

ICS 31-030

L90

CPIA

中国光伏行业协会标准

T/CPIA XXXX—201X

水上光伏发电系统用浮体

Floating body used for Photovoltaic(PV) power system on water

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

（征求意见稿）

2017-09-18 发布

2017-10-01 实施

中国光伏行业协会 发布

前 言

本标准根据 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

水上光伏发电系统用浮体

1 范围

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。

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文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- 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 1040.2-2006 塑料拉伸性能的测定第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件
- GB/T 1040.3-2006 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1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 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 2828.1-2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2918-1998 塑料试样状态调节和试验的标准环境
- GB/T 5169.11-2017 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法（GWEPT）
- GB/T 5470-2008 塑料 冲击法脆化温度的测定
- GB/T 9341-2008 塑料 弯曲性能的测定
- GB/T 9352 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑
- GB/T 11547-2008 塑料 耐液体化学试剂性能的测定
- 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 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/T 26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定
- GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
- ISO 6603-2: 2000 塑料 硬质塑料击穿性能的测定 第2部分 仪器冲击试验
- IEC 61215-2:2016 地面光伏组件 设计鉴定和定型 第2部分：测试程序（Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

浮体 floating body

在漂浮式水上光伏发电系统中，具有支撑作用，使光伏发电系统整体漂浮于水面之上的部分。

3.1**极限浮力 ultimate buoyancy**

浮体可提供的最大浮力。

4 要求**4.1 浮体材料要求****4.1.1 一般要求**

生产浮体采用的高密度聚乙烯原料不应使用废料或再生料。

4.1.2 浮体材料基本理化性能

浮体材料的基本性能应符合表1的要求。

表 1 浮体材料基本理化性能

序号	项目	要求	
1	硬度	≥ 50 Shore D	
2	脆化温度	≤ -70 °C	
3	拉伸性能	拉伸屈服应力	≥ 20 Mpa
		拉伸断裂应力	≥ 25 Mpa
		断裂标称应变	$> 450\%$
		拉伸弹性模量	≥ 600 Mpa
4	弯曲弹性模量	≥ 600 Mpa	
5	缺口冲击强度	≥ 40 kJ/m ²	
6	维卡软化温度	≥ 115 °C	
7	负荷变形温度	≥ 60 °C	
8	氧化诱导时间（210 °C）	≥ 60 min	
9	环境应力开裂时间（ F_{50} ）	≥ 1000 h	

4.1.3 浮体材料耐候性能

浮体材料的耐候性能应符合表2的要求。

表 2 浮体材料耐候性能

序号	项目	要求
1	湿热试验（温度：85℃，相对湿度：85% 时间：1000 h）	湿热试验后： 1) 样品表面无粉化、开裂现象，允许有极轻微变色。 2) 拉伸断裂应力保持率≥75%，断裂标称应变保持率≥75%， 缺口冲击强度保持率75%。
2	紫外试验（辐照强度600 W·m ⁻² ~800 W·m ⁻² ，1 mm厚试样累计辐照量400 kWh·m ⁻² ，或者4 mm厚试样累计辐照量1600 kWh·m ⁻² ）	紫外试验后： 1) 样品表面无粉化、开裂现象，允许有极轻微变色。 2) 拉伸断裂应力保持率≥60%，缺口冲击强度保持率≥70%， 1 mm厚试样断裂标称应变保持率≥50%，或者4 mm厚试样断裂标称应变绝对值≥200%。

4.1.4 浮体材料耐化学试剂性能

浮体材料的耐化学试剂性能应满足表 3 的规定。

表 3 浮体材料耐化学试剂性能

序号	项目	要求
1	耐甲苯	试验后：拉伸断裂应力保持率≥75%，断裂应变保持率≥75%，缺口冲击强度保持率 75%。
2	耐矿物油	
3	耐乙醇	
4	耐饱和 NaOH 溶液	
5	耐 5%HCl 溶液	

4.2 浮体要求

4.2.1 浮体外观

浮体外观应满足以下要求：

- a) 表面光滑，无冷斑、划痕、粘料、起泡、膨胀、凹陷、裂纹、空洞、穿透状杂质、变形、翘曲等明显缺陷；
- b) 飞边修整完好，无漏削或伤及本体现象；
- c) 浮体色泽均匀，无变色、褪色、污点等；
- d) 浮体表面图案、商标、文字应清晰完整。

4.2.2 浮体壁厚

浮体合模线以上部分最小壁厚应≥2 mm，合模线以下部分最小壁厚应≥1.5 mm。

4.2.3 浮体基本理化性能

浮体的基本理化性能应满足表4的规定。

表 4 浮体基本理化性能

序号	项目	要求
1	水密性	试验后浮体重量无变化，水瓶口处潮湿程度与空气潮湿程度一致（浸没时间 \geq 168 h）。
2	极限浮力	\geq 厂商标称值
3	抱耳抗拉强度	对边 \geq 8000 N，对角 \geq 8000 N。
4	抱耳抗剪强度	\geq 厂商标称值
5	抱耳抗弯折疲劳	试验后浮体抱耳未发生明显开裂等损坏现象，对边和对角拉力符合要求（弯折次数 \geq 10万次）。
6	连接动载疲劳	10万次动载往复循环后，浮体未发生明显损坏现象。
7	抗风性能	可承受风力等级 \geq 17级，试验后浮体自身不应出现开裂等损坏现象。
8	表面集中负载	\geq 100 kg
9	表面落锤试验	5次落锤试验后，浮体表面未发生明显变形或破坏。
10	穿刺强度	\geq 3000 N。

4.2.4 浮体环境耐久性

浮体的环境耐久性应满足表5的规定。

表 5 浮体环境耐久性

序号	项目	要求
1	高低温试验	试验后样品表面应无裂纹、变形等缺陷，水密性和抱耳抗拉强度符合本标准的要求。
2	冰冻试验	

4.2.5 防火性能

4.2.5.1 燃烧性能

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。

4.2.5.2 可燃性

在试验温度 750℃ 下，浮体产品应能通过 GB/T 5169.11-2017 规定的灼热丝可燃性试验。

4.2.6 环境健康要求

4.2.6.1 限用物质含量要求

浮体产品的限用物质含量应符合GB/T 26572的规定。

4.2.6.2 浸泡水卫生要求

浮体浸泡水的卫生要求应符合GB/T 17219-1998中表2的要求。

5 试验方法

5.1 硬度测定

浮体材料的硬度应按照GB/T 2411-2008的规定进行测试，选用D型邵氏硬度计。

5.2 脆化温度测定

浮体材料的脆化温度应按照GB/T 5470-2008中A法的规定进行测试。

5.3 拉伸性能测定

浮体材料的拉伸性能应按照 GB/T 1040.3-2006 或 GB/T 1040.2-2006 的规定进行测试，并满足以下条件：

a) 试样：先按照 GB/T 9352 的规定从材料压塑制备成板材，然后通过冲压或机加工的方法制备试样。试样应无扭曲，相邻平面间应互相垂直，表面和边缘无划痕、空洞、凹陷、裂纹、毛刺、分层。试样的形状和尺寸应符合 GB/T 1040.3-2006 中 5 型（厚度 1mm）试样或 GB/T 1040.2-2006 中 1B 型（厚度 4mm）试样的规定。

b) 试验速度：测试拉伸屈服应力、拉伸断裂应力和断裂标称应变时的拉伸速度为 50 mm/min；测试弹性模量时的拉伸速度为 1 mm/min。

c) 状态调节：按照 GB/T 2918-1998 的规定在标准环境 23/50 下进行。

5.4 弯曲弹性模量测定

浮体材料的弯曲弹性模量应按照 GB/T 9341-2008 的规定进行测试，并满足以下条件：

a) 试样：选取 GB/T 9341-2008 给出的推荐试样尺寸。

b) 试验速度：1 mm/min。

c) 状态调节：按照 GB/T 2918-1998 的规定在标准环境 23/50 下进行。

5.5 缺口冲击强度测定

浮体材料的缺口冲击强度应按照 GB/T 1043.1-2008 的规定进行测试，并满足以下条件：

a) 试样：选取 GB/T 1043.1-2008 规定的 1 型试样、A 型缺口，试样应无扭曲，并具有相互垂直的平行表面，表面和边缘无划痕、麻点、凹痕和飞边。

b) 试样数量：一组测试应采用不少于 5 个的同批次试样进行试验。

5.6 维卡软化温度测定

浮体材料的维卡软化温度应按照 GB/T 1633-2000 中的 A₅₀ 法进行测试，试验前试样应按照 GB/T 2918-1998 的规定在标准环境 23/50 下进行状态调节。

5.7 负荷变形温度测定

浮体材料的负荷变形温度应按照 GB/T 1634.2-2004 中的 B 法进行测试，采用 GB/T 1634.2-2004 给出的优选试样尺寸，试验前试样应按照 GB/T 2918-1998 的规定在标准环境 23/50 下进行状态调节。

5.8 氧化诱导时间测定

浮体材料的氧化诱导时间按照 GB/T 19466.6-2009 的规定进行测试，恒温试验温度为 210 ℃。

5.9 环境应力开裂时间测定

浮体材料的环境应力开裂时间（ F_{50} ）应按照GB/T 1842的规定进行测定，选择试验条件B。

5.10 湿热试验

5.10.1 按照 5.3 的规定制备试样。

5.10.2 湿热试验前,按照 5.3 的规定测试样品的拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度,观察并记录试样表面颜色。

5.10.3 将试样放入环境试验箱中。在下列条件下进行试验:

- a) 试验温度: $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- b) 相对湿度: $(85 \pm 5) \%$;
- c) 试验时间: $(1000^{+48}_0) \text{ h}$ 。

5.10.4 湿热试验结束后,将试样放入烘箱,在 $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 下干燥 24 h,然后放入干燥器中冷却至 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 。用冷却后的试样,按照 5.3 的规定测试拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度,并观察试样表面颜色。

5.11 紫外试验

5.11.1 按照 5.3 的规定制备试样。

5.11.2 紫外试验前,按照 5.3 的规定测试样品的拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度,观察并记录试样表面颜色。

5.11.3 参照 IEC 61215-2:2016 中 MQT 10 的规定进行紫外试验。将样品放入紫外环境试验箱,样品表面与紫外线相垂直。使用经校准的辐射仪测量样品测试平面上的辐照度,波长在 280 nm~400 nm 的辐照度 $(600 \sim 800) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,且在整个测试平面上的辐照度均匀性为 $\pm 15\%$ 。使样品经受波长在 280 nm~400 nm 范围的紫外辐射,其中波长为 280 nm~320 nm 的紫外辐射占总辐射的 3%~10%。对于 5 型(厚度 1 mm)试样,累计辐照量不低于 $400 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 。对于 1B 型(厚度 4 mm)试样,累计辐照量不低于 $1600 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

5.11.4 紫外试验结束后,按照 5.3 的规定测试拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度,并观察试样表面颜色。

5.12 耐化学试剂试验

5.12.1 按照 5.3 的规定制备试样。

5.12.2 试验前,按照 5.3 的规定测试样品的拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度。

5.12.3 浮体材料的耐化学试剂性能应按照 GB/T 11547-2008 的规定进行试验,试验条件如下:

- a) 试液: 甲苯(应满足 GB/T 11547-2008 中附表 B.1 的规定)、矿物油(应满足 GB/T 11547-2008 中附表 B.2 的规定)、乙醇(应满足 GB/T 11547-2008 中附表 B.1 的规定)、饱和 NaOH 溶液、5% HCl 溶液;
- b) 浸泡温度: $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- c) 浸泡时间: 1 周。

5.12.4 试验结束后,将试样从密闭容器中取出,用去离子水进行冲洗并擦拭干净,在 $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 的烘箱中干燥 $2 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$,放入干燥器中冷却至 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 。然后,按照 5.3 的规定测试拉伸断裂应力和断裂标称应变,按照 5.5 的规定测试样品的缺口冲击强度。

5.13 浮体外观检查

目视检查浮体外观。

5.14 壁厚测量

根据浮体结构设计，选取浮体壁厚最薄的位置，使用测厚仪进行测量。

5.15 水密性测试

- 5.15.1 将浮体样品完全浸入清水中，连续浸泡 168 h。
- 5.15.2 将浮体样品取出，擦干表面水渍，在密封口内部放置变色硅胶干燥剂，同时在浮体附近空气环境中放置硅胶干燥剂作为对比。
- 5.15.3 观察并比对干燥剂颜色变化，若两份硅胶干燥剂颜色变化一致，说明浮体内部潮湿程度与空气潮湿程度一致，表明未出现渗水现象。

5.16 极限浮力测试

在水深不小于2 m的水池中垂直放置一标尺，标尺的垂直度偏差不应超过 $\pm 2^\circ$ 。将浮体样品放入水中，逐渐在浮体上表面加载负重，保证浮体始终处于平衡状态，直至浮体刚好全部淹没。记录浮体刚好淹没时的负重。

5.17 抱耳抗拉强度测试

5.4.1 对角拉力试验

将浮体的一个抱耳固定，用拉力试验机向对角方向拉对角抱耳（见图 4 a），试验速度 50 mm/min，直至浮体破坏，记录此时作用在浮体上的作用力。

5.4.2 对边拉力试验

将浮体的一端固定，用拉力试验机向对边方向拉对边抱耳（见图 4 b），试验速度 50 mm/min，直至浮体破坏，记录此时作用在浮体上的作用力。

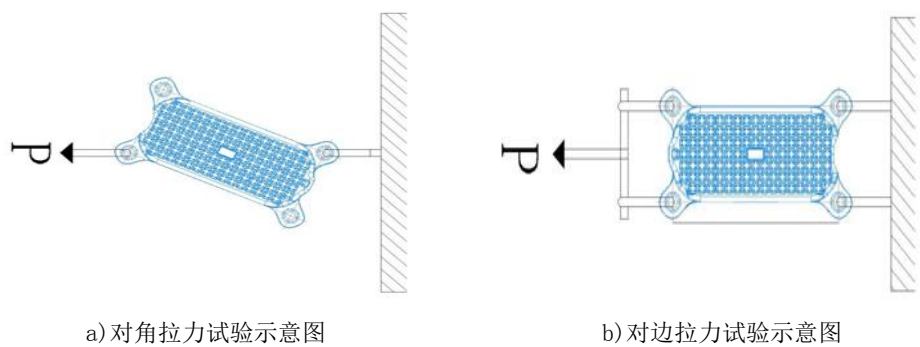


图 4 对角/对边拉力试验示意图

5.18 抱耳抗剪强度

将浮体固定，用拉力试验机在抱耳上施加向上或向下的剪切力，试验速度50 mm/min，直至抱耳破坏，记录此时作用在浮体抱耳上的作用力。

5.19 抱耳抗弯折疲劳试验

将承载浮体置于水平桌面，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75 mm，通过疲劳试验机对浮体进行至少10万次循环的弯折疲劳试验。

5.20 连接动载疲劳试验

采用疲劳试验机，设定疲劳试验机拉力中值（500 N）、往复荷载幅值（250 N），设定频率为10 Hz，对浮体支座与铝合金支架连接件进行10万次动载往复循环的疲劳试验。

5.21 抗风性能测试

在浮体上安装好标准支架和组件，制成试件，试件的前后支座立柱上设置6个应变测试点（用于采集应力变化数据）。将浮体试件固定在风洞底板上，开启风机，逐渐提高风速，分级加载（10 m/s、20 m/s、30 m/s、40 m/s、50 m/s）的风速，各级风速分别稳定3 min。然后加载60 m/s的风速，稳定10 min。在组件正面和背面两个风向上各加载风压测试一次。记录不同风速、风向工况下支架的整体变形情况。试验后，观察浮体是否出现开裂等损坏现象。

5.22 表面集中负载试验

浮体置于水平面上，将不低于 100 kg 的配重静止放置在浮体上表面，与浮体表面均匀接触，浮体的受力面积参照人足。浮体表面应未发生明变形或破坏。

5.23 表面落锤试验

将质量为2 kg的钢球从1 m高处自由下落到浮体上表面中心位置，每个样品重复测试5次。观察浮体是否出现破坏或明显变形。

5.24 穿刺强度测试

浮体的穿刺强度按照ISO 6603-2: 2000的规定进行测试，试验条件如下：

- a) 夹具内径：40 mm；
- b) 打击头直径：20 mm；
- c) 落锤配重：16.88 kg；
- d) 打击头润滑；
- e) 冲击速度：4.4 m/s。

5.25 高低温试验

参照IEC 61215-2:2016中MQT 11的规定进行高低温循环试验。将浮体样品置于环境试验箱中，按图9所示，使样品的温度在 $(-40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 和 $(+85^{\circ}\text{C}\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 之间循环，连续进行200个循环。最高和最低温度之间温度变化的速率不超过 $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，在每个极端温度下，应保持稳定至少10 min，一次循环时间应不超过6 h。

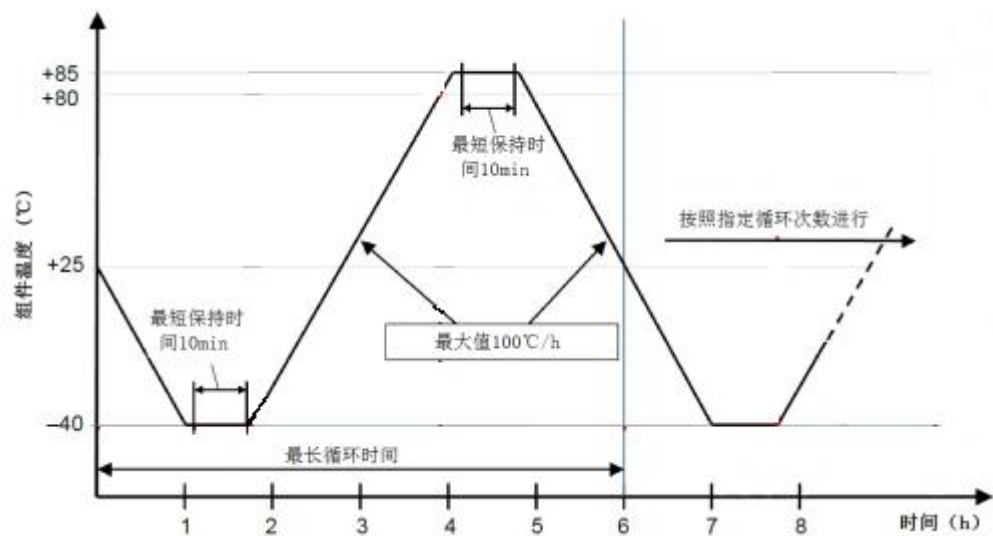


图 5 高低温循环试验

试验结束后冷却至室温，观察浮体表面是否出现裂纹等缺陷，按照5. 15的规定测试水密性，按照5. 17的规定测试对角和对边抱耳抗拉断力。

5. 26 冰冻试验

将浮体置于一水箱中，并使浮体上表面浸水深度保持在 10 cm 左右。将水箱整体置于环境试验箱中，在-18 °C 下放置 120 h，然后将浮体样品取出，室温下放置直至结冰全部融化，以此为一个循环，共进行两个循环。

试验结束后，待样品恢复至室温，观察浮体表面是否出现裂纹等缺陷，按照 5. 15 的规定测试水密性，按照 5. 17 的规定测试对角和对边抱耳抗拉断力。

5. 27 燃烧试验

浮体燃烧试验应按照 GB/T 2408-2008 中试验方法 A--水平燃烧试验的规定进行。

5. 28 灼热丝可燃性试验

浮体灼热丝可燃性试验应按照 GB/T 5169. 11-2017 的规定进行，试验温度 750°C。

5. 29 限用物质含量测试

浮体中限用物质含量应按照 GB/T 26125 的规定进行测试。

5. 30 浸泡水卫生要求检测

浮体浸泡水卫生要求的检测应按照 GB/T 17219-1998 中附录 B 的规定进行。

6 检验规则

6. 1 检验分类

分为鉴定检验和质量一致性检验。

6.2 鉴定检验

6.2.1 通则

在有下列情况（包含但不限于）之一时，应进行鉴定检验：

- a) 新产品鉴定时；
- b) 产品转厂生产时；
- c) 正式生产后，材料配方、生产工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- d) 停产时间超过六个月，恢复生产时；
- e) 质量一致性检验结果与上次鉴定检验结果有较大差异时；
- f) 质量技术监督机构或客户提出鉴定检验要求时。

6.2.2 抽样

随机抽样。

6.2.3 检验项目

鉴定检验项目应符合表6的要求。

表 6 检验项目

检验项目		要求章条号	试验方法章条号	鉴定检验	质量一致性检验
材料	硬度	4.1.2	5.1	●	
	脆化温度	4.1.2	5.2	●	
	拉伸性能	4.1.2	5.3	●	
	弯曲弹性模量	4.1.2	5.4	●	
	缺口冲击强度	4.1.2	5.5	●	
	维卡软化温度	4.1.2	5.6	●	
	负荷变形温度	4.1.2	5.7	●	
	氧化诱导时间	4.1.2	5.8	●	
	环境应力开裂时间	4.1.2	5.9	●	
	耐湿热老化性能	4.1.3	5.10	●	
	耐光氧老化性能	4.1.3	5.11	●	
	耐化学试剂性能	4.1.4	5.12	●	
浮体	外观	4.2.1	5.13	●	●
	壁厚	4.2.2	5.14	●	●
	水密性	4.2.3	5.15	●	●
	极限浮力	4.2.3	5.16	●	
	抱耳抗拉强度	4.2.3	5.17	●	
	抱耳抗剪强度	4.2.3	5.18		
	抱耳抗弯折疲劳	4.2.3	5.19	●	
	连接动载疲劳	4.2.3	5.20	●	
	抗风性能	4.2.3	5.21	●	
	表面集中负载	4.2.3	5.22	●	
	表面落锤试验	4.2.3	5.23	●	

表 6 检验项目（续）

检验项目		要求章条号	试验方法章条号	鉴定检验	质量一致性检验
浮 体	穿刺强度	4.2.3	5.24	●	
	高低温试验	4.2.4	5.25	●	
	冰冻试验	4.2.4	5.26	●	
	燃烧性能	4.2.5.1	2.27	●	
	可燃性	4.2.5.2	5.28	●	
	限用物质含量	4.2.6.1	5.29	●	
	浸泡水卫生要求	4.2.6.2	5.30	●	
注：●表示需要检验的项目。					

6.2.4 合格判定

当所有鉴定检验项目符合本标准的要求时，则鉴定检验合格；若有任一鉴定检验项目不符合本标准的要求，则鉴定检验不合格。

6.3 质量一致性检验

6.3.1 组批

以相同材料、相同工艺连续生产的产品为一个检验批。

6.3.2 抽样

按照 GB/T 2828.1-2012 规定的特殊检验水平 S-3、正常检验一次抽样方案进行抽样，接收质量限（AQL）为 6.5。

6.3.3 检验项目

质量一致性检验项目应符合表6的要求。外观检查为全数检验，壁厚和水密性以批次为单位进行抽检。

6.3.4 合格判定

当所有质量一致性检验项目符合本标准的要求时，则该批产品合格；若有任一质量一致性检验项目不符合本标准的要求，则该批产品不合格。

7 标志、运输和贮存

7.1 标志

每批次产品出厂时应标明：生产厂名、产品名称、型号、规格、数量、生产日期、执行标准。

7.2 运输

运输时应避光、避热，避免剧烈碰撞，以免使产品外观受损、变形。

7.3 贮存

产品贮存时应避免阳光直射，并且远离热源，注意防火安全。

