

中国光伏行业协会标准 《水上光伏发电系统用浮体》 (征求意见稿)编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

根据中国光伏行业协会 2018 年第一批标准制修订计划，协会标准《水上光伏发电系统用浮体》（项目计划号 2018009-CPIA）由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口管理，由中国电子技术标准化研究院牵头起草。

1.2 协作单位

项目组成员单位有中国电子技术标准化研究院、淮南阳光浮体科技有限公司、国家光伏产品质量监督检验中心、杭州汉德质量认证服务有限公司、北京鉴衡认证中心、长江勘测规划设计研究院等单位。

1.3 编制过程

2018年03月15日，《水上光伏发电系统用浮体》协会标准制定计划正式下达。

2018年03月底，成立项目编制组。

2018年04月27日，在江苏省南京市召开标准启动会。来自羲和太阳能电力有限公司、协鑫集成科技股份有限公司、安浮新能源科技有限公司、通威股份有限公司、江苏林洋新能源科技有限公司、诺斯曼能源科技（北京）股份有限公司、远东电缆有限公司、夏尔特拉（北京）太阳能科技有限公司、淮南阳光浮体科技有限公司、国家光伏产品质量监督检验中心、北京鉴衡认证中心、中国建材检验认证集团股份有限公司、杭州汉德质量认证服务有限公司等单位的50余位专家及代表参加会议，对标准框架和关键指标进行了讨论。

2018年08月16日，形成征求意见稿一稿，并在编制组内部征求意见。

2018年09月06日，根据编制组成员单位反馈意见，形成征求意见稿二稿。

2018年09月13日，编制组内部召开电话会议，就拉伸性能测试样品类型、缺口冲击强度、耐紫外老化试验、极限浮力、穿刺强度、可燃性试验等问题进行了讨论。

会后，牵头单位按照编制组达成的一致意见，对标准草案进行修改完善。目前已经形成征求意见稿。

2 标准编制原则和主要内容的确定

2.1 编制原则

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》进行编写。

本标准的制定以高密度聚乙烯浮体生产技术水平以及水上光伏系统对浮体的质量要求为基础，以科学合理、可操作性为原则。

2.2 主要内容

本标准规定了水上光伏发电系统用浮体的要求、试验方法、检验规则、标志、运输及贮存等。本标准适用于水上光伏发电系统用高密度聚乙烯（HDPE）浮体的设计、研发、产品质量控制和验收。

由于水上光伏发电系统用浮体产品的特殊性，部分技术参数无法直接对浮体产品进行检测，需要通过材料进行检测。因此，浮体要求分为浮体材料要求和浮体产品要求两部分。浮体材料要求包括硬度、脆化温度、拉伸性能、弯曲弹性模量、缺口冲击强度、维卡软化温度、负荷变形温度、氧化诱导时间、环境应力开裂时间、耐湿热老化性能、耐紫外老化性能、耐化学试剂性能。浮体产品要求包括外观、最小壁厚、水密性、极限浮力、抱耳抗拉强度、抱耳弯折疲劳、连接动载疲劳、抗风性能、表面集中负载、表面落锤试验、穿刺强度。

（1）浮体材料耐湿热老化试验

水上光伏发电系统由于其特定使用环境是在水面上，每年夏季都要经受高温高湿环境。鉴于浮体与光伏组件的安装使用环境基本相同，浮体材料湿热老化试验条件采用光伏组件湿热老化试验条件，即按照 IEC 61215-2:2016 中MQT 13的规定，温度 $(85\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(85\pm 5)\%$ 、持续时间 1000^{+48}_{-0} h。

（2）浮体材料耐紫外老化试验

水上光伏发电系统用浮体作为光伏组件的支撑部件，保护组件户外25年使用的要求。因此浮体必须同光伏组件一样，具有25年的使用寿命，紫外线对高分子材料具有很强的破坏能力，严重威胁产品使用年限。目前水上光伏发电系统目前大面使用于安徽、山东等水系较多的地方，光照资源属于我国Ⅱ类地区，25年紫外总辐照量为 1600kWh/m^2 。行业参照GB/T 1040.2中4mm厚的1B型试样进行测试。选取市面产品进行测试，测试结果如表1所示。

表1 4 mm厚试样紫外试验

样品 1			
初始	屈服强度 (MPa)	断裂强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)
	24.9	21.9	550
UV600	22	18.4	328
UV1000	23.1	16.9	304
UV1500	22.6	14.3	264
UV1840	23.5	14.1	248
样品 2			
初始	屈服强度 (MPa)	断裂强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)
	25.2	18.2	340
UV800	20.6	14.5	230
UV1200	22.9	12.4	170
UV1440	25.1	12.3	100
UV1680	24.6	11.9	22
样品 3			
初始	屈服强度 (MPa)	断裂强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)
	25.3	18.1	470
UV800	20.1	16.6	440
UV1200	21	16.4	440
UV1440	22.7	12.3	280
UV1680	25.8	11.5	130
样品 4			
初始	屈服强度 (MPa)	断裂强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)
	20.3	31.2	760
UV600	22	27.2	610
UV1500	23.1	24.8	460
UV1850	22.6	24.1	410
样品 5			
初始	屈服强度 (MPa)	断裂强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)
	24.9	22.8	510
UV600	22.8	18.5	264
UV1000	22.6	15.7	232
UV1500	22.3	14.6	224
UV1840	22	14.1	216

测试结果表明老化前后,材料屈服强度没有明显变化,拉伸断裂应力保持率均 $\geq 60\%$,5个样品中3个样品的断裂标称应变 $\geq 200\%$ 。

由于1600kWh/m²辐照量较大，测试周期长，为了快速评估浮体材料老化性能，缩短测试周期，使用1mm厚的5型试样。表2为辐照度800 W/m²、采用1mm厚5型试样进行的紫外试验数据，表3为辐照度600 W/m²、采用1 mm厚5型试样进行的紫外试验数据。从表2和表3可以看出，当UV辐照量达到500时，断裂标称应变值急剧下降，材料力学性能衰减显著。因此，对于1mm厚试样，累计辐照量选取400 kWh·m⁻²。测试结果表明老化前后，材料屈服强度没有明显变化，拉伸断裂应力保持率基本≥60%，样品的断裂标称应变保持率基本≥50%。

表2 1mm厚试样紫外试验后拉伸性能（800 W/m²）

老化前	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	26.4	6.8×10^2	33.1
样品 2	25.5	6.6×10^2	30.2
UV300	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	28.1	6.2×10^2	20.4
样品 2	26.9	6.3×10^2	20.2
UV400	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	27.2	3.0×10^2	21.3
保持率	103%	44.1%	64.4%
样品 2	25.8	4.4×10^2	18.6
保持率	101.2%	66.6%	61.6%
UV500	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	26.4	1.0×10^2	17.9
保持率	100%	14.7%	54.1%
样品 2	26.4	1.7×10^2	16.5
保持率	103.5%	25.8%	54.6%

表3 1 mm厚试样紫外试验后拉伸性能（600 W/m²）

老化前	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	26	660	30.2
样品 2	25.1	610	26.4
UV300	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	25.7	631	26.7
样品 2	25.3	638	28.9
UV400	屈服强度（MPa）	断裂标称应变（%）	断裂强度（MPa）
样品 1	26	628	27
保持率	100%	95.2%	89.4%
样品 2	24.4	327	14.5

保持率	97.2%	53.6%	54.9%
UV500	屈服强度 (MPa)	断裂标称应变 (%)	断裂强度 (MPa)
样品 1	25.9	395	18.1
保持率	99.6%	59.8%	59.9%
样品 2	23.1	70	13.6
保持率	92%	11.4%	51.5%

(3) 耐化学溶剂性能

浮体所处水体可能含有酸性物质、碱性物质或有机溶剂，本标准参照GB/T 11547-2008《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》，选取5%HCl溶液、饱和NaOH溶液、甲苯、IRM903矿物油、乙醇五种试液，分别在 $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 下浸泡1周，测试浮体的耐酸性、耐碱性及耐有机化学试剂性能。

(4) 浮体壁厚的确定

根据结构合剂和制备成型工艺经验，不同结构的浮体在成型工艺过程中均会在特定位置出现最小壁厚。最小壁厚处即是浮体力学性能薄弱位置，因此规定最小壁厚对于保证浮体的基本理化性能至关重要。根据国内生产企业和检测机构多年累积的实践经验，以及标准起草会专家建议，浮体合模线以上部分最小壁厚应 $\geq 2\text{ mm}$ ，合模线以下部分最小壁厚应 $\geq 1.5\text{ mm}$ 。

(5) 抱耳抗拉强度

抱耳是浮体的连接节点，代表子单元节点力，应当充分考虑到外部环境因素和结构设计方案，满足极限工况。极限工况指的是结合50年一遇最大风、浪、流因素耦合下的方阵节点受力状态，该最大值与锚固系统有关，可能发生在锚固点与浮体连接位置。抱耳抗拉强度不应低于厂商标称值，单耳抗拉断力至少满足：对边 $\geq 8000\text{ N}$ ，对角 $\geq 8000\text{ N}$ 。

(6) 抱耳抗弯折疲劳

考虑内湖波浪周期，确定25年作用频次约为10万次，因此浮体抗弯折疲劳试验次数应大于等于10万次。根据水面浮力测试，过道浮体在一侧螺栓固定条件下，负重900N对应的走道浮体最大下沉深度是75mm。将承载浮体置于水平面，过道浮体悬空，使疲劳试验机气缸活塞杆轴线与承载浮体和过道浮体的抱耳连接点轴线重合，控制气缸最大行程75mm，通过疲劳试验机对浮体进行10万次循环的弯折疲劳试验。

(7) 表面落锤试验

由于水上光伏发电系统在安装或运维过程中，可能出现工具跌落等情况，因此要求浮体具有一定的抗冲击性能。浮体表面落锤试验参考GB/T 14152-2001《热塑性塑料管材耐性外冲击性能 试验方法 时针旋转法》，模拟安装或运维时的工具坠落，采用质量为2 kg的钢球从1 m高处自由下落到浮体上表面中心位置进行测试。

(8) 防火性能

光伏发电系统自身产生电流，具有起火的潜在危险。而高密度聚乙烯属于聚合物，未采取阻燃处理的高密度聚乙烯具有易燃烧性。当光伏发电系统与聚合物浮体结合使用时，对高密度聚乙烯浮体的防火性能需要提出更高的要求。本标准从可燃性和燃烧性能两方面对高密度聚乙烯浮体的防火性能进行规范。浮体产品燃烧性能应符合GB/T 2408-2008中8.4规定的HB级要求。同时，根据国内电站业主的普遍要求，浮体在试验温度960℃下，应能通过GB/T 5169.11-2017规定的灼热丝可燃性试验。

3 知识产权情况说明

未发现本标准技术内容涉及相关专利。

4 与国际、国外同类标准水平的对比情况

尚未发现与本标准相应的国际标准或国外同类标准。

5 与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准符合国家有关法律、法规的要求，目前国内外尚未制定水上光伏浮体的相关标准。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

7 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准作为推荐性标准，发布后3个月正式实施。

8 替代或废止现行相关标准的建议

本标准为首次制定。

标准编制组

2019年02月15日