4　主锅炉报警系统（包括显示）：

（1）应在机舱集控站（室）显示和报警的项目见本章表 3.10.1.1 第 2 栏和第 3 栏；

（2）应在驾驶室控制站报警的项目及报警方式见本章表 3.10.1.1 第 5 栏。

3.3.2　辅锅炉

3.3.2.1　辅锅炉应满足本规范第 3 篇第 6 章的有关要求。

3.3.2.2　辅锅炉的燃烧控制一般应满足本节 3.3.1.2（2）的要求。

3.3.2.3　辅锅炉的安全系统应满足本节 3.3.1.3（1）、3.3.1.3（2）和 3.3.1.3（3）的要求。为辅锅炉服务的给水泵，当锅炉水位低于设定值时，应自动起动备用泵并投入工作。

3.3.2.4　对辅锅炉的自动化监视项目应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.3.3　废气锅炉

3.3.3.1　废气锅炉应满足本规范第 3 篇第 6 章的有关要求。

3.3.3.2　废气锅炉的自动化监视项目应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.3.3.3　机舱集控室应设有锅炉水泵运行指示灯。

3.3.3.4　废气锅炉的安全系统应保证当汽鼓蒸汽出口压力 / 温度过高时，应触发废气旁通或蒸汽释放机构动作。

3.3.4　热油加热器

3.3.4.1　热油加热器应满足本规范第 3 篇第 4 章第 8 节的有关要求。

3.3.4.2　热油加热器的自动化监视项目应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.3.4.3　当用于驳运燃油的循环泵排出压力低于预定值时，应能自动起动备用泵。

3.3.4.4 为保证加热器在整个运行过程中维持稳定的工况，下列加热器设备应设置自动控制：

（1）燃烧系统；

（2）燃油温度或黏度（仅适用于重油）；

（3）热油温度。

第 4 节 电 站

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 电站除应满足本节要求外，还应满足本规范第 4 篇第 2 章的有关要求。

3.4.1.2 电站的自动化监视项目应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.4.2 供电连续性

3.4.2.1 在通常由一台发电机组供电的情况下，应采取如卸载（见本节 3.4.2.6）或自动起动备用机组等措施，以保证船舶在包括机动航行在内的所有航行工况下，具有与有人值班机器处所同等的安全性。

3.4.2.2 在通常需由多台发电机组并联运行供电的情况下，则应采取如卸载（见本节 3.4.2.6）或将汇流排分段等措施，以保证在这些发电机组中的一台停止工作时，其余发电机组仍能保持对推进、操纵和船舶安全所需设备的供电而不过载。

3.4.2.3 在失电情况下，备用发电机组应能自动起动，并自动连接至主配电板。备用发电机组的容量，应足以对包括机动航行在内的所有航行工况下所必需的设备供电，以保证船舶具有与有人值班机器处所同等的安全性。

3.4.2.4 失电后恢复供电时，电动机驱动的为主推进装置服务的重要辅助机械，应能自动按一定的程序再起动。

3.4.2.5 备用发电机组及其自动起动系统，应具有在 45s 的时间内承载额定负载的性能。

3.4.2.6 为了对重要设备安全供电，应设有适当的卸载装置，以能在下列情况下将非重要负载自动切断：

（1）当由于自动接入附加负载而引起总负载超过发电机额定输出功率时；

（2）当多台发电机组并联运行供电，其中一台发电机发生故障，而使总负载超过仍在供电的其余发电机组额定功率之和时。

第 5 节 辅 机

3.5.1 一般要求

3.5.1.1 本节所述辅机系指驱动发电机的原动机、为主推进装置服务的各种泵以及空气压缩机等。

3.5.1.2 所有辅机应能在周期无人值班期间自动正常运行。

3.5.2 辅柴油机

3.5.2.1 辅柴油机的自动化监视项目应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.5.3 泵

3.5.3.1 由电动机驱动为主推进装置服务的泵，失电后又恢复供电时，应能按起动程序自动起动。备用泵的自动切换要求见本章表 3.10.1.1 第 4 栏中注“c”的项目。

3.5.4　空气压缩机

3.5.4.1　空气压缩机的自动化监视项目要求应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

第 6 节　其他设备

3.6.1　尾管轴承

3.6.1.1　尾管轴承的自动化监视项目要求应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.6.2　阀

3.6.2.1　本节所涉及的阀系指用于舱底水系统和海水系统（包括压载水系统）的阀。

3.6.2.2　阀执行机构的动力源故障不应使阀和船舶处于不安全的状态。

3.6.2.3　对阀进行控制的控制站（室）应指示出阀的开度或开、闭状态。

3.6.2.4　位于可能被水浸没位置的阀的操作机构，应在被浸没时也能进行正常操作。

3.6.2.5　当遥控或自动控制出现故障时，应能对阀进行手动操作。

3.6.3　净油机等其他设备

3.6.3.1　净油机、污油柜、焚烧炉等的自动化监视项目要求应满足本章表 3.10.1.1 的有关要求。

3.6.4　油柜

3.6.4.1　日用燃油柜和沉淀柜的容量应与无人值班的周期（如 8h，16h，24h 等等）相适应，并应至少增加 10% 的容量。日用燃油柜应设置低油位报警（见本章表 3.10.1.1），而沉淀柜应设置高、低油位报警。

3.6.4.2　如日用燃油柜采用遥控或自动加油方式，则应有防止溢油的措施，并设置高、低油位报警延伸至驾驶室控制站；而上述 3.6.4.1 的容量要求则可以免除。

第 7 节　控制站（室）的附加要求

3.7.1　控制站（室）的设置

3.7.1.1　机器处所周期无人值班的船舶一般应设置驾驶室控制站、机舱集控站（室）和就地控制站。

3.7.2　驾驶室控制站的功能

3.7.2.1　当船舶在海上航行（包括机动操纵）时，驾驶室控制站应能对主推进装置的推进方向和推进速度及其他有关装置（如设有时）实施有效的控制。必要时，该控制应能在任何时候被转换到其他控制站（室），且控制转换应满足本篇 2.5.2 的有关要求。驾驶室控制站的设计和布置应满足本篇第 2 章第 8 节的要求。

3.7.2.2　驾驶室控制站的报警：

（1）驾驶室控制站报警的项目和报警方式见本章表 3.10.1.1 第 5 栏，被监控的机电设备和自动化监控系统的故障报警一般可以 4 种方式延伸到驾驶室控制站：安全系统动作的组合报警、单独报警、严重故障的组合报警和一般故障的组合报警；

（2）在驾驶室控制站的听觉报警信号允许在报警被应答后消声，但视觉报警信号应在故障排除后消除，而且，视觉报警信号应能在故障报警被应答前后有所区别。

3.7.3 机舱集控站（室）的功能

3.7.3.1 机舱集控站（室）应能实施本节 3.7.2.1 要求的对主推进装置的控制功能和控制转换。此外，还应能对本章 3.1.1.4 所述的所有其余的机电设备进行自动化监控。

3.7.3.2 机舱集控站（室）应设置仪表或显示器，以指示确保机电设备安全可靠运行所必需的重要参数。要求显示的项目见本章表 3.10.1.1 第 2 栏。

3.7.3.3 机舱集控站（室）应对机电设备和自动化监控设备发生的所有故障，包括同时发生的数个故障均能报警。报警的具体项目见本章表 3.10.1.1 第 3 栏。

3.7.3.4 机舱集控站（室）内的听觉报警信号应在该站（室）内应答后方能消除。

3.7.3.5 机舱集控站（室）应设置独立于自动化系统的主机紧急停车按钮、锅炉及焚烧炉的紧急停油按钮，但其执行机构可不要求独立，其布置应能防止被误触动。

3.7.3.6 如对主机设有本篇 1.1.2.1(9)所述的越控功能时，机舱集控站(室)亦应能实现该功能，并应有措施防止越控功能被误触动。

3.7.4 就地控制站的功能

3.7.4.1 就地控制站应满足本篇 2.5.1.5 的要求。

3.7.5 通信

3.7.5.1 除需满足本规范第 3 篇和第 4 篇的有关要求外，机舱集控站（室）或就地控制站（如适用时）及驾驶室控制站与轮机员起居处所之间应设有可靠的语音通信装置。

第 8 节 监控系统的附加要求

3.8.1 安全系统

3.8.1.1 所有被监控机电设备的安全系统应满足本篇第 2 章第 3 节的要求。

3.8.2 报警系统

3.8.2.1 报警显示的布置应有助于识别机器处所内故障发生的具体情况和位置。

3.8.2.2 如驾驶室的值班驾驶员是船上唯一的值班人员，在就地控制站监测到机器发生故障的情况下，报警系统应使该值班驾驶员知道下列情况：

（1）某一故障已经发生；

（2）发生的故障已被注意到（如应答、消声等）；

（3）故障已被消除。驾驶室控制站、轮机员起居处所和机器处所（机舱集控站或就地控制站）之间的其他通信措施可用来实现该功能。

3.8.2.3 可以采用组合报警的方式在驾驶室显示出所发生的故障。但对于推进装置的减速或自动停车的故障报警应能区分（见本章表 3.10.1.1 第 5 栏）。

3.8.2.4 应能在被监控机电设备正常运行时对报警系统进行检测。如切实可行，应在便于到达的位置设有对传感器进行试验的措施，而不妨碍机电设备的运行。

3.8.2.5 如报警已经应答，而且在第一次故障消除前又发生了第二次故障，此时应再次发出视觉和听觉报警信号。瞬时的故障发出的报警在应答前要予以保持。

3.8.2.6 机舱集控站（室）应设置重要参数和故障的自动记录设备。如使用计算机系统，则可用计算机的记录设备代替。

3.8.2.7 应设置转换开关，使所有的故障报警均以组合报警方式延伸到轮机员公共处所和每个轮机员居住位置，以保证该报警信号能延伸至 1 个值班轮机员的舱室。

在机器处所（包括集控站（室））外对报警的应答不应消除在机器处所（包括集控站（室））内的视觉和听觉报警信号。

如 1 个警报在一定时间内于机器处所（包括集控站（室））内未被应答，则应自动触发本规范第 4 篇第 2 章 2. 8. 4 所述的轮机员报警装置，并能在轮机员居住舱室和有关公共处所内清晰地听到。

第 9 节　消防与防止浸水

3. 9. 1　消防

3. 9. 1. 1　周期无人值班机器处所（包括集控站（室））的消防措施应满足本规范第 6 篇的有关要求，特别应满足该篇对机器处所特殊布置、探火和失火报警、水灭火系统的要求。应有通过遥控起动一台能由驾驶室和消防控制站（如设有）遥控起动的主消防泵，或通过由主消防泵之一对消防总管系统给予永久性增压的方法，从消防总管系统立即供给适当压力的水。但对 1600 总吨以下的货船，如布置在机器处所的消防泵起动装置的位置易于到达，则不必满足上述要求。

3. 9. 1. 2　周期无人值班机器处所的防火措施除了应满足本规范第 3 篇对一般机舱的要求外，还应满足下列要求：

（1）燃油、滑油和液压油等易燃油管路的结构和布置，应使其能避免因振动和膨胀引起的过度应力，上述管路法兰接头应尽量减少；

（2）自动处理易燃油的设备，如油净化器、油加热器、滤油器、油泵等，均应有防止溢油的措施，如在下部设集油盘将漏油集中到集油柜，并应尽实际可能将上述设备集中布置在 1 个专门处所；

（3）对高压燃油管系应采取屏蔽或其他适当措施，以防止滴漏或喷溅出的油接触到热表面或进入机器的吸气口，如柴油机的高压燃油管应装设金属护套；

（4）应尽实际可能将高压燃油管的漏油收集到处于安全位置的集油柜，并对高压燃油管发生漏油予以报警，见本章表 3. 10. 1. 1；

（5）燃油或滑油加热器应满足下列要求：

①应设高温报警；

②如加热介质的最高温度不能保证低于 220℃，则应设置独立的安全系统，当油温过高或油流中断时，能自动切断热源；

③如采用电加热器，则应保证所有通电的电热元件浸没在油中，并且电热元件表面温度应不超过 220℃，否则应由独立的安全系统自动切断电热器的电源。

3. 9. 1. 3　对探火系统的特别要求

（1）在机器处所内应装设自动探火系统；

（2）该系统应设计成具有自检的特性。在电源或系统发生故障时，应能发出不同于火警的听觉报警；

（3）探火指示屏应设于驾驶室、防火控制站、或其他易于到达而不会因机器处所失火导致引起指示器失效的处所；

（4）探火指示屏应能通过视觉信号，根据所布置的防火区指示出探测到的火警位置。听觉报警应遍及驾驶室及负责机器处所操作人员的起居处所，该听觉报警信号应明显区别于其他性质的听觉报警信号；

（5）探火器的类型和位置，应使其能迅速探测到机器处所在正常状况下的初始火灾。应注意防止误报警。探测器的类型和处所位置应满足 1974 年国际海上人命安全公约（以下简称“SOLAS 公约”）和国际消防安全系统规则（以下简称“FSS 规则”）的有关要求，并应采用组合形式的探测器，使得该系统能够对一种类型以上的火灾征兆作出反应；

（6）探测器区域的布置应使得操作人员能确定火源的地点。每一种情况下的回路数目、探头位

置的布置都应满足 SOLAS 公约和 FSS 规则的有关要求。机器所产生的气流应不会导致探测系统的失效；

（7）当探测器具有校正灵敏度的措施时，应设有必要的设施确保其调定值的固定和识别；

（8）如欲暂时关闭一路特殊回路或探测器时，该状态应有明确的标示。在给定间隔时间后，该回路或探测器的功能应能自动恢复；

（9）探火指示屏应设有能进行功能试验的装置；

（10）如主电源失效时，探火系统应由应急电源供电，并满足第 4 篇第 2. 9. 6 的要求；

（11）探火系统应在具有通往机炉舱入口的走廊、驾驶室及机舱控制站等处所设置手动报警按钮；

（12）该系统装船以后应进行试验，以确认系统设备的性能满足规范的要求。

3. 9. 2 防止浸水

3. 9. 2. 1 机舱应设置舱底水高水位报警。报警水位应保证舱底水不至漫上双层底舱的顶板。

3. 9. 2. 2 舱底水位传感器的数量及布置应能防止当船舶正常倾斜和摇摆时产生误报警。

3. 9. 2. 3 海水进口、水线下排水或舱底喷射系统中能控制破损浸水的阀门的操纵位置，应充分考虑当水进入该处所时，人员到达并关闭阀门的时间至少需要 10min；该操纵位置应布置在船舶满载时可能因管路破损导致该处所的浸水水位之上。

3. 9. 2. 4 舱底污水阱的容量应足以容纳无人值班周期的正常泄水量。如舱底泵能自动起动，则可设置一个较小的舱底污水阱以容纳适当长时间的正常泄水量，但应对舱底进水量大于泵的排放量、泵运行时间过长或过于频繁起动的情况予以报警，其排放也应满足防污染的有关要求。有关监视项目见本章表 3. 10. 1. 1。

3. 9. 2. 5 在机舱集控站、驾驶室控制站和轮机员起居处所应设有上述 3. 9. 2. 1 和 3. 9. 2. 4 所要求的报警。

第 10 节 自动化监视项目

3. 10. 1 自动化监视项目表

3. 10. 1. 1 具有 AUT-0 附加标志的自动化船舶，其自动化监视项目（如有时）应满足表 3. 10. 1. 1 的要求。

3. 10. 1. 2 本节表 3. 10. 1. 1 所采用的符号及其含义如下：

—：不要求设置；

*：该项目仅适用于筒形活塞式柴油机；

a：a 类保护动作，如紧急停车、停炉、切断电源等；

b：b 类保护动作，如降低转速或功率运行；

c：c 类保护动作，如备用泵、备用设备起动并投入运行；

S：单项报警；

Ga：a 类保护动作触发时的组合报警；

Gb：b 类保护动作触发时的组合报警；

R：严重故障的组合报警；

Y：一般故障的组合报警。

3. 10. 1. 3 本节表 3. 10. 1. 1 中备注栏中对主柴油机的“每缸设置”适用十字头式柴油机，如为筒形活塞式柴油机可用“总管设置”代替“每缸设置”。

3. 10. 1. 4 对于本节表 3. 10. 1. 1 中注有“▲”的设备，表示如就地或机旁设有全部的单项报警、显示项目且已经 CCS 确认的，则在机舱集控站（室）和驾驶室控制站可免设表 3. 10. 1. 1 所要求的该

设备的单项报警、显示项目，只需设一个一般故障的组合报警和一个故障显示。

AUT-0 附加标志船舶的自动化监视项目表　　表 3.10.1.1

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1　主柴油机 1.1　燃油系统					
燃油进机压力	压力	低	c	R	设在滤器后
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
高压燃油管的泄漏	—	漏油时	—	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	如无适当的溢流装置，则应加设高位报警
共轨燃油压力	—	低	—	Y	
1.2　滑油系统					
滑油进主轴承和推力轴承压力	压力	低	c	R	
			b	G_b	十字头式柴油机应设置该项目
		过低	a	G_a	
滑油进十字头轴承压力	压力	低	c	R	如十字头式柴油机设置单独滑油系统，则应满足本项要求
			b	G_b	
		过低	a	G_a	
滑油进凸轮轴压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进凸轮轴温度	温度	高	—	Y	
* 滑油滤器的前后压差	压力	大	—	Y	
滑油进机温度	温度	高	—	Y	
推力块轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	b	G_b	十字头式柴油机应设置该项目
		过高	a	G_a	
主轴承、曲轴轴承、十字头轴承等滑油出口温度或曲轴箱油雾浓度	—	高	b	G_b	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的低速柴油机
* 曲轴箱油雾浓度	—	高	a	G_a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的中、高速柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	b	G_b	对筒形活塞式柴油机，如发动机安全操作需要，则应满足本要求
滑油循环油柜油位	—	低	—	Y	十字头式柴油机应设置该项目；如十字头式柴油机安装有独立滑油系统时 (如对凸轮轴、摇臂等)，则其各滑油柜均要求设置独立的油位报警
共轨伺服油压力	—	低	—	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1.3　涡轮增压器系统					
涡轮增压器滑油进口压力	压力	低	—	Y	如没有完整的滑油自给系统，则应满足本要求
涡轮增压器每一轴承滑油出口温度	温度	高	—	Y	由于柴油机 / 涡轮增压器的设计原因而无法监测每一轴承的出口温度时，可接受其他的替代布置；如可以接受连续监测滑油进口压力和温度结合涡轮增压器制造商规定时间间隔的轴承定期检查的替代布置
涡轮增压器转速	转速	—	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
1.4　活塞冷却系统 (十字头式柴油机应设置该项目)					
活塞冷却剂进口压力	压力	低	c	Y	如冷却剂采用油且来自于发动机主冷却系统，则不要求减速
		过低	b	G_b	
活塞冷却剂出口流量	—	低	b	G_b	每缸设置；如由于发动机设计原因不能对出口流量进行监测，允许采用其他的布置方式
活塞冷却剂出口温度	温度	高	b	G_b	每缸设置
活塞冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	Y	
1.5　海水冷却系统					
海水冷却水压力	压力	低	c	Y	
1.6　气缸淡水冷却系统					
气缸冷却水进机压力或流量	压力或流量	低	c	Y	对十字头式柴油机仅要求气缸冷却水进机压力项目
		过低	b	G_b	
气缸冷却水出口温度 (每缸) 或气缸冷却水出口温度 (总管)	温度	高	b	G_b	该项目对于十字头式柴油机，如所有气缸套的冷却采用的是一个未设单独截止阀的公用冷却腔，则应满足本要求； 对于筒形活塞式柴油机，仅对气缸冷却水出口温度 (总管设置) 要求报警和减速，且应分别设两个独立的传感器
主机冷却水系统的油污染	—	污染时	—	—	十字头式柴油机应设置该项目；如主机的冷却水用于冷却燃油和滑油热交换器，则应满足本要求
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	Y	
1.7　起动和控制空气系统					
主关闭阀前的起动空气压力	压力	低	—	S	
控制空气压力	压力	低	—	S	
安全空气压力	压力	低	—	S	十字头式柴油机应设置该项目

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1.8　扫气系统					
扫气接受器压力	压力	—	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
扫气箱温度 (或火警)	温度	高	b	G_b	
扫气接受器水位	—	高	—	Y	
* 扫气接受器温度	温度	高	—	Y	
1.9　排气系统					
每一气缸后的排气温度	温度	高	b	G_b	对于筒形活塞式柴油机，仅适用于每缸功率大于 500kW 的发动机
各缸后排气温度与平均值偏差	—	大	—	R	
进涡轮增压器前排气温度	温度	高	—	R	十字头式柴油机应设置该项目
出涡轮增压器后排气温度	温度	高	—	R	
1.10　燃油阀冷却剂					
燃油阀冷却剂压力	压力	低	c	R	如十字头式柴油机设有单独的燃油阀冷却系统，则应满足本项要求
燃油阀冷却剂温度	温度	高	—	Y	
燃油阀冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	Y	
1.11　转速 / 转向					
转速	转速	超速时	a	G_a	
转向	转向	错向	—	S	十字头式柴油机应设置该项目
1.12　控制—安全—报警系统动力源(电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
2　辅柴油机▲					
滑油进机压力	压力	低	—	Y	
		过低	a		
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
每一气缸后的排气温度	温度	高	—	Y	仅适用于每缸功率大于 500kW 的柴油机
滑油进机温度	—	高	—	Y	
冷却水或冷却空气出口温度	温度	高	—	Y	
冷却水压力或流量	—	低	—	Y	
转速	—	超速时	a	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
起动空气压力	压力	低	—	Y	
高压燃油管	—	漏油时	—	Y	
曲轴箱油雾浓度	—	高	a	Y	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	Y	如该系统设有膨胀箱而未连接到主机系统时设置
共轨燃油压力	—	低	—	Y	
共轨伺服油压力	—	低	—	Y	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
3　电站▲					
汇流排电压	电压	高和低	—	Y	
汇流排频率	频率	高和低	—	Y	
自动卸载	—	动作时	—	Y	
主开关自动合闸	—	失败时	—	Y	
主开关自动脱扣	—	脱扣时	—	Y	
负载分配失败	—	失败时		Y	如采用负载自动分配功能时设置
4　主燃气轮机					
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器的前后压差	—	大	c	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	Y	
冷却剂压力或流量	—	低	—	Y	
冷却剂温度	温度	高	—	Y	
燃油温度或黏度	温度或粘度	低和高	—	Y	仅适用于重油
燃油压力或流量	压力或流量	低	c	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	自动加油时，设高低油位报警

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
进涡轮机的燃气进口温度或排气温度	温度	高	—	Y	
		过高	a	G_a	
排气温度与均值偏差	—	高	—	Y	
燃气轮机燃烧室火焰及点火	—	失败时	a	G_a	
燃气轮机振动	—	高	—	Y	
		过高	a	G_a	
转子轴向位移	—	大	—	R	
燃气轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
5　辅燃气轮机▲					
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	Y	
		过低	a		
排气温度	温度	高	a	Y	
燃烧室火焰	—	熄灭时	a	Y	
燃气轮机振动	—	过大	a	Y	
燃气轮机转速	—	超速时	a	Y	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
6　主汽轮机					
滑油进汽轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进汽轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器前后压差	—	大	—	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
汽轮机和减速齿轮的轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	—	Y	
推力轴承温度或滑油出口温度	—	高	—	Y	
倒车汽轮机排汽温度	温度	高	—	Y	
汽封蒸汽压力	压力	高及低	—	Y	
海水循环水压力或流量	压力或流量	低	c	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
主冷凝器真空度	真空度	低	b	G_b	
主冷凝器凝水水位	—	高及低	b	G_b	
冷凝水泵	—	停止 / 失效时	—	Y	
冷凝水盐度	—	高	—	Y	
汽轮机振动	—	过度	b	G_b	
汽轮机转子轴向位移	—	过大	a	G_a	
汽轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
7　辅汽轮机▲					
滑油进汽轮机及减速齿轮箱温度	—	高	—	Y	
滑油进汽轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	Y	
		过低	a		
冷凝器真空度	—	低	a	Y	
汽轮机转子轴向位移	—	过大	a	Y	
汽轮机转速	—	超速时	a	Y	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
8　主锅炉					
汽鼓或过热器蒸汽出口压力	压力	高及低	—	R	
蒸汽出过热器温度	温度	高	—	R	
减热器蒸汽出口温度	温度	高	—	R	
锅炉水位	水位	高	—	R	至少设置 3 只传感器，见本章 3.3.1.2(1)② 和 3.3.1.3(1)②
		低	c	R	
		过低	a	G_a	
至燃烧器的燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油； 温度过高或黏度过低停炉保护动作可用切断加热器热源来替代
		过低和过高	a	G_a	
至燃烧器的燃油压力	压力	低	c	Y	见本章 3.3.1.3(3)
进入炉膛空气压力	压力	失压	a	G_a	设置 2 只传感器
燃烧器火焰和点火	—	熄灭 / 失败	a	G_a	对每个燃烧器均应进行监测

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
燃油雾化蒸汽 (空气) 压力	压力	低	—	Y	
给水泵出水压力或流量	压力或流量	低	c	R	见本章 3.3.1.3(4)
强制循环给水流量	流量	低	a	G_a	仅对强制循环锅炉的要求
给水舱水位	—	低	—	Y	仅对日用给水舱
给水盐度	—	高	—	Y	
除氧器水位	—	高及低	—	Y	
锅炉通风道及排气管 (上升烟道)	—	火警	—	Y	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
9　辅锅炉▲					
汽鼓或过热器蒸汽出口压力	压力	低	—	Y	
锅炉水位	—	高	—	Y	见本章 3.3.2.3、3.3.1.2(1)②和 3.3.1.3(1)②
		低	c	Y	
		过低	a	Y	
至燃烧器的燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油； 温度过高或黏度过低停炉保护动作可用切断加热器热源来替代
		过低和过高	a	Y	
至燃烧器的燃油压力	压力	低	c	Y	见本章 3.3.1.3(3)
进入炉膛空气压力	—	失压	a	Y	
燃烧器火焰和点火	—	熄灭 / 失败	a	Y	
给水盐度	—	高	—	Y	仅适用于驱动发电机的辅汽轮机供汽锅炉
锅炉通风道及排气管 (上升烟道)	—	火警	—	Y	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
10　调距桨					
调距桨的桨角 (或螺距)	桨角 (或螺距)	—	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺旋桨轴转速	转速	—	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺距控制的液压系统压力	压力	低	c	S	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
液压油油柜油位	—	低	—	Y	
液压油温度 (当装油冷却器时)	—	高	—	Y	
电动控制系统的电力	电压	失压时	—	Y	
11　减振器					
减振器进油压力或振幅	压力或振幅	低或大	—	Y	见本章 3.2.2.5 和本规范第 3 篇第 12 章 12.1.4.3
12　齿轮箱 (用于主推进装置)					
滑油进齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
工作油压力	压力	低	—	Y	
13　离合器					
离合器离合状态	状态	—	—	—	
离合器控制动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	见本篇 2.8.1.11
14　尾管轴承					
油润滑的尾管轴承温度	—	高	—	Y	
尾管滑油柜油位	—	低	—	Y	
15　废气锅炉					
循环给水泵出水压力或流量	压力或流量	低	c	Y	仅适用于强制循环水管废气锅炉
废气管道内起火	—	火警	—	Y	
蒸汽压力	压力	高	—	Y	
16　空气压缩机▲					
空气压缩机滑油压力	—	低	a	Y	飞溅式润滑除外
17　热油加热器▲					
(1) 燃油式					
热油膨胀柜油位	—	低	a	Y	
热油流量或压力	—	低	a	Y	
热油出口温度	—	高	a	Y	
燃烧空气压力或强制通风机	—	低或停止	a	Y	
燃油压力	—	过低	c	Y	
燃油温度或黏度	—	低和高	—	Y	仅适用于重油
排气温度	—	高	a	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
燃烧器火焰或点火	—	熄灭 / 失败	a	Y	对每一燃烧器应进行监测
(2) 废气加热式					
热油膨胀柜油位	—	低	a	Y	
热油流量或压力	—	低	a	Y	
热油出口温度	—	高	a	Y	
废气温度	—	高	—	Y	
18　计算机系统					
处于运行状态的计算机	—	故障时	c	R	
计算机系统	—	故障时	—	R	包括局域网控制器失效、局域网过载、溢出死机等
计算机系统电源	电压	失电时	—	Y	电压可由指示灯代替
19　净油机▲					
净油机出口油压	压力	低	—	Y	
净油机进油温度	—	高	—	Y	
20　污油柜					
污油柜油位	—	高	—	Y	
21　舱底水					
舱底水水位	—	高	—	S	见本章 3.9.2.1
舱底水泵	运行指示	运行时间过长等	—	Y	见本章 3.9.2.4，仅适用于舱底泵自动控制时
22　焚烧炉▲ (仅对焚烧过程中无人值班时要求)					
燃油温度或黏度	—	低和高	—	Y	仅适用于重油
燃油压力	—	低	—	Y	
燃烧空气压力	—	低	a	Y	
燃烧器火焰和点火	—	熄灭 / 失败	a	Y	
炉膛温度	—	高	a	Y	
排气温度	—	高	—	Y	
23　推进发电机组柴油机					
燃油进机压力	压力	低	c	R	设在滤器后
燃油油温或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
高压燃油管	—	漏油时	—	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	
共轨燃油压力	—	低	—	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
共轨伺服油压力	—	低	—	Y	
滑油进机压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油滤器的前后压差	压力	大	—	Y	
滑油进机温度	—	高	—	Y	
曲轴箱油雾浓度	—	高	a	S	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	—	Y	如发动机安全操作需要，则应满足本要求
海水冷却水压力	压力	低	c	R	
气缸冷却水压力或流量	压力或流量	低	c	R	
气缸冷却水出口温度	温度	高	—	Y	
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	Y	
起动空气压力	压力	低	—	S	
控制空气压力	压力	低	—	S	
每一气缸后的排气温度	温度	高	—	Y	仅适用于每缸功率大于 500kW 的柴油机
转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
24　推进发电机组燃气轮机					
燃油压力或流量	压力或流量	低	c	R	
燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器的前后压差	—	大	—	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
冷却剂压力或流量	—	低	—	Y	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
冷却剂温度	温度	高	—	Y	
点火起动用燃油柜油位	—	低	—	S	自动加油时，设高低油位报警
燃气轮机点火	—	失败时	a	G_a	
燃烧室火焰	—	熄灭时	a	G_a	
排气温度	温度	高	a	G_a	
燃气轮机振动	—	过大	a	G_a	
转子轴向位移	—	大	a	G_a	设有滚柱轴承时可不要求自动停车
燃气轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制 - 安全 - 报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
25　其他					
越控功能	—	执行时	—	S	
受控环境条件	—	失常	—	Y	如设备要求有一受控制的环境时，则应满足本项要求
自动化系统	—	故障时	—	Y	包括电源故障

第 4 章　有人值班机器处所自动化附加标志的要求

第 1 节　一 般 规 定

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　本章适用于机器处所（包括机舱集控站（室）有人值班的 MCC 和 / 或 BRC 自动化附加标志的船舶。

4.1.1.2　除本章外，上述自动化标志的船舶还应满足本篇第 1 章和第 2 章的要求。

第 2 节　MCC 附加标志的要求

4.2.1　控制站（室）的设置

4.2.1.1　具有 MCC 附加标志的船舶应设置机舱集控站（室））和就地控制站。机电设备正常运行时，机舱集控站（室）连续有人值班。

4.2.2　机舱集控站（室）的功能

4.2.2.1　机舱集控站（室）的监控功能应满足下列要求：

（1）在机舱集控站（室）应能对主机的起动、调速、正倒车换向（包括轴系换向装置）、停车以及对调距桨的桨角（或螺距）进行遥控和自动顺序控制。必要时，该控制应能在任何时候被转换到其他控制站（室），且控制转换应满足本篇 2.5.2 的有关要求。此外，还应能对本篇 3.1.1.4 所述的所有其余的机电设备进行自动化监控。

（2）机舱集控站（室）的设计和布置应满足下列要求：

①在机舱集控站（室）对主推进装置的遥控，原则上应是以一单一的控制装置，对每一独立推进器完成控制，并自动完成配合服务装置的控制，必要时，包括防止推进装置超负荷和防止在振动转速禁区长期运转的装置；

②机舱集控站（室）的控制系统应独立于其他用途的发信系统，但亦可用一根控制杆控制两个系统；

③从机舱集控站（室）控制装置发出的各种操作指令，包括在应急情况下以最大前进营运航速变为全速后退，其自动顺序控制应在主机所允许的时间间隔内完成操作；

④当推进装置在机舱集控站（室）内遥控起动，而由于推进机械所处的状况可能产生危险时，如盘车机构正啮合着、滑油压力已下降等，则遥控起动应能自动被阻止；

⑤机舱集控站（室）控制系统应设计成使其能在发生故障时发出报警信号，在这种情况下，除非认为实际上不可行，否则，螺旋桨的转速和转向应一直保持到进行就地控制为止，特别当监控系统的动力源（电力、气动、液压）中断或控制转换时，应不会导致推进功率或推进转向发生较大和突然的变化。

（3）在机舱集控站（室）应设置仪表或显示器，以指示确保机电设备安全可靠运行所必需的重要参数。要求显示的项目见本章表 4.2.6.1 第 2 栏。

（4）在机舱集控站（室）应对被监控的机电设备和自动化监控设备发生的所有故障，包括同时发生的数个故障均能报警。报警的具体项目见本章表 4.2.6.1 第 3 栏。

（5）机舱集控站（室）内的听觉报警信号应在该站（室）内应答后方能消除。

（6）在机舱集控站（室）应设置独立于控制系统的主机紧急停车按钮和锅炉的紧急停油按钮，但其执行机构可不要求独立。此外，其布置应能防止被误触动。

（7）如对主机设有越控功能时，机舱集控站（室）亦应能实现该功能，并应有措施防止越控功能被误触动。

4.2.2.2　对本篇 3.1.1.4 所述的所有机电设备的自动控制和遥控功能，一般应满足本篇第 3 章第 2 节、第 3 节、第 5 节及第 6 节的要求。但允许人员在机舱集控站（室）内介入与人员能力相适应的某些控制过程，如以遥控代替部分项目的自动控制等。

4.2.2.3　安全系统中 a 类保护动作应能自动进行；b、c 两类保护动作可以自动也可以在机舱集控站（室）内用人工操作来替代。

4.2.3　就地控制站的功能

4.2.3.1　就地控制站应满足本篇 2.5.1.5 的要求。

4.2.4　消防

4.2.4.1　消防措施一般应满足本篇 3.9.1.1 对探火和失火报警系统的要求（从集控站（室）内能看到机舱范围的探测器可以免设）以及 3.9.1.2 除（4）外的全部要求。

4.2.5　防止浸水

4.2.5.1　应设置舱底水高水位报警。

4.2.5.2　排放舱底污水应满足防污染的有关要求。

4.2.6　自动化监视项目表

4.2.6.1　具有 MCC 附加标志的自动化船舶，其自动化监视项目（如有时）应满足表 4.2.6.1 的要求。

4.2.6.2　本节表 4.2.6.1 所采用的符号及其含义如下：

—：不要求设置；

*：该项目仅适用于筒形活塞式柴油机；

a：a 类保护动作，如紧急停车、停炉、切断电源等；

b：b 类保护动作，如降低转速或功率运行；

c：c 类保护动作，如备用泵、备用设备起动并投入运行。

4.2.6.3　本节表 4.2.6.1 中备注栏中对主柴油机的“每缸设置”适用十字头式柴油机，如为筒形活塞式柴油机可用“总管设置”代替“每缸设置”。

4.2.6.4　对于本节表 4.2.6.1 中注有“▲”的设备，表示如就地或机旁设有全部的单项报警、显示项目且已经 CCS 确认的，则在机舱集控站（室）可免设表 4.2.6.1 所要求的该设备的单项报警、显示项目，只需设一个一般故障的组合报警和一个故障显示。

MCC 附加标志船舶的自动化监视项目表　　表 4.2.6.1

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
1　主柴油机 1.1　燃油系统				
燃油进机压力	压力	低	c	设在滤器后

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
燃油油温或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油
高压燃油管的泄漏	—	漏油时	—	
日用燃油柜油位	—	低	—	如无适当的溢流装置，则应加设高位报警
共轨燃油压力	—	低	—	
1.2　滑油系统				
滑油进主轴承和推力轴承压力	压力	低	c	
			b	十字头式柴油机应设置该项目
		过低	a	
滑油进十字头轴承压力	压力	低	c	如十字头式柴油机设置单独滑油系统，则应满足本项要求
			b	
		过低	a	
滑油进凸轮轴压力	压力	低	c	
		过低	a	
滑油进凸轮轴温度	温度	高	—	
* 滑油滤器的前后压差	压力	大	—	
滑油进机温度	温度	高	—	
推力块轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	b	十字头式柴油机应设置该项目
		过高	a	
主轴承、曲轴轴承、十字头轴承等滑油出口温度或曲轴箱油雾浓度	—	高	b	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的低速柴油机
* 曲轴箱油雾浓度	—	高	a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的中、高速柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	b	对筒形活塞式柴油机，如发动机安全操作需要，则应满足本要求
滑油循环油柜油位	—	低	—	十字头式柴油机应设置该项目；如十字头式柴油机安装有独立滑油系统时 (如对凸轮轴、摇臂等)，则其各滑油柜均要求设置独立的油位报警
共轨伺服油压力	—	低	—	
1.3　涡轮增压器系统				
涡轮增压器滑油进口压力	压力	低	—	如没有完整的滑油自给系统，则应满足本要求

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
涡轮增压器每一轴承滑油出口温度	温度	高	—	由于柴油机 / 涡轮增压器的设计原因而无法监测每一轴承的出口温度时，可接受其他的替代布置；如可以接受连续监测滑油进口压力和温度结合涡轮增压器制造商规定时间间隔的轴承定期检查的替代布置
涡轮增压器转速	转速	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
1.4　活塞冷却系统 (十字头式柴油机应设置该项目)				
活塞冷却剂进口压力	压力	低	c	如冷却剂是从发动机主冷却系统中取出的油，则不要求减速
		过低	b	
活塞冷却剂出口流量	—	低	b	每缸设置；如由于发动机设计原因不能对出口流量进行监测，允许采用其他的布置方式
活塞冷却剂出口温度	温度	高	b	每缸设置
活塞冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	
1.5　海水冷却系统				
海水冷却水压力	压力	低	c	
1.6　气缸淡水冷却系统				
气缸冷却水进机压力或流量	压力或流量	低	c	对十字头式柴油机仅要求气缸冷却水进机压力项目
		过低	b	
气缸冷却水出口温度 (每缸) 或气缸冷却水出口温度 (总管)	温度	高	b	该项目对于十字头式柴油机，如所有气缸套的冷却采用的是一个未设单独截止阀的公用冷却腔，则应满足本要求； 对于筒形活塞式柴油机，仅对气缸冷却水出口温度 (总管设置) 要求报警和减速，且应分别设两个独立的传感器
主机冷却水系统的油污染	—	污染时	—	十字头式柴油机应设置该项目；如主机的冷却水用于冷却燃油和滑油热交换器
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	
1.7　起动和控制空气系统				
主关闭阀前的起动空气压力	压力	低	—	
控制空气压力	压力	低	—	
安全空气压力	压力	低	—	十字头式柴油机应设置该项目
1.8　扫气系统				
扫气接受器压力	压力	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
扫气箱温度 (或火警)	温度	高	b	
扫气接受器水位	—	高	—	
* 扫气接受器温度	温度	高	—	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
1.9　排气系统				
每一气缸后的排气温度	温度	高	b	对于筒形活塞式柴油机，仅适用于每缸功率大于 500kW 的发动机
各缸后排气温度与平均值偏差	—	大	—	
进涡轮增压器前排气温度	温度	高	—	十字头式柴油机应设置该项目
出涡轮增压器后排气温度	温度	高	—	
1.10　燃油阀冷却剂				
燃油阀冷却剂压力	压力	低	c	如十字头式柴油机设有单独的燃油阀冷却系统，则应满足本项要求
燃油阀冷却剂温度	温度	高	—	
燃油阀冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	
1.11　转速 / 转向				
柴油机转速	转速	超速时	a	
转向	转向	错向	—	十字头式柴油机应设置该项目
1.12　控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
2　辅柴油机▲				
滑油进机压力	压力	低	—	
		过低	a	
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油
每一气缸后的排气温度	温度	高	—	仅适用于每缸功率大于 500kW 的柴油机
滑油进机温度	—	高	—	
冷却水或冷却空气出口温度	温度	高	—	
冷却水压力或流量	—	低	—	
转速	—	超速时	a	
起动空气压力	压力	低	—	
高压燃油管	—	漏油时	—	
曲轴箱油雾浓度	—	高	a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
日用燃油柜油位	—	低	—	
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	如该系统设有膨胀箱而未连接到主机系统时设置
共轨燃油压力	—	低	—	
共轨伺服油压力	—	低	—	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
3　主燃气轮机				
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	
		过低	a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	
滑油滤器的前后压差	—	大	c	
滑油柜油位	—	低	—	对重力油柜和循环油柜
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	
冷却剂压力或流量	—	低	—	
冷却剂温度	温度	高	—	
燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油
燃油压力或流量	压力或流量	低	c	
日用燃油柜油位	—	低	—	自动加油时，设高低油位报警
进涡轮机的燃气进口温度或排气温度	温度	高	—	
		过高	a	
排气温度与均值偏差	—	高	—	
燃气轮机燃烧室火焰及点火	—	失败时	a	
燃气轮机振动	—	高	—	
		过高	a	
转子轴向位移	—	大	—	
燃气轮机转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
4　辅燃气轮机▲				
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	
		过低	a	
排气温度	温度	高	a	
燃烧室火焰	—	熄灭时	a	
燃气轮机振动	—	过大	a	
燃气轮机转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
5　主汽轮机				
滑油进汽轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	
		过低	a	
滑油进汽轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	
滑油滤器前后压差	—	大	—	
滑油柜油位	—	低	—	对重力油柜和循环油柜
汽轮机和减速齿轮的轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	—	
推力轴承温度或滑油出口温度	—	高	—	
倒车汽轮机排汽温度	温度	高	—	
汽封蒸汽压力	压力	高及低	—	
海水循环水压力或流量	压力或流量	低	c	
冷凝器真空度	真空度	低	b	
冷凝器凝水水位	—	高及低	b	
冷凝水泵	—	停止 / 失效	—	
冷凝水盐度	—	高	—	
汽轮机振动	—	过度	b	
汽轮机转子轴向位移	—	过大	a	
汽轮机转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
6　辅汽轮机▲				
滑油进汽轮机及减速齿轮箱温度	—	高	—	
滑油进汽轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	
		过低	a	
冷凝器真空度	—	低	a	
汽轮机转子轴向位移	—	过大	a	
汽轮机转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
7　主锅炉				
汽鼓或过热器蒸汽出口压力	压力	高及低	—	
蒸汽出过热器温度	温度	高	—	
减热器蒸汽出口温度	温度	高	—	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
锅炉水位	水位	高	—	至少设置 3 只传感器，见本篇 3.3.1.2(1) ②和 3.3.1.3(1) ②
		低	c	
		过低	a	
至燃烧器的燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油； 温度过高或粘度过低停炉保护动作可用切断加热器热源来替代
		过低和过高	a	
至燃烧器的燃油压力	压力	低	c	见本篇 3.3.1.3(3)
进入炉膛空气压力	压力	失压	a	设置 2 只传感器
燃烧器火焰和点火	—	熄灭 / 失败	a	对每个燃烧器均应进行监测
燃油雾化蒸汽 (空气) 压力	压力	低	—	
给水泵出水压力或流量	压力或流量	低	c	见本篇 3.3.1.3(4)
强制循环给水流量	流量	低	a	仅对强制循环锅炉的要求
给水舱水位	—	低	—	仅对日用给水舱
给水盐度	—	高	—	
除氧器水位	—	高及低	—	
锅炉通风道及排气管 (上升烟道)	—	火警	—	
控制—安全—报警系统动力源 (电压、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
8　辅锅炉▲				
汽鼓或过热器蒸汽出口压力	压力	低	—	
锅炉水位	—	高	—	见本篇 3.3.1.2(1) ②和 3.3.1.3(1) ②
		低	c	
		过低	a	
至燃烧器的燃油温度或黏度	—	低和高	—	仅适用于重油； 温度过高或黏度过低停炉保护动作可用切断加热器热源来替代
		过低和过高	a	
至燃烧器的燃油压力	压力	低	c	见本篇 3.3.1.3(3)
进入炉膛空气压力	—	失压	a	
燃烧器火焰和点火	—	熄灭 / 失败	a	
给水盐度	—	高	—	仅适用于驱动发电机的辅汽轮机供汽锅炉
锅炉通风道及排气管 (上升烟道)	—	火警	—	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
9　调距桨				
调距桨的桨角 (或螺距)	桨角 (或螺距)	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺旋桨轴转速	转速	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺距控制的液压系统压力	压力	低	c	
液压油油柜油位	—	低	—	
液压油温度 (当装油冷却器时)	—	高	—	
电动控制系统的电力	电压	失压时	—	
10　减振器				
减振器进油压力或振幅	压力或振幅	低或大	—	见本篇 3.2.2.5 和本规范第 3 篇第 12 章 12.1.4.3
11　齿轮箱 (用于主推进装置)				
滑油进齿轮箱压力	压力	低	c	
		过低	a	
滑油进齿轮箱温度	温度	高	—	
工作油压力	压力	低	—	
12　离合器				
离合器离合状态	状态	—	—	
离合器控制动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	见本篇 2.8.1.11
13　尾管轴承				
油润滑的尾管轴承温度	—	高	—	
尾管滑油柜油位	—	低	—	
14　空气压缩机▲				
空气压缩机滑油压力	—	低	a	飞溅式润滑除外
15　热油加热器▲				
(1) 燃油式				
热油膨胀柜油位	—	低	a	
热油流量或压力	—	低	a	
热油出口温度	—	高	a	
燃烧空气压力或强制通风机	—	低或停止	a	
燃油压力	—	过低	c	
燃油温度或黏度	—	低和高	—	仅适用于重油
排气温度	—	高	a	
燃烧器火焰或点火	—	熄灭 / 失败	a	对每一燃烧器应进行监测

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
(2) 废气加热式				
热油膨胀柜油位	—	低	a	
热油流量或压力	—	低	a	
热油出口温度	—	高	a	
废气温度	—	高	—	
16　净油机▲				
净油机出口油压	压力	低	—	
净油机进油温度	—	高	—	
17　污油柜				
污油柜油位	—	高	—	
18　舱底水				
舱底水水位	—	高	—	见本篇 3.9.2.1
舱底水泵	运行指示	运行时间过长等	—	见本篇 3.9.2.4，仅适用于舱底泵自动控制时
19　推进发电机组柴油机				
燃油进机压力	压力	低	—	设在滤器后
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油
高压燃油管	—	漏油时	—	
日用燃油柜油位	—	低	—	
共轨燃油压力	—	低	—	
共轨伺服油压力	—	低	—	
滑油进机压力	压力	低	—	
		过低	a	
滑油滤器的前后压差	压力	大	—	
滑油进机温度	—	高	—	
曲轴箱油雾浓度	—	高	a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	—	如发动机安全操作需要，则应满足本要求
海水冷却水压力	压力	低	—	
气缸冷却水压力或流量	压力或流量	低	—	
气缸冷却水出口温度	温度	高	—	

续上表

项　　目	机舱集控站 (室)		安全系统动作类别	备　　注
	显示	极限报警		
1	2	3	4	5
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	
起动空气压力	压力	低	—	
控制空气压力	压力	低	—	
每一气缸后的排气温度	温度	高	—	仅适用于每缸功率大于 500kW 的柴油机
转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
20　推进发电机组燃气轮机				
燃油压力或流量	压力或流量	低	—	
燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	仅适用于重油
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	
		过低	a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	
滑油滤器的前后压差	—	大	—	
滑油柜油位	—	低	—	对重力油柜和循环油柜
冷却剂压力或流量	—	低	—	
冷却剂温度	温度	高	—	
点火起动用燃油柜油位	—	低	—	自动加油时，设高低油位报警
燃气轮机点火	—	失败时	a	
燃烧室火焰	—	熄灭时	a	
排气温度	温度	高	a	
燃气轮机振动	—	过大	a	
转子轴向位移	—	大	a	设有滚柱轴承时可不要求自动停车
燃气轮机转速	—	超速时	a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	电压可由指示灯代替
21　其他				
越控功能	—	执行时	—	
自动化系统	—	故障时	—	包括电源故障

第 3 节　BRC 附加标志的要求

4.3.1　一般要求

4.3.1.1　具有 BRC 附加标志的船舶，应设置驾驶室控制站对主推进装置及其他有关装置等进行遥控，机器处所应连续有人直接看管本篇 3.1.1.4 所述的机电设备。

4.3.2　驾驶室控制站的功能

4.3.2.1　当船舶在海上航行（包括机动操纵）时，驾驶室控制站应能对主推进装置的推进方向和推进速度及其他有关装置（如设有时）实施有效的控制，其设计和布置应满足本篇第 2 章第 8 节的要求。

4.3.2.2　必要时，驾驶室控制站对推进装置的控制应能在任何时候转换到就地控制站，且控制转换应满足本篇 2.5.2 的有关要求。

4.3.2.3　对主机、离合器、调距桨等的自动控制和遥控功能，一般应满足本篇第 3 章第 2 节和第 6 节的有关要求。

4.3.2.4　主机的 a 类保护动作应能自动进行，其余的保护动作（b 类和 c 类）可以由人工进行操作。

4.3.2.5　驾驶室控制站对主汽轮机的控制应满足本篇 3.2.3.2 的要求，但如低速盘车设置为手动操作，则不必要求自动盘车。

4.3.2.6　驾驶室控制站的报警：

（1）驾驶室控制站报警的项目和报警方式见本章表 4.3.4.1 第 3 栏，被监控的机电设备和自动化监控系统的故障报警一般可以 4 种方式延伸到驾驶室控制站：安全系统动作的组合报警、单独报警、严重故障的组合报警和一般故障的组合报警；

（2）在驾驶室控制站的听觉报警信号允许在报警被应答后消声，但视觉报警信号应在故障排除后消除，而且，视觉报警信号应能在故障报警被应答前后有所区别。

4.3.3　就地控制站的功能

4.3.3.1　就地控制站应满足本篇 2.5.1.5 的要求。

4.3.3.2　就地控制站应对推进装置（如主机、离合器、调距桨等）设置表 4.3.4.1 第 2 栏和第 3 栏中要求显示、报警的项目。

4.3.4　自动化监视项目表

4.3.4.1　具有 BRC 附加标志的自动化船舶，其自动化监视项目（如有时）应满足表 4.3.4.1 的要求。

4.3.4.2　本节表 4.3.4.1 所采用的符号及其含义如下：

—：不要求设置；

*：该项目仅适用于筒形活塞式柴油机；

S：单项报警；

G_a：a 类保护动作触发时的组合报警；

G_b：b 类保护动作触发时的组合报警；

R：严重故障的组合报警；

Y：一般故障的组合报警。

4.3.4.3　表 4.3.4.1 中备注栏中对主柴油机的“每缸设置”适用十字头式柴油机，如为筒形活塞式柴油机可用“总管设置”代替“每缸设置”。

4.3.5 小船 BRC 附加标志的要求

4.3.5.1 对仅设有 BRC 附加标志的 500 总吨以下小船，在驾驶室控制站可仅设置表 4.3.4.1 中 a 类保护动作和 b 类保护动作触发的组合报警。

BRC 附加标志船舶的自动化监视项目表 表 4.3.4.1

项 目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备 注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1 主柴油机 1.1 燃油系统					
燃油进机压力	压力	低	c	Y	设在滤器后
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
高压燃油管的泄漏	—	漏油时	—	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	如无适当的溢流装置，则应加设高位报警
共轨燃油压力	—	低	—	Y	
1.2 滑油系统					
滑油进主轴承和推力轴承压力	压力	低	c	Y	
			b	G_b	十字头式柴油机应设置该项目
		过低	a	G_a	
滑油进十字头轴承压力	压力	低	c	Y	十字头式柴油机应设置该项目
			b	G_b	
		过低	a	G_a	
滑油进凸轮轴压力	压力	低	c	Y	
		过低	a	G_a	
滑油进凸轮轴温度	温度	高	—	Y	
* 滑油滤器的前后压差	压力	大	—	Y	
滑油进机温度	温度	高	—	Y	
推力块轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	b	G_b	十字头式柴油机应设置该项目
		过高	a	G_a	
主轴承、曲轴轴承、十字头轴承等滑油出口温度或曲轴箱油雾浓度	—	高	b	G_b	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的低速柴油机
* 曲轴箱油雾浓度	—	高	a	G_a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的中、高速柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	b	G_b	对筒形活塞式柴油机，如发动机安全操作需要，则应满足本要求
滑油循环油柜油位	—	低	—	Y	十字头式柴油机应设置该项目；如十字头式柴油机安装有独立滑油系统时 (如对凸轮轴、摇臂等)，则其各滑油柜均要求设置独立的油位报警
共轨伺服油压力	—	低	—	Y	

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1.3　涡轮增压器系统					
涡轮增压器滑油进口压力	压力	低	—	Y	如没有完整的滑油自给系统，则应满足本要求
涡轮增压器每一轴承滑油出口温度	温度	高	—	Y	由于柴油机 / 涡轮增压器的设计原因而无法监测每一轴承的出口温度时，可接受其他的替代布置；如可以接受连续监测滑油进口压力和温度结合涡轮增压器制造商规定时间间隔的轴承定期检查的替代布置
涡轮增压器转速	转速	—	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
1.4　活塞冷却系统 (十字头式柴油机应设置该项目)					
活塞冷却剂进口压力	压力	低	c	Y	如冷却剂是从发动机主冷却系统中取出的油，则不要求减速
		过低	b	G_b	
活塞冷却剂出口流量	—	低	b	G_b	每缸设置；如由于发动机设计原因不能对出口流量进行监测，允许采用其他的布置方式
活塞冷却剂出口温度	温度	高	b	G_b	每缸设置
活塞冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	Y	
1.5　海水冷却系统					
海水冷却水压力	压力	低	c	Y	
1.6　气缸淡水冷却系统					
气缸冷却水进机压力或流量	压力或流量	低	c	Y	对十字头式柴油机仅要求气缸冷却水进机压力项目
		过低	b	G_b	
气缸冷却水出口温度 (每缸) 或气缸冷却水出口温度 (总管)	温度	高	b	G_b	该项目对于十字头式柴油机，如所有气缸套的冷却采用的是一个未设单独截止阀的公用冷却腔，则应满足本要求； 对于筒形活塞式柴油机，仅对气缸冷却水出口温度 (总管设置) 要求报警和减速，且需分别设两个独立的传感器
主机冷却水系统的油污染	—	污染时	—	—	十字头式柴油机应设置该项目；如主机的冷却水用于冷却燃油和滑油热交换器
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	Y	
1.7　起动和控制空气系统					
主关闭阀前的起动空气压力	压力	低	—	Y	
控制空气压力	压力	低	—	Y	
安全空气压力	压力	低	—	Y	十字头式柴油机应设置该项目

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1.8　扫气系统					
扫气接受器压力	压力	—	—	—	十字头式柴油机应设置该项目
扫气箱温度 (或火警)	温度	高	b	G_b	
扫气接受器水位	—	高	—	Y	
* 扫气接受器温度	温度	高	—	Y	
1.9　排气系统					
每一气缸后的排气温度	温度	高	b	G_b	对于筒形活塞式柴油机，仅适用于每缸功率大于 500kW 的发动机
各缸后排气温度与平均值偏差	—	大	—	Y	
进涡轮增压器前排气温度	温度	高	—	Y	十字头式柴油机应设置该项目
出涡轮增压器后排气温度	温度	高	—	Y	
1.10　燃油阀冷却剂					
燃油阀冷却剂压力	压力	低	c	Y	如十字头式柴油机设有单独的燃油阀冷却系统，则应满足本项要求
燃油阀冷却剂温度	温度	高	—	Y	
燃油阀冷却剂膨胀箱液位	—	低	—	Y	
1.11　转速 / 转向					
柴油机转速	转速	超速时	a	G_a	
转向	转向	错向	—	Y	十字头式柴油机应设置该项目
1.12　控制 - 安全 - 报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
2　主燃气轮机					
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器的前后压差	—	大	c	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	Y	
冷却剂压力或流量	—	低	—	Y	
冷却剂温度	温度	高	—	Y	
燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
燃油压力或流量	压力或流量	低	c	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	自动加油时，设高低油位报警
进涡轮机的燃气进口温度或排气温度	温度	高	—	Y	
		过高	a	G_a	

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
排气温度与均值偏差	—	高	—	Y	
燃气轮机燃烧室火焰及点火	—	失败时	a	G_a	
燃气轮机振动	—	高	—	Y	
		过高	a	G_a	
转子轴向位移	—	大	—	R	
燃气轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制 - 安全 - 报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
3　主汽轮机					
滑油进汽轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	c	R	
		过低	a	G_a	
滑油进汽轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器前后压差	—	大	—	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
汽轮机和减速齿轮的轴承温度或轴承滑油出口温度	温度	高	—	Y	
推力轴承温度或滑油出口温度	—	高	—	Y	
倒车汽轮机排汽温度	温度	高	—	Y	
汽封蒸汽压力	压力	高及低	—	Y	
海水循环水压力或流量	压力或流量	低	c	Y	
冷凝器真空度	真空度	低	b	G_b	
冷凝器凝水水位	—	高及低	b	G_b	
冷凝水泵	—	停止 / 失效时	—	Y	
冷凝水盐度	—	高	—	Y	
汽轮机振动	—	过度	b	G_b	
汽轮机转子轴向位移	—	过大	a	G_a	
汽轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
4　调距桨					
调距桨桨角 (或螺距)	桨角 (或螺距)	—	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺旋桨轴转速	转速	—	—	—	见本篇 2.8.1.11
螺距控制的液压系统压力	压力	低	c	Y	
液压油油柜油位	—	低	—	Y	
液压油温度 (当装油冷却器时)	—	高	—	Y	
电动控制系统的电力	电压	失压时	—	Y	
5　减振器					
减振器进油压力或振幅	压力或振幅	低或大	—	Y	见本篇 3.2.2.5 和本规范第 3 篇第 12 章 12.1.4.3
6　齿轮箱 (用于主推进装置)					
滑油进齿轮箱压力	压力	低	—	Y	
		过低	a	G_a	
滑油进齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
工作油压力	压力	低	—	Y	
7 离合器					
离合器离合状态	状态	—	—	—	
离合器控制动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	见本篇 2.8.1.11
8　尾管轴承					
油润滑的尾管轴承温度	—	高	—	Y	
尾管滑油柜油位	—	低	—	Y	
9　推进发电机组柴油机					
燃油进机压力	压力	低	—	Y	设在滤器后
燃油温度或黏度 (喷油泵前)	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
高压燃油管	—	漏油时	—	Y	
日用燃油柜油位	—	低	—	Y	
共轨燃油压力	—	低	—	Y	
共轨伺服油压力	—	低	—	Y	
滑油进机压力	压力	低	—	Y	
		过低	a	G_a	
滑油滤器的前后压差	压力	大	—	Y	
滑油进机温度	—	高	—	Y	

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
曲轴箱油雾浓度	—	高	a	G_a	适用于第 3 篇第 9 章 9.7.6 规定的柴油机；对于每一柴油机上的油雾浓度探测器，如其具有两个能够触发报警和停车动作的独立输出接口，则该探测器视为满足报警与停车互相独立的要求
气缸滑油注油器出油量 (每一装置)	—	小	—	Y	如发动机安全操作需要，则应满足本要求
海水冷却水压力	压力	低	—	Y	
气缸冷却水压力或流量	压力或流量	低	—	Y	
气缸冷却水出口温度	温度	高	—	Y	
冷却水膨胀箱水位	—	低	—	Y	
起动空气压力	压力	低	—	Y	
控制空气压力	压力	低	—	Y	
每一气缸后的排气温度	温度	高	—	Y	仅适用于每缸功率大于 500kW 的柴油机
转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
10　推进发电机组燃气轮机					
燃油压力或流量	压力或流量	低	—	Y	
燃油温度或黏度	温度或黏度	低和高	—	Y	仅适用于重油
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱压力	压力	低	—	Y	
		过低	a	G_a	
滑油进燃气轮机和减速齿轮箱温度	温度	高	—	Y	
涡轮机主轴承温度	温度	高	—	Y	
滑油滤器的前后压差	—	大	—	Y	
滑油柜油位	—	低	—	Y	对重力油柜和循环油柜
冷却剂压力或流量	—	低	—	Y	
冷却剂温度	温度	高	—	Y	
点火起动用燃油柜油位	—	低	—	Y	自动加油时，设高低油位报警
燃气轮机点火	—	失败时	a	G_a	
燃烧室火焰	—	熄灭时	a	G_a	
排气温度	温度	高	a	G_a	

续上表

项　　目	就地控制站		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备　　注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
燃气轮机振动	—	过大	a	G_a	
转子轴向位移	—	大	a	G_a	设有滚柱轴承时可不要求自动停车
燃气轮机转速	—	超速时	a	G_a	
控制—安全—报警系统动力源 (电力、气动、液压)	电压、气压、液压	失压时	—	Y	电压可由指示灯代替
11　其他					
越控能力	—	执行时	—	S	
自动化系统	—	故障时	—	Y	包括电源故障