

目 录

史实概述

一、小口径炮瞄雷达·····	(3)
二、大口径炮瞄雷达·····	(8)
三、鱼雷攻击雷达·····	(10)
四、导弹攻击雷达·····	(13)
五、潜艇雷达·····	(16)
六、快速反应雷达·····	(19)
七、综合火控雷达·····	(22)
八、近程防御雷达·····	(25)

主要产品

一、341 型舰(艇)用双 30/37 炮炮瞄雷达·····	(29)
二、343 型舰用双 100/130 炮炮瞄雷达·····	(30)
三、352 型舰(艇)用导弹攻击 雷达·····	(31)
四、353 型潜艇雷 达·····	(32)
五、347 快速反应 雷达·····	(33)
六、348 综合火控 雷达·····	(34)

大事记·····	(39)
----------	--------

文献资料(目录)·····	(51)
---------------	--------

回忆史料

一、我国海军专用火控雷达装备发展的回顾·····	赵奕源 李忠林(79)
二、舰艇雷达科研萌芽时期部分情况回忆·····	翟良科(84)
三、回忆海军雷达通信研究室的初建时期·····	刘 欣(85)
四、21 导弹快艇与炮瞄雷达的论证和研制·····	周昌宣(86)
五、双 30 炮瞄雷达论证工作的 回顾·····	张正清(87)
六、双 57 炮瞄雷达早期的论证 和 研制情况·····	吴希厚(89)
七、双 37 论证的 有关情况·····	郑锦勇(90)
八、关于常无四厂试制 341 甲艇用炮瞄雷达的回忆·····	尹祖良(91)
九、国营第四一一〇厂有关雷达产品的生产改进情况·····	嵇储申(93)
十、342 雷达的论证 和 407 会议·····	张正清(96)
十一、342 雷达天线座的 研制、修改和定型情况·····	王才俊(97)
十二、342 雷达液压稳定系统 研制情况·····	郑锦勇(98)
十三、回顾 342 雷达的试制生产和改进·····	张传如(100)
十四、342 雷达试制 生产中的改进情况·····	赵廷云(101)
十五、342 雷达关键 器件“两路合一”试制经过·····	刘国庆(103)
十六、342 雷达旋转关节和波导转换开关的 技术改进·····	黄佩珠(104)
十七、我国第一代舰载主炮跟踪校射雷达的研制·····	张日苏(106)

十八、关于 356 雷达研制过程的回忆·····	魏克明(107)
十九、关于 351 雷达的仿制·····	白英兰(110)
二十、我所经历的 352 与 352 丙雷达·····	金岩才(111)
二十一、潜艇配装攻击雷达的研制和改进情况·····	施宗伟(113)
二十二、我国第一型潜艇用攻击雷达的试制·····	潘潜华等(114)
二十三、关于近程火控雷达管理工作中的两个片断回忆·····	吴爱成(116)
二十四、全军十年雷达规划会议部分情况回忆·····	翟良科(118)
二十五、关于第二代火控雷达任务的提出·····	严俊星(118)
二十六、347 超低空快速反应 雷达系统研制回顾·····	李三全(120)
二十七、回忆 347 雷达系统的方案论证·····	秦国勇(122)
二十八、347S 搜索雷达轻型 天线座的研制·····	王凤鸣(124)
二十九、347S 搜索雷达通用 机柜发展回顾·····	杨 震(125)
三十、记 344 舰载有限相控雷达的研制·····	王松山(127)
三十一、348 雷达 系统研制工作回顾·····	谭和谟(129)
三十二、348 跟踪雷达的历程·····	蔺万钟(131)
三十三、勇于实践,协同攻关——记 348S 稳定 平台专题研究·····	杨毓令(133)
三十四、关于 348S 稳定平台的研制和有关 工艺·····	赵景森(135)
三十五、348S 稳定 平台的研制·····	王 琥(136)
三十六、忆 348S 搜索天线结构 设计过程·····	徐殿扬(137)
三十七、348 综合显示器研制过程 回忆·····	谢恒山(138)
三十八、348S 情报处 理系统软件研制·····	杨森茂(140)
三十九、348 跟踪雷达天线 座研制过程·····	于海云(141)
四十、348 跟踪雷达伺服和定时测距系 统设计回顾·····	苏鸿瑞(142)
四十一、八五七工程研制初期的回忆·····	徐映和(143)
四十二、舰载火控雷达靶场试验的回顾·····	张福钦(145)

主要研制单位简史

一、船舶总公司七二三所·····	(149)
二、机电部二十所·····	(149)
三、上海无线电二厂·····	(150)
四、常州第四无线电厂·····	(150)
五、国营长洲无线电厂·····	(151)
六、国营长安机器总厂·····	(152)
七、青岛无线电三厂·····	(152)
八、天津渤海无线电厂·····	(153)
九、机电部十四所·····	(153)
十、国营长岭机器厂·····	(154)
十一、上海无线电四厂·····	(154)
十二、国营长海机器厂·····	(155)
十三、上海广播器材厂·····	(155)

十四、上海交通大学雷达技术研究室.....	(156)
-----------------------	---------

人物资料

一、王才俊.....	(159)
二、王松山.....	(159)
三、尹祖良.....	(159)
四、冯 翀.....	(160)
五、刘 欣.....	(160)
六、刘克谟.....	(160)
七、刘文治.....	(161)
八、刘茂盛.....	(161)
九、杨毓令.....	(161)
十、李三全.....	(162)
十一、李忠林.....	(162)
十二、张正清.....	(162)
十三、张福钦.....	(163)
十四、张传如.....	(163)
十五、陈振汉.....	(164)
十六、武棣民.....	(164)
十七、欧阳文.....	(164)
十八、金东植.....	(165)
十九、金岩才.....	(165)
二十、周鹤令.....	(166)
二十一、周昌宣.....	(166)
二十二、承叔汉.....	(166)
二十三、赵奕源.....	(167)
二十四、赵廷云.....	(167)
二十五、施宗伟.....	(167)
二十六、贾万刚.....	(168)
二十七、殷裕昌.....	(168)
二十八、嵇储申.....	(168)
二十九、蔺万钟.....	(169)
三十、 谭和谟.....	(169)
三十一、潘谱华.....	(170)
三十二、魏克明.....	(170)

附录

一、产品主要技术负责人名单.....	(173)
二、主要获奖项目.....	(179)
三、舰艇火控雷达一览表.....	(181)

编后语.....	(183)
----------	---------

史 实 概 述

舰载武器是现代舰艇完成作战使命的重要手段。舰载火控雷达用于精确测定目标的空间坐标,对火炮、鱼雷和导弹等舰载武器的射击实施自动控制,确保快速准确地命中目标,因而是舰载作战武器系统的重要组成部分。随着作战对象如军用飞机、舰船和导弹性能的不断提高以及电子技术的飞速发展,对舰载武器及其火控雷达提出了越来越高的要求。适应这种不断发展的作战要求,我国陆续建成一批有关雷达专业的研究所、工厂和高等院校,为海军制造了多种鱼雷攻击雷达、导弹控制雷达和配用各种口径舰炮的炮瞄雷达,并逐步形成了一支具有较强研制能力的技术力量。

从60年代开始,首先仿制出351型快艇鱼雷攻击雷达、352型舰艇对海导弹控制雷达和353型潜艇雷达。随后为各种口径舰炮研制出341、341甲、342、343等型炮瞄雷达;还研制出356、357、358等型艇用鱼雷攻击雷达以及ZL-1型舰用对空导弹控制雷达。在此基础上又先后改进成351甲、351乙型鱼雷攻击雷达,352甲、352乙、353G等型导弹控制雷达以及353甲、353甲-I型潜艇雷达。

在80年代,开始研制344型有限相扫舰用火控雷达和359型潜艇雷达,并先后改进成一些性能较好的火控雷达,包括341A、343A型炮瞄雷达,352丙、ZL-1B型导弹控制雷达。

为了对付日益增长的反舰导弹威胁,在1973年海军科研装备发展规划中提出了一些新型火控雷达的研制任务。据此,先后研制出主要装备于导弹驱逐舰和导弹护卫舰的347型快速反应雷达和主要装备于导弹护卫艇和导弹护卫舰的348型综合火控雷达。在此基础上,又开展了性能更为先进的舰载反导舰炮系统,即“八五七”工程中近程防御雷达系统的研制。

这些火控雷达大部分已研制成功和投入批量生产装备部队,为提高我海军舰艇在现代海战中的作战能力作出了贡献。

一、小口径炮瞄雷达

在新中国建立初期,我国海军舰艇主要是从国民党军队缴获的中小型舰艇。这类舰艇装备的是第二次世界大战时期美国生产的老式雷达,它们性能落后,种类不全而且数量不多。当时还没有建立起自己的雷达科研生产机构,也没有培养出自己的专业技术力量。

1953和1959年,中国政府与苏联先后两次签订了海军订货协定(简称《六四协定》和《二四协定》),由苏联向我国提供护卫舰、鱼雷快艇和猎潜艇等型舰艇的图纸资料。这些舰艇和与其配套的各型雷达先后仿制成功并陆续装备部队,使我海军战斗力大为改善。但是,在这些转让的设备中都没有小口径火炮的炮瞄雷达。特别是根据《二四协定》引进的21型导弹快艇,不但图纸混乱而且“累斯”(Рысь)型双30毫米口径火炮的炮瞄雷达缺装,以后苏方也一直没有提供。

为了给21艇炮瞄雷达补缺,国防部第七研究院(七院)向有关研究所下达了双30毫米口径火炮射击指挥系统的论证任务,该院第六研究所(七〇六所)的雷达论证研究室(雷达室)承担了其中双30炮瞄雷达的战术技术论证任务,于1964年6月完成了论证报告,并与承制该雷达的西安四机部(现为机械电子工业部,简称机电部)七八六厂进行了初步磋商,但是,具体试制和生产问题由于当时种种原因而没能落实。

1965年,总参安排了陆用双37毫米机关炮射击指挥系统的研制任务。为了加快海用双

37 舰炮系统的研制，准备从陆用派生为海用，为此七院要求七〇六所雷达室负责舰用双 37 炮瞄雷达的战斗技术论证。论证工作以陆用雷达体制为基础，重点研究了舰艇的使用特点，于 1966 年 5 月完成了论证报告，并发到试制该雷达的四机部七八八厂（现合并为机电部二十所）。但是试制工作也由于海军产品排不上队而迟迟没有进展。

1959 年，海军曾提出建造导弹驱逐舰，同时在青岛海军通信学校安排了该舰双 57 毫米副炮炮瞄雷达的研制任务。四机部七八〇厂、大连工学院和七〇六所先后参加了雷达研制。后因我国国民经济暂时困难，驱逐舰及其雷达的研制任务陆续下马。

1965 年，海军编制海军装备科研第三个五年计划时再次提出要研制先进的中型水面舰艇。由于洲际运载火箭海上试验护航警戒任务的需要，促进了导弹驱逐舰重新上马。1966 年 4 月，经中央军委第 64 次常委会正式批准，将 051 型导弹驱逐舰及其配套设备列入国家计划。1967 年 316 会议（四型舰艇技术协调和设备定点会议）以后，由七院七二三所（其前身为七〇六所雷达室）承担该舰双 37 毫米炮瞄雷达的研制任务，生产任务定点在山东省青岛市。

从 1968 年起，七二三所陆续组织科技人员深入到有关工厂、研究所、院校和部队，对国内外技术水平和主要元器件状况进行了广泛调研，于 1968 年 10 月提出了 341 型舰用双 37 炮瞄雷达的总体和分机技术方案。

1969 年 4 月青岛 341 雷达方案审查会议，根据海军首先保证 051 舰双 57 炮配备雷达的要求，决定将原论证方案的个别指标加以修改，定名为 342 型双 57 舰用炮瞄雷达，同时将 341 型双 37 艇用炮瞄雷达论证方案移交上海无线电二厂（上无二厂）研制。

342 雷达根据当时越南战场炮瞄雷达遭受倒相回答式干扰和噪声调制干扰以及“百舌鸟”反雷达导弹的威胁，提出了采用国内刚刚起步的单脉冲体制，开辟新波段，展宽频带，双频同时发射隐蔽接收，液压稳定平台和指挥仪反馈等技术措施。当时七二三所是首次承担这样大型技术复杂的整机研制任务，青岛市的一些工厂也从未生产过雷达产品。为了能按时试制出第一台性能样机，面对着元器件供应不及时、设计资料不足、技术指标较高、测试仪表缺乏、加工条件有限、生产厂分散和时间要求紧迫等一系列困难，该所从领导到技术人员，从研究室到机关后勤，不分昼夜连续奋战，一切服从全局，一切服从工作，在试制的关键阶段甚至昼夜三班连续工作。生产工厂也全力配合，除了负责总装的青岛微电机厂以外，青岛市先后有机床厂、印刷机械厂和生建机械厂等 30 多家工厂参加加工协作，工厂的技术人员和许多老工人都参加了样机试制的全过程，有力地促进和加快了工程进度。七二三所技术人员下厂到生产第一线，及时共同研究解决试制中出现的问题，确保了产品的进度和质量。

由于厂所合作，全力以赴，经过一年多的不懈努力，终于在 1971 年 2 月试制成第一台样机。经过整架联调、对空对海各项试验以及海军试验基地靶场试验，该机于 1972 年 3 月送大连装备海军 051 首舰。根据试验发现的问题，在电路和结构上进行了若干修改，于 1971 年底试制出第二台样机，由青岛印刷机械厂提供装舰。

与上述一系列研制工作在青岛展开的同时，1970 年六机部以（70）99 号文向安徽六安国营六〇五厂（1984 年 2 月合并为国营〇八七一总厂）下达了试制生产 342 雷达的任务。在 1971 年 4 月北京造船工业电子设备配套会议上，确定六〇五厂在 1971 年试制出两台 342 雷达，七二三所在 1971 年 5 月底前把所需加工图纸提供六〇五厂，其它图纸可陆续提供。六〇五厂经过对图纸消化整理、修改和补充，组织了工人、技术人员和干部三结合的队伍，以及精密

件和关键件的技术攻关,不计报酬,日夜奋战。1972年3月在六安完成了第一台样机的整架调试,并先后进行了常州奔牛机场和海军试验基地的各项试验,于1973年9月起陆续提供了装舰设备。

根据1973年9月海军(73)司通字134号文,七二三所组织30余名科技人员到六〇五厂,按照前几台性能样机的试验情况进行技术协调,研究修改意见,开展电路试验,并对定型样机进行了全面例试、机场动态试验和靶场定型试验。

海军军工产品定型委员会(海定委)对六〇五厂试制的第二批三台雷达和有关图纸文件进行了检查,于1977年12月在六安召开了342雷达设计定型会议,于1978年以(78)海定字第276号文批准设计定型。1981年,六〇五厂为了解决设计定型的遗留问题,进行了设计改进,随后正式投产。

这样,截至1983年为止,先后在青岛和六安共生产十几台342雷达,其中除一台留六〇五厂作为样机,一台供太原高级电子专科学校教学使用外,其余均交付海军或装舰使用。

由于051导弹驱逐舰进行现代化改装,该舰将拆除双57舰炮,由双37舰炮系统代替。根据总参和国防科工委1986年1月的批复,六〇五厂对342雷达不再进行改进和生产。

1969年4月青岛341雷达方案审查会议后,七二三所派出技术人员向上无二厂介绍了艇用341型炮瞄雷达的论证方案。1969年9月在上海市工交组和1020工程协调组领导下,七院和有关厂所院校组成了两艇(028艇和21艇)配套的双30火炮射击指挥系统论证组,对341雷达的战术技术指标进行了补充论证,这些指标成为上无二厂设计341雷达的依据。

海军要求研制的841舰(艇)用炮瞄雷达除装053型火炮导弹护卫舰配双37火炮外,还要装21型导弹快艇配双30火炮。该艇要求雷达须具有独立搜索和捕获目标的能力。为满足海军提出的战术技术指标,在技术方案上采用二、三厘米两个波段的单脉冲跟踪体制并配有单独的搜索支路和一系列新技术。

为了解决21艇急待装备的双30炮瞄雷达,海军同意将341雷达简化为单波段三厘米雷达,定名为341甲艇用双30毫米炮瞄雷达。当时,常州第三航海仪器厂(现在称为常州第四无线电厂,即常无四厂)遵照毛泽东主席“要狠抓一下雷达、指挥仪、光学仪器”的指示,在1970年10月六机部香山会议(1971年生产计划会议)上,承担了341甲雷达的试制任务。该厂首先派出技术人员去上无二厂参加了341雷达的研制,回厂后从1971年5月开始自行试制341甲的工作。根据海司通信兵部1972年12月9日正式下达的任务,341甲雷达采用了单脉冲卡塞格伦式天线用于跟踪,其下面配装一裂缝天线用于搜索,并采用机电式四轴稳定平台和再生反馈等技术措施。341甲雷达采用带天线罩的方案,天线座为举臂式结构,高低俯仰减速器采用当时先进的谐波减速器,还采用了少齿差行星轮减速器。为减少波导元件和降低损耗,将发射机放在天线座上。在研制过程中解决了机电稳定平台及其控制系统,天线次反射体和主控台的抗冲击振动,再生反馈量的稳定性,测距系统的距离漂移,发射机耐高压性能和脉冲变压器的可靠性和互换性,以及接收机显示器电路的稳定性等技术问题。341甲第一台性能样机于1972年7月制成,1973年6~9月在海军试验基地进行了性能摸底试验。随后在1975年完成两台设计定型样机,同年10月开始在海军试验基地进行设计定型试验。1977年5月海定委以(77)海定字360号文批准设计定型。341甲雷达还随同双30舰炮系统于1979年10月在海军试验基地进行了陆上试验;1980年12月在旅顺基地安装在导弹快艇上,完成了双30系统海上设计定型试验,包括以鱼雷快艇为海面目标进行了对海动态解题

试验,以轰-五飞机为空中目标进行了对空动态飞行试验,以空中气球为目标进行了对空射击试验,以红-Ⅱ靶机为目标进行了对空射击试验,以海上固定炮靶为目标进行了对海射击试验。各项试验表明双30舰炮系统精度较好,特别是对系统海上射击试验的射击效果一致表示满意。

1982年9月341甲雷达安装于037-I反潜护卫艇首艇,对其双30舰炮系统进行了海上试验,1985年还在威海进行了对空对海射击试验,实弹射击表明弹着点散布合理,射击效果良好。

1984年到1986年,341甲雷达还分别与651甲敌我识别雷达、PHX-H炮瞄雷达训练器、LY-1抗同频异步干扰器、924-I雷达侦察机等完成了对接试验,并统一了接口关系。

截至1989年,常无四厂共生产341甲雷达几十台,主要装备于导弹快艇和反潜护卫艇。

上无二厂承担研制的341型双波段双30/37炮瞄雷达从1970年开始研制(西安电子工业部二十所曾派部分人员参加),根据1969年12月《双30毫米口径火炮射击指挥系统论证简要说明书》和《双30毫米口径火炮射击指挥系统战术技术任务书》以及海军司令部(70)参研字第135号文对该论证的批复,于1970年研制了一台三厘米波段原理样机,以此作为基础并依据053K对空导弹护卫舰双37舰炮系统的要求,上无二厂制定出双波段雷达方案。1974年12月由海司通信兵部主持,四机部雷达局参加,在杭州通过了方案审查。海军司令部1975年2月18日以司通字048号函对方案审查会议纪要作了批复,1977年以司雷字016号文下达了《341舰(艇)用双30/37炮瞄雷达主要战术技术使用要求》。上无二厂1977年5月制成一台正式样机,并于1977年5月在东航大场机场进行了校飞试验,1978年2月底在锦西海军训练基地进行了设计定型试验。

在正式样机的基础上,按照四机部(77)四新字1413号文《341雷达设计定型前投产二台的会议纪要》,上无二厂1979年12月继续投产两台,并先后进行了陆上和海上设计定型补充试验以及补充完成全部例行试验。

按照海军(77)司雷字042号《341舰(艇)用炮瞄雷达设计定型陆上试验大纲》进行的试验,用强-五飞机做了对空搜索发现距离试验,用运-五飞机做了对空最小跟踪距离试验,用比斯飞机做了对空跟踪精度试验和跟踪速度试验,用模拟摇摆信号做了稳定平台精度模拟试验。

1982年8月的海上试验在海军舟山基地进行。341雷达安装在053K型护卫舰上,以护卫艇为海上目标做了最大发现距离、最大和最小跟踪距离试验,以歼-五飞机为空中目标做了发现距离和跟踪距离试验。

341雷达还参加了海军试验基地1982年10月进行的双37毫米舰炮射击指挥系统海上射击试验。海上目标为海上固定炮靶,空中目标为红-Ⅱ靶机。

根据海定委(1983)海定字230号通知,定型工作组于1983年10月11~16日在上海主持召开了“341炮瞄雷达设计定型审查会”,会议认为,上无二厂贯彻了“独立自主,自力更生”的方针,克服了种种困难,研制生产出的341炮瞄雷达,为加强我国的海军建设,增强国防力量作出了贡献;按照341雷达战术技术任务书和试验大纲进行的各项试验表明,该雷达基本满足要求,性能比较稳定,操作方便,使用安全,有一定的抗干扰能力,在国产同

类产品中具有一定先进性，基本具备了设计定型条件。海定委以(88)海定字 285 号文批准 341 雷达设计定型。

为了形成炮瞄雷达的生产能力，满足国防建设和支援第三世界人民的反美斗争，四机部曾于 1968 年 9 月 13 日以(68)军管字第 0309 号报告提出建设贵州地区炮瞄雷达生产基地方案。经国家计委、国防工业军管小组、国防工业办公室以(68)办字第 247 号文正式批准，开始筹建，其中包括国营四一一〇厂，该厂建成后，于 1975 年开始投产。

根据电子工业部(80)四计字 0407 号、(82)四新字 0578 号和电子工业部雷达局(83)雷计字 050 号文件精神，四一一〇厂承担了 341 炮瞄雷达的转点试制任务，并于 1983 年 5 月 25 日以正式合同的形式下达该厂。

为了争取时间，加快速度，在收到定型图纸以前，四一一〇厂根据上无二厂 1982 年未经定型的参考图纸进行消化分析，编制工艺技术文件。1984 年 6 月收到定型图纸后，对已经下发的图纸资料重新进行了复核更正。经过零部件加工、天线座传动系统装配、整件和分机调试以及总站调试等各阶段，第一台 341 雷达于 1985 年底完成试制任务，在 053H₂ 护卫舰首舰下水前将 341 雷达天线座吊装在舰艇平台上。随后，第二台 341 雷达也于 1986 年 10 月完成了总站调试工作，并用一个月的时间通过了整机各项例行试验。

四一一〇厂的 341 雷达转点生产鉴定会于 1986 年 12 月由海装电子部(即海军装备技术部电子部)和电子工业部雷达局主持召开。会议认为，四一一〇厂的 341 雷达已经达到了总技术条件要求的各项技术指标，并且加装了“虚拟校射的偏差显示装置、抗同频异步干扰和对数中放”等，使整机功能更趋完善，具备了批量生产的条件。

1983 年 11 月双 37 火控系统定型会的有关文件指出，为扩大双 37 系统装舰使用范围，便于指挥员在舱室内观察弹着情况，建议 341 雷达加装电视跟踪系统。1986 年 3 月，电子工业部三所、二十七所和四一一〇厂共同探讨了 341 雷达加装电视的初步方案。1986 年 12 月 341 雷达转厂生产鉴定会也认为 341 雷达加装电视跟踪很有必要。据此，三所和四一一〇厂于 1987 年 5 月进行了第一次加装试验，顺利完成了电视闭环跟踪、定位精度、摄像机光控、雷达跟踪与电视跟踪间的切换等试验。存在的主要问题是雷达搜索发射机开机后对电视显示画面有严重干扰。

1987 年 11 月海装电子部以(1987)装舰字第 913 号文明确在 053H₂ 上装备的 341 雷达要求加装电视跟踪系统，并在装舰前解决第一次加装试验中存在的问题。随后，海装电子部、船舶总公司系统工程部、电子工业部三所和四一一〇厂共同签署了“341 雷达加装电视跟踪仪技术协商纪要”。

1988 年 5 月底，首台 341 电视跟踪仪在四一一〇厂进行了第二次联机试验。经有关单位一个多月的共同努力，完成了全部加装陆上联机试验项目和八小时连续工作试验。基本消除了雷达发射机对电视的干扰，电视跟踪稳定可靠。

在海装电子部、机电部军工司主持下，1988 年 8 月在四一一〇厂召开了“341 雷达加装电视跟踪仪技术鉴定会”。会议认为 341 电视跟踪仪与 341 雷达的加装联机是成功的，陆上联机试验取得了预期的效果，雷达与电视跟踪仪的电磁兼容问题得到了较好的解决，可以正式加装，在系泊航行试验后交付部队使用。

目前，341 雷达已小批生产，装备海军导弹快艇和导弹护卫舰及出口舰，加装电视后定名为 341A 雷达，更为部队所欢迎。

综上所述,由船舶总公司七二三所、青岛无线电三厂、六〇五厂、上海无线电二厂、常州第四无线电厂、四一一〇厂等单位先后参加自行研制和生产的341、341甲、342等小口径舰炮炮瞄雷达,从论证、试制到生产历经一二十年,均已批量生产,装备海军多种水面舰艇,为海军装备建设作出了贡献。这些单位大多数没有从事过复杂的炮瞄雷达设计,有的甚至没有搞过军工产品。在人员、技术、仪表、元器件、机床设备等各方面都面临着很大困难。但是广大工程技术人员凭着对国防建设的强烈责任感,在艰苦的条件下,顽强拼搏,终于保质保量完成试制任务。这些雷达分别采用了当时比较先进的单脉冲跟踪技术和频率分集、双波段等抗干扰措施,电子线路开始利用分立式半导体器件,角跟踪为四轴液压或机电式稳定平台,其技术特征属于我国自行设计的第一代雷达。通过这些雷达的设计,使一批工厂和研究所初步掌握了海军雷达的特殊要求,具备了完成比较复杂的雷达装备的设计能力,形成了批量生产的制造生产规模,填补了我国海军小口径火炮系统的炮瞄雷达装备的空白,为进一步研制新一代炮瞄雷达奠定了基础。

二、大口径炮瞄雷达

大口径舰炮是大中型水面舰艇重要的武器装备,虽然舰载导弹的发展提高了舰艇的作战能力,但近代局部战争的经验表明,大口径火炮作为一种压制性攻击武器,在现代海战中仍具有独特的作用。

我国海军从国民党海军缴获的护卫舰、登陆舰等较大舰艇上仅有一些老式警戒雷达,没有装备炮瞄雷达。根据中苏签订的《六四协定》引进的舰艇上装备有“扎丽雅”(Заря)、“雅可丽-M2”(Якорь-M2)等炮瞄雷达,也都是50年代的老式产品。

我国海军决定研制051型导弹驱逐舰和053K型对空导弹护卫舰后,1967年的315会议和1968年的303会议(四型舰艇协调会议)都安排了大口径炮瞄雷达的研制任务,与该舰的双130毫米和双100毫米主炮火控系统配套,雷达代号为343,由西安机电部二十所承担研制。

343雷达的技术方案参考了苏联护卫舰100毫米舰炮炮瞄雷达“雅可丽-M2”的工作体制,但是该雷达为早期产品,均采用电子管,结构庞大,抗干扰能力差。为此343雷达方案作了许多重大改变:增加二厘米波段,天线辐射器的旋转喇叭由单波段的4个增加为双波段的8个,并在天线左端增加一路二厘米波段的馈线;两部发射机安装在原来的一个发射机的两个机柜内;接收、显示和电源等分机全部采用晶体管电路,显示分机增加了一个A/R型显示器。

1969年4月在上海召开了343雷达方案审查会。1970年5月25日海司通信兵部以(70)司通字200号文下达了343雷达主要战术技术要求。1970年7月试制出第一台样机,安装于051首舰上试用。根据使用和试验中存在的问题,1971年进行了改进,如八喇叭辐射器高速旋转时晃动,发生高频打火;晶体管电路的工作稳定性;某些元件、整件的电磁屏蔽;更换接收机本振速调管等。

改进后的343雷达于1971年底生产4台,经过在临潼机场的两年试验,并不断改进,提高了可靠性。按051舰的环境条件做完了全部例行试验。1974年8~9月在海军训练基地进行了整机设计定型试验。1975年5月,343雷达参加了海军试验基地双130陆上系统联

试, 试验表明, 三厘米波段的作用距离和跟踪精度合格(二厘米波段试验大纲不要求做)。1979年12月完成了设计定型, 海定委以(79)海定字222号文批准定型。定型后于1980年初投产7台。

1980年四一一〇厂开始接产343雷达。1982年6月, 将已投产的7台343半成品及全套图纸资料从二十所转到贵州四一一〇厂, 该厂经过认真消化和转厂试制, 1982年11月电子工业部雷达局和海军装技部电子部主持召开了转厂生产鉴定会。鉴定会以后, 该厂为了保障343雷达的产品质量, 一方面加强技术管理, 建立完整的质量控制体系, 另一方面, 对生产中暴露出来的问题组织技术攻关。先后解决了三厘米发射机高压变压器高压击穿和环氧树脂灌封层在零下40摄氏度低温开裂问题; 玻璃钢结构的天线反射体按照水泥模胎生产的表面精度差, 不能满足技术条件要求; 以及低温下天线难以启动等问题。采用特殊的电铸, 焊接工艺和线切割加工等措施建立辐射栅整个生产过程的成熟工艺和质量保证措施, 提高了辐射栅合格率, 从而使343雷达的产品质量得到稳定的提高。

四一一〇厂为了进一步提高343雷达的抗干扰能力, 从1982年开始考虑将343雷达三厘米波段的四点机械跳频改为频率捷变体制。研究表明, 模拟式捷变频方案的使用局限性较大, 要求有较长的接收休止期, 而且不利于现场改装。所以在1983年底提出了一种全新的非相参数字瞬时跟踪频率捷变方案, 并且用实验室样机于1985年5月与343雷达对接成功。从1986年6月起继续研制, 完成了正式样机, 进行了性能试验和整机试验, 解决了数字电路在强电磁干扰环境中的稳定性问题。经过测试, 除旋调磁控管功率外, 各项指标均较改装前有所改善, 而且可以方便地实施现场改装。

1986年12月, 在电子工业部系统工程局的主持下召开343雷达数字跟踪频率捷变系统技术鉴定会。会议高度评价了该系统, 认为它完全摆脱了非相参频率捷变技术普遍采用的冷跟踪模式, 在国内首次获得成功, 该系统程式新颖、可行, 有一定先进性。

四一一〇厂按照鉴定会纪要, 继续完成了有关旋调磁控管功率指标和整机八小时连续工作试验以及海上试验。1987年11月完成厂内全部试验, 于1987年底和1988年初在舰上进行了对343雷达的现场改装, 并参加了双130系统试验的全过程。海上试验结果表明, 改装后的343雷达在捷变频工作方式时, 有较强的抗窄带瞄准式干扰和宽带杂波干扰的能力, 在意大利“牛顿-C”的电子干扰下仍能保持原有的作用距离和跟踪精度。1989年11月四一一〇厂又在343雷达上完成加装电视跟踪和激光测距, 海军定名为343A雷达, 现已由海定委批准定型。

目前343和343A雷达作为我国第一代舰载主炮跟踪校射雷达, 已批量生产, 装备海军各型导弹驱逐舰和护卫舰, 为提高海军战斗力作出了贡献。

1983年我海军决定研制052型导弹驱逐舰, 其双100毫米主炮344雷达由机电部二十所承担研制。为了克服343雷达对空跟踪性能不足并全面满足对新型主炮校射雷达的要求, 二十所的344雷达采用了有限相扫相控体制。这种体制已经在国外AN/TPQ-36等雷达中实际采用。

二十所为了跟踪国际雷达新技术, 早在70年代初期就对相控技术进行了研究。先后在X波段、C波段、锂系石榴石铁氧体移相器、桥式可控硅激励器、波束控制器及计算机控制等关键技术方面有了突破性进展。随后试制出一台机动式91单元小角度相控实验雷达, 并于1981年9月到1982年8月, 在所内对地物、气球和飞机进行了一系列静态和动态试验,

从而初步掌握了小角度相控阵雷达的关键技术，为 344 雷达的研制取得了必要的经验。

有限相扫技术是利用少数天线单元组成小阵面，实现天线波束在 20 度以内的小角度电扫，配合精密天线座即可实现任意角度扫描。这是介于宽角扫描相控阵雷达和固定波束机械扫描常规雷达之间的一种混合雷达。由于单元数目少，使造价大大降低，适合于海军舰艇上装备使用。

1983 年海装电子部以(1983)装电字 042 号文向总参、国防科工委呈报了 344 型火控雷达战术技术要求，并以(1984)科七字第 329 号文进行了批复。1984 年 4 月，电子工业部雷达局以(84)雷计字 0423 号文下达了 344 雷达研制计划。二十所于 1984 年 5 月开始方案论证工作，1984 年 11 月通过所内方案预审。1985 年 3 月由电子工业部雷达局主持，召开了有总参、国防科工委、海军装技部和有关所、厂参加的方案审查会议，通过了 344 火控雷达方案。雷达局以(85)雷海字 319 号文转发了方案审查会议纪要。1985 年 9 月总参、国防科工委以(1985)科七字第 1215 号文批准了该雷达的战术技术任务书和方案。

二十所于 1985 年开始雷达研制工作，先后完成了与双 100 毫米主炮系统的陆上对接联调和定型样机陆上设计定型试验。344 雷达样机以实验雷达为基础，采用的单元数目为 169，天线波束可在任意 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ 二维平面内电扫。雷达还采用了双通道单脉冲技术、脉冲压缩、全相参 MTI、电子波束稳定、多目标数字测距机和计算机跟踪控制等技术。能实施对海跟踪和弹着水柱校射，对空目标和弹丸的跟踪校射，还能指示对海导弹攻击。采用电扫技术后，雷达捕获目标容易，偶而丢失目标，再捕获能力也强。在陆上设计定型试验期间，103 航次飞行的捕获率达 98% 以上。344 雷达能同时跟踪两批目标，能控制二个武器通道分别射击，这是常规跟踪雷达无法实现的。尤其是采用了电子波束稳定的二轴稳定系统，使天线重量大为减轻，从 343 雷达 8 吨重的稳定球降为 1.5 吨重的天线座。采用有限相扫天线后将使大型舰艇的主炮校射雷达的性能提高到一个新的水平。

三、鱼雷攻击雷达

在 50 年代，根据海军作战任务、我国的经济实力和当时的技术水平，海军确定了发展“空、潜、快”的建军方针，重点发展了鱼雷快艇。根据 1953 年中苏《六四协定》购买了一批大型木质鱼雷快艇，经过引进产品的国产化改进，又自行研制了几型鱼雷快艇。这些快艇装备的鱼雷攻击雷达，主要是由南京七二〇厂仿制的苏联“闪电”型对海警戒和鱼雷攻击雷达，即 512 雷达。

为了提高 512 雷达的技术性能，1958 年海司通信兵部将研制新型 331 鱼雷攻击雷达的任务下达给哈尔滨军事工程学院海军系(哈军工)。经过该系师生组成的下厂工作组与南京七二〇厂(现为机电部十四所)的通力合作，1959 年 4 月试制成性能样机，1960 年初在东海舰队进行了海上试验。试验结果表明，331 雷达的主要性能均优于 512 雷达。由于按照 1959 年中苏《二四协定》引进的苏联“烈雅”(Рен)型鱼雷攻击雷达生产图纸已到七二〇厂，四机部决定仿制“烈雅”雷达，所以停止了下一步的 331 雷达研制工作。但是，由于该厂任务较多，该雷达的仿制任务迟迟没能开展。因此，1964 年四机部决定将仿制任务转到天津市。在 1964 年 11 月四机部计划会议期间，召开了安排“烈雅”雷达仿制任务的专题会议，天津市第二机械工业局将仿制任务安排在天津市渤海无线电厂和天津市电子仪器厂，并于 1965 年 1 月

13日到23日进行了“烈雅”雷达样机、图纸资料和备份器材的移交。四机部于1965年2月下达了试制“烈雅”雷达即351雷达的计划，第一批要求仿制两台。

为了加强天津市仿制工厂的技术力量，六机部七院七〇六所的雷达研究室组成了戚明道等8人组成的工作组，于1965年4月分别到天津渤海无线电厂、天津电子仪器厂和天津津华无线电厂。经过各工厂、六机部七〇六所工作组和有关参加单位的共同努力，1966年2月制成首台样机。到1967年12月批准设计定型，已先后投产三批共15台，并陆续交付部队使用。1968年以后针对“烈雅”雷达原设计存在的问题着手改进，从而大大提高了351雷达的稳定性和可靠性，先后生产八百余台广泛装备我国海军鱼雷快艇，并且安装在护卫艇和反潜护卫艇上用于对海警戒和导航。

为了适应不同舰艇安装条件和多种电源供电要求，渤海无线电厂从1977年起在351雷达的基础上进行了相应的改动，生产了十余台，定名为351甲雷达。工厂从1978年起在351雷达上加装对数中放和宽限窄电路等抗干扰措施，经试验效果较好，加装后定名为351乙雷达，共生产了几十台。

351雷达为X波段脉冲雷达，有搜索和跟踪两种工作方式，分别采用P型和B型显示器。天线是用缝隙波导馈电的抛物柱面反射体。天线圆周扫描时用于警戒和导航；馈源快速左右摆动时用于目标跟踪，精测目标坐标，实施鱼雷攻击。351雷达为苏联50年代末期“烈雅”雷达的仿制产品，经过工厂70年代的许多重大改进，使产品性能不断提高。从1966年到1987年，累计生产近千台，成为我国海军舰艇的主要雷达装备，并且先后出口朝鲜、埃及等国二百余台，为我国海军的援外作出了重要贡献。

为了装备我国新研制和生产的小型鱼雷快艇和火炮快艇并进一步提高鱼雷攻击雷达的抗干扰能力，海军又先后提出研制新型鱼雷攻击雷达356和357的任务。

356型鱼雷攻击雷达的试制任务最初也是由南京十四所提出并经海司批准由十四所承担的。十四所首先抽调了俞贞福、邵有美、郭福书等人开展总体方案论证并进行部队调研。为了与小型舰艇的建造进度相适应，根据海司通信兵部(68)司通字0102号文“关于加速356艇用雷达试制的建议”和国防科委(68)科技四字第308号文关于“同意356艇用雷达在天津渤海厂试制”的复文，1968年2月渤海厂与十四所组成联合调研组，到东海、南海、北海舰队的有关部队进行了调查了解，明确了雷达的作战使命和现役雷达存在的问题。1968年10月22日四机部以(68)军管字第0386号文，将356雷达的试制和生产任务下达给天津渤海无线电厂，并要求十四所派人参加。

为贯彻毛主席在1967年提出的关于狠抓一下雷达、指挥仪的“七七”指示，1968年12月四机部在北京召开雷达指挥仪会议。会议确定了十项重点工程，统称“七七”工程，其中“七七〇九”工程包括鱼雷攻击雷达356和357。

渤海厂在1969年初开展了方案论证，拟制出356雷达设计方案的初步考虑。随后在1969年4月宝鸡“七七〇九”工程联席会议上，对356雷达方案进行了讨论，补充修改了雷达的主要战术技术要求，确定了采用五厘米和八毫米的双波段工作体制。

1969年7月渤海厂组成356雷达试制小组，开始电路设计试验。1971年6月制成第一台样机，9月在东海舰队舟山基地装舰试航，试航表明，356雷达的战术技术指标达到了设计要求，但是体积重量较大，八毫米波段工作不稳定。1972年6月海司通信兵部下文，提出了对356雷达下一步工作的意见。工厂据此，去掉了八毫米波段，对性能样机的电路和结构

都作了较大的改进。1973年4月制成正式样机,天线重量由150公斤减为70公斤,雷达总重量由700多公斤减为400多公斤。1973年6月在北海舰队旅顺基地进行了设计定型海上试验,对主要战术指标进行了测试,以028导弹快艇、0111护卫艇、04猎潜艇等为目标测试了最大、最小作用距离。试验结果雷达的战术指标达到了设计要求,整机工作正常,性能稳定。经海定委批准,356雷达于1974年7月定型。设计定型后投入小批生产,由于原装备对象(大三型快艇)下马而改装10型扫雷舰用作对海警戒雷达,到1979年出厂5台,1981年装备北海舰队。

356雷达是天津渤海无线电厂继351雷达后自行设计的全晶体管化分立元件五厘米新波段雷达,发射机可以人工跳频,采用边搜索边跟踪体制,供电为可控硅逆变电源,可以精确跟踪目标的距离和舷角并且数字显示。相当于国际60年代中期的技术水平。全机体积重量较小,可以装备各种小型海军舰艇,配合指挥仪完成鱼雷攻击。由于此后海军不再发展鱼雷快艇而代以导弹快艇,因而356雷达未能大批生产。

357型鱼雷攻击雷达的研制任务是1968年5月海军在北京京西宾馆召开的504会议上提出的。主要装备于025、026、027-Ⅱ等小型鱼雷快艇,用于配合射击指挥仪实施鱼雷攻击兼搜索导航。雷达的体积重量和耗电量应满足小艇的要求;应尽量采用先进技术使雷达性能超过现役快艇雷达,但还应具有较快的研制进度以便尽早形成装备。雷达的总体方案应重点考虑提高抗干扰能力。

在504会议后七〇六所雷达室开展了357雷达方案论证,并到上无四厂和有关单位进行了方案调研。随后开展了部分电路试验,试制出一部分微波器件。由于该雷达室当时需集中力量研制为051导弹驱逐舰配套的342雷达,因而停止了357雷达的研制工作,并由七八二厂承担试制。

1967年8月四机部以(67)四生字1196号文将357雷达的研制与生产任务下达给七八二厂。工厂从1967年9月起开始方案调研,由20人组成的调查组前往海司通信兵部、东海舰队吴淞基地、快艇16支队以及上海轮船公司、广州远洋轮船公司等单位。根据调研了解的情况和海司通信兵部1968年6月提出的357艇用雷达初步要求,七八二厂草拟了357雷达总体方案、分机方案,并进行了最大、最小作用距离、测量精度和分辨力的计算。同年9月,由四机部和海军主持在七八二厂召开357雷达设计方案论证会,确定了雷达的战术技术指标和总体线路设计方案,此后研制工作正式开始。

357雷达为了满足作战使用提出的抗干扰要求,采用二、三厘米双波段工作体制。在通常工作时利用三厘米波段,在干扰条件下实施鱼雷攻击时双波段同时发射。设有真方位真运动显示等多种显示方式,便于警戒导航。

357雷达第一台性能样机于1970年4月制成,安装在沪东造船厂改装的025型鱼雷快艇上,7月在快艇16支队进行海上试航。二厘米波段由于工作不稳定等因素而没有进行海上试验。从三厘米波段取得的数据表明,雷达基本上满足原设计要求。根据海上试验反映的问题和部队的改进意见,七八二厂进行了设计定型样机的试制。

为了提高天线性能,定型样机放弃了原来的四分之一双抛物盆结构,改为双波段合一偏馈非对称截割旋转抛物面,用铜网和铜丝经裱糊工艺制成玻璃钢结构反射体。海司于1971年底明确357雷达与787指挥仪配套,对有关接口部分又重新设计出图。按照总技术条件对定型样机进行了调试和环境试验,全面检查了雷达技术性能,1974年底完成样机的厂内试验。1975年3月在东海舰队快艇16支队,装026艇海上试验。试验结论认为357雷达的战术技

技术指标达到试验大纲的要求,连续工作稳定可靠。雷达体积小、重量轻,双波段具有较好的抗干扰能力,回波清晰,盲区小,导航性能良好。1976年12月,357艇用鱼雷攻击雷达经海定委批准设计定型。定型后小批生产,主要装备小型鱼雷快艇。

综上所述,我国海军在60年代前后为了满足沿海作战的需要,小型鱼雷快艇曾经得到较快的发展,512雷达和351雷达都大批生产装备部队。鱼雷攻击雷达在以崇武海战和“八六”海战为代表的多次战斗中发挥了重要作用。为了适应近战夜战的特点和提高抗干扰能力,新研制的356和357艇用雷达减小了体积重量,开辟了新波段,加装了抗干扰电路,提高了测量精度和分辨能力。这两种新型鱼雷攻击雷达,作为四机部“七七”工程中的重点项目,它们的研制和生产受到承担工厂的极大重视,研制人员加班加点,全力以赴,为使海军部队早日得到性能优良的雷达装备付出了辛勤的劳动,为提高小型舰艇的战斗力作出了贡献。

四、导弹攻击雷达

海军战术导弹自60年代以来得到了很大的发展,各种舰载导弹已广泛装备于国外海军各型以导弹为主要武器的舰艇,成为一种重要的海上作战手段。近代多次局部战争也一再证明,舰载导弹在现代海战中具有强大的攻击力量,因而受到各国海军的普遍重视。

为了增强海军舰艇的作战能力,我国陆续引进和研制成多种型号的舰载导弹,装备于导弹快艇、导弹护卫舰和导弹驱逐舰。其中根据《二四协定》引进的苏联21型导弹快艇于60年代中期陆续交付部队使用,自行设计的24型导弹快艇也在同一时期设计定型,并批量生产。与此同时,为导弹快艇舰舰导弹配套的导弹攻击雷达开始进行仿制。

国营七二〇厂自1963年开始仿制21导弹快艇配装的苏联“浪谷特”(Рангоут)导弹攻击雷达,国内代号为352雷达。

为了充分发挥地方无线电工业的力量,扩大雷达生产能力,以适应战备需要,经国防工办(65)办四字552号文批准,将352雷达由七二〇厂转交上海市仪表电讯工业局安排试制生产。四机部以(65)四计字2320号文明确,将七二〇厂的全部样机、资料、专用工装、外协配套件和前一时期的试制成果,均转交上海无线电四厂(上无四厂),同时将七二〇厂原负责352雷达线路设计、工艺、结构以及各分机的20余名技术人员调给上海。

上无四厂自1966年开始试制352雷达。1967~1968年试制出5台,并转入小批生产,在此期间对原来的苏联产品作了部分改进,改进后命名为352乙雷达。

为了对我国自行研制的051导弹驱逐舰装备的舰舰导弹配装控制雷达,按照七院(68)院字第028-11号文关于051舰导弹武器系统技术协议书的要求,四机部以(68)四生字0260号文下达上无四厂,试制352甲舰用导弹攻击雷达。

352雷达用于对海面目标进行搜索和跟踪,对准备实施导弹攻击的目标进行坐标精测,配合指挥仪完成对目标的射击。352为X波段脉冲制雷达,采用栅状截割旋转抛物面天线,角锥形喇叭辐射器,液压传动天线稳定装置,磁控管发射机,磁调制器,发射机有大小功率两部,配以四位波导机械跳频机构,小功率发射机兼作导航。352乙雷达的改进部分为:采用正交场混频器和低噪声中放取代了原352的行波管高放和平衡混频器;采用硅管取代了锗管;测距电路的再生式分频改用双稳态脉冲分频电路。352甲雷达在试制中以352为基础,

为了适应现代化大型舰船的要求，提高了天线稳定平台的摇摆角，增大了发射机的发射功率。352 甲雷达还采用一种变特性中频放大器，使雷达工作在线性放大、对数加微分、宽带放大和窄带限幅滤波状态，从而解决了本舰相邻雷达间的相互干扰问题。

1969 年 1 月，根据四机部(69)军管生整字第 0076 号通知，确定由国营七二二厂承担 352 产品的扩点和试制生产任务，作为该产品的第二生产点。上无四厂承担的批量生产任务不变，并将图纸资料提供给七二二厂，原材料和协作件由上海提供 3 ~ 5 套。同时海军负责提供一台 352 样机，作为转厂试制参考。

七二二厂从 1969 年 3 月开始试制工作，同年 9 月正式出图，1970 年生产出 3 台样机，试生产一次成功。1971 年投入批量生产，并进行海上试验，全部参数符合 352 雷达总技术要求。

七二二厂在试制过程中，克服了加工难度大、精度要求高等困难，使雷达实际指标超过了原设计要求。例如液压稳定系统的液压元件，微波器件，包括三位波导转换开关、旋转关节、预选器、回波箱和平衡混频器等尺寸要求都十分严格，误差在几丝以内。为了达到要求的振铃长度，回波箱的实际表面光洁度比设计要求提高了一倍。为了保证四个频段要求的传输系数，旋转关节的频带也比原设计宽。

在模拟计算机的调试中，经过试验台调试合格的计算机与整机联调时很难达到整机的要求。按原设计技术资料，只能调整计算分机的相应电机，但对大部分计算机难以实现匹配。该厂技术人员突破原来的框框，改为调整磁放大器的放大量平衡，使问题得到彻底解决。

此外，352 雷达是苏联在 50 年代末期设计和定型的一部新产品，未经大批生产的考核，所以存在许多设计上的不足之处，如磁放大器的零点漂移，磁控管与磁调制器的不匹配等。七二二厂在试制和批量生产过程中先后解决了几十项类似的技术问题，并经多次攻关使 352 雷达的可靠性大大提高，获使用部队好评。

上无四厂生产的 352 甲舰用导弹攻击雷达和 352 乙艇用导弹攻击雷达，经海定委于 1975 年以海定字 381 和海定字 380 号批准生产定型。七二二厂生产的 352 艇用导弹攻击雷达也于 1975 年以海定字 426 号批准生产定型。

上述雷达的致命弱点是抗干扰性能差，机械跳频体制在现代干扰环境中已经很难正常工作。为此，1980 年总参四部以(1980)参四字 010 号文和电子工业部以(80)四新字 1120 号文将试制 352 丙导弹攻击雷达的任务下达七二二厂。

352 丙雷达方案以 352 雷达为基础，将机械跳频改为频率捷变体制，既保留 352 雷达的边搜索边跟踪、高精度、高分辨力的优点，又将雷达的抗有源干扰能力提高到国外 70 年代后期的水平。

七二二厂接受任务后，在技术、器件、加工等方面存在困难的情况下，经过反复论证、试验，攻克十几项技术难点，解决了捷变频冷热跟踪的可靠性及精度问题，利用七七二厂的捷变频磁控管，于 1983 年完成 352 丙雷达性能样机。1984 年底在海军试验基地进行了设计定型海上试验。1985 年 7 月在桂林市做了抗干扰试验，结果表明，352 丙完全满足任务书的要求。1985 年 11 月由电子工业部、总参四部、海军装技部和航天部等单位参加，召开了 352 丙雷达鉴定会，会议对该雷达的试制成功给予很高评价。1986 年 12 月，海定委以(86)海定字 591 号文批准 352 丙雷达设计定型。自 1985 年起，352 丙雷达陆续装备导弹快艇和导弹

护卫舰，成为 352 系列导弹攻击雷达装备中的最新型号，为海军导弹舰艇提高战斗力作出了贡献。

根据 1965 年海军“三五”装备科研发展规划进行研制的 053K 型导弹护卫舰，在 1967 年的 315 会议上选用了红旗 61 号导弹武器系统作为该舰的舰空导弹系统。红旗 61 号导弹武器系统是我国自行研制的第一代中低空地空导弹武器系统，七机部二院二十五所从 1966 年 3 月开始方案设计和单项设备研制。1968 年国防科委下达将红旗 61 改作 053K 舰对空导弹武器系统的研制任务。在 1969 年周恩来总理主持的 814 会议上，确定上海航天局为地（舰）空导弹武器系统的研制和小批量生产基地，并明确将红旗 61 系统总体、跟踪照射雷达、指挥仪、导弹及测试设备的科研、试制、批生产任务成套地由七机部二院转到上海航天局。该系统的跟踪照射雷达和指挥仪由上海广播器材厂承担研制。同时，随任务将一部分技术力量调至上海。

上海广播器材厂从 1970 年 5 月开始对舰载红旗 61 武器系统的 ZL-1 型（研制初期称为 63 型）跟踪照射雷达进行总体方案设计。该雷达为 X 波段，采用单脉冲跟踪和连续波照射体制，即雷达在完成对目标单脉冲跟踪的同时，还要完成对目标和导弹的连续波照射任务，从而使导弹能以全程半主动寻的方式接近目标，直到击毁目标。为了缩小体积，跟踪和照射通过微波并联滤波器，采用同一套发射天线和馈线。为了提高雷达抗干扰能力，采用了数字式抗同频异步干扰装置、微分电路、强回波衰减电路、低仰角跟踪技术、跟踪杂波源以及电视监视等技术措施。

ZL-1 雷达的原理样机从 1970 年开始方案设计，仅用不到 9 个月的时间就完成了硬件生产，1972 年 10 月完成样机装调。1973 年完成雷达的原理试验、雷达与导引头陆上对接试验和精度校飞试验。试验表明，ZL-1 雷达方案设计正确，作用距离和精度符合武器系统总体的要求，连续波照射系统满足武器半主动寻的制导系统的要求。

在原理样机的基础上开始研制正式样机。正式样机增加了液压天线稳定平台，要求平台在舰艇摇摆大和负载重的情况下有很高的稳定精度。经过技术攻关，先后解决了天线液压稳定平台、跟踪照射天线、微波并联滤波器等关键设备，于 1975 年 3 月完成整机装调。

1976 年 3 月正式样机安装在 053K531 舰舰首，参加海上精度摸底试验、大型抗干扰摸底试验和海上飞行试验。1978 年 12 月参加武器系统射击伞靶试验，1979 年 12 月射击低空 HY-1 靶弹，试验均获得成功。

ZL-1 雷达的设计定型样机，于 1980 年 6 月完成装调，1983 年 5 月安装在 053K 531 舰舰尾。该样机完成全部例行试验，并于 1985 年 10 至 12 月参加了海军试验基地海上精度校飞试验。结果表明，制导站的精度满足指标要求。1986 年 10 至 12 月又参加了海军试验基地武器系统设计定型打靶试验。目标为 HY-1 靶弹和 CK-1 靶机，试验结果 8 发 6 中，成功地检验了各项战术技术指标，并首次成功地检验了武器系统的齐射性能，圆满完成红旗 61 武器系统打靶试验。

为了检验 ZL-1 雷达的抗干扰性能，1979 年 11 月 531 舰的前跟踪照射雷达在秦皇岛海域参加红旗 61 武器系统首次抗干扰摸底试验，试验中由杜-四飞机携带 962-2 瞄准式三厘米杂波干扰机。在干扰条件下，雷达工作正常，表明雷达具有较好的抗干扰能力。

1986 年 11 月 531 舰的后跟踪照射雷达再次进行抗干扰试验，由轰-五飞机携带 962-3 型瞄准式三厘米杂波干扰机，在人工参与下，ZL-1 雷达对该干扰机施放的各种干扰样式均能

保持角度和距离上的正常跟踪。

ZL-1 雷达于 1984 年完成工厂设计定型鉴定。1987 年 3 月在上海召开红旗 61 系统设计定型筹备工作会议。1987 年 11 月 23 日海定委批准 ZL-1 舰载跟踪照射雷达设计定型。

1989 年在参加南海实兵演习中, 531 舰红旗 61 导弹系统首发命中, 成功地击落靶机, 得到海军领导机关的赞扬。

1988 年, 为了配装 053H₂G 舰, 按照该舰的目标指示雷达和指挥仪的控制接口关系, 对 ZL-1 雷达作了必要的改动, 并命名为 ZL-1B 雷达。1989 年, 上海航天局与船舶总公司四三七厂签订了 053H₂G 舰红旗 61 武器舰面系统工程承包合同。上海广播器材厂按照合同投产的 ZL-1B 雷达已出厂装舰。

ZL-1 和 ZL-1B 舰空导弹跟踪照射雷达的技术水平与目前国外正在服役的同类产品具有大体相同的性能。其跟踪与照射两部分在结构上合为一体, 天线和馈线共用。天线座和液压稳定平台也是整体设计的, 因而精度高, 结构紧凑。连续波功率不低于 200 瓦, 距离跟踪均方根误差优于 18 米, 角度误差则不大于 2 毫弧度。这两型导弹跟踪照射雷达的研制成功和装舰使用, 填补了我国海军舰空导弹雷达的装备空白, 为海军导弹舰艇增强作战威力作出了贡献。

五、潜 艇 雷 达

在新中国建立初期, 海军建军会议明确提出, 近期内海军要建设一支轻型的海上战斗力量, 以空(海军航空兵)、潜(潜艇)、快(鱼雷快艇)为主。在 60 年代初期, 国家在先搞“两艇一雷”, 后搞“两艇一弹”的决策下, 确定以中型鱼雷潜艇为首要重点。在中苏两次海军订货协定中除购买 03 型潜艇(装备“旗帜”鱼雷攻击雷达)外, 还包括中型常规动力鱼雷潜艇的转让制造。与这种潜艇配套的雷达为苏联的“海鸥”(Альбатрос), 国内代号为 353 雷达, 于 1959 年安排在宝鸡七八二厂、后改在南京十四所进行仿制。

十四所按照海司通信兵部和六机部配套局签订的《515 型潜艇攻击雷达试制协议书》(后改称 353 雷达), 从 1961 年起开始试制, 1965 年生产出第一台样机, 并于 1966 年进行了海上试验, 到 1968 年共生产十余台, 其中包括 09-I 核潜艇一台, 经鉴定后转到七八二厂试产。

根据四机部关于 353 雷达生产的安排, 1967 年底, 十四所与七八二厂联合签订了《关于“353”移交生产及“404”厂所合作进行正样设计试制的洽谈纪要》。为了适应生产的要求, 七八二厂调整了生产组织, 扩建了厂房, 增添了设备、仪器、机床, 同时调配和扩充了技术力量。1968 年投产, 1970 年到 1971 年相继生产出两批 353 雷达, 共十余台。在生产中先后解决了二十余项关键技术, 如收发机外壳大型铝铸件的铸造和加工, 微波器件的焊接、抛光、涂复和装调质量问题, 天线反射体的铸造、加工和改成玻璃钢裱糊, 分机骨架焊接技术, 齿轮的加工、装配和误差测量问题, 阀门开关的加工和密封试验等。

十四所和七八二厂仿制成功 353 雷达后, 先后投产几十台装备了海军潜艇, 解决了鱼雷攻击雷达的有无问题。该雷达由于是 50 年代设计的产品, 性能欠佳, 使用不便, 部队从作战使用的角度希望予以改进; 工厂为方便生产, 解决雷达元器件国内配套问题, 以确保产品稳定可靠, 也从 1969 年初提出并着手开展了一些改进课题, 如天线反射体的裱糊工艺, 50 千瓦发射机和铝型材机柜等。

1970年7月,中央造船工业领导小组在北京召开了五型舰艇技术协调和交底会议(简称7075会议),会议决定由七八二厂在353雷达的基础上研制353甲雷达。

353雷达有大、小三厘米两个波段,分别采用两套发射机(一套装在艇上,另一套在岸上仓库中),在波段之间转换是采用更换机柜的形式,不但时间慢(更换一次需要将近一个小时),而且严重地削弱了雷达的跳频抗干扰性能和工作稳定性。353甲雷达针对这一问题提出了将两个波段分开的收发机柜合而为一的改进方案。改进后不再更换机柜即可实现波段之间的快速转换(转换时间为5秒钟),大大提高了雷达抗干扰能力,同时减小了雷达体积、重量,提高了工作可靠性。

1970年底制成第一台353甲雷达样机,于1971年在旅顺进行了海上试验,然后制成第二台样机,1971年9月海司通信兵部在七八二厂用第二台样机召开了鉴定会,随后投入批量生产。在试制和生产中解决了一系列技术问题,如自频调系统跟踪不稳和捕捉镜像频率问题,缩短两个波段之间的转换时间以及波导转换开关等问题。同时解决了一些相应的工艺问题。

1973年11月到1974年8月在象山对353甲雷达进行了定型补充试航,1975年6月召开了353甲雷达生产定型会,9月海定委以(75)海定字414号文批准353甲雷达生产定型。

为改进353甲雷达近距离盲区性能,七八二厂自1977年到1978年进行了多次调查、试验,解决了桅杆波导双面中开槽抑制和衰减高次模的传播,使近距离目标观测由原来的0.15海里改进为0.05海里。1978年9月在潜艇支队完成了实艇改进试验,获得部队好评,海军决定在全部353甲雷达上推广使用,此项目获1979年电子工业部科技进步二等奖。

353甲雷达已大批生产,成为海军潜艇部队鱼雷攻击作战的主要装备,并先后出口朝鲜、埃及等国。

1974年1月,第七研究院在对七一九所“关于09-I定型艇观通导航设备配套问题请示报告的批复”中明确,选用353甲雷达为09-I导弹核潜艇的配套设备。由于战术技术要求基本相同,为了满足该艇的配套要求,七八二厂决定在353甲雷达的基础上派生出09-I艇用鱼雷攻击雷达,代号为353甲-I雷达。

1975年10月,七八二厂与七一九所共同商定了353甲-I雷达技术要求,报七院、〇九工程办和海司通信兵部备案。353甲-I与353甲两雷达的性能和分机配置基本相同,只是按照09-I艇的配置要求,作了如下改动。

与353甲雷达配套的鱼雷射击指挥仪为691型机电式指挥仪,而09-I艇配置的为696型数字式指挥仪。为此,353甲-I雷达设计了专用的数据传递分机,与696型指挥仪配套。根据09-I艇的配置,在航海室内需有一台雷达分显示器,能复示雷达画面,并可独立测量目标的距离和舷角。为此,353甲-I雷达设计了雷达分显示器,供航海长进行本艇定位及导航。此外,按照09-I艇的舱室和艇体供电情况,对雷达供电方式和舱室波导系统作了相应的改动。

1977年,七八二厂试制出第一台353甲-I样机。在分机调试和整机联试时,解决了显示器扫描线性差,扫描线存在振荡干扰和大量程固定距标不稳定等问题,随后进行了分机例行试验。1977年11月,在上海黄浦仪器厂与696型数字式指挥仪进行了对接试验。1978年11月,在东海舰队潜艇支队进行了海上航行试验。这两项试验均符合技术要求。根据海司通信兵部和海定委对353甲雷达生产定型报告的批复,关于353甲-I雷达的定型,只需对不同部分进行厂内鉴定,然后上报备案,353甲-I雷达将随353甲雷达定型而定型。为此,1979年11月七八二厂与海军驻厂军代表室联合召开鉴定会,并上报备案,该雷达已批量生产并装

备海军部队。

我国海军在成功地仿制了两型苏联中型鱼雷潜艇以后，1966年经中央军委批准开始自行研制035新型常规动力鱼雷潜艇，以便在快速性、适航性等方面提高我海军潜艇部队的作战能力。

1969年11月，海军司令部通过四机部、上海市下达了与035潜艇配套的鱼雷攻击雷达的研制任务，由上海交通大学与上海一〇一厂承担，该雷达代号为358雷达。

1970年10月完成第一台双波段（八毫米和二厘米）性能样机，经海上性能试验，八毫米波段器件的工作稳定性差，寿命短。为此，海司通信兵部1972年以（72）司通字113号文将八毫米改为三厘米，并部分修改了战术技术指标。此后上海一〇一厂退出研制，由上海交大单独继续承担研制。1973年8月完成两台二厘米和三厘米双波段正式样机的加工和调试，1974年3月完成陆上半动态性能试验和例行试验。

358雷达采用双波段提高了抗干扰能力，天线为4~20转每分无级调速、扇面扫描、桅杆不转仅天线旋转的新体制，并采用双波段天线、分频器和双通道旋转关节等新技术。由于配套的桅杆未能按时研制成功，358雷达未能装艇试验。

1980年8月，海司雷达声纳部和六机部科研技术局对358雷达组织鉴定。鉴定会议认为，358雷达的设计图纸资料成套齐全，基本符合四机部标准化要求，测试结果达到1972年下达的主要战术指标，方案可行，设计是成功的，并以（80）六科字277号文批准技术鉴定。至此，该雷达的研制工作告一段落。

在引进的33型鱼雷攻击潜艇的批量生产中，曾经作过一些改进。1976年，为了增强海上攻击能力，对一部分艇改进武备加装导弹，成为33G改进型。经过航天部三院和六机部七院七〇一所调研讨，认为扩大358雷达的功能，提高其测量精度，可以作为33G导弹潜艇的导弹和鱼雷攻击雷达。上海交大雷达研究室对此进行了理论分析和可行性论证，认为方案可行。海军司令部、航天部和六机部1978年8月在北京联合召开会议，对358雷达的改进型即358G雷达的研制予以确认，并正式签订了研制协议书。

358G雷达仍采用二、三厘米双波段发射机，两波段合用脉冲调制器，两波段之间可以方便地迅速转换。天线采用液压驱动，电液伺服阀控制，以4~20转每分的转速作正反向圆周扫描和在任意方向上作扇面角为30~72度的扇形扫描，这种灵活多变的扫描方式大大提高了雷达工作的隐蔽性，把捕捉目标必需的天线暴露时间缩短到最低限度。当天线工作在最小扇面的扇扫方式时，数据率可达每分钟60个，为跟踪目标提供了有利条件。优异的动密封技术和工艺，保证了回转头能够长期承受每平方米40公斤的水压。雷达既能快速测定目标坐标，又能半自动跟踪目标，目标坐标数据可以自动和人工双重录取。

1981年底装艇正样的制作和调试全部完成，并经过岸上和海上模拟以及颠簸、工作稳定性等陆上试验。在此基础上，1982年5月由船舶总公司、航天部和海司雷达声纳部等单位对358G雷达进行了技术鉴定，测试了有关技术指标。会议认为358G雷达的技术性能符合研制协议书和雷达总技术条件的规定，随机文件齐全，鉴定验收会予以通过。1982年9月经陆上半动态精度试验后正式装艇。1983年10月通过系泊试验后交付部队。随后358G雷达完成了海上航行试验、动态精度试验和导弹飞行试验。1985年7月358G随33G艇的导弹武器系统通过了海军、航天部和船舶总公司的联合鉴定。安装358G雷达的351艇在1989年5月参加南海演习，358G的性能明显优于其它潜艇雷达，使该艇在对抗演习中成绩突出，保

证了导弹实弹射击一举命中目标。

358 雷达是我国自行研制的潜艇鱼雷攻击雷达，采用晶体管和电子管分立元件，性能达到国外 60 年代的装备水平。其天线工作方式不仅国内首创，而且领先于国际水平。358G 雷达是 358 雷达的改进型，采用了数字计算技术，部分使用了中小规模集成电路，其主要性能达到国外 70 年代中期装备水平。358 和 358G 雷达分别获 1980 年国防工办重要科技成果二等奖和 1985 年国家科技进步二等奖。

六、快速反应雷达

反舰导弹对水面舰艇威胁的严重性，各国海军是从 1967 年中东战争的“艾拉特”事件以后开始重视的。当时，埃及海军的导弹艇利用苏联的“冥河”反舰导弹连续四发均命中目标，一举击沉以色列的“艾拉特”号驱逐舰。一方面，这说明反舰导弹已经成为大中型水面舰艇日益严重的威胁；另一方面，也说明装备性能落后的老式雷达，既不能发现低空入侵的导弹，也不能适时组织对空防御作战。从而把研制能在海面杂波中发现低空快速小目标的新一类快速反应雷达的任务提到了议事日程。

为了适应现代海战的需要，尽快改变中国电子工业落后的面貌，根据中央军委叶剑英副主席对四机部王净部长报告的批示，1973 年 4 月召开了全国电子装备三结合座谈会。会上草拟了“海军装备发展规划”，在规划中提出 347 型舰用低空防御快速反应雷达系统和 348 型艇用综合火力控制系统等研制项目。会后，海司通信兵部和系统工程部共同提出了具体研制要求，并以(78)司通字 226 号文，向七院下达了 347/348 雷达的研制任务。在 1974 年 4 月召开的电子对抗三结合座谈会(130 会议)上进一步强调了研制这些雷达的重要意义，并且列入研制规划。1974 年 7 月七院以(74)院科字第 194 号文向七二三所下达了论证和研制任务。

七二三所在接受任务后，以 342 雷达研制实践和海军装备科研发展规划情报调研为基础，经过北京、西安等地的初步调查了解，逐步明确了任务要求，并得到海司委托系统工程部下发的论证任务书，作为开展论证和研制的依据。1974 年底写出 347 系统战术技术指标初步论证和方案设想。1975 年 8 月正式组成包括总体、接收、发射、天线、频率合成、数据处理等分机在内的系统论证组，对 347 系统的具体方案、关键技术和主要指标进行了详细论证和计算。在论证中设想，舰载反导武器系统的作战对象是低空、超低空飞航式反舰导弹和高速攻击战斗机，火控雷达的控制武器是以双 37 和 30 毫米速射自动炮，利用近程弹幕有效地进行拦截。

论证确定的方案是由搜索雷达 347S、跟踪雷达 347G 和数据处理机 347C 组成 347 快速反应雷达系统。利用 347S 以高数据率实现对周围目标的搜索和录取，将数据传送给 347C；347C 对收到的目标数据进行加工处理，自动威胁判断，对威胁目标实行边搜索边跟踪处理，按威胁等级同时至少向两部 347G 提供自动目标指示；347G 再对目标进行自动快速捕获跟踪，将测出的目标坐标数据连续传送给火控系统指挥仪，从而实现火力控制。同时要求雷达能为系统校射提供成组弹丸偏差，以供计算机坐标解算输送给指挥仪。

在提出论证报告的同时，还提出了 347 雷达系统所需外协的关键器件开始试制。在所内则开展了部分关键课题的研究试验工作。

1976年5月完成了战术技术论证报告。由于当时347系统的具体装备对象未明确,所以研制工作进展缓慢。

1976年11月在055型大型驱逐舰舰炮射击指挥系统论证工作会议(即5551会议)上,明确由七二三所承担研制347雷达系统,配用该舰的双37副炮系统,并由五机部归口抓总。会议还进一步明确了该雷达系统的作战对象、使命任务、使用要求、系统组成和研制分工,并确定347C由七院七〇九所负责研制。

1977年10月,在扬州由五机部主持召开了347雷达系统方案审查会,正式确定了雷达总体方案。同年12月25日五机部以(77)五机五局字第1305号文批准研制。从此,347雷达系统的研制工作全面展开。在1980年海军提出对051舰进行现代化改装,成为051G舰,该舰的双37副炮也采用347雷达系统,从而使347雷达的研制纳入051G舰的建造计划。

在已经开展的数字式动目标显示(MTI)、频率合成和同轴磁控管发射机等课题的基础上,于1977年10月方案审查会后,347S搜索雷达的研制试验工作进展较快,到1977年逐步完成了各分机的电路试验,同时开始结构设计。到1981年上半年完成单频段科研性能样机的试制,6~10月份完成了全机的整架联试。1981年10~12月在常州奔牛机场进行陆上性能摸底试验。试验内容包括雷达工作状态指标测试,MTI改善因子测定,对地面活动目标(130汽车)、超低空模拟目标改-I型靶机和中低空飞行的轰-五飞机的动态试验以及恒虚警、自动检测的摸底试验。结果表明,整机方案正确可行,整机MTI性能可以保证在强地杂波中发现飞行高度为50~200米的改-I型靶机(雷达截面积为0.1平方米,在12公里处的发现概率达到62%),对高度3公里以下临近飞行的轰-五飞机,作用距离大于38公里,证明性能样机的威力和MTI两大主要性能达到设计要求。

347S雷达在试验后经过必要的修整,于1982年一季度与347C处理机在扬州进行了对接调试。1982年5~12月,双频段性能样机安装在大连七六〇试验场的992双体试验船上,先后在大连海域和海军试验基地一场区进行了海上性能摸底试验。试验内容包括对海鹰2号、上游I甲和鹰击8号(类似法国制造的“飞鱼”导弹)等导弹,对雷达截面积为0.1~0.2平方米的改-I型靶机及水翼快艇、模拟潜望镜等超低空小目标及海面目标的观察,测试了对空、对海最大作用距离和仰角覆盖范围,进行了数字式MTI性能及其舰速补偿试验。在汽车运输过程中,往返长达两千多公里,雷达未发生损坏。试验表明,雷达主要性能均满足技术要求。应特别指出的是雷达对截面积为0.1平方米掠海飞行的鹰击8号导弹打靶的探测很成功。雷达及时发现了它的发射,完整地观测了其全航路,观察到了其脱落的助推器以及最后导弹穿浪飞行的点迹。这是我国首次用雷达对“飞鱼”一类掠海导弹的实际探测,初步验证了347S雷达对掠海小目标能够发现的关键使命是可以完成的。

1983年开始设计定型样机,在设计中强调贯彻一系列指导性文件,例如,1983年13项国标、军标、标准化综合要求及其修改和补充、电讯设计统一要求、元器件老化、筛选规范等。按海军要求敌我识别天线寄生,并加装了场效应管低噪声高放和镜频抑制混频器。同时,加速了悬臂式轻型天线座的研制,采用标准机柜设计,压缩了机柜数量。

定型样机投产两台,其中一台参加了1986年11月到1987年5月连云港七七〇试验场051G舰全武器系统陆上对接联调试验(代号7002)。试验内容包括雷达的标定、与ZKJ-4A作战指挥控制系统对接(347C不再作为一个独立的整机,其功能已并入ZKJ-4A)、系统仿真、对海对空真实目标的试验,以及347S、347G与381甲三坐标雷达的统一触发等试验。

对海目标为炮艇,对空目标为歼-六飞机。试验结果表明,雷达的距离和方位标定及系统对接正确,各零位匹配,各种数字量、模拟量传递无误,各种控制信号、状态和命令信号的静态和动态测试数据正确,对空对海目标的检测和录取性能满足系统要求。

根据(1987)海定字第 777 号文批复的《347S 搜索雷达陆上设计定型试验大纲》,347S 雷达经过全面环境试验军检合格后,于 1987 年 9 月到 1988 年 1 月在锦西连山湾海空域进行了陆上设计定型试验。试验项目有主要技术参数测试,对雷达截面积为 1.5~2 平方米飞机、0.1 和 0.5 平方米赖斯顿靶机及靶艇等目标的威力、精度、分辨力、敌我识别功能,以及可靠性考核等。试验结果表明,主要战术技术性能基本达到了指标要求。

跟踪雷达 347G 的研制,在 1977 年 10 月扬州 347 系统方案审查会议后,考虑到主振放大链发射机所需的大功率栅控行波管和一些关键器件的试制周期较长,为了与导弹驱逐舰的总进度相适应,对 347G 的方案进行了一些修改,并于 1980 年 5 月由六机部船舶系统工程部主持召开了 347G 跟踪雷达的方案复审会,同时,全面开展了关键课题和各分机的方案试验。

1980 年 7 月,六机部船舶系统工程部以(80)系字第 59 号同意《347 超低空快速反应系统跟踪雷达方案复审会议纪要》,七二三所按此会议的要求积极展开了研制工作。

首先对重点课题开展了专题试验,包括单脉冲多普勒接收机幅相一致性的研究,宽带天线多模馈源,双路微波旋转关节,多频点的频率合成技术,利用速率陀螺进行纵横摇稳定的二轴天线伺服系统,数字 MTI、恒虚警及视频积累技术,数字测距机及二轴天线座结构形式和机械参数研究等。

在各重点专题突破的基础上,于 1982 年底开始了整机设计。在相继完成各分机、机柜和天线座的试制和分机调试工作以后,于 1984 年 4 月进行了全机整架联调和有关的例行试验。

1984 年 7~8 月在常州奔牛机场进行动态跟踪试验,包括对轰-五飞机和红-II 型靶机的捕获和跟踪试验,分别测试了最大发现距离和跟踪距离。动态跟踪表明,在没有指挥仪反馈的情况下能连续跟踪过顶目标。对轰-五飞机在高度 150~1000 米各种航路及红-II 靶机的跟踪表明,在强地杂波干扰条件下能成功地实现动目标跟踪。在能见度良好的情况下,对飞机的电视跟踪也是成功的。此外,用电视定性地监视雷达的跟踪性能,表明角跟踪精度高,从而说明全机方案是可行的。

1984 年 9~12 月,在连云港七七〇试验场进行 051G 舰双 37 副炮系统陆上对接联调摸底试验(代号 7001)。347G 雷达与 7802 指挥仪和 715-II 双 37 毫米火炮进行对接试验,检验了接口、信号和坐标数据传送的正确性。系统静态解题试验、系统仿真试验和雷达模拟器试验表明,副炮系统工作正常,跟踪雷达满足系统要求。对海对空真实目标动态试验表明,在无目标指示的情况下,347G 能在较远距离上发现和捕获歼-五飞机目标,并实现连续稳定跟踪,较好地保证了整个火炮系统联试的顺利进行。

1985 年,结合两次试验中发现的技术问题,对雷达技术方案进行了修改和调整,例如,天线座结构和多模馈源,模数变换和角码变换,恒虚警电路,频率合成器。1986 年又根据海军装技部的要求增加了射击偏差解算装置,将雷达测量的弹丸偏差解算为大地坐标系内的平均射击偏差。按照装舰要求投产加工 4 台 347G 正样,参加了 1986 年 11 月到 1987 年 6 月连云港七七〇试验场 051G 舰全武器系统陆上对接联调试验(代号 7002)。试验内容包括

系统的对接、仿真试验、静态解题计算、反应时间的仿真测试、对海对空真实目标的跟踪试验和真实空中目标系统反应时间试验等。以炮艇为海面目标,歼-六飞机为空中目标,分别测试了独立捕获和接受目标指示情况下的跟踪误差。结果表明,347G雷达工作稳定可靠,其性能满足系统装舰使用的要求。

随后,1987年9月到1988年1月,347G雷达连同副炮系统在锦西连山湾海空域进行陆上设计定型试验。对强-五飞机、赖斯顿拖靶、掠海靶、靶艇和炮艇等空海目标进行了对空对海最大捕获距离、最小跟踪距离试验;方位和距离分辨力试验;对空对海校射测偏功能检查、电视跟踪装置的最大发现和跟踪距离及角跟踪精度试验;整机连续工作的可靠性监测;同时,随系统对海固定靶和对空赖斯顿拖靶进行了实弹射击试验。试验结果,347G雷达的最大跟踪距离(人工搜索和捕获目标)对强-五飞机为45公里,对轰-五飞机为57公里;电视最大跟踪距离对强-五为24.6公里,对轰-五飞机为25公里;角分辨力为1.51度,距离分辨力为65米;在能反映雷达跟踪精度的目标距离范围内,角精度为0.2~0.5毫弧度,距离精度为2~6米(随机误差)。在对空射击试验中首次进行了对空虚拟校射,系统根据校射解算装置所提供的数据进行修正,可以看出校射的效果十分明显。

试验后对于频率合成器存在的问题,经过全面分析,修改了方案,样机调试成功后又与雷达整机进行了联试,达到了在全频带内动目标改善因子大于25分贝的技术指标。这种在宽频内频点多达3800点的高瞬时稳定度频率合成器的圆满成功,也为今后研制新一代海军雷达奠定了基础。

1988年5~6月,经过全面军检合格,347S雷达一台和347G雷达两台先后运往大连造船厂安装于051G首舰。在1989年7~12月完成了安装检查,整机恢复,进行了单机和系统交验,并正式交付海军部队使用。

按照海军装备命名的要求,347S改为362,347G改为347。362和347雷达现已批准定型小批生产。

七、综合火控雷达

根据海司通信兵部(78)司通字第226号文,1974年10月在七院论证部组织下,与二十所一起完成了《348艇用综合火力控制系统雷达部分战术技术论证书》,并拟制和上报了研制任务建议书。根据这个建议书,348型综合火控雷达系统,主要装备1000吨以下中小型舰艇,用于搜索中、低空和海面目标,并控制小口径火炮与舰舰导弹。西安四机部第二十研究所(现为机电部二十所)于1974年开始预研。用六年多时间大量搜集分析了国外同类产品的资料,广泛调查研究国内有关的先进技术成果,明确了设计指导思想,并向海军提供了几个方案设想和战术技术任务书建议稿。

二十所在人员、经费和器材等有限的条件下,及时开展了多项专题研究工作。主要有余割平方和特殊赋形搜索天线,宽带单脉冲跟踪天线馈线,主振放大式发射机,脉冲多普勒检测与跟踪技术,边扫描边跟踪技术,高重心轻型稳定平台,前后馈二轴稳定伺服系统,为后来的方案论证奠定了较好的基础。

1979年,海军以(79)司雷字050号文向总参工办呈报了《348雷达系统使命和战术要

求》。1980年8月16日，总参工办下达(1980)参四字第031号文，正式批准。1980年9月，四机部十院(80)院技字第714号文下达了348综合火控雷达系统研制任务。348雷达系统主要由搜索雷达348SR、跟踪雷达348TR和情报处理系统348IPS共三个整机组成(后来分别改称348S、348G和348C)。

为了解决348系统方案中的重大原则问题，1980年10月二十所迅速编报了《348方案初步设想(汇报材料)》上报十院和海军。同年11月十院在北京召开了348方案院内审查会。会后二十所又在方案论证和专题研制方面进行了一年多的紧张工作。1982年2月23日至27日348雷达系统方案部级审定会(822会议)在北京举行。二十所向大会提交了《348综合火控雷达系统方案论证报告》等七个主要文件，会议审定通过了348系统方案。四机部和海军分别以(82)四新字0515号和(82)司雷字014号文转发了该会议纪要。

在方案论证的同时，特别是方案审查会后，二十所集中人员更全面地开展了专题研制工作。348S的预研工作比较充分，在捷变频磁控管等关键器件得到保证的条件下，各项专题迅速突破。1983年进行专题样机整架，并用运-5飞机完成所内试飞。证明整机和分机方案可行。

348C情报处理系统起步较晚，国内尚缺乏经验，所内基础较差，自制综合显示器表页显示器于1980年才起步，比国内兄弟单位迟了3~4年。为验证情报处理系统的体制，利用改装后的352雷达和湖南无线电厂的综合显示器。主机软件委托雷达局软件室编制(二十所参加)，外围控制器(系统接口)由二十所和云南电子设备厂联合完成，计算机选用国产军用小型机DJS-135A，组成了一套试验样机。经过艰苦努力，348C试验样机于1983年底基本联通。

348G的主振放大链，因为1985年以前国内无栅控行波管，先用北京中国科学院电子所的阴调行波管进行试验，1983年底用阴调行波管的主振放大链过关。同时也搞出了点频合成器和用电荷耦合器件的动目标检测器(MTD)，1984年进行了收发联试，联试的主要目的是测试全相参体制下的改善因子，实测值为39分贝，联试取得了成功。高谐振频率的天线座也于1983年加工装配完成，谐振频率为25赫(用磁击法测定)。1984年底也对二轴稳定伺服系统专题(包括天线座)组织了鉴定，陀螺后馈稳定精度1毫弧度(即0.06度)。因为阴调主振放大链电源的电压高、体积大，1985年南京七七二厂提供了栅控行波管，栅控行波管的主振放大链和宽带频率合成器专题于1986年12月完成。从而由专题研究阶段跨入性能样机阶段。

性能样机主要考验产品的战术技术性能，对结构工艺和环境条件等不作全面要求。348S在专题样机试飞前已经开始性能样机的加工，试飞结束后即转入性能样机的装配调试、分机(组合)例试及总装总调工作。

348C在完成试验样机联试后，计算机改用超小型机DJS-135B，包括综合显示器系统接口在内的显控台全部硬件由二十所研制，软件也由二十所编制。作战指挥数学模型，经过几年工作已基本完成。1984年2月，海军领导机关在北京组织了348作战指挥数学模型审定会，原则通过了二十所提出的数学模型，并提出了若干修改意见，同年4月完成了数学模型修改稿正式呈报海军。

1985年7月25日至8月23日，租用运-5飞机对348S、348C性能样机在所内成功地组织了动态联试和飞行试验，测量真值由311甲雷达提供，共飞15架次58航次，试验项目

是威力、精度、反应时间和抗干扰能力。试验结果表明,技术关键已经突破,主要指标基本上达到设计要求,系统、整机、分机方案是正确可行的。

在设计定型样机阶段,首先编制和修订了若干设计指导文件,如靶场试验样机总体设计大纲;标准化要求包括产品设计文件成套性、印制线路的设计、接地规范、可维护性设计、紧固件选用、材料选用及电镀防护等;质量控制文件包括模块级温度循环、应力筛选试验规范、单元/系统环境应力筛选规范、可靠性鉴定试验规范、环境试验总技术条件等。

1985年4月348S设计定型样机投产,1986年6月组装整架调试完毕,7~8月试飞,9月29日向靶场运发。

348S和348C的陆上设计定型试验于1986年10月3日至12月22日在锦西海军第一试验区顺利进行,试验项目有威力、分辨力、抗干扰、反应时间、敌我识别、精度、功能、平台精度和可靠性。试验结果表明,主要战术技术性能达到指标,能够完成规定的主要使命任务。靶试前348S即已进行整机环境试验,靶试后补充348C整机环境试验和348S颠簸和发射机低温试验。348S和348C的环境试验包括低温、低温贮存、高温、潮湿、振动、颠簸和天线平台防水试验。模块筛选与分机(组合)例试在整机调试前已经完成。试验结果满足国标、军标要求。其整机可靠性试验按照国标、军标进行,采用定时截尾法,加温度应力、电应力和潮湿应力。试验结果348C为162小时,达到指标(150小时),348S为93小时,接近指标(180小时)。

348G的专题研究和设计定型样机设计出图是平行交叉进行的,到1985年上半年八单元方案(含天线座)的图纸已出完75%,并准备于第三季度全面投产。原审定方案为六单元方案(五个机柜及天线座),但由于新技术过多,元器件集成度低,致使硬件越来越多,以致增加两个机柜。因不符合海军要求,致使原设计图纸大部分报废,并重新讨论结构方案,按六单元方案重新布局,并随即开始设计出图,1986年第一季度开始投产。

1986年1月,机电部二十七所研制的固态激光器进行了鉴定,海装电子部要求在348G上加装固态激光测距机,考虑到这一因素,天线座进行设计修改。

1987年7月开始电装,到1987年12月底各分机调试基本结束,经过验收陆续交付总站。到12月底全部机器进入总站,全站联通开始联调工作。

1986年初,海军要求取消PPI显示器代以A/R式加P式指针显示天线的方位,随即开始更改设计,并着手进行P式指针标志的研制,该项改进于11月开始,1988年底完成。

1986年10月,037-II艇作战系统首次会议于重庆召开。会议确定火控系统与雷达合台,并上1553B总线,与此相应,原Z-80微机更换为8086加固机9801X,后经1986年11月连云港协调和1987年5月万县技术协调会议,使问题与要求逐步明朗,设计思想更趋明确,并开始着手考虑设计出图。当时的指导思想是等待348G总调完成,进入靶场试验结束后进行更改。

1988年进入总调后,重点是解决放大链的频谱、频率合成器和接收机的问题。这三个问题的解决费时一年半,1988年10月决定频率合成器外协。同时考虑产品的研制进度与其计划要求的差距,决定将348G的状态和037-II要求的状态两步并成一步,也就是以037-II的设备状态进入靶场。

1989年4月,协作的新频率合成器到所,经过例行试验验收装于整机。7月接收机的问题得到解决。此后,整机开始了全面调试。

1989年10月,348G雷达与火控二台开始联试,显示和操控在很短时间内联试成功,但计算机软件碰到了问题,在船舶总公司七一六所和机电部二十所有关同志的共同努力下,软件于12月调试完成,对接联调工作顺利结束。在此之前,雷达于11月进行了低温、高温例行试验。

1989年12月22~26日,全机由军代表室和质量部进行了验收,并进行了八小时的连续工作试验。至此,348G雷达完成全面调试验收,于12月底顺利出所,开始037-II作战系统的陆上对接联调。按照海军装备命名的要求,348S和348C合称363,348G则改为348。

八、近程防御雷达

以341、342雷达为代表的单机火控雷达,在论证时所依据的作战对象是以60年代在我国东南沿海经常活动的F-105、F-111等中低空歼击轰炸机为代表,适当考虑到正在发展的F-4B、F-111A(B)等机型。在这种作战条件下对雷达自动化程度提出的要求是不高的。由于掠海飞行的反舰导弹将成为水面舰艇的主要空中威胁,为了确保舰艇自身的安全,从发现目标到武器射击的反应时间就成为武器系统有效防御的重要战术指标。以单机单控为特点的火控雷达,其本身数据率低,再加上从雷达输出数据到武器开始射击之间的较大延时,显然无法满足现代防御要求。

以347、348雷达系统为代表的新型火控雷达,由于以高数据率搜索目标和目标自动检测,经高速数据处理机实时处理,与全舰作战指挥系统共同组成一个完整的舰载武器系统,使舰艇防御的总反应时间大为缩短,从而使低空防御和反导能力向着现代作战水平迈出了关键的一步。

1983年前后,国际上以英国和阿根廷在大西洋上发生的大规模海空战争为典型战例,对水面舰艇的近程防御和反导系统的设计和使用提出了一些新的课题。为了更加有效地拦截掠海飞行导弹和高仰角俯冲导弹,迫切要求在已经研制的347/348雷达系统的基础上,研制新一代舰炮反导防御雷达系统。

1982~1983年上半年,根据国家经委军工局的指示,机电部二十所和兵器部八四七厂提出了以348综合火控雷达系统和623舰炮为基础的349“三位一体”系统方案,同时提出了系统中有关成败的关键问题。

1983年,船舶总公司第七研究院根据海军装技部科字084号文安排了近程反导武器系统的论证工作。船舶总公司七一六所负责系统和指挥仪,七二三所负责搜索雷达和跟踪雷达,七一三所负责火炮和弹药的研制,并提出了模块式配置的系统方案,代号838。

1983年11月海装兵器部在武汉召开了“近程防御系统研讨会”。会上就船舶总公司和机电部的方案展开讨论。认为在我国开展近程防御系统的研制工作的条件已趋成熟,建议国防科工委和海军早下决心。

与此同时,349系统的各厂所,自筹资金加速开展了一些关键课题的研究。

在陕西省科工办等单位的组织协调下,积极开展了“三位一体”(或“二位一体”)复合抗振技术、复合伺服控制技术、坐标系统及坐标转换技术、微机群及机内检测技术、次口径脱壳穿甲弹技术等方面的研究,并取得了一批有用的成果。

1984年9月由科工委主持在北京召开了“近程防御可行性方案评审会”。二十所介绍了“三位一体”(搜索、跟踪、火炮)和“二位一体”(跟踪、火炮)的系统方案及其可行性。有关厂所还介绍了349系统中的脉冲多普勒技术、动目标检测器技术、低仰角跟踪技术、闭环校射技术、630火炮设计方案、炮塔和伺服跟踪技术等研究情况和仿真结果。船舶总公司对于分散式方案及其可行性与关键技术的研制情况详细作了汇报。

1985年7月3日科工委在北京召开了“反舰炮武器系统预研方案评审会”(即8573会议)。参加会议的有总参有关部、科工委各部局、电子工业部、兵器工业部、船舶总公司和海军。会议对海军上报的反舰炮武器系统战术技术要求进行了讨论修改,对分散式和集中式两种方案进行了评审。最后确定采用跟踪雷达与火炮相结合而搜索雷达单独配置的“二位一体”6管80毫米口径火炮反导系统方案,开展七个主要课题的预研。会议明确了组织形式和各工业部的分工,由船舶总公司系统工程部负责系统抓总,机电部二十所负责雷达系统抓总,将型号正式命名为“八五七”工程。会后,经船舶总公司与机电部协商,由二十所承担跟踪雷达研制,七二三所承担搜索雷达的研制,七一六所负责火控指挥仪等的研制。从此开始转入有型号背景的课题研究。

857雷达系统是“八五七”近程防御系统的重要组成部分,将采用80年代的最新技术,相当于美国密集阵武器系统中雷达的性能,用于装备海军500吨以上的各型水面舰艇。

主 要 产 品

一、341型舰(艇)用双30/37炮炮瞄雷达

341炮瞄雷达是根据《双30毫米口径火炮射击指挥系统战术技术任务书》和海军司令部对该系统论证的批复,由上海无线电二厂承担研制的。341雷达装备各种中、小型舰艇,是舰(艇)载双30/37火炮武器系统的火控雷达。雷达具有独立的搜索能力,可以发现并跟踪空中和海上目标,它与方位水平仪(或平台罗经)、指挥仪和火炮等协同工作,完成对目标的自动射击任务;配合651甲完成敌我识别。雷达还可以为本舰艇作辅助导航。

341雷达从1970年开始研制,1977年5月制成首台正式样机,1983年由海定委批准设计定型。1983年以合同形式将341雷达的生产任务转到贵州都匀第四一〇厂。四一一〇厂于1985年底制成首机装舰,并于1987年开始对341雷达加装电视跟踪系统。加装电视跟踪仪的改进型雷达于1988年通过技术鉴定并正式装舰。海装电子部命名加装电视跟踪仪的341雷达为H/LJP-341A炮瞄雷达。341(A)雷达已批量生产装备海军舰艇。

341A雷达由天线座、舷角高低角控制机柜、距离控制机柜、电视跟踪控制组合、配电箱、信号指示箱、变频机组及其控制设备等组成。

341(A)雷达搜索系统的发射机采用软性调制器,从而提高了发射效率;搜索天线为缝隙天线,产生片状扇形波束;搜索接收机采用低噪声高放、时间灵敏度控制和抗同频异步脉冲干扰电路。

341(A)雷达跟踪系统采用比幅单脉冲体制,二、三厘米双波段工作。两个波段的的天线分别为抛物面前馈式和卡塞格伦式。跟踪接收机采用瞬时自动增益控制电路、近程衰减;角控系统为变伺服带宽、变伺服增益系统,可以对目标在舷角、高低角和距离上实现全自动跟踪。在火控系统对空进行虚拟校射时,雷达可指示弹丸相对虚拟点的角度偏差量。电视跟踪系统能对目标进行无源角跟踪,跟踪门自动搜索目标,通过电视监视器还能观察目标状况和弹着分布。

雷达天线座由机电式稳定平台控制,与平台罗经(或方位水平仪)同步协调保持天线的水平稳定,从而能向指挥仪提供稳定的目标坐标数据。角控系统采用测速机提供速度正反馈变带宽方式,取代了指挥仪再生反馈系统,既满足了跟踪精度和跟踪加速度的要求,又使系统简化,便于调整、使用和维护。

天线座结构紧凑,搜索和跟踪系统的三个发射机都安装在天线座上,省去了波导关节,缩短了馈线,从而减小了功率损耗。

主控台由两名雷达兵操作。角控操作手通过PPI显示器观察搜索全景,发现目标;距控操作手通过A/R显示器观察跟踪系统回波,进行捕获并转入对目标的全自动跟踪。操作手可通过电视监视器观察目标,对目标进行电视角跟踪。

341A雷达参与并完成了PL-8/715-I舰炮与对空导弹系统的对接试验和实弹射击打靶试验,341A雷达作为唯一的传感器向系统提供目标的实时坐标。341A雷达可与PLX-H₂型雷达模拟训练器对接,用做模拟训练。

341雷达为我国自行研制的海用第一代小口径炮炮瞄雷达,填补了我海军舰艇有火炮而没有火控雷达的空白,其技术性能达到国外60年代中期的装备水平。341A雷达在我海军首先实现了正式装备的舰载炮瞄雷达的光电一体化。341A雷达已随舰艇出口。

341(A)雷达对歼击机的搜索和跟踪距离分别为 30 公里和 25 公里；舷角跟踪角速度为 60 度每秒，舷角跟踪角加速度为 55 度每二次方秒；高低角跟踪角速度为 50 度每秒，高低角跟踪角加速度为 45 度每二次方秒；距离跟踪精度优于 15 米；角跟踪精度优于 1.5 毫弧度；稳定平台纵、横摇角复现精度优于 2 毫弧度(均方值)。

上海无线电二厂研制的 341 雷达 1984 年获得电子工业部科技成果一等奖。

二、343 型舰用双 100/130 炮炮瞄雷达

343 雷达是根据《343 舰用双 130 炮瞄雷达主要战术技术要求》及海司通信兵部对该要求的批复，由机械电子工业部二十所研制的。343 雷达装备在驱逐舰和护卫舰上，与稳定瞄准部位、指挥仪和双 130/100 舰炮组成射击指挥系统。343 雷达根据警戒引导雷达的目标指示，精确测定水面或空中目标的坐标，测量向水面目标射击的弹着水柱相对目标的偏差，其主要任务是对海跟踪校射，并兼顾对空跟踪。

二十所于 1968 年 10 月开始研制 343 雷达，1979 年通过设计定型，并转交国营第四一〇厂接产。1981 年四一一〇厂生产的首台 343 雷达出厂交付船厂，并于 1982 年 11 月通过转厂生产鉴定。为提高雷达抗干扰能力，四一一〇厂于 1986 年研制成 X 波段 343 数字跟踪频率捷变系统正式样机，并通过技术鉴定。随后，加装激光测距机、电视跟踪仪，同时又采用频率捷变系统，并命名为 H/LJP-343A 雷达，现已鉴定出厂，装备 053H₂G 首舰。343、343A 雷达已由四一一〇厂批量生产装备海军，并随 053HT 舰出口泰国。

343 雷达的天线、收发机柜等安装在稳定瞄准部位上，雷达舱内有距离测量机柜、舷角测量机柜、高低角测量机柜、偏差测量机柜和配电箱等。343A 雷达的激光、电视头装在天线座上，光电控制柜安装在雷达舱内。雷达操作手为四人。

343 雷达有三厘米、二厘米两个波段。三厘米波段四点机械跳频，是工作波段；二厘米是备用波段。343A 雷达将原三厘米波段改进为非相参数字瞬时跟踪频率捷变系统，工作模式为国内首创，频率跟踪精度优于 0.6 兆赫，跟踪速度优于 6.1 微秒，在国内领先，和国际先进水平相当。343A 雷达加装电视、激光后成为全光电一体化舰载炮瞄雷达。343A 雷达极大地提高了抗干扰能力。

天线反射体是由玻璃钢制成的不对称切割抛物面。由上、下两栅组成的辐射栅以 25 周每秒的速度旋转，形成上、下两个波束；辐射栅的波束在方位上作 ± 3 度的快速电扫。这种上下波束线性扫描体制的雷达，具有良好的对海跟踪校射性能，回波识别系数高，抗干扰性能好，但对空性能较差。

角度跟踪系统是一个二阶无静差系统，采用由速度电位器和测速电机组成的机电积分回路作速度补偿。方位支路是比较一次扫描中 50 赫正弦基准电压零点两侧回波脉冲的多少来获取误差信号；高低支路是比较上下波束的回波脉冲的幅度来获取误差信号。

距离跟踪系统也是一个二阶无静差系统，用积分放大器作速度补偿；误差信号是用移相正弦波作为基准信号分割回波脉冲进行能量比较来获得的。

雷达的偏差显示器，能在 ± 3 度、 ± 1 海里范围内测定弹着水柱偏差。

343(A)雷达的自动跟踪距离：对海：三厘米波段 17 海里，二厘米波段 14 海里；对空：三厘米波段 40 公里，二厘米波段 22 公里。自动跟踪精度：距离：随机误差 22 米(均方根

值), 系统误差 22 米。舷角: 随机误差 1.88 毫弧度(均方根值), 系统误差 1.88 毫弧度。高低角: 随机误差 2.8 毫弧度(均方根值), 系统误差 2.8 毫弧度。

343(A)雷达对 130 炮弹着水柱的作用距离: 三厘米波段 16 海里, 二厘米波段 14 海里。对弹着水柱偏差的测量精度: 距离 25 米(均方根值), 舷角 2 毫弧度(均方根值)。

四一一〇厂接产后经过几年质量攻关, 生产工艺成熟, 质量保证措施完善。1982 年四一一〇厂对 343 雷达进行首次可靠性试验, MTBF = 40 小时; 1985 年 4 月进行第二次可靠性试验, 累计开机 87.6 小时, 无故障, MTBF ≥ 50 小时, 超过指标的 40 小时要求。

四一一〇厂生产的 343 雷达 1988 年获电子工业部部优产品称号。四一一〇厂研制的数字跟踪频率捷变系统 1987 年获贵州省科技进步三等奖。

三、352 型舰(艇)用导弹攻击雷达

352 型导弹攻击雷达是以苏制“浪谷特”雷达为蓝本, 根据我国海军舰(艇)的具体要求试制的。后根据海军的需要又派生出 352 甲、352 乙和 352 丙雷达。

“浪谷特”雷达是 60 年代初从苏联引进来的, 先后安排七二〇厂、上海无线电四厂、七二二厂等单位进行试制。七二二厂是从 1969 年初起开始试制的, 1970 年底制成正式样机并投入批量生产, 1975 年生产定型。

从 70 年代起, 七二二厂对苏联样机存在的问题进行了多次的攻关改进。比较好地解决了稳定性、可靠性问题。随着电子对抗事业的发展, 352 雷达的四点频跳周系统已不能满足部队的实战要求了。为此, 从 1980 年起开始试制捷变频体制的 352 丙雷达。1983 年完成了性能样机, 1985 年完成了鉴定, 1986 年设计定型。此后, 352 雷达停产。以后出厂的皆为 352 丙雷达。

352 型雷达采用两个收发机共用一个天线的 X 波段边搜索边跟踪的复合体制, 平时工作在小功率(导航)状态, 以保证舰(艇)在雾天、雨天及夜晚等能见度不良的情况下安全航行。在战时工作在大功率状态(搜索-跟踪), 以用于搜索、发现海面目标, 选择导弹攻击对象, 精确地测出目标的瞬时坐标及运动参数并连续地、平稳地送给射击指挥仪, 最后完成对上游 1 号、海鹰 1 号等舰(艇)导弹的制导。

352 雷达由天线稳定装置、收发装置、显示器、自动计算装置、分显示器、电源和控制装置、跟踪系统放大器、舰艇航向转发器、识别系统天线同步器、回波箱、天线稳定控制器、天线稳定控制液压泵、电源补偿器等 13 个分机及一台交流机组组成。全机重 1 吨左右。

352 型雷达的天线采用高增益(35 分贝)、低副瓣(25 分贝)的切割抛物面结构。波束宽度为 0.5×2 度。为保证在恶劣的海情下导航及跟踪目标, 由天线稳定控制器和天线稳定控制液压泵对天线进行水平稳定, 以保证在纵摇 6 度、横摇 15 度的舰(艇)摇摆角内使雷达天线处于水平位置(误差为 1 度)。

352 型雷达的收发装置分为小功率导航和大功率攻击两部分。由三位波导转换开关进行控制。两个收发分机共用一个主中放以提高可靠性。为保证最大作用距离, 大功率部分采用宽带行波管放大器及平衡混频器, 其灵敏度为 -123 瓦分贝。大功率部分的发射机采用磁调制器型式, 其特点是体积小、可靠性高。为了对抗机械式的瞄准干扰, 它采用了三个重调机构, 以使磁控管、速调管、预选器在 400 兆赫的范围内同步跳周。

352 雷达有三个显示器,主显示器里 P 式显示器供雷达兵观察舰艇周围水域,根据舰(艇)长的指令将被测目标引到跟踪范围内。主显示器的 B 式显示器用于对选定的目标进行精密跟踪,保证将目标的运动参数平稳、连续地传送给射击指挥仪。分显示器为 P 式显示器,它是主显示器里 P 显示器画面的重现,供舰(艇)长观察海面水域,选择攻击目标并给雷达兵下达攻击命令之用。分显示器中设有计算目标速度和舷角的组件,供舰(艇)长了解目标的运动变化,有利于战斗决策的制定。

352 雷达的计算装置由自动计算装置、跟踪系统放大器、显示器、电源和控制装置等分机组成。它是一种机电式模拟装置,用于将选定的目标距离、舷角、距变率、横移率准确地计算出来,连同风速、风向的纵向分量和横向分量一起自动、连续地传送给射击指挥仪。

352 雷达经部队多年使用证明,从系统的反应速度、精度、可维修性、可靠性等方面来看都能满足部队的实战需要。最大的不足之处是抗干扰能力太差。为此,将机械跳频改为脉内捷变频体制。为了便于 352 雷达的改装(将 352 雷达改为 352 丙雷达),除收发分机、电源及控制装置重新设计外,其它分机一律不予变动,并且规定这两个分机的对外接口都不能变。为此 352 丙雷达采用非相参的频率捷变体制,捷变范围在 400 兆赫以上,变频速度达到脉内几千赫,这样的范围与速度就足以对付窄带的电子瞄准式干扰了。为了稳定跟踪,本雷达采用冷热跟踪系统,即用冷态跟踪磁控管的腔体谐振频率,再用热跟踪将本振频率调到高于磁控管频率 30 兆赫,误差为 2 兆赫,使信号始终落在中频带宽以内,保证雷达的最大作用距离。为保证最佳的捷变频效果,在电源及控制分机面板上装有磁控管腔体转速可调装置。为了不暴露中心频率及捷变范围,本雷达装有频率锁定装置,使雷达平常处于开放频率。

352 丙雷达属于 80 年代初的水平,获 1986 年电子工业部科技进步二等奖,广西区科技二等奖。

四、353 型潜艇雷达

353 型潜艇鱼雷攻击雷达是苏制“海鸥”雷达的仿制产品,由机电部十四所和七八二厂承担了仿制和改进生产。七八二厂在批量生产过程中根据使用部队的要求和配装不同类型的潜艇,先后改进研制成 353 甲和 353 甲-I 雷达。

353 雷达在短时间内对周围海域进行搜索,测定目标的精确坐标,将测出的目标距离和舷角送入鱼雷发射指挥系统实施鱼雷攻击。当雷达用于导航时,天线连续旋转。

353 雷达从 1964 年正式开始仿制,1965 年生产出第一台样机,其改进型 353 甲雷达的第一台样机于 1970 年制成,353 甲-I 雷达的第一台样机是 1977 年制成的。1975 年海定委批准 353 甲雷达生产定型,对于 353 甲-I 雷达的不同部分则于 1979 年进行了厂内定型。各型 353 雷达均已批量生产装备部队。

353 雷达为 X 波段脉冲制雷达,由天线、接收发射机、P 式显示器、测试检查、自动同步发送机、B 式显示器、坐标发送器、电源变流机组分机组成。

天线为不对称切割抛物面反射器,安装在升降回转桅杆装置上。353 雷达发射机采用可调磁控管和仿真线型软性闸流管调制器。353 甲雷达则采用双磁控管,共用刚性调制器。P 式显示器用于观察周围情况,搜索和选择攻击目标,测量目标的坐标和保证潜艇导航。目标

精确坐标的测量利用B式显示器,它与距离和舷角发送器分机机械连接,以便向鱼雷射击指挥仪发送目标坐标数据。测试检查分机用于检查波导系统的行波系数、发射机的平均功率和接收机的灵敏度。

353雷达为苏联50年代的产品,经过我国仿制和多项改进,不论在战斗使用上还是在技术性能上均有很大提高。雷达的最大作用距离达到视距,最小作用距离为100米,测距精度为20米,测角精度为3.0毫弧度,接收机灵敏度优于118分贝。353甲雷达的近距离改进项目获1979年电子工业部科技二等奖。

五、347 快速反应雷达

347型快速反应雷达系统是根据1973年海军装备规划和海军司令部以(73)司通字226号文下达的任务,由扬州船舶总公司七二三所承担研制的,主要用于装备各型水面舰艇,作为舰载末端防御系统的组成部分,配用双37毫米舰炮,对飞行高度在300米以下的近程、超低空舰舰、空舰飞航式导弹、舰载攻击机及海上目标进行搜索、敌我识别、威胁判断和精确跟踪。具有对空弹丸和对海弹着水柱的测偏功能,配合舰载射击指挥控制系统完成实时射击和虚拟校射。

该雷达系统在研制初期由搜索雷达347S、跟踪雷达347G和数据处理机347C三部整机组成。在051G舰上数据处理机的功能已纳入该舰的指挥控制系统ZKJ-4A。347S和347G也可单独装舰使用。

整个系统从1974年开始论证和预研,自1977年方案审查会后全面开始研制。347S性能样机在1981年整架联调,1983年修改设计后的设计定型样机于1987年9月开始陆上设计定型试验和海上试验。347G性能样机在1984年整架联调,设计定型样机也在1987年9月进行陆上设计定型试验和海上试验。

347S搜索雷达主要由天线座、发射、接收、高频箱、伺服、信号处理、显示主控等部分组成。该雷达为H波段同轴磁控管宽带多点变频双频分集自适应动目标显示技术体制,具有超低空补盲和多种抗干扰手段,可以在较强的各种杂波背景下以高的数据率发现小型低空目标。主要采用了下列关键技术。

双波束特殊赋形高增益天线。低波束增益大于34.5分贝,利于探测远距离低空和海面目标,高波束形成在0~10度仰角内的超余割赋形,利于探测海面杂波背景中近距离高仰角小目标,采用喇叭赋形、多功能微波开关完成探测区间的双波束自动转换。

低噪声轻型天线稳定平台。天线转速为30转每分,采用力矩电机直接驱动使天线旋转机械噪声大为降低,同时减轻了重量,利于提高天线的安装高度,在相对风速较大时有较好的机械性能,采用积木化设计使加工和装配工艺简单,从而提高了可靠性、可维性,在国内同类产品中居领先地位。

自适应数字式动目标显示。可以在各种杂波背景和箔条干扰中发现小型高速运动目标。由于舰艇运动和风的影响,使杂波具有不同的多普勒频率特征,动目标提取设备圆满地补偿了舰艇运动影响并对这些杂波具有自适应能力。

良好的机内稳定性。包括脉间幅度和宽度稳定的发射机调制器,脉间频率稳定度高的同轴磁控管,毫秒级稳定度为 10^{-9} ~ 10^{-10} 的频率合成器本振,高锁相精度和频率稳定度的相

参振荡器以及高精度磁控管调谐自动频率微调系统等。

低噪声接收机。采用新波段低噪声场效应晶体管高放和镜频抑制混频器，以获得规定的接收机灵敏度。

恒虚警处理、视频积累和自动点迹提取。实现了全方位目标自动检测录取，提高了雷达自动化水平，缩短了系统反应时间。恒虚警率处理有效地防止了雷达信息二次加工和计算机过载。

347G 跟踪雷达主要由天线座、发射、接收与频率合成、伺服、信号处理、显示操控等部分组成。该雷达为 I 波段数字动目标多普勒处理单脉冲角跟踪体制，配有电视跟踪，可以快速精确跟踪海上低空小目标，主要采用了下列关键技术。

数字二轴天线控制系统，减轻了天线座重量，提高了对目标的跟踪速度和加速度。在计算机控制下实现目标自动指示，天线多种方式的自动扫描，目标自动捕获。采用速率陀螺反馈以克服舰艇摇摆对跟踪精度的影响。

宽带卡塞格伦多模馈源天线，使馈线三路相位一致，在全频带内满足性能指标，适应频率捷变体制的要求。

数字动目标处理，恒虚警电路和视频积累器，在复杂的电磁环境和密集的信号条件下对跟踪的目标实现自动捕获。

宽窄带多普勒跟踪接收机抑制跟踪状态下的海杂波，保证了对超低空目标的捕获与跟踪。

在国内首次实现了自动弹丸及弹着水柱的测偏技术，提高了系统射击的命中率。

采用多种抗干扰技术，配有电视跟踪装置，伪随机脉冲重复周期，双接收机抗距离拖引干扰，提高了雷达工作的可靠性。

如上所述，347 雷达系统通过多次大型试验证明，已圆满完成赋予该雷达的战术技术功能。可以处理多达 64 批目标；其边搜索边跟踪目标指示的方位和距离总均方根误差为 0.3 度、35 米；角度和距离的跟踪中值误差为 1.34 毫弧度、10 米；变频带宽为 10%（跟踪）和 8%（搜索）；对海杂波的动目标改善因子分别为 22 分贝（搜索）和 25 分贝（五级海情下跟踪）；从搜索雷达发出目标指示到跟踪雷达稳定输出数据的系统反应时间达到 3 秒左右；可靠性指标：MTBF 为 100 小时，MTTR 为 30 分钟。从而使雷达系统的性能达到国外 70 年代中后期水平，与英国的 ST-802、瑞典的 9LV200 等雷达的技术性能相似。目前，347S 和 347G 已装备 051G 导弹驱逐舰。按照总参关于装备命名的要求，347S 改称 362，347G 改称 347。

六、348 综合火控雷达

348 型综合火控雷达系统装备大型导弹艇、反潜护卫艇和自控双水翼艇等 150~1000 吨的舰船，对空中和海上目标进行监视，并控制对海导弹和小口径火炮向目标实施火力攻击。

该雷达系统由搜索雷达 348S、跟踪雷达 348G 和情报处理系统 348C 三部整机组成，也可以仅由 348S 和 348C 组成系统，348G 还可以单独使用。

348 雷达系统由机电部二十所 1974 年开始研制，1982 年 2 月开展型号研制。348S 和 348C 已完成了陆上和海上设计定型试验，首台样机装备 053 型 544 导弹护卫舰使用。348G

也完成了陆上设计定型试验, 348G 首台样机和第二台 348S、348C 已装载在 037-II 新型导弹护卫艇上试验和应用。

348S 搜索雷达主要由天线和稳定平台、发射机柜、接收伺服机柜和信号处理机柜等四部分组成。该雷达能在消极、积极干扰条件下, 对空中和海上目标进行监视, 录取点迹, 并能兼顾导航。为此, 采用了多项先进技术。

其赋形天线最大增益方向的增益达到 30 分贝, 并赋形到 25 度, 以便覆盖 6000 米以下的空域, 要求成形精度高(公差小于 0.5 毫米均方根值), 为适应海上条件采用钛合金钢。

天线稳定平台架设在桅杆上, 要求在风速为 40 米每秒、最大横摇 20 度(周期 5~7 秒)或纵摇 10 度(周期 2~4 秒)的情况下达到 0.5 度的稳定精度, 平台以上的整个重量不超过 400 公斤。

低损耗馈线。天线到收发机之间的距离为 15 米, 为了保证作用距离, 要求馈线系统和所包括的微波元件的单程损耗不大于 2.5 分贝。

采用磁控管频率捷变技术抗积极干扰, 变频带宽大于 6.3%, 在接收机中采用相应的跟踪本振。

数字动目标处理技术考虑到船速和固定目标、多种消极干扰的多普勒频率特性不同, 而对多种不同干扰源能自适应, 并设有恒虚警电路、高稳定度本振和相参接收机。

信号的自动检测录取, 在天线做 360 度方位搜索时可自动或半自动将全空域的目标检测出来, 录取目标坐标并送中心计算机进一步处理。

研制的低噪声高频放大器和镜像抑制混频器, 使接收系统的噪声系数达到 5 分贝以下。

348G 跟踪雷达由跟踪显控台、跟踪指向器、发射机柜、接收机柜、伺服功放机柜、伺服机柜组成, 为全相参单脉冲雷达并配有电视跟踪和激光测距。具有下列关键技术。

宽带单脉冲天线的带宽为 10%, 零值深度 26 分贝, 副瓣电平 20 分贝。其宽带馈线的相位平衡为 ± 10 度。

频率合成器主振放大式发射机, 瞬时频率稳定度 $10^{-9} \sim 10^{-10}$, 带宽 10%, 可以脉间、脉组和自适应变频, 变频速度为 2 微秒, 在频率合成器频带内的杂散信号电平为 -50 分贝, 相位噪声为 -80 分贝, 固态调制器体积小、重量轻。

在搜索支路采用电荷耦合器件两次对消和四点离散傅里叶变换以及恒虚警电路组成的动目标检测器。

二轴稳定快速跟踪伺服系统采用方位水平仪前馈和测速陀螺后馈技术补偿舰艇摇摆, 采用微机反馈修正技术减小大角度加速度时的动态滞后误差, 并研制出高刚度、高谐振频率的天线座。

采用偏轴跟踪和频率捷变低角跟踪技术补偿低仰角时的多径效应, 以保持跟踪精度。

跟踪雷达配有激光测距及电视跟踪, 当雷达受到干扰时转入光电跟踪。此外, 可用电视进行低角跟踪。

激光测距仪射角为 2 毫弧度, 作用距离大于 10 公里, 重复频率 10 赫, 放在天线座上的重量不大于 30 公斤。

电视跟踪器的视场角为 1.5 度, 对歼-六飞机的跟踪距离为 10~12 公里, 均方根跟踪精度不大于 0.5 毫弧度。

348C 情报处理系统利用搜索雷达和敌我识别器等传感器送来的海、空目标信号进行多

目标跟踪, 图像编辑和显示, 对目标做出威胁估计、敌我识别、空海区分和武器分配, 并能进行航行辅助计算。主要关键技术有:

边搜索边跟踪数据处理: 对搜索雷达送来的目标点迹进行相关相联, 跟踪滤波, 以提高输出数据的正确性和精确性。

自主式综合显示器: 以综合显示一次、二次图像。

表页显示器: 显示经中心计算机处理后的各种数据。

系统软件: 全系统的操作、控制和运算通过系统软件由中心计算机自动或半自动进行, 必要时可以人工干预。

由于采用了上述各种先进技术, 使 348 雷达系统实现了较高的战术技术指标。可以处理的目标批数为 16 批(原型)和 32 批(037-I 艇); 边搜索边跟踪目标指示的方位和距离总均方根误差, 对海为 0.3 度、50 米, 对空为 0.5 度、150~200 米; 角度和距离的跟踪中值误差为 1 毫弧度、12 米; 捷变频带宽为 10%(跟踪)和 6.3%(搜索); 对地物杂波和海杂波的动目标改善因子分别为 22 分贝、20 分贝(搜索)和 36 分贝、30 分贝(跟踪); 从搜索雷达发现目标到情报处理系统送出指示数据的系统反应时间 ≤ 5 秒; 可靠性指标 MTBF: 348S 为 180 小时, 348G 为 100 小时, 348C 为 150 小时, MTBR 皆为 45 分钟。

1987 年 10 月由海装电子部和电子工业部系统工程局联合召开的 348S 和 348C 鉴定会认为, 该雷达的战术技术性能基本满足战术技术任务书的规定, 相当国外 70 年代中后期水平, 军用微机的硬件和系统软件达到国外 80 年代初期先进水平。

348G 尚未鉴定, 雷达中应用的关键课题均已过关, 由于起点高, 目前仍居国内领先水平。

整个 348 综合火控雷达系统与 70 年代中后期装备的瑞典 9LV200MK2、美国的 CST 系统、法国“织女星”系统的水平相当。现在, 348S 和 348C 合称 363, 348G 改称 348。

大 事 记

1958年

8月 海军向青岛通信学校下达舰用双30炮瞄雷达(代号701雷达)的研制任务。该校于次年1月完成其战术技术论证。

1959年

2月4日 中国与苏联签订第二次海军订货协定(即《二四协定》)。由苏方向中方转让制造四型舰艇(导弹潜艇、中型鱼雷潜艇、大型导弹快艇和小型木质导弹艇)的技术资料。其中导弹快艇的双30炮瞄雷达缺装。

1960年

2月27日 在青岛海军通信学校召开701雷达方案审查和协作会议。

1961年

7月30日 国防部七院第七〇六研究所(水声电子研究所)在北京七〇一厂召开成立大会。1962年3月搬迁到湖北宜昌市原“八一”钢厂,同年12月又搬迁到武昌原海军第一预校校址。该所第七室为雷达研究室,1965年改为第九研究室。

10月1日 西安二十所建成,为无线电导航技术研究所。1963年增设雷达专业,成为无线电导航与火控雷达研究所。

1963年

2月~7月 七〇六所雷达室进行了双30炮瞄雷达战术技术论证,并于7月在郑州会议上汇报。

1964年

11月4日 召开“烈雅”(Рен)雷达专题会议。会议由四机部张挺司长主持,刘寅副部长、国防工办、第十研究院、六机部、天津市二机局领导参加,决定由天津进行仿制。

12月12日 天津市二机局确定以渤海无线电厂为主,电子仪器厂参加,承担“烈雅”雷达试制任务,并向市长作了书面汇报。

1965年

2月20日 四机部决定将十四研究所的“烈雅”雷达样机及资料调拨给渤海无线电厂。

仿制“烈雅”雷达定名为351雷达。四机部下达试制351雷达计划，第一批仿制2台，从此试制开始。

4月~7月 七〇六所雷达室进行了双37炮瞄雷达战术技术论证，提出了论证报告。

10月27日 海司通信兵部与天津渤海无线电厂签订了“烈雅”鱼雷攻击雷达试制协议书。

11月 七〇六所雷达室组成双37炮瞄雷达论证组，进行战术技术论证工作。

经国防工办批准，四机部11月9日发文，确定将352导弹攻击雷达由七二〇厂转交上海无线电四厂(上无四厂)试制生产。七二〇厂自1963年开始仿制苏联的“浪谷特”导弹攻击雷达，国内代号为352。七二〇厂将全部样机、资料、试制成果和20余名技术人员调给上无四厂。

1966年

3月20日 七院在郑州召开海37火控系统论证会议。七〇六所雷达室负责雷达部分的论证。于5月15日提出论证书第一稿，修改后发至七八八厂。

6月 第一批试制的第一部351雷达交付海军试用。该雷达于1月开始例行试验，5月26日完成海上试验。

根据四型舰艇技术协调和设备定点会议(315会议)精神，七〇六所雷达室与第六研究室联合研制舰用情报中心装置(定名为673项目)，同时提出研制舰用副炮炮瞄雷达，定名为341。

1967年

2月 完全按照苏联的设计，完成了“烈雅”雷达的仿制阶段，从1965年开始，共试生产了5部351雷达交付海军试用。

4月 军委第64次常委会批准海军装备科研规划，包括051舰等。

8月 四机部向七八二厂发文，下达357型快艇鱼雷攻击雷达研制、生产任务。

11月22日 七院军管会给七〇六所发文通知，该所雷达室将组建海军炮瞄雷达研究所。1968年2月27日再次发文，确定组建工作负责人。

12月28日 国务院军工产品定型委员会同意仿苏“烈雅”型的351鱼雷攻击雷达生产定型。除第一批试制2部外，第二批试制3部，第三批试制了10部。

上无四厂自1966年开始试制352雷达。1967~1968年试制出5台，并转入小批生产。同时对苏联产品进行了部分改进，改进后命名为352乙雷达。

1968年

4月10日 国防科委提出海军炮瞄雷达研究所以七八六厂、七八八厂设计所炮瞄雷达的部分人员加上七〇六所雷达室组成，在哈尔滨建所。此项决定在“文革”中受到严重干扰未能实行。后来七〇六所雷达室逐步发展，组建了七二三所即海军炮瞄雷达研究所。

5月 七二三所承担研制的炮瞄雷达(341)开始进行战术技术论证。

9月4日 七院给七二三所转发了国防科委的决定,同意七二三所到青岛市过渡建所。

9月 根据海司通信兵部下达的设计任务书,进行357雷达设计方案论证。

11月29日 国家计委、国防科委和国防工办给山东省发出了《关于安排两套雷达、指挥仪的研制、试制、生产任务的通知》,明确双37炮瞄雷达及双57指挥仪定点在青岛市,技术由七院负责,试制生产由山东省承担。

根据051舰武器系统技术要求,四机部发文给上无四厂,提出以352为基础,试制、生产352甲舰用导弹攻击雷达。

1969年

1月 四机部确定国营七二二厂承担352雷达试制生产任务,作为该产品第二生产点,由上无四厂提供图纸资料。

1月~5月 356雷达进行方案论证。

4月7日~12日 七院在青岛召开了341雷达方案审查会(即407会议)。会上提出341雷达必须满足57炮配套要求,为此将论证的炮瞄雷达改为配双57炮的342雷达。配双37炮的341雷达转到上无二厂、常州第三航海仪器厂研制。

1970年

4月2日 七院遵照中央军委1968年2月10日批复,决定七二三所正式建所。5月11日,海军授予该所代号为:中国人民解放军济字313部队。

5月25日 海司通信兵部以(70)司通字200号文下达了343雷达主要战术技术要求。

7月 357雷达样机在快艇16支队装艇试航。

二十所试制出343雷达第一台样机,安装于051首舰上试用。

8月 在青岛试制的342雷达各分机验收后交七二三所总体组整架、调试。发现天线座存在问题,确定重新设计,组织了三结合修改设计组在青岛机床厂进行。

六机部发文,确定342雷达由安徽六安六〇五厂承担试制生产任务。

12月2日 海后、四机部、六机部联合通知,把351雷达从1971年起,列为援外项目,要求提高产品质量。351雷达通过五个阶段的重大改进,完成了第二次重大设计改进任务,使351雷达获得稳定可靠的工作。

上无二厂开始研制341雷达。

上海广播器材厂开始ZL-1跟踪照射雷达总体方案设计。该雷达为地(舰)空导弹HQ-61配套设备。

七二二厂试制生产出3台352雷达样机,试生产一次成功。该厂从1969年3月开始试制,同年9月正式出图。

1971年

2月 青岛机床厂试制出重新修改设计的342雷达天线座。至此,342雷达第一台性能

样机诞生。

6月13日~9月14日 第一台 342 炮瞄雷达样机在二十三基地进行性能试验。

七二二厂生产的 352 雷达投入批量生产，经海上试验，全部参数符合总技术要求。

351 雷达生产达到高峰，年产量 112 部。

1972年

3月 安徽六安六〇五厂试制出第一台 342 雷达。并于 10 月在二十三基地进行了靶场试验。

12月7日 海军给常州第三航海仪器厂发函，明确 841 雷达装船配套等技术要求，确定了主要战术和使用要求。

12月25日 七二三所搬迁到江苏扬州。代号更换为中国人民解放军南字 839 部队。

对 351 雷达全部随机文件重新编写，铅印出版，供国内外随机和军事院校教学使用。

1973年

4月 356 雷达完成正样试制。

4月6日~5月15日 四机部电子装备三结合座谈会在北京召开，提出规划研制快速反应雷达、综合火控雷达等装备。

7月~9月 356 雷达正样试航。

11月15日 342 雷达在四二六厂码头进行系泊试验，并配装到 051 舰首舰前副炮。

12月1日 海军向七院提出安排“五五”期间三型舰用火控雷达的论证和研制任务。其中有 348 艇用综合火力控制系统、347 低空防御快速反应雷达系统。

1974年

4月17日~5月11日 电子对抗三结合座谈会(即 130 会议)在北京召开，将 347/348 雷达列入研制规划。

7月 356 雷达通过定型。

7月31日 七院在调整科研计划中，向七二三所下达了研制 347 雷达系统的任务。

12月1日 海军要求在 1975 年内安排 348 系统论证工作。

1975年

2月18日 海司通信兵部给上无二厂发文，同意 341 炮瞄雷达方案审查会议纪要，确定了任务书，并将常州第三航海仪器厂研制的双 30 炮瞄雷达称 341 甲产品。

8月 七二三所成立了由李三全等 19 人组成的 347 系统总体方案论证组。1976 年 5 月完成了 347 雷达系统战术技术论证报告。

9月15日 总参谋部同意 351 雷达外文资料按原样(中文印刷版)进行英文翻译出国。

上无四厂生产的 352 甲舰用导弹攻击雷达和 352 乙艇用导弹攻击雷达，经海定委批准生产定型。

七二二厂生产的 352 艇用导弹攻击雷达亦经批准定型。

1976 年

7 月 国务院、中央军委批复 055 舰论证报告，正式明确 347 系统装 055 舰。

12 月 安徽六〇五厂试制生产的第二台 342 雷达与指挥仪对接试验，结果表明性能和可靠性方面均有提高。

12 月 海定委同意 357 雷达设计定型。该型雷达于 1974 年 4 月完成两部设计定型样机，12 月完成例行试验，1975 年 3 月在快艇 16 支队进行海上定型试验，12 月申请设计定型。

ZL-1 跟踪照射雷达海用样机安装 531 舰舰首位置。该雷达于 1972 年完成 ZL-1 陆上原理样机，接着重点研制天线稳定平台。于 1973 年完成海用原理样机，并参加 HQ-61 武器系统对接试验和精度校飞试验。

1977 年

3月30日 海军军工产品定型委员会在常州召开 341 甲炮瞄雷达定型审查会议，同意设计定型。四机部下达了 341 甲批量生产规划。

5 月 6 日 海军同意上无二厂将 341 雷达的靶场试验性质由科研性试验改为设计定型试验。

5 月 上无二厂制成 341 雷达首台正式样机。

9 月 四机部召开雷达抗干扰会议，确定 351 雷达加装抗干扰电路(定名为 351 乙)。

10 月 8 日~14 日 五机部在扬州主持召开了“347 快速反应雷达系统方案审查会”，认为由七二三所提出的总体方案是可行的。会后 347S 的研制工作全面铺开，347G 做课题研究和方案深化工作。

12 月 17 日 四机部同意上无二厂在 341 雷达设计定型前投产 2 台。由六机部和海军各订 1 台。

1978 年

3月30日 海军军工产品定型委员会同意 342 雷达设计定型，命名为 342 舰用双 57 炮瞄雷达，简称 342 雷达。设计定型会议于 1977 年 12 月在安徽六安六〇五厂召开。342 雷达获 1978 年全国科学大会奖。

6 月 上无二厂研制的 341 雷达首台样机通过海军试验基地的设计定型试验。

改变 351 雷达电源及安装方式的 351 甲雷达定型。该雷达由 1974 年 5 月 22 日武字二六一部队提出 351 雷达增加直流 220 伏电源配套方案，1976 年开始试制，1977 年在万山群岛 528 艇上试航成功。

1979年

9月 上无二厂研制的341雷达装舰。

12月 海定委以(79)海定字222号文批准343雷达设计定型。

安装在531舰舰首的ZL-1跟踪照射雷达在秦皇岛参加HQ-61武器系统首次抗干扰摸底试验及射击低空HY-1靶弹试验。该雷达于1978年已进行射击伞靶试验。

343雷达通过设计定型，并转交国营四一一〇厂生产。

1980年

1月 七八二厂第一部357雷达产品出厂，运往梧州造船厂装027-II B首制艇。

357雷达与七二三所研制和上海交流仪器厂生产的51型数字式同频异步抗干扰仪联试。

5月12日~14日 六机部系统工程部在扬州主持召开“347超低空快速反应系统跟踪雷达方案复审会”，同意方案中所采用的技术措施。会后，全面展开了347G的研制工作。

6月5日 七院召开051舰改进型研制方案论证工作会议，提出用347雷达配双37舰炮。

9月8日 十院向西安二十所下达348综合火控雷达系统研制任务。

11月1日~12月20日 341甲雷达在旅顺基地参加双30毫米火炮系统海上定型试验。

12月19日 四机部十院召开了“348综合火控雷达系统研制方案汇报会”。

总参四部和电子工业部给七二二厂下达试制352丙导弹攻击雷达任务。重点解决352雷达抗干扰性能差的问题。

1981年

10月 347搜索雷达在常州奔牛机场进行性能摸底试验。

国营四一一〇厂生产的首台343雷达交付船厂。

1982年

2月23日~27日 四机部在北京组织召开了“348雷达系统方案审定会”。

3月11日 四机部十院转发了348雷达系统研制工作协调会议纪要，落实任务，明确责任。

5月25日~12月 347搜索雷达在大连海域全面进行海上性能摸底试验。试验期间在渤海湾成功地观测了鹰击8号导弹的发射飞行。试验证明雷达总体及分机方案是成功的，达到预期效果。

9月15日~11月23日 341甲雷达参加037-I首制艇两个武器系统系泊试验和海上试

验。

11月 在国营四一一〇厂通过 343 雷达转厂生产部级鉴定。

1983年

5月 341 雷达的生产试制任务下达都匀四一一〇厂。

8月 船舶总公司和海军装备部联合发文批准 357-57 鱼攻系统鉴定。该系统由 357 雷达与海军工程学院研制的机电式 57 指挥仪组成。1980 年在快艇 13 大队和驱逐舰 2 支队进行试验, 1982 年 6 月召开定型会。

10月 341 雷达通过设计定型。

12月 电子工业部评选 1982 年度电子工业科技成果, 其中 348 搜索雷达稳定平台专题获一等奖。

七二二厂完成 352 丙雷达性能样机。

1984年

4月 电子工业部雷达局以(84)雷计字 043 号文下达了 344 雷达研制计划。

7月30日 七院转发了总参、国防科工委批复, 同意 347 舰用快速反应雷达系统主要战术技术要求, 明确了使命任务和系统的组成。

10月~12月 347 跟踪雷达参加连云港副炮系统陆上对接联试。

12月 电子工业部评选出 1984 年度电子工业科技成果, 其中上无二厂研制的 341 舰载炮瞄雷达获一等奖。

七二二厂生产的 352 丙雷达进行设计定型海上试验。

351 乙正式投产。该雷达于 1978 年由四机部、海司联合通知, 对 351 雷达加装对数中放、宽限窄抗干扰电路。1979 年 4 月 2 日在青岛组织抗干扰电路海上试验, 1980 年 8 月 6 日, 四机部、海司同意 351 乙雷达抗干扰电路技术鉴定, 1981 年 12 月 30 日, 351 乙(抗干扰装置)生产定型。

1985年

3月 电子工业部雷达局主持召开了有总参、国防科工委、海军装技部和有关所、厂参加的 344 雷达方案审查会议, 会议通过了 344 雷达方案。雷达局以(85)雷海字 319 号文转发了方案审查会议纪要。总参、国防科工委以(1985)科七字第 1215 号文批准了该雷达的战术技术任务书和方案。

5月 国营四一一〇厂以合同形式接受 341 雷达转点生产任务。

7月3日 国防科工委召开 8573 会议, 确定“八五七工程”任务, 明确了各工业部门的分工。

7月 七二二厂生产的 352 丙雷达进行抗干扰试验。

8月 026 艇加装 357-57 鱼攻系统定型鉴定。定型产品为 357-ZLT-6 系统。1983 年 11 月

月海军装技部安排 026 艇加装 357-57 鱼攻系统, 1984 年 11 月在刘公岛进行试航。至 1988 年共装 6 条 026 艇。

11 月 装 027-ⅡB 改进艇的 357-ZLT-4A 鱼攻系统在 16 支队试航。1985 年 3 月海装确定改进的 901 指挥仪主要与 357 雷达接口。在 027-ⅡB 鱼攻系统方案选型会上, 选定了 357 雷达与改进的 ZLT-4A 指挥仪构成鱼攻系统。

12 月 国营四一一〇厂提交首部 341 雷达并装备 053H₂ 首舰。

1986 年

6 月~7 月 347S、347G 分别进行第一台正样整架调试。

10月3日~12月22 日 348 搜索雷达和情报处理系统在锦西海空域进行了设计定型试验。主要战术技术性能达到或接近指标, 基本具备设计定型条件, 在设计定型前要解决试验中发现的问题。

11月~1987年5 月 347S、347G 两部雷达在连云港参加 051G 导弹驱逐舰三个系统的陆上联调试验。

12 月 海定委批准七二二厂生产的 352 丙雷达设计定型。

341 雷达在都匀四一一〇厂正式通过部级鉴定。该雷达于 1983 年 5 月下达该厂, 1985 年完成首台试制。

电子工业部系统工程局主持召开对国营四一一〇厂制成的 343 雷达数字跟踪频率捷变系统鉴定会, 会议明确加装数字频率捷变系统后, 改型为 343 A 雷达。

安装在 531 舰舰尾的 ZL-1 跟踪照射雷达在海军试验基地参加设计定型打靶试验。射击 HY-1 靶弹和 CK-1 靶机, 取得八发六中的好成绩。。

1987 年

9月~1988 年 1 月 347S、347G 两部雷达随 051G 舰副炮系统及三项设备定型试验一起, 在锦西海空域进行设计定型试验。在国内首次做了对超低空赖斯顿拖靶的威力和实弹射击试验。试验结果表明两部雷达主要战术技术性能满足设计要求。

10月10日~12 日 海军装技部和电子工业部系统工程局在西安主持召开了 348 搜索雷达和情报处理系统陆上设计定型试验鉴定会。认为主要战术技术性能基本满足规定要求, 相当于国外 70 年代中后期先进水平, 军用微机的硬件和系统的软件达到国外 80 年代初期先进水平。

海军军工产品定型委员会第 25 次全会, 批准 ZL-1 跟踪照射雷达设计定型。

351 雷达从 1966 年起持续生产二十年, 共生产 952 部。其中 351 型 864 部, 351 甲 18 部, 351 乙 70 部。援外 230 部, 先后出口朝鲜、越南、阿尔巴尼亚、埃及、巴基斯坦、斯里兰卡、坦桑尼亚、埃塞俄比亚、孟加拉等国家。

1988 年

6月25日 装 051G 首舰的 347S、347G 两部雷达, 由七二三所起运发往大连造船厂。

7月12日,第二台347G雷达发往大连造船厂。

3月 加装电视跟踪仪的341雷达出厂装备544舰。

10月 加装电视跟踪仪成为改进型的341雷达,通过技术鉴定。

11月 机电部评选1988年电子工业科技进步奖,其中348数据处理系统、348搜索雷达获一等奖。

343雷达的频率捷变系统先后于164舰、132舰对原343雷达进行现场改装,完成火炮系统试验、雷达作用距离和抗干扰性能试验。

343雷达获电子工业部优质产品称号。

1989年

6月 海定委批准H/LJP-343A雷达设计定型。

8月11日~9月11日 348S/C雷达和雷达目标指示系统在舟山基地544舰进行海上试验,基本功能和主要战术技术性能达到了指标要求。

11月4日~6日 海装电子部、机电部、船舶总公司军工部在西安召开了348S/C雷达及雷达目标指示系统海上试验鉴定会。通过鉴定,正式交付部队使用。提出抓紧做好设计定型的各项准备工作。

船舶总公司军工部、海装兵器部批复同意343雷达加装激光测距机、电视跟踪系统,海装命名加装激光电视,采用频率捷变系统后的343雷达为H/LJP-343A雷达。

343A雷达随053HT舰出口泰国。

341A雷达随053HT舰出口泰国。

上海航天局与四三七厂签订了053H₂型4号、5号舰用HQ-61武器系统合同,ZL-1跟踪照射雷达作必要的改动,代号改用ZL-1B,投产两套。

文献资料(目录)

双 30 毫米口径火炮射击指挥系统战术技术论证书

国防部七院

1964年 4 月

舰用双 37 毫米机关炮射击指挥系统用炮瞄雷达战术技术论证

六机部七院七〇六研究所

1966 年 5 月 16 日

关于安排两套雷达、指挥仪的研究、试制、生产任务的通知

(68)计防字 446 号

中华人民共和国国家计划委员会

中华人民共和国国务院国防工业办公室

中国人民解放军国防科学技术委员会

1968年 11 月 29 日

关于 341 雷达方案审查会议纪要上报事

(69)院临字 184 号

第七研究院临时革命领导小组

1969年 5 月 3 日

附：四〇七会议纪要

关于双 30 毫米火炮指挥系统论证和研制中所提出之问题的批复

(70)参研字第 135 号

海军司令部

1970 年 2 月 14 日

关于 341 双 30 炮瞄雷达试制任务的通知

(74)四生字 0459 号

第四机械工业部

1974年 5 月 3 日

关于 341 雷达装 3105 艇试用问题的通知

(74)司通字 278 号

海军司令部

1974年 11 月 13 日

对“341 炮瞄雷达方案审查会议纪要”的批复

(75)司通字 048 号

海军司令部

1975 年 2 月 18 日

同意 341 甲炮瞄雷达设计定型

(77)海定字 860 号

海军军工产品定型委员会

1977 年 5 月 28 日

关于 341 甲舰炮雷达批生产规划的批复

(77)四计字 0914 号

第四机械工业部

1977 年 8 月 9 日

关于 341 雷达试验事

(77)司雷字 016 号

海军司令部

1977 年 5 月 6 日

附：341 舰(艇)用双 30/37 炮瞄雷达主要战术技术使用要求

发送“关于 341 雷达设计定型前投产 2 台的会议纪要”的通知

(77)四新字 1413 号

第四机械工业部

1977 年 12 月 17 日

341 炮瞄雷达陆上设计定型试验报告

(任务代号：2712)

海军训练基地二部

1979 年 12 月 18 日

关于 341 雷达试验结果事

(1980)部司字第 114 号

海军训练基地二部

1980 年 6 月 11 日

关于转发双 30 舰炮系统海上定型试验工作几个文件的通知

(1981)五办字第 30 号

五型舰艇工程领导小组办公室

1981 年 1 月 9 日

341 雷达陆上设计定型补充试验结果报告

(任务代号: 2715)

海军第一试验区

1982 年 1 月 3 日

关于 341 雷达海上试验报告

(1982)司雷字第 115 号

海军舟山基地司令部

1982 年 8 月 29 日

双 37 毫米舰炮射击指挥系统海上射击试验报告

(任务代号: 2010)

海军第一试验区

1983 年 3 月

341 雷达加装电视跟踪仪技术鉴定会议纪要

341 雷达加装电视跟踪仪技术鉴定会

1988 年 8 月 6 日

关于建设贵州地区炮瞄雷达生产基地方案的调整报告

(68)军管字第 0309 号

中国人民解放军四机部

军事管制委员会

1968 年 9 月 13 日

关于建设贵州地区炮瞄雷达生产基地方案调整报告的批复

(68)办六字 247 号

中华人民共和国国家计划委员会
中国人民解放军国防工业军事管制小组
中华人民共和国国务院国防工业办公室
1968 年 11 月 6 日

关于“315”会议四型产品研制项目安排情况的通知

(67)院科字 162 号

六机部第七研究院
1967 年 5 月 7 日

342 雷达研制方案

六机部七二三研究所
1969 年 3 月 10 日

复双 57 炮瞄雷达新波段试验的批复

(70)院科字 552 号

中国人民解放军第七研究院
1970 年 8 月 15 日

关于 342 雷达靶场试验问题的报告

(71)所科字第 012 号

中国人民解放军七二三研究所
1971 年 2 月 22 日

海军批准“342 炮瞄雷达靶场试验大纲”

(71)后装字第 243 号

海军司令部
1971 年 7 月 12 日

复《关于 342 炮瞄雷达出厂装舰试用的请示报告》

(73)司通字 134 号

海军司令部

1973 年 7 月 10 日

关于配合 342 雷达进机场试验的通知

(74)司通字 074 号

海军司令部

1974 年 3 月 25 日

关于 342 炮瞄雷达主要战术技术指标的通知

(74)司通字 229 号

海军司令部

1974 年 10 月 4 日

附：342 舰用双 57 炮炮瞄雷达主要战术技术指标

批转 342 雷达设计定型筹备会议纪要

(74)装科字第 086 号

海军装备技术部

1974 年 11 月 22 日

342 雷达研制试验工作总结

六机部七二三研究所

1977 年 1 月

关于讨论 342 炮瞄雷达技术条件事

(77)装科字第 184 号

海军装备技术部

1977 年 4 月 10 日

342 雷达样机试制工作总结

国营六〇五厂

1977 年 7 月

342 雷达设计定型检查报告

定字第 011 号

342 雷达设计定型检查组

1977年 11 月 26 日

转发《双57舰炮系统陆试现场工作组扩大会议纪要》

(78)装科字第 219 号

五机部二局

六机部科研局

海军装备技术部

1978年 3 月 1 日

附：会议纪要

同意342 炮瞄雷达设计定型

(78)海定字第 276 号

海军军工产品定型委员会

1978年 3 月 30 日

呈报 342 雷达抗同频异步干扰试验报告

厂字(80)第 014 号

国营第六〇五厂

1980年 11 月 10 日

关于我部〇八七一总厂停止生产 342 炮瞄雷达的请示

(85)电计字 0836 号

电子工业部

1985年 6 月 11 日

同意电子工业部〇八七一总厂停止生产 342 炮瞄雷达

(1986)计计字第 55 号

中国人民解放军总参谋部

国防科工委

1986年 1 月 9 日

双 130 舰炮指挥系统碰头会议纪要

(68)院科字第 694 号

第七研究院

1968 年 12 月 17 日

343 雷达方案会审会议纪要

第七研究院

第十研究院

1969 年 3 月 31 日

请参加“双 130 舰炮射击指挥系统技术协调会议”事

(69)院科字第 204 号

第七研究院

1969 年 5 月 12 日

发送五二〇会议纪要

(69)院科字第 280 号

第七研究院

1969 年 6 月 14 日

关于承担 051 舰炮瞄雷达(343)任务的通知

(69)院技字第 084 号

第十研究院科技部

1969 年 9 月 8 日

送上 343 舰用双 130 炮瞄雷达主要战术技术要求

(70)司通字 200 号

海司通信兵部

1970 年 5 月 25 日

关于《343舰用双 130 炮瞄雷达主要战术技术要求》的补充意见

(73)司通字 221 号

海司通信兵部

1973年 11 月 27 日

关于召开“343”雷达设计定型预备会议的通知

(74)装科字第 091 号

海军装备技术办公室

1974年 11 月 27 日

关于发送“〇五三”舰主要配套设备协调会议纪要分纪要的函

(75)六机生字 577 号

第六机械工业部

1975年 8 月 16 日

印发关于厂所结合加速 343 雷达接产的会议纪要

(78)一生字 059 号

第四机械工业部第一生产技术局

1978年 11 月 28 日

同意 343 炮瞄雷达设计定型

(79)海定字 222 号

海军军工产品定型委员会

1979年 12 月 7 日

79式海双100 舰炮射击指挥系统海上设计定型试验结果报告

(任务代号: 2011)

中国人民解放军海军第一试验区

1984年 6 月 15 日

关于召开 344 火控雷达战术要求讨论会

(1983)装电字第 018 号

海军装备技术部电子部

1983年 6 月 23 日

对《关于 344 型火控雷达战术技术要求事》的批复

(1984)科七字第 329 号
中国人民解放军总参谋部
中国人民解放军国防科工委
1984 年 2 月 13 日

关于把《344 型火控雷达》列入一九八四年研制计划的通知

(84)雷计字 0423 号
电子工业部雷达工业管理局
1984 年 4 月 23 日

关于召开 344 炮瞄雷达方案审查会的通知

(85)雷海字 148 号
电子工业部雷达工业管理局
1985 年 2 月 14 日

关于转发“344 火控雷达方案审查会纪要”的通知

(85)雷海字 319 号
电子工业部雷达工业管理局
1985 年 4 月 12 日

对 344 型雷达战术技术任务书及其方案的批复

(1985)科七字第 1215 号
中国人民解放军总参谋部
中国人民解放军国防科工委
1985 年 9 月 10 日

关于“344 型火控雷达研制协议”的批复

(1987)装电字第 924 号
电子工业部系统工程局
海军装备技术部电子部
1987 年 11 月 20 日

关于转发“052 舰舰上武器系统陆试进场工作会议纪要”的通知

(1989)院舰字第 923 号
中船总七院 052 工程办公室
1989年 12 月 31 日

同意 344 舰炮跟踪雷达设计定型陆上试验大纲

(1990)海定字第 267 号
海军军工产品定型委员会
1990年 10 月 10 日

关于“烈雅”雷达安排情况的报告

(64)二机计生字 1148 号
天津市第二机械工业局
1964年 12 月 12 日

“烈雅”雷达移交协议

(65)所技技字第 015 号
天津渤海无线电厂
天津电子仪器厂
国防部十院十四所
1965 年 1 月 27 日

同意仿苏“烈雅”型鱼雷攻击雷达生产定型

(67)科四字第 785 号
国务院军工产品定型委员会
1967年 12 月 28 日

关于下达 356 艇用雷达试制任务的通知

(68)军管字 0386 号
四机部军管会
1968年 10 月 22 日

对356 雷达下一步工作的意见函

(72)司通字 112 号

海司通信兵部

1972 年 6 月 21 日

356 雷达设计定型海上试验总结报告

(73)基司字 223 号

356 雷达设计定型海上试验领导小组

1973 年 8 月 10 日

关于027-ⅡB 鱼雷艇雷达选用事

(73)六生联字 783 号

(73)船办字 080 号

第六机械工业部

1973 年 10 月 31 日

关于 10 型扫雷舰雷达换装事

(74)司通字 101 号

海司通信兵部

1974 年 4 月 26 日

关于召开356 雷达设计定型会事

(74)海定字 286 号

海军军工产品定型委员会

1974 年 6 月 8 日

关于 357 产品转七八二厂研制与生产的通知

(67)四生字 1196 号

第四机械工业部

1967 年 8 月 19 日

关于 357 艇用雷达初步要求

(78)司通字 0078 号

海司通信兵部

1968 年 6 月 21 日

同意 357 雷达设计定型

(76)海定字 775 号

海军军工产品定型委员会

1976 年 12 月 28 日

关于同意“026”艇加装 357-ZLT-5 鱼攻系统鉴定

船总军(1985)1482号

(1985)装舰字第 172 号

中国船舶工业总公司

中国人民解放军海军

1985 年 12 月 30 日

关于将 352 型搜索跟踪雷达由七二〇厂移交上海仪表电讯 工业局进行试制、生产的通知

(65)四计字 2302 号

第四机械工业部

1965 年 11 月 9 日

关于确定由七二二厂承担 352 产品试制生产任务的通知

(69)军管生整字第 0076 号

中国人民解放军第四机械工业部军事管制委员会

1969 年 1 月 25 日

批准改进型 352 雷达生产定型

(75)海定字 380 号

海军军工产品定型委员会

1975 年 8 月 26 日

批准 352 甲雷达生产定型

(75)海定字 381 号
海军军工产品定型委员会
1975 年 8 月 20 日

同意 352 雷达生产定型

(75)海定字 426 号
海军军工产品定型委员会
1975 年 9 月 27 日

关于批复 352 改进型艇用导弹攻击雷达事

(1980)参四字 010 号
总参谋部
国防工办
1980 年 6 月 17 日

对《关于呈报 352 丙雷达方案和调整个别指标的报告》的批复

(1983)技七字 2304 号
总参谋部
国防工办
1983 年 9 月 10 日

批准 352 丙导弹攻击雷达设计定型

(86)海定字 591 号
海军军工产品定型委员会
1986 年 12 月

关于 ZL-1 跟踪照射雷达设计任务书

(HFARW-8114)
上海航天局八一〇二所
1978 年 8 月 26 日

HQ-61 导弹武器系统 ZL-1 跟踪照射雷达设计任务书

(HFARW-25)

航天工业部上海航天局第八设计部

1987年2月5日

HQ-61 舰空导弹武器系统各分系统试验情况报告 (设计定型精度校飞结论)

中国人民解放军 38611 部队

1987年8月3日

同意 ZL-1 跟踪照射雷达设计定型

(87)海定字第 25 号

海军军工产品定型委员会

1987年11月23日

053H₂ 型 4^{*}、5^{*} 舰用 HQ-61B 武器舰面系统工程承包合同

(No.8811-02)

中国船舶工业总公司四三七厂

航空航天工业部上海航天局

1989年1月26日

附: ZL-1B 技术规格书

515 型潜艇攻击雷达试制协议书

(1964)所技字 091 号

海司通信兵部

六机部配套局

国防部十院十四所

1964年4月30日

关于“353”移交生产及“404”厂所合作 进行正样设计、试制的洽谈纪要

(87)厂密计第 117 号

国营七八二厂 四机部十四所

1987年11月18日

关于〇九-I 定型舰观通导航设备配套问题请示报告的批复

(74)院科字第 16 号

第七研究院

1974 年 1 月 31 日

关于〇九-I 艇用鱼雷攻击雷达定型等问题

(74)司通字 209 号

海司通信兵部

1974 年 9 月 16 日

同意 353 甲雷达生产定型

(75)海定字 414 号

海军军工产品定型委员会

1975 年 9 月 17 日

复《关于 358 雷达主要战术指标》的函

(72)司通字 113 号

海军司令部

1972 年 6 月 23 日

关于批准 358 雷达技术鉴定书的通知

(80)六科字 277 号

六机部科研计划局

海司雷达声纳部

1980 年 10 月 23 日

358G 雷达技术鉴定验收会议纪要

358G 雷达技术鉴定验收会

1982 年 5 月 14 日

关于批准 358G 雷达技术鉴定书的通知

(82)六科字 □ 号
六机部科研技术局
航天部科研生产局
海司雷达声纳部
1982年5月

请安排“五·五”期间三型舰用火控雷达的论证和研制事

(73)司通字 226 号
海军司令部
1973年12月1日

关于 1974 年科研任务计划调整的通知

(74)院科字第 194 号
六机部第七研究院
1974年7月31日

347 雷达系统战术技术论证报告

六机部七二三研究所
1976年5月

关于印发《“〇五五”舰舰炮射击指挥系统 论证工作会议纪要》的通知

(76)五机五局字第 1567 号
“〇五五”舰舰炮射击指挥系统研制领导小组
1976年12月13日
附：“〇五五”舰舰炮射击指挥系统论证工作会议纪要

舰用 347 低空防御快速反应系统雷达的主要战术技术要求

海司雷达声纳部
1977年5月24日

关于上报 347 雷达系统战术技术任务书建议稿事

(77)所科字第 021 号

六机部七二三研究所

1977年10月24日

印发《关于“347”快速反应雷达系统
方案汇审会议纪要》的通知

(77)五机五局字第 1305 号

中华人民共和国第五机械工业部

1977年10月25日

附：347快速反应雷达系统方案汇审会议纪要

为发送〇五一—会议纪要事

(80)院科字第 213 号

六机部第七研究院

1980年5月2日

附：〇五一舰改进型研制方案论证准备工作会议纪要

关于改装型和改进型〇五一舰研制方案审查会议纪要的批复

(80)六机科联字 1126 号

中华人民共和国第六机械工业部

中国人民解放军海军

1980年7月8日

附：改装型和改进型〇五一舰研制方案审查会议纪要

关于发送《“347”超低空快速反应系统跟踪雷达方案复审
会议纪要》的函

(80)系字第 59 号

六机部船舶系统工程部

1980年7月15日

347S 雷达陆上性能摸底试验报告

(82)所科字 018 号

六机部七二三研究所

1982年4月22日

347S 搜索雷达海上性能摸底试验大纲

六机部七二三研究所

1982年4月

关于上报“347S 雷达科研样机海上性能摸底 试验总结”的报告

(83)所科字第 005 号

船舶总公司七院七二三研究所

1983年2月22日

附: 347S 雷达科研性能样机海上性能摸底试验总结

转发海军关于 051G 舰和 052 舰战术技术要求的通知

(1983)技七字第 1335 号

总参谋部

国防科工委

1983年5月14日

附: 051型驱逐舰技术改造要求

为下达 051G 和 052 舰研制任务事

(83)院科字第 508 号

船舶总公司第七研究院

1983年6月29日

关于 051G、0521 舰研制方案论证工作的通知

(83)院科字第 515 号

船舶总公司第七研究院

1983年7月4日

发送《347/348 雷达系统试验大纲讨论会纪要》的通知

(1983)装电字第 027 号

海军装备技术部

1983年7月16日

附: 347/348雷达系统试验大纲讨论会纪要

347G 跟踪雷达机场试验大纲

船舶总公司七二三研究所

1983年10月21日

关于 347S 搜索雷达配装 651 甲敌我识别询问器问题事

(84)装电字第 002 号

海军装备技术部

1984年1月16日

关于 051 型驱逐舰改装(051G)战术技术任务书的批复

(1984)科七字第 217 号

总参谋部

国防科工委

1984年1月27日

附: <051型驱逐舰改装(051G)战术技术任务书>

对《关于 347 舰用快速反应雷达系统主要 战术技术要求事》的批复

(84)科七字第 1329 号

总参谋部

国防科工委

1984年6月23日

转发“对《关于347 舰用快速反应雷达系统主要 战术技术要求事》的批复”的通知

(84)院科字第 669 号

船舶总公司第七研究院

1984年7月30日

附: 347舰用快速反应雷达系统主要战术技术要求

051G 舰上武器系统协调会通知

(84)办字 002 号

〇五一G 总师办

1984年 8 月 8 日

关于批发《051G 舰副炮系统科研性陆上对接联调 摸底试验进场工作会议纪要》的通知

(84)院科字第 708 号

船舶总公司第七研究院

1984年 8 月 7 日

附：051G 舰副炮系统科研性陆上对接联调摸底试验进场工作会议纪要

347G 跟踪雷达研制工作简报

(84)所计字 002 号

船舶总公司七二三研究所

1984年 9 月 15 日

附：347G 跟踪雷达机场试验技术总结

关于批发《051G 副炮武器系统、快速反应系统以及作战情报 指挥系统与雷达设备等三项陆上对接联调试验 工作会议纪要》的通知

(85)院技字第 271 号

船舶总公司第七研究院

1985年 3 月 25 日

**附：051G 舰副炮武器系统、快速反应系统以及作战情报
指挥系统与雷达设备等三项陆上对接联调试验准备
工作会议纪要**

关于 051G 舰副炮武器系统弹着偏差解算装置战术技术 任务的批复

(85)院技字第 286 号

船舶总公司第七研究院

1985年 3 月 27 日

关于发送“051G 副炮系统、快速反应系统、作战情报指挥系统和雷达设备陆上对接联调试验大纲(送审稿)”的函

(85)办字 14 号

〇五一G、〇五二总师办

1985 年 5 月 31 日

关于转发《051G 快速反应系统、副炮武器系统以及作战情报指挥系统与雷达设备陆上对接联调试验审查会议纪要》和《试验大纲》的通知

(85)院技字第 729 号

船舶总公司第七研究院

1985 年 7 月 27 日

关于《7851 仿真测试系统任务书》的批复

(85)院技字第 1009 号

船舶总公司第七研究院

1985 年 11 月 1 日

关于由 7802 指挥仪实现不稳定-稳定坐标变换影响 347G 雷达精度指标分配的问题

(86)所计技字第 002 号

船舶总公司七二三研究所

1986 年 1 月 28 日

关于上报“347G 雷达电视跟踪分机主要战术指标”的报告

(86)所计技字第 016 号

船舶总公司七二三研究所

1986 年 4 月 9 日

转发“关于《347 舰用快速反应雷达系统主要战术技术要求》的批复”的通知

(1986)装电字第 143 号

船舶总公司军工部

海军装备技术部电子部

1986 年 4 月 21 日

关于 052 舰 347S、347G 雷达接口修改方案事

(1987)装电字第 164 号

海军装备技术部电子部

1987 年 3 月 13 日

347G 跟踪雷达连云港真实目标试验报告

船舶总公司七二三研究所

1987 年 5 月 26 日

347S 雷达参加 051G 舰上三项系统陆上试验结果报告

船舶总公司七二三研究所

1987 年 6 月 24 日

同意双 37 毫米舰炮武器系统等四项设计定型陆上试验大纲

(1987)海定字第 777 号

海军军工产品定型委员会

1987 年 10 月 12 日

051G 舰副炮武器系统陆上对接联调试验(7002)试验总结

(88)所技字第 005 号

船舶总公司七一六研究所

1988 年 2 月 23 日

347S 搜索雷达陆上设计定型试验结果报告

(任务代号: 2719)

中国人民解放军海军第一试验区

1988 年 8 月 30 日

347G 跟踪雷达设计定型陆上试验结果报告

(任务代号: 2178)

海军试验基地

1988 年 10 月 26 日

348 艇用综合火力控制系统雷达部分战术技术论证书

中国人民解放军第七研究院总体论证部

七 二 〇 所

1974年11月1日

请安排 348 艇用综合火力控制系统雷达部分研制任务书

(74)司通字 301 号

中国人民解放军海军司令部

1974年12月5日

关于下达 348 综合火控雷达系统研制任务的通知

(80)院技字第 714 号

第四机械工业部第十研究院

1980年9月8日

附：348雷达系统使用和战术要求任务书

关于召开 348 综合火控雷达系统研制方案汇报会的通知

(80)院技字第 922 号

第四机械工业部第十研究院

1980年11月24日

关于转发“348 雷达系统方案审定会纪要”的通知

(82)四新字 0515 号

(82)司雷字第 014 号

第四机械工业部

中国人民解放军海军

1982年3月29日

附：会议纪要及对《348雷达系统使命任务和战术要求任务书》的修改、补充说明

348 搜索雷达和情报处理系统陆上设计定型试验结果报告

(任务代号：1717)

中国人民解放军海军第一试验区

1987年4月2日

关于转发《348 搜索雷达和情报处理系统鉴定会议纪要》事

(1987)装电字第 882 号

电子工业部系统工程局

海军装备技术部电子部

1987年 10 月 15 日

附：348搜索雷达和情报处理系统鉴定会议纪要

关于 348S/C 雷达海上试验事

(1989)装电字第 064 号

海军装备技术部电子部

1989 年 6 月 20 日

关于 544 舰 348S/C 雷达和雷达目标指示系统 海上试验结果的报告

(1989)司科字第 064 号

海军舟山基地司令部

1989 年 9 月 14 日

关于申请 348S/C 雷达海上设计定型试验鉴定的请示

(89)所科字 286 号

(89)军办字 010 号

机械电子工业部第二十研究所

中国人民解放军驻二十所代表室

1989年 10 月 12 日

附：348S/C 雷达海上设计定型试验鉴定会资料清单

关于 348S/C 雷达及雷达目标指示系统海试鉴定事

(1989)装电字第 103 号

海军装备技术部电子部

1989年 10 月 18 日

348S/C 雷达装舰海试工作总结报告

机械电子工业部第二十研究所

1989 年 10 月

348S/C 雷达装舰海试质量分析报告

中国人民解放军驻二十所军代表室

机械电子工业部第二十研究所

1989年10月28日

关于召开防御掠海导弹舰炮系统座谈会的通知

(83)装科字 084 号

海军装备技术部

1983年3月15日

关于把 349 雷达列入一九八四年研制计划的通知

(84)雷计字 0424 号

电子工业部雷达工业管理局

1984年4月23日

关于发送反导舰炮系统论证协调会议纪要和开展 预研方案论证工作的通知

(1984)计计字第 1919 号

国防科工委

1984年10月10日

关于转发“8573”会议纪要和近程反导舰炮系统 战术技术要求的通知

(1985)计计字第 985 号

国防科工委

1985年7月30日

附：“8573”会议纪要和近程反导舰炮系统的使命、功能和主要战术技术要求

关于转发“近程反导舰炮系统预研方案评审会会议纪要” 和战术技术要求的通知

船总军(1985) 991 号

船舶总公司军工部

1985年8月26日

回忆史料

一、我国海军专用火控雷达装备发展的回顾

赵奕源 李忠林

海军火控雷达包括：舰用炮瞄雷达、对海导弹攻击雷达、对空导弹制导雷达、鱼雷攻击雷达和岸用对海炮瞄雷达、岸用对海导弹攻击雷达。

我国海军火控雷达装备的发展与海军其它装备一样经历了向外国购买、仿制、自行设计三个阶段。

人民海军建军初期武器装备的主要来源是缴获国民党海军的旧装备，包括国民党海军起义、投诚、溃逃时遗弃及被我军缴获的舰船、零散破旧器材等。其中大部分是西方国家第二次世界大战前的舰船及武器装备，且老旧、失修、破损严重。雷达装备只有几十部 SO-1、SO-4、SO-8 等老杂式对海警戒雷达。

新中国成立后，美国等西方国家采取了敌视我国的态度和政策，对我国实行封锁、禁运，1950 年 6 月美国发动侵朝战争并派遣第七舰队侵入台湾地区，盘踞台湾的国民党也对我进行海上封锁并不断袭扰我沿海地区，新中国受到严重威胁。为了反封锁、反袭扰、保证国民经济得到恢复和发展，为了反对帝国主义可能来自海上的侵略，保证新中国的独立主权，都必须尽快地发展海军装备建设。

尽管当时国家财政十分困难，政府仍拨出一笔巨额经费开始向外国（主要是向苏联）购买海军武器装备。

1953 年中苏《六四协定》向苏联购买五型舰艇和一批设备、材料以及技术图纸资料，从 1954 年开始陆续到货，其中有：03 型潜艇上装有的“旗帜”（Флаг）鱼雷攻击雷达、鱼雷快艇上装有的“闪电”（Зарница）雷达（对海警戒雷达，当时也用于为艇的接敌机动、占领攻击阵位提供数据）、07 型驱逐舰上装有的 261“札丽雅”（Заря）主炮炮瞄雷达和用于装配制造 01 型护卫舰的“雅可丽-M2”（Якорь-M2）主炮炮瞄雷达，以及 272 岸对海炮瞄雷达。

1959 年中苏又签订了《二四协定》，向苏联购买五型舰艇、两种导弹以及动力、雷达、声纳、无线电、导航器材等 51 项设备的设计技术图纸资料，以及部分装备器材。其中有 21 艇的“浪谷特”（Рангоут）对海导弹攻击雷达、“烈雅”（Рей）快艇鱼雷攻击雷达、33 型潜艇的“海鸥”（Альбатрос）鱼雷攻击雷达以及岸对海 542 导弹系统的“海岬”（搜索）、“海浪”（跟踪）、“海风”（中制导）雷达。

1956 年我国制订了十二年科学技术发展规划，海军也制订了十二年科学技术发展规划，这一规划确定了海军装备科研在全国规划中的地位及其发展方向。

1959 年 6 月海军党委召开了一届六次全会，明确海军装备建设以导弹为主，以发展潜艇为重点，同时发展中小型水面舰艇。

60 年代初，为 33 型潜艇、21 型导弹快艇、鱼雷快艇的仿制配套，海军安排了 351 型快艇鱼雷攻击雷达、352 型对海导弹攻击雷达、353 型潜艇鱼雷攻击雷达的仿制任务。

353 雷达是十四所 1961 年开始按苏联“海鸥”雷达的样机及图纸资料仿制的, 为 33 型潜艇的仿制生产配套。1967 年转交七八二厂。七八二厂于 1970 年进行小型化改进, 将两个波段的收发机合装在一个机柜里, 代号为 353 甲, 大量配装于 03、33、035 型潜艇。1975 年七八二厂又修改了与指挥仪的接口和增加分显示器配装于 09-I 型艇, 称为 353 甲-I。

351 雷达是按苏联“烈雅”雷达仿制的, 样机及有关技术图纸资料于 1961 年交由南京十四所仿制。由于十四所任务重, 海军排不上队, 以及国家经济困难等原因, 仿制工作不能及时进行, 直到 1965 年 2 月, 仿制任务及样机、图纸资料转到天津渤海无线电厂, 同年 4 月七〇六所雷达室派遣戚明道、孟昭兴等组成工作组参加工厂仿制。1966 年出第一台样机, 1967 年定型生产。除少数补装于 183K 型鱼雷快艇外, 因 25 型和 26 型鱼雷快艇的舱室小装不下, 大量生产装于 62 型护卫舰和 037 型猎潜艇作对海警戒和导航用。

352 雷达是按照苏联“浪谷特”雷达仿制的, 为 21 型导弹快艇的仿制生产配套。样机及技术图纸资料于 1961 年交南京七二〇厂仿制, 由于该厂任务重, 海军排不上队, 以及国家经济困难等原因, 直到 1965 年转到上海无线电四厂进行仿制, 1967 年出第一台样机, 后上无四厂生产一部分装艇, 1969 年扩点桂林七二二厂生产。上无四厂将混频器等做了部分修改, 1975 年生产定型称 352 乙。1968 年上无四厂接受为 051 型舰的配套任务, 在 352 的基础上修改了发射机, 将峰值功率为 100 千瓦的 CKM-110 型磁控管更换为 250 千瓦峰值功率的 CKM-99 型磁控管, 并修改了天线液压压力和指挥仪的接口, 代号改为 352 甲。1980 年海司雷达部向七二二厂提出将 352 雷达收发机改进为磁控管外相参频率捷变收发机, 代号为 352 丙, 并于 1986 年定型生产。352 丙雷达是我海军装备使用的第一型舰用捷变频雷达。

到了 60 年代中期, 我国雷达科研、生产的技术力量已有了长足的进步和发展, 一批作为雷达科研、生产的骨干工厂、研究所已完成建设并具相当规模, 我国的电子工业也有了相当的发展, 半导体器件的科研、生产也已起步; 国内元器件、原材料在性能、质量上虽然还不够先进, 但基本可以保证雷达研制生产的配套; 经过前几年雷达的仿制、改进及部分雷达的自行设计、研制, 积累了不少经验, 为全面进行国内自行设计、研制打下了基础。

根据海军“三五”装备科研发展规划, 为 09-I、035 型潜艇、051 型驱逐舰、053K 型护卫舰、“027-II B”型鱼雷快艇等主要作战舰艇的研制生产配套, 海军提出了 341、341 甲、342、343 舰用炮瞄雷达, 357 快艇鱼雷攻击雷达, 358 潜艇鱼雷攻击雷达, ZL-1 对空导弹跟踪照射雷达以及 331 甲岸对海导弹攻击雷达的研制需求。

这第一代我国自行设计研制的海军专用火控雷达, 其绝大部分均采用了双波段, 是基于从越南战争和美蒋在台湾地区电子干扰演习所展现的电子战的现状及发展, 以及我国当时大功率元器件技术水平不高的现实情况而采取的抗干扰措施。为了提高抗干扰性能, 341、341 甲、342 等小口径炮瞄雷达还大胆地采用了当时国际属先进的单脉冲角跟踪技术体制及卡塞格伦天线。这一代雷达开始研制时, 我国半导体工业正在起步, 但由于看准了半导体器件的发展前景, 因此, 这一代雷达基本实现了半导体化。这对促进我国半导体器件的发展起到了积极的作用。

1965 年 5 月, 总参召开三军通用小高炮系统研制工作会议(510 会议), 重点安排陆用双 37 火炮系统的研制工作。海军也认为, 通用对海军舰用小口径舰炮武器系统的研制工作落实有利, 并想将双 30、双 37、双 57 自动舰炮研制成通用一型炮瞄雷达。终因海军排不上队, 以及由于小型舰艇不能再装搜索兼目标指示雷达, 而要求此种炮瞄雷达要具有独立搜索

的能力等原因与陆用双 37 炮瞄雷达通用不起来而分道扬镳，各搞各的。

为了贯彻毛主席 1967 年“七·七”指示，要狠抓雷达、指挥仪、光学仪器，1968 年 2 月，七二三所作为海军舰用炮瞄雷达研究所正式组建，同年 11 月，国家计委、国防工办、国防科委联合下文山东省，明确海军双 37、双 57 舰炮雷达定点青岛市，七二三所在青岛过渡。七二三所根据海军 315 会议决定在原海双 37 炮瞄雷达论证的基础上提出了为 051 型舰双 57 舰炮武器系统配套的 342 型双 57 炮瞄雷达方案，而双 30/37 炮瞄雷达方案移交上海无线电二厂（即后来的 341）。

342 雷达于 1969 年 4 月方案审定，1971 年 2 月在青岛微电机厂试制出第一台性能样机，随后在青岛印刷机械厂投产一台并于 1972 年 3 月装于 051 首舰。与此同时，六机部于 1970 年向安徽六〇五厂下达 342 雷达的试制生产任务。同年 10 月，六〇五厂根据七二三所提供的全套图纸资料以及在七二三所技术人员的帮助下，开展了试制工作，并于 1972 年 3 月试制出第一台样机，同年 10 月提供装舰。1978 年 3 月设计定型，到 1985 年共提供 12 台装舰使用。后因双 57 舰炮不过关而下马，342 雷达随之也停止生产。

60 年代初向苏联购进 21 型导弹快艇时，艇上的双 30 舰炮炮瞄雷达“累斯”（Рысь）缺装，后因苏联单方面撕毁协定一直未向我国提供。1963 年海军即给七〇六所雷达室下达了双 30 炮瞄雷达的调研论证任务，1964 年 5 月完成论证报告，与此同时，七八六厂也进行了方案探讨，在此基础上，七二三所和七八八厂（现在的二十所）部分技术人员于 1968 年 10 月完成了 341 双 30/37 炮瞄雷达方案。因当时强调地区配套，以及考虑到七二三所刚刚组建且暂时在青岛过渡，而青岛的加工生产条件也有限，同时研制 342、341 两型炮瞄雷达也确有困难，因而经国防工办同意，将 341 雷达的研制任务交给上海无线电二厂。1969 年，七二三所将 341 雷达论证方案及有关资料移交给上无二厂并派出技术人员到上无二厂作了详细介绍，二十所也派出 20 多名技术人员到上无二厂参加研制工作。

341 雷达开始是为 028 型大型导弹快艇和 053K 型导弹护卫舰双 37 舰炮武器系统以及 21 型导弹快艇长期缺装的双 30 舰炮武器系统配套研制的。最早的研制任务书是三厘米和八毫米双波段，后因八毫米磁控管（上海灯泡厂研制）中途下马，于 1974 年改为三厘米和二厘米双波段。1977 年 5 月出第一台样机，1983 年设计定型后转厂到贵州都匀四一一〇厂生产，并于 1986 年完成转厂鉴定。为了提高抗干扰性能，根据海装电子部的要求，于 1988 年 8 月四一一〇厂在 341 雷达上完成了加装电视跟踪鉴定，改代号为 341A，现多装于 053H₂ 舰和 037-IG 艇。

为解决 21 艇双 30 舰炮武器系统长期缺装炮瞄雷达的急需，经造船工业办公室与六机部（现在的船舶总公司）商定并由六机部于 1971 年 5 月给常州第三航海仪器厂（现在的常无四厂）下达了 341 甲雷达的研制生产任务，该厂派员到上无二厂参加 341 雷达的试制、学习并得到上无二厂提供的全套图纸资料。1972 年 12 月，海司通信兵部正式下达了战术技术任务书，1975 年出定型样机，1977 年设计定型后共生产 41 台，分别装于 21 艇和 037-I 艇。

343 舰用双 100/130 炮瞄雷达是为 051 型驱逐舰和 053K 护卫舰配套而研制的。1968 年 303 会议上决定将该雷达交由二十所研制，1970 年出第一台样机，经舟山试验后装 051 首舰，1979 年设计定型后转四一一〇厂生产，1986 年，四一一〇厂根据海装电子部的要求，将三厘米波段改为磁控管外相参数字式频率捷变，1989 年 11 月又加装了电视、激光，代号改为 343A。343 雷达广泛装备 051、051G、053K、053H₁、053H₂、053H₂G（装 343A）等

舰。

357 快艇鱼雷攻击雷达是为 027 型鱼雷快艇配套而研制的, 1967 年 8 月七八二厂开始研制, 1976 年设计定型。

358 潜艇鱼雷攻击雷达原为 035 型潜艇配套而研制的, 采用了桅杆不转、雷达天线方位旋转的方案, 1969 年由上海交通大学开始研制, 1973 年 7 月出第一台样机。因桅杆研制问题一直没有解决, 后来 035 艇改用 353 甲雷达, 而 358 雷达改进为 358G 只有一部雷达装于 33G 型潜艇上。

53 型跟踪照射雷达是为 053K 型导弹护卫舰上红旗 61 舰空导弹武器系统配套, 由上海航天局上海广播器材厂于 1966 年开始研制的。首台样机 1974 年装 531 舰, 1988 年随红旗 61 对空导弹武器系统一起设计定型, 并命名为 ZL-1 型雷达。随后又为 053H₂G 型护卫舰配套进行了改进, 改进型代号为 ZL-1B 雷达, 已装于 539 舰。

第三次中东战争中埃及导弹艇用苏制“冥河”舰舰导弹成功地击沉了以色列驱逐舰后, 如何防御反舰导弹的袭击这一问题引起了各国海军的关注, 西方各国纷纷大力研究和发 展掠海反舰导弹及舰艇末端防御用的近程舰炮反导武器系统和近程舰空导弹反导武器系统。

为了适应现代海战的需要, 海军根据 1973 年 4 月召开的全国电子装备三结合座谈会和 1974 年 4 月召开的电子对抗三结合座谈会(130 会议)的精神, 结合海军主要舰艇的发展规划, 在研究制定《海军专用雷达装备十年(1976~1985)科研发展规划》的同时, 于 1973 年 12 月以司通字 226 号文正式向七院下达了三型雷达(346、347、348)的战术技术论证任务, 其基本思想是系列化的发展海军第二代火控雷达, 使其具有一定的反导能力和提高抗干扰能力。

1974 年国防工办决定组织对 055 型大型导弹驱逐舰进行补充论证, 论证方案中选用了 346 主炮兼对海导弹攻击雷达和 347 舰用低空防御快速反应雷达系统。后因受到中英合作改装 051 项目的影 响, 055 舰的研制工作逐渐停顿, 346 雷达的研制也随之停止。347 雷达系统在 1983 年 5 月被选配装 051G 型驱逐舰而继续研制, 但由于 347C 数据处理机归并到 ZKJ-4A 指控系统, 以及在 051G 舰双 37 舰炮武器系统技术协调时确定 347G 跟踪雷达的目标指示由双 37 火控台提供, 因此, 347 雷达系统最后变为 347S 和 347G 两部独立的雷达。

362 搜索雷达(原代号 347S)的论证研制任务由七二三所承担, 主要配装 051G、052 型舰等 1000 吨以上驱逐舰。1974 年底完成初步战术技术论证和方案设想, 后经 055 舰双 37 舰炮武器系统的补充论证作了适当修改, 1977 年 10 月由五机部会同海军组织设计方案审查, 1981 年完成单频段初样, 1982 年试制出双频段性能样机并安装在七院大连七六〇试验场的 992 双体船上及锦西海军试验基地进行性能摸底试验, 这是我国雷达首次成功地、完整地观测到 0.1 平方米的 YJ-8 号掠海导弹飞行的全航路。1986 年 11 月试制出第一台设计定型样机, 经连云港陆上 051G 武器系统联调后于 1987 年 9 月至 1988 年 1 月在锦西海军试验基地完成了陆上设计定型试验, 1989 年 7 月装 051G 首舰(165 舰), 随后完成海上设计定型试验, 现已设计定型。

347 跟踪雷达(原代号 347G), 其装备对象与论证及方案审查情况与 362 雷达同, 1977 年 10 月方案审查后因主振放大链发射机的栅控行波管等关键器件我国一时过不了关, 不能满足 051G 舰的进度要求, 于 1980 年 5 月, 由船舶系统工程部主持对修改方案进行了复审。1986 年 11 月设计定型样机参加连云港 051G 舰武器系统陆上联调, 1987 年 9 月至 1988 年 1 月在锦西海军试验基地完成陆上设计定型试验, 1989 年 7 月装 051G 首舰, 随后完成海上

设计定型试验, 现已设计定型。

348 艇用综合火控雷达系统, 主要配装于 1000 吨以下各型战斗舰艇(原由 348S 搜索雷达、348C 情报处理系统和 348G 跟踪雷达组成, 在进行设计定型图纸资料整理时, 考虑到按总参关于装备命名的要求, 而将 348S 和 348C 改为 363 搜索雷达)。1974 年到 1979 年机电部二十所(原七院二十所)开展了战术技术论证(七院论证部参加了论证)、总体方案论证和预研工作, 1982 年 2 月方案审定。363 搜索雷达于 1983 年研制出初样机, 1986 年 7 月研制出设计定型样机, 1986 年 10 月至 12 月在锦西海军试验基地完成陆上设计定型试验, 1989 年 5 月装 544 舰在舟山进行海上设计定型试验, 后又在青岛进行补充海上试验, 现已设计定型。348 跟踪雷达于 1987 年 12 月研制出设计定型样机, 在连云港参加 037-II 艇作战系统陆上联调试验后又进锦西海军试验基地完成陆上设计定型试验, 现已连同第二台 363 搜索雷达装于 037-II 首艇。

80 年代初期, 在制定“七五”科研规划中为 052 型驱逐舰和 039 型潜艇配套的有第二代主炮炮瞄雷达兼对海导弹攻击用的 344 型舰用火控雷达和 359 型潜艇火控雷达, 以及作为型号预研的还有 857 近程舰炮反导系统雷达(这就是第二代反导系统雷达, 含 364 搜索雷达和 349 跟踪雷达)。

70 年代初, 海军曾开展“七〇七”工程(航母)的论证工作, 当时 345 相控阵雷达的论证和预研工作由七二〇所承担(现在的机电部二十所), 后七〇七工程虽然停止, 但二十所对相控技术的研究工作一直继续进行着, 到 1982 年研制成功 X 波段 91 单元相控实验雷达。海军为了给 052 舰配套第二代主炮炮瞄兼对海导弹攻击雷达, 同时也考虑为今后发展舰用相控阵雷达及解决多目标跟踪打下基础, 于 1983 年要求二十所在 91 单元相控实验雷达的基础上开展单阵面 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ 小角度相扫的 344 舰用火控雷达的论证, 1985 年正式开始研制, 现已研制出第一台定型样机, 并经连云港系统陆上联调试验后与 052 舰双 100 舰炮武器系统一起在锦西海军试验基地完成陆上设计定型试验, 随后装 052 首舰。

海司雷达声纳研究所(现并入海军装备论证研究中心电子所)1983 年开始为 039 型潜艇配套的 359 型潜用火控雷达的战术技术论证, 1985 年 2 月总参、科工委批准由七八二厂研制, 同年 11 月方案审查, 1989 年研究出初样, 目前设计定型样机正在装调中。

英阿马岛战争阿机发射“飞鱼”导弹击沉英“谢菲尔德”号驱逐舰的战例再次证明掠海导弹对海面舰艇的严重威胁。1982 至 1983 年电子工业部二十所、兵器工业部八四七厂和船总七一三所、七一六所、七二三所分别研究提出第二代舰用反导系统的新方案, 并到北京向有关领导机关进行了汇报。1985 年 7 月 3 日科工委在北京召开了“反导舰炮武器系统预研方案评审会”(8573 会议), 会上明确了 857 近程舰炮反导武器系统中搜索雷达 364 为分立式, 跟踪雷达 349 与舰炮二位一体的配置方案和关键预研课题, 并以带型号背景的预研列入“七五”规划。在预研期间, 海军装备论证研究中心电子所会同二十所、七二三所进行了 364 搜索雷达和 349 跟踪雷达的战术技术论证, 七二三所和二十所还分别进行了雷达方案的初步论证、搜索雷达低空补盲、跟踪雷达低角跟踪的技术体制预研试验, 为正式进行型号研制打下了基础, 并将 364 搜索雷达和 349 跟踪雷达列入了“八五”科研规划。

从“七五”开始研制的第二代火控雷达均不同程度地分别尽量采用当代的国际先进技术, 如主振放大链、脉冲压缩、频率捷变、计算机和数字技术、相控技术、动目标显示和动目标检测跟踪、光电结合、故障自检、可靠性与可维修性设计等, 使这一代产品在性能、抗干扰

能力和可靠性方面均较第一代产品有较大的提高。

(作者为海装电子部高级工程师)

二、舰艇雷达科研萌芽时期部分情况回忆

翟良科

1956年以前,海军舰用雷达设备依赖从苏联进口解决国内建造舰艇所需之配套设备。1956年国家制订了十二年科技发展规划,组建了一批科研机构。但组建舰用雷达研究所机构未能纳入规划。当时国内只有唯一的一个雷达研究所(现机电部第十四研究所),承担全军雷达设备的研制和生产。供需矛盾很大,三军雷达业务部门开会总是为任务排队而发愁,而海军总是排在最后一位,拿不到装备。对此雷达业务部门归纳为:“一归口、二排队、三没有”,用来说明当时的局面。

1958年国内出现了一种“自力更生、发奋图强、赶超世界先进水平”的新形势。各大专院校开始重视科研与教学相结合,主动承担舰船雷达装备研制。正值国内也没有专为海军服务的雷达研究机构,为调动一切积极因素,加强海军雷达装备建设,海司通信兵部随即提出了研制舰用双57炮瞄雷达。并由青岛海军通信学校承担研制。同时又提出了自行研制鱼雷快艇雷达(代号331)和鱼雷攻击计算机(代号901),由哈尔滨军事工程学院三系承担研制。

1959年12月,在北京饭店由海军肖劲光司令员主持召开了海军科研工作会议,规模较大,国内各大专院校、科研单位以及国务院各工业部都派代表参加会议。在这次会议上,海军首次提出自行研究设计建造驱逐舰,同时提出了与之相配套的各种雷达设备。计有:对海警戒雷达、三坐标雷达、双57炮瞄雷达以及情报指挥中心等,并落实了部分研制单位。清华大学承担对海警戒雷达;青岛海军通信学校承担双57炮瞄雷达;西北电讯工程学院承担三坐标雷达。会后由海司通信兵部牵头,组织海司作战部等有关部门并邀请了海军学院,共同完成了上述雷达设备的战术技术论证书面材料,统称为“700号工程”。会后各承担研制单位立即行动起来,为确定对海警戒雷达的作用距离,1960年7月清华大学无线电系师生在青岛朝连岛进行了五厘米、七厘米波长超视距场强衰减测定。西北电讯工程学院也着手三坐标雷达的技术方案论证,在国防科委的主持下召开过多次方案讨论会,考虑到国内器件生产情况,采用了多波束测高技术方,设想在1962年向党的生日献礼。双57炮瞄雷达1961年已完成了四用显示器的电路试验并派杨佛荣等四人到四川绵阳驻七八〇厂协作加工,1960年国内碰到了特大自然灾害,生活十分困难,经费紧缩,上述科研项目陆续停止和下马。经七院批准,七〇六所雷达室接管通信学校承担研制的双57炮瞄雷达并与大连工学院共同合作继续研制。1962年4月派遣工作组去大连工学院,1963年初驻大连工学院双57炮瞄雷达工作组撤回武昌七〇六所。

《二四协定》中的双80炮瞄雷达,苏联撕毁协定未能提供,致使21艇长期缺装。海司于1965年4月提出由七〇六所雷达室承担双87炮瞄雷达战术技术论证,室里当即组织开展

此项工作，但缺乏参考资料，在翻阅了 21 艇的雷达配置图纸后，经仔细分析认为可能是二轴稳定系统。抓住线索，瞄准方向，经过三个月的连续奋战，终于完成了二轴稳定系统的炮瞄雷达方案论证，该方案也为后来研制 347G 跟踪雷达天线二轴稳定系统奠定了基础。

随着自然灾害后的国民经济好转，1967 年 3 月 15 日，海军在北京前门饭店召开了四型舰艇技术协调和设备定点会议。七〇六所雷达室参加了会议。会议讨论确定为 051 舰配套的雷达设备有：预警雷达（七二〇厂承担）、三坐标雷达、对海警戒雷达、双 130 炮瞄雷达（七八八厂承担）、双 57 炮瞄雷达（由七二三所研制）。

（作者为船舶总公司七二三所副总工程师、研究员级高级工程师）

三、回忆海军雷达通信研究室的初建时期

刘 欣

1960 年初，我从青岛基地雷达科调到北京。到海司通信兵部报到后，领导对我讲，为了发展海军的装备，要组建一些科研机构，通信兵部建一个雷达通信研究室，由你负责，以后也可能发展成一个研究所。当时搞雷达的几个同志正在海司办公楼顶上做试验，搞通信的同志刚从通信修理厂调出来。两个专业共有 20 人左右，后来全部集中到洗衣房楼上，分为两个组，一个是雷达组，一个是通信组。此后陆续从部队调来和从学校分来一些同志，人员发展很快，到 1961 年初雷达已有 30 多人，由姜明久和翟良科同志负责，通信也有 20 多人，由李善棠和陆建勋同志负责。研究室为一个党支部，协理员尤宏达同志任书记。因是一个独立的研究室，机关职能也必须有，器材、财务、政治干事也陆续配了人员。吃饭在机关食堂，在机关食堂里挂牌为电子所。行政管理和业务工作均由海司通信兵部领导，在科研规划、经费预算等方面又经常向海军科研部汇报。

当时的任务有“100”号和自动信号，自动信号由周建畏同志负责。但他不算雷达通信研究室的人，仍属通信修理厂。后来海军通校的双 57 炮瞄雷达的研制任务移交给雷达通信研究室，实际上也仍在论证阶段。由于所有人员都没经验，尚未搞过科学研究，要提出一个真正合适的指标要求也不容易。我们的技术人员对技术总是有着特殊的偏爱，每项指标往往与实现的技术方案联系起来，想得很多，争论也不少。由于自己没有试制手段，只有依靠别人，去找人家合作。当时院校的积极性很高，清华大学、大连工学院都希望承担海军的任务，要求我们提出明确的指标要求，因而和清华大学、大连工学院、西军电都有较多的交往。为了提出任务和论证指标，我们的同志从各方面收集了不少资料，论证了不少问题，丰富了自己的业务知识。由于当时情况所限，真正研究任务未能上去。但同志们所做的工作，为后来开展研究工作创造了条件，也可以说是做了业务上的准备。

1961 年上半年，传达了海军党委关于“一丝不苟，原样照仿《二四协定》”的决定，要求技术人员上第一线参加仿制。我们室许多同志也下了厂，宝鸡、绵阳、南京、武汉都有我们的同志下厂。当时提出下厂的任务是两个，一是帮助工厂做仿制所需的各项工作，实际参

加仿制；二是监督，当时工厂试制任务很多，排队是普遍现象，监督就是要求工厂把海军的产品摆到一定的位置上。实际上这一条很困难，因为总的有一个要求，空军第一，陆军第二，海军第三。在这种情况下，各厂基本上都把海军的产品排在了后边，有许多产品只在计划上有项目，而实际上没有安排，这就形成了大家所讲的“一归口，二排队，三没有”的形势。我们的同志为此反映了不少意见，海军领导机关与工业部门也进行了不少交涉，所以许多产品在这个厂排不上队又转到另一个厂去，一个产品转两个厂甚至转三个厂。

当时正处在困难时期，各厂生活极为艰苦，尤其是单身职工，食堂做什么就得吃什么，没有一点调剂的余地。我们下厂的同志和单身职工享受着同等待遇。但他们不怕艰苦，努力工作，无论是翻译复制，图纸校核，还是生产准备，什么都干，得到了工厂同志的好评，有的同志还被工厂评为先进或模范。在这段时间里，我们的同志除帮助工厂做了许多工作外，还熟悉了苏联设备的资料，又熟悉了工厂的生产条件和工艺，对后来自行研究设计产品是很有好处的，从某种意义上讲也是为自行研究设计创造了条件，奠定了基础。

1961年6月国防部第七研究院成立了，雷达通信研究室并到了该院七〇六所，分为两个室，雷达室为七室，我任主任，于志生同志任政委。通信为八室，李书楦同志任政委，陆建勋同志任副主任。从而结束了雷达通信研究室的初建时期，后来的七二二所和七二三所就是以这两个室为基础组建起来的。

（作者为船舶总公司七院原科技部副部长）

四、21导弹快艇与炮瞄雷达的论证和研制

周 昌 宣

1960年中苏关系破裂，苏联单方面撕毁两方签订的《二四协定》，撤走援助我国转让舰艇制造的苏联专家，并在提供21导弹快艇的设计施工图中夹带大量抹去签署栏的失效、作废图，制造图纸紊乱，给我国转让舰艇制造工作带来很大困难。

1961年船舶设计院设在芜湖市的三室（快艇设计室，即现在的七〇一所一室）迁来上海，配合沪东造船厂转让建造21导弹快艇，做苏联图纸资料翻译、复制、供图和驻厂施工配合等工作。但因该室迁沪电气部分缺观通导航、指挥仪等专业人员，而临时借调我到该室电气科负责上述专业的苏联图纸整理等工作。

组建21导弹快艇观导、武备整图组过程中，从沪东造船厂、中国科学院、大连海军学校等厂、所、院、校先后调来专业技术人员10多人，及时开展了整图工作。由于苏联提供大量废图，曾使整图工作一度陷入困境。经同志们绞尽脑汁、千方百计鉴别和总结经验，终于理出一个整图的有效办法。我们形象地称之为给苏联图纸梳辫子的整图方法，使观导、武备的整图工作保质保量按时完成任务。

苏联21导弹快艇原设计配有“累斯”型炮瞄雷达控制系统，但由于该装备尚处于研制阶段，故我国转让建造21导弹快艇时，苏联未提供装艇设备，仅在艇的总图上标绘有该雷

达的天线等外形和有数张同图名、不同图号、内容互相矛盾的外部线路图，致使我国转让建造的 21 导弹快艇一直缺装炮瞄雷达控制系统。

1956 年全国科技十二年发展规划会议后，结合海军舰艇装备发展规划，在 1959 年末由海军通信学校完成双 57 炮瞄雷达的论证工作，提出艇用与舰用两阶段方案。艇用以海目标为主，具有海面警戒功能，对空炮瞄为辅；舰用以海、空目标为主，海空炮瞄并重，先艇后舰，在研制艇用炮瞄雷达时要尽量照顾到舰用与通用。由于技术条件及国家经济形势变化，在 60 年代初逐步停下来。

1963 年拟解决 21 导弹快艇双 30 炮瞄雷达控制系统在国内配套问题，曾安排过双 30 炮瞄雷达论证工作，起到了促使我国抓紧筹划自行研制舰用炮瞄雷达的作用。1965 年前后提出为 716 型双 37 舰炮配套炮瞄雷达的论证工作。后来为了压缩品种，缩短战线，进而形成双 30 与双 37 舰炮通用型 341 和 341 甲炮瞄雷达的研制方案，生产厂最后落实在上海无线电二厂。西安二十所、西军电等单位派员参加了研制工作。

1965 年前后为两型舰即 051 导弹驱逐舰和 053 对空导弹护卫舰酝酿论证各型配套炮瞄雷达，逐步开展我国自行研制舰用第一代炮瞄雷达工作，如 341、342、343 等。现在正在进行研制试验工作的有 348 艇用系统，通过研制试验取得成果的有已装在 051G 改进型导弹驱逐舰上供部队使用的 347 舰用快速反应雷达系统等第二代炮瞄雷达，并形成系统研制工作。

（作者为船舶总公司七〇一所高级工程师，088 艇副主任设计师）

五、双30炮瞄雷达论证工作的回顾

张 正 清

鉴于 21 导弹艇上双 30 火炮指挥系统缺装，为了补齐配套，上级决定自行研制该系统。为此国防部第七研究院于 1964 年初组织力量进行论证，并于 1 月 22 日下达了论证工作指示。双 30 火炮指挥系统包括雷达、方位水平仪、火炮指挥仪三部分。论证工作由该院七一三所抓总，七〇六、七〇七和七〇一所参加。因为双 30 火炮指挥系统安排试制生产时间短，各所论证工作要本着“三严”精神，加速进行，妥善组织力量着实安排进度，圆满地保质保量按时完成任务。

七院于 3 月 12 日召开了双 30 火炮指挥系统精度分配会议，会上审查了七一三所关于系统的总的精度论证和各所设备的精度论证及对误差分配的意见，按既满足战术要求，又照顾我国科学水平的实际生产能力，既考虑先进性，又考虑现实性的精神，对系统各设备做了误差分配。

5 月 15 日前各所分别完成了雷达、方位水平仪、指挥仪设备的战术技术论证工作。5 月 16 日至 6 月 1 日在郑州七一三所组织了双 30 火炮指挥系统战术技术论证汇总和审核工作。最后共同完成了双 30 火炮指挥系统战术技术任务书和战术技术论证书两份文件资料。

10 月 20 日在北京召开了双 30 系统论证预审会。11 月 22 日至 23 日，我同项天瑜二人

代表七〇六所在北京参加了海装科技部洪惠部长主持的向生产部门交底的交换意见会，出席会议的有四机部丁正泰，六机部孙方，七八五厂鲁仲林，七八六厂王传义，七院王保民，七〇一所曹冠中，七〇七所赵子良、顾传庆，七一三所胥德中等人，海军还有谢融、卢纯火等人。

当时七〇六所雷达室承担了双30炮瞄雷达的战术技术论证任务，组织了以李文炽为首的十余人的论证班子。具体人员有李文炽、戚明道、范昭贤、阎世昌、韩健康(主要从事战术论证)，张树枝、张正清、郑锦勇、项天瑜等人(主要从事技术论证)。双30雷达战术论证及总体技术论证，前后用了近半年时间，是我国炮瞄雷达论证工作比较早的，也是最完整的论证。它对以后的论证工作和产品的研制工作均有较大的参考价值，现全套资料存七二三所技术档案室，可供查阅，这里不作详细介绍。由于本人主要承担雷达总体技术方案论证工作，现仅就双30炮瞄雷达总体技术论证工作中的两个较大也是较重要的技术问题作一简要的回顾。

关于雷达天线体制为二轴或四轴的问题，原21艇上的“累斯”系统基本上没有资料，但从七〇一所提供的仅有的一本电缆总线表中，我们认真地分析了其总线特征，认为原天线为二轴。二轴，这在当时对我们还是比较陌生的，国内尚无这方面的研究，因此组织了以郑锦勇同志为主的一部分技术人员对二轴(不稳定)天线进行了理论分析、数学推导、数值计算和技术方案论证，并对四轴方案也进行了论证。在雷达总体方案的论证中，考虑尽量保持“累斯”原貌，严格控制天线重量和外形尺寸，以利保持舰艇的性能，所以本雷达拟以二轴天线体制作为第一方案，以四轴天线体制作为第二方案，但四轴天线超过“累斯”系统原天线重量(560公斤)。我们致函七〇一所，请提供天线重量对21艇稳性、速度影响的数据，七〇一所复函中认为天线增加100~200公斤影响不大，但不希望增加。以前我去过七〇一所向在苏联学习时见过21艇的“累斯”系统的夏桐副所长了解有关性能及外形等情况，当时苏联的“累斯”系统尚不过关，因此没有向我国提供。

关于雷达跟踪体制的问题，论证开始时，我们对几种跟踪体制进行了比较，如圆锥扫描、水平交叉扇扫、垂直交叉扇扫、单脉冲等。因为双30火炮为21艇的全自动火炮，主要用于自卫，以对付空中飞机为主，兼顾对付水面小型舰艇，所以跟踪体制不宜采用圆锥扫描和水平交叉扇扫体制，应采用垂直交叉扇扫和单脉冲跟踪，并以单脉冲跟踪体制为好。所以在雷达总体方案中开始采用单脉冲体制。因雷达已初步安排七八六厂生产，考虑到实际情况，单脉冲难度较大，条件尚不够成熟，所以又把垂直交叉扇扫的跟踪体制作为预备方案。

在交换意见的会上，七八六厂王传义副科长提出，采用单脉冲体制工厂有困难；天线采用二轴条件不成熟，趋向于采用四轴，并希望增加天线重量，提出采用液压系统并请外单位协作；作用距离达不到30公里，只能达25公里；精度和摇摆条件指标过高等。

双30炮瞄雷达的论证，主要是依据21艇及火炮的使命和性能，并参考了上海21艇摸底文件及系统的要求，在拟定总体方案和参数选择上，既考虑了战术要求，同时也考虑现实可能，并适当照顾未来发展，以保证雷达装备时仍能保持一定程度的先进性。从现在看，论证是成功、合理的，仍有一定参考价值。本文如有不妥，欢迎批评指正。

(作者为船舶总公司七二三所所长、研究员级高级工程师)

六、双57炮瞄雷达早期的论证和研制情况

吴 希 厚

1. 701项目的来源和方案论证

在1956年我国科技十二年发展规划的推动下，并且按照海军科研工作会议的安排，1958年后，海军将881快艇雷达、舰用三坐标雷达、舰用双57炮瞄雷达、对海警戒雷达的研制任务，分别交给哈军工、西军电、青岛海军通校及清华大学。

青岛海军通校接受任务后首先组织力量，在1959年1月完成701雷达(双57炮瞄雷达)的战术技术论证书。后经几次修改，于1959年10月由海司通信兵处会同作战、训练、航空、修造等部门对第一、二次修正方案做了充分的审查，最后完成了第三次修正方案。在论证和修正方案过程中，曾征求苏联专家依沙可夫的意见；同时，通校抽调部分学员和毕业学员，海司通信兵处雷达科也派郑锦勇和覃佐珠参加试制工作。

701雷达的技术方案参照苏联的“雅可丽-M2”雷达加以改进，显示器将P型和B型合一由单人操纵，天线座改为脱离稳定瞄准部位，类似苏联的“富特-B”雷达以减轻重量。

701雷达由绵阳七八〇厂、海军通信学校、大连工学院共同承担设计试制任务。为此海司于1960年2月27日在青岛海军通信学校召开有三个单位领导人参加的方案审查和协作会议。参加会议的领导人有七八〇厂副厂长孔建华、总设计师潘秉琳和江亨祥、大连工学院机械系副主任陈企平、海军通校副校长冯力生、训练部长王强、雷达系副主任范诚等，海司通信兵处雷达科科长官宪端、苏联专家依沙可夫也出席了会议。会议审查通过了战术技术任务书(第三稿)，正式用文字确定了互相之间的关系和研制进程。并确定设计试制工作分两个阶段进行。1960年4月以前为第一阶段，在此阶段，设计组由范诚任组长，七八〇厂江亨祥、通校教员翁家讯、大连工学院白希尧任副组长，任务是确定总体方案，平衡各分机指标等。参加人员：七八〇厂3人，大连工15人，通校9人，共计27人。由通校负责技术设计，七八〇厂负责雷达整机，大连工学院负责天线座。第二阶段为下厂研制，参加人员：海司、通校15人，大连15人。于1960年5月分为两组。通校朱锦藩等在大连工学院与王立升等15人进行了天线座方案设计、木模制作、部分液压元件试制，在COH-9雷达上做了一些伺服系统试验。由于院校以教学为主，毕业学员流动性大，工厂又以本厂任务为主，显示出技术力量的不足，对于庞大复杂的海军雷达，难以胜任加工生产任务，再加上国家经济困难，因而进展缓慢。到1961年七院成立，海司决定将701项目移交给七院，各单位人员回原单位。留下人员有郑锦勇、吴希厚、杨佛荣、陶大荣、宋秉就、钟启英，他们均随项目到七院。

2. 701项目的研制情况

1961年6月7日，中国人民解放军第七研究院在北京成立。在其第六研究所内设立一个雷达研究室，代号为七室。

雷达研究室成立后，就接收了701双57炮瞄雷达项目。1961年10月，雷达室在北京组织了部分技术人员正式进行701项目的技术交接工作，由室主任刘欣主持，由翁家讯和朱锦藩代表通校，翟良科代表研究室。

701项目交接后，雷达室经过一段时间的准备工作，决定与大连工学院无线电系继续合

作，组成了701项目驻大连工学院工作组，于1962年1月到达大连，开始工作，由翟良科负责。其他人员有天线组：母世高、董霓；结构组：王才俊；伺服组：郑锦勇、李爱华、杨佛荣；显示组：吴希厚、陶大荣、杨正中、胡盛基；政工人员：洪浪，共12人。

后来，由于设计力量薄弱以及科研器材和加工等保证工作不足，学院也因教学任务繁忙，又是新建的雷达专业，没有更多的力量投入，致使任务只走完第一步，即在原有的基础上，将总体及各分机的技术方案改进和完善，而设备的生产和加工未能进行下去。

1963年1月，海军和七〇六所领导决定撤销该项目，待条件成熟时，再继续研制。

直至1968年，七二三所成立，并且由于各种条件都初步具备，才使342双57炮瞄雷达的研制成为现实。

(作者为船舶总公司七二三所高级工程师)

七、双37论证的有关情况

郑 锦 勇

1965年5月，总参召集了小高炮综合体研制工作会议(510会议)，安排陆用双37火控系统作为重点工程开展研制工作。海军的雷达和火炮系统研制不落实，想借510会议之机，强调由陆双37系统可以派生海双37系统，大部分技术和部件能通用，以争取能排入研制日程。因此，七院科技部1965年6月2日(科)559号文正式规定，由七〇六所负责舰用双37炮瞄雷达战术技术论证，并派6~7人参加总体论证和研制工作。同年11月，七〇六所雷达室调我参加这项工作，进行了一段时间调研。1966年初七院又进一步下文，要求3月20日拿出论证书报院。因此年初调整组织成立了炮瞄论证组，李伟民任组长，我为副组长，其它有刘全河、李爱华、王希成、何盛坤共6人。当时陆用双37炮瞄雷达已提出了实施方案组织了精度分析组(炮工牵头)，开始精度分析工作。我论证组一面派人参加陆双37精度分析工作，一面去海司、七八八厂摸清海司意图和陆双37方案，做好了论证的准备工作。各兄弟所都只完成初步准备工作，需要火控系统明确总的指导方针才能开展论证。3月20日在郑州由七院武备处召集了海37火控系统论证研究会，明确了装备对象(0111炮艇为主，兼顾037-Ⅱ猎潜艇及66导弹快艇)炮为715型、系统的使命任务和舱面布置要求等，并规定5月20日交出论证书。会后各所进入具体论证工作。虽然时间紧，我们认为仍要认真地把陆用派生到海用时应解决的战术技术问题论述清楚。因此对要论证的内容作了仔细讨论，明确重点(主要是以陆用雷达体制为基础，研究海用的战术及技术特点，主要有：如何解决独立搜索问题，在舰上使用再生反馈问题等)。根据重点，组内分工李伟民、王希成分析海用战术特点，刘全河研究稳定随动系统方案，李爱华负责稳定精度综合，何盛坤负责独立搜索问题，我负责再生反馈上舰问题、总方案说明及技术抓总。全组分工合作，并得到室内兄弟组协同，按时在5月15日写出了论证第一稿(包括稳定精度分析报告)。经室技委会审查通过后，参加了七院的系统论证。后又根据系统论证要求，省略了部分技术细节，整理成第二

稿。两稿都发给了七八八厂，作为海双 37 炮瞄雷达(341)研制的依据。

由于这份论证对海用特点作了较详细的具体研究，故七八八厂比较满意。1968 年该厂组织工作组到上海研制 341 时基本上以它为指导，如用双天线方案、稳定问题、再生反馈加法问题、天线结构形式和战术指标等都与原方案一致。这份论证中一些基本设想后来在七二三所 342(开始也叫 341)雷达的研制方案拟定过程中也起了一定的作用。

(作者为船舶总公司七二三所副总工程师、研究员级高级工程师)

八、关于常无四厂试制 341 甲艇用 炮瞄雷达的回忆

尹 祖 良

常无四厂于 1969 年接受 341 甲炮瞄雷达的试制任务。当时工人不足 300 人，主要产品是航仪配套产品，技术力量极其薄弱，正规本科毕业生几乎没有，雷达技术基础无从谈起。但这一任务得到了常州市无线电局的竭诚关怀和扶植，当时的工厂领导和全厂上下更是热情高涨，全力以赴。常州市无线电局首先为常无四厂调配和购置配套起一套雷达测试仪器，并先后从地方和军事院校、外厂以及复转军人等方面调动和分配了十几名专业技术人员，这些人大多发展成为雷达技术专业骨干人才。1970 年工厂组织了一批技术人员到上无二厂学习参观 341 炮瞄雷达和试制情况，收集有关资料。1971 年在海军关怀下确定了 341 甲炮瞄雷达的基本方案，于是，一场轰轰烈烈的试制工作在上级的关心和全厂上下的关心下齐心协力地展开了。仅用一年左右时间就拿出了第一台试验样机，用半年多时间完成了整机调试、性能测试和机场校飞试验，1973 年进入锦西海军试验基地做性能试验，取得了较好的结果，试制初步成功。1973 年投入设计定型样机生产 3 台。1975 年到 1976 年完成了设计定型样机的调试、测试、例行试验和基地设计定型试验，于 1977 年 4 月完成设计定型。尔后，于 1978~1980 年先后完成了与双 30 系统射击指挥仪的联合试验，完成了双 30 系统的陆上和海上的联合试验，均取得了良好的成绩，使双 30 系统于 1982 年 4 月完成设计定型。

341 甲炮瞄雷达是 341 雷达方案的简化产品，简化主要是指只使用一个 X 波段，目的是加快产品开发速度，降低成本，满足当时 21 艇的装备急缺。但 341 甲不是简单沿袭 341 雷达第一台样机的状态，而是经历了一个艰巨的创业创新过程。其成果和意义主要表现如下：

1. 在国内海用炮瞄雷达，第一次设计使用成功机电式稳定平台，该系统通过正确选用执行元件，合理选用少齿差行星轮减速器及其速比，并用开闭环复合控制方式达到了总体要求。
2. 在海用炮瞄雷达，成功地实现和使用再生反馈控制的角跟踪和距离跟踪系统，精度考核取得了良好的效果。
3. 结构上大胆创新，采用举臂式结构。通过将发射机放在方位旋转壳体上，简化了结构，降低了成本。在解决跟踪轴光机电三轴一致性和可靠性方面，作出了很大努力，取得了

满意的结果。传动结构上采用谐波减速器和少齿差行星轮减速器等也很具有新意和特点。利用频率特性法设计和选择的主控柜减振系统,性能极好,减振效果很好,大大减轻了主控柜结构强度的要求,成本下降,设备可靠性提高。

4. 341甲第一个实现了国产艇用炮瞄雷达的设计定型,第一个走完了从单机到全系统的陆上、海上试验过程,这是一段开创性、摸索性的艰苦历程,成功和失败伴随着我厂第一代雷达技术人员艰苦奋斗的足迹,为我国射击指挥系统的发展提供了宝贵的经验。

5. 主要工艺技术成果为:气压成型抛物面天线,雷达轴系精度的装配保证及测量,雷达方位、高低角标定及水平度保证工艺,方位壳体吊臂加工工艺,导电胶使用工艺等。

6. 341甲设计定型后,继续为可靠性提高和技术进步作出成绩:(1)光、机、电三轴一致性和可靠性获得了满意的成果;(2)解决了次反射体支撑系统自振频率落在雷达工作环境频率内,引起共振现象的问题;(3)主回路和再生反馈装置及时更新了早期国产运放器件,并实现了电路的环境稳定性;(4)更新的“扇扫”电路,实现了扇扫中心和扇面角大小和周期的稳定;(5)“搜索-跟踪”状态转换,实现了“退高压-波导三通口转换到位-加高压”的连锁保护,防止磁控管损坏;(6)解决了磁控管功率隔离问题,保护磁控管窗口不被反射功率击穿;(7)跟踪数据稳定性保证设计改进;(8)光电匹配细则和标定精度保证;(9)与抗同频异步干扰机和敌我识别器完成了对接和加装,为雷达训练器设计了接口,并完成了对接试验,完成了匿影接口电路;(10)发射机耐压设计、绝缘设计方面也取得了重要的进步。

通过上述技术进步和可靠性提高措施,341甲产品到1985年以后已基本成熟,可靠性水平有了保证,除发射机高压系统打火或拉弧现象尚未根本控制外,整机的结构和电气的稳定可靠性已达到了较高的水平。

341甲产品在常无四厂这样的小厂,取得这些成就,确实富有传奇色彩,回忆当年奋斗的情景,充满一种创业的自豪,现今工厂留下了一批技术队伍和生产基础,使工厂的发展受益匪浅。现在能生产侦察雷达,在1987年用一年左右时间研制成功国内首创的光栅扫描船用导航雷达,这在国内是先进的。这些发展,都是341甲试制产生的结果。

341甲在特定的环境条件下能在常无四厂取得成功是些什么原因呢?(1)确实是海军领导机关、船舶总公司领导机关、常州市电子局真诚支持和扶植;(2)当时工厂领导确实非常重视,按当时的术语真是作为“政治任务”对待的。全厂上下一心,人人只想作贡献,处处有人关心,处处有绿灯;(3)当时建立起的工厂技术班子,以60年代初期的技术人员为核心,他们朝气蓬勃,有志气、有追求,有艰苦创业和献身精神,技术比较全面,能各尽所长,团结奋斗,不计较得失,富有创造性;(4)当时技术合作环境好,无论是交流学习技术还是外协解决关键工艺等方面都能尽力支持。总之,由于客观和主观上具备较好的条件,因此,常无四厂能为海军炮瞄雷达作出贡献。

341甲产品发展也留下了深刻的教训:

(1) 341甲1977年设计定型后,实际上产品没有很好地经历一段成熟过程,一下子生产安排太多,1978年生产7台,1979年安排10台,早期产品质量较差,可靠性增长工作尚未很好开展,忙于生产,使早期产品的质量问题的隐患。1980年后又遇到调整,停产了两年,产品的技术进步受到了影响;

(2) 341甲定型后,领导思想只抓生产,不那么重视技术进步和技术改造。在继续采用新技术、新工艺、新器件、新材料方面缺乏敏感性,在技术进步上继续下苦功夫不够坚决果

断。

341 甲共为部队装备 40 余台, 前后过程历时 18 年, 至今仍不断为部队提供技术服务和备件。在这过程中, 常无四厂形成了前所未有的高度统一和团结, 常无四厂的每一位技术人员和工人均对 341 甲怀有深厚的感情, 常无四厂的技术人员为这一事业付出了生命的精华, 作出的贡献在舰艇炮瞄雷达军工史上写下了光辉的一页。

(作者为常无四厂高级工程师、341 甲雷达技术负责人)

九、国营第四一一〇厂有关雷达产品的生产改进情况

嵇 储 申

国营第四一一〇厂的包建厂原为南京七二〇厂, 由于该厂刚刚确定为安徽岳西〇八七一基地七二六厂的包建责任单位, 便于 1968 年改由南京七一四厂包建, 1971 年改为援建厂, 七一四厂共支援四一一〇厂各类人员 200 余人, 其中约 10~20% 曾于 1959~1961 年期间参与过我国第一代仿苏海防型岸舰飞航式海鹰导弹(代号 5079)系统中引导、照射雷达、被动寻的末制导雷达、射前检查设备等仿制工作, 后因该设备系统大, 战术使用不灵活, 于 1961 年经国防科工委决定下马, 停止仿制。此时, 七一四厂已仿制出全国产化被动末制导雷达两部(含合作雷达应答设备), 所以, 上述人员数量虽少, 但是已经获得了三厘米、十厘米微波雷达仿制生产的技术质量意识锻炼和经验, 为日后四一一〇厂接受转产雷达产品打下了良好的基础。

国营第四一一〇厂于 1968 年按原四机部决定为舰载雷达(342、343、352 或 341 雷达)生产厂, 并按此由部第十一设计院负责吸收七一四厂援建人员组成四一一〇厂筹备组, 于二季度派出技术人员去西安二十所对 343 雷达进行接产学习, 在二十所研制性能样机的同时, 筹备组在南京七一四厂按二十所的设计草图同步生产了一台(除天线)初样, 并于 1971 年二季度基本完成分机调试, 由于没有稳定平台、天线及其它外场对空联调和试验的能力, 初样试制暂停, 暂设南京七一四厂的四一一〇厂筹备组于 1971 年三季度起转入向贵州厂址的搬迁。

343 雷达在二十所的研制, 于 60 年代开始规划, 70 年代初实施, 是自行设计舰载火控雷达国产化的第一代, 当时尚缺乏研制和定型全过程的工作经验, 过早地布局了型号的生产厂点, 致使四一一〇厂于 1973 年便处于基本完成基建的待产状态, 全厂职工无所事事。

四一一〇厂领导班子根据本厂工艺设计特点、骨干群众的意见以及雷达专业的荣誉感, 先后于 1973 年 9 月、11 月两次派员去部机关汇报, 力争拿到小 322 雷达的生产任务, 以期在 343 雷达定型转产之前, 四一一〇厂能通过小 322 生产, 抢出一个雷达生产的锻炼成熟机会。

王净部长根据四一一〇厂在七一四厂援建人员中有 20% 的技术人员和技工参加过 5079 末制导雷达的仿制, 以及四一一〇厂人员汇报在国防科委原 23 基地海鹰岸舰导弹系统

的二厘米跟踪雷达三次海上实弹射击试验实况后,决定四一一〇厂立即扩点接产小322雷达,而不再生产单边带电台。并决定亲自于11月7日参加小322雷达定型会,指令四一一〇厂人员随同进入定型会场,以解决天津市仪表局津华无线电厂不执行部一局关于四一一〇厂到会并接产的安排。由此保住了一个火控雷达生产点四一一〇厂。

小322雷达1974年2月开始出图,1975年6月于舟山海域通过外场陆试,1976年通过转产、鉴定,至1980年共出厂96台,工厂技术、生产、管理人员在此期间经历了设计、试制、改进,得到了锻炼,为接产343雷达做了良好的准备。由于我国周边形势的变化,岸防策略的改变,至此小322雷达的订货量已近尾声,刚好与343雷达的定型接产衔接。

343雷达于1979年由二十所设计定型,1980年春正式移交设计图纸,由于二十所在研制过程中工作细致扎实,转产中无保留地交底,并且四一一〇厂接产前对参考图纸作了深入的设计、分析,所以转产试制过程顺利。

343雷达方案的参考原型是苏制“雅可丽-M2”,按海军要求在原体积不变的前提下增设一个二厘米工作频段,由此天线微波系统必须同时工作于二、三厘米;致使馈线系统中二厘米频段传输寄生波严重,驻波比大,传输损耗严重;同样,每一频段发射机高压调制器体积被压缩一半,致使高压击穿空间设计不足,即使是贵州的气候环境也已无法适应(四一一〇厂海拔950米;15~20摄氏度时为高潮天气),发射机飞弧,击穿电晕严重;经过反复攻关、试验,严格按电位梯度设计,加强灌封,增加高低温下材料膨胀吸收设计等连续加班近三个月,最终得以妥善解决。

由于二十所定型前三米切割抛物面天线方向图各指标测试均在100米左右的近场测得,当时尚无修正技术,也未经远场检测验证,转产后四一一〇厂天线测试场借地形设计于两山头之间,距离为380米,为准远场测试,结果按原设计尺寸生产的天线其指标有30%不能满足。后经模拟二十所的距离检测,经过二十所海军代表和原研制人员反复讨论验证,认为四一一〇厂测试环境优于原环境,检测可信度高,并同意将部分方向图指标稍加修改,随同转产鉴定经海定委批准执行。上述一系列攻关更改,历经出厂30余台装舰服役雷达使用,证明攻关成功。

343雷达转产首台按部计划要求于1981年底通过军检交付船厂,1982年9月通过转产鉴定批准小批投产,于1988年获部优称号。

根据海装领导指示精神,海军装备要“小步快跑”,即生产工厂科技人员要不停地利用成熟新技术,加装、改装于海军老装备,以提高老装备的战技性能,延长装备服役期和产品生命期。四一一〇厂根据舰载对海火控雷达窄脉冲和最小跟踪距离的特点,实现非相参频捷,必须采用频捷接收机微秒量级快速跟踪技术。为此于1983年特专题向国防科工委、总参四局、海装电子部、部雷达局作了方案汇报,并于1984年立项研制。当时巧遇机电部二十九所为模拟式频捷研制的瞬时测频仪设计定型,便即与该所签订合同将瞬时测频整件作为我外购件移植进343数字瞬时捷变频收发系统,加上校正控制技术,前后仅半年时间性能样机即告完成,首次检测全部满足指标,并可以对老装备以更换抽屉方式现场替换,最长现场替换时间为两小时,接口指标不变,不需任何调整即可投入战斗使用。

343频捷系统经过海试,并与意大利引进牛顿-C干扰系统对抗试验,完全满足战技指标,牛顿-C对抗无效。343非相参数字瞬时测频捷变频系统于1986年国内首次获得成功,通过设计定型,1988年根据海装兵器部、舰艇部、电子部、船舶总公司系统工程部要求,在

343 雷达上加装电视跟踪仪和激光测距仪,形成光电一体化火控系统,废除原主炮系统稳定瞄准部位的中央瞄准镜和三米测距仪。经过方案论证和有关单位技术协调、结构设计,激光、电视、雷达三者电磁兼容性设计,光电轴匹配设计,首台样机已经通过技术鉴定验收,并正式命名为 H/LJP-343A 雷达。

1972 年上无二厂在 341 雷达研制过程中将第一方案性能样机移交常州无线电四厂形成 341 甲雷达。1974 年提出第二方案上报原四机部一局及海装,部一局地面处曾专门征求四一一〇厂能否承担 341 雷达的研制,四一一〇厂鉴于当时能力尚未形成,最后取得一致意见:341 雷达仍由上无二厂完成研制,设计定型后移交四一一〇厂生产。由此表达了原四机部对舰载火控雷达的生产布点逐步向部属雷达工厂收拢的意图。

自此以后,四一一〇厂主要技术领导,每年均有一到两次去上无二厂调研跟踪 341 雷达研制进展情况,对其每一阶段发生的主要问题都有一个概略的了解掌握,为 1983 年 341 雷达定型接产做了充分的准备。

上无二厂在 341 雷达研制过程中做了大量细致的工作,研制期间正值文革后期,鉴于当时的国内政治情况,各种配套元器件、零部件的国内水平,在转产时,四一一〇厂取得海定委的同意,在方案、指标不变前提下,根据国内 80 年代精密机械加工、微波常温低噪声放大技术水平的提高,精密机械零件外协厂点、微波器件方案等的选定,均重新论证,考察调研定点。投产六年的实践回顾,凡当时选点的外协厂所产品质量是由高质量的工艺装备所保证的,外协件的质量就稳定,整机生产顺利;外协件的质量如由其高级技工保证的,则因人事变动,其外协产品质量波动极大,给整机生产造成很大被动。其费效比最终是一目了然的,但在决策初期较难预测,往往产生决策失误或决策分歧,决策的正确度取决于本人水平和决策者在决策班子中的权威性。

由于 341 雷达转产时的种种具体原因,四一一〇厂仅接收到设计图纸,其它设计资料、工艺文件全部没有,因此转产试制的难度大量集中于高精度切削加工,精密传动装配和二、三厘米双波段单脉冲天线的保指标调试生产,例如:1.8 米工件铣加工长度公差小于 2 丝,角度公差小于 2 分;0.8 米工件镗加工垂直度公差小于 2 丝;0.6 米工件不平度公差小于 2 丝;0.8 米直径齿形公差小于 5 微米;四轴稳定机电平台轴系装配误差小于 1 分;以及采用 70SS 高强度合金铸造铝生产 1×0.6 米壁厚 8 毫米的薄壁复杂形状铸件等关键工艺,先后均在 70 年代的工艺设备上攻克,开始这种关键加工由 1~2 名高级技工承担,经过几年生产,技术已经推广扩散到中级青年技工,培养形成了一批火控雷达生产技术骨干。同时,在试制中紧紧抓住了定型遗留问题:如天线平台严重渗漏水;二厘米跟踪收发微波系统,三厘米搜索接收高放和跟踪二、三厘米发射机高压转换等部分可靠性极差,在试制前便从设计、元器件选用等方面做了大量工作。

由于四一一〇厂在转产试制中技术决策、外协决策、试制管理决策等方面的重大决策无一失误,一般决策成败比比例为 8:2,所以转产试制于 1985 年 11 月一次成功。首机按合同如期交付,经过装舰,87 火控系统对接联调,出海射击试验,交付部队使用,于 1986 年 12 月通过转产鉴定,批准投入小批量生产。

1988 年完成 341 雷达加装电视跟踪仪通过技术鉴定,按照海装通知,加装电视跟踪仪的 341 雷达改名为 H/LJP-341A 雷达。

(作者为四一一〇厂总工程师、341A 和 343A 雷达主管总工程师)

十、342雷达的论证和407会议

张 正 清

1. 原341 炮瞄雷达的论证情况

341 炮瞄雷达的论证工作，七二三所是从1968年5月在武昌八一小学时开始的。当时参加战术技术论证的人员比较多，除总体组外尚有分机组参加。

战术论证因为有以前715射击指挥系统论证的基础，所以进行得很快。技术论证在讨论了初步的设想，画了粗线条的框图后，即分两路去外地调研（如南京十四所、七七二厂、七八八厂、西安七二〇所、成都十五所和海军训练基地等单位），然后由总体到分机，再由分机到总体，反复讨论协商。在此基础上于10月份将341雷达总体和分机技术方案大体定了下来，提出了各分机技术要求。此文件作为341炮瞄雷达论证的第一稿。由于西安七二〇所也参加研制，曾经派杜长春来所一起参加了讨论。1968年11月，经国家计委、国防科委和国防工办批准，该雷达的研制任务下达给青岛市和七二三所共同完成。所以在11月，七二三所派出以翟良科为首的技术小组（罗佛云、兰书科、张正清、王才俊和杜长春参加）赴青岛进行技术交底，并调查了解了青岛市工办和无线电公司安排的一些工厂，以便于今后组织力量进行研制。1969年初回武昌即准备搬迁去青岛。

1969年3月搬迁到青岛后，即抓紧时间修改了方案，做方案会审的准备工作。该方案4月份在青岛召开的407会议上通过。

2. 原为341 炮瞄雷达后来为何改为342炮瞄雷达

在1969年4月7日至4月13日于青岛召开的方案审查会议（407会议）上，七二三所在汇报方案时谈了根据315、303会议要搞海军炮瞄雷达，当时装备对象没有明确。我们论证的341雷达原配37炮，后来上级对303会议纪要的批复是051舰要突出狠抓，海军首长指示雷达配57炮，先装051，小艇暂缓。加之我们方案论证中突出了三个为主：跟踪、对空、051，三个兼顾：搜索、对海、小艇。方案基本上满足了051舰双57炮的要求。与会代表海军的徐森、田俊杰，以及七〇一所、七一六所等均提出原341炮瞄雷达应改名为342炮瞄雷达。在小组会上进行了认真而热烈的讨论，三个为主、三个兼顾的思想是从海军的现状出发的，是有其历史根源的，同时又符合了海军首长的指示精神和海军当时的任务。所以会议一致认为因051舰地位重要应先考虑装051，小艇可暂缓，该雷达以对空为主，兼顾对海，以跟踪为主，兼顾搜索是合适的，必要的，应将原341炮瞄雷达改名为342炮瞄雷达。海军和七一六所提出希望七二三所在研制342炮瞄雷达的同时也考虑341炮瞄雷达，起码要考虑37炮炮瞄雷达341装艇的方案。因此通过了具有如下内容的会议纪要：（1）明确七二三所原论证的341炮瞄雷达配双57炮，更名为342（双57炮）炮瞄雷达，装备对象为051舰，并要求七二三所提出装小艇的方案，报上级审批。（2）肯定了该雷达方案单脉冲、新波段、宽频带等抗干扰性能。（3）由于该雷达配37炮变成配57炮，战术指标作了某些必要的修改。（4）雷达研制

的进度要适应 051 舰的装舰要求。同时，要求与双 37 炮配套的 341 雷达应安排试制计划。

后来七二三所按会议纪要要求，将原 341 雷达改名为 342 炮瞄雷达在青岛研制。同时又组织了力量，安排了人员，考虑 341 炮瞄雷达的一些问题，以后上级将 341 雷达研制任务下达给上无四厂（后转上无二厂）和七二〇所。为此七二三所又派出戚明道和李立仁去上海向他们交底，即将战术技术论证和方案考虑详细地作了移交。

（作者为船舶总公司七二三所所长、研究员级高级工程师）

十一、342 雷达天线座的研制、修改和定型情况

王 才 俊

1968 年 9 月份在武汉关山八一小学，当时正是七二三所准备搬迁青岛的前夕，所里组织讨论 342 各分机的初步方案。我拟制了 342 天线座的初步方案，画了方案简图，但一些细节问题都还很难定下，如稳定部分采用液压还是机电方案等，这个方案是为了向青岛市进行汇报。

11 月份我作为先遣技术小组成员到达青岛，同青岛市派来参加产品设计的同志出差北京开会，并到南京、西安参观学习。

1969 年 4 月在青岛召开 342 方案汇审会，结构组由副组长王春慧参加会议，会上确定稳定部分采用液压驱动。

第一台天线座总体设计中主要的缺点是平衡设计考虑不够。当时有两种意见：一种意见认为稳定部分的重心要距离稳定平面远一些好，这样才能自稳定。具体布置是舷角大齿圈放得很低。另一种意见认为稳定部分重心应该尽量靠近稳定平面，即按随遇平衡设计。最后同意稳定部分的重心向稳定平面提高一点。

俯仰平衡由于当时高频波导器件也确实一时定不下，是安装时临时布置的，所以根本没有作平衡计算，后来造成俯仰平衡很不好，加了一根长的平衡杆与重物。液压稳定系统中用的伺服阀、油缸缸体结构图是张荣祥参考南京七二〇厂的图纸进行试制的。

第一台天线座由于重量平衡较差，特别是俯仰平衡更差，致使无法整机联调。1970 年 10 月所里确定由我负责主持设计第二个天线座。天线座外形模仿“富特-B”雷达的天线座，设计过程中注意了各个系统的平衡和点头机构、高频件在俯仰箱中的布置。

设计地点是在青岛机床厂，当时成立了有该厂人员参加的三结合设计组。在大干 50 天的口号下，到 50 天时基本完成了天线座的主体设计。1971 年 2 月份天线座在青岛机床厂制造出来，经整机调试，在青岛流亭机场试验，基本满足要求。

1971 年下半年对天线座的图纸又作了进一步的修改设计，试制厂转到青岛印刷机械厂，1971 年共出样机两台。控制机柜部分、发射机、高频部分在青岛微电机厂试生产。

安徽六安六〇五厂在七二三所于青岛机床厂设计的图纸基础上稍作修改，如点头机构由箱体后半部搬到前半部，1973 年试制出一台样机装舰。随后七二三所结构设计人员陆续下

到六〇五厂，商量、解决试制中出现的问题和如何测试回差、光电轴匹配等问题以及如何改图准备生产正样。改图工作在扬州进行，1974年上半年图纸改好，1975年上半年机器制造出来。

1977年342雷达科研正式样机定型。定型后又进行修改图纸工作。在六〇五厂配合生产的工作一直延续到1979年上半年。

在青岛设计342时，青岛市派驻七二三所的技术人员和工人参加了一些具体设计工作。他们参加设计了控制机柜、发射机、天线座的传动装置、点头机构与汇流柱等，对我们的工作给予很大的帮助，解决了当时人力不足的困难，从中也为青岛市培养、锻炼了一批雷达设计人才，使产品交接工作进行顺利。

到扬州后，我们在修改定型天线座图纸时，六〇五厂也派两名技术人员来扬州参加设计，后来由于厂方工作需要，没待修改设计完，他们就提前撤走了。设计部门同试制厂相结合有很多好处，处理问题快，移交产品容易。

(作者为船舶总公司七二三所副总工程师、高级工程师)

十二、342雷达液压稳定系统研制情况

郑 锦 勇

1968年底，342雷达研制方案确定，天线纵横摇稳定采用四轴结构稳定方案，稳定驱动系统倾向于用液压驱动。当时国内液压拖动系统有了一定的基础，但用作精确的液压随动系统却还处在研制阶段。液压随动系统的关键器件——伺服泵或伺服阀还没有产品可选。在七二三所内除我在701项目时曾参加过伺服泵式液压系统研制外，其它同志都没有接触过液压系统，也没有液压元器件和液压件加工的能力和经历。青岛市只有一个简陋的生产阀件的液压件厂。在这样的基础上研制液压稳定系统难度是很大的。幸好当时上级希望051舰的515、354、342三部雷达稳定平台液压系统统一设计，以利舰上使用、保养。南京七二〇厂在研制515雷达中得到长春光机所1965年解剖美机残骸中“莫格”阀的基础上反设计的图纸，先开始了液压稳定系统的研制工作，因此342研制组成立后，我和结构组分管液压系统的张荣祥两人先到七二〇厂学习。当时正是提倡全国一盘棋，所以学习比较顺利，只用了一个星期时间就将515有关液压系统的初步设计(包括伺服阀的初步设计图和分析曲线)都摘录了，还学习了他们自己动手调试的经验，也明确了我们必须自力更生，无法依靠别人提供伺服阀。407会议以后，总方案正式确定，由于液压系统是新技术，加工要求高，特别是伺服阀加工精度高，工艺复杂，难度大，故列为342的一个专题，与青岛联合安排。当时主要从四个方面开展工作。

1. 解决没有通用液压件、管路和油料的问题。管路、油料及少量通用液压件在青岛有关厂及北海舰队解决，主要通过七院将西安二十所341雷达订货的液压器材调来而得以解决。

2. 根据 342 的要求修改由 515 雷达摘来的原设计图, 以满足 342 流量较小但精度要高的特点。这部分工作开始由我和张荣祥讨论, 由张荣祥着手进行。后张荣祥调去上海工作组, 改由结构组王才俊在组内安排完成, 包括作动缸、油箱、泵组、控制油路等。随动系统电路由黎佑庭负责设计、调试。由我负责系统抓总。

3. 组建液压实验室, 以满足伺服阀研制中各种测试和中间试验及液压系统其它部件测试、系统联试的需要。为此, 在青岛工人工作组中选了赵清斋、赵培元等四位有丰富经验的老钳工师傅和我组成液压组(1970 年 5 月增加李如发)。我们一起研究了实验室主实验台构成, 绘制了各部分设备图纸。为了及早建成实验室, 保证 342 进度, 工人师傅和我一起每天起早赶晚, 奔走在青岛机床厂、微电机厂和其它工厂, 与有关工人师傅一起动手。部件加工后又带回实验室, 自己动手清洗、安装。经过半年奋战, 在 1969 年国庆节前后将实验室基本建成了。后来用它保证了整个液压系统和伺服系统的各种测试工作。

4. 伺服阀是液压稳定系统的核心, 加工精度很高, 装调难度很大, 而且有很多设计问题要在研制中突破。我们对从 515 雷达得到的初步设计图纸加以完善、补充后, 由青岛市安排在全市精密加工最强的生建机械厂, 由该厂骨干赵春海师傅负责, 并组织了全市 20 多个工厂的协作网共同攻关。赵师傅严格按图纸要求, 一个零件一个零件攻关, 小型精密件的热处理, 超低温时效(液氮处理), 喷嘴的微细孔加工, 力矩马达的磁性材料精细加工, 磁钢精细加工、充磁, 到四凸肩滑阀的阀心-阀套付的微米级精度的尺寸一致性要求和配合公差要求, 每个难关都经过编制工艺到加工实施细致研究。许多问题经过几个工厂多台设备的加工。这样, 经过我们多次研究和赵春海同志积极努力, 第一批加工的四套阀心-阀套付在 1970 年 1 月经我们自己的实验室精确测试后, 证明加工性能很好, 一致性也较好。以后又陆续进行了喷嘴-挡板付、节流孔、力矩马达的特性测试, 李如发同志还通过改进充磁提高了力矩马达的性能。通过这些测试确定了伺服阀的精确设计参数, 又通过液压组和赵春海同志一起多次测试、调整, 解决了因力矩马达和伺服阀体组装时安装精度要求很高又无法检测的困难。在 1971 年装出了第一批我们自己研制的伺服阀, 并用它们经过系统联试, 装到首台 342 雷达上, 满足了液压稳定系统的技术要求, 保证了首台 342 雷达的整个研制进程。

上述四方面工作的完成保证了首台 342 雷达液压稳定系统按整机进度和技术要求完成了研制工作, 并在 1972 年装舰后, 通过海上试验满足了 342 雷达稳定的技术要求。

1973 年以后, 在六安六〇五厂研制定型样机时, 由于北京第八机床厂已开始生产与我们研制的伺服阀性能相同的伺服阀出售, 伺服阀就不再自己制作, 油源、油箱、控制油路也作了集成化的改进设计, 但首台 342 雷达研制中, 我们和青岛市工人师傅一起联合攻关, 研制液压系统的工作, 至今还是很难忘怀的。

(作者为船舶总公司七二三所副总工程师、研究员级高级工程师)

十三、回顾342雷达的试制生产和改进

张 传 如

1970年，国营六〇五厂划属六机部领导。根据中央军委、国务院要 加 强 海 军 装 备 建 设 的指示精神，六机部于1970年8月以(70)99号文“关于下达342雷达试制任务的通知”向六〇五厂下达了342雷达的试制生产任务。在此之前，六〇五厂与六机部七院七二三所领导已经就承担342雷达试制任务进行过磋商。1970年底，工厂派出了技术骨干赴青岛七二三所参观学习342雷达，接收了部分图纸资料，并于1970年10月开始了342雷达的试制。

342雷达试制初期，由于图纸资料不全，工厂技术人员和广大工人怀着为海军建设作贡献的满腔热情，边试制，边设计，边试验，边加工，仅用一年的时间，初步完成了342雷达两台样机的加工、分机调试和整机装配任务。1972年元旦进入了整机调试、试验阶段，3月第一台样机完成整架调试，在厂内进行了各项指标测试和目标跟踪试验，主要技术指标基本达到了设计要求。同年4月在常州奔牛机场做了性能摸底试验。在该机场，整机从整架到全部正常工作仅仅用了8天时间，在对轰-五和歼-六飞机检飞中，证明样机的主要战术指标达到了设计要求，检飞是成功的。为进一步验证整机的战术、技术指标，1972年10月进入锦西海军试验基地，至1973年3月试验结束。训练基地试验证明，整机跟踪性能符合要求，样机试制一次成功。第一台试验样机于1973年9月正式装舰使用。

1974年8月，342雷达第二台样机完成了整架调试，进行了全面的例行试验，肥东机场和奔牛机场的跟踪试验，以及海军训练基地设计定型试验和海上试验，试验情况良好。1975年8月，在无锡七〇二所对天线座进行了风洞试验，考验了天线座的强度和刚度，性能基本满足使用要求。

原六〇五厂是雷达天线、车厢生产专业厂，生产雷达整机是第一次。炮瞄雷达技术比较复杂，精度要求高，工厂技术人员为确保雷达性能稳定可靠，指标符合设计要求，在七二三所张正清、张土根等同志的支持和帮助下，根据样机试制和试用中发现的问题，前后做了大量的试验和改进，主要是：高频系统移相器、旋转关节和混频器的改进，定时、显示系统的改进，距离、角度跟踪系统的改进以及机柜机壳的改进等，经过充分的验证试验后，在1975年底完善了设计、工艺文件，为后来的投产打下了良好的基础。

1977年，六〇五厂试制第二批定型样机3台；12月在安徽六安召开了342雷达设计定型会议。1978年3月30日，海定委批准342雷达设计定型。根据定型会上提出的建议，六〇五厂技术人员对整机的有关电路又作了进一步改进。1981年，工厂投产第三批342雷达7台，其中出厂6台，陆续装备了部队，1台留厂作样机。

1984年，342雷达参加了051舰情报系统试验，由于试前做了充分准备，雷达发现目标和跟踪目标状况良好，提供情报数据较准确可行，为情报系统试验的成功作出了贡献，六〇五厂获得船舶总公司的表彰和奖励（“奖给在一三二舰电子系统海试任务中成绩显著”的锦

旗), 有关参试人员也得到了嘉奖。

1983 年底和 1984 年初, 根据舰船雷达可靠性专业组年会的建议, 并为检验 342 雷达的可靠性水平, 在驻厂军代表的支持下, 对 342 雷达进行了可靠性摸底试验。试验前, 对雷达的可靠性指标进行了全面的、大量的统计计算和预计, 对试验方法进行了充分认真的讨论, 决定在 50 摄氏度的环境应力下, 按定时截尾试验方案进行了连续(单台)186 小时的整机工作试验, 通过试验结果的分析证明, 可靠性指标与预计值相近。雷达整机的可靠性试验在〇八七一总厂系统还是第一次, 在国内雷达厂家, 当时也为数不多。

342 雷达的可靠性试验, 反映了雷达的可靠性还存在不少问题, 薄弱环节暴露了。为了提高雷达的可靠性水平, 在海军装技部的支持下, 工厂于 1984 年初, 动员、组织了近 30 名主要技术骨干, 对雷达设计方案、具体电路进行了反复的论证, 提出了改进意见, 经过充分的调查研究和室内电路试验, 提出了 342 雷达的改进方案。新方案突出体现了: 提高抗干扰性能, 改善稳定可靠性和力求技术先进性。主要改进内容包括: 增加电视跟踪, 提高抗干扰性能; 三路接收机改为单路, 避免了三路不易平衡的缺陷; 电源电路全部晶体化、集成化, 大大提高了可靠性; 定时、显示系统采用集成电路; 距离跟踪系统采用自动数字测距和跟踪; 增加故障自动检测分机等。方案中还对整机的可靠性数学模型、可靠性指标分配进行了论证、计算。新方案经过驻厂军代表同意和总工程师童琅华批准后, 于 1985 年初上报海军装技部。后来, 由于海军装备计划的调整, 342 雷达的生产计划撤销。

342 火控雷达作为我国第一代大中型舰艇的重要装备, 从试制到小批生产, 在厂、所的努力下, 作出的贡献是显著的, 既为海军提供了新的装备, 又培养、造就了火控雷达设计人才, 锻炼了队伍, 为新的雷达研制、生产打下了坚实的基础。

(作者为国营〇八七一总厂质量管理处处长、高级工程师)

十四、342 雷达试制生产中的改进情况

赵 廷 云

342 舰载炮瞄雷达为船舶总公司七二三所研制。1970 年 8 月, 六〇五厂根据上级文件通知, 承担了该雷达的试制与生产任务。

1970 年秋天起, 六〇五厂先后几批派技术人员到青岛七二三所学习 342 雷达, 得到七二三所同志们热情帮助。六〇五厂按照七二三所提供的 342 雷达部分蓝图, 1970 年 10 月开始在安徽六安试制。

六〇五厂在 342 雷达试制过程中, 集中全厂主要技术力量, 组织各类三结合组, 发挥集体智慧, 认真消化已有设计资料, 针对样机试制中发现的问题, 根据工厂工艺现状, 对结构设计进行了局部改进, 主要改进项目是:

1. 改进天线反射体骨架结构。原设计天线反射体骨架为铝板弯制成槽形, 经焊接后成形, 改进为整体压筋成形, 类似于普通扬声器的背面支架。这项改进, 不但结构简单, 无焊

接引起的变形，而且利用冲压一次成形，大大提高了工作效率，节省了工时与材料。

2. 将天线“点头机构”与“俯仰数据传递机构”两者在俯仰箱内位置前后移换，较好地解决了对俯仰轴的平衡问题，使天线座对稳定平台的平衡问题也有所改善。

3. 试制成液压系统的关键元件——电液伺服阀。当时，国内电液伺服阀的生产厂家不多，也选购不到342雷达所需要的性能好、体积小的合适产品。六〇五厂决定根据工艺设备条件、产品性能要求自行研制。他们仔细分析设计资料，对伺服阀的加工进行全面认真的讨论，更改其关键零件阀芯的整体加工为分段加工，较好地解决了阀芯上几个方形孔的加工，经过检测，性能指标完全满足设计要求，为342雷达试制攻克了一个重要的技术关键。六〇五厂电液伺服阀的试制成功，当时在国内同类产品处是处于先进行列的，六机部发来了贺电。

4. 改进了天线波瓣轴线与机械水平轴线的测量方法，经过对“电轴-光轴-机械轴”匹配问题的探索与实践，设计了较简单的检测工装，利用厂区有限的距离，即可进行装调，保证了天线电轴与机械轴对水平、俯仰两个垂直度的要求。

5. 对分机结构进行了新的设计。原设计的分机结构图样对六〇五厂的工艺状况很不适应，因此，针对六〇五厂钣金加工技术较强的特点，改型材为折弯件，较快地生产出来，为电讯装配与调试提供了条件。

此外，还进行了一些小的改进，以提高产品的工艺性和安全性、可维修性等。如为天线座维修时的安全保护所增加的安全开关及油路阀门；为方便位于甲板上的天线座与装在舱室内的机器之间的联系所增加的电话插座等。

342雷达的改进工作，得到了七二三所及兄弟单位（如西北电讯工程学院）同志们的支持。在1977年342雷达设计定型技术文件中都有记载。

六〇五厂在试制和生产342雷达的过程中，七二三所多次派技术人员来厂指导和帮助工作；七二三所在研制342雷达的过程中，六〇五厂多次派技术人员参加学习讨论，并参加设计工作。厂、所双方密切配合，发挥各自特点，加速了产品的研制与生产进度。

海军驻六〇五厂军代表室的全体同志，他们并不单纯只是坐等检验，而是急工厂所急，为工厂解决原材料、元器件的供应；为工厂联系外协件的生产厂家；为工厂落实试验场地等。当生产出现质量问题时，他们和工厂技术人员一起，共同分析产生的原因，商讨解决的办法，研究改进的措施，严格把关，一丝不苟，为342雷达的试制与生产作出了很大的贡献。这也是六〇五厂能较顺利地试制成功342雷达的一个重要原因。

342雷达在试制与生产中。我们采用“研究所、生产厂、使用方（军代表）”三结合，“技术人员、生产工人、领导干部”三结合的方法，工作中相互支持，群策群力，为建设强大的海军，贡献了自己的力量。

（作者为国营〇八七一总厂副总工程师、高级工程师）

十五、342雷达关键器件“两路合一”试制经过

刘 国 庆

342 炮瞄雷达, 为了提高抗干扰性能, 采用了两部发射机, 同时发射两种不同频率的电磁波, 而且要求采用一套天馈系统。这样就需要一微波器件来完成把两路不同频率的电磁波合到一路中去的任务, 这个器件当时定名为“两路合一”。

当时在国内还没有类似的雷达, 因此必须从头开始研制此器件。

“两路合一”, 实质上就是现在所说的“频率双工器”, 其方案很多。有一种带通滤波器式, 其两个支波导分别设计成对低频波的带通滤波器和对高频波的带通滤波器, 然后合到主波导中去, 完成两路合一的任务。其优点是: 体积小, 重量轻。但损耗大, 驻波大, 通常只能用在中小功率条件下。

另一种是带阻滤波器式, 由两个 3 分贝电桥和两个带阻滤波器组成, 其优点是功率大, 但频带窄, 隔离度不好。还有一种是高通滤波器式, 由两个 3 分贝电桥和两个高通滤波器组成。这种形式的优点是损耗小, 驻波小, 频带宽, 隔离度高。缺点是体积大, 耐功率不高, 在 X 波段通常为 150 千瓦左右(在方案选取时, 对此点认识不足)。

经过各种方案比较, 最后选择了高通滤波器式的方案。

1968 年, 冯晋臣同志参考法国 LP-23 雷达中的超高频开关, 选取了高通滤波器式的两路合一方案(两者工作原理、结构形式完全一样), 并设计出折线式的高通滤波器, 在武汉七〇六所试制工厂加工, 经测试, 驻波、插损均未达到要求。

1969 年冯晋臣又设计出指数线过渡式的高通滤波器, 在青岛微电机厂加工, 此时曹振球同志参加了此器件的研制。经他们两人测试, 驻波、插损、隔离度均达到了原设计要求, 但耐功率只有 150 千瓦左右, 不能满足 200 千瓦的要求。当时误认为刚开始搞银焊的微电机厂焊接技术不过关, 曾派曹振球同志到上海无线电四厂加工了四只高通滤波器, 经试验功率仍不能满足 200 千瓦的要求, 致使 342 雷达第一台样机整架时只能单部发射机单频工作。

1970 年, 冯、曹两同志调走, 任务移交给张圣庄同志, 不到半年张也调走了, 任务移交给我。我经过反复的试验和计算, 认为在耐功率方面, 原设计者考虑不足, 取安全系数太低。

如何进行修改设计, 在当时是个难题, 因为要想提高功率, 通常采用的办法: (1) 加大波导尺寸。由于滤波器滤波特性的要求, 截止波长($2a$)已经确定, 因此波导宽边尺寸 a 不能改变。窄边尺寸 b 增加会引起高次模的产生, 因此这种方法有困难。(2) 波导内充气。这个方法可以提高耐功率, 但是相继带来了密封窗的结构设计、充气设备、封装设备复杂的工艺。因此这种方法不是好方法。

后来考虑到某些高频介质的击穿场强远远大于空气的击穿场强, 例如聚四氟乙烯为 20 千伏每毫米, 而空气只有 3 千伏每毫米。如果把介质填入波导, 代替空气介质, 不是可以大大提高其击穿功率吗? 经过试验, 证实了这一点。

填充介质的滤波器设计与空气介质滤波器设计方法完全不同, 必须从头进行设计。1971 年首先设计出全部填充介质的滤波器, 经试验插损太大。通过分析确认为由于介质损

耗和不匹配所致。后来又设计出部分填充介质的滤波器，经试验全部指标达到要求，特别是在耐功率方面，达到了 250 千瓦以上，保证了整机海上试验的顺利进行。

为了解决加工难度大，不易调试和成品率低的问题，后来由七二三所试制工厂研制成功波导快速电铸和化学抛光新工艺，首次成功地应用于两路合一器件，代替了原来采用的铜板拼焊加工工艺。在 347S 雷达上又进一步采用过模波导代替部分填充介质的两路合一，1982 年获得成功，并改名为“频率双工器”。

上述两路合一和频率双工器的试制成功，不但提高了 342 雷达的性能，而且有湖北万里机械厂等单位多次前来学习，了解有关技术问题，并先后加工 10 余只供六〇五厂、太原航校和上海有线电厂等单位使用。

波导电铸工艺和两路合一器件曾分别获得 1980 年国防工办技术进步四等奖和 1979 年江苏省科学大会奖。

(作者为船舶总公司七二三所高级工程师)

十六、342 雷达旋转关节和波导转换开关的技术改进

黄 佩 珠

342 舰载炮瞄雷达是七二三所研制的。1970 年 8 月转到六〇五厂试制生产。342 雷达采用单脉冲体制，具有较好的抗干扰性能。该雷达使用两部工作在 X 波段内不同频段上具有较高脉冲功率的发射机，采取双发单收和单发单收转换。因此，该雷达的高频馈电系统具有频带宽、损耗低的特点，对馈电元件的耐功率要求也较高，当时在技术上是比较先进的。六〇五厂在试制过程中，经过努力，使大多数元件均达到了原设计要求，但也发现了少数器件的设计还存在着性能和可靠性方面的问题，不能满足整机使用要求，如不进行设计改进，势必影响雷达性能的发挥。高频系统中的“旋转关节”和“波导转换开关”就是急待技术改进的两个关键件，六〇五厂技术人员和工人经过多次试验，技术改进取得了成功。该项技术改进，获 1980 年国务院国防工业科技成果评委会颁发的“重大技术改进成果三等奖”。

1. 高频旋转关节的改进

原设计的旋转关节仿用了国外某雷达的旋转关节的结构形式，其波型变换部分是同轴探针耦合式，探针插在聚四氟乙烯介质套中间，为了排除空气，两端滴入 F-2 胶，然后塞进聚四氟乙烯芯子，成为一个组件(下称介质芯子)。这种关节能承受较大的平均功率，但难以较长时间承受 200 千瓦的脉冲功率。六〇五厂在 1971 年和 1972 年共生产了 342 雷达 5 台，加工了 20 多只旋转关节(每台装机 4 只)，但由于该关节耐功率强度低，在关节单独做高功率(250 千瓦)试验时，有不少被击穿，在整机联调时又时有打火现象发生，在整机做八小时连续工作试验时，有时几只关节几乎同时击穿，使雷达无法开机。尽管工厂在旋转关节的加

工、装配等工艺过程中做得非常认真细致，希望以此来提高成品率，但事实上未能如愿。当时只得增加介质芯子作为备件，及时更换。但是，靠增加备件的办法显然是不合理的，必须在设计上加以改进。由于当时尚无国内外类似产品可以借鉴，技术人员在改进过程中，构思、改进设计、加工、试验、再改进、再试验，反复多次才最后有了满意的结果。

在着手改进时，首先分析旋转关节击穿的原因，主要是介质芯子尺寸不合适。但是，一旦变动尺寸即带来了阻抗匹配的问题。介质芯子尺寸的很小改变就引起驻波系数的很大变化，以致不能满足技术要求。于是，既从阻抗匹配的观点出发保证关节的宽频带性能，又从增加耐功率强度考虑，将介质套尺寸加大，并对同轴变换部分尺寸及结构形式重新设计。通过设计、试验、再改进、再试验几个反复，终于基本上解决了性能指标和耐功率问题。但是，还未彻底解决，其原因是充填空隙的 F-2 胶老化后还可能打火，经查，这种胶的有效期是半年，最多不超过一年。一部 342 雷达装有 4 只关节，一年更换一次太频繁，在舰上更换关节比较困难，因此必须设法解决胶的问题。使用胶是为了排除芯子内的空气，那么是否可以不用胶而将空气排出来呢？考虑到聚四氟乙烯材料有一定的弹性，而介质芯子两端是与波导壁紧紧接触的，如果芯子尺寸控制好，将两端的聚四氟乙烯芯子塞紧，介质芯子内部就不存在空气了。由于容易引起击穿的部位，聚四氟乙烯介质套的外径尺寸增大了，聚四氟乙烯的击穿电场强度为空气介质的 7 倍，而且无空气隙，所以从根本上解决了耐高功率问题。为了进一步考核关节的耐高功率性能，于 1982 年上半年还成功地做了连续 300 小时的寿命试验。

1983 年生产出厂的第三批 342 雷达装的就是改进后的旋转关节，经部队较长时间使用未出现击穿现象。随后又将 1971 年和 1977 年装舰的 342 雷达也都换上了改进后的关节。1984 年以前，工厂曾多次派技术人员去舰上维修 342 雷达，也参加过海上试验，部队均反映旋转关节的使用情况正常。实践证明，旋转关节的技术改进是成功的。

2. 波导转换开关的改进

原设计的波导转换开关利用电磁铁带动波导进行 90° 转换。其结构形式既复杂又繁琐，常出现控制失灵的现象。六〇五厂生产的第一批 342 雷达的波导转换开关就是这种结构形式的，实际上难以实现转换。为此，1977 年当六〇五厂生产第二批 342 雷达时，对波导转换开关的结构就作了一次改进，取消电磁铁而改用慢速电机带动，这就从方案上作了合理可行的改进，使得实现转换成为可能。但在改进初期，由于在具体结构设计上考虑不够周密，一些零件如弹簧的拉力未经严格计算，弹簧本身的工作状态也很不利，所以仍时有转换到 45° 就停下来的现象发生，这样不但影响隐蔽调机，而且对发射机非常不利。1980 年生产第三批 342 雷达时又一次作了改进，简化结构，将弹簧等几种易引起故障的零件取消，以减小控制失灵的可能性。同时考虑到慢速电机的转动力矩较小，故设计中尽量减小摩擦力矩：改刚性连接为联轴节连接等。经过多次设计改进后，在转换可靠性方面有了很大提高。通过长时间转换试验及例行试验的考核，又经过装舰后的使用，未出现故障，证明了改进是成功的。

（作者为国营〇八七一总厂高级工程师）

十七、我国第一代舰载主炮 跟踪校射雷达的研制

张 日 苏

我国在 50 年代及 60 年代没有自己的舰用跟踪校射雷达。从苏联购买来的 4 艘护卫舰上装备有“雅可丽-M2”雷达。由于中苏关系当时的情况，我们不可能再从苏联购买海军装备。为了发展我国海军，1968 年在北京召开的 303 会议上决定研制我国第一代舰载主炮跟踪校射雷达(343 雷达)。

由于 343 雷达的天线必须安装在稳定球上，而且安装方式也不能改变，因此雷达的总体体制只能采用“雅可丽-M2”的体制。但在雷达的线路与结构的研制及设计上，完全走的是自己的路。其成果特点及关键技术主要在下列几方面：

1. 增加了二厘米波段，提高了雷达的抗干扰能力。在原球内安装一个三厘米发射机的空间，安装了两个发射机(二、三厘米发射机)，发射机完全重新研制。初级馈源和旋转关节重新研制与设计。

2. 全机(除接收中放及距离、角度控制线路外)已晶体管化。缩小了体积，减轻了重量，提高了使用寿命。

3. 接收机在我所雷达产品上首次应用了对数接收，提高了对小目标及水柱的观测能力。

4. 角度及距离自动跟踪系统均为二阶无静差系统。角度系统采用了齿隙及前馈补偿。距离系统采用数字积分电路取代原“雅可丽-M2”的模拟积分；用磁放大器取代原电子管推挽放大，系统完全重新设计。

5. 舷角显示器采用了稳定的间行扫描，提高了观测精度。

6. 在我所首次采用了铝型材的机柜及电子结构设计。

7. 辐射栅是 48 个形状不同的波导沿圆周组合而成。其形状复杂，并且精度及光洁度要求都高，使加工工艺特别困难。

在 343 雷达研制过程中所体现的(也是成果中所凝结的)精神，也是值得弘扬的。其突出点是：

1. 为国防现代化牺牲与奉献的精神

343 雷达从 1969 年研制开始，技术人员、工人、领导干部经常夜以继日地工作。特别是技术人员有时甚至是通宵达旦地工作，不取(也没有)分文报酬。无论是 1969 年、1970 年与 1971 年在所内的研制及生产还是在大连、沪东、中华、广州造船厂的系泊试验，或者是在黄海、东海及南海的航行试验，或者是在窑村机场、海军试验基地的调机及定型试验，……，其例子是举不胜举。无论是在大雪冰封的北国大地，还是在闷热酷暑的南国船舱；无论是在汹涌恶浪的大海之中，还是在寒风凛冽的东屏山头之上……，343 雷达研制人员奋力拼搏的例子也是举不胜举。特别是罗鸿恩同志在南海高海情试验中晕船呕吐胃出血仍坚持工作。王传登同志 1983 年冬在葫芦岛海上打靶试验中病倒在工作岗位上。他们为 343 雷达的研制献出了自己宝贵的生命。这些都是为国防建设牺牲与奉献精神的集中体现。

2. 三结合精神

343 雷达从研制开始,在各级领导干部带领下,工程技术人员、工人与管理人员紧密结合,碰到问题能及时解决。对缩短产品研制周期起到了较好的作用。

3. 所内所外团结协作的精神

343 产品研制过程中,所内各部门及各单位之间的协作以及我所与军方、与系统抓总单位、与有关协作单位(如沪东造船厂、七〇一所等)团结协作都较好。特别是1970年底至1971年初由于343产品的人员忙不过来,所内组织非343产品的人员,协助处理4台343雷达生产及分机装调中的有关问题使人难忘。这些都为343产品研制的加速进行、产品质量的不断提高起了重要作用。

343 雷达是我国自行研制与设计的第一代舰用火控雷达中装备最早的雷达,它填补了国内空白,解决了海军装备的急需,突破了当时国际上发达国家对我国的封锁及禁运,显示了中国人民艰苦奋斗,自力更生搞国防建设的顽强精神。同时也为国家节约了大量的外汇。60年代末的国际形势,我国不可能从资本主义国家获得军事装备。由于中苏关系的恶化,苏联也停止了向我国提供军事装备。即使在50年代苏联向我国提供过一些军事装备,其售价也是十分昂贵的。如提供给我国的4艘护卫舰,每艘售价高达17吨黄金。一台“雅可丽-M2”雷达售价近百万卢布。在这种形势下343雷达的研制成功其意义是不言而喻的。

343 雷达在我所完成4台生产后,转四一一〇厂生产。现在343雷达已装备我海军几十艘导弹驱逐舰及导弹护卫舰。它们威武雄壮地巡视着我国的南海、东海及黄海海疆。它们也远涉重洋访问过多个友好国家。也是它们给入侵我国南海的侵略者以致命打击。343雷达为我国海军现代化建设作出了不可磨灭的贡献。

(作者为机电部二十所高级工程师、343雷达副主管设计师)

十八、关于356雷达研制过程的回忆

魏克明

356 雷达是四机部于1968年10月下达我厂研制的军工任务。1968年2月我厂与十院十四所组成联合调研组出海调研。调研组由我厂五名技术人员、十四所邵有美、驻厂军代表张成仁等同志组成。调研组走访了北海舰队司令部、东海舰队舟山基地、象山快六支队、南海舰队的湛江、汕头等部队,通过参观访问,召开指战员座谈会,特别是与参加“崇武”海战和“八六”海战指战员的座谈,对我军的作战特点,舰艇雷达存在的问题,作战部队对雷达的要求有了深入的了解,使我们在考虑356雷达设计方案时做到了心中有数,针对性强。

通过调研,我们了解到,在当时的海军装备条件下,我军采取的是近海防御战略,近战夜战战术。要求雷达分辨力高,最小作用距离小,能识别敌我。指战员们反映,现有雷达没有抗干扰能力,台湾军事演习时,严重影响我雷达的观察能力,如果在战争中对方有目的地施放电子干扰,我雷达将不能发挥作用。他们还提出,现有雷达在雷达舱和指挥台之间没有

通信联络手段，作战时要设一个专人把雷达测量数据告诉指挥员，由于炮声很大和地方口音等因素，指挥员听不清。再加上舰艇摇摆颠簸严重，联络人员很难做到及时传送数据。指挥员还认为，一般雷达的测量精度在实战中是很难发挥的。因为在舰艇摇摆颠簸的情况下，雷达手很难在B型显示器上将目标回波准确压在中心。所以动态测量精度很低。而在近战夜战情况下，我舰艇小，只有一部雷达，既要作攻击雷达又要作导航雷达，防止碰撞，各部队反映夜战中已多次发生自己相撞事故。为了在攻击时能实施机动规避，雷达只能工作在环视状态，精确定位也就谈不上。指战员反映海浪干扰影响很大，有待克服。其他许多问题在雷达设计时也都进行了认真考虑。

天津渤海无线电厂于1969年初抽调我厂几名技术人员进行方案论证。由我任主持设计师，负责总体工作。参加方案论证的主要人员有李锐军、金奉圭、孙金瑞、陈琪等同志。我们根据海司“关于356艇用雷达初步要求”和调研组的出海调研报告，拟制了“356雷达设计方案初步考虑”。1969年在宝鸡“4.25”会议上，全国各有关单位对方案进行了认真讨论，并提出了修改意见。在与海司协调讨论后，制定了“356雷达设计方案”，作为研制该产品的依据。

根据海司意见，356雷达是当时正在设计的200吨左右的鱼雷艇的装备，其作战范围是中近海域。它要有一定的电子对抗能力，以鱼雷攻击为主，兼顾警戒导航。要考虑与数字指挥仪联机。

在356雷达方案论证阶段，首先考虑到的难题是如何保证雷达有一定的电子对抗能力。当时我们国家的技术手段极为有限。我们只能提供有限的手段，使雷达兵有与敌周旋的余地。首先考虑的是用数量保证质量，采用两个波段，X波段和C波段。平时用X波段，当X波段受到干扰时，再打开C波段。为什么用C波段呢？主要是当时台湾舰艇正在换装C波段雷达，我们采用相同波段的雷达，敌方干扰时会有所顾忌。同时C波段和X波段比较接近，可以共用一个天线。后来，海司意见是两个新波段使356雷达威力更大。我觉得两个波段所用微波器件都需要同步研制，势必加大356雷达的研制周期和难度。几经协调并到上海进行了调研，得知八毫米器件已接近成功。于是采用了八毫米波段。为了提高抗干扰能力，C波段可以在6%范围内变频。其次是在战术上迷惑敌人。在夜战中敌人的电子侦察机对攻击雷达是很注意的，如果天线一直对准敌舰，敌方必定采取措施。356雷达天线一直处于环视状态，采用边跟踪边扫描，这样既可迷惑敌人，又能解决导航问题，防止碰撞。可是数据率会明显降低，影响指挥仪计算精度，为此采取了下列弥补方法：一是尽量加大天线转速；二是采取自动测量方法提高动态测量精度；三是采用数码传输数据，避免了指挥仪将模拟量变换为数字量时的变换误差和变换时间（约2~3秒）。第三，356雷达采用假负载调机，避免信号外泄。鱼雷艇作战特点是潜伏在岛屿和渔船中，等敌接近，向敌发起突然袭击，备战状态时用假负载检查调试雷达，便于隐蔽自己。第四，356雷达采用了线性和对数接收机，对数接收机具有一定的抗干扰能力，这在以后的试验中得到证实。对数接收机对有源干扰抗饱和能力较强，在敌人施放有源干扰时，从减弱的亮带中可大致判断敌人方位，对敌实施盲目射击，压制敌人。

356雷达方案的第二个特点是采用了数字技术，实现了自动测量。其方法是采用一个方位门（ $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 3^\circ$ ）和一个距离门（ ± 1 链），只要用方位门和距离门在显示器上将目标回波套住，即可得到目标的准确方位和距离数据。方位测量原理是当天线扫描被测目标时，得到一

串目标回波，对回波进行峰值检波，得到天线波束形状，整形成方波。天线转到舰首方位时，方位计数器开始计数直到整形方波前沿，在天线波束整形方波内打开另一个计数器，所计数除以2，两个值相加即为目标准确方位值。距离测量原理是发射脉冲打开距离计数器，利用回波脉冲前沿关闭计数器，经平均滤波后即得到距离数据。将测量数据用二进位编码输送给指挥仪，并用数码管在三个炮位和指挥台分显示器上显示，解决了给各战位的数据传递问题。

1969年7月天津渤海无线电厂组成356雷达研制小组，开始电路试验。与此同时，南京七七二厂开始研制为356雷达配套的C波段器件：磁控管、速调管、天线开关管。七七二厂王炯松同志积极配合，多次来天津联合做试验，为356雷达和研制作出了贡献。1969年四季度开展结构设计。1969年初四机部十院十四所派来三位同志支援研制工作。邵有美同志参加总体工作，老叶同志参加发射机研制工作，还有一位同志参加显示工作。老叶同志时间最长，大约有一年之久。他们都为356雷达的研制作出了积极贡献。驻厂军代表张述明、李志江、王洪恩等同志积极参加356研制，为两次试航协调对外关系，质量把关等做了大量工作。

在研制组全体同志的努力下，356雷达第一台初样于1971年6月调完，并于9月在舟山基地试航。试航证明，356雷达战技指标达到了设计要求。但也存在问题：一是八毫米波段工作不稳定，主要原因是速调管频率漂移很大，变化达几百兆赫，而且没有规律，自动频率微调跟踪不上，回波不稳定。二是结构设计笨重，天线是由背对背的两个天线组成，体积大、重量重。

试航结束后，研制组认真进行了总结，并与海司协商，确认八毫米器件还不过关，决定去掉八毫米波段，356雷达只用C波段。1972年对356雷达结构重新进行了设计，电路方面作部分改进，进入正式样机试制阶段。1973年7月在大连进行了正式试航。试航非常成功，各项技术战术指标均达到了设计要求。1974年6月由四机部和海司在天津召开了国家二级鉴定委员会对356雷达进行了鉴定。1975年356雷达小批量投产。

356雷达研制过程中有哪些挫折和教训呢？总结起来，我认为一是科学研究、新品试制需要有一个好的社会环境。一个研制组分散成几摊下放车间，很难协调工作。二是研制新产品既要考虑一定的先进性，又要立足于现有的物质基础。356雷达采用两个新波段增强抗干扰能力，本意是好的。但是关键器件必须先行，应当在C波段和八毫米微波器件研制成功或有把握后，雷达研制再上马。356的收发机人员大部分时间是处在等微波器件状态，而整机又要等收发机，损失了大量时间。三是一部雷达的研制，电路设计固然重要，要配备较强的力量。结构设计也同样重要，也应配备足够的专业技术人员。

356雷达是我国第一代自行设计的晶体管化雷达。当时，技术人员对晶体管电路不熟悉，适用于雷达的电路资料很少，所有的电路都是经过技术人员学习、摸索和反复试验才成功的。特别是大功率晶体管、高反压晶体管、高频低噪声晶体管质量不过关，给试制带来了很多困难。同志们艰苦奋斗、虚心学习、相互帮助，终于攻克了这一关，锻炼了自己，培养了人才，为我厂以后的晶体管雷达研制铺平了道路。为了实现自动测量和数字信息传输，356研制组在雷达回波信号处理方面做了大量艰苦的工作，其距离测量电路和回波处理方法被其他雷达所采用。356雷达是国内最早将数字技术正式应用在雷达上的。七七二厂研制成功宽带C波段微波器件填补了国内空白。研制组在国内首先研制成功了C波段天线系统、波导

馈线系统及其微波元件。用可控硅逆变器代替中频发电机组是 356 的另一个特点。电源组的同志们攻克了这一难关，解决了干扰问题，并在国内首先应用在雷达上。356 组研制的双增益对数接收机在海上做了试验，在国内也是最早的。

356 雷达诞生在动乱年代，历时五年。其中酸甜苦辣，广大参试人员深有品味。研制组在各种压力下，不计报酬忘我劳动。今天，研制组的同志都天各一方，但他们在 356 研制过程中所表现出来的忘我的革命精神，令我永远不能忘怀。

（作者为 356 雷达主持设计师、高级工程师）

十九、关于 351 雷达的仿制

白 英 兰

1964 年底，七〇六所第七研究室接受参加仿制鱼雷攻击雷达“烈雅”（即 351）产品的任务，并于 1965 年 4 月正式组织由八人组成的驻天津工作组。

为了加快研制，原来生产电子仪器的天津电子仪器厂承担生产 351 雷达显示部分；原生产制钉机的津华无线电厂机械加工和板金加工力量较强，负责生产天线和伺服部分；原生产收音机的渤海无线电厂负责生产接收、发射、高频馈线，总装并负责整机联试。我们工作组的同志，也分别在三个厂负责每个分机。工作组长戚明道负责总体；申京华负责发射；兰书科负责接收分机；孟昭兴负责自频调部分，他调走后兰书科负责；黄德群负责天线；熊金辉负责伺服部分；彭一飞负责显示分机；白英兰负责高频馈线部分。

进厂后我们了解到天津市电子局以及分别承担的三个厂领导对仿制该产品的积极性很高，并根据当时形势的需要，要求一年内拿出样机，这就要求我们快节奏地工作。我们全体同志一方面消化资料，分别归类，另一方面马上就要报材料定额、备料、备元器件，并提出所需的仪器、设备、工装、模具、夹具等，任务是繁重的。

当时我国的无线电工业刚刚兴起，指定的三个厂除电子仪器厂基础较好，完成显示部分困难不很大以外，其余两个厂：渤海无线电厂，原来只是生产收音机的，对于生产雷达整机来说困难较大。首先厂房需要扩建，生产雷达整机所需的机床、例行试验设备、工具、夹具、模具、量具、测试仪器、元器件都不全，特别是高频工艺，高频部件加工公差、精度要求高，需要的专用工具、夹具、焊接夹具、弯扭模具、电镀设备等都没有，也从来没有加工过，因此工作量和困难都较大。对于津华无线电厂来说，原来生产制钉机的厂，从来没搞过雷达反射体及精度较高的传动装置。几个厂的技术力量也不强，为数不多的技术人员中真正学过雷达的很少，大部分是刚从学校分配来的大中专毕业生，没搞过产品，因此厂领导在技术上主要依靠我们，也要我们通过仿制给厂里培养一批能独立工作的技术人员、调试人员、检验人员。实际上我们工作组同志也是新老结合，不少同志也是第一次搞产品的。因此组长戚明道要求我们加倍努力，脚踏实地用科学的态度对待一个个困难。

从苏联进口的产品文件图纸、资料大部分是有的，但是不完整，有些关键技术，图纸，

调试说明、特殊工艺等都没有全部提供，或者提供的也不一定适应我国工厂当时的工艺水平。因此我们根据实际情况与厂技术人员、老工人共同协商解决一个个问题。

我们工作组全体同志，对工作积极认真负责。为突破一个技术难关，几天几夜没合上眼，也没有一个同志叫过苦。厂领导对仿制该产品也很重视，经常深入工作组，摸清情况，同时参加该产品的工厂技术人员、调试人员、检验员、工人师傅都是积极工作，和我们配合也是很好的。他们虚心求学，我们也学习他们生产过程中的好经验、好方法。

这样，经过不到一年的艰苦努力，于1966年初第一台雷达在渤海无线电厂总装起来。通过调试，例行试验，全部满足原设计提出的技术指标。1967年12月批准定型，正式投入生产。

通过仿制该产品，我们工作组全体同志也得到锻炼，提高了解决实际工程问题的能力，对于今后设计、试制新产品打下了良好的基础，这些同志在后来的工作中都起到了骨干作用。

三个工厂，通过仿制，也逐步完善了生产雷达整机的条件，生产能力越来越高，最高年产达百台左右。同时培养出一批能独立完成工作的技术人员、调试人员、检验人员。工厂正式投入生产后该厂生产的351产品除装备国内海军外，还出口朝鲜、埃及等国。

（作者为船舶总公司七二三所高级工程师）

二十、我所经历的 352 与 352 丙雷达

金 岩 才

1963年5至6月间，七二〇厂设计所接收室主任樊达章同志告诉我，决定叫我参加821（后改为352）雷达接收机的试制工作。当时821雷达是绝密产品，我有幸参加这项工作，感到非常高兴。

当时参加821雷达试制的有20多位同志，我为接收机自动频率调整(AFC)系统的负责人。

821雷达是苏联50年代后期试制成功的新型导弹目标攻击指示雷达，属当时的世界先进水平。AFC系统的许多技术关键对我们来说都是非常陌生的。双调谐搜索跟踪技术在国内尚属空白。许多器件都要安排试制。

首先，我们认真地阅读了俄文资料，然后根据整机要求进行反设计，最后仿制了一台AFC整件。在此基础上我写了一篇“821雷达AFC系统反设计及装调报告”。

1965年821雷达转到上无四厂试制，从此改为352雷达。

1968年12月（我已调来七二二厂），我和官副厂长等三人去北京开计划会，碰到了海军装技部的夏参谋，在交谈中，他得知我厂是海用雷达厂，现还未有固定产品，于是他就说，现在海军迫切需要352雷达，问我们能不能生产。我喜出望外，当场就接了下来，并请他帮我们疏通与上无四厂的关系及给我们调配一部苏联样机。我们回厂不久就接到了海装要我厂

试制 352 雷达的文件。4 月份我到上无四厂接回了苏联样机。

当时我厂是新厂，全厂不足 500 人，大部分是从部队刚复员的军人，技术人员、熟练工人很少，许多人连雷达的名字还是第一次听到。我们一面组织消化技术资料，试制非标准仪器，另外我们又组织车间试制工模夹具进行零件试加工。全厂各部门都围绕着“试制”开展工作。由于这是我厂建厂后的第一次试制，而且又是这么复杂的产品，困难是很多的。波导加工达不到要求，三位波导转换开关、重调机构、高放装置试制都发生困难。我们一面对照样机组织攻关，同时又派人去上无四厂、上海无线电专用设备厂等请教学习。一边学习，一边摸索，边干边学，边学边干，这是当时的真实写照。经过了两年左右的艰苦奋斗，终于在 1970 年底拿出了我厂的第一台 352 雷达。

样机是拿出来了，但批量生产可不是容易的事情。单从技术上来说，就存在着不少问题。如模拟计算机很难调试，八九个工作日都难以调好一台。这是一个原设计存在的问题。我和几个有经验的技术人员反复分析，决定突破苏联样机提供的调试规范，用调整磁放大器的线性和放大量来匹配整机。经过多次试验获得了成功。调试时间缩短到一二个工作日，这种方法一直使用到 352 雷达停产并在后来的 352 丙雷达生产中继续使用。

再如磁放大器的零点漂移直接影响着部队的使用。这也是一个原理性的问题。苏联样机也是存在的，因为锗管的 β 值总是随温度变化的，两个对称级的 β 变化不一致时，其比较输出也将改变，这就是零点漂移。但假若二者同方向、同数量变化时，那么输出就可保持不变。这是一个“动”的方案，现在看起来很简单，但当时却费了很大劲。为保证这一点，在傅总工程师的指导下我们采用了高温配对三极管、二极管、高温密封二极管的措施，较好地解决了这个问题。该方法一直用到 352 雷达停产及后来的 352 丙雷达生产中。

十几年来，我们先后解决了苏联样机存在的 50 多个技术问题。

雷达装备部队后就跟来了服务问题，70 年代，我们每年都要到部队去，有时是主动去部队调查使用情况，有时是部队要我们去维修的，也有时是部队打靶要我们去“保驾”的。1974 年南海舰队某导弹快艇部队要实地打靶，要我们去检查、维修 352 雷达。我们到部队时，离打靶的预定日期只有七天了，在这么短的时间里，我们二人要检查、维修 12 部雷达，任务是足够艰巨的。但我们本着一切为战备，一切为部队服务的思想，硬是在规定的时间内把机器调整好了，保证了部队顺利演习。

十几年来，海军各舰队利用我厂生产的 352 雷达作了十几次的实弹打靶演习。没有一次是由于我厂的雷达不准确而失误的，成功率达到 100%。

在电子技术飞速发展的今天，50 年代还是先进的雷达，到 80 年代就显得落后了，352 雷达的落后，主要表现在抗干扰能力上。为此，我又与海军驻我厂代表室多次商谈改进方案。当时讨论得比较多的是频率分集方案。两个频率错开 1000 兆赫，这增加了干扰难度，但在今天的电子对抗中做一个二点式的干扰机是非常容易的事情。所以这方案被否决了。

1980 年我去北京开专业会，了解到捷变频磁控管在国内已有试制。我和海装驻我厂代表陈代表、海装赵参谋商议是否采用捷变频方案来改造 352 雷达的抗干扰能力。经过一番比较，大家统一了认识。1980 年 6 月 17 日总参四部以(80)参四字第 010 文的形式下达我厂试制 352 丙捷变频雷达。

要实现捷变频可采用两个方案，即全相参与非相参。前者捷变范围宽，跳频幅度大，但体积大，不能满足 010 文的第二条要求。所以只能采用非相参。它也有两个方案，一个是跟

在“静”点，它的优点是稳定，但精度受影响。另一个方案是跟在“动”点，它的优点是误差小，但在稳定方面要采取一些措施。根据 352 丙雷达的带宽，我们选择了后者。根据 010 文的要求，由我拟制了一个 352 丙捷变频雷达方案。接着又与七七二厂签订了试制三厘米捷变频磁控管合同。当时捷变频技术是一门新技术，大家都在起步之中。走在前面的单位，不可能给我们提供技术，一切都要从零开始。352 丙雷达脉宽很窄，结构很紧凑，实施捷变频方案有很大困难。我和刘克谟、余治英等同志从捷变频的 ABC 开始，结合 352 丙的实际情况，逐级逐级地建立线路，反复推敲，反复试验，从返波管本振到体效应本振，从冷跟到热跟，从常温到例试，从海试到对抗试验，经过几十次的失败，又经过几十次的改进，先后克服了十几个技术难关，终于在 1983 年拿出了第一台 352 丙雷达样机。这是我国海用舰艇上的第一部捷变频雷达。352 丙捷变频雷达的试制成功只是 352 雷达改进的第一步，以后的路程还很长。352 丙雷达进一步与高新技术相结合，必将获得更强大的生命力。

(作者为国营七二二厂高级工程师、352 雷达主管设计师)

二十一、潜艇配装攻击雷达的研制和改进情况

施 宗 伟

潜艇攻击导航雷达的使命任务，主要是在鱼雷和导弹攻击时测定水面目标的精确距离和方位，并将其传送给射击指挥仪和在窄航道及不良能见度情况下航行时进行导航。我国潜用雷达已装备和正在研制的共五型。从苏联引进的“旗帜”雷达站(我海军代号为 204)，主要装备在 03 型潜艇和前几艘 33 型潜艇上。1966 年由十院十四所仿制成功“海鸥”雷达站(代号为 353)，并于 31 型潜艇上进行了海上鉴定试验。该雷达属三厘米双波段体制，天线 10 转每分，可以扇面辐射，且有隐蔽调谐功能，能与 691 和 696 型指挥仪配合进行鱼雷攻击。后来，该雷达转至七八二厂生产，并在此基础上进行了下述改进：发射功率由 250~300 千瓦减到 50 千瓦，两个发射机(一个装艇，一个存基地)合并在一个机箱内同时装艇使用；减小盲区从 138.5 米下降至 77 米；专用机组从 427 赫改为 400 赫以适应我国中频机组体制；天线反射体材料由硅青铜改为环氧玻璃钢，使其重量从 98.25 公斤下降到 33.6 公斤。改进后改称 353 甲，是我国 33、035 和 09 型潜艇的主要鱼雷攻击雷达。在 09 型潜艇上，为了提高导航时的隐蔽性，加装了一只 8 千瓦的小功率发射机。我国自行设计的 358 雷达，原为 085 型潜艇地区配套产品，该雷达及其升降装置分别由上海交通大学和七〇一研究所负责设计，是一部二厘米和三厘米的双波段雷达，具有圆周及扇面辐射功能，采用升降装置不转动，天线直接由液压系统驱动的体制，并以 0~20 转每分无级调速回转。后因 33 型潜艇加装飞航导弹的需要，将其改进为 358G 雷达，现已装备 33G1 潜艇。而 358 雷达并未装艇使用。目前我国正在为新一代常规动力潜艇研制 359 型雷达。

由 358 雷达改为 358G 雷达，其主要改进项目为：同步发送器由 BD404A 改为 28YG04，以便满足雷弹合一指挥仪匹配的需要；为提高向指挥仪传送目标坐标信息的实时性和缩短系统反应时间，在原有人工手轮发送方式基础上，增加自动发送方式；向指挥仪发送检测脉冲及天线正回扫信号，以便由指挥仪完成跟踪和消除潜艇摇摆对测量精度影响的修正计算。从而满足了我们潜艇总体对 358G 雷达和雷弹指挥仪的要求。

1977 年 7 月 2 日七〇一研究所以(77)第 097 号文向海军装技部、七院上报“建议在 33 型潜艇上加装鹰击 8 号导弹的报告”，1978 年 1 月 18 日总参和国务院国防工办以(78)参装字第 49 号文“同意 33 型潜艇改装飞航式导弹试验”进行了批复。改装的重点是导弹武器系统，其中选择何种火控雷达是重要项目之一。为了提供选型意见及技术参数要求，1978 年 4 月由七〇一所邀请三院、上海交通大学、上无四厂军代表室、七八二厂等单位，在潜艇 22 支队，利用 353 甲雷达，在海上进行了有关性能的摸底试验，为选择 358 改型和雷达与指挥仪的匹配及接口技术要求等，提供了依据。1982 年，在海军试验基地一场区，对改型后的 358G 雷达进行了陆上半动态精度试验以及与指挥仪的对接联调试验。试验证明：对接性能良好，信号传送基本符合要求，工作是协调的，自动发送舷角和距离最大误差满足精度要求。从而为其装艇和系泊试验的成功创造了条件。1983 年 12 月至 1984 年 6 月，33G1 潜艇在青岛潜艇二支队进行了海上航行试验。试验结果表明，最大探测距离和距离、方位测量精度均满足系统要求，同时证明了 33G1 潜艇导弹武器系统总体方案可行，各设备工作协调，操作简便，精度满足要求。358G 雷达的研制成功，为新一代潜艇火控雷达 359 的研制，提供了有益的借鉴。

(作者为船舶总公司七〇一所武器系统研究室主任、高级工程师)

二十二、我国第一型潜艇用 攻击雷达的试制

潘谱华等

60 年代初，根据我国海军潜艇装备发展的需要，经国防科委批准，国防部第十研究院下达新产品试制计划，由十院十四研究所(当时称总字七二六部队)承担苏联潜艇攻击雷达 Альбатрос(“海鸥”)的仿制任务，产品代号暂定为“515”(后国家正式装备代号为 353)。1963 年，十四所任命潘谱华为该产品主持设计师，王学仁为结构主持设计师，王锡勤为主持工艺师。并补充一批当年分配进所的大中专毕业生，分别在第十三研究室成立以潘谱华为首的 515(353)雷达总体组和在第十八研究室成立以王学仁为首的 515(353)雷达结构组，而该雷达的显示、电源、发射、天线、接收、伺服、馈线、工艺等专业任务，则分别由第四、六、七、八、九、十、十二、十六等专业研究室承担。同年，苏联原文设计图纸资料运抵十四所。至 1963 年底，515(353)雷达试制准备工作全面展开。

当时，十四所已有十多年研制、生产多型雷达的历史，有一整套管理新产品的经验和方法，有一大批经过锻炼的经验丰富的技术人员和生产工人，有较好的技术基础，因此，在353雷达试制工作之初，就确定一步进入正样试制，首批投产3台。那个时期，国防科研战线的大气候很好，技术人员夜以继日地辛勤工作，至1964年下半年，该雷达主要设计图纸已完成国产化修改，完整齐套投入到工厂生产。在此过程中，十四所还根据七〇一所一四室对353雷达用于6638、6631潜艇的技术要求，新设计了分显示器（4号分机）、舱室波导系统、桅杆波导系统以及ADM干燥机。与此同时，器材订货与设计出图工作同步并行，四机部还专门为该雷达安排了新型元器件（如高压陶瓷电容器）、电子管（如ТГН1-210/12闸流管）等配套件的试制。为保证试制工作进行顺利，经海军司令部、六机部等领导机关协调，同意调拨一台苏制“海鸥”雷达样机给十四所，由潘谱华与四二六厂签订接收该台雷达样机的验收协议。

1965年，353雷达的生产加工进入高潮，为保证生产过程中发生的问题得以及时解决，加快生产齐套的进度，所里动员技术人员深入车间第一线，并决定将原分散在各研究室的电讯、结构、工艺人员（40余人）集中起来，成立临时行政机构“515（353）联合办公室”，由潘谱华、王学仁分别担任主任、副主任，陈任抚任支部书记。1965年秋，十四所内部按专业设立分所进行体制调整时，考虑将来发展为“海军雷达所”的配套需要，以原515联办40余人为基础，补充配齐各专业人员、图书资料和仪器仪表，成立了有200人组成的以承担海军雷达研制任务为主的研究室，称工厂设计科。潘谱华任科长，王学仁任副科长，张敏媛任支部书记。

353雷达中有一批难度较大的关键件，如耐海水腐蚀的铜合金铸造天线、在40个大气压下不漏水的波导阀门开关、400周环形变压器、电感移相器、高压脉冲变压器等。由于在1964年下半年当加工生产尚未全面铺开时，首先及早安排了关键件试制计划，争取了时间，并且采用三结合技术攻关的形式，因而在1965年整机加工接近总装时，关键件试制均已一一获得成功。1965年底，首批首台353雷达已进入整机调试整架之中。

海定委曾将353雷达列入1966年海军军工产品定型计划，预定定型时间为当年二季度，后因受“文化大革命”影响而未办理该产品定型手续。

根据海司领导机关的安排，353雷达于1966年7月下旬在旅顺港装艇进行海上试验。海试证明，353雷达的性能符合原定战术技术指标要求。

在完成首批3台353雷达正样试制的基础上，1966年十四所根据海军潜艇配套计划，又投产了12台353雷达。这批雷达于1969年制造完成。1969年7月，第十研究院科技部发文十四所，明确12台353雷达分配事宜，即四三六厂5台（其中包括030潜艇1台），五八九一三厂2台（其中包括035潜艇1台），六八四六厂2台（其中包括09潜艇1台）。

1967年3月15日，六机部、海军在北京前门饭店召开四型舰艇（030、035、051、053）设计审查和技术协调会，确定353雷达为030、035两型新研制的潜艇配套。十四所据此对353雷达按该两型潜艇配套要求作了必要的修改设计。

1966年5月，四机部在《关于同六机部七院六所论证〇九工程用雷达、通讯、水声设备技术要求的通知》一文中，明确十四所承担研制用于09-I艇配套的雷达任务。此后，十四所工厂设计科与七院十九所的有关同志就用于09-I艇的雷达技术方案进行多次技术协调，根据09艇进出港导航的需要，确定在原353雷达的基础上，新增设计一套窄脉冲收发机和

18 厘米分显示器。在文化大革命一片内乱，科研生产不能正常进行的 1967 年 8 月 30 日，中共中央军委发布了有关〇九工程的《特别公函》，指出：“〇九工程是一项重要的国防尖端技术项目”，号召全国有关方面“群策群力，大力协同，排除万难，以只争朝夕的革命精神，保时间保质量，圆满完成任务”。工厂设计科从事〇九工程的全体技术人员，在当时交通不正常的情况下，徒步行走一个多小时到南京人民大会堂收听了关于〇九工程《特别公函》的传达，这为〇九工程不仅不能停产，而且还要加快进度创造了很好的条件。1968 年四季度，收发机和分显示器进入到以加工为主的阶段，工厂设计科与 105 车间组成三结合领导小组，来促进加工进度。1969 年三季度末，用于〇九首舰的 353 改进雷达在十四所研制完成，并在南京海军长江码头试航验收后交付使用。

60 年代中期，十四所承担有多项国防急需的重要新型号研制任务，其中包括为海军新型导弹驱逐舰 051 配套研制的 354、381 雷达。为使十四所能够集中力量，完成这些关键紧迫任务，四机部决定将十四所的一批生产性、设计性较强的任务（如 353、404、582、525 等雷达）转到有关工厂去。1966 年上半年，四机部及第十研究院曾有将 353、404 两型海军雷达从十四所移交桂林机械工业学校生产的批复文件，为此事也曾做过一些准备工作，后因情况变化而未执行上述文件。1967 年四季度，根据四机部的统一安排，决定将 353、404 两型海军雷达移交七八二厂生产及研制。十四所于 1967 年 11 月派科技处石洪处长、工厂设计科王学仁副科长去宝鸡七八二厂商谈并正式签订《关于“353”移交生产及“404”厂所合作进行正样设计试制的洽谈纪要》。此后，十四所决定成立两产品移交工作组，在本所继续完成 353 第二批投产的 12 台生产加工任务的同时，做好移交图纸和工装等各项准备工作。与此同时，七八二厂也派出科技及管理人员到十四所了解 353、404 两雷达技术及生产情况。1968 年 3 月初，十四所工厂设计科赴七八二厂移交 353、404 两产品工作组 20 余人到达七八二厂，与该厂有关部门的同志共同工作。

1969 年，十四所第二批投产的 12 台 353 雷达及为 09 艇配套的 353 改进雷达已全部完成，至此，在十四所 353 雷达任务即告结束。

（本文由陈福民、黄亦球等参加讨论，由王成传、王学仁执笔）

二十三、关于近程火控雷达管理工作中的两个片断回忆

吴 爱 成

自 1976 年起，我在第六机械工业部（后改为中国船舶工业总公司）工作，从那时起，我有机会接触雷达科技管理方面的工作。当时主管的新研制产品有 341、342、347、348、381 以及 360 等型号。

十几年来，随着舰船科学和雷达技术的飞速发展，在实际工作中也曾碰到过因火控系统

概念的更新及第二代反导武器系统研制的一些趣事，值得回忆。

1976年，按照国务院、中央军委国发(1976)19号文精神，为了更好地协调055大型驱逐舰研制中的各项工作，专门成立了协调领导小组。六机部部长边疆任组长，其它各部一般都派一名副部长或局领导参加。记得在讨论到火炮系统责任分工问题时，有关部领导对承担任务都非常积极。当时担任五机部五局的荀元书局长(后任五机部副部长)是一位老军人，对海军装备有着深厚的感情和很强的事业心，他当即表示：“抓海军火炮系统研制工作，五机部是义不容辞的”。协调领导小组同意了五机部代表的意见，于是就出现了原属六机部系统论证部负责347快速反应雷达系统的技术责任单位，从而就转移到五机部五局的隶属关系。在首长亲自关怀和领导下，1977年10月8日至14日，五机部五局派出洪福有同志在江苏省扬州市主持召开“347快速反应雷达系统方案”审查会。经过一段时间工作后，主管领导发现，他理解的“火炮系统”是由火炮、随动系统、供弹和输弹机及弹药组成的概念，与目前火控系统是由雷达、指挥仪、火炮等组成的新概念是有极大差别的。从而就出现了该项目1977年改变隶属关系，1979年又回到原来的管理渠道的趣事。

1982年，英、阿大规模海空作战的现实和飞航式导弹技术的飞速发展，快速反应反导火控系统的作用越来越得到军方领导的关心和重视，特别是海军领导机关。1985年上半年，总参、海军领导机关曾组织过专家队伍，专程赴美对6管转膛炮反导系统进行了详细考察，回国后，科工委又及时召开了反导舰炮武器系统方案评审会。在科研体制改革取得成绩的形势下，参加会议的代表积极性很高，大家抱着一个共同的心愿，希望自己一方为国防工业能作出最大的贡献。因而曾出现过两大技术阵容对垒。一方是以七院尤子平副院长为首、滕育贤高工技术高参当先的队伍；另一方是以西安国防工办副主任挂帅，机电部二十所副总上阵的壮观阵势。双方均由其领导机关作后盾。在发言中互相显示技术实力，互相推出证据，力争以自己优势压倒对方，达到一举获胜的目的。经几天会议和激烈讨论，科工委计划局领导集各方优势并考虑国内实际技术实力，最后确定：既考虑分散布置方案的优点和不足，也要充分重视“三位一体”一步到位目前实现困难较多的现实，决定采取以跟踪雷达与火炮相结合、搜索雷达单独配置的“二位一体”6管双30毫米口径火炮作为我国第二代反导武器系统的方案。从这次会议起，为稳妥起见，决定先开展课题研究，并确定船舶总公司系统工程部作为系统技术责任单位。因此，通过这次会议就宣告了我国第二代反导武器系统开始研制。

从以上两例的回忆，是否可以看出这样一些问题：

1. 时代发展，技术更新，由于某种原因造成的一些趣事也是不足为怪的。但无论从什么角度讲，各方面的积极性是难能可贵的，他们都是抱着一个共同的心愿，希望尽快拿出自己研制的新产品，迅速赶超世界先进水平。

2. 任何一代新式武器系统的诞生和研制成功，都离不开党和政府政策的具体指引，离不开老一辈领导的关心和过问，离不开我国科技人员的奉献精神。可喜的是在今天我们看到了自己科研队伍和军工雄厚的实力。在反导武器系统研制方面，也一样，由一家独揽称雄世界的局面已不复存在。

(作者为船舶总公司高级工程师、原六机部军工部系统设备处处长)

二十四、全军十年雷达规划会议 部分情况回忆

翟 良 科

1973年2月20日至3月10日，海军为做好十年雷达规划会议的资料准备工作，四机部一〇二〇所张锡熊、七院七二三所翟良科、七院论证部冯国华等四人被邀请到海司通信兵部，在张树林部长的主持下，拟制海军舰艇第二代雷达装备规划草案。当时参考了国外有关雷达装备资料，为有效地拦截反舰导弹和提高舰艇、武器系统的效能，必须从单机单控设备研制转向系统设备研制。为此在规划中提出研制两个系统：配装大中型水面舰艇以拦截反舰导弹为主的低空快速反应雷达系统；配装小型水面舰艇的雷达综合火力控制系统。规划中的其它设备仍按单机要求提出研制。大体用了一个星期的时间讨论、编写，最后由冯国华整理成文。

1973年4月6日至5月15日，四机部受中央军委委托，在北京万寿路中组部招待所正式召开了四机部电子装备三结合座谈会。会议按专业划分为雷达、通信、电子对抗等10组，海军分为雷达组、通信组和水声组，分别拟制十年规划。海军雷达规划组组长为张树林，副组长为滕春福、李忠林，组员有张锡熊、翟良科、冯国华、贾允梁等10余人。这次会议规模较大，有百余人参加，中央军委和总部的有关领导参加了会议。海军组经过一个星期的讨论，在海军提供的十年雷达规划草案的基础上，经补充修改，正式形成海军舰艇十年雷达装备规划初稿，并由冯国华最后整理成文。为得到海军首长的确认，5月9日，海军规划组向海军作了全面汇报。由刘道生副司令主持，规划组的贾允梁、张锡熊、翟良科、冯国华等参加汇报。海军胡副参谋长、作战部李副部长、七院王晓副院长等也列席了会议，由冯国华汇报规划的详细内容，然后各部的部长都发了言，表了态，认为规划反映了海军雷达装备的发展和建设要求。最后刘道生副司令总结时说：拟制这个规划大家花了许多时间，反映了海军发展的需要，还需下发各舰队进一步补充、修改后作为海军的正式规划执行。

为此，5月16日至6月2日又召开了海军装备规划会，征求了舰队和基地的意见，会将规划中提出的两型雷达系统分别定名为347和348，并在1974年130会议时正式列入上报的规划。

（作者为船舶总公司七二三所副总工程师、研究员级高级工程师）

二十五、关于第二代火控雷达任务的提出

严 俊 星

1973年4月6日到5月15日，冯国华同志与我代表第七研究院机关参加了四机部在北京万寿路中组部招待所召开的“电子装备三结合座谈会”，编在海军雷达组，会上产生了一

个“海军专用雷达装备体制规划的初步考虑”文件。到了10月中旬，海司通信兵部雷声处主管炮瞄雷达的黄益兴参谋来了电话，要我根据5月份会议精神考虑一下今后火控雷达搞什么。接过电话以后，我立即从冯国华同志处借来了那个“初步考虑”文件，最后确定研制346、347、348三型火控雷达。当时的想法是：要乘这次提出新科研项目之机，研制出一些具有先进水平的火控雷达，在技术体制上要从第一代炮瞄雷达的单脉冲体制，进到脉冲多普勒体制；要从过去单一的炮瞄雷达，进到能够完成复杂任务的雷达系统。本着这样的思路，花去大约一个月的时间，写出了“三型火控雷达设想方案”，复写四份，于11月21日送给黄参谋。黄益兴同志在抓341、341甲、342和343第一代炮瞄雷达过程中，积极主动，认真负责，常常马不停蹄深入工厂、研究所和试验基地，解决了许许多多的具体问题。这次他请示了海军参谋长，于12月1日就以(73)司通字第226号海军司令部公函向七院下达了“请安排五·五期间三型舰用火控雷达的论证和研制”的任务，并同时抄送给四、六机部、三院、海军船办和海后装备部。226号文件由七院转发到七二〇所(现在西安机电部二十所，当时隶属七院建制)和七二三所以后，两个所的领导和科技人员都很积极，他们根据任务分工，七二〇所成立了346和348两个专业组，七二三所成立了347专业组。仅仅是七二三所李三全、张毓玲、秦国勇等同志就先后三次来京找我交谈。在1974年9月24日由雷声处、七院科技部、论证部和七二三所四方共同签署了一个“347舰载快速反应超低空防御系统战术技术指标初步设想”复写件，作为七二三所开展工作的依据。

348艇用综合火力控制系统的正式论证是在1974年10月10日到11月1日之间进行的，论证部参加的还有宋海印和王桂荣同志，七二〇所则有蒲先俊、杨毓令、孙炳生、郭利源、黄昭德等同志，形成了“348艇用综合火力控制系统雷达部分研制任务建议书”和“348艇用综合火力控制系统雷达部分战术技术论证书”两个文件，打印上报海军，同时又向雷声处作了口头汇报，接着又去北海舰队导弹快艇支队征求意见。

346舰用大口径火炮、导弹攻击雷达，任务比较单一，不构成一个雷达系统，一些指标和要求在“初步设想”中已经讲清了，因此没有组织论证。七二〇所的同志们根据所提的小角度相扫体制，设计出了一个91单元的阵面，做了试验，通过了鉴定。直到055舰下马也就中断了346的研制工作，到1985年又改名为344雷达，继续了这项研制任务。

1974年以后，我又在1976年五机部召开的为055舰配套的5551会议上，负责347超低空快速反应系统，处理和协调了347S、347G和347C的关系，347系统与7753激光雷达、7802火炮指挥仪、673-II情报中心的关系，后来又参加347S方案会审会，以及海军和四机部召开的为21导弹艇配套的一系列会议。

现在这三型火控雷达都已研制出来，正在装备海军，它们的技术已经达到世界先进水平，为了实现这一想法，两个所的广大科技人员已经付出了16年的辛勤劳动。当然，花去16年换得一个赶上世界先进水平的成果再辛苦也值得。

(作者为船舶总公司船舶系统工程部高级工程师)

二十六、347超低空快速反应 雷达系统研制回顾

李 三 全

由于埃以战争中苏制“冥河”导弹成功地击沉了以色列的驱逐舰，如何防御舰舰导弹的袭击引起了各国海军的关注。我国海军也在海军发展规划中明确地提出了研制以防御舰舰导弹为主的347超低空快速反应雷达系统，并于1973年12月以司通226号文正式向七院下达了任务。该任务明确规定了主要任务使命、工作频段及工作体制。

当时我国海军雷达的现状是，尚没有在任何-一个作战系统中采用以计算机为主的作战情报系统；搜索雷达以常规体制的人工检测形式为主；跟踪雷达以四轴常规单脉冲体制为主，操作人员多达三人。在这样一个技术基础上来研制一个高自动化的先进体制雷达的困难是可想而知的。在七二三所内也有一部分人认为我们不会研制成功这样先进的雷达系统。

在七二三所接到任务后，首先组织了五个同志进行了调研，访问了参与规划的有关专家、海装有关部门及系统工程部等，并草拟了战术技术指标要求。之后于1975年4月成立了19名同志参加的系统论证组，正式开展了系统的战术技术的论证工作。在论证中，根据总的战术技术要求重点讨论了如下方面的问题：该系统采用什么形式，三位一体的综合体还是功能分离体，如何保证系统的反应时间，如何解决海杂波干扰和克服多路径效应对探测和跟踪性能的影响。为此我们进行了大量的调研，了解了国内雷达的现状 & 国内有关关键性课题趋向和处理方法，同时也消化了大量的国外雷达及有关方面资料。经过充分的讨论，统一了如下几个基本指导思想：整个系统是一个由搜索雷达、作战情报处理系统及跟踪雷达组成的一个以全自动化为主的雷达系统，以保证系统的反应时间。搜索雷达是一部高数据率的动目标处理体制的全自动录取系统，并采用高精度稳定平台，以保证目标数据的精度。跟踪雷达是一部以自动化操作为主的二轴单脉冲数字多普勒处理的高精度跟踪雷达。在雷达参数的选取上贯彻了以适于大、中、小型水面舰艇，适于控制各种口径火炮的综合设计思想，摆脱了我国以往针对单一舰种、单一火炮进行设计的模式。在1975年底初步落实了两部雷达所需要的关键电子器件的研制，这也为方案的可行性奠定了基础。

系统论证总共进行了一年，后因装备对象没有落实而停顿了近一年。之后海军决定建造055导弹驱逐舰，并决定用347系统控制双37舰炮，我们的工作才进一步开展起来，系统和设备的论证也逐步深化。在055舰的总体论证会上，决定由七〇九所研制347C信息处理机，以对347S搜索雷达信息进行航迹相关、威胁分析、目标排队及自动指示。

根据当时七二三所技术力量的情况，决定首先开展347S搜索雷达的关键课题。这些课题在当时是一些我们很多人还相当陌生的新技术，其中主要有：具有高低双波束的低空搜索天线及馈线，自适应数字动目标处理，全自动数字目标数据录取，频率合成器及数字显示器等。当时，在数字处理方面，国内以四机部组织攻关的形式在七二〇厂组织了近70人的攻关组，突破磁芯存储器型的动目标处理器。我们根据国内器件及发展方向，仅用约7人就开展了动态MOS移位寄存器作延时器件的自适应MTI系统的研制工作，在自动录取上，国

内盛行以十四所为代表的小滑窗半自动录取系统。我们预测到延时存储单元数目已不再是限制设备体积、重量及价格的关键。研制具有最佳积累效果的大滑窗自动录取的条件已经成熟,决定在借鉴国内研制经验的基础上,开展大滑窗二进制视频积累、恒虚警及目标数据自动录取的工作。在整机动目标处理性能上,我们也预测到了数字信号处理本身已不是限制动目标改善因子的关键,重点应放在频率合成器上。我们提出了本振是347S雷达的心脏,要使雷达过关,重点要保证频率合成器过关。回顾这一阶段的工作,我深深感到一个基础良好的团结的技术队伍的重要,他们的团结和相互体谅使这个班子能高瞻远瞩地在347研制工作中起到排头兵的作用,避免了研制过程的弯路和反复,也避免了相互扯皮的现象。

对于347G跟踪雷达的工作,在347系统论证阶段,由于我们有了342雷达的研制基础,对其论证没有放在重要位置上。在1979年至1980年底,我们准备开展347G关键课题的研制时,考虑到装舰进度,已认识到原论证方案有两个突出的问题,一是关键器件特别是行波管的研制进度保证不了整机研制进度,二是采用中重复频率有距离模糊的跟踪雷达不利于在海杂波中检测和跟踪掠海导弹,高动目标改善因子的性能仅能获得低性能的在杂波中检测和跟踪目标的能力。因此决定修改方案,研制以磁控管为发射机的动目标脉冲多普勒处理雷达,为此我们进行了器件调研。并重新对方案进行了论证,进行了方案复审。这次论证保留了原论证中的主要优点,如仍采用二轴天线伺服系统,并用速率陀螺进行天线稳定,角跟踪体制为宽带单脉冲角跟踪,数字测距,在信号处理中,监视用MTI,跟踪采用宽/窄带模拟滤波代替原方案的数字FFT处理。发射机用磁控管发射机代替原低功率行波管发射机。这部雷达的研制虽然有342雷达的基础,但很多课题对我们仍是陌生的。天线的多模馈源,二轴速率陀螺稳定控制天线系统,宽频带的三路幅相平衡,窄带滤波同单脉冲幅相平衡的兼容,甚至数字测距等都没有预研课题,一切从头做起。对于天线座的结构形式我们经过分析比较,决定采用汇流柱下挂式的叉架结构。对于这种结构,我们进行了风洞试验,确定了负荷强度。在1984年4月,首台科研样机在奔牛机场进行了对轰-五的低空跟踪、中高空跟踪及靶机低空跟踪试验。试验结果证明方案是可行的,但也暴露了一些问题,由于多模馈源零位漂移过大,全频段相位平衡一致性差等尚不能全频段工作,目标跟踪时,天线跳动较大,频率合成器性能不稳定,不能保证地物杂波稳定地对消等。1984年下半年在连云港进行了副炮武器系统的对接联调,保证了信号联接的正确及指挥仪和火炮的正常工作。1985年根据051舰全武器陆上联调及装舰的要求,结合科研性能样机所暴露出来的问题,进行了电路和结构的修改设计,并进行正样加工,参加了1986年10月在连云港进行的051舰全武器系统联调试验。在这次试验中,由于有了前次副炮系统联试的基础,副炮系统联试顺利。对于歼-五飞机进行飞行试验,测定了系统的反应时间,证明了我们电路和结构修改的正确,解决了全频带的相位平衡及馈源的零点漂移问题,也解决了对空中目标跟踪时的跳动问题。通过这个试验,使我们对雷达的主要战术技术是否达到总技术条件的要求心里有了底。连云港试验于1987年1月结束,回所后我们积极为锦西设计定型试验作准备,对整机进行了全面的例行试验和军检。到1987年9月开始进行定型试验。这次是347S搜索雷达、347G跟踪雷达、双37舰炮武器系统(含7802指挥仪及双37舰炮)联合定型试验,试验项目繁多。由于整个系统已经历了两次试验,这次试验仅用了三个月就全部完成,在我国舰载武器系统试验中,这是首次在如此短的试验周期内就实现了三个设备一个系统的定型试验。这次试验进行海上和空中目标的威力、精度及分辨力试验,同时国内首次进行了对拖靶的射击试验。试

验结果表明,跟踪雷达已全面地达到了主要战术技术指标要求,关键性指标,如跟踪距离、跟踪精度已大幅度地超过了战术指标的要求。角精度在1毫弧度以下,距离精度在5米以下,这个指标已达到国外80年代中期的火控雷达的指标。特别是在这次试验中首次利用了自动弹丸偏差测量技术,修正了射击偏差,成功地将低空赖斯顿拖靶头击落。这次试验的成功,极大地鼓舞了参与跟踪雷达研制的全体技术人员。这次试验,由于频率合成器未能过关,尚不能实现全频段的动目标处理,试验是在单频点进行的。回所后,我们对设备进行了整修、例试。于1988年7月运抵大连船厂装备051G导弹驱逐舰。对于频率合成器,我们重新修改了方案,开展了以数字锁相环为主体的频率合成器的研制,在这以前我们已试验过三个方案均未能获得满意的效果。通过我们近一年的努力,方案已基本成功。

回顾我们走过的漫长的研制过程,真感到得之不易,也十分惋惜它耗费了我们宝贵的年华。如果我们预研基础好,不是以工程带型号,以型号带课题,可能我们的进度要快些。另外,无穷尽的大型试验,每次试验都在半年左右,加上准备工作,大约要占一年的时间,三次试验就占了接近两年半的时间,它使我们忙于奔波,赶进度,无暇对设备作深入细致的研究。我想,我们应该总结这方面的经验,使我们有更多的时间把设备研制得更好。

(作者为船舶总公司七二三所高级工程师、347系统主任设计师)

二十七、回忆347雷达系统的方案论证

秦 国 勇

1974年4月,七二三所李光玉所长参加由军委委托四机部召开的电子对抗三结合座谈会(130会议),会上李所长接受了347低空防御快速反应雷达系统的研制任务。回所后立即动员,并组织论证。要求雷达总体组具体组织(当时总体组组长是张正清),但因没有人手,难以组织。要李三全搜集资料,而他正忙于所科研大楼基建。我当时主动向所长要求,参加这项研制工作,并开发雷达信号处理和数据处理专业,立即得到所长支持,要我不要等待,先作些技术了解和准备。

1974年5月至8月,我和刚分配来所的吕少杰开始就系统可能需要的信号和数据处理技术进行调研,了解国内、外的现状,为系统论证工作做准备。到8月中旬,李三全的基建工作已可脱手,总体又调来张毓玲、李志中。当时的一室受所里委托,在雷达总体组里成立了347论证小组,明确由张正清负责,论证小组具体工作由李三全负责,人员有李三全、张毓玲、吕少杰、李志中和我五人。

当时我们的工作得到全所同志的支持,尤其是情报组。我们及时得到了七院七一四所翻译的关于法国“织女星”舰用低空防御快速反应系统的资料,它使我们较快地了解了该新型系统的论证、设计要点,懂得了要从快速反应时间入手把握系统,这份资料成为我们初期论证的主要资料。

1974年9月,张毓玲和我,为了明确任务要求和任务渠道,到北京在七院、海司、系统

工程部之间来回奔走。七院由马副院长、彭副院长帮助落实，最后系统工程部范主任同意承接海司委托的下达论证任务书的任务。后来李三全也来京，由我们三人和系统工程部严俊星共同草拟了347系统论证任务书的初稿，后按系统工程部的任务书正式下文，这样为我们开展347的研制有了正式任务依据。

347总体论证小组成立后，主要由李、张、秦三人开始对系统的方案展开了热烈而富有成效的争辩。当时设想过许多种系统构成的方案，但按我国的实际水平，争辩逐步统一到采用由搜索雷达、目标全自动检测、自动威胁判断的航迹处理计算机、跟踪雷达、火炮指挥仪等构成的分立式系统。10月份后开始转入搜索、跟踪雷达和航迹计算机等具体方案的设想讨论。我们搜集了大量各种新技术的资料，探讨了DMTI、恒虚警、脉冲多普勒、航速补偿、频率合成技术、单脉冲相位补偿、相参雷达发射机、二轴稳定技术和硬件相关的航迹处理机等等。对上述技术进行了各种调研，这些调研使我们的方案选择和论证工作更面向实际。到1974年12月，我们已有了一个系统的初步设想：搜索雷达采用DMTI，全自动检测体制；跟踪采用中重复周期的脉冲多普勒；航迹处理机采用硬件相关器的方案；指挥仪想借鉴清华研制的坦克数字式指挥仪方案。并由张毓玲执笔，写成347系统战术技术指标初步论证和方案设想报告向所里汇报，要求下一步组织各分机人员，开展全面的方案论证和深入的技术指标论证。

1975年2月至3月，所里正式明确张正清为347项目负责人，并由他组织起各专业组抽调组成的347系统方案论证组，张正清兼组长，李三全为副组长，匡远波为党小组长。参加人员有宋振宗(接收)、陈汉滨(伺服)、王希成(发射)、何盛坤(频率合成)、李发玉(天线)、匡远波以及我们总体的五个人。由于信号和数据处理的论证任务较重，张正清让我们专门负责信号和数据处理的论证工作，并扩充人员建立数据处理、终端论证小组，成员有彭一飞、龚国生、吕少杰、李志中、张道恩等，匡远波在后期也参加数据工作。我们主要完成搜索雷达、跟踪雷达的信号、数据处理方案的论证和航迹计算机的指标论证工作。论证组在论证期间学习调研了七二四所354雷达和381甲雷达、南京十四所的583雷达和110雷达方案、西安二十所的411着陆引导雷达、七二〇厂的518数字动显技术以及上无四厂的381方案等。1975年10月论证组结束工作，移交总体组。

论证组当时对新技术的探索和学习精神以及当时论证工作的效率，现在看来还是令人满意的。经过七个月的共同奋斗，总体和各分机都完成了各专业有关系统的搜索雷达和跟踪雷达的方案论证报告，论证工作汇报会就进行了一个星期。各专业的论证材料归总于李、张二人。这阶段论证工作是按完整的快速反应系统格局进行的，但实际上搜索雷达的论证较为详细深入，跟踪雷达和航迹处理计算机较粗，但也有明显的方案轮廓。

(作者为船舶总公司七二三所高级工程师)

二十八、347 S 搜索雷达轻型天线座的研制

王 凤 鸣

轻型天线座原定为配装 052 舰用 347S 雷达系统的先行预研课题，开始于 1983 年底。当时的主要目标是减轻原整体式天线座的重量到 400 公斤以下，这一点原天线座的总体方案难以达到。

当时除公开报道的照片外，几乎无资料和经验可借鉴，但有一点，国外当时的型式都大同小异地采用高压中心下偏馈方案，而不是三心一致的上偏馈整体方案。经过比较，发现前者在减轻重量、提高刚度、缩小体积上有明显的优越性。但具体的情况，如传动方式与电机功率、信号与功率的传输、精度、刚度等则一无所知。同时考虑到高可靠性，易加工和易维护，决定采用积木化方案，这样设计目标就定下来了。

- 后来体制变化，纳入到理论分析组，增加了孙九如协助搞方案的纵摇部分，但由于对载荷，特别是风载荷不清楚，因此委托丰爱国将现用反射体以二分之一比例设计风洞模型，并按本人提出的风洞试验要求由邵余耕同南航联系，请南航低速风洞试验室进行了风洞试验。根据风洞试验结果，提出了舷角电机的研制任务书和平台电机的选型工作。舷角电机由九〇六厂研制，平台电机选自上海二十一所的 280 型力矩机，同时所技委会两次评审了天线座的技术方案，并得到审定。

直到 1984 年 11 月，成立了雷达结构设计组，天线座的设计成为全组的中心任务，在总体组李立仁的配合下，才得以全面铺开。在样机设计之前，曾做了 1:1 的模型，由罗福然为主要件的设计定型提供试验依据。1985 年 6 月课题才正式列入所计划。

模型的设计原则是体现高刚度、重量轻，在极限工作载荷下达到需要的应变和足够的谐振频率，以满足精度要求和伺服系统带宽的要求。模型设计好后，工厂没有安排加工计划，又耽误了七个多月。后来找到军分区板金厂外协加工，这样为年底完成两项试验提供了物质保证。两项试验均达到指标要求，为技术设计提供了数据，考核了总体方案的设计和主要成形工艺的可行性。在此基础上全面开展了技术设计与施工设计。参加样机设计的有杨震、邹凤歧、刘洪亮、郭冠春、陆波、罗福然、顾未林等同志，其中由郭冠春设计的用于功率指示器的两环汇流环因取消功率指示器而未试制，这样本天线座就成为没有汇流环的天线座。当然也就不存在汇流环问题。

1986 年上半年全面完成了轻型天线座的初样设计。

1987 年 4 月，连云港三项系统陆上试验表明，原天线座存在较严重的问题。7002 试验场会议纪要指出了原设计的整体式天线座的汇流环工作不可靠，天线转动噪音大的问题，不能满足系统的总技术条件，并明确要求七二三所按舰的建造总进度提供符合要求的新天线座装舰。科工委与海军当时对 347S 天线座评价最低，形势是十分严重的，347S 雷达系统能否上舰紧紧与天线座的成败联系在一起。

海军装技部魏副部长、院刘副部长等亲临我所听取了所领导的汇报和本人关于轻型天线座的预研情况和技术汇报，表示同意上轻型天线座，当场答应给予经费的支持，并委托驻所总军代表与七二三所签订了(87)1号 051G 舰用 347S 搜索雷达研制协议书，其中明确指出

参考文献(三)

要“完成新天线座的各项试验”。于是立即将 WZ02 型天线座图纸一次齐套性下厂加工,并层层技术交底。由于要求时间紧,任务很重,我们全组同志白天黑夜在工厂,同工艺师、工人师傅紧密结合在一起,集思广益,群策群力,大胆试验,攻克了一道道工艺难关,严格按图纸施工,对每个零件、每道焊缝、每个部件都进行严格检验。先后用两个多月的时间,样机一次装配成功,各机件运转均匀灵活,立即转入例行试验,高低温、潮湿、颤震、振动及精度等技术指标均获得一次成功。同年 9 月按时发往锦西基地参加了 347S 雷达系统陆上设计定型试验,直到 1988 年元月撤出试验场,天线座经历了风雨、低温和冰雪大风的考验,工作一直稳定可靠,未出现故障,而且噪音很小。为此受到基地的好评。

1988 年回所后,至 5 月份完成了全部例试,达到设计指标,并发往大连造船厂配装 051G 首舰。1988 年底,正式交军方使用。

至今,首舰的天线座已历经三个多年头,运转近千小时,工作正常。正因为如此,WZ02 型天线座深得国防科工委、海军首长、船舶总公司和院领导以及兄弟单位的好评,使 347S 雷达系统在同领域中国内的声望大幅度提高。

我们研制的 WZ02 型天线座(带稳定平台的天线座)是以 80 年代初国际同期水平为起点的,具有 80 年代同期的国际水平,某些指标超过国外。在国内,这是第一次推出而且是未经初样阶段而获得一次成功的最新产品,是国内 80 年代最先进的搜索雷达天线座。

本雷达天线座的独到之处是:

1. 在我国首次采用单臂悬臂式积木化结构的总体方案,抛弃了整体式摇摆框架,这给设计、加工、调试、维护带来很大方便。实践表明,这是我国海用雷达领域中自行设计的先进的方案。

2. 舷角轴的转动采用直接驱动,数据采用了直接传动,达到了高可靠性、高精度、极低的噪音,这一点比国外先进。

3. 新方案不仅大大改善加工与装配和维护的条件,更重要的是可以一座多用和易成系列。

(作者为船舶总公司七二三所高级工程师,362 雷达副主管设计师)

二十九、347 S 搜索雷达通用机柜发展回顾

杨 震

为改变七二三所电子设备机柜的落后面貌,结合当时情况,所科技处于 1976 年初下达了通用机柜的设计任务。为此,结构组由杨震(机柜总体)、李益冰(插箱)、张羽(导轨)、袁顺生(快锁)等四人承担此任务,花了一个多月的时间,沿京沪线,走访了 10 余个单位,参观了国内外电子产品的有关机柜。

吸取别人的长处,结合自己的需要,确定采用钢板折弯型式的机柜。为加强整体感,以利美观,取消通常放在机柜顶上的接线箱,其功能用机柜顶柜来代替。为便于装配、调机,

将左、右、侧面和后面采用大面积门封装，二侧门用悬挂式结构(出厂时，内部加螺钉固紧)，后门则用插销(出厂时，加螺钉固紧)。样柜于1977年9月通过标准化会审，并于1978年上半年完成加工。限于当时所内无振动台等例试条件，而决定以模拟配重200公斤的方式，进行三级公路200公里的跑车试验替代。试验证明，样柜各方面情况良好，达到了设计要求，经样机使用，在定型样机机柜中，作了如下变化：

1. 将固定导轨的立柱与机柜骨架的立柱合并，进一步提高了刚度。

2. 快锁的改进：最初抽屉的快锁为插舌式，原设想它可在上、下、左、右方向限制抽屉的运动，但因加工误差大，插舌不能进入相应的位置，只得将插舌修锉，有时，甚至将插舌大部分锉去。因而，样机改为杠杆式快锁，并在抽屉面板上加用松不脱螺钉，以限制其运动，提高固有频率。

3. 插箱的改进：在吸取了外单位的经验以后，改弯板结构为铝型材框架结构，便于加工，利通风散热。

4. 走线的变化：原来机柜与抽屉之间有一段软线扎，放在抽屉的后部，而定型样机则改为扁电缆放在抽屉底下，这对布线带来方便，利于抽屉翻转，然而，却阻碍了机柜内的通风散热。

此种机柜加工几乎无困难，仅机柜立柱上有大量间距为22毫米的孔和螺孔，且长度在1米以上。按要求，任意两孔之间误差为 ± 0.2 毫米，一般应用模具加工。当时，在无模具的情况下，采取精确划线分段，然后用一简制的短模板定其孔位加工，从而消除了累积误差，解决了加工中的困难。

随着时代的前进，科学技术的发展，标准的齐全，对电子产品提出的要求也越来越高。如当今军标要求机柜能承受三维振动，经受颠簸、冲击……，当初不引起重视的电磁兼容今日也提出了很高的要求。另外要求高可靠性、高可维性，良好的可接近性，以便快速排除故障等等。这些要求，对于原有机柜显然已不适应，必须对原有机柜进行更新改造，或寻求新型式的机柜。

为探求新型机柜，对抽屉式机柜进行了分析。发现存在的主要问题有：

1. 三维的刚度不等，且相差悬殊，尤其水平刚度弱，其中更以左右方向刚度最弱。

2. 结构复杂，机加工最大，尤其是滚动导轨，用厚钢板切削加工而成。

3. 机柜风道阻塞，元件通风散热条件差。除了抽屉的底板外(底板上虽有孔，但孔小且少)，抽屉底下尚有一层托板(供敷线用)，更使孔道阻塞。

4. 难以迅速排除故障。它只能一个抽屉一个抽屉地检查修理，不能同时进行两个以上抽屉的故障检修。

5. 电磁兼容性较差。

6. 显控台机柜未特殊设计，不美观。

为此，1986年金东植主任组织总体(郑阳坤)、结构(杨震、顾未林)去所外参观，拓宽视野。参照国外产品，逐渐形成自己的设想。

1987年开始新型门式转架式机柜方案的考虑，并和总体协商总体布置方案等先期工作。由于种种原因，进展较慢。正式设计从1988年5月开始，并决定显控机柜与控制机柜分开设计。在1988年10月，我完成了MS-ZJ881型通用机柜的设计，陆波于1988年12月完成了MS-ZJ882型显控机柜的设计，并已付诸实现。在转架式机柜中，将机柜立柱的截面取为

封闭形截面，大大提高了机柜在水平面上两个方向的刚度，并使其两个方向的刚度接近。

通过转架式机柜的实践，发现无论在设计、加工、调试方面，较抽屉式机柜具有明显的优点：

1. 强度、刚度明显高于原有机柜。它是按抗三维振动要求设计的，抗振性能好，使用金属隔振器，无老化现象。

2. 节省了设计时间。过去布置一个机柜的设计工作通常用三至五个月时间，现在只需一个半月至两个月时间，少去了大量图纸工作量。

3. 结构简单，重量轻，加工方便，生产周期大大缩短。老机柜仅在加工导轨一项就要花去相当多的时间。工人师傅反映很强烈，费工费时。新机柜根本不用。同时，机柜的电装接线亦较过去简化，省去了许多转接插头，一次到位。因此，新机柜在加工中，深受工厂领导和工人师傅的欢迎。

新机柜加工中几乎无困难。仅其中有根长度在1米以上的铰链无人加工。因加工量少，专业厂不肯干，一般厂又无设备，最后是靠徐寿芝技师土法加工出来的。

4. 机柜的通风、散热好。电源和电路板各有风道，风道畅通，利于元件散热，提高了设备的可靠性。

5. 机柜的维护性能好。当将机柜转架转出时，整个机柜的内藏全部暴露在眼前。可维修、可接近性高，且可同时多人排故障，缩短了排故障时间。

6. 加强了屏蔽措施，因而，电磁兼容性能优良。

7. 结构型式新颖，外形美观，满足人机工程的要求。

总之，门式转架式机柜的出现，受到了生产和使用者的欢迎，得到了海军、上级机关以及兄弟单位参观者的好评，使我所的机柜跃上了新的台阶。更为可喜的是在连云港陆试联调期间，经船舶总公司七〇一所严格检测，其电磁兼容性能已经达到或接近了美国军用标准的要求。这为其它研究所的机柜所不及，且远远高于他们。只需在某些方面稍作修改，完全可以达到美国军用标准的要求。因而，就电磁兼容而言，可以认为它是国内领先的。

（作者为船舶总公司七二三所高级工程师）

三十、记344舰载有限相控雷达的研制

王 松 山

50年代到60年代，我国海军几条较大型舰艇火炮控制配装的是苏制“雅可丽-M2”雷达。这是一个机械扫描体制的跟踪校射雷达。它的天线装在一个8吨重的球体上，转动速度、加速度都受到限制。1968年我国制造051型导弹驱逐舰，配套的双130毫米主炮跟踪校射343雷达开始研制。这是我国研制的第一代舰用火控雷达。由于当时系统要求等限制，该雷达仍采用“雅可丽-M2”体制，天线仍装在8吨重的大球上。除了另加一个波段（现在生产厂又改一个波段为旋调磁控管变频）提高抗干扰性能，部分电路采用了晶体管技术外，其基本性能没有更大改善。为了适应新型舰艇的需要，迫切希望研制第一代舰用主炮火控雷

达。一定要砍掉这个大球，迈出较大步子，适应近代作战的需要。344 雷达应运而生。

相控阵雷达的诞生是雷达体制的重要发展。相控阵雷达具有的诸多优点至今已是众所周知的事了。但是，相控阵体制雷达造价昂贵、设备庞大，让人望而生畏，一直是影响其发展的主要因素。有限相扫技术是 60 年代末发展起来的一种新的相扫体制，是相控阵技术的一个重要分支。70 年代，我所先后在 X 波段和 C 波段，锂系和石榴石铁氧体移相器、桥式可控硅激励器、波控机及计算机控制等关键技术都有了突破性进展。其中 X 波段锂系铁氧体移相器在国内一度处于领先地位。从 1977 年开始，进行双镜复合天线的有限相扫雷达技术的研究。应用于某些战术场合，它具有相控技术的一定优点：可实现一定范围电扫、多目标跟踪和自动化程度高等，使之效费比达到较高程度。从而使相控技术得到更为广泛的应用。由于当时搞此专题不挂工程，在所里属“平衡”项目，原第十研究院曾要求“下马”，但当时参加该项目工作的同志在经费不足、人员少的情况下自己动手加工，用废旧天线座修复使用。冬天在试验场冷到零下十几摄氏度，夏天车厢里温度高达 43 摄氏度，整整五个寒暑，克服了一个个难以想象的困难。天线测试，波控机测试，激励器排除干扰和数据同步拍照录取等技术上难度大、工作量大的关键问题一个个得到解决，终于取得了试飞成功，为上工程积累了经验，培养了队伍。更重要的是通过“有限相控实验雷达”的研制更培养了一种精神。那是一种团结的精神、吃苦耐劳的精神，一种不怕困难、百折不挠、不计报酬忘我的精神。这是一种在科研工作中应该予以充分肯定的精神。历史将不会忘记新领域的勇于开拓者们！

344 雷 达是海军建设的需要，也是前期预研成果的应用。设备使用了大量的中大规模集成电路，提高了设备可靠性，减小了体积。舰用主炮火控雷达的特点之一是与主炮射程相匹配的威力和精度。另外，还要求对海跟踪和校射弹着水柱，对空目标跟踪和校射。344 雷 达还有指示对海导弹攻击功能。344 雷达的研制，正值 80 年代中期，随着科学技术的发展，设计思想也得到了更新。以往的产品研制，方案论证总是围绕威力、精度和功能几个主要战术技术指标转。产品的可靠性往往从属于主要战术技术指标，实属不可控指标，即搞成什么样就是什么样。344 雷达严格贯彻“军工产品质量管理条例”，把产品的可靠性作为首要指标来抓。把原来定性地谈可靠性变成定量地控制。把以往产品的质量仅看作是出所前检验把关，变成从方案论证、设计、评审、元器件、生产和出所全过程的质量控制。把可靠性工作由原来少数人管变成全员管。344 雷 达从开始研制到出所参加陆上对接仅用了四年多的时间，取得了研制阶段的一次成功，进度、质量和经费都得到了有效控制。经过陆上定型等一年多的试验，虽然雷达还没有调到最佳状态，但雷达的主要功能、技术指标均已达到设计要求。一种体制新颖、技术先进的新一代火控雷达诞生了。它一出现就以其明显的特点为军方注目。它的出现必将为海军舰用火控雷达的发展产生较大的影响。

有限相扫技术，我所在国内尚属首家成功地开展研制并用于工程实践。有限相扫技术在国外 60 年代末已经出现，70 年代中期便有了成熟的装备。这种良好的体制不仅适用于火控雷达，而且用于导弹制导、靶场测量、炮位侦察、空中交通管制和卫星通讯也有良好前景。目前美、英、法和日本等国争相进行各种类型的有限相扫雷达试验研究，而美国更领先一步。我国的有限相扫技术可相当于国际 80 年代初的水平，而真正将该技术用于工程、交部队使用，我国还是屈指可数的国家之一。把这一领域技术发展保持下去是我们科研工作者的光荣职责。愿有限相扫技术在我国迅速成长，开出更多更鲜艳的花朵。

（作者为机电部二十所副总工程师、研究员级高级工程师）

三十一、348 雷达系统研制工作回顾

谭 和 谟

我是 1975 年中开始参加 348 雷达系统工作的，时至今日从未间断过。

进入 70 年代以后，国外一些国家陆续研制成功并开始装备艇(舰)用综合火控系统，主要有“9LV200”、“兰宝石”、“WSA”、“织女星”等。而我国舰艇雷达还是 50 年代的水平，主要存在问题是：(1) 功能单一，在舰艇上没有构成系统；(2) 技术落后，自动化程度低，反应时间长；(3) 设备拥挤，品种繁多，可靠性差。根据这些情况，海军以(73)司通字 226 号文提出了新一代雷达系统 348、347 两个型号。并要求开辟新波段，进行战术技术论证工作。

1974 年底在系统工程部，对 348 雷达系统战术指标进行了初步论证，参加人员有蒲先俊、杨毓令、郭利源、严俊星等。1975 年二十所开始组织论证班子，由蒲先俊负责。到 1975 年 12 月，提出了 10 个研究课题，拟定了研制任务书。课题是：“数字脉冲多普勒”、“低副瓣跟踪天线”、“余割平方天线”、“关键波导件”、“单频放大式发射机”、“双色平面位置显示器”、“数字测距机”、“液压稳定平台”、“二轴稳定”、“边跟踪边搜索”等。同时有少数分机开始搜集资料，方案论证，并进行部分实验工作。“数字脉冲多普勒”由王锡祐负责，“低副瓣跟踪天线”由袁建中负责，“双色平面位置显示器”由闵心蓉负责，“二轴稳定”由王齐祥负责，“关键波导器件”由查珊华负责。1976 年 8 至 9 月，蒲先俊调到 346 雷达总体组。348 雷达系统的工作由我负责，当时设计所方秀斌副主任分管 348 的工作。

1977 年 4 月，348 组织了近 30 人的研究队伍，向全体参加人员全面介绍了 348 雷达系统的方案设想、研究课题、主要战术技术指标等。除继续课题研究外，开始分机方案论证。

为了加快 348 雷达系统的研究，解决部队的急需，曾设想 348 的任务分两步实施，写成“348 甲雷达系统方案报告”，以 21 艇为装备对象，搜索雷达以 352 雷达为基础，改成余割平方天线，加进必要的新技术。跟踪雷达以 311 甲为基础，加上二轴稳定和动目标跟踪等新技术。新研制情报处理系统，即第一步以构成系统为研究重点。1977 年 6 月在北京和平饭店向海军汇报此方案，会上确定以原方案设想进行工作，不分两步走。1978 年 10 月，初步完成 348 雷达系统方案设想，写成方案报告，包括搜索雷达和跟踪雷达方案，而情报处理系统方案比较粗。

到 1979 年，大部分课题已陆续取得成果，低副瓣跟踪天线已研制出样机，副瓣达 -28 分贝以上；余割平方天线制成了两个样机，第一样机是三厘米，赋形 60 度；第二个样机是二厘米，赋形 40 度，但威力图都达不到 6 千米高度；双色平面位置显示器样机可显示三种颜色，但由于高压转换器件研制单位不落实而下马，闵心蓉改为研究韦布尔恒虚警课题；二轴稳定由速率积分陀螺作摇摆反馈元件，在 311 甲上改装。我于 1976 年 12 月至 1977 年 1 月在舟山组织了一次海上二轴稳定试验，取得了一定效果，对二轴稳定有了更进一步的认

识, 其它课题也已有成果。

1978年到1979年还安排了动目标跟踪雷达方案性试验样机的有关课题, 在311甲雷达上进行改装试验, 后因分成三个部分未能实现。

在方案论证的初期, 348搜索雷达(现称363雷达)和跟踪雷达(现称348雷达)均为主振放大式发射机, 并安排了末级行波管的研制, 后考虑到两部雷达都用主振放大式发射机体积大, 耗电多, 对于小艇不适应, 另外末级行波管研制困难, 所以把搜索雷达改为捷变频磁控管发射机, 开始用七七八厂研制的音圈颤抖式捷变频磁控管, 后改成旋转调谐磁控管。搜索雷达采用旋转调谐磁控管方案, 加速了搜索雷达率先研制成功, 对促进整个348雷达系统的研制起到了有益的作用。但是, 从当时来讲, 也未估计到348研制周期如此之长, 从现在来看, 用旋调磁控管也有不足之处, 着手主振放大链式发射机的研究, 时机业已成熟。

从1974年到1979年, 这是一个非常重要的阶段, 由单一雷达设计转变到雷达系统设计, 技术人员从老式雷达转变到学习、研究、应用全新技术设计新雷达的阶段, 完成了初步方案论证, 取得了课题成果, 制定部分分机的初步方案, 拟定部分分机技术要求, 为348雷达系统任务下达后全面开展工作做好了思想上和技术上的准备。

1980年, 由于346雷达任务不落实, 雷达研究的重点逐渐转移到348雷达系统研制工作中来, 由原来的一个总体组, 分成三个总体组, 即情报处理系统(由蒲先俊负责), 搜索雷达(由谭和谟负责), 跟踪雷达(由蔺万钟负责), 分头进行详细方案论证。1980年9月8日四机部正式下达348综合火控雷达系统研制任务。从此348的研制工作才走上正轨。1981年完成了搜索雷达方案论证和分机方案论证, 全面开展专题研究, 主要有捷变频发射机(王文泉负责), 赋形天线(李炽清负责), 捷变频本振(王汉举、王道成负责), 稳定本振(郑学孟负责), 多功能抗干扰接收机(莫颂强和殷增颐负责), 自适应数字动目标显示(严宜太负责), CCD器件MTD(许蓉保负责), 恒虚警处理(洪正芳负责), 自动检测录取(王家声负责), 新型机电稳定平台(王琥负责)和伺服系统(袁成善负责), 馈线系统(查珊华、邵兴荣负责), 自动故障检测报警(孙荣举负责)等。1982年2月方案审查会后, 专题研究逐渐过关, 并分别进行验收和例行试验。1983年将专题样机成果组成了搜索雷达方案性样机, 在二十所租用安-2飞机进行飞行试验, 1983年11月1日到11月15日, 共飞10架次, 54航次, 取得了大量试验数据, 证明搜索雷达的方案是正确的。从此诞生了搜索雷达雏形。主要技术包括赋形天线、频率捷变系统, 自适应数字动目标处理系统、恒虚警处理, 自动检测录取, 多功能接收机等。TWS部分是当时一六室在王克善组织下, 由蒋树林、杨森茂、刘文泉研制的, 应用622小型计算机, 王家声负责检录和接口协调。

1983年四季度到1984年初进行性能样机设计, 到1984年底加工基本完成, 开始分机调试, 1985年7月25日至8月28日, 对搜索雷达性能样机进行飞行试验, 共飞15架次, 158航次, 飞行40小时, 试验结果表明搜索雷达的战术技术性能达到了原设计要求, 与情报处理系统的接口正确。性能样机完成后, 转入设计定型样机的研制, 拟制了搜索雷达设计大纲, 完善技术文件, 进行可靠性设计, 改进电路和结构设计, 并决定凡性能样机能用在定型样机上的整件移到设计定型样机上, 只加工重新设计和改进设计部分, 机柜和组合重新设计加工。这样就加快了研制进度, 于1986年7月完成搜索雷达设计定型样机的研制工作, 并进行了试飞联试和例行试验。于1986年9月底出所运往锦西试验基地, 10月至12月胜利地完成陆上设计定型试验, 主要指标达到了海军下达任务书的要求, 性能稳定可靠, 得到了

各方面的赞誉。靶场试验后,进行了可靠性试验,MTBF约100小时。1987年10月召开了搜索雷达及情报处理陆上设计定型试验鉴定会。1987年底海军决定348S/C首装544舰,并进行海上设计定型试验,1989年5月348S/C装上544舰,8至9月在舟山进行了海上试验,试验项目有:在不同工作状态下对空对海威力试验,对空对海目标跟踪试验,分辨力试验,敌我识别试验等,取得了满意的试验结果。11月初召开348S/C海上设计定型试验鉴定会。

从1973年司通字226号文提到348型号到1980年8月16日总参(1980)参四字073号文批准348雷达任务书,历时近七年时间。从正式下达任务到二十所1986年12月设计定型样机靶场试验结束,又历时六年。经过海上试验到雷达定型,348雷达总共用了17年时间,可以说走过了一段漫长的道路,就其原因来说,有科研的自然规律的一面,也有人为因素的影响。从我国第一代雷达到综合火控雷达系统,在我国海军雷达史上是一个飞跃,跨越了20多年的历史。从仿制到完全自行设计,从相当国外50年代水平到70年代末80年代初国外先进装备水平,这的确是一个大进步。如果再用三年小批生产装备部队,形成战斗力,那么就是20年了。但是,我相信,今后再搞新一代雷达再不会用这么长时间了,如果逐步加入新技术,走不断改进的道路,将会收到事半功倍的效果。

(作者为机电部二十所高级工程师、348雷达系统副总设计师兼搜索雷达主管设计师)

三十二、348跟踪雷达的历程

蔺 万 钟

348跟踪雷达经历了多年的艰苦工作,第一部样机研制出来了。尽管在线路上、结构上或多或少地还存在着问题,但是它的方案、性能,经过实践证明是正确的、可行的,只要进行一些必要的更改,就能满足更高的要求。

348跟踪雷达研制过程中,在技术上碰到四个问题:

1. 行波管放大链发射机的频谱问题;
2. 频率合成器信号的频谱纯度问题;
3. 跟踪接收机的自动增益控制信号的处理问题;
4. 计算机软件的设计与调试问题。

这些是采用新技术后第一次碰到的问题。因为对一些新的问题或是认识不到,或是体会不深,在研制过程中碰到一些问题本来是并不奇怪的,问题在于在一定的进度要求下这些问题的解决直接影响着产品的计划进度。

放大链的频谱问题,主要表现在窄脉冲频谱较差,包络不光滑,副瓣较高。当时由总体洪中雄、分机王文泉、秦兴旺、席中兴等同志负责解决。经反复试验证实主要原因是悬浮调制器和行波管各级引线过长,导致感应以及高压电源的不等周期工作和自制频率合成器输出信号的感应等引起。在采取相应的技术措施后终于解决了。在此过程中可以看出,一个新事物必然要带来一系列的新问题。然而只要按照科学的方法去调查研究,采取对策,问题终究

是可以解决的。同时应有一个适用的试验台便于各种试验，也是加速工作的重要措施。

频率合成器信号的纯度问题也是影响雷达性能的大问题。可以说经历了一番实践后充分地认识了频率合成器确实是不易搞好的一个部件，也是雷达的核心。迄今为止，国内尚没有一个产品在这个问题上搞得很好。我们碰到的问题，就其实质来说就是一个纯度问题，它的影响：一是增加接收系统的噪声系数，严重时使接收机阻塞；二是影响动目标系统的改善因子值。频率源的纯度不够实质上是杂散频率太多，导致输出信号在混频器产生众多的组合频率，相位噪声过大，使得频率源满足不了所需的稳定度。造成信号不够纯的原因就在于系统各部件的工作点、各部件之间的电磁兼容设计上有问题。自己研制的频率源经反复调整试验、改进，但终因方案上固有的问题，不得不忍痛放弃。但是经过了一段时间还是摸索到了经验，积累了数据，从理论上、实践上提高了认识。当时考虑到产品的进度，经反复研究决定外协，由南京工学院无线电系在344产品频率源的基础上进行研制。1980年4月新频率源上站调试，基本上解决了问题，又一个拦路虎被克服了。结论是：在放大链发射系统中频率源是一个关键问题，是万万不可掉以轻心的。应该说，频率源的质量标志着微波领域器件、工艺、线路设计的水平。

当发射系统的问题解决后，开始进行全机总调，随之暴露出跟踪接收机的问题，这又是一个没有碰到过的问题。由于要搞动目标跟踪，就要牵涉到多普勒频率的信号处理问题。在原理上、方案上是没有问题的，但在具体实现中就遇到了一个自动增益控制问题，对于单脉冲雷达，实质上就是一个信号归一化问题。由于多普勒频率的产生与利用，而给自动增益控制电路带来了一系列的问题。这一问题也曾使我们苦恼过相当长的时间。我们四处请教查阅资料，反复试验，最终在王锡祐、郭晓乾、严卫芳等同志的努力下，尤其是又请来了外室的陈宪同志，大家齐心协力，密切配合，多少次加班，几多不眠之夜，终于在线路上进行改进，从而解决了这一问题。回过头来看，在方案上没有问题，而只是具体线路的设计、调整问题，只要精雕细刻，细心调整，问题是可以解决的。

至此全机的主要问题全部解决了，机器可以正常地进行跟踪、工作了。

随即要与火炮联调对接，以完成037-II的配套任务。在硬件方面，由于多次协调的结果，很多问题在设计时即已更改，因此联调进行得很顺利。但是在计算机软件方面又产生了问题。计算机要产生各种工作程序，要负责坐标变换，要解决快速跟踪问题，更重要的是和总线联系工作，完成信息传递以解决作战和模拟训练等任务。总线规定的中断周期是125毫秒，计算机能否在这一时间内完成诸多功能是一个很大的问题。我们知道，计算机的最大本领就是忠实执行人所规定的种种程序。反过来软件编得不正确或技巧性不足，计算机也就不能完成预定的任务，联调中就暴露了这方面的问题。于是形势又紧急了起来，软件不调通，全机就不能正常运转，这时又充分表现了计算机起的神经中枢作用。为了确保037-II任务的顺利完成，在七一六所纪明军同志的协助下，苏鸿瑞、孙炳生、黄素贞、马洛等同志积极工作，软件也终于调通了。

1989年12月20日，全机交付军检，随即完成了1989年机器出所的任务。

当然，在产品研制中也有一次成功的典型，那就是伺服系统和测距系统。究其原因那就是专题试验做得深入、细致，设想了多种可能进行验证，这其中更重要的是做工作的人的思想状态是否开动脑筋，全面思考，是否精益求精，说到底是一个责任心问题。在这里应该提出苏鸿瑞、黄素贞以及他们领导的伺服组、测距组的同志们，是他们用自己的智慧和劳动，

保证了雷达研制工作的顺利进行。

跟踪雷达几经反复，样机是搞出来了，对成果欣喜之余，更多的还是经验教训。

首先产品研制一定要立足于坚实的基础上，这个基础包括有我们自己的技术储备，我们的专题是否搞得扎实，也还包括国内器件水平，器件的储备。元器件必须由工程带动起步和工程研制同步进行，这种局面是必须扭转的。没有坚实的基础，不是产品性能达不到理想的程度，就是研制被延误。

在技术方案阶段不能掉以轻心，要从理论上弄清问题，要深入地设想各种问题，然后给以解答并提出相应的措施。设想的问题愈多则对问题了解得愈深入，实践时出现问题愈少，或是出现问题时不致贻误大事而能迎刃而解。因此，进行设计评审是必要的，到了一定阶段一定要进行相应的评审，集思广益，才能确保方案立于不败之地。跟踪雷达由于未能树立“一次成功，预防为主”的思想，也由于研制的当时尚未提出质量保障体系的思想与组织措施，因此后期出现了一系列的问题，影响了进度。

有些问题是要到联成系统后才能暴露的，孤立的看某一部分是不会发现问题的。因此，当专题或分机的研制工作进行到一定程度时，即应联成系统，借以发现问题，协调指标，修改设计。这样可及时发现问题，并采取措施解决问题，从而可防止最终算总帐而贻误工作。

最后一个重要的问题是人，即人的素质问题，工作是要人去作的，问题要人去思考，去解决；因此人的素质是重要的，首先是思想素质，人应该有着强烈的事业心、责任心，有锲而不舍的精神，对技术精益求精。只有这样，才能有将产品搞好的条件。其次是技术素质应该合格，对自己承担的工作有着深刻的理解，处理问题游刃有余，精通电路和系统理论，熟悉可靠性设计和元件工程。这样才能确保电路设计性能优良，工作可靠，不出问题。如果有着这样一支队伍，那就什么困难都能克服，或者至少有这样一个技术带头人，那么情况也会大不一样的。

似乎工程设计也是一种“遗憾”的艺术，方案一经确定并付诸实施，由于种种原因很难进行一些更改。经验与教训只能在新产品设计中予以考虑了。

战备的要求，形势的发展，需要我们搞出高水平的产品来。在实践中造就出一批人材，在实践中研制出更新更好的产品，是要经历一个艰苦的过程的。但是通过努力学习和刻苦实践，我们的目的是—定能够达到的。

(作者为机电部二十所跟踪雷达研究室主任、研究员级高级工程师)

三十三、勇于实践，协同攻关

——记348S稳定平台专题研究

杨 毓 令

1982年经原电子工业部批准，348S(现在改称363雷达)天线稳定平台获电子工业部科技成果一等奖。这标志着传统的“三心一致”理论在实践上实现了突破，为348雷达的研制奠定了坚实的基础。

机电部二十所是以研制陆用雷达为基础的研究所，承担研制 348S 雷达任务，遇到的第一个难关就是天线稳定平台的设计。二十所是缺少研制经验的。从 1975 年开始进行了广泛的调研和设计准备，从分析典型产品 352、球-50 入手，结合了 348S 总体的要求，得出几点结论：(1) 传统的“三心一致”理论妨碍技术发展，在技术水平不高的 60 年代，针对转速不高的天线是适用的。但是对于天线口径 2 米、转速高达 40 转每分的 348S 雷达，再坚持现有理论框框，是无法实现高转速轻量化设计目标的。(2) 70 年代初期国外研制出高风压中心稳定平台，三心不再重合，重量大大减轻，可接近性大为改善。但有许多难关需要采用新技术方能解决。(3) 典型的液压传动在可靠性、可维护性方面存在问题甚多，必须采用机电驱动方案。

1978 年经过几年的准备，348S 天线稳定平台正式列为产品专题。经过论证，确定三个技术关键：(1) 必须减小风负荷，这是高风压中心方案的致命弱点之一。(2) 伺服系统必须解决风力扰动，这也是高风压中心高转速方案的另一个致命弱点。(3) 机电驱动方案必须采用新材料新驱动方式，否则减轻重量就是一句空话。

方向既已确定，天线、伺服、传动结构各专业立即行动起来，工艺部门也立即响应，近 30 人的攻关大军开始了全面的设计。

承担天线攻关的李炽清、徐殿扬、唐玉茹等同志选中网状赋形天线方案，通过反复的漏功率试验，确定了最佳网孔尺寸。在总体组织的风洞试验中，证明了新方案减少风负荷 30% 左右，取得理想的效果。

承担新材料攻关的工艺室孙含芬、周富宝等同志经过多次反复试验，终于掌握了新型高强度铸铝合金铸造和热处理工艺特性，稳定了工艺。

承担平台本体设计的王琥、朱正贵等同志在西北工业大学沈玉文教授指导下，在工艺部门配合下，成功地研制了谐波传动减速器，顺利通过寿命试验，接着完成了平台全部结构设计。

承担伺服系统设计的袁成善、张国京、戴维等同志，为抑制风力扰动，进行了多次反复试验，并成功地进行了工程化设计。

为保证验证方案，宋经伦、刘惠川、苏鸿瑞等同志成功地设计了摇摆试验台，一次开车成功。

正是在上述各个专业大力协同下，1981 年专题样机研制成功了。它经受了严格的环境试验，经受了风负荷动态模拟试验，全面达到了预定目标，这是一曲勇于实践、大力协同的凯歌。

(作者为机电部二十所副所长、研究员级高级工程师、

348 雷达系统副总设计师和结构主管设计师)

三十四、关于 348 S 稳定平台的研制 和有关工艺

赵 景 森

348S 稳定平台，装备海军舰用设备，要求重量轻、体积小。而搜索雷达天线和稳定平台架设在 10 米的高空，重心较高，如果稳定平台的重量不能减轻到 350 公斤以下，整个雷达总体结构方案就不能满足战术技术任务书的要求。为了减轻重量，我们采取了两项重大措施，一是 70SS 高强度铝合金的应用，二是新型传动装置谐波减速器的研制。

我所对这两项新的工艺，一无任何参考资料，二无实践经验。在这种困难情况下怎么办？经过所领导多次分析研究，决定成立“三结合”攻关小组，自己动手进行试制。经过工人师傅、科技人员、领导干部的共同努力，克服了许多困难，终于在 1982 年试制成功，拿出了第一部稳定平台样机。

348S 稳定平台采用的谐波传动，柔轮是它的核心。对于设计、工艺、检验、加工都提出严格的要求，是雷达系统中关键研制项目，为确保研制质量和进度，及时处理研制过程中出现的问题，当时在所领导的主持下，由各单位的代表组成了“三结合”的攻关小组。组成的人员有：

刘 臻(工艺室，稳定平台主管工艺师)；

王 琰(结构室，稳定平台主管设计师)；

朱正贵(结构室，稳定平台结构设计师)；

周富宝(工艺室，热处理工艺师)；

郭琪洲(生产科，稳定平台主管计划员)；

刘安林(三车间，磨工师傅)；

赵景森(工艺室，348 系统主管工艺师)；

龚俊杰(工艺室，热处理工艺师)；

曹玉贵(三车间，齿轮工)。

上述人员各负其责，根据所科研生产总计划安排，有权直接解决和处理首批稳定平台在研制过程中的若干重大技术问题，做到了责、权、利的结合。

谐波减速器是稳定平台的关键部件之一，它具有重量轻、传动平稳、传动力矩大等优点，它的缺点是不易制造、工艺难度大。很多设计方案都由于谐波减速器不易制造而流产。

柔轮又是谐波减速器最关键最难加工的零件之一，它的工艺特点是壁薄，不易装夹定位，容易变形，疲劳试验易破裂。这个零件的质量，关系到减速器乃至稳定平台的命运，如果柔轮不过关，减速器以至于稳定平台就要改变设计方案，而大大增加平台的重量，也就不可能满足军方提出的战术技术要求。为此，柔轮的加工工艺也是至关重要的。现将柔轮的加工工艺过程简要介绍如下：

1. 锻造工艺：原材料为 30CrMnSiA，由于柔轮工作状态是径向柔性变形，承受长期的弯、扭、压、拉交变的作用，所以柔轮的工作条件是极为恶劣的。因此，从受力观点看，

材料纤维从轴向必须改变为径向。为此,必须采用锻造工艺的方法。

2. 机械加工工艺:主要分粗车、半精车、精车、磨削、滚齿五道工序进行。

粗车:将多余的毛坯料大量地车掉。

半精车:在精车前留有少量的余量以防精车变形。

精车:要保证较高的几何精度和光洁度。

磨削:使柔轮的各过渡部分光滑。

滚齿:将柔轮端部切成牙齿进行传递。

3. 热处理:为了严格控制柔轮的质量,我们采取了低倍检查,查看纹向是否改变,又经过探伤,查看毛坯是否有裂纹,然后采取了等温退火,调质淬火和多次去应力回火,从而保证了柔轮金相组织的稳定。经过长期运转未发现有变形现象。

稳定平台是从1980年开始研制的,至1982年拿出第一部样机。在这两年多的时间里,“三结合”小组在各级领导的支持下,奋发图强,艰苦奋斗,攻破了许多技术难关,终于在1982年完成稳定平台的总装工作。装配完成后,我们进行了疲劳试验。技术条件要求柔轮须承受 10^7 (一千万次)变形而不得产生裂纹或其它缺陷,经过几天几夜的连续运转试验,在变形、升温、磨损、无裂纹等方面都满足要求,现已装备部队使用。根据我们了解,目前国内几家可以制造柔轮的研究所和工厂,就加工工艺水平来说均在我所之下,我所试制成功的减速器“柔轮”在国内属先进水平,甚至领先地位。

(作者为机电部二十所工程师、348雷达系统副总设计师兼主管工艺师)

三十五、348 S 稳定平台的研制

王 琥

研制稳定平台的任务早在1978年时就已经提出。1980年正式下达了专题样机的试制任务。主要的奋斗目标是搜索雷达提供重量轻、体积小、操纵方便的专题样机平台。

当时主要由王琥、袁成善等同志负责平台的结构和线路的考虑。为此我们翻阅了很多国内外资料、图片,并进行了外调。

在此基础上提出了机电式稳定平台的设想及控制线路的计算机仿真。参加这些工作的有朱正贵、刘赛林。

从60年代末到70年代初,西欧先进国家的平台已达到了小型化、高转速、专用器件的程度,而我们则一无所有。国内过去的平台不是仿制的就是“三心一致”的。因此体积、重量等都无法下降。针对这种情况,我们大胆地采取西欧国家的高中心配置平台设计思想。即天线的风压中心高居于平台摇心的上方,这是我们采取的技术措施之一。其二,纵横摇动力传动采用国外60至70年代的新技术谐波传动。这样一个动力减速器设计为同一个数据机构,重量体积大大减少,并且得到非常满意的传动效果,即平稳无噪声,传递动力大,不需要大模数的齿轮等。其三,将平台设计成高强度铸铝合金件的组合体,而避免了过多地使用

钢材。采用了以上三项技术措施后使平台体积、重量大为改观。由于高风压中心造成扰动，给控制系统带来了麻烦，为此控制系统也增加了如前馈等新措施。事实证明：谐波传动非但没有带来不稳定因素，而且还对控制系统改善了阻尼。

这些技术措施都带有一定的风险。国外的平台所以能设计小巧玲珑，主要是他们有专门的器件，如：将轴承、力矩马达、汇流环集为一体的器件，而我们则没有。我们只能从实际出发完成平台的试制任务。当时平台采用了谐波传动，但谐波传动的样机还没有加工出来，若谐波传动试验不成功，那么，平台设计也就不复存在了。

在试验阶段，我们是在一个席棚里进行的。刘赛林、张国京是线路试验的主将，谐波传动的试验及自动锁的设计、试验是由朱正贵、王骥进行的。

平台的主要铸件及关键全由我所有关车间完成，如高强度铸铝合金的 σ_b 第一批已达到34公斤/平方毫米， $\delta=2\%$ ，柔轮工艺最终加工利用磨制，光亮而且漂亮，提高了零件性能。发生凸轮采用线切割技术，使设计加工融为一体。

平台的装配也是不能任意颠倒工序的，我们的平台装配后在没有设计资料的情况下很难拆开。

经全所有关单位的共同努力，终于在1982年12月30日通过所级鉴定，获电子工业部科技一等奖，当时在全国处于领先地位。

平台的最后重量为299公斤，方位转速为20、40转每分，谐振频率为9~10赫，稳定精度峰值误差8毫弧度，均方值2.4毫弧度。

平台经过了36小时的考机试验和200小时的可靠性试验、例试、陆试、海试。

平台已给我所创造经济效益：23.5万元为北京无线电厂改造一台，25万元为山西祁县七〇二所改造一台，25万元为081基地改造一台(均属北方工业公司)。

若此项试制成功打开销路，将会为所创造更好的经济效益，我们的体会是科研抓基础，才能推陈出新。

(作者为机电部二十所高级工程师)

三十六、忆348S搜索天线结构设计过程

徐 殿 扬

348S雷达搜索天线反射器结构设计任务于1983年6月正式下达，规定在三个月内完成设计出图任务。该天线的结构设计分三个部分(馈源、支架、反射器)，并指定我为该系统的结构负责人。

我从事天线(传动)结构设计20多年，曾负责设计或辅助设计过多个产品。接受这项任务的时候，我已是近50岁的人了，这辈子最多还能设计两个产品就得退休。我曾当过兵，打过仗，亲自尝过由于武器不好而白挨打的滋味，我立志哪怕担着风险，也要为这代产品立新创异，提高性能，严格保证质量。

为了竞争，该产品对结构设计各部分的重量要求十分严格，特别是天线系统的重量、风负

荷的大小，直接影响到传动结构的重量。又因为线路设计的增益指标紧张而要求结构设计只允许有尽量少的功率漏损，并提出了较高要求的反射器型面公差(0.4毫米)，使用条件还要求耐盐、雾腐蚀。面临这些要求和它们之间的突出矛盾，经多个结构方案比较结果，我认为采用网状型面结构较为合理。但若选用铝网不耐腐蚀，选用钢网，重量又太重(国内只生产这两种金属网)，走投无路。恰逢冶金部当时正向全国推广扩大钛合金材料的应用范围，我大胆提出用钛板制网，再成形为反射曲面的办法。当时国外没有报道，国内又没有先例。钛板能否制网，制网后又如何成形？我查找了大量资料，请教了金相学、金属学方面的专家，结果一片茫然。但从中了解到钛合金在700摄氏度左右其 $E \approx 0$ ，就是说它能像面条一样柔软。然而就凭这点条件来下决心确定方案，本质上说就是冒险。难怪有人劝我说，岁数这么大了，安安稳稳地混到退休吧，何苦给自己过不去？

该反射器是一个赋形曲面，难以用一个简单公式来描述，于是线路人员给我提供了三万多个离散点的数据表。反射器背架(支撑钛网型面的结构)的结构设计所需的几何参数的一切依据，都要在这些点中去找。这就增加了很大的工作量，一个人要在三个月内完成设计，成为不可能。后经领导同意，请来了已从事十几年天线结构设计的吕玉成协助我设计。在那酷热的三个月中，我没有休息过一个星期天，吕玉成也几乎没有星期天，每晚加班至十一点以后，我经常加班至下夜一、两点钟。天太热，晚上太热，我们就把背心脱掉。设计刚完成三分之二，我的眼睛开始老花，经三个月的努力奋战，终于在8月底交出了全套白图，圆满地完成了设计任务。

设计完成了，蓝图出来了，开始去西安地区一个大厂外协生产。合同谈了四十多天没有结果，对方的理由是钛网的成形无把握，精度不能保证，在一次外协生产的技术讨论会上，有人说：“钛网是根本无法成形的，这个设计是不成功的，是失败的……”，当时众人均无异议。总工程师见状，当即决定该反射器定为关键项目，成立“攻关”小组，并行文命总工艺师为攻关小组组长，我为副组长。后来经贵州四一九一厂的努力，将这个反射器生产出来了。我衷心感谢他们。经结构检验合格，又通过电气测试，完全满足各项电气指标。

该天线反射器的特点是，重量轻(不足30公斤)，钛网能耐强碱、强酸以及盐类腐蚀，较实体反射器的风阻力减小近30%，刚度较同类产品提高两倍以上，外观造型较为美观(曾被《现代雷达》内部期刊选作封面装饰)。

成功了，一片赞扬声，海装电子部兰文长部长见了后说，这个天线能与国外产品相比拟，可以出国。

(作者为机电部二十所高级工程师)

三十七、348 综合显示器研制过程回忆

谢 恒 山

348 综合显示器的研制任务是1980年上半年下达给显示组的。在此之前348双色显示器的研制工作已进行了两年多。虽然它采用了电子管式变高压新技术，但是满足不了系统要

求,而且其体制仍然是模拟式,难以直接与计算机对接。

当时,我们这些搞模拟式显示器的十几个同志还担负着繁重的 322 产品生产、调试和 343 产品出差联调任务。下达任务后,派室副主任方秀斌同志组织这一工作,同我一起负责该课题的研制。为了尽快起步,开展工作,于 1981 年 3 月去首都机场参观了法国的空中交通管制雷达和北京广播器材厂研制的综合显示器。在北京调研的几天中,得到了雷达局系统室刘之琥同志(原二十八所副总工程师)的很大帮助,比较详细地介绍了法国的空中交通管制雷达和有关 IP-570 综合显示器的工作原理,我们学到了不少新知识(刘副总以后又到西安来对我们的具体工作给予指导)。下半年又派了两位同志去南京二十八所学习。同时,我们搜集了部分综合显示器资料,这些为我们研制 348 综合显示器打下了良好的基础。

在进行方案论证的同时,我们消化了部分 IP-570 综合显示器资料。对于计算机方面的知识我们深深感到缺乏。为此,通过自学等方式弥补有关新技术知识的不足。特别是三个编显示软件的同志更是从基础概念学起,边干边学,逐步熟悉了编制显示软件的要领。我们在方案论证的基础上,逐步开始了有关模块的电路设计。

当时,我们研制的综合显示器,由于进口器材不齐全,跟不上 1982 年系统方案性飞行试验要求。所里向长沙无线电一厂订购了一台综合显示器(纯二次显示)。为满足系统要求,于 1981 年底由系统总体找我组的几位同志去该厂帮助完成一次显示功能设计。1983 年初自制综显器材基本齐套,我们采用通用板拉线加插座焊接方法,完成了综合显示器原理性样机(时钟 5 兆赫)。在此基础上进行了印制板电路设计并提高主时钟频率(15 兆赫)。于 1984 年底搞出了 348 综合显示器第一部样机。但是该样机有一个主要问题:开机工作故障多,可靠性差(MTBF = 2 小时)。

1985 年 3 月初,蒋曾培副总工程师到显示组对综合显示器可靠性差的问题主持召开了会议。会上研究存在的问题,统一了思想,提出了要求——三个月基本解决问题,第一步要求达到 MTBF ≥ 30 小时。

会后,我组织了朱昌志、俞祖安、高宜锡等同志为核心的攻关小组,共同分析了不可靠的因素。采取了多种有效措施后,花了不到 50 天的时间基本上解决了综合显示器可靠性差的问题,并于同年 7 至 8 月份参加了 348S、348C 组成的系统飞行试验,整个飞行试验中综合显示器未出现过一次故障。

为了适应小艇装船要求,进一步缩小 348 情报台的体积,结构主管杨毓令、余久红同志决定将原双人台改为单人立式台,综合显示器又做了改进,部分印制板采用四层板,改用 8086 型微机,于 1986 年 3 月份图纸下车间投产。由于所里的积极支持,生产部门大力协同,经过工人、技术人员的加班努力,仅用了不到八个月的时间,一个新型的 348 情报台于 10 月底运往靶场参加(348S、348C 组成的)系统靶场试验。1987 年初,参加了 348C 例行试验和可靠性试验(MTBF = 156 小时),并参加了 348S、348C 的海上定型试验。

该综合显示器的研制成功,在海军同类型的装备中,性能处于领先地位,为海军装备的现代化建设贡献了我们的一点力量。

(作者为机电部二十所高级工程师、第十二研究室副主任)

三十八、348 S 情报处理系统软件研制

杨 森 茂

1974 年海司向我十院二十所下达了代号为 348 的综合火控雷达系统预研任务,其中边搜索边跟踪(TWS)技术研究列为重点课题。

当时总体室的丁志教和我等人负责论证以计算机为主的航迹处理作战情报系统。成立了 TWS 专题小组,开始航迹处理方案的研究。

由于丁志教具有在情报资料室工作多年的优势,搜集了国内外大量文献资料,给 1976 年顺利完成 348 雷达论证任务奠定了基础。

1976 年开始用小型机仿真模拟航迹处理试验,丁志教和我分别负责相关相联和跟踪滤波器的方案设计。1980 年 348 研制任务正式下达,为了加强对此难度较大课题的力量,蒋树林参加了相关相联的工作,分别对不同方案进行仿真试验,加以比较。

夜以继日的工作,迎来了 1983 年的春天,在所内进行了航迹处理机(用 622 小型计算机)与搜索雷达联试,用运-五飞机试飞。联试结果基本上验证了 TWS 航迹处理主要软件(关联和跟踪)方案的可行性。我在 1985 年《现代雷达》上发表了“ α - β 跟踪滤波器在边搜索边跟踪雷达中的应用”,文章比较了卡尔曼滤波器的特点,说明了所设计滤波器结构的合理性。

我们专题负责人都不是计算机科班出身的,边学边干,较为吃力。1984 年在张锡熊总工程师的倡议下,和十院系统室(包括软件组)进行协作,一年过后,由于种种原因协作夭折了。虽然这样,但对完善 TWS 方案还是有意义的。这时我们又重新组织班子和中科院六三一所协作,搞航迹处理微型机。同时任命蒋树林为 348 情报处理系统副主管设计师,负责软件工作。蒋树林作出了很大努力,将前后数十人多年研制的软件模块连接起来。这里要提到的是六三一所的软件人员在管理程序方面提供了不少帮助。

1986 年 10 月,在蒋曾培副总工程师的主持下,搜索雷达和情报处理系统(由一个单人立式台组成)进入锦西靶场,进行国家级鉴定试验。试验是多目标、全方位,动用了歼-六机、直升机和炮艇。

1987 年 6 月靶场鉴定报告说明了同志们多年的劳动取得了丰硕的成果。跟踪精度超过了总体设计指标,海空目标方位精度超过原定指标的 1 至 2 倍,距离精度超出 5 至 7 倍。这样,在我国首次完成高精度边搜索边跟踪雷达的研制。如果现场试验时间充裕,适当调整 TWS 参数,精度还能再好些。

1989 年,搜索雷达、情报处理系统已装备 544 导弹护卫舰。将要装艇的 037-II 艇作战系统用情报台在连云港进行了联试。航迹处理软件是满意的。

航迹处理软件研制成功是集中了许多人的智慧,特别是那些没有提名的情报台主要负责人。

多年工作经验告诉我们,外协是必要的,更重要的是培养自己的系统和软件人员,同心同德,发扬技术民主,这样才能少走弯路,提高设计质量。

(作者为机电部二十所高级工程师、037-II 艇作战系统情报台副主管设计师)

三十九、348跟踪雷达天线座研制过程

于海云

1978年开始348跟踪雷达天线座研制准备工作。

348跟踪雷达天线座是舰船用二轴稳定型天线座。

伺服系统是采用陀螺反馈的二轴稳定。为保证伺服系统有足够的带宽，从而达到足够的摇摆隔离度，对天线座的刚度提出了很高的要求，它的结构固有谐振频率不低于20赫。

当时，国内这种小口径天线的天线座的结构固有谐振频率一般为7~13赫，距348天线座的要求有差距。为了寻求提高刚度的途径，我们首先对二十所研制的陆用小高炮311甲雷达的天线座的刚度进行了分析、计算和测试，找出了它的薄弱环节，为348天线座的方案设计打下了基础。1981年总体就确定了研制348跟踪雷达抗谐振天线座专题，由于海云、孙志远、宋经伦参加方案论证工作。经调研、参阅国外同类型天线座的资料，确定了几种结构方案，并对各方案的固有谐振频率、精度、重量等进行了估算、分析、比较。对国内的力矩马达等进行了调研。最后确定为力矩马达驱动的转台式结构方案。方案中，我们采用了新的驱动元件(力矩马达)经一级齿轮带动负载。这样就缩短了传动链，减少了间隙环节。同时也解决了力矩马达直接驱动重量的限制；采用了四点接触大轴承和可预紧的轴承支承；采用了扭杆消除；壳体采用高强度铸铝合金；汇流环采用了模块式结构等。于1982年在于海云、孙志远、赵宗哲、宋经伦同志共同努力下完成了天线座结构设计，投入试制。

在试制中，工艺师、工人同志各显神通。孙含芬、詹月英、张平发等同志反复试验，解决了高强度铸铝合金铸造不稳定性，成功地铸造成合格的铸件。欧阳友香、耿洪祥、孙凤鸣等同志精心编制工艺，利用普通的设备完成了大壳体杯形件、大齿轮、轴、扭杆等关键件的加工。模块式汇流环是国内新型的汇流环，加工难度较大。工艺总师赵景森同志主持成立了攻关小组。在模具设计师与化工工艺师王玉珍等同志和工人师傅一起密切配合下，闯过一个又一个难关，终于取得成功。

最后，在设计师、工艺师、工人师傅的共同努力下，于1984年完成了专题样机的研制。

通过结构测试，本天线座结构固有谐振频率达到25~26赫。伺服系统开环频率特性测得20~22赫。

接着，把天线座装在摇摆台上，做二轴稳定试验。本天线座满足了伺服系统二轴稳定和快速跟踪的高带宽、高精度的要求。新一代的天线座终于研制成功了。

这是结构设计人员、线路人员、工艺人员、广大工人师傅密切配合、团结协作的成果。

(作者为机电部二十所高级工程师)

四十、348跟踪雷达伺服和定时测距系统设计回顾

苏 鸿 瑞

天线伺服系统原为王齐祥负责，后来由苏鸿瑞、黄素珍负责。

定时数字测距系统原为潘益伦负责，后来由苏鸿瑞负责。

接到天线伺服系统研制任务后，首先考虑是采用四轴稳定还是二轴稳定。四轴稳定技术成熟，二十所研制和参加研制过的 343 雷达、341 雷达，都是四轴稳定系统，但四轴稳定天线座重量重、体积大，而且精度不高。于是决定上新技术，研制二轴稳定天线伺服系统。

二轴稳定系统关键技术是波束稳定和精确快速跟踪。波束稳定采用速率陀螺后馈与计算机前馈两种方法。为了检测搜索雷达稳定平台及 348 跟踪雷达二轴稳定系统性能，由苏鸿瑞、杨煜伟、王慧言等设计了摇摆台和摇摆频率控制仪。摇摆角由 0 度到 25 度，摇摆周期由 2 秒到 100 秒，连续可调，精度为百分之三。

1984 年在摇摆台上对 348 跟踪雷达稳定性能进行了测试。在各种波束指向角情况下，无论采用陀螺后馈还是计算机前馈，其系统误差 0.15 毫弧度，均方根误差 0.69 毫弧度。

快速跟踪是 348 跟踪雷达关键技术之一。二十所设计的 311 甲陆用炮瞄雷达，早在 1967 年就通过白城子 31 基地国家靶场试验，成为我国第一部自行研制的快速跟踪雷达。其跟踪速度比 COH-9 雷达高 4 倍，达到 85 度每秒，跟踪加速度比 COH-9 高 10 倍，达到 65 度每二次方秒。现在是如何将此成功之经验应用到 348 跟踪雷达上。为此，由孙炳生、苏鸿瑞、吴璜研究在二轴稳定情况下前馈及再生反馈问题。1981 年在清华大学通过了仿真试验。

为了选择伺服系统最佳设计参数，在 1982 年由王齐祥、苏鸿瑞编制了三回路伺服系统频域仿真程序，并对 348 跟踪雷达伺服系统及 348 光电伺服系统进行了频域仿真和时域仿真，取得了大量数据。

1988 年，348 跟踪雷达伺服系统由苏鸿瑞、黄素珍、戴维、齐向春、罗惠玲、周润、刘华京、马洛、陈挺等调试完毕。

为了检测天线伺服系统跟踪性能，1988 年由苏鸿瑞、郑刚利用微机编制模拟航路。经检测其结果为：在航路最大角速度为 70 度每秒，最大角加速度为 45 度每二次方秒情况下，系统误差为 0.21 毫弧度，均方根误差为 0.55 毫弧度，最大误差为 4.45 毫弧度，等效加速度系数 $K_a = 168$ 。英国 ST802 舰载炮瞄雷达，天线伺服系统采用变带宽二阶无静差系统，其加速度系数分为三档： $K_a = 9$ 、 $= 25$ 、 $= 64$ 。由此可见，348 雷达快速跟踪性能优于英国 ST802 雷达。

定时器/数字测距系统由苏鸿瑞、陈玉珍、马艳喜设计。测距系统为二阶无静差系统。1988 年通过计算机按航路参数对数字测距系统的检测。航路参数为：航路捷径 $P = 300$ 米，目标高度 $H = 400$ 米，目标速度 $V = 60$ 米每秒。测试结果：系统误差 0.015 米，均方根误差 1.7 米。最大误差 10 米。

研制 348 雷达天线伺服系统的体会是：

1. 运用现代技术为研制服务,从各个角度检查设计正确性,例如:前馈、再生反馈的计算机仿真,天线伺服系统的频域、时域的计算机仿真,按航路参数对伺服系统跟踪性能的计算机检测。

2. 搞好实验室的基本建设,给研制创造条件。例如:伺服系统模拟试验台、摇摆台都属于自制大型试验设备。

3. 按质量管理要求办事。

(作者为机电部二十所高级工程师、348跟踪雷达伺服系统技术负责人)

四十一、八五七工程研制初期的回忆

徐 映 和

1982年4月英阿马岛战争之后,法国“飞鱼”掠海导弹在战争中发挥了重要的作用,从而引起世界各国的重视。我国近程防御系统的研制也进入一个新的阶段。

国家经委赖坚同志1982年6月上旬写信给电子工业部雷达局冯世章总工程师,询问是否能搞个“反飞鱼导弹”雷达武器系统。冯总工程师立即在6月20日用信函通知张锡熊总工程师,要二十所承担此项任务。信中提到美国的“密集阵”系统并建议将西安八四七厂的628舰炮加光电装置组成一个简易型防御系统。张总工程师立即在二十所内部确定由徐映和、殷裕昌、陈文彪三人组成论证班子开始论证。同时,争得陕西省科工办曼丘副主任的积极支持。首先将二十所与八四七厂组成论证伙伴,由二十所抓总,并负责雷达系统,八四七厂负责火炮系统。二十所由徐映和执笔,张总工程师审定,于7月底拿出第一份“直接命中式近程防御系统的可行性方案”论证报告。随即二十所向雷达局汇报,确定9月份向国家经委汇报方案。9月29日由雷达局夏文祥局长、火控处布兴光和二十所张总工程师、徐映和等四人在中南海经委会议室向赖坚同志汇报方案,参加听取汇报的还有国防科工委四局、七局的领导同志。该方案得到经委领导同志和科工委同志的首肯,之后,雷达局按二十所的方案,定名为“349近程防御系统”,正式开展工作。

1983年3月初,由海装兵器部在北京首先召集了近程防御系统座谈会,会议有电子工业部、兵器工业部和船舶总公司参加。会上船舶总公司七院介绍了“近炸”体制的方案,电子工业部与兵器部西安联合体介绍了“直接命中式”的方案。二十所参加会议的有徐映和、孙志远、荆卫志和邓明。会上,二十所代表八四七厂向座谈会提供了第二份近程防御系统方案论证报告(殷裕昌和陈文彪由于工作方面的原因,1982年10月份退出了该项目工作,由孙志远、邓明参加)。到1983年5月,雷达局按二十所上报的方案,给5万元的研制经费。这次会议后,根据任务的需要,雷达局派七八五厂参加349的工作,负责其中的“火控解算分系统”。

1983年4月,国防科工委在北京京西宾馆召开“051驱逐舰现代化改装方案”会议,根据电子工业部的指示,由二十所负责电子系统的抓总,并推荐349系统为主要防御系统之一。

051 改装方案由于经费的原因, 后来下马。

有了研制经费, 二十所的工作有了推动力, 进展十分迅速。二十所受雷达局的委托于同年 8 月 21 日至 24 日在西安海军办事处主持并召开了第一次有各方面人士(44 名)和单位(海装兵器部、海办、八四七厂、八〇三厂、七八五厂、三所、二十七所、十一所、省国防工办、海工院、船舶总公司系统工程部等 24 个)参加的 349 近程防御系统研讨会。此次会议, 布兴光代表雷达局出席, 海装兵器部刘文化副处长、省国防工办曼丘、司志达副主任出席; 二十所有张锡熊、蒋曾培、王光宅、徐映和、孙志远、荆卫志、王福德、邓明等 15 名代表。会上由徐映和代表西安“近程防御系统”方案论证组汇报了 349 方案, 与会代表对方案的各个方面进行了热烈的讨论, 并确定了开展工作的方针。

1983 年 11 月, 海装兵器部由金连钦部长在武汉海军工程学院召开了第二次有电子工业部、兵器部、船舶总公司及国防科工委参加的近程防御系统研讨会, 会上就船舶总公司的方案和电子工业部二十所的方案进行了热烈的讨论, 并认为我国正式开展近程防御系统研制工作的时机已经趋于成熟, 建议科工委、海军早下决心。

与此同时, 二十所积极开展了“命中概率”、“闭环校射”、“雷达低角跟踪”、“抗冲振”等各方面的专题研究。这些专题的开展对 349 方案的深化起了很重要的作用。上述会议二十所有张锡熊、王光宅、徐映和、孙志远、荆卫志等同志参加。会上汇报了 349 方案和 349 方案的电视录像。

1984 年 9 月, 在国防科工委大楼召开了近程防御系统可行性方案的评审会, 会议参加者为总参有关部门, 科工委各部、局, 有关工业部等领导机关。会议由科技委副主任刘伯楼主持, 会议为期三天。海军在会上对直接命中式 349 方案(二十所、八四七厂方案)表示了肯定的态度。由于七院对方案的确立和“国家队”的组织形式有不同意见, 未能取得一致意见。

又大约经过一年的时间, 科工委于 1985 年 7 月 3 日在北京京西宾馆主持召开有总参有关部门, 科工委各部、局和电子工业部, 兵器部, 船舶总公司和海军参加的 8573 会议。会议由科工委叶正大副主任主持, 确定以 349 方案为基础, 采用直接命中式的 6 管 30 毫米口径火炮与雷达相结合的二位一体体制的反导武器系统。会上确定开展七个主要课题的预研工作, “国家队”的组织形式和各工业部门的技术分工, 确定电子工业部负责雷达系统的抓总并参加大系统的工作。会后发了《8573 会议纪要》, 规划了“八五七工程”的科研方针和总的安排, “纪要”同时转发了海军对近程反导武器系统的战术技术任务书(要求)。从此“八五七工程”正式纳入了国防科研计划, 每年有正式的要求和经费保证。此次会议二十所张锡熊、徐映和、孙志远、许世荣参加。

8573 会议以后, 各工业部门按其分工转入有型号背景的课题研究。

二十所从 1987 年开始, 已经正式同海军签订合同, 开展雷达系统及其整机的方案深化论证工作和课题研究工作(极宽频带、单脉冲、低角跟踪等), 预计“八五”期间完成性能样机。

1985 年 3 月至 4 月, 为了开发我国的近程反导武器系统, 由科工委组织, 中央军委杨尚昆副主席批准, 组成了九人的中国军事代表团“密集阵”专家考察组赴美考察。团长是海装兵器部长金连钦, 电子工业部派张锡熊和徐映和两同志参加考察, 历时 28 天。此次考察收获很大, 为国内领导机关确定我国近程防御系统的形式提供了重要依据。为正式召开 8573 会议作了充分准备。

(作者为机电部二十所高级工程师、857 雷达系统主任设计师)

四十二、舰载火控雷达靶场试验的回顾

张 福 钦

海军试验基地是海军武器装备试验的国家靶场，舰载火控雷达是现代海军舰艇的重要武器装备。每一种新型号的舰载火控雷达，都要在国家靶场进行接近实战条件下的严格试验，经鉴定其主要战术技术指标合格后，才能设计定型，批量生产，装备部队使用。因此，靶场试验是舰载火控雷达研制发展过程中一个非常重要的阶段。

我国的舰载火控雷达试验靶场是 60 年代中期开始组建的。阵地设在辽宁锦西，利用连山湾海、空域进行试验。20 多年来，共进行各类雷达的科研性试验、鉴定性试验、陆上和海上设计定型试验 24 次，雷达配合各类指挥仪试验 12 次，雷达配合各类舰炮武器系统试验 21 次。先后进靶场试验的雷达型号共 15 种。已定型投产装备各类舰艇的有 381 甲目标指示雷达，362、363 搜索雷达，341、341 甲、342、343、347 跟踪雷达等。还有几种雷达，如 360 搜索雷达、344 和 348 跟踪雷达，都已完成陆上试验，马上要进行海上试验，不久也将定型投产装备部队。

靶场的责任是对被试雷达严格把好关，要对部队负责，对未来战争负责，必须保证定型雷达的质量，使其装备部队后顶用，真正形成战斗力。但同时也要对研制单位负责，帮助科研和工业部门过好关。靶场的干部战士和研制方的技术人员、工人师傅是同一个战壕的战友，只是分工不同，目的都是为了建设一支强大的人民海军。科研和工业部门研制一种新型号的雷达很不容易，往往要付出十几年的心血。靶场不能因在试验中发现一些问题就轻易否定他们多年辛勤劳动的成果，而是积极热情地为他们提供方便，提出合理化改进意见，帮助分析解决问题。在这方面，靶场是做了大量工作的，这对我国的舰载火控雷达的研制发展起到了推动和促进作用。

现已大批量装备海军部队使用的 341 跟踪雷达，当年在靶场试验的情景仍记忆犹新。341 雷达是由上海无线电二厂在 70 年代研制生产的我国第一代舰炮跟踪雷达，采用了当时比较先进的单脉冲体制，而且为了提高抗干扰性能，还设计了二厘米和三厘米两个波段。该厂 1978 年生产出第一台样机，进靶场做陆上设计定型试验。当时由于二厘米波段的工作状态不正常，只做完三厘米波段的试验项目就中止了试验。经返厂调试，于 1979 年底又第二次来靶场进行了二厘米波段的试验项目。但这两次试验结果，在近距离上角度和距离的跟踪精度都不满足指标要求。为了解决这个问题，靶场与厂方共同分析，反复做模拟试验，最后终于找到了在近距离上目标回波信号太强使接收机饱和的原因，并采取了增大接收机动态范围的措施。1980 年，341 雷达参加双 37 舰炮武器系统陆上设计定型试验时，靶场又对其两个波段的跟踪精度进行了全面考核，试验结果都达到了指标。该雷达于 1981 年又参加了双 37 舰炮武器系统的海上定型试验，为武器系统提供了精确的目标诸元，有效地保证了系统海上射击试验的成功。在海上射击试验时，船舶总公司系统工程部建议用 341 雷达进行虚拟校射

摸底试验。靶场认为,这项工作虽然超出了试验大纲的范围,但对提高火控雷达的战术性能很有意义,所以采纳了这个建议,并积极配合,取得了有关校射方面的第一手宝贵经验,为后续研制的舰载火控雷达增加虚拟校射以至于发展到大闭环校射功能奠定了基础,开拓了一条新路。

回忆我国舰载火控雷达的发展历程是令人鼓舞的。近20年来,我国的舰载火控雷达,从无到有,从第一代发展到第二代,取得了非常可喜的成就。70年代,我国自行设计研制成功了以单脉冲体制为特点的第一代舰炮火控雷达,这一代雷达的诞生,填补了我国舰艇上的空白,从根本上改变了我国海军的落后面貌。80年代,我国又自行设计研制出第二代舰载火控雷达,大大缩短了与国际先进水平的差距。第二代雷达的技术性能比第一代雷达上了一个台阶,发射机用主振放大链代替了磁控管,接收机增加了信号处理功能,实现了动目标显示和检测,测距系统用数字式代替了机电式,角控系统普遍采用了微型计算机,天线由四轴稳定改为二轴稳定,显示器由单一功能变为单管多用,低角跟踪、小角度相控、激光和电视等新技术也在这一代雷达中得到应用。在战术功能上,第二代雷达也比第一代雷达有明显提高,具有工作方式多、自动化程度高、反应速度快、抗干扰能力强、可靠性高,可维性好和使用方便等优点。第二代雷达配上相应的指控系统和武器系统,将显著提高舰艇的作战能力,使我国海军的现代化迈出一大步。

靶场建设与舰载火控雷达的发展基本上是同步进行的。我国舰载火控雷达的发展,也促进了靶场的技术进步。二十多年来,为适应舰载火控雷达的发展需要,靶场试验设施和试验手段不断得以补充和完善。先后增加和改进光测设备,引进了高精度靶场测量雷达,用数字自动录取设备取代了同步相机拍照度盘,用引进的赖斯顿拖靶取代了红-Ⅱ靶机,雷达分辨率试验用经纬仪测角和用激光机测距代替了人工拉绳测量,成立了数据处理中心,实现了计算机信息联网。在试验工作的管理方面,也不断进行了探讨和改进,有关舰载火控雷达靶场试验的两个国军标 GJB428-88《舰炮跟踪雷达设计定型试验规程》和 GJB20028-90《舰载搜索雷达设计定型试验规程》,近年来已先后颁布实施,使靶场试验逐渐走上了科学化、正规化的轨道。这对于提高试验质量,提高试验效率,缩短试验周期,促进舰载火控雷达的发展,都起到了重要作用。展望未来,军事电子技术仍将持续高速发展,90年代将是雷达技术发生重大变革的年代。以344A和349雷达为代表的我国第三代舰载火控雷达已纳入国家的“八五”计划,目前已着手研制,具有反导能力的火控系统不久将在我国海军舰艇上以崭新的面貌出现,为迎接新一代舰载火控雷达及武器系统的试验,靶场正在积极创造条件,努力做好各方面的准备工作。海湾战争的经验给人们以深刻的启示,加速军事电子技术的发展势在必行,让我们利用机遇奋发努力,为实现具有我国特色和世界先进水平的新一代舰载火控雷达系统而奋斗。

(作者为海军试验基地第一三〇所雷达室主任、高级工程师)

主要研制单位简史

一、船舶总公司七二三所

江苏省扬州市第七二三研究所隶属于中国船舶工业总公司第七研究院，于1968年2月在湖北武昌建所，其前身是原第七研究院第六研究所第九研究室。七二三所主要承担舰载火控雷达和电子战设备的研制和小批生产任务。建所初期以研制雷达设备为主，随着海军建设的发展，电子战设备研制任务不断增加，到1985年全所雷达和电子战两大专业电子设备的研制工作已经形成并驾齐驱的局面。全所现有职工1120人，其中高级工程师92人，工程师288人。

建所以来，先后承担研制了多种舰艇电子设备，如舰用雷达侦察仪，电子干扰机，船用雷达侦察机，舰用情报中心，小口径炮瞄雷达等。其中主要雷达设备有双57炮瞄雷达(342)，低空快速反应雷达(362、347)，数字式雷达同频异步干扰抑制器(51型机)。目前，正在进行研制的产品有八五七工程中的搜索雷达和各种新型电子战设备。

随着科研生产的发展，到1988年底全所总建筑面积达7.3万平方米，其中科研生产面积为3.4万平方米。配套设备齐全，拥有专用测试设备、屏蔽隔离室、微波暗室、符合海军军标的例行试验室。目前，所内已拥有国内外制造的各种仪表3000余台，并被江苏省指定为苏北地区计量中心。全所现有固定资产总额达2000万元。

所内还拥有一个工种和设备齐全的试制加工工厂(二三〇工厂)。全厂有职工400余人，有各类机床和精密加工设备150余台。近15年来，已为海军完成了多种型号设备和大量预研课题的试制加工和生产任务。

二、机电部二十所

机电部二十所是1961年10月1日在原九〇四厂的基础上组建的无线电导航技术研究所。1963年增设雷达专业，承担512雷达的生产，1966年又扩大到火控雷达的研制生产。从此二十所成为无线电导航与火控雷达研究所，对外名称为西安导航技术研究所。

1987年已有职工3134人，其中科技人员1321名(研究员级高工21名，高工376名，工程师709名)，直接从事火控雷达的技术人员349人(其中研究员级高工7名，高工102名，工程师200余名)，雷达的技术人员主要来源是：1963年从南京四机部十四所调来10余人，1965年从北京炮兵科学院调来108人，1966年从七八六厂调来42人，以及各大专院校分配来的学生。

二十所有研究室20个(雷达研究室6个，导航研究室10个，民品研究室4个)，车间10个。

目前二十所已成为具有较强的导航、雷达、通讯设备及大型系统工程的研制开发能力，并且具有较强中试能力的科研机构。建所28年来，为陆海空三军研制了7个大型无线电导航和8种火控雷达，并生产出各种导航雷达产品共18个品种数百台(套)，先后多次参加导弹、卫星试验以及南极考察等任务，为国防建设和国民经济发展作出了贡献。

二十所现有电子测试仪器2450台，主要设备720台，占地面积202000平方米，总建筑面积139962平方米，科研生产建筑面积62038平方米，固定资产原值5550万元。

三、上海无线电二厂

上海无线电二厂建于1960年9月，由上海申新第二棉纺厂、上海利闻无线电厂、上海高频电炉厂、王松记电镀厂等转并而成。隶属上海市仪表电讯工业局和上海市广播电视工业公司领导。1991年初，加入上海长江通信设备(集团)公司。企业性质为上海市地方国营。厂址在上海宜昌路96号。

上海无线电二厂是一个以生产收录机、收音机、中高档立体声音响设备、电视机、电子琴和通讯机为主的电子行业的中型骨干企业。产品采用“红灯”、“飞乐”商标，主导产品基本接近国际70年代末80年代初的水平。从1965年至1984年曾研制生产了372八毫米炮瞄雷达、305炮瞄雷达、341舰载炮瞄雷达，为国防建设作出了贡献。

上海无线电二厂现有职工3200人，其中工程技术人员500人，各类管理人员340人，厂房面积46357平方米，工业总产值25000万元。

该厂各类型号的收录机及立体声音响设备，年产量为60余万台，为全国收录机行业中产量较高的工厂，品种比较齐全。80年代从日本引进先进技术，能生产中高档收录机和组合音响设备，产品严格按国际先进标准设计生产。

“红灯”牌收录机，在历届全国评比中均名列前茅，曾获国家、电子工业部优秀产品奖，获上海市著名商标证书和上海市名牌产品称号。该厂生产的收录机多次被选为国礼，馈赠外国元首和首脑。

上海无线电二厂是国家定点的无线通讯设备生产厂，80年代从日本、西德引进先进技术和生产手段，无线通讯产品生产量居全国第一。技术力量雄厚，产品获国家银质奖，质量达到80年代国际先进水平。产品门类齐全，400兆赫频段的通讯机有基地台、车(船)载式、手持式多功能系列无线电话机。可以承担系统工程组网，实现无线与有线电话自动拨号；可在远距离通讯时作中继台，实现无人值守自动转发；实现远距离遥控及数据传输功能等。产品在国内已广泛装备公安、公交、铁路、渔业、森林、油田、水利、工矿、建筑等部门。目前还在引进和研制900兆赫频段的通讯机。

上海无线电二厂还自行设计和生产收录机、收音机、电视机的总装流水线的全部线体及所需的仪表、工装夹具等全部设备。该厂自行设计制造的波峰焊接设备、微机印制板自动测试设备都达到80年代国际水平。

上海无线电二厂的企业现代化管理在国内具有相当的知名度，曾获全国企业管理优秀奖、电子工业部经济效益先进单位、电子工业部质量管理奖和国家一级计量单位。1987年被审定为国家二级企业。1989年被批准为国家一级企业。

四、常州第四无线电厂

常州第四无线电厂，原名常州第三航海仪器厂，1980年1月改名。1966年建于常州南门三桥头，体制为地方国营全民所有制。

建厂初期约300人左右，科技人员30余人，主要生产导航检查仪、匹配箱、电阻箱等多种普航设备，1966年至1974年，业务归口隶属六机部。

1970 年开始承接六机部下达的 341 甲雷达试制任务,因涉及雷达产品业务归口问题,于 1974 年 5 月以后业务归口隶属四机部。1983 年常州第四无线电厂与常州无线电厂、常州第二航海仪器厂归并,成立常州无线电总厂。

常无四厂自 1970 年起试制并批量生产 341 甲雷达,其中大部分均已正式装备部队。

在雷达的研制和生产过程中,自 1971 年到 1977 年,由海军、六机部、四机部先后投资 700 余万元建成了年产 10~20 台生产能力的生产线和生产条件。

工厂到目前为止,职工总数 1246 人,科技人员 238 人,其中从事雷达专业的技术人员 70~90 人,建筑面积 32 050 平方米,主要设备 91 台,仪器和计算测试设备 3136 台,1986 年总产值 8124 万元。

工厂目前以民品为主,主要民品是“星球”牌收录机,其次为差转机、线切割机床等。军品除 341 甲海用炮瞄雷达外,还有步兵侦察雷达,该产品在 1985 年设计定型,现已批量生产,还开发了 XQR-I 型高亮度显示船用导航雷达和民用电磁灶等产品,并相继定型生产。

五、国营长洲无线电厂

国营长洲无线电厂(国营四一一〇厂),于 1968 年批准筹建,1975 年投产,是机电部大型二类企业。现属机电部中国振华电子工业公司(国家计划单列公司)。为全国唯一定点的海军舰载火控雷达生产厂。

工厂现有职工 1500 人,其中中专以上文化程度 458 人(中专 215 人,大专 122 人,本科 121 人),工程技术人员 283 人(其中高级职称 44 人),四级以上技工 528 人,固定资产原值 4 100 万元,企业建筑面积 10 万平方米。

从 1975 年投产至今 16 年,先后提供部队三种型号系列的雷达产品和两种军用卫星通信地面站数字接收设备,有:小 822 型岸用对海侦察校射雷达 96 部;343 型系列舰载火控雷达 41 部;341 型系列舰载火控雷达 25 部;军用卫星通信数字地面接收设备 4 套。多年来,工厂始终积极执行国防科工委七局、海军装备部门“小步快跑”方针,即对 70 年代研制的型号成果和 80 年代的老装备,采用一些国内已定型的成熟成果快速加、改装,以适应现代电子战的需要。为此,工厂在 343、341 型雷达上加装电视跟踪、激光测距以及我厂国内首先研制成功、设计定型加装的非相参瞬时测频数字跟踪捷变频系统等。1988 年 343 雷达获部优称号,1991 年通过国防科工委军工质保体系正评。军用卫通地面数字接收设备获全国科学大会奖。火控雷达分别出口泰国、也门等地。

1987 年起,工厂先后承接由国务院电子振兴办组织的国家试点:(1)中速率数字制群路(IDR)卫通地面站,采用 80 年代中期国际标准、3/4 卷积码、滚降系数为 0.2 的限带技术等先进编译码纠错技术,每个载波可通过 30 路话(可继续扩容至 60、120 路),大大提高了频谱利用率和节省发射功率;(2)智能化音频电力负荷控制系统设备。上述两大项投资类民品,已分别于 1989 年交付邮电部、能源部有关各站投入正式运行,1990 年先后取得国务院电子信息系统应用推广办、机电部、邮电部、能源部等部委的验收,并通过设计定型,列入全国火炬计划,分别获国家教委科技成果二等奖、贵州省科技成果一等奖、机电部科技成果三等奖。

六、国营长安机器总厂

国营长安机器总厂(国营第〇八七一总厂)为隶属电子工业部的大型军工企业,1985年11月下放到安徽省,由省电子局代管。该厂1973年始建于安徽省岳西县,1984年调整搬到六安市,以原国营六〇五厂厂址为基础进行改扩建。

总厂原所属六个分厂、一所、一院、一校。六个分厂均为60年代中期建设的三线工厂,除六〇五厂建于六安外,其余均建于大别山腹地岳西县。1984年2月总厂搬到六安后,将六〇五厂、七二六厂、总厂产品设计所、长安无线电技工学校 and 总厂机关合并为总厂(本部)。从此,总厂由原来的企业管理机关变为经济实体,经过调整改革,到1986年末总厂所属四个分厂,即四一五〇厂、四九六三厂、四五二四厂和四九七一厂。四〇三职工医院自1985年起属电子工业部雷达局领导。1988年末,总厂系统共有职工3037人,其中工程技术人员379人,(高级工程师60人,工程师199人),管理人员444人,生产工人1770人。在六安地区,占地面积476768平方米,房屋建筑面积65923平方米,拥有主要设备530台,仪器仪表1381台,载重汽车56辆。到1988年末,固定资产原值4359.2万元,固定资产净值2778.4万元。

主要产品:军品有海、空用雷达,雷达天线,雷达车和其它军用车厢;民品有天柱峰牌系列产品:豪华吊扇,六米直径卫星电视接收站,各种民用车厢,痔疮治疗机,汽车后视防撞雷达,石油液化气钢瓶,交通管制测速雷达等。

建厂以来,总厂系统总投资9636.3万元,其中总厂(本部)投资3933.4万元,累计完成工业总产值51372万元,实现利税4639.1万元,取得重大科技成果奖15项26次,405雷达和834吊扇分别获部优和省优称号,产品销售全国各地,并出口阿尔巴尼亚、埃及以及东南亚各国。

七、青岛无线电三厂

青岛无线电三厂,其前身是青岛市劳动局技校,于1960年2月8日建立,1965年3月改为山东劳动局半工半读机械学校青岛分校,1969年3月转为青岛印刷机械厂,1976年9月改为青岛无线电三厂。

建厂初期,1970年有职工371人,其中技术人员16人,建筑面积11491平方米,其中生产面积6789平方米,设备105台,仪器240台,固定资产原值152.77万元,现有职工914人,其中工程技术人员110人,厂地面积4.7万平方米,其中建筑面积24019平方米,生产面积17722平方米,设备195台,仪器304台,固定资产原值528.7万元。

1968年参加青岛市组织的一些厂家与七二三所联合研制生产342炮瞄雷达,尔后又接产751导航雷达,这支队伍1971年并入该厂,成为研制生产雷达的技术骨干。在751雷达基础上研制出7511导航雷达,于1981年研制成功411岸对海警戒雷达(四点跳频),1985年研制成功侦察警戒雷达412,412雷达采用了先进的数控频率捷变技术,是国内首次研制成功的三厘米非相参数控频率捷变雷达,填补了国内同类产品的空白。与之同时,引进了英国Racal公司船用导航雷达RM1070和970BT(彩色TV制显示),并投入小批生产。青无

三厂是山东省唯一的雷达生产厂家，该厂的方针是在保持印刷机械厂生产和微电脑应用服务的同时，继续抓好雷达产品生产、改进和改型工作，搞好引进雷达的国产化，在消化吸收的基础上“洋为中用”，使自己研制的雷达产品尽快赶上国外 80 年代先进水平。

八、天津渤海无线电厂

天津市渤海无线电厂是天津市地方国营大型企业。原天津市第一电讯器材厂与天津市织物漂染公司于 1960 年 5 月合并为天津市电讯器材厂。原天津市渤海无线电厂于 1963 年并入电讯器材厂后改名为天津市渤海无线电厂。建厂初期以生产电子管收音机和军用调频收讯机为主。

1964 年 11 月以渤海无线电厂为主开始仿制“烈雅”雷达(即 351 雷达)，并在此基础上改型为 351 甲和 351 乙雷达。此外，该厂还分别仿制和研制成 101 铁路调度测速雷达、792 飞机盲目着陆导航雷达、356 鱼雷攻击雷达和 377 地对海近程警戒侦察雷达。

建厂三十年来企业发展迅速。在引进先进技术和设备期间，投资 1500 万元，分别从日本、西德、英国、意大利等国引进了具有 80 年代国际水平的中、高档录音机生产线两条；塑料喷涂生产线；铝表面装饰生产线和照相制版全套设备；高光工艺设备；模具加工设备；胶印、烫印、精密丝印以及部分自动化、半自动化检测仪器等。

现在，该厂是机电部生产收音机和收录机的定点厂，是中国电子音响工业的骨干企业。全厂拥有职工 2355 人，其中工程技术人员 334 人，包括高级工程师 39 人，工程师 114 人，从事雷达技术的人员为 120 人，技术工人 1440 人。全厂设有 11 个车间、32 个科室和一所技工学校。工厂占地面积 310 652 平方米，建筑面积 59 245 平方米，固定资产原值 2925 万元，各种机械设备 240 多台，检测仪器 630 多台。产品注册商标为海鸥牌和渤海牌。主要产品分四大类：收音机、收录机、专业音响设备等电子音响产品；各种用途的雷达、报警产品；地面卫星电视接收站，无线电专用设备以及汽车电子产品，包括汽车音响产品、视像产品，准备开发的汽车发光仪表盘、汽车高能无触点点火器等。工厂有较强的高精度加工能力，可以加工高光技术产品、表面装饰模具，并生产轻触开关给其它厂家配套。

随着经济技术的不断发展，渤海无线电厂正瞄准国内外两个市场，努力拓宽产品规模，大力开展国内外企业之间的合作经营、合资办厂及各种形式的经济协作，促进企业的发展。

九、机电部十四所

机电部十四所是我国的第一个雷达研究所，始建于 1956 年，其前身是国营第七二〇厂西厂，而第七二〇厂西厂的前身是国民党政府国防部第六厅雷达研究所。1949 年 4 月南京解放时，我人民解放军接管了该雷达研究所，命名为华东军区航空处雷达研究所。1950 年 9 月，由军委通信部领导，改名为第一电信技术研究所。1952 年 8 月，改名为南京电信修配厂。1955 年 6 月划归第二机械工业部领导，改名为第七二〇厂。1956 年江苏机器厂并入七二〇厂，分为东西两个厂区，即七二〇东厂、七二〇西厂。同年 7 月，二机部决定由七二〇厂筹建雷达研究所，即第十四研究所。1958 年，决定将七二〇西厂加上停办的二九二技工学校改建为第十四研究所。当时有职工 2345 人，其中技术人员 405 人。1961 年 1 月 1 日

起归部队建制，属国防部第十研究院。1965年1月1日归第四机械工业部领导。1968年1月1日起再归国防部领导。1975年6月20日再度划归第四机械工业部（现机械电子工业部）领导至今。现有职工（1988年底）5035人，其中工程技术人员2476人，工人2333人。

十四研究所从1955年下半年开始，在研制各种雷达的同时，仿制和生产了多种海军雷达，包括512快艇雷达、331快艇雷达、354舰用对海兼低空警戒雷达、353潜艇雷达和180船载精密测量雷达。其中512雷达于1962年6月移交西安二十研究所生产，331雷达仅试制出性能样机并未投产，354雷达于1973年移交安徽六安〇八七一总厂生产，353雷达于1968年移交四机部七八二厂生产。

为了集中力量研制海用雷达，十四所于1965年成立海用雷达设计科，有技术人员近200人。1968年第六机械工业部（现为中国船舶工业总公司）第七研究院确定以十四所海用雷达设计科为基础组建海军警戒雷达研究所（即七二四研究所），并于1970年8月17日正式成立，该科大部分技术人员也划归七二四研究所。

十、国营长岭机器厂

国营长岭机器厂（国营七八二厂，又名陕西电冰箱厂），是我国“一五”期间156项重点工程之一。1957年11月建成投产。属电子工业部大型骨干企业。

工厂占地面积45万平方米，建筑面积30万平方米，生产厂房13万平方米。固定资产原值1.33亿元，净值9500万元。1990年实现工业总产值4.2亿元，销售收入3亿元，利税5350万元。

工厂现有职工5200名，其中具有高级技术专业职称的150名，中级技术专业职称的462名，高级技工116名。

建厂三十多年来，工厂已形成以军事电子、高精度纺织电子、家用电器为三大支柱的产品结构。先后研制生产的军事电子产品有：无线电高度表、敌我识别器、测距雷达、飞机着陆引导雷达、海岸警戒雷达、快艇雷达、潜艇雷达、地地导弹与地面控制设备、多普勒导航雷达等，为我国多兵种提供了80多个品种，累计6万余部雷达，为国防建设作出了重要贡献，并出口援外十多个国家，为国家赢得了荣誉。工厂先后有26项产品荣获国家金质奖、银质奖及省部级优质产品奖。生产的海用雷达有353潜艇鱼雷攻击雷达、404岸用对海警戒雷达，研制的海用雷达有353甲潜艇鱼雷攻击雷达、357快艇鱼雷攻击雷达、404甲岸用对海警戒雷达，现正研制新一代359型潜艇雷达。

工厂先后获“国家安全级企业”、“国家一级计量企业”、“国家一级节能企业”、“国家一级档案管理企业”等称号。经国务院批准，工厂获“国家一级企业”称号和“七五国家企业技术进步奖”。

十一、上海无线电四厂

上海无线电四厂主要是研制“凯歌”舰船雷达以及广播电视接收机、应用电视和汽车音响设备等四大类军、民用电子产品的整机厂，现有（1988年）职工3823人（不含分厂），其中工程技术人员557人，从事雷达研制和生产的有700多人，其中工程技术人员240多人，全

厂占地面积 61 000 平方米, 建筑面积 66 000 平方米, 各类设备 1067 台, 仪器、仪表 2423 台, 固定资产原值 5014 万元, 设置 8 个车间和 26 个科室, 以及雷达和应用电视生产部, 还设有上海船用导航雷达研究所, 该所在业务上可直接对外。

工业总产值 1985 年为 2.63 亿元, 实现利税 3640 万元。1986 年分别完成 4.68 亿元和 4420 万元, 1987 年分别为 5.97 亿元和 6251 万元。有 6 个雷达产品获市级以上颁发的科技成果奖和技术进步奖, 有 11 个产品获国家、部、市优质产品称号, 并于 1985 年获得电子工业部企业质量管理奖和国防科工委的 756 雷达质保体系质量管理奖。为国家一级计量企业和上海市文明单位。

上无四厂前身是开利无线电厂, 成立于 1937 年, 当时主要产品是电子元件, 经过 1956 年对私营企业的社会主义改造后, 由 89 家中小型厂逐步合并为现在的上无四厂。

上无四厂试制和生产舰载攻击和警戒雷达始于 1965 年, 型号有 352、352 乙、352 甲导弹攻击雷达和 381—维相扫三坐标目标指示和警戒雷达等四种。

十二、国营长海机器厂

国营长海机器厂(国营七二二厂), 是电子工业部直属大型企业, 是全国船用雷达、气象雷达、干扰机以及电视机、收录机、船用彩色电视系统定点生产厂。

工厂于 1966 年筹建, 1969 年开始试制, 1971 年进入批量生产, 1974 年 4 月 24 日全面竣工验收。

1970 年生产出 352 型导弹攻击雷达, 1985 年研制成功 352 丙导弹攻击雷达。这两种产品除国内大量装备外, 352 雷达还出口朝鲜、埃及、巴基斯坦和孟加拉等国。

1970 年开发第二产品, 开始了 651 甲敌我识别器、713 型气象雷达及 970 干扰机的研制生产。到 80 年代, 调整产品结构开始全面组织民品生产。开发了电视机、收录机、导电橡胶条、计算器等系列民品。军用雷达也研制出了新的品种。电子对抗设备的生产已形成了一个系列, 并成为全国主要研制生产电子战设备的两个厂家之一。

目前全厂占地面积 110 万平方米, 总建筑面积 16.5 万平方米, 拥有固定资产 4626 万元, 机械加工设备 799 台, 无线电测量仪器设备 2069 台, 职工 3040 多人, 其中工程技术人员 598 人。

从 1970 年到 1985 年共完成工业总产值 40 109.75 万元, 工业商品产值 36 842 万元, 其中军品 18 454.7 万元, 工厂研制生产的产品, 有三种填补了国家空白, 有九种获同行业或国家科技成果奖, 主要产品大多数获部、区优质产品称号。

十三、上海广播器材厂

上海广播器材厂创建于 1952 年 7 月, 是军民兼容、科研生产结合的综合性电子工厂, 是航空航天工业部所属的地面电子设备类重点大型企业和国内最早从事电视机和广播电视设备生产的骨干企业。1991 年 7 月, 经航空航天工业部批准, 由上海广播器材厂军品研制生产部门独立组成上海图像与通信设备设计研究所(航空航天工业部第八一五研究所)。

上海广播器材厂 1986 年被国家列为机电产品出口基地企业, 1988 年被批准有直接对外

经营权,1989年经国务院企业管理指导委员会批准为国家一级企业,1992年1月经国防科工委组织考核,确认上海广播器材厂(八一五研究所)为军工产品研制质量保证体系合格单位。

上海图像与通信研究所,现有人员372名,其中工程技术人员184名(包括研究员级高级工程师3名、高级工程师65名、工程师62名)。

该所长期以来主要从事航天领域的雷达、军用计算机、电源、自动化测试设备、军用电视技术系统工程、卫星通信和卫星电视接收站等产品的研制与生产。此外,还承接CATV、CCTV、SMATV工程,以及卫星通信地面站选址测量开通等工程业务。参加承担上海市延安东路隧道交通监控管理设备的开通调试和维修任务。

该所1985年开发生产C波段卫星电视接收站系列产品,产品遍布全国26个省市自治区。1987年开始,又研制生产了Ku波段卫星通信用1.2米偏馈天线,性能指标与工艺技术都达到80年代国际水平,自1989年起,开始批量出口。除此之外,还从事图像处理与传输、可视信息技术等新技术的研究,并取得了可喜的进展。

该所拥有工作场所面积5000平方米,各种机床设备100台,测量仪表591台件,有一个训练有素的工艺技术室,有专用的生产车间,积累了丰富的生产实践和批量生产管理经验,擅长于应用性机电产品的开发与生产。

十四、上海交通大学雷达技术研究室

上海交通大学雷达技术研究室的前身是358雷达研制组,1980年经原第六机械工业部批准正式组建为隶属于电子工程系的独立研究室。该室现有科技人员12人,其中教授1人,副教授、高级工程师5人,讲师、工程师3人,助教、助理工程师3人。他们以雷达技术为核心,分别从事通信与电子系统、信号处理、微波技术与电磁场等学科的科研和教学工作。

该室早期从事海用雷达系统研制,自行设计、制造了我国第一代潜艇用雷达——为035潜艇配套的358型潜艇用鱼雷攻击和导航兼用雷达,完成了包括例行试验在内的全部陆上试验,通过了海军、六机部联合组织的技术鉴定,荣获原国防工办重要科技成果二等奖,但由于种种原因未能转产和装艇服役。自1978年始该室又开始研制为33G导弹潜艇配套的358G导弹、鱼雷攻击和导航多用雷达。该雷达于1982年春研制成功并装艇,先后历经系泊、航行、动态精度测量、导弹飞行试验等一系列试验,证明工作稳定可靠,各项技术、战术指标全部符合原设计要求。358G雷达至今仍在服役,参加1989年海军南海演习,性能良好,深受海军领导和广大官兵好评。该雷达荣获国家级科技进步二等奖。

1985年后,由于领导体制变化等原因,该室的研究方向转向航空微波遥感和雷达新技术课题研究。主要研究成果有:“八毫米真实孔径成像雷达系统”(国家“六五”攻关项目,荣获国家教委科技进步二等奖)、“X波段真实孔径成像雷达系统”(国家“七五”攻关项目,已通过中国科学院鉴定)、362雷达光栅扫描显示器(与七二三所协作项目,已通过船舶总公司七院鉴定)、冲击雷达和目标冲击响应研究、雷达系统功能仿真、雷达信号模拟器、红外预警系统显示器、雷达图像记录仪等。在雷达、遥感、通讯、微波等学科的国际学术会议上发表科学论文十余篇,国内各类学术会议和杂志上发表科学论文几十篇。已培养硕士研究生近20人。

人 物 资 料

一、王 才 俊

江苏省武进县人, 1935 年 1 月生, 1953 年 1 月参加工作, 1961 年毕业于南京工学院无线电系电真空器件专业。毕业后一直从事雷达结构设计和技术管理工作, 历任结构设计专业组长、研究室副主任、技术副处长、研究室主任、所副总工程师、质量处处长等职, 为高级工程师、中国造船工程学会电子技术委员会委员、七院质量协会理事。

30 多年来, 先后参加了 701 双 57 炮瞄雷达结构论证和部分技术设计工作, 主持了 402 雷达图像传递设备结构设计、357 警戒雷达天线结构设计及接收机壳的结构设计, 参加了 341 雷达的结构论证, 主持了 342 炮瞄雷达的结构方案讨论和设计工作, 为 342 雷达从方案论证起到产品定型全过程的结构设计组组长、结构设计负责人。主持了 362 雷达和 347 雷达的结构设计, 任此二型雷达结构设计负责人。其中 402 图像传递设备获 1978 年江苏省科学大会奖, 342 炮瞄雷达获 1978 年全国科学大会奖。1979 年后主要从事技术管理工作, 为七二三所科技管理、民品开发、质保体系考核、计量定级工作及七二三所顺利通过三级计量定级、质保体系达标作出了贡献。

二、王 松 山

河南省郑州市人, 1940 年 3 月生, 1964 年毕业于北京工业学院(现北京理工大学)无线电工程系。

毕业后一直在机电部第二十研究所(原国防部第十研究院第二十研究所)从事雷达研究设计和雷达抗干扰研究工作。曾先后参加过我国第一代小高炮雷达 311 甲的研制以及 345、346 相控阵雷达研制。1976 年担任总体组组长, 负责“有限相控实验雷达”研制工作。1982 年该雷达研制成功, 获电子工业部科技成果一等奖, 国家科技进步二等奖。1985 年担任国家重点工程 052 舰火控雷达 344 总设计师。主编出版《舰载相控阵雷达技术文集》(内部发行), 发表“有限相控雷达”(1986 年国际雷达会议)、“积极稳妥地发展我国舰用相控阵技术”和“浅谈雷达模块化设计”等文。曾担任过专业组长、研究室副主任。现任所副总工程师(兼 344 雷达总设计师)、所科技委副主任, 研究员级高级工程师、机电部科技进步奖评委会成员。

三、尹 祖 良

江苏省武进县人, 1937 年 12 月生, 1962 年毕业于西安解放军工程兵学院自动控制专业, 1971 年从部队复员到常州第三航海仪器厂(现为常州第四无线电厂)参加 341 甲雷达的研制。现任常州第四无线电厂工程师办公室主任, 高级工程师。

在 341 甲雷达研制过程中, 尹祖良作为主要负责人之一, 负责设计定型样机的研制和试验工作, 拟制雷达整机布线方案; 设计了雷达“跟踪”与“搜索”工作状态自动转换的联动保护装置和天线“点头”与“归零”状态的控制; 确定了自动测距系统回路参数; 并主要负责天线角控、稳定平台控制和再生反馈系统的研制; 解决了雷达主控柜抗冲击振动问题; 拟

制雷达整机技术文件资料约15万字。在雷达稳定平台设计中,根据我国当时的技术水平,提出采用机电式稳定平台方案,结构上较原液压系统方案简单,易于维修,通过论证、试制和精度测试均满足设计指标要求。在341甲雷达设计定型后,根据雷达使用情况,又解决了角控零位漂移和角控、平台限位止档的可靠保护问题等,并先后写出7篇技术论文。

341甲雷达在1978年获全国科学大会奖。尹祖良同志在研制341甲雷达中成绩突出,为我国海军建设事业作出了贡献。

四、冯 翀

浙江省上虞县人,1936年11月生,1965年毕业于上海市业余工业大学(现上海第二工业大学),现任上海无线电二厂总工程师,高级工程师。

1960年参加技术工作。曾参加电子管收音机、半导体收音机及三类二级专业用收讯机的设计、试制工作。1966年参加我国第一部毫米波地面炮兵校射雷达的设计研制工作。该雷达中的“运动目标显示”课题列为主要研究题目。该雷达1975年定型并投入生产和装备部队使用。1970年负责护卫舰、导弹快艇使用的341型双37炮炮瞄雷达研制设计工作。该雷达为三厘米、二厘米两个波段,距离、方位角、高低角自动对目标跟踪,具有较高跟踪精度。1983年由电子工业部组织设计定型鉴定,并批量生产装备部队。该雷达次年获电子工业部科技成果一等奖。

五、刘 欣

河北省安口县人,1929年6月生,1937年10月参加革命,历任宣传员、报务员、股长、青岛华中台副台长、雷达科长、七〇六所雷达研究室主任、七院观通处副处长、处长、七院科技部副部长、七院科技委常委等职,1989年10月离休。现为中国造船工程学会理事、电子技术学术委员会主任委员。

20多年来对海军电子装备的科研规划,科研单位的建设,方向任务的安排,任务与系统间的协调以及海上与陆上试验等均做了不少工作。对舰用炮瞄雷达及快速反应系统的任务安排、技术协调以及科研的组织工作也做过不少工作。1983年代表七院曾较长时间地在七二三所蹲点,督促帮助工作,协调组织347雷达的研制。对347研制任务的落实、研制力量的组织与调整、对某些技术方案的修改均参加了意见。并对347的海上试验、陆上系统联调、副炮系统定型试验均做过一些组织和协调工作。

六、刘 克 漠

江苏省泰县人,1930年3月生,1956年毕业于南京工学院无线电系。毕业后分配到宝鸡四机部七八二厂设计所工作,曾主管多普勒雷达设计工作。1968年调桂林四机部七二二厂设计所工作,担任过测雨雷达713主管设计师,该产品1978年获全国科学大会奖。1981年担任捷变频雷达352丙主管设计师,组织并参与捷变频雷达技术攻关,为352丙产品的试制成功作出了贡献。1982年电子工业部授予该同志高级工程师职称。

七、刘 文 治

上海市人, 1945年9月生, 1968年毕业于哈尔滨军事工程学院电子工程系 海军 雷达专业。现任国营第四一一〇厂厂长、高级工程师。曾任该厂设计科长、副总工程师, 副厂长。

1974年任322小型化对海侦察校射雷达线路总体设计师, 后主持该雷达改进型的设计工作。参加了343型舰载火控雷达的接产试制。参加领导了341型舰载火控雷达的接产试制, 并担任该厂试制首部341雷达工程队队长。

八、刘 茂 盛

辽宁省金县人, 1936年11月生, 1960年毕业于大连水面舰艇学院指挥专业。先后在第七研究院七一三研究所、七一六研究所、六机部总体论证部(现船舶总公司系统工程部)等单位任技术员、工程师, 1987年为高级工程师。

参加工作后, 多年任项目组长, 先后参加舰炮指挥仪研制和舰炮武器系统的研制工作。1970年后, 先后任双130毫米舰炮武器系统和双30毫米舰炮武器系统的主要技术负责人, 并参加双100毫米舰炮武器的研制及多种舰炮武器系统的推广应用。在系统研制过程中, 特别是在341甲艇用双30毫米炮瞄雷达研制和343雷达加装频率捷变等工作中, 以其扎实的专业技术知识和丰富的实践经验, 从系统工程的角度出发做了大量的技术协调工作, 提出了许多指导性意见。

由于在系统研制中的出色工作, 取得了显著的成绩。其所负责的包括341甲雷达在内的双30毫米舰炮武器系统获得国家级科技进步二等奖、船舶总公司科技进步二等奖, 为海军建设作出了贡献。

九、杨 毓 令

黑龙江省齐齐哈尔市人, 1940年9月生, 1965年毕业于黑龙江工学院。现任机电部二十所副所长, 高级工程师。

参加工作以后担任专业组组长, 研究室副主任。曾参加311甲陆用小高炮雷达、322系列雷达、331岸舰导弹地面攻击雷达的天线座设计及研制。任311乙雷达工程队副队长并负责天线座总体设计。1971年以后从事雷达结构总体设计, 负责345、344、346、348总体方案论证。1980年以后, 担任348综合火控雷达系统副总设计师和结构主管设计师。多次参加海军雷达产品发展规划工作。在推广通用化、标准化设计和新材料、新工艺应用方面起到了积极作用。在应用国内外先进技术、新品开发、总体方案论证、样机研制和试验中成绩显著。专业基础扎实, 实践经验丰富, 组织能力强。

在第二届全国雷达工艺年会上发表“雷达可维护性设计及其新概念”一文。国内刊物上发表有“舰船摇摆与雷达天线的稳定”(与宋经伦合作)、“斜轴式稳定平台设计理论探讨”等文章。

十、李 三 全

河北省定县人，1940年2月生，1967年4月毕业于清华大学无线电电子学系无线电技术专业，历任研究室副主任、主任等职，为高级工程师。

20多年来，一直从事雷达总体研制，先后参加了342舰用炮瞄雷达总体方案的调研与论证；707航空母舰及055导弹驱逐舰的火炮武器系统论证，曾任051G导弹驱逐舰全舰武器系统副主任设计师，并参加了该系统的论证与设计工作；主持了347超低空快速反应雷达系统战术技术论证、系统方案及雷达总体方案设计工作，任系统主任设计师并主持了该系统的362雷达的总体方案设计与论证以及关键攻关和科研样机的研制；主持领导了347跟踪雷达总体方案的论证、设计、课题攻关及样机试制、试验工作以及该雷达陆上及海上的定型试验，任该雷达主管设计师，主持了该机的修改设计及051舰、052舰用型和出口型的生产；参加了051G舰双37舰炮系统的陆上试验，陆上及海上定型试验。

1981年赴英国参与技术考察、技术谈判工作，1985年参加英国伦敦海上空中威胁国际学术研讨会并发表了论文，1991年被推荐为舰用跟踪雷达学科带头人，同年获国家特殊津贴。

十一、李 忠 林

吉林省九台市人，1984年2月生，1961年毕业于哈尔滨军事工程学院海军雷达专业，现为海装电子部高级工程师。

1961年毕业后分配到海军，一直从事海军炮瞄雷达、导航雷达和对空警戒雷达的科研和雷达管理工作。参加了拟制“三五”至“八五”雷达发展规划工作。1963年5月至1965年9月曾先后任驻南京七二〇厂和驻西安七八六厂的军代表。

对主管的341、341甲、342、343等雷达，参与雷达战术技术要求的拟制、组织方案审查和陆、海性能试验、定型审查以及生产订货、质量处理、调拨分配、部队换装等工作。在第二代雷达的研制中，先后主管363、348、344等雷达的研制。此外，还在新技术的推广和应用以及改进部队现役装备方面做了大量工作。例如341雷达加装电视跟踪器，343雷达改进为频率捷变并且加装电视跟踪和激光测距等，提高了现役装备性能，增强了部队战斗力。

由于工作积极，认真负责，成绩显著，曾荣立三等功一次，获海军、机电部科技进步三等奖各一次，并获嘉奖10余次。

十二、张 正 清

安徽省宿县人，1938年9月生，1962年毕业于上海交大雷达专业。毕业后历任七二三所雷达总体组组长、技术副所长、所长、党委书记等职，为研究员级高级工程师、中国电子学会雷达专业学会委员。

1962至1975年底，从事舰艇的雷达配套、安装调试、战术技术论证、新产品研制与生产等雷达总体工作。先后经历了多型雷达的论证，图纸资料的翻译、校对和试制工作，熟悉

我国舰用雷达的发展历史和战术技术要求, 有较丰富的实践经验。曾主持并参与双 30 炮瞄雷达、357 艇用雷达、354 搜索雷达和小艇雷达的论证和方案拟制; 1968 年开始主持设计了我国舰用第一代单脉冲 342 雷达, 并完成了该雷达从论证、设计、试验至设计定型全过程的技术工作, 该雷达技术难度大、性能先进, 填补了海军空白, 为国内首创, 获 1978 年全国科学大会奖, 已设计定型装备部队; 1974 年主持并参与了 347 低空快速反应雷达系统的论证和方案制定, 任系统论证组长, 项目负责人, 347 为我国第一代反导弹雷达系统, 达国际 80 年代水平, 已设计定型装备 051、052 舰。

1976 年后, 组织领导了 362、347 二型雷达, 812-1 侦察机、982 干扰机、364 雷达、826 电子战系统等多型工程项目的研制和试验, 取得了几十项科研成果的奖励, 并提出了舰艇低空综合防御系统的设想, 由单机研制发展成系统研制, 为火控雷达和电子对抗两大专业有机地结合起来指出了方向, 主持了从“五五”开始至“八五”计划和十年规划的制定并组织实施。

30 年来, 为我国海军舰载雷达和电子对抗武器装备事业的发展作出了贡献, 1991 年被推荐为雷达专业学科带头人。

十三、张 福 钦

山东省荣城县人, 1942 年 11 月生, 1961 年入伍, 1966 年毕业于哈尔滨军事工程学院。现任海军试验基地第一三〇所雷达室主任, 高级工程师, 海军专业技术大校。

该同志从哈尔滨毕业后, 就分配到海军试验基地, 一直从事舰载火控雷达的试验工作。20 多年来, 先后参加了我国第一代和第二代舰载火控雷达的各项试验, 为我国舰载火控雷达的发展事业作出了贡献。

在 341、341 甲和 363 雷达试验中, 该同志都担任试验技术负责人, 直接负责拟定试验大纲、组织试验、数据处理和编写试验结果报告等工作。在 362、347、348 和 344 雷达试验中, 该同志积极指导和协助技术负责人工作, 组织技术协调, 及时解决试验中遇到的问题, 带领全室同志圆满地完成了试验任务。荣立三等功一次。

347/348 是我国第一代舰载快速反应和综合火控雷达系统, 采用了许多先进技术, 这就给靶场试验提出了一系列课题。该同志为此做了大量的调查研究和论证工作。如: 参加了试验阵地和掠海靶引进的论证; 参加了数字量数据录取接口的研制; 对多目标精度、抗干扰、敌我识别、威胁判断及反应时间等新的试验项目提出了切实可行的试验方案。这些工作都为 347/348 雷达设计定型试验任务的顺利进行提供了保证。

该同志主持编制了两项国军标: GJB428-88《舰炮跟踪雷达设计 定型 试验规程》和 GJB, 20028-90《舰载搜索雷达设计定型试验规程》分别获得国防科技成果三等奖。这两项国军标, 全面总结了试验基地多年来雷达试验的实践经验, 广泛采纳了科研、生产、使用部门的意见, 它的颁布实施, 对提高靶场试验的效率和质量, 促使我国舰载火控雷达系统的发展, 必将起到重要的作用。

十四、张 传 如

安徽省六安市人, 1940 年 12 月生, 1964 年 8 月毕业于北京工学院无线电系雷达专业,

同年9月分配到国防科委第十研究院十四研究所,1969年11月调到安徽省六安六〇五厂。曾担任583雷达总体设计师、342炮瞄雷达电讯设计负责人、国营第〇八七一总厂技术资料处副处长,现任〇八七一总厂质量管理处处长、高级工程师。

1964年9月,在十四所担任583雷达总体设计师,并直接负责全自动终端系统的方案论证、设计和研制工作。1967年负责机载预警雷达的调研、研制工作,并任课题负责人。1969年11月,在六〇五厂从事408甲雷达天线电讯技术工作。1971年开始担任342雷达电讯负责人,直到1985年。十多年来,为342雷达的设计改进、试验、设计定型和雷达技术性能的不断提高,做了大量的技术工作和组织领导工作。1984年,提出了新一代342雷达的设计改进方案,并开始部分试验。新的改进方案吸收了当时国内的先进技术,着眼点是提高雷达的可靠性、技术先进性和抗干扰能力。

十五、陈振汉

广东省新会县人,1936年10月生,1960年毕业于成都电讯工程学院无线电工程系,分配在国防部第五研究院二分院,从事雷达技术研究工作。

1970年随任务调至上海航天局上海广播器材厂,历任ZL-1跟踪照射雷达总体工程组组长和主任设计师、研究室副主任、主管副总工程师,兼任航空航天工业部第八一五研究所副所长。1988年晋升为研究员级高级工程师。

十六、武棣民

河南省内黄县人,1938年2月生,1962年毕业于海军第二炮兵学院导弹控制专业。先后在第七研究院七一三研究所、七一六研究所、六机部总体论证部(现船舶系统工程部)等单位任项目组长、研究室主任和副主任等职。1987年为高级工程师。

参加工作后,先后参加导弹指挥仪的研制和舰炮武器系统的研制工作。1970年后,任双37毫米舰炮武器系统的主要技术负责人,并先后负责和参加双130毫米舰炮武器系统、双100毫米舰炮武器系统、双57毫米舰炮武器系统的方案论证及系统研制。多次参加海军装备发展规划工作,特别是在341雷达和341雷达加装电视跟踪仪等工作中,以其扎实的专业基础知识和丰富的实践经验,从系统工程的角度出发做了大量的工作,提出了许多指导性意见。

由于工作积极、认真负责,在系统研制中取得了显著的成绩。其所负责的包括341雷达在内的双37毫米舰炮武器系统获得国家级科技进步二等奖、船舶总公司科技进步二等奖,为海军建设作出了贡献。

十七、欧阳文

广东省南雄县人,1946年5月生,1967年毕业于上海无线电工业学校无线电设备制造专业。1968年分配到上无四厂工作,1970年起从事雷达的生产和调试工作,1974年参与对352乙、352甲雷达的收发波机设计改进工作,1978年起承担352乙、352甲雷达的总体技

术工作。现为经济师、销售部部长。

上无四厂生产的 352 乙、352 甲雷达主要装备于我国海军的 各型导弹快艇、导弹护卫舰和导弹驱逐舰。1979 年由于国内尚无专门测水柱的雷达，而且研制速度也赶不上即将于 1980 年发射的远程运载火箭试验的急需，根据国防科委测通所的要求，上无四厂对原 352 甲雷达作部分设计改进以暂时替代测水柱雷达来测量运载火箭的落水点坐标，通过对 352 甲雷达天线转速的改进后抗风速度的计算和目标反射积累数的计算以及对雷达跟踪测量系统、操作系统的改进，使 352 甲雷达基本满足了测水柱的要求，经青岛海上试验证明改进方案是可行的。1980 年欧阳文随测量舰队参加了我国向太平洋首次发射远程运载火箭的试验，装于测量舰队的两部由上无四厂改进生产的 352 甲雷达在雷达操作台的密切配合下，及时准确地测得了运载火箭落水点的坐标，圆满完成了测量任务，为我国首次发射远程运载火箭作出了贡献。

十八、金 东 植

朝鲜咸境北道明州人，1938 年 1 月生，1959 年毕业于清华大学无线电电子学系。曾任专业组长、项目负责人、研究室主任等职，现为七二三所四室主任、研究员级高级工程师。

1959 年分配到海军第三研究所(后改为国防科委七院七〇六所)，三十多年来，一直从事电子科技研制与管理工作，先后承担多项国家和海军重点科研项目研制，继 60 年代初 100 号遥控艇和“海鸥”雷达的研制与仿制后，还参加了敌我识别器“尼赫洛姆”的仿制、402 图像传递设备的研制与实验，以及抗海杂波等项目的研制，其中 402 图像传递设备获 1978 年江苏省科学大会奖；70 年代参加 342 舰载单脉冲炮瞄雷达的研制，任接收机负责人、整架联调负责人，该机获 1978 年全国科学大会奖。这时期还为朝鲜自治州延边电台主持设计创建了一个完整的自办节目的电视中心台。80 年代先后组织指导了 812、362、347 雷达接收机和频率合成器的研制，其中 362 雷达频率合成器获 1980 年国防工办技术进步三等奖。1981 年担任 362 雷达整机联调和外场试验负责人，1985 年任搜索雷达研究室主任和 362 雷达主管设计师以后，对该雷达提出许多有效的改进方案，并带领全室努力探索，积极改进，大大提高了该机性能，该机主要技术指标和性能达到和超过了国际 80 年代装备的同类产品水平，获 1991 年该机定型会与专家的一致好评，现已装备部队。近期正在领导和组织 364 雷达的研制工作。1991 年被推荐为搜索雷达学科带头人。

十九、金 岩 才

浙江省东阳市人，1936 年 12 月生，1971 年毕业于西北电讯工程学院。毕业后分配到南京七二〇厂设计所工作，当时就参加了 352 自频调系统的反设计工作(352 产品开始在七二〇厂，后转上无四厂，又扩点七二二厂试制生产。)

1968 年调桂林七二二厂任设计科负责人，组织并参加了 352 产品仿制设计以及 352 丙研制攻关工作。他经常深入生产现场及使用部队，为解决该产品试制、生产、使用中出现的 技术质量问题做了大量工作。1987 年带领该厂技术人员去埃及指导并参与装调该厂出口的 352 产品。该同志对 352 产品的试制、生产、使用作出了贡献。1985 年广西区科技干部局授予高级工程师职称。现任七二二厂副总工程师。

二十、周 鹤 令

浙江省绍兴县人，1932年12月生，1950年在上海文建中学毕业，1951年参军，1952年在空军第一航空学校无线电班毕业。

1952年自空军一航校毕业后，历任无线电机机械员、技师等职。1963年自部队复员至上海无线电四厂，在设计科担任收音机测试工、雷达设计师、工程师、高级工程师等职，曾参加过352乙、352甲导弹攻击雷达、756、757、1290A等导航雷达以及KT-1X信标机等的设计工作，现任接收发射研究室副主任。

在352乙、352甲导弹攻击雷达改进工作上所取得的主要成绩为：

1. 解决这两型雷达自动频率微调工作不稳定的问题，这是影响跳频雷达工作的重大问题，经改进后解决了这一问题。

2. 简化接收机系统，用交叉混频器代替原来生产、调试、使用起来较麻烦而性能一般的行波管放大器，以及用低噪声晶体管放大器代替原来电子管中频放大器，改进后性能完全符合原标准，生产、使用大大简化，提高了工作可靠性。

3. 试制成功频谱中心接收机和变特性抗干扰接收机，提高这两型雷达的电子对抗能力，其中抗干扰接收机在海军装技部组织的抗干扰试验中效果良好（改善因子达5.5分贝），后定名为变特性中频放大器，上报电子工业部获科技成果三等奖。

二十一、周 昌 宣

江苏省吴江县人，1930年9月生，1951年4月毕业于上海华东军区海军学校雷达专业，先后在华东军区海军第五舰队、海军快艇第二十一大队、海军修造部和驻厂军代表上海办事处、海军科研部第一研究所、国防科委七院一所等单位任组长、教员、科长等职。现任038反潜护卫艇副主任设计师、高级工程师。

从事海军雷达工作40年，其中舰艇研究设计工作38年。曾参加中南海军舰艇雷达检测、海军抗美援朝岸站雷达整架调试；组织接收苏联123K型鱼雷快艇的雷达调试验收及艇长培训；参加“南宁”舰修复、55甲高速炮艇设计；组织《六四协定》转让制造01护卫舰、02鱼雷快艇、03潜艇、04猎潜艇雷达军代表验收；任01护卫舰、04猎潜艇国家验收委员会雷达委员，负责两型艇国家验收；512型快艇雷达仿制、331型艇用雷达自行设计的试验鉴定；《二四协定》转让制造中组织21导弹快艇观导武器系统整图，在苏联撤走专家后，仍然继续完成导弹快艇的建造；组织037型猎潜艇后续艇观导专业的设计、65型护卫舰自行设计观导专业的设备选型和设计工作；任两型舰（051、053型舰）技术领导小组副组长，负责武器、电子设备选型、方案设计、技术协调等组织工作，提出我国第一代情报中心的研究设想方案；在055大型导弹驱逐舰、053导弹护卫舰电子设备的选型、方案设计探讨方面做过大量技术协调和组织工作。该同志在海军雷达建设和舰艇发展工作中作出了一定贡献。

二十二、承 叔 汉

江苏省武进县人，1935年12月生，1958年毕业于成都无线电工业学校雷达制造专业。

毕业后入国营七八二厂工作。历任工厂电子研究所主任设计师、副所长等职，现任厂产品质量检验处副处长。

历年来，曾从事船用敌我识别应答器、导弹横偏校正地面检测设备、357型快艇鱼雷攻击雷达等军用电子设备的研制工作。1988年晋升为高级工程师。

二十三、赵 奕 源

广东省斗门县人，1938年10月生，1956年2月入伍，1959年2月入西安军事电信工程学院雷达系学习。1964年11月毕业后调到海军司令部，1983年4月又调到海军装备技术部，历任战士、班长、学员、参谋、工程师等职。长期从事海军专用雷达的科研管理工作，主管过331甲、341、341甲、342、344、347、352丙、357、358、359火控雷达，381甲、360、362警戒雷达和651甲海用敌我识别器等。现任海装电子部雷达声纳处高级工程师(文职)。

二十四、赵 廷 云

陕西省咸阳市人，1938年3月生，1962年7月毕业于唐山铁道学院桥梁专业。同年9月分配到国防科委第十研究院第十四研究所，1969年10月调到安徽六安六〇五厂，曾担任408雷达天线结构主持设计师、342炮瞄雷达结构设计负责人、〇八七一总厂设计所舰载雷达结构设计试验室主任，现任〇八七一总厂副总工程师、高级工程师。

1962年9月后，在十四所参加408雷达天线方案论证、408雷达副天线结构方案论证、设计和计算等工作，1964年担任408甲雷达天线结构主持设计师。

1969年10月后，在六〇五厂负责408甲雷达天线的生产技术工作。1970年主持929雷达天线结构设计工作。1973年担任342雷达结构设计负责人，从实际着手解决了天线波瓣轴线与机械水平轴线的测量问题，即“电轴—光轴—机械轴”的匹配问题；并对342雷达天线座的平衡问题、天线座维修时的安全保证问题以及制造工艺要求，对原设计进行了局部改进，取得了成功。1978年主持914雷达的车载式油机电源站的方案论证。1981年主持146-1型雷达天线专用的12.5吨半挂拖车的研制和设计工作，1986年该产品获得安徽省科技成果荣誉奖。

二十五、施 宗 伟

上海市人，1939年12月生，1964年8月自哈尔滨军事工程学院电子工程系毕业后被分配到第七研究院第七〇一研究所工作。现任七〇一研究所武器系统研究室主任、高级工程师，052舰作战系统副总设计师。

在七〇一所工作中，曾参加了我国33、035以及33G1型潜艇的研究设计工作，1984年后主要参加了051G和052两型驱逐舰作战系统的研究设计工作。参与了358G潜艇攻击雷达的方案论证以及353、353甲、358G潜艇攻击雷达的技术协调、陆上和海上鉴定试验、装艇总体设计、系泊和航行试验等重要科研过程，为上述潜艇雷达的研制及装艇的成功作出了

成绩。提出了 358G 与雷弹合一指挥仪的接口技术方案,从而使一型为 035 潜艇配套的 358 潜用鱼雷攻击雷达,改进为 358G 潜用鱼雷、导弹两用攻击雷达,避免了在时间紧迫的情况下,为常规潜艇加装飞航式导弹研制新型雷达的需求,在 33G1 潜艇的顺利建造中作出了贡献。

二十六、贾 万 刚

北京市人,1931 年 1 月生,1956 年毕业于北京工业学院无线电系雷达专业。1958 年赴苏联列宁格勒空用雷达厂学习一年。

1958 年底回国,在七八二厂设计科工作,历任产品主管设计师、专业室主任、军用电子研究所副所长等职。1989 年晋升研究员级高级工程师。任职期间,曾主持机载 221 测距雷达、226 测距雷达、226 改频率捷变雷达、353 甲潜艇鱼雷攻击雷达的仿制及研制工作。

二十七、殷 裕 昌

上海市人,1927 年 7 月生,1953 年毕业于张家口军事通信学院雷达系。1955 年晋升为工程师,1983 年晋升为高级工程师。

毕业后分配到南京电信修配厂工作,修复当时国民党遗留下的多种美式雷达,后又参加我国第一代微波雷达 402 的总体设计工作,1955 年任鱼雷快艇雷达 512 的主管设计师,一直到通过国家鉴定转交西安二十所生产。

1958 年调到西安七八六厂,参加仿制 COH-9A 雷达,PII-5(米格 17、19 空中截击)雷达和红旗一号导弹制导雷达。1963 年担任岸防对海侦察校射雷达(移动式)864 的主管设计师(后移交七八八厂生产时改名 322 甲)。

1966 年调七八八厂,后合并入二十所,又任 322 乙雷达主管设计师。322 甲、322 乙雷达皆通过设计定型,批量生产,获得部级奖励。

1972 年担任 843 雷达主管设计师,经过十年努力完成设计定型,移交四一一〇厂生产。殷裕昌同志一直从事雷达的研究工作,成绩显著。1989 年退休。

二十八、嵇 储 申

江苏省无锡市人,1933 年 6 月生,1950 年 12 月抗美援朝参加军干校——西南军区通信学校,1952 年 4 月转南京中国人民解放军雷达专科学校,1954 年 5 月毕业。现为国营四一一〇厂总工程师、高级工程师。

1954 年 5 月任中南海军司令部通信处雷达技术员,分管海南岛沿海四个岸对海警戒站和雷州半岛沿海两个岸对海警戒雷达站的建站和维修保养工作;1956 年 1 月参加旅顺基地 180 毫米岸炮炮瞄 272(苏 Залп-Б)雷达的集训、安装、射击试验和使用图纸资料的翻译出版工作;1957 年调海司通信兵处雷达科派驻南京七二〇厂军代表室任军代表;1958 年 3 月调海军训练基地(23 基地)参加苏军、工厂专家对 542(5079)岸舰导弹系统“海岬”搜索雷达、“海浪”跟踪雷达、“海风”引导雷达、“海鸥”被动寻的末制导雷达进口系统设备的集训、射

击试验和全系统使用图纸资料的翻译出版工作；1960年任基地岸舰、舰舰导弹试验技术部控制系统处雷达室副主任，先后任5079仿制南京协作区(七一四厂、十四所、七二〇厂、三〇七厂)海军仿制下厂工作组技术负责人；5081仿制七八一厂上游导弹MC-2主动寻的末制导雷达海军工作组技术负责人，并负责组织该厂首批产品在28基地陆上对海试验工作和参与射击试验分析工作；1965年任基地靶场测量设备研究处无线室主任，负责靶场无线测量设备总体方案论证研究工作。

1969年起转业国营四一一〇厂任设计新型小322雷达、343雷达主持设计师、所长、副总师；1983年任总工程师。

二十九、蔺 万 钟

河北省涿源县人。1937年1月生。1960年北京工业学院雷达专业毕业。毕业后一直从事火控雷达的生产科研工作。现任机电部二十所跟踪雷达研究室主任，为研究员级高级工程师。

曾在七八六厂设计所参加COH-9A炮瞄雷达的生产技术工作及后期产品的改进工作。1962年任302产品主管设计师，主持了炮兵使用的双波段炮瞄雷达的第一部样机的设计和生产工作。

1965年底调至二十所，参加我国第一代小高炮炮瞄雷达311甲的研制工作，参加总体设计，负责拟定分机任务书等。该产品获1978年全国科学大会奖。

1969年任311乙产品主管设计师。该产品系双波段活动目标显示单脉冲跟踪雷达。1977年设计定型，并批量生产和装备部队，曾获1978年全国科学大会奖。

现任348雷达系统副总设计师兼348跟踪雷达主管设计师。主持了348宽带捷变频活动目标处理单脉冲跟踪雷达的研制工作，工作成绩显著。

蔺万钟同志多年来一直从事雷达技术工作，具有较好的专业理论基础和丰富的实践经验，能掌握国内外火控雷达的技术动态。

曾发表过“单脉冲雷达的研制”、“关于火控雷达发展的一些问题”、“英国皇家海军装备展览会一瞥”等文章。

三十、谭 和 谟

四川省万县人，1937年10月生，1965年毕业于哈尔滨工业大学无线电系雷达专业，学制五年。1965年9月到一〇二〇所工作，1987年评为高级工程师，曾任研究室副主任。

1965年10月参加322甲雷达总体工作。1972年至1976年担任322甲主管设计师，完成了322甲的改进、五部322甲的生产调试、部队服务、部队试验、修改和编写322甲全套图纸资料和设计定型等工作。

1969年参加343雷达总体工作近一年。

1970年8月至1971年12月是344火控雷达系统(不是344小角度相控雷达)的负责人，进行了调查研究、方案论证、课题研究等工作。后因任务不落实而下马。

1972年1月至1972年6月参加345雷达总体工作，写有“345作用距离计算及抗干扰

措施”论文。

1975年开始参加348雷达系统工作，参与方案论证、确定研究课题等工作。1976年12月至1977年1月主持跟踪雷达二轴稳定海上试验。1977年至1980年是348雷达系统负责人，进行了战术任务书论证和方案论证，拟定了搜索雷达和跟踪雷达的基本方案，大部分课题研究取得了成果。1981年四机部批准任命为348雷达系统副总设计师兼搜索雷达主管设计师。从1981年至今，完成了363搜索雷达方案论证、专题研究、363搜索雷达方案性样机、363搜索雷达性能样机、363搜索雷达设计定型样机；完成了所内三次试飞、国家靶场试验、首装544舰和海上设计定型试验。

363搜索雷达被评为电子工业部1987年度科技进步一等奖。

在20多年的工作中写有许多技术文件，在杂志上发表过“艇用综合火力控制系统概述”一文。

三十一、潘 谱 华

湖南省平江县人，1931年9月生。1956年毕业于北京工业学院雷达专业，先后在南京七二〇厂、十四所、七二四所从事雷达技术与工程设计，担任雷达主持设计师、设计科长、研究室主任、副总工程师、总工程师兼副所长，现任所科技委主任，兼任船舶总公司国家规划电子专业组组长，七院科技委委员，中国电子学会雷达专业委员会理事等职，现为研究员级高级工程师。30多年来他参加主持设计完成多种雷达，其中102单脉冲体制雷达、33及09潜艇用353导航攻击雷达、舰用354警戒雷达、舰用相扫381-甲三坐标雷达，填补了国内技术空白，为海军警戒雷达研究所组建与发展，为海军雷达科研规划，为〇五一、〇五二工程与航空母舰发展建造提出建议，是我国海用雷达创业和学科带头人之一。他参加主持研制成功的381-甲舰用相扫三坐标雷达，技术先进，荣获国家科技进步一等奖。

潘谱华同志在国防科研战线上几十年如一日，不畏艰难曲折，能和同志们一起抓住关键，解决难题，保证任务的完成，为我国雷达技术的发展和海军装备现代化建设作出重要贡献，曾获南京市劳动模范，南京市科技先进工作者，国家科技进步一等奖主要获奖人，并受到党和国家领导人的接见。1991年国务院授予对我国科学研究有突出贡献的科技工作者，并给予国家特殊津贴。

三十二、魏 克 明

河北省广宗县人，1936年8月生，1962年毕业于清华大学无线电系，1962年至1981年在天津渤海无线电厂工作。1963年参加65型无线电定向机的试制工作，该机为机场导航设备，引导飞机对准跑道降落，填补了国内空白。1965年参加351鱼雷攻击雷达试制，参与总体工作。该机广泛装备海军水面舰艇。1966年负责792盲目着陆雷达试制，负责总体工作，任主持设计师，该机为机场导航设备。1968年负责356雷达的调研及研制准备工作，任主持设计师负责总体工作。该机为我国第一代晶体管化雷达。1973年任设计科副科长，并组织356雷达的投产工作。1981年调入天津工业自动化仪表研究所，从事工业自动化方面的工作，任室主任、科研科长、高级工程师等。1988年调入中国机房设施工程公司，任总工程师。

附 录

2

[illegible]

一、产品主要技术负责人名单

341 雷达(上无二厂)

主设计师	冯 柳
总体负责人	黄超冠
天控负责人	姚灵光
接收负责人	李仲马
结构负责人	张良清
定时显示负责人	史自新

341 雷达(四一一〇厂)

主管总工程师	嵇储申		
主管副总工程师	刘文治	罗再成	
主持电气设计师	汪 明	陶亦军	王本璋
主持结构设计师	袁国仲	石秋雨	吴安良
主持工艺师	向建华		

341 A 雷达(四一一〇厂)

主管总工程师	嵇储申	
主持电气设计师	史颂平	包钧明
主持结构设计师	石秋雨	吴安良
主持工艺师	向建华	

341 甲雷达(常无四厂)

技术负责人	徐保林	尹祖良
总体负责人	邱大瑀	
接收负责人	陆锡根	
结构负责人	马 涛	

342 雷达(七二三所)

研究室主管	翟良科
总体负责人	张正清
结构负责人	王才俊

342 雷达(〇八七一总厂)

主管副总工程师	唐根富	
主持电讯设计师	张传如	
主持结构设计师	赵廷云	
主持工艺师	王宝成	马金辉

343 雷达(二十所)

主管设计师	殷裕昌		
副主管设计师	魏天家	张日苏	徐映和

主管结构师	刘绍仪	周文庚
主管工艺师	周萃庆	
电子结构负责人	余久红	

343 雷达(四一一〇厂)

主管总工程师	易寅亮		
主管副总工程师	汤振远	嵇储申	胡章怀
主持电气设计师	钱宝龙	陈纪杰	蔡光明
主持结构设计师	章造成	吴安良	
主持工艺师	谢敬之		

343 A 雷达(四一一〇厂)

主管总工程师	嵇储申			
主持电气设计师	曹桂坤	郁金昌	王兆林	崔广源
主持结构设计师	荀德亮			
主持工艺师	刘先潮			

344 雷达(二十所)

主管副总工程师	王松山	
总设计师	王松山	
副总设计师	杜长春	陈金源
副总设计师(结构)	宋经伦	孙景山
副总设计师(工艺)	王宪纪	
可靠性主管师	程国然	

351 雷达(渤海无线电厂)

仿制阶段

总体负责人	张廷君	邵翰仁	张绍亮
天线负责人	李悦	罗云龙	
收发负责人	金奉圭		
显示负责人	白今海	王承顺	
伺服负责人	刘凤森		
电源负责人	李士英	刘克发	

改进阶段

总体负责人	张廷君	张海船	王承顺
收发负责人	王世新		
显示负责人	白今海	张海船(兼)	
电源负责人	张海船		
波导负责人	展洪图		

351 甲雷达(渤海无线电厂)

主持人	乔金泉	王俊升
-----	-----	-----

351 乙雷达(渤海无线电厂)

主持人	乔金泉	陈善云
-----	-----	-----

356 雷达(瀚海无线电厂)

总体负责人	魏克明
总体电路设计	李锐军
总体结构设计	徐慰明
天线负责人	陈 琪 徐景林
收发负责人	金奉圭 郑铁如
显示负责人	齐宝良 韩德仁
伺服负责人	李锐军(兼)
电源负责人	李士英

357 雷达(七八二厂)

线路主持设计师	承叔汉 马文彦
结构主持设计师	孟松柏
主管工艺师	顾雄光 熊志笃

352 (甲、乙)雷达(上无四厂)

主管线路设计师	姚永春
主管结构设计师	孙长洲
主管工艺设计师	朱继学

352 雷达(七二二厂)

主管线路设计师	金岩才
主管结构设计师	张学儒
主管工艺师	刘贺云

352 丙雷达(七二二厂)

主管线路设计师	刘克谟
主管结构设计师	潘明仁
主管工艺师	江明达

ZL-1 雷达(上海广播器材厂)

主管副总工程师	陈振汉
制导站主任设计师	陈振汉
主任设计师	金建华(1984~1988)
总体主管设计师	杨秀嘉
结构主管设计师	李维寿

ZL-1B 雷达(上海广播器材厂)

主任设计师	陈金生(1989~1990)
	董胜凯(1991~1992)
副主任设计师	张文惠

353 雷达(十四所)

主管线路设计师	潘谱华
主管结构设计师	王学仁
主管工艺师	王锡勤

353 雷达(七八二厂)

主管线路设计师	弋厚荣 罗来泰
主管结构设计师	张玉臣
主管工艺师	徐荫森

353 甲雷达(七八二厂)

主管线路设计师	刘法唐 贾万刚
主管结构设计师	张玉臣
主管工艺师	熊志笃

353 甲-I 雷达(七八二厂)

主管线路设计师	蒋永平
主管结构设计师	郑儒星
主管工艺师	熊志笃

358 G 雷达(上海交大)

正副总设计师	罗习群 朱永明 倪养华 李华生
--------	-----------------

347 快速反应雷达系统(七二三所)

研究所主管	张正清
研究室主管	翟良科 孙启德 王殿华
主任设计师	李三全
结构设计师	王才俊

347 S 雷达(七二三所)

研究室主管	王殿华(1983~1984)
主管设计师	李三全(1974~1981)
主管结构师	王才俊(1974~1984)
总体负责人	张毓玲(1977~1983)
	李立仁(1977~1983)
主管设计师	金东植(1985~1989)
副主管设计师	李立仁(1984~1989)
	王凤鸣(1987~1989)
主管工艺师	陈公学
可靠性负责人	白英奎

347 G 雷达(七二三所)

研究室主管	王殿华(1979~1984)
主管设计师	李三全(1979~1989)
主管结构师	王才俊(1979~1984)
副主管设计师	张士根(1981~1985)
	罗佛云 徐景阳 孙启德(1988~1989)
主管工艺师	朱肇朴
可靠性负责人	张仲先

348 综合火控系统(二十所)

预研阶段负责人
主管副总工程师

主任设计师

副主任设计师

可靠性负责人

348S 雷达(二十所)

主管副总工程师
主管设计师
副主管设计师
主管结构师
副主管结构师

348S 雷达情报处理系统

主管副总工程师

主管设计师

副主管设计师

主管结构师

348G 雷达(二十所)

主管副总工程师
主管设计师
副主管设计师

主管结构师

副主管结构师

857 雷达系统(二十所)

主任设计师
副主任设计师

364 搜索雷达(七二三所)

主管设计师
副主管设计师

蒲先俊 谭和谟 杨毓令
楼宇希(1980~1984)
蒋曾培(1984~1989)
楼宇希(1982~1984)
蒲先俊(1984~1989)
王光宅 谭和谟 蔺万钟 杨毓令
余久红 赵景森 戴传文(1987~1989)
王锡吉

蒋曾培
谭和谟
杨若岩
杨毓令 余久红
郭玉才

楼宇希(1980~1984)
蒋曾培(1984~1989)
蒲先俊(1980~1986)
王光宅(1986~1987)
王家声(1987~1989)
王家声(1980~1987)
蒋树林 郑建堂
余久红 杨毓令

蒋曾培
蔺万钟
李 鸿 洪中雄
徐映和(1980~1984)
杨毓令(1980~1981)
余久红(1980~1987)
戴传文(1987~1989)
江成济

徐映和
崔子岩 孙志远

李发玉
张显满

主管结构师

刘洪亮

349 跟踪雷达(二十所)

主管设计师

徐映和

副主管设计师

崔子岩

主管结构师

孙志远

二、主要获奖项目

序号	项 目	奖 励	获奖者
1	341 雷达	1984 年电子工业部科技成果一等奖	上无二厂
2	341 甲雷达	1978 年全国科学大会奖	常无四厂
3	342 雷达	1978 年全国科学大会奖	七二三所
4	342 雷达宽带天馈系统	1980 年国防工办重大技术改进成果三等奖	六〇五厂
5	343 雷达	1979 年六机部七院重大科技成果奖	二十所
6	343 雷达	1988 年机电部优质产品称号	四一一〇厂
7	343 雷达频率捷变系统	贵州省科技成果二等奖	四一一〇厂
8	相控有限扫描实验雷达	1982 年电子工业部科技成果一等奖	二十所
9	5 兆赫晶体振荡器	1980 年国防工办科技成果二等奖	七二三所
10	352 丙雷达	1986 年电子工业部科技成果二等奖; 1986 年广西壮族自治区科技二等奖	七二二厂
11	352 甲雷达变特性中放	1982 年电子工业部科技成果奖	七二二厂
12	352 雷达	1980 年广西壮族自治区质量奖	七二二厂
13	ZL-1 跟踪照射雷达	1987 年航天工业部科技进步二等奖	上海广播器材厂
14	353 甲近距盲区改进	1979 年电子工业部科技进步二等奖	七八二厂
15	358 雷达	1980 年国防工办重要科技成果二等奖	上海交大
16	358G 雷达	1985 年科技进步二等奖	上海交大
17	347 搜索雷达频率合成器	1980 年国防工办技术进步三等奖	七二三所
18	六位中频数字移相器	1980 年国防工办科技成果三等奖	七二三所
19	固态行放脉冲雷达发射机	1986 年七院科技成果二等奖	七二三所
20	高效率赋形天线	1986 年七院科技成果三等奖	七二三所
21	WZ02 轻型天线座	1989 年船舶总公司科技成果二等奖	七二三所

续表

序号	项 目	奖 励	获奖者
22	过模波导式发射频率双工器	1989 年船舶总公司科技成果三等奖	七二三所
23	弹着偏差解算装置	1989 年船舶总公司科技成果三等奖	七二三所
24	M405 雷达航迹模拟器	1989 年船舶总公司科技成果三等奖	七二三所
25	舰载搜索雷达稳定平台	1982 年电子工业部科技成果一等奖	二十所
26	自适应动目标处理器	1982 年电子工业部科技成果二等奖	二十所
27	应用 CCD 的动目标检测系统	1982 年电子工业部科技成果二等奖	二十所
28	三厘米稳定本振源	1983 年电子工业部科技成果二等奖	二十所
29	多功能抗干扰接收机	1983 年电子工业部科技成果二等奖	二十所
30	自动检测录取器	1983 年电子工业部科技成果二等奖	二十所
31	363 雷达	1988 年机电部科技进步一等奖	二十所

三、舰艇火控雷达一览表

序号	型号	研制生产单位	开始研制时间	定型(鉴定)时间	已生产数量	装备对象
1	353	十四所、七八二厂 *1	1961.10	1967年十四所鉴定	33	03、33
2	351	天津渤海无线电厂 *2	1965.2	1967年12月生产定型	952	183K、62、037
3	352	上无四厂、七二二厂*3	1965.12	1975年9月生产定型	210	21、24、01、07、053H、053H ₁
4	357	七八二厂	1967.8	1976年12月设计定型	13	027-II B
5	352甲	上无四厂	1968.3	1975年8月生产定型	33	051、051G、053H
6	343	二十所、四一一〇厂*4	1968.10	1979年12月设计定型	30	051、051G、053H、053K
7	342	七二三所、六〇五厂	1969.4	1978年3月设计定型	14	051
8	356	天津渤海无线电厂	1969.7	1974年7月设计定型	5	10
9	358	上海交大	1969.11	1980年10月鉴定	1 (样机)	
10	ZL-1	上海广播器材厂	1970.5	1988年设计定型 (随红旗61系统)	2	053K
11	353甲	七八二厂	1970.7	1975年9月生产定型	195	03、33、035
12	341	上无二厂、四一一〇厂 *5	1970.7	1983年11月设计定型	11	21、028、053H ₁ 、053K
13	341甲	常无四厂	1971.5	1977年5月设计定型	41	21、037-I、
14	352乙	上无四厂	1974.4	1975年8月生产定型	180	21、24、053H ₁
15	353甲-I	七八二厂	1975.10	1979年11月鉴定	6	09-I
16	347S	七二三所	1977.10	1991年9月设计定型	2	051G、052
17	347G	七二三所	1977.10	1991年12月设计定型	4	051G、052
18	358G	上海交大	1978.8	1985年7月鉴定	1	33G

续表

序号	型号	研制生产单位	开始研制时间	定型(鉴定)时间	已生产数量	装备对象
19	352丙	七二二厂	1980.6	1986年12月设计定型	11	21、24、037-IG、051、053H ₂
20	348S	二十所	1982.2	1991年12月设计定型	1	037-Ⅱ
21	348G	二十所	1982.2		1	037-Ⅱ
22	343A	四一一〇厂	1984.9	1990年6月设计定型	1	053H ₁ G、053H ₂ G
23	359	七八二厂	1985		1	039
24	344	二十所	1985.9		1	052
25	341A	四一一〇厂	1986.3	1988年8月鉴定	22	053H ₁ 、053H ₁ G、053H ₂ 、053H ₂ G、037-IG、21G
26	ZL-1B	上海广播器材厂	1987		4	053H ₂ G
27	364	七二三所	1985			
28	349	二十所	1985			

*1: 十四所 1969 年前仿制 14 台, 包括 1 台装于 09-I 艇;

*2: 仿制产品, 生产数量中含改进型 351 甲 18 台、351 乙 70 台;

*3: 上无四厂完成仿制, 1969 年移交七二二厂;

*4: 二十所定型前生产 5 台;

*5: 上无二厂生产样机 2 台。

编 后 语

根据国防科工委的统一安排,按照船舶总公司船总办[1986]第 842 号和 904 号文的要求,船舶总公司七二三所在《当代中国船舶工业》编写组的基础上成立了军工史料征集和编写办公室。1987 年 5 月,船舶总公司在扬州市召开了《舰艇工业卷》观通专业史料征集编纂工作会议,决定七二三所为《中国舰艇工业历史资料丛书》的《火控雷达史料集》主编单位。

由于各单位军工史编写进度不一致,1988 年 6 月总公司在北京怀柔召开军工史编辑会议时,明确暂以本系统承担研制的设备史料为主开展工作。据此,七二三所于 1989 年 8 月完成以 342 和 347 雷达为主要内容的史料集,定名为《大中型水面舰艇近程火控雷达系统专题史料集》,并于 1989 年 11 月在南京召开了审稿会议。会后按照会议纪要的要求,增补了有关 341、348 等雷达的内容,于 1990 年 12 月完成修改稿,改名为《快速反应雷达史料集》。为了更全面地反映各研制单位在海军舰艇火控雷达发展历程中的贡献,在审稿过程中征得海军和有关部门的同意,除了已将兼有警戒任务的 512、351、357 等雷达主要归入《水面舰艇警戒雷达史料集》以外,本史料集又增加了大口径炮瞄雷达、导弹控制雷达和潜艇雷达,由船舶总公司七二三所、机电部二十所和国营〇八七一总厂分别担任正、副主编单位。再次补充征集了与这些产品有关的史料,于 1991 年 11 月在扬州汇总成文,定名为《舰艇火控雷达史料集》。为了全面记叙舰艇火控雷达的发展,又根据有关部门的意见,增补了鱼雷攻击雷达和舰空导弹控制雷达的史料,最后完成此稿。

在编纂过程中,承蒙参加火控雷达设备研制的技术人员提供了大量素材,特别是许多回忆史料生动地描述了克服困难、技术攻关的过程和工作中的经验教训,使本集内容更加丰富;许多领导机关和兄弟单位都给予了热情支持和有力指导,在此一并致谢。

由于编纂组经验不足,水平有限,加之各单位提供的史料也不尽一致,错漏之处恳请读者批评指正。

《舰艇火控雷达史料集》编纂组

1992 年 7 月