

指导性文件
GDXXX-2026



中国船级社

海上光伏发电设施指南

2026

2026年X月X日生效

北京

目 录

第 1 章 通 则.....	1
第 1 节 一般规定.....	1
第 2 节 定 义.....	1
第 3 节 接受标准.....	2
第 4 节 检验与发证.....	3
第 2 章 总 体.....	9
第 1 节 一般规定.....	9
第 2 节 总体布置.....	9
第 3 节 设计载荷.....	10
第 4 节 防 腐.....	11
第 3 章 海上浮动光伏发电设施.....	14
第 1 节 一般规定.....	14
第 2 节 浮体结构.....	15
第 3 节 支架结构.....	16
第 4 节 系泊系统.....	16
第 5 节 稳 性.....	17
第 4 章 海上固定光伏发电设施.....	19
第 1 节 一般规定.....	19
第 2 节 基础结构.....	19
第 3 节 支架结构.....	21
第 5 章 光伏发电系统.....	22
第 1 节 一般规定.....	22
第 2 节 光伏组件.....	22
第 3 节 光伏阵列.....	22
第 4 节 直流汇流箱.....	23
第 5 节 光伏逆变器.....	23
第 6 节 就地升压变压器.....	23
第 7 节 站用电系统.....	24
第 8 节 电缆选择与敷设.....	24
第 9 节 防雷与接地.....	24
第 10 节 视频监控.....	25
第 6 章 消 防.....	26
第 1 节 一般规定.....	26
第 2 节 火灾和可燃气体探测.....	26
第 3 节 消防措施.....	26
第 4 节 脱 险.....	27
第 7 章 安全设备.....	28
第 1 节 一般规定.....	28
第 2 节 救生设备.....	28
第 3 节 通信设备.....	28
第 4 节 信号设备.....	29
第 8 章 防污染.....	30

第 1 节 一般规定.....	30
第 9 章 海上设施应用光伏发电系统的特殊要求.....	31
第 1 节 一般规定.....	31
第 2 节 海上油气设施应用光伏发电系统特殊要求.....	32
第 3 节 海上风电设施应用光伏发电系统特殊要求.....	33
第 4 节 海上渔业养殖设施应用光伏发电系统特殊要求.....	33
附录 A 分级与检验报告.....	34
第 1 节 分级.....	34
第 2 节 检验报告.....	34
附录 B 图纸范围.....	35
附录 C 持证清单.....	41



第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本指南是中国船级社（以下简称“CCS”）开展海上光伏发电设施及其上部产品检验与发证依据。

1.1.1.2 如主管机关有明确要求，应以主管机关要求为准。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本指南适用于无人驻守的海上光伏发电设施，包括海上浮动光伏发电设施、海上固定光伏发电设施。

1.1.2.2 本指南适用于基础主结构为钢制或与其等效材料的海上光伏发电设施。

1.1.2.3 对于应用光伏发电系统的其他类型设施，其光伏发电系统的相关技术要求应符合本指南第9章的适用规定。

1.1.2.4 海上光伏发电场固定式海上升压站应符合 CCS《海上升压站平台指南》及主管机关的适用规定，浮动式海上升压站应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第13篇的适用规定。

1.1.3 等效与免除

1.1.3.1 与本指南要求（包括接受标准的要求）不一致的规定，可予以接受以替代本指南的相应要求，其条件是以书面文件证明或表明其至少与本指南要求具有同等的安全水平，并经 CCS 同意。

1.1.3.2 设施上安装的任何装置、材料、设备和器具可以代替本指南要求的装置、材料、设备和器具，其条件是经试验和其他方法证明或认定这些装置、材料、设备和器具至少与本指南要求具有同等安全效能，并经 CCS 同意。

第2节 定义

1.2.1 定义

1.2.1.1 除另有规定外，本指南采用的名词术语定义如下：

(1) 海上光伏发电设施

系指在海洋设定区域内，用于海上光伏发电作业的海上浮动光伏发电设施和海上固定光伏发电设施。一般由设施主体结构、光伏支架结构和光伏发电系统光伏阵列、直流汇流箱、逆变器、变压器和交流开关柜等设备组成。

(2) 海上浮动光伏设施类型

① 柱稳式/半潜式

系指用立柱或沉箱将上壳体连接到下壳体或柱靴上的结构型式；

② 框架式

系指以钢质或等效材料的框架结构为主体的结构型式；

③ 组合式

系指将多个柱稳式或框架式浮体单元通过刚性、柔性或者半柔半刚的形式连接为一

体的结构型式：

④ 导管架式

系指通过管状构件焊接构成主体结构的平台，并由打入海底的桩柱承受平台全部重量的海上固定光伏发电设施；

⑤ 桩基式

系指通过用单根桩或多根桩支撑上部结构的海上固定光伏发电设施。

(3) 设施类别

① 海上浮动光伏发电设施

系指通常在全生命周期内采用缆绳、锚链或压载等非刚性固定方式系固在某一固定地点并漂浮于海面的海上光伏发电设施；

② 海上固定光伏发电设施

系指通过导管架或桩基础等底部支撑结构固定于海底的海上光伏发电设施。

(4) 海上光伏支架结构

系指海上光伏发电设施中为了安装、固定光伏发电系统且连接海底基础而设计的专用支架结构，支架结构一般包括用于固定光伏发电系统的上部框架结构和用于连接浮体基础或桩基础的下部支腿结构。

(5) 海上光伏发电系统

系指在海上利用光伏电池的光伏效应，将太阳辐照能转换成电能的发电系统。一般由光伏组件、直流汇流箱、光伏逆变器和蓄电池（如有）构成。

(6) 海上离网型光伏发电

系指不接入公用电网下运行的海上光伏发电系统。

(7) 海上并网型光伏发电

系指接入公用电网运行的海上光伏发电系统。

(8) 光伏组件

系指具有封装及内部连接的、能单独提供直流电输出的完整的光伏电池组合，光伏组件一般由层压件、接线盒、边框（如有）组成。

(9) 光伏组串

系指在光伏发电系统中，将多个光伏组件串联后，形成具有直流电输出的电路单元。

(10) 光伏阵列

系指将多个光伏组件串接一定规律进行排布连接后形成的直流发电单元。

(11) 光伏控制器

系指将光伏组件提供直流电变换成负载可用的直流电的设备。

(12) 直流汇流箱

系指将多组光伏组件输出的直流电汇总后，统一接入逆变器的直流配电设备。

(13) 光伏逆变器

系指将光伏直流电变换成单相或多相交流电的的电气设备。

(14) 无人驻守海上光伏发电设施

系指无人居住的海上光伏发电设施。特殊条件下，如检修期间、应急故障处理期间、经批准的访问、调查期间，以及定期巡检等情况下，允许登设施的人数应尽可能少；登乘人员不得在设施上过夜。

第 3 节 接受标准

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 除满足本指南要求外，CCS 接受国际标准、国家标准和行业标准对海上光伏发电设施的适用部分，当接受的标准与本指南要求存在不一致时，应以本指南要求为准。相关文件中的条款通过本指南的引用将成为本指南的条款。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

1.3.1.2 按照本指南签发证书的设施，可参照执行的主要国际公约、国家技术法规和国家标准如下：

- (1) 国际海事组织《经 1978 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约》（简称“防污公约”）；
- (2) 国际海事组织《1972 年国际海上避碰规则公约》（简称“避碰规则”）；
- (3) 国际海事组织《2001 年国际控制船舶有害防污底系统公约》（简称“防污底公约”）；
- (4) 中华人民共和国海事局《海上固定设施安全技术规则》；
- (5) 中华人民共和国海事局《海上浮动设施技术规则》；
- (6) 中华人民共和国海事局《海上浮动设施检验规则》；
- (7) 中华人民共和国海事局《海上拖航法定检验技术规则》；
- (8) 中华人民共和国海事局《国际航行海船法定检验技术规则》；
- (9) 中华人民共和国海事局《起重设备法定检验技术规则》；
- (10) GB 46766《海洋石油固定平台安全规范》；
- (11) GB 50797《光伏电站设计标准》；
- (12) GB 50116《火灾自动报警系统设计规范》；
- (13) GB/T 46980《光伏组件防火性能试验方法》；
- (14) GB/T 2297《太阳光伏能源系统术语》；
- (15) GB/T 51048《电化学储能电站设计规范》；
- (16) GB/T 42288《电化学储能电站安全规程》；
- (17) NB/T 11744《海上光伏发电系统设计规范》。

第 4 节 检验与发证

1.4.1 一般要求

1.4.1.1 业主或其代理人应按照附录 A 的要求进行分级检验申请。

1.4.1.2 除本指南特殊规定外，海上浮动光伏发电设施的入级检验应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》的适用规定；海上固定光伏发电设施的入级检验应符合 CCS《海上固定平台入级与建造规范》或《浅海固定平台建造与检验规范》的适用规定。

1.4.1.3 提交的图纸范围应依据 1.4.1.1 规定的适用规范，结合设施结构型式以及功能确定。包括但不限于本指南附录 B 给出的图纸范围。

1.4.1.4 海上光伏发电设施的通用产品应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》的适用规定，如果选择 1.4.2.4 “PV System”附加标志，需满足本指南附录 C “光伏发电系统附加标志产品持证要求”的要求。

1.4.1.5 检验包括设计图纸审查、建造中检验和建造后检验。

1.4.1.6 海上光伏发电设施确认设施符合本指南的适用规定，授予相应的入级符号与附加标志并签发入级证书，或签发检验报告。

1.4.2 入级符号与附加标志

1.4.2.1 由海上光伏发电设施的所有者或其代理人申请，凡符合本指南要求经 CCS 入级检验，认为设施主体及附属物主要部件的结构强度和完整性，光伏系统以及设施上装配的

其他设备或辅助系统的可靠性和功能，能维持设施的基本功能，CCS 可授予相应的入级符号与附加标志。

1.4.2.2 入级符号是海上光伏发电设施主要特性的表述，具有强制性。

(1) 海上浮动光伏发电设施的入级符号应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 2 章第 3 节 2.3.1 的适用规定。

(2) 海上固定光伏发电设施的入级符号按以下要求执行：

★ CSA——表示设施主体以及设施重要用途的辅助机械是由 CCS 进行产品检验、审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定。特殊情况下，设施在临近交付前，其主体和设备经 CCS 入级检验，认为其等效符合 CCS 规范的规定，则★用★替代；

★ CSA——表示设施主体以及设施重要用途的辅助机械不是由 CCS 进行产品检验、审图和建造中检验，但其后经 CCS 进行入级检验，认为其符合 CCS 规范的规定。

1.4.2.3 附加标志是海上光伏发电设施不同特点的分级表述，加注在入级符号之后。设施类型、设施类别为必需性附加标志，特殊系统为可选性附加标志。其他附加标志应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》和《海上固定平台入级与建造规范》的适用规定。

1.4.2.4 海上光伏发电设施的设施类型、设施类别和特殊系统附加标志规定如表 1.4.2.4 所示。

附加标志 表 1.4.2.4

附加标志	说 明		应满足技术要求
A 设施类型附加标志			
<u>Column Stabilized/ Semi-submersible</u>	<u>柱稳式/ 半潜式</u>	本章 1.2.1.1 (2) ① <u>定义的结构型式</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求</u>
<u>Frame Type</u>	<u>框架式</u>	本章 1.2.1.1 (2) ② <u>定义的结构型式</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求</u>
<u>Combined Type</u>	<u>组合式</u>	本章 1.2.1.1 (2) ③ <u>定义的结构型式</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求</u>
<u>Jacket Type</u>	<u>导管架式</u>	本章 1.2.1.1 (2) ④ <u>定义的结构型式</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求和 CCS《海上固定平台入级与建造规范》的适用规定</u>
<u>Pile Type</u>	<u>桩基式</u>	本章 1.2.1.1 (2) ⑤ <u>定义的结构型式</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求和 CCS《海上固定平台入级与建造规范》的适用规定</u>
B 设施类别附加标志			
<u>Floating Solar Photovoltaic Installation</u>	<u>海上浮动光伏发电设施</u>	本章 1.2.1.1 (3) ① <u>定义的海上光伏发电设施</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求</u>
<u>Fixed Solar Photovoltaic Platform</u>	<u>海上固定光伏发电平台</u>	本章 1.2.1.1 (3) ② <u>定义的海上光伏发电设施</u>	本指南第 1 章至第 8 章 <u>的适用要求和 CCS《海上固定平台入级与建造规范》的适用规定</u>
C 特殊系统附加标志			
<u>PV System</u>	<u>光伏发电系统</u>	具有用于海上光伏发电设施的光伏发电系统，可授予此附加标志	<u>符合国家标准或行业标准以及本指南附录 C 的适用规定</u>

1.4.3 建造中检验

1.4.3.1 申请 CCS 进行建造检验的设施，在建造前，申请方应向 CCS 总部或其当地分

支机构提交设施建造检验的书面申请。

1.4.3.2 对于首次申请建造 CCS 级设施的建造厂或首次建造 CCS 级新型设施的建造厂，验船师应对建造厂的生产能力，包括生产场所、设施及建造厂的质量保证体系、施工人员的资质、分包方等各方面以及对即将建造设施的适用性和有效性进行评估。

1.4.3.3 开工前检查

开工前，验船师应对建造厂开工建造及其检验的有关准备情况进行检查和确认，如：建造设施的准备工作计划、施工/焊接工艺、焊工/无损检测人员资质、船用产品持证要求清单、焊接规格表、无损检测图、密性试验图、检验/试验项目表、有关材料（钢板、焊接材料等）、建造公差标准、分包方情况（适用时）以及开工前必需的图纸文件等技术资料等。对于个别不影响开工的项目，验船师可酌情在相应建造阶段之前予以检查和确认。

1.4.3.4 其他试验/检验文件的核查

(1) 验船师应对建造厂提供的，为即将建造设施的准备工作 and 相关资料，诸如机械、设备和系统安装工艺、倾斜试验、系泊试验等现场试验、工艺文件进行审查或确认；

(2) 验船师应确认检测公司、检测人员及检测设备持有有效的 CCS 认可的资质证书或 CCS 接受的资质证书。

1.4.3.5 检验与试验

(1) 验船师应按批准的图纸资料（含审图意见）进行检验，对建造厂采取的措施进行落实确认；对建造厂落实审批图纸及其审图意见的异议，应及时向审图部门反馈；

(2) 建造厂应按本章 1.4.1.3 中的要求，结合本指南附录 C，编制拟建设施有关的产品持证清单，提交设施现场验船师确认。

1.4.3.6 检验和试验项目

(1) 主体检验和试验项目：

- ① 确认本指南所要求的设施主体结构材料（金属材料、焊接材料和非金属材料等）、锚泊、系泊设备和系统等，持有本指南所要求的产品证书或证件；
- ② 检查设施主体结构和设备，其材料、尺寸、制造、布置和安装等各方面与批准的图纸、图表、说明书、计算书和其他技术文件相符，且工艺等各方面均应令验船师满意；
- ③ 验船师发现任何不符合批准图纸、图表、说明书、计算书和其他技术文件的构件尺寸、材料、施工、布置、工艺、装置和设备应予纠正；
- ④ 验船师应对主要阶段控制进行检验，包括构件尺寸检查和焊接质量检查以及重要结构焊接规格检查；
- ⑤ 检查甲板上人员保护安全措施，如逃生通道、梯道、栏杆和安全绳等；
- ⑥ 检查光伏系统支架结构；

(2) 海上固定光伏发电设施结构附加要求：

- ① 装船检验；
- ② 海上安装检验，一般包括结构吊装、打桩及支架结构安装等；

(3) 海上浮动光伏发电设施结构附加要求：

- ① 装船检验（适用时）；
- ② 对结构进行检查，确认设施结构的完整性；
- ③ 对提供稳性和浮力的舱室结构，包括横向舱壁和纵向舱壁进行结构试验，或渗漏试验，或冲水试验，或其他替代试验；
- ④ 舱口和开口及其关闭装置的检查和试验（适用时）；
- ⑤ 水密门、风雨密门、窗及其关闭设施检查和试验（适用时）；
- ⑥ 锚泊和系泊设备安装后的检查和试验；

- ⑦ 拖曳设备检验；
 - ⑧ 确认设施主尺度、水尺及其他标志；
 - ⑨ 参加倾斜试验，包括试验前设施状况检查和试验后的评估，确认设施的空船重量及重心；
 - ⑩ 参加系泊试验（适用时）；
 - ⑪ 浮力块安装后检查和试验（适用时）；
 - ⑫ 对于组合式设施结构的主体检验，应检查组合式单元之间的连接结构、护舷与批准的图纸相符，并应在各单元连接后进行现场检查；
 - ⑬ CCS 认为需要检查和试验的其他项目。
- (4) 海上光伏发电系统检验和试验项目：
- ① 验船师应确认海上光伏发电系统各主要部件，如光伏组件、直流汇流箱、光伏逆变器、就地升压变压器、光伏控制器、蓄电池等，均持有相应的证书；
 - ② 检查光伏发电系统主要部件的布置、安装、工艺等方面符合批准的图纸、规范和其他技术文件的要求；
 - ③ 检查光伏发电系统的完整性；
 - ④ 检查光伏发电系统的接线，应无明显松动和损伤；
 - ⑤ 光伏控制器功能的有效性应在检验中进行验证（适用时），一般应包括额定负荷试验、输出过载/短路保护试验、蓄电池过充电/过放电保护试验；
 - ⑥ 光伏离网逆变器功能的有效性应在检验中进行验证，一般应包括额定负荷试验、输出过载/短路保护试验、蓄电池过充电/过放电保护试验（如适用）；
 - ⑦ 光伏并网逆变器功能的有效性应在检验中进行验证，一般应包括并网运行试验、防孤岛保护试验；
 - ⑧ 应验证当没有在网发电机运行的情况下，光伏并网逆变器无法投入电网运行；
 - ⑨ 在并网运行试验中，切除全部电网负荷前，将最后一台发电机停机，光伏并网逆变器应能检测到孤岛并立即断开与电网的连接。
- (5) 系泊系统检验和试验项目（适用时）：
- ① 系泊系统设备的产品证书核查；
 - ② 系泊系统设备安装后的检查；
 - ③ CCS 认为需要检查和试验的项目。
- (6) 电气检验和试验项目：
- ① 验船师应确认电气设备、系统等，持有本指南要求的产品证书或证件；
 - ② 验船师应检查电气设备，诸如电动机、电缆、电缆贯穿密封件（如有时）、主配电板和应急配电板的布置、安装和工艺等各方面，符合批准的图纸、图表、说明书、计算书和其他技术文件；
 - ③ 对电气设备，诸如电动机、电缆、主配电板和应急配电板等的安装后检查和试验；
 - ④ 对设施内通信系统和设施警报系统的检查和试验；
 - ⑤ 对危险区域内电气设备（如有时）安装后的检查和试验；
 - ⑥ 对应急电源包括临时应急电源的检查和试验；
 - ⑦ 故障模式与影响分析试验和效用试验（适用时）；
 - ⑧ 可移动设备的接地检查，铝质结构的接地检查（适用时）；
 - ⑨ 电力设备绝缘及防雷检查；
 - ⑩ 储能系统安装后和效用试验（适用时）；
 - ⑪ 视频监控系统的安装和功能试验；

⑫ 数据采集与监控系统安装和功能试验；

⑬ CCS 认为需要检查和试验的项目。

(7) 防火检验和试验项目：

① 设施的总布置与设计图纸符合性检查；

② 逃生通道和脱险路线的检查；

③ 通风系统布置及技术要求的检查；

④ 耐火分隔检查；

⑤ 验船师应确认规范所要求的结构防火材料、防火防爆设备、系统等持有规范要求的产品证书或证件；

⑥ 防火控制图及其张贴的检查；

⑦ 灭火器储存室的布置及通风检查；

⑧ 固定灭火系统的检查和试验；

⑨ 消防器材、消防员装备、应急逃生呼吸器的检查；

⑩ 火警探测和报警系统的检查和试验；

⑪ 可燃气体探测报警系统的检查和试验；

⑫ 防爆设备的检查和试验；

⑬ 应急关断系统的检查和试验；

⑭ CCS 认为需要检查和试验的项目。

1.4.4 建造后检验

1.4.4.1 为保持证书的有效性，应按照本节规定进行相应检验。适当时，CCS 可接受远程检验技术用于帮助实施所要求的外部 and 内部检查，包括近观检验和测厚。CCS 验船师在检验中可根据其专业判断扩大检验范围，业主或其代理人应提供相应的检验条件。

1.4.4.2 在检验中，如发现影响证书的有效性的损坏或缺陷并认为必须立即进行处理时，验船师应将处理意见通知业主或其代理人，如未得到贯彻，验船师应立即将这些情况报告 CCS 总部。

1.4.4.3 业主或其代理人有责任向 CCS 提出保持证书有效性的检验申请，并按指南要求做好检验的项目准备和为检验提供安全措施。

1.4.4.4 入级符号的授予、保持、暂停、取消与恢复应按照 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 2 章第 10 节要求执行（适用时）。

1.4.4.5 损坏和修理检验

(1) 结构或设备遭到认为可能影响证书有效性的损坏时，应及时通知 CCS，CCS 将指派验船师及时登设施进行损坏检验，其检验范围应使验船师认为能查明损坏程度和原因所需的范围；

(2) 结构或设备进行影响证书有效性的修理时，应在 CCS 验船师在场下进行。如修理地点无 CCS 验船师时，业主或其代理人应及时通知 CCS。

1.4.4.6 改装或改建检验

结构或设备进行影响证书有效性的改装或改建时，其相关图纸应提交 CCS 批准。改装或改建及相关部分，一般应符合 CCS 现行指南的规定或至少要达到原先适用指南的要求。

1.4.4.7 除本节特殊规定外，海上光伏发电设施的建造后检验：

(1) 海上浮动光伏发电设施的建造后检验种类、周期和检验要求应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章的适用规定；

(2) 海上固定光伏发电设施的建造后检验种类、周期和检验要求应符合 CCS《海上固定平台入级与建造规范》第 2 章的适用规定。

1.4.4.8 光伏发电系统的建造后检验

(1) 年度/中间检验

- ① 检查光伏组件的完好程度，不应出现以下的损坏和故障情况：
 - (a) 开裂或损伤的外表面；
 - (b) 热斑；
 - (c) 破碎或有裂纹的单体电池；
 - (d) 互联线或接头不可靠；
 - (e) 电池互相接触或与边框相接触；
 - (f) 密封材料失效；
 - (g) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或脱层；
 - (h) 在塑料材料表面有粘污物；
 - (i) 引线端失效，带电部件外露；
 - (j) 可能影响组件性能的其他任何情况。
- ② 检查光伏组件的支架结构，应无明显松动和损伤。
- ③ 检查就地升压变压器、逆变器、光伏控制器等显示仪表工作正常。

(2) 特别检验

- ① 本节中年度/中间检验规定的项目；
- ② 对直流汇流箱、逆变器、就地升压变压器、光伏控制器等电气设备的过电流保护电器进行检查，以确认其对各自电路提供适当保护；
- ③ 光伏控制器/逆变器作运行试验；
- ④ CCS 认为需要检查和试验的项目。

第2章 总体

第1节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 海上浮动光伏发电设施的总体设计应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第2篇的适用规定；海上固定光伏发电设施的总体设计应符合 CCS《海上固定平台入级与建造规范》第2篇和《浅海固定平台建造与检验规范》第2篇的适用规定。

2.1.1.2 海上浮动光伏发电设施的拖航应符合中华人民共和国海事局《海上拖航法定检验技术规则》的适用规定。

2.1.2 设计工况

2.1.2.1 设计工况系指光伏发电设施在作业点或迁移时操作或活动的条件或状态，包括：

- (1) 正常作业工况：指光伏发电设施在作业点进行作业或其他操作时，承受与作业相适的，且处于设计限度内的组合环境载荷及作业载荷的状态；
- (2) 自存工况：指光伏发电设施承受最严重设计环境载荷的状态；
- (3) 迁移工况：指光伏发电设施以干拖或湿拖等方式，从一个地区迁移到另一个地区过程中的状态；
- (4) 安装工况：指光伏发电设施的装船、吊装、打桩和支架结构安装等的状态；
- (5) 偶然工况：指光伏发电设施在全寿命周期内可能出现的意外状态，如地震、碰撞破损、一缆破断等。

2.1.2.2 如 CCS 认为有其他特殊工况影响设施的安全，应根据 CCS 的要求考虑相关工况。

第2节 总体布置

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 海上光伏发电设施的总体布置应考虑如下因素和要求：

- (1) 满足安全、防火、消防、人员逃生和救生的需要；
- (2) 符合生产作业的需要；
- (3) 满足维修及事故处理的需要；
- (4) 满足结构合理性，如空间布置、建造便利性等需要。

2.2.1.2 海上光伏发电设施的总体布置应充分考虑人员的安全、财产的保护及防止环境污染，应使事故发生、蔓延和升级的风险尽可能降低。

2.2.1.3 海上风电场内部海域独立布置的光伏发电设施应采用风光同场一体化设计原则，具体要求如下：

(1) 光伏发电设施阵列应与风电机组保持安全间距，满足风机运行、避开叶片除冰范围（如有）、坠物安全、运维通航、吊装作业及应急疏散要求，不应侵入风机安全作业区域及海缆保护区；

(2) 光伏发电设施基础应结合场区工程地质条件与风电场结构形式协同设计，施工期间应采取减振、防冲刷及安全防护措施，避免对风机基础及主体结构产生不利影响；

(3) 电气系统应遵循同源同网、就近接入原则，光伏发电系统宜接入风电场集电系统，

共用海上升压站与陆上送出线路，并开展短路电流、继电保护、电能质量、孤岛效应等校核计算，确保风光联合并网运行安全稳定；

(4) 光伏发电海缆路由宜与风电集电线路统一规划、统一敷设、统一标识及防护；

(5) 光伏发电设施结构设计基本风速、波浪、水流、温湿度、盐雾腐蚀及疲劳载荷等技术条件不应低于风电场设计标准，设备防腐等级、防护等级及材料耐久性应满足海洋环境长期运行要求。

2.2.1.4 海上光伏发电设施采用太阳追踪系统时，应符合 GB/T 29320《光伏电站太阳追踪系统技术要求》的适用规定。

2.2.2 海上浮动光伏发电设施气隙

2.2.2.1 海上浮动光伏发电设施在各种漂浮状态下，考虑设施相对于海面运动后，光伏组件下缘与波峰之间应具有合理的间隙。此间隙可以通过数值计算、模型试验等方法确定，并提交 CCS 审查批准。如气隙为负值，应开展相应的波浪砰击分析，保证结构满足规范要求，主要电气设备满足防水要求。

2.2.3 海上固定光伏发电设施高程

2.2.3.1 海上固定光伏发电设施支架结构框架或光伏组件最低点，应处于设计环境条件下潮汐与波浪最不利组合情况时的最大波峰高程以上，并留有一定的间隙。

2.2.3.2 海上固定光伏发电设施的支架结构框架或光伏组件最低点高程可以按照以下公式确定：

$$T = H + \frac{2}{3}H_m + \Delta \quad \text{m}$$

式中： T ——支架结构框架最低点或光伏组件最低点的高程，取小者，m；

H ——自存工况设计重现期条件下的极端高水位，m；

H_m ——自存工况设计重现期条件下的最高设计波高，m；

Δ ——间隙，不小于 0.5m，m。

2.2.4 安全登乘

2.2.4.1 应设有有效安全的人员登乘设备。

2.2.4.2 对于组合式浮动光伏发电设施，每个浮体单元均应满足检修人员可安全登乘的要求。

第 3 节 设计载荷

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 应根据海上光伏发电设施所受实际载荷情况，分别考虑海上光伏发电设施在各设计工况下的载荷与响应。一般需考虑环境载荷、使用载荷和施工载荷。

2.3.1.2 设计环境条件的重现期应根据海上光伏发电设施的设计寿命、重要性和环境条件资料的可靠性等因素确定，但一般作业工况不应低于 1 年一遇，自存工况不应低于 50 年一遇。

2.3.1.3 除规范有明确规定之外，其他工况的设计环境条件重现期应由业主/设计者规定，且一般不小于 1 年；对于小于 1 年的设计环境条件重现期，应经 CCS 认可。

2.3.1.4 迁移工况设计环境条件应符合主管机关和沿岸国政府的适用规定。

2.3.2 环境载荷

2.3.2.1 环境载荷系指直接或间接由环境作用引起的载荷，包括由环境载荷引起的所有外力，如系泊力、运动惯性力等。环境载荷通常由下列载荷组成：

- (1) 风载荷；
- (2) 波浪载荷；
- (3) 海流载荷。

如需要且必要，则地震、海冰、海床承载能力、温度、积雪和海生物附着等对载荷的影响也应考虑。

2.3.2.2 海上光伏发电设施的风载荷，应按照 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 5 章第 3 节 5.3.3 的适用规定进行计算。当光伏板阵列布置，阵列数大于 7 排时，可对两端第 2 列、第 4 排以内支架和光伏板的风载荷进行折减，折减系数宜由模型试验确定并经 CCS 认可。

2.3.2.3 海上浮动光伏发电设施的波浪载荷，应按照 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 5 章第 3 节 5.3.2 的相关规定进行计算。对于尺度较小的海上光伏发电设施，其桩/柱构件（一般以 $D/L \leq 0.2$ ， D 为构件截面的特征尺度， L 为波长）作为小尺度孤立桩柱，波浪力可用莫里逊（Morison）公式计算。

2.3.2.4 海上固定光伏发电设施的波浪载荷，应按照 CCS《浅海固定平台建造与检验规范》第 2 篇第 3 章第 4 节 3.4.3 的相关规定进行计算。

2.3.2.5 海上光伏发电设施的海流载荷，应按照 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 5 章第 3 节 5.3.4 的相关规定进行计算。

2.3.2.6 如海上光伏发电设施位于存在海冰的区域，应考虑作用于设施上的冰载荷。冰载荷应按照公认的标准计算。海上固定光伏发电设施宜考虑设置破冰装置。

2.3.2.7 海上固定光伏发电设施应考虑地震载荷，地震载荷应按照公认的标准计算。

2.3.2.8 用于环境载荷计算的海洋环境条件数据应根据可靠并足够的资料进行统计分析，具体方法可参考 CCS《海洋工程结构设计和评估环境条件应用指南》。

2.3.3 使用载荷

2.3.3.1 使用载荷应包括设施在使用期间所受到的除环境载荷外的其他载荷，一般可分为固定载荷、可变载荷和动力载荷。

2.3.3.2 固定载荷包括结构和设备等产生的重量载荷，如结构自重、舾装重量、附属结构重量以及固定不变的机电设备重量等。

2.3.3.3 可变载荷包括可移动的设备重量、人员及其个人物品的重量等（如有时）。一般应考虑作业期间所需的最大可变载荷。

2.3.3.4 海上浮动光伏发电设施应考虑由设施运动产生的动力载荷。

2.3.3.5 动力效应显著的海上固定光伏发电设施应考虑由外部激励产生的动力载荷。

2.3.4 施工载荷

2.3.4.1 海上光伏发电设施的施工载荷系指发生在建造、装船、迁移（运输）、吊装和安装等阶段的暂时性载荷。设计时应考虑施工过程中各阶段的载荷作用。

第 4 节 防 腐

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 为防止腐蚀引起的整体损坏，所有钢结构应设计有效的保护，一般包括涂层、

金属镀层、阴极保护、腐蚀增量或其他认可的方法。设计防腐保护系统时应特别注意设施的设计寿命和保护的可维护性。

2.4.1.2 阴极保护系统可以使用牺牲阳极或外加电流系统，或者联合使用。

2.4.1.3 海上光伏发电设施主要结构的防腐设计年限应不小于其设计寿命。

2.4.1.4 定义

(1) 飞溅区：海上光伏发电设施在吃水变动和波浪作用下干湿交替的外部区域；

(2) 大气区：海上光伏发电设施在飞溅区以上的外部区域；

(3) 全浸区：海上光伏发电设施在飞溅区以下的外部区域；

(4) 腐蚀增量：在设计强度以外，为补偿腐蚀损耗而增加的构件厚度。

2.4.1.5 结构外表面的防腐蚀

(1) 大气区的钢结构，应采用涂层防腐蚀。对涂装有困难的小型复杂构件，或有特殊要求的钢结构件，可采用镀层防腐蚀；

(2) 飞溅区中的钢结构，应采用高效长寿命防腐涂料，且应考虑一定的腐蚀增量；

(3) 全浸区中的钢结构，宜采用阴极保护与涂层联合防腐蚀措施。对于拟用水下检验代替坞内检验的设施，应采用高效长寿命防腐涂料，该涂料细则应交 CCS 备查。

2.4.1.6 结构内表面的防腐蚀

暴露于空气、海水或其他含腐蚀性介质环境中的钢结构的内表面，应采取涂层、阴极保护或两者联合的防腐蚀措施。

2.4.1.7 两种不同金属连接处应采取适当措施以防电化学腐蚀。

2.4.1.8 涂层的设计、施工和检验应符合 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》和/或国家及国际有关标准的规定，如 NACE SP0108《Corrosion Control of Offshore Structures by Protective Coatings》、ISO12944-2《色漆和清漆-防护漆体系对钢结构的防腐蚀保护-第2部分：环境分类》、SSPC-SP《钢结构涂装表面处理标准》等。

2.4.2 海上浮动光伏发电设施防腐

2.4.2.1 安装在海上浮动光伏发电设施上的牺牲阳极的阴极保护应符合 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》7.3~7.5 节的适用规定。

2.4.2.2 海上浮动光伏发电设施需要进行阴极保护时，可根据 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》附录 C 和 D 的计算方法进行牺牲阳极保护计算和外加电流阴极保护计算，和/或符合公认的国家或国际标准的适用固定，如 GB/T 4948《铝合金牺牲阳极》、NACE SP0387《Metallurgical and Inspection Requirements for Cast Galvanic Anodes for Offshore Applications》等。

2.4.2.3 海水压载舱牺牲阳极的阴极保护应符合 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章第 6 节 1.6.3 的适用规定（适用时）。

2.4.2.4 海水压载舱保护涂层的设计、施工和检验应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》的适用规定（适用时）。

2.4.2.5 对于海上浮动光伏发电设施，如光伏发电设施设计要求不间断作业，无任何进坞计划或无进坞条件，设计者或所有者应提供作业环境下使用寿命期间的腐蚀预期，并在设计中予以考虑，并满足下列要求：

(1) 应综合考虑拟采用的腐蚀保护措施、以往的运营经验、储存液体的类型和温度等影响腐蚀的因素，对年腐蚀率进行预估。如无法提供年腐蚀率，腐蚀增量应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 13 章第 5 节的适用规定；

(2) 飞溅区的外板应考虑额外的腐蚀增量，如没有可靠的年腐蚀率数据，可按照每年 0.4 mm 计算；

(3) 如业主和设计方根据设施的可靠度进行设计, 接受设施及上部光伏发电系统失效的后果, 可适当降低腐蚀增量的设计要求。

2.4.3 海上固定光伏发电设施防腐

2.4.3.1 海上固定光伏发电设施的涂层与镀层保护、牺牲阳极保护、外加电流阴极保护等防腐设计应符合 CCS《浅海固定平台建造与检验规范》第 2 篇第 10 章的适用规定, 和/或国家及国际有关标准的要求, 如 NACE SP0176《Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production》、NACE SP0108《Corrosion Control of Offshore Structures by Protective Coatings》等。

2.4.3.2 飞溅区的设施结构除采用适当的涂层保护措施外, 其结构设计还应考虑适当的腐蚀增量。结构腐蚀增量应根据设施设计使用年限, 钢材年平均腐蚀量以及防腐系统的保护效率来确定。在无法确定上述参数时, 飞溅区结构的腐蚀增量可按照每年 0.3 mm 计算; 如业主和设计方根据设施的可靠度进行设计, 接受设施及上部光伏发电系统失效的后果, 可适当降低腐蚀增量的设计要求。

第 3 章 海上浮动光伏发电设施

第 1 节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 本章适用于海上浮动光伏发电设施，主要包括浮体结构、系泊系统和光伏支架结构。

3.1.1.2 本章所述结构设计的规定和要求主要适用于以下型式（见图 3.1.1.2）的钢制或等效材料的海上浮动光伏发电设施：

- (1) 柱稳式（半潜式）；
- (2) 框架式；
- (3) 组合式。

除上述型式以外的新颖结构型式的浮动光伏发电设施结构设计可根据结构型式、受载荷特点等采用工业界普遍认可的技术标准进行，但采用的结构设计方法及相关技术标准、技术依据等应在设计文件中明确，并得到 CCS 的认可。

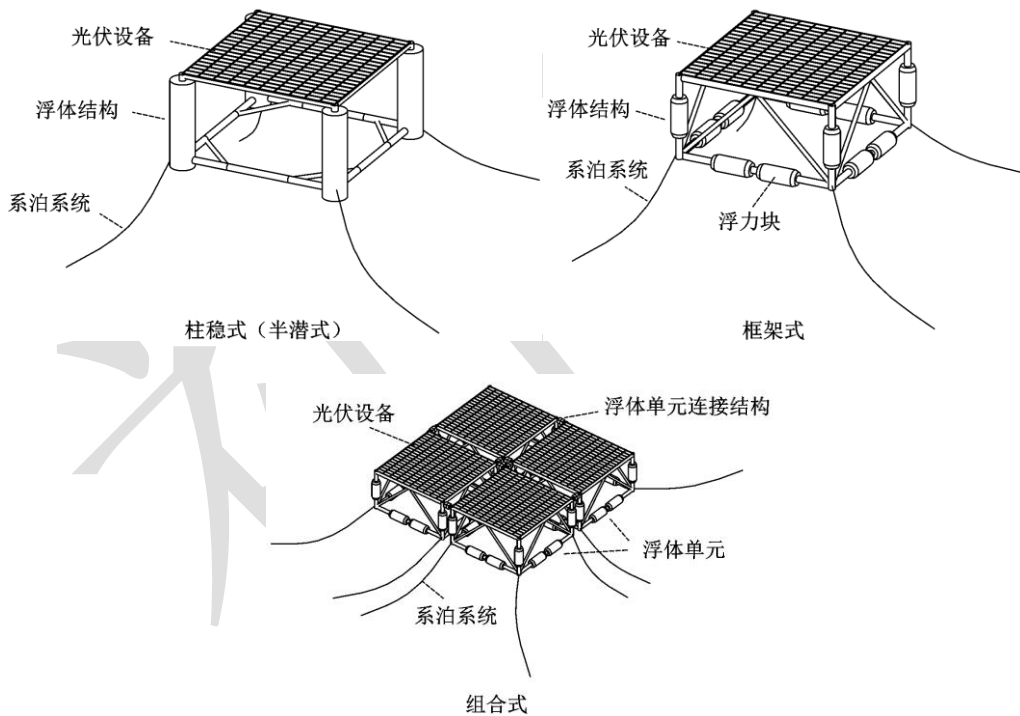


图 3.1.1.2 海上浮动光伏发电设施示意图

3.1.1.3 海上浮动光伏平台的结构布置应主要考虑满足平台总体性能及与平台安全直接相关的要求。

3.1.1.4 浮动光伏发电设施的光伏组件可直接与浮体结构连接，或可通过支架结构与浮体结构连接，对于采用支架连接的浮动光伏发电设施，其支架结构应符合本章第 3 节的适用规定。

3.1.1.5 海上浮动光伏发电设施的浮体结构和支架结构的材料与焊接应符合 CCS《材料与焊接规范》或 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》的适用规定，并经 CCS 认可。

第 2 节 浮体结构

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 海上浮动光伏发电设施（以下简称“浮动光伏”）的浮体结构设计应满足结构强度、整体刚度、稳定性、系泊强度的要求，并应满足在海洋环境中的耐久性和运行维护条件下的安全性、功能性等方面的要求。

3.2.1.2 浮动光伏浮体结构设计可按照载荷抗力系数法（Load and Resistance Factor Design，简称“LRFD”）或工作应力法（Working Stress Design，简称“WSD”）进行。

3.2.1.3 浮动光伏浮体结构分析计算时一般应采用公认的有限元结构分析程序。

3.2.1.4 浮动光伏浮体结构中承受高约束、板厚方向承受收缩变形和连续拉力载荷的重要部位，应采用具有抗层状撕裂性能的钢材。

3.2.1.5 浮动光伏浮体结构的屈曲强度校核应符合 CCS《海洋工程结构物屈曲强度评估技术指南》的适用规定。

3.2.1.6 浮动光伏浮体结构的疲劳强度校核应符合 CCS《海洋工程结构物疲劳强度评估技术指南》的适用规定。

3.2.1.7 在海冰地区的浮动光伏设施，应采取抗冰防护措施。

3.2.2 浮体主体结构设计

3.2.2.1 对于按照载荷与抗力系数法（LRFD）进行设计的浮动光伏浮体结构，应符合下列规定：

（1）环境载荷的分项载荷系数应按表 3.2.2.1 确定：

工况类型	正常	非正常
分项载荷系数	1.35	1.1

注：上述工况类型定义中的“正常”指结构完整未损坏的工况，“非正常”指结构损坏、光伏发电系统失效等异常工况。

（2）使用载荷和施工载荷的分项载荷系数可取为 1.0，但当使用载荷和施工载荷对结构产生有利影响时，其分项载荷系数应取为 0.9；

（3）结构强度校核准则可参照国内外普遍认可的技术标准的规定进行，材料分项系数应按照所用规范标准的规定，在缺少具体规定的情况下，可取 1.05。

3.2.2.2 对于按照工作应力法（WSD）进行设计的浮动光伏浮体结构，其屈服强度校核应符合 CCS《海上移动平台入级规范》第 2 篇第 3 章第 4 节的适用规定。许用应力安全系数应按表 3.2.2.2 确定。

应力	安全系数	
	静载工况	组合工况
构件轴向或弯曲应力	1.67	1.25
构件剪切应力	2.50	1.88
板材等效应力	1.43	1.11

注：① 静载工况是指其载荷包括处于漂浮状态时的自身重量以及相对应的浮力和/或底部反力所对应的工况；

② 组合工况是指其载荷包括①中的适用静载与相应的设计环境载荷的组合，并包括由加速度和倾斜引起的载荷所对应的工况。

3.2.3 浮体单元连接结构设计

3.2.3.1 组合式浮动光伏设施的各子平台之间应通过浮体单元连接结构进行相互连接。

3.2.3.2 浮体单元之间的连接结构可采用刚性连接、柔性连接或半柔半刚连接方式，连接结构应易于维护及更换。

3.2.3.3 浮体单元之间的连接结构应进行极限强度和疲劳强度计算，构造复杂的重要连接结构宜进行试验验证。

3.2.3.4 浮体单元之间如有碰撞风险，应配备护舷等防撞设施，并分析碰撞区域的局部强度。碰撞区域的结构设计应具有一定的冗余度，其损坏不会导致主体结构失效或者稳性丧失。

3.2.4 浮体登乘结构设计

3.2.4.1 登乘结构的布置应考虑浮动光伏设施所在海域的水文气象条件和船舶靠泊方式。

3.2.4.2 靠泊结构应考虑必要的安全防护措施，以避免对设施主体结构的损坏。

3.2.4.3 靠泊防撞构件应考虑浪高和运维船舶干舷高度的影响，且宜按可更换原则设计。

3.2.4.4 船舶靠泊载荷应根据运维船舶参数、光伏场区海洋环境特性、可能的靠泊或撞击速度等确定。

第 3 节 支架结构

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 光伏支架、组件连接件应结合工程实际选用材料、设计结构方案和构造连接措施，保证支架结构在运输、安装、使用和维护过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并满足抗风和防腐等要求。

3.3.1.2 光伏支架结构设计应符合本指南第 4 章第 3 节的适用规定，同时应考虑波浪砰击以及由于浮体结构运动导致的动态载荷效应的影响。

第 4 节 系泊系统

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 本节适用于具有系泊系统的海上浮动光伏发电设施。

3.4.1.2 系泊系统设计可采用冗余式和非冗余式，一般包括辐射式悬链状系泊系统、张紧式系泊系统和单点系泊系统等型式。

3.4.1.3 冗余式系泊系统的设计工况应包括完整自存工况、破损自存工况和瞬态自存工况，其定义可参照 CCS《海上浮动设施入级规范》第 9 篇第 7 章第 3 节的适用规定。

3.4.1.4 非冗余式系泊系统系指在破损系泊状态下浮动光伏发电设施无法满足系泊索设计衡准的设计要求，但在完整系泊状态具备更高安全系数的一种系泊系统。

3.4.1.5 海上浮动光伏发电设施应进行运动偏移、系泊张力和疲劳强度计算，并宜通过模型试验验证。

3.4.1.6 系泊系统的设计寿命应与浮体结构设计寿命一致。

3.4.1.7 系泊索通常采用锚链、钢丝绳、合成纤维缆或其组合。

3.4.2 环境条件及环境载荷

3.4.2.1 海上浮动光伏发电设施系泊系统设计环境条件参数选取应符合本指南第2章第3节的适用规定。

3.4.2.2 当采用模型试验确定环境载荷和浮体运动时，试验模型的水上或水下形状应能表征实际的浮式结构物，并适当考虑其他附件的影响。模型试验的流动特征应与实际海上浮动光伏发电设施相同，模型试验的程序及方法应与 CCS 协商确定。

3.4.2.3 潮汐引起的水位变化在一定程度上会影响浮动光伏发电设施系泊系统预张力、系泊刚度等，在浅水系泊系统时应评估极限水位的影响。

3.4.2.4 浮动光伏发电设施的环境载荷计算和方向组合宜符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第9篇第7章第2节的适用规定。

3.4.3 偏移及系泊索张力

3.4.3.1 本节要求适用于由于风、浪和流作用引起的海上浮动光伏发电设施的运动偏移和系泊索张力。

3.4.3.2 系泊系统分析方法应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第9篇第7章第2节和第3节的适用规定。

3.4.3.3 合成纤维缆应符合 CCS《材料与焊接规范》第2篇第7章第2节的适用规定。

3.4.4 系泊系统设计衡准

3.4.4.1 对于在设计上包含多根系泊索的系泊系统，通常应设计成在任一系泊索突然失效时，不会导致其他系泊索相继失效，否则按非冗余式定位系统进行设计。

3.4.4.2 海上浮动光伏发电设施冗余式系泊系统的校核应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第9篇第7章第3节的适用规定；非冗余式定位系泊系统完整自存工况下锚链或钢丝绳张力的最小安全系数应不小于 2.0，纤维缆应不小于 2.18。

3.4.4.3 对于多点连接的复杂系泊系统，破损自存工况应考虑任一根系泊索失效时的最不利情况。

3.4.5 系泊设备

3.4.5.1 锚、系泊索及其附件、导向装置及掣链/缆器的材料、设计、制造及试验等均应符合 CCS《材料与焊接规范》第1篇第10章的适用规定，或公认的国家或国际标准的有关要求。

3.4.5.2 锚、系泊索及其附件、导向装置和掣链/缆器应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第9篇第7章第4节的适用规定。

第5节 稳 性

3.5.1 一般要求

3.5.1.1 海上浮动光伏发电设施的稳性要求包括：迁移过程稳性、安装过程稳性及在位状态稳性。

3.5.1.2 海上浮动光伏发电设施的稳性分为完整稳性和破损稳性。完整稳性系指漂浮着的浮动光伏发电设施依靠倾斜后其自身的复原力矩来抵抗外加倾覆力矩的能力；破损稳性系指浮动光伏发电设施在遭受外部破损或内部进水导致的浮力损失后，依靠其自身倾斜产生的复原力矩，在静水中可满足规范对浮态及稳性的最小要求，以及在规定的风外加力作用下仍能保持不再继续进水的能力。

3.5.1.3 对于设置有浮力块的浮动光伏发电设施，破损稳性应考虑浮力块丢失的最不利情况。

3.5.2 稳性校核

3.5.2.1 稳性分析所用风倾力矩应为光伏设备、光伏支架和浮体结构等所有受风结构风倾力矩之和，作用力臂应取受风面积压力中心至浮体结构水下部分侧向阻力中心间的垂直距离。

3.5.2.2 稳性分析应假定浮动光伏发电设施处于无系泊约束的漂浮状态，当系泊约束对稳性有不利影响时，则应考虑系泊约束的不利影响。

3.5.2.3 对于单体的柱稳式（半潜式）光伏平台，在漂浮状态下的完整和破损稳性应符合 CCS《海上移动平台入级规范》第 3 篇第 2 章中对柱稳式平台的适用规定。

3.5.2.4 对于单体的框架式光伏平台，在漂浮状态下的完整和破损稳性应符合 CCS《海上移动平台入级规范》第 3 篇第 2 章中对柱稳式平台的适用规定。

3.5.2.5 对于由多个浮体单元连接在一起的组合式浮动光伏发电设施，在各种作业模式下应符合以下衡准：

- (1) 单个浮体单元在所有漂浮状态下，一般应符合 3.5.2.3 或 3.5.2.4 的适用规定；
- (2) 若单个浮体单元的稳性不符合 3.5.2.3 或 3.5.2.4 的适用规定，则应通过模型试验验证浮动光伏发电设施整体的稳性，模型试验的程序及方法应经 CCS 认可。

第4章 海上固定光伏发电设施

第1节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 本章适用于海上固定光伏发电设施（以下简称“固定光伏”）的钢质或等效材料的桩基础和光伏支架的结构设计（见图 4.1.1.1）。

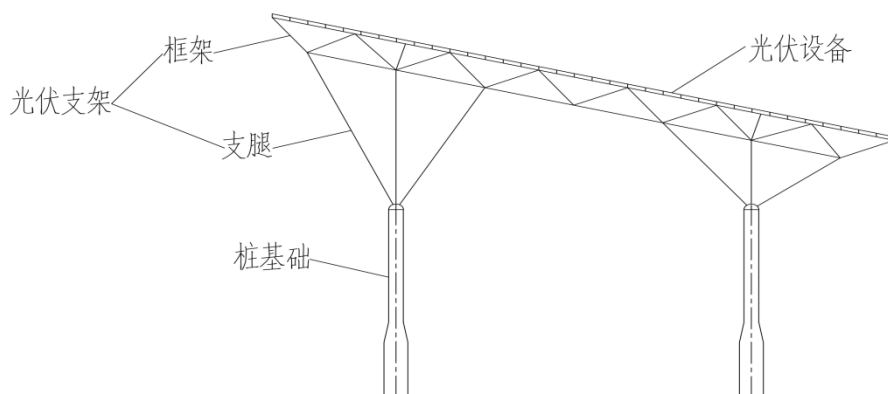


图 4.1.1.1 海上固定光伏发电设施示意图

4.1.1.2 固定光伏的基础和支架结构分析，一般应包括结构强度分析和疲劳分析。

4.1.1.3 固定光伏的基础和支架结构分析，一般应采用公认的有限元结构分析程序。

4.1.1.4 固定光伏支架结构设计应遵循传力路径明确、构件综合利用率高的原则。

4.1.1.5 飞溅区内不宜设置水平构件，冰作用区内不宜设置水平构件和斜撑。

4.1.1.6 固定光伏的基础和支架结构的材料与焊接应符合 CCS《材料与焊接规范》或 GB/T 1591《低合金高强度结构钢》的适用规定，并经 CCS 认可。

4.1.1.7 浮动光伏浮体结构中承受高约束、板厚方向承受收缩变形和连续拉力载荷的重要部位，应采用具有抗层状撕裂性能的钢材。

第2节 基础结构

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 本节的桩基础适用于打入桩和嵌岩桩，宜采用钢管桩。

4.2.1.2 桩基础应能承受静力的、循环的和瞬时的载荷，使支架结构不致产生过大的变形。应特别注意循环载荷和瞬时载荷对桩周岩土强度及对桩基础结构响应的影响。

4.2.1.3 打入桩应进行可打入性分析。

4.2.1.4 嵌岩桩基础应进行施工状况下的桩基础稳定性计算。

4.2.1.5 打入桩宜选择中密或密实砂层、硬粘性土层、碎石类土和风化岩层等土层作为桩端持力层。

4.2.1.6 桩基础轴向承载力、轴向承载性能、水平承载力及变形计算、防冲刷设计应符合 CCS《海上固定式风机支撑结构指南》的适用规定。

4.2.1.7 钢管桩壁厚应满足强度、稳定性及施工的要求，还应满足腐蚀增量的要求。

4.2.1.8 如桩基础采用分段设计，桩体长度的确定应考虑起吊能力、打桩工艺、打桩时

桩体强度、刚度和稳定性、现场接桩条件以及土质情况等因素。

4.2.1.9 桩基础设计除应符合本节规定外，还应符合 CCS《浅海固定平台建造与检验规范》第 2 篇第 5、6、8、9 章中有关强度、构造、稳定性、材料及焊接等的适用规定。

4.2.2 结构分析

4.2.2.1 结构分析方法一般应基于线弹性理论，若采用塑性方法分析时，应在设计文件中予以明确，并得到 CCS 的认可。

4.2.2.2 结构强度分析

(1) 应特别注意光伏基础与支架结构连接部位的结构高应力区域；

(2) 对于按照载荷与抗力系数法 (LRFD) 进行设计的固定光伏结构，其载荷系数应按表 4.2.2.2 (1) 确定；疲劳工况的荷载系数取 1.0；材料分项系数可参照国内外普遍认可的技术标准选取。

载荷系数 表 4.2.2.2 (1)

工况	载荷分类				
	固定载荷	可变载荷	环境载荷	惯性载荷	地震载荷
自存工况-1	1.1	1.1	1.35	1.25*1.35	—
自存工况-2	0.9	0.8	1.35	1.25*1.35	—
正常操作工况	1.3	1.5	1.2	1.25*1.2	—
地震工况-1	1.1	1.1	—	—	0.9
地震工况-2	0.9	0.8	—	—	0.9

注：① 对于自存工况，当重力载荷引起的内力同风、波浪和海流载荷引起的内力相抵消时，重力载荷系数应减小，选取自存工况-2 的载荷系数组合；

② 对于地震工况，当重力载荷引起的惯性力同地震载荷引起的内力方向相反时，重力载荷系数应减小，选取地震工况-2 的载荷系数组合；

③ 惯性载荷是当总的整体动力响应为最大值时的惯性载荷。对于自振周期相当短（小于 3s）的设施，惯性载荷可忽略。

(3) 对于按照工作应力法 (WSD) 进行设计的固定光伏结构，其屈服强度校核应符合 CCS《海上固定平台入级与建造规范》第 2 篇第 3 章和第 4 章的适用规定。构件材料的许用应力应按表 4.2.2.2 (2) 确定。在极端环境条件下，各种载荷组合后的构件许用应力可提高 1/3。

构件许用应力 表 4.2.2.2 (2)

应力种类	许用应力符号	许用应力 N/mm ²
抗拉、抗压、抗弯	[σ]	0.6 σ_s
抗剪	[τ]	0.4 σ_s
承压面（磨平）	[σ_d]	0.9 σ_s

注： σ_s —钢材屈服强度，N/mm²。

4.2.2.3 结构屈曲分析

应符合 CCS《海洋工程结构物屈曲强度评估技术指南》的适用规定。

4.2.2.4 结构疲劳分析

(1) 疲劳校核的目的是确保基础结构在营运期间具有足够的疲劳寿命；

(2) 应充分考虑在各工况下基础结构的风疲劳荷载及波浪疲劳荷载；

(3) 除本节另有规定之外，基础结构的疲劳强度校核应符合 CCS《海洋工程结构物疲劳强度评估技术指南》的适用规定。

4.2.2.5 在抗震设防烈度 7 度及以下的地区，应采用行业通用的地震响应分析方法进行设计。

4.2.2.6 在海冰地区的固定光伏设施，应采取抗冰防护措施。

4.2.3 预应力混凝土管桩（PHC）基础

4.2.3.1 PHC 桩身混凝土采用的水泥、骨料、水、外加剂和矿物掺合料等材料应符合 GB 55008《混凝土结构通用规范》和 GB/T 13476《先张法预应力混凝土管桩》的适用规定。

4.2.3.2 PHC 桩所用钢筋、钢材及构造要求应符合 GB/T 13476《先张法预应力混凝土管桩》的适用规定。

4.2.3.3 PHC 桩强度分析应符合 GB/T 50010《混凝土结构设计标准》的适用规定。

第 3 节 支架结构

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 固定光伏支架结构设计可按照荷载抗力系数法（LRFD）或工作应力法（WSD）进行。

4.3.1.2 固定光伏支架结构的框架应处于大气区。

4.3.1.3 固定光伏支架结构的支腿部分若不处于大气区，应考虑波浪载荷与其他载荷联合作用的最不利情况。

4.3.2 结构设计

4.3.2.1 光伏支架、组件连接件应结合工程实际选用材料、设计结构方案和构造措施，保证支架结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并符合抗震、抗风和防腐等要求。

4.3.2.2 光伏支架采用钢材时，材质的型钢选用和支架设计应符合 GB 50017《钢结构设计标准》和 GB 50018《冷弯薄壁型钢结构技术规范》的适用规定。

4.3.2.3 在抗震设防烈度 7 度及以下的地区，应采用行业通用的地震响应分析方法进行设计。

4.3.2.4 光伏支架结构设计应符合 GB 50797《光伏发电站设计标准》第 6.8 节的适用规定。

第5章 光伏发电系统

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 海上光伏发电系统的光伏组件、光伏组件接线盒、光伏组件连接器、直流汇流箱、光伏逆变器、就地升压变压器和电缆等设备应具备耐振动、耐湿热、耐盐雾、耐霉和耐紫外线等性能。

5.1.1.2 海上浮动光伏发电系统的上述设备，除满足 5.1.1.1 外，还应具备耐倾斜、耐摇摆等性能。

5.1.1.3 光伏发电系统和设备的布置应便于操作人员进行日常检查、维护。

5.1.1.4 海上光伏发电系统直流侧的设计电压应高于光伏组串在使用环境中出现的最大开路电压，系统中所采用的设备和材料的最高允许电压应不低于该设计电压。

5.1.1.5 海上光伏发电设施应设置数据采集与监控系统（SCADA），光伏发电系统的主要组件都应能与数据采集与监控系统进行通信。

第2节 光伏组件

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 除满足本节要求外，光伏组件的设计应符合现行国家标准或行业标准的适用规定。

5.2.1.2 光伏组件应尽可能安装在没有遮挡或阴影的区域。

5.2.1.3 应设置适当的旁路二极管或等效手段，防止热斑效应对光伏组件造成损害，除非有资料证明光伏组件能够耐受热斑效应的影响。

5.2.1.4 光伏组件及连接器的防护等级不应低于 IP68，防腐等级应不低于 CX。

5.2.1.5 光伏组件的背板宜采用玻璃材质，且其边框应能满足安装方式机械性能要求，其金属边框的防腐要求应不低于 CX。

5.2.1.6 光伏组件应具备抗电势诱导衰减（PID）功能，其应通过动态机械载荷测试和抗盐雾测试。

5.2.2 光伏组串配置要求

5.2.2.1 光伏组串的最大功率工作电压变化范围应在逆变器的最大功率跟踪电压范围内。

5.2.2.2 接入同一最大功率跟踪模块的光伏组串，其工作电压、电缆压降、组件朝向、安装倾角和阴影遮挡影响宜保持一致。

第3节 光伏阵列

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 光伏阵列同一串联回路中各光伏组件的电性能参数应保持一致，光伏组件串联数计算应符合 GB 50797《光伏发电站设计标准》的适用规定。

5.3.1.2 光伏阵列应设置必要的维护通道和冲洗装置，以便于清洁光伏组件表面。

第 4 节 直流汇流箱

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 直流汇流箱的输入回路应配置直流熔断器或直流断路器，输出回路应配置直流断路器。

5.4.1.2 直流汇流箱应具备防雷、智能监控及数据通信功能，输入回路应具备防线路接反功能并设置防过流和防逆流保护，输出回路应设置隔离保护措施。

5.4.1.3 直流汇流箱的防护等级不应低于 IP66，防腐等级不应低于 CX。

第 5 节 光伏逆变器

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 除满足本节要求外，海上光伏发电系统光伏逆变器还应符合现行国家标准或行业标准的适用规定。

5.5.1.2 光伏逆变器应设置短路、过流、过压和欠压保护。

5.5.1.3 舱外光伏逆变器防护等级不应低于 IP66，防腐等级不应低于 CX。舱内光伏逆变器防护等级不应低于 IP44，防腐等级不应低于 C4。

5.5.1.4 光伏逆变器的配置容量应与光伏阵列的安装容量相匹配，光伏逆变器允许的最大直流输入功率应不小于其对应的光伏阵列的实际最大直流输出功率。

5.5.1.5 光伏逆变器的选择应满足下列规定：

(1) 光伏逆变器应按型式、额定功率、相数、频率、功率因数、过载能力、温升、效率、输入输出电压、最大功率跟踪（MPPT）、保护和监测功能、通信接口和防护等级等技术条件进行选择；

(2) 光伏逆变器宜具备绝缘在线监测、漏电保护、电力线载波（PLC）通讯功能和电流电压（IV）扫描功能；

(3) 光伏逆变器的 MPPT 电流参数应与每路 MPPT 接入的串联回路数量、单面组件最大工作电流和双面组件的峰值功率电流相匹配。

第 6 节 就地升压变压器

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 应根据海上光伏发电场建设规模，合理选择变压器容量，确定变压器的额定变比、联结组别、阻抗电压及绝缘水平等。

5.6.1.2 舱外安装的海上光伏发电系统就地升压变压器防护等级不应低于 IP56，防腐等级不应低于 CX。舱内安装的就地升压变压器防护等级不应低于 IP44，防腐等级不应低于 C4。

5.6.1.3 就地升压变压器采用干式变压器，其设计应符合 GB/T 1094.11《电力变压器 第 11 部分：干式变压器》的适用规定；就地升压变压器采用油浸式变压器，其设计应符合 GB 1094 的适用规定。同时应用在海上浮动光伏发电设施的就地升压变压器，还应具备耐倾斜、耐摇摆等性能。

5.6.1.4 就地升压变压器高压侧宜选用 SF6 气体绝缘开关柜，高压侧断路器及低压侧断

路器应具备远程控制能力。

第 7 节 站用电系统

5.7.1 一般要求

5.7.1.1 海上光伏发电设施应设置站用电系统，并满足：

(1) 在不借助应急电源的情况下，保证对所有为维持设施正常作业所必需的电气设备供电；

(2) 在主电源发生故障时，保证对安全所必需的电气设备供电；

(3) 保证人员和设施的安全，免受各种电气危害。

5.7.1.2 应根据海上光伏发电设施各个设备的用电负荷，计算站用电容量，选择供电电源及接线型式。海上光伏发电设施站用电系统主电源可为光伏发电系统转变的电源。

5.7.1.3 海上光伏发电设施应配备独立的应急电源，应急电源可以是蓄电池或发电机。应急电源的容量应满足应急照明、火气探测、应急通风和消防系统等应急负荷需求，连续供电时间不少于 18h，对为标示海上光伏发电设施的任何信号灯和声响信号供电 96h。

第 8 节 电缆选择与敷设

5.8.1 一般要求

5.8.1.1 除满足本节要求外，光伏组件及阵列连接电缆还应符合现行国家标准或行业标准的适用规定，同时还应满足海上盐雾腐蚀、耐霉菌及阻水性能（如适用）试验要求。

5.8.1.2 光伏组件与直流汇流箱、光伏组件与组串式逆变器之间的电缆宜采用单芯电缆，电缆宜选择铜导体。

5.8.1.3 光伏发电单元出线及高压配电装置进、出线高压电缆终端宜采用全密封、全绝缘插入式电缆终端，外部护套应具备防盐雾腐蚀性能。

5.8.1.4 直流电缆应具备抗紫外线和防水性能，宜选用交联聚乙烯绝缘层、低烟无卤外护套，并避免安装在直接暴露阳光下。成束直流电缆的阻燃性和安装还应通过成束电缆耐火试验。

5.8.1.5 海上光伏发电设施低压电缆应选用船用电缆，高压电缆应选择适用于海上环境的电力电缆。

5.8.1.6 海上光伏发电设施上的电缆应采用阻燃型电缆，消防、应急系统及其相关回路的电缆应采用阻燃耐火型电缆。

5.8.1.7 海上光伏发电设施的电缆贯穿甲板或舱壁处应采用护管或穿舱件，并应对其进行封堵，甲板和舱壁的耐火等级不应因此而降低。

5.8.1.8 海上光伏发电设施应保证电缆良好的机械连接，因热循环引起的松动应减小到最小，并提供足够的应力缓冲。

第 9 节 防雷与接地

5.9.1 防雷与接地

5.9.1.1 海上光伏发电设施应设置可靠的防雷系统和接地系统，保障系统安全运行。

5.9.1.2 海上光伏发电系统应设置金属结构物作为接闪器进行直击雷保护，接闪器应通

过接地引下线 and 设施主体结构相连。接闪器所有材料均应具备耐腐蚀特性。

5.9.1.3 海上光伏发电系统电气线路应采取防雷击电磁脉冲和闪电电涌侵入的措施，同时金属部件应与防雷装置进行等电位连接并接地。

5.9.1.4 海上光伏发电系统应根据过电压保护方案选择避雷器配置数量和布置位置，并应选择无间隙金属氧化物避雷器。海上光伏发电系统应配置完善的 SPD 等雷电电磁脉冲防护措施。

5.9.1.5 光伏组件的金属边框和金属支架应可靠接地。

5.9.1.6 电气装置的接地，必须单独与接地母线或接地网连接，严禁在一条接地线串接 2 个及 2 个以上需要接地的电气装置。

5.9.1.7 接地环线和设备接地线宜采用铜排或铜绞线，并应与设备和钢结构可靠连接。

第 10 节 视频监控

5.10.1 一般规定

5.10.1.1 海上光伏发电设施应配置视频监控系统，其中光伏阵列区与海上升压站和陆上集控中心视频系统宜统一组网设置，视频监控系统应对海上光伏发电设施主要电气设备、通道和出入口等重要部位及周围海域进行有效的监视、记录和回放，并满足通航、安全运行和防火防盗的要求。

5.10.1.2 海上光伏发电设施应能将火灾报警信号及视频安全监控画面远传至远程监控中心。

第6章 消防

第1节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 除本章另有规定外，海上光伏发电场固定式海上升压站应符合 CCS《海上升压站平台指南》及主管机关的适用规定，浮动式海上升压站应符合 CCS《海上浮动设施入级规范》第 13 篇的适用规定。

6.1.1.2 除本章另有规定外，海上光伏发电场储能系统的布置和消防应符合 CCS《船舶应用电池动力规范》第 2 章和第 5 章的适用规定或符合现行国家标准 GB/T 51048《电化学储能电站设计规范》的适用规定。

6.1.1.3 火灾自动报警系统的设计应符合现行国家标准 GB 50116《火灾自动报警系统设计规范》适用规定，储能系统的火灾自动报警系统还应符合 GB/T 42288《电化学储能电站安全规程》适用规定。

6.1.1.4 安装有不间断电源、逆变器和变压器等散热设备的处所应配备空调或通风系统，避免处所温度过高。

6.1.1.5 如采用不同于本章要求的消防安全设计和布置，则应符合 CCS《船舶替代设计和布置应用指南》中消防安全替代设计的适用规定，通过试验或其他方法认定该设计和布置不低于本章要求的同等安全性能和功能。

6.1.2 功能要求

6.1.2.1 消防系统应能够将海上光伏发电场升压站和储能系统电气设备舱内的火灾控制和扑灭在着火舱室内。

6.1.2.2 光伏阵列布置和直流电缆设置应能限制火灾事故扩大，避免形成不可接受的后果。

6.1.2.3 应设置合适的控制、报警、探测和关闭系统，以确保光伏发电系统安全和可靠的运行。

6.1.2.4 光伏板的材料选择应能防止光伏阵列火灾大面积蔓延。

第2节 火灾和可燃气体探测

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 火灾探测器设置的类型、位置和数量应能保证对所有可能发生火灾和危险气体进行连续监测。

6.2.1.2 海上光伏发电设施上可能存在可燃气体的处所应配备可燃气体探测器，并满足该处所的防爆要求。

第3节 消防措施

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 海上光伏阵列内应设置船舶通道，方便运维和消防船舶进出阵列。

6.3.1.2 海上光伏发电场守护船应具备消防能力，如消防炮、消防水枪，可以有效对光伏发电系统火灾进行消防。

6.3.1.3 消防设施、设备、管道及附件的材质应耐海洋环境腐蚀。

6.3.1.4 消防设备应沿逃生通道和维修通道进行布置，应保证一旦着火，人员易于到达并随时投入使用，消防设备的位置不应因火灾的发生失去效用。

6.3.1.5 海上光伏发电设施的布置和防火结构的设置应能限制火灾和烟气的蔓延。

6.3.1.6 电缆的布置及电缆通道的设置应能延缓电缆火灾蔓延，并阻止火灾蔓延到其他区域。

6.3.1.7 分隔的贯穿应采取措施以保证分隔的耐火性不受损害。

6.3.2 场内箱式逆变器舱

6.3.2.1 场内箱式逆变器舱至少应配置 2 具 5kg 手提式干粉灭火器或其他等效手提式灭火器。

6.3.2.2 场内逆变器舱宜设置固定式自动灭火系统，自动灭火系统应符合现行国家标准或行业标准的适用规定。自动灭火系统应能与火灾探测报警系统、通风空调系统连锁。

6.3.3 场内就地变电变压器舱

6.3.3.1 场内就地变电变压器舱至少应配置 2 具 5kg 手提式干粉灭火器或等效手提式灭火器。

6.3.3.2 场内就地变压器舱宜设置固定式自动灭火系统，自动灭火系统应符合现行国家标准或行业标准的适用规定。自动灭火系统应能与火灾探测报警系统、通风空调系统连锁。

第 4 节 脱 险

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 海上光伏场设备平台，如场内变压器舱设施、场内逆变器舱设施，应设置脱险通道或梯道。

6.4.1.2 海上浮动光伏发电设施应设置 2 条脱险通道/梯道。

第 7 章 安全设备

第 1 节 一般规定

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 除满足本章要求外，海上光伏发电设施的安全设备，还应满足作业水域主管机关的相关要求。

第 2 节 救生设备

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 本节规定的救生设备与装置，应符合中华人民共和国海事局《国内航行海船法定检验技术规则》第 4 篇第 3 章的适用规定。

7.2.1.2 对于无人驻守海上光伏发电设施，应按照规定进行救生设备的配备：

(1) 应配备至少 1 只救生筏，其容量应能满足设施的最大允许登乘人员总数，但救生筏总容量不得少于 12 人；

(2) 应至少配备 6 个救生圈，至少在两个相互远离的救生圈上各装一条可浮救生索，其长度至少应为从其存放位置处至轻载水线距离的 1.5 倍，或 30m，取大者；

(3) 不少于总数一半的救生圈应设有自亮灯，且其中不少于 2 个应配备自发烟雾信号。装有自亮灯的救生圈和装有自亮灯及自发烟雾信号的救生圈应平均分置在可到达的海上光伏发电设施周边，这类救生圈不应是 (2) 中规定配备救生索的救生圈。设有自亮灯及自发烟雾信号的救生圈应放置在危险区域以外；

(4) 应按最大允许登乘人员总数配备救生衣；

(5) 水温小于 10℃ 海域的海上光伏发电设施，应按最大允许登乘人员总数配备救生服；

(6) 至少应配备 1 具经认可的抛绳设备和 6 枚火箭降落伞火焰信号。

7.2.1.3 对于无人驻守海上光伏发电设施，当有人员登乘时，如一直有运维船或交通船停靠在设施旁看护，且该船舶具有一定的救生/救助能力，可容纳登乘设施的人员总数，在海浪中具有充分的机动性和操纵性，并能从水中拯救人员和集结救生筏，则该光伏发电设施可以不配备 7.2.1.2 条要求的相关救生设备。

7.2.1.4 海上光伏发电场浮动式海上升压站，其救生设备配备应符合中华人民共和国海事局《海上浮动设施技术规则》的适用规定。

7.2.1.5 海上光伏发电场海上升压站，其救生设备配备应符合 CCS《海上升压站平台指南》及主管机关的适用规定。

第 3 节 通信设备

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 对于无人驻守海上光伏发电设施，当有人员登乘时，应携带可靠的便携式对外无线通信设备。

第 4 节 信号设备

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 海上光伏发电设施的信号设备，如主管机关有明确要求，应以主管机关要求为准。

7.4.1.2 海上光伏发电设施的灯光及助航标识应符合现行国家标准 GB 4696《中国海区水上助航标志》与 GB 17380《中国海区水中建（构）筑物标志规定》的规定。

7.4.1.3 当海上光伏场整体设有通航安全保障措施时，如电子围栏系统等，单个海上光伏发电设施则可免设信号系统。

7.4.1.4 当海上光伏场整体设有外围助航标识灯时，单个海上光伏发电设施可不设置助航标识灯。

第 8 章 防污染

第 1 节 一般规定

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 海上光伏发电设施的防污染应首先满足所在海域主管机关的要求。

8.1.1.2 应有措施避免油浸式变压器、带油电气设备泄漏造成污染。

8.1.1.3 物理清理时宜避免化学药剂使用，如需使用化学清洗剂清洗光伏板，则化学清洗剂中不应含中华人民共和国海事局《国内航行海船法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章列出的污染类别为 X 类的成分，除非该成分易于生物降解，且在清洗剂中的浓度不应超过 10%。

8.1.2 防污涂料

8.1.2.1 海上光伏发电设施的防污设计应综合评估对环境的影响，防污涂料应不含有起生物杀灭剂作用的有机锡化合物或西布曲尼。

8.1.2.2 对于防污涂料中已含有作为杀生物剂的有机锡化合物或西布曲尼的海上光伏发电设施，应具有封闭层形成隔离，以阻挡此类化合物的渗出。

第9章 海上设施应用光伏发电系统的特殊要求

第1节 一般规定

9.1.1 一般要求

9.1.1.1 本章要求适用于海上油气设施、海上风电设施、海上渔业养殖设施等海上设施应用光伏发电系统，包括新建海上设施含有光伏系统和在役海上设施加装海上光伏系统。对于其他类型设施应用光伏发电系统可参考本章中的适用规定。

9.1.1.2 对于海上设施应用光伏发电系统，除应满足本章中针对光伏发电系统的条款外，还应符合对应类型海上设施的相关规范及指南的适用规定。

9.1.1.3 除满足本节要求外，光伏发电设施的消防、安全设备和防污染方面还应符合本指南第5章~第8章的适用规定。

9.1.1.4 海上设施应用光伏发电系统应保证海上设施的逃生通道不受影响。

9.1.1.5 海上设施应用光伏发电系统时，光伏组件和阵列的布置应满足下列要求：

(1) 光伏组件和阵列的布置不得影响设施功能，如透气、通风、排烟、采光和逃生等功能，设施的透气、通风也不得影响光伏组件和阵列安全。光伏组件和阵列与设施构件应有足够的安全间距；

(2) 光伏组件和阵列的布置的布置应便于自身系统的日常检修、清洗、巡检和设备更换等运维作业，也不应妨碍海上设施的正常作业和维护；

(3) 甲板和处所顶部安装的光伏阵列应预留检修和消防通道，光伏阵列不得安装在在甲板和处所顶部边缘，阵列与边缘之间应设置宽度不小于1m通道。阵列的最大规格不得超过40m×40m，阵列与阵列之间的通道不得小于1.2m。处所顶部应设置2条便于人员上下的梯道，但至少有一个通道是斜梯；

(4) 光伏组件的布置应避免安装在吊机覆盖区域，避免吊机坠物破坏光伏板；

(5) 光伏组件的布置应采取防止光伏组件损坏、坠落的安全防护措施；

(6) 光伏组件安装在处所顶部时，其应有一定的间隙，以便于光伏板散热和尽量降低光伏板火灾热辐射对处所顶部的影响；

(7) 在立面上安装的光伏组件，安装高度距离甲板宜大于2.3m或采取安全防护措施；

(8) 光伏组件布置宜保证其结构样式、高度、外沿应与海上设施相协调；

(9) 光伏组件布置宜保证当地每天真太阳时9:00~15:00时段内无遮挡，并结合太阳辐照度、风速、雨水和积雪等气候条件及甲板室朝向、结构等因素进行设计，经技术经济比较后确定方位角、倾角和阵列间距。

9.1.1.6 海上设施应用光伏系统，其结构设计除符合本指南第2~4章的适用规定外，还应满足下列特殊要求：

(1) 应考虑因增加光伏发电系统后的载荷变化对海上设施的结构影响，如重量重心变化、风载荷增加和雪载荷增加等；

(2) 支架结构设计工作年限及结构抗震设防类别应与海上设施相应部位构件的要求一致；

(3) 支架结构设计应进行支架自身承载力验算和稳定性验算；

(4) 支架结构设计应进行支架与原海上设施构件的连接节点进行强度计算，连接薄弱部位进行专项补充分析；

(5) 光伏支架结构设计应根据所处环境的腐蚀性等级采取合理的结构型式和适宜的防腐措施，并保证光伏支架的设计与安装不影响原海上设施构件的防腐要求。

9.1.1.7 海上设施应用光伏发电系统通过光伏控制器直接供电时，应能满足以下要求：

(1) 光伏控制器应能指示所连接蓄电池的荷电状态，并在蓄电池的过压时，停止对蓄电池充电；

(2) 光伏控制器应设置过载和短路保护；

(3) 光伏控制器应能承受负载、光伏组件或蓄电池极性反接的影响并提供保护和报警；

(4) 光伏控制器应采取足够的保护措施，当控制器直流侧电压低于允许工作范围或逆变器处于关机状态时，控制器直流侧应无反向电流流过；

(5) 光伏控制器应尽量避免安装在震动过大、通风不良及潮湿的处所。

9.1.1.8 海上设施应用光伏发电系统，其防雷系统应与设施的防雷系统相结合，防止和减少雷电对光伏发电系统造成伤害和人身伤害。

9.1.1.9 严禁用消防水对带电光伏发电系统进行灭火，应采用干粉或者二氧化碳等不导电灭火介质进行灭火，确认光伏发电系统完全不带电后，才能使用喷雾水枪进行灭火。

9.1.1.10 海上设施的应急预案应纳入光伏发电系统故障和火灾应急工况，防火控制图中应标识主要电气部件、直流隔离器的位置。

9.1.1.11 光伏逆变器、直流汇流箱、配电柜、储能变流器（PCS）和风机并网柜（如有）等电气设备应集中布置、便于接近，同时适配多能协同运行的电磁兼容要求。

9.1.1.12 多能融合光伏发电系统应配置专用能量管理系统（EMS），实现光伏、储能和风机等多种发电装置的功率协同控制。

第 2 节 海上油气设施应用光伏发电系统特殊要求

9.2.1 一般要求

9.2.1.1 除本节另有规定外，海上油气固定设施应用光伏发电系统应符合《海上固定平台安全规则》和 GB 46766《海洋石油固定平台安全规范》的适用规定，海上油气浮动设施应用光伏发电装置应符合《浮式生产储油装置（FPSO）安全规则》和 CCS《海上浮动设施入级规范》的适用规定。

9.2.1.2 清洁燃料生产设施，如绿氢合成甲醇设施、绿氢合成氨设施，应用光伏发电系统应符合本节规定。

9.2.1.3 光伏阵列的安装应进行安全评估。安全评估内容至少应包括光伏阵列对设施安全的影响、设施对光伏阵列的影响和应对影响的安全措施。

9.2.1.4 光伏系统不应安装在危险区，除非光伏系统设备的防爆级别满足危险区防爆要求。

9.2.2 设备安全

9.2.2.1 光伏组件的背板应采用不燃材料，封装胶膜应采用阻燃材料。光伏组件的防火性能应符合 GB/T 46980《光伏组件防火性能试验方法》规定的 A 级要求。

9.2.2.2 每个光伏组件应设置 3 个旁路二极管，装有二极管的接线盒应定期检查。

9.2.2.3 太阳追踪系统应采用防爆类型。油气设施发生可燃气体泄漏或者火灾时，应能自动调整光伏组件和阵列到安全位置，并自动切断电源停机。

9.2.3 消防安全

9.2.3.1 光伏阵列不得安装在可燃处所顶部，处所顶部的绝缘层应为不燃材料，处所顶部表面的防水层也应为不燃材料。

9.2.3.2 安装有不间断电源、逆变器、变压器和储能电池的处所应设置自动气体灭火系

统和自动火灾探测系统。火灾自动报警系统应能将报警信号传送到有人值班处所。

9.2.3.3 光伏阵列的维修、消防通道应设置手提式干粉灭火器或二氧化碳灭火器。灭火器的位置应便于取用，步行到达灭火器的距离不得大于 10 米。

9.2.3.4 海上油气设施应全员配备防毒呼吸器。

第 3 节 海上风电设施应用光伏发电系统特殊要求

9.3.1 一般要求

9.3.1.1 本节要求适用于海上风电设施应用光伏发电系统。

9.3.1.2 海上风电设施应用光伏发电系统应遵循协同适配、安全可靠及抗逆耐久的原则。

9.3.1.3 海上浮式风机平台上应用光伏发电系统应考虑自身平台动力学特性与海上光伏运行要求，一体化开展设计、校核、施工及运维，具体特殊技术要求如下：

(1) 载荷与稳性要求：应开展浮式风机基础平台与光伏发电装置全耦合仿真，评估光伏发电系统附加重量、重心升高对浮式风机基础平台稳性及运动响应的影响；遵循 CCS《海上浮动设施入级规范》、《海上浮式风机平台指南》、IEC 61400-3-2 等标准，考虑各类载荷，重点考虑风机载荷、波浪、水流等海洋环境及极端气象载荷，保障平台稳性与结构安全；

(2) 结构强度与疲劳要求：光伏发电系统应适配浮式风机基础平台往复运动，避免共振及刚性碰撞；校核浮式风机基础平台与光伏发电系统连接节点、关键受力部位的强度与疲劳性能，宜选用轻质高强耐疲劳材料，降低附加载荷影响；

(3) 水动力与系泊协同要求：优化光伏发电系统布置应避免加剧平台波浪阻力、涡激振动；系泊系统应同时考虑风、光综合载荷，开展瞬态工况分析，优化系泊系统布置，防范碰撞风险，保障系泊安全；

(4) 布局与适配要求：光伏发电系统应避开风机叶片旋转区、系泊连接区及检修通道，组件间距兼顾散热与防遮挡；布置不应影响风机主控、监测系统运行，不占用应急及作业空间；

(5) 安装与运维要求：宜采用岸边总装、海上浮托等适配施工方案，避免损伤风机及平台设备；宜设置光伏专用检修设施，配备海况监测及应急撤离预案，光伏与风机协同运维、共享资源，保障作业安全。

第 4 节 海上渔业养殖设施应用光伏发电系统特殊要求

9.4.1 一般要求

9.4.1.1 本节要求适用于海上渔业养殖设施应用海上光伏发电系统。

9.4.1.2 光伏组件、电缆敷设不应侵入渔业养殖作业区域，不应影响渔业养殖设施的正常作业。

9.4.1.3 渔业养殖设施消防栓的布置应至少能使两股不是由同一消防栓射出的水柱从不同的方向上射到所有光伏系统布置区域。

附录 A 分级与检验报告

第 1 节 分级

A.1.1 一般要求

A.1.1.1 根据海上光伏发电设施遵循的技术标准体系,可对无人驻守的海上光伏发电设施进行分级检验。

A.1.1.2 业主或其代理人应科学判断海上光伏发电设施的失效后果,选择对应的分级类型。

A.1.2 设施分级

A.1.2.1 海上光伏发电设施的安全等级根据其设计、建造及检验所遵循的技术标准体系,分为以下三级:

(1) 一级:完全按照本指南、CCS 接受的相关法规及规范进行设计、建造,并经 CCS 检验合格的海上光伏发电设施,由 CCS 签发入级证书;

(2) 二级:按照本指南的相关规定开展设计、建造,但业主或其代理人明确结构及系泊系统失效后的后果不严重,且不会对周边设施产生影响的海上光伏发电设施,自存工况的设计环境条件重现期可适当降低,但不应低于 25 年。此类海上光伏发电设施经 CCS 检验合格后,由 CCS 签发二级设施检验报告;

(3) 三级:设计、建造、设备配备及重要产品,满足国家或行业公认的相关技术标准的要求,并经 CCS 检验合格的海上光伏发电设施,由 CCS 签发三级设施检验报告。

第 2 节 检验报告

A.2.1 一般要求

A.2.1.1 对于二级/三级海上光伏发电设施,为规范海上光伏发电设施的检验工作,应按规定格式签发检验报告。

A.2.1.2 检验报告应至少包含以下信息:

- (1) 设施基本参数:注明名称、结构型式、主尺度和总装机容量等;
- (2) 作业限制:明确作业海域,以及在不同工况下的环境限制条件;
- (3) 安全等级:依据本指南附录 A 第 1 节的规定,注明设施的安全等级;
- (4) 检验依据:列出设施满足的规范、标准及风险评估报告等;
- (5) 重要设备记录:注明关键设备的型号、规格及产品合格证;
- (6) 相关提示:列出安全风险提示、必要的运营注意事项、下次检验日期等。

附录 B 图纸范围

海上浮动光伏发电设施图纸范围

附表 B-1

1 总体和结构	
(1)	总布置图；
(2)	技术规格书；
(3)	固定和可变重量分布概要；（备查）
(4)	基本结构图：包括主要横剖面、纵剖面、各层甲板和平台、内底结构、上层结构等；
(5)	模型试验报告（适用时）；
(6)	总体性能计算书；
(7)	结构节点图册；
(8)	甲板载荷图；
(9)	水密舱壁图（包括溢流管和空气管的位置，适用时）；
(10)	型线图及型值表（适用时）；
(11)	构件规范尺寸计算书；
(12)	总体强度及局部强度计算书；
(13)	总体疲劳强度及局部疲劳强度计算书；
(14)	起重机基座及其支撑结构图，包括强度计算书（适用时）；
(16)	重要设备基座结构图及其支撑结构图，包括强度计算书；
(17)	冰区加强结构图（适用时）；
(18)	防腐控制，包括涂装和阴极保护；
(19)	锚泊系统/设备布置图，必要时包括舾装数计算和拖曳设备强度计算；
(20)	建造说明书；
(21)	建造程序和原则工艺说明书，包括焊接方式和规格、无损探伤及密性试验；
(22)	焊接规格表；
(23)	设施安装程序和图纸资料及相应的计算书，如码头装船、海上迁移（运输）、现场安装等；
(24)	操作手册。
2 稳性与分舱	
(1)	完整稳性计算书（包括迁航、安装及在位稳性）；
(2)	破损稳性计算书（包括迁航、安装及在位稳性）；
(3)	干舷计算书（适用时）；
(4)	载重线标志及水尺图；
(5)	水密舱区划分图；
(6)	水密及风雨密门、窗和开口完整性图；
(7)	备查图纸资料： ① 型线图； ② 静水力曲线图； ③ 稳性横交曲线图； ④ 舱容图。
3 系泊系统	

(1)	定位系泊布置图，包括系泊模式、系泊部件和设备；
(2)	系泊部件和设备详图；
(3)	锚机布置图（适用时）；
(4)	系泊分析计算书；
(5)	导向装置、掣链/缆器、锚机支撑结构的强度计算书；
(6)	锚固系统结构图及计算书；
(7)	备查图纸资料： ① 模型试验报告（适用时）； ② 地质勘察报告。
4 光伏发电系统	
(1)	光伏发电系统的电气说明书；
(2)	光伏发电系统系统图，包括光伏组串、光伏阵列、直流汇流箱（如设有）、光伏逆变器、就地升压变压器等；
(3)	光伏发电系统布置图，包括光伏组串、光伏阵列、直流汇流箱（如设有）、光伏逆变器、就地升压变压器等；
(4)	箱式就地升压变压器系统图；
(5)	箱式就地升压变压器布置图；
(6)	箱式逆变器系统图（如有）；
(7)	箱式逆变器布置图（如有）；
(8)	光伏组串接线示意图；
(9)	光伏阵列典型接线图；
(10)	逆变器电气原理图；
(11)	电缆走向图；
(12)	防雷及接地系统布置图。
5 站用电系统	
(1)	站用电电气说明书；
(2)	站用电负荷计算书；
(3)	站用电力系统图；
(4)	站用电气设备布置图；
(5)	短路电流计算书；
(6)	主配电板单线图；
(7)	应急配电板单线图；
(8)	主照明、应急照明和临时应急照明（如设有）系统图及布置图；
(9)	不间断电源容量计算书；
(10)	应急蓄电池组容量计算书；
(11)	视频监控系统图及布置图；
(12)	防雷及接地系统布置图；
(13)	电缆走向图。
6 防火防爆	
(1)	防火等级划分图；
(2)	耐火绝缘布置图；
(3)	甲板敷料布置图；
(4)	消防系统规格书或说明书；

(5)	消防设备数据表或清单；
(6)	固定式灭火系统管系及仪表图；
(7)	固定式灭火系统设计计算书；
(8)	消防设备布置图；
(9)	火灾探测报警系统图；
(10)	火灾探测布置图；
(11)	气体探测报警系统图；
(12)	气体探测布置图；
(13)	防火控制图；
(14)	消防设备布置图；
(15)	安全分析报告（海上油气设施应用光伏发电系统）。
7 安全设备	
(1)	逃生通道布置图；
(2)	逃生通道及艇筏降落区域照明和应急照明布置图；
(3)	救生设备布置图以及配备明细表；
(4)	通信系统图及布置图（如设有）；
(5)	信号设备系统图及布置图；
(6)	救生设备配置及布置。

1 总体和结构	
(1)	技术规格书；
(2)	总布置图；
(3)	结构总图；
(4)	支架荷载分布图；
(5)	支架结构图；
(6)	支架结构明细表；
(7)	逆变器支架结构详图；
(8)	箱变平台结构详图；
(9)	附属结构图；
(10)	直升机甲板结构图（适用时）；
(11)	吊机底座结构图（适用时）；
(12)	步桥、梯道、栏杆布置图；
(13)	支架与桩基础连接详图；
(14)	支架结点焊接详图；
(15)	桩基础图；
(16)	登艇平台结构图（适用时）；
(17)	靠船构件图（使用时）；
(18)	防腐系统图及说明书，包括涂装和阴极保护方式和规格；
(19)	建造规格书；
(20)	材料规格书；
(21)	焊接及无损探伤规格书；
(22)	支架结构总体分析和疲劳分析计算报告；
(23)	独立结构的计算报告（适用时）；
(24)	局部强度分析报告；
(25)	桩基础强度和疲劳分析计算报告；
(26)	打桩分析报告；
(27)	吊装分析报告；
(28)	运输分析报告；
(29)	防腐计算书；
(30)	备查图纸资料： ① 环境条件资料：包括水深、最高和最低潮位、无涌时的海面最大升高、海流速度和方向以及流速随水深的变化、波浪高度、周期和方向、极限水温和结冰情况等； ② 气象条件资料：包括下雪和结冰的频率和程度、稳定风和阵风的风速和风向、空气温度等； ③ 地质资料：包括一般地质调查、地貌调查（泥线图）、地质勘察报告等。
2 光伏发电系统	
(1)	光伏发电系统的电气说明书；
(2)	光伏发电系统系统图，包括光伏组串、光伏阵列、直流汇流箱（如设有）、光伏逆变器、就地升压变压器等；
(3)	光伏发电系统布置图，包括光伏组串、光伏阵列、直流汇流箱（如设有）、光伏

	逆变器、就地升压变压器等；
(4)	箱式就地升压变压器系统图；
(5)	箱式就地升压变压器布置图；
(6)	箱式逆变器系统图（如有）；
(7)	箱式逆变器布置图（如有）；
(8)	光伏组串接线示意图；
(9)	光伏阵列典型接线图；
(10)	逆变器电气原理图；
(11)	电缆走向图；
(12)	防雷及接地系统布置图。
3 电气装置	
(1)	站用电电气说明书；
(2)	站用电负荷计算书；
(3)	站用电力系统图；
(4)	站用电气设备布置图；
(5)	短路电流计算书；
(6)	主配电板单线图；
(7)	应急配电板单线图；
(8)	主照明、应急照明和临时应急照明（如设有）系统图及布置图；
(9)	不间断电源容量计算书；
(10)	应急蓄电池组容量计算书；
(11)	视频监控系統圖及布置图；
(12)	防雷及接地系统布置图；
(13)	电缆走向图。
4 防火防爆	
(1)	防火分隔图；
(2)	消防系统规格书或说明书；
(3)	消防设备数据表或清单
(4)	消防设备布置图；
(5)	固定式灭火系统管系及仪表图；
(6)	固定式灭火系统设计计算书（如灭火剂用量）；
(7)	固定式探火及失火报警系统图；
(8)	防火控制图；
(9)	火灾探测报警系统图；
(10)	火灾探测布置图；
(11)	气体探测报警系统图；
(12)	气体探测布置图；
(13)	安全分析报告（如有）。
5 安全设备	
(1)	逃生通道布置图；
(2)	逃生通道及艇筏降落区域照明和应急照明布置图；
(3)	救生设备布置图以及配备明细表；
(4)	通信系统图及布置图（如设有）；

(5)	信号设备系统图及布置图；
(6)	救生设备配置及布置。

安全通道

附录 C 持证清单

光伏发电系统附加标志 (PV System) 产品持证要求

附表 C

序号	产品名称	证件类别		认可模式				审图	备注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
光伏发电系统									
1.1	光伏发电系统								
1.1.1	光伏组件	X	—	—	X	—	—	X	
1.1.2	直流汇流箱	X	—	—	X	—	—	X	
1.1.3	光伏控制器	X	—	—	X	—	—	X	
1.1.4	光伏逆变器	X	—	—	X	—	—	X	
1.1.5	光伏连接器	X	—	—	X	—	—	X	
1.1.6	就地升压变压器	X	—	—	X	O	—	X	
1.2	支架系统	O	X	—	—	—	—	X	
1.3	避雷器	X	—	—	—	—	—	X	
1.4	储能系统								
1.4.1	蓄电池	—	X	—	X	—	—	X	
1.4.2	电池管理系统	O	X	—	X	—	—	X	
1.4.3	储能变流器	O	X	—	X	—	—	X	
1.5	视频监控系统	X	—	—	X	O	—	X	
附加浮力模块									
2.1	浮力块	X	—	—	—	—	—	X	
2.2	浮力块固定装置	—	X	—	—	—	—	—	
组合式光伏浮体单元连接结构									
3.1	浮体单元连接器	X	—	—	—	—	—	X	
3.2	护舷	—	X	—	—	—	—	—	

注：对于不申请“PV System”附加标志的海上光伏发电设施，以上产品应至少提供制造厂证明；

对于拟申请“PV System”附加标志的海上光伏发电设施，现场检验项目组参考以上产品持证要求执行。

符号说明：1) C—船用产品证书；E—等效证明文件；W—制造厂证明；X—适用；O—可选。

2) DA—设计认可；TA-B—型式认可 B；TA-A—型式认可 A；WA—工厂认可。

3) 对于零部件的工厂认可系指对其毛坯制造者的认可。