

ICS 29.035.20

S 05

备案号:

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10187—2019

水上光伏系统用浮体技术要求和测试方法

Technical Requirement and test method of the floating body of floating PV
system

行业标准信息服务平台

2019 - 06 - 04 发布

2019 - 10 - 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 环境条件 2

5 技术要求 2

5.1 概述..... 2

5.2 材料..... 2

5.3 浮体..... 4

6 试验方法 5

6.1 材料..... 5

6.2 浮体..... 9

7 检验项目及分类 10

7.1 检验分类..... 10

行业标准信息平台

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出并归口。

本标准主要起草单位：北京鉴衡认证中心有限公司。

本标准参加起草单位：淮南阳光浮体科技有限公司、上海高分子功能材料研究所、夏尔特拉（北京）太阳能科技有限公司、上海旗华水上工程建设股份有限公司、宿州诺亚坚舟光伏科技有限公司、羲和太阳能电力有限公司、国家化学建材测试中心、台州晶晟科技有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、深圳实证可再生能源有限公司（招商新能源）、普立万聚合体（上海）有限公司、合复新材料科技（无锡）有限公司、广州合成材料研究院有限公司、广东省建筑科学研究院有限公司、安浮新能源科技有限公司、协鑫能源工程有限公司。

本标准起草人：耿爱玲、刘睿、肖福勤、吴维武、李骥安、范会渠、孔飞、吴春秋、邓霞、刘玉春、林峰、朱宜飞、王婷、张光青、周可、胡强、邹湘坪、李蓬烈、黄啟明、齐晓亮、李飞。

本标准首次制定。

行业标准信息平台

水上光伏系统用浮体技术要求和测试方法

1 范围

本标准规定了漂浮式水上光伏系统用浮体的范围、规范性引用文件、术语和定义、环境条件、技术要求、试验方法及检验项目和分类。。

本标准适用于漂浮式水上光伏系统使用的以中（高）密度聚乙烯为主要原料，添加各类助剂所生产的浮体，含材料及螺栓等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 1033.1-2008 《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》

GB/T 1034-2008 塑料吸水性试验方法

GB/T1040.1-2006 塑料 拉伸性能的测定 第 1 部分：总则

GB/T 1040.2-2006 塑料 拉伸性能的测定 第 2 部分：模塑和挤塑料的试验条件

GB/T1040.3-2006，塑料 拉伸性能的测定第 3 部分：薄膜和薄片的试验条件

GB/T 1043.1-2008 塑料 简支梁冲击性能的测定 第一部分：非仪器化冲击试验

GB/T 1633-2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定

GB/T 1842-2008 塑料 聚乙烯环境应力开裂试验方法

GB/T 2408-2008 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 2411-2008 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）

GB/T 2423.8-1995 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ed：自由跌落

GB/T 5465.2-2008 电气设备用图形符号 第 2 部分_ 图形符号

GB/T 5470-2008 塑料 冲击法脆化温度的测定

GB/T 6672-2001 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法

GB/T 9341-2008 塑料 弯曲性能的测定

GB/T 9352-2008 塑料 热塑性塑料材料的压塑

GB/T 16422.3-2014 塑料实验室光源暴露试验方法 第 3 部分：荧光紫外灯

GB/T 17219-1998 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

GB/T 17643-2011 土工合成材料 聚乙烯土工膜

GB/T 19466.6-2009 塑料 差示扫描量热法（DSC）第 6 部分：氧化诱导时间（等温 OIT）和氧化诱导温度（动态 OIT）的测定

GB/T50621-2010 钢结构现场检测技术标准

JC/T1050-2007 地面石材防滑性能等级划分及试验方法

3 术语和定义

引用标准中的术语和定义适用于本标准。

3.1

浮体 floating body

漂浮在水面上用于安装光伏组件或支撑光伏发电系统关键设备或起其它辅助作用的漂浮系统的最小单元。

3.2

连接耳 connection pin

浮体与浮体之间的固定连接部位。

4 环境条件

浮体使用环境：

- a) 水面浪高不超过 0.5m；
- b) 水流速度不超过 0.51m/s；
- c) 风速不超过 36m/s；
- d) 环境温度-25℃到 45℃；
- e) 雪载荷不超过 0.45kN/m²。

5 技术要求

5.1 概述

浮体主要包括主浮体和辅助浮体。主浮体一般由以下几个部分组成：本体、连接螺栓、连接耳、组件安装构件。辅助浮体主要由本体、连接耳、连接螺栓组成。用于与锚固系统固定的浮体还应包括锚固系统安装构件。其各部分应满足本标准的相关要求。

5.2 材料

5.2.1 一般要求

浮体材料不允许使用再生料（再生料不包括生产过程中产生的飞边料）。浮体材料的环保性能、物理性能、力学性能、热学性能、耐候性能以及防火性能应满足下面条款的要求。

5.2.2 环保性能

浮体不得污染水质，检测结果应满足 GB/T 17219-1998 表 1 的卫生要求。

5.2.3 物理性能

5.2.3.1 材料密度

浮体材料的密度应不低于 0.930g/cm³。

5.2.3.2 吸水性

浮体材料的吸水质量分数应不超过 0.1%。

5.2.3.3 环境应力开裂时间

浮体材料的环境应力开裂时间（F₅₀）应不低于 1000h。

5.2.4 力学性能

5.2.4.1 拉伸性能

浮体材料的拉伸性能应满足表 1 要求。

表 1 浮体材料拉伸性能

序号	项目	单位	指标
1	拉伸屈服应力	MPa	≥18
2	拉伸断裂应力	MPa	≥25
3	断裂标称应变	%	≥400
4	拉伸弹性模量	MPa	≥700

5.2.4.2 弯曲性能

浮体材料的弯曲性能应满足表 2 要求。

表 2 浮体材料的弯曲性能

序号	项目	单位	指标
1	弯曲弹性模量	MPa	≥800
2	弯曲强度	MPa	≥15

5.2.4.3 冲击强度

浮体材料的简支梁缺口冲击强度应不低于 40kJ / m²。

5.2.4.4 邵氏硬度

浮体材料的邵氏硬度 H_D 应不低于 50。

5.2.5 热学性能

5.2.5.1 低温脆化温度

浮体材料的低温脆化温度应不高于-70℃。

5.2.5.2 氧化诱导时间

浮体材料在温度 210℃环境下，氧化诱导时间应不低于 60min。

5.2.5.3 维卡软化温度

浮体材料的维卡软化温度 (A_{120}) 应不低于 115℃。

5.2.6 耐候性能

5.2.6.1 紫外老化

浮体材料在经过 3000h 的紫外老化测试后, 拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度的保持率不低于初始值的 75%。

5.2.6.2 恒定湿热

浮体材料在恒定湿热测试后, 拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度保持率不低于初始值的 75%。

5.2.6.3 高低温循环

浮体材料在高低温循环测试后, 拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度保持率不低于初始值的 75%。

5.2.6.4 湿冻

浮体材料进行湿冻测试后, 测试后拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度测试的保持率不低于初始值的 75%。

5.2.7 防火性能

5.2.7.1 燃烧性能

浮体材料的燃烧性能等级应不低于 HB 级。

5.3 浮体

5.3.1 外观与尺寸

5.3.1.1 外观质量

在自然光下用肉眼观测, 浮体外观应满足如下要求:

- a) 浮体的表面应清洁, 不允许有气泡, 明显的划伤、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷;
- b) 浮体飞边修整完好, 无漏削或伤及本体现象;
- c) 表面图案、商标、文字清晰完整。

5.3.1.2 尺寸

浮体最小壁厚 1.5mm。

5.3.2 防滑性能

过道浮体上表面的防滑系数应不低于 0.50。

5.3.3 浮体表面穿刺

浮体表面的穿刺强度应不低于 500N。

5.3.4 落球冲击

浮体在进行落球冲击之后应无明显裂纹。

5.3.5 跌落

浮体在进行跌落测试之后，密封性不应有变化。

5.3.6 常温水密性

常温条件下，浮体进行水密性试验，试验过程中浮体不应有渗漏。

5.3.7 抗风性能

风速 45m/s 环境下，进行抗风强度的测试过程浮体与组件之间的连接构件不应出现明显的振动、变形、部件脱落或破坏的现象。

5.3.8 浮体间螺栓螺母连接强度

浮体间螺栓螺母连接抗拉强度应不低于 6500N、螺栓剪切力应不低于 6500N。

5.3.9 极耳抗拉强度

5.3.9.1 对角拉力

浮体对角极耳施加反方向作用力，直至极耳破坏，测得此时的作用力应不低于 6500N。

5.3.9.2 对边拉力

浮体对边极耳施加反方向作用力，直至极耳破坏，测得此时的作用力应不低于 6500N。

5.3.10 极耳抗剪切力

对浮体极耳施加垂直剪切力，直至极耳破坏，测得此时的作用力应不低于 900N。

6 试验方法

6.1 材料

6.1.1 环保性能

浮体材料的环保性能测试方法按 GB/T 17219-1998 附录 A 进行测试。测试结果应该满足 5.2.2 的要求。

6.1.2 物理性能

6.1.2.1 试样制备

浮体材料试验所用试样制备应采用溢料式模具，冷却方法按 GB/T 9352-2008 中表 1 中方法 C 的规定进行。

6.1.2.2 材料密度

浮体材料密度测试依据 GB/T 1033.1-2008 中规定的 A 法进行。测试结果应该满足 5.2.3.1 的要求。

6.1.2.3 吸水性

吸水性测试依据 GB/T 1034-2008 的规定进行。试样应满足 GB/T 1034-2008 条款 5.6 的要求。浮体材料在环境温度为 $23.0 \pm 2^\circ\text{C}$ 条件下，放入盛有蒸馏水的容器中 24h，测试结果应该满足 5.2.3.2 的要求。

6.1.2.4 环境应力开裂时间

测试依据 GB/T 1842-2008 规定的方法进行，试样制备条件按照表 1 进行，试验条件为表 2 中条件 B。测试结果应该满足 5.2.3.3 的要求。

6.1.3 力学性能

6.1.3.1 拉伸性能

拉伸屈服应力、屈服拉伸应变、拉伸断裂应力、断裂标称应变，测试依据 GB/T 1040.3-2006 的规定进行。测试试样为 5 型，1mm 厚，试验速度 50mm/min。测量拉伸弹性模量时，测试依据 GB/T 1040.2-2006 的规定进行。测试试样为 1B 型，4mm 厚，试验速度为 1mm/min。测试结果应该满足 5.2.4.1 的要求。

6.1.3.2 弯曲性能

测试依据 GB/T 9341-2008 的规定进行。试样应满足条款 6 推荐尺寸的要求，试验速度 2mm/min，测试结果应该满足 5.2.4.2 的要求。

6.1.3.3 冲击强度

测试依据 GB/T 1043.1-2008 的规定进行。测试方法选用表 2 中 1eA 的方法进行，测试结果应该满足 5.2.4.3 的要求。

6.1.3.4 邵氏硬度

测试依据 GB/T 2411-2008 的规定进行。试验厚度 4mm，用 D 型硬度计测定硬度，15s 读数。测试结果应该满足 5.2.4.4 的要求。

6.1.4 热学性能

6.1.4.1 低温脆化温度

测试依据 GB/T 5470-2008 的规定进行。A 型试样，试样至少为 10 片，试验温度为-70℃，试验结束后，试样 0 片不破裂为合格。

6.1.4.2 氧化诱导时间

试验依据 GB/T 19466.6-2009 的规定进行。温度为 210℃，采用铝坩埚，测试结果应该满足 5.2.5.2 的要求。

6.1.4.3 维卡软化温度

测试依据 GB/T 1633-2000 中 A₁₂₀ 的规定进行。测试结果应该满足 5.2.5.3 的要求。

6.1.5 耐候性能

6.1.5.1 紫外老化

浮体材料的紫外老化耐受能力的测试依据 GB/T 16422.3-2014 进行，采用 1A 型（UVA-340）荧光紫外灯或相应的 1A 型荧光紫外灯组来模拟日光中的紫外部分。测试条件取 GB/T 16422.3-2014 中表 4 方法 A：人工气候老化，循环序号 1。紫外老化试验结束后，测试前后各进行一次拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度测试。测试结果应该满足 5.2.6.1 的要求。

6.1.5.2 恒定湿热

将浮体材料在 85℃±2℃，相对湿度（85±5）% 的环境中存储 1000h，测试前后各进行一次拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度测试。测试结果应该满足 5.2.6.2 的要求。

6.1.5.3 高低温循环

将浮体材料放置于环境试验箱中，在-40℃~85℃的条件下进行高低温交变试验，温度变化速率 100℃/h，在-40℃和 85℃下保持 10min，一次循环周期为 6 个小时，共进行 200 个循环。如图 1 所示进行测试，测试前后各进行一次拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度测试。测试结果应该满足 5.2.6.3 的要求。

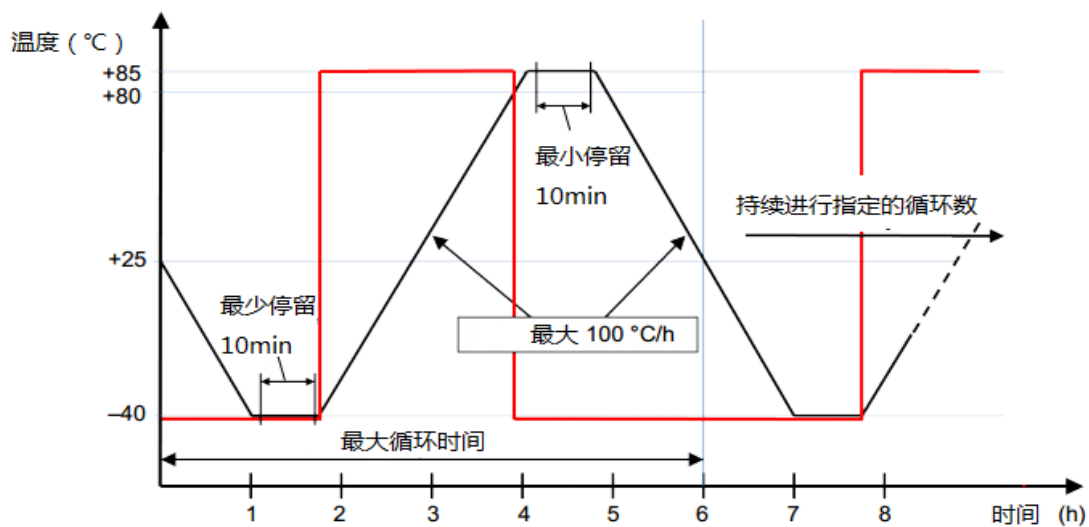


图 1 温度循环测试示意图

6.1.5.4 湿冻

将浮体材料放置于环境试验箱中，将其置于-40℃～85℃条件下进行高低温交变湿冻试验。在室温以上保持相对湿度为 $(85 \pm 5)\%$ ，温度变化速率在0℃以上100℃/h，0℃以下200℃/h，共10个循环周期，一次循环周期时间为24h。按照图2所示进行测试。测试前后各进行一次拉伸断裂应力、断裂标称应变以及冲击强度测试。测试结果应该满足5.2.6.4的要求。

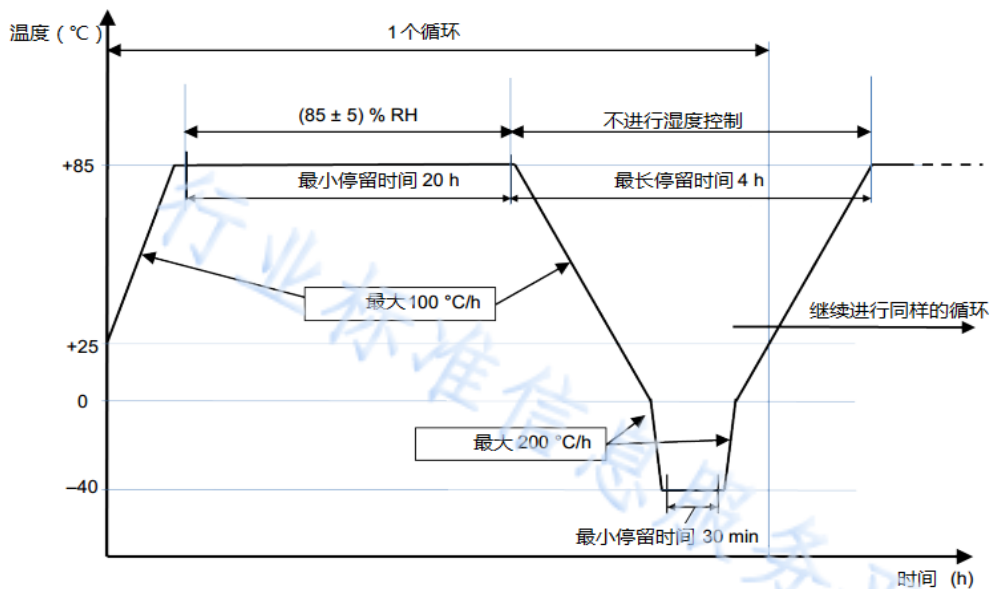


图 2 湿冻循环示意图

6.1.6 防火性能

6.1.6.1 燃烧性能

测试依据 GB/T 2408-2008 试验方法 A-水平燃烧试验方法进行。测试结果应该满足 5.2.7.1 的要求。

6.2 浮体

6.2.1 外观检查

目测检查浮体的外观，外观应满足 5.3.1.1 的要求。

6.2.2 尺寸测量

测量浮体的壁厚，测试方法参考 GB/T 6672-2001 进行，壁厚的最小值应满足 5.3.1.2 的要求。

6.2.3 辅助浮体上表面防滑性能

防滑系数的测试方法参考 JC/T 1050-2007 进行。试样应在样品的整个上表面均匀裁取，尺寸不能小于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。试样分别进行湿态和干态试验，每次试验至少测量三对试样。测试结果应该满足 5.3.2 的要求。

6.2.4 浮体表面穿刺

浮体表面的穿刺测试方法参考 GB/T 17643-2011 附录 C 进行。试样数量至少 15 个，针头直径 $8\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，试验速度 $300\text{mm/min} \pm 10\text{mm/min}$ 。测试结果应该满足 5.3.3 的要求。

6.2.5 落球冲击

将质量为 2kg 的钢球从 1m 高处自由跌落到浮体上表面，跌落位置应在距试样中心 25mm 范围内。观察浮体表面应无明显裂纹。试验在常温下进行。

6.2.6 跌落

浮体跌落测试方法按照 GB/T 2423.8-1995 规定的方法进行测试。跌落高度为 1m。水平表面为混凝土或等效的无弹性地面。浮体在进行跌落测试之后，常温水密性不应有变化。

6.2.7 常温水密性

将浮体完全浸没水中，静置 168h、取出后表面干燥，称重量变化不超过 0.1%。水瓶口处潮湿程度与空气潮湿程度一致。

6.2.8 抗风性能

将组件按照规定的方式安装到浮体上，然后将浮体固定在风洞底板上，开启风机，逐渐调节风机，提高风速，平均分 5 级加载，各级分别稳定风速不小于 3min；当达到指定风速（45m/s）后，稳定不小于 10min，在升速的过程中观察浮体与组件的状态。测试在正对组件正面和背面两个风向上分别进行。测试结果应该满足 5.3.7 的要求。

6.2.9 浮体间螺栓螺母连接强度

测试参考 GB/T 50621-2010 进行。测试结果应该满足 5.3.8 的要求。

6.2.10 极耳抗拉强度

6.2.10.1 对角拉力

将浮体一端的极耳固定，用拉力试验机拉向对角方向拉对角极耳，试验速度 50mm/min,直至浮体破坏，记录此时作用在浮体上的（最大）作用力。测试结果应该满足 5.3.9.1 的要求。

6.2.10.2 对边拉力

将浮体一侧的极耳固定，用拉力试验机作用于对侧的极耳的中间位置，试验速度 50mm/min,直至浮体破坏，记录此时作用在浮体上的作用力。测试结果应该满足 5.3.9.2 的要求。

6.2.11 极耳抗剪切力

将浮体固定，用拉力试验机在极耳上施加向上或者向下的剪切力，试验速度 50mm/min,直至极耳破坏，记录此时作用在浮体上的作用力。测试结果应该满足 5.3.10 的要求。

6.2.12 极限浮力

极限浮力指浮体完全浸没时产生的浮力，其值等于浮体完全浸没水中时排除的水的质量。测试结果应满足 5.3.11 的要求。

7 检验项目及分类

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式试验。

7.1.1 出厂检验

出厂检验应在每一台产品上进行，出厂检验合格并给予出厂检验合格证明后方可出厂。

7.1.2 型式试验

当有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品鉴定；
- b) 正式生产后，结构、材料、工艺有较大改变，足以影响产品性能时；
- c) 批量生产的产品，每隔 4 年进行一次确认检验；
- d) 产品停产 2 年后恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式试验的要求时。

7.1.3 检验项目

序号	实验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式试验
1	环保性能	5.2.2	6.1.1		√
2	材料密度	5.2.3.1	6.1.2.2		√
3	吸水性	5.2.3.2	6.1.2.3		√

4	环境应力开裂时间	5.2.3.3	6.1.2.4		√
5	拉伸性能	5.2.4.1	6.1.3.1		√
6	弯曲性能	5.2.4.2	6.1.3.2		√
7	冲击强度	5.2.4.3	6.1.3.3		√
8	邵氏硬度	5.2.4.4	6.1.3.4		√
9	低温脆化温度	5.2.5.1	6.1.4.1		√
10	氧化诱导时间	5.2.5.2	6.1.4.2		√
11	维卡软化温度	5.2.5.3	6.1.4.3		√
12	紫外老化	5.2.6.1	6.1.5.1		√
13	恒定湿热	5.2.6.2	6.1.5.2		√
14	高低温循环	5.2.6.3	6.1.5.3		√
15	湿冻	5.2.6.4	6.1.5.4		√
16	燃烧性能	5.2.7.1	6.1.6.1		√
17	外观质量	5.3.1.1	6.2.1	√	√
18	尺寸	5.3.1.2	6.2.2	√	√
19	浮体上表面防滑性能	5.4.2	6.2.3		√
20	浮体表面穿刺	5.4.3	6.2.4		√
21	常温水密性	5.4.4	6.2.5	√（抽）	√
22	落球冲击	5.4.5	6.2.6		√
23	跌落	5.4.6	6.2.7		√
24	抗风性能	5.4.7	6.2.8		√
25	浮体间螺栓螺母连接强度	5.4.8	6.2.9		√
26	极耳抗拉强度	对角拉力	5.4.9.1	6.2.10.1	√
27		对边拉力	5.4.9.2	6.2.10.2	√
28	极耳抗剪切力	5.4.10	6.2.11		√
29	极限浮力	5.4.11.1	6.2.12.1		√