



指南编号/Guideline No.: E-12(202511)

E-12

低压配电板

生效日期/Issued date: 2025年11月01日

前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间：E-12(201510) 2015 年 10 月 20 日

E-12(201610) 2016 年 10 月 28 日

E-12(201705) 2017 年 5 月 9 日

E-12(201909) 2019 年 9 月 19 日

E-12(202001) 2020 年 1 月 19 日

E-12(202009) 2020 年 9 月 24 日

E-12(202208) 2022 年 8 月 25 日

本版本主要修改内容：

1. 增加直流综合电力系统中对交流日用配电板的试验要求。

2. 修订 IEC 标准对温升的要求。

3. 按钢规要求增加发电机断路器操作要求。

删除：将规范性引用文件“IEC 61439-1:2011”修改为“IEC 61439-1:2020”，内容做相应条文编号修改

删除：按钢规要求明确绝缘扶手应水平安装（5.1.10 条）。
3. 编辑性修改

目 录

1 适用范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语及定义	5
4 图纸资料	7
5 技术要求	8
6 原材料及零部件	19
7 型式试验	19
8 单件/单批检验	19
附件 1	21

低压配电板

1 适用范围

1.1 本指南适用于海上航行船舶安装使用的低压交流配电系统中使用的低压配电板及配电电器的产品审图与检验。

1.2 低压配电板包括：主配电板、应急配电板（包括蓄电池充放电板）等。

1.3 考虑到船用低压配电板及配电电器的产品规格多样性，CCS 未要求对此类产品进行工厂认可或型式认可，故本指南适用于未进行型式试验的低压配电设备。对于批量生产的此类产品，CCS 鼓励船用产品制造厂进行低压配电设备的型式认可及试验，具体要求可依据本指南第 2 条所述标准进行，但同时应满足本指南中适用要求。

1.4 海上设施使用的同类设备的检验可参照执行。

1.5 本指南不适用于上述设备上使用的电气/电子设备（如，断路器、熔断器、发电机保护装置等）的认可及检验。

2 规范性引用文件

2.1 中国船级社《钢质海船入级规范》；

2.2 IEC60092-302-2:2019 船舶电气设施 第 302-2 部分:低压开关设备和控制设备组合装置 - 船电 Electrical installations in ships - Part 302-2: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Marine power;

2.3 IEC60092-504:2016 船舶电气设施 第504部分:特殊设备 控制和仪器仪表 Electrical installations in ships - Part 504: Special features - Control and instrumentation;

2.4 IEC60865-1:2011 短路电流 效应计算 第1部分: 定义和计算方法 Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods;

2.5 IEC61439-1:2020 低压开关设备和控制设备组合装置 第1部分:一般规则 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules;

2.6 GB/T 7061-2016 船用低压成套开关设备和控制设备 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies in ship。

3 术语及定义

上述检验依据中所确定的术语及定义适用于本指南。为编写及使用方便，本指南直接引用或补充下列定义。

3.1 《钢规》

系指中国船级社《钢质海船入级规范》。

3.2 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。分为主重要设备（指为保持推进和操舵需连续运转的设备）和次重要设备（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），详见《钢规》第4篇1.1.2.1所规定。

3.3 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。

3.4 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。

3.5 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。

3.6 充放电板

系指用于监视、控制、保护蓄电池充放电的配电电器。但不包括蓄电池充电机（单元）。

3.7 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。

3.8 隔板

用来将一个隔室与其他隔室隔开的一种部件，由钢板或其它滞燃材料制成。

3.9 隔室

通过隔板与配电板其他空间相隔离，除非进行内部接线、调整或通风时才需打开外，通常处于封闭状态的一种结构单元。

3.10 额定电流

低压配电板及配电电器中某一电路的额定电流应由制造厂考虑到装置内电路中的电气设备的元器件额定值及其布置和应用情况来确定。在确定该船电气装置额定电流时，应使装置的部件在按 5.2 规定的电流进行温升试验时的温升不超过规定限值。

3.11 额定极限短路分断能力 (Icu)

系指按试验程序所规定的条件（电压、电流、功率因数等）不包括断路器连续承载其额定电流能力的分断能力。

3.12 额定运行短路分断能力 (Ics)

系指按规定试验程序所规定的条件（电压、电流、功率因数）包括断路器连续承载其额定电流的分断能力。

3.13 额定短时耐受电流 (Icw)

系指在规定的使用和性能条件下，电路或在闭合位置上的断路器在指定的时间内所能承载的电流。

3.14 额定短路接通能力 (Icm)

断路器的额定短路接通能力是在制造厂规定的额定工作电压、额定频率以及一定的功率因数（对于交流）或时间常数（对于直流）下断路器的短路接通

能力值，用最大预期峰值电流表示。

3.15 主汇流排

系指连接一条或几条分汇流排和（或）进线和出线单元的母线。

3.16 分汇流排

系指连接在主汇流排上，并由它向用电负荷供电汇流排。

3.17 批量生产的同型配电板产品

系指由同一生产厂制造的，具有同一结构形式、同一母排结构、尺寸和材质、同一发电机主断路器联接形式、同一额定电流的配电板产品。

4 图纸资料

4.1 图纸资料审查的基本原则

对于主配电板、应急配电板（包括应急充放电板）等重要的配电设备，CCS 采取产品审图与船舶审图配合进行的方式。船舶审图由 CCS 船舶审图单位进行。产品审图由有资质的产品检验单位（或审图单位）进行。

4.2 船舶审图

下列船舶图纸是主配电板、应急配电板等重要配电设备设计的基础，必须经 CCS 船舶审图单位批准。经 CCS 批准的船舶图纸及审图意见书应随产品图纸提交产品检验单位。

4.2.1 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）；

短路电流的计算应按照 CCS 规范规定的方法（详见规范附录）或 IEC61363-1 规定的方法计算。

4.2.2 保护电器协调动作分析（适用于可并联连接的发电机总容量大于 250kVA 的船舶），具体分析方法可参见 CCS 相应指南的要求；

4.2.3 主配电板单线图（如有时）；

4.2.4 应急配电板、应急或临时应急充放电板单线图（如有时）；

4.2.5 电力系统图；

4.2.6 电力负荷计算书。

4.3 产品审图

4.3.1 应将下列图纸、资料提交 CCS 批准：

(1) 总图（包括外形图、基座图、结构图等）；

(2) 面板布置图；

(3) 产品技术条件（规定配电板的适用规范、型号规格、主要技术要求和试验，若配电板的其他图纸和技术文件已涵盖相关内容时可不提交）；

(4) 电气原理图（标明各元器件代号、各回路电线型号/规格、汇流排材质和规格及主要设备参数等）；

(5) 其他需提交批准的图纸、资料（如适用），例如软件说明书（包括软件模块功能描述和相关硬件描述、控制/逻辑流程图、软件版本号、软件维护及更新说明）。

4.3.2 应将下列图纸、资料提交 CCS 备查

(1) 配套电器规格明细表（标明元器件名称、型号、规格、数量及其在图纸中的代号）；

(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提交）；

(3) 外部接线图；

5 技术要求

5.1 结构、装配和部件

5.1.1 配电板应具有符合《钢规》第 4 篇表 1.3.2.2 规定的防护外壳。所有

防护外壳均应以滞燃、耐腐蚀的材料制成（或有可靠的保护层），且有坚固的结构；

5.1.2 配电板的顶部应达到防护等级 IP22 的要求，但如安装在符合《钢规》第 4 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；

5.1.3 电缆进入配电板处应有防止漏水沿着电缆进入配电板内部的措施；

5.1.4 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；

5.1.5 发电机总容量超过 100kVA（交流）时，则每台发电机应设独立的发电机屏，且应以钢板或其它滞燃材料将发电机屏之间及发电机屏与其它相邻屏间隔开，在发电机断路器单元和控制功能单元之间应设置挡板以防护电弧的影响；

5.1.6 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，并有明显的标志；

5.1.7 配电板各屏间应设有隔板。不同电压的配电系统的开关设备一般应设置在不同屏中；若设于同一屏中，尽量采用隔板相互隔离；

5.1.8 重要设备的控制单元，应尽量设置于各自的隔室内；

5.1.9 配电板应采取措施，防止内部短路所引起的热游离气体从配电板前部逸出；

5.1.10 每一配电板均应配置一个安装在固定部件上的绝缘扶手，或者适当地安装在配电板前的绝缘手柄。为了操作和维护目的必须到上述配电板后部，则在后面也必须绝缘扶手或绝缘手柄。绝缘扶手应水平安装在配电板的固定部分；

5.1.11 配电板的结构形式及内部电气元件、电路和接线端子的布置应与其设计的安装型式相适应，但无论何种情况，应便于操作和维修，同时要保证必要的安全等级。接线端子（排）在安装基座上至少为 0.2 米。

5.1.12 用于接线的有效空间应使规定材料的外接导线和芯线分开的多芯电缆能够正确地连接。导线不应承受影响其寿命的应力。

5.1.13 配电板每屏都应有可靠接地装置。装有电气元件的面板与构架之间,以及构架与底座之间,应可靠接地。当配电板或电气元件工作电压小于 50V,且对于交流电压为通过非自耦变压器获得时,除另有要求外,可不接地。电压互感器和电流互感器的次级绕组应单独可靠接地,接地处应设有耐久的接地标记;保护接地不应与工作接地共用接地线和接地螺钉。单独固定的接地导体截面积应符合下表的规定:

接地导体的截面积

1.13

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
S≤2.5	Q=S 但不小于 1.5
2.5< S≤120	Q=S/2 但不小于 4
S>120	Q=70

5.2 汇流排及汇流排分段装置

5.2.1 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 (45℃环境空气温度),或满足 IEC60092-302-2 第 9.2 条的要求。

删除: 7.8.102.2

5.2.2 汇流排及其支承件应能承受短路时产生的热应力及机械应力而不致损坏。对于额定短路电流大于 10kA 的配电装置,必要时可按 IEC60865-1 或 CCS 接受的其他标准,进行汇流排及其支撑件的短路强度计算和复核。

删除: (注意应折算至 45℃环境空气温度)

5.2.3 主汇流排(或其一部分)的额定载流量为最大负荷工况下的通过主汇流排(或其一部分)的承载电流(方均根值),分汇流排的额定载流量为分支线路的总电流并考虑适当的额定分散系数,如 IEC61439-1 的第 5.4 条和附录 E。主汇流排的额定载流量应不低于 CCS 批准的电力负荷计算书中对应于最大负荷工况时流经此处的电流值。

5.2.4 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%。

5.2.5 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%

5.2.6 汇流排(汇流排的支撑和连接)应适当处理以防止时间过长导致导电性能变差,螺母应有防松脱的装置。

5.2.7 主汇流排至设备间的连接应通过分支汇流排连接，当采用绝缘电缆连接时，电缆及其定额应符合《钢规》第4篇第2章第12节的要求，且应选用导体最高工作温度不低于75℃的软电缆。

5.2.8 配电板内汇流排相序（交流）或极性（直流）的安装排列应符合表5.2.8的规定。

5.2.9 主配电板的主汇流排应按《钢规》第4篇第2.1.1.1(5)的规定至少分成两个独立的分段，分段应由不带过载或短路保护等保护性自动脱扣机构的断路器、隔离开关或CCS接受的其他形式加以连接，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。对于小于500GT的船舶以及国内航行船舶电站总功率小于500kVA的主配电板可不进行分段，但应满足批准的配电板单线图的规定。上述分段连接中使用的断路器或隔离开关应按CCS接受的标准（如IEC60947-2、IEC60947-3）制造。连接装置的额定载流量应与主汇流排的额定载流量相适应，装置的额定短时耐受电流应不低于其安装点的预期对称短路电流（方均根值）。

相序或极性的安装排列

表 5.2.8

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	

5.3 电气间隙和爬电距离

5.3.1 配电板中带电部件之间，以及裸露导电部件和带电部件之间的电气间隙和爬电距离应符合表5.3.1的规定。

最小电气间隙和最小爬电距离

表 5.3.1

额定电压 V	最小电气间隙 mm	最小爬电距离 mm

≤ 250	15	20
$250 < \leq 690$	20	25
> 690	25	35

5.3.2 与设备直接相连的裸露带电导体和端子（例如：母线，电器之间的连接，电缆接头），其电气间隙和爬电距离至少应符合与其直接相连的电器元件的有关规定，并在必要时，采用附加的绝缘措施，如，加设绝缘套管。

5.4 运行指示和控制

5.4.1 主配电板应按照《钢规》第4篇第2.1.1.1(4)的规定，设置主发电机组的自动起动装置。其他的自动控制装置（如，自动并车装置、自动电站装置等）的设置应满足《钢规》第7篇的适用要求。自动控制装置的设置应保证在其发生故障时，不应妨碍手动操作的正常进行。

5.4.2 应为每一主发电机组设置自动起动装置，若多台机组共用起动装置，则应考虑必要的冗余设置。自动起动装置的不应仅由主电源供电。

5.4.3 其他自动控制装置的设置及供电应根据实际设计情况，满足上述5.4.2的要求。

5.4.4 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。

5.4.5 应在需并联运行交流发电机的控制屏（或并车屏）上，设有可以对原动机转速在额定转速的 $\pm 10\%$ 范围内进行遥控调节的设施。

5.4.6 应设有所有主发电机和应急发电机间、主发电机与岸电之间的联锁装置，以避免同时供电。应提供适当措施，防止手动并联时发生误操作。

5.4.7 对于非设计为并联运行的变压器，应提供适当的联锁措施。

5.4.8 在应急电源或临时应急电源充放电板上，应设有主配电板供电状态、充电电源状态等指示灯。

5.4.9 蓄电池充电设备应符合《钢规》第4篇第2章第11节的要求。

5.4.10 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运行状态以及岸电箱的供电状态。(如应急发电机供电、蓄电池正在放电等)。

5.4.11 在主配电板和应急配电板上,应设有绝缘监视报警器以连续监测一次系统和二次系统的绝缘电阻,且能在绝缘电阻异常低时发出听觉或视觉报警信号。当主汇流排设有分段装置时,此要求亦应满足。对于某些控制线路,如通过电源装置供电,此要求可以免设。

5.4.12 配电板上指示灯、报警灯及按钮的颜色应满足《钢规》第4篇第1章第3节的适用要求。

5.5 接线和部件标识

5.5.1 配电板内部的接线及标识应满足附录1《船用电线电缆敷设及联接的技术要求》的原则规定。

5.5.2 配电装置内部的电缆应为满足《钢规》第4篇第2章第12节要求的产品。对于如发电机保护模块、自动电站单元等电子设备的电缆的选型及敷设,应满足设备制造厂的相关要求。

删除: 的

5.5.3 对于线径大于 2.5mm^2 的电缆不应采用焊接连接形式,应使用电缆接线头的方式。

5.5.4 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标明其用途和操作位置的耐久铭牌。

5.5.5 每个电路及其设备(部件)应有耐久的标识。过载保护设备应有标明其定额或整定值的耐久标志,这些标志(标识)应设在设备(部件)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”。

5.5.6 主回路的电缆应独立于控制回路电缆,单独敷设。

5.6 断路器:

5.6.1 断路器应满足IEC60947-2出版物或中国船级社接受的其他公认的标准的产品。断路器应为自由脱扣式。

5.6.2 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。

5.6.3 应根据业经批准的短路电流计算书，选择断路器的通/断能力，基本原则如下，详细要求见《钢规》第4篇第2章第5节。

- (1) 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) 重要设备或应急设备电路用断路器以及主配电板或应急配电板上安装的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）。
- (3) 除（2）中所述之外的非重要设备和/或非应急设备电路用断路器的额定极限短路分断能力（ I_{cu} ），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，其额定极限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）。
- (4) 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）。
- (5) 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（ I_p ）。
- (6) 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。
- (7) 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，~~发电机断路器应能在无需打开门板时~~，在板前进行操作。
- (8) 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。

删除：且应能

5.7 接触器

接触器应满足 IEC60947-4-1 出版物或 CCS 接受的其他公认的标准的产品。

5.8 熔断器

5.8.1 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。

5.8.2 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。

5.8.3 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。

5.8.4 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。

5.9 系统保护

5.9.1 各电气装置保护的设置和保护电器的选择应符合《钢规》第 4 篇第 2 章第 5 节的有关规定，且满足经批准的计算书的给定要求。

5.9.2 发电机用断路器的过电流脱扣器的整定值应为可调式的，如为不可调者，则应为易于更换不同数值的形式。

5.9.3 发电机保护装置，各台发电机应彼此独立（包括供电），一台保护装置的故障不应影响其他保护装置的运行。

5.9.4 发电机组主断路器和独立的发电机保护模块的供电应由其所保护的发电机组进行。其他的供电方式应经 CCS 批准。

5.9.5 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。如可反向供电时，则应在应急配电板上至少设有该馈电线的短路保护（具体要求应依据我社批准的船舶图纸）。

5.10 交流发电机的仪表

5.10.1 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。

5.10.2 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功率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 $\pm 10\%$ 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 1 个表示其额定值的明显标志。
- (6) 发电机控制屏至少应按表 5.10.2 的要求设置测量仪表。

5.10.3 电压互感器及电流互感器的次级绕组应可靠接地。测量仪表用互感器的精确至少为 1 级。保护装置和控制装置用电流互感器应与预期的过电流范围相适应，或满足装置制造厂的相关要求。

5.10.4 蓄电池充放电板应至少设置下列测量仪表：电压表（测量充/放电电压）；电流表（测量充/放电电流）

5.10.5 对含有谐波滤波器的电力系统，还需满足《钢规》第 4 篇第 1.3.7 条的要求。确认已安装能连续监测主汇流排谐波的设备或者设备的接口。

发电机控制屏测量仪表

表 5.10.2

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）

续表 5.10.2

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）

5.11 自动化电站功能试验（适用时）

5.11.1 遥控启动和停车试验

对各发电机组进行遥控启动和停车，同时检查各遥控调速器的控制性能。

5.11.2 自动安全停车试验

模拟各原动机的自动安全停车信号，发电机自动停车，并检查相关信号：

5.11.3 自动启动和自动停机试验

(1) 汇流排异常试验

分别模拟汇流排电压和频率高于或低于正常值（超过整定范围），经一定的延迟，备用机组自动启动，并在故障机组自动分闸后合闸。

(2) 失电试验

模拟正在运行的发电机组故障停车，备用机组自动启动并合闸。当第一备用机组启动不成功时，第二备用机组继续启动并合闸。如果应急发电机组先于备用机组供电，在备用机组合闸前应能自动分闸。

(3) 模拟汇流排短路，正在运行的机组跳闸而失电，第一备用机组启动，合闸不成功，第二备用机组启动后不再自动合闸。

(4) 过载试验

增加负荷至整定值（如 85% 额定功率），经一定延迟（如 30 秒）后备用机组自动启动后并网。

增加负荷至整定值（如 105% 额定功率），经一定延迟（如 5 秒）后非重要负载自动脱扣。

双机组并网运行，降低负荷至整定值（如双机的 20% 额定功率），经一定延迟（如 60 秒）后，开始自动负荷转移，备用机组分闸，空转一定时间后（如 60 秒）停机。

(5) 重负荷连锁试验

按下重负荷（如侧推器、吊机或消防泵、压载泵、舱底泵等）启动申请按钮，如果电站负载余量允许，配电板发出允许启动信号。如果电站负载余量不足，备用机组自动启动后并网，配电板发出允许启动信号。

5.12 交流日用配电板的短路试验（适用时）

5.12.1 本条仅适用于设有直流综合电力系统，并满足《船舶直流综合电力系统检验指南》第 3 章的交流日用配电系统相关要求的船舶。

5.12.2 交流日用配电板的交流母排三相短路

在该故障情况下，连接故障交流母排分段的母联保护装置（如有时）、交流电源装置停机或其配电支路保护电器动作；非故障交流母排分段若有电源装置供电时，在母联保护装置动作后可立即自动恢复供电和设备运行；电源装置和负载装置不发生损坏。

5.12.3 交流日用配电板的电源装置输出端三相短路

在该故障情况下，故障电源装置配电支路保护器件应动作；故障电源装置对应交流母排应能在 45s 内恢复供电（如发生失电时）；电源装置和负载装置不发生损坏。

5.12.4 交流日用配电板的负载输入端三相短路

在该故障情况下，故障负载支路的保护电器应动作，交流母排及其它负载供电不受影响；电源装置和负载装置不发生损坏。

5.12.5 上述试验若在上船安装之前因设备配套等原因无法完成，允许在系泊航行试验中进行。

6 原材料及零部件

产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求控制。

7 型式试验

考虑到船用低压配电板及配电电器的产品规格多样性，CCS 未要求对此类产品进行工厂认可或型式认可，故本指南适用于未进行型式试验的低压配电设备。对于批量生产的此类产品，CCS 鼓励船用产品制造厂进行低压配电设备的型式认可及试验，具体要求可依据本指南第 2 条所述标准，例如 GB/T7061 的规定进行，但同时应满足本指南中适用要求。

8 单件/单批检验

8.1 一般要求

出厂试验大纲应经验船师、制造厂、船东船厂（可行时）共同确认。

配电板应在制造厂按照确认的出厂试验大纲，进行下述各项试验，但对批量生产的同型产品可对首件产品进行温升试验。对于 8.5 及 8.8 规定的部分出厂试验项目（如发电机主断路器保护功能试验等），如果工厂不具备试验条件或需要专用试验设备，以致无法在出厂试验时进行，在产品证书备注栏中应进行批注，要求待产品安装后，在系泊试验（或航行试验）中，由 CCS 现场建造验船师试验确认。

8.2 温升试验：配电板应对主配电板的主汇流排在 5.2 规定的额定载流量下进行温升试验，试验方法可参考 IEC61439-1 第 10.10 条的规定。

8.3 耐压试验：配电板应按表 8.3 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。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。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。

耐压试验电压

表 8.3

额定电压 V	试验电压 V
$U_n \leq 60$	1000
$60 < U_n \leq 300$	2000
$300 < U_n \leq 690$	2500
$690 < U_n \leq 800$	3000
$800 < U_n \leq 1000$	3500
$1000 < U_n \leq 1500$ ^①	3500

注：①仅指直流

8.4 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 $1M\Omega$ 。

8.5 电气功能试验：检查配电板的控制、联锁、报警及指示、显示仪表、风油应急切断等功能。其中，自动控制装置的功能试验应尽实际可能进行。

8.6 结构及接线检查：按本指南 5.1、5.5 的要求进行，必要时应进行外壳防护等级试验。

8.7 电气间隙及爬电距离的检查：按本指南 5.3 要求进行。

8.8 系统保护功能的检查及试验按本指南 5.9 条要求尽实际可能进行。自动化电站功能试验（如适用）按本指南 5.11 条尽实际可能进行。

8.9 交流日用配电板的短路试验（如适用）：应评估是否适用于《船舶直流综合电力系统检验指南》第 3 章第 4 节 3.4.4 条的相关要求，并按本指南 5.12 条要求尽实际可能进行。

附件 1 船用电线电缆敷设及联接的技术要求

1 范围

本要求规定了电线、电缆在船用机械设备以及船用电气设备上敷设和联接的工艺要求，适用于船用主配电板、分配电箱、电磁起动器、充放电板、驾驶室控制台、机舱集中监视台等船用电气设备的内部接线以及电线、电缆在柴油机等机械设备上的敷设。

2 电线电缆在电气成套设备中的敷设和联接的技术要求

2.1 应选用符合要求的电线、电缆。电线、电缆的电压等级应适用于电气设备的额定电压。电线、电缆的导体应由多股铜丝绞合而成，且应满足IEC60228规定的第5类导体要求。动力配电回路和控制回路用的电线、电缆应尽可能分开敷设。

2.2 联接两个联接点之间的电线应是完整的，不应使用拼接或焊接过的电线。

2.3 电线两端应与电气元器件的接线端子或专用接线端子之间可靠联接。同一接线柱上可接2~3个接头。小截面电线的接头应被放在大截面电线接头的上层。小规格的接头接到较大接线柱上时，应采用连接片。

2.4 建议采用冷压接头的联接方式。推荐选用“O”或“U”形冷压接头。如选用“C”形冷压接头，在紧固时应确保缺口方应与接线柱螺母的旋紧方向一致。一般情况下不推荐选用针形冷压接头和相应的接线端子，除非向船上提供了足够的针形冷压接头、专用压接工具和专用紧固工具。一般情况下不允许采用单点焊接的联接方式，除非采取了适当的防松脱措施。

2.5 冷压接头的材料应是镀银、镀镍或镀锡的铜。

2.6 冷压接头与电线、电缆之间的联接应使用专用剥线和压接工具，并确保冷压接头与电线的导电线芯可靠接触，其横截面不应有任何可见的空隙。冷压接头的末端与电线绝缘层之间不应露出导体，也不允许有任何绝缘材料被压入电线导体与冷压接头之间。电线与冷压接头的连接部分应使用绝缘套管包覆。除有效电气联接部分外，所有导电部分不得外露。

2.7 冷压接头的规格和电线的导电截面规格应一致。不允许在一个冷压接头内压接2根或2根以上的电线导电线芯。

2.8 应使用镀有防腐金属层的钢质螺钉把冷压接头可靠地紧固在电气元件和接线端子上。紧固件应有防止因振动而松脱的措施。如在普通垫圈上加设弹簧垫圈、碟型垫圈等。

2.9 电线、电缆导体的焊接应选用松香焊剂或中性焊剂。不应使用有腐蚀性的焊剂。焊点应光洁、光滑无毛刺和虚焊现象。

2.10 除用于动力配电用的电线、电缆可以用不同的颜色做标识外，电线的两端应有与图纸相符的清晰、耐久的编号。

2.11 电气元器件之间的连接电线长度应适中，并留有一定的余量以便于修理和更换接头。电线、电缆以及其连接的电气元器件不应受到额外的应力作用。

2.12 电线、电缆的敷设应尽可能横平、竖直、整齐、美观，按一定的顺序排列，层次分明。除需要满足EMC特殊要求的，应尽可能避免电线交叉、缠绕。电线、电缆的弯曲半径应不小于其外径的4倍。外径大于25mm的电线、电缆，其弯曲半径应不小于其外径的6倍。

2.13 设备内部的电线、电缆应可靠固定，避免电线、电缆与设备壳体或结构（元件）突出部位的刮擦。可根据实际情况选择母线槽、导线固定支架/板、扎带、扎线等工艺。不应使用塑料胶粘的导线固定架。

2.14 使用母线槽时应考虑安全、美观和方便。槽内电线占用的空间不应超过母线槽深度的2/3。母线槽应可靠固定在安装板上。

2.15 不方便使用母线槽的位置可选用尼龙扎带或扎线把电线、电缆牢固地固定在预先焊接在设备外壳或安装板上的安装条（板）上。扎带的规格可根据被捆扎线束的外径选择。捆扎的间距应尽量均匀。

2.16 敷设在设备的面板上、或门、箱盖与箱体或骨架连接部分的电线束，应采用箱包人造革布或尼龙网等材料可靠地包扎，防止电线被磨损坏。包扎的松紧程度以成束线能在其中活动自如为宜。在门关好时不应碰到其他元件器具；在门开启时，不应有卡住现象。

2.17 在电线、电缆穿越隔板时，隔板上的开孔应光滑、无锐边和毛刺。在开孔的边缘应衬垫橡皮圈或用绝缘材料包覆，以避免割破或磨损电线、电缆。

2.18 所有电气元件的接地端应用黄、绿双色接线专用电线可靠、牢固地连接到专用接地螺栓上。应确保接地元件与接地线之间的联接有良好的接触和

导电性能。建议在联接前应清洁，除去油漆、护膜等，并确保接地螺栓等与接地线接头间有足够的接触面积。在联接完成后应采取适当的防腐措施。

2.19 应根据电气元件的额定电流选择适当的接地电线的导电截面积，并应满足CCS《钢质海船入级规范》（下称“规范”）相关要求，但最小为 2.5mm^2 。接地螺栓应选用导电性能良好的材料制成，如镀银、镀镍或搪锡的铜等，并有足够大的导电截面、满足“规范”要求。在接地螺栓旁应设有清晰、牢固、持久的接地标识。如门或箱盖上安装有电压超过50V的电气元件，则在门或箱盖与专用接地螺栓之间应有接地线可靠连接。

2.20 不同性质的接地不得共用接地螺钉。

2.21 控制箱、配电板等电气设备应设有专用的进线孔或填料函。进线孔的边缘应光滑、没有尖锐突起和锐边。在进线孔附近应设有固定电线、电缆的专用支架。

2.22 用于外部接线的接线端子应布置在进线孔或填料函（GLAND）附近，并尽可能留出足够的空间供接线操作。

3 电线电缆在机械设备上敷设的技术要求

3.1 应尽可能选择有金属铠装和外护套的电缆敷设在机械设备上。

3.2 应尽可能选择具有较高耐温等级且耐油的电缆敷设在机械设备上。如矿物绝缘电缆、硅橡胶电缆、氯丁橡皮护套电缆等。尽可能不要选择PVC等热塑性绝缘或护套的电线、电缆。

3.3 电缆应尽可能敷设在温度较低的位置，不应敷设在工作时可能产生高温（超过 90°C ）的部件附近，如内燃机排气管等附近。

3.4 敷设在机械设备表面或内部的电线、电缆应可靠地固定在设备上，且长度不宜过长。

3.5 电线、电缆应尽可能避免敷设在机械设备的活动部件上或其附近以避免被磨损或疲劳损伤。如不可避免，则应选择IEC60228第5类或第6类导体电线、电缆。在敷设时应确保电线、电缆与活动的机械部件不直接接触和摩擦，且在活动位置留有足够的长度，使其最小弯曲不小于8倍的电缆外径，其他位置的电线、电缆应可靠固定。

注：本附件是中国船级社建造入级处(2009)通函第002号总第062号的附件。