



中华人民共和国国家标准

GB/T 39569—2020

潮流能资源评估及特征描述

Tidal energy resource assessment and characterization

(IEC TS 62600-201;2015, Marine energy—Wave, tidal and other water current converters—Part 201: Tidal energy resource assessment and characterization, MOD)

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号、代号和缩略语..... 1

5 方法概述 2

 5.1 评估阶段 2

 5.2 方法 3

6 数据采集 4

 6.1 概述 4

 6.2 水深测量 4

 6.3 潮汐特征 4

 6.4 其他特征 8

7 模型开发与输出 9

 7.1 概述 9

 7.2 模型范围、分辨率与边界条件 9

 7.3 模型选择(包括特性) 10

 7.4 分析数据用于模型输入、率定和验证 12

 7.5 模型率定/验证 13

 7.6 能量提取概化 15

8 数据分析与结果展示..... 16

 8.1 模型结果的整体展示 16

 8.2 年速度分布的生成 17

 8.3 速度分布曲线 18

 8.4 单台潮流能转换装置的年发电量估算 19

 8.5 设备阵列年发电量的估算 20

9 结果报告..... 20

 9.1 报告目的 20

 9.2 报告内容 20

附录 A (资料性附录) 本标准与 IEC TS 62600-201; 2015 相比的结构变化情况 21

附录 B (资料性附录) 本标准与 IEC TS 62600-201; 2015 的技术性差异及其原因..... 22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC TS 62600-201:2015《海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置 第 201 部分：潮流能资源评估及特征描述》。

本标准与 IEC TS 62600-201:2015 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本标准与 IEC TS 62600-201:2015 的章条编号对照一览表。

本标准与 IEC TS 62600-201:2015 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，附录 B 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本标准做了下列编辑性修改：

- 将标准名称改为《潮流能资源评估及特征描述》；
- 删除了 IEC TS 62600-201:2015 中的注；
- 删除了 IEC TS 62600-201:2015 中的附录 A 中 A.1；
- 删除了 IEC TS 62600-201:2015 中的附录 B“潮流测量指导”。

本标准由全国海洋能转换设备标准化技术委员会(SAC/TC 546)提出并归口。

本标准起草单位：河海大学、中国长江三峡集团有限公司、国家海洋技术中心、上海勘测设计研究院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、哈尔滨大电机研究所、哈尔滨工程大学、中海油研究总院有限责任公司、中国海洋大学、浙江大学、国电联合动力技术有限公司、国家海洋标准计量中心、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、长江生态环保集团有限公司、上海城投水务(集团)有限公司。

本标准主要起草人：张继生、周春艳、武贺、陆忠民、张田田、管大为、方舫洲、张理、纪洪艳、赵建春、袁鹏、袁静、王树杰、陶爱峰、张灿、王晓航、刘佳、徐春红、袁凌、贾法勇、李伟、张亮、周川、林琳、顾振华、褚景春。

潮流能资源评估及特征描述

1 范围

本标准给出了基于估算或直接测量来分析和描述理论潮流能资源的方法,可用于估算潮流能资源并预测每个潮流能转换装置位置的年发电量。

本标准适用于潮流能发电工程建设前期阶段。

本标准适用于可布放潮流能转换装置阵列的海域,其中包括受潮汐影响的河口地区。

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 12763.2 海洋调查规范 第2部分:海洋水文观测

GB/T 12763.10 海洋调查规范 第10部分:海底地形地貌调查

GB/T 18451.2 风力发电机组 功率特性测试(GB/T 18451.2—2012,IEC 61400-12-1:2005, IDT)

GB/T 27418 测量不确定度评定和表示(GB/T 27418—2017,ISO/IEC Guide 98-3:2008, MOD)

GB/T 37551 海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语(GB/T 37551—2019,IEC TS 62600-1:2011, MOD)

IEC TS 62600—200 海洋能 波浪能、潮流能与其他水流能转换装置 第200部分:潮流能转换装置发电 发电性能评定(Marine energy—Wave, tidal and other water current converters—Part 200: Electricity producing tidal energy converters—Power performance assessement)

3 术语和定义

GB/T 37551 界定的术语和定义适用于本文件。

4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

ADCP	声学多普勒流速剖面仪(acoustic doppler current profiler)
CRC	综合折减系数,与转换装置检修时间、极端条件下的停机时间等有关(comprehensive reduction coefficient)
$f(\bar{U}_i)$	速度落在每个幅度区间内的概率,以百分数(%)表示
$f_i(\bar{U}_i)$	速度落在第 <i>i</i> 个幅度区间内的概率,以百分数(%)表示
$f(U_i, \theta_k)$	速度落在每个幅度和方向区间内的概率,以百分数(%)表示
<i>I</i>	湍流强度
<i>i</i>	速度区间数的下标
<i>j</i>	时间间隔数的下标
<i>K</i>	湍动能,单位为平方米每二次方秒(m ² /s ²)
<i>k</i>	方向区间数的下标

N_B	速度区间总数
N_h	模拟年份的总小时数,单位为小时(h)
$P_i(\overline{U}_i)$	第 <i>i</i> 个速度区间的功率值,单位为千瓦(kW)
TEC AEP	潮流能转换装置的预期年发电量,单位为千瓦时(kWh)(tidal energy converter annual energy production)
TEOS-10	国际海水热力学方程 2010(thermodynamic equation of seawater-2010)
U	速度,单位为米每秒(m/s)
\overline{U}	平均速度,单位为米每秒(m/s)
U_i	第 <i>i</i> 个区间的速度中值,单位为米每秒(m/s)
\overline{U}_i	第 <i>i</i> 个区间的平均速度,单位为米每秒(m/s)
u'	湍流脉动速度的均方根,单位为米每秒(m/s)
ν	运动黏度,单位为平方米每秒(m ² /s)
z	水深,单位为米(m)
ϵ	湍流动能耗散系数
θ_k	第 <i>k</i> 个区间的方向,单位为度(°)

5 方法概述

5.1 评估阶段

5.1.1 概述

对于目标区域,在不同阶段,基于速度概率分布计算的年发电量的准确度或不确定度的要求不同。评估潮流能资源时,宜根据分析的内容和目标采用不同的方法。资源评估分为宏观选址阶段和微观选址阶段。在宏观选址阶段,一般针对整个河口或水道。在微观选址阶段,重点放在宏观选址阶段中已选择的开发区域。阶段划分及具体要求见表 1。

随着资源评估阶段的推进,宜采用以下方法降低资源评估的不确定度:

- a) 在更长的时间或周期内进行测量或建模分析;
- b) 使用新增的或更高质量的测量数据;
- c) 按 7.3 中介绍的合适模型;
- d) 在时间和空间上采用更高的分辨率;
- e) 使用改进的边界条件;
- f) 使用改进的建模技术。

表 1 资源评估阶段

阶段	区域	不确定度等级
第一阶段:宏观选址	整个河口、水道等	中
第二阶段:微观选址	开发区域	低

5.1.2 第一阶段:宏观选址

第一阶段的主要任务是明确研究区域内潮流能资源的储量和特性。第一阶段估算得到的潮流能资源理论蕴藏量有助于评估在研究区域内布放潮流能转换装置阵列的可行性。

5.1.3 第二阶段:微观选址

第二阶段的主要任务是生成指定开发区域详细、准确的潮流能资源信息以估算年发电量,用于潮流

能转换装置阵列的布局设计,根据项目规模确定是否需要考虑能量提取的影响。该阶段宜考虑现有安装技术和潮流能转换装置的布放位置以降低估算年发电量的不确定度。

5.2 方法

不同的项目规模以及评估阶段(宏观选址或微观选址)对潮流能资源评估要求不同。可利用直接测量的数据或水动力数值模型得到的数据评估年发电量(见 8.4 和 8.5)。

总装机容量不超过 5 MW 或者能量提取不超过理论蕴藏量 2% 的项目,对当地海域的水动力环境影响很小,年发电量可由静态流速剖面仪直接测量数据,并按 8.2.3 提出的调和分析方法估算。使用该方法时应在每一个潮流能转换装置位置处测量数据。这类项目的年发电量也可使用水动力数值模型计算。如果收集的数据表明潮流能转换装置宜布放在与静态流速剖面仪采集数据不同的位置,应在新位置采集数据或通过建模得到数据。

总装机容量超过 5 MW 或者能量提取超过理论蕴藏量 2% 的项目,应使用测量数据验证后的水动力数值模型评估年发电量。在此过程中,首先需要明确模型必要的输入数据(见 7.2)。数值模型的选取见 7.3。根据选取的数值模型整理所需的信息,如果模型输入数据不全,应按照第 6 章的规定补充。模型的准确性可按 7.4 的规定来判别。在宏观选址阶段,可用模型输出结果生成速度概率分布图以计算年发电量。在微观选址阶段,与现有资源理论蕴藏量(见 7.6)相比,如果能量提取占比较低,可直接采用数值模型模拟结果。否则,模型宜考虑能量提取带来的影响,得到准确的速度概率分布以估算年发电量。

诸如可接受的环境效应等外部制约因素会对实际可用资源的估算造成影响,不在本标准讨论范围之内。但是,本标准的建模方法可用于评估潮流能转换装置布放引起的潮汐特性、潮流和底部泥沙运动的变化等影响,且可为环境研究提供所需的数据。估算潮流能资源时,宜与相关监管机构商议确定需考虑的外部制约因素。

在各资源评估阶段,模型验证和现场调查要求宜见表 2。表 2 给出了不同阶段的工作内容及相关的章条号。

表 2 模型验证和现场调查要求

方法	参数	第一阶段	第二阶段
模型	建模的驱动边界(潮汐振幅)分潮的最小数目	4 个~8 个	8 个~12 个
	目标区域的网格分辨率	<500 m	<50 m
		每个水道断面>10 个 网格单元	
	模拟时长	>35 d	>35 d
	其他模型特征	见 7.2 和 7.3	必要时应包括能量提取的影响见 7.6
海洋水文 气象数据 要求	水深	见 6.2	见 6.2
	潮位	见 6.3.3	见 6.3.3
	波浪特征	见 6.4.2	见 6.4.2
	气象数据	见 6.4.1	见 6.4.1
	海流结构/漩涡/湍流	见 6.4.3	见 6.4.3
	分层、海水密度和沉积物测量	见 6.4.4	见 6.4.4
	走航式潮流观测	见 6.3.4	见 6.3.4
	定点潮流观测	见 6.3.5	见 6.3.5
数据分析	现有潮流数据的调和分析(最小数目)	6 个	20 个

6 数据采集

6.1 概述

对于使用水动力数值模型提供的速度概率分布图计算年发电量的项目,应用现场潮流观测数据率定和验证水动力数值模型。现场潮流观测包括天文潮、可能影响潮流能资源评估的非潮汐低频过程(例如:风暴潮、余流和分层流)和高频过程(例如:湍流)。对于总装机容量不超过 5 MW 的项目,现场测量数据可用来绘制速度概率分布图以直接估算各台潮流能转换装置的年发电量。

6.2 水深测量

水动力数值模型的水深测量数据分辨率见 7.2.1。

应控制已获取的水深数据的质量。如果使用已有数据,应审核原始数据的观测技术及其适用性,该数据宜谨慎使用。如果需要开展水深测量以补充和拓展目标区域的已有数据,水深测量工作报告应符合 GB/T 12763.10 的要求。根据测量的水深数据绘制水深地形图,每次测量宜提供下列信息:

- a) 测量日期;
- b) 测量方法;
- c) 数据的不确定度;
- d) 地理坐标系与投影坐标系;
- e) 水深测量期间的潮位观测方法及潮位数据;
- f) 高程基准,宜采用 1985 国家高程基准;
- g) 校准方法;
- h) 电子版数据。

如果测量数据与已有历史数据同时使用,测量数据宜与历史数据有重叠部分,以便验证两者的关联性。

6.3 潮汐特征

6.3.1 概述

应掌握工程海域潮汐特征和潮流垂向分布及时间变化特征,宜至少包含典型日、月、年的潮位、流速、流向的时间变化过程曲线。在不同的评估阶段,可分别根据观测数据直接生成或由调和分析软件分析预报实测数据得到的资料绘制这些图表。

可利用本海域已有的长期潮汐数据。应确定目标区域内所有潮位站和潮流站的潮汐特性。如需其他位置的潮位数据,应按照 GB/T 12763.10 中的相关方法进行潮位观测(见 6.3.3),宜评估其不确定度。

6.3.2 数据质量评估

可按 GB/T 27418 的规定开展潮流数据的总体评估。测量数据的不确定度可根据流速剖面仪制造商提供的误差范围加以评定,该方法仅适用于恒定深度的均匀流,或按 GB/T 27418 提供的使用多次测量数据的标准差描述测量不确定度的方法来评定。针对潮周期过程出现几分钟的大范围漩涡或几秒钟湍流的工程海域,宜简要说明在平均时间段内速度测量数据的标准差,以针对不均匀潮流的不确定度提供一种定性评估。

6.3.3 潮位

水动力数值模型的率定和验证、预报或后报潮位、制作潮汐表并协助计算潮流分潮需要用到潮位数

据,潮位数据也用于定义、细化或确认模型开边界条件。潮位开边界条件所需的站位数量取决于模拟区域的复杂程度和开边界的长度。验证所需的潮位站数量取决于模拟区域的范围、连通水道的数量、任何封闭海湾以及建模区域内连接外海的水道范围。

每个站位的数据应包括:

- a) 地理位置;
- b) 测量日期及测量时长;
- c) 观测方法;
- d) 校正分析及对数据的校正;
- e) 潮差和高程基准;
- f) 潮汐分潮调和常数,包括所有重要分潮的振幅和迟角;
- g) 潮位数据的质量控制信息,包括可靠数据的百分比,标注或删除异常数据,数据的质量保证/质量控制措施。

工程海域的水深岸线地形图应标注潮位站位置,确定同一坐标系下的具体坐标。应明确潮位高程基准与平均海平面关系,以便于水动力数值模型的潮位验证。

6.3.4 走航式潮流观测

6.3.4.1 概述

在第一阶段宜采用船载 ADCP 对拟选工程场址开展走航式潮流观测。虽然走航式潮流观测数据无法确定各级流速年分布,但是可结合水动力数值模型提供工程海域的潮流时空分布特征,该数据可用于模型验证或指导 6.3.5 中定点潮流观测的站位选址。走航式潮流观测过程中宜同步观测海洋气象。其他位置可实施走航式潮流观测以辅助水动力数值模型开边界设置或关键动力过程海域的水动力数值模型验证。走航式潮流观测应考虑规模(走线间隔)、水深地形和工程海域范围。

宜至少在典型大潮周期内实施走航式潮流观测(见 6.3.1)。如无法在一次大潮过程中获得完整数据,可利用其他可用数据插值获取。在可能的情况下,典型小潮周期内也宜实施走航式潮流观测,以识别大潮和小潮间的潮流显著变化特征(例如,涡结构的范围)。

6.3.4.2 潮流变化特征观测

走航式潮流观测应在一个全日潮或半日潮周期内利用调查船在水道断面上实施往复测量,确定测线上每段海域的流速、流向时间变化特征。每条走线航次的时间间隔应小于 1.5 h,宜控制船速以平衡潮流观测水平分辨率与覆盖区域。

走航式潮流数据应根据水平单元和垂向单元分组处理,垂向单元可取 1 m,水平单元可取 25 m~50 m。流速剖面仪的设定宜确保每个水平单元内至少包括一组潮流观测记录。水平单元的尺度应能分辨出调查海域内显著的潮流水平分布特征。

对于宽阔海峡或布放大规模潮流能转换装置的工程海域,应采用多船同步走航式潮流观测,或在不同的潮周期内开展多次观测。25 m~50 m 级别水平单元的海域走航式潮流观测应采用具有底跟踪功能的流速剖面仪。大水深海域宜采用低频流速剖面仪(如 300 kHz),以及更大的垂向单元和水平单元。

宜谨慎使用走航式潮流观测数据。

应对比由走航式潮流观测数据与水平网格约 50 m 或更高分辨率的水动力数值模型刻画的潮流空间分布特征。

走航式潮流观测的断面应经过定点连续潮流观测站位,以评定数据的不确定度。

6.3.4.3 观测数据输出

每组潮流观测应记录以下信息:

- a) 观测时间,由年、月、日、小时、分和秒表示;
- b) 位置坐标(坐标系统应与 6.2 中水深数据所用系统一致);
- c) 经校正后的三个速度分量(笛卡尔坐标系, x 、 y 、 z 坐标, z 向上为正);
- d) 流速剖面仪制造商提供的设备测量精度(例如,信噪比和速度误差);
- e) 流速剖面仪设置的起始层水深(底层单元)和终止层水深(顶层单元);
- f) 潮位(格式同 6.3.3);
- g) 观测船的水平定位准确度和不确定度。

6.3.4.4 结果数据要求

走航式潮流观测结果应包括以下信息:

- a) 测量位置(坐标系统应与 6.2 中水深数据所用系统一致),且包含测量路径的坐标信息;
- b) 测量的准确日期和持续时间,且包含每条测量路径的测量时间;
- c) 在测量期间的最大和最小潮差,宜与年(或 18.6 年)最大和最小潮差相比较;
- d) 沿测线方向或测线切面、不同层深、不同潮期的流速概率分布图;
- e) 各类分布图(例如,航线图)的坐标信息应保持一致(例如,东-西向表征 x 轴);
- f) 调查期间出现的任何问题的详细记录,以及对潮流观测数据的任何操作和调整记录;
- g) 潮流观测数据的质量控制信息,包括可靠数据的百分比,标注或删除异常数据,数据的质量保证/质量控制措施。

6.3.5 定点潮流观测

6.3.5.1 概述

定点潮流观测的目的在于提供特定海域位置的潮流随时间变化过程。定点潮流数据可用于潮流水动力数值模型的率定和验证,或结合潮流能转换装置功率曲线直接计算各台潮流能转换装置的年发电量,或用于计算分潮调和常数。流速剖面的测量可按 GB/T 12763.2 的相关规定进行。

潮流观测设备宜同时记录潮位数据和潮流数据,为模型率定和验证提供辅助信息。

观测时间宜选择气象因素影响小的时段。

6.3.5.2 观测站位数量和位置

6.3.5.2.1 概述

根据评估阶段和规模确定定点潮流观测的站位数量和位置。如观测数据用于直接计算年发电量,观测站位应设置于潮流能转换装置的拟布放位置,垂向测量范围应覆盖转换装置的能量捕获区,测量时长应不少于 90 d。

工程观测海域的多个测站的观测时间宜有重叠,以确保不同测站数据间具有较强相关性。

6.3.5.2.2 第一阶段:宏观选址

拟开发的工程海域的定点连续观测应至少布放 1 个站位,观测时长不少于 15 d,计算的调和分潮不少于 6 个(K1、O1、M2、S2、M4、MS4)。

观测站位选址应有利于水动力数值模型率定和验证,宜选取潮流能转换装置的拟布放站位。为了提供/校验数值模型的边界条件或模型率定和验证,可在模拟区域内远离拟定场址的位置开展现场观测。

定点站位选取应考虑潮流漩涡对潮流能转换装置所在工程海域的影响。

辅助定点站位选择的水深数据应具有足够水平分辨率,选址应避免水深变化剧烈的海域,宜选择无

障碍物或水深无突变的区域。如需开展水深测量,宜符合 6.2 的规定。

6.3.5.2.3 第二阶段:微观选址

根据潮流能开发规模,短期定点潮流观测的站位应布放于潮流能转换装置阵列所在海域,宜覆盖转换装置阵列范围,观测时长应不少于 35 d。如有可能,宜在工程海域内开展长期定点潮流观测,以便利用经验证的水动力数值模型有效评估潮流能转换装置阵列的可能年发电量,数据采集时间宜不少于 90 d,采集频率高于第一阶段。

潮流测量设备的数量和布局应考虑局部地形和水深的变化。对于小型潮流能转换装置阵列,设备宜布放于阵列的中心区域(或在关键代表位置);对于中型或大型潮流能转换装置阵列,宜基于能表征潮流能转换装置阵列区域内流场空间变化的水动力数值模型确定设备数量。

6.3.5.3 潮流变化特征观测

如果实测潮流数据用于率定和验证水动力数值模型,第一阶段的观测时长应不少于 15 d,第二阶段的观测时长应不少于 35 d。如果用于直接计算年发电量(结合潮流能转换装置功率曲线),观测时长应不少于 90 d。各潮流记录应为 2 min~10 min 瞬时潮流观测的平均值(以滤除观测数据中的大部分湍流影响)。输出结果的时间间隔宜为 10 min 的整数倍(与年发电量计算相一致)。在电池寿命和存储空间允许范围内,采样频率宜选择最大值,最小采样频率为 20 s 一次。

流速数据宜划入不同的垂向单元,分辨率取决于所采用的设备和水深;各时刻、各单元的潮流测量记录宜采用潮流三分量和水深表示(即东分量 u , 北分量 v , 垂向分量 w , 水深 z),宜在报告中描述潮流数据的处理方法。

垂向单元的起始深度宜尽量靠近海床,量测范围覆盖整个水深范围。

低采样频率的长期潮流观测数据适用于潮流能资源评估和潮流水动力数值模型验证。高采样频率的短期潮流观测数据提供了一般仅用于潮流能转换装置设计的高频潮流变化特征信息。

对于潮差大或海表动力过程强烈(如波浪)的位置,应谨慎处理靠近表层的垂向单元。

流速剖面仪布放过程中,应记录其朝向、校正偏角和偏移量以及设备姿态(横摇、纵摇),评估布放过程中发生的设备偏移对潮流数据精度的影响。

流速剖面仪的支架设计宜尽量减小磁偏转角影响(即使用不含铁的材料),安装于支架内的单元宜实施罗盘校准。

数据分析宜排除因质量控制剔除数据量超过 5% 的垂向单元。这种情况通常出现在靠近海面处,尤其在大潮差的位置。

6.3.5.4 测量数据输出

潮流观测设备参数、设置参数等测量方法应予以记录,并包括以下信息:

- 测量位置(坐标系统应与 6.2 中水深数据所用系统一致);
- 测量时间,由年、月、日、小时、分和秒表示;
- 数据校准信息;
- 所有垂向单元的速度分量(东分量 u , 北分量 v , 垂向分量 w);
- 流速剖面仪制造商提供的设备测量精度(例如,信噪比和速度误差);
- 流速剖面仪的姿态信息,可用于处理过程中解释、校正和剔除数据;
- 流速剖面仪朝向;
- 流速剖面仪设置的起始层水深(底层单元)和终止层水深(顶层单元);
- 工程项目图基准面的总水深和潮位。

6.3.5.5 结果数据要求

各定点潮流观测站位的成果数据应包含以下信息：

- a) 站位坐标及站位分布图(与水深地形图共同绘制),坐标系统应与 6.2 中水深数据所用系统一致。
- b) 测量日期和测量时长。
- c) 测量过程中的最大和最小潮差,宜与年(或 18.6 年)最大和最小潮差相比较。
- d) 流速剖面仪设备精度及不确定度(例如,信噪比和速度误差)。
- e) 最大潮流统计值。
- f) 测量期间的垂向平均潮流过程序列和潮位过程序列。
- g) 流速剖面在时间和深度上的平均值记录:对于涨潮和落潮期间,流速大于 0.5 m/s 的数据,应处理成每小时的平均值记录;可按设备固有的垂向单元记录数据,必要时可手动处理成更大垂向单元的平均值记录(一般区间间隔/深度比不大于 5%)。
- h) 调查期间出现的任何问题的详细记录,以及对潮流观测数据的任何操作和调整记录。
- i) 罗盘的校准过程和校准结果。
- j) 潮流观测数据的质量控制信息,包括可靠数据的百分比,标注或删除异常数据,数据的质量保证/质量控制措施。

垂向平均流速可通过顶层垂向单元(假设其上为常数)和底层垂向单元(假设其下为 0)的线性插值计算。

6.4 其他特征

6.4.1 气象数据

6.4.1.1 概述

气象数据可用于估算海面风和气压对资源评估的影响(见 7.4.3)。报告中应记录气象站的位置、测量时间和数据质量控制信息;如果实测数据不全,可采用数值模拟和卫星遥感相结合的方法得到相关数据。

6.4.1.2 风场数据

按 7.4.3 的规定确定水动力数值建模的风场数据需求,如需实测风场数据,应按 GB/T 18451.2 的规定进行。

6.4.1.3 气压

气压宜作为各要素观测的辅助要素予以记录。测量方法可采用气压传感器和数据记录仪等。气压数据可用于分析极端天气状况对潮流能资源评估的影响,如风暴潮等。

6.4.2 波候

应审核目标海域已有的波浪数据,如果数据充足,则不需要开展进一步的测量。如果目标区域不受涌浪影响或者认为波候可以通过适当的长期风场资料模拟,则无需观测波浪,但应说明理由并给出波浪特征的评估细节。如果波流耦合作用对潮流能资源评估有显著的影响,则应考虑波流耦合作用。

宜采用具有测波功能的流速剖面仪开展波浪测量。应检查并提供波浪数据的来源及有效性。

6.4.3 湍流

6.4.3.1 概述

目前,由于漩涡或者湍流导致高频潮流变化的尺度、频率和等级等并无权威定论,针对潮流能资源评估的潮流能水动力数值模型的限制条件亦不明确,有待发展。

6.4.3.2 流态/漩涡

潮流穿过阻碍物(例如岬角、岛屿、过水建筑物等)产生的分流、漩涡和分离将显著改变其下游海域的潮流能转换装置所在位置的潮流特征。

宜参考海图确定有可能导致明显漩涡生成和分离的障碍物。针对第二阶段的资源评估,宜使用遥感技术或在障碍物下游实施测量估计漩涡分离频率和漩涡尺寸。

6.4.4 海水分层、密度和泥沙测量

应确定和复核工程位置附近的温盐深数据,这些数据有助于确定海水分层和异重流的重要性(见 7.4.7)。应记录温盐深数据的测量站位、测量周期和数据质量控制信息。如果目标位置已经有足够的信息,无需开展后续测量。

海水密度变化对潮流能资源的影响很小。但宜注意,在标定流速剖面仪时应考虑海水盐度、温度和密度对声速的影响。

如工程海域泥沙含量较大,宜开展泥沙专题研究。沉积物采集器可布放于潮流的定点观测平台。

7 模型开发与输出

7.1 概述

对于总装机容量超过 5 MW 或者能量提取超过理论蕴藏量 2% 的项目,应通过水动力数值模型估算年发电量,使用后报测试或验证水动力数值模型,即将模拟后报的潮流数据与实测数据对比。

对于总装机容量不超过 5 MW 或者能量提取不超过理论蕴藏量 2% 的项目,可利用定点潮流观测数据或 8.2.3 描述的调和分析方法直接估算年发电量。在使用这种方法时,应观测调查每台潮流能转换装置的拟布放位置。

7.2 模型范围、分辨率与边界条件

7.2.1 水深数据

水深数据的质量和分辨率将直接影响水动力数值模型的模拟精度。因此,应获取精确水深数据并检查水深数据质量,采用合理的方法保证模拟区域能够准确重现水深数据,并验证合理性。

应查验并说明模拟区域内模型的分辨率。表 2 提供了目标区域的最低网格分辨率的参考值(见 6.3.5.2)。在第二阶段,模型最低网格分辨率应取 50 m 以充分模拟目标区域内潮流能资源的空间变化;在该网格分辨率下,对潮流能资源空间变化的模拟精度能用于微观选址和潮流能转换装置阵列的年发电量估算。

7.2.2 模型范围

模型范围应考虑:

- a) 资源评估阶段(见表 1);
- b) 确定模型边界条件的数据的可用性和获取位置;

c) 边界应充分远离潮流能转换装置拟布放位置以保证不会影响模型模拟结果。

7.2.3 模型边界条件

模型边界条件的设定对模型准确性极其重要(特别是在模拟能量提取时)。在模型开发的早期阶段,宜仔细考虑这些边界的位置和准确性。边界条件可由基于各分潮的调和分析模型(见 7.3.1)给出,也可由时步模型(见 7.3.1)中的潮位过程序列提供。

边界信息可从潮位站的实测潮位数据、区域潮流水动力数值模型和卫星观测数据中获取(见 6.3)。如果模拟区域所需的边界数据不全,模型模拟区域可扩大到可信的边界。在易受影响的区域,利用非结构化网格模型可兼顾大范围区域模拟和小尺度精确模拟。当采用结构化网格模型且需要采用嵌套网格时,宜采用动态双向嵌套网格技术。

根据模型需要可在边界处给定潮流流速和潮位数据,其中潮位数据是不可或缺的。如果模型模拟范围未覆盖深水区,边界条件往往同时需要潮流流速和潮位数据。

模拟范围应足够大,以保证模型边界不会显著影响目标区域。在第二阶段模拟能量提取的影响时,应通过对比天然工况论证模型边界不受能量提取的影响。

7.2.4 模型分辨率

7.2.4.1 概述

表 2 给出了各资源评估阶段的网格分辨率的参考值。随着资源评估的推进,模型可逐步细化。随着可用数据的增加,比如更高分辨率的水深数据、海床特征数据或验证数据,模型可不断细化。

7.2.4.2 第一阶段:宏观选址

为使模型可行,其分辨率在目标区域宜不超过 500 m(见表 2),在海底地形复杂区域宜小至 200 m。在局部区域和狭窄的水道,包括拟布放潮流能转换装置阵列的邻近区域,模型分辨率可小于 200 m。宜列出粗网格模型的局限性并尽可能量化。为论证所用分辨率的适用性,宜采用走航式或定点潮流观测数据验证模型(见 7.5.2)。

7.2.4.3 第二阶段:微观选址

微观选址阶段的网格分辨率应合理可行,取决于模型范围、水深数据分辨率和计算成本。目标区域的最大网格尺寸宜为 50 m。为论证所用分辨率的适用性,宜采用走航式或定点潮流观测数据验证模型(见 7.5.2),并且宜用至少 35 d 的观测数据验证。

7.3 模型选择(包括特性)

7.3.1 总体考虑

资源评估的水动力数值模型按总体特征可划分为:

- a) 时域处理:频率(调和分析)模型或时步模型;
 - b) 空间域处理:结构化计算网格(矩形/曲线)或非结构化计算网格(变尺寸的三角形或四边形)。
- 调和分析模型仅适用于区域界定研究和为时步模型提供边界条件。

结构化网格模型可采用单一的网格尺寸,在较大模型范围内,可使用嵌套网格或局部加密给出目标区域的精细流场。只要结构化网格模型可精确描述强对流区域的流态(例如潮流漩涡),就可用于资源评估的各阶段。

非结构化网格模型的分辨率可从边界的千米级变化到目标区域的米级。非结构化网格模型特别适用于在大范围海域使用大尺寸网格的同时,在布放潮流能转换装置位置处使用小尺寸网格的目标区域。

只要非结构化网格模型可精确描述强对流区域的流态(例如潮流漩涡),就可用于资源评估的各阶段。

7.3.2 模型选择

如果已有的覆盖了目标区域的水动力数值模型可提供一些必要的的数据,则不需要专门建模。可以调整或者扩展已有模型使其满足要求。若已有模型不适用,则需要专门建模。

在模型选择时,应考虑、记录和解释说明以下内容:

- a) 模型要求:
 - 1) 使用的模型代码应处于发展阶段,即模型代码处于稳定发行阶段或试用发展阶段;
 - 2) 模型代码应已被成功地应用于相似的、具有参考意义的工程项目中;
 - 3) 模型代码可用于商业领域,即运行结果可用于工程项目经济决策。
- b) 基本的模型特征和参数化:
 - 1) 计算域的复杂性和控制方程的参数化;
 - 2) 基于非结构化网格或者嵌套式结构化网格的计算域细化过程,以及这些选择对于模型精度和计算时间的影响;
 - 3) 给定边界条件的复杂性和选项(如开边界、闭边界、随时间或空间变化、水头边界、流量边界、通量或 Flather 边界条件);
 - 4) 是否包括科氏力及理由;
 - 5) 潮间带中单元网格的干湿处理技术以及减少数值振荡的选项;
 - 6) 模型对湍流的处理或其影响以及参数取值;
 - 7) 是否包含剪切应力(摩擦力)及其理由(如:基于实验数据的全局变量以及随着空间变化的参数,或者用于率定的自由变量);
 - 8) 表征能量提取的技术及其参数化。
- c) 具体的模型特征和参数要求:
 - 1) 风场的空间分布;
 - 2) 波浪影响;
 - 3) 湍流模型的选取;
 - 4) 密度流的处理,即对比选用斜压或正压以及在模型方程中的兼容性;
 - 5) 作为点源或者边界条件的淡水输入;
 - 6) 冰盖情况;
 - 7) 降水和蒸发;
 - 8) 动床处理;
 - 9) 水动力参数,例如水平动量扩散、湍流扩散和涡粘系数,以及选择这些参数的理由。

7.3.3 模型特征

7.3.3.1 模型的计算时间

在适当初始化模型后(应记录说明初始化过程),对项目的第一和第二阶段,模型至少模拟 35 d,以使与速度概率分布相关的误差降到最低。

7.3.3.2 二维模型和三维模型的对比

第一阶段可使用二维模型(沿水深平均),也可使用三维模型来模拟速度垂向变化。第二阶段应模拟速度垂向变化。各垂向单元宜足够细,以求解边界层问题,拟布放潮流能转换装置的垂向断面上宜包含多个垂向单元。

二维模型的沿水深平均流速需要转化成在潮流能转换装置布放高度处的潮流流速(见 7.5.2.2),用于年发电量计算。

7.4 分析数据用于模型输入、率定和验证

7.4.1 水深插值

考虑模型范围和可用计算资源,宜插值处理水深数据并解释说明插值过程。如果已有水深数据不能满足工程特定阶段的分辨率要求,应开展水深测量调查(见 6.2)以提供所需分辨率的数据。

水深数据的分辨率宜至少与模拟区域内最小单元的大小一致。

7.4.2 潮流

对于走航式潮流观测,应分析测量线路上的潮流流速大小。

对于定点潮流观测,在第一阶段应调和分析沿水深平均流速;在第二阶段应在相应的垂向单元上进行相应分析(见 7.5.2.2)。沿水深平均流速可由垂向单元速度取平均值确定。若利用调和分析得到的后报潮位能够反映实测时间序列数据至少 95% 的变化趋势,则证明调和分析具有可用性和有效性。

7.4.3 气象分析

7.4.3.1 概述

气象(例如:风和气压)会影响沿岸水流的变化。应分析现场实测数据(对比实测和模拟的水动力数据),以评估气象对流场总体特征的潜在影响。如果工程位置的气象对水动力特性影响很大,例如在目标区域内水流流速的实测值和模拟值存在 5% 的偏差,则水动力数值模型应考虑气象影响。

7.4.3.2 现场风资料

应列出模拟区域内的实测风数据,并给出监测站的位置和测量时间、评估可用数据的质量。

如果没有实测风数据,可采用数值模拟和卫星遥感相结合的方法得到相关数据。若使用该方法,应说明风场模拟结果详情、风场特征及对预测精确性的评估。

7.4.3.3 评估风对数值模拟的影响

宜在与现场实测数据时期一致的模型中增加风速度相关项(例如:在模型中使用卫星再分析风场数据),以评估局部风场对水动力数值模拟结果的影响。宜对比有风和无风条件下的模拟结果。

7.4.3.4 大气压力

应通过可靠渠道获得与现场实测数据同步的大气压力数据。应对气象数据进行分析,评估气象数据对数值模型模拟结果和现场数据(或从现场数据推算得到的数据)验证的影响程度。如果发生风暴潮等特殊事件,应在模型验证过程中考虑大气压力。应解释说明是否在模型验证过程中考虑大气压力。如果在模拟过程中考虑了大气压力,应说明流程和输入的数据并予以解释。

7.4.4 波浪

为了定性描述潮流能资源,在资源评估的第一阶段,应分析波浪对工程位置处水流条件的影响程度。如果已开展波浪测量,宜用实测波浪数据验证波浪分析。应解释说明波浪数据分析及其在潮流能资源特征描述中的应用。

7.4.5 湍流

如有条件可采用标准技术简要评估平均和脉动流体特性。可进一步分析潮周期不同阶段的平均和

流特性起重要作用(例如,模拟潮位能否反映实测潮位 95% 的变化趋势)。在此基础上确定建模对策,研究非潮汐因素的重要性的影响程度,估计其对潮流能资源评估结果的影响。

应基于在测量中确定的所有重要分潮的振幅和迟角,比较模型模拟结果和调和计算得到的潮位结果。如果认定调和计算结果不合理,可直接比较模型模拟结果和测量的时间序列数据。

许多在档的潮位数据具有历时短的特点。记录的潮位数据历时决定了潮汐调和计算可分辨的分潮数量及其精确性。另外,历时短的潮位数据中含有影响水位的短期或中期非周期性因素,比如风暴潮和大气压,而调和计算难以精确滤除这些影响因素。这些因素可能会影响用于模型率定的分潮数据,条件允许时,宜利用历时长的潮位数据(大于 35d)率定模型,需要时补充历时短的潮位数据。

在第一阶段,宜利用在工程位置处测量得到的潮位数据率定模型;在第二阶段,宜利用任何包含水位的定点观测数据率定模型。因为在强潮流速度区域调和分潮相位变化快,利用现场实测潮位数据率定模型可能很困难。但是,与现场数据的比较可帮助确定因数值模型不够精细而不能准确模拟潮汐动力的区域。因此,宜在模型建立初期就用实测潮位数据率定模型,从而能确定合适的模型网格分辨率以模拟潮位。

报告中应以图表的形式比较所有主要模拟调和分潮的模拟数据和测量数据,从而描述模型对潮位和相位模拟的准确性。报告应包括模型整体准确性(相位度数和振幅的百分数误差),模型性能/准确性的局部异常情况,模型模拟结果和测量结果之间的系统差异,以及选择该已率定模型的合理性说明。

测量得到的数据,通常以调和分潮形式保存在国家海洋水文相关单位,这些数据可能含有一些系统错误,比如单位转换或时间错误。这些错误通常能在模型率定中发现。但是,如果未能发现问题数据的明显错误或不能解释这些错误,那么宜在模型率定中排除这些问题数据。

利用潮位数据率定模型能确保准确模拟数值区域内的水流连续性。但是,这并不能确定模型能否准确模拟动量交换或对流过程,而动量交换或对流过程的准确模拟对精确模拟潮流很重要。以下两个因素决定了模型能否准确地模拟潮流:

- a) 模型模拟高强度对流的能力,尤其是考虑到漩涡时;
- b) 模型网格离散化。

因此,宜详细比较模型模拟结果和实测的潮流数据,以确定选择的模型能否模拟工程位置处的实测潮流以及网格离散(细化)能否重现实测得到的潮流特征。如果不能达到任一要求,则宜采用更加先进的数值模型或细化计算网格直到模型能准确模拟潮流。

7.5.2 模型验证

7.5.2.1 概述

通过对定点潮流观测数据和模型模拟结果的定量对比,验证模型的有效性。利用潮流分潮计算得到的时间序列数据(如果调和计算方法不能提供足够数据,可以直接使用测量的时间序列数据)计算年发电量,计算年发电量的方法见 8.4 和 8.5。

长期实测潮汐数据(大于 35 d)包含很多数值模型不能模拟的潮汐分潮,这些潮汐分潮可作为长期(1 年)数值模拟预测的补充潮位。

可对实测潮流数据使用低通滤波器,以排除由仪器和湍流引起的干扰。在这种情况下,应保留正确的潮相位。若需要时,应利用同一滤波器对每一个水平分量的数据先向前再向后滤波,以避免导致相位偏移。应比较过滤完的数据和未过滤的数据,尤其要比较两组数据各自得出的潮流密度。

应总结模型模拟数据和实测数据之间的差值百分比。宜尽可能分析和证实模型数据与测量数据之间产生重大差别的原因。

应评估模型在工程位置处的总体模拟精度,并解释其对潮流能资源评估结果的影响。

7.5.2.2 潮流水深分布

如果在第一阶段只采用二维模型,报告中应解释说明从水深平均流速到轮毂高度处流速的外延插值方法。在这种情况下,宜采用的方法是从定点观测得到的流速沿水深分布规律确定目标区域的流速沿水深分布特征。但是,二维模型结果外延只是一个重要的假设,在分析最终结果的不确定性时应考虑外延插值的影响。

对于三维模型研究,宜在各关键水深位置处和时间点画出实测的潮流水深剖面,并比较该实测数据和三维模型模拟得到的潮流数据。至少应比较在整个记录时间内涨落潮周期内的瞬时流速水深剖面。

应评估、解释和描述数值模拟结果和实测流速剖面的匹配度。应解释说明该评估方法。

7.6 能量提取概化

7.6.1 概述

5.2 和 7.1 针对的是未受干扰的潮流能资源。但是,从潮流中提取能量的措施会干扰潜在的潮流水动力环境。而这会改变潮流能转换装置邻近区域的流场(例如,在潮流能转换装置下游产生尾流场,改变漩涡模式)和影响远流场(例如,减少纳潮量,工程位置处发生潮流转向,改变潮流相位)。因此,当评估可用的潮流能资源时,需要先考虑不同程度能量提取造成的影响,然后评估提出的开发方案。

7.6.2 能量提取的概化方法

7.6.2.1 概述

为了评估包含潮流能转换装置阵列的未来工况,要求在数学模型中体现能量提取的影响。这通常需要在数学模型中嵌入一个额外的参数方程,该参数方程能够表征所运用的转换装置能量提取技术,且在模型中起的作用类似于能量汇。

在总装机容量超过 5 MW 或者能量提取超过理论蕴藏量 2% 的项目中,潮流能资源评估中应包含对能量提取的概化模拟。

7.6.2.2 模型公式中的添加项

非恒定的潮流水动力数值模型都使用一定形式的连续和动量方程描述水流的运动发展。方程中的项是用来描述关键水流现象不同方面的数学表达式(例如:对流、风应力、床面应力、亚网格尺度过程)。为了成功的概化能量提取,需要添加一个和能量提取有关的项,这个添加项通过引入一个用户定义的随时间变化的参数确定(见 7.6.2.3)。在使用浅水方程的二维模型中,可通过提高底摩阻参数达到这个效果。由于底摩阻参数引起的床面剪切项类似于动量汇,如果增加的底摩阻和在系统中耗散的能量数量直接相关,那么这是一个有效的方法。但是,这个方法在三维模型中并不适用。基于双平均的 Navier Stokes 方程的数值模型可含有一个需要封闭的阻力项,该项可用于表征一个参数化的潮流能转换装置。通用的方法是在动量方程中引入额外的项和增加湍流动能的源项。动量项宜在动量方程中引入一个类似摩擦力的阻滞力。考虑到该项的单位会因为所采用控制方程的形式不同而不同(比如浅水方程的守恒和非守恒形式),应确保该项和已有方程组中的其他项单位一致。报告应详细解释说明模型中增加项的推导过程,以便能单独评估所采用的方法。

7.6.2.3 能量提取的具体概化

在模型方程中引入额外项,以便描述与潮流能转换装置运行相关的总能量耗散。在数学模拟区域内,当描述和当地流速相关的能量耗散水平时,至少要考虑以下因素:

- a) 潮流能转换装置捕获的电能；
- b) 潮流能转换装置的能量转换效率(水动力损失；叶毂和叶尖损失、叶片拖曳力、尾流场旋度等；机械系统损失；电力系统损失)；
- c) 潮流能转换装置布放间隔与数值模型单元网格尺寸的关系；
- d) 潮流能转换装置支撑结构相关的拖曳力；
- e) 和潮流能转换装置尾流场的相互混合及自由来流速度相关的能量损失。

综合考虑这些因素,可建立一条和潮流能转换装置功率曲线相似的水动力能量提取曲线,使某一来流速度能对应于一个特定的水动力能量提取的水平等级。在潮流水动力数学模型中运用这条曲线,可建立一个根据来流条件给出能量提取量的查询表或解析表达式。报告应解释说明与上述列出因素以及其他确定因素相关的能量提取值,以及上述提到的查询表或解析表达式。

7.6.3 在模型中引入能量提取

潮流能资源评估在经过率定、验证和确认合理性的不包含潮流能转换装置阵列(即基本工况或天然潮流水动力系统)的数学模型基础上,结合潮流能转换装置特性和布局特点,在基本工况的数学模型中添加 7.6.2 中给出的能量提取项,模拟未来工况。从而定量描述以下内容:

- a) 通过在模型中增加能量提取项,估算从潮流系统中提取的能量；
- b) 按在 IEC TS 62600—200 中提到的功率曲线和按 8.4 和 8.5 中所述方法确定从潮流系统中捕获的电能；
- c) 通过直接比较模型中的基本工况和未来工况,确定潮汐系统的局部和大范围流场变化,包括局部和大范围流场的潮流速度和潮位变化。

如果大范围流场的模拟结果可信,则应采用未来工况下速度时间序列的模拟结果外延得到 8.2 中定义的更长时间序列数据。结合本标准和 IEC TS 62600-200,可计算得到能量提取量或电能捕获量。

8 数据分析与结果展示

8.1 模型结果的整体展示

数值模型分析结果应能以最佳方式描述目标区域内潮位和潮流的总体变化特征。根据所处评估阶段的不同需求,第二阶段的模型结果宜比第一阶段更为详细。

模型输出数据宜以下列图像形式展示:

- a) 在一个典型大潮和一个典型小潮周期内,以适当的时间步长(如 30 min),对工程区域的潮流流速与流向、能量密度和潮位取平均值后绘制的等值线图。但是,当需要识别流场中更小尺度的漩涡结构时,时间步长宜小于 30 min。第一阶段的潮流数据宜使用深度平均值;第二阶段宜基于三维模型计算结果,使用与潮流能转换装置布放方案相关的水面以下不同深度处对应的潮流数据。并且可将这些图像做成动画(如视频文件),以利于加深对模型中如漩涡的生成与耗散等流场细节变化特征的理解。
- b) 工程区域不同潮汐分潮的振幅和相位等值线图,以及不同潮流分潮的潮流椭圆图。对于第一阶段,宜仅展示工程区域主要分潮的相应数据,但是宜验证所选分潮的合理性。
- c) 在一个典型大潮和一个典型小潮周期内,描述工程区域的潮流流速与流向、能量密度和潮位在基本工况和未来工况之间差异的等值线图[按 a) 的规定进行绘制]。

在不同工程海域起主要作用的潮汐分潮可能不同,这些分潮可能包括 M2、K1 分潮以及 Z0 余潮。在第二阶段,还宜增加 S2 分潮和 M4 之类的浅水分潮。

8.2 年速度分布的生成

8.2.1 概述

根据模拟技术和计算速度的发展现状,数值模型的计算周期宜为一年。当工程区域水动力条件受气象因素影响不严重时,可使用调和分析方法外延模型数据。当气象因素严重影响数据的外延效果时,应在 18.6 年的潮周期内挑选一个平均年份模拟。

数值模型是利用有限数量的潮汐分潮进行模拟的,并且主要由模型驱动边界处的实际使用分潮数据进行控制。因此,在第二阶段应重点评估数值模型中尚未包含的潮汐分潮对潮流速度和能量密度等计算结果的影响程度。当未包含的潮汐分潮对计算结果存在显著影响时,应采用包含这些分潮影响的方法,并予以解释说明。宜考虑按 8.2.2 中的方法进行。

当模型驱动边界设置在浅水区域时,应注意分析模型实际模拟了哪些浅水分潮,并且分析论述其对模型潮流预测结果的影响程度。

8.2.2 缺失潮汐分潮的模拟方法

应评估论述由于模型中使用有限数量的驱动分潮而产生的潮流计算误差,并且重点估算由于模型中缺失部分潮汐分潮而引起的工程区域潮流模拟误差百分比。必要时,应不断修正模型计算方法,以减少或修正上述误差。在第一阶段,可不用修正这些误差;在第二阶段,由于需要准确的潮流和能量密度结果,应采用详细方法以修正这些误差并予以解释说明。

宜考虑以下方法将缺失分潮补充至工程区域的模拟数据中:

- a) 对实测得到的潮位分潮进行数据同化并外延至模型驱动边界。该方法对月和年分潮十分有效,对于全日或半日分潮也可能有效。在考虑长周期分潮时,宜在增加外延分潮之后重新运行该数值模型。
- b) 通过对比工程区域实测和模拟得到的潮流分潮,识别缺失的长周期潮流分潮和非主要的全日、半日潮流分潮的振幅和相位值。然后将这些缺失分潮添加至某具体位置处的模拟分潮数据库中,或者添加至工程区域其他合理位置的所有模拟分潮中。

8.2.3 长期潮流数据的模型预测(基于调和和分析手段)

在模拟或实测的潮流分潮中补充修正缺失分潮之后,就可以利用调和和分析方法预测工程区域一年或更长周期的潮流数据。当预测长周期潮流数据时,宜单独预测每年的潮流数据,以避免长时间尺度上节点偏移而导致潮流流速的误算。

在第一阶段,宜预测潮流沿深度的平均值。在第二阶段,由于已使用三维数值模型,宜预测与潮流能转换装置布放方案相关的某具体深度处的潮流值。在第二阶段,还应描述 7.6 所提出的能量提取对工程区域水动力造成的影响。

调和和分析宜采用行业认定的计算方法。在第一阶段,潮流流速与流向预测结果的时间间隔宜为 30 min;在第二阶段,预测结果的时间间隔宜减小为 10 min。

强潮流区域的调和和分析结果可能会存在比较显著的不确定度。因此,一旦发现调和和分析结果不够精确,可直接利用模拟或实测的潮流时间序列数据来统计潮流流速的概率分布情况。

8.2.4 结果描述

对每一个工程区域的调和和分析结果应包含下列内容:

- a) 使用的分潮数量;
- b) 使用的分潮及其振幅和相位;

- c) 提取潮流分潮和利用潮流分潮生成时间序列数据的方法；
- d) 提取潮流分潮的数据来源；
- e) 数据来源的参考位置坐标；
- f) 调和分析的准确日期和时间段；
- g) 潮流流速与流向的时间序列图。

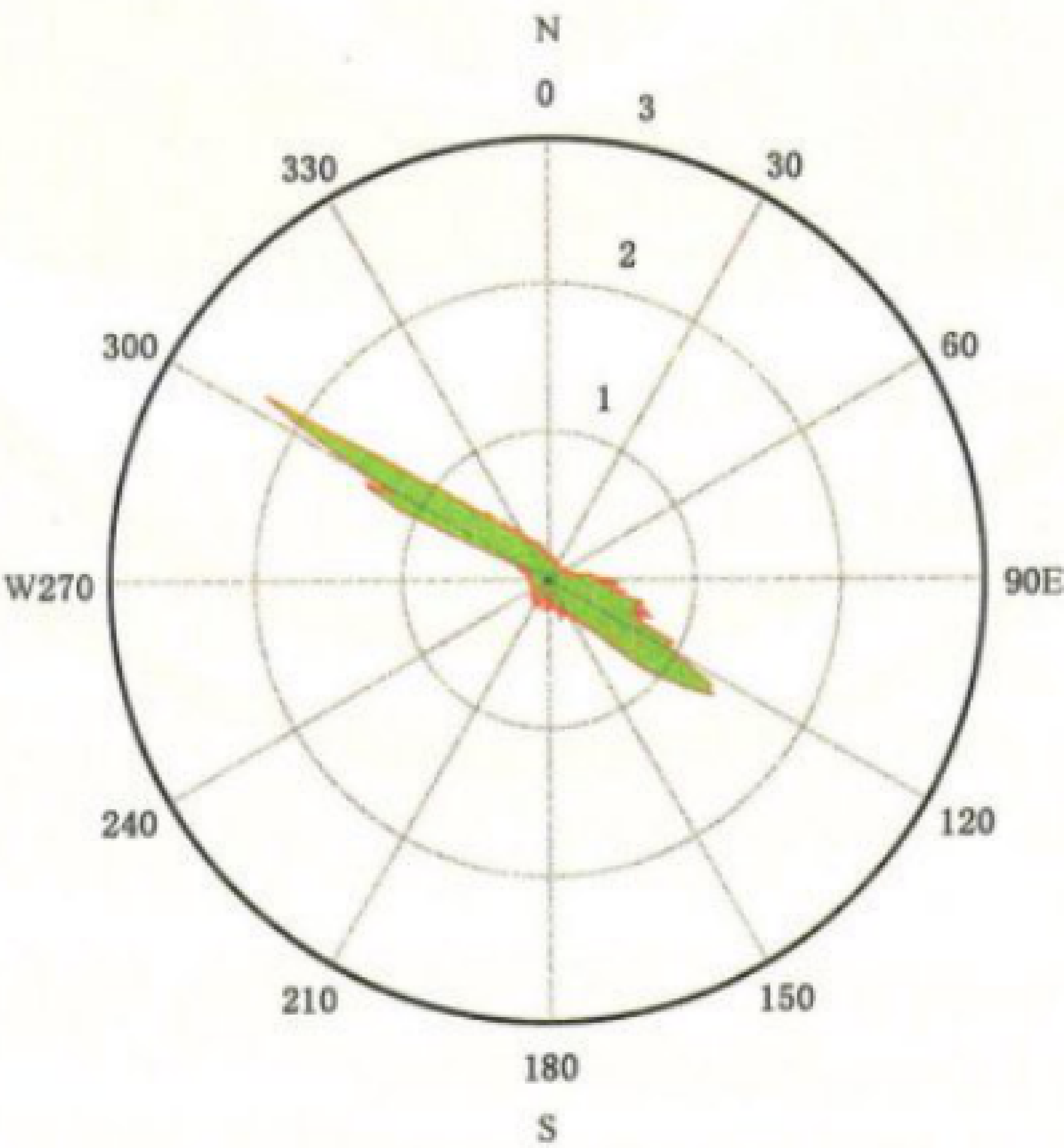
8.3 速度分布曲线

在获得速度分布函数 $f(\overline{U}_i)$ 的基础上,结合 IEC TS 62600-200 中的相关规定来评估发电设备阵列的预期年发电量。

应利用模拟的潮汐调和分析结果(若调和分析是合理且充分时)或者直接利用时间序列数据(模拟或测量得到的)对潮流的流速与流向进行直方图分析。在第二阶段,应对模拟时间跨度为一个典型年份的水动力数值模型计算得到的时间序列数据进行直方图分析(确定典型年份符合 6.3 的相关规定)。水动力数值模型宜考虑与能量预期开发规模相适应的能量提取对区域潮流能资源产生的影响(见 7.6)。其中,潮流能转换装置的位置应和水动力数值模型中输出结果的位置相关联或者和测量数据获取位置相关联。

如果已知潮流能转换装置的功率输出特性,那么流速区间和时间区间的间隔可根据 IEC TS 62600—200 的具体需求来确定。否则,宜分别用 0.1 m/s 和 10 min 作为流速区间和时间区间间隔的标准值。潮流流向区间的间隔不宜大于 10° 。

应计算潮流流速在每一个区间内的时间百分比 $f(U_i, \theta_i)$ 。针对每一个设备位置,均应给出展示其直方图分析结果的相应表格,并且该结果宜用来绘制潮流玫瑰图(见图 1)。在工程位置处的速度分布是在所有方向上出现概率的总和。



注：速度单位为米每秒(m/s)。

图 1 某位置处的潮流玫瑰图

宜分别使用模型计算数据和定点实测数据绘制各级流速频率分布图(见图 2)和累积频率曲线图(见图 3)。并且应论述使用不同数据源时累积频率曲线的差异变化。

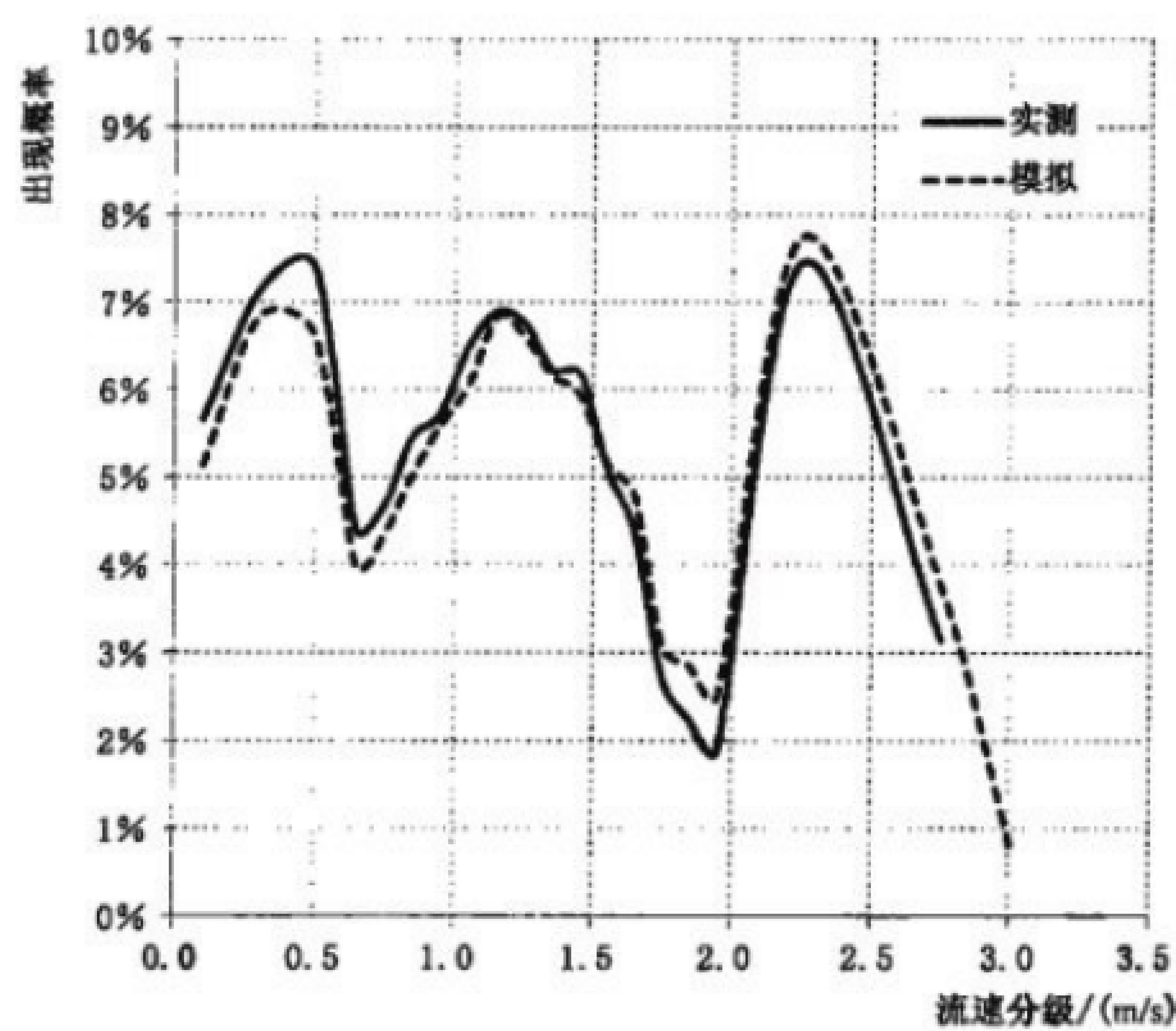


图2 某位置处的各级流速频率分布图

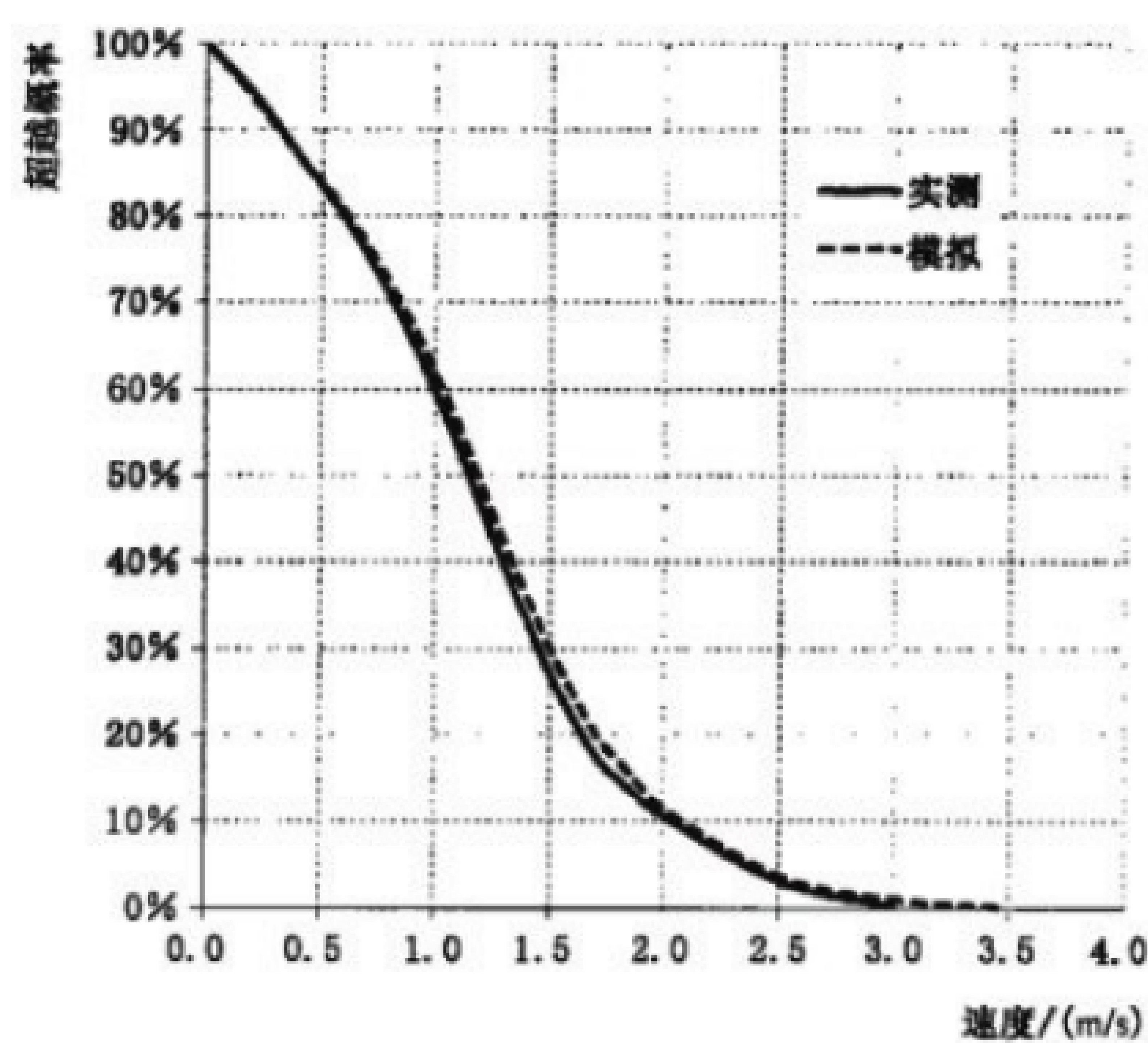


图3 某位置处的速度累积频率曲线图

宜分别计算涨、落潮周期内的速度分布,以便和 IEC TS 62600-200 的要求相一致。
应根据具体应用情境,确定统计流速分布平均值的区域范围。当速度分布函数应用到潮流能转换装置的功率曲线时,应按 IEC TS 62600-200 的相关规定估算在整个潮流能转换装置能量捕获区域内的 $f(U_i)$ 。

对于每一个流速区间和时间区间(对涨潮期和落潮期应分别处理),应指出其对应的主流向。对于每一个流速区间,其对应的潮流方向通常是不同的。宜将整个潮流能转换装置的工作流速范围内的加权平均速度方向视为潮流的主流向,并宜用该值对涨、落潮周期中的潮流能转换装置进行优化调整,以确定其最佳朝向。

8.4 单台潮流能转换装置的年发电量估算

可结合 IEC TS 62600-200 中描述的潮流能转换装置功率曲线和潮流能转换装置拟布放区域的潮

流能资源数据,估算发电设备阵列中单台潮流能转换装置的年发电量,单位为千瓦时(kWh)。

每台潮流能转换装置的年发电量宜按公式(4)计算:

$$\text{TEC AEP} = N_h \cdot \text{CRC} \cdot \sum_{i=1}^{N_B} P_i(\bar{U}_i) \cdot f_i(\bar{U}_i) \quad \dots\dots\dots(4)$$

在估算潮流能转换装置的年发电量时,其综合折减系数(CRC)宜结合实际运行经验确定;如果缺少相关经验,可以使用潮流能转换装置制造商提供的综合折减系数。

由于尚未确定流速的垂向切变对潮流能转换装置发电量的影响程度,因此宜同时计算分析与发电量相关的轮毂高度处的速度值和叶轮扫掠面积加权速度值。其中,面积加权速度值由叶轮扫掠范围内每个垂向深度区间对应的速度乘以该区间叶轮扫掠面积所占比例后累加得到。

在估算潮流能转换装置的年发电量时,还宜特别关注因区域内海床地形和流场特征(湍流强度和方向变化)的变化对特定位置处潮流能转换装置年发电量估算造成的显著影响。尽管在潮流中固有的湍流会对潮流能转换装置阵列的年发电量产生潜在的重要影响,但在年发电量评估报告中不需要对湍流的影响进行修正。

8.5 设备阵列年发电量的估算

按 8.4 相关规定估算得到阵列中各台潮流能转换装置的年发电量之后,可通过求和方式得到潮流能转换装置阵列布放方案的预期年发电量。

在估算潮流能转换装置阵列的年发电量时应特别注意以下内容:

- a) 水动力数值模型宜考虑与预期开发规模相适应的能量提取对区域潮流能资源条件产生的影响(见 7.6);
- b) 水动力数值模型在模拟过程可能并未考虑多台潮流能转换装置之间的相互影响,而是使用自然状态下潮流能转换装置阵列拟布放区域的潮流流速分布估算潮流能转换装置阵列的年发电量。

9 结果报告

9.1 报告目的

在资源评估研究的最后阶段,报告内容应描述目标区域的潮流能资源和速度分布,从而使评估结果能在后续工作中使用。若有需求,可结合 IEC TS 62600-200 预测选定位置处的一个潮流能转换装置或潮流能转换装置阵列的年发电量。

9.2 报告内容

报告宜包含第 6 章至第 8 章的所有内容,并按照相同的顺序排列。

附录 A
(资料性附录)

本标准与 IEC TS 62600-201:2015 相比的结构变化情况

本标准与 IEC TS 62600-201:2015 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本标准与 IEC TS 62600-201:2015 的章条编号对照情况

本标准章条编号	对应的 IEC TS 标准章条编号
4	4.1 和 4.2
6.4.1	6.4
6.4.1.1	6.4.1
6.4.1.2	6.4.2
6.4.1.3	6.4.3
6.4.2	6.5
6.4.3	6.6
6.4.4	6.7
—	A.1
8.4	A.2
8.5	A.3
—	附录 B
附录 A	—
附录 B	—

附 录 B
(资料性附录)

本标准与 IEC TS 62600-201:2015 的技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本标准与 IEC TS 62600-201:2015 的技术性差异及其原因。

表 B.1 本标准与 IEC TS 62600-201:2015 的技术性差异及其原因

本标准章条编号	技术性差异	原因
1	将“可应用工程周期各个阶段”修改为“工程建设前期阶段”	更符合我国的习惯表述
2	关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ——用等同采用国际标准的 GB/T 18451.2 代替了 IEC 61400-12-1 (见 6.4.1.2); ——用修改采用国际标准的 GB/T 37551 代替了 IEC TS 62600-1 (见第3章); ——删除了 IHO 2008.Standards for hydrographic surveys; ——删除了 ICES 2006.Guidelines for multibeam echosounder data; ——增加引用了 GB/T 12763.2(见 6.3.5.1); ——增加引用了 GB/T 12763.10(见 6.2 和 6.3.1); ——增加引用了 GB/T 27418(见 6.3.2)	适应我国技术条件
4	删除了条号,并修改了部分符号、代号和缩略语	适应我国国情
5	将“第一阶段:可行性研究”修改为“第一阶段:宏观选址”;将“第二阶段:布局设计研究”修改为“第二阶段:微观选址”	适应我国国情
5.2	将分类标准由“总装机容量不超过 10 MW 的项目”和“总装机容量超过 10 MW 项目”分别修改为“总装机容量不超过 5 MW 的项目”和“总装机容量超过 5 MW 的项目”; 将表 2 中第一阶段调和分析所用的最小数目由“20”修改为“6”	适应我国技术条件
6.1	将“总装机容量不超过 10 MW 的项目”修改为“总装机容量不超过 5 MW 的项目”	适应我国技术条件
6.2	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.2 的第 4 段	解释性语句,不宜作为条款
6.3.1	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.3.1 的第 2 段	解释性语句,不宜作为条款
6.3.2	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.3.2 的第 2 句、第 4 句、第 6 句和第 8 句	解释性语句,不宜作为条款
6.3.4.1	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.3.4.1 的第 1 段的第 4 句~第 5 句	解释性语句,不宜作为条款
6.3.4.2	修改了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.3.4.2 的第 1 段和第 3 段的内容	使表述更简洁明晰
6.3.5.2.2	将测量天数修改为“不少于 15 d”; 将计算调和分潮数目修改为“不少于 6 个(K1、O1、M2、S2、M4、MS4)”	适应我国技术条件
	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.3.5.2.2 第 2 段的第 1 句~第 2 句	解释性语句,不宜作为条款

表 B.1 (续)

本标准条款编号	技术性差异	原因
6.3.5.2.3	将长期测量时长修改为“不少于 90 d”	适应我国技术条件
6.3.5.3	删除了 IEC TS 62600-201:2015 的 6.5.3 中解释和说明性的语句	解释性语句,不宜作为条款
6.4	进行了结构调整	使上下文逻辑关系更明确
6.4.4	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 6.7 第 3 段的第 1 句~第 2 句	解释性语句,不宜作为条款
7.1	将“总装机容量超过 10 MW”改为“总装机容量超过 5 MW”	适应我国技术条件
	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.1 第 1 段的第 3 句	解释性语句,不宜作为条款
7.2.2	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.2.2 的第 2 段	解释性语句,不宜作为条款
7.2.4.2、7.2.4.3	修改了条标题	与上下文保持一致
7.2.4.3	观测天数改为 35 d	适应我国技术条件
7.3.1	删除了第 2 段的第 1 句和第 2 句,第 4 段的第 1 句和第 3 句	解释性语句,不宜作为条款
7.3.2	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.3.2 第 1 段的第 3 句、第 2 段列项 a) 的第 1 条	解释性语句,不宜作为条款
7.4.2	删除 IEC TS 62600-201:2015 中 7.4.2 第 2 段第 2 句中括号内的内容	解释性语句,不宜作为条款
7.4.3.1	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.4.3.1 的第 2 句	解释性语句,不宜作为条款
7.4.4	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.4.4 的第 2 句	解释性语句,不宜作为条款
7.5.2.1	计算发电量的方法由“参见附录 A”修改为“见 8.4 和 8.5”	涉及结构调整内容,需要特别说明
7.6.1	“先前条款”改为“5.2 和 7.1”	使表述更明晰
	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 7.6.1 的第 2 段	解释性语句,不宜作为条款
7.6.2.1	总装机容量由“大于 10 MW”改成“超过 5 MW”	适应我国技术条件
8.3	修改了图 1、图 2 和图 3	采用我国某处的潮流玫瑰图更有指导意义;国内计算潮流能资源时,用的是各级流速出现的频率,增加各级流速频率分布图更直观,与速度累积频率曲线图联合使用,更容易了解流速分布情况
8.4	将 IEC TS 62600-201:2015 中 A.2 的内容调整到 8.4 中	规范性内容,宜作为条款
	将公式(4)中 TECA 改为 CRC	更符合国内通用说法
8.5	将 IEC TS 62600-201:2015 中 A.3 的内容调整到 8.5 中	规范性内容,宜作为条款
9.2	删除了 IEC TS 62600-201:2015 中 9.2 的第 2 句~第 3 句	解释性语句,不宜作为条款