



指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
GD10-2014

中国船级社

# 太阳能光伏系统及磷酸铁锂电池系统检验指南

2014

# 目 录

<b>第1章 通 则</b> .....	<b>1</b>
第1节 一般规定 .....	1
<b>第2章 太阳能光伏系统</b> .....	<b>1</b>
第1节 一般规定 .....	1
第2节 太阳能光伏系统在船舶上使用的技术要求 .....	2
第3节 太阳能光伏系统产品检验要求 .....	7
第4节 太阳能光伏系统检验要求 .....	11
<b>第3章 磷酸铁锂电池系统</b> .....	<b>13</b>
第1节 一般规定 .....	13
第2节 磷酸铁锂电池船上应用安全技术要求 .....	14
第3节 磷酸铁锂电池产品检验要求 .....	16
第4节 磷酸铁锂电池系统的检验 .....	18

---

# 第1章 通 则

## 第1节 一般规定

### 1.1.1 适用范围

1.1.1.1 《太阳能光伏系统及磷酸铁锂电池系统检验指南》（以下简称本指南）适用于船用太阳能光伏系统和/或磷酸铁锂电池系统的产品检验以及系统的设计、建造和检验。

1.1.1.2 安装了太阳能光伏系统和/或磷酸铁锂电池系统的船舶除满足本指南要求外，尚应满足本社相应规范的相关要求。

## 第2章 太阳能光伏系统

### 第1节 一般规定

#### 2.1.1 一般要求

2.1.1.1 本章内容适用于船用太阳能光伏系统的产品检验以及系统的设计、建造和检验。

#### 2.1.2 定义及术语

2.1.2.1 太阳能光伏系统：系指利用太阳能电池的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转换成电能的发电系统，一般由太阳能电池组件，光伏控制器和/或光伏逆变器，蓄电池（如有）构成。

2.1.2.2 太阳能电池组件：系指具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的最小不可分割的太阳能电池组合装置。

2.1.2.3 光伏控制器：系指将太阳能电池组件提供直流电变换成负载可用的直流电的设备。

2.1.2.4 光伏逆变器：系指将太阳能电池组件提供直流电变换成单相/三相交流电的设备。

2.1.2.5 并网型光伏系统：系指将太阳能电池组件提供直流电变换成交流电后馈入船舶三相交流电网的光伏系统。

2.1.2.6 离网型光伏系统：系指将太阳能电池组件提供直流电变换成交流电直接供负载使用的光伏系统。

2.1.2.7 孤岛：系指在船舶电网失电时，并网型光伏逆变器仍保持对失电电网的某一部分线路继续供电的状态。

上述2.1.2.1-2.1.2.6的定义和术语参见图2.1.2.1。

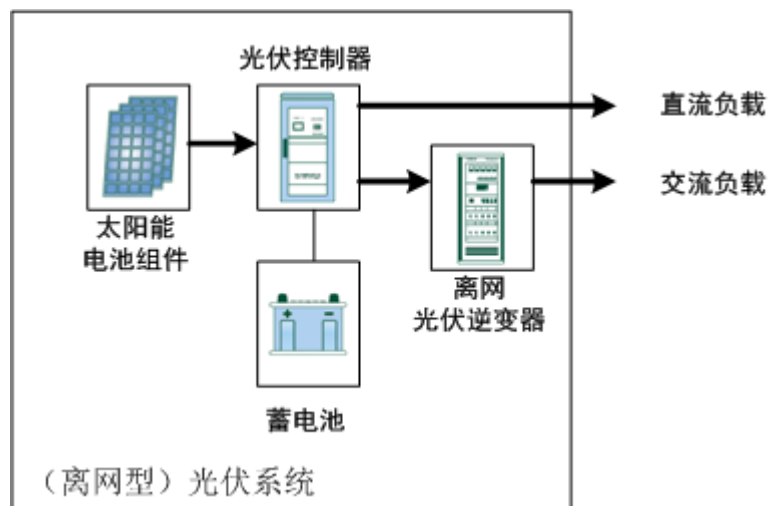


图2.1.2.1 (1) 离网型光伏系统示意图

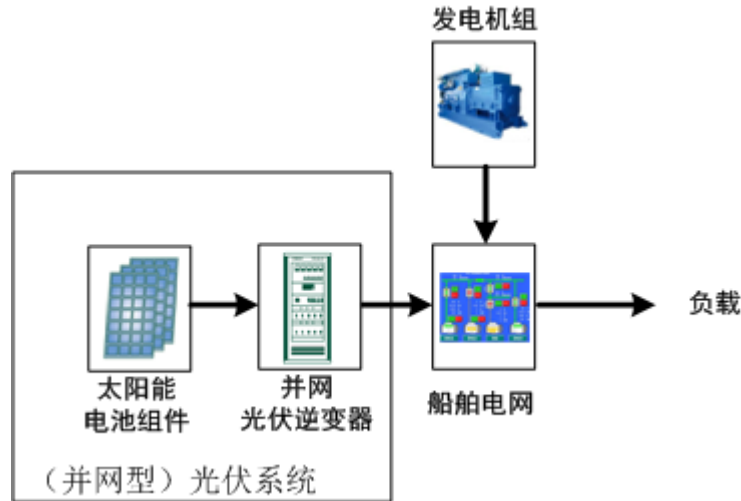


图2.1.2.1 (2) 并网型光伏系统示意图

### 2.1.3 图纸和资料

2.1.3.1 产品认可时，应将下列图纸资料提交CCS批准：

- (1) 太阳能电池的主要零部件图；
- (2) 光伏控制器/逆变器的外形图、结构图，包括冷却装置（若有时）的布置；
- (3) 太阳能电池、光伏控制器/逆变器的电气原理图；
- (4) 技术规格书；
- (5) 型式试验大纲及出厂试验大纲。

2.1.3.2 船舶设计时，除本社相关规范要求的图纸外，还应将下列图纸提交批准：

- (1) 光伏系统单线图，图中应标明：

太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器的主要额定参数；

电缆型号、截面积和负载电流；

- (2) 太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器的布置；
- (3) 光伏系统显示及报警项目表。

2.1.3.3 船舶设计时，应将光伏系统电气说明书提交备查。

## 第2节 太阳能光伏系统在船舶上使用的技术要求

### 2.2.1 一般要求

2.2.1.1 离网型光伏系统应配备足够容量的蓄电池。光伏系统（含蓄电池）的容量和功率，应能在光伏发电有富余时进行储存，以满足在外界环境变化造成的光伏发电匮乏时负荷的需要，如昼夜更替、气象条件影响等。但如蓄电池除光伏发电外还有其他充电方式，太阳能电池组件的容量可根据需要配置。

2.2.1.2 如由离网型光伏系统向船舶正常航行、船舶安全及冷藏货物所必需的设备供电，则当离网型光伏系统失电后，这些设备应能切换至由主电源供电。对于海船，该切换应能自动进行，切换时间应不超过45s，主发电机总容量500kVA及以下的国内航行海船除外。

2.2.1.3 带有转换开关的离网型光伏系统，当负载由主电网供电和由控制器/逆变器供电相互切换时，控制器/逆变器应能继续正常运行并且不会产生火花或击穿危险。

2.2.1.4 在进行负荷计算时，并网型光伏系统的发电功率一般不计入总发电功率当中。

2.2.1.5 并网型光伏系统在逆变器启动运行时，输出功率应缓慢增加，输出功率变化率应可调，输出电流无冲击现象。

2.2.1.6 并网型光伏系统在设计时应充分考虑由于其投入/脱离电网造成对在网发电机组的冲击，并网型光伏系统的容量应不超过在网发电机组容量的10%。

2.2.1.7 并网型光伏系统投入电网使用，应在至少有一台发电机在网运行的情况下进行；最后一台发电机从电网切除之前，应先将并网型光伏系统停机并从电网切除。

2.2.1.8 光伏系统应能集中指示当前太阳能电池的输出功率，当太阳能电池方阵充电电流被减小或太阳能电池方阵被脱离时，应显示相应的状态信息。

## 2.2.2 电能质量

2.2.2.1 光伏系统向负载提供的电能，除满足本节相关要求之外，在电压和频率偏差、谐波成分的要求应满足本社相关规范的电源质量的规定。

2.2.2.2 离网型逆变器输出电压的波形失真度应不大于5%。

2.2.2.3 并网型光伏系统，引起接入电网的公共连接点的三相电压不平衡度应满足：公共连接点的负序电压不平衡度应不超过2%，短时不得超过4%；逆变器引起的负序电压不平衡度不超过1.3%，短时不超过2.6%。

2.2.2.4 并网型光伏系统，当逆变器的输出大于其额定输出的20%，平均功率因数应不小于0.95（超前或滞后），当逆变器的输出大于其额定输出的50%，平均功率因数应不小于0.98（超前或滞后）。

2.2.2.5 并网型光伏系统，逆变器向电网馈送的直流电流分量应不超过其输出电流额定值的0.5%或5mA，应取二者中较大值。

2.2.2.6 并网型逆变器在运行时不应造成电网电压波形过度畸变和注入电网过度的谐波电流，以确保不对其他设备造成不利影响。逆变器额定功率运行时，注入电网的电流谐波总畸变率应不大于5%，其中各次谐波电流含有率见表2.2.2.6。其他负载情况下运行时，逆变器注入电网的各次谐波电流值不得超过逆变器额定功率运行时注入电网的各次谐波电流值。

各次谐波电流含有率限值 表2.2.2.6

奇次谐波次数	含有率限值 (%)	偶次谐波次数	含有率限值 (%)
3 <sup>th</sup> -9 <sup>th</sup>	4.0	2 <sup>th</sup> -10 <sup>th</sup>	1.0
11 <sup>th</sup> -15 <sup>th</sup>	2.0	12 <sup>th</sup> -16 <sup>th</sup>	0.5
17 <sup>th</sup> -21 <sup>th</sup>	1.5	18 <sup>th</sup> -22 <sup>th</sup>	0.375
23 <sup>th</sup> -33 <sup>th</sup>	0.6	24 <sup>th</sup> -34 <sup>th</sup>	0.15
35 <sup>th</sup> 以上	0.3	36 <sup>th</sup> 以上	0.075

## 2.2.3 太阳能电池组件

2.2.3.1 不应使用或安装已损坏或有故障的太阳能电池组件，损坏和故障包括但不限于以下情形：

- (1) 开裂或损伤的外表面；
- (2) 热斑；
- (3) 破碎或有裂纹的单体电池；
- (4) 互联线或接头不可靠；
- (5) 电池互相接触或与边框相接触；

- (6) 密封材料失效;
- (7) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或脱层;
- (8) 在塑料材料表面有粘污物;
- (9) 引线端失效, 带电部件外露;
- (10) 可能影响组件性能的其他任何情况。

2.2.3.2 太阳能电池组件安装时, 其安装支架应有足够的强度, 能够承受太阳能电池组件可能经受的外力作用(如刮风、积雪等)。

2.2.3.3 全部太阳能电池组件边框和安装支架都应可靠接地。

2.2.3.4 组件应尽可能安装在没有遮挡或阴影的区域。

2.2.3.5 应设置适当的旁路二极管或等效手段, 防止热斑效应对太阳能电池组件造成损害, 除非有资料证明太阳能电池组件能够耐受热斑效应的影响。

2.2.3.6 太阳能电池组件不应布置在危险区域内。

2.2.3.7 在同一个光伏发电系统上应尽可能使用相同规格的组件。

2.2.3.8 应通过设计使得由蓄电池或电容向光伏组件反向放电应减小到最小, 可以使用隔离二极管或者带有防止反向放电功能的光伏控制器/逆变器来实现此功能。

2.2.3.9 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。

2.2.3.10 连接用的接头应当和导线一样, 具有同样的机械、电气连接特性并与未连接的导线绝缘。

2.2.3.11 所有的接线盒必须有极性指示, 能够经受标准测试条件下产生的156%的短路电流的冲击。

2.2.3.12 应设置产品标识, 描述产品在标准测试条件下测得的额定功率、额定电流、额定电压、开路电压、短路电流, 以及系统最高电压。

2.2.3.13 应设置必要的维护通道和冲洗装置, 以便于清洁太阳能电池组件表面污物。

## **2.2.4 光伏控制器**

2.2.4.1 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。

2.2.4.2 当蓄电池已处于欠压状态, 且太阳能电池的输出不足以提供负载所需电能时, 对于直接向负载供电的光伏控制器, 应能自动停止输出, 并断开负载与蓄电池的连接; 对于通过光伏逆变器向负载供电的光伏控制器, 应将逆变器停机。

2.2.4.3 光伏控制器应能提供对负载的过载和短路保护。

2.2.4.4 光伏控制器应能承受负载、太阳能电池组件或蓄电池极性反接的影响并提供保护和报警。

2.2.4.5 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。

2.2.4.6 设备冷却系统应设置故障监测, 当冷却系统不能正常运行时, 应能限制输出功率或停机。

2.2.4.7 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。

## **2.2.5 光伏逆变器**

2.2.5.1 光伏逆变器应设置直流输入端的过/欠压保护。

2.2.5.2 光伏逆变器应能承受直流输入端极性反接的影响并提供保护。

2.2.5.3 光伏逆变器应采取足够的保护措施, 当逆变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, 逆变器直流侧应无反向电流流过。

2.2.5.4 光伏逆变器应具备短路保护的能力，当逆变器工作时检测到交流侧发生短路时，逆变器应能停止向电网供电。对于并网型逆变器，如果在1分钟之内两次探测到交流侧保护，逆变器不得再次自动接入电网。

2.2.5.5 设备冷却系统应设置故障监测，当冷却系统不能正常运行时，应能限制输出功率或停机。

2.2.5.6 离网型逆变器应具备输出过流保护，当工作电流超过额定值150%，应能自动保护。

2.2.5.7 离网型逆变器应具备输出过/欠压保护，当输出电压超出/低于限值时，发出声光报警。

2.2.5.8 并网型逆变器并网点端电压超出规定的电压范围时，逆变器应切断向电网供电，同时发出警示信号。此要求适用于多相系统中的任何一相。监测到异常电压并作出反应的跳闸时间，除满足表2.2.5.8所要求的最大跳闸时间的要求外，还应与系统选择性保护要求的延时相适应。

并网型逆变器并网点异常电压的响应

表2.2.5.8

电压（逆变器交流输出端）	最大跳闸时间 <sup>注</sup>
$V < 50\%V_{\text{标称}}$	0.2s
$50\%V_{\text{标称}} \leq V < 85\%V_{\text{标称}}$	2.0s
$85\%V_{\text{标称}} \leq V < 110\%V_{\text{标称}}$	继续运行
$110\%V_{\text{标称}} \leq V < 135\%V_{\text{标称}}$	2.0s
$135\%V_{\text{标称}} \leq V$	0.2s

注：最大跳闸时间是指异常状态发生到逆变器停止向电网供电的时间。主控与监测电路应切实保持与电网的连接，从而继续监视电网的状态，使得“恢复并网”功能有效。

2.2.5.9 并网型的逆变器，应设置频率超限保护。并网点频率波动超出额定值的 $\pm 10\%$ 范围时，应在5s后停止向电网线路送电。

2.2.5.10 并网型的逆变器，应具备快速检测到孤岛且立即断开与电网连接的能力，监测方式应采用主动防孤岛的方式。防孤岛保护动作时间不大于2s，且防孤岛保护还应与电网侧线路保护相配合，发出警示信号。

2.2.5.11 并网型的光伏系统，系统发生扰动后，在电网电压和频率恢复正常范围之前光伏发电系统不允许并网，且在系统电压频率恢复正常后，在电网电压和频率恢复到正常范围后的5min内，光伏系统不应向主电网送电。

2.2.5.12 并网型光伏系统，当光伏方阵输出的功率超过逆变器允许的最大直流输入功率时，逆变器应自动限流工作在允许的最大交流输出功率处，在持续工作7小时或温度超过允许值情况下，逆变器可降低功率运行或停止向电网供电。恢复正常后，逆变器应能正常工作。

2.2.5.13 光伏系统与电网连接的短路开关应采用可视断点的开关，光伏逆变器应尽可能配有变压器对输入、输出进行隔离。

2.2.5.14 光伏逆变器应尽量避免安装在震动过大、通风不良及潮湿的处所。

## 2.2.6 蓄电池

2.2.6.1 光伏系统用酸性铅板型或碱性镍板型蓄电池的应用技术要求应符合CCS《钢质海船入级规范》第4篇第2章第11节和第3章第7节或《钢质内河船舶建造规范》第3篇第5章的有关要求。

2.2.6.2 光伏系统用磷酸铁锂电池的应用技术要求应符合本指南第3章的有关要求。

## 2.2.7 监测和报警

2.2.7.1 太阳能光伏系统中应显示、报警和保护项目如表2.2.7.1所示。所有报警均应延伸至经常有人值班的处所。

监控项目表

表2.2.7.1

系统	监测参数	显示	报警	保护	相应保护动作
太阳能电池组件	功率	√			
蓄电池	电压超限		√	√	断开蓄电池的连接
光伏控制器	输入电压超限		√	√	停机
	输入极性反接		√	√	停机
	输出电压	√			
	输出电流	√			
	输出过载		√	√	断开控制器的连接
	输出短路		√	√	断开控制器的连接
	冷却系统故障		√	√	降功率/停机
光伏逆变器 (离网型)	输入电压超限		√	√	停机
	输入极性反接		√	√	停机
	输出电压	√			
	输出电流	√			
	输出频率	√			
	输出过载		√	√	断开逆变器的连接
	输出短路		√	√	断开逆变器的连接
	冷却系统故障		√	√	降功率/停机
光伏逆变器 (并网型)	输入电压超限		√	√	停机
	输入极性反接		√	√	停机
	输出功率	√			
	功率因数	√			
	并网点电压	√			
	并网点频率	√			
	主断路器开关状态	√			
	输出短路		√	√	断开逆变器的连接
	冷却系统故障		√	√	降功率/停机
	并网点电压超限		√	√	见 2.2.5.8
	并网点频率超限		√	√	见 2.2.5.9
	发生孤岛效应		√	√	断开逆变器的连接
	输出功率超过最大允许直流输入功率		√	√	见 2.2.5.12

### 第3节 太阳能光伏系统产品检验要求

#### 2.3.1 一般要求

2.3.1.1 太阳能光伏系统产品的型式试验按本节2.3.2-2.3.4进行。

2.3.1.2 太阳能光伏系统产品的出厂试验按本节2.3.5-2.3.7进行。除规定的检验项目外，CCS检验机构可根据产品的重要程度、成熟程序、使用经历等考虑增减其他项目。凡是列入检验的项目，如发现有不合格，对抽样检验的，均应加倍抽样复验。若复验仍有不合格时，应停止检验，由制造厂消除缺陷后重新提交检验。

#### 2.3.2 太阳能电池组件型式试验要求

2.3.2.1 船用太阳能电池组件结构、电气性能、安全指标合保护功能的设计、试验和检验应满足IEC 61215《地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型》、《IEC61646：地面用薄膜太阳能光伏组件：设计鉴定和定型》、IEC 61730-1《光伏组件安全鉴定第1部分：结构要求》及IEC 61730-2《光伏组件安全鉴定第2部分：试验要求》的要求或等效国家标准的要求，具体对应试验项目及对应标准见表2.3.2.1。

太阳能电池组件型式试验项目

表2.3.2.1

序号	电池组件	试验项目	试验方法参照标准
1	环境适应性	热循环试验	IEC61215 中的试验程序 10.11
2		湿冻试验	IEC61215 中的试验程序 10.12
3		湿热试验	IEC61215 中的试验程序 10.13
4		机械载荷试验	IEC61215 中的试验程序 10.16
5		冰雹试验	IEC61215 中的试验程序 10.17
6		湿漏电流试验	IEC61215 中的试验程序 10.15
7		防火试验	IEC61730-2 中的试验程序 10.8
8		引线端强度试验	IEC61215 中的试验程序 10.14
9		导线管弯曲试验	IEC61730-2 中的试验程序 11.2
10	性能试验	外观试验	IEC61215 中的试验程序 10.1
11		最大功率确定	IEC61215 中的试验程序 10.2
12		温度系数的测量	IEC61215 中的试验程序 10.4
13		标称工作温度和标准测试条件下的性能	IEC61215 中的试验程序 10.6
14	低辐照度下的性能	IEC61215 中的试验程序 10.7	
15	安全及耐久性试验	绝缘试验	IEC61215 中的试验程序 10.3
16		室外暴晒试验	IEC61215 中的试验程序 10.8
17		热斑耐久试验	IEC61215 中的试验程序 10.9
18		旁路二极管热试验	IEC61215 中的试验程序 10.18
19		紫外试验	IEC61215 中的试验程序 10.10
20		接地连续性试验(非金属边框不要求)	IEC61730-2 中的试验程序 10.4
21		脉冲电压试验	IEC61730-2 中的试验程序 10.5
22		温度试验	IEC61730-2 中的试验程序 10.7

序号	电池组件	试验项目	试验方法参照标准
23		反向过电流试验	IEC61730-2 中的试验程序 10.9
24		组件破损量试验	IEC61730-2 中的试验程序 10.10
25		局部放电试验	IEC61730-2 中的试验程序 11.1
26		可敲落的孔口盖试验	IEC61730-2 中的试验程序 11.3

2.3.2.2 船用太阳能电池组件应按照CCS《电气电子产品型式认可试验指南》中的基本试验第2.7条，进行振动试验。

2.3.2.3 用于海上环境使用的船用太阳能电池组件，还应按照IEC61701《光伏组件盐雾腐蚀试验》中的相关要求，进行盐雾试验。

### 2.3.3 光伏控制器型式试验要求

2.3.3.1 船用光伏控制器的基本试验应按照CCS《电气电子产品型式认可试验指南》的要求进行认可试验。

2.3.3.2 船用光伏控制器的性能和保护功能的设计应满足本章2.2.4的要求，其试验方法可参照GB/T19064《家用太阳能光伏电源系统技术条件和试验方法》的要求，具体对应试验项目及对应标准见表2.3.3.2。

光伏控制器性能和保护功能的试验项目

表2.3.3.2

序号	光伏控制器	试验项目	试验方法参照标准
1	性能试验	耐冲击电压	GB/T19064 中的 8.2.11
2		耐冲击电流	GB/T19064 中的 8.2.12
3	保护功能试验	充满断开（HVD）试验	GB/T19064 中的 8.2.3
4		欠压断开（LVD）和恢复功能	GB/T19064 中的 8.2.6
5		负载短路保护	GB/T19064 中的 8.2.10.1
6		内部短路保护	GB/T19064 中的 8.2.10.2
7		反向放电保护	GB/T19064 中的 8.2.10.3
8		输入极性反接保护	GB/T19064 中的 8.2.10.4
9		冷却系统故障	控制器正常运行时，模拟冷却系统故障，控制器应能报出故障，并减少输出功率或停止运行。

### 2.3.4 光伏逆变器型式试验要求

2.3.4.1 船用光伏逆变器的基本试验应按照CCS《电气电子产品型式认可试验指南》的要求进行认可试验。

2.3.4.2 船用光伏逆变器的设计、安全和保护功能的试验项目及对应标准见表2.3.4.2。

光伏逆变器设计、安全和保护功能的试验项目

表2.3.4.2

序号	光伏逆变器	试验项目	试验方法参照标准
1	性能试验	功率因数 (仅并网光伏逆变器)	用电能质量分析仪或功率因数表量出功率因数(PF)值应符合 2.2.2.4 的要求。
2		直流分量 (仅并网光伏逆变器)	逆变器额定功率运行时，测量其输出交流电流中的直流电流分量，其值应符合 2.2.2.5 的

序号	光伏逆变器	试验项目	试验方法参照标准
			要求。
3		三相不平衡度 (仅并网光伏逆变器)	逆变器额定功率运行时, 测量其公共连接点的三相电压不平衡度, 其值应符合 2.2.2.3 的要求。
4		谐波 (离网逆变器)	在输入电压及输出功率为额定值时, 测定输出电压的最大波形失真度, 其值应符合 2.2.2.2 的要求。
5		谐波 (并网逆变器)	试验测量点选定在逆变器与电网连接的电网侧, 试验在逆变器输出为额定功率时进行, 测量电流谐波总畸变率和各次谐波电流含有率, 其值应符合 2.2.2.6 的要求。同时应测量 30%, 50%, 70%负载点处的各次电流谐波值, 其值不得超过额定功率运行时逆变器注入到电网的各次谐波电流值。
6	保护功能 试验	直流输入端过/欠压保护	调整逆变器输出功率为额定功率的, 调节直流输入源的电压, 直至逆变器直流侧输入电压偏离允许直流输入电压范围, 逆变器过/欠压保护装置应可靠工作, 并报警显示。
7		直流输入反接保护	逆变器输出端不连接负载, 将逆变器直流输入正负极反接, 逆变器输入反接保护装置应可靠工作, 并报警显示。
8		反向放电保护 (仅直接与太阳能电池组件相连接的逆变器)	降低逆变器直流输入电压, 使逆变器处于关机状态, 电流表测量逆变器直流侧电流应为零。
9		输出过流保护 (仅离网逆变器)	调节逆变器工作电流超过额定值 50%, 过流保护装置应可靠工作, 并显示报警。
10		输出短路保护	将逆变器交流输出短路, 逆变器应能自动保护。对三相逆变器, 短路应分别在相与相、相与中性线、相与地之间进行。带隔离变压器的逆变器, 短路应分别在变压器的原边和副边进行。
11		冷却系统故障保护	逆变器正常运行时, 模拟冷却系统故障, 逆变器应能报出故障, 并减少输出功率或停止运行。
12		输出过/欠压保护 (仅离网逆变器)	逆变器正常工作时, 调节输出电压超过或低于设定值时, 逆变器应自动关机并报警显示。
13		并网点过/欠压保护 (仅并网逆变器)	试验在逆变器能够工作的最小功率点处进行, 设置电网模拟器的输出电压值, 其对应的动作和动作时间应符合 2.2.5.8 的要求。
14	并网点过/欠频保护 (仅并网逆变器)	试验在逆变器能够工作的最小功率点处进行, 设置电网模拟器的输出频率值, 其对应的动作和动作时间应符合 2.2.5.9 的要求。	

序号	光伏逆变器	试验项目	试验方法参照标准
15		防孤岛效应保护 (仅并网逆变器)	按照 IEC62116 《并网连接式光伏逆变器孤岛防护措施测试方法》进行。
16		恢复并网保护 (仅并网逆变器)	在进行并网点过/欠压保护试验及并网点过/欠频保护试验后, 设置电网模拟器的输出电压值和频率值, 回复到正常范围后, 光伏系统再次向主电网供电的动作时间应符合 2.2.5.11 的要求。
17		直流过载保护 (仅并网逆变器)	调节直流输入源, 使其输出功率超过逆变器允许的最大直流输入功率, 逆变器的工作状态应符合 2.2.5.12 的要求。

### 2.3.5 太阳能电池组件出厂检验要求

2.3.5.1 太阳能电池组件应在制造厂抽样进行表2.3.5.1中列举的试验, 抽样数量为1%, 但不少于2块。

太阳能电池组件出厂检验项目

表2.3.5.1

序号	试验项目	试验方法参照标准
1	外观	IEC61215/IEC61646 中的试验程序 10.1
2	标志	符合本章 2.2.3.12 要求
3	标称工作温度和标准测试条件下的性能	IEC61215/IEC61646 中的试验程序 10.5
4	最大功率确定	IEC61215/IEC61646 中的试验程序 10.2
5	绝缘试验	IEC61215/IEC61646 中的试验程序 10.3

### 2.3.6 光伏控制器出厂检验要求

2.3.6.1 光伏控制器应在制造厂逐台进行表2.3.6.1中列举的试验。

光伏控制器出厂检验项目

表2.3.6.1

序号	试验项目	试验方法参照标准
1	外观	目视
2	运转检查	批准的图纸及技术条件
3	充满断开 (HVD) 试验	GB/T19064 中的 8.2.3
4	欠压断开 (LVD) 和恢复功能	GB/T19064 中的 8.2.6
5	负载短路保护	GB/T19064 中的 8.2.10.1
6	输入极性反接保护	GB/T19064 中的 8.2.10.4
7	绝缘试验	CCS 《电气电子产品型式认可试验指南》 2.3

### 2.3.7 光伏逆变器出厂检验要求

2.3.7.1 光伏逆变器应在制造厂逐台进行表2.3.7.1中列举的试验。

光伏逆变器出厂检验项目

表2.3.7.1

序号	试验项目	试验方法参照标准
1	外观	目视
2	运转检查	批准的图纸及技术条件
3	直流分量 (仅并网光伏逆变器)	见本章表 2.3.4.2 中相应内容
4	谐波 (离网逆变器)	
5	谐波 (并网逆变器)	
6	直流输入端过/欠压保护	
7	直流输入反接保护	
8	反向放电保护 (仅直接与太阳能电池组件相连接的逆变器)	
9	输出过流保护 (仅离网逆变器)	
10	输出短路保护	
11	输出过/欠压保护 (仅离网逆变器)	
12	并网点过/欠压保护 (仅并网逆变器)	
13	并网点过/欠频保护 (仅并网逆变器)	
14	防孤岛效应保护 (仅并网逆变器)	
15	绝缘试验	

## 第4节 太阳能光伏系统检验要求

### 2.4.1 建造中检验

2.4.1.1 验船师应确认太阳能光伏系统各主要部件，如太阳能电池组件、光伏控制器、光伏逆变器、蓄电池，均持有相应的证书。

2.4.1.2 检查太阳能电池组件、光伏控制器、光伏逆变器等布置、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。

2.4.1.3 检查太阳能电池组件的完好程度，不应出现2.2.3.1中列举的损坏和故障情况。

2.4.1.4 检查太阳能电池组件的接线，应无明显松动和损伤。

2.4.1.5 检查太阳能电池组件的支撑结构，应具有足够强度。

2.4.1.6 光伏控制器功能的有效性应在检验中进行验证，一般应包括下列验证项目：

- (1) 额定负荷试验；
- (2) 输出过载/短路保护试验；
- (3) 蓄电池过充电/过放电保护试验。

2.4.1.7 离网型光伏逆变器功能的有效性应在检验中进行验证，一般应包括下列验证项目：

- (1) 额定负荷试验;
- (2) 输出过载/短路保护试验;
- (3) 蓄电池过充电/过放电保护试验 (如适用)。

2.4.1.8 并网型光伏逆变器功能的有效性应在检验中进行验证, 一般应包括下列验证项目:

- (1) 并网运行试验;
- (2) 防孤岛保护试验, 应验证:

当没有并网发电机运行的情况下, 光伏逆变器无法投入电网运行;

在并网运行试验中, 切除全部电网负荷, 将最后一台发电机停机, 光伏逆变器应能检测到孤岛并立即断开与电网的连接。

## **2.4.2 建造后检验**

### **2.4.2.1 年度/中间检验**

- (1) 检查太阳能电池组件的完好程度, 不应出现2.2.3.1中列举的损坏和故障情况。
- (2) 检查太阳能电池组件的接线和支撑结构, 应无明显松动和损伤。
- (3) 光伏控制器/逆变器显示仪表工作正常。

### **2.4.2.2 特别检验**

- (1) 本节2.4.2.1中年度/中间检验规定的项目。
- (2) 对光伏控制器/逆变器的过电流保护电器和熔断器进行检查, 以确认其对各自电路提供适当保护。
- (3) 光伏控制器/离网逆变器作单机运行试验。
- (4) 并网逆变器作并网运行试验。

# 第3章 磷酸铁锂电池系统

## 第1节 一般规定

### 3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章适用于船用磷酸铁锂电池及其电池管理系统（BMS）的产品检验以及系统的设计、建造和检验。

3.1.1.2 磷酸铁锂电池系统可用于船用动力蓄电池、起动蓄电池和通用蓄电池。

### 3.1.2 定义和术语

3.1.2.1 关于产品检验、认可、型式试验、样品、单件/单批检验等术语的定义，请参考CCS《钢质海船入级规范》第一篇第3章3.1.2条；

3.1.2.2 批次：特指由同一生产者在相同的生产线按相同的生产工艺生产的相同规格的产品。

#### 3.1.2.3 锂电池基本定义

(1) 单体蓄电池（battery cell）：系指电池里面最小结构单元，直接将化学能转化为电能的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子（又称极端）。

(2) 蓄电池模块（battery module）：系指将一个以上单体蓄电池按照串联、并联或串并混联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作为电源使用的组合体。

(3) 蓄电池组（battery pack）：系指由于电压或功率要求由一个或多个蓄电池模块串、并联而成。

(4) 电池管理系统（battery management system, BMS）：系指控制或管理电池系统电气或热性能的电子装置。

(5) 电池系统（battery system）：系指能量存储装置，包括电池单体或电池模块的集成、电池管理系统、高压电路、低压电路、冷却装置以及机械总成。

(6) 电池容量（Battery Capacity, C）：系指电池存储电量的大小。一般企业提供的电池容量（室温下蓄电池以恒定电流 $I_x$ (A)放电，可持续工作X小时）为额定电池容量。

(7) 室温（room temperature, RT）： $25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.1.3 图纸资料

3.1.3.1 产品认可时，应将下列图纸资料提交CCS批准：

- (1) 总图；
- (2) 主要零部件图，包括：外壳图、极板图、BMS原理框图；
- (3) 产品技术条件；
- (4) 型式试验大纲。

3.1.3.2 产品认可时，应将下列图纸资料提交CCS备查：

- (1) 原材料清单；
- (2) 重点生产工艺（如磷酸铁锂电池可燃易燃材料配比、涂片等）；
- (3) 产品使用说明书。

3.1.3.3 船舶设计时，除本社相关规范要求的图纸外，尚应补充下列电气部分的图纸提交本社审查：

- (1) 蓄电池间布置图；
- (2) 蓄电池间通风系统图及计算书（如适用）；
- (3) 灭火设备布置图；

(4) 电力系统图（包括蓄电池、BMS系统以及配电板等构成的电路系统图）；

(5) 电力设备布置图（包括蓄电池、配电板等设备的安装位置）；

## 第2节 磷酸铁锂电池船上应用安全技术要求

### 3.2.1 一般要求

3.2.1.1 磷酸铁锂电池必须配备电池管理系统（BMS）。

3.2.1.2 磷酸铁锂电池充放电设备应与BMS组合使用，并由其控制。

3.2.1.3 磷酸铁锂电池应安装在一个环境可控的蓄电池间（包括电池舱（室）、箱、柜）中；从电池使用寿命和效率考虑，建议磷酸铁锂电池长期工作温度为：充电 $0^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ ，放电 $-20^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.2.2 磷酸铁锂电池间的要求

3.2.2.1 电池间均应采用机械通风或其他温度调节装置，以避免蓄电池周围环境温度过高，通风口应有防止水和火焰进入的措施。

3.2.2.2 电池舱（室）的门应开向开敞处所。

3.2.2.3 电池间内，不应安装与电池无关的热源设备。

3.2.2.4 电池舱（室）、箱、柜内，除电池系统外应避免安装电气设备。若必须安装时，应尽可能远离电池，且应将电气设备的发热量计入蓄电池间通风量的计算中。

3.2.2.5 电池舱（室）采用机械通风时，按厂家提供的方法进行机械通风计算，若厂家未提供计算方法，则按以下方法计算通风量。

通风量  $q'$  不应小于下式计算所得之值：

$$q' = k(nQ + Q_1) / (0.335\Delta t)$$

式中： $Q$ ——单个电池模块工作时自身产生的发热量，W；

$Q_1$ ——其他热源发热量，W；

$n$ ——电池模块总数；

$\Delta t$ ——电池舱（室）与外面空气的最高温度差<sup>①</sup>， $^{\circ}\text{C}$ ；

$k$ ——风扇裕量常数，实际选择时取1.5~2。

3.2.2.6 电池舱（室）内必须设有独立的温度探测装置。当温度高于设定值时，应能在经常有人值班的处所发出听觉和视觉报警。

3.2.2.7 电池舱（室）需要配备固定式灭火系统。该固定式灭火系统应能将磷酸铁锂电池燃烧所造成的火灾扑灭，例如七氟丙烷灭火系统。电池箱、柜可配备沙箱或手提式七氟丙烷灭火器。

3.2.2.8 电池舱（室）与其他舱室的防火分隔应满足相应法规对机舱的要求。

### 3.2.3 磷酸铁锂电池的布置与安装

3.2.3.1 磷酸铁锂电池在船舶上的布置和安装应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第3篇第5章第1节蓄电池组5.1.3.1、5.1.3.7、5.1.3.8和5.1.3.9的要求或《钢质海船入级规范》第4篇第2章第11节2.11.1.5~7、2.11.1.10~12的要求。

3.2.3.2 蓄电池组不应安放于起居处所内。

<sup>①</sup> 最高温度取船舶航行区域可能出现的最高环境温度，但不超过 $45^{\circ}\text{C}$ 。

3.2.3.3 电池的布置应便于更换、检查、测试和清洁。

3.2.3.4 电池不应安装在受过热、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。其安装不应因其滥用造成的着火、爆炸，而导致人员遭受危险和设备遭受损坏。

### 3.2.4 磷酸铁锂电池管理系统基本功能要求

3.2.4.1 BMS的设计和制造应满足本社相关规范，以及《电气电子设备型式认可试验指南》的有关规定。

3.2.4.2 BMS应能对电池的充放电、电池温度、单体电池间的均衡进行控制。

3.2.4.3 BMS应能对单体电压、电池串联结构电流、单体温度、环境温度、电气绝缘电阻进行就地和远程监测。当偏离正常值时应能发出视觉和听觉报警。

3.2.4.4 BMS应当具有显示电池荷电状态（SOC）、电池的能量流动监测（充电和放电过程）的功能。作为船舶推进用的动力电池的SOC在达到船舶正常操作所需要的最小电量时应当发出视觉和听觉报警信号。该报警信号的报警装置应与其他报警装置独立。

3.2.4.5 BMS应当具有过流保护、过充过放保护、过高温保护功能。过高温保护功能应当具备自动防故障特性，并且独立于其他温度指示、报警和控制功能的部件（自动防故障功能意思是把电池控制到安全状态）。

3.2.4.6 电池故障包括保护故障、温度检测故障、蓄电池箱、柜通风故障、充电故障、过流、过充、过放、单体温度、环境温度、单体电池高压和电池单元间的电压不平衡，均应当发出视觉和听觉报警信号。

3.2.4.7 可能引起电池系统停止运行的电池故障应在其达到极限状态之前发出预报警。电池因故障停止运行时应能发出视觉和听觉报警信号。可能引起电池系统停止运行的故障如表3.2.4.7所示。

BMS功能要求一览表

表3.2.4.7

监测参数	显示	报警	保护	相应保护动作
单体电压	√	√		
电池串联结构电流	√	√		
单体温度	√	√	√	通风/停机
环境温度	√	√		
电气绝缘电阻	√	√		
剩余电池电量（SOC）	√	√		
电池能量流动监测	√			
过流保护		√	√	降功率/停机
过充过放保护		√	√	断开充放电装置
过高温保护（环境温度和单体温度）	√	√	√	通风/降功率/停机
保护故障		√	√	停机
温度检测故障		√	√	停机
蓄电池箱、柜通风故障		√		
充电故障		√	√	停止充电
单体电池高压		√		进行均衡控制
电池单元间的电压不平衡		√	√	停机
电池因故障停止运行	√	√		

3.2.4.8 超过50kWh的电池系统应当配备独立的紧急关断功能，以便隔离电池。并满足下列要求：

- (1) 紧急关断功能应在驾驶室完成并同时发出视觉和听觉报警信号。
- (2) 紧急关断功能应由硬件电路执行，并且与控制、显示和报警功能隔离。

3.2.4.9 BMS应有信号输出接口，将报警信号传送到船舶经常有人值班的区域。

3.2.4.10 BMS应具有自检功能。

### 第3节 磷酸铁锂电池产品检验要求

#### 3.3.1 磷酸铁锂电池产品型式试验要求

3.3.1.1 船用磷酸铁锂电池及其电池管理系统的性能试验应满足经CCS接受的标准。

3.3.1.2 磷酸铁锂电池的安全性试验应参照IEC62660-2《电动公路车辆用二次锂电池——可靠性和抗滥用测试》中第6节可靠性和滥用性测试要求；磷酸铁锂电池环境适应性试验应满足GD 01-2006中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》中的相关要求。具体内容见表3.3.1.2。

磷酸铁锂电池单体蓄电池检验项目 表3.3.1.2

	序号	检验项目	试验方法参照标准
安全性检验	1	机械冲击	IEC 62660-2: 2010中6.1.2
	2	挤压	IEC 62660-2: 2010中6.1.3
	3	耐高温	IEC 62660-2: 2010中6.2.1
	4	温度循环	IEC 62660-2: 2010中6.2.2.1.1
	5	外部短路	IEC 62660-2: 2010中6.3.1
	6	过充电	IEC 62660-2: 2010中6.3.2
	7	过放电	IEC 62660-2: 2010中6.3.3
环境适应性检验	1	外观检查	GD 01-2006中2.1
	2	性能试验	GD01-2006中2.2 (IEC 62660-1: 2010中对BEV的要求)
	3	绝缘电阻测量	GD 01-2006中2.3
	4	振动试验	GD 01-2006中2.7 (依据标准IEC60068-2-6出版物, 试验Fc)
	5	交变湿热试验	GD 01-2006中2.10 (依据标准IEC60068-2-30出版物, 试验Db)
	6	恒定湿热试验	GD 01-2006中2.11 (依据标准IEC60068-2-3出版物, 试验Ca)
	7	滞燃试验(仅塑料壳)	GD 01-2006中2.16 (依据标准IEC60092-101出版物)

3.3.1.3 磷酸铁锂电池管理系统的功能要求见本节3.2.4，环境适应性试验应参照GD 01-2006中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》中的相关要求。具体内容见表3.3.1.3。

磷酸铁锂电池电池管理系统检验项目 表3.3.1.3

序号	检验项目	试验方法参照标准
1	外观检查	GD 01-2006中2.1
2	性能试验	GD 01-2006中2.2 (QC/T 897-2011中4.2.3~4.2.7、4.2.10~4.2.12、4.2.16、4.2.17)

3	绝缘电阻测量	GD 01-2006中2.3
4	能源波动试验	GD 01-2006中2.4
5	能源故障试验	GD 01-2006中2.5
6	振动试验	GD 01-2006中2.7（依据标准IEC60068-2-6出版物，试验 $F_c$ ）
7	高温试验	GD 01-2006中2.8（依据标准IEC60068-2-2出版物，试验 $B_b$ ）
8	低温试验	GD 01-2006中2.9（依据标准IEC60068-2-1出版物，试验 $A_b$ ）
9	交变湿热试验	GD 01-2006中2.10（依据标准IEC60068-2-30出版物，试验 $D_b$ ）
10	恒定湿热试验	GD 01-2006中2.11（依据标准IEC60068-2-3出版物，试验 $C_a$ ）
11	盐雾试验 $K_b$ （位于开敞甲板蓄电池柜外时）	GD 01-2006中2.12（依据标准IEC60068-2-52出版物，试验 $K_b$ ）
12	耐电压试验	GD 01-2006中2.14
13	外壳防护试验	GD 01-2006中2.15（依据标准IEC60529出版物）
14	滞燃试验（有塑料部件时）	GD 01-2006中2.16（依据标准IEC60092-101出版物）
15	电磁兼容性试验	GD 01-2006中第3章

### 3.3.2 磷酸铁锂电池产品出厂检验要求

3.3.2.1 磷酸铁锂电池蓄电池模块的出厂试验应按本节规定进行。凡是列入检验的项目，如发现不合格，对抽样检验的，均应加倍抽样复验。若复验仍有不合格时，应停止检验，由制造厂消除缺陷后重新提交检验。对于同一型式的蓄电池模块出厂检验可采用抽样检验或全部检验的方式。若采用抽样检验方式，抽样数量为1%，但不少于2块。磷酸铁锂电池单体蓄电池的出厂试验参照蓄电池模块出厂检验要求。

3.3.2.2 磷酸铁锂电池出厂检验项目应参照IEC62660-1《电动公路车辆用二次锂电池——性能测试》和GD 03-2008《产品检验指南（第1期）下册》第6章中的相关要求，具体内容见表3.3.2.2。

磷酸铁锂电池模块出厂检验项目表 表 3.3.2.2

序号	检验项目	技术要求及试验方法	适用范围
1	外观	GD 03-2008 中 6.5.2.4	动力电池 通信/照明电池 起动电池
2	外形尺寸及质量	IEC 62660-1-2010 中 5、6	
3	极性	GD 03-2008 中 6.6.4	
4	绝缘电阻	GD 03-2008 中 6.5.2.7	
5	容量测试	IEC 62660-1-2010 中 7.2	
6	低温起动能力试验	GD 03-2008 中 6.5.2.21	起动电池
7	充电接受能力试验	GD 03-2008 中 6.5.2.20	

3.3.2.3 磷酸铁锂电池管理系统出厂检验项目应参照GD 01-2006中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》和QC/T897-2011《电动汽车用电池管理系统技术条件》中的相关要求，具体内容见表3.3.2.3。

磷酸铁锂电池管理系统产品出厂检验项目及顺序表 表3.3.2.3

序号	检验项目	技术要求及试验方法
1	外观检查	GD 01-2006 中 2.1

2	绝缘电阻	GD 01-2006 中 2.3	
3	状态参数测量精度	QC/T897-2011 中 4.2.3	
4	电池故障诊断	QC/T897-2011 中 4.2.5	
5	过电压运行	QC/T897-2011 中 4.2.6	
6	欠电压运行	QC/T897-2011 中 4.2.7	
7	功能检验	就地和远程监控	符合本章 3.2.4.3 要求
8		故障报警	符合本章 3.2.4.3、3.2.4.4、3.2.4.6 和 3.2.4.7 要求
9		过流保护	符合本章 3.2.4.5 要求
10		过充过放保护	
11		过高温保护功能	
12		紧急关断功能	符合本章 3.2.4.8 要求

## 第4节 磷酸铁锂电池系统的检验

### 3.4.1 建造检验要求

3.4.1.1 验船师应确认磷酸铁锂电池系统各主要部件，如磷酸铁锂电池及电池管理系统，均持有相应的证书。

3.4.1.2 电池间应检查项目如下：

- (1) 电池舱（室）的通道检查；
- (2) 电池间内设备检查；
- (3) 电池间通风系统的试验与检查；
- (4) 电池室（舱（室）与其他舱室防火分隔的检查；
- (5) 电池室间内消防设施的检查；
- (6) 电池室间内温度检查装置的检验和试验。

3.4.1.3 电池安装布置应检查项目如下：

- (1) 电池组的布置是否便于更换、检查、测试和清洁；
- (2) 电池组是否安装在可能遭受过热、过冷、水溅、蒸汽、其他损害其性能或加速其性能恶化影响的处所内。

3.4.1.4 电池的充放电装置及管理系统应检查项目如下：

- (1) 电池的充放电装置功能试验；
- (2) 管理系统监测、报警功能试验；
- (3) 管理系统安保功能试验。

### 3.4.2 建造后检验

3.4.2.1 年度检验、中间检验应检查项目如下：

- (1) 检查磷酸铁锂电池、电池管理系统运行记录。当寿命达到厂家规定的寿命或出现损坏时，应予以更换；
- (2) 检查电池间内是否增加热源设备；
- (3) 检查温度探测装置是否正常工作。
- (4) 检查通风系统是否正常工作。

3.4.2.2 特别检验项目如下：

- (1) 年度检验和中间检验内容;
- (2) 温度监测系统的效用试验;
- (3) 通风系统的效用试验;
- (4) 管理系统的效用试验。