

舟山直流输电 工业性试验工程

资料论文集

HVDC



浙江省电力工业局

ZHOU-SHAN HVDC PROJECT—The First Project Through Self-reliance

舟山直流输电工业性试验工程

江苏工业学院图书馆
藏书章

浙江省电力工业局

编辑组

编辑组成员：郑德明 何 尹 陆连潮 潘久经 王传佑

责任编辑：王传佑

舟山直流输电工业性试验工程

（供内部使用）

●
杭州大学印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本

1990 年 12 月 第一版 124 万字

印数 00001—00800

序

张 国 诚

舟山直流输电工业性试验工程是在国家科委、原水电部和机械部领导支持下组织的国家重点科研攻关项目，是把解决舟山本岛用电和发展我国直流输电技术结合起来的工程。浙江省电力工业局和西安电力机械制造公司分别负责了工程建设和新设备研制，及有关技术的研究。全国有关科研单位和大学参加了技术关键的专题研究。通过近十年的共同努力，在贯彻“独立自主、自力更生”方针的基础上，吸收了国外先进经验，依靠我国自己的力量，研制了23个新产品，攻克了近50项技术难题，设计完成了近3000张施工蓝图，安装使用了我国十九个省市80多个厂家提供的设备，成功地进行了我国第一条高压直流输电线路的系统调试，终于使该工程于1987年12月投入试运行，填补了我国输变电领域中的一个空白。经过两年多完善化工作后，目前该线路已成为舟山的主要电源之一。

这个工程的试验成功，是参加工程建设的全体人员发扬“**独立自主、自力更生**”、“**一切经过试验**”和“**大力协同、合作攻关**”精神的结果。工程的胜利建成，表明我国已经具有自行研制、设计、施工和调试高压直流输电线路的能力，标志着我国输变电技术进入了一个新阶段，为发展我国直流输电技术和缓解舟山电力供应作出了贡献。

在工程建设过程中，参加工程科研、设计、制造、施工、调试和运行的有关同志，为了及时交流经验，加快工程建设和发展直流输电技术，认真进行了总结，撰写和发表了各个方面的科研报

舟山直流输电工业性试验工程

(国家重点科研攻关项目)

鉴 定 意 见

舟山直流输电工程，是我国第一次自行研制设备、设计、施工和调试的工业性试验工程，在国内组织和建设这样一个跨部门、行业，涉及机关、企业、设计、制造、科研、大专院校、安装施工等上百个单位的工程项目，是一项极其复杂的系统工程，能够使这项技术难度大，分项众多，而且资金来源相当困难的工程胜利投运，是我国直流输电领域中的重大突破。该工程的建成填补了我国输变电领域中的空白。在这个项目中，部分项目采用了国际上80年代的先进技术，攻克了国际上作为难题的弱受端直流输电系统稳定运行的问题。

舟山直流输电工程，实现了大陆向舟山的供电，已经发挥了很好的作用，同时也达到了试验基地的目标，达到了国家科委攻关合同的要求。

同意专家组评审意见。

通过舟山直流输电工业性试验工程国家鉴定。

舟山直流输电工业性试验工程

国家鉴定会鉴定委员会委员名单

姓 名	单 位	职 务	职 称
陈德裕	中国电力企业联合会	技术顾问	高工
方松谷	机械电子部		高工
孙如璜	国务院重大办	副局长	高工
叶吉唐	国家科委火炬高技术 产业开发中心	负责人	高工
姚抚城	中电联科技工作部	主任	高工
吴 钟	西电公司	总工	高工
樊祥荣	浙江省电力局	副总工	高工
周孝信	电力科学研究院	总工	高工
周逢锡	电力规划设计院	副处长	高工
周 波	华北电力学院	室主任	教授
贺以燕	沈阳变压器研究所	副所长	高工
李 菊	浙江大学	系主任	副教授
马承厚	中国电力企业联合会	技术咨询	高工
朱景云	许昌继电器研究所	副总工	高工
孙 林	能源部科技司	副处长	高工
李 秦	机械电子部第一装备 司		工程师
欧阳鹤	中国电机工程学会	副秘书长	高工
王焜明	武汉高压研究所	主任工程师	高工
林德涛	机械电子部重大办		工程师
程世伦	西安电力电子技术 研究所	副总工	高工
顾煜麟	南京自动化研究所	副所长	高工
尹其云	能源部调通局	主任工程师	高工
尚金城	西电公司成套所	室主任	高工

舟山直流输电工业性试验工程

(国家重点科研攻关项目)

国家鉴定会专家小组评审意见

舟山直流输电工业性试验工程于1980年12月28日,国家科委和国家计委以计燃字第647号文批准建设以来,经历了7年的努力,于1987年12月8日投入了试运行。经过一年九个月的试运行,证明性能良好,因此于1989年8月31日至9月1日,由国家科委委托能源部和机电部组织评审与鉴定。

舟山直流输电工程一期设计参数为100KV、500A,六脉冲,送电容量5万千瓦,由浙江大陆宁波大碇经12公里海底电缆和42公里架空线送电到舟山本岛鳌头浦。1981年5月以国家科委为甲方,浙江省电力局和西电公司为乙方,水电部和机械部为丙方,签订了科研攻关合同。本项目鉴定会专家组听取了攻关内容的汇报,审阅了鉴定文件,并对舟山直流输电逆变站作了实地考察,专家组认为舟山直流输电工业性试验工程的各项攻关内容均已完成,达到了国家科委攻关合同的原定要求。现提出评审意见如下:

舟山直流输电工程是我国第一次自行研制设备、设计、施工和调试的工业性试验工程,在国内组织和建设这样一个跨部门行业,涉及机关、企业、设计、制造、科研、大专院校、安装施工等上百个单位的工程项目,是一项极其复杂的系统工程,能够使这项技术难度大、分项众多而且资金来源相当困难的工程胜利投运,是我国直流输电领域中的很大突破。该工程的建成填补了我国输变电领域中的空白。这个项目中,部分项目采用了国际上80年代的先进技术,攻克了国际上作为难题的弱受端直流输电系统稳定运行的问题。

一、完成了与国家科委签订的专项合同的各项任务。

1. 实现了大陆向舟山本岛的供电

(1) 舟山工程的建成,实现了大陆向海岛大容量送电和浙江全省的联网运行,可向舟山送电5万千瓦,目前负荷已带到2万千瓦,舟山地区的用电已经离不了直流输电线路。

(2) 直流输电工程投运以来,已经发挥了很好的作用。例如,投入初期,定海电厂一台机组事故检修,直流输电线路立即起动,使舟山地区用电未受影响。又如定海电厂于去年9月全厂全停电检修循环水系统,全靠直流线路保证全市用电,对舟山地区作出了较大的贡献。

2. 已经担负起提供调试和运行经验及测试通讯、无线电干扰的试验现场,以及积累科研数据等任务,并已培养了一支直流输电科研、设计、制造、调试队伍,直接参加过本工程科研、设备研制、设计施工与调试的工程技术人员达280人。

3. 对舟山工程可靠性和经济性的评价:

(1) 本工程试运行第一年的能量利用率为75.25%。国外直流工程一般都存在着设备早期故障率高的事实,因此舟山试运行期间的可用率统计数字,仅仅是用以反映和分析各项设备的运行状况,如果排除掉设备早期暴露的工艺缺陷和个别设计漏洞。其利用率预计可达到90%以上,如果建成双极,那末大陆向舟山供电的可靠性将有更大的提高。

(2) 舟山工程总投资为4582万元,如果扣除科研费、交流变电所的投资,因弱系统而多投资的费用以及设计失误而多付的费用,可使工程总投资降为3572万元,而建设一个同容量交流输变电工程需投资3007万元,故直流工程比交流输电工程方案要多化565万元投资,但是多化了这些钱,所换得的技术上的收获是巨大的。如按本工程实际单位造价来计算,当海缆总长度超过19公里时,直流方案将比交流方案更便宜。

(3) 与国外进口直流设备相比,采用国产设备具有很大的经济效益。例如,舟山直流第一期两个换流站设备的单价为每千瓦200元人民币,第二期工程约为每千瓦400元人民币,而进口同容量直流设备的报价为每千瓦300美元。

(4) 舟山工程一期的换流站损耗较大,主要是由于舟山工程容量小引起的,其次是由于这是一条试验线路,又受投资限制,因此设备参数的选择不完全取决于经济。加上主设备中的元件参数低,数量多,因而总损耗较大。经分析计算,今后上第二期直流时,由于采用高参数元件,改进主设备和换流站的设计,可将两站损耗降低到3%左右。

二、完成了舟山工程全套新设备(23项)的研制任务,其中主要产品有:

1. 晶闸管阀:采用了国际上的先进技术,如水冷却、光电触发、微机检测等,还成功地实现了高电位内部取能和内阻尼等技术;选用了可靠的晶闸管元件,为进一步研制大容量、高电压换流阀积累了经验。

2. 直流输电控制装置:针对本工程对弱系统供电的特点,研究和实施了一系列新技术,如故障后快速恢复措施,对弱受端系统的自动调频等,解决了舟山弱受端直流输电系统运行的难题。在一年半试运行中,控制调节稳定可靠,运行性能良好。

3. 高压直流海底电缆:在国内首次研制了高压直流油浸纸绝缘电力电缆和软接头及现场修理接头,并按国际大电网会议最新标准实施直流海底电缆及附件的电气和机械性能试验,其性能全部达到标准的要求。由于大长度制造电缆护层技术复杂,我国尚未掌握这项技术,故护层绝缘性能未达到合同要求。

4. 专用远动装置:采用了国际上80年代多微机新技术,综合实现了故障数据的采集和直流线路纵差保护电流差值的运算。

5. 其他如直流避雷器、换流变压器、平波电抗器、直流CT和PT、直流继电保护、交流滤波器等,均取得了满意的结果。

三、工程的设计、施工和调试都是成功的。

1. 工程设计:本工程的设计和科研、制造紧密结合,在大量设计计算和科研工作的基础上,根据了舟山实际情况,全面确定了各项新设备的参数,作出符合国情和保证正常运行的设计,经过试运行,证明设计的一些主要原则是正确的,其中如:

(1) 正确选择了调相机和设计了桥阀控制系统,提高了舟山弱系统运行的稳定

性,正确完成了各项直流新设备之间的接口配合。

(2)研究并采用最小投资法选择交流滤波电容器的标称电压,使交流滤波器经济合理,滤波器接线灵活,运行方便。

(3)针对本工程直流线路短的特点,采用金属导体作为回归线,减少了工程建设的复杂性,并节约了投资。

(4)由于正确选择了海缆路径,使海缆每段长度减小,海床条件较好,从而解决了电缆敷设中种种难题,既节约了大量投资,又有利于海缆的完全运行。同时根据路径的实际情况,采用国内首创的单、双铠混合结构海缆,提高了海缆在基岩局部裸露地段的磨损寿命。

2. 工程施工:

工程施工中攻克了一些特殊的施工技术,例如:海缆的敷设和桥阔的现场安装等。通过本工程的建设,全面掌握了海底电力电缆的设计和施工技术,为我国海岛采用大长度交直流海底电缆输电建设,积累了十分宝贵的经验。

3. 工程调试:

工程调试是成功的,完成了原定的各项调试内容,取得了许多有价值的数据和现场经验,发现了不少的问题,如二次回路强电干扰和直流线路谐振等,并会同有关单位处理解决。

四、建议:

1. 专家组郑重建议积极筹建舟山直流第二期工程,以进一步满足舟山地区用电的需要,靠大陆向舟山岛送电可以节省原煤,仅节约原煤这一项,每年可节约500万元运行费用,还可克服舟山缺水的困难。建设直流二期,还有利于提高直流输电系统的可靠性,充分利用已培养出来的直流输电队伍和技术改造设施,有利于发展大直流抽水蓄能和静止补偿等技术并可把舟山直流工程建成为具有双极试验功能的直流试验基地。

2. 建议有关方面尽快补做专用运动装置,故障采集装置和直流线路纵差保护的鉴定。

3. 建议在舟山地区负荷超过5万千瓦的时候,安排一次满负荷试验。

4. 建议在适当的时候,安排补做故障试验。

5. 建议在有条件的时候,应改进现有冷却水系统,以减小损耗。

6. 建议有关单位加强运行管理,提高运行维修水平,注意积累运行数据和经验,以提高舟山直流输电系统的可靠性和发挥工业性试验的作用。

舟山直流输电工业性试验工程国家 鉴定会专家小组成员名单

姓 名	单 位	职 务	职 称
陈德裕	中国电力企业联合会	技术顾问	高工
方松谷	机械电子部		高工
周孝信	电力科学研究院	总工	高工
周逢锡	电力规划设计院	副处长	高工
许大中	浙江大学		教授
周 波	华北电力学院	室主任	教授
贺以燕	沈阳变压器研究所	副所长	高工
王焜明	武汉高压研究所	主任工程师	高工
马承厚	中国电力企业联合会	技术咨询	高工
程世伦	西安电力电子技术 研究所	副总工	高工
尚金城	西电公司成套所	室主任	高工

目 录

序	张国诚 (1)
舟山直流输电工业性试验工程(国家重点科研攻关项目)鉴定意见	(3)
舟山直流输电工业性试验工程国家鉴定会鉴定委员会委员名单	(4)
舟山直流输电工业性试验工程(国家重点科研攻关项目)国家鉴定会专家小组评审意见	(5)
舟山直流输电工业性试验工程国家鉴定会专家小组成员名单	(8)

第一部份 总 体

舟山直流输电工业性试验工程的设计概况与总结	郑德明 (1)
舟山直流输电工业性试验工程建设的组建与部署	何尹 李铃海 (31)
舟山直流输电工业性试验工程科研总报告	郑德明 (36)
舟山直流输电工业性试验工程主要技术经济指标及效益分析	李铃海 何尹 (47)

第二部份 交直流系统运行技术的研究

交流滤波电容对联于弱系统的换流器换相过程的影响 ——谢海波根据浙江大学、华北电力学院、电科院的科研报告摘编	(61)
舟山交直流输电系统运行技术试验分析总结报告	赵皖君 张冬生等 (67)
舟山直流输电正常运行方式的研究	赵皖君等 (80)
舟山直流输电系统故障运行方式的试验研究	白济民 邢俊杰 张春江等 (96)
舟山直流输电系统故障时,受端系统稳定性措施的试验研究	伍绍云 杜在贵等 (115)
直流输电控制系统试验研究的综合技术报告	浙江大学等 (123)
舟山直流输电受端系统频率的控制	吴国炎 (135)
舟山直流输电系统故障与非正常运行试验研究	赵礼生 (143)
直流输电单桥换流器的数字仿真	何富发 王铭诚 王铁国 (155)
直流输电系统的动态数字模拟	陈佐沂 潘久经 (161)
舟山直流输电系统的控制及其运行方式	王传佑 (166)
高压直流输电定功率因数控制	胡良珍 (171)
直流输电系统各种调频运行方式稳态运行工况的分析讨论	鲍敏铎 (181)

第三部份 换流站工程设计研究

舟山直流输电工业性试验工程技术设计说明书	浙江省电力设计院 (187)
舟山直流输电系统的绝缘配合	潘梦华 (207)

舟山直流工程部份主设备技术参数的选择	鲍敏铎 (221)
舟山直流工程直流避雷器的选择	潘梦华 (229)
舟山直流工程交流滤波器的操作过电压及其保护	杨敏英 (237)
舟山直流输电控制系统的设计准则和系统结构	王传佑 (249)
舟山直流工程滤波装置的设计方法	鲍敏铎 (257)
舟山直流工程二次线设计介绍	经贯中 (261)
舟山直流工程的直流侧继电保护装置	王传佑 (266)
舟山直流工程交流滤波器继电保护	王慧君 (273)
舟山直流工程控制系统的抗干扰	王传佑 (277)
谐波对电气测量仪表的影响	陈俊华等 (285)
舟山直流工程30兆乏调相机准同期并网及主要设备的选择	唐永寿 (291)
舟山直流工程30兆乏调相机的异步同步化起动和并网	经贯中 (297)
舟山直流工程使用的调相机励磁系统选型研究	电力科学研究院系统所 (305)
特高频通讯在舟山直流工程中的应用	王怀锡 (315)
舟山直流工程损耗测算方法的探讨和分析	鲍敏铎 (326)
换流站涌流(防雷)保护和直流电缆防雷保护方式的研究	乔成枢 (337)

第四部份 直流线路设计研究

舟山直流海底电力电缆工程科研总结	陆连潮 郑德明 (347)
舟山直流工程海缆路由调查	向正才等 (369)
±100千伏海底直流电力电缆的研制	刘大中 王佩龙 (379)
舟山直流工程直流架空输电线设计说明书	陈舜耕 (383)
舟山直流工程绝缘子污闪特性及选型报告	于青 宿志一 (389)
绝缘子串直流放电特性及积污特性	林淑子 (397)
舟山100千伏直流输电线路杆塔绝缘试验	易辉 (407)
舟山直流输电线路的频率特性及谐波	胡文堂 (411)
舟山直流输电线路对通信线路影响的研究	庞建智 (420)
舟山直流输电线路的通信干扰	谢海波 (425)

第五部份 舟山直流工程新设备

舟山直流工程成套新设备研制总结	李毅达 韩国忠 (433)
换流阀	
KGGS-100/500型晶闸管阀主电路设计计算	金子康 (442)
KGGS-100/500型晶闸管阀的二次系统	张业广 胡绍农 马振军 陈启云 (451)
KGGS-100/500型晶闸管阀晶闸管故障监视装置	魏绍旭 (459)
直流输电水冷换流阀在直流高压下的腐蚀	林淑子 黄希圣 (464)
晶闸管阀的绝缘问题及解决措施	鲍敏铎 (471)
换流阀用KP-500A晶闸管元件热性能分析	潘梦华 (492)

平波电抗器、换流变压器、交流滤波器

平波电抗器设计	方治强 (502)
换流变压器设计	屠惠英 (505)
交流滤波电容器	江正平 (510)
舟山工程换流阀、换流变压器、平波电抗器、交流滤波电抗器、 电容器及电阻器的技术特性和参数汇总	鲍敏铎摘编 (515)

避雷器

直流磁吹阀式避雷器灭弧原理的研究	郑成文 (525)
------------------	-----------

测量设备

直流电流互感器	李贵生 (533)
直流电压互感器	孙建文 (538)
舟山直流工程用WXF-1型微电脑谐波分析仪	肖湘宁 (547)
电子式直流电度表	哈尔滨自动化仪器仪表六厂 (550)

控制装置

ZSK-1型控制调节装置	邬奋之 (555)
舟山直流工程控制方式的研究	吴国炎 (562)
控制系统起停程序控制环节的研究设计	王传佑 (571)

继电保护、远动、不停电电源

舟山直流工程直流侧继电保护装置及研制中若干问题	陆鸿声 汤立 (581)
高压直流输电换流桥差动保护的试验研究	王传佑 (584)
直流线路保护装置的探讨	潘久经 高德庆 (592)
直流输电远动技术说明书	张甲社 裘俊 张鹏寿 (595)
不停电电源装置	汪克智 马琼芬 林本通 (606)

第六部份 施 工

直流海缆施工技术总结	陆连潮 (615)
晶闸管阀施工总结	宓炳康 (620)
舟山工程中大件、重件设备的运输总结	潘梦华 (626)
舟山直流输电工业性试验工程新设备安装验收规范	浙江省电力局直流工程处 (633)

第七部份 调 试

实验室试验

舟山直流输电系统动态模拟	浙江大学电力系统及其自动化教研室等 (639)
ZSK-1型直流输电数控装置动模试验	浙江大学等 (644)
KGGS-500A/100KV晶闸管阀的高电压试验技术	刘景顺 (655)
舟山直流输电系统直流继电保护动模试验及其分析	赵礼生 (659)
舟山直流工程换流阀和控制装置等“205”试验站联调试验	宓炳康 (666)

单设备试验

- 高压直流输电设备绝缘介质的特殊试验要求..... 鲍敏铎 (670)
- KGGS-100/500型晶闸管阀试验..... 寇炳康 (675)
- 舟山直流工程晶闸管阀现场耐压试验技术..... 吴明祥 (680)
- 舟山直流工程高压设备交接试验结果汇总..... 许玉丽 鲍敏铎 (683)

子系统调试

- 换流阀与控制装置的低参数现场试验..... 秦文钝 陈向东等 (691)
- 交流滤波装置的现场调谐..... 李 电 (697)
- 滤波装置调谐方法的研究..... 鲍敏铎 (700)
- 舟山直流工程直流输电保护的系统调试..... 方明明等 (706)

系统调试

- 舟山直流工程整流站单侧调试..... 竺士章摘编 (713)
- 舟山直流工程逆变站单侧调试..... 范瑞逢 (722)
- 舟山直流工程两端系统联调试验..... 范瑞逢 罗松铨 (733)

其他

- 舟山直流输电系统无线电干扰测量研究..... 邱 雄 (767)
- 舟山直流输电系统局部谐振及消除措施的研究..... 鲍敏铎 (771)
- 舟山直流输电系统小模拟装置简介..... 竺士章 (777)
- 舟山直流工程不停电电源改进..... 竺士章 (778)

第八部份 运 行

- 舟山直流工程一年试运行报告..... 潘久经 (785)
- 舟山直流工程运行小结..... 顾梦佐 俞学海 韩国华 李炯耀 (790)
- 舟山直流输电控制系统的投运和试运行..... 王传佑 (796)

第九部份 国外考察学习

- 对西欧六国直流输电考察的报告..... 郑德明 (801)
- 访日考察直流输电报告..... 郑德明 鲍敏铎 尹克宁 (814)
- 赴瑞典学习高压直流输电技术的综合报告..... 王传佑 (826)

第十部份 附 录

- 舟山直流工程工作进程纪要..... 陆连潮 郑德明 (837)
- 工程主要文件..... (845)
- 工程电气主接线图..... (867)

第一部分 总体

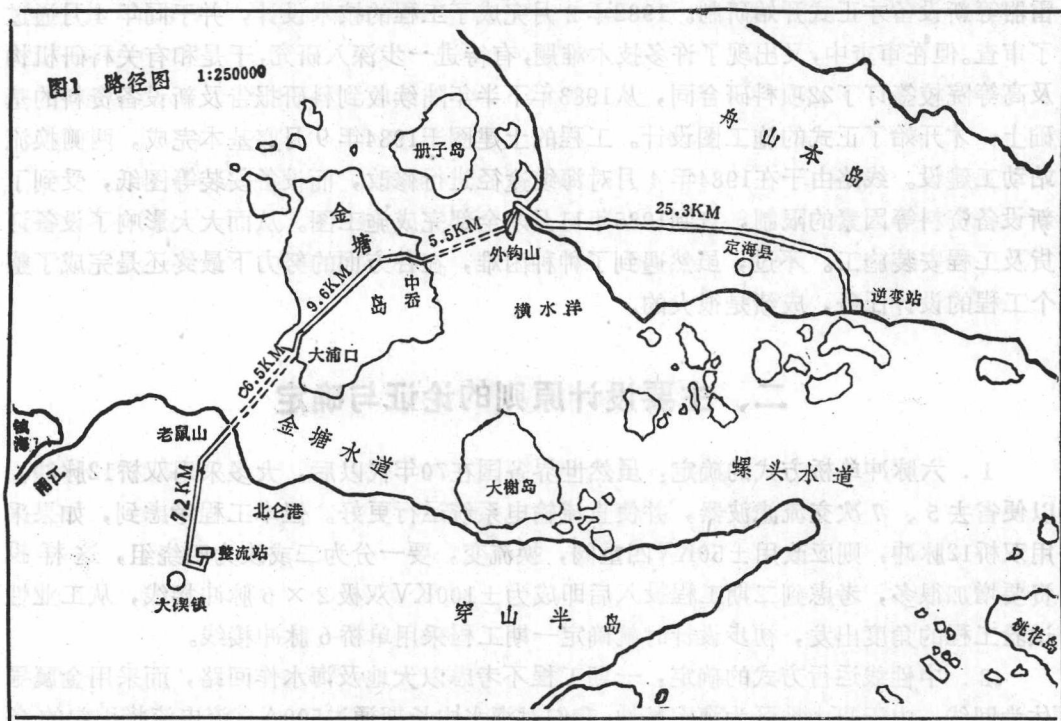
舟山直流输电工业性试验工程 的设计概况与总结

浙江省电力局 郑德明

一、前 言

1. 工程规模: 舟山直流输电工业性试验工程的建设规模, 根据国家计委、国家科委1980计燃字第647号文, 为直流100KV, 500A, 5万瓩。最终容量为 ± 100 KV, 500A, 10万瓩。先上第一期工程, 留有扩建二期工程的可能。全部新设备由机械部委托西安电力机械制造公司承担研制, 工程建设由水电部委托浙江省电力局负责承担。

输送距离最终确定为: 直流架空线42.1公里, 海底电缆12公里, 共54.1公里。由浙江省宁波市大碇镇的整流站向舟山本岛定海县鳌头浦的逆变站供电。其路径见图1。



2. 建设目的: 由于舟山地区工农渔业发展迅速, 又是我国的东海前哨, 国防要塞, 电力供应一直比较紧张, 为此, 我省提出将舟山地区电网与华东电网相连, 以解决舟山用电问题。水电部与国家科委则从发展我国直流输电事业着眼, 同意增加科研经费, 把舟山交流连网工程改为直流连网, 并作为国家重点科研攻关工程。因此, 我局与国家科委签订的专项合同中, 明确指出了本工程的建设目的: “工程建成后, 除了可向舟山地区供电以外, 同时将成为一个直流输电的试验基地。它将担负起:

- 1) 为新的直流输电工程提供调试、运行的经验并为新工程积累数据。
- 2) 为直流输电新产品提供现场试验条件。
- 3) 为今后新直流输电工程提供通讯和无线电干扰等测试的关键数据。
- 4) 技术储备, 并培训直流输电专业人材。

为此, 国家科委为本工程提供了1000万元资金, 作为科研与建立试验性工程的资助。

3. 设计工作的安排: 由于本工程主要是属科研性的, 是为了填补技术空白。因此给工程设计带来了巨大困难, 首先是缺乏懂行的人材, 其次是缺乏起码的参考资料。所以本工程自始至终是边科研、边研制、边学习、边设计。工程中的常规部分及直流架空线设计主要由浙江省电力设计院承担; 而属于直流部分以及其他非常规的交流部分如滤波器, 则由我局直流输电工程处承担; 所外通讯、远动由省局中调所承担。

基于以上原因, 整个工程设计的周期非常长。1977年根据上级的要求, 完成了一个非常粗浅的初步设计, 主要是初步确定两侧所址, 线路路径, 从而框算了投资, 于1977年9月通过了审查。但由于资金及对海缆路径上的争议, 工程计划任务书直到1980年12月才正式批复。1981年我局与西电公司签订了新产品研制合同, 阀、换流变压器及直流避雷器等新设备才正式开始研制。1982年2月完成了工程的技术设计, 并于同年4月通过了审查。但在审查中, 又出现了许多技术难题, 有待进一步深入研究, 于是和有关科研机构及高等院校签订了22项科研合同, 从1983年下半年陆续收到科研报告及新设备资料的基础上, 才开始了正式的施工图设计。工程的土建图于1984年9月底基本完成, 两侧换流站动工建设。线路由于在1984年4月对海缆途径进行修改, 而设备安装等图纸, 受到了新设备资料等因素的限制, 直到1985年11月才全部完成施工图。从而大大影响了设备订货及工程安装施工。不过, 虽然遇到了种种困难, 在各方面的努力下最终还是完成了整个工程的设计任务, 成绩是很大的。

二、主要设计原则的论证与确定

1. 六脉冲单桥方式的确定: 虽然世界各国在70年代以后, 大多采用双桥12脉冲, 以便省去5、7次交流滤波器, 并使直流输电系统运行更好。但本工程考虑到, 如果采用双桥12脉冲, 则应改用 $\pm 50\text{KV}$ 四重阀, 换流变, 要一分为二或改为四绕组, 这样投资要增加很多, 考虑到二期工程投入后即成为 $\pm 100\text{KV}$ 双极 2×6 脉冲接线, 从工业性试验工程的角度出发, 初步设计时就确定一期工程采用单桥6脉冲接线。

2. 中性线运行方式的确定: 一期工程不考虑以大地及海水作回路, 而采用金属导体为回线。由于舟山地区为海军基地, 我们对海水中长期通过500A直流电流将引起的各