

江夏潮汐试验电站

浙江省电力公司

河海大学出版社

编 审 委 员 会

主任委员 梁绍斌

副主任委员 张国诚 朱水林 周照宗

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

陆凤漾 陈同兴 竺锦源 金曙光

陶克勤 谢国兴

序

摇摇《江厦潮汐试验电站》这本专著经过两年时间的编审终于出版了。这是自1956年缘月源日电站第一台双向灯泡贯流式机组并网发电至今19年来对电站设计、设备研制、材料选择、机组性能及运行维护等情况的全面总结。这本专著的问世既是向国家计委、国家经贸委、国家科委、国家电力公司和浙江省计委、浙江省经贸委、浙江省科委关于浙江江厦潮汐试验电站运行情况的总结和汇报,也是向曾经为电站的设计和建设、设备的研制和安装作出过贡献的单位通报信息,希望通过这本专著能对我国继续开发更大规模的潮汐电站提供经验。

江厦潮汐试验电站1956年由国家计委批准建设,1959年底缘台机组全部投产。由于其装机容量19200千瓦,仅次于法国朗斯电站(24000千瓦)和加拿大安纳波利斯电站(20000千瓦)名列世界第三而备受世界瞩目。欧洲共同体、俄罗斯、韩国等国潮汐能专家曾慕名前来参观访问,他们对我国能早在20世纪50年代就完全依靠自己的力量建成世界第三大潮汐电站而深表钦佩。

江厦潮汐试验电站作为我国潮汐能开发利用的国家级试验项目是十分必要和相当成功的。她为我国建设万千瓦级以上规模的潮汐电站积累了丰富的经验和宝贵的教训,也造就了一批对潮汐能开发利用具有丰富经验的两代人才。第一代人才已经





或正临近退休,正是抓住这个机会,邀请他们回忆、整理、编写、出版了这本专著,相信读者能够从中获得宝贵的启迪。

借此机会,就潮汐能的话题谈几点意见,期望能对加快我国潮汐能的商业化开发有所裨益。

重视潮汐电站巨大的综合经济效益

江夏电站年上网电量缘园多万 噪·澡,接近几年 园缘园元 辮 噪·澡电价计,年售电收入扣除税收后约 园园园 万元。而近几年维护电站安全运行每年需投入 缘园多万元,不足部分,由浙江省电力公司补贴。然而电站的综合经济效益却非同小可。电站建成后为当地乡镇围垦猿远果园(约缘园亩)农田,并提供了 缘园亩 面积的海产品养殖区域。最近调查显示,围垦土地种植水稻、棉花或建果园种植柑桔、文旦的年收入超过 员园园 万元,水库及海涂用来养殖对虾、青蟹、花蚶等海产品,年产值亦在 员缘园 万元以上。可见,潮汐电站对社会能带来巨大的综合经济效益。

重视潮汐能开发的停滞和萎缩

江夏潮汐试验电站第一台机组发电至今已 园园 年了,我国不仅没有建造规模更大的潮汐电站,就连原来运行的潮汐电站的有些机组也已报废停运,有些电站因入不敷出、经营困难而关闭。据 员园园 年我国潮汐能资源普查统计,我国可开发的潮汐电站装机容量为 圆员缘 万 噪,已开发的装机容量共 员员 万 噪,仅占可开发容量的 园园 缘。造成我国潮汐能开发停滞甚至萎缩的主要原因之一是经营亏损,而经营亏损则是由于潮汐电站装机规模远未达到适合商业运行的起始装机规模,更未达

到合理装机规模。因此，要使潮汐能开发进入商业营运阶段，必须注重规模效益。

关注世界潮汐能开发利用新动向

潮汐电站的造价大约为河川电站的 3 倍多，这是制约潮汐能商业性开发的一个重要原因。然而潮汐电站一旦建成，就不像河川电站那样要“靠天吃饭”，不管是丰水年还是枯水年，潮汐能永远取之不尽、用之不竭。法国朗斯电站每年能稳定地提供 10 亿千瓦·时的廉价的电能，其电价比法国电力公司平均电价还低 1/3。它在长达 30 年的运行中，由于成功地采用了阴极保护，使浸泡在海水中的金属设备不仅未被腐蚀，甚至连锈斑、凹痕也没有。技术上的突破和经营上的成功范例，使国外计划建造的潮汐电站装机规模已经达到几百万千瓦到上千万千瓦。例如美国帕萨马廊迪电站将装机 100 万千瓦，英国塞文河口电站计划装机 200 万千瓦，法国蒙对圣密歇电站计划装机 100 万千瓦，原苏联的白海电站计划装机 100 万千瓦。

人类的明天在海洋！海洋为人类提供食物的能力相当于世界上所有耕地的 100 倍。海洋面积占地球面积的 70%，其蕴藏的巨大能量占世界各种能源总和的 70%。

向海洋要能源吧！我们热切盼望我国潮汐能开发的又一个春天。

前 言

摇摇江夏潮汐试验电站 1956 年开始建设,1960 年第一台机组并网发电,1963 年缘台机组全部建成投产,运行至今,是我国坚持发电运行的少数潮汐电站之一。电站建设曾获“六五”国家科技攻关成绩显著表彰奖励和国家科技进步二等奖,其装机容量名列世界第三,作为发生在 1956 年的世纪性大事,载入上世纪末在北京建成的中华世纪坛的青铜甬道铭文中,备受各级领导关注和世界瞩目。

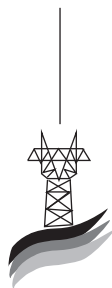
为总结江夏潮汐试验电站在电站设计、设备研制、材料选择、机组性能及运行维护等方面的经验和教训,我们组织编写了《江夏潮汐试验电站》一书。全书共九章,第一章概况由柯友根编写,第二章海工建筑物由陈琳谦编写,第三章双向灯泡式贯流机组由谢佩遵编写,第四章电气设备、第五章防腐与防污由郑娇娥、吴秀生编写,第六章潮位预报与水库调度由金柏青、王正德编写,第七章库区综合利用由颜建华编写,第八章年发电量由柯友根编写,第九章投入与效益由林根梅、张涤轩编写。全书由竺锦源统稿。浙江省电力公司陈积民总经理为本书作序。

河海大学副校长索丽生教授、研究生部主任沈祖诒教授对本书的编写与出版提出了宝贵的意见,在此表示感谢。

本书着重从电站的运行、检修和管理实践等几方面对江夏潮汐试验电站进行总结。由于思考角度的差异和作者水平有限,书中不当之处敬请读者指正。

编者摇摇

1996 年 10 月 摇



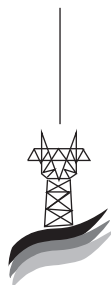
目 录

序

前言

第一章概况.....	员
第一节摇江夏港的自然条件.....	员
第二节摇建设过程.....	源
第三节摇发电运行的主要特点.....	苑
第四节摇主要海工建筑物.....	怨
第五节摇主要机电设备	员
第六节摇投资	员
第七节摇效益	源
第二章海工建筑物	怨
第一节摇大坝	员
第二节摇泄水闸	猿
第三节摇发电厂房	猿
第三章双向灯泡贯流式机组	源
第一节摇机组主要参数	源
第二节摇机组结构	源

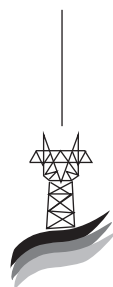
目
录





摇第三节摇机组运行状况	缘
摇第四节摇设备改造	远
摇第五节摇调速器	远
摇第六节摇“ 死网 事故”回顾	远
第四章摇电气设备	苑
摇第一节摇电气设备简介	苑
摇第二节摇电气设备的特殊性	愿
摇第三节摇运行中存在的问题	愿
第五章摇防腐与防污	愿
摇第一节摇防腐防污的基本概念	愿
摇第二节摇防腐防污工作的前期试验	愿
摇第三节摇防腐防污方案的选择	愿
摇第四节摇防腐防污方案的实施	愿
摇第五节摇防腐防污措施的效果	愿
摇第六节摇运行中存在的问题	愿
摇第七节摇防腐防污措施的改进与局部腐蚀面的处理.....	愿
第六章摇潮位预报与水库调度.....	源
摇第一节摇江夏港的潮汐特性.....	源
摇第二节摇潮位预报.....	缘
摇第三节摇水库调度.....	园
第七章摇库区综合利用.....	苑
摇第一节摇库区的自然条件.....	苑

第二节综合利用的效益.....	158
第三节电站在库区的综合利用.....	159
第四节综合利用的经验和教训.....	160
第五节加强综合利用的措施.....	160
第八章年发电量.....	163
第一节实际发电状况分析.....	163
第二节年发电量的计算.....	164
第三节水头损失对年发电量的影响.....	165
第四节产生水头损失的主要原因.....	166
第五节检修停机因素对年发电量值的影响.....	167
第九章投入与效益.....	170
第一节投入.....	170
第二节效益.....	171
第三节经营状况分析.....	172
第四节经营亏损的原因.....	173
结束语.....	174



第一章 概况

我国拥有漫长的海岸线,海岸曲折,港湾众多,潮汐能源非常丰富。据 1982 年普查,我国沿海装机在 1000 千瓦以上的潮汐电站站点有 15 处,可开发装机容量约 1.5 亿千瓦,可开发潮汐能总量约 2.5 亿千瓦·时。我国潮汐能开发的前景十分广阔。

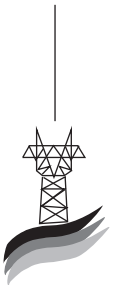
潮汐发电是水力发电的一种形式。从发电原理来说,两者并无根本差别,但潮汐能源与常规水力能源相比,还是有它的许多特殊之处。因此,开发利用潮汐能源也就需要解决一些新问题,探索一些新方法。国家决定兴建江夏潮汐试验电站的主要目的,就是为了开展关于潮汐发电有关课题的研究,为今后我国更大规模地开发潮汐能源积累经验。

江夏电站位于浙江省温岭市西南角的江夏港上,离城约 10 公里(见图 1-1)。电站原设计安装 2 台双向灯泡贯流式机组,单机容量 1000 千瓦,总装机容量 2000 千瓦,后来共安装了 3 台机组,总装机容量扩大为 3000 千瓦(1 台 1000 千瓦,2 台 1000 千瓦)。2 号机坑留待安装其他试验机组。

电站从 1982 年开始建设,1984 年第一台 1000 千瓦机组发电,到 1985 年底 3 台机组全部投产。十几年来,机组与各项设施运行基本正常,到 1993 年底止,累计发电 2.5 亿千瓦·时。

第一节 江夏港的自然条件

建设潮汐电站,必须要有良好的潮汐特性和地形特性。潮



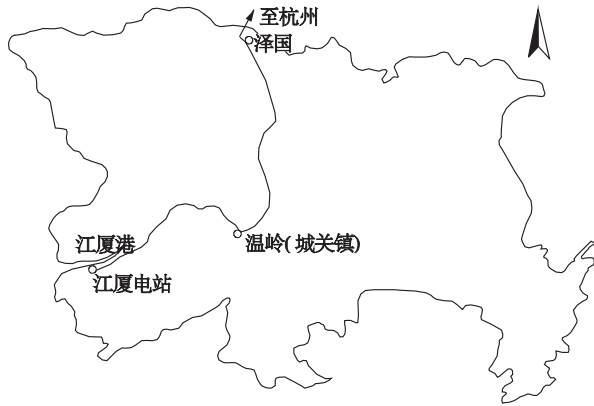


江夏潮汐试验电站

第一章
概况



(鄂)浙江省简图



(鄂)温岭市简图

图 员原摇江夏电站的地理位置

汐特性的主要能量指标是该处海域的平均潮差,平均潮差越大,开发的价值也就越大;地形特性主要表现在该处水域形状与海水入口上,宽阔的水域与狭窄的海水入口,是建设潮汐电站的合适场所,此外还要求坝址处地质条件良好,海水含沙量低,交通便利等。

一、江夏港的潮汐特性

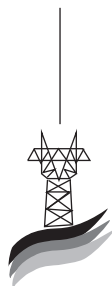
江夏港为非正规半日潮港,海水的每次涨、落周期约 12 小时 40 分。潮位每月作两次周期性变化,最高涨潮潮位和最低落潮潮位出现在每月朔、望后的 1 天内,这时的潮差最大;最小的涨、落潮潮位出现在每月上、下弦后的 1 天内,这时的潮差最小。

据历史调查,江夏港的最高涨潮潮位为 $\nabla 10.85$ 米(黄海高程,下同)*,最低落潮潮位为 $\nabla 1.05$ 米,最大潮差 9.80 米,平均潮差 5.45 米。这样的潮汐特性在我国诸多宜开发的站点中是相当优越的,因此,江夏港的潮汐能是值得开发的。

二、江夏港的地形特性

江夏港系东海乐清湾北端一个狭长的封闭式浅海湾,港长 1.5 公里,其中现大坝坝址以上长约 0.5 公里。相应 $\nabla 10.85$ 米高程的水域面积约 0.5 平方公里,但港湾比较狭窄,在 $\nabla 1.05$ 米高程时,在坝址处过水宽度仅 100 米。这种狭长的带状港湾,对建造潮汐电站并不十分理想,但该海域平均潮差高,海水含沙量少,交通便利,这又是江夏坝址的优越之处。

* 1987 年 8 月 15 日的 12 号强台风过境时,正巧遇到天文大潮,最高潮位 $\nabla 10.85$ 米;1989 年 8 月 15 日受 12 号台风影响,最高潮位 $\nabla 10.85$ 米。





第二节 建设过程

早在 19 世纪 70 年代 ,国际上就已经开始近代潮汐发电的研究和潮汐电站的建设。1876 年 ,法国建成了迄今为止还是世界上最大的朗斯潮汐电站 ,装机容量 2.9 万千瓦 (原 1.7 万千瓦) , 1926 年前苏联建成基斯洛湾潮汐电站 ,装机容量 1.4 万千瓦 (原 1.1 万千瓦) 。我国虽然拥有巨大的潮汐能资源 ,但在潮汐发电方面还比较落后 ,20 世纪 50 年代建成的多座潮汐电站 ,规模小、设备简陋 ,技术上也没有什么创新 ,而且大部分电站投产不久即被迫停运。因此 ,为了今后更大规模地开发潮汐能 ,建立一个规模适中的试验电站进行潮汐发电研究是十分必要的。当时 ,乐清湾地区包括温岭县 ,常规能源缺乏 ,电力供应紧张 ,工业基础薄弱 ,但乐清湾蕴藏的潮汐能源却非常丰富 ,对它加以开发 ,肯定会对本地经济发展起到积极作用 ,所以 ,当时乐清湾地区干部群众积极向有关部门提出在乐清湾建立潮汐电站的建议。1956 年 7 月 ,水利电力部决定由水电部第十二工程局对乐清湾潮汐资源进行详细勘测和潮汐电站选址。十二工程局对包括江夏方案在内的四组开发方案进行了论证 :由于江夏方案规模适中 ,符合试验电站的条件 ;平均潮差大 ,能量指标好 ;又可以利用当地正在兴建的“七一围垦工程”大坝以降低造价等优势 ,最后被选用 ,并于 1956 年 10 月上报当时的省领导机关“浙江省革命委员会”。1956 年 11 月“浙江省革命委员会”生产指挥组向国家科委和水电部上报要求建造江夏潮汐试验电站的报告。1956 年 12 月 15 日 ,国家计委在 (56) 计字第 100 号文件中 ,把江夏电站工程列为“水利电力潮汐电站项目” ,并作为国家重要科研项目。其研究重点包括 :潮汐能特点的研究、潮汐机组的研制、海工建筑物的

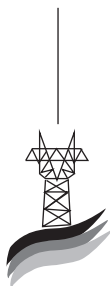
技术问题、综合利用等。至此,江厦电站工程正式立项,成为我国第一座潮汐发电试验电站。

上面提到的“七一围垦工程”是当时温岭县一项较大的民办助的围海造田工程。工程完工后可围垦 1000 亩(约 1000 亩)土地,主要工程量是建坝堵港,把江厦港湾开辟成可耕地。工程于 1958 年 7 月 1 日开工,到 1960 年 6 月,即电站工程指挥部接收时,大坝已完成了土石方 100 万 m³,占总工程量的一半以上,泄水闸(排涝闸)也已建成。在这样的条件下改建成电站,自然需要照顾地方上关于围垦土地的利益,因此,电站的开发方式、枢纽布置等都必须考虑这个因素。

在规划阶段,重点研究了这样几个问题:是单纯发电还是发电与围垦相结合;是单向开发还是双向开发;库内最适合的发电最高控制水位是多少等等。由于有上面所说的原因,经过分析比较,最后确定:电站的开发方式为单库双向,库内最高控制水位为▽10.0m*,同时选定机组型式为双向灯泡贯流式机组,单机容量 1000 kW,机组台数为 2 台,年发电量 1000 万 kW·h。库内可耕种土地 1000 亩(约 1000 亩)。

电站枢纽由大坝、厂房、发电渠道、泄水闸、开关站等组成。大坝是原来“七一围垦工程”的海堤,电站工程指挥部接收后,根据双向发电的要求又重新进行设计。厂房因大坝位置已经确定,所以位置上没有多少选择余地,最后决定布置在左岸山体处。因要进行大量的石方开挖,既增加了工程造价,而且还因发电渠道弯曲,给后来的发电运行带来一些不利影响。电站枢纽

* 工程初期水库水位较低,库区群众自行围堤侵蚀水库面积 1000 亩(约 1000 亩)后经地方政府上报,浙江省电力工业局承认这一既成事实,但水库发电最高控制水位提高到▽10.0m,围堤由地方政府负责加高加固。





布置见图 1-1-1。

电站各项主体工程施工经历了数年时间。大坝在电站工程指挥部接收后又投入土石方 10 万 m³，1958 年 1 月竣工；发电渠道 1958 年 10 月开工，1959 年底竣工，开挖土石方 10 万 m³；发电厂房为河床式挡水建筑物，钢筋混凝土结构，1959 年底基础开挖完毕，1960 年 1 月开始钢筋混凝土施工，1962 年底竣工；同时还完成了泄水闸改建及永久性生活建筑等。

在当时条件下，施工机械化程度很低。工程建设中大量使用原“七一围垦工程”的民工，施工高峰时每天投入劳力 1000 多人。劳动强度很大，生活条件艰苦，民工的补贴十分微薄，但全体施工人员在指挥部的统一领导下，艰苦奋斗，终于完成了电站工程建设任务。

电站安装了两种型号的双向灯泡贯流式机组：带增速器的 1 号、2 号机组和水轮机与发电机直接连接的 3 号、4 号机组。

1 号、2 号机组采用带行星齿轮增速器的结构，把水轮机的低转速（150 转/分）提高到发电机的高转速（750 转/分）。1 号机组的设计水头 10.5 米（正向），额定功率 1000 千瓦，2 号机组的设计水头 10 米（正向），额定功率 1000 千瓦。1960 年 1 月 1 日，1 号机组并网发电。

1960 年开始建设 3 号机组。3 号机组采用水轮机与发电机直接连接方式，机组转速 150 转/分，设计水头 10 米，额定功率 1000 千瓦。该机组于 1960 年 1 月并网发电。

1960 年 1 月，国家科委、水电部、浙江省政府共同确定江夏电站二期工程，即 2 号、3 号、4 号机组的建设为国家“六五”期间科技攻关项目，并于同年 1 月成立了科技攻关领导小组，这样电站的建设步伐明显加快了。2 号机组于 1960 年 10 月 1 日、3 号机

于1985年10月20日、2号机组于1985年10月20日先后并网发电,至此,电站基本建成,“六五”科技攻关任务圆满完成。

1985年1月,浙江省科委和浙江省电力工业局主持召开了“江夏潮汐试验电站成果评审会”。评审意见指出:“在江夏潮汐试验电站的建设中,预定的各项攻关内容均已完成,并取得了显著成果。”“江夏潮汐试验电站在我国属首次建设,在国外也属新兴技术,科研工作复杂,成果丰硕,社会经济效益显著。”电站的建设“取得了成功经验,已为开发大型的潮汐电站积累了大量技术和管理资料。”1985年12月,江夏电站被评为国家“六五”科技攻关先进单位。

从1985年起,电站转入了边发电生产,边科学试验,边改造完善阶段。设备的主要技术经济指标达到或接近设计要求,年发电量稳定在200万kW·h左右。

随着运行时间的增加,电站设备的某些性能有所下降,特别是原来不曾估计到的问题逐渐暴露,如自动装置的可靠性、水轮机空蚀、机组结构上的缺陷等,经过不断的技术改造,这些问题正在逐步解决。

1987年到1989年间,电站开展了安全生产文明生产达标活动,1989年12月通过了浙江省电力公司组织的“双达标”考核验收。

第三节 摇发电运行的主要特点

江夏电站采用单库双向的开发方式,机组可以作正、反两个方向的发电运行,水流从水库流向海洋进行发电是正向发电,从海洋流向水库进行发电是反向发电。机组的运行工况顺序为:正向发电→正向泄水→停机→反向发电→反向泄水→停

