

• 科学技术史 •

海陆空一体化视域下中国第一代航天远洋测量船的研制

Development of China's First-Generation Aerospace Oceanographic Survey Ships Under the Perspective of Integrated Ocean-Land-Air

郭昭昭 /GUO Zhaozhao 李嘉雯 /LI Jiawen

(江苏科技大学科学技术史研究所, 江苏镇江, 212003)

(Institute of History of Science and Technology, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu, 212003)

摘要: 中国第一代航天远洋测量船“远望1号”和“远望2号”的研制是在“两弹一星”工程开展到中期提出的, 从论证、设计、制造到下水有一个较长的过程。比起常规万吨级远洋轮船, “远望”号对船舶的耐波性、稳定性以及操纵性有更高的性能要求, 因为其在航行过程中即使遇到海上风浪也要保证科研设备正常运行并保证测控精度。1980年, “东风五号”洲际导弹发射成功, “远望”号两艘测量船以其卓越的航行性能, 与酒泉卫星发射中心以及海上测量船编队协同配合, 出色完成了战略使命。

关键词: 远望号 导弹 测量

Abstract: The development of China's first-generation aerospace oceanographic survey ships, the Yuanwang-1 and Yuanwang-2, was proposed during the mid-term of the “Two Bombs and One Satellite” project. The process from demonstration, design, manufacturing to launch was quite lengthy. In comparison to conventional ten-thousand-ton ocean-going vessels, the Yuanwang ships have higher performance requirements for ship's wave resistance, stability, and maneuverability, as they need to ensure normal operation of scientific research equipment and control accuracy even when encountering sea winds and waves. In 1980, the successful launch of the Dongfeng-5 intercontinental missile was accompanied by the excellent performance of the Yuanwang ships in navigation, coordination with the missile launch command center, and formation of the oceanographic survey fleet, which successfully completed strategic missions.

Key Words: Yuanwang Ships; Missile; Survey

中图分类号: V191; U674.82 文献标识码: A DOI: 10.15994/j.1000-0763.2024.12.007

新中国成立初期, 在复杂严峻的形势下, 党中央做出发展尖端国防科技、研制“两弹一星”的战略决策, 随后以举国体制部署落实。1960年11月, 我国第一枚弹道导弹“东风一号”

发射成功。分管国防工业的聂荣臻副总理提出要“突破从仿制到独立设计这一关”,^[1] 中近程导弹“东风二号”的研制在此基础上起步, 但于1962年3月发射时偏离了轨道。科研团队

基金项目: 2022年江苏省研究生科研创新计划项目“新中国成立以来中国共产党领导科技体制建设的历史及经验研究”(项目编号: KYCX22-3733)。

收稿日期: 2023年12月27日

作者简介: 郭昭昭(1982-)男, 安徽合肥人, 江苏科技大学科学技术史研究所研究员, 研究方向为船舶科技史。Email: 9747100@qq.com

李嘉雯(1998-)女, 江苏泰州人, 江苏科技大学科学技术史研究所硕士研究生, 研究方向为船舶科技史。Email: 1137120636@qq.com

在对故障分析整改之后,于1964年6月再次发射并取得了成功。同年10月,新中国研制的第一颗原子弹爆炸成功。有了核弹头,更需要“有洲际导弹作运载工具”^[2]将其投射到指定区域,方能形成战略威慑力量。1965年初,第七机械工业部组织编制了《1965年至1972年地地导弹发展规划》(“八年四弹”规划),制定了研制“东风二号甲中近程导弹、东风三号中程导弹、东风四号中远程导弹和东风五号洲际导弹”^[3]的时间路线图。考虑到我们的国土东西南北纵横最多只有5500公里,满足不了洲际导弹全程飞行试验的距离需求,科研人员遂将视线投向太平洋方向。在此背景下,建立以航天远洋测量船为中心的船队计划也就提上了日程,这对新中国万吨级船舶设计制造提出了更高的要求。在对设计方案和关键技术论证过程中,专家团队也对船名进行了讨论,最终将其命名为“远望”号。

一、“远望”号的研制过程

“远望”号属于尖端国防技术的研制范畴,该项工程始于20世纪60年代中期,与同时期多项海陆空军事技术的发展密切关联。1967年7月18日,国防科委正式决定研制航天远洋测量船及配套船只,标志着工程正式启动,按照当时军工惯例将此项工作命名为“七一八工程”。放眼“‘两弹为主,导弹第一’的国防科技工作方针”,^[4]“七一八工程”的首要任务是服务“东风五号”洲际导弹的全程飞行试验。洲际导弹研制计划虽起步于20世纪60年代中期,但受主客观条件的影响制约,方案一再调整,邓小平同志的复出推动了此项工作的落地。1977年9月,中央批准了前期经过论证的新的战略导弹和航天技术发展规划,确定80年代前期要完成“洲际导弹全程飞行试验、潜地导弹水下发射试验、地球同步通信卫星发射试验这三项任务(简称‘三抓’任务)”。^[5]由于“三抓”任务的落实难以全部通过陆地无线电获取试验的高精度数据,内陆疆土的广度也不能满足“三抓”任务的试验需求,因此,必须选择

海上跟踪测控。基于此,制造航天远洋测量船成为落实“三抓”任务的先决条件。放眼工程推进,可见“远望”号研制经过了三个阶段:

1. “三抓”任务部署前

“三抓”任务部署前,“远望”号研制的主要工作是方案论证、方案审议、图纸绘制与下厂制造。1965年,“八年四弹”规划出台后不久,国防科委就组织中国科学院等相关部门,对远洋测量船的研制做出初步规划,并提出研制“南极考察与核试验船——代号640,洲际导弹观测船——代号641,人造卫星跟踪船——代号642”(〔6〕,p.4)的构想。关于“远望”号研制的方案论证就是基于对上述三类船型的论证展开的。1966年10月,根据国防科委指示,第七研究院组织七〇八研究所、中国科学院等部门的技术人员,集中进行“三船”可行性论证。1967年7月18日,国防科委研究决定将“洲际导弹观测船”和“人造卫星跟踪船”合并为远洋靶场综合测量船且同一船型造两艘,同时决定暂停研制南极考察与核试验船。同年9月,国防科委决定船舶研制以第七研究院的七〇八研究所为主,并成立“六四”工作组,任命陶子杰为组长,许学彦为副组长。不久,国防科委廿基地从机关和主攻测量设备的研究所抽调了88人组成工作队,与“六四”工作组合作攻关。

此后,国防科委、第七研究院、七〇八研究所、“六四”工作组举行了多个层面的方案论证。1968年2月,在国防科委召集的论证会上,通过了船体和远洋测控系统的设计原则和设计框架,后报中央获得了批准。在此基础上,启动了船体设计方案的编制。1970年12月,周恩来总理主持召开了中央专委会,肯定了主测量船的总体设计方案,且提出要明确任务分工、经费、进度、生产单位责任制等重大问题。也就是在这次会上,与会同志经过讨论,将船命名为“远望”号。

船体设计方案定下后,远洋测控系统设计方案编制也就提上了日程。此项工作关乎海洋网、陆地网和空中网的三网对接,技术含量高,因此编制的周期也较长。工作开展过程中,周希汉、钱学森等同志多次参与讨论,反

复论证后方才报送中央。1974年8月,中央主持召开了“远望”号测控系统总体方案审查会,确定了远洋测控系统的构造。1974年10月,“七一八工程”领导工作组召开了“远望”号总体设计方案审查会,会上讨论并明确了“远望”号战术技术任务书和主要配套设备清单。

有关“远望”号的方案设计和方案审议持续了近八年,后经过专家团队的努力,1976年初,“远望”号完成了施工图纸的绘制。同年9月,“远望1号”“远望2号”投料开工,次年2月和3月先后上船台。经过一年多的建造,1977年8月31日,“远望1号”下水,同年10月30日“远望2号”也顺利下水。

2. “三抓”任务启动后

“远望”号是一个大科学装置,船体下水只是研制的第一步。“三抓”任务启动后,“远望”号研制工作继续向前推进,主要任务是特种设备的安装与调试。这段时间,“东风五号”洲际导弹的研制也在加速推进,国防科委按照战略核武器与航天技术发展的总体要求,于1976年12月决定将各类专项工作的领导指挥权收回,以提高工作效率。由于要对接“三抓”任务的目标,“远望”号下水后,研制工程进度比起上一阶段更为紧密锣鼓。担任过二十三基地司令员的王立春,后在“正确地预断,扎实地工作——记‘远望’号航天测量船的诞生与发展”一文中,尤其提及了当时出现的“弹等船、船等设备”([6],p.98)的局面。在此背景下,“三抓”任务启动后的第一时间,国防科委张爱萍主任、钱学森副主任就在上海主持召开了航天远洋测量船研制工作协调会,提出在1979年底,测量船队要做好保障洲际导弹全程飞行试验的一切准备。按照这一时间进度要求,需要尽快完成设备安装与调试。

为了推进工程进度,国防科委组建了一支由测量通讯总体所、江南造船厂、七〇八所、海军驻江南造船厂军代表室等单位组成的协调组,主要负责测控系统设备装船与现场技术协调等工作。在各方协同努力下,设备的安装与调试工作加快进行。要求非常严格,各项工作必须做到精益求精。特种设备安装后,还需

进行全面复查和系泊试验。1978年7月,“远望”号进行了倾斜试验,试验的主要指标达到了设计要求,尤其是“排水量重心坐标值、自摇周期和理论计算完全符合设计指标”。^[7]倾斜试验后,专家团队又对设备进行了全面调试,1978年12月25日和31日,“远望1号”和“远望2号”先后出海试航。

3. “三抓”任务攻坚阶段

“远望”号出海试航,旨在做好保障洲际导弹全程飞行试验的最后准备。出海试航需要一个完整的时间段,宏观而言包括干扰试验、坞内标校以及近海演练三个方面。一是进行干扰试验以检验信号的准确性。实船试验过程中,发现用于接收火箭状态数据的三种雷达定向天线的信号是稳定的,超短波接收机的接收和发射工作也是正常的。但也发现用于进行信号频率发射的通讯发射机在工作过程中,常受到严重的干扰;当通讯发射机全部开机时,彼此间也存在互相干扰的现象。症结出在哪里?经过多次试验,方才找到干扰能量的来源,那就是谐波、二次辐射以及无线电。为解决三大干扰,研制团队提出了采用“大发射功率”([6],p.33)的解决方案。二是进行坞内标校以提高测量精度。实船试验过程中也要定期回到坞内进行标校,“远望”号第一次进坞标校共计16天,主要目的是对已装船的相关设备进行水平、方位取齐以及进行零位调整测定。通过全船光学、机械标校,取得了完整的坞内标校数据,证实了大地测量基准点与方位标设定的可行性。“远望”号第二次进坞标校共计一个月,主要目的是标定激光电影经纬仪、天文经纬仪、变形测量系统。两次坞内标校,均达到了预期目标。三是进行近海演练以优化测控流程。1980年3月,测量船队在青岛外海展开23天近海演练,旨在让参试人员熟悉测控流程、明确测控程序。原定方案经过近海演练,全体参练同志熟悉了海上测控组织方案、协同指挥流程以及测量设备捕获跟踪目标的方法。

在海陆空一体化的视域下,“远望”号研制有着清晰的时间脉络,在“三抓”任务部署前、启动后与攻坚阶段都对应着具体任务。“远

望”号的研制,始终秉承着“把科学技术业务相近的单位组织起来”^[8]的原则,既推动了中国尖端国防科技的向前发展,也标志着新中国万吨级特种船舶研制技术取得了突破。

二、“远望”号相对于万吨级船舶的技术突破

船舶航行性能是大型船舶设计制造始终要考虑的因素,这也是理解“远望”号造船技术突破的重要切入点。总体而言包括六大性能,即船舶在装载负重情况下能正常漂浮的浮性、船舶受巨浪冲击具有缓和摇摆的耐波性、船舶在操控下能保持或改变航向的操纵性、船舶经外力作用摇晃后仍能恢复原平衡的稳定性、船舶主机功率一定时能达到最高航速的快速性以及当船舶舱破进水后不致倾覆沉没的抗沉性。从20世纪五六十年代我国自主研制的远洋轮船“东风”号来看,当时我国研制万吨级轮船已有了较好的基础。但“远望”号不仅是一艘万吨级远洋船舶,更是一个要放眼海陆空一体化担负重大科研任务的大科学装置,其“全长190米,高38.5米,宽22.6米”,^[9]集船舶与海洋工程、电子与通信工程、机械工程、光学工程等领域的先进技术于一体。因为在航行过程中要确保测控设备处于最佳状态,即使面对风浪,也要保证测控设备正常运转和测控精度。如此一来,“远望”号在耐波性、稳定性以及操纵性方面具有更高要求,工程技术团队在以下几个方面进行了创新:

1. 可收放式减摇鳍的应用

船舶在海上遇到风浪导致船体摇晃是常态,按照惯例,在大型船舶中均采用减摇装置以减轻摇晃幅度。新中国成立初期,我国采用的减摇装置主要是减摇水舱。20世纪60年代,七〇四研究所启动了新型减摇装置的研制,那就是减摇鳍,其分为不可收放式与可收放式两类。相较于前者,可收放式减摇鳍虽然操作流程较为复杂,但其减摇效果更好。装有可收放式减摇鳍的万吨轮船,一旦遭遇风浪,可以将两边的鳍放出舷外,通过信号控制转动减摇

鳍,以缓和船体在波浪中的摇摆。当风浪减弱后,也可以收起减摇鳍,减小船舶在水中航行的阻力。“远望”号最艰巨的任务就是要发现目标和跟紧目标,尤其要在第一时间赶到数据舱的落水点,这也就意味着即使落水点周围有十级以上台风,“远望”号也要钻入台风中心。鉴于此,必须装备高性能的减摇装置。考虑到常规的减摇水舱满足不了要求,“远望”号设计团队果断选用了七〇四研究所研制的可收放式减摇鳍,该减摇鳍装置“作为一级稳定装置,保证船在风浪中航行时,减小船体横摇角,提高适航性;在风浪中执行观测任务时,减小船舶横摇角,能使测量设备便于捕捉目标,跟踪目标,保证有足够的测量精度。……经不同航向测试,减摇效果为70%–85%”,^[10]可收放式减摇鳍的装配全面提升了“远望”号航行的耐波性,为航天远洋测控的开展打下了坚实基础。

2. 五叶螺旋桨的选用

螺旋桨作为船舶推进装置,主要是给船舶提供向前或向后的动力。在“远望”号研制之前,国内大型船舶制造清一色选用四叶螺旋桨。考虑到当时美国潜艇“大青花鱼”号“首次采用水滴形型线及单轴单桨(五叶螺旋桨)”,^[11]许学彦率领团队就四叶螺旋桨与五叶螺旋桨的性能进行了对比,发现五叶螺旋桨的工作效率虽不如四叶螺旋桨,但它在运行过程中,旋转空隙小,振动频率低。为此,许学彦参照国外资料设计出五叶螺旋桨的工程图纸,交由江南造船厂生产出我国“第一只合格的五叶螺旋桨”。^[12]在此基础上,又推导出选用汽轮机推动五叶螺旋桨能进一步降低振动频率。许学彦等对汽轮机驱动五叶螺旋桨问题的关注,归根结底是考虑到了“远望”号内放置了各类精密电子与光学设备,考虑到了“远望”号需要精准获得“东风五号”全程飞行试验的降落位置和时间数据。相比同直径的四叶螺旋桨,五叶螺旋桨因产生的振动和噪音更小,其既能提升“远望”号的稳定性,也能有效降低螺旋桨推力转化为动力过程中对特种设备的干扰度。

3. 联合操纵设备的运用

船舶在航行过程中受海上风浪的影响,容

易发生航向偏移的状况。“东风五号”全程飞行试验期间,航向的精确性是保证打捞数据舱任务顺利完成的至关重要的因素。在“远望”号研制之前,国内大型船舶制造多采用自动舵这一操纵设备来调整航向。自动舵作为一种自动操舵控制装置,自动化程度高是其鲜明的特征。考虑到“远望”号是一个大科学装置,需要为海洋网、陆地网和空中网的三网配合提供一个可靠平台,研制团队认为单一依靠“自动舵”存在风险和不确定性,遂果断决定采用“自动舵、首转向装置和主动舵”联合的操纵设备。首转向装置就是船首横向推进器,主要是在船舶进出港或者转航进入下一个航道时进行横向推动的装置。主动舵更适合低速运动,一般由舵装置和螺旋桨组合而成。相较于常规万吨级船舶在海上进行航道转向,“远望”号将三种操纵设备联合使用,旨在降低回转直径,提升船体操控的机动性和航向的准确性。联合操纵设备的使用,“能以 $24^{\circ}/\text{分}$ 平均角速度原地回转”,([6], p.30)既可保证“远望”号高效率出港和归港,也能精准修正船体的航向,还能保证“远望1号”和“远望2号”的协同。

“远望”号的研制大胆进行了技术创新,既考虑到了远洋船舶的一般特征,也聚焦“海洋网”“陆地网”及“空中网”的三位一体对接,为“东风五号”洲际导弹全程飞行试验的完成打下了坚实基础。

三、洲际导弹发射与“远望”号的任务落实

1980年5月9日,新华社对外宣告:“中华人民共和国将于一九八〇年五月十二日至六月十日,由中国本土向南太平洋南纬七度零分、东经一百七十一度三十三分为中心,半径七十海里圆形海域范围内的公海上,发射运载火箭试验”。^[13]由于洲际导弹全程飞行试验任务的特殊性以及南太平洋气候的不确定性,我国对外并未公布确定发射时间,而是选取了一个时间段。洲际导弹发射前,外国船只和飞机不断前来干扰,海军遂于5月14日“在试验海域采

取佯动布阵战术”。([6], p.45)第二天,以“远望”号为首的测量船队受命进入试验中心附近海域,16日进行全区域合练。合练顺利完成后,5月18日10时整,“东风五号”从酒泉基地发射升空,在南太平洋严阵以待的“远望”号实时接收导弹飞行信号,快速测量计算导弹进入大洋上空的各种数据,并进行定位跟踪,发现落水目标后按照既定计划对数据舱进行打捞。这一过程持续的时间很短,但“远望”号圆满地完成了任务,也标志着“东风五号”全程飞行试验取得了成功。

1. “远望”号肩负的任务

在“东风五号”洲际导弹发射前,“远望1号”“远望2号”在南太平洋一直要处于航行状态,以保持船上特种设备处于良好的工作状态。“东风五号”在酒泉卫星发射中心点火升空,当“远望”号捕获到“东风五号”的信号后,需要承担两个方面的任务:一是进行“海洋网”“陆地网”及“空中网”三位一体的统筹对接。在“东风五号”全程飞行试验过程中,“远望1号”“远望2号”两艘测量船作为海上测控系统的“总指挥”,需不断与酒泉卫星发射中心、舰载直升飞机以及海上编队其他舰船进行实时联系,以确保各岗位能够实现同步的指挥调度、控制监视以及数据传递;二是进行测量计算与指挥落水目标打捞。“东风五号”从酒泉基地发射升空进入大洋上空后,“远望”号需分析出“东风五号”的运行轨迹,并快速启动对导弹在南太平洋的落点数据进行计算。尤其是当导弹到达南太平洋上空,“远望”号要对海上编队进行指挥,指引其快速赶到导弹落水点,以完成洲际导弹数据舱的打捞。

2. “远望”号与酒泉卫星发射中心的协同配合

酒泉卫星发射中心作为“陆地网”的信息基点,“东风五号”发射时,其主要任务是指挥、协调、控制和监视发射场各试验系统,实时关注“东风五号”发射和飞行状态并进行数据处理,实时传输跟踪测量数据及时间信号。对“远望”号而言,一是接收酒泉卫星发射中心发出的指令。“远望号”技术改造总设计师杨凤章

在“忆周总理对‘远望’号航天测量船的关怀和指导”一文中详细记录了中央领导对这一指挥调度系统的重视以及他向总理介绍“远望”号与陆地指挥中心协同配合的流程,具体而言就是酒泉卫星发射指挥中心通过无线电通讯,对“远望1号”“远望2号”两艘测量船连续下达指令。“远望”号在接收到陆上指挥中心的指令后,再“通过话令、信号、荧光屏显示等手段”([6], p.124)捕获和跟踪目标,并用船内的科学装置进行测控、计算、拍摄和记录导弹飞行轨迹;二是通过卫星传输系统向酒泉卫星发射中心提供导弹飞行状况及运行轨迹的实时数据。导弹从陆地点火升空到从南太平洋上空落水,持续的时间并不长,但其进入大洋上空后飞行过程的实时数据非常宝贵,找准落点进行数据舱打捞更是至关重要。这些都是酒泉卫星发射中心最为关心的,需要“远望”号的准确跟踪和实时提供。从“东风五号”全程飞行试验的过程来看,“远望”号与酒泉卫星发射中心做到了很好的协同配合。

3. “远望”号与海上测量船编队的协同配合

海上测量船编队作为“海洋网”的信息基点,由2艘主测量船、2艘远洋打捞救生船、2艘海洋调查船等组成。为保证“东风五号”的全程飞行试验,船队肩负的“任务链”主要包括海上气象观测、导弹落点区域测量以及数据舱打捞工作。“远望”号作为主测量船,需要与船队相互协调配合,主要包括两个方面:一是海洋调查船给“远望”号提供动态的气象数据。在“东风五号”发射前,海洋调查船在南太平洋进行天气观测,提供全面科学数据,选择“发射导弹的良好天气”。^[14]导弹升空后,还要向“远望”号提供天气实时数据;二是打捞救生船根据“远望”号指令前往导弹落水区域打捞数据舱。“东风五号”发射升空后,“远望1号”“远望2号”综合“利用雷达、航测、水声等手段”,([6], p.45)快速测出了弹头及数据舱落点,并向远洋打捞救生船下达了打捞指令。打捞救生船接收到指令后,快速到达了指定区域,派出船上的直升机放出缆绳装备实施打捞任务。当天参与测量船队无线保密通话

的王华让在“难忘的一天”一文中回忆:“进入发射程序后,话务员紧张,敏捷、有条不紊地接转来往的电话。……当听到‘远望1号’通报‘……正常’,紧接着‘远望2号’通报‘……正常!’时,守候在落点测量区的人员用肉眼已看到了形似流星般的一颗白炽球正准确地进入测量圈。瞬间,两声巨响之后,紧接着百米高的水柱腾空而起。测量区立即沸腾起来,‘我们成功了!’”。^[15]从“东风五号”全程飞行试验的过程来看,“远望”号与海上测量船编队做到了很好的协同配合。

“远望”号作为远洋测量船队的中枢,其在“东风五号”发射前提供海洋气象等大数据、发射时提供南太平洋指定海域实时动态数据、发射后找到数据舱落点并指挥打捞船进行打捞,不仅高效,而且精准,为洲际导弹全程飞行试验的成功立下了“大功”。

结 语

中国第一代航天远洋测量船是一个大国重器,在其研制过程中,不仅考虑到了中国国情,更是放眼美苏在这一领域的进展。20世纪50年代,美苏两国先后开始测量船的研制工作,起初都是选择改装旧的油轮以执行遥控测量的单一任务。直至1967年左右,他们方才着手研制大型的综合性航天远洋测量船。相比之下,新中国在这一领域没有走美苏先改装、再研制的老路,而是选择了一步到位,“我们与他们不同,根据我们的国情需要和经济实力,走的一条自己的路,根据我国战略武器试验的需要——‘东风五号’洲际导弹全程试验和各种应用卫星的发射,经过反复论证研究之后,一跃就跳入实用的综合体制航天测量船,以及庞大的测量船队。而且全部用国产设备一举研制成功,这就是‘远望’号走过的独特的路。”([6], p.3)这对万吨级特种船舶设计和制造而言,无疑是个巨大的挑战。在研制这一特种船舶时,我们深知船上的电子设备难以达到美苏的水准,但是在船体设计和制造上可以更大发挥中国造船人的聪明才智。“远望”号投入使用后,我

们可以看到船型设计、船体稳性以及航行速度比起美苏都毫不逊色,尤其是续航能力相当卓越,“远望”号的“续航力大于18000海里,可达23000海里。绕地球航行一周不靠任何码头。美国‘水手’号船为20500海里,苏联‘克雷洛夫’号船可达22500海里。”([6], p.30)

“远望”号是一艘万吨级特种船舶,也是一个大科学装置。它不仅肩负了向深蓝进军任务,更肩负了向科学技术进军的使命。“远望”号的研制成功,是多部门协同的产物,在其身上一体化集聚了“科学、技术和工程”的智慧。它不仅打开了新中国大型特种船舶制造的视野,也为推动科学探索从“海陆空”一体化迈向“海陆空天”一体化的跨越奠定了重要基础。在这一跨越的过程中,我们可以看到第一代航天远洋测量船相对于新中国研制万吨级船舶的技术突破,也可以看到它对“两弹一星”事业的大力支撑,更可以看到它对中国航天探索事业的深远影响。它既是大国重器,又支撑了其他大国重器的研制。

[参考文献]

- [1] 聂荣臻. 在五院高级分子知识座谈会上的讲话[A], 聂荣臻: 聂荣臻科技文选[C], 北京: 国防工业出版社, 1999, 189.
- [2] 钱学森. 在中国科协召开的发挥退休、离休科技人员作用座谈会上的讲话[A], 顾吉环、李明、涂元季: 钱学森文集(卷五)[C], 北京: 国防工业出版社, 2012, 236.
- [3] 中国航天事业的60年编委会. 中国航天事业的60年[M]. 北京: 北京大学出版社, 2016, 157.
- [4] 姜玉平、吕成冬. 飞机与导弹在中国国防科技领域战略地位的变迁(1951-1964)[J]. 自然辩证法通讯, 2019, 41(1): 61-68.
- [5] 李奇、聂力. 发展国防尖端技术的一项重大决策——忆“七一八”远洋测量船队的建成[A], 回顾与展望编辑委员会: 回顾与展望——新中国的国防科技工业[C], 北京: 国防工业出版社, 1989, 395.
- [6] 编纂组. 七一八工程“远望”号航天测量船史料集[M]. 中国船舶工业总公司内部编印, 1992, 4-124.
- [7] 江南造船厂志编纂委员会. 江南造船厂志: 1865-1995[M]. 上海: 上海人民出版社, 1999, 156.
- [8] 中央档案馆、中共中央文献研究室编. 中共中央文件选集(第49册)[M]. 北京: 人民出版社, 2013, 299.
- [9] 程望. 当代中国的船舶工业[M]. 北京: 当代中国出版社, 1992, 205.
- [10] 编纂组. 舰艇特辅机史料集[M]. 中国船舶工业总公司内部编印, 1992, 31.
- [11] 牟金磊、王展智、彭飞. 舰艇总体技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2019, 160.
- [12] 张毅等. 远望情怀: 许学彦传[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014, 74.
- [13] 我国将进行向太平洋发射运载火箭试验[N]. 人民日报, 1980-5-10(001).
- [14] 编纂组. 七一八工程“向阳红”号远洋调查船史料集[M]. 中国船舶工业总公司内部编印, 1992, 114.
- [15] 编纂组. 舰艇通信史料集[M]. 上海: 中国船舶工业总公司内部编印, 1989, 164.

[责任编辑 王大明 柯遵科]