



潮汐发电机组

王曰平 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



潮汐发电机组

王曰平 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

在我国漫长的海岸线和广阔的海洋里，蕴藏着丰富的海洋能资源，这是一种取之不尽且可再生的清洁能源，也是国家战略开发的能源。

本书简述了海洋能源开发与利用的装置；重点详细总结了当前我国最大的江夏潮汐试验电站二期（包括三期）工程中具有正反向发电、正反向泄水和正反向水泵等六种运行工况单机容量为700kW潮汐发电机组，从设计、试验、制造、安装到试运行过程中的艰辛历程，还增加了灯泡贯流机组发展的最新成果。

本书是一本实用性很强的专著，对制造更大容量的潮汐发电机组具有参考作用，可供工程技术人员和高等院校师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

潮汐发电机组 / 王曰平著. — 北京：中国水利水电出版社，2014.9
ISBN 978-7-5170-2601-3

I. ①潮… II. ①王… III. ①潮汐发电机—发电机组
IV. ①TM312

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第233852号

书 名	潮汐发电机组
作 者	王曰平 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.25印张 266千字
版 次	2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

当前,能源安全和环境保护已成为全球化的问题。世界各国都将发展可再生能源作为缓解能源供需矛盾,减少温室气体排放和应对气候变化的一项重要举措。

我国是世界煤炭生产和消费大国,也是碳排放大国。2011年煤炭消耗量高达35亿多t,占一次能源的70%以上。我国政府十分重视节能减排工作,将积极发展可再生能源,节约和替代部分石化能源,促进能源结构调整,减轻环境压力,作为保障国家能源与环境安全,促进我国经济社会可持续发展的一项重要战略。我国政府承诺,到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%~45%,非石化能源占一次能源的15%左右。

再生能源包括水电、风电、太阳能、生物质能、海洋能、地热等;海洋能包括潮汐能、潮流能、波浪能、温差能等。我国有1.8万km长的海岸线,蕴藏着丰富的海洋能,可开发量达10亿kW的量级,其中潮汐能资源蕴藏量达1.1亿kW,可开发利用量为2100万kW,年发电量为580亿kW·h,目前开发利用不足1%,开发潜力巨大。

开发潮汐能较水电能具有无丰枯水期影响,没有大量淹没土地和移民问题,工程相对简单,投资省等诸多优点,但它也存在建坝围库带来对海洋环境、生态及滩涂养殖等的影响,从而制约了自身的发展。目前,世界潮汐资源丰富的国家都在积极研究开发利用潮汐能的新技术和新模式。积极开发潮汐能,应是我国发展可再生能源的一个重要方面。

本书作者王曰平先生自清华大学毕业后,长期从事水力发电设备制造和研发工作,具有扎实的理论基础和丰富的实践经验。本书作者全面系统总结了我国目前最大的江夏潮汐试验电站的研发运行全过程,并详述了近年来技术改革的新成果。这是一本实用性很强的专著,可供研究潮汐发电机组的工程技术人员参考和借鉴。

水利部原副部长

傅存良

2013年11月15日

于北京

前言

能源 (Sources of Energy) 是世界经济增长的动力, 但经济增长总是伴随着能源消耗的增长。在过去 20 世纪 100 年中, 世界能源消耗增长了九倍。预测在未来的 25 年中, 世界能源消耗总量还将增长一倍, 而常规的化石能源却日益枯竭, 且常规化石能源大量消耗导致的二氧化碳等温室气体的过度排放, 是导致全球气候变暖的重要因素。

面对严峻的能源需求, 人们不得不去寻求可再生的清洁能源, 而蕴藏量巨大、可再生的清洁能源就是海洋能源, 但在开发利用海洋能源上, 还有不少难关需要人们去攻克。

海洋能 (Ocean Energy) 是海水运动过程中可再生的能源, 这主要包括潮汐能、波浪能、潮流能、温差能和盐差能等。全世界海洋能的蕴藏量达 780 亿 kW, 可开发 85 亿 kW, 其中我国有 3.23 亿 kW。

海洋能有三个特点: 一是蕴藏量大, 但单位长度、单位面积、单位体积所拥有的能量较小, 要想得到大的能量, 要消耗大量的海水; 二是可再生不绝, 因为海洋能来源于太阳辐射能和万有引力, 与天体共存, 故取之不尽, 用之不竭; 三是能量多变, 不稳定。较稳定的有温差能、盐差能和海流能, 不稳定但变化有规律的如潮汐能、潮流能, 既不稳定又无规律的是波浪能。

海洋能是清洁可再生能源, 开发和利用海洋能对缓解能源危机和环境污染问题具有重要的意义。

在这些能源中, 波浪能、潮流能的开发还处于技术攻坚阶段; 温差能和盐差能等的开发处于科研初期; 有商业开发价值、技术成熟的还是潮汐能源的开发。

为充分利用和开发潮汐能源, 早在 1972 年, 原国家科学技术委员会就把开发利用潮汐能源列为重要的科研项目。我国第一台潮汐发电机组, 江厦潮汐试验电站一期工程中的 1 号、2 号两台 (500kW+600kW) 机组, 由天津电气传动研究所和浙江金华水轮机厂共同研制成功。两台机组带有增速器且具

有正反向发电和正反向泄水四种运行工况，于1980年5月投入运行。这为潮汐机组的设计、制造、安装和运行积累了不少宝贵的经验。

1980年12月，在浙江省温岭市召开的江厦潮汐试验电站科学讨论会上，笔者提出了“取消1号机组中的增速器，发电机轴与水轮机轴直接连接，单机容量由500kW增至600kW的建议”，得到与会代表的大力支持。经过反复认证，1981年4月经浙江省电力局并报原水利电力部科技司批准，确定江厦潮汐试验电站二期工程3号、4号、5号机组采用水轮机与发电机直接连接的方案。其基本参数为：水轮机名义直径 $D_1=2.5\text{m}$ ，额定转速 $n_r=125\text{r/min}$ ，在设计水头 $H_r=3\text{m}$ 正向发电时，发电机额定容量为 $750\text{kV}\cdot\text{A}$ ；在功率因素 $\cos\varphi=0.935$ 时，发电机额定功率为700kW，经检验机组性能质量不低于1号机组水平；在涨、落潮时，机组应具有正反向发电、正反向泄水和正反向水泵六种运行工况的功能。

1984年1月15日，单机容量700kW、3号灯泡贯流式潮汐发电机组一次顺利并网发电。在毛水头3.15m、正向发电时，机组出力700kW；在毛水头3.35m、反向发电时，机组出力500kW。机组开、停机及并网操作容易。由于无增速器，消除了噪音源，所以机组噪声低；正反向泄水工况正常；推力轴承及导轴承瓦温最高仅 31°C ；甩负荷时机组振动、摆度正常，均符合规程要求。

江厦潮汐试验电站二期工程4号、5号机组，也分别于1985年12月6日和20日一次顺利投产发电。为此，由原水利电力部富春江水工机械厂承担的二期工程获国家“六五”科技攻关奖；陈育清、王曰平、杨德林获1986年度水利电力部科技进步二等奖；1987年陈育清、王曰平获1987年度国家科技进步二等奖。

在江厦潮汐试验电站科技攻关中，除了上述人员外，李志云、俞振甫、竺锦源、白志懋、张信江、陆桂婉、陈瑞棠、潘大金、陈永年、邱锦春、高国信、董福根、孙定茂、魏敏、杨行泉以及浙江省电力局陆凤漾等，其功也不可没。我们也深深怀念原水利电力部科技委沙锡林处长（时任水电处长），他为我国潮汐能源的利用开发，特别是江厦潮汐试验电站的建成发电倾注了毕生精力。

江厦潮汐试验电站二期工程，700kW潮汐发电机组研制历时四年，终于取得了丰硕成果，这是在原国家科学技术委员会、水电部科技司、水电总局和浙江省电力局、浙江省台州地委等上级领导部门指导下取得的；也是在华东勘测设计研究院、浙江大学、河海大学（原华东水利学院）、原水利电力部

第十二工程局机电安装处、上海染料涂料研究所、上海船舶运输科学研究所和台州电业局、江厦潮汐试验电站等有关单位大力支持和帮助下取得的。

国家“六五”科技攻关项目——“江厦潮汐试验电站科研”所取得的丰硕成果，为我国开发利用海洋能填补了空白，为我国利用新能源开辟了一条新途径。

江厦潮汐试验电站三期工程——6号机组建设，2005年列入国家“863”计划，其主要特点是采用以管型座为主要支撑的双悬臂结构，真正完成了六种运行工况的实践。2007年10月顺利投产发电，为此，承担三期工程的水利部杭州机械设计研究所荣获2010年度大禹水利科学技术一等奖。吴燕民、周争鸣、刘长陆、俞剑锋、程文滔、陈康明、陈立卫、彭善国、吴俊生、陈金林等榜上有名。在攻关过程中陈育清、朱春英、许中强、王玉娟等的辛勤劳动成果，也是值得称道的。

在国家可再生能源发展“十二五”规划中，海洋能已确定为国家战略开发能源。本书简述了海洋能源开发与利用的装置，重点详细总结了江厦潮汐试验电站二期（包含三期）工程中700kW潮汐发电机组，从设计、试验、制造、安装到试运行过程中的艰辛研制历程，还详细记述了灯泡贯流机组发展的最新成果。相信本书的编撰出版对我国开发大型潮汐发电机组将会有所裨益。

全书由胡沛成教授和张信江教授级高级工程师审核，并得到了周争鸣教授级高级工程师和刘长陆、俞剑锋高级工程师以及张鹏程、乐俊峰高级工程师的许多帮助，在此一并谨向他们表示衷心的感谢。

囿于作者水平，书中错误和不足之处在所难免，敬请读者和同行专家批评指正。

作者

2013年11月

于杭州

目 录

序

前言

第 1 章 海洋能源开发与利用概述	1
1.1 概述	1
1.2 潮汐能的开发与利用	5
1.3 潮流能的开发与利用	9
1.4 波浪能的开发与利用	12
1.5 温差能、盐差能的开发与利用	15
第 2 章 江夏电站二期工程潮汐发电机组研制	18
2.1 具有六种运行工况潮汐发电机组的研制	18
2.2 取消活动导叶的试验研究	19
2.3 用于潮汐发电的三叶片水轮机转轮的研究	19
第 3 章 江夏电站二期工程潮汐发电机组水轮机设计	21
3.1 江夏电站基本参数及机组的设计条件	21
3.2 江夏电站二期工程运行工况与单机容量的论证	22
3.3 江夏电站二期工程机组流道的全模拟试验与转轮型号选择	24
3.4 江夏电站二期工程机组总体布置的确定	28
3.5 机组受力分析计算	28
3.6 灯泡贯流机组的有限元分析	31
3.7 水轮机的水力设计及参数	36
3.8 灯泡贯流机组 CFD 分析	46
3.9 江夏电站二期工程水轮机的结构设计	59
3.10 江夏电站二期工程水轮机的油、水、气系统	87
第 4 章 江夏电站二期工程 700kW 潮汐水轮发电机设计	89
4.1 潮汐水轮发电机与常规水轮发电机的不同特点	89
4.2 江夏电站二期工程潮汐水轮发电机的设计特点	92
4.3 江夏电站二期工程水轮发电机的电磁设计	93
4.4 江夏电站二期工程六种运行工况水轮发电机 (SFG700—48/2150) 的基本 参数	98

4.5	江夏电站二期工程水轮发电机的结构设计	99
4.6	灯泡贯流式水轮发电机的通风方式	111
4.7	潮汐发电机的通风冷却设计	115
第5章	江夏电站二期工程潮汐发电机励磁系统	118
5.1	潮汐发电机励磁系统的特点	118
5.2	励磁系统主要环节	119
5.3	制造质量控制	120
5.4	江夏电站三期工程6号机组的励磁装置	121
第6章	潮汐发电机组适用多工况运行的调速器	122
6.1	潮汐发电机组多工况运行调速器的特点	122
6.2	潮汐发电用的调速器与常规双重调节调速器的不同点	123
6.3	江夏电站二期工程JCST—100调速器简介	123
6.4	江夏电站三期工程6号机组调速器	127
第7章	潮汐发电机组防腐防污处理	128
7.1	阴极保护	128
7.2	涂料保护	129
7.3	电解海水防护	131
第8章	江夏电站二期工程潮汐发电机组制造工艺	133
8.1	内、外导环球面加工	133
8.2	内、外导环轴孔同镗工艺	133
8.3	活动导叶加工与轴颈防锈	134
8.4	推力轴承镜面加工	135
8.5	转轮叶片型线测量与肩部加工	137
8.6	转轮体球面加工	138
8.7	各部件厂内组装及试验	139
第9章	江夏电站二期工程潮汐发电机组安装	142
9.1	安装准备工作	142
9.2	座环安装	142
9.3	发电机进人孔盖板框架安装	143
9.4	座环、发电机进人孔框架二期混凝土浇捣	143
9.5	水轮机海侧部分安装	143
9.6	导水机构正式安装	144
9.7	水轮机主轴安装	144
9.8	双向推力轴承安装	145
9.9	发电机转子吊装与联轴	145
9.10	定子套转子及安装	146

9.11	灯泡头安装	146
9.12	尾水管安装与尾水平台二期混凝土浇筑	147
9.13	转轮安装	147
9.14	水封安装	147
9.15	转轮室与控制环安装	147
9.16	接力器安装	147
9.17	受油器安装	148
9.18	双向推力轴承调整	148
9.19	吊装发电机进人孔盖板	148
9.20	轴系调整	148
9.21	辅助设备及管路安装	148
9.22	机组油漆	149
9.23	机组安装程序	149
第 10 章	江夏电站二期工程 700kW 潮汐发电机组试运行	150
10.1	潮汐发电机组试运行	150
10.2	江夏电站三期工程 6 号机组六种工况试运行	157
10.3	潮汐发电机组过渡过程探讨	159
附图		161
附图 1	江夏电站 GZN (F03)—WP—250 水轮机运转特性曲线	161
附图 2	F03 双向运行水轮机模型综合特性曲线	162
附图 3	单向运行 (3 叶片) 水轮机模型综合特性曲线	165
附图 4	双向运行 (3 叶片) 水轮机模型综合特性曲线	165
附图 5	法国郎斯潮汐电站运行 $Q(m^3/s)$ 特性曲线	166
附文	江夏潮汐试验电站 3 号机组鉴定目击记录	168
参考资料		170

第 1 章 海洋能源开发与利用概述

1.1 概述

海洋能是清洁可再生能源,开发和利用海洋能对缓解能源危机和环境污染问题具有重要的意义。海洋能有 3 个特点:一是蕴藏量大,可再生不绝;二是能源分布不均,密度低;三是能量多变,不稳定。

目前,海洋能源中有工业利用价值的首先是潮汐能,其次是潮流能。实际上潮流能也是一种潮汐能,其区别在于潮汐能是利用涨潮、落潮的潮位差即位能来发电;潮流能是利用涨潮、落潮时的流速即动能来发电。

1.1.1 世界最大的四座潮汐电站

世界上潮汐资源丰富的国家都在研究开发潮汐能源,但最成功的例子首推法国朗斯潮汐电站,它装有 24 台、转轮直径为 5.35m、单机容量为 10000kW 的灯泡贯流机组,已于 1967 年底发电。其水轮机转轮可实现正反向发电、正反向泄水和正反向水泵等六种工况运行,年发电量达 5.4 亿 kW·h,已基本解决了潮汐能开发利用的诸多问题。图 1-1 为法国郎斯潮汐电站外景。



图 1-1 法国郎斯潮汐电站外景

其后是苏联于 1968 年在基斯洛海湾修建的装机容量 400kW 的潮汐电站,该电站的特色是厂房采用浮运沉箱法施工的。

1980 年 5 月,中国建成发电的浙江省温岭市江夏潮汐试验电站,总装机容量为 3900kW,设计水头 3m、转轮直径 2.5m、额定转速 125r/min、单机容量 700kW,年发电量为 1070 万 kW·h,能实现正、反向发电、正、反向泄水和正、反向水泵等六种工况运行,是当时世界上第二大潮汐发电站。图 1-2 为中国江夏潮汐试验电站全景。

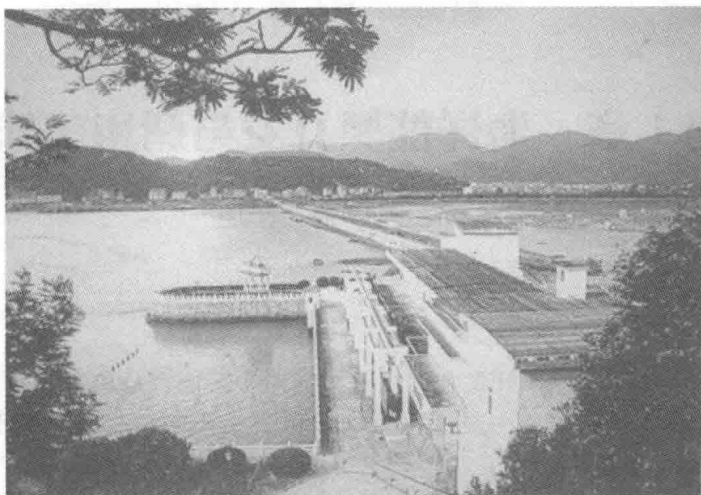


图 1-2 中国江夏潮汐试验电站全景

1984 年 8 月, 加拿大在安纳波利斯 (Annapolis) 海湾建成一台单机容量为 1.78 万 kW、单向发电的全贯流潮汐发电机组, 其转轮直径为 7.6m, 设计水头 5.5m, 额定转速 50rpm, 年发电量 5000 万 kW·h, 为潮汐发电增添了新品种。图 1-3 为加拿大安纳波利斯潮汐电站外景。

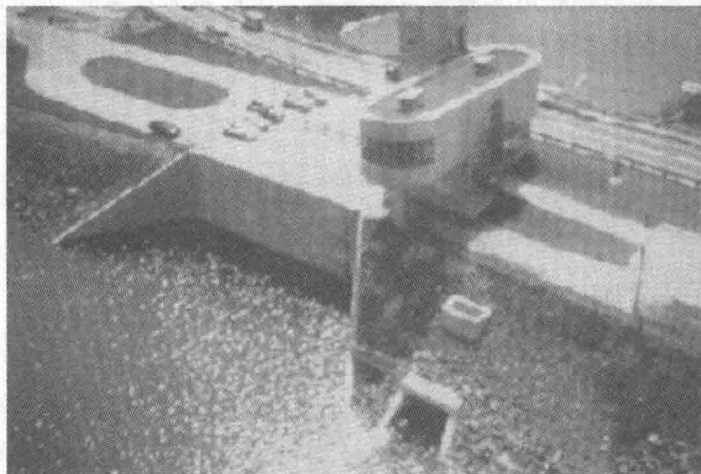


图 1-3 加拿大安纳波利斯潮汐电站外景

2004 年, 韩国开始建设始华 (Sihwa) 潮汐电站, 该电站装有 10 台、转轮直径为 5.85m、单机容量为 25400kW 的机组, 具有单向发电和泄水功能, 已于 2011 年 8 月发电, 总装机容量 25.4 万 kW, 年发电量 5.52 亿 kW·h, 超过法国郎斯潮汐电站 (24 万 kW), 成为当今世界上最大的潮汐发电站。图 1-4 为韩国始华潮汐发电站外景。

2012 年开始, 韩国在加露林 (Garolim) 建设了装机 20 台、单机容量为 25000kW 的潮汐发电站。图 1-5 为韩国加露林海湾。

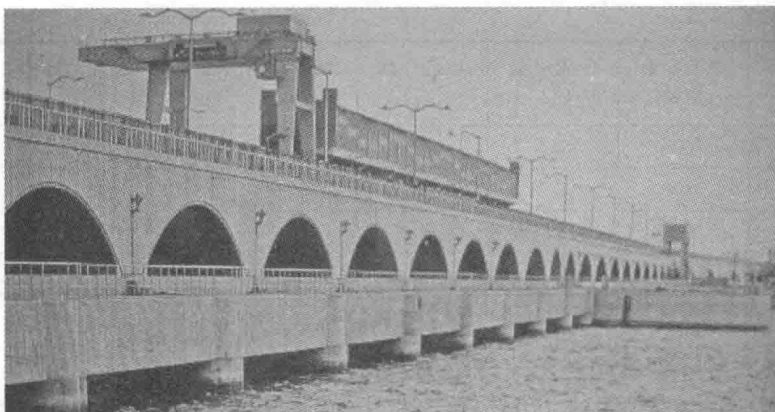


图 1-4 韩国始华潮汐发电站外景

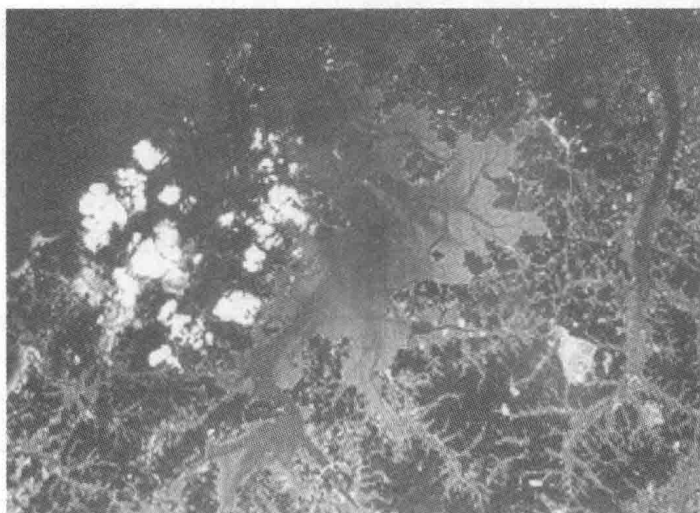


图 1-5 韩国加露林海湾

随着世界能源日益短缺，各国开始把目光转移到开发潮汐能源上。表 1-1 为国外已投运或设计中的潮汐发电站参数。

表 1-1 国外已投运或设计中的潮汐发电站

国 家	装机容量 (MW)	年发电量 (亿 kW·h)	机组台数 (台)	潮差 (m)	水轮机 型式	转轮直径 (m)	状态
法国郎斯	240	5.4	24	8	B 双向	5.35	1967 年投运
加拿大安纳波利斯	20	0.5	1	—	全贯流	7.6	1984 年 8 月投运
韩国始华	254	5.52	10	—	B 单向	5.85	2011 年 8 月投运
韩国加露林	500	120	20	4.6	B 单向	—	1980 年初设
英国默西	620	120	21	6.7	轴流式	8	1992 年初设
印度卡奇	600	160	43	5.2	—	—	

续表

国 家	装机容量 (MW)	年发电量 (亿 kW·h)	机组台数 (台)	潮差 (m)	水轮机 型式	转轮直径 (m)	状态
俄罗斯图古尔	8000	195	—		轴流式	10	1984 年可行性
巴西巴冈加	30	5.5	2	4.1	—	—	—
爱尔兰香农河	318	71.5	30	3.8	—	—	—
美国尼克湾	2220	550	80	7.8	—	—	—

注 B—灯泡贯流式。

1.1.2 中国最大的潮汐发电站——江夏潮汐试验电站

最近普查表明,在我国 18000km 海岸线上和广阔的海洋里,蕴藏着丰富的海洋能源,可开发约 3.23 亿 kW。其中潮汐能可开发约 3850 万 kW,潮流能 1394.82 万 kW,温差能 1.327 亿 kW,盐差能 1.25 亿 kW,波浪能 1285 万 kW。

20 世纪 80 年代居世界第二、目前还是我国最大的潮汐电站——江夏潮汐试验电站,装有 6 台灯泡贯流式潮汐机组 (500kW+600kW+4×700kW),总装机容量为 3900kW。

潮汐能源因不受枯水期和洪水期的影响,不会因建坝造成的淹没损失和人口迁移之害;更不受燃料的开采和运输的牵连,又无环境污染问题的存在;厂房简单,相对投资省,并可结合农田围垦,向大海要田,有利航运和养殖业的发展。表 1-2 为我国已建成的潮汐电站。总装机容量为 8820kW,仅为可开发潮汐能源的 0.023%。

表 1-2 我国已建成的潮汐电站

站名	所在地	利用方式	装机容量 (kW)	年发电量 (MW·h)	年平均潮差 (m)	投产时间 (年,月)
江夏	浙江温岭	单库双向	3900	10700	5.08	1980.5
浏河	江苏太仓	单库双向	150	150	2.07	1976.6
沙山	浙江温岭	单库单向	40	93	5.08	1961
岳浦	浙江象山	单库单向	300	160	3.60	1971.11
海山	浙江玉环	双库连程	150	120	4.91	1975.10
幸福洋	福建平潭	单库单向	1280			1990
白沙口	山东乳山	单库单向	960	1000	2.36	1978.8
果子山	广西钦州	单库单向	40	20	1.50	1977.2
甘竹滩	广东顺德	单库单向	2000	5150	1.27	1975.6

根据潮汐能利用的特点,潮汐机组的研究方向应该是提高单位转速与单位流量,效率不是主要问题,因为潮汐能的水量是无穷的。

我国目前制造的单向发电灯泡贯流机组的水平为转轮直径 7.5m,最低转速 62.5r/min (以使导轴承能形成足够油膜),单机容量 54MW。根据目前资料,表 1-3 为我国拟建单向发电的、大容量潮汐电站的初步参数。

表 1-3 我国拟建单向发电的、大容量潮汐电站的初步参数

序号	电站名称	平均潮差 (m)	装机容量 (MW)	转轮直径 (m)	机组转速 (r/min)	单机容量 (MW)	机组台数 (台)
1	长江北口庙港	3.17	800	6.0	62.5	6.5	123
2	钱塘江乍浦	4.49	4720	7.5	62.5	17.2	274
3	玉环旋门港	4.5	400	7.5	62.5	17.3	23
4	乐清湾红岩山	4.54	500	7.5	62.5	17.5	28
5	象山港狮子口	3.7	140	6.8	62.5	10.6	13
6	三门湾岳井	4.0	78	7.0	62.5	12.6	6
7	三门湾健跳(双向)	4.2	10.4	5.5	71.4	6.5	2
8	破坝港白带门	4.0	200	7.0	62.5	12.6	16
9	福建大官坂	5.02	50	7.5	65.2	20.4	3

由表 1-1~表 1-3 可知,我国与国外潮汐电站水平比较是有较大差距的,如表 1-4 所示。

表 1-4 我国与国外潮汐电站水平比较

分项	电站容量 (MW)	单机容量 (MW)	转轮直径 (m)	运行工况
国外水平	254	25.4	7.6	六种运行工况
国内水平	3.9	0.7	2.5	六种运行工况

1.2 潮汐能的开发与利用

我国潮汐能可开发装机容量 3850 万 kW,年发电量 870 亿 kW·h。其中:辽宁省可开发装机容量 58.6 万 kW,年发电量 16.1 亿 kW·h;上海市可开发装机容量 70.5 万 kW,年发电量 22.8 亿 kW·h;浙江省可开发装机容量 891 万 kW,年发电量约 290 亿 kW·h;福建省可开发装机容量 1032.2 万 kW,年发电量 283.8 亿 kW·h,广东省可开发装机容量 64.9 万 kW,年发电量 17.2 亿 kW·h;广西壮族自治区可开发装机容量 38.7 万 kW,年发电量 10.9 亿 kW·h。

我国早在 1 世纪就对潮汐现象有所研究。11 世纪对潮汐理论的研究已有相当的成就,但对潮汐能的利用仅限于围潮晒盐、引潮灌溉、顺潮行舟等。1958 年才开始兴建小型潮汐发电站。较大的有 1974 年 6 月建成的广东省顺德市的甘竹滩单向发电贯流潮汐电站,一期装机容量 $10 \times 200 \text{ kW}$;另一座是 1978 年 8 月建成的山东省乳山县白沙口单向发电贯流潮汐电站,装机容量 $6 \times 125 \text{ kW}$ 。

1980 年 5 月,江夏潮汐试验电站一期工程投产了两台 ($500 \text{ kW} + 600 \text{ kW}$) 具有正反向发电、正反向泄水等四种运行工况的潮汐发电机组;1984 年 1 月,二期工程投产了三台单机容量 700 kW 、具有正反向发电、正反向泄水和正反向水泵等六种运行工况的潮汐发电机组,2007 年 10 月投产的 6 号机组,实现了正反向水泵工况的运行实践,开创了开发利用潮汐能源的新局面。

潮汐电站开发方式有单库双向、单库单向、双水库发电等方式。

1.2.1 单库双向发电

单库双向发电即利用落潮、涨潮时都发电，其发电时间比单向发电时间长，但发电水头低，水轮机效率较低，运行较复杂。工程投资相应增加，其发电量比单向多15%~20%。

目前，世界上最大的潮汐电站——法国郎斯潮汐电站和我国最大的潮汐电站——江夏潮汐试验电站（总装机容量3900kW）是属于单库双向发电的开发方式。如图1-6、图1-7、图1-8、图1-9所示。

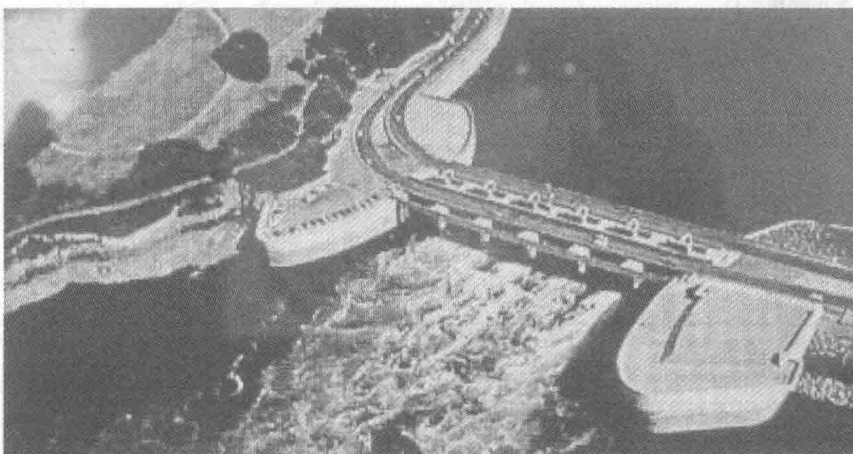


图1-6 法国郎斯潮汐电站全景



图1-7 从海侧看江夏潮汐试验电站厂房

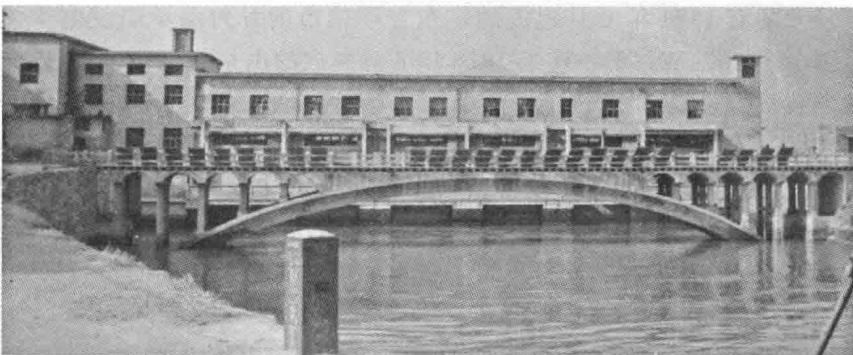


图1-8 从库侧看江夏潮汐试验电站厂房

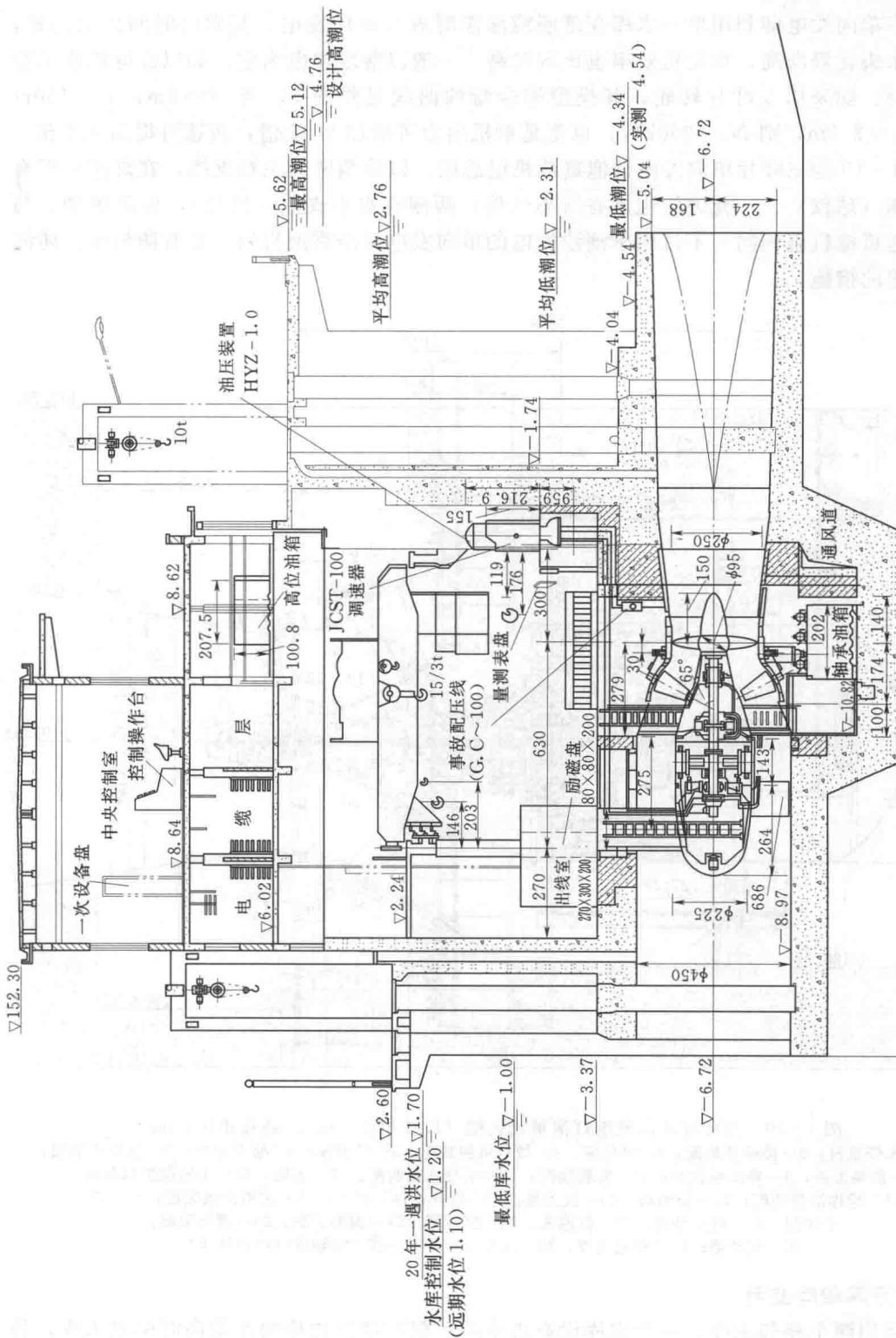


图 1-9 江夏潮汐试验电站厂房剖面图 (尺寸单位: cm; 高程单位: m)