

水力发电
技术知识
丛书
中国水力发电工程学会主编

第二十五分册

潮汐电站

陆德超 陈亚飞



水利电力出版社

44

水力发电技术知识丛书

中国水力发电工程学会主编

第二十五分册

潮汐电站

陆德超 陈亚飞



水利电力出版社

内 容 提 要

本分册主要介绍潮汐的基本特性，潮汐能利用的特点以及潮汐电站的原理和类型。概要叙述了潮汐电站建设中的规划工作，建筑物和机电设备的主要特点、型式和组成，以及我国潮汐能源的开发概况，国内外已建潮汐电站的实例和潮汐能利用中的若干问题。

本书可供具有中等学校文化程度的技术工人和管理干部阅读。

水力发电技术知识丛书
中国水力发电工程学会主编
第二十五分册
潮汐电站

陆德超 陈亚飞

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 2.75印张 57千字 1插页

1985年3月第一版 1985年3月北京第一次印刷

印数0001—2310册 定价0.60元

书号 15143·5638

关于编写《水力发电技术 知识丛书》的说明

为了水力发电战线广大职工学习科学技术，适应现代化水电建设和生产的需要，中国水力发电工程学会组织编写了一套《水力发电技术知识丛书》。丛书是从普及水力发电科学技术知识的角度出发，着重介绍水力发电的基本概念和基础知识，对我国在实践中取得的经验和国外水平以及发展前景也作适当介绍。

读者对象以具有中等学校文化程度以上的各级管理干部为主，使他们能系统地了解水力发电的科技知识，不断提高业务能力和管理水平。对于中等学校文化程度的技术工人，也可通过学习本丛书为学习专业技术打下初步基础，并在工作中不断提高技术水平。对于有某种专业的技术干部，也可了解其他相邻专业的一般知识。

本丛书共分二十五个分册：

- 第一分册 水力发电概况
- 第二分册 水能规划和综合利用
- 第三分册 水能经济
- 第四分册 水电工程地质
- 第五分册 水电工程勘测
- 第六分册 水文测验和水文计算
- 第七分册 坝泄洪和进水建筑物
- 第八分册 引水工程及发电厂房
- 第九分册 过船过鱼过木建筑物

- 第十分册 水工机械设备
- 第十一分册 水工建筑物的运行维护和观测
- 第十二分册 水电工程的施工组织和管理
- 第十三分册 水工混凝土工程施工
- 第十四分册 土石工程及地下工程施工
- 第十五分册 施工导流工程
- 第十六分册 水轮机和辅助设备
- 第十七分册 发电机和电气设备
- 第十八分册 水电站集中控制、继电保护和自动化
- 第十九分册 机电设备的安装
- 第二十分册 机电设备的运行维护
- 第二十一分册 水电站水库调度
- 第二十二分册 水电站经济运行
- 第二十三分册 小型水电站
- 第二十四分册 抽水蓄能电站
- 第二十五分册 潮汐电站

本丛书各分册承蒙从事水电事业的有关单位和院校的专家教授大力支持，花了大量时间和精力进行编写和审校，特此一并致谢。

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

《水力发电技术知识丛书》

编辑委员会

主 任 施嘉炆

副主任 陆钦侃、舒扬荣、刘颂尧

编 委 （按姓氏笔划为序）

于开泉、王伊复、王圣培、伍正诚、冯尚友、
李毓芬、刘颂尧、沈 晋、谷云青、陈叔康、
张勇传、汪景琦、施嘉炆、陆钦侃、唐集尹、
舒扬荣、董毓新、程学敏、杨德晔

前 言

本分册主要介绍潮汐的基本特性，潮汐能利用的特点，以及潮汐电站的原理和类型。并概要叙述了潮汐电站建设中的初步规划工作，建筑物和机电设备的主要特点、型式及组成，我国潮汐能源的开发概况，国内外已建成的潮汐电站的实例，以及潮汐能源利用中的若干科研问题。由于潮汐能是一种新能源，目前潮汐电站的建设和运行经验不多，许多问题有待进一步研究。

在编写过程中承杨德功、王伊复、邢观猷、竹建戈等同志提出宝贵意见，谨致谢意。

对于书中的错误和缺点，敬希读者批评指正。

1982年3月

目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》的说明

前 言

概 述..... 1

第一章 潮汐现象..... 2

第一节 潮汐类型..... 2

第二节 潮汐的半月不等..... 4

第三节 潮流..... 5

第四节 潮汐的工程特征值..... 6

第二章 我国的潮汐和潮汐资源开发概况..... 10

第一节 我国的潮汐概况..... 10

第二节 我国潮汐资源开发概况..... 10

第三章 潮汐能利用的特点..... 14

第一节 潮汐能的循环性..... 14

第二节 发电的间歇性..... 14

第三节 电站的经济性..... 15

第四节 综合利用..... 15

第四章 潮汐电站的几种类型..... 17

第一节 单库单向潮汐电站..... 17

第二节 单库双向潮汐电站..... 19

第三节 双库连续发电潮汐电站..... 22

第五章 潮汐电站的规划..... 24

第一节 自然条件和经济条件..... 24

第二节 电站规模估算..... 25

第三节 工程经济效益的初步分析..... 35

第六章 潮汐电站的建筑物	36
第一节 堤坝	36
第二节 发电厂房	39
第三节 水闸	41
第七章 潮汐电站的机电设备	45
第一节 贯流式机组的技术经济特点	45
第二节 贯流式水轮发电机组的结构	46
第八章 国内外一些潮汐电站实例	51
第一节 国内已建成的小型潮汐电站	51
第二节 江厦潮汐电站	57
第三节 国外潮汐能研究简况	62
第四节 法国朗斯潮汐电站	63
第五节 苏联基斯洛试验性潮汐电站	67
第六节 加拿大芬地湾试验性潮汐电站	67
第九章 潮汐电站的若干科研问题	70
第一节 电站的开发方式	70
第二节 潮汐电能的利用	71
第三节 关于机组的研究	72
第四节 泥沙淤积问题	74
第五节 防止海水腐蚀及海生物附着	75
第六节 海工建筑物施工	77

概 述

浩瀚的海洋蕴藏着巨大的能量。利用海洋中的潮汐来发电是海洋能利用的一种形式。我国海域辽阔，海岸线漫长，渤海、黄海、东海、南海诸海的海岸线从辽宁的鸭绿江口延伸到广西的北仑河口，全长 18000 余公里^①；港湾交叉，潮汐河流众多。潮汐资源的蕴藏量极为丰富，根据普查估算，可能开发的装机容量约有 2100 万千瓦，年发电量约 600 亿度^②。

自五十年代中后期以来，我国沿海已兴建了一些小型潮汐电站，对大中型潮汐电站的开发也做了一定的勘测、规划和科研工作。近年来我国建成了一座规模较大的双向发电潮汐试验电站——江厦潮汐电站，为潮汐能利用逐步积累了经验。

潮汐发电是一种新能源。建设潮汐电站不淹没土地，不迁移人口，而且还可收到围垦农田，促进养殖业发展等综合利用效益。但由于电站造价较贵，所以在经济上还不如常规能源有利，加上一些技术问题需要进一步研究，从国内外看，目前尚不能大规模开发。但随着科学技术的发展，能源的需要量愈来愈大，研究开发潮汐能源意义十分深远。我们要积极加强科学研究工作，统一规划，因地制宜地开发我国丰富的潮汐能源。

① 摘自《中国沿岸海洋水文气象概况》 国家海洋局一所 1977

② 摘自《中国沿海潮汐能资源普查》(初稿) 水利电力部水利水电规划设计院 1982.12

第一章 潮 汐 现 象

海洋，浩瀚无际。海面时而上涨，时而下落。海水这种周期性的升降运动，称为“潮汐”。潮汐的成因是由于月球和太阳等天体对地球上海水的吸引而产生的。根据计算，这种天体引力引起大洋海面涨落平均幅度0.8~1米^①，但在浅海沿岸的河口、海湾，由于海流、海底地形、海岸及河口形状引起潮波反射和共振，使潮汐的升降幅度大为增加。如我国著名的钱塘江河口潮汐，最大潮差近9米^②，世界上最大潮差，加拿大的芬地湾达19.6米^③。

第一节 潮 汐 类 型

潮汐是由天体引力引起的，而天体运动是有周期性的，所以潮汐的涨落也有周期性的变化。根据长时期大量的观测发现，潮汐涨落平均以24小时50分为一个日周期。众所周知，地球自转的周期为24小时（即一日），但由于地球、月亮又同时进行公转，其公转的速度大约相差50分，所以地球上海水的涨落约经过一昼夜零50分才重复出现一次。在一个日周期内，对于地球上不同的海区，以及相同海区而港湾地

① 引自《向潮汐要能》 国家海洋局第二海洋研究所应仁方著 1981. 11.10《人民日报》

② 引自《浙江省潮汐资源普查报告》（初稿）

③ 引自《国外潮汐发电研究概况》《国外水利水电》1979.第6期

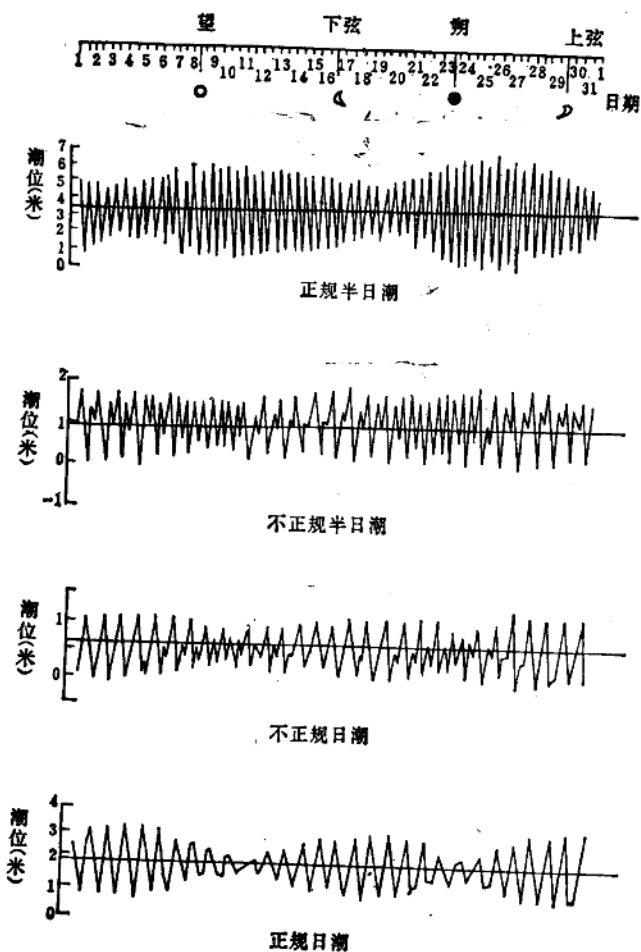


图 1-1 潮汐类型

注：本图引自陈宗德等著《海洋潮汐》 科学出版社 1979

形不同或在同一地点而当月球运行的赤纬不同时，潮汐的涨落又发生不同的情况。据此，可以分成如下几种潮汐类型（参见图1-1）。

1.正规半日潮 在一个日周期内有两涨两落，即出现两次高潮和两次低潮，这两次涨落彼此大致相等，即前一次高潮和低潮的潮差与后一次高潮和低潮的潮差大致相等，涨潮和落潮历时几乎相同（6小时12.5分）。

2.不正规半日潮 在一个日周期内也出现两次高潮和两次低潮，但这两次涨落彼此之间差别很大，即两次高潮和低潮的潮差以及涨潮和落潮历时均不等。

3.正规日潮 在半个月中，有连续二分之一以上天数在一个日周期内仅出现一次高潮和一次低潮，高潮和低潮之间大约相隔12小时25分。而在其余日期则在一个日周期内出现两次高潮和两次低潮。

4.不正规日潮 有时在一个日周期内出现一次高潮和一次低潮的日潮现象，但在半个月中日潮的天数不超过7天，其余天数为不正规半日潮型。

上述不正规半日潮和不正规日潮又统称为“混合潮”，所以潮汐类型又可分正规半日潮、正规日潮和混合潮三种。

第二节 潮汐的半月不等

潮汐的半月不等是指潮汐在半个月内，除有日周期变化外，日与日之间的涨落也是不同的，而过半个月后又重复一次，因此也可称为潮汐的“半月周期”。在半月潮类型地区，人们饶有经验的知道，在农历的初一（朔）和十五（望），潮水涨得最高，落得最低，潮差最大，称为“朔望大潮”。

而当农历初八（上弦）和二十三（下弦）时，潮水涨得不高，落得不低，潮差小，称为“方照小潮”。

潮汐的半月不等也是由于地球、月球、太阳运行相对位置的不同而引起的。在朔望时，地、月、日三者几乎在同一直线上，引潮力相当于月球和太阳引潮力之和，所以发生大潮，而当上弦或下弦时，地、月、日三者几乎成直角位置，月球和太阳的引潮力互相抵消，因而出现小潮（参见图1-1）。

潮汐除有上述日周期、半月周期变化外，还有一月周期、一年周期及18.61年长周期变化等等，但潮汐在月际之间和年际之间的变化不很明显，潮汐的一些特性往往可以粗略地用半个月或一个月资料来代替。

第三节 潮 流

潮汐发生周期性升降的同时，还产生周期性的水平运动，称之为“潮流”。潮流也分半日潮流、日潮流及混合潮流三种类型。在外海和开阔海区，潮流流向（流速也有变化）在半日内或一日内旋转 360° ，谓“回旋流”。在近岸的海峡及湾口，由于受到地形的阻挡，潮流只能主要在两个相反的方向上变化着，呈“往复流”，涨潮时潮流流入海湾，为“涨潮流”，落潮时潮流流出海湾，为“落潮流”。

河口潮汐大都呈往复流。由于受到上游河川径流、河口及河床地形和堰坝等建筑物的影响，涨潮流减弱，落潮流增强，落潮历时往往大于涨潮历时。潮流自河口上溯至涨潮流速与河川下泄径流流速相等处，称为“潮流界”，潮波自河口上溯至潮差为零处，称为“潮区界”（参见图1-2）。

潮差沿河口的沿程变化大致分两种情况。一种如长江和

珠江的某些河段，潮差沿口门向上逐渐递减至潮区界为零。另一种如钱塘江口的潮汐，潮差沿口门向上逐渐递增，然后再逐渐递减至潮区界为零。这些河段一般呈喇叭状，使潮能向上逐渐集中，然后随之递减。

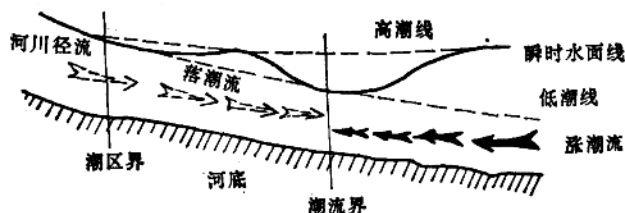


图 1-2 河口潮汐的“潮流界”和“潮区界”

注：本图引自上海师范大学河口海岸研究室编《潮汐》 1972

潮汐主要受天文因素，如月球和太阳等天体的影响外，还受气象因素如台风、气压、降水等影响，严重时产生危害极大的“风暴潮”。据不完全统计，我国解放前400年中曾发生较大的潮灾30余次，都是风暴潮引起的。

第四节 潮汐的工程特征值

潮汐的工程特征值为潮位，潮差，潮时，高低潮间隙，潮量，含沙量等。下面以图1-3来说明各特征值的定义。

1. 潮位 当地水尺零点上水面涨落时的高度，称为潮位。可分以下几种。

(1) 平均潮位：潮位逐时观测纪录的平均值。而某一定时期（一日，一年或多年等）的平均潮位称该时期的平均海面。由于潮汐有18.61年的长周期变化，故取19年水位资

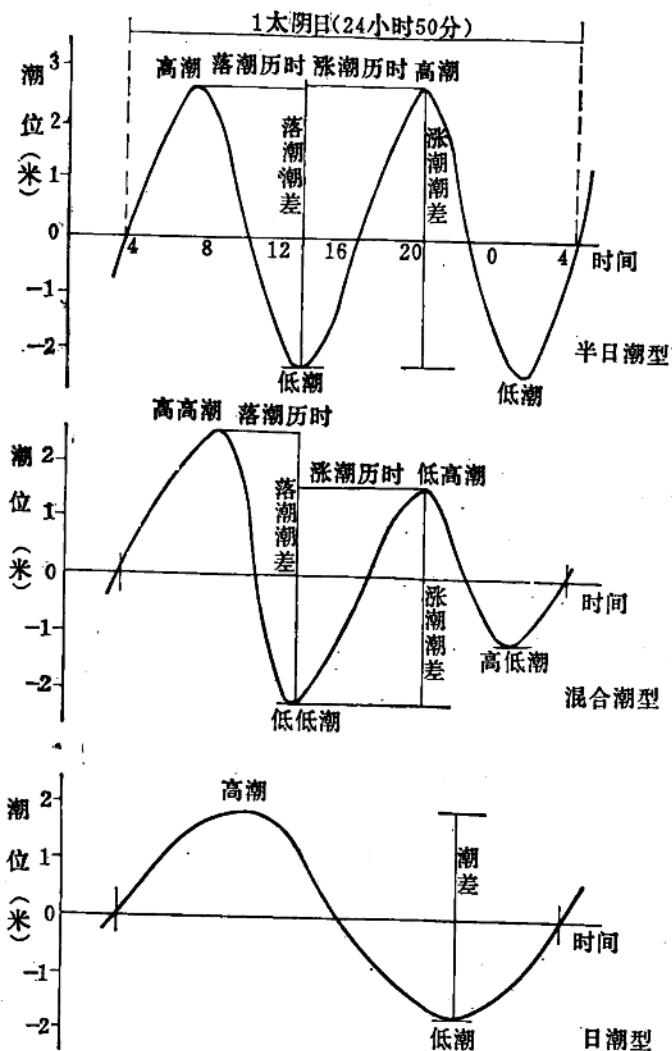


图 1-3 潮汐涨落三种类型工程特征值图

料求得的潮位平均值为最佳。

(2) 平均高潮位: 某一定时期观测的高潮位的平均值。

(3) 平均低潮位: 某一定时期观测的低潮位的平均值。

(4) 最高潮位: 某一定时期观测的最高高潮位值。历史上已出现过的最高高潮位值(包括调查问讯资料)称历史高潮位。

(5) 最低潮位: 某一定时期观测的最低低潮位值。

(6) 设计高潮位: 按照工程的重要性确定的设计时采用的高潮位值。如采用某设计重现期的高潮位值等。

(7) 设计低潮位: 工程设计时采用的低潮位值。如采用某设计重现期的低潮位值等。

2. 潮差 相邻两高潮位和低潮位的差值, 称为潮差。可分为以下几种。

(1) 平均潮差: 某一定时期观测的潮差的平均值。是潮汐最重要的工程特征值。

(2) 最大潮差: 某一定时期观测的潮差的最大值。是潮汐的一个重要工程特征值。

(3) 最大可能潮差: 由天文因素决定的最大可能出现的潮差。

(4) 最小潮差: 某一定时期观测的潮差的最小值。

3. 潮时 指涨潮历时和落潮历时。在正规半日潮和正规日潮的某些潮段, 两者基本相等。混合潮时涨潮历时和落潮历时两者不等。

4. 高低潮间隙 从月中天到出现第一次高潮位时的时间间隔称为“高潮间隙”, 从月中天到出现第一次低潮位时的