

1 主题内容与适用范围

本标准规定了船舶电站的基本性能和指标以及它们的试验方法。

本标准适用于钢质船舶的主电站(以下简称电站)、应急电站和停泊电站所构成的低压供电系统。

2 引用标准

GB 3471—83 柴油机动力海洋船舶系泊试验及航行试验通则

3 术语

3.1 主配电板

接受主发电机所发出的电能,并对其进行控制、分配,还附有测量和保护的电气装置。

3.2 应急配电板

接受应急发电机所发出的电能,并对其进行控制、分配,还附有测量和保护的电气装置。

3.3 船舶主电站

由主发电机组和主配电板以及附属设施、控制装置所组成的供电系统。

3.4 船舶应急电站

由应急发电机组和应急配电板以及附属设施、控制装置所组成的供电系统。

3.5 交流负载的不对称度

各相实际负载率与总平均负载率之差。

$$\Delta I = \left| \frac{I_i}{I_{IN}} - \frac{\sum I_i}{\sum I_{IN}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

式中:  $I_i$  —— 第  $i$  相实际负载电流, A;

$I_{IN}$  —— 第  $i$  相额定负载电流, A;

$\sum I_i$  —— 总实际负载电流, A;

$\sum I_{IN}$  —— 总额定负载电流, A。

3.6 调频精度

系统电压的最高或最低稳态频率与额定频率之差对额定频率的百分比。

$$\Delta f = \frac{f - f_N}{f_N} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

式中:  $f$  —— 系统电压的最高或最低稳定频率, Hz;

$f_N$  —— 系统额定频率, Hz。

3.7 系统电压静态变化

系统稳态最高或最低电压与系统额定电压之差,对系统额定电压的百分比。

$$\Delta u = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $U$  —— 系统最高或最低稳态电压, V;  
 $U_N$  —— 系统额定电压, V。

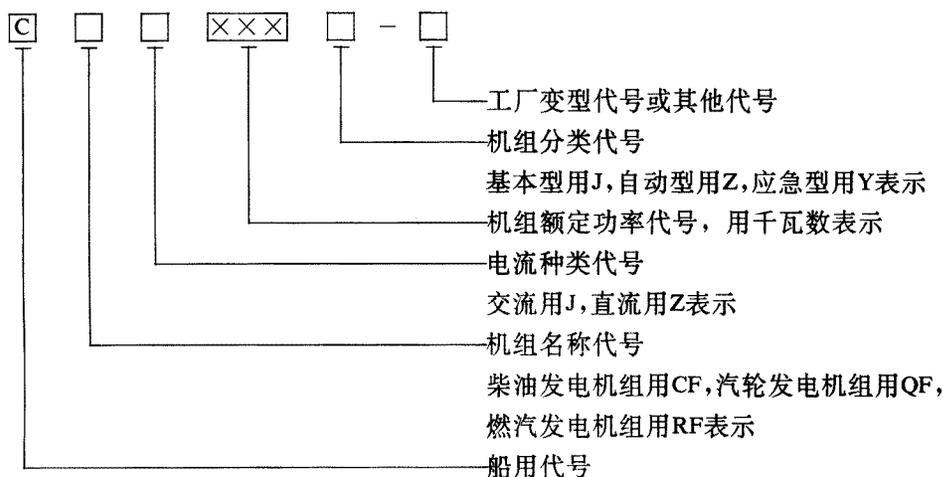
4 电站的分类

4.1 按电流种类分,可为直流电站和交流电站两大类。

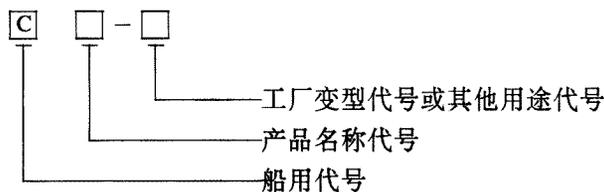
4.2 按自动化程度可分为自动、半自动、基本型电站。

4.3 电站主要设备代号编制方法:

4.3.1 船用发电机组代号编制方法



4.3.2 船用电站控制装置代号编制方法



5 技术要求

5.1 使用环境

5.1.1 环境温度:

- a. 无限航区船舶的初级冷却水温度为 32℃;安装机组的舱室空气温度为 0~45℃;
- b. 除热带海域以外,有限航区船舶的初级冷却水温度为 25℃,安装机组的舱室空电温度为 0~40℃;
- c. 组成电站的各种电气设备的考核温度应按照《钢质海船入级与建造规范》的有关规定。

5.1.2 倾斜与摇摆:

- a. 横倾 15°,应急电站为 22.5°;
- b. 纵倾 7.5°,应急电站为 10°;

c. 摇摆  $22.5^\circ$ 。

5.1.3 应能承受船舶正常营运时产生的冲击、振动的影响。

5.1.4 应能承受海上潮湿空气、盐雾、油雾、霉菌、凝露的影响。

## 5.2 工作方式

5.2.1 电站在 4.1 条所列举的使用环境中应能长期、可靠供电。

5.2.2 应急电站,如不兼作停泊电站,应按短时工作制设计,其连续工作时间应符合《钢质海船入级与建造规范》的规定。

## 5.3 电制

5.3.1 交流采用三相三线绝缘系统。系统额定电压和频率 380 V、50 Hz;440 V、60 Hz<sup>1)</sup>。

注:1) 440 V、60 Hz 仅供出口产品用。

5.3.2 直流采用双线绝缘系统。系统额定电压:220 V。

5.3.3 如果在线制、系统额定电压等级有其他要求时,应根据《钢质海船入级与建造规范》的有关规定选定。

## 5.4 供电品质

### 5.4.1 电压:

a. 汇流排电压静态变化应在  $5\% \sim -2.5\%$  范围内,满载应在  $2.5\%$  范围内;

b. 汇流排交流电压瞬时降低应不超过  $16\%$ ,电压瞬时升高不超过  $20\%$ ,持续时间不超过  $1.5\text{ s}$ ;

c. 交流电压应为正弦波。电站中每台机组的功率均大于  $24\text{ kW}$  的供电系统,其波形畸变率应不超过  $5\%$ ;电站中有一台机组的功率为  $10 \sim 24\text{ kW}$  的供电系统,其波形畸变率应不超过  $10\%$ 。

### 5.4.2 频率:

a. 没有调频调载装置的供电系统,电站的频率稳态变化应不超过  $\pm 5\%$ ;

b. 有调频调载装置的供电系统,电站的调频精度应在  $\pm 1\%$  范围内;如对供电调频精度要求高时,应在  $\pm 0.6\%$  范围内;

c. 电站的频率瞬态变化应在  $\pm 10\%$  范围内,持续时间应不超过  $5\text{ s}$ 。

5.4.3 交流三相负载应尽量对称,其负载的不对称度应不超过  $15\%$ 。

5.4.4 电站应有抗无线电干扰的措施。

5.4.5 电站应有防止系统过电压的安全措施。

### 5.4.6 并联运行:

a. 设有调频调载装置的电站,机组间的负载分配应符合《钢质海船入级与建造规范》的有关规定;

b. 有调频调载装置的电站,机组间的负载分配差度应不超过  $10\%$ ,调频精度应在  $\pm 1\%$  范围内,如果对调频精度和有功负载分配差度要求较高,在无功功率分配差度小于  $10\%$  时,其有功功率分配差度应不超过  $5\%$ ,调频精度应在  $\pm 0.6\%$  范围内。

## 5.5 供电可靠性与连续性的一般要求

5.5.1 对供电有特殊要求的无限航区船舶上,一般应考虑设置二个以上的电站。

5.5.2 电站一般应由二台或二台以上机组组成;当任何一台机组停止工作时,仍具有对船舶正常运行、船舶安全所必须的设备供电的能力;同时,对基本生活条件用电也应得到保证。

5.5.3 交流电站应考虑到最大容量电动机启动时所产生的最大起动电流和低功率因数引起的瞬时电压降和持续时间的影响。不应由于系统电压降低而导致已运转的电动机停转或对使用中的其他设备有任何不良影响。

5.5.4 当设有应急电站时,电站失效后,在不超过  $45\text{ s}$  的时间内,应急电站应自动投入供电。

## 5.6 系统保护

### 5.6.1 短路保护

a. 电站设计时应进行短路电流计算;

- b. 短路保护是按使用要求,通过选择性动作及时断开故障点,确保非故障电路的供电;
- c. 系统中的任何电气设备,均应能承受在短路保护动作前,流经该处的短路电流;
- d. 应使用空气断路器或熔断器作为短路保护。

#### 5.6.2 过载保护

发电机的过载保护应与发电机的过载能力相适应。

a. 对小于 10% 额定值的过载,整定在 1.1 倍发电机额定电流,延时不超过 15 min,并发出声光报警信号;

b. 对在 10% 和 50% 额定值之间的过载,当不超过 1.5 倍发电机额定电流时,断路器应延时脱扣,其延时少于 2 min;

例如:当发电机电流为 125%~135% 额定值时,空气断路器应延时 15~30 s 分断。

c. 对于超过 50% 额定值但小于发电机稳态短路电流的过载,经系统选择性保护所要求的短延时以后,空气断路器应分断;

例如:当发电机电流为 200%~250% 额定值时,空气断路器经短延时分断。对直流,最长延时为 0.2 s,对交流最长延时为 0.6 s。

d. 对三台及三台以上发电机并联运行时,发电机的空气断路器的瞬时脱扣应与系统的选择性保护相配合;

e. 应使用断路器或开关加熔断器作为过载保护。

#### 5.6.3 逆功率、逆电流保护

并联运行的交流发电机组,应装有延时 3~10 s 动作的逆功率保护装置。

并联运行的直流发电机组,应装有瞬时动作或延时小于 1 s 的逆电流保护装置。

逆功率(电流)的整定值如下:

- a. 柴油发电机组为发电机额定功率(电流)的 8%~15%;
- b. 汽轮发电机组为发电机(电流)额定功率 2%~6%。

当电网电压降低 50% 额定值时,逆功率(电流)保护应不失效。但其动作值可以有所改变。

允许使用二极管作小功率直流发电机组的逆电流保护。

#### 5.6.4 欠压保护

a. 发电机的空气断路器应设有欠压脱扣装置,当发电机未建电压时,应有防止发电机空气断路器闭合的措施。当汇流排失电时,应有防止空气断路器仍接在汇流排上的措施;

b. 具有延时欠压保护装置,动作值整定在额定电压的 70%~80%,动作延时 1~3 s;

c. 不具有延时欠压保护装置,动作值为额定电压的 40%~75%。

#### 5.7 基本型电站

a. 机组的启动、停止控制是在机旁进行;而机组的转速调整既可在机旁手动调整,又可通过伺服马达开关在主配电板上进行;

b. 在主配电板上装有供操纵人员监视机组运行的仪表,例如电压表、频率表、功率表、同步表(需并联时)绝缘测量仪、电流表、功率因数表等。并设有操作人员为完成合闸、分断、并车、调压、调速等操作的有关开关、按钮、电位器、指示灯等;

c. 船舶电站供电与岸电供电应连锁;电站供电与应急电站供电也应连锁(不作并联时);

d. 主配电板中应设有过载保护、短路保护、欠压保护和逆功率(电流)保护,并有防止系统过电压的安全措施;

e. 在确定汇流排截面时,应考虑汇流排在通过各种允许的负载电流时的温升不超过 45℃;

f. 配电板应设计成能承受最大短路电流产生的电动力和热应力的影响;

g. 主配电板应刻有系统单线电路图或接线图的耐久标牌。

#### 5.8 半自动电站

5.8.1 应具有 5.7 条 a~g 款的功能。

5.8.2 自动控制功能：

用户可根据使用要求,选择下列的部分功能,也允许增加其他的功能。

- a. 自动分级卸载；
- b. 自动并联；
- c. 自动调频调载；
- d. 某些电工、热工参数的检测报警。

5.8.3 为实现电站的半自动控制,对机组、主配电板的要求应参照 5.9 条的有关要求。

5.9 自动电站

5.9.1 应满足 5.7 条 a~g 款的要求。

5.9.2 电站监控系统应满足周期无人值班机器处所(附加标志 AUT-0)的要求,并符合《钢质海船入级与建造规范》的有关规定。其主要功能如下：

5.9.2.1 电站的自动控制系统应保证供电的连续性,并满足如下要求：

- a. 当运行的单台机组发生故障时,备用机组从自动起动到投网供电的时间应不超过 45 s；
- b. 当二台或二台以上机组并联运行时,其中一台机组发生故障,应有措施保证对重要负载的连续供电；
- c. 按功率原则或其他使用要求自动增减运行机组的台数,以实现机组间的自动并联运行；或者实现备用机组的自动解列、停机。

5.9.2.2 安全系统：

- a. 当电力系统短路引起发电机断路器分断时,只允许断开的发电机断路器自动闭合一次,或可靠地闭锁；
- b. 当运行的机组超负荷时,应能自动卸除非重要负载,保证对重要负载的供电。

5.9.2.3 电站设备重要报警项目见表 1。

表 1

设备名称	报警项目	报警状态
柴油机	滑油压力	低、过低
	滑油温度	高
	出水温度	高
	转速	超速
	起动空气压力 或蓄电池电压	低
汽轮机	滑油压力	低、欠压
	滑油温度	高
	冷凝器真空度	低、过低
	轴向位移	过大
	转速	超速
发电机	电压	越限
	频率	越限
	负载	过载
主开关	—	脱扣时

续表 1

设备名称	报警项目	报警状态
分级卸载	—	卸载时
装置电源	—	故障
其他	起 动	失败时
	对地绝缘电阻	低

### 5.9.3 对机组和主配电板的要求：

- a. 控制用传感器与检测用传感器应相对独立；
- b. 为遥控停机，需设直流 24 V 的电动停车机构，如无其他要求时，也应选用直流 24 V 的伺服调速机构；
- c. 应设有机旁的手动与遥控的转换和联锁装置；
- d. 对用于自动准同期合闸的断路器，应优先选择固有合闸时间不大于 0.3 s 的断路器；  
如果在同一电站中只有一台自动准同期装置，那么用于准同期合闸的断路器，其固有合闸时间应相同或相接近。
- e. 主配电板应向自控装置提供电源和信号输入、输出接口。

## 6 试验方法

### 6.1 出厂或成套试验设备

- a. 电气仪表精度一般应不低于 0.5 级，功率因数表不低于 1.0 级，热工仪表等应尽量选用 2.5 级，并应有计量部门的检验合格证明；
- b. 负载设备：  
有功负载，一般用水电阻；  
无功负载，用线性电抗器或用感应调压器使其工作在非饱和区。

### 6.2 电站设备的出厂试验

#### 6.2.1 机组的出厂试验

按机组的技术条件所规定的试验方法进行。

#### 6.2.2 主配电板、应急配电板(如设有)的出厂试验

按配电板技术条件规定的试验方法进行。

#### 6.2.3 自控装置的出厂试验

按自控装置技术条件规定的试验方法进行。

### 6.3 电站成套试验

#### 6.3.1 外观检查：

##### 6.3.1.1 机组的外观检查

对机组的安装质量、各种管系、油箱、水箱、输送泵等各种附件的安装质量进行检查。油箱的液位是否正常，消除燃油系统中的空气；空气瓶气压或蓄电池容量是否正常。各种阀件的手柄是否在规定位置上，对装在机组上的传感器的安装质量进行检查。蒸汽管路有无漏气等。

##### 6.3.1.2 配电板、自控装置的外观检查

- a. 检查配电板上的仪表、电器等外观有无损坏，如仪表超过保用期，应重新校验；
- b. 检查按钮、开关是否灵活可操，指示灯有无损坏；
- c. 检查交流发电机的相序是否符合规定；
- d. 检查直流发电机的正负极是否与母线的标记相符合。

### 6.3.2 机组起动试验:

#### 6.3.2.1 柴油发电机组的起动试验

机组在环境温度不低于 5℃,冷却水、滑油不预热的条件下,应急机组在室温为 0℃的条件下(起动困难时允许采用预热措施)应顺利起动。连续起动六次,以六次起动中成功五次以上者为合格。每次起动的时间间隔不超过 1 min。

起动时间的测定:将转速信号送到瞬时转速测量仪后,再送示波器拍片。

#### 6.3.2.2 汽轮发电机组的起动试验

应在暖机的情况下,蒸汽参数在设计范围内进行起动性能的检查。

### 6.3.3 机组的负载试验:

#### 6.3.3.1 主发电机组的负载试验,应按表 2 的规定进行负载试验。

表 2

工况序号	机组负荷, %	试验时间, h
1	20	1/4
2	50	1/4
3	100	4
4	110	1

对有公共底座且经过配套试验的机组或功率小于 100 kW 的机组,工况 3、4 的试验时间可减半。

#### 6.3.3.2 应急发电机组(如设有)的负载试验,应按表 3 的规定进行。

表 3

工况序号	机组负荷, %	试验时间, h
1	100	2
2	110	1/2

6.3.3.3 负载试验时,应对机组的主要参数作好记录,满载时,每隔 1 h 记录一次,其他工况应在每一工况试验结束时记录。该试验中判定滑环或换向器的火花等级,负载试验结束后,测量热态绝缘电阻、发电机和汇流排的温升。

#### 6.3.4 绝缘电阻测量:

测量主配电板、应急配电板、发电机的绝缘电阻,应符合下述规定(测量时半导体器件和电容器应可靠短接)。

配电板长度不大于 6 m 的,其热态绝缘电阻应不小于 1 MΩ;长度大于 6 m 的,其热态绝缘电阻应不小于 0.5 MΩ。

发电机冷态绝缘电阻应不低于 5 MΩ,热态绝缘电阻应不低于 2 MΩ。

#### 6.3.5 检查机组的电压和频率的调节范围:

空载电压应在 95%~105%额定范围内,空载频率应在 90%~110%额定值范围内。

#### 6.3.6 检查机组稳态调压率与调速率:

本试验应在负载试验后进行。

机组稳态调速率调到整定值后,使机组带额定有功负载,转速为额定转速,固定调速手柄。卸载后,使机组负载从空载到 100%额定负载,再使机组负载从 100%额定负载到空载。保持功率因数 0.8(滞后),单方向缓慢变化,每一分支测量不少于五点,并包括 20%额定负载,记录各点负载、电流、电压、频率值。

检查机组的稳态调压率与调速率,应符合如下规定:

机组的稳态调速率不超过 5%;

交流发电机组的调压率不超过 $\pm 2.5\%$ ；  
应急发电机组的调压率不超过 $\pm 3.5\%$ ；  
直流发电机组的调压率在额定负载时为 $2.5\%$ 。

#### 6.3.7 检查汇流排上电压与频率的瞬态变化范围：

机组瞬态电压变化率及恢复时间的测定，机组空载突加后突卸对称的 $60\%$ 额定电流，功率因数低于 $0.4$ (滞后)。用示波器记录三相线电压和一相电流的变化。

机组瞬态调速率和稳定时间的测定，突卸全部负载后，先突加 $50\%$ 额定负载，待稳定后再突加 $50\%$ 额定负载，用示波器(配瞬时转速测量仪)记录转速的变化和稳定时间。

#### 6.3.8 检查欠压保护、逆功保护、过载保护的动作的正确性和可靠性。

#### 6.3.9 并联运行试验：

- a. 参与并联运行的机组的台数应符合电站的设计要求；
- b. 并联运行时，负载从总额定负载的 $25\% \sim 100\%$ ，功率因数 $0.8$ (滞后)，均功点为 $75\%$ 额定值，加载或减载应单向逐渐进行，其测点不得少于 $7$ 个( $75\% \rightarrow 50\% \rightarrow 25\% \rightarrow 50\% \rightarrow 75\% \rightarrow 100\% \rightarrow 75\%$ )，每个测点应在机组的热工参数稳定后记录、计算有功、无功分配差度；
- c. 负载转移试验；
- d. 在 $90\%$ 额定负载下并联运行 $1\text{ h}$ 。

#### 6.3.10 自控功能试验：

- a. 机组的自动起动、停机试验；
- b. 机组的自动投网试验；
- c. 调频调载试验；
- d. 分级卸载试验；
- e. 自动增减机组试验；
- f. 电站失效后，应急电站自动投入试验。

半自动电站应根据所具有的功能进行试验。

#### 6.4 电站的系泊与航行试验

按 GB 3471 规定进行，但汽轮发电机组或燃气发电机组的起动、停机、增减负荷的要求，应符合《钢质海船入级与建造规范》的有关规定。

### 7 检验规则

#### 7.1 电站的试验按下列步骤进行：

- a. 电站设备的陆上出厂试验；
- b. 电站的成套试验；
- c. 电站的系泊试验与航行试验。

7.2 电站设备必须由承制单位进行出厂试验，合格后在船检部门认可的情况下方准装船使用。

7.3 当船检部门要求时，或者用户需要时，应在陆上进行电站成套试验，合格后装船使用。

7.4 每艘船的电站在交船前，都必须做电站的系泊试验和电站的航行试验。

#### 附加说明：

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由中国船舶工业总公司第七〇四研究所、兰州电源车辆研究所负责起草。

本标准主要起草人雷莹辉。