

潮流能转换装置 海上试验技术要求

1 范围

本文件明确了潮流能转换装置进行海上试验的原则,规定了潮流能转换装置性能测试与评价的试验仪器、试验内容及相关技术要求。

本文件适用于水平轴和垂直轴潮流能转换装置的海上试验,其他型式潮流能转换装置的海上试验参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期的对应版本适用于本文件;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 1.1-2020 标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则

GB/T 37551-2019 海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语 (IEC/TS 62600-1:2011, Marine energy - Wave, tidal and other water current converters - Part 1: Terminology, MOD)

GB/T 41342-2022 潮流能发电装置功率特性现场测试方法

GB/T 31724-2015 风能资源术语

GB/Z 43464-2023 海洋能转换装置电能质量要求 (IEC TS 62600-30:2018, Marine energy—Wave, tidal and other water current converters—Part 30: Electrical power quality requirements, IDT)

GB/T 33543.1-2017 海洋能术语 第1部分:通用

GB 3097-1997 海洋水质标准

GB 18421-2001 海洋生物质量

GB/T 33442-2016 海洋能调查仪器设备通用技术条件

GB/T 20840.1-2010 互感器 第1部分:通用技术要求

GB/T 20840.2-2014 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求

GB/T 20840.3-2013 互感器 第3部分:电磁式电压互感器的补充技术要求

IEC 60688-2012 Electrical measuring transducers for converting a.c. and d.c. electrical quantities to analogue or digital signals

IEC 62008:2005 Performance characteristics and calibration methods for digital data acquisition systems and relevant software

JB/T 6170-2006 压力传感器

JB/T 12599-2016 一体化温度传感器

JB/T 11498-2013 光栅旋转编码器

JB/T 6825-1993 电阻应变式加速度传感器

JB/T 9942-1999 光栅角位移传感器

GB/T 15768-1995 电容式湿敏原件与湿度传感器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

潮流能转换装置 tidal energy converter; TEC

从潮流中捕获能量并将其转换成电能的装置

[来源：GB/T 37551—2019, 4.3.6, 有修改]

3.2

海上试验（海试） sea trial

潮流能转换装置（3.1）在正式投入产业化运行之前，在满足设计要求的实海况环境中，对其性能和特性进行的测试与评估

[来源：GB/T 37551—2019, 4.1.16, 有修改]

3.3

功率曲线 power curve

潮流能转换装置（3.1）输出的有功功率与流速的关系曲线。

注：输入流速为 x 轴，同一时刻的潮流能转换装置输出的有功功率为 y 轴。

[来源：GB/T 41342-2022, 3.5, 有修改]

3.4

总体效率 overall efficiency

潮流能转换装置（3.1）输出端的净电功率与其能量捕获截面积（3.5）上潮流功率的比值。

3.5

能量捕获截面积 energy capture area

潮流能转换装置（3.1）捕获潮流输入能量的面积。

注 1：对于垂直轴潮流能转换装置，是指其扫掠面积（3.12）。

注 2：对于无导流罩的水平轴潮流能转换装置，是指其扫掠面积（3.12）在流速方向上的投影面积。

注 3：对于有导流罩的水平轴潮流能转换装置，是指其导流罩的最大截面积。

注 4：单位为平方米（m²）。

[来源：GB/T 41342-2022, 3.3, 有修改]

3.6

年等效满负荷运行小时数 annual equivalent full load hours

潮流能转换装置（3.1）实际年上网发电量折算为以额定功率（3.7）运行时所对应的小时数。

[来源：GB/T 31724-2015, 2.63, 有修改]

3.7

额定功率 rated power

潮流能转换装置（3.1）在正常运行条件下，测量得到的最大连续输出功率。

3.8

额定流速 rated water velocity

潮流能转换装置（3.1）测量得到额定功率（3.7）时的最低平均海水流速。

3.9

切入流速 cut-in water velocity

在潮流周期中海水流速的上升时段，潮流能转换装置（3.1）有电能输出的最低流速。

3.10

切出流速 cut-out water velocity

潮流能转换装置（3.1）能够连续运行的最高流速。

3.11

等效直径 equivalent diameter

潮流能转换装置（3.1）的叶轮直径。

注 1：对于水平轴潮流能转换装置，是指其旋转叶轮直径。

注 2：对于垂直轴潮流能转换装置，是指等效变换为相同扫掠面积（3.12）的水平轴潮流能转换装置的旋转叶轮直径。

注 3：单位为米（m）。

[来源：GB/T 41342-2022, 3.2, 有修改]

3.12

扫掠面积 swept area

潮流能转换装置（3.1）叶片扫掠过的面积。

注 1：对于垂直轴潮流能转换装置，叶片外廓（沿旋转轴各截面上离旋转轴最远的点的集合）旋转形成的轴对称曲面，在平行于旋转轴的平面上的投影面积。

注 2：对于水平轴潮流能转换装置，是指叶尖（叶片上距离旋转轴最远的点）绕旋转轴运动的轨迹（或路径）所包围的曲面，在垂直于旋转轴的平面上的投影面积。

注 3：单位为平方米（m²）。

[来源：GB/T 41342-2022, 3.6, 有修改]

3.13

总谐波畸变率 total harmonic distortion

谐波含量的方均根值对交流量的基波分量或基准基波分量的方均根值之比。

[来源：GB/Z 43464-2023, 3.4]

3.14

潮型 type of tide

在月球和太阳引潮力的作用下，潮汐发生周期性涨落的不同类型。

注 1：分为半日潮、全日潮及混合潮三种类型。混合潮又分为不正规半日潮和不正规全日潮。

[来源：GB/T 33543.1-2017, 3.2]

3.15

最高天文潮 highest astronomical tide; HAT

天体引潮力引发的最高潮位。在典型的气象条件和任意组合的天文条件下，预期发生的天文潮的最高潮位。

注 1：最高天文潮位不是极端潮位。因为特定的气象条件而形成更高的潮位，称之为风暴增水。HAT 是检验数年内
的潮位预测值而确定的。

[来源：GB/T 37551-2019, 2.3.2]

3.16

最低天文潮 lowest astronomical tide; LAT

天体引潮力引发的最低潮位。在典型的气象条件和任意组合的天文条件下，预期发生的天文潮的最低潮位。

注 1：最低天文潮位不是极端潮位。因为特定的气象条件而形成更低的潮位，称之为风暴减水。LAT 是检验数年内
的潮位预测值而确定的。LAT 通常用作海平面测量的基准点。

[来源：GB/T 37551-2019, 2.3.3]

3.17

区间法 method of bins

将测试的海流流速数据、电功率和效率数据按照流速间隔分组的数据处理方法。

注 1：对于各区间数据，记录采集数与它们的和，并计算各区间内流速、电功率与效率参数的平均值。

[来源：GB/T 41342-2022, 3.4, 有修改]

3.18

可利用率 availability

在提供了必要的外部资源的前提下，潮流能转换装置（3.1）在给定条件和给定时段正常运行的能力。

注 1：可利用率=正常运行时间/（正常运行时间+停机时间）

[来源：GB/T 37551-2019, 4.15, 有修改]

4 符号、代号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

D_E	等效直径	[m]
P_n	额定功率	[kW]
I_n	额定电流	[A]
I_h	第 h 次谐波电流的方均根值	[A]
h	谐波次数	

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

TEC：潮流能转换装置（Tidal Energy Converter）

ADCP：声学多普勒流速剖面仪（Acoustic Doppler Current Profiler）

THC：电流总谐波畸变率（Total Harmonic Distortion of Current）

HAT：最高天文潮（Highest Astronomical Tide）

LAT：最低天文潮（Lowest Astronomical Tide）

5 总体要求

a) 海上试验应进行常规性试验，宜进行特定性试验。表 1 规定了潮流能转换装置海上试验的测试指标。

表1 海上试验测试指标

试验类型	测试指标	指标类型
常规性试验	转换装置功率曲线	功率特性指标
	转换装置总体效率曲线	
	理论年发电量	
	电流谐波及总谐波畸变率	电能质量指标
	连续运行状态下闪变系数	
特定性试验	主轴转速、轴承振动	运行状态指标
	齿轮箱油泵压力、油池温度与油位、轴承振动	
	发电机绕组转速、温度、轴承振动	
	密封管路压力、油脂储存箱油位、泄漏	
	叶片变桨速度、叶片桨距角	
	最大测量有功功率	电能质量指标
	有功功率升速率限制	
	有功功率设定值控制	
	最大感性无功功率	
	最大容性无功功率	
	无功功率设定值控制	
	实际年发电量	综合性能指标
	年等效满负荷发电小时数	
	年可利用率	

- b) 海上试验的选址应满足转换装置设计要求。
- c) 海上试验过程中不能改变转换装置的配置和控制程序，关键参数应按照正常运行条件设置。
- d) 应按照 GB 3097 的要求控制海上试验对海水的影响；按照 GB 18421 的要求控制海上试验对海生物的影响。
- e) 海上试验前应编制海试大纲，海上试验后应编制海试报告。
- f) 海上试验前应对试验人员进行海上安全作业培训。
- g) 海上试验施工、运输、拖航等作业应得到相关管理部门的批准。
- h) 本文件不包括转换装置载荷测量内容，相关要求参照 IEC/TS 62600-3:2020 的要求执行。

6 海上试验大纲

6.1 通用要求

海试大纲应通过评审，作为海上试验工作的依据，至少应包括 6.2-6.10 条的内容：

6.2 海洋环境条件

海试大纲应描述潮流能转换装置设计采用的海洋环境条件，主要包括：

- a) 潮型；
- b) 潮流流速与流向；
- c) 波高与周期；
- d) 平均海平面；
- e) 最高天文潮；
- f) 最低天文潮；
- g) 海水温度；
- h) 海水密度；
- i) 海水盐度；
- j) 海生物；
- k) 海水含沙量；
- l) 风速与风向；
- m) 空气温度；
- n) 空气湿度；
- o) 海底地形与地质；
- p) 海冰。

6.3 潮流能转换装置参数

海试大纲应描述潮流能转换装置的总体技术路线、主要结构型式和以下主要参数：

- a) 额定功率；
- b) 额定流速；
- c) 切入流速；
- d) 切出流速；
- e) 等效直径；
- f) 额定转速；
- g) 装置总体重量；
- h) 装置主要尺寸；
- i) 输出电压等级；
- j) 传动转速比。

6.4 支撑平台参数

应描述支撑平台的型式、总体重量和主要结构与尺寸。

6.5 海上试验计划

应明确海上试验的时间、地点、试验人员及任务分工。

6.6 海上试验仪器

应明确海上试验仪器的型号、数量、技术状态以及布放方案。

6.7 常规性海上试验

应明确常规性海上试验的内容、程序与数据采集方法。

6.8 特定性海上试验

应明确特定性海上试验的内容、程序与数据采集方法。

6.9 试验数据处理

应明确海上试验数据处理的原则、方法、程序与结果。

6.10 安全与保障措施

应制定海上试验的安全保障措施、应急预案。

7 海上试验仪器

7.1 通用要求

海上试验仪器应具有有效的检定或校准证书，并满足指标测试所需的参数和精度要求。

7.2 潮流测量仪器

对于功率特性指标测试，潮流测量仪器应选用定点式声学多普勒流速剖面仪（ADCP）。其主要技术参数应符合 GB/T 33442-2016 中 5.1.2 条的规定，流速分辨率不低于 $\pm 0.05\text{m/s}$ 。

对于其他指标测试，潮流测量仪器可选用定点式声学多普勒流速剖面仪（ADCP）、多普勒流速流向仪、电磁流速流向仪、旋桨式流速流向仪等，主要技术参数应符合 GB/T 33442-2016 中 5.1.2 条的规定。流速分辨率宜不低于 $\pm 0.05\text{m/s}$ 。

7.3 电流测试仪器

电流测量仪器应优先选用电流互感器，其通用技术要求应符合 GB/T 20840.1-2010 的规定，专用技术要求应符合 GB/T 20840.2-2014 的规定。测量功率特性的电流互感器准确度等级应为 0.5 级或更高，测量电能质量的电流互感器准确度应为 1.0 级或更高。

7.4 电压测试仪器

电压测量仪器应可选用电压互感器，其通用技术要求应符合 GB/T 20840.1-2010 的规定，专用技术要求应符合 GB/T 20840.3-2013 的规定。测量功率特性的电压互感器的准确度等级应为 0.5 级或更高（如使用），测量电能质量的电压互感器准确度等级应为 1.0 级或更高（如使用）。

7.5 功率测试仪器

测量功率特性的功率测量仪器应优先选用功率变送器，其通用技术要求应符合 IEC 60688-2012 的规定。功率互感器的准确度等级应为 0.5 级或更高，满刻度量程宜设置为潮流能转换装置额定功率的 -50%-150%。

7.6 数据采集系统

测量电能质量的数字化数据采集系统用于记录、计算并保存结果，其通用技术要求应符合 IEC 62008: 2005 的规定。要求每个通道的电压及电流信号的采样速率最小为 2kHz。

7.7 传感器

海上试验所用传感器工作温度范围应在-20-100℃之间。

- a) 压力传感器宜选用表压传感器、绝压传感器和差压传感器,基本参数和技术要求应符合 JB/T 6170-2006 的规定。
- b) 温度传感器宜选用一体化传感器,基本参数和技术要求应符合 JB/T 12599-2016 的规定。
- c) 旋转编码器宜选用光栅旋转编码器,基本参数和技术要求应符合 JB/T 11498-2013 的规定。
- d) 加速度传感器宜选用电阻应变式加速度传感器,基本参数和技术要求应符合 JB/T 6825-1993 的规定。
- e) 角位移传感器宜选用光栅角位移传感器,基本参数和技术要求应符合 JB/T 9942-1999 的规定。
- f) 湿度传感器宜选用电容式湿度传感器,基本参数和技术要求应符合 GB/T 15768-1995 的规定。

8 常规性海上试验

8.1 通用要求

- a) 常规性海上试验内容应按照第 5 章表 1 中的规定,进行功率特性指标和电能质量指标测试。
- b) 常规性海上试验程序按照 8.3-8.4 条的要求进行。
- c) 常规性海上试验周期应不少于 30 天,且应至少包括一个连续典型大潮期和一个连续典型小潮期的数据。

8.2 数据采集

- a) 数据信号应采用原始记录,在采集阶段不做任何实质性修正处理。
- b) 模数转换器、放大器等宜放置在靠近传感器的位置。
- c) 进行模数转换时,应选择适当的量程和分辨率;为了确保最大的转换精度,应选择不导致信号饱和的最小量程。
- d) 电信号应尽可能使用相同的数据采集系统记录,保证时间同步。
- e) 试验数据应以其原始格式记录、储存。
- f) 数据采集过程应能够实时监控。

8.3 功率特性指标测试

8.3.1 潮流大小和方向

应通过专门配置的采集仪器在试验周期内不间断采集潮流的流向和流速,采集频率应不小于 1Hz。流速记录范围应包括潮流能资源评估阶段确定的最大和最小流速。

采集仪器采用声学多普勒流速剖面仪(ADCP),仪器的布放应尽可能靠近潮流能转换装置以更准确地反映装置位置的流速信息,采集仪器位置的水深和潮流能转换装置位置的水深差异应在 $\pm 10\%$ 以内。

- a) 对于固定式双向潮流能转换装置,采集仪器的布放应采用以下两种方案之一。

方案一:共线布放方案。两台采集仪器分别布放在潮流能转换装置能量捕获截面的前后位置,即涨潮的主流向和退潮的主流向上。采集仪器与转换装置能量捕获截面的纵向距离在 2 倍到 5 倍等效直径之间,横向距离在转换装置能量捕获截面的中轴线两侧 1/2 倍等效直径的范围内。具体布放示意参见图 1 和图 2。

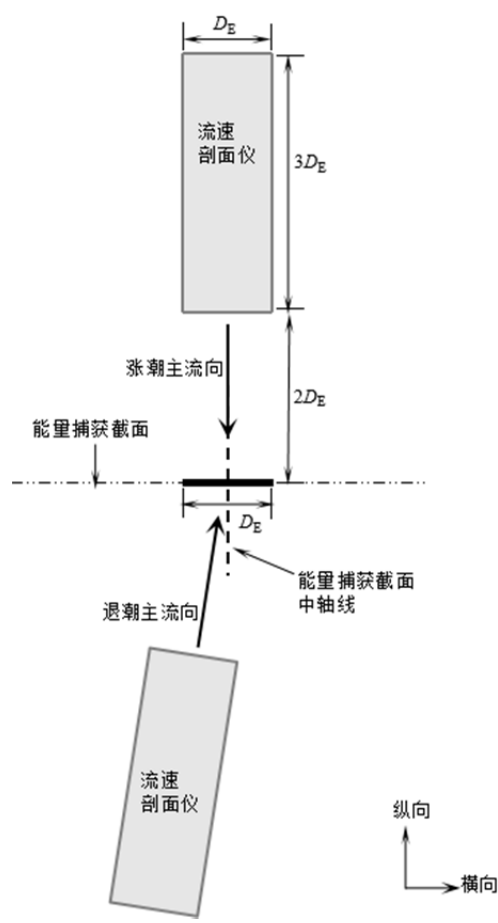


图 1 方案一 测量仪器的共线布放（俯视图）

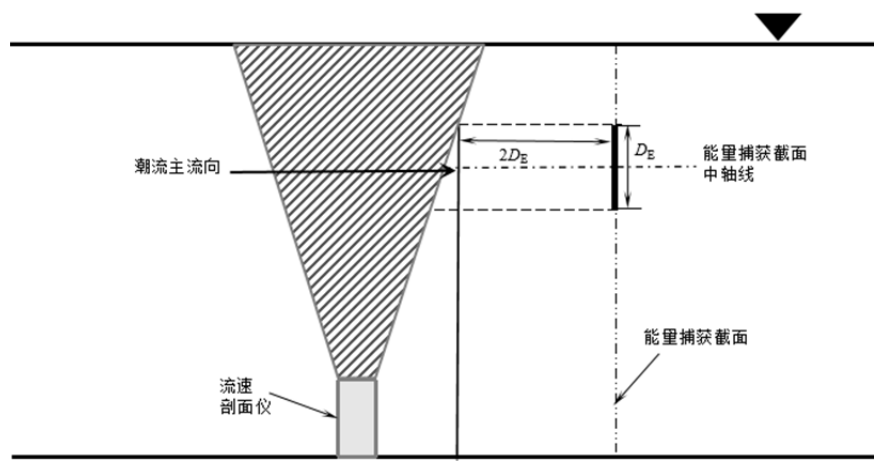


图 2 方案一 测量仪器的共线布放（剖面图）

方案二：两侧布放方案。两台采集仪器分别布放在潮流能转换装置能量捕获截面的两侧位置。采集仪器距离转换装置能量捕获截面的横向距离在 1 倍到 2 倍等效直径之间，纵向距离在转换装置能量捕获截面两侧 1/2 倍等效直径的范围内。具体布放示意参见图 3 和图 4。

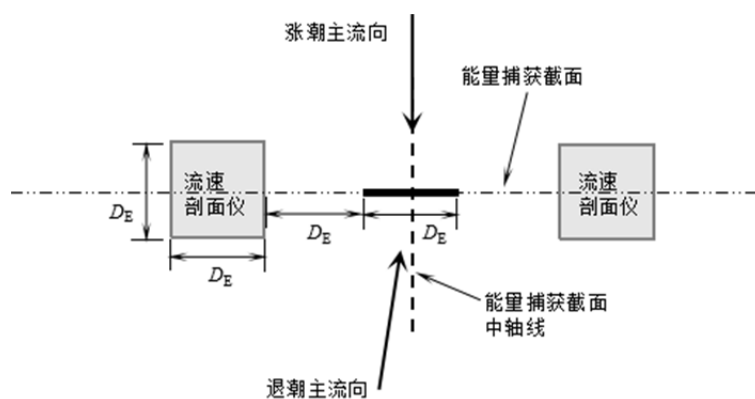


图3 方案二 测量仪器的两侧布放（俯视图）

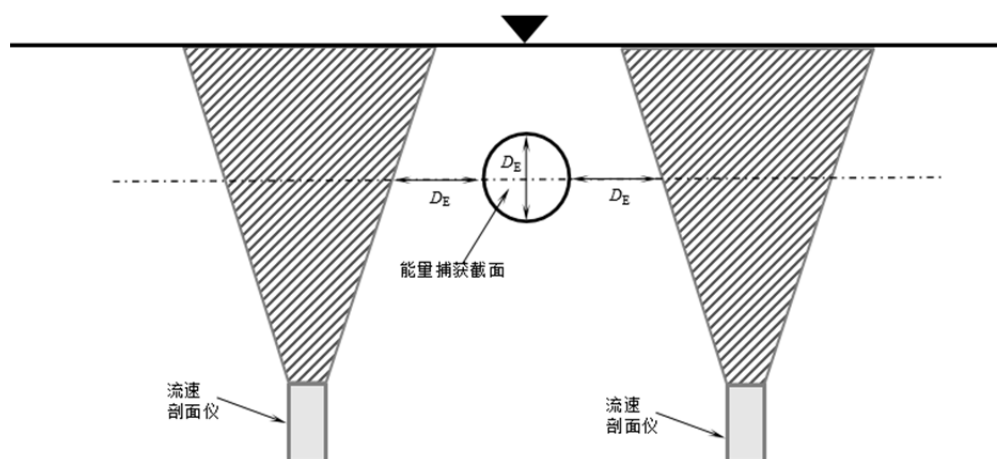


图4 方案二 测量仪器的两侧布放（剖视图）

b) 对于漂浮式双向潮流能装换装置，采集仪器的布放应采用以下两种方案之一。

方案一：采集仪器安装在转换装置平台上，参考图1到图4。

方案二：在涨潮和退潮主流向上各布放一台采集仪器。这种情况下，潮流能转换装置的运动不超过图5中的轨迹（表示为能量捕获截面沿能量捕获主轴运动的面积）尺寸。具体布放示意参见图5。

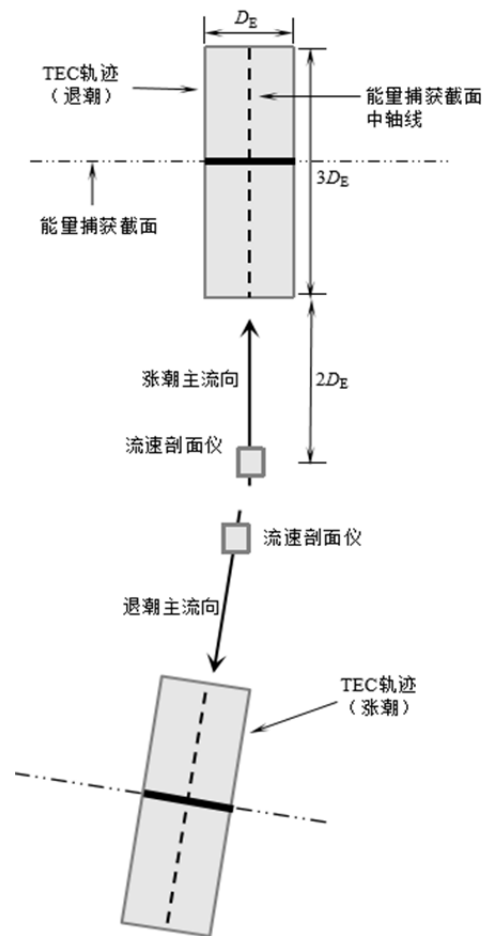


图 5 漂浮式装置流速测试仪器的布放（俯视图）

c) 对于单向潮流能装换装置,可参照 8.3.1a) 条和 8.3.1b) 条的要求,沿主流向布放一台采集仪器。

8.3.2 功率、电压和电流

a) 功率测量仪器包括电流互感器、功率变送器,以及电压互感器(如使用),布放位置应符合 GB/T 41342-2022 中 6.2 条的要求,采集频率应不小于 1Hz。

b) 功率、电流与电压的测量应与潮流的测量同步进行。

8.4 电能质量指标测试

a) 电流谐波及总谐波畸变率、连续运行状态下闪变系数指标的测试应符合 GB/Z 43464-2023 的要求。

b) 电能质量测量仪器包括电流互感器、数据采集系统,以及电压互感器(如使用),布放位置应符合 GB/T 41342-2022 中 6.2 条的要求。

c) 电能质量数据采集系统每个通道的电压及电流信号采样速率最小为 2kHz,测量谐波(高频分量)时,采样频率最小应为 20kHz。

d) 潮流大小和方向可按照 8.3.1 条的要求采集,也可通过潮流能转换装置正常运行配置的采集仪器(不为试验专门配置)采集。

9 特定性海上试验

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/847041015040006063>