

目 录

史实概述

- 一、筹建基地,仿制成功 (4)
- 二、自力更生,走自行研制道路 (7)
- 三、不断前进,发展新型产品 (10)
- 四、预研工作及研制条件的不断完善 (10)

主要产品

- 一、仿制的“33”产品 (17)
- 二、自行研制的第一代“035”产品 (33)
- 三、自行研制的“09”产品 (52)

大事记 (57)

文献资料目录 (75)

回忆史料

- 一、励精图治,为建立强大海军作贡献 程贞茂(85)
- 二、舰船电气设备工厂的建设 孙洪铨(86)
- 三、“33”产品试制阶段质量整顿 王 荣(88)
- 四、“33”潜艇电力推进成套设备设计工作 周文璋(89)
- 五、“33”潜艇推进电机设计工作 张瑞敬 夏冠博(91)
- 六、“33”潜艇电力推进设备试制 郎妙发(92)
- 七、为发展我国常规潜艇电力推进设备我所作的片断工作 王肃黼(94)
- 八、伟大的友谊,真诚的援助 姜伯臣(95)
- 九、我的一段“大轴生活”的回忆 李树棠(96)
- 十、潜艇电机、电器配套试验改进 程日兴(98)
- 十一、“33”产品试制时物资供应工作 侯广选(100)
- 十二、275 艇主推进电机的抢修 莫沃林(101)
- 十三、“33”主推进电机消声降噪 马菊元(102)
- 十四、“035”潜艇电力推进控制设备方案设计 陈金湧(104)
- 十五、“035”主推进电机上的独特结构 于永先(106)
- 十六、“035”潜艇推进电机试制中的一段难忘岁月 刘定寰(108)
- 十七、参加潜艇用大电流自动开关研制 伍明燕(109)
- 十八、万安级大电流自动开关研制的艰难历程 方国清(111)
- 十九、研制“035”磁场反向开关二三事 卓景星(113)
- 二十、潜艇电气设备技术攻关的体会 牟惟迁(114)
- 二十一、“035”主推进电机中断区的解决 黄祖干(116)

二十二、解决“035”潜艇主推进电机转速中断区偏宽问题	颜国荣(118)
二十三、在“035”潜艇上调换碳刷的日子里	林荣来(119)
二十四、“035”后续艇控制设备的试验情况	徐振球(120)
二十五、“035”潜艇电气控制设备的试验	陈斌臣(121)
二十六、潜艇主推进电机绝缘的研制	黄治国(121)
二十七、潜艇主推进电机通风机研究设计	杨志华(123)
二十八、“09”应急电力推进装置研制	梁翰荪 秦国忠(124)
二十九、10 万安断流容量试验室的诞生	张超群(126)
三十、“039”潜艇动力系统方案的确定	徐卓文(127)
三十一、“039”新型潜艇推进电机设计方案确定	李忠武(129)
三十二、双水内冷直流电机研制情况	肖固秋 黄继起(130)
三十三、超导电力推进预研工作	葛文祺 唐绍栋(132)

主要研制单位简史

一、第七一二研究所	(137)
二、湘潭电机厂三分厂	(141)
三、驻湘潭电机厂军事代表室	(146)
四、上海电机厂	(148)
五、上海华通开关厂	(149)

人物资料

一、王 荣	(153)
二、王宝泉	(153)
三、王肃鹺	(154)
四、云峻峰	(154)
五、乔志民	(155)
六、孙洪铨	(155)
七、刘隆士	(156)
八、牟惟迁	(156)
九、吴少卿	(157)
十、李忠武	(157)
十一、李宗林	(157)
十二、李家梁	(158)
十三、宋德祥	(158)
十四、张百家	(158)
十五、张雪鹏	(159)
十六、张瑞敬	(159)
十七、陈永华	(160)
十八、陈至德	(160)
十九、陈金湧	(161)
二十、陈清心	(161)

二十一、周文璋	(161)
二十二、郎妙发	(161)
二十三、赵华甫	(162)
二十四、贺关铭	(162)
二十五、胡安静	(163)
二十六、高冬阳	(163)
二十七、殷叔勋	(163)
二十八、耿树彬	(163)
二十九、夏冠博	(164)
三十、梁晓芒	(164)
三十一、倪裕楨	(165)
三十二、黄祖干	(165)
三十三、黄治国	(166)
三十四、彭 布	(166)
三十五、程日兴	(166)
三十六、程贞茂	(167)
三十七、颜国荣	(167)
三十八、戴立正	(168)

附录

一、潜艇电力推进设备及有关项目研制获奖统计表	(171)
二、七一二研究所直接参加“33”、“035”、“09”产品研制主要工程技术人员名录 ...	(172)
三、湘潭电机厂参加“33”、“035”、“09”产品研制工程技术人员和其他主要参研 人员名录	(174)
四、驻湘潭电机厂军事代表室海军人员名录	(176)
五、上海电机厂参加“035”潜艇电力推进设备研制的主要工程技术人员和其他 有功人员名录	(177)
六、上海华通开关厂参加“035”潜艇电力推进设备研制的主要工程技术人员和 其他有功人员名录	(177)

编后语	(178)
-----------	-------

史 实 概 述

中华人民共和国成立前夕,在震惊中外的辽沈、平津、淮海三大战役之后,英勇的人民解放军以排山倒海之势向南推进,全国大陆解放指日可待,国民党军队在美帝国主义的支持下,把残余兵力撤至台湾等东南沿海岛屿,频繁袭扰中国海上航运和渔业生产,轰炸沿海城市,长江口、珠江口都被封锁,上海、广州等重要港口陷于瘫痪。显然,如果不迅速建立一支海上武装,就不可能保卫社会主义新中国的独立、主权,维护海洋权益,整个国民经济的恢复和建设工作的都将受到严重影响。

1949年9月21日,毛泽东主席在中国人民政治协商会议第一届全体会议上就向全世界庄严宣告:“我们将不但有一个强大的陆军,而且有一个强大的空军和一个强大的海军。”随后,毛泽东主席又为海军题词:“为了反对帝国主义的侵略,我们一定要建立强大的海军”。

人民海军创建初期,不仅面临严重的敌情,而且物质基础十分薄弱。要建设海军就得有舰艇,现代舰艇是一个国家现代工业的缩影。1949年的中国,年产钢仅15.8万吨,这个数字,集中地说明了当时我国工业状况的落后和物质基础的薄弱。而被解放军俘获和起义的国民党海军舰艇量少质差,型号繁杂,老旧不堪,有的还是清朝末年海军遗物。

海军的装备建设是海军现代化的主要标志之一,它依赖于国民经济的发展,服从于整个国防建设计划。为了尽快地加强海军装备的建设,1953年6月4日,中国政府与苏联政府签订了5型转让制造舰艇的《六四协定》。

1954年,海军司令员肖劲光对海军舰艇装备建设方针和发展途径提出:“为了建设海军的舰艇装备,必须发展国家的造船事业,建立舰艇制造工业体系。在发展过程中,要经过三个重要步骤:第一步争取国外援助成套材料、设备和技术,在国内装配制造,建立造船的一定基础;第二步,消化、吸收国外技术进行仿制,材料、设备逐步做到国内自给,达到半制造;第三步,立足国内,自行设计,使用国产材料和设备,完成海军第一代武器装备的研制。”随后,海军党委向中央军委提出报告,今后海军建设以导弹为主和不断改进常规装备,以发展潜艇为重点,同时发展中小型水面舰艇。

海军装备建设“以发展潜艇为重点”方针的确立,鲜明地表述了潜艇装备在海军编成中占有重要的战略意义和战术地位。海军潜艇部队担负着消灭敌人运输舰船和大、中型战斗舰艇;破坏、摧毁敌人基地、港口和岸上的重要目标;进行侦察、反潜、布雷、巡逻和运输人员物资等重要任务。30年来,中国潜艇装备从无到有,由装配到制造,由转让仿制到自行设计建造,由制造小型潜艇到制造现代化大、中型潜艇,由为国内服务到逐步扩大出口,由常规动力潜艇发展到核动力潜艇。

常规动力潜艇,几乎都是采用电力推进,核动力潜艇的应急航行也离不开电力推进。电力推进设备是常规潜艇动力系统的核心,它由推进电机和控制装置两部分组成,成套设备包括主推进电机、经济航行电机、主控制板、经济航行控制板、串并联控制板、蓄电池开关板以及空气断路器等部分。推进方式最早为直接传动,即柴油机、主推进电机、螺旋桨安装于同一轴系。主推进电机作电动机运行时,以蓄电池组作电源,通过控制主推进电机带动螺旋桨,使潜艇作水下航行。又可用柴油机带动主推进电机作发电机,向蓄电池组充电和供潜艇上其他辅机用电。主推进电机还可启动柴油机或带动柴油机作空气压缩机用,还可以作为电焊机组进行焊接和切割钢板。通过控制经济航行电机带动螺旋桨,可使潜艇作低速度的经济航行。

后来又出现电传动推进方式,即先由柴油发电机组发出交流电,经整流后给蓄电池组充电,再由蓄电池组供电给推进电动机,带动螺旋桨,使潜艇航行。

中国的潜艇电力推进设备是新中国成立以后,随着造船工业的迅速发展和科研生产有了一定基础,特别是海军装备建设的急迫需要而发展起来的。从50年代末期开始,30年来大致经历了从仿制到自行研究设计、制造两个阶段。首先是花了5年多时间,于1963年11月试制成功中国第一套仿苏功率为1350马力(993千瓦)的电力推进设备,装艇交付部队使用。之后,用了7~8年时间,自行设计研制成功第一代功率为3500马力(2574千瓦)电力推进设备,于1970年9月装艇。到80年代初期,进入自行研制第二代单机功率为7500马力(5516千瓦)的电力推进设备,目前仍在进行研制之中。在潜艇电力推进设备研究设计、生产制造的同时,还进行了扩大生产规模、完善试验条件、开展预研工作以及培养专业技术人才等一系列的工作。

参加仿制和自行研制的主要单位有中国船舶工业总公司第七研究院第七一二研究所,机械电子工业部湘潭电机厂、上海电机厂和上海华通开关厂。此外,哈尔滨军事工程学院、海军工程学院等高等院校,以及有关科研院所和工厂,也为潜艇电力推进事业的研究、试制、试验和人才培养等作了大量的工作。

历经30年仿制和自行设计研制的艰苦努力,中国现已成为世界第三大潜艇数量拥有国,自行研究设计的第二代常规动力潜艇,在战术技术性能上,接近国外80年代同类型产品的先进技术水平。中国潜艇电力推进设备正在向电子化、自动化以及应用超导技术的方向发展。今天,中国人民可以自豪地庄严宣告:中国已经有了一支具备相当规模和攻防能力的潜艇部队战斗力量,旧中国有海无防的屈辱历史在我们这一代宣告结束了。

一、筹建基地,仿制成功

1953年6月4日,中国政府与苏联政府签订关于5型舰艇(护卫艇、快艇、潜艇、猎潜艇和扫雷艇)转让制造的协定(称《六四协定》),议定由苏方提供转让产品的制造图纸、技术资料 and 配套设备及器材,并派遣一批专家来华帮助指导工作和接受中方一定数量人员去苏联实习。

为实现《六四协定》,尽快解决占有舰艇总价值约80%的配套设备和器材制造国产化问题,国家决定新建和扩建一批工厂,组建舰艇专业科研机构,以适应舰艇制造需要。第一机械工业部(简称一机部)当时接受了为常规潜艇制造电力推进设备的任务。经过领导部门、科研院所、有关工厂,并有苏联专家参加的现场考察,分析论证,最后选定湘潭电机厂为舰艇电气设备的制造工厂,并筹备组建舰艇电气设备专业研究机构。

1955年12月,一机部电工局派遣第一批3人,1957年12月,湘潭电机厂派遣第二批6人到苏联列宁格勒“电力”工厂学习潜艇电力推进设备的设计、工艺、试验和生产管理。

1956年1月,国家计划委员会批准四四八厂船用电机及控制设备厂房设计计划任务书(四四八厂是湘潭电机厂的代号)。并列入苏联援建的156项工程之一。厂房从1957年9月动工兴建,1959年11月完工验收合格。

1957年,一机部下达湘潭电机厂由苏联转让生产“03”型常规动力潜艇电力推进设备(简称“03”产品)的试制任务。

1958年11月,一机部牵引电气设备研究所成立,设在湘潭电机厂。其中第一室称船用电气设备研究室,专门从事舰艇电气设备的研究设计工作,“03”产品的设计任务也由该室承担(该室于1960年6月单独划出,成立舰船电气设备研究所,代号八六研究所)。1958年9月,苏联“03”产品图纸资料到达湘潭电机厂,清整后发现不齐全,又根据苏联完工文件和实物进行测绘,补充完善,同时,结合中国国情,作了必要的修改。1958年11月和1959年初,苏联电机专家巴·彼·奥布治加里和电器专家巴尔科夫斯基先后到达湘潭电机厂,帮助指导电力推进设

备的设计和试制工作。1959年5月,根据国防部“关于在生产军用设备的工厂,应派遣驻厂军事代表”的指示,海军舰船修造部向湘潭电机厂派出驻厂工作组。同年下半年任命了海军驻厂总军事代表,并成立军事代表室。从此湘潭电机厂在军工产品质量监督上,开始实行军事代表制度。

1959年1月,湘潭电机厂成立直流车间(1960年扩建成三分厂),开始“03”产品试制。该套设备由主推进电机、经济航行电机以及相应的控制板、电器元件等24种产品组成,总重量43.97吨,主推进电机功率1350马力,基本性能要求能在环境温度不超过摄氏40度,相对湿度 $95\% \pm 3\%$,短期纵倾 30° ,持续纵倾 7° 及周期横倾 45° 的情况下正常工作。在当时全国“大跃进”浪潮影响下,用了1年半左右的时间,样机基本试制完工。1960年7月,国家对该产品进行了鉴定,但质量没有完全达到设计要求,主要是产品复杂,技术要求高,苏联设计、工艺资料不完善,加上工厂自身制造水平低,“军工第一”、“质量第一”的思想认识不深,管理不善和缺乏严谨的科学态度。同时又有厂房基建未完,设备不齐全,材料不合格,检测设施不完善和其他方面的原因所致。

当时正值国家面临暂时经济困难的严重时期,苏联又单方终止援助合同,撤走专家,停止提供技术资料、特殊材料和配件。盘踞在台湾的国民党反动派也叫嚣“反攻大陆”,外国舰艇也不断窜犯中国领海以及海匪猖狂地进行骚扰挑衅,形势相当严峻。

1961年1月,中央在北京召开国防工业三级干部会议。湘潭电机厂党委书记高石伦、厂长程贞茂参加了会议,受到一次极其深刻的国防观念教育。他们回厂后,结合“03”产品主要零部件的质量问题,及时向从事军工生产的职工传达了会议精神,认真组织学习“国防工业七条”,进行深入的“国防观念、战争观念”和“军工第一、质量第一”教育。厂党委还决定,担负军工生产的三分厂停产进行以质量为中心的企业整顿。在总结“03”产品试制经验教训的基础上,对产品设计、图纸资料、工艺设施、工艺装备、生产秩序等进行严格整顿,建立了按军工生产要求的质量检查、材料配件供应、生产技术等各项管理制度36项。在整顿的同时,还对三分厂进行调整扩充,增补人员和设备,健全机构,扩大生产面积,使其成为一个基本封闭和相对独立的生产指挥系统。

1961年初,一机部、海军科研部和三机部联合通知,根据海军装备发展需要,要求试制与“33”潜艇配套的电力推进设备(简称“33”产品),以取代“03”产品。“33”潜艇是1959年中苏《二四协定》规定的转让产品,比“03”潜艇下潜深度有很大提高,因此主推进电机的部分结构和电器部件稍有不同,其它与“03”基本一样。

1961年8月,根据中央军委1960年12月27日通知,八六研究所划归国防部建制,组成第七研究院第三研究所三六研究室(1962年底与三二研究室合并组建七一二研究所)。“33”产品设计任务由三六研究室承担。该室对成套设计图纸、技术文件进行全面整顿和修改,对其中不符合“33”潜艇配套要求部分,结合我国国情,重新作了修改设计。如新设计了“33”艇用经航板;提高主电机冷却系统结构件耐压强度,以满足“33”艇下潜深度要求;电机绝缘由A级改为B级。文件方面,补充了产品技术条件、试验大纲等120种。1962年一季度完成设计任务。

1962年二季度,“33”产品在湘潭电机厂开始试制,在完成“03”产品试制的基础上,工厂总结出主推进电机大轴加工、换向火花、轴承温升、绝缘墙板制造、脱扣轴加工、绝缘电阻等26个技术难关,组织攻关。工厂党委提出“发奋图强,走通‘33’道路,自力更生,过好成套难关”的口号。并决定以厂长程贞茂、总工程师刘隆士、海军驻厂总军事代表陈永华和七一二研究所技术

负责人周文璋等组成试制领导小组,发动全体参试人员研究解决各种重大技术质量关键。由于职工承受着“03”试制产品不合格的压力,从内心激发出一股强大的、攻克技术质量关键的力量,决心自力更生,奋发图强,冲破苏联技术封锁,早日制造出中国自己的潜艇。工厂展现出试制高潮,领导、技术人员和工人拧成一股劲,群策群力,突破技术关键。主推进电机大轴是产品的核心部件,毛重10多吨,长4米多,精度高,难度大,加工技术复杂。试制领导小组决定大轴加工作为攻关的突破口,参试人员同甘共苦,依靠集体智慧,前后解决200多个技术难点,终于达到了设计要求,从而也为攻克其他技术难关作出了示范。

试制领导小组成员深入生产第一线,与工人共同研究处理问题时,经常围坐着12条简陋的板凳,这种与工人打成一片的优良作风,后来被誉为湘潭电机厂军工发展史上的“12条板凳精神”。

试制期间,担负设计任务的七一二研究所组织了约40人的技术队伍,长期住在厂里,及时配合解决设计上所发生的问题,并参与重大技术问题的试验研究与产品改进,协助攻克制造技术关键等工作。如解决了变阻器、激磁开关等几种按苏原图设计结构不能承受冲击振动的问题。另外,为了解决材料、设备和配套的器材等问题,还得到国务院15个部、21个省(市)、157个企业的大力帮助和支援。因此,中国自己制造的第一套潜艇电力推进设备的成功问世,是湘潭电机厂、七一二研究所、海军驻厂军事代表室以及有关领导部门和全国许多单位共同努力的结晶。

“33”产品于1963年8月试制完工后进入工厂鉴定。同年11月14日至19日,在以海军副司令员赵启民、国防部第七研究院院长刘华清、一机部八局副局长桑志行、六机部配套局副局长史屏、海军订货部副部长赵森等8人组成的“6633”中型鱼雷潜艇成套推进电气设备定型委员会领导下,进行鉴定和评审(“6633”即“33”),一致认为从设计施工图纸、工艺文件和工艺装备、生产设备、检测手段、材料供应等方面都能满足定型要求,产品质量是良好的,基本达到设计技术指标和性能要求。1963年11月19日,在湘潭电机厂召开了有省、市、地领导参加的“33”产品定型祝捷大会,定型委员会主任委员赵启民在定型报告上签了字。

国务院军工产品定型委员会于1964年1月6日对“33”产品定型报告批复:“批准生产定型,可以投入小批量生产。”至此“33”产品经过5年多艰苦奋斗,终于试制成功,初步实现了潜艇电力推进设备制造立足国内,并为以后开始的自行研究设计打下了良好的基础。

“33”产品定型后,先后作了不少改进和提高。如采用新材料和新工艺,不断提高主推进电机和电控设备的绝缘性能;电机电枢采用玻璃钢绑扎代替钢丝绑扎,不仅重量轻、耐热,而且减少电枢端部杂散损耗和漏磁,改善了换向性能;将蓄电池开关板短路脱扣器从2、3级改装到1、4级,并改变母线装配位置,从而使短路脱扣保护性能基本稳定。以及其它一些重大技术质量问题的解决,从而消除了“33”潜艇运行中的重大安全隐患。

“33”产品试制成功,不仅填补了中国电工行业的一项空白,也大幅度地促进了中国工业向前发展。如要求很高的潜艇主推进电机转轴锻件、潜望夜光电表和高冲击强度陶瓷灭弧室的试制成功,适应于我国潜艇蓄电池开关板短路脱扣器调试方法及整定守则的制定,以及大量特殊的加工工艺经过摸索,也都已基本得到解决。“33”产品共计生产111套(其中援助朝鲜12套、出口埃及4套)。在近30年装艇服役期间,还没有发现因电力推进设备质量问题而影响潜艇部队执行护卫海防的任务。这充分证明其质量是优良的,能满足战术技术性能要求。该产品不仅达到了苏联制造的技术水平,而且还解决了苏联原设计没有彻底解决的一些技术疑难。

“33”产品于1964年参加了全国工业新产品展览会的展出。1978年荣获全国科学大会重大科技成果奖。

二、自力更生,走自行研制道路

60年代中期,中国开始进入自行设计研制潜艇,包括核潜艇、常规动力潜艇和小型潜艇。第一代电力推进设备的自行研制,正是配合这3型潜艇的研制而同步进行的。

(一)“035”产品的研制

“035”潜艇是中国自行研制的第一代中型常规动力潜艇。该艇是根据海军为了对“33”潜艇进行改进提高而提出的任务。1966年4月经中央军委批准建造,并下达研制任务。“035”电力推进设备(简称“035”产品),由主推进电机、经济航行电机和相应的控制设备及冷却器、电器元件等26种产品组成。推进方式与“33”产品相同,为直接传动。主推进电机单机功率为3500马力(2574千瓦),设备基本性能要求能在空气温度为摄氏45度,相对湿度95%±3%,并有凝露,周期性横倾45°(7~9秒),持续横倾15°,短时纵倾30°(小于3分钟),持续纵倾10°,有盐雾、油雾和霉菌,有冲击、振动存在的环境中正常工作。

“035”产品由七一二研究所设计,湘潭电机厂试制。1965年,七一二研究所开始酝酿方案,并在设计前进行了一系列的研究和试验工作。如对主推进电机提高出力的试验、电机绝缘结构及工艺试验、水冷开关的研制与试验、电动操作试验、水冷系统试验、电枢绕组固定采用局部槽楔试验、可控硅励磁试验等等。还对主推进电机采用大轴分段、单机壳等进行了大量的计算与分析。这些研究、试验、计算及分析,为设计方案的确定奠定了基础。1967年3月,在湘潭电机厂召开的技术审查会上,讨论通过了七一二研究所提出的设计方案,并同意开始施工设计。1969年初,施工设计图纸和技术文件基本完成。之后,因配套柴油机机组选型变化,造成主推进电机转速更改。七一二研究所又将设计图纸作了相应更改,于同年底将修改后的全套图纸和技术文件正式提交湘潭电机厂。

1966年12月25日,一机部下达湘潭电机厂“035”产品试制任务,并承担通风机电机和启动调速变阻器的设计任务。由于“文化大革命”的影响及设计图纸更改资料未到厂等原因,试制工作延至1969年4月才正式开始。经过近一年时间的努力试制,克服工艺、设备、材料等方面种种困难,在设计单位的密切配合下,于1970年5月全套产品总装完成。同年8月,在工厂配套试验完毕。同年9月,由湘潭电机厂、七一二研究所和海军驻湘潭电机厂军事代表室组成三结合组进行出厂鉴定,认为除个别性能需要改进外,基本满足技术条件要求,同意装艇试用。1972年6月,“035”首艇建成(舷号162,后改为232),开始试航考核,先后出海35航次(水面11航次,水下24航次),航程近3000海里。1974年交付部队服役使用。

1974年4月17日至25日,在旅大市召开“035”首艇试航情况总结协调会(会议代号744)。会上反映电器水冷开关系统管路安装难度大,工艺复杂,水管凝露严重,对电器性能有影响。会议期间就有将电器开关由水冷改为空冷的意向。会后,湘潭电机厂就此问题多次组织厂里的领导、工程技术人员和工人参加研讨会,并于1975年6月成立由设计和工艺人员参加的空冷自动开关技术攻关小组。经过广泛调研和分析验算,并进行多次模拟试验,在依据可靠,试验数据确切的条件下,于1976年3月研制成功4000安空冷自动开关样品。1976年5月26日至6月1日,在北京召开的5型舰艇定型遗留问题技术协调会议上(会议代号7655),湘潭电机厂正式建议将“035”产品中的电器水冷开关改为空气自然冷却。方案提出后,受到参加会议代表高度重视,并获准同意研制。

1976年6月,湘潭电机厂在“035”首套产品的基础上,在其控制装置外形尺寸不变的条件
下,将开关水冷改为空气自然冷却,历经两年的设计试制过程,于1978年10月由湖南省机械
工业局组织主持,有一机部、六机部、海军装备技术部、七〇一和七一二研究所等15个单位参
加,在湘潭电机厂召开了出厂鉴定会。会议一致同意出厂装艇试用,后交付北海舰队(舷号342
艇)服役。经过从1980年6月至1982年8月两年的系泊试验、航行试验及验证试验证明,
“035”产品的水冷开关改为空冷开关后,由水冷系统引起的问题可以消除,技术性能达到了设
计要求。

1983年6月4日至10日,机械工业部、中国船舶工业总公司、海军装备技术部联合主持
在湘潭市召开“035”产品鉴定会,参加会议有20个单位66名代表。会议一致认为“035”产品是
中国自行设计和试制的第一代潜艇电力推进成套设备,经试验、装艇、试航和多年海上实艇考
验,证明使用比较安全,水冷和空冷两种设备都能基本满足技术条件要求,同意鉴定。由于空冷
电器开关控制系统制造较简单,使用维护较方便,提高了开关的可靠性,使用部队提出后续艇
选用空冷开关。但水冷控制系统应在首艇上予以完善,继续使用考验,作为技术储备。1983年
11月,机械工业部、中国船舶工业总公司、海军装备技术部联合发文批复:“035”潜艇电力推进
设备改进设计和生产由湘潭电机厂负责,并承担技术责任。

1983年6月鉴定会上,同时还提出“035”产品的技术改进问题。如缩小转速中断区、提高
主推进电机装艇运行绝缘电阻、电压匹配、降低风机噪声和提高开关机械寿命等,经过工厂及
设计单位的努力,都基本得到解决。1988年改进型艇“035G”电力推进设备制造完工,交付装艇
使用。“035G”与“035”电力推进设备结构上的区别在于主推进电机增加了大风量的空气过滤
器和降低了空气冷却器的高度,从而有利于电机的运行与维护。1989年5月,由机械电子工业
部军工司、中国船舶工业总公司物资部、海装舰艇部联合主持召开“035”和“035G”电力推进设
备技术评审会,对技术改进取得的成功,一致给予好评。

“035”电力推进设备,除国家下达计划由专业定点厂湘潭电机厂试制生产外,上海市第一
机电工业局还根据上海市要建造两艘“035”潜艇和当时地区成套的要求,于1969年10月下达
任务,安排上海电机厂试制生产主推进电机(包括 2×1287 千瓦主电机和47.8千瓦经济航行
电机两种),上海华通开关厂试制生产电力推进电气控制设备,为上海江南造船厂研制的“035”
潜艇配套。上海电机厂和上海华通开关厂接受任务后,在国家很少投资情况下,基本上依靠原
有的车间和设备,克服了缺乏经验,条件不足等重重困难,在七一二研究所和湘潭电机厂的支持
以及兄弟单位的协作配合下,努力完成了任务。上海电机厂于1970年11月完成了首套主推
进电机的试制,经市机电一局组织有关单位审查,认为性能和质量符合要求。首艇成套设备于
1971年5月交付船厂,进行陆上配套调试。1972年8月,首艇开始系泊试验并出海试航。同年
12月结束试航。首套设备装艇后,发现电机换向火花增大,经制造厂派人上艇反复试验、调整,
并随着蓄电池网路电压的降落,火花逐步稳定达到试验大纲的要求。在有关方面共同配合调试
改进后,首艇于1974年11月交付部队使用。六机部和海军于1975年2月在上海召开会议,对
上海电机厂、上海华通开关厂为江南造船厂首艇配套的设备进行总结,认为基本成功。并对存
在的问题提出了改进办法和措施,对后续艇的第二套设备设计制造进行协调。七一二研究所于
1976年4月根据改进的意见对产品图纸进行了修改。同年7月,有关单位对上海电机厂已试
制试验合格的第二套产品进行补充试验,没有发现异常。1978年2月,六机部、海军与一机部
商定,“035”电力推进成套设备拟于同年二季度设计定型,进行筹备工作,先后召开生产技术协

调会,并对第二套成套控制设备进行一系列的型式试验。1981年11月,海军装备技术部订货部正式通知,由于江南造船厂第2艘“035”型潜艇报废,上海电机厂和上海华通开关厂生产的第2套电力推进成套设备已无艇可装,决定停止这套设备的检验工作。

“035”产品的成功研制,标志着中国电力推进设备的设计、制造水平和能力已经发展到一个崭新的阶段,与“33”产品比较有较大的提高。首先是从仿制登上自行设计研制的新台阶,并获得圆满成功,这是一个质的变化,充分体现出中国已经具有较强的舰艇装备研究设计能力和制造工业基础,这是其一。其二是产品体积小、重量轻、容量大,“035”与“33”体积比约1:1,而推进总功率比是2.6:1。其三是采用补偿绕组励磁反向、单机壳、主轴分段组合、电动操作以及电枢玻璃钢绑扎等较先进的技术。其四是有的重要部位有两种操作方法,如控制板既有电操又有手动,主推进电机既有可控硅励磁又有变阻器励磁,等。同时主回路电器元件容量,考虑了在事故状态下使设备能获得较大的生命力。总之,“035”产品的技术性能指标比“33”产品有突破性的提高,电机设计比较先进,比功率等技术指标超过70年代日本研制的“涡潮号”和苏联同类型产品,潜艇水下最大航速从“33”的13节提高到18节以上。同时为今后发展新产品积累了大量的设计、制造经验、试验数据和基础科学理论。

“035”产品1978年荣获全国科学大会奖;电器控制开关改空冷产品荣获1978年国防工业重大技术改进成果三等奖。1988年“035”中型常规动力鱼雷攻击潜艇,获国家级国防科技进步一等奖(8个单位共获这项奖励,湘潭电机厂和七一二研究所是其中的两个)。

(二) “09”产品的研制

“09”应急电力推进装置(简称“09”产品),用于“09”核潜艇应急航行和低速航行,以及进出港口、靠离码头等。成套装置由应急推进电机、相应的控制板、电动通风机、蓄电池开关板、空气冷却器等15个产品和两个附件组成,总重量7.9吨,推进电机最大功率465马力(324千瓦)。在舱室温度不超过摄氏45度,相对湿度为95%±3%,周期性横倾15°和短期性纵倾30°、持续纵倾10°,有油雾、盐雾、霉菌存在的环境条件下能正常工作。应急控制板具有过载和短路保护装置,其电器元件在受到冲击和振动的情况下能正常工作。

1965年8月,七一二研究所开始设计,1967年9月完成全套图纸资料。在设计过程中,对绝缘新工艺等主要技术问题进行了大量的研究工作。湘潭电机厂1967年2月接受试制任务,由于正处在“文化大革命”时期,生产很不正常。1967年8月30日,中央军委关于“09”任务的《特别公函》发布后,生产日渐好转,于1969年5月试制完成。同年6月验收鉴定合格,后经过两次改进性试制,于1975年10月22日通过设计、生产定型。该产品通过试制、总体安装和实艇航行,证明性能良好,安全可靠,达到了设计指标要求。海军军工产品定型委员会于1976年3月正式批准定型。

“09”产品推进电机主极采用环氧浇铸整体型绝缘结构,绕组端部采用玻璃钢绑扎等新材料和新工艺,换向火花达到一级,调速范围宽广,最小功率可调到12马力,有利于潜艇的隐蔽性和机动性。

“09”产品荣获1978年全国科学大会重大科技成果奖。

(三) “030”产品的研制

“030”电力推进设备(简称“030”产品)是为自行研制的“030”小型潜艇配套用,主推进电机功率为435马力(320千瓦)。该艇排水量为350吨,航速11至12节,作江河、近海、浅海地域用。

1966年3月,七一二研究所开始设计。1969年设计图纸、技术资料全部完成。1966年12月,一机部下达湘潭电机厂试制“030”产品计划,至1969年初才投料试制。1971年底总装完成,次年初出厂试验和型式试验合格,交付装艇。后由于海军装备发展计划改变,国家通知停止建造此型潜艇,致使“030”产品未能得到实艇使用的机会,后调到大连海军工程学院作教学用。

三、不断前进,发展新型产品

1972年3月,六机部第七研究院总体论证部在武昌召开常规潜艇发展方向座谈会,提出继“035”潜艇之后,进一步发展建造新型常规潜艇的意见,并初步酝酿了设想方案和主要预研项目。会议之后,七一二研究所立即组织力量,开始中国第二代新型常规动力潜艇电力推进系统方案论证和部分课题的预研工作。

1980年10月,七〇一研究所召开新艇方案讨论会,对总体方案和电力推进系统的参数匹配、设备配置、总体与电力推进之间的联系、控制部分相互之间的关系及其他方面的问题进行了初步论证和协调。会后由海军向国防科工委上报新艇战术技术任务书。国防科工委于1983年1月下文批复,正式明确新艇代号为“039”。同年4月,船舶总公司下达“039”新型潜艇研制任务的通知。6月,第七研究院组织召开“039”新艇工作会议,七一二研究所在会上汇报了电力推进系统论证初步结果。会后,该所又作了进一步的深化论证工作及基础试验工作,如自动开关由低压改高压,采用集控和蓄电池自动巡检等关键技术。1985年6月,第七研究院在北京召开预研工作汇报会,会将情况上报船舶总公司及海军。船舶总公司及海军于同年8月正式下文,确定“039”新型潜艇动力系统方案为:单轴,单桨,采用单台高压低速直流推进电动机;两组(每组224块)铅—72型管状电池,4台高压、交流、中高速柴油发电机组为原动力。至此,“039”艇电力推进系统论证工作告一段落。之后进入方案设计,并于1987年9月在北京由海军装备部舰艇部、船舶总公司军工部联合主持通过了电力推进方案设计的审查,紧接着转入施工设计和试制的前期准备工作。

“039”与“035”潜艇电力推进系统相比,有较大的改变。其主要特点是:

1. 单轴,低转速。为满足艇体线型及大直径、低转速高效率螺旋桨的要求,采取单台大功率、低转速推进电动机。小时工况功率为6000马力(4412千瓦),10分钟工况功率达7500马力(5515千瓦),转速调节范围为22~216转/分。

2. 高电压,电传动。由于受总体空间限制和适应现代潜艇电力推进系统的发展趋势,力求缩小电力推进系统中各主要设备的重量和外形尺寸,使布置更加灵活,从而采用了高电压电机(包括推进电动机和充电发电机)、中高转速柴油机及相匹配的电传动方式。

3. 自动化程度高。采用计算机对电力推进系统各运行工况集中控制和对蓄电池参数巡回检测。

4. 取消了经济航行电动机。采用经航斩波器,在经济航速区内,直接调节推进电动机的电枢端电压,达到获得经济航速之目的。

5. 确保系统运行的可靠性。在控制方式上,既有隔舱集中控制,又有电操和板前手动;在电机励磁形式上,有可控硅斩波器励磁、固定电阻励磁和励磁机组励磁等3种形式。

四、预研工作及研制条件的不断完善

为了使潜艇电力推进设备的设计和制造得到更好的发展,在上述产品研制工作进行的同时,还开展了大量的预研工作和研究、试验、试制条件的建设。

1. 预研工作

(1) 双水内冷直流电机的研究

直流电机由于有换向的原因,能否实现水内冷一直是个研究课题。1959年,大连海军机械学校(现海军工程学院)在湘潭电机厂配合下,以8千瓦直流电机为母型,采用双水内冷技术后,功率提高到32千瓦,并通过500小时以上的连续运转试验。1960年,大连海军机械学校、湘潭电机厂、八六研究所、哈尔滨军事工程学院、上海交通大学、华中工学院等单位,以“03”产品为母型,合作设计出一台3000马力双水内冷直流电机,并在湘潭电机厂进行了部分制造,后因大轴材料及其他外界因素的影响,被迫停止。1963年,七一二研究所组建后,对此课题接着进行探讨。由于多方面的原因,几经上下,直到1970年才试制出1台400千瓦双水内冷模拟电机,1971年至1974年进行了运行试验。

通过上述研究工作,对水内冷直流电机的设计、结构工艺以及运行可靠性等方面,都取得了一些实践经验和实验数据,为水内冷技术应用于潜艇电力推进电机作了有益的探讨。

(2) 超导单极电机的研究及其应用

七一二研究所是国内从事超导单极电机研究应用和超导电力推进系统研究较早的单位。1968年,该所与中国科学院物理研究所共同研制出国内第1台20千伏安超导同步发电机(在世界上为第3台超导电机),1970年进行了运转试验,在国内起到了带头和促进作用。

从1971年起,该所开始集中较多人力,从事以舰船电力推进为主要应用目标的超导单极电机研究,并完成1000千瓦液态金属集电超导单极电机的技术设计和施工图纸,同时对超导单极电机的超导磁体、低温容器、集电技术等关键技术关键进行攻关,研制出超导磁体约重100公斤和低温容器为可拆式密封结构;液态金属集电方式是国内第一次试验,也取得模拟试验的预期效果。此外,还进行了与超导电机及超导电力推进系统相配合的测试技术、控制保护系统以及超导开关等项目的研究。上述研究工作,当时在国内都处于领先地位。

1981年,第七研究院科技部召开超导技术座谈会,确定近期由七一二研究所研制1台以舰船电力推进为应用目标的300千瓦固体电刷集电超导单极电机。之后,国家科委召开全国超导技术座谈会,进一步肯定了超导电机的研究方向。据此,七一二研究所于1986年组建超导技术应用研究室,并建立了专业试验室。

1983年,国家科委在杭州召开的“超导直流电机及随机氮液化装置攻关论证会”上,正式将七一二研究所超导技术研制任务列入国家科技攻关项目。协同攻关的有中国科学院电工所、浙江大学、上海电碳厂等6个单位。现工作正在进行中。

(3) 新型绝缘材料和绝缘工艺的研究

七一二研究所在国内有关单位的配合支持下,从60年代到70年代期间,在绝缘材料和绝缘工艺方面做了大量的研究工作。该所通过模拟电机白鼠试验和电刷磨损试验,证实有机硅绝缘材料当温度达到摄氏180度时,将产生毒性及对电机电刷有急剧磨损。因此,尽管这种材料有优良的耐热和防潮性能,但不适用于潜艇推进电机。

该所还研制出环氧弹性浇注料,可将电机磁极线圈做成整体型,不仅降低线圈工作时的温升,而且明显改善导热及防潮性能。对浸渍无溶剂漆的研究,其一是研制出聚硅铝化合物,作环氧树脂的固化剂,无毒无臭,和环氧树脂混合后有很长时间的潜化稳定性,固化产物具有优良的电热及防潮性能;其二是合成了一种特低粘度的酚醛环氧树脂,可从整体上降低无溶剂漆的粘度。还研制出可取代电机局部槽楔用的脂环族环氧无纬绑扎带。

以上成果,曾在“09”、“035”等产品的研制和批量生产中起过作用。

80年代后,七一二研究所与无锡电机厂、武汉绝缘材料厂共同研制成功环氧单面补强薄膜粉云母带和云母箔,薄膜粉云母复合板,环氧预浸渍聚酯无纺布等4种新型绝缘材料。同时还研究成功防止浸渍无溶剂漆流失、电机用玻璃钢预制环等两项电机制造新工艺。经在无锡电机厂试制的引进联邦德国西门子公司 IFC5 系列电机上应用,证明性能符合要求。1984 年通过技术鉴定,认为两项新工艺在国内是首次成功地用于电机上,4 种新材料使国内绝缘材料增添了新品种。

此外,还研究成功有机硅增厚型表面涂覆材料,它具有良好的耐油性和高的漏电起痕指数,工艺简便,使用范围广。上述成果大部分可直接用于“039”新型潜艇电机上。

除上述水冷电机、超导电机及绝缘材料三方面的预研成果外,七一二研究所、湘潭电机厂和驻湘潭电机厂军事代表室,在国内有关单位的配合与支持下,还进行过电力推进系统,电控,集控,大容量空冷、水冷自动开关,非自动开关,灭磁反向开关,潜艇主推进电机降低噪声,推进电机励磁电流无级调节,潜艇蓄电池运行参数自动巡回检测和磁流体动力泵推进等科研课题的研究,并取得了可喜的成效。

2. 研制条件不断完善

(1) 湘潭电机厂三分厂建成后的 3 次扩初建设

1956 年,舰船用直流电机和控制设备车间在湘潭电机厂开始筹建,并列入苏联援建的 156 项工程之一。1959 年建成,并成立直流车间。1960 年 8 月,该车间经扩充调整,正式成立军工分厂(称三分厂)。初建时生产纲领为电机 1970 台/11 万千瓦,控制设备 1940 台/364 吨。投资总额 2075 万元,建筑面积 22661 平方米。

通过“03”产品样机试制,暴露出生产工艺不完整,设备不配套,临时性生产手段无法保证产品质量等一些问题。1961 年 5 月,一机部批准第 1 次扩初调整,目的是将原由民品车间协作生产的军品零、部件 31 种,年产 120 吨,集中到三分厂生产,使之成为一个基本完整、自成系统的封闭式能独立生产的军工分厂,投资 220 万元,新购设备 96 台,调进设备 191 台,新组建冷焊、工具、准备 3 个车间,新添一批检测设施和仪表。通过此次扩建,除试验站外已基本具备小批量生产“33”产品的规模。

随着海军装备建设发展的需要,1972 年 10 月,一机部批准三分厂第 2 次扩充调整,投资 399 万元,新增建筑面积 14000 平方米,新增职工 400 名,新增设备 108 台,年生产纲领为“33”产品 17 套、“035”产品 5 套、“09”产品 2 套、“52”和“53”产品 6 套、舰用直流幅压电机 100 台。

1977 年,在“五五”计划期间,为提高海军 5 型舰艇配套设备的生产能力,一机部批准三分厂第 3 次扩建。这次投资包括第 2 次扩建未完部分共计 335.6 万元,新增建筑面积 2198 平方米,设备 109 台,补充职工 250 名,执行至 1979 年资金冻结,扩建停止进行。

三分厂自初建后经过 3 次扩建,至 1985 年止,国家共投资 2730 万元,形成固定资产(原值)2200 万元,占地面积 5.8 万平方米,生产建筑面积 3.3 万平方米,主要生产设备 655 台,拥有完成舰船电机、电控产品配套试验和特种试验的各项检、测、试设施,职工有 1427 人,应用现代科学方法管理企业,具有承担更复杂产品的设计和生产能力。

(2) 七一二研究所建设的曲折过程

七一二研究所是 1962 年 12 月,在武昌南湖原中国人民解放军第三汽车修理工学校旧址组建起来的。组建时,接收营房 34 栋,合计建筑面积 1.8 万余平方米,基地面积 26.9 万平方

米。

1964年建成了电机、电器、绝化、计量、硅有机模拟装置以及化电等简易试验室和试制工厂,初步可以开展一般试验研究工作,以及承担本所专业范围内的非标准设备、模拟样品和电机电器等单个小产品的制造。

为适应科研发展的需要,1963年国家计委批准七一二研究所在武昌东湖增辟新址进行建设,总投资1530万元,占地面积13万平方米,新增建筑面积4.3万平方米。1963年4季度至1964年3季度,进行总体基建前期工程,包括地质勘察征地及工艺方案布局和扩大初步设计等工作,建设期限为1964年至1967年,后因情况变化停止建设。

1967年,经国防科委批准,七一二研究所开始转入“三线”建设工程,地址设在湖北省宜都县聂家河,工程代号7013,建设规模总投资3600万元,建筑面积7万平方米。工程分两期进行,第二期工程主要是重型产品车间和超导电机试验室。预计目标是自行设计、制造4000马力的空冷推进电机;7000马力的水冷推进电机以及更大容量的超导电机。

1968年5月动工,1974年基本完成。由于各种原因,除10万安断流容量试验室投入使用外,其余设施均未发挥作用。1980年转为停缓建设工程,直到1984年移交出去为止,前后历时16年之久。

由于10多年来把大量人力、物力集中于“三线”建设,致使该所武昌南湖基地的科研条件及生活设施没有得到很好的发展。1980年,上级正式确定不搬“三线”后,才重新开始南湖所区的建设。至1985年,新增建筑面积3万多平方米,其中科研用建筑面积1万多平方米。同时经中国船舶工业总公司批准,10万安断流容量试验室从“三线”迁回所内,并于1988年投入使用。1986年,经中国船舶工业总公司批准,投资350万元,建设总建筑面积4000平方米的大型电力推进系统试验室。该室建成后,不仅可以进行正在研制的“039”潜艇动力设备研究试验、陆上联调试验和柴油发电机组试验,而且可以进行其他舰艇和船舶的电力推进系统试验研究。该试验室已于1987年动工兴建,预计1992年前后可以建成。

至此,七一二研究所历经武昌南湖到东湖,又转入“三线”再回到武昌南湖的曲折建设过程,其科研条件才基本得到完善。

中国潜艇电力推进设备制造工业及科学研究,经过30多年的发展,已经有了良好的开端,并且奠定了比较坚实的基础。但是较之工业发达的国家,尚有不少差距,如电力推进设备的结构理论及优化设计的研究、新型材料的应用和现有设备、器材战术技术性能的进一步提高等,仍摆在面前。今后仍应继续发扬过去那种英勇顽强,不怕失败,勇于创新 and 团结协作的优良作风,并不断吸取外国的先进技术,争取更大的发展,为中国国防现代化作出新贡献。

主 要 产 品

潜艇电力推进设备,由于工作环境和作用功能的需要,在技术上有一系列的特殊要求,诸如工作绝对可靠、安全;耐潮、耐盐雾、耐冲击和震动;在纵倾 30°和横倾 45°的条件下能正常工作;噪声低,形成外磁场小,电磁兼容性好;结构紧凑;体积和重量有严格限制范围和要便于维护等等。由于这些特性,相应地给设计和制造带来了困难。

如试制首套设备的“33”主推进电机,采用双机壳、双电枢、双换向器、卧式半防水结构,其机壳长达 3.6 米,直径 1.23 米,局部厚度仅 17 毫米,由 90 个零件和 20 个部件组装焊接而成。在这种工件长大,结构薄弱,刚度较差的情况下,要求支承总重约 16 吨的零部件而能正常工作。其精度要求,双内机壳、双换向器、双轴承座的“六座”同轴度偏差不超过 0.2 毫米。这就给机械加工、焊接技术、消除内应力、技术检查等都带来困难。电器元器件要求在承受冲击震动后仍然动作灵敏;在含有盐份、油雾气体和 95% 的湿度下,保证绝缘性能;2 级精度和 7~8 级光洁度的工件加工数量不少。这些要求,对于中国年轻的研究所和从民用转军工的生产厂说来,是非常棘手和需要从头学起的事。

一、仿制的“33”产品

“33”产品是我国仿制苏联转让的第 1 套潜艇电力推进设备。1957 年,一机部给湘潭电机厂下达试制任务。

该产品从设计到试制成功,大体经过了 3 个阶段,即由 1958 年 8 月到 1960 年 7 月的“03”产品设计试制练兵阶段;1960 年 8 月到 1961 年 12 月的质量整顿阶段;1962 年 1 月到 1963 年 11 月的“33”产品试制阶段。这 3 个阶段前后历时近 6 年,经历了艰难曲折,积累了不少经验教训。

(一)“03”产品设计试制练兵阶段

1957 年 7 月,第一批赴苏实习生回国后,湘潭电机厂以他们为骨干,又抽调了设计科及工艺科部分人员,共 11 人,在基建生产准备科组建了设计组,开始筹备“03”产品设计工作。1958 年 11 月,一机部牵引电气设备研究所在湘潭电机厂内成立,这 11 人并入该所组成一室,即船用电气设备研究室,专门从事舰船电气设备研究设计工作,人员增至 40 名。1960 年 6 月,又独立成所,代号为八六研究所,人员增至百余人。

1958 年 8 月,苏联成套图纸运抵湘潭后,正式开始设计工作。首先是翻译原版图纸及工艺资料,然后结合工厂生产条件,设计产品图纸,编制工艺过程、工艺守则及工艺装备。由于引进的图纸资料不齐全,有的图纸上技术要求不够明确,甚至相互矛盾,有的材料选用和工艺方法不合中国国情,以及有的资料还有差错,加上人手少,时间紧,工作难度很大。但是设计人员一方面由于被抽出从事军工产品工作,颇怀有光荣感,并且都有为国增光的一股劲,因此在他们的积极努力下,这些困难都被克服了。据统计,共完成的设计图纸有 6709 张之多,折合面积达 520 平方米。

另外,当时由于受“大跃进”的影响,过分强调进度,在图纸复制设计中,设计人员只得持续加班加点地干,因而对图纸质量也就比较忽视,差错较多。并且为了节省模具,还修改了一些原设计。

1959 年初,产品投入试制。当时工厂面临着新人员、新设备、新产品“三新”局面。由于对这些特点认识不足,思想上从民用转向军工这种重大变化准备不足,各项工作不相适应。因而,不

少职工一接触到军工，一听说自己生产的产品是用于打仗，在思想上神秘莫测，畏惧不前。多数职工认为搞军工责任重大，怕出问题，因而在生产上有些缩手缩脚。技术人员中较普遍的反映是热情高，干劲足，但对产品欠熟悉，心中无数，有畏难情绪。

工厂党委虽然一开始就提出了“军民结合，以军带民，见军让路”的方针，但是，在当时军民任务同时紧张的现实面前，军工生产又有以上严重的思想障碍，原定通过部分民品任务练兵，其结果却转向了大干民品。由于国防观念、战争观念薄弱，“军工第一”思想扎根不深，形成了“抓民丢军”、“以民挤军”的局面。加上当时民品任务大，竟把主要生产力量调去生产民品。为了完成民品任务，在军工材料比较困难的情况下，动用了军工钢材 38 吨、玻璃丝带 15000 米、轴承 13 套，大型设备有 84% 被民品生产占用。

1960 年 4 月，在传达贯彻南京会议精神之后，突出地处理了军民生产矛盾，将军工车间生产的民品任务全部拨交民用车间担任，这样才克服了军民产品互相干扰的矛盾。为了加强军工，从民用车间调集技术、管理干部和生产工人充实了军工生产队伍。为了强化军工生产的领导，厂党委决定以厂长程贞茂、海军驻厂总代表陈永华为首的工作组，深入车间，针对当时部分职工的军工神秘观点进行教育，解除顾虑，提出了“解放思想，破除神秘观点”、“出学费，大练兵”和“上山，看山有多高、下水，看水有多深”等鼓动口号。同时组织了在苏联实习回国的技术人员、老工人、领导干部 80 多人一起看图交底，分析关键，研究加工方法，制订生产计划。经过这一系列实际工作和细致思想发动，鼓舞职工情绪，增强搞好军工生产的信心，基本上消除神秘、恐惧情绪。正如部分老工人反映的，我们不敢动手是被吓住了，长期下去怎么能适应国防建设的要求呢？过去试制拥有 20 万个零件的干线电力机车，只花了 6 个月时间就完成了任务，现在搞军工怎么能落后呢？思想认识有了转变，职工的积极性又调动起来了。加上组织技术人员跟班劳动，生产上的技术问题得到及时解决，职工群众精神面貌大为改观，情绪高涨，形成大干军工生产的高潮，大大地加速了军工生产的试制进度，终于在 1960 年 7 月完成了“03”产品样机的试制。

但是，由于对潜艇电气设备制造难度认识不足，仍按民用产品质量模式进行生产，修修配配过关就行的习惯严重；职工技术素质不高，从制造一般要求的民用产品岗位上，突然转向加工难度大要求高的军工产品，明显地表现出基本功不过硬，在没有先例借鉴的情况下，缺乏工艺方法和工作经验，造成了制造技术水平与产品对象不相适应的局面。加上没有合格的专用原材料和具体问题上缺乏严谨的科学分析，因而试制完工的“03”产品样机，经国家鉴定，发现成套产品的主要零部件不能完全符合技术条件的要求，必须继续组织攻关和调整试验，解决技术质量问题。

（二）质量整顿阶段

“03”样机存在技术质量问题，工厂和八六研究所广大职工内心感到严重的焦虑不安。正当对样机试制中总结的 26 个技术关键着手解决的时候，苏联单方中止援助合同，撤走专家，停止提供技术资料 and 特殊材料，也给研制增加了不少困难。1960 年 8 月 13 日，中央书记处召开电话会议，进一步提出国防工业必须坚持“质量第一”的方针，教育军工生产战线全体职工要严肃对待产品质量。当时摆在广大职工面前的一个严重问题是，坚持产品“质量第一”和客观条件之间存在着很大的矛盾。

首先碰到的是没有合格的原材料，苏联图纸文件差错多，不能作为生产的正确依据；基建没有收尾，设备不配套，如绝缘处理当时仅有一个土烘炉，温度不均匀；工艺装备少而质量差，

带来了零部件合格率低；在管理方面基本上处在无章可循的局面，如技术检查就缺乏一套严格检查制度，不能很好“把关守卡”。在主观上，拼凑修配的思想习惯，仍然在军工生产中不断反映出来。自样机经国家鉴定后，工厂虽然提出了“四不、四按”的生产管理制度（即不合格材料不投产、上道工序不合格下道工序不加工、不合格零部件不装配、不合格产品不出厂，按图纸、按工艺、按标准、按合格证），但通过一段时间执行的实践证明，效果很不理想，主要还是思想认识问题。有些职工认为军用电机也不过是一个电枢加上两个端盖，只要装得上，性能差一点没关系，已比民用产品质量好得多，只要能转就是胜利；水里不能用，陆上用，军工不能用，民可用，人家不要自己留着试验用。甚至认为海军驻厂军事代表“扣得过严，有意刁难”，对军事代表提出的问题要“顶回去”。由于上述这些不正确的思想影响，造成职工忐忑不安，又呈现出困难消沉的局面。

1961年初，该厂传达贯彻国防工业三级干部会议精神，坚定了工厂提高质量的决心。厂领导以会议精神对照分析当时的情况，下定决心，停止生产，彻底进行以质量为中心的企业整顿。三分厂党委决定，首先在干部中组织反复学习贺龙副总理“十七条”指示，发动群众，开展质量大检查，帮助领导整顿作风。同时，在广大职工中正面开展“国防观念、战争观念”和“军工第一、质量第一”的思想教育，提出从练基本功开始，彻底进行质量整顿。

军工生产停产进行整顿，工作千头万绪，从何着手呢？经过反复讨论研究，结合工厂及研究所的实际情况，决定首先从健全军工生产队伍开始，因为人的因素是搞好各项工作的根本。职工队伍得到补充稳定之后，第二步转入技术准备的整顿，对产品图纸和工艺文件进行全面修改和核实。技术资料完善之后，接着整顿生产准备工作，主要是对原材料和工艺装备进行清理和验证，并不断疏通渠道，补充完善。为保障整顿后各项工作正常开展，制定了相应的规章制度。经过整顿，收到了明显效果。

1. 充实加强军工生产队伍

1959年初，工厂在原电机车间联合工段的基础上，从电器、冷锻抽调部分职工组成一个有238人的军工生产车间，称直流车间。这是湘潭电机厂最早的军工生产队伍。1960年4月，贯彻南京会议精神，又增加技术、管理干部和生产工人近70人。1960年8月，正式成立军工分厂，由原来的一个车间，发展为电机、电器两个车间和一个机动工部，职工总数相应增加到394人。1961年初，贯彻中共中央关于调整、巩固、充实、提高的方针和国防工业三级干部会议精神，在组织机构上进一步作了调整，新成立工具、冷焊、准备3个车间和有色金属工部，组成了在工艺上基本封闭的军工分厂，职工总数增加到1051人。这支队伍的形成，是在确保军工、照顾民品的前提下，先后4次成批地从民用各个单位中，按照“国防工委十三条”的要求挑选的，特别是技术干部先后组织调配了4次。这支队伍，通过国防工业一系列方针政策的教育，“军工第一”、“质量第一”的思想基本扎下了根。由于工人思想上重视质量，在工件送检时，总是将合格与超差的工件分开，主动告诉检试人员，在质量问题上老老实实，毫不含糊，“四按三检”开始形成了自觉的习惯。通过整顿，职工对军工生产由不安心到安心，由视为畏途到感到大有前途，精神面貌发生了很大变化。

1961年6月，第七研究院成立。8月，八六研究所划归七院，组成该院第三研究所三六研究室（对外称三六研究所），组建中从八六研究所移交职工104人，其中技术人员58人。三六研究室的任務首先是继续配合湘潭电机厂完成“33”产品的设计及试制工作。

2. 整顿图纸和技术文件

通过“03”产品初样试制的练兵,总结了前段的宝贵经验和教训,厂、所上下,下决心在进行产品技术准备的整顿工作时,首先从图纸设计质量进行整顿,因为它是做出合格产品的前提和依据。

八六研究所工作一开始,就着手拟订了“图纸文件整顿守则十九条”,以便设计人员在整图过程中有章可循。整顿要求是“一丝不苟”,即按苏联图纸重新认真一一核对,把过去设计上对原图理解不够或不当而改变了的部分,一律改回;对不符合“33”产品的部分,参照实习生带回的资料和进口实物,并结合我国具体情况另外作了设计。主要有:

重新设计“33”艇用经航板;提高主电机冷却器结构件耐压强度(由 20 改为 30 大气压),以满足“33”艇的下潜深度要求;电机绝缘由 A 级改为 B 级等等。

文件方面补充完善了产品技术条件、试验大纲等 120 种文件资料,并编制了我国的《舰船电气设备规则》草案。

工厂则组织了以许祖钊为首的“三结合”队伍,重新编制“33”产品全部工艺文件,计 123 个工艺守则、85 个关键零部件工艺卡片和 4000 多份工艺过程卡片;还对苏联图纸不足之处提出很多改进建议,供八六研究所为全面整顿图纸作参考。

上述整顿设计及工艺工作,共花 1 年时间,于 1961 年底结束。通过这一工作,不仅提高了图纸资料质量,并且为“四按”生产创造条件。

3. 落实材料供应来源

“03”产品材料供应特点是:质量要求高,品种多,规格杂,需要数量少,但涉及面广。仅以 1141 项产品结构用料为例,就涉及中央 15 个部、21 个省(市)的 157 个企业。而且还有大部分非规划工艺用料,未列入“0”字专案计划供应之内。在 1141 项中的 738 项由一机部计划供应,其余需由外部 50 多个企业单位协作支援。通过试制,基本上摸清了供应渠道,为长期定点供应创造了有利条件。

“03”产品的试制,材质要求高,是供应工作碰到的第一个难题。如主推进电机的大轴,要求纵向和切向均有良好的机械强度和塑性、韧性,大轴锻件毛重达 10 吨。为了尽早拿到合格的大轴材料,八六研究所派出专业技术人员李树棠长期驻太原重型机器厂参加试制工作。经过 1 年多的艰难曲折,前后 4 次试制,终于生产出性能指标完全合格的大轴锻件。其他材料和配件,如防震灯泡、M150 电流电压表,上海等地的有关工厂也是经过多次试制才达到技术要求的。第二是材料需要数量少,达不到订货起点,满足不了品种规格。如钢材订货起点当时最低由 500 公斤至两吨,而“03”产品有些材料实际需要量仅几十公斤,这就使有些材料造成积压,另一些又发生待料的问题。第三是当时工厂生产“0”字产品任务,但部分用料又没有列入“0”字专案供应计划。因此,材料供应缺口很大。经过一年多的努力,成套材料供应计划只完成 12%。这个问题成为质量整顿后开工生产的严重障碍。为了缩小材料缺口,在上级的重视下,一机部电工局所属企业,近 30 个单位,对军工生产敞开仓库,进行协作调剂。为了找到材料供应来源,工厂组织了以侯广选为首,有刘亚伟、王罗伟、张百家等人参加的清仓小组,对内部库存的 719 项、499 吨钢材,全部进行质量鉴定。从外形尺寸检查到逐项取样进行理化试验,而后核对标准,确定材料的品名规格,作出结论,合格入库,以便在原库存材料中取得合格材料。同时在保证质量的前提下,上级机关工作组、驻厂军事代表室、七一二研究所等共同配合,制定了材料改代原则,克服边供应、边生产、边鉴定的紧张供需矛盾。通过整顿,很多原来国内需要试制的材料,陆续落实了生产厂;很多没有固定来源的三类物资,逐步找到了供应厂家。凡属于长期改代的,也

从图纸工艺材料上予以肯定下来。

4. 工艺装备基本成套

工艺装备是保证零部件生产质量的重要物质条件之一。“03”产品在1960年试制时,约有800套工艺装备,在整顿期间全部进行了鉴定。验证结果有30%符合质量要求,50%要返修,20%要报废。同时决定在原来800套基础上,增至1642套。为了解决工艺装备供应不上与开工生产的矛盾,工厂在整顿期间较快地组成150人的军工工具车间,首先开工生产。同时发动工人,突破工模具制造上的技术关键。如A、B型开关弧触头锻模,由于工件几何形状复杂,制造时一般标准工具使用不上,普通机床无法加工,就靠手工精雕细刻,自制大量的二类工具和各种不规则的检查样板,才达到加工精度要求。这副锻模制造完成后,锻造车间的技术人员李令德和老工人反复试验锻后又修,修后再锻。由不成形,不脱模,毛边大到改进结构,经过20多次试验才锻造出合格零件。又如灭弧室压模,结构改进就达5次之多。还有云母环压模反复改进修理达9次之多。许多工艺装备,就是这样一副副制造,一副副合格。通过整顿,工艺装备基本成套,为批量生产创造了条件,也为日后其它军品制造奠定了基础。

5. 建立军工生产规章制度

军工分厂是新建立的,开始在管理上基本无章可循,全凭经验、习惯、热情办事。干部成天忙忙碌碌,但却漏洞百出,遇到问题都等到会议上去解决,因此产品质量无法保证。鉴于这种状况,工厂决定由三分厂技检科长王荣带领技术人员和管理干部,到专业军工生产工厂学习管理方法。通过学习和《工业七十条》的贯彻执行,按照军工生产要求,对生产、技术、质量、材料等方面初步建立36个制度,起到稳定生产加强管理的作用。例如质量管理,在停产整顿期间,建立健全了技术检查系统,工作人员由整顿前的20人增到87人。从材料进厂到成品出厂,建立一系列质量检查制度。为把住产品质量的第一道关,严格规定材料进厂验收、库房保管、领用出库等制度。特别是贯彻材料检查员验收取样到场、合格入库到场、收料上架到场的制度后,才避免混乱现象的产生。车间材料间建立起进出库专职检查,凭合格证领用,确保合格材料投入生产。在加工过程中严格贯彻以专检为主,群众自检、互检相结合的检查制度,推动“四按”生产的执行。同时对废品进行隔离,避免不合格产品在车间流动。试验站建立了设备维护规程、交班接班、记录填写、报告编制等制度,从而保证试验准确,防止差错,如实地反映产品质量。这些制度的贯彻,对保证产品质量,起了一定的作用。

在制度的建立过程中,也走过弯路。如材料管理由只重供应不重管理,到供管并举,吃过不少苦头。在停产整顿期间,对材料进行质量检定,从一个个品种进行化验,一个个项目进行试验中得到了几十项合格材料。但是由于管理不善,摆放不合规定,保管不严,合格证丢失,擅自搬动等造成了混乱,使几个月来鉴定好的材料全部返工,几十人的劳动成果前功尽弃。对此,职工总结了经验教训,进一步建立限额发料、入库验收、分区摆放、定量堆码、五级编号以及“五对”、“四按”、“三到场”等制度(“五对”为帐、卡、物、标志、合格证要对,“四按”指按图纸、按工艺、按文件、按制度,“三到场”为检验人员应做到验收时到场,堆码时到场、发料时到场),从而基本克服了数量乱、堆码乱、秩序乱的现象,为日后生产合格产品创造了先决条件。

由于企业整顿不断深入发展,各项工作有节奏地向前推进,并取得一定成绩。厂领导抓住这一大好时机,因势利导,以重大技术关键的大轴扩孔加工试点攻关,树立正规上场、质量第一的典范。大轴加工自1961年4月开始,经过将近10个月的努力,终于合格,为停产以来生产出合格产品树立了信心。

通过上述以质量为中心的企业整顿,厂所上下,严格对待质量第一,一丝不苟的生产习惯开始形成,各项物质条件不断完善,技术关键相继突破,为生产成套合格产品打下了一个较坚实的基础。

(三)“33”产品试制阶段

“33”产品图纸及技术文件整顿设计完成后,1962年初,第七研究院作了批准,湘潭电机厂即投入正规试制。在试制期中,设计单位组织40人左右的技术队伍配合试制,参与技术攻关,负责解决设计上的问题,并对按苏图加工达不到要求的部分,设计上千方百计进行了改进,发出技术联系单581份。

工厂经过一年多以质量为中心的企业整顿,取得了一定成绩,为生产合格产品打下比较牢固的基础。但是“33”产品的正规试制一开始,在执行质量第一的方针上,又出现了一些片面的甚至错误的倾向。如对待材料问题没有将国家实际情况和科学分析结合起来考虑,又如工艺装备虽已由原来的800多副增加到1600多副,但仍喊不够,人为地造成生产技术准备上的矛盾。因此,一段时间内进展缓慢。

1962年,厂党委分析了职工的思想动向,召开三级干部会议,经过两个月畅所欲言和认真讨论,统一了认识,沟通了思想,明确了方向,树立了信心。从此,使军工生产走向正常发展的道路。生产上出现的许多难题,得到了及时的解决。如材料本着立足于国内,经过试验在保证质量的前提下,采用改代的办法,先后解决设计与工艺用料435项之多。工艺装备也得到较妥善的解决。特别是解除思想束缚,技术革新不断涌现,军工生产呈现新的起色,先后突破15个技术关键,技术上的主要障碍基本肃清,正规试制的第1台“33”产品主推进电机于1962年底开始运转。控制设备的主要元件A、B型开关也生产出来,从停产整顿到开工生产,两年来第一次生产出合格产品。

1. 突破技术难关

1963年初,工厂党委提出军工生产职工“奋发图强,走通‘33’道路;自力更生,过好成套难关”和“5月献红花,6月结硕果”的奋斗目标。

“33”产品试制过程中,碰到不少技术关键。其中26个技术关键是总结1960年“03”产品试制中,未解决的重大质量问题。这些关键如不彻底解决,就不同程度的影响产品性能和寿命。也预示着湘潭电机厂能否为海军建设提供成套的合格产品,其意义是非常重大的。因此,工厂集中了主要技术力量,坚持内外“三结合”,采取投“假料”模拟试验,利用1960年前的不合格零部件练兵攻关,发挥群众智慧,结合生产实践,反复研究加工试验等方法,取得了一定成绩,为生产合格产品,基本上扫除了障碍。

(1) 突破大轴扩孔技术关

大轴扩孔是26个重大质量关键之首。大轴是主推进电机关键部件,毛重10吨多,全长4.02米,轴中心需要加工一个通孔,孔径两端小($\varnothing 139$ 毫米),中间大($\varnothing 190 \pm 1$ 毫米,长2.2米),光洁度 $\nabla 3$,加工时,搪杆细而长,搪刀伸入孔内两米多深,看不到,摸不着。搪刀如果有磨损,光洁度难达到,采取两端进刀的搪孔方法,要求接合处没有接痕。尺寸公差、光洁度、同轴度在切削过程中不能测量。1960年加工经航电机主轴3根,因孔径超过图纸公差,先后都报废了。每根损失价值12000元,因此大轴扩孔成为重大技术质量关键之首。

1961年大轴毛坯到厂,当时正处在停产整顿阶段,突破大轴加工这一关,是贯彻国防工业三级干部会议精神落实到生产上的第一个体现,也是停产以来组织正规上场的“第一炮”。众目

所视,群情关注,能否突破有着极其重大的意义。厂党委作出决定,厂长程贞茂每天以大部分工作时间抓军工,直到试制合格为止。总军事代表陈永华,总工程师刘隆士,三分厂总工程师孙洪铨和七一二研究所陈至德、郎妙发,三分厂厂长陈清心、技术科长许祖钊、技检科长王荣,301车间技术主任梅振寰、工艺员王维元以及工人李菊春等12人组成攻关领导小组,深入班组攻关,为开工生产树立典范。

大轴加工生产小组共有14人。开始时对大轴攻关缺乏信心,劲头不足。面对这种情况,攻关领导小组成员和车间党支部一道采取家庭访问,个别谈心,开座谈会等方式,反复讲清形势,并帮助工人解决生活上可能解决的一些问题。经过做工作,这个小组成员的思想情况起了很大的变化。他们表示,过去凭经验干,误了大事,今后一定要严格执行“四按”生产。思想发动起来了,但着手攻关还有许多具体问题要解决。如加工方法的确定,工艺装备的准备,冷却设备的安装,冷却液的选择,刀具角度的试验等,每一个具体问题都不能忽视。经过领导、技术人员、工人三结合研究讨论后,按照拟议的攻关方案、步骤、措施进行施工。担任主操作的车工是李菊春。由车间技术主任梅振寰负责组织攻关,有郎妙发、黄建钧、王维元、曾云辉参加。大轴加工过程中,共计解决近200个技术难点。如:

改进工件装夹方法:大轴尾端原来用中心架支撑,调节困难,上、下前后和同轴度难予校正,且费时间。后改为在轴中孔内配制一个带有中心孔的辅具,顶住辅具的中心孔,调整夹持中心架,从而使同轴度调整容易达到要求。扩内孔时保证不偏心,切削均匀。

改进搪杆导向:原搪杆用杂木镶条作导向材料,因木质容易磨损,磨损后间隙增大,使搪杆摆动,内孔加工尺寸难以控制。后改为镶钢条导向,磨损虽然慢些,但转动时因发热造成经常“烧死”,使搪杆取不出来。第三次改为镶黄铜条导向,不仅没有“烧死”现象,镶条磨损也很少,难点终于被解决。

解决收刀接口问题:内孔扩孔开始作四刀切削,后改为三刀,收刀时形成阶梯形。后改用45°成形刀具加工,阶梯形消除了。

解决切屑问题:在加工中心内孔时,因孔径两头小,断屑不好就可能造成铁屑堵塞,影响光洁度和继续加工。经过反复研究试验,使刀具得到最佳的切削角度,终于获得满意的断屑效果。

改进内孔测量方法:原采用内卡钳以插销定位进行测量,误差极难控制。后制造一特殊内卡钳,装上调节微分筒,基本定位后再进行微调,从而提高了测量精度和检测效率。

经过一段时间的精心制作,扎扎实实地解决一个个具体问题,终于突破第一个技术关键。

(2) 解决空气冷却器漏水问题

空气冷却器是直接利用海水冷却主推进电机出风温度,以达到降低舱室温度和改善艇员工作条件的目的。技术要求规定冷却器各水路管壁每平方厘米要承受45个大气压持续15分钟的水压试验。在“03”产品样机试制时,大气压力尚未达到规定值,就开始漏水,成为质量关键。其原因是130根冷却管与黄铜端板承管孔之间和端盖与主体之间的结合密封达不到技术要求。“33”产品试制时,成立了以工程师邱忠庭为首的技术攻关小组,首先对扩孔工具进行了4次改进,冷却管与端板承管孔之间的漏水问题得到解决。但是端盖与端板之间的漏水,却很复杂。首先是选择什么密封材料和如何密封才能达到要求。一开始采用不同厚度钢纸板,试验到20多个大气压就漏水。后又改用铅板,由于铅板材料缺乏弹性,效果比钢纸板更差。于是仍采用钢纸板,并在周围增加一圈扁铜线,试验结果好些,但仍达不到技术条件的要求。之后,七一二研究所参加与工厂一起解决这一关键。又经过20多个方案的反复试验,终于找到了既不

漏水、变形又小的方案。试验大致过程为先采用铅板、石棉橡胶板、钢纸板以及用 88# 胶在铜板上胶合,在盖上开槽和盖上不开槽、采用石棉橡胶板和窄钢纸板的复合垫板结构等方法,直至第 15 次试验时,终于承受 45 个大气压不漏水了。但是经拆开检查,新的问题又发生。铸黄铜端盖有变形,紧固螺杆发生弯曲和伸长。对端盖变形的原因,是否由于强度不够,看法不一。对螺杆伸长的原因,是否由于扳手太长,用力过猛所致,各持己见。于是采取扳紧螺杆时由一个人操作,使用扳手长度分别为 270 毫米、400 毫米、600 毫米、直到 760 毫米的扳手紧固时密封面不漏水了。但拆开检查,螺杆仍有伸长,证实是螺杆强度不够,因而将螺杆材料由普通钢改为优质钢,直至用优质钢进行热处理等办法后才获得解决。为了证实端盖强度对密封的影响,也作了不少试验。经过对铸件合金成份的改变,增加材料组织密度,端盖强度达到了技术要求。经过半年多的时间,进行 25 次试验,冷却器的变形和漏水问题终于得到解决。

(3) 攻克换向火花调试难关

大型多工作制直流电机,换向是个很复杂的技术问题,特别是换向火花经过调整后,要求稳定在 1 级水平,有一定难度。

“33”产品主推进电机制造完工后,经过半年多来按技术条件和试验大纲进行的工厂调整试验,前后对气隙、电刷杆的等分、换向器片间倒角清理、电刷研磨及仔细反复调整,其换向火花仍不能达到 1 级。为了攻克这一难关,由三分厂试验站长赵华甫,副站长冯立人为主,有负责调试工作的技术员冯毓清、电机工程师胡安静,驻厂军事代表汪兆佳、七一二研究所葛文祺、刘定寰等人组成火花调试小组。先后提出三个方案进行调整试验。

第一方案,借助改变两电枢平衡电流和电刷中性位置,以达到改善 1 级充电工况火花的目的。实施中进行了多种方法及多次试验。结果表明:改变平衡电流对换向情况影响很大,但仅能使两电枢火花互相转移,并不能消除;在调整电刷中点的同时调整平衡电阻 $1c_y$ 、 $2c_y$ 接法,通过多次试验也不能使换向达到 1 级火花。但在试验中发现电刷镀铜可能是影响换向的主要原因,电刷质量和消除镀铜可能是解决火花的一种重要途径。

进行第二方案,目的是进一步证明电刷质量与弹簧压力大小是不是影响电机换向的原因。经多次调整试验证明,电机的工况不同,其结果也有变异。电机的两种工况是艏端有火花,而艉端无火花。经过对电刷检查发现,艉端的电刷是 1959 年生产的,而艏端的电刷是 1959 年后生产的,从接触面看,1959 年生产的电刷表面镀铜稀少,光滑成镜面,而 1959 年后新生产的电刷则有较严重的镀铜现象,说明电刷质量对火花确实有影响,但又随电机的使用工况不同而异。至于弹簧压力大小问题,驻厂军事代表室曾对苏联实物进行过检测,差别很少。第二方案,虽对电刷镀铜影响换向效果有新认识,但换向火花仍没有达到理想要求。

接着按第三方案进行调整试验。以往试验的结果证明,电刷镀铜对换向不利。同时发现当电机作发电机工况时,正极性电刷镀铜现象严重;而作电动机工况时,则镀铜转移到负极性电刷上。潜艇实际使用情况是发电机和电动机两种工况交替进行。所以本方案采取电动机和发电机两种工况交替进行试验,使镀铜在正、负极上实现转移,以达到改善火花的目的。经过工况交替反复多次试验,其换向火花均为 1 级。从试验情况的结果证明,电刷镀铜对换向影响甚大,消除或减轻电刷镀铜现象,有可能达到稳定的 1 级火花。

主推进电机换向火花问题,在许多单位的大力支援下,用了近 8 个月时间,通过上述 3 个方案,23 种方法,60 多次反复调整试验,从摸索开始到掌握规律,终于使换向火花基本达到 1 级水平。

(4) 攻克绝缘墙板制造难关

绝缘墙板是构件也是支承构件,要承受整个开关转动的冲击力,还要有良好的防电弧性能。其形状复杂,相关尺寸公差要求高,压制时成型难度大。工件脱模后,因厚度不均,变形很大,精度难以保证,但墙板是A、B型开关的主要部件,质量不好将严重影响开关的性能。为使绝缘墙板达到图纸技术要求,工厂由罗锡衡任攻关组长,有工程师倪裕祯、唐丙全、牟惟迁及陶长权、唐仲尤、彭树林,工人周成柱、曾振初、周华,七一二研究所方国清,军事代表韩瑞炳等组成三结合攻关小组。要攻克的主要问题有:原材料选择和确定,压模制造应达到尺寸精度要求,制造工艺的稳定以及其它几个问题。攻关小组首先从原材料入手,按照苏图规定,材料是浸漆高压碎布。当时国内因没有上胶设备,用浸漆碎布制造的零件不能上胶,这种材料压制的绝缘墙板,绝缘电阻低,机械强度差,不能满足技术要求,决定改用玻璃碎布浸环氧树脂代替。3个多月的试验结果表明:绝缘电阻和机械强度都优于高压碎布,但重量增加30%,成本提高更多,压制时脱模困难,尺寸超差也多;而且原料品种多样,施工复杂,难以掌握,质量极不稳定。根据上述情况,决定再行选择材料。通过调查研究,在有关高等院校和科研院所的帮助下,由玻璃碎布加环氧树脂改为FX-501玻璃纤维压制,并提出保证质量的5点措施:即按选定材料的收缩率修改压模,尽快摸索压制工艺,用新材料压制试棒进行电气和机械性能试验,压制试样通过金工加工及绝缘处理和锡铋合金浇注、装配、试验,得出加工工艺性能以及通过型式试验考核技术要求是否合格。

压模修改中遇到的困难很多,首先是这样大型的模具,重量有3吨多,装卸和加工难度较大,成型模块几何形状复杂,异形凸凹台阶多。模具钳工陈发科、周华根据模块形状,制造了一批球形、鼓形、橄榄形、锥形以及多角形和不规则曲线形的各种锉具和刮具,以适应加工各种形状的盲孔、型孔和模块拼接面的特殊形状。在保证尺寸公差,提高光洁度的要求下,加工工人采用了抛光、镀铬及表面强化处理的措施。经过精心制作和生产试模验证,压制出的工件基本达到图纸尺寸精度要求,压制工艺达到相对稳定并制订出压制工艺守则。工艺要求要点是:原材料纤维长度控制在50~70毫米;压模必须预热,温度在140~150摄氏度范围时才施加压力压制;压制时保证温度在150~160摄氏度之间,压力320吨,静压90分钟;皂石压装,是在工件加热到120摄氏度,恒温20分钟后,用1吨平面油压机徐徐压入,保证4个皂石端面在同一平面上;必须保证剪断的玻璃纤维中没有灰尘、污物、金属屑。在攻关小组的积极努力下,通过对材料多次选用,最后确定用FX-501玻璃纤维,按照保证质量的5点措施进行工作,严格按工艺守则进行制造,这一难关终于攻克,绝缘墙板制造工艺基本稳定,质量基本达到技术要求。

(5) 突破主推进电机轴承漏油关键

主推进电机轴承漏油,是在产品纵倾试验的过程中发现的,持续纵倾7°时发现稍有漏油现象。当进行短期(不超过3分钟)纵倾38°时,第一分钟内有几滴油漏下,第二分钟内有十几滴漏下,最后一分钟内竟漏下40多滴,不符合技术要求,成为试验中的重大技术关键之一。

为解决轴承漏油问题,工厂成立以梅振寰为攻关组长的攻关小组,参加者有七一二所及驻厂军代表室。经过半年多时间,进行了10多次模拟试验与观察,发现漏油主要是通过密封环刀口、密封拼合面、密封接触端面、紧固螺孔缝隙以及轴承盖口下部拼合面等途径渗出。原因查明后,决定采取如下措施:第一,密封环刀口直径尺寸由 $\varnothing 240.3$ 毫米改为 $\varnothing 240.1+0.045$ 毫米,把配合间隙缩小到极限程度。第二,密封环与轴承座轴向接触面,由锌钡钨(立德粉)油漆作衬圈涂料密封,改用5173灰瓷漆加锌钡白粉,比例是5173灰瓷漆6成,锌钡白4成。第三,将紧

固密封的紧固件圆头螺钉改为大头六角螺钉,弹簧垫圈下再增加一个厚钢垫圈。第四,密封环及轴承盖的上、下拼合面,在装配时一定要擦抹干净,贴压严密。第五,密封衬圈由石棉橡胶板改为 ZB 硬纸板。

经过以上改进和多次调整,才进行正规台架试验。电机经过 3 小时平转后,紧接艏端向上纵倾 7° 正反转各 3 小时和艏端向上纵倾 7° 正反转各 3 小时之后,再进行艏端、艏端各向上纵倾 30° 时 3 分钟的试验,均一次试验合格,未发现漏油现象,现场鉴定一致认为符合技术条件要求。

(6) 攻克几种按苏原图设计结构不能承受冲击震动的开关产品

这些开关产品在试制中经七一二研究所技术人员修改设计后满足了舰用要求:

① PB4000 和 PB11000 变阻器

这两种产品按苏原图设计结构,作振动试验时均发生共振与触点打滑现象,不能满足舰用要求。经分析前者因重心不在 4 个固定点中间,而产生共振,以及触头压力过小而引起打滑;后者系因原设计采用固定螺钉过少(仅 2 只)而出现共振,打滑系因动触臂两边重量不平衡所致。针对这些问题,设计人员作了相应修改后,缺陷随即消除,保证了正常工作。

② KH9004 激磁开关

按苏图结构作冲击试验时,发现弧罩向后转动,最大转角可达 45° ,并发现灭弧罩下脚有折断现象。经分析,系因灭弧罩板只有一个固定点,磨擦力在冲击时不足以制止灭弧罩的转动,从而使弧罩脚与触头支持件末端相碰撞产生折断。经在设计上将结构改为两个固定点,并将支持件末端截短,保持与弧罩之间有 2~2.5 毫米间隙,避免了直接碰撞。

③ PB21/1 继电器

按原结构进行背面方向冲击时,发现弹簧跳出挂钩,破坏了延时机构和磁系统联结,并发现压紧线圈的弹簧片产生塑性变形,经在设计上改进后,缺陷消除。

在试制“33”产品攻克技术关键的过程中,湘潭电机厂、七一二研究所及驻厂军代表室共同以奋发图强的精神,百折不挠的顽强意志,不怕失败,反复试验,终于战胜各种困难,攻破一个个难关,取得产品质量全面合格的好成绩。“33”产品如期完工,工厂台架试验完毕,根据“三部”联合指示,又进一步对产品进行厂内质量复查。通过复查,使大家再次受到质量第一的教育,同时解决了复查中发现的质量问题,并做好各项准备工作,于 1963 年 11 月顺利通过国家鉴定及定型。

“33”产品通过试制虽已合格,但是问题还没有彻底解决,已经攻克的技术质量关有些还不够稳定,新的技术问题又出现。如加工报废率高、性能不稳定、加工裕度过紧等问题仍需继续改进提高,达到产品质量稳定。

2. “33”产品鉴定合格后的改进提高

1963 年,“33”产品在湘潭电机厂试制成功,受到上级表扬和奖励。同时要求工厂为今后批量生产做好准备,不断充实完善,使军工生产具备一定规模,承担新的任务,成为舰艇和军用船舶电气成套设备的制造基地。在新形势、新任务面前,工厂认识到批量生产的产品质量一定要比试制时高,不能满足于合格,而是要精益求精。因此,在试制的基础上,应用新的科研成果对产品质量进行了不断的改进和提高,同时对苏联原来未能解决的技术问题,大部分也都做了比较好的解决。

(1) 改进电机绝缘结构和绝缘材料

“33”产品是仿苏 50 年代的产品,在试制过程中规定“按葫芦画葫芦”不准擅自改动。通过鉴定合格出厂使用一段时间之后,发现不少质量问题,电机绝缘结构和性能差就是问题之一。为此,作了一些改进,使电机允许的长期工作温度,由 120 摄氏度提高到 130 摄氏度;增强电机在湿热环境下的抗潮能力,提高了电机绝缘和换向性能。

① 采用新型环氧玻璃粉云母带代替沥青云母带。1966 年 2 月,新绝缘材料 ET0A 环氧玻璃粉云母带(即环氧桐油酸酐粉云母带,现型号 5438-1)通过鉴定。这种云母带属热固性 B 级绝缘材料。工厂技术人员周福行、马学贤建议采用其制造“33”产品电机成型线圈。这样可以避免线圈发胖及受热熔溶等弊端,还可以减少片云母的进口,为国家节约外汇。但由于军工产品一经定型之后,在没有足够的试验数据时是不允许变更材料和工艺的。经过一段时间酝酿,并做了一系列模拟试验以后,于同年 9 月被批准先在舰用直流幅压电机上试用。经试用证明,这种绝缘材料确实具有优越性能。1967 年开始全面推广应用,从而使电机线圈绝缘等级由 A 级提高到 B 级,并一直沿用至今。20 多年的实践证明,ET0A 环氧玻璃粉云母带确实是一种性能优异、质量可靠的 B 级电机线圈绝缘材料。

② 应用环氧无溶剂浸渍漆。“33”产品主推进电机绝缘处理,原来采用浸 1260 醇酸树脂漆,后改浸 3404 有溶剂漆。按照苏联图纸资料规定,需在浸漆后烘焙 5 次,再喷涂灰色瓷漆 1 次,不仅绝缘处理周期长(浸漆 1 台电机需 15 天),而且电枢槽口经常出现绝缘层开裂,影响防潮性能。1969 年,工厂马学贤、周福行应用国内刚刚研制成功的 5151 环氧树脂无溶剂漆于“33”产品电机上,并纳入工艺。

这种漆由环氧树脂、不饱和聚酯酸酐及活性稀释剂等组成。其特点是烘焙温度不高,干燥时间短,采用活性溶剂(溶剂参加化学反应),固化后漆膜中不留微孔,具有较好的抗潮能力及机电性能。从此,电机绝缘处理由 5 次浸漆改为 3 次浸漆,缩短了浸烘时间,同时还取消了喷灰瓷漆的工艺。这项新工艺,提高工效 1 倍多,并减少漆膜开裂现象,提高电机抗潮能力。

③ 实行磁极铁芯、线圈一体化。磁极是电机上重要部件之一,它由线圈和铁芯两部分组成。磁极线圈过去浸沥青胶,存在软化点低、工艺复杂、绝缘性能差的缺点。

1964~1966 年,七一二研究所黄治国等研制成功整体型环氧磁极线圈结构,经湘潭电机厂同意将其应用于产品。这种结构是浸环氧无溶剂胶,用耐热酸酐作固化剂,从而提高了耐热性。磁极铁芯用 5438-1 环氧玻璃粉云母带包扎,经热压成型。磁极线圈和磁极铁芯装配后,其间隙先用快干胶及玻璃丝带密封,然后将磁极预热,在热态下灌环氧无溶剂胶。采用整体灌封后的磁极具有很好的抗潮力,质量稳定可靠。原苏联文件规定每套“33”产品要附 1 件磁极作为备用品,经过改进后,使用部队要求取消这件备品。

④ 电机电枢采用玻璃钢绑扎。1966 年初,工厂周福行、马学贤将电机电枢端部绕组改用玻璃增强塑料固定线圈。这种材料比重小,强度高,单位重量比强度是钢丝的 1.7 倍。因是非金属材料,可以减少漏磁,提高容量,改善电机换向性能。当时,国内还没有大径向密度的定向带,更无纬纱的定向带,只好选配其它材料,在舰用直流幅压电机上试用。经运行约 6000 小时后,进行解剖观察,情况良好。1967 年 3 季度,与海军驻厂军事代表研究,决定采用长沙玻璃纤维厂的无捻粗纱(即未加捻的玻璃丝束),绑扎几台舰用直流幅压电机,采取边绑扎边上胶的办法,工艺简单,性能良好。这种绑扎工艺逐渐扩大到“33”产品的其它电机上应用。绑扎带工艺经历了大径向密度的定向上胶带、无纬上胶带、无捻粗纱等代用材料,直到 1969 年才试用以玻璃钢作主推进电机电枢端部的绑扎箍。但也曾发生过纵向微裂问题,后采用纬向增强的办

法得到解决。至于电枢槽部由于运行时温度高于端部,若改用玻璃带绑扎,则要求玻璃带能承受更高的温度和抗拉强度,实现的难度更大,当时国内尚无资料报导过。直到1970年,七一二研究所杨仲翔等在“035”主推进电机电枢槽部使用自己研制的高强度环氧无纬玻璃丝带绑扎成功后,工厂于1971年在“33”主电机的槽部也采用了无纬玻璃带绑扎。应用至今已近20年,尚未发现绑扎箍有损坏情况。

自应用新绝缘科研成果,更改电机绝缘结构和材料以及改进相应工艺后,原来耐潮能力差,耐热等级仅为E级的“33”主推进电机,经过5~6年的努力,由原来以棉、麻、丝、绸、沥青、云母片为主的绝缘系统,改成为以无纬玻璃纤维、环氧树脂和粉云母为主的绝缘系统,不仅把耐热等级提高到B级,还增强了电机耐潮、耐热性能,延长了电机的使用寿命。如东海舰队西沪港275艇,因操作不当,造成主推进电机全部浸泡海水。工厂及时派人到现场抢修,经冲洗烘烤后,又恢复正常功能。这一事实说明改进后的电机绝缘结构是优良的。

(2) 研制灭弧室新材料

“33”潜艇电气控制设备配套用自动开关灭弧室材料,要求绝缘性能好,分断能力强,机构性能达到国家一级冲击、振动标准,能承受热骤变,即能在1300摄氏度烘炉中置30分钟后投入冷水中,连续5次不开裂,干燥后吸水率不大于8%。

按苏图要求采用陶瓷灭弧室,当时国内还不能制造。“33”产品试制时,根据实际情况,采用石棉水泥代替陶瓷材料。石棉水泥灭弧室虽然变形量小,可以加工,但吸水率高($>15\%$),绝缘及耐电弧性能差,灭弧困难,电弧烧灼后起层剥落,压制合格率仅达20%。由于上述原因;在做极限分断能力试验时,电弧稳定燃烧时间最大达到126毫秒以上,触头磨损严重,喷弧距离超过技术条件规定的230毫米(实际达到280毫米)。临界电流10~100安、440伏还分不断,330伏有时也难于分断。通过工艺手段采取一系列措施后,才基本达到使用要求,但很不理想,成为重大技术关键。1963年“33”产品鉴定定型时,成为遗留问题之一。

1963年,一机部将陶瓷灭弧室研究课题下达西安电瓷研究所。该所胡文积极开展材料配方研究,湘潭电机厂派工程师倪裕祯、夏正清等人参加。1964年,湘潭电机厂与湘潭电机专科学校也开展了陶瓷灭弧室的研制协作,开始采用堇青石作试棒试验,后又利用石棉水泥灭弧室的压模进行压制,经过多次试验,冲击性能只能达到二级水平。但它具有很好的电气性能,产品在极限分断时,弧区小于160毫米。但因堇青石材料收缩率难以掌握,试制未获成功。后因“文化大革命”的冲击,研究工作停止。

为推进陶瓷灭弧室的试制工作,1967年湘潭电机厂又派汪国华与西瓷所签订试制协议。首先进行材质研究,开始用堇青石压制样品,但收缩率难控制,质量差不能用于产品。正在这时,有一套苏联生产的“33”产品运到湘潭电机厂修理。为弄清材质问题,对这套产品的电气系统进行了解剖分析,发现其中自动开关灭弧室材料为堇青石整体制成。从中抽出两件作冲击试验,最好的一件只冲击4锤(标准为9锤)就破碎了。作分断能力试验时,断弧性能比较好,但表面出现玻璃化发脆。这就证明,苏联用堇青石作原料的灭弧室,机械强度也没有达到技术指标要求。1970年,西瓷所总结多年研制经验和成果,决定重点研制以刚玉瓷为主体进行配方,样棒冲击强度在1.8~2.5公斤/平方厘米,样品在“33”产品上经受了一级冲击和振动考核合格,分断能力6万安以上没有发现异常现象。由于成型工艺还不十分成熟,产品尺寸很难达到图纸要求,加工困难,成本又高等因素,未进一步研制和推广应用。根据1967年与西瓷所的研制协议,又开始采用三氧化二铝(通称莫来石)为主体的材料配方进行试验。这项试验得到一机部大

力支持,试制组拟定 140 多个配方,经 8 个多月试验,最后挑选 4 个配方,借用“035”产品模具压制出 4 种不同配方样品,分别进行分断能力试验,虽能满足技术条件,但变形很大,合格率很低,冲击试验性能也不稳定,存在问题难于短期解决。

1980 年,湘潭电机厂与西瓷所协商,将课题转让给湘潭市电器瓷厂继续研制,课题负责人是湘潭电机厂汪国华,并得到驻湘潭电机厂军事代表室的大力支持。转让到该厂后,重点突破收缩和变形问题。经过分析过去研制情况,一个一个问题进行剖析解决。首先在配比中增加一定比例的熟料,使制品收缩率尽最大可能降低;采取半干法成型,即在烧结前,坯料已经干燥到一定程度,达到减小变形的目的;控制含水量不超过 8%;选择合适的成型压力,保证坯料的致密程度;掌握好坯料的干燥速度和控制烧结升温过程均匀性。

通过近 3 年的反复试制,摸索出一套适宜的材料配比和工艺方法,使陶瓷灭弧室的试制终于获得成功。1982 年 9 月~11 月,按型式试验程序进行全面试验,结果是:

振动、冲击,都达到国家一级标准,损坏很少。

临界和小电流分断试验,按技术条件和标准,在电流 10~150 安范围,分断性能良好。

极限分断能力试验,由于陶瓷材料吸水率很低($<8\%$),电阻率高,分断电弧时,弧壁受热蒸发水份少,这样窄缝式灭弧室内腔阻力低。在同样的电磁力情况下,电弧运动速度快,且逆弧可能性少,电弧被灭弧室急剧冷却而迅速熄灭,从而触头电磨损少,触头附近绝缘支持件表面未受到电弧烧伤,分断后开关具有较高的绝缘电阻,弧区由 250~280 毫米缩小到 230 毫米以下(实际小于 180 毫米)。

电器技术人员王亮初,考虑到实际使用中,往往是偶然事故多,特点是受潮严重,绝缘电阻低,另外电弧急剧加热灭弧罩,且位置不同,受热不均匀,产品材料在这种环境条件下应不开裂。为此,决定人为模仿这一实际情况,将灭弧室先置于湿度大于 90%的环境里约 50 小时,然后在室温下放置 24 小时,再突然进行 40000 安电流分断能力试验,分断后没有发现任何异常现象,情况非常良好。终于解除了 20 多年来一直担心潜艇在恶劣环境条件下能否可靠切断事故电流的顾虑,保证电力推进系统安全可靠运行。

陶瓷灭弧室除机、电性能优良外,压制成品合格率也高,从而填补了中国高冲击强度陶瓷灭弧室生产的空白。

(3) 改进蓄电池开关板短路脱扣器结构

蓄电池开关板的保护性能,关系到潜艇能否安全供电的大问题。潜艇中的蓄电池组和电力装置等设备,在线路出现短路故障时,均依靠各控制板中自动开关的短路脱扣器动作,断开短路电流,制止事故扩大,保护人身和设备安全。“33”潜艇电器设备中 A 型自动开关,AB-2 蓄电池开关板,TBY、TBZ 主控制板电磁保护系统过载短路脱扣器的调试整定,根据苏联调整守则整定,实际应用中存在问题。1963 年,“33”产品定型时作为技术遗留问题。1965 年,工厂成立有倪裕祯、龚惠民、周成柱等人的攻关小组,先后对 8 台自动开关、4 台蓄电池开关板、4 台主控制板的脱扣器进行过 100 多次板内板外调试整定,得到 1000 多个整定值,通过分析论证,总结出一套脱扣器整定值和调试方法,并制订出我国潜艇脱扣器调整守则,保证了 A 型自动开关单台出厂装艇后的稳定性和可靠性。由于当时没有低压大电流试验电源,短路脱扣器并联调整在工厂仍未能得到解决。1969 年底,海军装备部调拨一套(224 只)退役铅-60 蓄电池组给湘潭电机厂,作为试验时用低压大电流电源。这时,工厂才着手“33”主控制板、蓄电池开关板的短路脱扣器并联保护性能调整试验。按照苏图和调整守则,短路脱扣器装于 2、3 极作单极串联

调试,试验电流 14000 安,以代替 28000 安并联验证。在解决大电流设备之后,工厂组织俞立初、王景芳等人进行验证。验证的方法是将 1、2 极和 3、4 极分别并联,然后再串联,进行 28000 安验证。试验一开始就发现导线的数量、安装位置、间隙距离以及周围铁磁物质的异常变动,都对短路脱扣器的动作电流影响很大。为消除这些因素的影响,工厂按照实艇安装情况做了一个模拟试验台,凡出厂产品调整试验均在模拟试验台上进行,合格后才允许装艇。1971 年底,用调整试验合格产品到安游基地进行实艇调试,在艇上利用柴油机带动主电机,作大电流电源。经出海验证,开始艇处于静止漂浮状态。当闭合蓄电池开关板,操作主控制板以电动机工作制全速航行时,电流最大只有 20000 安,因不能继续增大,整个试验未达到并联验证目的。1972 年 2 季度,决定在老虎尾基地实艇上,对蓄电池开关板继续进行串、并联验证。在做完串联调试后,把艇内蓄电池接成 24 伏,进行并联验证。当试验电流达到 34000 安时,短路脱扣器不动作(技术条件规定动作值为 $28000 \pm 10\%$)。通过这次试验证明短路脱扣器保护性能存在严重问题,也充分证明按苏联调整守则,单极串联调整不能代替并联调整。带着这个问题到北海舰队访问,发现苏联后期生产的“33”产品(114 艇)上装的蓄电池开关板短路脱扣器,已由原来 2、3 极改装于 1、4 极,这对正在摸索短路脱扣器性能问题攻关小组确实是一个极大的启示。这一改变使两个短路脱扣器之间的距离由 220 毫米增加到 460 毫米,无疑能使磁场的邻近效应降低。按照改装后的方案,在工厂模拟台架上通过 1000 多次调整试验,并联验证基本能满足 $28000 \pm 10\%$ 动作的要求,而且满足了串联——并联对应关系。按照技术条件的规定,产品结构改变均应作全面的型式试验,验证合格后,才能定型通过。因此,工厂对于该开关板的保护性能,认识并没有完结。为了进一步研究该开关板的分断能力,按照形式试验要求的内容,于 1973 年将短路脱扣器改装于 1、4 极的蓄电池开关板,运到七一二研究所进行分断能力型式试验中,发现该开关板在单极串联 30000 安分断时,短路脱扣器拒绝动作(应是 $28000 \pm 10\%$ 动作),这一情况的出现,使全体参试人员感到疑惑难解,束手无策。产品运回工厂后继续进行多次验证试验,发现单极试验电流小于 30000 安脱扣器工作正常,但大于 30000 安就不动作(称为“拒动”)。通过试验确实证明问题的严重性,也是从来没有预料到的关键问题,同时明显地暴露出苏联原设计中的一大缺陷,也充分说明了前段时间调整试验的所谓合格是一个假象。

该开关板实际是并联使用,但并联结点在主控板上,中间连接有 40 多米长的电缆,故不能完全排除单极串联的可能性。为了解决这一问题,工厂成立了由工程师赵华甫组织,有罗锡衡、龚惠民、周成柱、王亮初、俞立初和工人王景芳以及军事代表程祯瑞、戴立正等参加的三结合小组,走访许多科研单位、高等院校,一致认为在大电流下电磁脱扣器出现“拒动”现象,至今还没有见过,文献资料中也从未有记载。回厂后继续探索和试验,通过在大电流情况下对各部分磁场的测量,发现短路脱扣器的有效磁通在单极 25000 安时,出现临界点。即电流大于 25000 安时,磁通随电流增加,有效磁通反而减小。因此,当电流达到 30000 安时,有效磁通已不能使脱扣器动作而出现“拒动”。经过 1 年多时间,先后对 12 台开关板采取更改有关结构和合理布置母线等措施,经 53 种方案,2200 多次通电试验,在反复研究试验的过程中,找到了解决问题的方法,并弄清了自动开关短路脱扣器拒动原因是主触头和短路脱扣器的结构问题。因为在大电流情况下,流经主触头的电流产生强大的磁拉力,此拉力随电流的增大而增大,在该区域内阻止短路脱扣器铁芯动作,使自动开关产生拒动。本着有利于生产的原则,尽量少改变产品原来的结构,在保持外形尺寸不变的情况下,改进了开关板下部主母线布置,使之有利于脱扣器动作。改进理由是借助母线电流产生的磁拉力,补偿短路脱扣器有效磁通的磁拉力,以达到平衡

由于流经主触头电流所产生的磁拉力。自更改母线的走向安装位置以后,作了4次试验,能稳定达到技术条件要求,在40000安时仍能可靠动作(实际试验达60000安)。前后经4年多艰苦努力,终于解决了原苏联设计中一直没有解决的重大技术关键。从1957年3月开始,按“三部”联合通知,“33”产品的制造按短路脱扣器装于1、4级,开关板内下部母线按工厂更改方案生产。并决定已出厂产品一律借助潜艇大、中修期间,将蓄电池开关板运回到工厂改装。

后来,七一二研究所施德金和湘潭电机厂有关人员在设计“035”水冷自动开关和空冷自动开关短路脱扣器时,按照1973年对拒动的分析意见进行方案构思,获得了一次成功的效果,其动作误差在原来 $\pm 10\%$ 的基础上降低到 $\pm 3\%$ 。这是在没有采用无触点元件或微处理机技术情况下,充分运用电磁机构的结构简单、动作可靠等优点而实现的。

(4) 解决弧触头下垂问题

A、B型开关,根据使用操作的性能要求,分别按部位安装在控制板上,其方向有顺装和倒装两种结构,因此带来弧触头也有正、反两种方位。1964年11月,“33”产品定型后时间还不太长,在装配好的控制板中,发现倒装在开关上(即动弧触头朝上)的部分动弧触头下垂,与静弧触头碰撞接触,应该分开的间距消失,不能断开,而触头相互之间又不存在压力,处于似是而非的接触状态。一旦通电使用,就有可能导致触头烧坏,甚至动、静弧触头熔溶焊在一起,使开关不能断开,造成重大事故。经过仔细检查,主要原因是在软连接导电片制造过程中,因气焊温度过高,导致退火变软,产生永久变形而失去弹性。后经对苏联生产的产品进行检查,也存在类似问题。为消除这一现象,唯一措施就是使软连接导电片具有优良弹性。工厂由蔡信凤负责对原零件结构进行改进,同时变更工艺方法。新设计的零件形状较原来复杂,只好用专门夹具弯曲成形,焊接部位加工艺倒角及两个沉头铆钉,先铆牢,后铣平端面,再熔溶焊接。改进后,问题得到解决,经装配试验,再没有发生弧触头下垂现象,并对已出厂两套产品进行更换,从而消除了“33”潜艇运行中可能发生重大事故的隐患。

(5) 主推进电机轴承温升和室温关系的试验研究

“33”主电机纵倾 7° 时轴承温升,冬天偏高,夏天却偏低,这是工厂生产该型电机以来就存在的问题。国家鉴定后,鉴定委员会责成七一二研究所、驻厂军事代表室和工厂共同研究,找出轴承温升在不同气温条件下的修正系数。之后,七一二研究所派韩永田等和军事代表室、工厂一同组成试验工作组,确定研究试验方案,并即投入试验。经1个月的工作,进行了20几个周期的试验,得出1组轴承油温与室温变化关系曲线。后又进一步为验证这一曲线规律的广泛性作了大量工作,从而奠定了确定修正系数的基础。

(6) 主推进电机机械特性上翘问题探讨

“33”主推进电机机械特性苏联技术条件未作要求,试验大纲中也无此试验项目。但对一般电动机而言,机械特性是必作试验。这种电机为何不作要求,一直不清楚。

1963年,国家鉴定时作为遗留问题之一,交七一二研究所研究。该所夏冠博等对此作了理论分析研究,得出结论认为在工厂所作之机械特性曲线不是电机实艇运行情况,未考虑蓄电池电源特性及线路压降两因素。基于上述情况,可以认为推进电机的机械特性曲线仅是理论性曲线,无实用价值,故无需测试。

(7) 主推进改革电机(简称革新电机)

1971年,湘潭电机厂三分厂根据1970年9月铅—80电池产品鉴定会议纪要(7079会议)附件中有关提高现役“33”潜艇用设备能力的精神,对“33”产品主推进电机进行重大改革。工厂

成立以殷叔勋为主,有胡安静、徐德祥和颜国荣等参加的主推进电机改革攻关小组。在改革中贯彻了“体积小、重量轻、结构简单、使用方便、效率高、质量好”的原则。于1972年初完成改革,经工厂台架试验性能符合原“33”主推进电机的技术条件。

① 将原来主推进电机的双层机壳改为单层机壳。电机双层机壳不仅耗费钢材,更重要的是给工艺制造带来困难,如焊接问题、机座轴孔中心金切加工时同心度问题、装配以及其它一些问题等。采用单机壳,上述问题就简单得多了,但也带来电机绝缘结构和材料要求高的新问题。在改单机壳中,工厂马端初曾就焊接工艺、机壳变形、裂缝、透焊等方面,采取过一系列改进措施。

② 采用绝缘新材料、新工艺。主极线圈采用双玻璃丝包扁线绕制,再浸渍环氧无溶剂漆,提高匝间耐电压性能,主极线圈和主极铁芯采用环氧无溶剂漆加填料浇注。经过试验证明,匝间耐电压水平比较高,在常温下主极线圈对地经受8000伏1分钟耐压试验无击穿现象。在浸水24小时后,仍能保持对地5000伏耐电压水平。实际证明,改革后主推进电机耐潮绝缘性能比改革前有较大提高。

③ 提高功率。主推进电机由原1350马力提高到1600马力。经试验结果表明,换向火花符合规定,轴承运行正常,无漏油现象。

此外,还有加热器、刷架绝缘结构以及其它方面的改进。

1972年12月3日至8日,召开了“33”主推进改革电机的鉴定会,参加会议有28个单位41名代表。湘潭电机厂介绍了改革电机试制过程和型式试验情况。代表们审查了技术资料 and 样机,抽试了主要型式试验项目,一致认为主推进电机改革后,简化了结构,提高了绝缘性能,减轻了重量,节省了材料,减少了加工工时,缩短了生产周期等,符合多、快、好、省精神,经型式试验性能符合技术条件要求,一致同意改革电机出厂装艇试验、使用。

3. 团结协作,大力支持

“33”产品的试制成功,还与各方面的团结协作,大力支持分不开的。

试制期间,有许多必需材料没有列入“0”字专案计划供应,生产遇到很大困难。一机部先后在北京、哈尔滨、湘潭组织3次部直属企业物资调剂会议,各厂都毫不保留地把库存帐册带来,优先满足“33”产品的需要,从而解决了一些特殊材料的供应问题。

太原重型机器厂承担主推进电机大轴锻件的制作。1961年以前,用碱性平炉炼出的钢夹杂物过多,锻件机械强度和金相组织达不到要求,后改为电炉炼钢,锻造质量好转,合格率提高。到目前太重厂一直与湘潭电机厂保持协作关系,保证了主推进电机大轴锻件的供应。

武汉锅炉厂长期担负着主推进电机机壳焊接任务。机壳焊接后,所有主要焊缝都需经过X射线透视检查。该厂是压力容器专业生产厂,焊接技术是比较过硬的。为了保证机壳的焊接质量,该厂把唯一的1个高级焊工派来进行操作。到1980年,该厂共为湘潭电机厂生产主电机和经航电机机壳270件。

上海电器科学研究所为使中国自己制造的潜艇早日下水,在试验设备受到容量限制的情况下,千方百计采取措施,在不到半年的时间里,将原来只能做20000安的试验设备,改制成能做40000安的试验设备,解决了A型自动开关分断能力试验的难题,保证了“33”产品按时定型的要求。

中南矿冶学院在繁重的教学任务中,积极开展科研试验。经过几十个配方配比方案,成功地研制出用于开关弧触头的银钨合金,使开关大电流分断能力达到80000安的先进水平,解决

了开关元件材料中长期存在的技术难题。

在研制工作中,海军舰艇部队、广州军区、哈尔滨电碳厂、上海电机厂、广州电器科学研究所、上海华球电表厂、桂林电科所、湖南大学等几百个单位,都给湘潭电机厂以大力支援和协助。

二、自行研制的第一代“035”产品

“035”潜艇是根据对“33”潜艇水下最高航速偏低,不能满足战术使用要求,决定在“33”潜艇的基础上进行改进设计,使小时水下最高航速从 13 节提高到 18 节以上的要求进行研制的。也是中国自行设计,独立制造,全部采用国产配套产品和器材的第 1 型常规动力潜艇。

由于总体构思是本着改进、提高的原则,从这点出发,要达到上述规定的指标,在设计和制造上必然要采取一系列特殊措施才能满足要求。其中一个极为重要的措施,就是在提高电力推进装置功率条件下,对设备占用的空间大小给予严格限制。换言之,就是要求“035”电力推进设备在潜艇上占用的空间体积,与“33”电力推进设备在潜艇上占用的空间体积基本相同,而推进总功率则是“33”潜艇的 2.6 倍。因此,设计时必须采取一些特别措施。

例如,采用较先进的技术,合理地提高设计参数,尽可能地提高单位体积重量的出力,从而保证主推进电机和主要电器元件做到体积小、重量轻、容量大。同时尽最大可能借用“33”产品的电器元件和利用已有的结构件,以提高零件的通用性和减少工艺装备的重新制造。

七一二研究所在设计前及设计中,曾进行了一系列研究、试验、分析计算及试制工作。主要有“33”主电机及经航机提高出力、电机主磁极环氧弹性胶整体浇注、“33”主电机短路性能、电枢绕组局部槽楔固定、冷却器绕簧元件散热性能、后倾式风叶通风机性能等试验,主电机大轴分段、单机壳结构分析计算,控制板马氏机构电动操作及水冷系统研制与试验,以及可控硅励磁斩波器和灭磁反向开关等研制。这些工作为“035”产品设计方案的确立起了基础作用。

(一)“035”产品的研究设计

1. 推进系统功率的确定

根据海军和七院对“新艇要尽量提高水下航速,其他方面以不低于‘33’艇为原则”的指示精神,提高推进系统的功率成了首要问题,而推进系统功率的提高,又需和总体研究所以及其他有关方面共同磋商。同时,还要考虑到国家现有技术水平,特别是潜艇蓄电池的研究与生产能力。

在确认艇体尺寸与“33”艇体大体相当的前提下,经过与总体所等共同磋商,初步提出以下 4 种推进系统功率方案:

- (1) 3500 马力三轴方案,水下航速可达 19 节;
- (2) 2500 马力两轴方案,水下航速可达 17 节左右;
- (3) 4000 马力两轴方案,蓄电池用铅-90 型,水下航速可达 19 节;
- (4) 3500 马力两轴方案,蓄电池用铅-80 型,水下航速可达 18 节以上。

论证最终选定方案(4),即 3500 马力两轴。因为该方案既满足海军战术技术性能要求,同时从蓄电池的研制考虑,短时间内研制出铅-80 电池的现实性比铅-90 电池大(铅-80 电池 1 小时放电率为 8000 安时,铅-90 电池为 9000 安时,两者外形尺寸及使用寿命要求与装“33”潜艇的铅-1 型电池相同)。

2. 主推进电机的研究设计

“035”潜艇主推进电机研究设计时,七一二研究所是在充分了解总体要求的基础上,先进行方案设计。在设计过程中,详细分析了苏制产品的优缺点,同时收集了制造厂和海军使用部门的意见,制订出设计方案,提出研究课题。其设计指导思想是使产品在技术指标上具有世界先进水平,同时在材料和工艺上立足于国内。由于产品的研制周期较长,加上“文化大革命”等一些原因,七一二研究所参加此项目的技术人员共有数十人,主要负责人先后为王肃隼、刘定寰、李忠武。

主推进电机设计上的主要特点如下:

(1) 电枢选用蛙式绕组和环氧粉云母带绝缘

“035”潜艇主推进电机系大型多工作制直流电机,既要作电动机运行,又要作发电机运行,为此电枢绕组型式的选择极为重要。

首先要考虑的是,在一定的导体数下能获得最大的电势;其次要具有好的材料利用率,也就是所需的材料重量轻,运行能量损耗小;其三是换向火花小,运行可靠。基于这些,设计决定选用蛙式绕组,因其本身具有均压作用,无需另加均压线,从而节省用铜量,同时提高了运行的可靠性。

确定采用蛙式绕组,还采取了一些配合措施。例如,为了有利于电机的换向和减少磁噪声,在直径 990 毫米的电枢圆周上,尽量采用较多的槽数,使电机运转时气隙磁场的齿脉动小;电机结构参数尽量合理选择,使绕组对称,达到每对支路占有的磁极数、实槽数、元件数为整数。

电枢齿槽形状设计,曾作过直形槽和阶梯形槽的分析对比,结果因阶梯形槽需用两种不同规格的导线,槽部绝缘及槽形加工复杂,最后选用了直形槽。

每槽导体片数的选取,设计人员也反复考虑过;槽片数太多,导线细,槽的利用率低;槽片数少,导体粗,加工绕制又困难。经多方比较最后选取槽片数为 2,既有利于换向性能,同时线圈的制造上也是可行的。

设计的蛙式绕组还选取了全距、异槽式,这样不仅可以达到在一定导体数下获得最大的电势,又可对短路元件起阻尼作用,有利换向,同时采用异槽后电抗电势波形平坦,可加宽电刷。

在电枢绕组选用绝缘材料方面,经过广泛深入的研究比较,决定放弃历来采用的优质片云母带,大胆选用我国刚研制成功的环氧粉云母带新材料,以期达到材料立足国内。为确保产品质量,设计人员专程赴湘潭电机厂进行绕组包扎试验,厂方邱忠庭工程师和成功老师傅组织车间内最优秀的操作人员反复进行试包、成型,并作大量电气强度试验,经确认工艺可行和质量有保证后,才确定采用粉云母带绝缘技术,这在军工产品上当时尚属首创。

(2) 电枢绕组采用环氧玻璃带固定

一般直流电机电枢绕组的固定方式,槽部用胶木槽楔,端部用钢丝绑扎。这种结构对电机的换向性能不利。“035”设计开始时,王肃隼曾大胆提出局部槽楔的新设想。这是一个创造,从理论上讲可行,它有利于提高电机的换向性能。设计人员在湘潭电机厂配合下,曾用铜片、钢片、玻璃钢等多种材料制作了形状各异的局部槽楔,并且在模拟电机、牵引电机等电枢上进行过多次验证,证实了可行性。但考虑到工艺和检验上还没有成熟的质量保证措施,加上“035”电机装配迫在眉睫,从稳妥万全出发,最后不得不暂时放弃这一设想。

后来,经绝缘组杨仲珊等共同研究,决定在电枢表面车一浅口槽,用该所绝缘组研制的脂环族环氧无纬玻璃丝带绑扎固定槽部绕组,终于获得成功。这样的结构,基本上保持了局部槽

楔的特点,使换向元件中的电抗电势下降 10%,改善换向质量,以及使电枢绕组上层边大部分裸露在电枢表面,冷却风可直接与电枢绕组外表面接触,有利于冷却;同时,绝缘漆很容易浸入电枢绕组与槽之间的空隙,也提高了绝缘性能等要求,制造方便可靠,只是电机的材料利用率略逊于局部槽楔结构。

(3) 大轴采取分段结构

潜艇主推进电机由于受舱室空间的限制,直径不可能太大,故都采用双电枢结构,但又导致转轴长度比同容量的单枢电机约长出近 2/3,而两轴承间距要长 1 倍多。同时,从潜艇轴系安装要求,转轴要有中心通孔,从潜艇对设备的要求,转轴在运行可靠的前提下,还应体积小,重量轻。

由于轴长,轴承间跨距大,转轴就要有较大的刚度。对转轴而言,刚度相同时,空心轴要比实心轴轻,从保证材质看空心轴也优于实心轴。

轴颈尺寸大小,主要由电机扭矩决定。轴颈尺寸,又直接影响轴承尺寸,影响电机的体积和重量,所以轴颈尺寸不宜选大。轴颈处的中心孔,由于受轴颈强度的要求,又不能开得太大。

基于上述情况,潜艇推进电机应采用空心轴,同时空心轴的中心孔应该是轴颈处小,轴中段处大。经过设计“035”主电机转轴颈处中心孔为 $\varnothing 150$ 毫米(每端孔长 1000 毫米),中段处中心孔为 $\varnothing 400$ 毫米(孔长 2270 毫米),轴总长 4270 毫米。这样长的中心孔在整根锻轴上是难以加工出来的。

为解决这一问题,设计人员王肃隼、于永先等大胆提出分段轴的结构,并先后考虑了分两段、分 3 段等多种方案,分两段又考虑了从中间分或从端头分等不同分法,段与段之间的连接则考虑了焊接、螺钉加柱销以及用键连接等多种方式。经反复论证、比较及计算,最后选用了 3 段轴结构。先将各段的中心孔加工完,然后用螺栓紧固,加柱销传递扭矩,使 3 段轴连为一个整体。为缩小轴颈,达到借用已有的轴承设计图纸,还采取了一根轴由两种材质组成的设计。即要求强度高的两轴颈段,用 34CrMoIA 材质,要求刚度大的中间段,用 40A 材质。大轴分段的结构,在陆用电机上早有应用,但在潜艇推进电机上应用,“035”则是首创。这一新结构使电机的电枢重量减少近 1 吨,而且轴承设计可借用成熟的现成图纸,大大缩短了设计周期。

(4) 主极加补偿绕组

大型直流电机为保证换向性能,一般都加装补偿绕组。船用电机特别是潜艇推进电机,由于受空间的限制,同时考虑到结构、工艺和维修上的复杂性,一般都尽量避免。如苏制“33”、“31”潜艇推进电机就没有装补偿绕组。

“035”主电机由于容量大,电磁负荷参数高,在电枢铁芯用整张冲片且直径已达 990 毫米的极限尺寸下,只有主极采用补偿绕组才有可能得到满意的换向性能。为了克服结构上的困难,设计人员精心设计结构方案,做到使绕组的空间布置尽可能合理,力求缩小轴向长度,同时考虑到电机装在潜艇上的拆修方便,绕组槽部与端部间的接头采用螺钉联结。

(5) 磁极线圈采用整体浇注

苏制“33”主推进电机磁极线圈浸沥青胶,铁芯用云母带包扎,线圈装配于铁芯上后,间隙填塞云母板。这样的绝缘结构,电机在运行中可能发生浸胶软化,甚至流胶现象;长时间运行后线圈可能变形,或发生两极相碰堵塞风道。为此,七一二研究所绝缘组黄治国等研究出一种环氧弹性浇注料,对线圈进行灌封,使其与磁极铁芯一体化。他们同时对浇注料的配方、浇注工艺、浇注模及浇注线圈的质量进行反复试验。试验证明,新结构线圈温升比老式沥青结构低 10

摄氏度以上,显著改善了线圈的导热性能,同时耐潮性能提高1个数量级以上。弹性胶在线圈温度变化过程中,能随线圈尺寸变化而不发生开裂。这种新型环氧整体磁极线圈成功地用于“035”主推进电机后,从而保证了该电机设计重大改进之一的单机壳取代双机壳得以实现。

(6) 采用单机壳

一般电机只有1个机壳,可是“33”主电机,却有两层机壳这是很特殊的。它不仅结构工艺复杂,体积大,费钢材,而且电机运行噪声也大。但其好处是通过蜗杆和内层机壳外表面的蜗轮,可以使内层机壳在外层机壳内作360°旋转。据设计人员分析,苏制“33”潜艇原始是40年代由德国设计的,当时绝缘材料只有A级水平,即纱包线之类的,用这种材料制作的电机磁极线圈耐热性差,容易老化损坏。一旦发生这种事故,采用双机壳的电机就可以将下半部损坏的磁极转到上半部来,以便在潜艇狭窄的舱室内更换磁极。当时德国的机械制造业很发达,所以设计师采用这办法是以机械制造水平之长,弥补绝缘材料质差之短。

“035”主电机设计时,B级绝缘材料已得到广泛应用,同时还出现了无溶剂浸渍漆及环氧弹性胶等新材料,这样使电机绝缘质量和寿命都有很大提高,新材料新工艺已能确保电机主磁极长期安全可靠运行。为此,设计人员经过充分论证及计算后,在“035”主电机上采用了单机壳结构,从而大大简化了电机的制造工艺,减轻了电机重量达1吨,也提高了电机运行性能。

(7) 设计新型刷架及刷杆

推进电机刷架要求可作用360°旋转,以便维护和更换电刷。“33”主推进电机采用的是蜗轮蜗杆结构,使刷架制造工艺复杂。在“035”主电机上,设计者采用了滑轨、球轴承和压块结构,功能与蜗轮蜗杆相同,但结构和制造工艺简化了许多。

刷杆的刚度,对换向性能影响较大。“33”主推进电机的刷杆长约400毫米,是悬臂式铸铜结构,再通过比较复杂的绝缘结构与刷杆座相连,体积大,重量重,变形明显,直接影响换向质量。“035”主推进电机刷杆,长度也有400毫米,设计人员陈敏庆针对“33”电机刷杆的结构缺陷,改为在刷杆中间部位,通过酚醛环氧压铸件与刷杆座相连,刷杆则用黄铜板弯制成。与“33”相比,这种结构工艺简单、刚度大、体积小、重量轻。

(8) 改进风路结构

“035”主推进电机和“33”主推进电机都是双电枢结构、强迫通风冷却方式。冷却空气从电机中部吹入后,分两路进入前后电枢和磁路,再从电机的前后两端排出。

“33”主推进电机,吹入的冷却风是垂直吹到转轴外表面上。这种结构,风的压头损失大,空气噪声大。为了改变这一状况,根据“035”电机风路特点,设计人员在入风口处的转轴表面上,增加一个“人”字形导风环,使风顺畅地导入电枢风道。

他们还在电枢铁芯上采用了既有轴向通风孔又有径向通风沟的混合式通风冷却结构,这种通风冷却结构在潜艇推进电机上是一个创新。同时,为使电枢绕组沿轴向的温差减小,径向通风沟的沟距设计成不等距的,即进风口端沟距大,出风口端沟距小。样机验证证实,这种结构使“035”电枢绕组的温升明显下降。

电枢绕组端部是温升较高部位,其原因之一是绕组端部构成的圆筒内表面无冷却风通过,无法冷却。在“035”主电机上,设计者设计了扇形齿块,使电枢绕组端部紧固在扇形齿块上,冷却风可以从齿间吹过,从而使绕组端部圆筒的内表面得到了冷却。这种扇形齿块结构也是一个独创。

(9) 通风机采取后倾式风叶

“33”主电机通风机苏原设计是前倾式多翼型,其特点是外形尺寸较小,但效率低(一般为65%左右),且噪声高达106分贝(A声级),不但干扰艇内通话,而且加速艇员疲劳。

自行研制“035”潜艇主电机通风机时,七一二研究所吸取国内外先进通风机研究设计的经验,采用了高效率、低噪声的后倾机翼式通风机。为研制这种新型风机,杨志华等先后设计了6个不同叶型的通风机叶轮,4个不同流线型进风口,两个外形尺寸大小不同的通风机蜗壳。在该所试制工厂的支持下,于1966年完成试验装置和通风机加工,又经过数十次研究试验,终于在1967年7月以最佳通风叶轮、进风口和蜗壳装配成后倾式机翼通风机模型机,并完成空气动力性能试验和噪声性能测试。1972年首次在湘潭电机厂制造出来,装“035”潜艇使用。

这种通风机与“33”潜艇通风机相比,效率提高20%以上。在相同风量、风压条件下,噪声降低8分贝以上。

(10) 重新设计冷却器结构

“33”主电机冷却器容量仅有56千瓦,散热能力太小。设计“035”主电机冷却器时,七一二所与华中工学院协作,对“33”冷却器结构性能进行了试验分析,发现其存在的主要问题是冷却管壁上的绕簧形式不是最好,冷却管的排列不是最佳状态,同时在结构上没有考虑到两端板处的边界影响等。针对这些问题,设计人员蒋全荣、王鹤龄重新对冷却器的绕簧形式,冷却管的数量、长度、排列方式等作了多方案对比试验。同时在结构设计上,注意考虑了两端板处的边界影响。最后研制出的冷却器,虽体积重量比“33”略有增加(体积增加3.4%,重量增加21.8%),但冷却能力增加96%,性能提高显著。新设计的冷却器,可使电机出风口的热空气由63摄氏度降低到40.2摄氏度,带走热量达110瓦,降低了潜艇的舱室温度,改善了艇员的工作和生活环境。

“035”主推进电机由于采取了上述这些设计特点,还一定程度地缓解了潜艇推进电机当时存在的三大难题。这三大难题系指海军使用部门对仿苏潜艇长期存在而未得很好解决的问题,即一是风机噪声大,使艇员通话困难;二是电机舱舱室温度高(有时达45摄氏度以上),使艇员易于疲劳;三是电机绝缘电阻低,有时不能迅速起航。

该推进电机设计的先进性,还可从以下与国外(已掌握的)同类主推进电机技术指标比较表中看出。

3. 电力推进控制设备的研究设计

(1) 推进控制方案与设计

“035”艇电力推进系统功率为3500马力双轴方案确定后,接着进行的是估算控制设备外形尺寸及落实设备方案。按总体估算的艇长比“33”短0.6米,宽度和高度仅增加13%,却要求把功率比“33”增加2.6倍的设备布置下去,设备的形状还要满足总体的实际情况,难度很大。为此,控制板先后设计过瘦高方案、板内部分元件移至板外方案、开关采用水冷或空冷方案等多种。研究优化方案时,需要与总体所共同协调布置。经商量采取总体所张南如室主任等5人直接到七一二研究所和该所周文璋室主任、王肃雕、刘定寰、陈金漠、尹任先等共同办公的办法,面对面地一起讨论。这样提高了工作效率,仅用半个月的时间就解决了布置上的许多难题。如为了改善艇员生活条件,增强战斗力,要在潜艇6舱(电机舱)增设两个床位,但具体布置却要求主控制板缩短100毫米,设备上也难做到。大家在方格图上摆来摆去,把能移开的设备都移开,还是摆不下去。最后通过改变主电机出线盒,把与主控制板之间的挠性联接件相互错开,才布置了下来。

我国“035”潜艇主推进电机与国外同类产品性能指标比较表

国别	潜艇名称	建造日期	主推进电机功率 马力/千瓦	转速 $N_1 \sim N_2$ 转/分	调速比 N_1/N_2	重量 G 吨	体积 V 米 ³	重量指标之一 吨/(公斤-米) ^{3/4}	重量指标之二 吨/(公斤-米) ^{3/4} $\times \frac{N_1}{N_2}$	体积指标 米 ³ /(公斤-米) ^{3/4} $\times \frac{N_1}{N_2}$
中国	“035”	1970年	3500/2575	525~140	3.75	21.5	8.5	37.4	9.95	0.00393
日本	“涡潮”号	1970年左右	4830/3552	204~50	4.08	59.5	27	40	9.8	0.0044
苏联	“33”	1950~1956年	1350/993	420~165	2.54	16.15	6.55	48.6	19.1	0.00775
苏联	“31”	1950~1956年	2700/1986	550~160	3.44	22.9	8.5	50.7	14.72	0.00546
苏联	“31”改	1957年后	4000/2942	375~100	3.75	42	16.85	51.6	13.75	0.00551
说明	1. “035”如采用与“涡潮”号同样的绝缘材料,电机功率还可提高约10%,但当时国内F级绝缘材料尚处于研究阶段。 2. 苏联“31”改1957年台上试验换向未过关,不能出厂。									

在电气线路方案及设备本身布置的细化阶段,设计人员注意到把电气线路与机械结构有机地联系。例如在拟订主电路电枢自动开关保护区时,是把行程转换开关都放在保护区内,还是只保护主电机电枢呢?通过对结构和线路结合分析,发现采用前者会给下步设计工作带来很多困难。于是他们采用了后者,既缩短了控制板的长度,设备内部的布置也相对紧凑合理。又如,在主电路拟定分别控制两舷电池组隔离开关时,是分设两台隔离开关板,用电气连锁两舷串并联开关,还是将两台隔离开关装入一个串并联板内,用机械连锁实现通断程序?设计人员经过集思广益,决定采取机械连锁方案,既节约了舱室空间,又提高了可靠性。因为机械连锁在不少情况下,比电气连锁更为可靠。

控制设计的主要特点是主电器采用水冷开关;采取磁场反向;具有电动及手动操纵和兼有可控硅及变阻器作励磁调节等。七一二研究所参加此项工作的有数十人,其中主要负责人为陈金湧和尹任先。

(2) 采用水冷开关

“035”采用水冷开关的设计方案,是1967年3月在湖南湘潭召开的有七院,海军领导机关,北海、东海舰队,湘潭电机厂,七〇一及七一二研究所等16个单位、159名代表参加的大型技术审查会上正式获得通过的。当时主要认为:一是就开关本体而言,采用水冷却后,比“33”产品通电容量可提高3~4倍,节省了铜材;其二,可利用“33”产品开关的一些模具;其三,从开关的先进性来说,提高容量不是采取将触头按比例放大的办法,而是利用水冷却,技术上是一个突破;其四,从发展来说,采用水冷开关,可为以后研制更大容量推进电机时,选用开关作多途径探讨。采用水冷开关的缺点则是要增设一套水路系统。

潜艇用大电流水冷自动开关的研制工作,七一二研究所开始于1964年。这是一项难度很大的任务,其技术要求是额定电压400伏,额定电流4000安(1小时),分断能力60千安。这样大容量的船用直流自动开关,当时国内尚未制造过,国外品种也为数不多。加之,当时还是与总体(控制板)设计同时进行,因而又增添不少困难。该所参加此项研究工作前后近10人,主要负责人为方国清、伍明燕。

研究工作开始时经分析,决定以苏联AM型自动开关为借鉴物。因为该开关与“33”自动开关相比,容量大,通断能力高,且采用电动储能合闸及触头用轴销导电、电动补偿等新结构新工艺,大大提高了开关的工作可靠性。目标确定后,经设计人员几个月的奋战,于1965年初完成开关样机及水路系统辅助试验设备(包括冷却器)全部施工图。

图纸出来后,面临的困难是制造。当时该所试制工厂刚开始组建,加工能力很低,但接到任务师傅们情绪高涨。大家齐心协力,想方设法攻克一道道难关。例如,产品中有一种模数为“1”的小齿轮,就是在没有专用机床和插齿刀具情况下,用插床及自制插具,以0.1毫米的小进刀量,一点点试插出来的。正是这种奋发向上的精神,鼓舞着他们终于在1965年底试制出两台开关样品。

1966年投入全面试验,开始比较顺利,很快拿下在一定水流量下额定容量最大为1万安的技术数据。10月,赴上海做断流容量试验,这是关键项目。经筛选用两种灭弧罩方案进行试验。试验中,一个方案在分断2万安电流时,被试开关烧坏;另一个方案,在分断3万安电流时也被烧毁。经拆开实物检查发现,开关烧坏是由于极间绝缘强度不够所致。因为在开关分断过程中有游离气体产生,绝缘薄弱的环节,在一定电压作用下被击穿而产生正负极的短路,使开关烧毁。根据这一情况,设计人员在一起开了几次分析座谈会,又到湘潭、上海等地有关电器生

产厂家和科研单位进行调研和查阅有关资料,最后经认真分析,从结构上予以改进,加强极间绝缘强度。与此同时,提出6种形式的灭弧罩,供再次试验时选用。

由于“文革”的影响,当时全所几乎都停工了。但因国家急需“035”潜艇,参加水冷开关研制的这部分人员的工作没有停。1967年开始,他们到湘潭订购零部件,去有关高等院校收集了解行星减速器资料和技术问题,借来测功机在所内进行试验,以及去上海陶瓷二厂配合陶瓷灭弧罩的试制,一去就是几个月,等等。这样在极端困难的情况下,几经周折,搞搞停停,终于在所试制工厂和上海陶瓷二厂的大力协助下,1968年下半年又装出两台样品。这次共设计制作了4种形状的灭弧罩。

1968年底,在上海进行第二次断流试验,经过筛选的两种灭弧罩,均通过7万安断流试验。之后,由于“035”控制设备要求马上交湘潭电机厂试制,于是只得按照已试项目的结果进行全面施工图设计,其他试验项目留待去工厂再做。

当设计人员到达工厂,把产品研制情况如实交底后,立即得到工厂理解与支持。这时设计、工艺制造不分彼此,通力合作,各负其责。要做的试验项目,一经确定,通行无阻,大家只有一个纯朴的想法:把产品快点搞出来,满足海军急需,这就是当时战胜困难的精神支柱。

样品投产试验后,又出现过不少问题。如在机械寿命试验中,就暴露了电动操作机构有缺陷,机构有时不到位,振动大,以致机构松脱,致使寿命达不到要求,等等。设计人员在与工厂、军代表室“三结合”讨论后,依靠集体智慧才得到了解决。产品经试验全部合格后,于1971年底由工厂鉴定认可。

另外,“33”产品在工厂作自动开关脱扣器调试时,发现短路脱扣器动作呆滞,有时甚至不动作。这个发现很重要,脱扣器是自动开关保护的执行元件,一旦发生短路将造成重大事故。“035”水冷开关采用的脱扣器结构与“33”相似,只是调整参数不同,从而也引起了设计人员的警惕,并和工厂一同积极投入这项验证工作。

工厂在这项试验中,动用了大量人力、物力,经过厂内厂外,艇上艇下,几十种不同方案成百次的反复试验及分析,前后历时两年,在总体所积极配合下,终于找到了合理的解决方案(因为要解决自动开关的电磁脱扣器正确脱扣问题,需要开关内部的磁场均匀,为此总体设计时,将原9根电缆改成8根,两舷的主干电缆都为此重新设计)。“035”水冷自动开关的电磁脱扣器,在这一启示下重新设计结构形式,并经多次试验才最后达到了要求。

(3) 采取磁场反向

“33”及“09”等潜艇推进电机的反向,都是在电机电枢回路进行控制。即每个电枢用4台电流等级各等于电机额定电流的非自动开关进行转换。这样多的开关不仅体积庞大、笨重,而且操作力矩很大,操作起来很不方便。

如果改在电机的励磁回路进行控制,即用1台反向开关来换接励磁回路,改变励磁电流的方向,情况就好多了。七一二研究所设计的ZDMI-015/4反向开关,采用对灭弧栅放电的短弧效应原理,比通常采用的对常值电阻放电、对非线性电阻放电、激磁机反接等灭磁方式,具有明显的优点。因栅片近阴极效应的应用,能将开关转换时在负载上出现的过电压抑制在规定值之下,充分利用负载的绝缘性能,有接近于理想的灭磁速度,且开关结构紧凑,联锁可靠。

“035”艇若仍采用电枢反向,双电枢共需8台4000安的非自动开关和1台激磁开关才能实现。这些开关总体积约为0.15立方米,总重量约为150公斤,操作力矩为 4×15 公斤·米。现采用磁场反向,仅需1台反向开关,而1台反向开关仅重42公斤,体积为0.055立方米,操

作力矩为 5 公斤·米,也就是说磁场反向时重量为前者的 30%,体积为前者的 36.7%,有利于主控制板的结构设计,改善了艇员的操作条件,提高了系统的可靠性。

反向开关 1964 年起由七一二研究所李夕训、卓景星着手设计。1965 年在该所试制工厂试制。由于该厂也是首次试制这种产品,因而遇到的困难也不少。经他们与工厂工艺人员袁永芳,工人师傅易建文、黄高、朱长发等共同努力,克服了一个个困难,终于在 1965 年底试制出两台样品。1966 年由卓景星、陈典海、张志良负责进行型式试验和摸底研究性试验。

1970 年分别在湘潭电机厂和上海电器厂正式生产,供海军 162 艇、163 艇使用。七一二研究所张焕云、卓景星、刘学文、杨泉元、尹任先、张志良,湘潭电机厂董汉生、梁泳炎、王亮初和上海电器厂熊斌等参加了此项工作。

“035”首艇试航中发现反向开关存在一些问题,经 1974 年“744”会议正式提出,并限期解决。七一二研究所从 1973 年就开始大量试验,至 1975 年在湘潭电机厂改装出 1 台进行型式试验和实艇试验。在此基础上,1976 年又进行一次全面改图,1978 年制造出产品顺利通过型式试验和实艇试验,各项技术性能指标都满足有关技术文件和系列会议的要求。

“744”会议纪要提出反向开关的主要问题是:

① 分断主电机主极绕组回路时,在主极绕组上产生较高的电压,最高甚至达 1700 伏,这对主极绕组绝缘会造成危险;

② 机械联锁不可靠,机械和电路部分联锁不完善,操作力矩太大,操作时底板变形,开关有时被卡住断不开;

③ 辅助触头不可靠。

针对问题①,即开关分断性能不稳定,过电压值分散性较大问题,七一二研究所在设计上作了改进,将栅片由 15 片改为 12 片;加大栅片下部喇叭口尺寸;将栅片并联电阻由 6 个 4 段改为 4 个 5 段,减少径向灭弧线圈安匝数,以降低电弧电流过零前的 di/dt (电流变化率),改变吹弧线圈与引弧角的联接点和上引弧角形状;更改动弧触头材料和形状;增加氧化锌压敏电阻作为第二道过电压保护。经改进后,开关能将过电压抑制在较低数值。

与此同时,该所还通过大规模的试验,从实践上和理论上证实了反向开关分断电机励磁回路时,产生的过电压在电机主极绕组匝间分布是均匀的,不会对主极绕组绝缘造成危险。

针对问题②,该所设计了可靠的半轴联锁装置,改进机械和电联锁,解决了吸引和释放线圈易烧毁的问题。改进了手动脱扣装置,解决弹簧压死,底板变形,操作力矩大的问题。

针对问题③,取消原来的楔形触头,采用经改进的桥形辅助触头,大大提高了辅助、控制回路的可靠性。

1973 年后,反向开关的改进工作都是以“三结合”形式进行的。参加人员有七一二研究所李锡群、卓景星,湘潭电机厂三分厂梁泳炎、张建明、魏太宽、邹宜佳、王景芳、龚惠民、黄灵珍和驻厂军代表室皮明选等。

(4) 电动及手动操纵

“33”潜艇主控板为手动操纵,操纵力达 60 公斤,艇员体力消耗大,对提高潜艇战斗力不利。“035”设计采取电动操纵,并同时可控制串并联板和蓄电池板,而“33”这两块板还需另外安排操纵岗位人员。为保险起见,“035”还同时考虑了手动操纵作为备用,操纵力降为 55 公斤,比“33”略省劲。

电动操纵的传动方案,在预研阶段选用的是行星齿轮减速装置。经过一段时间的试验,设

计人员发现行星齿轮不理想,主要是噪声大,同时这种大功率的行星齿轮,当时国内的制造工艺还不成熟。后来,改为蜗轮蜗杆减速的传动方案,由微电机带动,操纵人员只需按电钮就行,大大减轻了劳动强度。

电动操纵的实现,也不是一帆风顺。尽管七一二研究所于1964年就开始了预研,1970年随“035”全套产品完成总装和工厂配套试验,并通过出厂鉴定,装艇试用。但是1972年“035”首艇在舟山进行消磁时,却发生了电操失灵。设计人员陈金湧等赶赴现场,发现原设计确有不完善之处,主要是由电传动转到机械传动,在机构旋转的角度上会有误差产生;并且随着操纵次数的频繁,也就是传动次数的增多,这个误差的积累就越来越大,致使各开关的分合位置不能保持准确。这种情况在开始设计阶段是难以分析到的。后来,设计人员与参加检查分析的湘潭电机厂老师傅和驻厂军代表室人员一起研究,采取增设定位限位装置、改变原电操线路方案以及重新选用电操的终端开关等技术措施后,经在产品上试验、上艇改装直至试航都得到了通过。

“035”由于采用电操,蓄电池自动开关板要增加一套电操机构,同时制造相对复杂一点,加上总体设计蓄电池装载舱口时,因船体结构所限而提供的透光尺寸难以保证电池开关板直接吊进艇内安装。这时有人提出取消电池开关板电操以满足吊装要求。可是设计人员考虑到,电操既然能够改善艇员劳动强度,给使用带来方便,又能为将来更进一步实现隔舱控制创造条件,就应尽力保住它,并使其不断完善,而不应遇到困难就想取消。于是,他们积极开动脑筋想办法,最后采取缩短自动开关引弧片的尺寸等技术措施,重新布置设计方案,终于达到既满足总体对电池开关板尺寸要求,又保住电操不被取消。

(5) 兼有可控硅及变阻器励磁

以往的“03”、“33”等潜艇主推进电机励磁都是采用磁场变阻器,即将可调电阻串入电机磁场回路内来调节励磁电流的大小。这种方法最突出的问题是在可调电阻上要消耗电能,而且使潜艇舱室温度升高,艇员易于疲劳。

随着现代潜艇建造吨位及主电机功率日益增大,战术性能要求越来越高,仍采用老式的励磁变阻器已经不能满足要求。国外在60年代初就采用可控硅励磁脉冲调节器来取代。其优点除了节省电能和降低舱室温度外,还可减少装置的体积、重量(都只有磁场变阻器的50%),提高效率(可达到96%),有好的调节性能,并为潜艇实现集控、遥控奠定基础。

“035”艇主电机励磁设计,以可控硅为第一方案,变阻器为备用方案。

七一二研究所研制可控硅励磁脉冲调节器开始于1970年初,主要研制人员为袁建栋、黄顺利。当年5月在该所试制工厂试制出1台样机(代号为ZMT-1)。7月,在湘潭电机厂与“035”主电机进行配套试验。试验中发现的问题一是换向能力差,经常发生全导通状态;二是从可控硅转换到变阻器工作的转换时间长。其主要原因是,关键可控硅元件选用日本普通型200安螺旋式,关断时间长,大于90毫秒,不能满足要求。

之后,该所袁建栋、尹任先和上海开关厂严文英等针对试验中出现的问题进行改进。1971年初,在上海开关厂试制出两台,可控硅改用上海整流器厂200安平板型,关断时间为25毫秒。经过冲击、振动试验后,同年9月在江南造船厂与“035”主电机进行配套试验,并于1972年装233艇(上海地区生产的“035”艇),在码头进行了各种工况试验和无线电干扰的测试。试验中发现的问题是,断开反向开关时续流二极管和反向二极管损坏;电磁干扰使声呐不能正常工作。其主要原因是过电压高,未采取保护措施。

1974年至1975年,针对前段试验暴露的问题,各方面又采取了一些措施:首先对可控硅元件提出具体技术要求,由西安整流器研究所试制,并派专人去该所对元件进行测试,以保证质量符合要求;其次,对主回路参数重新进行调整和试验;第三,电磁干扰问题,除了本装置采用抑制措施外,声呐站在布线方面也采取必要的防干扰措施。经上述改进后,由七一二研究所试制工厂再试制两台样机,于1975年10月装233艇,在旅顺港进行了码头、航行等各工况试验以及蓄电池全充电试验,电气性能较好,能满足励磁变阻器工作时的要求。但还存在一些问题有待解决,一是装置工作时仍有元器件损坏;二是装置工作时励磁电流上升缓慢;三是对声呐仍有干扰。

为尽快使该装置应用到潜艇上去,1976年初袁建栋及黄孝硕等又作了较大的改进,由原来的开环系统改为闭环系统,并对系统各元器件和参数都作了较大调整。经试验室反复调试和考核后,由七一二研究所试制工厂试制出3台,其中两台于1979年4月再次安装在233潜艇,经过1个多月的码头、进出港口、水上及水下航行试验和蓄电池充电等,证明性能良好,能满足使用要求;存在的问题是电磁干扰对声呐仍有一定影响。设计人员提出更改声呐信号线的敷设位置(由舱内改到舷外敷设),认为有可能解决这一问题。

1983年5月,由海军仍安装在233艇,将声呐信号线改为由舷外穿管敷设,进行对声呐干扰的航行动态试验验证,结果表明可以消除对声呐的干扰,从而为以后正式装艇设备的研制打下基础。

(二)“035”产品的试制

1966年底,湘潭电机厂接受“035”产品的试制任务。由于当时正处在“文化大革命”的动乱时期,生产无法进行。

1969年3月,全套产品施工图纸到达工厂,同年4月正式投产试制。这时“33”产品已进入批量生产,加工条件比较完善,也有了制造经验。职工虽然受“文化大革命”无政府主义思潮的强烈冲击,但由于军工管理制度在职工思想深处扎下根基,在生产和工作上仍能坚持“军工第一”、“质量第一”的方针。因此试制工作基本上能按正规秩序进行。

“035”产品试制基本沿用“33”的机床和设备,因此加工中遇到一些困难。如主推进电机电枢精车,工厂当时最大的卧式车床是C660型。车床主轴中心至拖板顶面距离小于电枢半径。电枢不能旋转,因而无法加工。在这种情况下,职工积极想办法、出主意。有的建议把车床主轴箱和尾座垫高30~40毫米就行了,不会影响机床精度;有的建议将拖板顶面刨掉几十毫米。为此工厂专门召开会议,通过分析认为,最简易的办法是将拖板顶面往下搪一个30毫米深,半径大于电枢半径的圆弧,这样不会影响机床精度,改造工作量也不太大。方案定下后,经上级主管部门同意,开始进行工作。电枢精车就是在这一措施下完成的,为国家节约技措投资费100万元以上。受这项改进的启发,相继又解决了主电机机壳长度超过机床高度等加工困难,从而使试制中的一些加工难点,基本都得到解决,技术关键相继被突破。

经过1年多的时间,于1970年8月总装完成,工厂调试后,经过七一二研究所、工厂、海军驻厂军代表室组成的产品出厂鉴定组的鉴定,认为“035”产品除少数性能需要改进外,其余基本上都能满足技术条件的要求,同意装艇验证、考核。

(三)“035”电器控制部分水冷改空冷问题

1974年“744”会议后,湘潭电机厂三分厂厂长宋德祥、总工程师孙洪铨根据会议对“035”首艇试航总结中提出电器设备采用水冷却后的质量问题,开始组织技术人员对“035”电器控制

水冷系统改空冷的研究工作。

1. 空冷自动开关

湘潭电机厂三分厂成立了以牟惟迁为组长,有工程师倪裕楨及王亮初、谭端明、邓昌普、陈雨泉、技师邓崇丙、梁泳炎和七一二研究所工程师方国清以及军代表室程祯瑞等人参加的三结合小组,通过几个月的调研,发现电流在 6300 安以下的自动开关基本上都是“空冷”结构。如联邦德国 R914、“33”产品 D9—430、上海华通开关厂生产的 DW94 等都是空冷却结构,以后对这些“水冷”和“空冷”设备进行温升、机械寿命以及脱扣器动作可靠性试验和分析。经过充分研究和论证,提出了改进方案:第一,主触头系统,仍采用原水冷开关主静触头外形(去掉水管),仿 R914 弧触头电动补偿结构,采用双弧触头方案。主动触头的关键是压力和接触线、点的确定,即银滚子厚度和个数的选择,经过不同方案对比,最后采用 8.6×8 的四组方案。第二,机构,采用 D9—430 自由脱扣机构加电操弹簧储能闭合装置。电动机减速器采用 1 齿差行星减速结构。第三,保护,选用定时限过流保护,采用拍合式电磁脱扣器实现过载和短路保护。第四,灭弧室,采用迷宫式陶瓷方案。第五,限制开关操作力矩,不大于 25 公斤一米。

原“035”电器控制开关水冷每极电流长时制为 2800 安,小时制为 3600 安,按比容量计算触头发热量是 D9—430 开关触头发热量的 1.8 倍,因而主触头宽应为 163.8 毫米;如按长时制为 3100 安,小时制为 4000 安(或长时制为 4000 安),则发热量为 D9—430 开关触头的 2.5 倍,主触头宽至少为 227.5 毫米。这样的开关主体尺寸是不允许的。只能是打破单纯增加触头名义宽度和触头压力的常规,从流体力学理论着手,在主触头上合理开孔形成对流散热渠道;又从接触理论分析使在名义尺寸既定的条件下,做到接触线长,接触点尽量多,以减少接触电阻,缩小寿命前后的温升差;采用渗锂铸造工艺,增加导电率,使触头温升不超过标准范围,操作力矩不大于 23 公斤一米。通过采取这些措施之后,确定触头宽度为 110 毫米。

1976 年 1 月 3 日,开始总装,样品进行厂内研究性试验,包括温升试验、脱扣器动作性能试验、拒动区试验和振动检查等。同年 3 月送七一二研究所作通断能力试验,这样基本上完成样品开关的主要性能考核,结果证明符合技术条件规定要求。

1976 年 4 月进行机械寿命试验。海军要求机械寿命由 3000 次(原技术条件规定)提高到 5000 次,比国际标准 IEC(1000)次高 4 倍,相当于美国军用标准。通过几个月的调整试验,一直未能突破这个指标。同年 8 月,将行星机构的滚针轴承改为 103 径向球轴承,经过试验后,伺服电机的负荷电流由 10~12 安降为 1.9~2.2 安,5000 次寿命试验结果良好,后继续试验到 7000 次,保证了海军的要求。

1978 年 1 月,召开“空冷”方案审查会,使用单位就空冷开关容量和对舱室温度的影响,经航电机的轴承结构等方面提出了尖锐的意见,工厂决定进一步改进提高,并将主动触头由原来方案的 8.6×8 的 4 组银滚子改为 9.5×8 的 4 组,从而增加实际接触线,减少接触电阻;进一步加大通风孔,增强对流散热作用,采用自行研究的 159:14000 转/分行星减速机构,降低噪声和振动。通过第二次改进,开关性能又提高一步。

空冷自动开关的试制,通过温升、机械寿命、通断能力等技术性能试验后,又进一步攻克保护可靠性的关键。三结合小组为了选择脱扣器的最佳方案,作了几百次研究试验,其中有一天连续做了 18 个方案的试验,终于找到最优方案。经过在各种恶劣条件下的试验考核,稳定性、调整性、可靠性均超出技术条件要求。特别可贵的是具有快速性,使开关具有限流作用。

通过对空冷自动开关一系列技术难点的突破,电器控制以“空冷”取代“水冷”的设想得以

实现。

2. 串、并联板

湘潭电机厂三分厂经对“035”控制设备非自动开关,在各种工况下所需容量分析,得出用 3700 安和 7400 安两种非自动开关代替 8000 安水冷非自动开关,可以满足成套性能要求,于是在 3000 安基础上试制出 4000 安非自动开关,其触头与母线的接触面为 110×110 平方毫米,较水冷 8000 安宽 19 毫米。而非自动开关是用两台 2×4000 安触头并联组成,这样改空冷后开关轴向尺寸增加很多。连接母线截面也由原 7×100 改为 8×110 。

串、并联板担负着动力电源的转换任务,水冷共有 8 台 8000 安非自动开关和 2 台 1000 安均衡电流开关。如按上法改代,空冷串、并联板的设计,就要在安装 4 台水冷开关的空间,实现安装尺寸比水冷较大的 6 台空冷开关。

为突破这一难题,工厂成立有夏正清、谭端明、蔡信凤、栗清和参加的研制小组,作了多种布置方案。最后确定的方案为:将安装在艏端的 2 台均衡电流开关移至板中间,改变母线出线位置;重新设计联锁机构,将原杠杆机构改为直轴式,借助弹簧作用达到联锁要求,这种联锁机构能安在开关下面;同时将终端开关也安排在开关下面,尽量压缩轴向尺寸;为了不影响开关操作机构的安装,将 6 台开关位置在原来基础上作对调和上下变动。

经过上述调整后,6 台开关布局合理,余下难点是岸电母线走向问题。因开关重新布置后,岸电母线在板面上的轴向位置被占用,而母线必须从舷中部引进,并处在开关灭弧罩的一侧(舷中),经反复研究和试验,发现当把母线负端接到 204 时,在给 4 组蓄电池充电时,左右舷开关均只通过一组蓄电池电流。这一接法很适合改变后的开关排列,且 305、204 两个极均在两排开关中部,使出线位置处在舷中,问题得到合理解决。

另外,据船厂要求,为利于整体布置,串、并联板上增加一对 600 安熔断器,以供辅机电源。空冷串、并联板试制后,经试验能满足技术条件要求。

在“7655”会议上,湘潭电机厂三分厂正式建议将“035”产品控制设备中的水冷主开关改为空气自然冷却。这个建议得到与会代表的高度重视和一致同意,并批准在“035”首套产品的基础上进行试制。

经过工厂两年的积极努力,终于在 1978 年 10 月试制成功,并通过出厂鉴定合格,装于 342 艇。1980 年 6 月至 9 月,在武昌造船厂码头进行系泊试验;1981 年 3 月至 1982 年 9 月,在旅顺海军基地进行航行和验证试验,都得到了通过。

(四)“035”电器控制改空冷的相关以及其他工作

“035”电器控制开关部分由水冷改空冷,存在的相关问题比较多,既要吸取首套水冷设备试制中的好经验,又要解决改为空冷后遇到的新问题,还要对水冷系统以外其他设备存在的不足之处加以研究改进。因此,工厂在试制过程中还注重做好以下几个方面的工作。

如在解决减小主控板行程手轮的操作力矩,提高电动操作可靠性的问题时,首先抓使手轮的操作力矩太大,操作不灵活的问题。通过反复试验,采取措施减小力矩,使力矩在保证 60 公斤·米以下时,达到符合技术条件要求。为了保证电动操作的可靠性,又对行程轴的终端开关进行攻关:第一次用 LW95~15 型开关,作 1 万次机械寿命试验,虽然可以使用,但这种开关,是交流产品上用的,如长期在直流产品上使用,可靠性差,因此没有选择;第二次用 7KK 煤电钻开关,经比较分析认为结构性能也不理想;第三次采用直流工矿电机车用的控制开关结构,进行 1 万次机械寿命和冲击、振动、耐潮试验后,质量全部合格,分析认为这种开关力臂长,开

距大,有利于熄弧,能提高电操的可靠性,决定采用。

又如自动开关操作机构中的电动储能传动机构,经分析认为减速器的速比太大,是构成噪声和振动的主要原因,影响到传动效率不高。担任此项改进任务的陈雨泉通过多次测算和验证,认为将速比从 800:1 改为 159:1,伺服电机转速由 14000 转/分改为 4000 转/分较为合适。经改进后,噪声、振动减少,传动效率提高,使用寿命由 3000 次提高到 5000 次。

在主推进电机后续品的试制中,技术科长殷叔勋、工程师颜国荣、万承华,总结了首套电机试制试航中的实际经验,提出一些改进措施,如采取加大热负荷,并将电枢铁芯槽底抬高,达到降低换向过程的电抗电势。对换向极铁芯采用叠片结构,紧固换向极的螺钉加绝缘套管,达到缩小整块铁芯涡流所引起换向磁通的滞后,从而改善电机起动和转换过程的换向性能。将换向器片间云母加厚,以提高电机抗环火能力。对电枢绕组端套上橡胶绝缘套,增加爬电距离,提高安全性。将补偿绕组端部母线由径向布置改为轴向布置,增加这部分电气间隙,提高了电机运行可靠性。改进电枢通风结构及风路设计,使电枢温升降低。为防止恒压弹簧直接导电退火而减小压力,在电刷上面增加绝缘压板,对刷握作必要改进。在探索改善换向过程中也走过弯路,即补偿绕组先采用开口槽,试验效果极不理想,后改为半闭口槽,换向性能基本满足技术条件要求。

以上工作中,七一二研究所、上海电科所、驻湘潭电机厂军代表室、海军部队、武昌造船厂等许多单位,共同参加攻关,并从人力、物力、技术等多方面对工厂及时给予支援。

(五)“035”降低经济航行电机噪声问题

035 首艇经过试航和海上运行后,使用部队反映经航电机噪声偏高,最高点噪声值达 84 分贝,影响使用,要求将噪声降低至 80 分贝以下。

为此,工厂成立了专业研制小组,由龙凤舞承担改进设计任务,有王必英、王俊喜、马菊元参加研制小组,对该电机做了大量的分析、研究,到基地调查访问,掌握较多的资料后,分别完成了 3 套不同结构电机的图纸和工艺。同时,试制了两台滚动轴承结构(原结构为轴瓦式)的经航电机。其功率、电压、转速均与首制产品(以下简称 I 型电机)相同,仅在结构上进行重要改进,由滑动轴承改为滚动轴承,机座由分半结构改为圆筒式结构,工厂称之为 II 型电机。为了弄清经航电机的主要噪声源,做了一系列的比较性试验。综合各种试验结果和对经航电机噪声分析研究,确定首先对风扇所产生的噪声进行比较。在两种结构不同的电机上安装完全一样的风扇,在相同功率、电压和转速的情况下,分别测试相同部位的噪声,其结果是 I 型电机的噪声比 II 型的为小。经分析认为:由于 II 型电动机采用滚动轴承,轴端采用的是两只 66322 型单列向心推力球轴承(原设计选用 546322 成对向心推力轴承),致使两只轴承安装在一起时,其精度难以达到设计要求,经分析认为:轴承室的结构和加工精度,端盖的结构和加工精度,装配情况等均对噪声有影响。通过对 II 型电机噪声的测试和频谱分析,在 80~125 赫兹频段内噪声值最大。为了弄清该频段内的噪声源,决定将 II 型电机的风扇取下,再作空载试验,从所测得的频谱可看出:80~125 赫兹频段内的波型,波峰被削平,原来试验最高的一点为 91 分贝,而现已降至 71 分贝。由此可见,经航电机的主要噪声源是在风扇上。

弄清主要噪声源后,就组织人员分别到武汉、长沙鼓风机厂等有关单位进行调查,了解各种风扇的性能。通过分析计算,认为电机机座内径与风叶外径之间的间隙大小对电机噪声的影响较大,而电机风扇的噪声大小与其线速度成正比。根据联邦德国 E·维德曼等所著《电机结构》中所推荐的数据,认为机座内径与风扇外圆间的间隙(单边)以 50 毫米左右为好。

基于上述理由,又在Ⅱ型电机上进一步作试验:第一,将风扇外径从 $\varnothing 798$ 毫米车小到758毫米,在空载情况下测取各点噪声值。第二,将 $\varnothing 758$ 毫米再车小到 $\varnothing 738$ 毫米,测取各点噪声值。从测得的数值对照和所记录的频谱来看,在100~125赫兹频段内的噪声有明显下降。且 $\varnothing 738$ 毫米的噪声值达到了Ⅰ型电机的水平。然而由于风扇外径的减小会使其风量和风压下降,可能对电机的温升有影响。因此又在额定工况下作发热试验,测得各部分的温升均符合技术要求,为什么风扇外径减小后温升仍然能达到要求呢?经定性分析,认为由于Ⅱ型电机是在Ⅰ型电机的基础上,风路进行了改进,使其风阻比Ⅰ型电机为小所带来的好处。

同时对Ⅱ型电机的风扇叶片与前、后盘之间的联接采用焊接,而Ⅰ型电机的联接是采用铆接。焊接紧密性和风道平滑性均比铆接好。还有Ⅱ型电机采用导流装置,不仅改善风路结构,而且能降低电机噪声。

综合上述测试结果和分析,最后决定吸取Ⅰ、Ⅱ型电机风扇优点,设计新型风扇,以达到降低电机噪声的目的。在此基础上设计的035经航电机称Ⅲ型电机。Ⅲ型电机在确保电机性能的前提下,结构上作了较大的改进。把原来的锻轴改为40Cr轴钢,减少加工工时和节约原材料;电枢由原嵌线后打槽楔改为绑扎玻璃钢,节省人力物力,提高工效,增加表面的散热效果;刷杆由铜铸件改为4330-2酚醛玻璃纤维塑料压制,节省铜用量,降低成本,解决刷杆对地绝缘不稳定的大问题;仍采用滑动轴承,取消对噪声影响较大的蜗壳。

经过艰苦努力,精心设计的Ⅲ型经航电机各部位噪声均较低,最高点为76分贝,达到使用部队提出的要求和国际标准规定的低噪声电机的要求。虽然电枢温升有所提高,但仍在容许温升范围之内,且有一定的裕度。

(六)“035”主推进电机电压匹配问题

1972年,“035”首艇试航发现主推进电机电枢电压与蓄电池网路电压不相匹配的问题。按原主电机技术条件规定,基本工况额定电压为340~400伏,而实际当蓄电池组充电终了时,其端电压超出这数值。此时若主电机作额定工况运行,对电机的安全性带来极大的潜在危险。

问题提出后,七一二研究所在上级机关重视及有关单位协助下,通过调研和理论分析计算,决定对主电机在过电压情况下,进行安全运行摸底试验。该所按蓄电池组过电压实测值提出试验方案,经陆上、艇上多次试验,证明电机设计有裕度可以安全运行。

陆上试验是1976年7月在上海电机厂生产的“035”潜艇推进电机上进行的。试验时电机在415伏,3700安,3920马力(超过额定功率1.12%);及445伏,2600安,相当于3900马力时,火花均为 $1\frac{1}{4}$ 级。试验历时1个星期。

艇上试验前后作了多次。如:

1980年8月26日 “035”潜艇(舷号342)蓄电池充足电后的试验;

1981年4月8日 同艇蓄电池充足电后的测量试验;

1981年5月30日 同上试验;

1981年8月6日 “33”潜艇(舷号235)蓄电池充足电后全功率试验;

1981年8月21日 在旅顺,“035”潜艇(舷号342)蓄电池充足电后全功率试验;

1982年3月5日 在旅顺,“33”潜艇(舷号237)蓄电池充足电后全功率试验;

1982年6月15日 “035”潜艇(舷号342)蓄电池充足电后,电压降到483伏后的全功率试验;

1982年8月20日 同艇蓄电池充足电后全功率试验;等等。

通过这些试验,也证明“035”潜艇推进电机虽然是按340~400伏电压设计的,但有裕量,能满足潜艇上蓄电池电压由415伏到435伏的变化,以及空载电压达483伏的要求,在潜艇上使用是可靠的。

(七) “035”产品鉴定结论

1983年6月,召开“035”产品鉴定会。一致认为电器控制开关采用水冷及空冷两套产品,都能基本满足使用部队要求,都是成功的。两套设备经过试制、试验、装艇、试航和多年的海上实艇考核,证明使用上比较安全,通过鉴定。但考虑到取消水冷系统,采用空冷控制结构,能使制造工艺简单,部队使用维护比较方便,对开关的可靠性也有所提高,因此后续艇的制造,选用空冷结构为好。但水冷控制系统应在首艇上进一步完善,继续使用考核,作为技术储备。

1983年11月11日,机械工业部、中国船舶工业总公司、中国人民解放军海军装备部联合以(1983)装舰字第158号文批复:“035”潜艇电力推进设备改进设计和生产,由湘潭电机厂负责,并承担技术责任。

(八) “035”产品鉴定合格后的技术改进

1. 缩小主推进电机转速中断区

“035”产品主推进电机,自首套产品试制后到1983年鉴定会,转速中断区偏大(425~485转/分间中断),一直没有得到很好解决,作为技术关键问题提了出来。1983年鉴定会后,由三分厂总工程师赵华甫、技术科长殷叔勋组织,有万承华、王俊喜等人对342艇的转速中断区、电压匹配、励磁火花以及舱室温升等内容,进行了测量、计算、论证和实艇摸底试验工作,为后来制订新的技术条件打下了良好的基础。根据摸底试验掌握的资料订出方案,于1985年开始着手解决。解决时以工程师颜国荣为主,有工程师程日兴及技术人员等参加,经分析研究,并吸取七一二研究所有益的意见,作了如下改进:第一,改进电机结构。电枢部分,将前、后电枢铁芯各减少一条通风槽,在电枢铁芯外形尺寸不变的前提下,适当增加铁芯的长度,使电枢铁芯齿和电枢铁芯轭的磁密降低。对主极绕组部分,将每个主极绕组由185匝增加到195匝,以使在励磁电流不变的前提下,增加每个极的激磁安匝数。第二,改变电机材料。电枢铁芯和主极铁芯等导磁材料,由原采用D21硅钢片和D320硅钢片,均改为W20(即现DW540—50)硅钢片,以提高导磁性能,将绝缘由B级绝缘材料尽量改用F级绝缘材料。但电机温升考核仍按B级绝缘材料进行考核,使电机耐热能力有较大的提高。这样电机在中断区工作时,电机的温升超过B级绝缘温升时,也不会影响电机的使用寿命。

经过改进的主推进电机,按技术条件和试验大纲进行全面试验,结果表明性能均满足使用要求,从而达到缩小转速中断区的目的,保证在25转范围内连续工作10~15分钟的要求。

2. 提高主推进电机绝缘电阻

三分厂殷叔勋、颜国荣、万承华、马学贤等,针对提高“035”主推进电机绝缘电阻的要求,采取措施并吸取七一二研究所意见,对电机绝缘结构改进。第一,对换向器升高片端部增加绝缘套,该套靠近电枢铁芯面倒角,另一面与换向片用胶涂封。由于连接后的绝缘套具有光滑的外表面,灰尘不易堆积,从而消除积灰死角,易于清理,同时增加漏电距离,达到提高对地绝缘的目的。第二,换向极绕组原为裸露的铜线圈,表面极易积灰,使绝缘电阻不断下降。后在铜线圈表面用环氧粉云母带570—1和浸漆后的玻璃丝带半迭包1~2次,使线圈和电机内表面的灰尘不与绕组铜接触,解决了由于灰尘附着表面使换向极绕组对地绝缘电阻降低的问题。第三,

对所有补偿绕组和母线接头都用环氧粉云母带 570-1 半迭包 1~2 次,然后再用玻璃丝布带绑扎紧,使绕组裸露部分通过包扎与电机内部积尘隔离。第四,定子改为整体浸漆,磁路系统采取上述措施外,分上、下半机座整体浸 F-55 漆两次,使定子磁路系统被绝缘漆覆盖后,形成一个整体,起到防尘、耐潮及散热的良好效果。通过对电机绝缘结构的改进,电机绝缘电阻提高了,基本上满足技术条件的要求。

改进后的“035”产品于 1986 年 6 月交货,经装艇使用情况良好。为进一步改善“035”潜艇主电机舱室工作环境,按照 1988 年 4 月在武昌召开的“035G”潜艇改进方案设计审查会议要求,湘潭电机厂、武昌造船厂、七〇一研究所及驻湘潭电机厂军代表室于 5 月共同拟定了“035G”电力推进成套电气设备技术规格书。“035G”与“035”不同之处在于,主电机通风机加装了 QDKG-35/2 型大风量空气过滤器,空气冷却器高度减少 200 毫米,经航电机轴承增加温度巡检装置,电焊稳定电阻减为 1 台。1988 年下半年,湘潭电机厂三分厂据此技术规格书要求进行制造,并在主电机台架试验中相应增加了必要的试验项目。加工后成套设备的技术性能完全满足技术规格书要求,并于同年交船厂安装。1989 年 5 月 16 日至 18 日,由海军装技部舰艇部、机电部军工司、船舶总公司物资部在湘潭电机厂联合召开了“035”和“035G”电力推进设备技术评审会,一致认为改进是成功的。

综上所述,“035”产品自 1970 年首套试制成功后,至 1988 年止共计生产 7 套,对产品质量进行过多次复查。结果证明,质量一直是稳定的,达到了“035”潜艇战术技术性能要求。

例如 342 潜艇 1981 年曾遇到如下 3 起事件:

4 月 21 日 钢缆绞桨。有 100 米钢缆经正、反转绞在螺旋桨上,钢质浮标被绞破,挂钩将要绞断,但经检查电机大轴及轴系完好。

8 月 5 日 正车及倒车试验时进行电机火花检查。从正车 510 转/分降至 100 转/分,马上倒车 360 转/分,主电机火花正常,同时潜艇出现剧烈振动,被迫停止倒车试验。经查螺旋桨卷边变形,但轴系完好。

8 月 9 日 将发电机工况误操成电动机工况,带动柴油机作压缩机运行。本来电机最高转速为 500 转/分(柴油机充电车速),此时柴油机转速表为 800 转/分,指针已打到了头,说明实际转速已超过 800 转/分,柴油机螺杆泵损坏,但经查主电机轴系仍完好无损。

上述 3 起事件,对“035”产品的考核不能不算苛刻了。但随后 8 月 21 日对主电机又进行了水上全功率试验,转速为 525 转/分,共进行 53 分 30 秒,主电机全功率试验成功。这也是以前“33”主电机从未做过的试验,从而更进一步说明该产品质量是过得硬的。

(九) 上海试制两套“035”产品的情况

上海电机厂和上海华通开关厂,试制和生产两套“035”潜艇电力推进成套设备,也经历了不断克服困难,不断改进提高的艰巨过程。

1. 上海电机厂试制情况

该厂接到任务后立即成立设计试制小组,对七一二研究所设计的“035”主推进电机图纸进行学习消化,并结合本厂实际情况对设计作了局部修改。一是对电枢绕组的型式进行了重点的研究。通过反复论证,认为大电流电机采用蛙式绕组是有优越性,而异槽式全距绕组与同槽式短距绕组在换向过程中各有长处。同槽式蛙式绕组可以只用叠绕组 1 套并头套,减少波绕组 1 套并头套,能提高电机运行可靠性。据此,他们通过对电机换向过程的认真核算,仔细修改了图纸,并将修改情况报七一二研究所备案。二是对换向极绕组,根据上海电机厂生产大型直流电

机的经验,采用单根裸铜排和单匝成型后焊接端接部分的方法,取代原4根裸铜线并绕的结构,使结构简化,定子布置更合理。

上海电机厂完成“035”电机的图纸修改工作已是1970年6月底,距上级要求的试制完成期只有5~6个月了。该厂工人和技术人员充分发挥聪明才智,遇到困难相互切磋,依靠全厂协作,土法上马,尽力攻关,没花国家1分钱的技措费,相继攻下了主推进电机转轴加工、主推进电机纵倾30°轴承不漏油和绕簧式结构冷却器水管制造等技术关键。对转子的切削加工,由于潜艇要作纵倾30°下潜,转子的推力面压向轴瓦,因此要求推力面的光洁度达到 $\nabla 8$ 以上。车床加工要达到这样高的光洁度是困难的,工人师傅经过多种办法试验,最后摸索出一套行之有效的办法,就是用木材做了一个工具,用一面研磨、压砂,一面不断加油的办法,终于使转子推力面的光洁度达到了 $\nabla 8$ 的要求。

由五车间加工的绕簧式冷却器是直接通入海水的,工作时要承受3000千帕的静压和试验时要承受4500千帕的静压不漏水。冷作车间组织工人耿龙海、技术员黄德书去湘潭电机厂学习,又去吴泾热电厂对相似的设备进行测绘,最后利用废旧材料,自行设计制造了1台绕簧机,才解决了绕簧式冷却管的加工问题。由于冷却器是用海水冷却的必须采用耐腐蚀、强度高的材料铸造冷却器端盖。铸造车间当时设备跟不上,一只坩锅的料不够用,技术人员与工人一起采取用两只坩锅同时冶炼的办法,摸索材料的比例、冶炼的温度和时间的控制。通过反复试验,终于掌握了冶炼的工艺,提炼出合格的硅黄铜材料。

在试制过程中,经常遇到这样那样的难题。工人和技术人员既不向国家伸手,又要争取时间,只能用土办法。如电机制造好以后要作纵倾30°的试验,验证是否因倾斜而发生轴瓦漏油,以及由于电机倾斜转子的重力压在轴瓦上是否会咬煞。当时上海电机厂没有这样专门的试验台,工人们就用土办法搭建了一个纵倾30°的试验台,解决了倾斜试验的问题。

换向火花是潜艇电机的一个重要性能指标。直流电机的换向是个很复杂的问题,它既牵涉到电磁理论,又涉及到机械和滑动接触及周围环境等诸多的因素,要经过反复试验、调整才能获得比较理想的结果。王林森、秦全兴等经过反复调整换向气隙,反复选择合适的电刷,奋战20多个日日夜夜,最后才使换向火花达到了电机试验大纲规定的不大于 $1\frac{1}{4}$ 级的要求。可是,电机装上潜艇后,发现火花增大到了 $1\frac{1}{2}$ 级。工厂分析原因有三:一是潜艇上的蓄电池网路初始电压值比主电机的额定电压高14~26伏;二是工厂的试验开关板和潜艇上的开关板不是同一个,引线电阻不一样;三是潜艇上环境比较差,空气混浊、油污严重、温度又高。后经试航中不断调试,摸索到规律,使电机的换向火花重新达到 $1\frac{1}{4}$ 级。

在潮气、盐雾、油污长期的影响下,保护电机绝缘性能,又是潜艇电机的一个重要性能指标。根据七一二研究所技术要求和上海电机厂制造船用电机的经验,采用B级绝缘材料,应用环氧无溶剂浸渍漆,可以提高电机的耐潮能力。但是该厂当时没有这样大的耐潮试验室,经反复联系,找到上海电动工具研究所有耐潮试验设备,可是当把电机运到那里,装运电机的平板车却进不了电工所的大门,只好让起重班用土办法拖拉,并把门和门柱敲掉,才把电机运进了耐潮试验室。试验结果证明电机的耐潮性能达到试验大纲规定的要求,这时大家才真正放下心来。

2. 上海华通开关厂试制情况

上海华通开关厂接到任务后,从各有关车间抽调了一批有经验的工人和技术人员,与七一二研究所驻厂工作组相结合,并把原来生产“09”产品的工作场地扩大,临时建成封闭式工作及装配场地。全厂上下结合,同心协力,攻下了一道又一道难关。如主控制板装配后进行电器控制线路与机械传动装置动作测试时,为了解决机械传动和电器控制元件配合的可靠性,陈斌五师傅做了大量改进性试验研究工作。在试验过程中,首先发现的问题是主控制板行程轴不是越位(冲过头)就是定不到位。经反复测试、研究发现,由于行程轴转动或停止主要是传动机构伺服电机带动的,因此伺服电机多转或少转,是使行程轴越位和欠位的主要原因。反复思考后,拟从两个方面着手解决:一是修改 LW95 转换开关(称终端开关)的凸轮角度,使其能延长通断伺服电机时间来改变行程定位角度;二是将伺服电机由并激电机改为复激电机添加电气制动线路,使其制动有些微量惯性调节来达到目的。方案确定后,先进行 LW95 开关凸轮角度修改使其达到最佳点,这时行程轴转动虽然还不够理想,但是越位和欠位现象有所改善。之后,进行第二方案试验,在上海微电机厂大力支持下,将伺服电机由原来并激改为复激电机加上电气制动线路,经反复调试,电气制动电阻改变,能得到准确可靠定位。同时在制动电阻改变下,可以使执行机构达到任意角度状态的微量调节,从而满足了技术要求。此改进方案后来得到七一二研究所认可,并在“035”统图资料中被采纳。

电力推进控制板的事故转换工况是否可靠,转换是否灵活,啮合是否能及时变换是潜艇能否安全航行的关键。潜艇出海航行时,一般主控制板是采用电操传动,如电操突然发生故障,此时主控制板行程轴可能停留在任意的角度上,使非自动开关主触头处在不可靠闭合状态(似闭非闭),将会引起主触头燃弧烧伤。同时,启动电阻通电时间过长也会烧坏,直接威胁到主推进电机的安全,并使潜艇失去控制,后果不堪设想。在进行事故转换工况试验时,他们反复试验,电操转手操或手操转电操均不够理想,转换时,不是卡死,就是不能啮合。经检查不能转换的主要原因是,行程轴传动齿轮和传动机构齿轮及手动轴齿轮之间,相互卡死或错位,因此离合器失去作用。厂动力科王钰亮工程师到现场进行分析,发现该传动齿轮箱结构原设计图纸有问题。他按照实际运行传动要求,重新设计新结构传动齿轮箱消除了上述问题,并经过反复试验考核,电操转手操,手操转电操,应急转换过程,在任意角度的条件下都准确可靠,转换轻松灵活,啮合紧密,并且电操时噪声小,达到使用要求。同时仅花了1个月时间就突击完成设计和制造工作,因而得到“035”工作组全体好评。此传动齿轮箱设计也被七一二研究所在统图资料中采纳。

为了确保“035”首制艇电力推进控制设备的运行安全、可靠,该厂采用模拟式试验成套联调试验(除主推进电机外),来核实各工况动作是否可靠准确。按“035”电气系统要求,以相似试验条件方法进行检测,采用两组电源两台直流电动机(特殊电机)进行逐项试验考核,包括电力推进控制成套设备的控制系统、一次系统、电操、手操、各工况转换等,并对指示信号灯和仪表指示试验,证明电气线路准确。此外,还对主要电气元件进行测试,并组织了陆上成套联调试验。主推进电机励磁绕组反向开关,在断开过程中,示波图分析反向电压有超差现象。经增添阻容吸收装置后基本达到要求,但是还不够理想,由七一二研究所考虑改善措施。最后整个成套试验已能满足调试大纲,试验小组认为,陆上试验取得成功,从而为“035”首制艇系泊试验奠定了良好基础。

根据有关“035”专业协调会议精神,工厂在后续艇生产中,必须对“035”艇上设备补做型式试验(半套)。华通开关厂按照七一二研究所“035”艇型式试验大纲分类试验。这项试验要做大

量准备工作,要根据各自产品特点设计各种试验设备和专用工具。经过1年多时间的试验准备工作,为型式试验创造了条件。由于华通厂没有直流电源试验设备,所有产品都要到兄弟厂和外省市进行。这次投试产品品种共9种,开关板和开关共71件,进行出厂试验和型式试验。试验场所分散,计有上海华通开关厂、人民电器厂、上海电器厂、七〇四研究所、湘潭电机厂和七一二研究所试验站。这项试验前后经历了3年多时间。尽管第2套设备由于江南造船厂的第2艘艇报废,于1981年停止了检验工作,但这项试验仍坚持到1982年8月全部完成。通过大量的试验、测试和对外来试验报告数十份进行认真研究、分析、汇总、整理的基础上,最后写成ZBY-7等控制板4种试验报告,及ZSD-4- $\frac{1}{3}$ 水冷自动开关和非自动开关的试验报告5份,共计归纳成9份试验报告。这是一项成功的科研成果,积累了大量的数据和资料,为今后开展国防科研提供了技术依据,在科研上是有一定价值的。尤其是水冷开关是一项新技术,它将为我国研究完善水冷电器奠定基础。

三、自行研制的“09”产品

(一) 产品的设计

“09”产品是“09”核动力潜艇的重要配套设备之一。七一二研究所于1965年8月七院召开的“09”任务分交会上,正式接受此项研制任务。之后,明确成套装置负责人为梁翰荪、秦国忠,即进行方案论证和技术设计。

1967年4月18日,在湘潭电机厂召开了有该厂、驻该厂军代表室、七一九研究所和七一二研究所等参加的技术审查会,一致认为七一二研究所提出的设计能满足使用要求,工艺也可行,同意进行施工设计。据此,七一二研究所于同年4月组织技术人员数十人,赴湘潭电机厂开展现场施工设计。设计中得到工厂大力支持,几乎每张设计图纸都经过和工人师傅共同讨论修改。这对保证产品后来一次试制成功,起重要作用。现场施工设计,包括电机、电器及控制全套图纸,于同年9月完成。

鉴于产品是为“09”潜艇应急之用,为此设计中坚持了把运行安全可靠放在首位。特别是“降低噪声、提高效率、提高绝缘性能和提高电机的换向性能”这4项指标作为特殊要求,贯彻到设计的始终。

诸如在电机方面,为了提高低功率效率和减少噪声,在设计中采用低损耗硅钢片、偏心气隙、极对数少、每极下槽数尽可能多以及用可控硅进行励磁调节等措施;为提高绝缘性能,主极线圈采用B级弹性胶,磁极成整体结构,电枢用真空压力浸漆;为提高生命力,采取单电枢双换向器结构。实践证明,这些设计措施都起到了很好的作用。首制和定型产品空气噪声达到了低于70分贝的要求,效率也超过设计指标。产品经21周期湿热试验后,绝缘电阻仍达到7兆欧。

在控制设计方面,为使系统尽量简化,不考虑复杂的自动控制,而采用简单的手动操作。这样,当核动力发生故障时,可迅速转入应急推进;可实现推进电机电枢单绕组工作,即一套绕组发生故障时,另一套可继续运行;设计了特殊的3极开关,使推进电机两套电枢绕组串联、并联或单套工作时,都得到过载或短路保护;励磁装置既考虑了先进的可控硅,又保留了常规的变阻器,在可控硅遇到故障时可自动转换到变阻器。

(二) 产品的试制

湘潭电机厂三分厂承接试制任务时间是1967年6月。根据“09”工程总进度要求1968年3季度交货。由于“文化大革命”的影响,工厂一度停产,到1968年下半年才恢复生产。经过全体参加试制人员的积极努力,于1969年4月完成全部试制。同年6月鉴定合格出厂,装艇考核。

“09”产品开始试制时,适逢工厂生产恢复不久,各部门管理工作还没有全面跟上。当时把专职检验人员大部分下放到车间,仅留下试验站及成品检查小部分人员,各工序检查均无质量记录。另外,因对“09”产品结构及性能分析,认为并没有特殊的质量要求,于是一切按常规进行,从而形成某些职工在思想上疏忽大意,本来不会有问题的地方,也出现技术难题。如电枢动平衡质量问题,就是其中一例。电枢经过精加工后,进入校验动平衡,发现不平衡量较大,达不到技术要求。技术科长殷叔勋带领工艺人员深入车间,经过对校动平衡前各个工序检查,发现不平衡主要原因是,压装前主轴没有进行校动平衡;换向器虽然在超速前进行了平衡,但没有加重到换向器上,浸漆过程也有一定的影响;由于下线前没有进行平衡,铁芯有些偏心。原因找到后,决定将铁芯表面精车一次,吃刀深度为0.1毫米,铁芯偏心问题得到解决。但经过试验,平衡问题仍未解决,不平衡量前端还有2.45公斤,后端2.7公斤,就现有条件不平衡重量无法加上去。之后,经设计、工厂、驻厂军代表室“三结合”小组反复研究分析,最终决定改进电机的挡风板结构,将不平衡量加在挡风板上,从而使校验动平衡问题得到解决,达到技术条件要求。后经配套试验,运行良好,没有发现异常现象。

动平衡问题解决以后,还解决了轴瓦加工在作煤油渗入试验的质量问题,主控制板可逆转换扇形齿轮加工难度大,以及自动开关主触头接触工作面变形大等技术质量问题。

“09”产品试制期间,七一二研究所的设计人员还下到工厂车间跟班劳动。由于电机绝缘方面采取的新工艺多,梁翰荪等重点下到绕线班。在邱忠庭工程师和成功班长的努力下,使许多新工艺得以实现。如主极线圈浸无溶剂漆,厂里是首次应用,进行了无数次试验,剖开几十个模拟线圈,发现匝间总有气隙,填充系数达不到。最后在漆中加进七一二研究所绝化组提供的气相二氧化硅,再加上适当控制烘干时的温度,才解决了问题。处理后的线圈泡在人造海水中1昼夜,绝缘电阻还有2兆欧,说明绝缘性能大大提高了。

其他还有电枢真空压力浸漆、电枢线圈采用粉云母箔卷包、主极线圈与铁芯制成整体型结构,以及电枢铁芯精装叠压不锉槽等新工艺,通过施工都陆续得到实现。

产品总装后进行电机与控制设备的配套试制,还发现了一些设计与生产中预想不到的问题。例如当电机启动时,自动开关就跳闸。经分析才知道是由于自动开关脱扣器用的是稳态电流整定,后改用冲击电流整定才符合了实际情况,从而也为以后产品装艇使用消除了隐患。

“09”产品在试制过程中,还做过如下一些改进工作:

1. 首套控制板设计是采用可控硅直流脉冲励磁调节器,通过首艇试航,发现存在体积大(只能装在板外),环节多,可靠性差,易全导通以及对声呐有干扰等主要问题。针对这些问题,经与设计单位研究后,湘潭电机厂组织了有领导、技术人员和工人参加的三结合攻关组,通过调查研究和多方案模拟试验,最后选用交流二相式可控硅整流移相励磁方案。该方案是采用电压为正弦曲线的3相工频电源,从而排除了对声呐干扰,加之2相式整流利用电压过零点对可控硅进行关闭,从根本上消除了失控现象。在结构上,线路简单,体积小,可安装在板内,调节电位计改为与励磁变阻器同轴,由同一手轮操作,使用方便。这些优点经实艇试验所证实。

2. 自动开关基座形状复杂,技术要求高,加工困难。在第一次试制时采用两副模具一次冲

弯成形未获成功。后经技术人员和工人多次摸索经验,采用9副模具多次冲弯成形达到图纸要求,保证了产品质量。

3. 控制板的可逆轴,在操作时扇形齿轮有顶死现象。首套产品试制时增加定位板,第2、3套产品改加了弹簧,基本消除顶死现象。第4套产品经设计单位和湘潭电机厂共同研究,将可逆轴的齿轮传动改为凸轮传动,通过配套试验和寿命试验,性能良好,从根本上解决了顶死现象。

4. 为满足产品成套需要,湘潭电机厂设计制造了欠电流继电器和风机调速变阻器。欠电流继电器比原设计体积缩小。风机调速变阻器原系外购配套产品,因冲击试验达不到要求,改为自行设计制造后,既保证了产品成套,又提高了产品质量。

另外,在“09”产品试制时,湘潭电机厂生产“33”成套推进电气设备已有多,而“09”应急电力推进装置的主要结构与“33”产品相似。因此,厂房、设备、测试仪器等设施基本能满足产品试制要求。只有耐潮试验室系50年代按苏联设计图纸建造的,不但全是手工操作,而且只能作20摄氏度的耐潮试验,不能满足“09”产品需要的40摄氏度交变湿热试验要求。为此,工厂还采取了自力更生改建耐潮室的措施。在当时全国没有同等级的大型湿热试验室可以借鉴的情况下,工程技术人员经过科学论证,大胆设计,并负责施工指导和组织有钳工、电工、电焊、冷作等技术工人参加改建工程。经过日以继夜地11个月精心施工,1座大型湿热试验室终于在1969年1月改建成功。改建后的湿热试验室湿热调节可自动控制,升降温时间和内部温湿度均匀性等均达到部颁标准,不但满足了“09”产品的湿热试验要求,而且为后来制造“035”等产品湿热试验创造了良好条件。

(三) 产品的鉴定

“09”产品从1968年10月开始试制,至1975年10月定型,前后历时7年。至1985年止,共计生产该产品6套。

1969年首套试制合格后,1970年总体所在“09-1”型控制设备的基础上,提出“09-Ⅱ”改型设计。1971年开始,七一二研究所又组织技术人员赴湘潭电机厂进行改型设计,同时将“09-1”和“09-2”统一为1个型号的设备。

改型设计后,并吸取“09-1”首套在首艇航行试验暴露出来的问题,相继又进行了两次改进性试制。之后,于1975年10月22日至26日,由湖南省机械局组织在湘潭召开了设计、生产定型会议。参加会议的有中央、省、市领导机关和有关厂、所共18个单位,代表80人。与会代表一致认为该装置通过工厂试制和航行试验,证明性能良好,达到了设计指标,同意申请定型。

1976年3月10日,海军军工产品定型委员会以(1976)海定字156号文正式批准“09”应急电力推进装置的设计、生产定型。

“09”产品于1978年荣获全国科学大会重大科技成果奖和湖南省科学大会科技成果奖。

大 事 记

1953 年

6 月 4 日 中国政府与苏联政府签订《六四协定》。协定规定：苏联向中国提供如下产品的生产技术文件：613 中型潜艇，254K 型基地扫雷艇，151 型江河扫雷艇及水雷等产品。在 1954 年至 1955 年内，苏联向中国派遣技术专家 150 人以内，同时，接受为数 100 人以内的中国造船人员到苏联工厂进行训练。

1954 年

本年度 海军司令员肖劲光对海军舰艇装备建设方针和发展途径提出，为了建设海军的舰艇装备，必须发展国家的造船工业，建立舰艇制造工业体系。在发展过程中，要经过三个重要步骤：第一步，争取国外援助成套材料、设备和技术，在国内装配制造，建立造船的一定基础；第二步：消化、吸收国外技术进行仿制，材料、设备逐步做到国内自给，达到半制造；第三步：立足国内，自行设计，使用国产材料、设备，完成海军第一代武器装备的研制。

1955 年

8 月 以一机部电工局局长周建南为首组织两位苏联专家和第八设计院、湘潭电机厂、哈尔滨电机厂等单位人员，对舰艇电气设备生产厂的选点进行考察。考察认为：定在湘潭电机厂生产比较合适。其理由：湘潭电机厂地处“二线”，一旦发生战争比较安全；是我国电工行业的骨干厂之一，有一定的技术力量和管理基础；有电机、电器配套生产的能力。

10 月 船用推进电机电器厂列入国家 156 项重点建设项目之一。

11 月 一机部电工局召开部属各民用机械制造厂生产军工产品会议。湘潭电机厂接受第一批生产船用推进电机电器任务。

12 月 根据中苏《六四协定》，一机部电工局派出第一批赴苏联实习生王肃雝、郎妙发、姜伯臣 3 人，1957 年 5 月回国。7 月分配到湘潭电机厂工作。

1956 年

1 月 19 日 国家计划委员会以(56)计机彭字第 4 号文批复一机部，同意湘潭电机厂船用电机及控制设备厂房设计任务书。此项工程即为苏联援建的 156 项工程之一。

10 月 湘潭电机厂成立一科，负责保密和军工生产计划及技术准备等工作。1960 年 8 月三分厂成立后，生产计划和技术准备等工作移交三分厂。

本年度 湘潭电机厂代理厂长高石伦、副总工程师刘隆士、一机部第八设计院工程师张鎡赴莫斯科，代表一机部和湘潭电机厂，审查批准由苏联列宁格勒动力设计院帮助设计的该厂直流电机厂房和线圈厂房初步设计方案。

1957 年

3 月 电机制造工业部以(57)电机基周字第 84 号文,批准湘潭电机厂“电器设备厂房初步设计”,总投资 2075.254 万元,建筑面积共计 24232 平方米(其中:直流厂房 16278 平方米、办公室 1000 平方米,线圈厂房 6874 平方米),同年 9 月破土动工。翌年 10 月开始陆续交付生产及使用。

12 月 湘潭电机厂派出我国第二批赴苏联实习生许祖钊、陈至德、周文璋、黄天柱、耿树彬、任庆年 6 人,学习潜艇推进电机设计、工艺、试验及生产管理,时间 1 年半。

本年度 电机制造工业部电工局以(57)电机技字第 568 号文,下达湘潭电机厂“03”潜艇电力推进设备试制任务。湘潭电机厂开始“03”潜艇电力推进成套设备设计。

1958 年

5 月 27 日~29 日 一机部八局召开会议,审查批准湘潭电机厂提出的“03”主推进电机和经航电机技术任务书和技术条件。

11 月 23 日 根据一机部八局(58)八技字第 431 号文,成立一机部八局湘潭牵引电气设备研究所,设在湘潭电机厂。年底,牵引所增设船用电机电器设备研究室(代号一室),负责船用电机和电器设计、工艺和产品试验等研究工作。室主任孙洪铨。

11 月 苏联船用电机专家巴·彼·奥布治加里到达湘潭电机厂,指导“03”主推进电机、经航电机设计及制造。

1959 年

1 月 海军成立科学技术研究部,下属 6 个研究所。于笑虹任部长,江勇为任政治委员。

湘潭电机厂从各车间调集职工 238 人成立直流车间,为“03”产品试制开始边基建边生产,首任车间主任许祖钊,党支部书记王立荣。

年初 苏联船用电器专家巴尔科夫斯基到达湘潭电机厂,为“03”产品试制作指导。

2 月 4 日 中国和苏联政府签订《二四协定》。协定规定,苏联向中国提供 629 大型潜艇,633 中型潜艇部分设备和武器装备的技术设计及施工图纸。

3 月 2 日 国家副主席董必武和罗荣桓元帅、聂荣臻元帅到湘潭电机厂视察,并参观了直流车间。董老题词:“准备好先行官的武器,为建设社会主义跃进开路。”

5 月 根据国防部关于“在生产军用设备的各工厂,应派遣驻厂军事代表”的指示,海军装备部派出工作组到湘潭电机厂。下半年,任命了驻厂总军事代表。工作组组长为石鸿贵。第一任总军事代表为陈永华。

10 月 大连海军机械学校在湘潭电机厂研制出 1 台 32 千瓦双水内冷直流电机(导线及换向器均水冷,轴间进出水),功率比空冷提高 3 倍,并经过 500 小时以上连续运行考核。该电机参加了国庆 10 周年北京海军展览会展出。

为了开发《二四协定》引进的舰艇装备,海军党委向中央军委提出报告“今后海军建设以导

弹为主和不断改进常规装备,以发展潜艇为重点,同时发展中小型水面舰艇”。

11月12日 由苏联设计、援建的湘潭电机厂直流、线圈两大厂房正式落成,并在该厂举行了验收鉴定会。国家验收委员会全体成员及苏联专家等60余人参加。验收委员会副主任委员、一机部八局副局长赖坚在会上宣读了验收鉴定书,宣布两大厂房验收复查为“优良”等级,并批准即日起正式投产。

1960年

1月7日~12日 国防科委召开海军科学技术研究会,贺龙、张爱萍、肖劲光等领导讲了话。会上正式向海军传达了军委提出的“以发展尖端为主,以潜艇为重点”的海军建设方针。

6月30日 一机部以(60)机密术汪字第6074号文批准,以湘潭牵引电气设备研究所一室为基础,成立船用电气设备研究所,代号为八六所。所长由湘潭电机厂厂长程贞茂兼任。

7月16日 苏联政府单方面中止与中国签订的专家及科技合同,撤走全部在华的苏联专家,并中止派遣专家和舰艇设备、技术资料的供应。在湘潭电机厂指导“03”产品试制工作的苏联专家随之撤走。

7月 湘潭电机厂试制完成中国第一套“03”潜艇电力推进成套设备。本月31日,以中共湖南省委书记于明涛为主任委员的国家鉴定委员会一行15人到厂进行鉴定。鉴定认为该厂在边基建边生产情况下,以较短时间完成这套复杂的电气设备试制,成绩是巨大的。但是试制中也还有一些技术问题没有根本解决,希望工厂根据鉴定意见,订立改进措施,在今后小批生产中贯彻执行。

8月 湘潭电机厂进行全厂组织机构调整,成立5个分厂,其中第三分厂为军工分厂。首任厂长陈清心,党总支书记刘汉初。

9月13日 中央书记处召开确保军工产品质量的电话会议,湘潭电机厂党委书记高石伦到长沙参加了会议。会议进一步强调国防工作坚持“质量第一”的方针。湘潭电机厂于会后成立以高石伦为首的质量大检查领导小组,进行以三分厂为重点的查质量、查事故、查思想的“三查”群众活动。

12月 为集中有关方面的科学研究力量,加速发展我国国防科学技术研究工作,增强我国武装力量的威力,中央批准以一机部、三机部和海军有关研究机构组成舰艇研究院。次年4月28日,军委87次办公会议批准海军党委《关于舰艇研究院的组建方案报告》。6月7日,海军以海司务字第355号命令公布舰艇研究院正式成立,番号为国防部第七研究院,归国防部建制,受国防科委、海军双重领导。首任院长刘华清、政治委员戴润生。

本年度 大连海军机械学校与湘潭电机厂、八六研究所、哈尔滨军事工程学院、上海交通大学、华中工学院等合作设计出1台3000马力双水内冷直流电机,同时在湘潭电机厂进行了部分制造。

1961年

1月 中央在北京召开国防工业三级干部会议,湘潭电机厂党委书记高石伦、厂长程贞茂参加了会议,贺龙元帅在会上作了重要讲话。为贯彻会议精神,湘潭电机厂决定三分厂停产,进

行以质量为中心的企业整顿。

2月 八六研究所遵照一机部八局(61)八技三密字第130号文和海军科研部第一研究所一研字第012号函指示,并根据三机部九局需要配套“33”潜艇的要求,以“03”图纸为基础,开始进行“33”产品设计。

2月~5月 湘潭电机厂三分厂在停产进行以质量为中心的企业整顿的同时,进行组织机构和人员调整。由4科、1工部、3个车间调整为1室、7科、1工部、5个车间。职工定员1464人,其中干部215人,工人1249人。

3月22日 中共湘潭电机厂党委为加强军工生产组织领导,决定7月1日成立中共湘潭电机厂三分厂党委,任命张惠芳(湘潭电机厂副厂长)兼任党委书记。

5月5日 军委办公厅通知,4月28日军委87次办公会议讨论同意,关于舰艇研究院的工作方针是:当前集中一切力量,首先完成《二四协定》转让产品的仿制任务。并通过仿制掌握和消化苏联转让的技术资料,培养和锻炼技术力量,逐步形成较完整的造船科研体系,为自行设计新型舰艇打下基础。

5月23日 一机部以(61)一机密八白字5406号文,批准湘潭电机厂三分厂调整设计。设计代号:8816。这次调整设计的目的,是使船用成套电气设备的开关元件、关键工艺、生产准备集中于三分厂,使生产基本封闭,投资控制在480万元以内。

8月10日 一机部根据中央军委1960年12月27日通知,将第八六研究所正式移交给国防部第七研究院,并以1960年9月30日为交接界限。1961年7月17日至8月10日顺利完成交接工作,交接干部、工人共104人,移交设备和仪表537件,图纸资料2695份,办公楼1栋(3层),面积为2016平方米。

移交后的八六所人员与守备10师和海军部分干部、技术人员及士兵,合并组成隶属七院第三研究所的三六研究室。

11月13日~29日 七院田震环、一机部八局张明汉、海装订货监造部赵森等组成调研工作组,在湘潭电机厂对“33”产品试制有关主要问题进行调研,肯定了工厂贯彻国防工业三级干部会议以来作出的工作成绩,明确了材料改代定点原则,确定了图纸资料整顿和技术攻关进度等具体问题。

12月21日 总参谋部根据军委1960年12月27日决定,以参办字第55号文通知:“七院属国防部建制,其院部及所属研究所(室)以及附属的试制工厂、车间从1962年1月1日起,正式列入军队编制”。

1962年

一季度 “33”产品设计工作结束,总字906部队(即第七研究院)以(62)院技字第591/1号文批准交付试制。

12月6日 七院发出(1962)年院计字第1492号文,根据海军党委82次办公会议决定,第三研究所分为汽轮机锅炉、内燃机、电机电池3个研究所。其中电机电池研究所以三二和三六室为基础组成,番号为国防部第七研究院第十二研究所。总参于1963年4月1日以参办字30号文批准了这一决定。

12月中下旬 七院第三研究所三二、三六两研究室、分别从河南新乡与湖南湘潭迁至武

昌南湖汽校,合并组建七一二研究所。首任所长彭布、政治委员申亚光。

1963 年

1 月 七一二研究所随七院归国防科委领导。

2 月 1 日 湘潭电机厂成立“33”产品鉴定委员会。主任委员刘隆士、副主任委员陈永华、周文璋、李德秋,委员郎妙发、张霖芝、孙洪铨。下设电机鉴定组、电器鉴定组、资料组,在厂内组织检查;鉴定历时 9 个月,对 24 个单项产品分别进行了鉴定,为报请国家鉴定委员会鉴定作了大量的准备工作。

7 月 10 日 国务院军工产品定型委员会以(63)科三字第 5/776 号文批复,批准 ΠΓ-101 主推进电机、ΠΓ-103 经航电机(即“03”产品)生产定型。

11 月 14 日~19 日 以海军副司令员赵启民为首的“33”产品定型委员会一行 8 人,以及国防工办副局长赖坚、国防部七院工程师蔡颐等来湘潭电机厂。15 日至 19 日,定型委员会听取并审议了工厂的汇报,讨论了《定型报告草案》和今后军工生产任务,同意“33”产品鉴定定型。19 日,湘潭电机厂召开“33”产品定型庆祝大会,举行定型报告签字仪式。大会收到了中国人民解放军海军司令部、政治部、总字 906 部队,六机部、一机部,一机部八局等单位的贺电。

本年度 叶剑英元帅到湘潭电机厂三分厂视察。三分厂厂长言仁海、总工程师孙洪铨汇报了“33”试制情况,叶帅鼓励大家说:“同志们努力干,争取早日下水。”还鼓励在厂实习的哈尔滨军事工程学院学员:“好好学习,为国防建设出力。”

本年度 经国家计委(63)计防范字 3766 号文批准、七一二研究所在武昌东湖地区增辟新址。至翌年 3 季度,进行了地质勘察、征地及工艺方案调整和扩大初步设计等,后因故停了下来。

1964 年

5 月 湘潭电机厂“33”潜艇电力推进成套设备参加北京全国工业新产品展览会展出。

7 月中旬 七院召开首届党代会,七一二研究所申亚光政委等 12 人参加了大会。7 月 23 日,毛泽东主席及党和国家其他领导人接见了全体代表并合影。

1965 年

1 月 1 日 根据国务院国防工办通知,七院与六机部合并。七一二研究所随之转归六机部领导。6 月 1 日正确脱离军队建制,集体转业。

8 月 七一二研究所配合七〇一研究所四室对“33”潜艇动力系统改进提高进行了探讨(即酝酿研制后来的“035”艇)。

七一二研究所正式接受“09”核潜艇电力推进装置研制任务。

1966 年

1 月 七院在北京组织有关单位对“33”潜艇改进提高方案进行讨论审查,最后确定采用 4 组铅—80 电池、主推进电机 3500 马力两台的电力推进方案,并上报了战术任务书。

2 月 江南造船厂采用国产材料和配套设备的“33”艇开工建造。1968 年 7 月 27 日下水,1969 年 6 月 6 日交艇。

4 月 19 日 七院向六机部、海军报送“030”小型潜艇方案。同时由海军学院、七〇一研究所四室、七院一〇室组成“小型潜艇战术技术要求分析组”和由海军、七〇一研究所、七〇六研究所、七〇七研究所、七一二研究所组成的“030”方案论证小组,开始论证工作,至 8 月完成。

4 月 中央军委常委第 64 次会议,同意建造“030”小型潜艇和同意“035”中型潜艇研制。

8 月 25 日 七院在北京召开“825”会议,批准七〇一研究所四室提出排水量 350 吨的“030”小型潜艇方案设计。

9 月 19 日 国防科委以(66)科三字第 489 号文批复,同意改进型中型鱼雷潜艇战术技术任务书。

12 月 25 日 一机部在(66)机密计字第 5262 号文《关于下达 1967 年军工计划的通知》中,正式安排湘潭电机厂试制“035”产品计划(计划编号:8—894,并明确于 1969 年完成试制任务,鉴定由工厂主持),以及“030”电力推进成套设备试制计划(计划编号:8—895)。

本年度 根据七院(1966)科字第 485 号文及七〇一研究所委托任务书,七一二研究所开始进行“030”潜艇推进电气设备研究设计。

1967 年

3 月 2 日~9 日 在湖南湘潭市召开有七院、海军领导及北海、东海舰队和工厂、研究所等 16 个单位,159 名代表的技术审查会。会议对“035”产品的设计方案进行了讨论和审查,并通过了“035”采用水冷电器控制的设计方案,并同意开展施工设计。会议还同时通过了“030”电力推进设备设计方案。

3 月 15 日 六机部、海军根据国防科委要求,在北京召开了 4 型舰艇设计审查及技术协调会(代号“315”会议),会上通过了“035”中型潜艇方案设计。

4 月 18 日 在湘潭电机厂召开有该厂、驻该厂海军代表室、七一九研究所及七一二研究所的“09”应急电力推进装置技术审查会。一致认为七一二研究所的设计方案可行,并同意开展施工设计。

4 月 29 日 六机部以(67)六科字 323 号文批准七一二研究所提出,并经 3 月 2 日至 9 日湘潭技术审查会通过的“035”及“030”两套电力推进设备设计方案,并同意开始施工设计。

4 月下旬 “09”技术设计审查会通过设计方案后,七一二研究所立即组织了数十名技术人员,赴湘潭电机厂开展“09”应急电力推进装置现场施工设计,同年 10 月完成全套设计图纸。

6 月 2 日 一机部以(67)机密字 5063 号文下达湘潭电机厂“09”应急电力推进装置试制计划。

6 月起 七一二研究所开始“035”成套电力推进设备施工设计,至 1969 年 1 月完成。

8月30日 毛泽东主席批准,中央军委向核动力潜艇研制战线发出建国以来第2号《特别公函》。

本年度 国防科委以(67)科七字第2159号文批复,七一二所在湖北省宜都县聂家河开始三线建设。1974年基本建成,由于多种原因长期未交付使用,1984年移交给湖北省司法厅。

遵照毛泽东主席3月20日批示,七院由国防科委实行军事接管,次年国防科委以(68)科军字第24号通知,统一公布了七院所属各单位的正式番号。七一二所的番号为中国人民解放军第七一二研究所,代号为武字251部队。

1968年

8月 湘潭电机厂宋德祥等16人在北京参加全国“815”军工会议,历时5个多月。主要内容是:统一思想,消除派性,把军工生产搞上去。会议期间受到周恩来总理等中央领导的多次接见。1969年1月25日17时在首都体育馆,全体代表受到毛泽东主席的接见。

本年度 七一二所开始进行磁流体动力泵推进研究,1970年停止。

1969年

3月 湘潭电机厂收到“035”产品施工图纸,开始试制工作。同年12月,收到六机部以六机军字262号函,修改主推进电机转速后的电机施工图纸(“035”动力方案原选用12V300型4冲程自由透平增压柴油机,后改为390型2冲程机械增压柴油机,相匹配的主电机转速需由原420转/分改为520转/分,为此七一二所对电机施工图纸作了相应修改)。

4月10日 第一套“09”应急电力推进装置在湘潭电机厂三分厂完成厂内全部试验项目,6月28日通过产品鉴定验收出厂。

9月26日 湘潭电机厂先进班组代表,三分厂301车间第七班班长罗受斌代表全厂职工参加国庆20周年观礼。10月30日下午3时,在人民大会堂与全体观礼代表一同受到毛泽东主席接见。

10月 上海市第一机电工业局根据上海市要建造两艘“035”潜艇和地区成套要求,安排上海电机厂试制生产主推进电机,上海华通开关厂试制生产电力推进控制设备。

1970年

1月 上海华通开关厂承接“035”产品控制设备试制任务(自动开关和单极开关自制,其余外协),1971年完成交江南造船厂“035”首艇配套。

4月 上海电机厂根据上海市机电一局下达的“035”产品试制计划,接受试制任务(技术条件、检试大纲和产品设备图纸由七一二所提供,实际生产中作了部分改动;控制设备由上海华通开关厂等生产)。同年6月开始试制。

7月 七一二所与中国科学院物理研究所,共同研制出国内首台20千伏安交流超导同步电机。

8月 首套“035”(开关水冷)产品主推进电机和主控制板在湘潭电机厂完成试制并配套

试验完毕。同年9月由工厂、驻厂军代表室、七一二所组成鉴定组,对成套设备进行出厂鉴定。认为:“根据型式试验和出厂试验基本上都能满足技术条件的要求,同意装艇试验、使用”。

11月 上海电机厂试制完成的首套“035”主推进电机和经济航行电机,经上海市机电一局组织有关单位审查,认为性能和质量符合要求。因设备条件限制未作配套调试,交江南造船厂装于163艇(后改为233艇)。

七一二研究所研制的400千瓦双水内冷直流电机,在北京参加军事博物馆举行的军品展出。本月19日,林彪等中央领导人进行了参观。

12月~翌年2月 七一二所、湘潭电机厂、海军驻厂军代表室组成“三结合”小组,针对“035”首套产品试制、试验中发现的问题,对全套施工图纸进行了一次全面修改整顿。

1971年

5月 上海地区试制的首套“035”艇主推进电机和电气控制设备,在江南造船厂进行陆上配套试验,同年8月开始系泊试验及出海试航。

8月 江南造船厂“030”艇停止施工。1973年海军正式通知撤销此项任务。

本年起 七一二所开始集中较多人力,从事以舰船电力推进为应用目标的超导单级电机研究。

1972年

2月 “030”电力推进成套设备在湘潭电机厂三分厂试制完成出厂,由于总体停止建造,未得实艇运用。

3月 七院总体论证部在武昌召开“常规潜艇发展方向座谈会”,酝酿继“035”之后进一步建造新型潜艇的意见。会后七一二所即开始新艇电力推进系统方案论证和部分课题预研。

6月 第一套“035”电力推进设备(开关水冷)装武昌造船厂第一条“035”潜艇(舷号162,后改为232)开始海上试验。同年12月,通过了海上试验,证明设计、制造基本成功。

10月4日 一机部以(72)一机密计字5109号文批复《同意湘潭电机厂三分厂扩建方案的报告》,扩建调整达到年产“33”潜艇电力推进成套设备24套的生产能力,其生产纲领为“33”17套;“035”5套;“09”2套;“52”、“53”6套;1~3号幅压电机100台。投资控制在400万元,由第八设计院与工厂共同编制扩建初步设计。

12月3日~8日 湖南省机械局在湘潭电机厂主持召开“33”主推进电机(革新)鉴定会。参加会议的有一机部、六机部、七院、海军后勤部装备部等20多个单位,41位代表。会议认为:该电机由双机壳改为单机壳,简化了结构,提高了绝缘性能,减轻了重量,节约了材料,减少了加工工时。经台架试验,性能符合原“33”主推进电机技术条件,同意装艇试用(在江南造船厂配套装于275艇)。

1973年

1月9日 一机部以(73)一机密计字5002号文批复湘潭电机厂三分厂扩建初步设计

(8816 I)审查意见:同意新增建筑面积 14000 平方米(其中宿舍 7000 平方米),新增人员 400 名,新增设备 108 台,投资 399 万元。土建工程同年 7 月动工,1975 年 9 月竣工。

8 月 27 日 上海电机厂为上海地区“035”首艇试制的主推进电机,出厂火花达 $1\frac{1}{4}$ 级标准,但装艇后火花增至 $1\frac{1}{2}$ 级,上海市国防工业部门组织有关单位研究后,提出《关于 035 主电机火花的处理意见》。

9 月 “035”首艇试航领导小组向上级领导机关作了汇报。认为该艇总体设计是好的,电力推进成套设备也是成功的。

12 月 2 日 七一二所、湘潭电机厂三分厂参加编制中国第一部海军《舰船建造规范(电气部分)》。1975 年审查通过,该规范获得 1978 年全国科学大会奖。

1974 年

4 月 20 日 “035”首艇经试航后在大连正式交付海军使用。

4 月 17 日~25 日 六机部、海军在旅大市召开“035”首艇试制总结技术协调会议(代号“744”会议),会议对首艇尚存的 7 个问题和交艇后需解决的 24 个问题进行了协调。会上开始酝酿将电力推进设备控制部分的水冷开关,改为空气自然冷却。

12 月 9 日 海军定型委员会向国务院、中央军委定型工作领导小组申请“33”中型鱼雷潜艇生产定型。“33”生产定型会议于同年 11 月 15 日至 19 日在上海召开。

1975 年

2 月 20 日~26 日 六机部、海军在上海召开“752”会议,检查 1974 年在旅大市召开的“744”会议落实情况,同时确定加速“035”潜艇的试制,做好鉴定准备工作,争取早日定型。

3 月 26 日 湘潭电机厂三分厂召开“035”产品空冷自动开关研制动员大会。

3 月 国内最大的 10 万安低压直流断流容量试验室,在湖北省宜都县聂家河七一二所三线工地正式建成。本月 25 日至 27 日在该工地由七院组织了鉴定,有关院校院所 47 个单位、94 名代表参加了会议。一致认为:“它的建成对加速我国舰船电器研究将起到促进作用”。

5 月 26 日 国务院、中央军委发出(1975)72 号文,七院所属单位正式归建六机部领导,七一二所于 10 月随之改归。

5 月 26 日~30 日 七〇一所与七一二所邀请有关单位就“035”艇蓄电池网路电压与主电机原设计值不匹配问题进行讨论,提出了解决办法。

10 月 22 日~26 日 由湖南省机械局组织在湘潭电机厂召开“09—1”应急电力推进装置设计、生产定型会议。参加的有领导机关、厂、所等 18 个单位,代表 80 人。与会代表一致认为,该装置通过试制和试航,证明性能良好,达到了设计指标,同意申请定型。

1976 年

3 月 “035”空冷自动开关样品在湘潭电机厂三分厂研制成功。

3月10日 海军军工产品定型委员会以(76)海定字156号文批准“09—1”应急电力推进装置设计、生产定型。

4月 七一二所根据“744”、“752”会议精神,对“035”潜艇推进电气成套设备图纸作大规模修改后发湘潭电机厂、上海电机厂、上海华通开关厂。

5月25日~6月1日 六机部在北京召开“五型舰艇定型遗留问题技术协调会议”,会议代号7665。会议决定,同意湘潭电机厂提出的“035”产品控制部分的开关由水冷改为空冷方案。

6月 湘潭电机厂三分厂研究改进的“035”产品(开关空冷),开始投入试制。

7月15日~16日 七〇一、七一二所,上海电机厂,江南造船厂等组成试验小组,对上海电机厂已试验合格的第2套“035”主推进电机进行补套试验,未发现异常。

1977年

11月 七一二所20千伏安超导同步发电机、10万安断流容量试验室、“09”应急电力推进装置、“035”电力推进设备和“035”电力推进设备水冷开关等,获第七研究院科技成果奖。

12月 湘潭电机厂三分厂经过两年努力,完成了主推进电机、经航电机的机壳冷焊件自制的技术措施,建成了退火炉、喷沙室,添置了模夹具;突破了焊接技术关,解决了多年需由武汉锅炉厂协作的关键。

本年度 湘潭电机厂三分厂、一机部第八设计院,根据国家计划委员会(77)计军字178号文,共同编报的三分厂5型舰艇在“五五计划”期间配套基建措施意见的报告,一机部以(77)一机字5072号文批准。总投资336万元(包括8816Ⅱ未完成部分)。计划执行至1979年,实增设备66台,新增建筑面积2200平方米,实际完成投资169.34万元。

1978年

2月21日 海军军工产品定型委员会以(78)海定字164号文下达“035”电力推进设备(电器控制开关水冷)设计定型计划。

3月 湘潭电机厂及七一二所分别获“33”电力推进成套设备和“09”应急电力推进装置全国科学大会奖。七一二所还荣获“035”电力推进成套设备、10万安断流容量试验室、20千伏安超导同步发电机全国科学大会奖。

6月~8月 七一二所与有关单位在湘潭共商“035”设备设计定型有关工作,并对成套图纸资料作第3次大规模修改。

9月11日~15日 六机部在北京召开有机械工业部、海军、湘潭电机厂、七一二所等单位参加的“789”会议,讨论通过“035”电力推进设备(电器控制开关空冷)技术条件。

10月 根据一、六机部和海军联合召开的“789”北京会议决定,七一二所将修改后的“035”图纸资料在上报海定委及有关领导机关的同时,分送湘潭电机厂、上海开关厂、驻厂军代表室等有关单位。

10月25日~11月2日 湖南省机械工业局在湘潭电机厂召开“035”潜艇推进电气设备(电器控制开关空冷)鉴定会议,通过抽试该套产品性能,认为可以装艇试用,后装于342艇。

11月17日 湘潭电机厂三分厂在湖南省科学大会上被授予先进集体称号,在全国机械工业科学大会上被授予科技工作先进单位称号,其生产的“33”及“035”电力推进成套设备荣获1978年湖南省科学大会重大科技成果奖。

12月 上海华通开关厂根据“035”专业协调会议精神,对后续艇设备进行型式试验。这项试验历时3年,于1982年8月完成。

本年度 国务院、中央军委以国发(1978)55号文决定自本年起“33”型潜艇停止建造。

1979年

3月 一机部、海军装技部以(79)一办联字第17号、(79)62物联字44号、(79)装订字50号文批复关于“035”电力推进成套设备(电器控制开关空冷)试制鉴定报告,同意装艇试航。

1980年

10月 七〇一所召开新型潜艇方案讨论会,就该所提出的总体方案和七一二所提出的电力推进系统方案,进行初步论证。

本年度 国务院国防工办以(80)科办字526号通知,审核批准湘潭电机厂“035”电力推进成套设备(电器控制开关空冷)获1978年国防工业重大技术改进成果三等奖。

1981年

3月 七一二所成立系统组,负责新型常规动力潜艇电力推进系统论证抓总工作。

11月 海军技术装备部订货部发文指出:上海电机厂和上海华通开关厂生产的第2套“035”电力推进成套设备,是为江南造船厂第2艘“035”潜艇配套的。因该艇报废,这套设备已无艇可装,决定停止对这套设备的检验工作。

11月~12月 海军组织军事技术考察团赴巴基斯坦对海军技术装备进行考察。七一二所高级工程师王肃隼参加考察了“AGOSTA”潜艇。

本年度 七一二所开始研制300千瓦固体电刷集电超导单极电机。1983年国家科委正式将其列为国家科技攻关项目,协同攻关的有中科院电工所、浙江大学、上海电碳厂等6单位。

1982年

5月12日 国务院发布(1982)81号文,将第六机械工业部改称中国船舶工业总公司。七一二所于6月起,所名随之改冠“中国船舶工业总公司”。

8月14日~17日 七一二所研制的ZMT-1可控硅励磁脉冲调节器在北京由七院主持通过鉴定。

12月24日 海军装技部、船舶总公司以(1982)军字1414号文,正式批准“035”潜艇342艇交付部队使用。

1983 年

1 月 27 日 国防科工委以(1983)技字第 370 号文,正式批复海军上报的新艇战术技术任务书,明确新艇代号为“039”。之后中国船舶工业总公司以(1983)军字 584 号文转发,并向七院下达新艇研制任务。

1 月 28 日 “33”空气断路器灭弧罩技术性能长期达不到设计要求,经湘潭市电器瓷厂与湘潭电机厂三分厂合作,在西安电瓷研究所研究的基础上,在驻湘潭电机厂军事代表室协作支持下,研制成功高冲击强度陶瓷灭弧罩。并由湘潭市科委组织,七一二所等 8 个单位参加进行技术鉴定,认为机械强度和电气性能均满足技术条件要求,可取代原用石棉水泥灭弧罩,解决了 20 年来谋求解决的技术遗留问题。

4 月 26 日 中国船舶工业总公司发出《关于抓紧开展“039”常规动力潜艇方案论证设计工作的通知》。并决定“039”首艇由武昌造船厂建造。

5 月 28 日 海军潜艇十二支队发函,对“035”首艇和第 2 艇服役后电力推进设备运行情况作了介绍,认为第 2 艇(342 艇)电器控制开关改空冷后,也能满足主电机使用,后续艇改为空冷开关为好。

6 月 4 日~10 日 中国人民解放军海军装备部舰艇部、机械工业部军工局、中国船舶工业总公司军工部联合组织在湖南湘潭市召开“035”产品经实艇航行试验考核后的鉴定会。会议鉴定意见是:“035”产品电器控制开关水冷和空冷两套设备都是成功的,同意通过鉴定。

6 月 21 日 船舶总公司通知七一二所对外名称为“武汉船用电力推进装置研究所”。

6 月 七院召开“039”新型潜艇第 1 次研制工作会议,七一二所在会上汇报了电力推进系统论证初步结果。

11 月 9 日 船舶总公司以中船军字(1983)361 号文《关于“039”潜艇柴油发电机组有关问题的通知》明确:七一一所为研制柴油发电机组技术责任单位;四〇八厂为柴油机技术责任单位;七一二所为发电机及附属设备、整流装置及控制板技术责任单位,并负责设计。

11 月 11 日 机械工业部、船舶工业总公司、海军装备部联合以(1983)装舰字第 158 号文批复:“035”潜艇电力推进设备改进设计和生产,由湘潭电机厂负责,并承担技术责任。

12 月 船舶总公司在武昌召开我国自行设计、研制成功的第 1 型常规动力潜艇——“035”艇设计鉴定会,鉴定意见是:“其快速性、操作性、适应性、水下续航力及水下辐射噪音等性能,比仿制的‘33’型艇有较大的提高和改善。装备设备基本稳定可靠。图纸资料完整,建造工艺成熟,能满足批产要求”。

本年度 国家科委以(1983)国科新字 110 号文,下达给七一二所“超导单极电机及其在船舶推进、冶炼、内燃机车、轧钢等方面应用前景预测”和下达七一二所(汇总单位)、西安交通大学、西南五八五所 3 单位“超导直流电机用于轧钢、船舶推进及冶炼电源的技术经济预测”任务。承接单位于 1984 年完成此两项预测任务,并向国家科委提交了预测报告。

1984 年

2 月 7 日 七院科技部以(84)科动字第 99 号文向七〇一、七一一、七一二所明确“039”潜

艇电力推进系统研制分工。

2月28日 船舶总公司、海装舰艇部联合以(84)装艇字第028号文,批转“035”型舰艇总体设计鉴定报告和总体设计鉴定会议纪要(会议代号8385),同意该型潜艇总体设计鉴定,可以小批生产,装备部队。

4月 七一二研究所研制的ZMT-1可控硅励磁脉冲调节器获船舶总公司重要科技成果三等奖。

5月 七一二研究所研制的ZTH-7主推进电机、ZDS-4水冷自动开关获七院科技成果二等奖;ZB-7主控板、ZTH-8经航机、ZMT-1可控硅励磁脉冲调节器获三等奖;LHF-7通风机、JB-7经航控制板、ZDM1-015/4励磁反向开关获四等奖。

5月8日~13日 “039”动力系统补充论证会在武汉召开,会议确定“039”推进电机用低电压方案,发电机组选用直流系统等问题。

6月 七一二所将深化后的“039”新艇电力推进系统论证方案,提交总体所并报七院。

10月 七一二所与无锡电机厂、武汉绝缘材料厂共同研制成功环氧单面补强薄膜粉云母带等4种新型绝缘材料和防止浸渍无溶剂漆流失等两种电机制造新工艺。本月24日至28日在无锡由七院科技部主持进行了鉴定。

12月 七一二所完成降低“33”潜艇主推进电机通风机噪声用XSQ型消声器研制,本月6日经船舶总公司系统工程部、七院科技部组织鉴定;完成ZSD1-81型2极水冷自动开关研制,为“039”艇发电机保护开关研制打下技术基础。

1985年

3月 七一二所完成“035”主电机隔舱自动控制装置研制。

4月3日~6日 “33”主推进电机通风机消声器技术鉴定会在湘潭电机厂召开,到会有23个单位、50名代表。与会代表一致认为:通过几年的试验研究和实艇试装使用,降噪效果明显,降低了潜艇6舱的环境噪声,达到了预期的目的,使用满意,可以安装在役艇。

5月 湘潭电机厂在完成国防军工协作任务中,成绩显著。国防科工委、国家计委、国家经委、国家科委特授予“先进单位”称号,并颁发奖状和奖杯。三分厂厂长程日兴代表湘潭电机厂出席了授奖会议,程日兴并荣获“先进个人”称号。

6月14日 船舶总公司以船总规(1985年)600号文,批准10万安断流容量试验室从宜都迁回武昌七一二所所内。

6月 七院在北京召开“039”新艇预研工作汇报会,会后以(1985)院技字第564号文报船舶总公司及海军。

7月5日 湘潭电机厂三分厂改建完成大型消声室,并经机械工业部上海电器科学研究所、第八设计院、昆明电器科学研究所、长沙汽车电器研究所等单位鉴定,认为符合国家标准ISO3745关于精密半消声室的精度标准,可以满足中小型机电产品的噪声和振动测试与分析。

8月5日 船舶总公司及海军共同以船总军(1985)864号、(1985)装舰字第097号文,向七院正式确定“039”新艇动力系统方案。其中主推进电机采用高压直流低速方案,蓄电池采用2×224块铅-72电池,发电机组采用高压交流中高速方案。至此,该艇电力推进系统论证工作告一段落,之后进入方案设计。

本年度 七一二所基本建成超导电机试验室,可以进行几百千瓦容量的超导电机试验。

1986 年

2 月 船舶总公司组成中国潜艇电力推进考察团,赴联邦德国考察 TR1700 等新型潜艇的设计、研制及生产情况。七一二所二室副主任李忠武、三室工程师李锡群参加。

3 月 七一二研究所等研制的环氧单面补强薄膜粉云母带等 4 种绝缘材料获船舶工业总公司科技成果三等奖。

4 月 湖南省科学技术进步奖评审委员会向湘潭电机厂王亮初、倪裕祯、邓崇炳、颜国荣、夏正清颁发“035”潜艇电力推进成套设备(电器控制开关空冷)科技成果三等奖荣誉证书。

七一二研究所研制的防止浸渍无溶剂漆流失工艺获船舶工业总公司重要科技成果二等奖。

9 月 10 日 船舶总公司以船总规(1986)1007 号文,批准七一二所建设电力推进系统实验室。批准规模:建筑面积 4000 平方米,总投资 350 万元。该实验室已于 1988 年开工,预计 1992 年投入使用。

10 月 3 日 船舶总公司以船总军(1986)1082 号文,正式下达“039”常规动力潜艇电力推进设备的科研试制计划。

10 月 20 日 国防科工委以技七字第 1361 号文,批复“039”电力推进系统责任单位为七一二所。

本年度 七一二研究所研制的电机用玻璃钢预制环和 XSQ 型“33”潜艇主电机通风机消声器,获七院科技成果三等奖。

1987 年

4 月 14 日~16 日 七一二所研制的 B 级快干无溶剂沉浸漆、有机硅增厚型表面涂复材料,由湖北省国防科工办主持,在武昌通过技术鉴定。

9 月 “039”电力推进系统由海装舰艇部、船舶总公司军工部主持,在北京通过方案审查。

11 月 11 日~14 日 联邦德国西门子子公司海运工程部费迪南德·比尔克(FERDINAND BIRK)及西门子公司驻北京办事处普特卡姆尔(PUTTKAMMER)和菲利普·尤恩(PHILIP YUEN)到七一二研究所进行潜艇电力推进有关技术交流。

本年度 七一二研究所研制的 ZSDI-81 型 2 极水冷自动开关,获七院科技成果三等奖。

1988 年

2 月~3 月 海军及北方工业公司联合组织赴联邦德国考察团(对外称中国海军考察团),为确定潜艇柴油发电机组中充电发电机和柴油发电机引进选型事,对该国西门子公司、MTU(柴油机)公司、皮勒公司等单位进行了考察。七一二所一室高级工程师王化福参加。

5 月 15 日 海军张序三副司令员到七一二所视察。

8 月 10 万安直流低压断流容量试验室,在武昌七一二所内迁建完成,并投入使用。

10 月 17 日~21 日 日本东芝公司重电技术研究所电气绝缘专家、高级工程师井上良之先生到七一二所讲学及进行技术交流。

12月3日 船舶总公司军工部、海装舰艇部以(1988)装舰字第221号文,正式批准“039”艇动力系统陆上联调试验合同,并明确联调试验在七一二所进行。

12月 “039”艇用大容量直流开关通过880伏、5万安分断能力试验。

本年度 “035”中型常规动力鱼雷攻击潜艇(鉴定型),获国家级国防科技进步一等奖(8个单位共获,七一二所和湘潭电机厂是其中的两个单位)。

文 献 资 料 目 录

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
1	(56)计机彭字第4号	同意四四八厂船用电机及控制设备厂房设计任务书	国家计划委员会	1956年 1月19日
2	(57)电机基周字第84号	批准四四八厂电器设备厂房初步设计概算	电机制造工业部	1957年 3月14日
3	(57)电机技字第568号	下达湘潭电机厂“03”潜艇电力推进设备试制任务计划	电机制造工业部	1957年 月 日 (缺)
4	(58)技任字第4号	ZTH-1型及ZTH-3型直流船用推进电动机技术任务书及技术条件审查意见书 (注:ZTH-1、ZTH-3即“03”潜艇主推进电机及经济航行电机)	第一机械工业部	1958年 5月30日
5		湘潭电机厂直流电机和线圈厂房建设工程验收鉴定书	国家验收委员会	1959年 11月12日
6		8千瓦水内冷直流电机试制总结 (注:电机运行功率达32千瓦)	大连海军机械学校、湘潭电机厂	1959年 12月
7		17号水冷电机技术设计书 (注:电机容量约3000马力)	大连海军机械学校、湘潭电机厂	1960年 4月
8	(60)机密术汪字第6074号文	批准第八六研究所规划任务书	一机部	1960年 6月30日
9		“03”推进电气设备鉴定书	国家鉴定委员会	1960年 7月31日
10	(61)八技三密字第130号	关于由生产“03”推进电气设备改变生产配套“33”潜艇推进电气设备的通知	一机部	1961年 月 日 (缺)
11	设计代号8816	湘潭电机厂三分厂扩大初步设计	一机部第八设计院	1961年 4月
12		关于第一机械工业部八六研究所移交工作报告	一机部八局、湘潭电机厂、七院三所	1961年 8月10日
13	参办字第30号	关于第七研究院组织体制调整的通知	中国人民解放军总参谋部	1963年 4月1日
14	(63)科三字第5/776号	对申请定型的军工产品的批复	国务院军工产品定型委员会	1963年 7月10日
15		“33”成套推进电气设备工厂鉴定委员会鉴定工作报告	“33”成套推进电气设备工厂鉴定委员会	1963年 11月12日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
16		“6633”中型鱼雷潜艇成套推进电气设备定型报告 (注:“6633”即“33”)	“6633”中型鱼雷潜 艇成套推进电气设 备定型委员会	1963 年 11 月 19 日
17		“33”成套推进电气设备定型会议情况 综合汇报	定型会议秘书处	1963 年 11 月 21 日
18	(63)院基字 第 1756 号	关于国家计委“复七院十二所设计任务 书”通知的抄转	第七研究院	1963 年 11 月 30 日
19	(64)科三字 第 31 号	关于潜艇推进电气设备定型报告的批 复	国务院军工产品定 型委员会	1964 年 1 月 6 日
20	(66)机密计 字 5262 号	关于下达湘潭电机厂 1967 年军工(035 和 030)计划的通知	一机部	1966 年 12 月 15 日
21	(67)六科字 第 323 号	关于下发“电—35、电—4 两套推进电 气设备及铅—80、铅—20 两型蓄电池 技术审查会议纪要”的通知	六机部	1967 年 4 月 29 日
22	(67)机密— 办字 5063 号	关于下达湘潭电机厂“09—1”核潜艇应 急推进装置试制任务计划	一机部	1967 年 6 月 2 日
23	(67)科三字 第 338 号	复《4 型舰艇设计审查及技术协调会议 纪要的报告》	国家计委、国防工 办、国防科技委	1967 年 6 月 24 日
24		中共中央特别公函	中央军委	1967 年 8 月 30 日
25	(69)沪一机 电革生字第 364 号	关于下达“035”和“028”两艇定点成套 生产任务的通知	上海市第一机电工 业局	1969 年 10 月 20 日
26	(71)湘机三 财字第 66 号	报批“030”推进成套电气设备一次性试 制价格	湘潭电机厂三分厂	1971 年 12 月 1 日
27		“33”主推进改革电机鉴定会议纪要	湖南省机械局	1972 年 12 月 8 日
28	(73)一机密 计字 5002 号 设计代号: 8816 I	关于湘潭电机厂三分厂扩初设计审查 意见的复函	一机部	1973 年 1 月 9 日
29	(73)一办字 第 73 号, (73)后装联 字第 319 号、 (73)物字第 543 号	关于“33”潜艇电机电枢采用玻璃钢绑 扎报告的复函	一机部一办,海后装 备部、六机部物资配 套局	1973 年 10 月 8 日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
30	(73)六生联字 863 号、(73)后装字 384 号	“035”首制潜艇试航情况汇报会议纪要	六机部、海军后勤部装备部	1973 年 11 月 20 日
31	(73)后装字 422 号、(73)院科字 348 号、(73)一办字 94 号、(73)物联字 742 号	关于“33”产品 ZTH—1 主推进电机轴承油温升与室温关系的分析报告的批复	海后装备部、七院科技部、一机部一办、六机部物资配套局	1973 年 12 月 17 日
32	(74)六机生联字 430 号	关于“035”潜艇配套设备技术协调现场会(代号 744)会议纪要	六机部、海军	1974 年 4 月 25 日
33		400 千瓦双水内冷直流模拟电机研制小结	七一二研究所	1974 年 9 月
34	(75)装修字 0024 号	关于改装“03”和“33”型潜艇 DX9—43 型蓄电池开关板的通知	海军装备技术办公室	1975 年 2 月 20 日
35		关于印发《035 潜艇协调会议(752 会议)纪要》的通知	六机部、海军	1975 年 2 月
36		10 万安直流断流容量试验室鉴定会议纪要	第七研究院	1975 年 3 月 27 日
37	(075)科字第 0085 号	关于报送 035 艇蓄电池网路电压与主电机不匹配问题会议纪要的报告	第七〇一、七一二研究所	1975 年 6 月 2 日
38		关于“09—1”应急电力推进装置抓紧早日定型的函	海军军工产品定型委员会办公室	1975 年 9 月 20 日
39		“09—1”应急电力推进装置设计、生产定型申请报告	七一二研究所、湘潭电机厂、驻湘潭电机厂军事代表室	1975 年 10 月 16 日
40	(75)湘革机民字第 080 号	关于“09—1”应急电力推进装置设计、生产定型会议纪要	湖南省机械局	1975 年 10 月 26 日
41	(76)海定字 156 号	同意“09—1”应急电力推进装置设计、生产定型	海军军工产品定型委员会	1976 年 3 月 10 日
42		关于“035”潜艇推进电气成套设备改图完毕的报告	第七一二研究所	1976 年 4 月 30 日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
43	(76)六机配 字 516 号	关于 5 型舰艇定型遗留问题部分设备、 材料技术协调会(代号 7655)会议纪要	六机部	1976 年 6 月 1 日
44	(76)六机配 字 516 号	关于对“035”控制设备专题项目协调纪 要	六机部	1976 年 6 月 1 日
45	(77)一机计 字 5072 号	批准湘潭电机厂三分厂第三次扩初设 计方案(包括 8816 I 未完成部分)	一机部	1977 年 月 日
46		试制“035”电力推进控制设备小结	上海开关厂 (注:即现上海华通 开关厂)	1978 年 7 月
47	(78)六机科 字 1140 号	“035”艇电力推进设备设计定型筹备组 汇报会(代号 789)会议	六机部	1978 年 9 月 15 日
48	(78)六机科 字 1140 号	关于“035”电力推进电气设备(空气自 然冷却)主要技术条件讨论纪要	六机部	1978 年 9 月 15 日
49		军工船用直流幅压电机行业组小结	一机部	1978 年 10 月 7 日
50	(78)湘革机 字第 030 号	“035”成套推进电气设备(空气自然冷 却)试制鉴定报告	湖南省机械局	1978 年 11 月 2 日
51	(1981)装订 字第 228 号	关于停止检验第二套“035”型潜艇电力 推进装置的通知 (注:指上海地区生产的)	海军装备技术部订 货部	1981 年 11 月
52	(82)科动字 643 号	ZMT-1 可控硅脉冲调节器鉴定会议 纪要	第七研究院	1982 年 8 月 30 日
53		关于 035 电力推进控制设备形式测验 的报告	华通开关厂 (注:即现上海华通 开关厂)	1982 年 8 月
54	(1983)技七 字第 370 号	关于 039 常规动力潜艇战术技术任务 书的批复	国防科工委	1983 年 1 月 27 日
55	潭 科 鉴 字 (83)01 号	关于高冲击强度陶瓷灭弧罩技术鉴定 证书	湖南省湘潭市科委	1983 年 1 月 28 日
56		“035”潜艇电力推进设备的使用情况	海军潜艇第十二支 队	1983 年 5 月 26 日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
57		“035”电力推进设备(空气自然冷却)装艇后工作总结	湘潭电机厂	1983 年 5 月 29 日
58		“035”电力推进成套设备设计工作总结	七一二研究所	1983 年 6 月
59	(1983)装舰字第 122 号	“035”潜艇电力推进设备(水冷)技术鉴定证书	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 6 月 10 日
60	(1983)装舰字第 122 号	“035”潜艇电力推进设备(空气自然冷却)技术鉴定证书	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 6 月 10 日
61	(1983)装舰字第 122 号	“035”电力推进设备改进方案审查会纪要	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 8 月 29 日
62	(1983)装舰字第 122 号	“035”电力推进设备(水冷)鉴定纪要	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 8 月 29 日
63	(1983)装舰字第 122 号	“035”电力推进设备(空气自然冷却)鉴定纪要	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 8 月 29 日
64		关于超导直流电机新兴技术研究合同	国家科委基础研究和新技术局	1983 年 10 月
65	中 船 军 字 (1983) 361 号	关于“039”潜艇柴油发电机组有关问题的通知	船舶总公司	1983 年 11 月 9 日
66	(1983)装舰字第 158 号	关于“035”电力推进设备补充修改技术要求和改进设计方案审查会纪要的批复	机械部军工局、船舶总公司军工部、海装舰艇部	1983 年 11 月 11 日
67	(84)科动字第 99 号	关于“039”潜艇电力推进系统研制分工的通知	七院科技部	1984 年 2 月 7 日
68	(84)装艇字第 028 号	关于批转“035”型舰艇“总体设计鉴定报告”和“总体设计鉴定”会议纪要(会议代号:8385)的通知	船舶总公司、海装舰艇部	1984 年 2 月 28 日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
69	(84)科字第448号	“039”动力系统补充论证会议纪要	“039”动力系统补充论证会议(七〇一研究所代)	1984年5月13日
70	(1984)装舰字第81号	关于《“035”电力推进设备技术条件》的批复	海装舰艇部、机械工业部军工局	1984年6月2日
71		“33”型潜艇主电机通风机消音器消音效果鉴定报告	七院七〇一研究所、七院标准化研究室	1984年10月10日
72		7013 工程建设项目、投资情况移交清册	七一二研究所	1984年10月15日
73	(84)科动字第1101号	关于电机新型绝缘材料及工艺鉴定会会议纪要	第七研究院	1984年10月28日
74		XSQ-1 型圆筒形片式消声器鉴定证书	船舶总公司系统工程部、七院科技部	1984年12月6日
75	(1985)装舰字第090号	WZH-400 型消声器技术鉴定书	机械部军工局、海装舰艇部	1985年4月6日
76	(85)院技字第564号	“039”潜艇预研工作汇报会有关情况的报告	第七研究院	1985年6月13日
77	船总规(1985)600号	关于七一二研究所断流容量试验室设计任务书的批复	船舶总公司	1985年6月14日
78	(1985)装舰字第090号	转发“33”型潜艇主推进电机电动通风机消声器等技术鉴定会议纪要的通知	机械部军工局、海装舰艇部	1985年7月23日
79	船总军(1985)864号、(1985)装舰字第097号	关于《“039”潜艇预研工作汇报会有关情况报告》的批复	船舶总公司、海军	1985年8月5日
80		关于“33”型潜艇主电机通风机消声器消声效果(使用)鉴定报告	船舶总公司第七一所七室、七院标准化室	1985年9月
81		关于湘潭电机厂三分厂半消声室声学性能鉴定测验报告	机械部上海电科所	1985年9月
82	(85)国科新便字228号	对《超导单极电机及其在船舶推进、冶炼和轧钢方面应用前景预测报告》的批复	国家科委新技术局	1985年10月14日

序号	文件号	文 献 标 题	编制单位	编制日期
83	船总规 (1986)1007	关于下达《第七一二所电力推进系统试验室建设设计任务书》的通知	船舶总公司	1986 年 9 月 10 日
84	船总军 (1986) 1082 号	关于下达“039”常规动力潜艇 1986 年科研试制计划的通知	船舶总公司	1986 年 10 月 3 日
85	技 七 字 第 1361 号	关于“039”艇第一次总设计师工作会议有关问题的批复	国防科工委	1986 年 10 月 20 日
86		T801B 级快干无溶剂漆、N801 有机硅增厚型表面涂覆材料技术鉴定会议纪要	湖北省国防科工办	1987 年 4 月 16 日
87	(1987)装舰 字第 721 号	转发“039”潜艇电力推进系统方案审查会纪要事	船舶总公司军工部、 海装舰艇部	1987 年 9 月 19 日
88	(1988)装舰 字第 221 号	关于“039”潜艇动力系统陆上联调试验合同的批复	船舶总公司军工部、 海装舰艇部	1988 年 12 月 3 日

回 忆 史 料

励精图治,为建立强大海军作贡献

程 贞 茂

1959年初,“03”产品投入试制。厂里从事军工生产的同志响亮地提出:“03”产品的试制任务交给我们,这是党和人民的信任,我们一定要发扬打硬仗的作风,完成这个光荣的任务。

在全体参试人员的极大劳动热情中,试制进度很快。到1960年5月,就基本完成了“03”成套设备的试制工作,并呈请国家鉴定。1960年7月召开鉴定会议,湖南省委书记于明涛任主任委员主持了会议,海军装备部李部长、一机部八局曹局长参加了鉴定会。会议对“03”产品进行了全面的严格鉴定,结果令人失望,产品的技术指标没有达到设计要求。

在严峻的现实面前,作为厂长的我,心情感到十分沉重。剖析原因,首先是我们的基础薄弱,一些主要原材料不过关;其次是我们对军工生产的重要意义认识不足,对职工进行重视质量的教育不够,没有按严格的科学性和系统性建立军工管理制度。

1960年4月,国防工委在南京召开的国防工业会议和1960年9月13日中央书记处召开的军工电话会议,对我们思想促进很大。这两次会议,中央首长严厉地批评了全国军工企业中普遍不重视质量的现象,一再强调军工企业的生产一定要对国家负责,对人民负责,对战士的生命负责。1961年1月,中央又在北京召开了国防工业三级干部会议。这个会议我厂是由厂党委书记高石伦同志参加的。恰逢我在部里参加厂长会议。有天下午,我同高书记一道去听贺龙元帅关于军工生产的报告。这个报告即后来人们所说的“十七条精神”。我清楚地记得,陈赓大将在贺龙报告中曾插话,愤怒指责军工生产粗制滥造,不管质量的现象,并点名叫了一些企业的负责人站起来,狠狠批评他们不管质量,是在拿战士的生命开玩笑。情真意切,拳拳以心。

党中央关于军工生产的一系列指示,给我们的工作指明了方向,也更加坚定了我们排除干扰,狠抓质量的决心。乘着中央3次军工会议的强劲东风,厂党委组织干部、工人反复学习中央指示,重点学习贺总的“十七条精神”,以提高干部、工人对军工生产的认识。同时,对军工生产的整顿作出了一系列的决定,从事军工生产的三分厂停产,进行以质量为中心的企业管理整顿;把在三分厂生产的民用产品划归民品车间生产,把由民品车间协作生产的军品开关元件和准备件划归三分厂。三分厂专一生产军工产品,扩充完善军工分厂,成立冷焊车间、准备车间、工具车间、有色铸件工部等,使三分厂成为基本独立、封闭式的军工分厂;并加强军工分厂的组织领导,成立分厂党委,调副厂长张惠芳兼任三分厂党委书记,调总机械动力师李德秋(副厂级)兼任三分厂厂长。并从全厂各部门选调一大批干部、工程技术人员和技术工人充实三分厂,职工由393人增至1051人,其中干部126人,工程技术人员97人。

按照军工产品质量第一的要求,进行全面整顿。包括图纸、工艺、工艺装备、在制品、原材料的逐项整顿,建立健全军工产品质量管理体系,并建立36项管理制度。

经过4个多月的努力,以质量为中心的企业管理整顿工作大见成效。在“03”试制鉴定后,总结出了26个质量关键,为“33”产品试制做好了充分的准备工作。1961年,“33”产品投入试制,我们决定以大轴加工作为突破口,结合实际开展技术练兵,为以后的质量攻关作出示范,总结经验,全面推广。大轴是“33”主推进电机的主要零件,毛坯重达10多吨,4米多长,内孔加工

难度大,技术复杂。这次我们首战大轴加工关,成败如何,将会牵一发而动全身,直接影响下一步攻关课题的进展。我和驻厂海军总代表陈永华、总工程师刘隆士、七一二研究所的部分技术人员及三分厂有关干部组成了“三结合”攻关小组,每天一上班就到大轴车工班坐阵。该班的工人师傅为我们做了12条简易板凳,供我们围坐在一起研究质量关键问题。近半年时间,我们与工人一道,依靠集体的智慧和才能,前后共解决了大轴加工中近200个技术问题,把这个顽固的堡垒攻破了。分厂召开现场会,总结了这种干群结合、正规上场突破质量的经验。后来,国防工办的同志在总结经验时,特别提到了大轴攻关中对质量一丝不苟的精神,并诙谐地称之为“12条板凳精神”。

首战告捷,人心大振。我们抓紧这一有利时机,全面投入“33”产品的试制工作,迅速推广大轴破关的经验。其余25项质量关键都逐个组织“三结合”攻关小组,对各项技术关键进行围歼。广大职工在厂党委领导下,团结一致,奋力拼搏,短时间内,各项技术关键均一一突破,为取得“33”产品试制成功打下了坚实的基础。在整个试制过程中,充分体现了我们湘潭电机厂职工在困难面前百折不挠,励精图治,大胆探索,勇于创新的无畏气概。

1963年8月,“33”产品的试制工作全部结束。1963年11月15日~19日,顺利地通过了国家鉴定。在厂举行的庆祝大会上,海军司令部代表全体海军官兵,向电机厂的职工发来贺电,对我们厂生产出优质产品装备海军表示衷心感谢。我坐在主席台上,望着下面群情激越、朴实无华的人群,我的眼睛湿润。5年来坎坷不平,曲折逶迤的路程,在党的领导下,在全厂职工群策群力,坚韧不拔的共同奋斗中,终于走过来了。作为一个领导者和试制工作的直接参与者,我多想用酣畅的笔墨,尽情讴歌湘潭电机厂职工的忘我精神和崇高品德。他们为了解决一个难题,往往通宵达旦地奋战在工厂,不图名利,不计报酬,兢兢业业,勤勤恳恳。如果有人问我湘潭电机厂职工的特点和作风,我会毫不犹豫地回答:求实、创新、坚韧、自信,就是凭着这种可贵的精神,湘潭电机厂为我国建立一支强大的海军作出了重大贡献。

(作者当时任湘潭电机厂厂长,后任湖南省经委主任)

舰船电气设备工厂的建设

孙洪铨

1954年,厂里派我到上海接受任务。在郑重同志领导下初次接触“03”潜艇电力推进成套设备,初步了解到潜艇电力推进成套设备制造精度高、难度大、成套性强。根据《六四协定》,该项设备由苏联政府向我国转让生产,国家考虑将建一专业工厂进行生产。1955年,以周建南局长为首,组织M·A谢尔盖也夫等两位苏联专家,第八设计院和湘潭、上海、哈尔滨3个电机厂的代表,到上述3个厂进行考察。经过对比分析,认为专业工厂设在湘潭比较合适。理由是:

1. 湘潭电机厂地处二线,一旦发生战争比较安全。
2. 湘潭电机厂是我国电工行业骨干厂,有较好的技术力量和管理基础,并具有电机电控设备配套研制、生产、调试的能力。
3. 周围环境单纯,有利于保密。

经国家批准后,列入苏援建的156项工程之一。该厂由苏联动力设计院列宁格勒分院设

计,国内第八设计院配合。厂内同时成立基建设计科,由我负责,在建厂期间曾选派两批共9人到苏联列宁格勒电力工厂学习潜艇电力推进设备的设计、工艺、试验及生产管理等。1959年回国后,全部集中到湘潭电机厂,开始设计、工艺等生产前准备工作。

在基建工作将近结束时,该厂将科技力量集中,组成一机部牵引电气研究所第一研究室,我任室主任。后又在此基础上组建成立舰艇电气设备研究所(代号八六所),属电工局领导,由厂长兼所长,我任常务副所长,负责日常工作。1961年7月,八六研究所划归国防部第七研究院。全所除党的书记及我等几人外,其他104人全部移交七院,编为第十二研究所,即现在的七一二所。

在生产机构方面,1960年8月成立军工分厂,1961年贯彻国防工业三级干部会议精神时,在分厂进行了停产整顿。为加强分厂领导力量,调进领导干部、技术人员、老工人,调整生产车间及科室,使分厂成为生产工艺基本封闭,有相对独立生产指挥系统的军工专业分厂。

1963年11月19日,举行了“33”产品国家鉴定定型的签字仪式。

1973年1月,为了满足“035”的需要,又组织了第二期扩建,补充职工400名,新增投资399万元。

经过多次技术改造和扩建,特别对试验站的补充,基本上形成了现在的规模。

一个企业除了硬件以外,还要软件,通过以上基建,形成了硬件。其软件是如何形成的呢?它是通过几代人的努力,30多年的积累,沿着坚持“质量第一”的精神,经过漫长的道路,尝尽“甜、酸、苦、辣、涩”而形成的,但其过程是比较清楚的。

1. 通过“03”试制,真正接触到潜艇电气设备。出了一大笔学费,才知其难度,也才清楚地认识到建立“质量第一”的思想,对于军工生产是多么的重要。

2. 通过“33”试制,认真组织力量攻破了20多个技术关键,打下了良好的工艺基础,完善了生产检试的手段。

3. 通过“33”批量生产,稳定了质量,也建立了完整的军工生产质量管理体系,产量、质量才有保证,向国家提供了大批合格产品。职工素质也全面地提高了。

4. 通过“035”(电器控制开关水冷)的研制,突破了“只准依葫芦画葫芦,不准依葫芦画瓢”的思想,开辟了吸收国外新技术,根据我国的国情自己进行开发潜艇电气设备研制的道路。

5. 通过“035”(电器控制开关空冷)的研制成功,为海军提供更可靠的产品,工厂的技术力量也全面地得到了进一步的锻炼。通过大量的研究和试验积累了大量资料,增强了“竞争意识”。同时也提高了工厂的知名度。

6. 通过“军转民”,显示出技术、质量、生产管理素质好,转轨变型快、适应性强,在转变过程中提高了“商品观念”、“市场观念”。因此,经济效益也相应地大幅度提高。

通过30多年的艰苦努力,终于实现了在开始筹建时领导所期望的“要形成既能生产又能科研的潜艇成套电气设备骨干工厂”的目标。它具体表现在如下几个方面:

1. 有一支能担负科研、设计、生产、成套调试,为部队提供优质服务的技术队伍。

2. 成功地研制、生产了相当数量和多品种的舰艇电气设备,满足了国防建设的需要。

3. 长期坚持优质生产,锻炼成长了一支高素质的干部职工队伍,也形成了一套规范化、系统化的管理制度及工作方法。

因此,海军和船厂都是比较满意的。驻厂总军事代表告诉我,海军司令员说过:“海军主力是潜艇,潜艇离不开湘潭电机厂”。听了此话,作为为军工产品而奋斗30年的我,为此赞誉而感

到无限欣慰。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂总工程师,现任上海经济区工程咨询联合会会长,高级工程师)

“33”产品试制阶段质量整顿

王 荣

1960年,“03”产品试制中出现了不少质量问题。厂党委贯彻1960年9月中共中央书记处电话会议精神,进一步明确国防工业“质量第一”的方针。为尽快把军工产品搞上去。决定加强分厂各部门的工作。此时,我从总厂技术检查科(副科长)调到三分厂,任技术检查科科长兼党支部书记。1961年初贯彻国防工业三级干部会议精神,总厂党委决定三分厂停产,进行以质量为中心的企业整顿,进一步加强对分厂的组织领导,并从全厂挑选了一批政治思想好,技术熟练的技术人员和技术工人到分厂担任检查试验工作。分厂技术检查科职工由20人增加到87人。

“03”产品试制时,因试验站未建成,部分项目未测试或测试不准确,对产品不能作出正确的评价,因此许多技术指标达不到设计要求。要把军工产品质量搞上去,就必须有科学的检测手段。故此试验站的基建扫尾在整顿期间列为重点项目之一。该试验站由苏联设计,主要担负中型常规潜艇成套推进电气设备和其他船用电气设备产品的试验。专用试验设备齐全,但这些试验设备大多数是非标准的,对订货、安装有很多要求,因设备不齐而工程进度迟缓。1959年11月,厂房基建完工交国家验收时遗留下的扫尾工程,试验站所占的比重最大。如电机试验站地坪土建工程未完,平板未铺;大部分机组订货未到或未安装;机组房地下室1米多深的污泥未清除,地下电缆沟里的电缆泡在泥水里,内包麻丝已腐烂发臭;试验站的几部专用吊车开不动,顶部积有10~20毫米厚的灰泥等等。这些工程除了大的机组安装和土建工程由外单位承包外,全靠我们组织试验站的同志和科里的干部自己动手,一项一项地去完成。经过长期的艰苦努力,我们建成了大型的配套试验站,在“33”产品交付试验时,已能按技术条件要求进行产品型式试验和出厂试验。后来经过完善和部分改造,成为具有全国先进水平的大型特种电机电控试验站。与此同时,新建分厂计量室,增添了一批仪器、仪表,建成能够担负分厂工量具周期检定和返回检定的计量室,使分厂检测手段基本完善。

“03”产品试制不合格,重要的教训之一就是工厂管理混乱所造成的。就原材料协作配件方面而言,材料、配件供应与民品混杂,无严格的入厂检验制度,原材料进厂只作外观检查,按规格堆放,不要求合格标记,协作配件不注重出厂合格证,入厂也不作性能测试,因而导致产品性能无法保证。从这一教训中,我们认识到要搞好军工产品质量,首先要把好材料、配件的入库检查这一关。“33”产品需用材料、配件1300多项,而当时库存已有800多项约500吨,如何着手进行工作呢?开始我们按军工产品要求进行逐项检查鉴定,优质钢材进行逐项理化检验。记得当时鉴定合格的有200多项,由于没有及时建立管理制度和做好管理人员的工作,在搬运保管过程中又混乱了,前功尽弃。后从制订管理制度着手,统一思想认识,重新按军工产品质量要求进行检查鉴定,合格的由入库检验员签发合格证,作标记,分别堆码存放;对不合格的隔离;对

新订货材料配件,要求采购人员向供货单位索取合格证,入库检验员根据合格证或标记,按抽试项目进行检验合格后,签发合格证入库,坚决堵塞不合格材料、配件入库;规定材料入库、堆放保管直到发料都在库房检验人员监督下进行,贯彻材料检验“三到场”,即验收取样到场、入库堆码到场和发料到场;材料出库发料到车间,逐项经过检验签发合格证,车间检验员凭材料合格证检验加工零件,从而把住了军工产品质量第一关。

在“03”产品试制时,由于国家急需产品而盲目投料,在产品试制完成后,车间还有大批的在制品,如何处置这些在制品呢?有人认为:过去生产的都作为不合格处理,对已入库或在车间加工的一律报废。通过研究我们认为应根据不同的要求,分别进行处理,虽工作量大,但能为国家节省材料。对一般用途的零部件、材料没有特别要求的,只要按图纸检验合格,签发合格证继续使用;对重要零部件材质有要求的,按图纸检验合格后,再理化检验,合格的签发合格证,即可继续使用,不合格的隔离。为了不留死角,对车间进行过翻箱倒柜的清理,做到车间不留一件质量不明的零部件或材料;对新投入加工生产的零部件,一律贯彻各项检验制度(包括军代表验收制度),严格“四按”、“四不”、“三检”制度,从而避免了零部件加工过程中的质量漏洞。

“03”产品试制时,工艺装备未经过验证。部分模具生产的零部件不符合产品图纸要求。整顿时以符合产品图纸要求的原则,进行逐项鉴定验证,验证结果有70%不合格,分别作返修或报废处理。分厂对新制模具的考核,以达到产品图纸要求为合格,从而保证“33”产品的1600多副模具所生产零部件、产品符合图纸要求,投入批量生产后零部件加工质量稳定。

通过国防工业三级干部会议精神的学习和总结“03”产品试制中的教训,深刻认识到管理,特别是质量管理的重要性。由于我们对军工产品质量管理缺乏经验,组织我们到附近的331厂、282厂等几家专业军工生产工厂学习他们的质量管理经验。通过学习,结合分厂的实际情况,制订了从原材料进厂到产品装箱发运,以及为用户服务的系统管理制度,如“四按”、“四不”、“三检”等,生产过程中每道工序检验都要检查上工序的合格证,进入总装配时,检验首先验证零部件合格才进行装配。这样一环扣一环,使质量管理就象一条“铁链”,环环扣死。

三分厂整顿能在短时间内取得好的效果,根本的一条是做了大量的政治思想工作和建立了一套完整的军工管理制度。通过经常对职工进行质量教育,使群众牢固地树立军工产品质量第一的观念,并把重视质量作为本身的职责。故此在“33”产品定型后投入批量生产的20年中,产品质量不断改进提高,装艇110艘,没有发生过大的质量差错和失误,受到部队和配套厂的好评,且多次获得国家、省、地、市的嘉奖。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂技术检查科科长,后任湘潭电机厂三分厂厂长,工程师)

“33”潜艇电力推进成套设备设计工作

周文璋

“33”潜艇是50年代按照苏联向我国提供“03”潜艇成套图纸资料进行仿制的,其中电力推进成套设备所属图纸资料供应很不齐全,20%的产品没有图纸,50%没有原文技术条件和试验大纲,30%没有说明书,且未供给指导设计、制造和验收的《舰船电器设备规则》重要资料等。成套设备的设计工作,基本上可分为初样试制和质量整顿两个阶段。

一、初样试制阶段

潜艇电力推进设备我国以前从未生产过。该套设备性能要求高,又有一系列特殊的地方。为此国家曾派出两批从事过产品设计、生产工艺和试验的同志去苏联有关工厂实习,但因一方面时间不长,实践经验仍不足;二方面当时国内工厂专用生产工艺及试验手段尚在基建准备中,加上一些特殊材料供应也还存在问题。同时由于受当时“大跃进”潮流强烈冲击和“破除迷信,解放思想”、“放卫星、夺高产”的狂热思想指导,不顾可能,盲目先定下要在1年多时间里,即1960年必须拿下样机的硬指标。于是在图纸复制设计以及配合试制过程中,无不把“进度”放在首位,持续加班加点,对图纸质量也就比较忽视,差错较多。并且为了省模具有意修改了些原设计,降低了性能;有些重要材料,国内尚未生产合格,竟也作了些明知不符合要求的改代。还有,“03”产品是苏联50年代初期的老产品,在苏联实习时即得知他们早就改为生产“33”产品了。当然从电力推进设备看,两者的差别不大,但控制设备方面如经济板、自动开关、电阻器及电机冷却器等还是有较大的不同。当时从技术上我们完全有条件可以把设计改为“33”产品,但因交图时间排得过紧,来不及改动,只得照“03”图纸发下厂去试制。所以成套设备虽于1960年如期试制出来,但一方面它还是属于老产品,即使合格也不能继续生产;另一方面经过国家鉴定,发现产品主要零部件存在严重质量问题,达不到设计要求,故未能通过。这样,第一次样机试制就以未得成功而告终。

二、质量整顿阶段

鉴于前段只图“快”,不讲求质量,缺乏严谨科学态度,尤其对“民转军”的重大转变没有正确对待,用“大跃进”盲目追求高速度的思想去指导技术工作,结果势必事与愿违,造成沉痛教训。事后全厂上下,下了最大决心进行全面质量整顿。首先要从图纸设计进行整顿,因为它是制出合格产品的依据和前提。工作一开始,我们就拟定了《图纸文件整顿守则十九条》,规定在整图过程中必须遵照执行。它主要要求一丝不苟,老老实实地按原图重新进行认真核对,把过去设计中因对原图理解不够或不当而改变了的部分,一律改回;对不符合“33”产品的部分,按照实习生带回的资料和进口“33”实物,再结合我国具体情况作了一些设计改进。如:

取消了只适合“03”潜艇的经航机控制板,重新设计“33”艇需用的新经航板;

提高电机冷却系统结构件耐压强度,由20改为30大气压,以满足“33”潜艇下潜深度要求;

电机绝缘由A级改为B级等等。

文件方面,补充了零件、材料及通用公差标准,技术条件,试验大纲等120余种文件资料,并编制了我国的《舰船电气设备规则》草案。

上述整顿设计工作共花了1年时间,于1961年底结束。1962年初图纸下厂后,工厂在正规试制中也相应制定了“四不四按”的工艺制度,严格重重把关。试制证明,整顿后的图纸设计资料是过硬的,仅用了不到两年,于1963年10月完成全套设备试制,交付国家鉴定,产品各项性能不但符合技术条件规定,而且有些重要性能还比原苏联产品好。如主推进电机耐潮试验后,绝缘电阻比苏联规定标准数值高3倍;磁场变阻器、激磁开关和接触器等4种产品按苏图结构不能承受冲击震动,经试制中采取措施改进后,均能承受“舰规”要求的冲击振动试验;主电机空气冷却器经改进后,出口空气温度由原来的40摄氏度降到35摄氏度,使舱室温度降低,改善了电机工作条件等。它顺利地通过国家鉴定及定型,使潜艇电力推进成套设备制造立足于国内。

在仿制过程中,我们自始至终正确处理了仿制与消化的关系。对设计各环节均进行了理论验算和分析,找出了产品的优缺点,并有完整技术归档资料,从而培养锻炼出一支专业技术力量,为以后自行研究设计“035”及“09”等产品打下了良好基础。

(作者为七一二研究所原副总工程师、高级工程师)

“33”潜艇推进电机设计工作

张瑞敬 夏冠博

“33”潜艇是苏联 50 年代转让技术给我国的 1 型常规动力潜艇。该艇左、右舷各配有 1 台主推进电机和 1 台经济航行电机。

主推进电机是 1 台采用强迫通风冷却,能实现多工况工作的双电枢双换向器直流电机,通过电枢串、并联,蓄电池组并联以及改变励磁,实现 1:2.5 范围的调速;采用旋转机座可方便更换磁极,采用可旋转刷杆座,方便在艇上更换电刷和刷盒;结构上,还考虑了能保证潜艇在冲击、振动以及倾斜、摇摆状态下正常工作,从而使潜艇有很大的灵活性和生命力,并使电机有小的外径,方便在艇上安装。经济航行电机是 1 台自带风扇冷却的单电枢单换向器直流电机,由于追求高效率、低噪声,电磁参数选择比较低,还采用了电枢斜一个槽距的降噪措施。

苏联“33”潜艇是在“03”潜艇基础上改进取得的。推进电机亦是用“03”潜艇主推进电机及经济航行电机改进取得的。

国家在建设专门生产厂湘潭电机厂的同时,向苏联派出实习生,学习推进电机设计和制造工艺。这些同志回国后,厂里以他们为骨干,又抽调了设计科、工艺科一些同志以及分配来的大学毕业生,在基建生产准备科组建了设计组,筹备电机设计工作。在当时“大跃进”形势鼓舞下,设计组派人到武昌造船厂参观潜艇实物,并作了必要的测绘,凭借着出国人员带回的仅有几张“03”推进电机主要部件图,开始了设计工作。1958 年 2 季度,苏联成套供应 1955 年版“03”推进电机成套图纸运抵湘潭,在苏图转化为电机厂生产图纸时,考虑到工厂生产习惯以及我国当时技术水平,作了部分修改。工厂于 1959 年夏季正式投产,1960 年制成 2 台,1960 年 7 月进行国家鉴定。当时由于材料性能诸如大轴延伸率、断面收缩率不合格,电枢导线夹灰等,以及加工超差和绝缘处理等方面存在一些问题,未得通过。鉴定会后,工厂组织了电机绝缘电阻低、轴承发热、漏油、焊接件变形大、焊不透,以及转轴加工等工艺攻关,我们作为设计人员参加了上述攻关。国防工业三级干部会后,按照上级指示,对已投产的图纸资料重新整顿,并结合“33”产品要求作了修改。

当时,除参照苏联成套供应的 1955 年版原图外,还参照出国实习生从苏联寄回的 1958 年版苏图 31 张,以及苏联专家带来的部分图纸。其主要更改有随着“33”潜艇下潜深度增加,推进电机相应的更改;由于采用新工艺,新材料导致的更改;在前段“03”试制中出现的问题或攻关成果在图纸上的修改。修改后的图纸,既忠实于原图,又考虑了生产实际。

“33”产品于 1961 年 8 月开始投产,1963 年 4 月制出 2 台,同年 9 月通过了国家鉴定。会后,对鉴定遗留的主电机发电机工况换向火花有时达不到 1 级,电刷镀铜现象,机械特性上翘,以及室温高情况下电机倾斜试验时,轴承温升不合要求等问题组织研究,摸清了苏联电机火花

的技术要求以及电刷质量对换向及镀铜的影响,找出了由于电机试验中忽略下垂蓄电池特性以及输电线路电压降是该电机机械特性上翘的根源;对不同室温对轴承倾斜状态下温升影响问题作了试验,提出了室温与温升关系曲线,终于在鉴定会后两年内将这些问题全部解决。我们经过对推进电机的仿制,图纸消化,电磁和机械计算,配合现场解决技术问题以及上潜艇调研,对推进电机的结构、性能及潜艇对推进电机的一些特殊要求,有了较深入的了解。同时归档一批技术档案资料,培养锻炼出一支推进电机的研究设计力量,为以后的系统改进,直至自行研究设计打下了基础。

(作者张瑞敬为七一二研究所原副总工程师、高级工程师;夏冠博现为该所二室主任、高级工程师)

“33”潜艇电力推进设备试制

郎 妙 发

“33”潜艇成套电力推进设备是我国第一个五年计划期间,根据中苏双方签订的《二四协定》,从苏联引进成套技术并组织生产的。

成套技术引进

1955年,我与王肃雝和姜伯臣被调入湘潭电机厂,派送到苏联列宁格勒“电力”厂学习,我主要学习主推进电机及其配套设备的制造工艺。在1年半的学习时间里,苏联老师真诚地传授了产品结构及性能要求、加工制造工艺、工艺装备等全过程制造技术,并搜集了产品图纸、制造工艺、工艺规程、检查规程、工艺守则、工艺装备成套图纸以及“电力”厂的工厂规格等大量技术资料,真可谓满载而归。回国后,归属湘潭电机厂基建生产准备科。1958年,苏联成套图纸到厂,我们开始产品试制准备工作。首要的任务是翻译并消化苏联原版图纸及工艺资料,在此基础上结合实习笔记及工厂生产条件,设计产品图纸,编制并设计工艺过程、工艺守则、工艺装备。由于引进图纸资料不齐全,图纸上技术要求不够明确,甚至有的相互矛盾。部分材料选用和工艺方面有相当一部分不适合我国情况,原文资料上差错也较多。因此,在消化引进资料过程中“依葫芦画瓢”都很困难。加上人手少,时间又紧,压力大。经过多方努力,基本完成试制前的设计、工艺准备。这一阶段是从无到有的起步阶段,真可谓步履艰难,加上仓促上阵,更增加了首次试制的难度。

以民转军 初试深浅

1959年初,在长期从事民用交流电机生产的湘潭电机厂,开始了“33”成套电力推进设备的全面试制工作。由于刚开始搞军工生产,工厂面对着“三新”局面:新人员、新设备、新产品。参试人员对军工产品的严格要求没有足够认识,加上产品本身技术要求又很特殊,给制造上带来了一系列的困难。如我负责工艺的主推进电机,采用双机壳、双电枢、卧式半防水结构,其机壳

长达3.6米,直径1.23米,厚度仅17毫米,由90个零件20个部件组装焊接而成。在这种机壳长大,结构薄弱和刚性较差的情况下,需要支承总重16吨的零部件而能正常运行。电机的装配精度,要求6座同心,即双内机座、双轴承座、双刷杆座的同心,并且还要和电枢同心。因此,采用以刷杆座为基准校正电枢,使其偏差不超过0.2毫米。大轴是电机至关重要的零件,除了大轴材质本身是个重大技术关键外,大轴的机加工也是极为关注的重大技术关键。大轴毛坯重达10吨,精加工后仅3吨,4米多长。这样大的转轴,工厂还是第一次自己加工。内孔两头小,中间大,加工时看不见摸不着,还要调头加工,要求接口平滑。这对机械加工,特别是钻深孔、扩深孔和深孔检查技术,带来极大的困难。

1960年4月,传达贯彻南京会议精神,工厂党委调集了技术管理干部和生产工人,充实军工生产队伍。同时又组织在苏联学习过的技术人员,与老工人、领导干部一起看图交底,分析关键技术,研究加工方法和制订试制计划。当时,我下车间守机床,陪伴工人师傅边研究边干,吃住在车间,跟班劳动,有一次连续14昼夜不出车间,基本没有睡过一个好觉。当时为试制而准备的工艺装备等物质条件也较差,如工模夹具,虽然花了很大的力量,比较复杂一些的都作了准备,但是一上场,大量的问题暴露出来了。有的工装根本不能用,需要重新设计制造;有的不完全适用,需要修改;更有甚者,有大量的工装需要增添。这些工装都是在试制过程中,在很艰苦的条件下,临时准备予以解决的。据事后统计,正式列为工装的平均主推进电机每2个零部件有1副,经航电机每3个零部件有2副。在首次军工产品试制的实践中,它从无到有的步步艰难行径,都是在中国工人阶级罕见的吃苦耐劳精神中走过来的。正由于这种可贵的精神,加速了试制进度,于1960年7月用自己的双手做出了我国第一套电力推进设备。但是由于当时没有合格的原材料,并在具体问题上缺乏科学分析,因而试制的产品,经国家鉴定没有完全符合技术条件要求,宣告第一次试制的失败。

总结教训找关键 严格把好质量关

首次试制产品不合格,我内心感到严重的焦急与不安,深感没有完成国家交给的任务。1961年初,乘着国防工业三级干部会议精神传达贯彻的东风,根据工厂部署,我积极地与大家一起找试制不合格的关键。通过技术人员、工人、领导干部三结合,整个成套设备找出了26个技术关键,其中电机部分有13个;整顿了成套产品图纸及工艺文件;建立了必要的规章制度。经验教训告诉我们,一系列的规章制度和扎扎实实的认真组织攻关相结合,是正规试制成功的关键。当时组织攻关队伍是很慎重的,在26个关键中先找出重大关键,当时选定了大轴加工关,把它作为停产整顿后组织正规上场的第一炮,又是一项关键材料的关键加工,众望所归,群情关注。我是重任难卸的技术人员,参加了由总厂厂长,总工程师,总军代表等组成的“三结合”攻关小组,直接下到班组,每天早上一上班坐阵,组织正规上场,示范破关,为开工生产试制树立典范。当时,大轴班有14人,工人分班上机床,干部与技术人员连轴转。在那些日子里,我基本没有离开机床,与大家围着机床转,研究加工方法、工艺装备的准备,冷却夹具的安装、冷却液的选择、刀具角度的试验;每进一刀之前,都要研究好切削速度、走刀量、吃刀深度;进刀中又时时刻刻注意着切削响声是否正常,冷却系统是否妥善,退屑是否流畅;一刀进完后,用灯光观察加工表面接口是否光滑,光洁度是否达到图纸要求,用专用量具检查加工尺寸是否正确。每到晚上,以厂长为首的“三结合”成员都比较齐全地坐在由班组准备的12条小板凳上,研究

讨论问题,调动全厂各方面的力量,组织落实,扎扎实实地解决一个个的具体问题。通过一段时间的努力,依靠群众的智慧和辛勤劳动,解决了大大小小 200 多个问题。攻克了这一关键,打响了攻克 26 个技术关键的第一炮,分厂还为此召开了现场会,总结了破关经验。发扬“12 条板凳精神”,推动了全面破关。经过 1 年多坚韧不拔的辛勤劳动,26 个关键基本得到突破。同时坚持一丝不苟,质量第一,为生产出合格产品,打下了较坚实的基础。在全厂职工兢兢业业、勤勤恳恳工作下,终于在 1963 年 8 月试制工作全部结束,随后通过了国家鉴定。

(作者现为七一二研究所副总工程师、高级工程师)

为发展我国常规潜艇电力推进 设备我所作的片断工作

王 肃 雒

1955 年春,我从上海电机厂被借调到一四室电气科帮助整理校译苏援我潜艇电气设备完工文件。是年 10 月,组织上通知我接受派送苏联学习的任务,我旋即赴京报到,经月余仓促准备后即启程。去苏前,电工局人事处长语重心长地与我谈心,要求我努力学习,切勿辜负 30 多位农民父老兄弟为支付我的学习费用所作的艰苦劳动。党和人民对我寄有厚望,我怀着祖国的托咐,来到莫斯科中国使馆接受安排。同去的还有姜伯臣和郎妙发同志,我们在高尔基船厂实习 3 个月。而后我又去列宁格勒“电力”工厂特种产品设计科,学习潜艇主推进电机设计。我如饥似渴地阅读和摘录所看到的各种资料,但由于出国前未经必要的语言训练,给学习带来不少影响。然而苏方对我友善关怀,为我提供各种便利条件,弥补了这方面的缺陷。苏方热情地解答我提出的各种问题,对于我追根刨底的好问,他们饶有趣味地送给我一个绰号“Почемучек”,意即“打破砂锅问到底的小伙子”。即使这样,我仍唯恐疏漏应该搞清楚的每个细节。每当我想到祖国人民热火朝天的干劲,看到苏联人民沉着认真的工作态度,我暗下决心,一定要最大限度地把手学到的知识,回国后发奋工作,争取在 10 年内赶上他们。光阴荏苒,一年期满。但资料尚未收集齐全,经请示使馆批准,又延期 3 个月。1957 年 5 月,在厂教育科主持下,请指导老师对我的学习情况给予鉴定,获得“成绩优良”的肯定评价。对我中国怀有深厚感情的苏联友人在我回国前 1~2 个月,安排专人协助我收集图纸资料,使我在回国时箱内能满载 1459 张关键图纸,6 本设计计算手册,资料胶卷 30 多个,各种其它技术文件几十本。而我的一大堆笔记本,则通过保密邮政直接发送中国,这就为我回国独立开展设计工作创造了充分的条件。

1957 年 7 月,我到湘潭电机厂投入了仿制“33”艇电力推进设备工作,但却找不到苏方声称早已发送中国的产品图纸资料。为了不使宝贵的时间虚耗在等待之中,我建议立刻组织力量,利用我带回的资料,自己动手设计,这样不仅可及早出图,推动工艺生产准备,而且也锻炼了设计队伍。后经研究,领导上采纳了我的建议。1958 年夏,我们完成了“33”全套设计图纸,这时苏图才到厂,于是我们又从头开始对苏图进行翻译描晒。由于有了前阶段锻炼,使工作进度加快,及时满足了生产准备要求。

1964 年 6 月,我调来七一二研究所,原安排我组织理论研究。但我建议应用科学研究所应该搞实用性技术研究较切实可行,为此后被调到二室承担“035”主推进电机论证设计任务,想

到我在苏联学习时的心愿——10年后一定要赶上他们的决心。我和设计组全体同志共同努力,互相配合,采取边试验研究边设计计算的方法,成功地采取了一些重大技术措施,使产品的技术经济指标达到和超过了国外同类产品,体现了我们国家的技术水平。

“035”主电机设计中,为验证采用局部槽楔的可靠性时,曾求助于湘潭电机厂黄祖干总工程师。黄总认为我们设想大胆,理论成立,当即电话通知中心试验室和牵引电机车间为试验敞开绿灯。在技术人员和师傅们的热情支持下,我们日夜奋战,不到1周就取得试验数据。其它各项关键技术措施,我们都是通过科学验证后才采用的。在边设计边试验验证下,仅用7个月,即在1966年6月就完成了全部设计图纸。在“035”主电机设计中,我们针对直流电机换向温升等难点,采取了一系列有力的技术措施,终于使电机在制造过程中较顺利地实现了一次试制成功,这对具有高技术指标的产品来说是极为不容易的。

1984年,我离所去武汉市家用电器工业公司,受聘于市家电科研所任总工,并被推荐为江汉区政协委员,后又被推荐为武汉市政协委员。

回忆这段历史,深感自己对我国海军建设所作的贡献与国家 and 海军对我的期望,相差还甚远。

(作者原为七一二研究所高级工程师,现为研究员级高级工程师)

伟大的友谊,真诚的援助

姜伯臣

1955年11月2日,我和王肃雱一道调离上海电机厂,到湘潭电机厂。调令下得很突然,要我们先到北京电工局报到,后来才知是派去苏联学习。到了电工局,同去的郎妙发也由沈阳电缆厂调来北京。电工局安排我学习舰艇电器设备的装配、调整和试验。报到后,在船舶局集中1个多月,和其他派遣去苏联学习的人员一起,跟翻译员学习俄语口语常用语和礼宾知识。12月20日离京。途经满州里到达莫斯科。在莫斯科办了签证手续,过了1956年元旦。苏方安排我们参观了列宁——斯大林墓,瞻仰了列宁、斯大林遗容。由于我的学习计划国内翻译上一字之错,我单独被安排到列宁格勒的“舰艇电气设备安装公司”学习。该公司在苏联一些大城市的舰艇制造厂,都有一个安装车间。苏方先安排我到设在列宁格勒的鱼雷快艇和扫雷艇两家工厂学习扫雷和消磁设备的安装、调试。然后再到高尔基、莫洛托夫、里加、海参崴、摩尔曼斯克等城市,学习各种不同类型舰艇的电气设备安装、调试。我担心这样学习将来回去无法工作,多次向苏方和我驻苏大使馆申述情况。终于在鱼雷快艇和扫雷艇两厂学习4个月后,转到列宁格勒“电力”工厂学习潜艇电器设备的制造工艺、装配、调试。学习按计划进行,工厂领导也特别重视。他们都有一个共同愿望,就是要使我们这些学习海军舰艇装备制造的实习人员,回国后能成为新中国舰艇制造的带头人,因此毫无保留地把他们设计、制造和研究试验中成功的经验和失败的教训都传授给我们。特别是老技术人员和工人对我们感情尤深。在开关板设计科和开关电器设计科学习技术资料时,我想看什么资料就拿给我看,不懂的给我讲解,他们自己不清楚的从不装懂,而是介绍了解的人给我讲。他们有时主动给我讲一些他们的设计意图,并拿他们在二次大战中缴获德国制造的元器件对比给我看。绝密资料如冲击振动试验方法是在“舰

规”外临时编制的，也拿给我学习抄录。总之，我们学习得越多，他们越高兴。

在车间实习时，老工人更是热情。有一个中年工人，掌握铜母线炭弧焊接绝技。焊接的母线焊缝光而无气孔裂纹。他从不传给他人，而对我则反复讲解了几次，并示范焊接给我看。潜艇自动开关装配调试中，他们掌握了不少经验数据，试验站的技术人员也一点一滴地传授给我，要我抄记下来，并让我上试验台操作体会，牢固掌握，生怕我们将来试制中走弯路。“电力”工厂的技术顾问、苏联开关电器灭弧研究权威之一布朗教授，来厂指导试验时，热情地给我讲了一些他和工厂中心试验室合作研究潜艇自动开关的新情况，并赠送我一本他著的《控制电器中的电弧》一书。在苏联友人的关怀帮助下，我们学成回国都能独挡一面地工作。

在生活上，他们对我们更是关怀备至。我开始实习的两个舰艇制造厂，还派专人料理我们的伙食，总怕我们吃住不习惯而影响学习任务的完成。在“电力”厂学习时，潜艇电器制造车间指导我实习的一位教师，被选为厂党委副书记后，仍然经常关心我的学习。在我回国前的欢送会上，他讲了不少热情洋溢，友好感人的话，并叮嘱我们将来制造潜艇开关电器时，遇到困难马上去信，他们会及时答复。为使我在祖国能听到苏联人民的声音，他赠给我1台苏联新出品的收音机。只有对中国十分友好的人民，才能作出这样无私的援助。我们尔后能在新中国海军装备制造中作出一点微薄的贡献，其中也有苏联人民的一份功劳。我个人永远不会忘记，并经常怀念这种友谊。

（作者现为七一二研究所七室高级工程师）

我的一段“大轴生活”的回忆

李树棠

编写军工史的同志约我就当初潜艇推进电机大轴试制和材料质量问题写点什么。我翻阅着一本本变得发黄的材料纸，透过那一排排密密麻麻的技术数据，仿佛又看到了通红的炉火，听到了机器的轰鸣，30年前的往事又浮现在眼前。

那是1960年的春天，我怀着一种对军工科研单位特有的神秘感，来到由湘潭电机厂代管的八六所。6月初，受室主任孙洪铨派遣，代表湘潭电机厂出差到太原重型机器厂，驻厂参加“33”潜艇主推进电机转轴锻件的试制工作。临行前，孙主任语重心长地对我说：“33经过一两年的技术练兵，初步摸索出了电机、电器产品各种零部件的加工制造经验，但没有合格大轴，致使正品电机无法试制，真可以说是万事俱备，只欠东风。你此去要千方百计尽早把合格的大轴拿回来。”我带着主任的重托，离开了湘潭，奔赴太原重型机器厂试制现场。

我深感责任重大，在驻厂长达1年的时间里，在大轴锻件的4次试制过程中，我每周向电机厂及驻厂军事代表室汇报试制情况。后来，孙主任调到电机厂三分厂任副厂长。在大轴整个试制期间，他按我预先与之约定好的电文代码，将我的一封封汇报电文译成各根大轴在锻造厂的实际加工试验工序进度，填入挂在墙上的统计表中。厂长每次召集生产会议，都首先看一下这张大轴进度表。可以说，在我国第一代潜艇电机试制的日日夜夜里，这根大轴的生命始终牵动着锻造厂和电机厂两厂两万名职工的心。

从几何形状上看，“33”潜艇主推进电机转轴是一根中间粗两头细、两端对称而中间空的阶

段轴,精加工后中间部分最大直径 530 毫米,总长度 4020 毫米。锻造厂试制时,大轴粗加工尺寸为:直径方向留有加工余量 30 毫米,中孔 125 毫米通孔,包括试样部分在内总长 5475 毫米。大轴选用 16 吨钢锭锻造,锻件重 9.6 吨,粗加工后重 5.73 吨,精加工后净重 2.96 吨。

转轴在工作状态除承受转子铁心自重和单向磁拉力的反复弯曲作用外,还作为潜艇驱动源到推进器这个长达数十米轴系中的重要一环,承担着传递扭矩的作用;除了在普通工况下承受来自柴油机的扭转振动外,为了海上作战的需要,还必须能够可靠地经受住从最大正转突然到最大反转的工况变动,因此又要求它具有良好的耐冲击负荷能力。

在 1960 年至 1966 年提出、补充和修改技术条件的整个过程中,我始终坚持把“确保质量”放在首位。根据大轴的工作条件,在保证纵向、切向强度指标和塑性指标的同时,又增加了纵向、切向冲击韧性的要求。并通过国内调研和查阅外文技术资料,除机械性能之外,又确定了化学分析、金相检验、超声波探伤、内孔潜望检查和残余内应力测定等试验项目和验收标准。后来的试制和生产实践表明,这些技术要求的提出与技术标准的制定,对指导和促进大轴的试制以及确保大轴的质量起了积极作用。

太重厂试制“33”潜艇主电机转轴锻件是从 1960 年初开始的。第 1 批投料 1 根,经太重厂试验合格后于 7 月份运往湘潭。经电机厂复试,因机械性能不合格而报废。

可是,太重厂试验合格后,误认为试制已过关,即开始第 2 批投料生产。当时使用阳泉土铁在 35 吨碱性平炉中冶炼。锻造为冷钢锭加热压延后 1 火成型。经调质热处理后,12 个机械性能指标中切向断面收缩率、延伸率和冲击韧性不合格,投料 18 根全部报废。

9 月间,八六所李宗林副所长、海军监造部陈处长来到太原,经向太原市委汇报求援,从太原钢铁公司调 200 吨高炉优质生铁给太重厂。10 月初,太重厂继续以碱性平炉冶炼进行第 3 次投料试制。此次投料 3 炉 9 只钢锭,钢锭冶炼制定了专用工艺,在锻造上增加了墩粗工序,2~3 火成型,在热处理上采用正火后淬火(水淬油冷)加高温回火(二阶)的调质处理。

1960 年的冬天是那样寒冷而又漫长。两次试制的失败,电机厂急需合格锻轴的信函、电报,使我夜不能眠。海军的需要鼓舞着我,和前两次一样,我作为用户的代表,又开始投入紧张的战斗。为了安排计划,我频繁地往返于厂调度室和生产车间之间;为了缩短试验待加工时间,我总是协助取样送验和统计试制结果;为了确保关键工艺的実施,我多少个夜晚跟班守在水压机旁和热处理炉台上,注视着庞大的白炽钢锭像揉面一样,忽而被墩粗,忽而又被压延的奇观,观看着这 5 米多长的赤红长轴,从 10 多米深的井式炉中吊出,淬入水井、油井中冷却的壮景。

当时,我们的国家处于困难时期,不少人吃不饱饭,我也算尝到了一点挨饿的滋味。由于连续疲劳和营养不足,身体也浮肿了。但是生活上的这些困难没有把我压倒,当时唯一的精神支柱就是盼望这批大轴早日取得材质合格数据。就这样,日日等,夜夜盼,先加工试验的两根轴的试验结果终于出来了。可是当拿到切向断面收缩率不合格的试验报告时,我怎么也不肯相信这是事实。后来结合低倍断口分析发现层状结构,终于确认了这批轴报废的原因是钢材冶金质量欠佳。当我一道道工序追查,最后发现调来专用的 200 吨优质生铁被部分挪作它用时,我再也无法抑制住内心的愤怒。操笔写信、发电报向电机厂、一机部八局和海军监造部“告状”,还要求上级“严办”太重厂,闹出一场小笑话!

也正在这时,军工系统内传达了中央军委、国务院关于军工产品生产中坚持质量第一的方针,工厂领导参加了贯彻上述指示的会议后,重新抓起质量。太重厂是个承担国家重点产品任务的大厂,正如该厂庄国坤总工程师所说:“太重(厂)的任务太重了”。然而,他们非但没有因

被我“告状”灰心,而且提出“以抓好电机轴钢质量带动全厂质量运动”的口号,在全厂掀起大抓质量的热潮。经过技术分析后,开始了第4次投料试制。这次用新造的10吨碱性电炉超负荷炼出16吨电炉钢锭1只,用35吨碱性平炉冶炼出平炉钢锭2只。其中,电炉钢锭(炉号D-41-1)经两次镦粗(3火)锻造成型和两次热处理后测试性能,其指标全部达到技术条件要求。这是我国自行制造的第1根合格的潜艇主推进电机转轴锻件,满载着重机工人对电机工人和海军将士的深情厚意。1961年4月,锻件从太原运往湘潭。至此,花了报废30根锻件的代价,用了1年零4个月的时间,终于完成了潜艇主推进电机转轴锻件的试制任务。此后,一根根合格的大轴锻件,便源源不断地从这个华北的工业重镇运往中南的电机之乡。

“33”潜艇经航电机轴由北满钢厂生产,首批15根也是全部不合格。我提出了挽救热处理工艺方案,交武汉重型机床厂实施后,15根全部合格,从而避免了经济损失,并为试制赢得了时间。

1963年10月,“33”潜艇成套电力推进装置经国家鉴定定型后,七一二研究所党委基于我在产品设计试制中所作出的成绩,给我记了三等功。

1965年,在总结第1代潜艇电机转轴生产技术的基础上,我又与同事合作,开展了轴钢材料的部分研究工作。与此同时,在研究设计第2代潜艇电机时,我提出了用合金钢代替优质碳素钢制造电机轴的技术建议。此建议经领导审查和技术调研、论证后获得采纳,由我和芦锦智一同到锻造厂进行了技术落实。采用合金钢后,屈服强度提高67%,轴颈尺寸约缩小1/7,每根转轴重量约减轻948公斤。

这些年来,我曾有机会先后到过南海、北海和东海,每当我站在海滨看到祖国海军一条条巨鲸般的潜艇,从大海中升起有效地守卫着祖国的海疆时,每当我登上潜艇询问电机轴质量,看到艇员的脸上露出满意的微笑时,就自然地引起了我对这段“大轴生活”的回忆,也自然使我得到一种欢快的欣慰。我为重机行业、电机行业众多的工程技术人员、工人、干部辛勤劳动结出的硕果而高兴,我为我有这样一代同龄人而自豪。

(作者现为七一二研究所五室主任、高级工程师)

潜艇电机、电器配套试验改进

程日兴

潜艇在水下工作时,其主推进电机由蓄电池供电。由于调速调压范围广,根据实艇布置的需要,往往制成双电枢形式,这是普通直流电机所没有的。

直流双电枢电机两电枢在并联工作时,存在两电枢负载分配不平衡问题。当负载分配不平衡时,将使一个电枢负荷重或过载,而另一个电枢轻载。过载的电枢温升升高,影响电机总的输出功率。同时两电枢的电势不等产生电势差,在电枢回路中必然出现环流。由于平衡导线的存在,导致换向绕组电流大于或小于电枢绕组电流,出现超前换向或滞后换向,造成电机换向的恶化,甚至使电机无法工作。

同轴双电枢电机,两电枢转速相同,但影响两电枢负载分配不平衡的因素是很多的。主要有以下两个方面:

1. 电路方面:线圈和连接母线制造不一致,焊接情况不一致,接触电阻的差别,将造成两电枢支路直流电阻不等,引起两电枢电流不同,使负荷分配不均匀。

2. 磁路方面:两电枢磁性材料的差异,磁路元件加工精度的差别,装配质量的好坏,气隙的不同及电刷中心线位置不对应等造成两电枢磁化曲线的不一致。这些将较大地影响两电枢负载分配的不平衡。

要使两电枢负载平衡,就要消除电路方面和磁路方面的问题。首先设计方面要有严格的要求,比如规定两端的内机壳必须由同一块钢板切割制成。对零部件的材料性能,尺寸公差,制造工艺都有明确的要求,有的要有严格的对应性等。但是材料的差别,制造质量的不一致,始终是存在的。为减少两电枢负载分配的不平衡,电机本身采用了两种简便的平衡措施:

1. 在两电枢间用平衡导线连接起来,以减小两电枢负载分配的不平衡。这种固定不变的母线连接,在并联运行时,是两电枢起平衡作用的主要措施。

2. 良好的设计和精密的制造,可使两电枢负载趋向平衡,但决不可使两电枢负载完全一致。有时由于换向补偿程度对磁场的影响,两电枢微小的差别就导致负载不稳定,严重失去平衡。甚至使一电枢为发电机,另一电枢为电动机,无法工作,这就全靠调整。有了良好的试验调整,才能使两电枢电流差稳定在电枢额定电流的 10% 以内,使电机在各工况下处于最佳工作状态。

对电枢电流调整的几个要点是:

1. 因电机是多工况多工作制运行,既作电动机又作发电机运行,还要作电焊机工作,有正转和反转工况。两电枢要并联和串联运行,其调速、调压范围很广,必须系统地研究它的各种工作状态,所以调速时必须同时考虑对各种工作制的影响。

2. 电枢电流差的调整,应同换向火花的调整相结合。在保证电枢电流差合格的基础上,调节其大小或方向,以改善电机换向。

3. 电机电刷中心线要校准。在调节附加励磁电阻有困难的条件下,可借助电刷中心线进行调整。

4. 考虑电机温升状况对电枢电流差和换向火花的影响,这对试验数据的重要性有很大意义。

5. 试验路线的真实性和联接可靠性,对试验调整结果的准确性有着决定性的作用。

原“33”潜艇电机试验线路设计采用固定控制板,在控制板与电机之间用电缆连接,是一种近似的模拟实验线路,不能保证电机、电器配套试验的要求,试验结果与实艇安装后试验数据差别很大。工厂出厂试验合格,到实艇安装后,必须重新调整,工作量很大。由于艇上条件限制,质量难以保证,也不安全,为了减少船厂和部队的调整工作量,保证出厂数据的准确性,我们大胆改革,提出按实艇安装方式将主控制板与电机直接连接配套,取消代用控制板,避免了模拟线路误差,试验准确无误。实艇安装后电机不需要调整了,深受军代表、船厂和部队的称赞,几十条艇的实践证明效果很好。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂工程师,现任湘潭电机厂三分厂厂长,高级经济师)

“33”产品试制时物资供应工作

侯广选

1961年6月,程贞茂厂长两份加急电报把我从北京催回来。根据党委决定调我到三分厂抓经营方面的工作,主管供应和财务两个科。当时分厂党委刚刚成立,正在传达贯彻国防工业三级干部会议精神,学习“两个第一”、“两个观念”、“两个服务”的军工生产战略方针,结合我厂试制“03”产品的经验教训,在分厂全体职工中开展学习,以求统一思想,提高认识。分厂供应科前身是供应处的一科,这些同志抓军工供应工作时间不长,还很缺乏经验,通过这次学习,克服了不左就右的思想倾向,提高了对军工生产的重要性和严肃性的认识,既坚持质量第一,又注重科学分析,按照我国国情,千方百计地克服困难,确保“33”产品试制所需原材料和配套件的供应。

端正军工物资供应工作的思想之后,经过与供应科同志们的反复研究,重点抓了下面几件事。

一、消化引进资料,熟悉苏标与国标对应关系

当时引进苏联的“33”产品,一些重要材料原由苏联提供。由于苏联片面撕毁协定,撤走专家,使我们增加了很多的困难。图纸上采用的原材料、配件,都是苏标“ГОСТ”标准,熟悉苏标与国标的对应关系是搞好物资供应的关键。我们努力学习这些知识,在此基础上与七一二研究所及驻厂军事代表室协商。由三方派员组成材料改代三结合小组,议定了材料改代的基本原则,即在保证产品性能和不降低产品质量的原则下,也就是主要技术数据与苏标相同或接近的情况下,采用国产材料代用。原则虽然定下来了,但在逐项落实时(总计材料、配件共1300余项),花了近3个月的时间才达成改代方案(232项)。后报请海军装备部赵部长审批,记得1962年的春节,我和陈雨润、张直芳都在北京等方案批准后才回厂。

二、千方百计,克服困难,寻找供应渠道,落实原材料和配件的供应

当时我厂搞军工产品的生产,并未取得军工生产的待遇,因而原材料、配件的分配供应没有确切的保证,给我们带来不少的困难。通过全体供应战线职工的努力,承部、局和省国防工办等各级领导的重视和支持,在驻厂军事代表室和七一二研究所积极配合下,基本上保证了“33”产品试制进度要求。然而,所走的路程是曲折复杂的。

为解决短缺材料问题,一机部八局先后在北京、湘潭、哈尔滨召开过3次直属企业物资调剂会。会上各厂带来的库存材料,优先满足我厂军工生产的需要,解决了不少材料问题。局又指定专人配合我厂采购人员到三机部求援,也解决了一批在民用企业很难找到的关键材料。此外,省委军工部及广州军区联合主持召开湖南省内6厂、1队军工物资调剂会议,也为我厂解决了不少问题。这些都是领导机关对我厂军工生产重视而采取的一些特殊措施。

在某些关键材料的订货和催交时,驻厂军代表曾配合我厂采购人员一道,到各地工厂企业进行订货和催交起了很大的促进作用。我们的采购人员更是千方百计,克服重重困难。为赶时间,许多材料是由采购人员一件件背回来的。有的配件因质量过不了关,便“百里挑一”去选用。如瓷管绝缘电阻不合格,采购回厂后由供应科找技术人员、检试人员一起进行耐潮试验,一根

根进行挑选,后又找外厂协作上釉以提高绝缘电阻。

三、建立完整的物资供应管理制度

物资供应工作牵涉面广,稍有考虑不周之处就会造成混乱,引起质量安全事故。我们特别抓管理这一环,建立健全了管理制度。产品材料消耗定额是供应工作的基本依据,定额不准就会造成积压或短缺,因而我们抓了材料消耗定额整顿工作。为明确材料标准,我们到各厂收集技术资料,请技检科和技术科编制试验项目表,中苏标准对照表和验收技术条件,基本上做到供应有依据,检验有标准,验收有凭证。为加强材料入库、出库管理,建立了相应的制度。通过这些措施,使军工产品材料向制度化、标准化发展,为以后成批生产创造了良好的基础。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂副厂长,现任湘潭电机厂副总经济师,高级经济师)

275 艇主推进电机的抢修

莫沃林

1976年3月14日,“33”潜艇275号艇在西沪港因故失事,海水涌入机舱,主推进电机全部淹没。经济航行电动机被浸没三分之一,时间长达20分钟之久。

消息传来,湘潭电机厂和驻厂军事代表室迅速组织抢救小组,由赵华甫带队,成员有刘泽熙、黄荡波、赵有存、周福行和我。

8月22日,抢救小组抵达现场。部队首长向我们提出能否用半年时间使电机的绝缘电阻恢复到0.5兆欧以上。任务就是战斗的号令,我们每个人都把这次进水事故看成是对我们产品质量的考验,把抢修任务看成是对我们技术、工艺水平的检验。次日,我们带着旅途的疲劳,立即投入抢救工作。

首先,在部队和兄弟厂(四八一九厂)的配合下,对电机外部和舱室用淡水进行冲洗,然后检查电机的关键部位——轴承,发现电机的轴颈已出现锈斑,轴瓦也被锈斑刮伤。我们将两台电机的轴颈部位进行了研磨,并刮研了轴瓦,修复了4个轴承部位。

接着,我们开始攻绝缘电阻这个难关。这时,主电机电枢绝缘电阻最高为0.55兆欧,最低的仅有0.1兆欧,经济航行电机的绝缘电阻几乎为零。我们先用60~70摄氏度的热风对电机进行干燥。两天后舱室温度上升到49摄氏度,为了使仪表不受损坏,把舱内所有仪表拆下,同时开动柴油机对机舱进行降压的措施,以加速湿气的蒸发速度。

连续几天对电机进行热风干燥,到第4天,左电机的绝缘从0.55兆欧突然下降到0.1兆欧。这种反常的情况是什么原因呢?分析认为是在某个部位可能残存有海水,在高温蒸发下,结晶盐凝结造成绝缘电阻更低,而换向器内腔残存海水的可能性最大,故此我们提出要清洗换向器内腔。而兄弟厂则认为电机内部仍有积水,提出要加大风量,提高进风温度到80~100摄氏度,经继续烘烤,这时舱室温度已达到67摄氏度,电枢表面温度达85摄氏度。前后进行近10天的烘焙,绝缘电阻仍不能回升。此时,部队首长同意我们冲洗换向器内腔的方案。

一个完整的换向器,仅压圈和套筒的接合处约有0.07毫米的空隙,如何进行清洗呢?我们的方案是在压圈上打孔,然后灌注蒸馏水加以冲洗。要在艇上进行换向压圈打孔作业,困难很大,艇上位置窄小,又要防止铁屑和油污进入内腔。压圈厚45毫米,我们先用直径为 $\varnothing 3$ 的钻

头钻 40 毫米深的预孔,然后再用 $\varnothing 8.5$ 的钻头把孔钻深到 43 毫米,用磁铁将孔内铁屑吸出。并用压缩空气将孔内吹净,最后用冲头把孔冲穿,这个小孔为我们清洗工作创造了先决条件。

我们对换向器压圈止口密封之后,立即对换向器内腔灌注蒸馏水,然后逐步升温到 90~100 摄氏度,开始是边灌边抽,最后进行长时浸泡。当浸泡了 3 个小时后,头一腔水放出来时,有人用舌头尝出了咸味,后经化验证明水中确含有盐份,因而证明我们的判断是正确的。接着进行反复的冲洗,并适当地转动电枢,直到抽出内腔的水没有盐份为止。

接着是换向器的干燥问题。在码头条件下,设备简陋,采用远红外线灯泡和电阻加温,内腔抽真空连续烘达 71 个小时的时候,绝缘电阻开始上升,测量达 1.5 兆欧。我们又继续进行干燥,绝缘电阻继续上升,干燥到 96 小时结束时,热态绝缘电阻恢复到 50 兆欧。此时将环氧树脂胶灌入内腔,密封冷却后,绝缘电阻上升到 200 兆欧。

成功的消息传遍了基地,支队首长亲自前来召开会议,肯定了我们打孔清洗的方案是成功的,要求其余的 3 个换向器也要采用这个方法。在胜利的喜悦中,兄弟单位也请缨上阵,接替了我们清洗内腔的工作。他们用了 10 多天的时间成功地将 3 个换向器清洗好,绝缘电阻都恢复到 16 兆欧以上,完全满足部队提出的要求。

在主机电枢绝缘电阻恢复正常后,我们着手对定子回路进行处理,发现其中有的磁极只 0.5 兆欧。这是少量海水渗透内部所致,我们决定把该磁极取出冲洗。

在艇上拆磁极是不容易的。这套电机是我国 70 年代初期的 1 套单机壳式的“革新机”,更不好拆卸,费了很大力气才把它取下。先把磁极放入盛有蒸馏水的容器中泡煮,在 60~70 摄氏度的水温下煮了 3 个小时;然后逐步升温到 100 摄氏度,煮了 4 小时;滴干后,在 120~125 摄氏度的烘箱中干燥 24 小时,绝缘电阻迅速回升到 35 兆欧;接着又把它放在密封箱中抽真空,反复 3 次,每次 20 分钟,绝缘电阻上升到 500 兆欧。

10 月 14 日,支队首长都前来参加试车,电机通电工作 11 个小时,运行结果一切正常,战士欢呼:“我们的 275 主电机又复活了”。部队首长含笑对我们说:“感谢你们,湘机厂来的同志好样的。”并给我们赠送了锦旗。

60 多个日日夜夜,时间是短暂的,而印象是深刻的。275 号艇国产电机浸海水事故,是一次不寻常的整台电机浸海水的试验,也是一次极其严峻的破坏性试验。在两个月中,用我们的双手把两台浸海水 20 分钟之久的主电机挽救过来,说明了我厂生产的电机质量是过硬的。我们摸索出了在码头条件下,在舱室内抢修浸过海水潜艇电机的修理方法,即换向器打孔清洗内腔法。这种方法既缩短了修理周期,又为部队节省了开支。这种方法在后来处理经济航行电动机中,为江南造船厂、武昌造船厂处理进过水或严重受潮后绝缘电阻降低的潜艇电机中,都得到推广应用,效果良好。

(作者为海军驻湘潭电机厂军事代表室代表)

“33”主推进电机消声降噪

马菊元

潜艇舱室工作条件恶劣,尤其是 5、6 两舱,工作温度 40 摄氏度、湿度 90%、噪声 102~110

分贝、振动大、颠簸剧烈。初次参加试航者头晕、恶心、呕吐,几乎无一幸免。

就噪声而论,不仅影响艇员健康,造成语言、指令障碍(勿需说在密闭的舱室里,就是工厂台架试验,也使人难以承受),而且随着声级的增加,声呐探测距离大减,潜艇自身隐蔽性能大降。

主推进电机主要声源是电动通风机。由于风量大、转速高、空间位置小,给降低噪声带来很大困难。

鉴于“33”产品仿制早已定型,降低风机本身噪声,一则审批繁锁,二则对于现役艇改装难度很大,故只能操捷径,在传播途径上采取抑制措施,加装进风消声器。这一任务,是在各级领导大力支持下完成的。

1978年4月完成了样机的设计,1979年3月完成了第1台样机的研制。在装机前后,对主电机、风机噪声和空气动力性能一一作了对比试验。电动通风机装上进风消声器后,在相同的工作制状况和环境条件下,对两台冷却器测量所得结论是:风量减少0.2%,电机各部分温升无明显变化。而风机进风口的噪声,却由原107分贝降到85.5分贝;主电机8个测点,平均噪声级由99.5分贝降到88.3分贝。

第1台消声器样机的问世,赢得了海军驻厂军事代表室的赞赏,并获得了海军驻广州地区办事处首长的支持。

1980年夏天,分厂派我去海军驻广州办事处,就下步打算实艇试验,向广办及各有关单位首长作了专题汇报,广办当即向海军装备部汇报了研制情况。

经广办的积极努力与支持,海军装备部拨专项科研费12000元。一机部、海军装备部订货部以(1981)一办字第73号、(1981)装订字第163号文,就潜艇推进电机鼓风机消声器在301号艇安装试验作了布置。

为协调工作,成立了联合攻关组,由湘潭电机厂三分厂总工程师赵华甫任组长,技检科长冯立人和驻厂军事代表室代表莫沃林任副组长,军代表唐国祖和我任组员。

从现场安装条件出发,消声器选用了外型圆弧状组合弯头式,由横、竖两节拼合,机械联接。考虑日后维护保养方便,各组成部分皆可拆卸,基本参数是内径400毫米,外径506毫米,长612毫米,高700毫米,1981年11月初完成了台架试验项目。

1981年1月13日,由军代表莫沃林、工厂徐俊卿、胡罗生和我,携此样机赴安游基地在301艇上作安装试验。12月3日通过了会议纪要,上报一机部一办,六机部生产调度局等主管单位。

纪要肯定了鼓风机加装消声器后,潜艇第6舱噪声最大点降低了20分贝,平均降低了9.5分贝。但安装方面须作一些调整,即右舷须移动磁力站、制动电阻箱;左舷须移动电焊电阻箱。如左舷消声器外形作适当的修改,则电焊电阻箱可以不移动或少移动,工厂愿意进一步改进。

经改进后的消声器于1982年3月13日由军代表唐国祖、三分厂何文斌和我,再次抵安游基地,将301艇左舷消声器向右偏斜15毫米,4月4日圆满地完成了消声器改装和电焊电阻箱复位的工作。

从研试效果看,该项目完全可以进行鉴定。为争取不减小风量和降低噪声,建议再试制两套,并就研制情况和下步工作打算,与驻厂军代表室联合行文报告各主管单位。

据实艇偏斜安装,支撑固位的需要,1982年对设计图纸又进行了改进,并再投产了两台。

1983年夏天,在工厂全面地进行了性能试验。主电机在1级充电工况下,噪声与未装消声器时同工况比较,10个测量点平均降低10分贝,最大点降低17分贝,即由107分贝降到了90分贝,主电机各绕组温升,平均增加2摄氏度。2、3级充电,平均增加5摄氏度,基本工况增加4摄氏度,但距温升最高点仍有13摄氏度以上的裕度。

由于我调离工作,其后的实艇安装调试、资料整理、鉴定和推广,由湘潭电机厂三分厂熊海秋和驻厂军事代表室代表唐国祖等同志通力合作完成的。

据机械工业部、海军装备部技术部舰艇部(1984)装舰字005号文通知,1985年4月2~7日,由湖南省机械厅技术处主持,在湘潭电机厂召开了鉴定会,参加会议的主管部门及有关单位共30个,各代表一致同意通过技术鉴定,建议批量生产。1986年完成了现役潜艇6舱消声降噪的技术改造,改善了潜艇工作环境,受到部队的欢迎,为提高潜艇性能作出了贡献。

(作者当时任湘潭电机厂工程师,现任湖南大学副教授)

“035”潜艇电力推进控制设备方案设计

陈金湧

1965年下半年,开始“035”潜艇电力推进控制设备方案设计工作。我参加了研究设计、试制、试航、鉴定定型改图等全过程,现就当时一些工作情况作如下回忆。

明确主攻方向 确定一次方案

“035”既是我国第1艘自行研究设计新型潜艇,总想搞得比“33”艇新颖、完善一些。根据海军和七院领导对“新艇要尽量提高水下航速,其他方面以不低于‘33’为原则”的指示精神,首先着手调研工作,通过与舰队座谈,了解到“33”比较突出的问题是水下航速太低和零配件不齐全,满足不了战备要求。明确主攻方向后,大家把注意力集中到如何提高推进功率问题上来了。但推进功率的提高,只是提高航速的途径之一,还需要和总体方面共同来做方案工作,水下航速究竟提高到多少?横观当时代表世界水平的常规中型潜艇,如“亲潮”号、“涡潮”号、“日内瓦”、“209”等,其水下航速为16~18节,通气管航行(8~10节)的续航距8000海里左右,经济航行3节左右的续航距为300多海里。而我国仿制的“33”潜艇水下航速仅13节,相形见绌,大家认为水下航速必须有一个突破性的提高。在统一艇体尺寸与“33”大体相当前提下,经与总体所磋商初拟的一次设备方案集中为4个,即:(1)3500马力水下航速19节3轴;(2)2500马力水下航速17节左右两轴;(3)4000马力铅—90水下航速19节两轴;(4)3500马力铅—80水下航速18.7节两轴。最后比较集中统一在3500马力两轴方案上,航速为18.7节,即满足海军的战斗技术性能要求。同时从化学电源来看,短时间内拿出铅—80电池的现实性,也要比铅—90电池大。

加强相互通气 落实布置方案

一次设备推进功率明确后,估算设备外形尺寸和落实设备方案,提到议事日程上来了。按总体估算的艇长,比“33”还短 0.6 米,仅宽度和高度增加 13%,却要把功率比“33”增加 2.6 倍的设备布置下去,设备的形状还要按总体实际情况来设计,例如控制板就做过瘦高方案;板内一些元件移置板外方案;空冷或水冷方案等多种。而研究如何优化这些方案,就得与总体所共同布置协调。经协商,总体所张南如室主任等 5 同志直接到我所,和我所周文璋室主任、王肃雕、刘定寰、尹任先及我一起办公进行设备布置方案。经半个月的联合办公,彼此加深了理解,从而更快解决了布置上一些难题。如为了改善艇员生活条件,增强战斗力,要在 6 舱增设两个床位,但具体布置却要求主控制板缩短 100 毫米。设备上也难做到,大家在方格图上摆来摆去,把能移开的其他设备都移开,还是摆不下去。最后,通过更改主电机出线盒,与主控制板之间挠性联接件相互错开,才算摆了下来。这种在短短时间内总体所与设备所联合办公,既有利于设备布置方案尽快落实,也有利于设备本身工作尽快铺开。

机电统筹兼顾 拟定设备方案

在电气线路方案及设备本身布置的细化阶段,注意把电气线路与机械结构有机地联系极为重要。例如在拟制主电路,电枢自动开关的保护区,是把行程转换开关都放在保护区内呢?还是只保护主机电枢呢?通过结构、线路结合进行分析,发现采用前者,给下一步设计工作将带来很多困难。我们采用了后者,既大大缩短了控制板长度尺寸,设备内部的布置相对紧凑合理,在电气线路上又不失掉电枢自动开关的保护作用。在不少情况下,设置机械联锁比电气联锁更为可靠。在主电路拟定分别控制两舷电池组隔离开关时,是分设两台隔离开关板,用电气联锁两舷串并联开关,后来我集思广益拟制机械联锁方案,将隔离开关装入一个串并联板内,实现通断控制程序,既节约了舱室空间,又提高了可靠性。

力求先进可靠 制定合理方案

“035”电力推进控制设备在作方案时,还注意了先进性与可靠性相结合的问题。例如拟定励磁调节环节方案时,确定以可控硅励磁调节器为第一方案,变阻器为备用方案。实践证明,这种设计思路是对头的,由于有可靠性高的变阻器备用方案,赢得了时间,保证了“035”潜艇按时开展试航工作。又如采用励磁反向是“035”控制设备方案的一个特点,在 1971 年 11 月武昌码头实艇试验时,过电压值高达 1400 伏(规定值在 1000 伏以下)。为解决此问题,曾作过多种线路方案,效果不很明显。后来采用纯电阻放电方案,并对转换开关采取措施,才使过电压值抑制下来。当时情况是试航人员既不可能坐等你进行各种研究实验工作,又不可让潜艇带着不安全因素冒然出海。这时采用可靠性高的纯电阻方案来抑制过电压值,就能解除大家的耽心,即使这方案是临时的,但从全局上来看用它是正确的。

坚持实践第一 不断完善方案

试制及试航过程,也是对方案不断完善的过程。例如采用电动操纵是“035”控制设备的又一特点,虽1964年进行了预研工作,但1972年在舟山消磁时,却发生了电操失灵。我立即赶到现场,发现原拟方案确实有不完善之处,这种偶然接通现象在拟制线路方案时是难以分析得到的。后来与参加检查分析的工厂老师傅、军代表一起研究,重新制定电操方案,经在成品上进行试验并上艇改装,直至试航均得到了通过。又如“035”由于采用电操,电池自动开关要增设一套电操机构,制造要复杂一些。同时总体设计蓄电池装载舱口时,因船体结构所限,提供的透光尺寸难以保证电池开关板直接吊进艇内安装。此时有人提出只有取消电池开关板电操,才能缩小设备尺寸。经研究,将电池自动开关引弧片缩短,重新布置设备方案,从而既满足了总体对电池开关板尺寸要求,又保住了电操不被取消。因为电操既能减轻艇员劳动强度,给使用带来方便,又能为将来实现隔舱控制创造条件,就应保住,并使其不断完善。

总的看来,在较短时期内搞出的“035”潜艇电力推进控制设备方案,通过试制和试航表明是成功的。它满足了总体的主要技术指标要求,使“035”艇比“33”潜艇在水下航速有较大幅度提高。经试航得到水下航速达18.3节,如按“33”以13节航行可达4.6小时,续航力超过世界同类潜艇的水平,同时在稳定性、机动性等方面也都优于“33”潜艇。

(作者现为七一二研究所高级工程师)

“035”主推进电机上的独特结构

于永先

“035”潜艇是我国自行设计的第一代潜艇,其主推进电机也是我国自行设计自行制造的第一代推进电机。“035”主电机是在仿制“33”潜艇推进电机,经历了从“照葫芦画瓢”到“照葫芦画葫芦”的艰辛道路之后开始设计的。

当时室主任是张瑞敬同志,“035”主电机产品第一负责人是王肃雒同志,产品第二负责人是刘定寰同志。参加具体设计工作的,除了工人技师唐执吾同志和个别1961年、1962年大学本科毕业的同志之外,大部分是我们1963年本科毕业的人。可见若没有老同志把关、指导,没有领导的支持,我们是很难肩负起这一重任的。领导要求我们:在消化“33”产品的基础上,要敢字当头、精心设计;要设计出有特色的自己的产品来,向海军提供先进的舰艇、为建设强大的海军、为保卫祖国海疆安全作贡献,为国争光。

“035”主电机的结构设计工作是1966年开始的。领导分配我搞总图技术设计、电枢技术设计及电枢一些零部件的施工设计工作。在产品负责人完成电磁方案计算,确定电机的主要参数后,开始结构设计。这时,我们人人动脑筋,搞方案,分析和消化“33”产品,存其优而剔其糟,结合我国国情进行设计。“035”主电机的每一个与“33”较大的不同之处,几乎都经过了由室里主持,有所内有关领导、技术骨干及室里有关人员参加的评议会,进行评议和确认。其中几项主要的结构变化是大轴、机壳、刷架与刷杆以及风路。在施工设计过程中,曾考虑到将双换向器置于

电枢中间的结构方案,因时间关系没能实现,但这一结构已用在后来的“039”推进电动机上了。

大轴。潜艇狭长的特定空间,使之所用的推进电机多采用双电枢结构。双枢电机转轴比同容量的单枢电机转轴约长三分之二;潜艇轴系安装,又要求转轴有中心通孔。转轴长,轴承间跨距大,这要求转轴有足够的刚度,在抗弯强度相同时,空心轴比实心轴轻。推进电机转轴是锻件,从保证材质角度出发,空心轴的性能指标远远优于相同材质的实心轴。转轴中间段尺寸,由刚度要求决定,在满足刚度的几何尺寸下,强度应力是很小的(一是几何尺寸大,二是仅传递一个电枢容量的转矩);转轴的轴颈尺寸,主要由电机的额定转矩和材质强度决定,轴颈尺寸的大小,直接影响轴承的体积和重量。所以轴颈尺寸不宜选大,这就要求轴颈材质强度要高。轴颈段的中心孔,由于受到轴颈尺寸和强度的限制,又不能开得太大。经过设计,“035”主电机转轴尺寸为:两端轴颈 $\varnothing 280$ 毫米、中心孔径为 $\varnothing 150$ 毫米(每端长1000毫米),中间段中心孔径为 $\varnothing 400$ 毫米(长2270毫米)。这种结构尺寸的中心孔,在整根轴上是难以加工出来的。经过多种方案比较,最后选定为3段轴结构。先将各段的中心孔加工完,用螺栓紧固,柱销传递扭矩,使3段轴联为一个整体。中间段选用40A材质,要求强度高的轴颈段,选用34CrMo1A钢。大轴分段结构在陆用电机上早有运用,但在潜艇推进电机上运用,“035”主电机则是首创。

机壳。“33”主电机是双层机壳,结构、工艺复杂,电机体积大,易产生机械振动噪声。通过蜗杆及内层机壳外表面上加工出的蜗轮,使内层机壳在外层机壳内旋转 360° 。用这种结构,可以在艇上实现更换电机下部主磁极。苏制“33”主电机原设计出自40年代的德国,那时主极绕组的绝缘是纱包材料,耐温低,易老化受损。而当时德国的机械工业发达,所以采用了这种以机械工业之长补绝缘材料之短的双层机壳结构。60年代进行“035”主电机设计时,B级绝缘材料已在电机行业广泛应用,又出现了环氧弹性胶和环氧无溶剂漆等新材料,使电机绝缘性能和寿命都有很大提高,能确保主极的安全可靠运行。经过充分分析论证后,“035”主电机的机壳改为用单机壳结构,大大简化了制造工艺,提高了电机的性能。

刷架及刷杆。潜艇主推进电机的刷架,应具有在电机上旋转 360° 的功能,以便在艇上更换炭刷。“33”主电机采用蜗轮蜗杆结构——刷架的刷杆座外缘加工出蜗轮齿。“035”主电机则采用滑轨结构——刷杆座的外缘装上小轴承,平时用压块将刷架压紧。这种结构和制造工艺简化了许多。刷杆的刚度大小,对换向性能有较大的影响。“33”主电机刷杆长约400毫米,悬臂式铸黄铜结构,再通过复杂的绝缘结构与刷杆座相连,体积大,重量重。“035”主电机刷杆长近400毫米,我们采用黄铜板弯制,并在中间部位通过环氧酚醛压铸件与刷杆座相连,使刷杆刚度大、体积小、重量轻、结构简单。

风路。“035”主电机和“33”主电机都是双枢结构,强迫通风冷却方式。冷却空气从电机中部吹入后,分两路进入前后电枢、磁路,从电机的前后两端排出。“33”主电机的冷却空气是垂直吹到转轴外表面上,风压头损失大,空气噪声大;“035”主电机上我们设计了一个“人”字形圆环,装在对着冷却空气进风口处的转轴外表面上,减小了风压头损失和降低了空气噪声。我们还在电枢铁芯上采用了既有轴向通风孔,又有径向通风沟的混合式通风冷却结构。这种通风冷却结构,在潜艇推进电机上也是一个创新。另外,由于铁芯较长,为了减小电枢绕组在轴向的温度差,我们把径向通风沟设计成不等距的:入风口端沟距大,出风口端沟距小。电枢绕组端部的冷却,一直是比较薄弱的,一般是利用铁芯外部的直线段和并头套(或鼻子)处进行冷却,冷却风可以从此处的线圈间隙通过。而绕组端部由倾斜部分“编”制成的圆筒,外部被绑扎物紧裹、内表面与包有绝缘的铁芯压圈紧贴,赖以固定绕组端部,所以冷却风是无法与倾斜部分接触

的。为了解决这个问题,我们设计了用环氧酚醛压制的扇形齿块零件,放在绕组端部和铁芯压圈之间,它既可以代替铁芯压圈上的绝缘,支撑绕组端部,又可以使冷却空气通过绕组端部构成的圆筒内表面,使绕组端部得以充分冷却。这一结构也可称得上是独创。

(作者现为七一二研究所二室高级工程师)

“035”潜艇推进电机试制中的一段难忘岁月

刘定寰

“035”潜艇推进电机的设计试制,几乎和“文化大革命”同时紧张进行。原产品负责人王肃因政治运动原因被停止工作,改由我负责。1967年12月,我和李忠武、于永先、蒋愁青带着初步设计完的图纸,奔赴试制现场湘潭电机厂。

局部槽楔试验未成功

电枢原设计采用局部槽楔。这是一个创造,也很巧妙,它有利于改善电机换向和电枢冷却。但也有问题,每台电机要用1000多个槽楔,运转时只要有1个飞出来,后果都是不堪设想。试制开始后,我们先在小电机上作了试验,发现相应于“035”电机额定转速作用力下运行1小时后,部分槽楔开始松动;相应于超速作用力时,大部分槽楔松动和变形,个别甚至飞了出来。局部槽楔结构是新颖,它引起人们的关心和兴趣,特别是车工班的工人师傅,他们找些边角余料自己加工,今天这个师傅从口袋摸出几个,明天那个师傅摸出几个给我们,形状五花八门,有黄铜的,有不锈钢的,有嵌进去的,也有旋进去的,厚度不等,都是很动了一番脑筋。但是通过多次试验,这种槽楔都未成功。电机制造正在进行,改用胶木槽楔结构,时间不允许,决定改用环氧玻璃布带绑扎。七一二研究所绝化组的同志,带着自己研制的绑扎材料来到工厂,和工人师傅一起奋战,最后终于使“035”电机渡过难关,向总装挺进。

换向器环火放炮

1970年6月,锣鼓喧天,电机送试,进行匝间超速试验时,电机在高电压高转速下发出清脆的尖叫声,这是考核电机机械强度和绝缘耐压性能的试验。我心情紧张,突然,火光一闪,轰的一响,电机向外喷出一股浓烟,在场的人都震惊了。电机静静地躺着,我久久地摸着它,凝视着这庞然大物,不知所措。我们心情异常沉痛,几乎一夜没有合眼,所老政治部主任刘子铎接到长途电话,急忙赶来。通常所领导来湘,我作为产品成套负责人,理应到湘潭迎接,而这次他却是在工厂总装配班旁的小房子等着我。见到了领导,不知怎的,只说了一句:“我没能很好完成任务。”眼泪就禁不住刷刷往外流。传来父亲去世的噩耗,我没有掉一滴眼泪。而此时此地的眼泪,我很难说是出于什么感情。我作为一个技术员,担负这样重要的技术领导工作,着实感到责任重大,电机的每一个问题都牵动着整个潜艇的大局。多年来,我们就像在敌后作战的小分队,日夜艰苦奋战,配合工厂以尽快拿出合格的产品装配“035”潜艇。如今突然一炮,怎不叫人心

碎!幸好,电机是换向器环火,烧损不重,换向器光一刀后继续进行调试。我们分析是由于匝间超压,换向片间电压较高,同时又在超速情况下引起的换向器环火。我们把匝间试验和超速试验分开进行,问题就解决了。

电机的第二次放炮

1970年8月,电机在紧张的试验中突然又响起了第二炮,大概是经过第一炮的锻炼,我镇定多了,是设计、制造还是试验问题?工厂意见是电枢绕组端部与补偿绕组之间高压飞弧引起。我们对电机作详细检查测量,发现它们之间的电气间隙都大于规定标准值。因此不同意工厂看法。这时,所军宣队指挥长郑英杰和刘子铎都来到湘潭组织督战,我所在湘工作组的一些同志都主动来了,大家不分份内份外,不为名不为利,晚上饿了只不过是3角钱1份的加班餐。就这样,我们一起白天黑夜分析研究,查找原因,奋战1个多星期,最后确认放炮是试验设备开关误动作所致,不是电机设计问题。工厂调整了试验设备,同时为了保险,在电枢端部加绑了环氧玻璃布带,试验继续顺利进行。

在那动乱岁月,我们的工作紧张而又愉快的。大家感情融洽,生活互相关心,我爱人周向群带着不满两岁的孩子小东,从旅顺来探亲,于永先同志主动到湘潭车站去接。我至今记忆犹新,大家工作上齐心协力,拧成一股绳,很多事情都是在来去车间的路上商量确定的。如电机转速从420转/分改为525转/分,审查改图,关键工序跟班,出现问题及时处理等等。经过长时间的苦战,大家非常劳累,体力消耗都很大。在那年头,一无奖金,二无加班费,工作与职称无缘,无名无利,我们常期待的只是试制任务完成后安安稳稳睡上3天3夜,是什么力量支持我们不受动乱干扰,最终胜利完成试制任务?这也很简单,就是在建设一支强大的海军中完成自己应该完成的工作。

(作者原为七一二研究所二室工程师,现在湖南大学任教)

参加潜艇用大电流自动开关研制

伍明燕

解放前,我国低压电器制造业极不发达。解放后,1953年湘潭电机厂首先仿制苏联A200系列自动开关。1954年完成DW2系列。1957年试制DW1(A15)系列,1958年投入生产。国内1957年开始在自行设计DWO系列基础上,进行统一设计DW10系列自动开关,1965年试制成功。至于潜艇用自动开关,解放前和解放初期完全是一片空白。

1957年,我从北京电器科学研究院设计室调往湘潭电机厂设计科任设计员,正值国家从苏联转让“33”产品,湘潭电机厂专门建立一个车间生产该产品。我此时也由设计科调往该厂基建生产准备科设计组参加这项工作,直至后来转为八六所、七院三所三六室和现在的七一二研究所。首先与陈金湧等同志作主控制板和自动开关的仿制设计,随后方国清同志也由设计科调来任电器专业组长,从此我与方一起负责“33”产品中A430系列自动开关和B120系列、B1230系列及B12/23型非自动开关的仿制设计。由于国内是首次试制要求这样高的直流自动开关

(额定电压 400 伏;额定电流 3000 安;分断能力 40 千安。还要能满足舰用防冲击、振动、防潮等要求),因此,无论从设计到工艺都有很大困难。如绝缘板的压制,主触头的铸造,自由脱扣机构和脱扣轴的技术攻关以及分断能力等,都经过了许多干部、工人和技术人员日以继夜、齐心协力辛勤劳动和两次试制,才于 1963 年随成套产品鉴定通过,成功运用到潜艇上去。为此,方国清被所里记二等功,我记三等功。

“33”产品鉴定定型以后,1964 年初,我又与方国清再度合作,搞“035”产品上的开关。这是自行设计产品,要求比“33”更高(额定电压 400 伏;额定电流 4000 安;分断能力为 60 千安)。最初提出两种方案进行讨论:一种是仍采用空气自然冷却,只要能满足“035”的要求,尺寸大一些也可;另一种是从长远考虑,将来潜艇推进电机容量可能还要不断增大,因此希望采用水冷方案,因为水冷以后其额定容量可提高到 4~5 倍。经多次反复研究,最后确定采用水冷方案。

1964 年,我们开始进行样机设计,相继参加这一工作的有陈国庆、杨泉元、施德金、王文远等同志。1965 年在本所试制工厂进行样品制造,1966 年样品完成后,在所内进行了提高额定容量的试验。实践证明,可以提高额定容量 4~5 倍,随后进行小电流分断试验也达到要求。1966 年下半年,我与方国清带着开关去上海电科所进行大电流分断能力试验。要求极限分断能力指标为 60 千安,我们 1 台自动开关做两个方案,结果一个方案做到 20 千安,另一个做到 30 千安都烧毁了。我俩急得当日连晚饭也吃不下去,到旅社一夜未能入睡,脑子里总在想开关烧毁的原因。次日将开关拆开检查,发现了烧毁前电弧的击穿点。回所后,经研究和领导同意,我与陈国庆去湘潭、上海等地有关单位调查了解。回来后经分析讨论,对开关结构作了改进,除加强极间绝缘外,同时在灭弧罩方面准备了 6 种方案,并重制样品。1968 年,再次去上海进行大电流分断试验,结果从准备的 6 种方案中选出的栅片式灭弧室和陶瓷灭弧室 2 种方案,均通过了 60 千安分断试验。

“33”自动开关只有手动,而“035”自动开关除手动外,还要求能电动,而电动机构又要求体积小。我们是采用行星齿轮机构传动,首先采用的传动比为 800:1,伺服电动机转速为 16000 转/分。当时订不到货,所以曾派搞电机的同志专程外出落实该电机的生产厂,由于种种原因也未落实。最后通过机械工业部订货会,并反复来往北京和博山之间,才算落实在博山电机厂生产,行星齿轮传动比后改为 259:1,伺服电机转速改为 4000 转/分。

研究样品试验成功后,1969 年开始下厂,在工厂进行试制,1971 年试制成功“035”第 1 条艇上的水冷开关。1981 年,方国清调往湘潭电机厂后,我与李锡群负责将两台 4 极水冷开关通过分析、改装,进行寿命和分断能力试验,使自动开关的寿命由原来的 3100 次提高到 5100 次,极限分断能力由原来的 60 千安提高到 80 千安;试验电压由原来的 440 伏提高到 660 伏,使分断能力达到 40 千安。与此同时,又与张雪鹏为主研制出 8000 安 2 极水冷自动开关,极限分断能力 440 伏时为 80 千安。通过这些试验,为今后大电流自动开关的设计、研究工作打下了基础。

1984 年,“039”艇动力系统方案论证开始以后,提出要将电力推进系统主回路额定电压提高到 800 伏,当时国内没有这种开关,国外也订不到货。经研究决定,由我和李锡群负责在原有水冷自动开关基础上加以改进。我们抓住分断能力这一难关,赶制出“039”自动开关模型,于 1984 年进行分断试验,结果试验电压 880 伏可分断 4.2~5.2 千安。试验证明,改进后的自动开关有可能满足系统对开关的要求,目前这一研究还在进行中。

总起来看,潜艇用自动开关在我国从无到有,从小额定容量(3000 安)到大额定容量

(10000 安);从小断流容量(40 千安)到大断流容量(80 千安);从手动到电动,从低压(440 伏)到高压(880 伏)等进行了一系列研究试验,并得到了令人满意的成果。这是各级领导、广大工人和科技人员共同努力,特别是负责这些课题同志经过不少艰难曲折,承担很大风险的结果。

对开关而言,系统无论那个参数增加一点,都会给它带来很大困难,同时还需最后通过试验才能确定它的性能。为满足潜艇电力推进系统的要求,我们还要继续深入进行更多、更细致的研究工作,以便设计出更加精良的 80 年代新产品,适应海军建设需要。

(作者现为七一二研究所三室高级工程师)

万安级大电流自动开关研制的艰难历程

方 国 清

我于 1964 年接受“035”潜艇电力推进系统主回路用自动保护开关的研制。这种万安级大电流直流自动开关,当时在国内还处于空白。

开始安排了两个课题论证,一为空气开关课题,另一为水冷课题。经过几个月的探讨分析,感到同时进行两个课题有一定困难,最后确定放弃空气开关方案,集中攻水冷自动开关课题。

同时确定以苏联 AM 自动开关为借鉴物,目标确定后,经几个月的奋战,于 1965 年初完成全部施工图设计。

图纸出来后,面临的困难是制造。所里试制工厂刚组建不久,人员来自四面八方,一个百来人的小厂与难度这样大的产品是不相符的,仅需要的冲、夹、量、刀具就有上百付左右。

尽管有那么多困难,工厂接到试制任务后仍然情绪高涨,大家齐心协力,想方设法攻克一道道难关。记得有一种模数为“1”的小齿轮,就是在没有专用刀具和机床的情况下,他们用插床、自制插具,硬是用 0.1 毫米的进刀量一点点地试插出来。正是由于有这种奋发上进的精神,终于在 1965 年底做出了两台开关样品,这在当时简直是一种奇迹。

1966 年进入全面试验,开始比较顺利,很快拿下在一定水流量下获得额定容量最大为 1 万安的技术参数。可能是顺利的缘故,不自觉地忽视了后边关键项目的深化探讨和准备。

1966 年 10 月赴上海作断流容量试验,这是关键项目,关系到全局的成败。经筛选,用两种弧罩作试验。试验中一个方案在分断 2 万安电流时被试开关烧坏。另一方案在分断 3 万安时烧坏。几年的辛苦,可说是毁于一旦,面对现实,忧心忡忡,当时一阵冷汗贯流全身,技术上加上当时客观形成的政治压力,那种难以承受的味儿是不言而喻的。我们收拾好试后的摊子,带着疲乏的身躯回到所里。

可是所、室领导和同行们并没有提出什么责难,而是鼓励我们找原因,提措施,以便再战。在当时要搞出样品已是既定决策,因为海军急需要,此情比景也无疑增加了我们再战的力量和勇气。

经拆开实物仔细观察发现,主触头熔焊、极间短路、到处充满黑烟和熔粒。根据这情况召开了几次分析座谈会,并走访了湘潭、上海等地的同行,查阅了有关资料,最后进行认真分析,认为这种样品只要把握好规律,达到 7 万安指标是有希望的,关键是采取措施防止电弧反吹。所以重点在弧罩方案上多想办法,这使我们在失败中对事物的认识加深了一步。

由于“文化大革命”的原因,随后全所几乎都停工了。但国家对“035”艇的需要很急,我于1967年下半年又被抽出来搞该项工作。几经周折,四处求援,“停停搞搞”,终于在1968年又装出两台样品。

这次把灭弧作攻关的重点,一共设计和制造了4种灭弧罩方案。值得一提的是,所工厂在赶制灭弧罩模具时,老师傅们兢兢业业加班加点,毫无怨言。上海陶瓷二厂为试制陶瓷弧罩付出了辛勤劳动,抽出专人作为重点任务攻关,历时两个多月完成了样品。这些点点滴滴的可贵精神奠定了我们后来试验成功的基础。

1968年底,在上海开始第二次断流容量试验。这次准备了4种灭弧装置试验方案,还采取了一些应急措施。试前虽然思想一度紧张,但由于有了前一次的经历,心中也踏实一些。经认真分析筛选出两种灭弧方案,通过7个档次试验,很幸运两种方案均通过了7万安电流。试验成功了,大家都有一种来自内心的快慰,这个成功可是来之不易啊!前后整整花了5年时间,付出了多少人的辛勤劳动。

之后,“035”控制设备要求马上交工厂投产试制。我们即按照已试项目的结果进行全面施工图设计,但这时样品有一些大的试验还没做。只好硬着头皮碰运气,把希望寄托在工厂这个大试验舞台上,就这样带着未完的课题和矛盾的心情赶到了湘潭。

当我们把产品情况如实交底后,立即得到工厂理解和支持。设计、工艺、制造不分彼此,通力合作,各负其责。要作的试验项目,一经确定,通行无阻。大家只有一个纯朴的想法:把产品快点搞出来,这就是我们当时战胜困难的精神支柱。

样品投产试验,又熬过多少不眠之夜,走了一些弯路,付出不少代价。如机械寿命试验中,暴露电动操作机构的严重弱点,机构有时不到位,振动大,以至机构松脱,机械寿命达不到要求等等。我们没有这种经历和思想准备,真有点措手不及。但是在“三结合”讨论下,用集体的力量和智慧,终于逐个解决了。产品经全部试验合格后,于1971年底经过厂内鉴定认可,我们才暂时松了一口气。

1973年,工厂作“33”自动开关脱扣器调试中,偶然发现短路脱扣器动作呆滞,有时甚至不动作。这个发现至关重要,脱扣器系统是开关保护的执行元件,一旦发生短路将造成重大事故,因此引起工厂高度重视。经反复多次验证,该机构确实存在拒动作区域。“035”开关采用的脱扣器,结构与“33”相似,只是调整参数不同,从而也引起了我们的警惕,并和工厂一同积极投入这一验证工作。

工厂在这次试验中,动用了大量人力物力,采用两组“33”蓄电池作电源,以模仿实艇调试工作,前后共试验了10多个不同方案,成百次地反复试验。为了求得稳妥,还在潜艇基地作了一次实艇调试。试验及分析工作前后历经两个年头,“功夫不负有心人”,终于找到解决的合理方案,得到多方认可。试验发现大电流多极开关同时通电时,在周围铁磁物质和多种因素影响下,各极产生的吸力是不一致的,有的强,有的弱。因此,脱扣器结构为适应这一要求,关键要减少外磁干扰,才能显示优势。我们水冷自动开关的电磁脱扣器在这一启示下动了大手术,重新设计了新的结构,并经多种试验才达到了要求,这是该产品研制后期又经历的一次大磨难。

(作者原为七一二研究所三室工程师,后调湘潭电机厂工作)

研制“035”磁场反向开关二三事

卓景星

潜艇主推进电机由电枢反向改为磁场反向,首次在“035”艇上应用。因此研制磁场反向开关被提到议事日程上来,而我正好赶上趟了。1963年,我从上海交通大学船用电器专业毕业,分配到七一二研究所工作,仅下厂劳动锻炼半年,于1964年7月就有幸被提早抽回所,参加反向开关的图纸设计工作。比我早1年半由清华大学毕业分配来所的李夕训同志担任课题负责人,他负责反向开关的总体、触头和灭弧系统及试验用大电感的设计计算工作;我负责开关的机构、电磁系统、辅助触头系统及大电感线圈的设计计算工作。

李夕训按照“035”系统的参数要求计算出的大电感体积极其庞大,无法实现,因此就先设计一个电感量较小、可供摸底试验用的电感。

1965年上半年图纸工作结束后,便在所内试制工厂开始了试制工作。由于工厂是首次进行此样品试制,而且台数少不可能开模具,因此在试制过程中遇到不少加工难题。我们和工厂负责工艺的旷文扬同志那时还是初出校门的“牛犊”,但都抱着“不怕虎”的精神和工人师傅一起紧密配合,千方百计克服了一个个困难。如约半米见方的底板是由黄高师傅徒手敲出来的;形状复杂的灭弧室基座是用三聚氰胺石棉压塑料先压成一方块后铣出来的;主弧触头上的银——氧化镉触块的焊接是由厂技术科袁永芳同志和朱长发师傅用点焊机改装后摸索焊成的;易建文师傅担任总装任务,开关装后调整也不是件轻而易举的事。经过我们和工厂工艺人员及工人师傅的共同努力,仅用了半年多时间,于1965年底试制出两台反向开关样品及一台试验用电感和其他“035”的电器元件样品,一起在所里举办的科研成果展览会上展出。

1966年初,李夕训同志被抽到汉阳造纸厂参加“四清”工作组工作,由我负责反向开关样品的型式试验和摸底研究性试验。不久从湘潭工作组抽回张志良同志和我一起担负此项工作。具体的试验工作由试验组陈典海同志负责。

试验用电感虽然自制了1台,但电感数值经测试与“035”系统参数的要求相差甚远。当时正值武汉的酷暑,为了解决试验电感问题,曾到武汉电车公司等单位了解,未得解决。室主任周文璋同志提供线索,告知武钢可能有湘潭电机厂制造的直流大电磁铁,电感数值较大,也许能作试验用电感。我一个女同志只好壮着胆独自一人乘车到武钢去找,从总厂到分厂各处打听。功夫不负有心人,终于在初轧厂打听到有吊车用的DM-25型直流电磁铁。他们听我说是为海军的研制工作急需,便同意借用。我高兴至极,回所汇报后和闵、杨两位司机开着两辆解放牌大卡车,凭着1张介绍信(没花1分钱),就借回两台直流电磁铁,使试验能顺利进行下去。由于负载是借用设备上的产品,因此使摸底试验的深度和广度受到一定的限制。

之后,即使在“文化大革命”中,我们也没有停止反向开关的研制工作,但毕竟要受些影响。1968年下半年开始,我调到湘潭电机厂三分厂参加“三结合”小组进行“035”装艇产品的试制工作。试制中反向开关的试验用负载电感,还是参照以前摸底试验时的经验,在湘潭电机厂总厂借几台直流电磁铁的线圈,上下用厚钢板将其夹在当中,构成一个简易的试验用大电感。

由于工作需要,我于1969年奉调回所。1970年下半年,室里要我提供两台反向开关作10

万安断流容量试验室的试验设备。时间紧,任务急,而湘机三分厂又无现成产品,我便千方百计打通分厂上下关系,对车间库存的零部件逐个查细帐,从而买回他们多余的零部件;自己又跟班劳动,从领料到制作简单零件、装配、试验等都亲手去抓,终于在年底前按时交出两台产品。在这段时间里,湘机三分厂反向开关的工作转交给张焕云和刘学文同志,他们与工厂配合于1970年底生产出装162艇的反向开关产品;与此同时,张志良和杨泉元同志按我们的图纸,配合上海电器厂生产出装163艇的反向开关产品。我则负责反向开关文件的编制、完工图纸的绘制及协助解决试制中的问题。

1972年,在实艇试航中发现反向开关的过电压高、机构不灵活及辅助触头不可靠等3大问题。1974年“744”会议上正式提出,并限期解决。

1973年初,李锡群和我为解决反向开关的问题,举家搬到湘潭工作组,和工厂工艺人员张建明、梁泳炎,军代表皮明选及邹宜佳师傅组成名副其实的“三结合”小组。我们先打破现有框框,对开关进行认真全面的剖析。分别对灭弧室中的栅片并联电阻数值、接法、栅片数、形状、磁吹线圈匝数、连接方式、连接点等等,对机构的机械联锁、线路上的电联锁、弹簧的工作状态等等,对辅助触头的形式、安装方式、安装位置等等一系列问题逐个地进行分析、计算、优选后,提出有效的改进方案,然后和工厂师傅一起制造、装配,并在工厂和实艇上进行多次试验,拍了上千张示波图。在对反向开关的性能摸准摸透基础上,终于把存在的问题完善解决了。而且还首次将小容量的氧化锌压敏电阻用在反向开关上作为第二道保护措施,削掉分断过程中的尖峰,确保过电压在允许范围之内。我们还和三分厂一起通过大规模的试验,从实践上和理论上证实了反向开关分断电机励磁回路时产生的过电压,在电机主极绕组匝间分布是均匀的,为今后工作提供依据。

1975年,在湘机三分厂改装出1台反向开关,并进行了型式试验和实艇试验。1976年又进行了一次全面改图。1978年制造出的产品顺利通过型式试验和实艇试验,各项技术性能指标都满足有关技术文件和一系列会议的要求。这次“三结合”工作受到工厂领导的赞扬,由此我们也和工厂各部门建立了深厚的友谊,为以后的工作打下了坚实的基础。

ZDM1-015/4“035”潜艇主推进电机励磁反向开关于1984年获七院科技成果四等奖。

(作者现为七一二研究所三室高级工程师)

潜艇电气设备技术攻关的体会

牟惟迁

1961年5月,我从湘潭牵引电气研究所调到电机厂三分厂技术科主要从事技术归口性质的工作。在长期的工作中,对三分厂有如下主要印象:

一是三分厂规模较小(1000人左右),比较齐全,办事程序简单,是一个很理想的技术开发与科研场地。二是三分厂有一支很好的职工队伍。其中有相当一部分具有开发素质的人才,是一支善于攻关的技术力量。三是三分厂经过1961年的质量教育与停产整顿,质量观念深入人心,制度健全。四是总厂对三分厂重视,挑选来的领导有进取开发精神。

正由于存在上述优势,三分厂职工从事过大量科研与技术攻关实践,研制与生产出很多技

术复杂的产品,取得了良好的社会效益和经济效益。现仅将我在从事舰艇电力推进设备研制中,参与技术攻关工作的体会写在下面。

实践出真知。1965年,“33”电力推进设备作定期的型式试验,分厂孙洪铨总工程师要我下去组织、协调电器产品的试验工作。这次型式试验暴露了不少技术质量问题,其中有不少是1963年首次型式试验未出现过的问题。当时参加的人员很多,但真正能准确地提出解决措施的还是最有实践经验的产品负责人和装配工人。如动弧触头指示杆在寿命试验中,因铆装的弹簧片断裂而脱落;分励脱扣器在寿命试验中顶不开脱扣机构;动弧触头不正常下垂,影响开关的正常工作。这些问题当时非常棘手,后来均是按照产品负责人蔡信凤工程师的主意圆满解决的。在调整短路脱扣器动作值时,开关要分断低压大电流,导致触头烧伤。装配工人采用了极为简便的方法,既测定了脱扣器的动作值,又不伤触头。通过型式试验,对产品作了许多改进。对已出厂装艇的产品,需要换相应零部件。其中最感头痛的是更换指示杆,这需把开关拆下来解体才能更换。但重新装配后,在艇上没有条件验证保护动作值,因而不能采用这一办法。装配工人苏述泉同志苦心钻研,制作了一个象鸟似的精巧工具,用此工具可以不拆开关,便可更换指示杆。对已出厂装艇的开关,就是靠这个“工艺品”进行更换的。另外要提到的是在型式试验中,大家积极性都非常高,如非自动开关小电流分断不稳定,为了帮助电弧移动,在静弧触头上加装了一个铁片,工艺员郭保生同志亲自动手加工这个零件,不幸被镊子尾端碎片打进左眼,留下了伤残。

1970年,我厂与七一二研究所联合研制的“035”电力推进设备(电器控制开关水冷)出厂,在装艇试验与使用中,暴露出不少技术质量问题。我曾两次带队上艇修理。一次去舟山,另一次去旅顺。每次参加的人员不少。在艇上修理既要动手又要动脑,必须精明能干,其中最引人注目的是邓崇炳、刘家福两同志,他们技术高超,工作认真,善于观察与分析问题,找出准确的解决办法。如主控制板行程轴电操过位,造成短路事故,烧坏了开关。邓崇炳同志提出了改进方案,自行设计,制造了零部件,解决了这个问题。又如由于充电时误操,导致充电工作制下失磁,能量倒流,柴油机超速损坏,损失巨大。刘家福同志根据总体要求,设计了一套防止误操作的机构,结构简单,便于安装,大大提高了系统的使用可靠程度。他们两人不管是在工厂研制过程中还是在上艇检修产品中,或是应用户要求处理有关技术质量问题中,都是难不住的人,处理与解决了大量疑难问题,为海军建设作出了重要贡献。

人才是关键。60年代中期,三分厂着手建立产品设计队伍,以改变处理现场技术问题的被动局面。“035”电力推进设备试制成功后,因电器控制开关采用水冷而带来了制造与使用上的困难,制造厂迫切希望改变这一被动局面。三分厂的工程技术人员提出了一个大胆设想,取消“035”电力推进设备的电器控制开关水冷装置,代之以空气自然冷却。孙洪铨总工程师及时领导了这一问题的探讨,决定自行设计与制造出空冷控制设备。取代能否成功,关键在于能否研制出合乎要求的空冷开关。孙总要我组织一个空冷自动开关设计、工艺组,用最短的时间,把产品拿出来。

这个组是1975年6月成立的,技术力量相当强,主要成员都是有10~20年的技术工作经验,且比较冒尖的人才。这个组的特点是思想开阔,乐于讨论技术问题,几乎每天都有热烈而友好的争论。

这个组的第一件事就是选择自动开关的总体方案。大家鉴于“33”自动开关短路脱扣动作值不稳定的教训,都希望新的开关能有稳定的脱扣器磁系统。开始,意见很不统一。一部分同

志认为联邦德国 R913、R914 自动开关是主触头体 3 面环绕脱扣器铁心,电磁作用力大,有助于稳定动作值,且有进口实物可借鉴,故建议选用类似结构。程祯瑞同志根据他参与大电流脱扣实验的经验,提出 R913、R914 产品用铜太多,且产生磁拉力的安匝作用不一定比“33”自动开关直通式主触头体穿过脱扣器铁芯大。我对程的意见颇为赏识,我们作了一个很简单的模拟试验。分别模仿联邦德国开关和“33”自动开关结构,结果证明了他的看法正确,因而立即统一了意见,采用“33”自动开关主触头的结构型式。所以,在空冷自动开关方案选择工作中,程祯瑞同志立了首功。

倪裕祯工程师有 22 年的电器制造经验,他知识面广,且善于发动群众。请他负责最关键的主触头部分,他从设计触头,指导制作临时木模,深入到精密铸造工地,先后只用了两个月时间,就拿出了上 10 公斤重且形状复杂的紫铜铸件,进展速度是惊人的。

王亮初同志是原水冷开关的产品负责人,这次负责自动开关总体及构架、机构等设计。他通过分析实验,优选出了最有利的滚轮触头结构参数,解决了开关温升的关键。在开关的总装和检查中,验证了他的总体设计准确无误。

程祯瑞同志分析了三分厂过去在大电流脱扣方面的大量科研数据、设计出了动作准确可靠的脱扣器,一次成功。

陈雨泉同志分析了原水冷开关的行星传动机构,在不增尺寸的条件下,将输入转速由 13000 转/分降为 4000/转分,从而大大减少了噪声和振动,为自动开关寿命从 3000 次提高到 5000 次创造了条件。

在分厂的领导和支持下,通过全组同志的创造性劳动,全分厂大力协作,只用了 8 个月的时间,做出了自动开关样品,顺利通过了温升试验。接着在七一二研究所的大力支持与帮助下,于 1976 年 3 月在七一二研究所断流容量试验室通过了极限分断能力试验。在样品试制基础上,进一步充实完善,陆续试制出正式产品。

空冷自动开关的试制成功,为在“035”电力推进设备上取消水冷装置,铺平了道路,使我厂能够下决心请战,承担“035”电力推进设备(开关空气冷却)的研制任务,并负责技术责任。现在“035”空冷开关装艇实用,技术性能良好。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂电器主管工程师,后任湘潭电机厂三分厂总工程师,现任湘潭电机厂副总工程师,高级工程师)

“035”主推进电机中断区的解决

黄祖干

湘潭电机厂自 1955 年部、局决定兴建潜艇电传动系统分厂,并于 1959 年建成以来,第 1 套“33”型推进电机电控设备试制完成后,于 1963 年通过了鉴定,得到定型。“33”全部采用苏联设计,单机功率 1350 马力。由于国防需要,在总结“33”运行经验基础上,我国自行设计开发了“035”型推进电传动系统,单机功率达到 3500 马力,并于 1978 年试制成功,交付海军试航,获得好评。

潜艇电传动系统是以蓄电池为电源,供电给与螺旋桨耦合的主推进电机,因此潜艇航速正

比于主推进电机的转速。

直流电机调速,一是调电枢电压,一是调磁场电流。理想的调速是用电子器件对电枢电压和磁场电流进行无损、无级的调节。在民用的、常规的场所,采用电子器件解决“035”主推进电机(电压直流 400 伏,功率 3500 马力,调速范围 0~530 转/分)的无损、无级调速是不困难的,但在潜艇内,空间有限,载重量有限,同时电磁兼容性要求很高,可靠性要求很高,这对采用电子器件(特别是电枢调压方面)带来很大困难。又由于蓄电池能源利用率要求很高,不能考虑电枢回路串电阻调压,只好采用蓄电池分组切换成串或并联,主电机采用双电枢结构,也可切换成串或并联,再以细调磁场电流的方法来调节转速。

“035”采用这种方法后,主电机转速调节情况如下:

(1) 电池串接,电枢并联,磁场电流从约 30 安调至 44 安,可得:

- 转速 525 至 485 转/分
- 功率 3500 马力至 2775 马力

(2) 电池并联,电枢并联,磁场电流从约 14.8 安调到 31.8 安,可得:

- 转速 425 至 290 转/分
- 功率 1850 至 560 马力

(3) 电池并联,电枢串接,磁场电流从约 12 安调至 24.5 安,可得:

- 转速 320 至 150 转/分
- 功率 880 至 100 马力

显然(2)、(3)之间,通过切换和调磁,可满足 150 至 425 转/分的运行要求。但在(1)、(2)之间有一中断区,在 425 至 485 转/分范围内,只能过渡运行,不能定时运行。

这是因为如果在电池串、电枢并条件下,增加磁场使转速从 485 转/分向下降,由于磁场饱和关系,转速下降将导致激磁电流急剧增加,磁场绕组温升成为限制因素。如果在电池并、电枢并条件下,削弱磁场使转速从 425 转/分上升,由于功率与转速有近似立方比的关系,将导致电枢电流急剧增加,电枢换向、温升、主开关温升等成为限制因素。

中断区的存在带来了航行的不便,海军认为这是“035”电传动系统的一个缺点。

1980 年以后,本厂和一些有关单位均在探索解决这问题的办法。本厂三分厂主张在原有基础上,作若干改进以解决这问题。有的单位主张推倒重来。我当时任总工程师,很同意三分厂的看法,认为这样大的产品,主要性能比“33”好得多,别的性能都能达到标准要求,仅为这问题,推倒重来,必将影响海军建设好几年,还要花一笔很大的试制费。

因此查阅了“035”的试验数据,认为原定的“中断区”是偏于保守的。无论从电枢温升,还是激磁绕组温升看,都有较大裕度。

例如用电池串接,电枢并联,加强激方式降速,可推出下列结果:

实际试验数据中,查出 485 转/分,输出 2775 马力,激磁电流 44 安,温升 35 摄氏度。

根据主电机空载曲线,525 转/分时,激磁电流 47 安,空载电压为 470 伏;如将转速下降到 447 转/分,激磁电流不变则空载电压为 400 伏,与电池串电压相当。47 安的激磁电流与 44 安时温升,按电流平方关系推算为 40 摄氏度,这与标准允许的 65 摄氏度比较,有较大裕度。

另一方面,用电池并,电枢并,削弱磁场,增加电枢电流方法增速,可推出下列结果:

实际试验数据中查出 3500 马力,温升试验电枢电流 3644 安时,温升 50 摄氏度。

对应 447 转/分的功率,按转速功率关系,可推知约为 2167 马力,相应输入最大不过 1750

千瓦,相应电流在220伏电池并联条件下约为3977安。以电流平方关系推算出温升约为60摄氏度,与标准允许的65摄氏度比较还不算超过。虽裕度不大,但估算时有一些有利因素没有考虑。例如电压降低,铁耗减少,速度降低(525~447转/分),机械损耗减少等。而且从增强磁场降低转速时温升裕度较大看来,转速过渡点还可取值低于447转/分。总之根据试验数据分析,不必推倒重来,就可能解决中断区这一点是有一定把握的。因此我支持三分厂意见,进一步去作些试验分析。

1983年,上级在湘潭市召开了“035”电力推进设备补充修改技术要求和改进设计方案审查会。经过各方认真讨论研究,同意了本厂在原基础上小改的方案。随后,上级以(1983)装舰字158号文批复,文内关于主推进电机转速方面定出如下一些要求:电池串接,电枢并接,从530转/分,小时制输出3500马力,可调磁场降速至450转/分;电池并接,电枢并接在435转/分上可工作1小时,升至450转/分时,可工作10分钟。

本厂据此批复,将激磁绕组保持导线截面,略改绝缘结构,由185匝改为195匝。根据1986年对改进后产品的试验数据分析,不仅完全可以满足批文取消中断区的要求,实际还有较大裕度。

对这个工作,我可以说并没有什么贡献,仅仅就试验数据作了一些分析,坚定了三分厂的信心,争取到用户和上级的支持,避免了一些不必要的损失。

(作者当时任湘潭电机厂总工程师兼技术副厂长,现为该厂顾问、高级工程师)

解决“035”潜艇主推进电机转速 中断区偏宽问题

颜 国 荣

1983年6月,在035电力推进设备技术鉴定会议上,对后续艇确定用空冷控制板,并提出主推进电机在实艇试航中转速中断区偏大,不能达到25转/分的要求,总体所及部队要求予以解决。经分析讨论,会议审查通过了湘潭电机厂提出的改进设计方案。

所谓电机转速中断区,是指电机双电枢并联状态,而蓄电池组由串联改成并联转换前后,电机转速不能连续工作。

当潜艇高速航行时,蓄电池组是串联的,而两个电枢是并联的。也就是每一电枢绕组上施以网络全电压,推进电机转速连续降低,是借增加电机激磁电流直到最大允许值来实现的。超过此电流值,电机激磁绕组的发热超过标准限度。即当磁通达到最大值时,电机转速降到转换前的最低转速,如要使潜艇航速继续降低,蓄电池组届时应由串联改为并联。若转换前后,转速不变时,由于电机功率要保持不变,而电机转换后,端电压仅是转换前网络电压一半。因此从理论上讲,电枢电流将比转换前增大1倍,比额定电流也大得多。这对一般电机是做不到的,对潜艇推进电机设计更非易事。为此一般在推进电机设计时,就允许有一定的转速中断区。

对035推进电机而言,由于蓄电池网络电压变化范围,造成转速中断区比设计规定范围更大,达60转/分中断区。为解决这一问题,湘潭电机厂根据对实艇试航测试转速中断区范围技术参数,在工厂进行摸底分析,提出解决措施如下:采取增加导磁磁路截面积,实际作法是减少

通风槽,以增加铁芯导磁材料;采用新型高导磁材料,将冷轧硅钢片W20代替热轧硅钢片D22,在同样磁势下以降低磁化电流;对激磁绕组做到合理布置,以增加激磁导线匝数。这些综合措施在高电压下转换前,最大磁通所需的激磁电流比以往降低,理论计算由65安可降到54安。但降低磁负荷措施带来了电枢散热效率降低,激磁绕组发热增加,散热困难,电机温升提高。因此工厂改进了电机风路系统,改进绝缘结构,确定用F级绝缘材料以提高使用寿命,采用整体浸漆以改善散热性能,采用10分钟短时工作制,更使电机可靠运行。工厂据此在1983年底修改了技术条件,制订新的035ETH-7主推进电动机技术条件和控制设备(空冷)技术条件。1984年经海军装备部批准,作为035电力推进设备的设计、生产、检验、验收的依据。

湘潭电机厂按新技术条件制造的电力推进设备,于1986年完成第1套产品,同年10月装潜艇,1987年进行转速中断区试航。实艇考核时,蓄电池组由串联改为并联转换前,电机转速要求调低到450转/分,实际可调到430转/分或更低;在转换后,电机转速要求调高到450转/分,实际可调到460转/分或更高。两种状态下的下限转速可以重迭,确实保证了整艇转速的连续,大大提高了潜艇的战术技术性能。

(作者当时任湘潭电机厂三分厂工程师,现任该分厂总工程师、高级工程师)

在“035”潜艇上调换碳刷的日子里

林荣来

1971年5月,上海电机厂为035潜艇试制配套的主推进电机交付船厂,作整机配套调试。领导上派王林森、潘林兴、陈瑞洪和我一起去参加调试工作。

潜艇内的空间十分狭窄。机器发动以后,艇内的温度迅速上升,只有几分钟,在艇内的人就满身是汗了。在调试过程中,发现电机的火花偏大,经研究决定调换电机上的碳刷。

调换碳刷,在厂里是非常方便的事,可是在艇上便是一项非常困难的工作了。电机安装在潜艇的底仓,一边是艇壁,一边是上下的扶梯和其他机器,上面排满了线管和油管,四周的空隙很小。然而,我们4人必须从上下左右4个方位同时钻进去才能换碳刷。我们看看缝隙,总觉得身子大缝隙小钻不进去。特别是靠艇壁的那条月牙形夹缝,宽不盈尺,又在侧壁上,人怎么进得去?可是又必须进去,只好大个儿钻稍大的缝隙,小个儿钻最小的缝隙。陈瑞洪师傅生得瘦骨嶙峋,体重不满百斤,那月牙形的狭缝只好请他钻了。王林森身体稍胖,他就从铁扶梯两级踏板之间的空档钻进去。然而,他的胸和背还是给踏板挤红了。我们都只穿短裤和背心,这不光是因为艇内热,主要是少穿衣好使自己在钻缝时减少一点体积。

我是从电线管和油管的夹缝里钻进去的。钻进去以后,膝盖顶着电机,背贴着冷却器,头顶着线管,既不能坐,也不能站,只好半蹲着,身子无法动,只靠两只手把碳刷拆下来,再换上另一种碳刷。身上像浇了水一样,汗珠子直往下水滴。一会,两腿便麻木了。我实在吃不消了,只好把头 and 手伸出线管和油管的夹缝,靠在上面休息一下,喘一口气。但是,为了早一点完成调换碳刷的任务,早一点从缝隙里爬出来,我只休息一会就又蹲下去再干起来。

当我调换碳刷感到非常吃力的时候,就想到阿洪师傅一定比我还要吃力。我知道,他侧身躺倒以后,只好把手伸直,一点一点把身体曲游进去。他只能侧躺着工作,一只手臂受身体的压

力,一定会麻得更厉害。可是阿洪师傅一声不吭地在我们另一边调换碳刷,直到换完了才爬出来。

艇上的工作环境这样恶劣,又正值酷暑天气,叫人实在闷热得透不过气来。虽然艇上也采取了防暑降温的措施,用鼓风机在一个进出窗口往里吹风,在另一个进出窗口往外抽风,使艇内空气流通。尽管这样,我们仍感到闷热逼人。

经过 20 多天的调试,潜艇的性能终于达到了技术要求,交付海军使用了。这时辛劳换来了欢愉,我们都感到无比的光荣和自豪。

(作者当时是上海电机厂设计人员)

“035”后续艇控制设备的试验情况

徐 振 球

上海华通开关厂 035 后续艇控制设备的生产,基本上按七一二研究所提供的技术文件及技术图样进行生产的。按文件规定,首制产品需要进行产品型式试验,所以在 1981 年产品装配、行线、出厂检查完工后,厂里专门成立了 035 产品型试小组,具体负责型试工作。

型试工作分 4 个地方进行:

1. 厂内做常规检查试验,包括自动开关、非自动开关及其齿轮箱操作机构(电动、手动)的机械寿命和三防试验等项目。

2. 借用人民电器厂的直流电源设备进行控制设备试验,包括自动开关、非自动开关的控制板内外的开关脱扣器特性试验和温升试验。试验结果表明,我厂生产的自动开关在控制板内外的动作电流值误差很小。通过试验积累了数据,以后开关在板外一次动作电流整定后,即可装板使用,不用再反复整定。

3. 去湘潭电机厂三分厂进行自动开关的振动、冲击试验,自动开关、非自动开关的通断能力试验(试验设备容量限止,做临界分流电流到开关额定电流分断)。

4. 去宜都七一二所试验基地进行自动开关、非自动开关的大电流通断能力试验。

去湘潭、宜都作试验,试品是装箱用卡车运去,包括来回路上共计 1 个月。试验基本上是一次试验成功,达到技术条件规定的指标(除自动开关在极限分断能力试验时,触头弹跳超过标准,后又重新补试验合格)。在人民电器厂试验的日子里,的确是很艰苦的。为了抢时间多做完一个试验项目,参试人员不分白天黑夜,经常每天干 16 小时。当时参试人员都不计得失,不讲条件报酬,一切为了 035 产品试验成功,为华通争光,为祖国的海军建设贡献自己的一份力量。如做水冷开关的温升试验,没有正规的通水设备,就买一些简单的仪表塑料桶,土法上马,自制冷却设备。非自动开关的通断能力试验设备,也是田福荣同志在一无图纸、二无参考资料,自己动脑筋,利用厂里废料,反复试验成功的。去湘潭、宜都试验,田福荣和我是随车人员,一路上劳累不用说,一天的伙食津贴,不够在外面吃一顿便饭,但大家都无怨言。型式试验的圆满结束,首先是厂领导的重视,总师室陆立峰的具体细致领导,中试室傅伟民同志在关键时刻的有力支援,军工车间领导信任支持,驻厂海军代表的关心、支持,各兄弟单位的无私援助,及参试人员的同心协力,同心同德,所以能够顺利完成。

(作者当时任上海华通开关厂军工车间设计组组长、工程师)

“035”潜艇电气控制设备的试验

陈 斌 臣

我于1970年5月接受035潜艇电力推进电气控制设备的调试工作。领导上要求参加035工程的同志,必须高度重视质量第一,要把高质量设备交付部队,要按质按期完成任务。1970年9月,上海华通开关厂领导,组织有关人员去湘潭电机厂学习、取经,得到该厂的热心帮助和指导。我负责调试工作,首先将035工程设计系统原理、各工况的工作制进行认识、了解,并听取七一二所人员介绍产品的重要性和必要可靠部位测试等要求及湘潭电机厂调试程序等工作。经过一段时间的思考和研究,上海地区配套不是湘潭厂一家生产成套,根据我厂实际试验设备条件,既要把好质量关,又要抓紧配合车间完成任务,所以提议成套联调试验采用模拟方式。这样既可保证035质量,又节省试验费用,能赶上进度。这个设想得到七一二所的支持同意。调试方案决定后,在领导和有关方面支持下,购置2台小型特殊电机(模仿主推进机),自制2组电源和其他试验设备,完成035工程模拟出厂成套试验工作测试。

电力推进电气控制设备于1971年4月在车间基本装配完成,并按照成套模拟出厂试验项目进行检测。在调试过程中,发现行程主轴不到停位。经过反复试验,切削了LW15开关凸轮角度,将传动齿轮箱伺服电机由并激改为复激绕组,并添加电气制动线路。经100多次反复试验终于满足要求,并且能任意调节,使马氏机构停留在最佳位置,保证了行程轴定位的可靠性。经我厂模拟出厂成套模拟试验后,在陆上成套试验,并进行系泊试验和出海试航,电力推进电气控制设备都没有出现差错和误动作,证明模拟成套调试是成功的,得到兄弟厂的赞扬。

为了保证质量可靠,排除一切疑点,我厂水冷自动开关因首制艇采用DW94系统产品而用途有些不同,如自动开关板内板外脱扣器整定电流值是否有变化,还有在艇内和艇外是否有变化,我们做了大量验证。试验证明水冷自动开关脱扣器在各场合下没有多大的电流变化区别,我们才放了心。

对后续艇按一图两地生产的精神,在产品中补做型式试验,我们探索了电力推进控制设备质量的可靠性和安全性。我们在型试工作中用了3年时间,攻克不少困难,取得成功。我深有体会,一项工程成功,如果没有毅力,没有领导的支持和有关同志们的帮助,是一事无成的。

(作者当时是上海华通开关厂军工车间产品调试员)

潜艇主推进电机绝缘的研制

黄 治 国

为进一步开展新型绝缘材料和技术研究,我所一建所就成立绝缘专业组。当时国内外普遍重视有机硅绝缘的研究,因为它具有优良的耐热和防潮性能。但是国外资料同时报道,有机硅

绝缘会引起潜艇推进电机急剧的电刷磨损,并且能放出有毒物质。因此在船用电机,尤其是潜艇推进电机上禁止使用。为了证实这说法是否正确,我们组成了毒性试验和磨损试验两个课题组。毒性试验邀请海军医学研究所派人参加。经模拟电机白鼠试验证明,有机硅绝缘在一定温度以上,会分解出一氧化碳。在密闭机舱,当一氧化碳达到一定浓度后会产生毒性。磨损试验是通过一专用试验装置进行的。试验证明,有机硅在 180 摄氏度以上会分解出低分子硅油状物质。当其吸附于整流子表面,在电火花作用下,会进一步分解产生二氧化硅,起磨料作用。因此加剧电刷磨损,并且由于低分子物质的吸附及二氧化硅的生成,产生过大的接触电阻,破坏电路电流平衡。而上述现象在 150 摄氏度以下则很难发生。上述两项工作历时 3 年左右完成。1965 年开始“035”潜艇主推进电机设计时,上述结论对于决定其绝缘结构起了关键作用。

“33”潜艇主推进电机主极线圈浸沥青胶,铁芯包扎云母带,线圈装配于铁芯上后,间隙填充云母板。这种绝缘方式在运行中曾发生浸胶软化,甚至有流胶现象,长期运行后线圈变形,严重者会发生两极线圈相碰堵塞风道。为此,我们考虑采用一种环氧弹性浇注料,对线圈进行灌封。为此,需要对浇注料的配方、浇注工艺、浇注料及浇注线圈的性能进行全面试验。其中采用了“C”型嵌金法考核浇注料的开裂性,准确而有效。试验证明,新结构线圈温升比老式沥青结构低 10 摄氏度以上,明显改善了线圈的散热性能,而耐潮性能提高 1 个数量级以上。“035”主推进电机设计重大改进之一,是使用单机壳代替双机壳。而新型环氧整体型磁极线圈的研制成功,保证了这一改进得以实现。这项研究成果与国外同时期的研究取得了相近的水平。

“035”潜艇主推进电机绝缘的研究课题之一是浸渍无溶剂漆的研究。一是研制了一种聚硅铝化合物,作为环氧树脂的固化剂无毒无臭,和环氧树脂混合后有很长的潜伏稳定性,固化产物具有优良的导热及耐潮性能;二是合成了一种特低粘度的酚醛环氧树脂,在整体上降低了整个无溶剂漆的粘度。

“035”主推进电机设计开始时采用局部槽楔,理论上确实有利于提高电机的性能,但实际制造时工艺一时难以保证质量。后改用我组研制的脂环族环氧无纬带绑扎取代取得了成功。

“039”潜艇推进电机要求比“035”高得多,我们对其绝缘研究开始于 80 年代初。这项工作是与船舶总公司引进西门子公司船用电机技术同时进行的,取得了如下成果:

国内在以往电机的浸渍烘焙中,都取静止方式。而无溶剂漆在静态烘焙中将有大量流失,严重影响电机性能。我们的研究是从建立旋转烘焙的数字模型开始,找到静态和旋转状态下漆流的运动特点,证明旋转必定有一个最佳区间,并且为模拟线圈所证实。几年来在船用电机上使用证明,有效地克服了无溶剂漆的流失,使浸渍漆在线圈中填充率高,挂漆量大,漆膜分布均匀,有利于动平衡,明显改善绝缘性能和电机的导热性能。

以往电机是采用无纬带绑扎,我们研制成功了玻璃钢预制环,可以使单件生产变成批量生产,而且可以制成各种复杂形状的高强度构件。这项工作首先是从玻璃钢力学的角度进行分析计算,随后提出了相应的配方和结构形式。在实际电机试验中,承受了冲击、突然超速、3 相短路等严峻考核,证明是完全成功的。

从 1983 年开始,经过几年的努力,我们研制成功了单面薄膜补强粉云母箔等 4 项新绝缘材料。这 4 项新材料的试制,首先是在理论上分析了树脂液在云母纸中渗透的毛细管上升现象,掌握影响渗透的各项参数之间的关系。从工艺上有效地控制了胶含量、薄膜的拉伸变形、复合时的云母纸断裂和皱折等因素。薄膜补强粉云母带比普通玻璃布补强粉云母带,电强度提高 1 倍以上。

以上几项技术和材料,于1984年10月通过了七院组织的技术鉴定,分别获船舶总公司技术进步二、三等奖。

我们还研究成功有机硅增厚型表面涂覆材料,研究了该项材料的增厚规律、防聚沉措施和涂层各组份之间的分散特点,克服了投产和使用中分散材料引起的针孔现象和铜粘结脱层及开裂等问题,在民用电机上稳定应用3年多。此项材料也将推荐在“039”电机上使用。这种材料可以用于电机线圈的拼头套及换向器升高片等裸铜部位的绝缘处理。该项材料比其它浸渍材料涂层厚得多,具有良好的耐油性和高的漏电起痕指数,与环氧粉末涂覆和电泳涂覆相比,工艺简便,使用场合也更广泛。

浸渍无溶剂漆是绝缘材料的主要品种。它的优劣将直接影响到电机的绝缘性能,这也是我们研究的主要内容之一。为了克服国内目前浸渍无溶剂漆烘焙时间过长的缺点,淘汰旧式产品,赶上国际先进材料的水平,我们以国外E8962等材料作为参比,经光谱对比和配方筛选,以温度指数和漆包线的相容性等作为考核指标,着手深入研究F—B级通用无溶剂漆。第一阶段的研究已于1987年通过了湖北省国防科工办技术鉴定,最终研究结果也将推荐在“039”推进电机上使用。

(作者现为七一二研究所研究员级高级工程师)

潜艇主推进电机通风机研究设计

杨志华

我国潜艇主推进电机通风机研究设计工作,开始于仿制“33”产品中的ZT2H—145/160型电动通风机,苏联型号为ЛHØ—145/160型。这种通风机是前倾式多翼型通风机,特点是外形尺寸较小,效率低(一般为65%左右)。噪声高达106分贝(A声级),不但干扰艇内通话,而且影响艇员健康。长期在此环境下工作,使人感到疲劳,甚失有损听觉。

自行研制“035”潜艇主电机通风机时,我们吸取国内外先进通风机研究设计的经验,采用了高效率、低噪声、后倾式机翼通风机,代替原来形式。为研制这种新型通风机,我们先后设计了6个不同叶型通风机叶轮,4个不同流线形状的进风口,两个外形尺寸大小不同的通风机蜗壳。在七一二研究所试制工厂师傅们的大力支持下,1966年完成试验装置和通风机的加工,又经过数十次的研究试验,终于在1967年7月19日以最佳通风机叶轮、进风口和蜗壳装配成LHF—7型后倾式机翼通风机模型机,并完成了空气动力性能试验和噪声性能的测试。

LHF—7型后倾式机翼通风机与“33”潜艇ZT2H—145/160型通风机相比,效率提高20%以上;在相同风量风压条件下,噪声比“33”低8分贝以上。1972年,首次由湘潭电机厂制造出来,装于“035”潜艇。可以自豪地说,它是目前我国船用通风机中效率最高的一种,也是最大的一种。

为进一步提高“33”潜艇隐蔽性、改善艇员生活居住条件,1982年12月25日由船舶总公司系统工程部主持,召开了该型潜艇降噪减振会议。会议从我国国情入手,就该型潜艇降噪、减振问题共提出42项研究试验任务。最后经海军装备部、船舶总公司军工部于1983年5月审定为32项,我们七室承担了《“33”潜艇主电机通风机降噪研究试验》这一项目,并由我和方为民、

王坚强 3 人组成课题研究试验小组,我为课题负责人。

1983 年 9 月,我们参加了由船舶总公司系统工程部主持的对“228”潜艇噪声、振动的摸底试验。这是建国以来规模最大的一次对潜艇舱室空气噪声、振动、水噪声、辐射噪声的综合测量工作。它为“33”潜艇降噪、减振研究提供了原始数据。

在参加上述摸底试验基础上,我们通过分析“33”潜艇主电机通风机噪声频谱,利用“因果图”法,作出了主电机通风机消声器的设计方案,并制造出 XSQ-1 型圆筒形片式消声器。通过试验室空气动力性能试验和消声试验后,1984 年 9 月装“347”潜艇主电机通风机进风口,由七院标准化室和七一一所组成的“33”潜艇降噪、减振成果鉴定测试单位,对此消声器实艇降噪效果进行了鉴定测试。用末端声压级法测得其消声量为 13 分贝,并使该艇 6 舱主控制板操作部位噪声由 94 分贝降低到 87 分贝,符合了潜艇舱室卫生标准。该消声器于 1984 年 12 月正式通过鉴定,并得到船舶总公司军工部和海军舰艇部的书面奖励。

在完成 XSQ-1 型消声器研制以后,我们又在 ZT2H-145/160 型通风机基础上,研究出 ZT2H-145/160-1 型通风机(主要是更换叶轮),可使“33”风机噪声下降 4~5 分贝。同时,在“035”潜艇 LHF-7 型通风机基础上,又研究出 LHF-8 型,它比“33”艇 ZT2H-145/160 型电动通风机噪声小 9~10 分贝。LHF-8 型将用于“039”潜艇。

此外,为降噪研究试验的需要,我们在 1983 年至 1985 年间还自行设计建造了一个半消声室。它长 10 米、宽 7 米、高 5 米,设计时大胆地采用了平板式吸声材料加空腔方法,使低频吸声性能大大提高,而其造价仅为尖劈结构的 1/7 左右。

试验室建成后,经中国科学院声学所鉴定,消声室在声中心半径 2 米以内完全达到 ISO-3745 国际标准和 GB6882-86《声学—噪声源声功率级的测定消声室和半消声室精密法》国家标准,从而为今后噪声测量及研究提供了标准试验场地。

(作者现为七一二研究所七室工程师)

“09”应急电力推进装置研制

梁翰荪 秦国忠

“09”应急电力推进装置是为“09”核潜艇“保驾”的设备,即当核动力发生故障时,仍能保持潜艇的应急航行。参加这项研制工作,我们感到既光荣,又责任重大。在海军提出“大力协同、立足国内、从实际出发”的原则指导下,我们分析这套装置的主要矛盾是“应急”二字,为此,把运行的安全可靠放在第一位。同时,设计中还把“降低噪声,提高效率,提高绝缘性能和电机的换向性能”这 4 项指标作为特殊要求,贯彻始终。

在电机方面,为了提高低功率效率和减少噪声,设计中采用了低损耗硅钢片,偏心气隙,极对数少,每极下槽数尽量多,以及可控硅励磁调节等措施。实践证明效果良好,首制和定型产品空气噪声达到了小于 70 分贝的要求,效率也超过了设计指标。又如,为了提高电机的绝缘性能,我们采取主极线圈用 B 级弹性胶,磁极用整体结构,电枢用真空压力浸漆等措施。结果首制产品经 21 周期湿热试验后,绝缘电阻仍达到 7 兆欧,大大超过原要求。

在控制方面,首先是在能完成使用的前提下使系统尽量简化。如不考虑复杂的自动控制而

采用简单的人工手动操作,这样一旦核动力发生故障,可迅速转入应急推进。第二是能实现推进电机电枢单绕组工作。即当1套电枢绕组发生故障,可迅速将其切除,另1套电枢绕组还可继续运行。第三,推进电机的过载和短路保护方面,设计了特殊的3级开关,使两套电枢绕组无论串联、并联或单套工作时,都能实现保护。第四,励磁装置的设计,既考虑了先进性,又顾及到可靠性,既采取了可控硅励磁作第一方案,又保留了变阻器作为备用方案。在可控硅装置发生故障时,能自动转换到变阻器工作。

在确定采用以上措施时,我们听取了领导干部、设计人员、工人师傅的意见。实践证明,这样对最后实现这些措施起到很好作用。

设计方案能否得到预期的效果,还要靠施工中保证。为此,现场设计后,我们就下班组跟班劳动。由于电机绝缘方面采取的新工艺最多,我们重点下到绕线班跟班劳动,在邱忠庭工程师和成功班长的努力下,使许多新工艺得以实现,并取得了良好结果。如主极线圈浸无溶剂漆(B级弹性胶)厂里是首次应用,做了无数次试验,剖开了几十个模拟线圈,匝间总有气隙,填充系数达不到。最后漆中加了气象二氧化硅(此原料当时是向七一二研究所绝化组求援的),再加上适当控制烘干时的温度,才解决了问题。经处理后,线圈泡在人造海水中1昼夜,绝缘电阻还有2兆欧,大大提高了绝缘性能。

又如在设计中要求电枢真空、压力浸漆(VPI技术),在当时国际上也还是一项新工艺。分厂没有条件做,我们就利用总厂交流线圈浸胶罐里面装了漆的圆筒,将电枢浸在里面抽真空,加压力。

产品中采用其他的措施还很多。如电枢线圈选用粉云母箔卷包,主极线圈与铁芯做成整体型结构,以及电枢铁芯精装叠压不銼槽等,通过施工都陆续得到实现,从而确保了产品一次试制成功。

在加工中还要不断检查,以便发现问题及时解决。印象最深的是电枢嵌线后,换向器已涂封好了,但测量结果有几处换向片间短路。工人师傅和厂领导连夜加班,挖开涂封,取出了一块一块的跨在两换向片间的焊锡,才避免在试验台上出现“烧电机的事故”。

“09”产品生产之际,正值10年浩动,工厂生产几乎处于停顿状态。正在这关键时刻,中央军委下达了特别公函,传达了党中央、毛主席对“09”工程的指示。工厂随即召开誓师大会,为产品生产列了专项计划,规定工件到那个班组,都要马上加工,完后交下一道工序,站站开绿灯。通过工厂和我们设计人员的共同努力,终于使产品不到3个月就完成了试制。

产品总装后进入试验阶段,我们坚持一定要做电机与控制设备的配套试验,目的是避免将来上艇后出现问题。经工厂与军代表室的支持与努力,试验得以进行。通过试验也确实发现了一些生产与设计中预想不到的问题,例如当电机启动时,自动开关就跳闸了。经分析才知是由于自动开关脱扣器用的稳态电流整定,后改用冲击电流整定就符合了实际情况。类似这些问题的预先解决,为产品装艇使用消除了隐患。

“09”成套装置试验后进行了修饰,于1969年6月29日装箱出厂。以后实艇使用中没有出现问题,产品一次设计试制成功。

(作者梁翰荪现为七一二研究所一室主任、高级工程师;秦国忠为该所一室高级工程师)

10 万安断流容量试验室的诞生

张超群

大容量高分断能力自动开关是潜艇电力推进控制设备的重要部件之一。断流容量试验室则是这种自动开关研究、设计、试制和鉴定工作必不可少的手段。同时,化工、冶金、交通运输等部门也越来越多的需要大容量高分断能力的自动开关,也离不开断流容量试验室。这些就是我们当初酝酿建设此试验室的主要缘由。

这个试验室 1964 年初开始筹建。当时我国只有上海电器科学研究所直流断流容量试验站,最大容量只能做到 4 万安。而我所当时研制的“035”自动开关,至少要作到 7 万安以上,无法满足要求。且上海电器所的试验站是采用水银整流器电源,技术性能不好,运行复杂,抽真空时能排出对人体有害的水银蒸气。为确定试验室采用何种试验电源,探讨过硅整流器方案,其优点为技术性能好,维护简单,节省电能,无毒;缺点与水银整流器一样,受电网容量限制。也研究过蓄电池方案,进行了“33”艇用铅酸蓄电池的短路试验,了解到大型蓄电池短路电流倍数不大和电流上升速度不够快。还进行了用直流发电机做试验电源的研究。为弄清大型直流电机的过载能力与换向情况,先后对“33”艇主电机和西安高压电器科学研究所由苏联进口的大电流机组进行了短路试验。通过这些调查研究和摸底试验,最后确定采用直流冲击发电机方案。为了提高试验室的机动性,不受电网容量限制,冲击发电机组带有一个 40 吨重的大飞轮。

建设 10 万安这样大容量的断流容量试验室在我国还是空前的,可遵循的经验很少。许多非标准设备都需要自行设计,或提出技术条件委托生产厂试制或生产,为了落实冲击发电机试制厂,先后跑了哈尔滨电机厂和上海电机厂进行技术讨论。最后确定试制任务委托给上海电机厂。

5 万安和 10 万安负载电阻,经多次参加全国订货会议,均没有生产厂能承担。最后只得自行设计,委托所里试制工厂试制。在设计时,考虑节省材料和使用、接线方便,采用不同电流等级,电阻值和截面不相同的方案,避免了调节电阻参数又串又并接线复杂,电流分配不平衡的弊病。

大电流负载电抗器(从 20 安~10 万安)1 套 8 台,和沈阳变压器厂联合设计,为选择结构曾进行了比较试验,因而制造出满意的电抗器。

10 万安合闸开关(国内无生产厂家)、母线支架和油路系统管接头,也均为自行设计,委托所试制工厂生产的。为减少主电路的阻抗(主要是电感),缩短主电路长度,主电路采用水平布置,母线正负正负排列。

20 多面起动控制板、灭磁板、试验控制台等,也均为自行设计,委托有关工厂生产的。

对自动开关、熔断器等试品来说,分断能力(或通断能力)试验是破坏性试验。当试品试验失败时,就必须及时断开主试验电路,以保护试验设备(特别是冲击发电机)不被破坏。为提高主保护开关的使用寿命和可靠性,试验室主电路保护采用了先灭磁的方案。从 10 多年来的运行经验证明,此保护方案可靠,保护开关使用寿命长,未发生过事故。

此外,大量的二次回路设计及安装工作也是自己承担的。我们体会自己设计、自己安装敷

线,理论联系实际,给后来的运行带来了方便,因为对线路熟悉,便于维修和发现问题。

该试验室从1964年开始收集资料、选方案(1965年停顿1年),1966年确定方案,接着进行扩大初步设计、施工图设计、定货,以及配合试制和设备(主要是直流冲击发电机组)验收试验,到1970年整个试验室进行安装,1971年开始调试、试运行,于1972年一次胜利建成。试验室的各项技术指标均达到设计要求,技术性能先进,试验能力为:电压500伏时,电流可达10万安;1000伏时,可达6万安,使该试验室成为我国第1个直流低压10万安断流容量试验室,从而填补了我国一项空白。由于采用冲击发电机电源,可以无级调节试验电压。由于冲击发电机组带有大飞轮储能(在机组起动过程中储能),试验时不吸收电网能量,充分体现了试验室不依赖大电网的独立性和机动性。1975年,由七院主持召开了有全国47家工厂、研究所、高等院校等同行参加的鉴定会,得到一致肯定。

试验室建成到现在,承担了全国20多家厂、所400多台多项电流等级的试验和研究任务,为海军建设、援外、我国电器工业和北京地铁的建设作出了贡献。

试验室已于1986年由宜都迁回武汉。1988年迁建完毕,正式投入运行,并增加了一套50伏、5万安的低压大电流装置,为大型直流自动开关整定试验和温升试验提供理想电源。随着我国科研形势发展,试验室将会进一步更新和完善,以便对海军建设及国民经济建设,作出更大贡献。

(作者现为七一二研究所七室副主任,高级工程师)

“039”潜艇动力系统方案的确定

徐卓文

“039”新型常规动力潜艇动力系统方案论证工作始于1972年。以后,七一二研究所又作了大量的调查研究工作,收集分析了不少国内外资料,并开展部分课题预研。1980年10月,提出动力系统初步方案,经有关单位讨论后提交总体所。1984年5月,召开“039”潜艇动力系统补充论证会,提出了系统采用高、低压方案和发电机交、直流问题,并就高、低压方案在可靠性、先进性、现实性、可维性、经济性、通用性等多方面进行全面、深入论证和对比,但当时争议很大。我所提出的是高压方案,争议焦点是采用高压后,大容量直流开关在技术上能否实现(要求在890伏分断5万安大电流)。在发电机交、直流问题上,我所提出的是高压、交流、高速发电机方案,为减少交流对弱电设备的干扰,建议采用多相交流发电机,这在设计上也有较大难度。1985年6月,在北京由七院召开的“039”艇预研工作汇报会上,正式确定动力系统采用高压、交流、高速柴油发电机,推进电机采用高压、直流、低速方案。1986年8月,通过国内、外调研分析后,上级批准采用4台MTU16V396SE84型高速柴油机。1987年5月,在“039”潜艇电网电压和轴系讨论会上,由于轮胎离合器的可靠性和可维性存在问题,随之带来了经航电动机被取消。至此,动力系统方案论证工作告一段落。

二次大战后,各国常规潜艇都以提高水下航速为主,同时降低动力系统的噪声,以充分发挥潜艇隐蔽性。我国新研制的“039”潜艇正是朝这方面努力的,动力装置采取单轴,用低速大功率推进电机和大直径、低转速、低噪声螺旋桨。为了减轻设备重量,缩小体积,布置灵活,还采用

高压电机和高速柴油机等相匹配的电传动方式。这与过去的“33”、“035”等相比,在设计思想上不能不说是一个飞跃。

“039”潜艇动力系统的组成,主要有柴油发电机组、蓄电池组、推进电机、主控制设备、经济航行控制设备和集中控制装置等6大部分。其中柴油发电机组4台(套),铅酸蓄电池两组(每组224块),可以串联或并联。

1. 充电发电机的选取

随着充电发电机功率的增大和高速柴油机的采用,充电发电机日趋交流化。因为再用直流发电机,将受到极限功率(p_{xn})值的限制。而且由于原动机转速高,直流发电机换向器直径大,换向指标达不到,制造困难,可靠性差。加上目前整流装置技术越来越成熟,所以大功率直流电源趋向于交流——整流——直流,即AC——R——DC系统。但是用此系统也带来另一问题,即整流电源对弱电设备的干扰,这就要求减小整流后电压的脉动系数。为此“039”充电发电机采用了12相无刷交流同步发电机。

2. 大功率推进电动机

由于“039”潜艇采用单轴、低速大直径螺旋桨,故推进电动机必然是低速大功率。为使其换向性能好,电机参数易调整,制造方便,可靠性高,采取了适当提高电压的办法(即“高压方案”)。电机用F级、薄型绝缘材料和新绝缘结构。针对以往潜艇电机由于积灰严重,导致绝缘电阻下降,决定对电机采取封闭式冷却系统。闭式循环用空气冷却还是水冷却,设计人员经过充分论证和对比,认为目前条件还是用空气冷却较为可靠。

3. 经济航速的获得

潜艇经济航速获得方式有经航电动机、电枢斩波器、电动机——发电机供电和主电机增加调速区等几种。“039”艇经充分论证和对比后,决定采用电枢斩波器,在经济航速区域内直接调节推进电机的电枢端电压,达到调速目的。这在一定航速范围内,能获得较高效率。此法被目前世界上许多国家采用。增加调速区对实现推进电机的经济航速也是可行的,其方式是在电池组中间抽头,电枢串联运行另设经航控制板,以实现经济航速。但为了消除电池组放电不均,在操作控制上稍麻烦。“039”艇为可靠采用了这两种方式并存的方案。

4. 动力系统控制特点

“039”动力系统控制自动化程度高。发电机、电动机各工况均采用计算机隔舱集中控制,并能实现蓄电池自动巡回检测。为提高生命力,推进电机能单电枢工作。两舱蓄电池组任一组能给任一电枢供电。发电机与蓄电池组并联,可达到4台发电机任意组合,给蓄电池组充电或同时给推进电机或辅机用电。为保证协调工作,各板间设有必要的联锁。为了安全,蓄电池和电动机电枢两端均设有过载和短路保护,发电机直流侧亦有短路保护。电机兼有可控硅斩波器、固定电阻及励磁机组等3种励磁形式,供任意选用。

(作者现为七一二研究所科技处高级工程师)

“039”新型潜艇推进电机设计方案确定

李忠武

“039”新型潜艇是我国自行设计、研制的第2代潜艇。它与国外同类潜艇相比有很大不同,只有1根轴,1台推进电机。该推进电机成为潜艇航行的唯一动力。因此,这台推进电机在“039”潜艇中占有举足轻重的地位。

由于“039”艇战术技术指标的限制,对推进电机性能要求很高。电机最大功率7500马力,转速216转/分,电枢电压变化范围690~800伏。这样低的转速,相应电机的转矩是很高的。这样大容量、高转矩的潜艇推进电机,在目前世界常规潜艇推进电机中也是少有的。

该电机的调速范围22~216转/分,不允许有转速中断区,且电压变化范围大。这说明在输出同样功率时,它与一般恒压、恒速、有转速中断区的调速电机相比,实际负担的功率要大得多,这对电机的体积、重量、换向、温升、效率、振动及噪声等都有很大影响。

电机的效率和很多因素有关,它是电机的综合性指标。本电机的效率要求较高,这在电机方案设计时必须给予充分注意。该电机的重量指标要求也很高,设计上必须采取多种措施,否则难做到。

电机的振动和噪声指标也是主要指标之一,其要求也都比较高。该电机调速范围216~22转/分,接近10:1。在这样宽的调速范围内,磁通变化范围很大,要保证不出现过大的振动,在设计、结构、参数选取上,必须采取切实可行的措施。

该电机采用磁场反向,反向过程中产生的过电压较高,对励磁绕组和电枢都有较大的影响。特别是对单机壳电机,这个问题变得更加重要。

综上所述,“039”潜艇推进电机不仅是该艇航行的唯一动力,而且性能要求很高。这些因素对电机设计方案的确定产生决定性影响,也是确立方案设计指导思想的基础。

潜艇推进电机的基本要求,一般从6个方面来衡量,即可靠性、先进性、可维性、现实性、经济性和通用性,也就是我们常说的“六性”。从我多年来负责“035”潜艇推进电机、扫雷舰用主扫雷发电机和参加“33”潜艇推进电机的设计、生产和海上试航,深深体会到设计人员必须牢固树立“可靠性第一”、“为使用服务”的观点。在上述各方面的要求出现矛盾时,要把电机的可靠性放在首位。其次是电机的先进性和可维性,在此基础上全面考虑电机的现实性、经济性和通用性。“039”潜艇推进电机就是按照这个指导思想进行方案设计的。现就其中几个主要问题叙述如下:

1. **推进电机电压等级的确定。**关于电压等级的选择是一个涉及面很广的问题,错综复杂,已为各方所关注。对于民用大功率直流电机(包括船舶推进、牵引及轧钢工业等)的电压等级选择,已有一套较为成熟的方法,而对于潜艇主推进电机电压等级的选择说法不一。针对“039”潜艇推进电机究竟采用高压还是低压,我们做了多种方案计算,同时对民用电机的电压等级选择作了详细分析比较。1984年5月,在武汉召开的“039”动力系统补充论证会上,对该艇采用高低压方案和发电机交直流问题,争论很大。会上我对这个问题作了介绍和比较,提出我所坚持采用高压方案的意见,但未被会议采纳。会后,上级领导机关对这个问题十分重视,进一步听取

了我们和有关各方的意见。1985年6月,在七院召开的“039”潜艇预研工作汇报会上,尤子平副院长亲自听取了汇报,并对该艇推进电机采用高压方案作了重要指示。1985年8月,船舶总公司和海军联合发文正式决定采用高压方案。经过1年多的争论,终于取得一致意见。这一重大决策,为“039”潜艇推进电机的进一步研制创造了良好条件。

2. **电枢绕组型式的确定。**电枢绕组的特性与电机的性能、寿命和经济技术指标息息相关。因此,电枢绕组形式的正确选择是电机设计中至关重要的一环。我们对多种绕组型式进行分析比较,认为单叠绕组电路联接最简单。各元件之间相互影响比较小,绕组端部散热比较好,槽内铜的填充率比蛙绕组高,制造工艺和电机使用环境条件的要求比蛙绕组低。国内外一些厂家使用证明单叠绕组电机性能稳定可靠,被誉为“穆桂英”式电机。故国内外专家普遍认为,对要求较高的电机应采用单叠绕组。单叠绕组还有异槽式及同槽式两种。异槽式优点是任意一个元件换向结束时,都有其他短路元件产生阻尼回路,有效抑制换向火花;槽磁场脉动小,电抗电势波形较平稳,换向时短路元件键链的漏磁少,减小相邻元件互感,换向区与中性区比值较小,电刷可相应放宽;电刷下电流密度分布较均匀,同时有全均压作用。这些优点都有利于电机的换向。异槽绕组有两种槽节距,故换向时短路元件相互阻尼作用还与电机旋转方向有关。当槽片数为3时,无论采用那种异槽形式,被短路元件结束换向时,所受到其他元件的阻尼作用都随转向不同而不同;但当槽片数为2时,改变电机转向时,元件的阻尼作用相对平衡些,对换向影响小一些。因此,异槽绕组的换向性能与电机转向有关,即受到电机转向的约束。“039”推进电机要求逆转,故槽片数为2的异槽绕组有明显优点。同时,槽片数为2的电枢绕组,电枢铁芯槽部散热条件好;在相同条件下选用较多的电枢槽数,有利于降低电机的振动和噪声。综上所述,我们在“039”潜艇推进电机电枢绕组选择时,采用了单叠、异槽、整距、槽片数为2的多槽数电枢绕组。这样可以确保电机在恶劣条件下,安全、可靠地运行。

3. **换向器电位强度的确定。**国内多数厂矿实际运行经验表明,从维修简单、运行安全可靠角度出发,希望电枢绕组采用单重回路,最好是单叠绕组。而单重回路电枢绕组采用单叠绕组的电机,其极限容量主要受电机换向片间电压的限制。因此,选择电机最佳方案时,最大片间电压值及其出现的位置,即换向器电位强度的分布,也是一个很重要的指标。同时,对电机的其他性能如电位梯度等也有直接影响。为此,根据“039”潜艇蓄电池网路电压和该电机各种工况下电枢电压的情况,对该电机换向器上片间电压分布特性的计算公式进行了推导,并据此进行了计算,从而确定本电机换向器上电位强度的分布特性,可以保证电机安全运行,也为电枢绕组选择单叠绕组打下基础。

(作者现为七一二研究所二室副主任,高级工程师)

双水内冷直流电机研制情况

肖固秋 黄继起

1958年8月,还是在我院前身大连海军机械学校的时候,看到报上报导浙江大学研制的双水内冷同步发电机调试运行消息。经初步探讨,向系领导建议,组织人力研制双水内冷潜艇推进电机,建议很快被采纳。1958年10月,由电机教研室闻立业、花象坤两位教员和我一同赴

湘潭电机厂,争取实现以上计划。到厂后,获刘隆士总工程师等的积极支持。刘总提出第一步以厂内8千瓦直流激磁机为母型进行研制,成功后再进行潜艇电机水内冷研究。于是按刘总意见办。经与工厂技术员言证先等结合,仅用了1个多月时间,就完成了双水内冷32千瓦直流电机的设计,绘制了全套施工图纸。其特点是电枢绕组、换向片、换向极绕组、补偿绕组、串激绕组均采用水内冷,并激绕组为水间冷。设计完成后,在工厂试制车间试制。试制过程中,我们4人与工厂紧密配合,攻克了道道难关,顺利地解决了换向片较长,通水孔打孔困难,换向片升高部分与电枢绕组水路电路连接处的焊接等问题。由于日夜不停地奋战,样机于1959年2月总装完成,进入试验调整阶段。

在调试时期,即将毕业的我校学员张均良、方浦生等也参加了工作。经初步调试,功率达32千瓦左右,由肖固秋主笔写出《关于双水内冷直流电机》一文,于1959年5月在上海一机部召开的水内冷技术交流会上宣读,获得与会代表一致好评。

样机于1959年6月运回大连校内,借用学校蒸汽实验室及有关设备,针对在湘潭调试中未解决的问题,进一步研究改进。如转子水箱与电枢绕组之间塑料管环氧浇铸漏水问题,电枢绕组层间短路问题等,均进行了研究,并调整了换向极形状和气隙,加固了刷架,之后进入再次调试和长期运转考核。

在水路电路系统均正常运转后,进入满载(32千瓦)持续运转。试验从9月中旬开始。日夜不停地运行达500小时以上。加上调整试验时间,共达700小时以上,始终运行正常,至此试验圆满结束。样机照片及研制试验情况,于1959年国庆10周年参加北京海军展览会展出,获肖劲光等海军首长的好评。全套图纸资料并在湘潭电机厂与苏联电力厂进行技术交流时出国。1959年11月,由肖固秋主笔写出《32千瓦双水内冷直流电机研制试验报告》。并于1959年12月在杭州由一机部召开的水冷电机技术交流会上作了宣读。1960年10月,花象坤在上海一机部和水利电力部召开的水冷电机工作会上,也作了介绍,均获得好评。后又争取到海军科研部、一机部下发的1960年度研制4000马力双水内冷潜艇推进电机任务。设计研制单位为我校和湘潭电机厂及八六所等单位,肖固秋为总设计人,张均良、顾根源分别为转子系统、定子系统设计人,黄继起参加了方案讨论。此外,哈尔滨军事工程学院即将毕业生王宝泉、荣文奇等数人,上海交大学生两人,华中工学院学生1人,参加了方案论证和绘图工作。湘潭电机厂刘总和八六研究所孙洪铨主任,张瑞敬工程师参加了指导。八六研究所郎妙发等进行了工艺审核和编写工艺文件。该电机以仿苏“33”主电机为母型,工厂代号为17号电机,其主要特点是电枢绕组、换向片、换向极绕组、串激绕组、补偿绕组均采用水内冷,并激绕组采用水间冷。由于各方紧密配合,于1960年6月完成全部方案论证、施工图纸及工艺文件,并通过由工厂组织的国内专家会审。以后的试制和模拟研究由肖固秋、张均良、顾根源与工厂有关人员配合进行。1960年9月,工作正按计划进行中,我们被召回学院,从此就脱离了后续的研制工作。虽然湘潭电机厂、八六研究所和海军科研部第一研究所驻厂同志在极端困难的情况下,坚持组织试制了一段时间,但终因种种原因,最后被迫停止下来。

此外,于1963年至1969年间,我校还与合肥电机厂合作研制过1台165千瓦水内冷直流电机获得成功,参加人为肖固秋、张均良、顾根源、王世文等。该机特点是电枢绕组与换向片水路电路的连接采用银铜焊,冷却水密封装置采用端面密封技术,从而圆满地解决了焊接部份的可靠性和密封装置的水密性等问题。

(作者现为海军工程学院副教授)

超导电力推进预研工作

葛文祺 唐绍栋

我所从 60 年代中期起从事超导技术应用研究,开始是从磁流体船舶推进研究涉及超导技术,然后转向超导电力推进主要设备——超导电机研究的。到 1971 年,逐步发展到有超导电机组、超导开关组、超导控制组,最多时人员达 50~60 人。经过多年努力,在超导电机、课题研究以及超导技术预测等方面,初步做出一些成绩。目前正在向研制 300 千瓦超导单极电机目标努力。

(一) 20 千伏安超导同步发电机首先问世

1966 年初,我所承担国家科委下达的磁流体船舶推进研究课题。在可行性论证阶段,了解到超导技术与该项研究课题是不可分的。但是,由于当时国内超导应用技术及氮液化技术尚处于萌芽状态,距离磁流体船舶推进对超导技术要求相差甚远,而当时国外超导技术在电机方面应用研究则较多。为此,结合我所任务方向,决定先研制 1 台 20 千伏安超导励磁同步发电机。1967 年,与中国科学院物理研究所协作,先后解决超导励磁同步发电机设计计算、鞍型超导磁体、异形杜瓦、玻璃钢无槽电枢等设计、研制技术关键。该电机于 1970 年 7 月投入试验,它是继(美)阿夫柯公司的 8 千伏安超导励磁同步发电机(1966 年)和(美)西屋公司 80 千伏安超导励磁同步发电机(1969 年)后,世界上第 3 台超导励磁同步发电机。该电机的研制,对国内超导电机及其他超导电工领域应用研究有一定影响。

(二) 几项基础课题研究相继取得成效

1971 年起,我所集中较多人力从事超导技术应用研究。其中心课题是超导电机,研制的主要技术关键是超导磁体、低温容器、集电技术和低温系统,我们分别进行了研究。当时绕制超导磁体还只能用铌钛单线,而且价贵。绞缆问题,经过多方联系,才求得武汉电线厂将 7 根单线绞成电缆,我所还专门派人跟班解决工艺和设备问题,为适应船上维修方便,采用可拆式低温容器,在技术上解决绝热技术以及真空密封问题,在工艺上着重解决大量精度较高、形状各异的不锈钢材料加工,超导线圈绕制和低温容器加工,所试制工厂老师傅曾付出不少心血。低温液氮试验是最麻烦而又花钱的事,当时我们自己没有试验条件,只好去上海做试验。还专门与轮船联系作特殊处理,才允许将超重和超尺寸的设备装运。并且大批人员几度去上海试验,才获成功。大电流集电试验的钠钾系统试验室是国内第一个建立的,由于具有一定危险性,操作又十分麻烦,所以试前曾派专人去北京化工四厂学习安全操作技术。试验是在众多部门周密安排密切配合下进行的,试验结果较为成功,系统运行可靠、安全。集电装置则是一个特殊形状的流体密封结构,结构件尺寸又大又薄,加工形状复杂、精度高,试验结果也达到预期效果。

上述几个课题研究,当时在国内处领先地位,也为后来超导电机研究打下基础。

(三) 超导技术预测工作获得好评

1983年,国家科委根据超导技术发展的形势,组织全国从事超导技术研究工作主要单位,进行一次2000年前我国发展超导技术的预测工作。预测任务共有9项,其中第2项为“超导直流电机用于轧钢、船舶推进及冶炼电源的技术经济预测”。我所承担任务为“负责和汇总整理本预测项目内容,提出本预测项目报告”以及进行“超导单极电机及其在船舶推进、冶炼、内燃机车、轧钢等方面应用前景预测”。据此,所里专门组织预测小组,由我们2人负责。编写时曾查阅了60年代以来英、美、日、苏等国期刊、文献、专利和国际专业会议有关论文,以及国内历届超导会议论文和有关文献资料、研究成果,又通过太平洋卫星对美国GIALOG数据库进行电子计算机检索,共参考了300篇资料。在国内,对有关高等院校、研究所、应用部门等20多个单位进行专家走访和召开座谈会,又通过预测咨询信函与国内专家联系,征询意见,终于完成超导单极电机预测报告。科委评价是“内容丰富,观点明确”、“是国家科委编写‘超导技术预测综合报告’有关内容的参考资料之一,报告为国家制定超导七五计划和决策及制定超导发展长远规划,提供了有价值的参考依据”。超导直流电机的预测报告是与西安交大汪人和教授和西南585所李焕杏副研究员等经过多次反复商讨定稿的,也得到多方面的好评。

(四) 300千瓦超导单极电机任务的正式确立

正在进行的300千瓦超导单极电机的研究,最初是由七院组织的。后来,1981年底在北京召开了一次由学术界组织的全国超导电学术讨论会,紧接着在友谊宾馆又召开了由国家科委组织少数单位参加的全国超导电技术座谈会,我们介绍的《船舶推进用超导单极电机》,得到各方的重视。国家科委新技术局的领导、科学院电工所韩朔研究员、北京有色院周立研究员、北方交大田成文教授等超导专家,对超导单极电机表示浓厚的兴趣。随后,经过一系列考察、了解,从而在1983年杭州莫干山“超导直流电机及随机氮液化装置攻关论证会”上,正式确定了超导单极电机作为国家科技攻关项目。另外,由于超导单极电机是作为舰船电力推进用,曾在“094”舰艇动力方案上作过一些前期论证工作,也在电磁炮电源等应用方面进行了探讨。由于具有重要军事意义,后来也被国防科工委列为重点项目,纳入军工系统轨道。

(作者现为七一二研究所八室正副主任,高级工程师)

主要研制单位简史

第七一二研究所

该所全称“舰船化学电源和推进电器设备研究所”，对外名称“武汉船用电力推进装置研究所”，系在第七研究院原第三研究所三二和三六两研究室基础上，于1962年12月在武昌原中国人民解放军第三汽车修理工学校旧址组建起来的。解放军总参谋部于1963年4月1日以参办字第30号文正式批准。该所主要任务是从事舰船电力推进系统及其成套设备，潜艇及鱼雷动力电池的研究设计与试制工作。

其中三二研究室由原海军第一研究所驻新乡、博山两电池厂工作组，加守备十师和海军部分干部、技术人员和士兵共70余人，于1961年7月6日在河南新乡组成；三六研究室由一机部湘潭第八六研究所成员，加守备十师和海军部分干部、技术人员和士兵共170余人，于同年8月10日在湖南湘潭组成。

建所时全所共280余人，其中技术人员不足100人；大小房屋34栋，合计建筑面积1.8万多平方米。其中直接可供科研生产使用的只有两栋旧厂房和几台旧设备。所下设推进电机、电器控制、化学电源3个研究室和1个试制工厂。后来为适应科研发展的需要，又先后成立5个研究室。现在全所共有职工900人，其中高级工程师118人、工程师200多人。有固定资产原值2298万元，总建筑面积7.7万多平方米，设备902台（其中金属切屑锻压设备77台），仪器仪表935台（其中进口仪器15台）。设8个研究室（电力推进系统和控制装置、推进电机和特种电机、开关元件和控制装置、鱼雷动力电源、技术情报、潜艇动力电池、中心试验、超导电机），两个中心（电机绝缘结构和绝缘材料研究、计算技术和应用软件开发）和1个试制工厂。

所隶属关系前后经历几次变化，刚建所时属国防部建制，代号中国人民解放军总字912部队。1963年起，随第七研究院归国防科委领导，业务上受海军指导。1965年，划归六机部建制。1968年起又转归军队系统，先受国防科委领导，后由海军接管，番号为中国人民解放军第七一二研究所，代号为武字251部队。1975年又改归六机部领导，单位名称为第六机械工业部第七研究院第七一二研究所。1982年，六机部改为中国船舶工业总公司，该所所名随之改冠“中国船舶工业总公司”，直至今在。

建所以来，科研生产大体经历了以下3个发展阶段：

第一阶段为仿制阶段（1962～1965）

在这期间，先后配合工业部门完成“33”潜艇成套推进电气设备，铅—1型、铅—1水冷型潜艇蓄电池，“55”消磁自动控制设备，“52”扫雷发电机和“52”、“53”电磁及音响扫雷具自动控制设备等的仿制。

其中“33”成套推进电气设备是我国仿制的第1套潜艇推进电气设备。七一二研究所除完成设计任务外，还组织40多人的技术队伍，长期驻湘潭电机厂配合试制，直到最后完成。此设备的试制成功，初步实现了潜艇推进电气设备制造立足国内，并为以后开展自行研究设计打下基础。

铅—1型蓄电池是我国仿制成功的第1套潜艇动力蓄电池，技术性能指标1小时放电率为6000安时，50小时放电率为12500安时，使用寿命不少于2.5年。1964年8月，在山东省博

山电池厂(代号四八一厂)通过海军和六机部组织的生产定型。铅—1 水冷型是铅—1 型的改进提高,可以使电池工作温度降低 8 摄氏度,从而使潜艇可航行于热带海域。1966 年完成试制,1975 年 8 月通过山东省和六机部的鉴定,准予成批生产。从此结束我国潜艇蓄电池依赖进口的历史。

“55”消磁仪器按苏联样机测绘设计,最早由湘潭电机厂承制,后转交桂林电表厂和上海华通开关厂。这两厂先后于 1962 年 9 月与 1963 年开始试制。试制期间七一二研究所分别向两厂派去驻厂工作组,协助解决试制中遇到的有关技术问题。1965 年初试制完成后,4 月 28 日至 30 日在上海通过鉴定,8 月 25 日海军定型委员会批准设计定型。海军装备部曾为此向该所发了贺信。

这一阶段中,除完成上述主要产品的仿制任务外,还按照因陋就简,自己动手精神,先后建起电机、电器、绝化、计量、硅有机模拟装置、潜艇铅酸电池充放电、化学分析、化学电源等 7 个简易试验室和容量为 1000 千伏安的变电站,可以开展一般试验研究工作。试制工厂主要设备由开始的 8 台增至 57 台,并分金工、锻工、铸工、电镀、木工、装配等 6 个工段或组,基本可以承担该所专业范围的非标准设备,模拟样品及部分电机、电器和电池等产品的试制。

第二阶段为自行研究设计阶段(1966~1978)

在这阶段中,先后研究设计了“030”潜艇推进电气设备,“09”应急电力推进装置,“035”成套推进电气设备及铅—80 电池,“912—Ⅲ”消磁船可控硅消磁及电力推进成套控制设备,“718”工程船 400 千瓦主动舵浸水电机,“051”驱逐舰锅炉清管器用特种电机及控制设备等 40 多种电机、开关电器、控制设备和潜艇动力蓄电池,为海军建设作出了贡献。

其中“035”推进电气设备是我国自行设计制造的第一代潜艇电力推进成套设备。主推进电机单机功率 3500 马力。在结构上采用了人轴分段、单机壳、电枢绕组环氧玻璃丝带绑扎、电动操纵、磁场反向、可控硅励磁等新技术,降低了舱室温度,减小了噪声,减轻了艇员劳动强度,电机的比功率等技术指标,超过日本 70 年代研制的“涡潮”号潜艇主推进电机和苏联同类型产品。经试制、试验、装艇试航和 10 多年使用,证明使用比较安全,基本满足技术条件要求。产品已于 1983 年 6 月在湘潭通过机械电子工业部、中国船舶工业总公司和海军装备技术部联合组织的鉴定。

铅—80 蓄电池是“035”潜艇水下推进动力用主蓄电池,技术性能要求高。在与原铅—1 型电池外形尺寸相同条件下,1 小时率放电容量增加 1/3,50 小时率放电容量增加 12%,且电池的使用寿命仍与铅—1 型电池相同,不少于 2.5 年。1970 年,七一二研究所与四八一厂共同完成首批 448 只电池研制,保证了“035”潜艇的试航。唯电池的寿命指标尚未达到要求。9 月,海军与六机部共同组织了鉴定。之后,又研制出两批,装艇使用寿命仍达不到要求。1980 年 3 月,海军及六机部在武汉召开“035”艇技术协调会,确定由七一二研究所继续攻关。该所即组织力量投入攻关,并于 1986 年底完成攻关任务。

其他如“09”应急电力推进装置为“09”核动力潜艇重要配套项目之一,“912—Ⅲ”消磁及电力推进系统是我国目前水面舰艇功率最大的电力推进装置,400 千瓦主动舵浸水电机是目前国内容量最大的低压水中电动机,“051”驱逐舰锅炉清管器用特种电机及控制设备是海军舰艇急需的设备。这些装置或设备经过试制、试验、装艇使用,证明性能也都比较好,达到了设计指标,并都已通过鉴定和定型,正式交付部队使用。

此外,还研制了潜艇用大容量“747”银锌蓄电池、20 号鱼雷用银—1.5 型二次银锌蓄电池、

2 千瓦及 10 千瓦深潜器用直流潜水电机、潜艇用可控硅励磁调节器、蓄电池遥测装置、大电流水冷却自动开关、潜艇主电机隔舱自动控制装置、潜艇主推进电机通风机消声器等新产品。

该所还进行了超导单极电机、双水内冷直流电机及燃料电池等新技术的预研工作。1968 年,与中国科学院物理研究所共同研制出 20 千伏安交流超导同步发电机,试验数据与计算结果基本一致,在我国超导应用研究方面起了带头和促进作用。400 千瓦双水内冷直流电机,是该所自制的第 1 台难度较大的中等容量直流电机,1970 年 11 月曾送去北京参加在军事博物馆举行的军品展出。1971 年至 1974 年进行运转试验,通过这项研究工作,对水内冷直流电机的设计、结构工艺以及运行可靠性等方面,都取得了一些实践经验和试验数据,从而为水内冷技术应用于潜艇推进电机作出有益的探讨。燃料电池的研制,最大组装过 1500 瓦的氢—氧型电池,也取得一定成绩和经验。

该所还于 1968 年编写出版了《可控硅原理及应用》一书,全文 64 万字,前后 3 版,印数 6.5 万册。该书出版时,国内可控硅生产及应用尚处初始阶段,对普及和推广这门新技术起了一定促进作用。

1969 年至 1970 年间,该所还协助武汉空军二十一团,应用可控硅对 581 雷达动力装置革新成功,为海军东海舰队舟山基地完成 403 对海警戒雷达天线拖动装置改装,受到这些部队的欢迎。

七一二研究所还在上海电机厂等有关单位配合下,于 1975 年建成目前国内最大的冲击发电机作电源的 10 万安低压直流断流容量试验室。该试验室可供各种直流自动开关、接触器、熔断器和潜艇电力推进控制板等作大电流通断能力及动热稳定性试验。最大试验能力直流 460 伏、10 万安或 920 伏、5 万安。其主要设备有两台大容量直流冲击发电机,每台冲击功率 25000 千瓦。该试验室的建成,对加速我国舰船电器研究将起促进作用,也为我国大容量冲击电源装置的发展开辟一条新路。试验室投产以来,已先后为全国数十个单位进行了数百次的试验,对国民经济和国防建设以及援外工程等作出了贡献。

除上述科研工作外,1967 年经国防科委批准,七一二研究所还在湖北省宜都县聂家河进行了三线建设。前后两期工程合计建设规模总投资 3600 万元,建筑面积 7 万平方米,建设时间 1968 年 5 月至 1974 年。实际建成规模为大小建筑 143 栋(座),建筑面积 7.2 万余平方米。建设期间,该所曾抽调工程技术人员近百人参加,他们进行了电机、电器、控制、化学电源以及其他试验室和试制工厂车间的工艺设计、配合施工,直至最后的设备安装和调试。后由于交通不便等种种原因,对科研发展不利,经国家批准,除将全部设备迁回外,基建设施已于 1984 年移交湖北省司法厅使用。

第三阶段为开拓前进,向高新科技进军阶段(1979 年以后)

中国共产党十一届三中全会召开后,在改革开放和以社会主义经济建设为中心的政策指引下,七一二研究所又走上了“以军为主,军民结合”新道路,在保证完成军品型号及预研课题前提下,开始大力发展民品,为经济建设服务作出贡献。

这一阶段,该所在军品方面主要任务,是组织力量开始国产第二代新型常规动力潜艇电力推进系统的方案论证和课题预研。1980 年 10 月,参加七〇一研究所召开的新艇方案讨论会,对总体方案和电力推进系统有关问题进行了初步论证和协调。1983 年,国防科工委正式明确新艇代号为“039”后,在七院 6 月组织召开的该艇工作会议上,七一二研究所汇报了电力推进系统论证初步结果。会后,又作了进一步的深化论证和基础试验工作,包括自动开关由低压改

高压、集中控制和蓄电池巡检等关键技术。1985年8月,中国船舶工业总公司和海军正式下文,明确“039”新艇动力系统方案以单台高压低速直流推进电动机和高压交流中速柴油发电机组作原动力(简称高压方案)。至此论证工作告一段落,之后进入方案设计。1987年9月,在北京由海军装备部舰艇部、中国船舶工业总公司军工部联合主持通过了方案设计审查。紧接着转入施工设计和试制前期准备工作。

现在,该所正全力投入国产第二代“039”新型潜艇电力推进系统及成套设备的研制。其中包括系统方案论证、推进电机及控制设备、发电机及整流控制设备、集中遥控装置、蓄电池巡检装置、电池自动开关、电枢自动开关、灭磁反向开关、励磁调节装置以及船用F级绝缘材料等,共计48个项目。

1986年,经国家批准又开始建设大型电力推进系统试验室。该试验室建筑面积4000余平方米,投资900万元。建成后不仅可进行正在研制的“039”艇动力设备研究试验、陆上联调试验和柴油发电机组试验,而且可以进行其他舰船电力推进系统的试验研究。

该所另一项重要军品任务是中华鲟鱼雷电池的研制。从1986年开始,经过多方论证,精心设计和大量试制、试验(包括单体、双连体、单组和两个1:1的全组电池),于1991年7月成功进行半组电池的放电试验。

在新技术预研工作方面,该所以船舶电力推进系统为最终目标的300千瓦超导单极电机及其系统,被列入国家科委和国防科工委重点科技项目。目前已完成300千瓦超导单极电机的研制,并建成华中地区唯一的超导技术应用研究试验基地。

该所列入1988年国家第1批火炬计划项目的B—F级通用型无溶剂沉浸漆和0.1毫米单面补强粉云母带两项绝缘材料,也已研制出来。并于1991年6月在深圳召开的全国火炬高新技术及产品展交会上,荣获银奖。

这一阶段,在民品工作方面,本着为国民经济建设服务的宗旨,开始曾试图在家用洗衣机(当时武汉市尚无专门生产洗衣机厂家)和电子手表用扣式电池方面作出努力,虽也取得一些成绩,并小批量生产供应市场,但终因加工能力和资金不足等原因,未进一步发展起来。

1981年起转为零星接受外单位一些民用工程的研究设计。如为荆门市电石厂完成电弧炉电极升降微机控制系统,为鄂州市西山水泥厂研制水泥生料配比微机控制系统,为武汉市调味品厂设计调味品粉碎机组装置等,使这些工厂的生产落后面貌有一定改观。

之后,又发展到主动外出承揽任务和与外单位争取在技术上形成长期协作关系。首先在汽车电机、自动电站等方面作出努力,同时与无锡电机厂等建立比较长期合作关系。取得较好成功的例子是:无锡电机厂引进西门子公司IFC5船用无刷3相交流同步发电机制造技术,但F级绝缘材料及关键工艺的技术资料很不完整,无法生产。七一二研究所在潜艇推进电机绝缘材料研究的基础上,为其研究出环氧单面补强薄膜粉云母带等4种F级绝缘材料和玻璃钢预制环及旋转浸漆等新工艺,从而保证该电机一次试制成功,性能达到西门子公司标准,并得到英国劳氏船级社认可。

80年代中期以后,根据国民经济建设需要和国内外市场的发展,该所充分利用和发挥自身的技术优势,依靠优质产品和优质服务赢得用户信誉,又进一步拓宽与外界的合作范围。最突出的例子是,为宝山钢铁公司开发的快速起动高性能柴油发电机组,为冶金行业开发的应急柴油驱动水泵机组,为有色金属总公司所属贵溪冶炼厂和永平铜矿等近20家企业进行的电器备件国产化,以及为大兴安岭原始森林金矿电站工程提供的技术设备和技术服务等。

其中快速起动高性能柴油发电机组,是宝钢2号高炉(容积4063立方米)重要配套项目,可保证高炉事故状态供电,亦称“保安电源”。七一二研究所1986年开始此项任务,1989年6月完成,现场运行证明,技术先进,性能可靠,完全满足宝钢要求,并达到美国80年代末期同类产品技术水平。为国家节省外汇40万美元,受到冶金部和宝钢颁发的奖状,国务院重大技术装备领导小组颁发的表彰证书,以及国家计委、国家科委和财政部联合颁发的“七五”科技攻关荣誉证书。为国家争了气,为社会主义增了光。

应急柴油机驱动水泵机组,是冶金行业解决炼铁高炉软水闭路循环难题急需设备。七一二研究所自1987年以来,已连续开发4年。经国内同行专家评审认为,产品达到并部分超过世界先进水平,填补了冶金行业一项空白。到目前已为10多家用户研制出21套,总价款800万元。

为贵溪冶炼厂和永平铜矿等进行的电器备件国产化工作,始于1986年下半年,到现在已实现50多种300多块电路板和插件板的国产化,为国家节约外汇近100万美元。

为大兴安岭金矿电站工程提供技术设备和服务,到目前也已取得100多万元的经济效益,受到黑龙江省黄金管理局及设计院和用户好评。

据统计,七一二研究所自成立以来,共获得上级机关颁发的各种科研成果奖励100多项,其中有全国科学大会奖12项;国家科学技术进步三等奖1项;国务院国防工办一等奖1项,二等奖2项,四等奖1项;国家教委二等奖1项;国防科委四等奖1项和船舶总公司二等奖3项、三等奖5项;第七研究院奖15项。

综上所述,经过前后20多年的努力,该所已逐步锻炼成长出一支可以独立进行舰船电力推进系统,推进电机及控制设备,潜艇和鱼雷电池的研究、设计、试验和部分试制的专业技术队伍;同时,还可承担部分民用工程的研究设计及民用产品的研制与生产。目前该所在电力推进系统及控制设备、推进电机、电机绝缘、自动控制、微机应用、电池遥测、直流开关以及特种银锌电池等研究设计方面,已达到国内先进水平,其中部分项目技术居领先地位。

湘潭电机厂三分厂

湘潭电机厂是中国制造电机、电器成套设备的综合性大型企业。1936年创建,称“资源委员会中央电工器材厂”。1949年8月湘潭解放后,由军事管制委员会接管。1950年3月定名为“中南工业部湘潭电工厂”。1951年5月,改为“中南重工业部中南电工厂”。1953年10月直属第一机械工业部领导,改为“第一机械工业部湘潭电机厂”。1955年10月改称“四六三厂”。同年12月改为“四四八厂”。1957年7月又改为“湘潭电机厂”。经过50多年的发展,现工厂占地面积222万平方米,建筑面积64万平方米,有职工13000余人,其中工程技术人员1500余人,拥有门类齐全的主要生产设备4575台和各类专业试验室38个,主要生产电机、电器、工矿电机车、108和154吨电动轮自卸车等20大类,188个系列、3030个规格的产品。

湘潭电机厂三分厂是湘潭电机厂为海军提供舰船电机、电控成套电气设备的专业军工分厂,1960年成立,经过25年的发展完善,到1985年末有职工1427人,生产建筑面积3.3万平方米,主要生产设备655台,其中精、大、稀设备51台,拥有完成舰船电机电控产品成套试验和特种试验的各项检、测、试设施。25年来,湘潭电机厂三分厂为海军、陆军、空军提供了大量装

备：“33”产品 111 套、“035”产品 7 套、“09”产品 6 套、“52”和“53”产品 35 套、“912”产品 4 套，“红旗—7”号产品 11 套、舰用直流幅压电动机 544 台、坦克火炮自动瞄准器控制盒（简称 41 号产品）510 台、装甲车电源接触器（简称 42 号产品）510 台、自动消磁控制仪（简称 55 号产品）5 套、水面舰艇舵机和锚机控制器（简称 БПТ 产品）206 台。上述产品在研制和改进中，“33”产品荣获全国科学大会重大科技成果奖；“52”、“53”产品荣获国防工业科技进步三等奖；“09”产品荣获全国科学大会重大科技成果奖；“035”产品荣获国防工业重大技术改进三等奖；“035”潜艇被评为 1988 年国家级国防工业科技进步一等奖（湘潭电机厂等 8 个单位共同荣获了这项荣誉）。

湘潭电机厂三分厂承担中国舰船电气成套设备制造任务，国家经过 1956 年初始设计投资和其后的 3 次扩充初始设计投资，才具有较完善的生产规模。

根据 1953 年中、苏两国政府签订的《六四协定》，苏联向中国转让中型常规潜艇生产技术。1955 年 8 月，一机部电工局局长周建南带领苏联专家和有关厂所人员，分别到湘潭电机厂、上海电机厂和哈尔滨电机厂进行考察后，经综合论证，确定湘潭电机厂为中国潜艇电力推进成套设备制造厂。1956 年 1 月，国家计委批准建设厂房设计任务书，并列为苏联援建的 156 项工程之一，由苏联动力设计院列宁格勒分院负责设计。国内一机部第八设计院配合，在湘潭电机厂建造直流电机和线圈厂房，建筑总面积为 22661 平方米，工程概算为 2075 万元，设计生产能力为电机 1970 台/110000 千瓦，控制设备 1940/364 吨，交、直流电机及控制设备用线圈 1200 吨，换向器 160 吨，绝缘零件 40 吨。1957 年 9 月基建破土动工。1955 年 12 月和 1957 年 12 月，一机部从湘潭电机厂和其他单位先后选派了两批共 9 名工程技术人员赴苏联培训，学习潜艇电力推进设备的设计、工艺、试验及管理经验。1958 年，苏联援助的“03”潜艇电力推进设备图纸资料分批到达湘潭电机厂，由湘潭牵引电气设备研究所第一室负责转化和补充设计。1959 年，在直流电机新厂房基建尚未完工的情况下，成立直流车间，从全厂抽调 238 名生产技术骨干，开始了搬迁过渡和生产准备。同年 11 月，厂房基建验收合格，苏联援助的大型关键生产设备相继到厂安装，从而正式开始“03”产品试制。此时，赴苏学习人员已分批回国到湘潭电机厂工作，苏联专家也已到厂指导试制。全体参加试制人员怀着建设强大国防的高度政治热情，日以继夜地工作着，在当时中国工业基础还相当薄弱的情况下，通过群策群力和广泛的技术协作，突破了许多生产关键。1960 年 5 月完成“03”样机试制。7 月进行国家级鉴定，鉴定委员会认为湘潭电机厂在边基建边生产的情况下，在较短的时间内完成了这套复杂电气设备的试制，成绩是巨大的，积累了生产经验，锻炼了技术队伍，为今后的生产打下了很好的基础。同时认为试制中有一些技术质量问题没有根本解决，希望工厂订出改进措施，在今后小批生产中贯彻执行。

第 1 次扩充初步设计基建是 1961 年，当时的背景是：1960 年“03”产品试制鉴定遗留很多技术质量问题，湘潭电机厂党委决定三分厂停产，进行以质量为中心的企业整顿，分析质量问题的原因，制定整改措施。经过暴露问题和论证，找出其中重要原因之一是设备不配套，生产工艺不完整，很多临时性生产手段无法保证产品质量，基建设没有收尾，工场和周围环境不适用。为了解决上述问题，需要一笔投资。也是在 1960 年，苏联政府单方面撕毁合同，停止提供技术资料 and 配套器材，撤走专家，妄图扼杀刚刚起步的中国舰艇制造业，因此，也极需一笔费用。根据湘潭电机厂的具体情况，一机部批准了第一次扩充初步设计方案。经核实，国家拨款 547.7 万元，用于增加设备、调整厂房和基建收尾。1961 年，正值国家国民经济遇到暂时困难时期，湘

湘潭电机厂从领导到工人深知这次拨款投资来之不易,因而在使用时,处处精打细算。根据军工生产需建立自成系统的封闭式生产单位的要求,把原来在民用车间生产的军品零、部件收归三分厂生产;将原来在三分厂生产的民用产品,全部划回民用车间,严格了军工产品质量管理。为完善生产手段,采取外购和自制相结合方式,添置一些关键设备,解决了生产急需。如自制的电机轴瓦浇注设备,一直使用到1987年才考虑更新。为完善检测手段,添置了一批检测仪器。如X射线无损探伤检测仪和γ射线检测仪,并建立检测试验室。同时,进行了两次机构调整,使三分厂拥有5科、1室、5个车间和1个工部,职工人数达到1051人的生产规模。并对工艺路线合理地作了调整,增补了部分生产作业面积,以及基建扫尾和厂房环境清理工作,共用去220万元投资费用,收到了极为可喜的效果,为后来军工生产正规上场打下了良好的物质基础。

在停产整顿取得成效的基础上,根据上级通知,开始以“33”产品取代“03”产品的试制工作。“33”产品整个试制进度比“03”产品试制时明显加快,且产品质量也有大幅度提高。

在“33”产品的紧张试制中,叶剑英元帅来厂视察,参观了潜艇电力推进设备试制的主要车间。当叶帅了解到试制进度后,鼓励全体参试人员说:“同志们努力干,争取早日下水”。叶帅的亲切鼓励,进一步增强了职工的胜利信心。

1963年6月,首套“33”共计24个产品试制完毕,通过工厂鉴定后,同年11月国家定型委员会到厂鉴定、验收合格。11月19日,由海军副司令员赵启民、国防部第七研究院院长刘华清率领的国家定型委员会在鉴定书上签字,验收合格。1964年1月,国务院军工产品定型委员会批准定型,同意小批生产。从此,中国结束了不能制造潜艇电力推进设备的历史。

1964年,国产的“33”产品参加北京全国工业新产品展览会。朱德、刘少奇、叶剑英、陈毅、贺龙、肖劲光等,兴致勃勃地观看了中国自己制造的“33”产品。当讲解员介绍产品性能良好,能适应中国亚热带气候的海洋工作环境时,中央首长点头微笑,连连称赞。

1964年,“52”电磁扫雷具和“53”声频扫雷具电气设备共计10个产品,在湘潭电机厂三分厂试制。1965年底试制完毕,1967年海上配套试验成功,投入批量生产。

1967年,“912”消磁船电气设备共计8个产品,在三分厂开始试制。为填补海军空白,工厂积极承担,经过1年多的努力,完成全部产品的试制,按期保质交给部队,1977年通过产品定型鉴定。

1967年至1972年,完成“030”电力推进设备共计23个产品的试制。1973年海军撤销“030”潜艇建造,因此产品未能实艇应用,后调到大连海军工程学院作教学用。

1967年,毛泽东主席批准的国防尖端技术项目“09”工程开工。同年,湘潭电机厂承担了该工程的应急电力推进装置,共计15个产品的试制任务。当时正处在“文化大革命”时期,生产很不正常,自中央军委《特别公函》向职工宣读后,生产形势日趋好转,广大职工日夜战斗在现场。1969年5月试制完毕,6月通过验收鉴定,后经两次改进性试制,于1975年通过了设计生产定型鉴定。

1971年至1972年,完成“33”主推进电机提高功率和双机壳改单机壳的革新试制,并通过鉴定装艇使用。

1969年,我国自行设计的中型常规动力“035”潜艇开始试制,湘潭电机厂承担该艇电力推进设备计26个产品的制造。由于性能比“33”产品有较大的提高,且采用纯水冷却开关,生产技术难度明显增加。经过1年多的顽强奋战,突破了各项主要技术难关,于1970年制造出合格产品,经验收鉴定后装艇使用。

第2次扩大初步设计是从1972年开始的。当时的历史背景是：“33”产品鉴定定型，生产批量逐年增加。1968年以后，美国发动的侵略越南战争逐步升级，美国军舰经常侵入中国南海，严重威胁着中国安全。为保卫中国领海神圣不可侵犯，支援越南人民的反美爱国斗争，周恩来总理于1969年批准在华南建设“828”工程。1972年，我国援助朝鲜的“13”号工程协定生效。这两项工程使“33”产品的生产量迅速增加，为保证任务的完成，一机部于1972年批准三分厂第2次扩大初步设计方案。这次投资概算为399万元，新增建筑面积14000平方米，其中职工宿舍建筑面积7000平方米，新增人员400名，新增设备108台，计划年生产纲领为“33”产品17套，“035”产品5套，“09”产品2套，“52”、“53”产品6套，1~3号舰用直流幅压电动机100台。实际执行结果，完成投资365.58万元。这次投资扩建，进一步充实了军工生产能力。“33”产品最高年产量达到13套，每年还要生产“09”、“912”、“52”、“53”等其它产品。同时，生产设备能力也相应提高，如增加的关键试验设备2套40伏，50000安的大电流直流发电机组，并联可获10万安，满足了空气断路器整定保护的需要，解决了电控产品长期未能解决的试验关键。特别是在“035”产品电器控制开关由水冷改为空冷的研制试验中，这些新增设备起了很大作用。

通过“035”首套(电器控制开关水冷)产品的试制，船厂和使用部队发现许多设计缺陷需要改进。湘潭电机厂从1974年开始，就着手酝酿研制空气自然冷却开关代替水冷却开关。经过两年艰苦细致的调研、论证和对比实验，工厂确信只要对电气控制某些部位作适当改进，就能消除其弊病，为海军提供更满意的产品。在承担风险的情况下，湘潭电机厂呈报了“035”产品空冷开关实施方案。1976年获得上级批准，开始了空气自然冷却的“035”产品试制工作。

第3次扩大初步设计是1977年一机部批准的，任务是根据海军建造“5型”舰艇配套措施进行扩建。这次投资包括第2次扩建未完部分，共计335.6万元，同意新增设备109台，建筑面积2168平方米，补充职工250名。这次扩建执行到1979年，资金冻结，实际完成投资额169.34万元，增加设备66台，建筑面积2200平方米。

此次扩初设计主要是针对发展“035”产品进行的，因为“035”产品的战术技术性能比“33”产品大大提高了一步，而且第1艘艇经几年的服役，证明设计、制造是成功的。特别是1976年上级批准湘潭电机厂提出“035”产品由水冷改为空气自然冷却的设计方案后，通过对开关主触头结构的改进、选用新型耐弧材料和采用硬模精密铸造新工艺等3项改进，又通过对开关灭弧室采用高强度多孔陶瓷耐弧新材料制造、开关采取一系列其它方面的综合改进措施，终于使440伏，4000安自动开关和440伏、8000安非自动开关，实现空气自然冷却取代水冷却系统的目的，满足技术条件要求，并达到国际同类型产品的水平。同时与七一二研究所和驻厂军代表室对主推进电机缩小转速中断区、经济航行电机改进风叶结构降低噪声、主控制板提高电动操作可靠性等都作了很多改进，从而使整套“035”产品的技术性能大大提高了一步。1978年，改进后的空冷“035”产品通过出厂鉴定，装艇交付部队使用。1983年8月，机械部、船舶总公司、海军装技部联合召开水冷和空冷“035”产品鉴定会，均获得通过。鉴定会根据使用部队要求，后续艇一律采用空冷产品。

在这次鉴定会上，根据海军提出的要求，讨论了“035”产品进一步改进提高问题。通过分析讨论，采用湘潭电机厂提出的改进设计时间为半年，制造周期为1年至1年半的小改方案。同年11月，一机部、船舶总公司、海军装技部联合批复：“035”潜艇电力推进设备改进设计和生产由湘潭电机厂负责，并承担技术责任。湘潭电机厂担负“035”产品的改进设计和生产任务后，经过近两年的继续努力，攻克了所有技术关键，在1985年以后生产的“035”产品上全部得到应

用。后经实艇使用证明,满足了部队的要求,在1989年5月召开的“035”产品改进设计评审会上,一致认为小改方案是成功的。

1980年,国家准备仿制新型低空导弹“红旗-7”号战车,湘潭电机厂获悉这项具有世界先进水平的产品仿制信息后,积极参加了竞争,终于从航天部争取过来研制战车电源及驱动电气设备39个产品的研制任务。在测绘设计中,技术数据需从样品的试验和解体分析中获得,难度特别大。如主发电机和牵引电机体积小、功率大、H级绝缘、定子和转子需整体灌注胶;又如控制部分的电子元器件,品种多、要求高、用数少,全需按军标研制,订货很困难。在上级领导关怀下,经过兄弟单位大力协作支持,终于在1984年试制出首套产品,经总装厂配套考核后,几次现场打靶试验证明,产品能满足总体设计要求,于1989年4月通过设计定型鉴定合格。

1980年以后,军品订货急剧减少,该厂发挥军工优势,积极承担民用产品。他们利用训练有素的军工生产技术队伍和一批精、大、稀关键生产设备,在保持军工生产能力的原则下,几年来承担了大量民品任务,既搞活了企业,又锻炼了队伍。1979年,开发了“天仙牌”12寸台风扇。由于质量好,信誉高,销路久盛不衰,后转让给湘潭电机厂家用电器分厂,年生产达到30万台。近几年为总厂产品配套生产了108吨电动轮自卸车的“三机一壳”、150吨矿用防爆机车转向架、2.5吨和5吨矿用特殊型防爆电源装置等重点配套产品计47个品种。试制和生产的中型Y系列电机、大中型同步电动机计28个规格,还承担了Y系列电机和同步电机的出口创汇任务。由于质量精良,湖南省商检局授予出口产品免检单位。

1983年,湘潭电机三分厂与美国通用电气公司(GE)签订合作生产海上石油钻井平台用同步发电机控制设备“U-drill3000型”的合同,合同自1984年8月17日起生效,有效期10年。1985年,湘潭电机厂三分厂与英国布绿殊(BRUSH)公司签订海上石油钻、采平台用“BJS”系列8种规格交流同步发电机技术转让合同,合同自1985年10月7日起生效,有效期6年。1983年和1988年,先后承担了“南海2号”和“胜利3号”钻井平台动力电气传动系统的大修和调试任务,受到外国专家和石油部、机械部领导的高度赞扬。

1985年后,工厂为提高全员劳动生产率和设备利用率,对专业工作性质相同的车间和某些工种实行集中。因此三分厂的工具车间、机修车间和部分特殊工种或班组,先后并入其他分厂,共并去建筑面积5660平方米、设备119台、职工271人。

湘潭电机厂三分厂从1959年基建完工,经过1961年、1972年和1977年3次扩初建设,到1985年止,国家投资2730万元,形成固定资产(原值)2200万元,其中设备资产占60%。累计完成工业总产值18890.05万元,上缴利税共2157.23万元,军工产品品种已发展有“33”、“035”、“09”、“52”、“53”、“912”、“8011”等6大类电气成套产品,34个系列,168个规格。在发展舰船电机电控成套设备的过程中,军工生产能力,企业管理水平,正在不断完善和提高,并具备有承担更复杂产品的设计和生产能力。

由于湘潭电机厂在建设强大海军中作出了一定贡献,1979年,全国机械工业科学大会授予湘潭电机厂三分厂科技工作先进单位称号。1985年,在国防科工委、国家计委、国家经委、国家科委联合召开的全国军工协作工作会议上,授予湘潭电机厂先进单位称号。

驻湘潭电机厂军事代表室

该室建于1959年7月,始称中国人民解放军海军舰船修造部驻湘潭电机厂军事代表室,1963年改为中国人民解放军海军驻湘潭电机厂军事代表室。1979年起改为现在的名称。该室建立时,直属海军舰船修造部领导,后因海军体制改变,分别受海军装备监造部、海军装备部、海军后勤部领导。海军成立军代表地区办事处后,1978年由广州地区军代表办事处领导,1986年归属武汉地区军代表办事处领导。

驻湘潭电机厂总军事代表未任命以前的1959年5月,海军舰船修造部先派一工作组到厂,由石鸿贵任组长。1959年7月,根据海军舰船修造部、一机部八局联合通知,决定在湘潭电机厂正式建立海军驻厂军事代表室机构,并任命陈永华为第一任总军事代表。除海军驻厂军代表外,1963年装甲兵派来了军代表,1979年又派来了副总军代表。1978年空军也派来军代表,1979年又派来副总军事代表。至目前,驻湘潭电机厂军事代表室有工作人员27名,其中校级军衔以上17人,具有高级工程师职称的3人。

驻厂军代表室主要任务是:根据国务院、中央军委关于军工产品科研、生产和质量管理的规定,对军工产品进行检验和验收,对生产过程进行质量监督,参与军工产品研制的质量保证工作,对军工产品提出订价意见,负责军队与工厂的联络,以保证中国人民解放军按照国家计划得到性能先进、质量优良、价格合理的武器装备。

一、监造的主要产品

(一) 海军主要产品

1. “33”潜艇电力推进设备。该设备是“6633”中型鱼雷潜艇水下航行的重要推进动力装置,最大功率2700马力,由主推进电机、经济航行电机及相应的控制设备共24个产品组成。该产品系仿苏设计,湘潭电机厂制造。1962年4月至1963年8月试制完工,接着转入工厂鉴定,10月合格通过。1963年11月,由海军副司令员赵启民,国防部第七研究院院长刘华清组成“6633”中型鱼雷潜艇成套推进电气设备定型委员会,进行验收和评审。11月19日通过国家鉴定定型。自1963年至1982年共计生产111套。该产品未单独援外,装艇后援外16套。

该产品蓄电池开关板短路脱扣器动作不可靠,动作值不稳定,有拒动现象。1975年开始作下列重大改进:(1)短路脱扣器由原苏联设计安装在2、3极改为1、4极;(2)1、2极下部的连接母线更改形状;(3)2、3极增加一绝缘板;(4)出厂试验在模拟台架上试验调整脱扣值,参数作适当改变。1975年以前出厂的蓄电池开关板,在中修时已作更换。

2. “035”潜艇电力推进设备。装中国自行设计研制的第1代“035”中型常规动力潜艇,七一二研究所设计,湘潭电机厂承制。1970年试制完工第1套产品,其主要控制设备的开关采用水冷却,故称“水冷”电力推进设备。1978年,湘潭电机厂将控制设备中的水冷却开关改为空气自然冷却,称为“空冷”电力推进设备。两种设备经装艇试用,都能满足技术性能要求。1983年6月均获鉴定通过,但发现该设备的原技术条件与潜艇总体要求和使用要求存在一些差距,有些设备可靠性较差,维修保养空间狭小等问题。因此海军装技部舰艇部提出了改进的5条要求,总体研究所按海军要求提出了补充修改技术要求。湘潭电机厂提出了相应的改进设计、生

产的技术条件。经上级批准,“035”电力推进设备改进设计和生产由湘潭电机厂负责,并承担技术责任。“水冷”电力推进设备研制成果作为技术储备。

根据海军舰艇部提出的要求,其中:(1)在实艇上,主推进电机在整个调速范围内能连续调速,但在第1转换点处允许在不大于25转/分范围内短时工作10~15分钟。(2)电力推进设备电压应与艇上网路电压相匹配。这两重点问题都得到了解决。改进设计后的“035”电力推进设备至1987年生产4套(其中1套是旧艇改装、3套装备新艇)。1988年4月,“035”艇由总体研究所改进设计为“035G”,其电力推进设备也作了局部修改,如主推进电机加装了大风量过滤器,冷却器降低高度200毫米,称为“035G”电力推进设备。1988年生产1套,装备新艇。1989年5月召开“035”电力推进设备改进设计评审会,一致认为改进方案是成功的。

3. “52”、“53”扫雷具电气设备。七一二研究所按苏产品测绘设计,湘潭电机厂制造。1965年试制成功,1979年随扫雷具定型,至1985年共生产35套。自定型后生产的产品,在装艇前由湘潭电机厂承担扫雷具陆上配套试验。

4. “09”应急电力推进装置。它由应急推进电机及控制设备组成。1967年开始试制,1969年完成,1976年3月定型。七一二研究所设计,湘潭电机厂制造,至1981年共生产6套。

5. “912”消磁电气设备。湘潭电机厂1967年开始试制,次年完成,1977年通过使用鉴定,共生产4套。

6. 按照军代表室工作前伸后延精神,1987年2月16日起,根据武汉办事处指示派5名军代表到七一二研究所,兼管中国自行设计的第2代“039”潜艇电力推进设备、交流同步发电机及配套设备和蓄电池巡检装置等项目研制管理。随着研制工作深入开展,1989年底起,又调整增加工作人员。

(二) 装甲兵主要产品

1. 功率扩大机电机。

2. 坦克火炮自动瞄准控制盒,简称41号产品,共计生产500多台。

3. 装甲车电源接触器,简称42号产品,共计生产500多台。

(三) 空军主要产品

1980年,中国新型导弹发射“红旗-7”号战车(简称8011)开始仿制,湘潭电机厂承担了电源及驱动电气设备的按实物测绘设计和研制任务。整套设备由39个产品组成,1984年试制成功,1989年4月通过设计定型鉴定。至1989年止,共计生产11套。

二、重大技术改进和科研成果

1. 以戴立正为主进行的“电磁-2”型扫雷具水中同步装置的技术改进,使水中交流同步距离由定型时暂定400米作为船厂验收标准,提高到技术条件规定的800米。1981年,海军装备技术部在湘潭市召开鉴定会,并批准授予三等奖。

2. 皮明选参与湘潭市电器瓷厂和湘潭电机厂研制的“高冲击强度陶瓷灭弧室”项目,1983年1月由湘潭市科委组织鉴定,鉴定通过后用于产品。

3. 唐国祖、莫沃林与湘潭电机厂研制的“33”潜艇主推进电机电动通风机消声器,于1985年4月通过鉴定,经机械工业部军工局、海装舰艇部批准小批生产。1986年5月31日,海军装备技术部通令授予海军科技成果肆等奖。

4. 以高冬阳为主进行的“33”潜艇柴油机——主推进电机轴系联锁装置,于1985年4月通过鉴定,经机械工业部军工局、海装舰艇部批准作为技术储备。1986年5月31日,海军装备

技术部通令授予海军科技成果肆等奖。

5. 《舰用推进电机技术条件》和《舰用直流大电流自动开关技术条件》两项国家军用标准制订工作,驻湘潭电机厂军代表室担任副主编单位。审查通过后,1987年国防科工委分别以GJB355-8、GJB354-87予以颁布。

6. 根据国防科工委和海军装备技术部指示,驻湘潭电机厂军代表室承担3项“海军舰船建造规范”的制订工作,其中《舰用直流大电流开关规范》由程祯瑞、高冬阳、张仲池起草;《常规动力潜艇直流推进电机与控制板架配套试验规程》由莫沃林、唐国祖、田勇、张益华、冯占国起草;《舰用交磁旋转放大机通用规范》由赖佛坦、涂昌期、石星煌、戴立正起草。3项规范于1989年完成编制。

7. “潜艇用小型大容量开关”的研制工作,由程祯瑞负责,已于1986年4月通过技术审查,试制工作正在进行中。

三、编写教材,培养人才

1980年和1981年,驻湘潭电机厂军代表室受海军装技部修理部委托,举办了两期“潜艇推进电气设备技训班”,共有学员96人。学员来自海军各潜艇支队,其中有机电长、动力长、电工军士长、战士等。还有个别修理厂的技术人员、技师以及驻厂军代表。为使学员所学知识达到吸收、消化、巩固的目的,驻湘潭电机厂军代表室编写了《潜艇推进设备结构与原理(电机部分)》、《潜艇推进设备结构与原理(电器部分)》、《潜艇推进设备维护与修理(电机部分)》、《潜艇推进设备维护与修理(电器部分)》等4本讲义作为培训教材,修理部指示印刷2000册,发放到各潜艇支队和有关院校及机关。

1985年5月,广州地区军代表办事处委托驻湘潭电机厂军代表室举办1期电子计算机学习班,学习的主要内容是“微型计算机原理”、“BASIC语言”。湘潭电机厂、二八二厂、八四〇厂军代表室共计34人参加学习。广州地区军代表办事处颁发了单科结业证书。

1989年1月23日至2月25日,张益华参加由海装和船舶总公司组织的9人赴联邦德国汉堡AEC公司代表团,对该公司为中国海军建造的“052”舰艇电站进行验收和技术培训,圆满完成任务回国。

上海电机厂

上海电机厂的前身是国民党政府资源委员会中央电工器材厂有限公司上海制造厂电机组。1949年5月上海解放时,仅有职工174人,只能生产一些小型的电动机和变压器。经过整编,于1949年12月1日成立上海电机厂。

上海电机厂成立后,发展迅速。到1952年底,年总产值为1949年的26.6倍,劳动生产率为1949年的4.3倍,职工增加到1532人。

上海电机厂于1952年9月至1953年3月,陆续从上海通北路老厂迁往闵行新厂。以后,建设规模不断扩大,生产不断发展。到1990年6月已有23个车间,52个科室,近万名职工,成为我国机电行业的大型骨干工厂之一。

上海电机厂早在50年代就接受少量军品生产任务。1960年,一机部布置制造军用3600

千瓦高速电机。为适应军工任务增大的要求,1961年9月19日成立厂长第二办公室,专管军工生产。

1964年11月,一机部、二机部和上海市工业生产委员会、上海市第一机电工业局又决定上海电机厂为气体扩散机2号主机的总装厂,原有二办机构已不能适应新的情况,就成立二办一组和二办二组。二办二组负责气体扩散机的制造任务,二办一组仍负责电机类的军工生产任务。1971年二办撤销,成立军工组,由军工组统一管理包括2号机在内的全部军工生产。1973年2月22日,厂党委决定恢复和建立部分科室,军工组改为军工科。

上海电机厂没有建立专门制造军用电机的车间,所有军用电机都是在有关的民品生产车间制造的。由于军用电机、特别是舰船电机有种种特殊要求,用普通设备和常规工艺不能解决时,工人和技术人员就设法自制专用设备。1960年接受3600千瓦高速电机的军工任务后,由于民用产品的超速试验间不能满足试验高速电机的要求,即建造了新的超速试验间。1970年10月3日,又增建035电机装配试验室1000平方米,并增添部分设备,投资45万元。

1985年5月1日,上海电机厂撤销了军工科。从此,所有军工生产都纳入了工厂经营、生产的渠道。

几十年来,上海电机厂在国家很少投资的情况下,依靠原有的厂地、设备,克服种种困难,为国家设计、试制生产了许多舰船电机和其它军用电机。在这些电机中,凝结着上海电机厂职工的聪明才智和艰苦创业的精神。

上海华通开关厂

上海华通开关厂前身是私营上海华通电业机器厂,创建于1919年,主要是生产和装修开关、开关板、电动机和变压器等。职工约90人,1940年在上海川沙渡路建造了新厂房,并更名为华通电业机器有限公司。

1949年5月上海解放时,华通厂已能生产家用电器(电扇、电炉、电器水汀等)、工业电器(开关、开关板、变压器、小型电动机等)和铁路电器(车灯、火车发电机、汽车电机等)3大类产品,职工约500人,是中国唯一能生产高压油开关的电器工厂。

1950年,华通成为上海市第一家公私合营企业。1953年,实现高低压电器的专业化生产,并改名为上海华通开关厂,成为全国重点骨干企业之一。

50年代初,厂部在机构设置上,增设了军代表室,由军代表室和厂部共同指导全厂的生产、经营和管理的工作,曾生产抗美援朝战场上急需的电器控制设备及某些军用设备。50年代末,工厂设立了第二办公室(简称二办,后改为军工科)。60年代初,由海军驻派上海华通开关厂军代表机构,由军工厂长负责领导。军工任务特点是既要保密,又要按质、按量、按期完成任务。当时的军工生产方式,实行扩散和封闭相结合的生产方式。在当时的历史条件下,这种生产方式既发挥了全厂力量,又达到了保密条件,并提高了效率。

为了适应发展之需要,1958年在上海彭浦工业区,建造起了10.95万平方米(其中军工生产建筑面积0.28万平方米)的厂房。华通厂共试制成功新产品700多项,其中仿制的有352项自行设计的有359项,许多产品填补了国内空白。

80年代末,该厂已经拥有5000名职工(其中专业从事军工生产184人,并先后有400余名职工参与军工的技术、管理和生产活动),有600余名工程技术人员和600余名企业管理工作者运用先进技术和科学管理统筹全厂生产。全厂有高压电器、低压电器、自动化装置和高低压开关柜屏4大系列产品,为我国电力、冶金、采矿、建筑、轻纺、交通运输等各个领域提供电器产品,还有部分产品远销到30多个国家和地区。仅“七五”期间,便为近200项国家、省(市)的重点工程提供了成套电器产品。1989年被授于国家二级企业称号。

人 物 资 料

王 荣

湖南省常德县人,1925年生。1948年考入湘潭电机厂,历任工程师、三分厂技术检查科长、三分厂厂长兼党委书记等职,1985年退休。

他在担任三分厂技术检查科科长期间,负责组织电机、电器两个试验站的基建扫尾和设备安装调试工作,认真贯彻国防工业三级干部会议精神,开展以产品质量为中心的大整顿,建立了一套完整的技术检查工作的规章制度,并且组建了一支符合军工产品生产需要的检试人员队伍。尤其是在培养检试人员一丝不苟的严细作风,在坚持“四按”、“四不”的原则上,提高产品质量,为第一套“33”产品的试制成功和以后的批量生产,作出了突出的贡献。

在他担任三分厂厂长期间,承接了空军“红旗-7”号战车电源及驱动电气设备的研制和生产任务。他组织力量进行鉴定和测绘,指挥工程技术人员进行仿型设计,并率领供应人员选择与落实主特材料和电子元器件的供应点。在样机试制和产品研制阶段,他组织分厂工人、干部和工程技术人员攻克技术质量难关,对产品的研制成功起到了关键性的作用。“33”产品停产后,分厂正处于“无米下锅”的危难局面,他积极开发天仙牌台风扇等民用产品,在军转民工作中作出了贡献。

王宝泉

河北省唐山市人,1933年9月生。1960年毕业于哈尔滨军事工程学院海军系船电专业。毕业后分配到海军第一研究所、第七研究院三六室直至后来的七一二研究所工作。历任研究室技术员、专业组长、工程师,基建处助理员、科长,所三线工地副指挥长,所科技处副处长、处长和所长等职。

他参加工作以来,先后从事过潜艇电力推进设备研究设计、基本建设、科技组织管理直至研究所的领导工作。

1967年至1974年,七一二研究在湖北宜都聂河镇进行三线建设,摊子大,周期长,条件艰苦。他和其他同志一道协助工地指挥长,认真贯彻当时中央关于三线建设的方针政策,较好地完成了建设任务。特别是保证10万安断流容量试验室迅速建成并投入试验,满足了“035”产品研制的需要。1976年至1982年,他担任科技处领导期间,正值党的十一届三中全会召开,加之上级正式明确该所不搬三线,立足武昌重新建设,科研、基建等各方面的任务繁重,内外关系复杂,他较好地起到所领导的参谋、助手作用,为该所顺利渡过这段转折时期作出努力。

1983年担任所长以来,积极带领全所进一步开展科研及基建工作。其中“039”新型潜艇研制及电力推进系统试验室的建设取得较快进度,为海军建设作出了贡献。另外,随着国家改革开放的形势发展,除完成军品科研外,还组织全所大力开展军转民及民品的研制与生产,在以民养军方面取得初步成效。

王肃雱

浙江省嘉善县人,1931年10月生。1952年7月毕业于上海大同大学电机系,分配到上海

电机厂任交流电动机设计员。1955年底被派往苏联高尔基船厂和列宁格勒“电力”厂学习潜艇推进电机设计。1957年5月回国,派往湘潭电机厂为组建三分厂生产推进电机作生产技术准备。1957年10月至次年6月,领导设计组人员利用在苏联学习带回的部分资料,自行设计完成了仿苏“33”潜艇主推进电机的全套生产图纸,培养锻炼了我国自己独立设计潜艇推进电机的设计队伍,是“33”潜艇主推进电机第一任主任设计员。1964年6月,在七一二研究所一室任代主任,组织潜艇推进电气设备的理论研究工作。1965年调二室主持设计“035”潜艇主推进电机,1977年6月主持设计“051”舰用锅炉清管器电机,1980年10月主持“039”潜艇主推进电机方案论证。1981年11月,参加海军组织的军事技术考察团,赴巴基斯坦对海军装备进行技术考察。1984年12月,调到武汉市家用电器科学研究所任总工程师兼国家家用电器产品质量监督检测湖北站总工。1959年4月被授予工程师,1981年8月被授予高级工程师职称,1988年被授予研究员级高级工程师职称。

在主持“035”潜艇主推进电机设计中,他提出了大轴分段、单机壳等等重大技术措施,使产品技术经济指标达到国际先进水平。他主持设计的“051”舰用锅炉清管电机,体积重量只有国外同类产品的1/3,受到部队好评。赴巴技术考察回国后,撰写了3篇技术考察分析报告,详细剖析了法国“AGOSTA”潜艇推进电气设备的设计思想及设计特点。

云峻峰

河北省唐山市人,1940年9月生。1964年7月毕业于哈尔滨军事工程学院海军工程系船电专业。毕业后分配到七一二研究所工作,历任专业组副组长、组长、科技处系统组组长,现任该所副所长。

参加工作后一直从事舰船电力推进研究工作,曾负责深潜工作船电力推进系统及控制装置的研究工作,完成了样机试验。1972年开始负责组织新型常规动力潜艇动力系统的预先研究工作,组织开展了交流发电机整流供电课题的研究工作,为后来“039”艇采用交流整流发电机方案,提供一定的前期研究成果。1981年调至科技处组建系统组,并负责组织“039”型潜艇电力推进系统的论证工作,提出了采用交流、交流整流电力推进计算机集中控制的系统方案的推荐性意见,为最后确定该潜艇动力系统的方案作了比较充分的技术准备。1983年7月就任副所长后,负责“039”工程的电力推进系统及其配套设备和发电机组配套设备的工程组织指挥工作。

1983年后,主持编制了该所电力推进系统试验室的基建设计规划,并组织实施,为创造舰船电力推进系统及设备的研究和试验基本条件作出了贡献。

乔志民

山西省临县人,1926年7月生。1938年10月参加革命,1939年入伍,长期在部队工作,参加过抗美援朝战争。1954年回国,在解放军政治学院学习工作7年。1963年1月调七一二研究所,历任宣传科长、政治部负责人、所党委副书记、副所长等职。1986年离休。

他能认真把思想政治工作做到科研中去。1963年底“33”产品通过国家鉴定定型后,他奉命去湘潭和参加该任务的科技人员一同进行认真总结,评选出有突出贡献的人员,向所党委建

议给予立功授奖,并在全所召开庆功大会宣扬他们的事迹。这一活动,在当时极大地鼓舞了科技人员的积极性和创造性。

“035”产品是该所继“33”之后自行设计的第1套大型产品,参加人多,工作量大,周期长,涉及的内外关系复杂。而这段时期正值他主持全所科研工作,他能坚决贯彻上级有关该项任务的方针政策和指示,领导科技人员克服重重困难,做了大量工作。最后使产品顺利完成研制,性能达到要求,并交付部队使用。

在他任职期间,重视科研生产条件的建设。在比较困难的情况下,积极组织筹建近1万平方米的用房和场地,为军工产品的试验试制任务创造了一些必要条件。

他认真学习科学技术知识,注意研究该所有关专业发展动向,支持、保护、促进新技术和新材料的研究试验与发展,为海军建设作出了贡献。

孙洪铨

高级工程师。江苏省常州市人,1925年生。1950年毕业于武汉大学,1958年任一机部牵引电气设备研究所一室主任,1960年起在湘潭电机厂三分厂历任副总工程师、总工程师、副厂长等职务,1979年调上海工作。

1954年,他开始从事军工生产技术工作,在潜艇推进电气设备制造专业工厂的选址筹建和基建中做了大量工作。他担任三分厂技术领导职务后,专心于中国第1代“33”产品的试制与生产,组织攻克各项技术关键,为“33”产品的批量生产创造了良好的条件。并先后组织“52”和“53”产品、“912”产品、“09”产品的研制和生产,满足了海军建设的需要。

在“035”产品(开关空冷)的研制中,他冒风险,挑重担,代表三分厂主动请战。为完成这一任务,数年日夜辛劳,在空冷自动开关样品研制时,身体有病,但仍坚持与科研人员一起去三线(湖北宜都)参加大电流分断能力试验,直到产品如期胜利完成,才住院治疗。

他所领导试制生产的各项产品,多次获得国家级科技成果奖,如“33”产品在1978年获全国科学大会重大科技成果奖,“52”、“53”产品荣获国防工业科技进步三等奖,“035”产品荣获国防工业科技进步三等奖等。特别是“035”中型常规动力鱼雷攻击潜艇(鉴定型)荣获1988年度国家级国防工业科技进步一等奖(湘潭电机厂是共同完成这项重大科研任务的8个单位之一,而孙洪铨又是完成这项任务15位主要科研人员中的一位),他把功劳看成是全体工程技术人员和广大职工的劳动结晶。他非常关心科技人员的成长,培养了工厂的设计队伍。“035”产品之所以能作出重大改进,与他建立这支设计队伍有重大关系。他对海军建设作出了重要贡献。

刘隆士

高级工程师。江苏省常州市人,1916年生。1941年浙江大学毕业,派去美国西屋公司实习。1959年任湘潭电机厂总工程师,1985年退休任顾问。

1955年,湘潭电机厂开始筹建军工分厂,他被指定为技术总负责人。1961年,三分厂停产整顿时,他把主要精力放在三分厂的军工生产上,首先组织对三分厂的工作场地进行了布局,对机床设备进行了调配,建立适合于“33”产品生产的工艺路线,组织工艺装备生产验证,整顿工艺纪律,严格“四按”生产,为“33”产品的试制和批量生产作好了生产技术准备工作。在停产

整顿中,他指挥三分厂的技术、质量整顿工作。20项技术、质量方面的规章制度,就是经他审查、批准的,为军工生产的试制、生产建立了成套的、较为科学的规章制度。“33”产品试制期间,兼任三分厂总工程师坐镇三分厂,亲自参与技术质量攻关工作,并组织协调处理军工产品的重大技术质量问题。1963年,组织“33”产品厂内鉴定工作,担任主任委员,对24个配套产品以一丝不苟的精神逐个进行了厂内鉴定,为顺利地通过国家鉴定定型做好了充分的准备。“33”产品批量生产时,他进一步抓管理、抓质量、抓技术攻关,满足了批量生产潜艇电力推进设备的需要。在“035”产品的研制过程中,他做好各方面的协调工作,为海军建设作出了比较突出的贡献。

牟惟迁

高级工程师。山东省烟台市人,1931年生。1952年毕业于北京工业学院电机制造专修科,分配到湘潭电机厂工作。历任主管工程师、三分厂技术科副科长、三分厂副总工程师、技术副厂长兼总工程师等职务,现任湘潭电机厂副总工程师。

“33”产品试制期间,他协助孙洪铨总工程师组织解决了开关触头加工难度大、墙板压制变形、灭弧罩易崩裂等技术质量问题,为“33”产品的试制成功作出了贡献。1964年,在“52”和“53”产品的试制过程中,他组织解决了电机甩油环的结构选型等一些技术难题。在“035”产品开关空冷与水冷的论争中,他力主空冷,并作了大量的论证工作,为领导正确决策提供了科学依据。他曾兼任“035”空冷自动开关设计组组长,研制出了第1台空冷自动开关样机,为整个“035”产品开关空冷设备的研制打下了基础,1980年开始,他作为技术总负责人组织“红-7”产品的研制,该成套设备是中国“六五”、“七五”期间国防重点配套项目,大量采用新材料、新技术,由于他组织得力,试制成功交部队使用,实车试验性能良好,为中国的国防建设作出了重大贡献。在1962、1963、1984、1985年,4次被评为湘潭电机厂劳动模范。

吴少卿

湖北武汉人,1929年3月生。1952年毕业于武汉大学电机系,1957年到清华大学进修1年半。先后在湘潭电机厂、一机部牵引电气设备研究所、八六所、第七研究院三六室及七一二研究所工作。历任工程师、高级工程师、研究室主任及研究员级高级工程师。数次被厂、所评为先进工作者。

1958年,他负责第一代“55”消磁设备测绘设计,并带领工作组驻厂配合完成试制,直至鉴定定型。以后又负责第一代“52”、“53”电磁——音响扫雷具控制设备测绘设计,协助完成“035”电力推进控制设备定型后的改图,912Ⅱ消磁及电力推进控制设备部分设计,配合试制试验及试航,ZMT-1可控硅励磁脉冲调节器研究试验设计。组织领导过蓄电池遥测装置研究试验设计及09-Ⅱ应急电力推进控制设备改进设计。之后又协助完成“039”电力推进控制设备主控板的技术、施工设计和生产服务,以及上海宝山钢铁厂保安电站和江西德兴铜矿电站设计、配套试验及现场调试。以上完成的产品中有些项目获国家、国防工办及船舶总公司奖励。

李忠武

哈尔滨市人,1935年7月出生。1955年10月入伍,1961年10月毕业于哈尔滨军事工程学院海军工程系船电专业。之后分配到第七研究院三六所直至七一二研究所工作,先后任技术员、专业组长、工程师、高级工程师、研究室副主任等职。

1962年参加“33”潜艇推进电机研制工作,任空气冷却器产品负责人,解决了该产品变形和漏水等重大技术问题。同年参加了电磁—Ⅱ、声频—Ⅱ两型扫雷具中扫雷发电机的研制,任产品负责人。从1969年到1983年,参加了“035”产品研制工作,1979年起任成套产品第二负责人及电机产品负责人。在“035”电机产品中,主要解决了电枢绕组多闭路改单闭路,增加刷位移和第二气隙,改接平衡导线,改善了电机换向;提出了片间电压分布曲线计算方法和改进措施,保证了电压提高后电机运行的可靠性;通过试验研究和实艇检修,查明了反向开关过电压对电机的影响等技术问题。1984年起,参加“039”潜艇推进电机的设计、研制,任电力推进系统副主任设计师、推进电机主管设计师。

1987年赴联邦德国考察新型潜艇研制情况,对“039”艇推进电机设计有一定帮助。

著有多篇论文,其中《潜艇直流主推进电机外形尺寸和基本数据间的关系及极对数的选择》于1987年在国际电机工程学会上发表。

李宗林

湖南省湘潭县人,1926年生。1960年初调湘潭电机厂工作。历任该厂直流车间(军工)主任,一机部八六所副所长,第七研究院三六所副主任,七一二研究所科技处副处长,试制工厂厂长等职。

“03”产品试制时,他认真贯彻上级有关指示精神,参加安排试制进度计划,发动职工组织各种类型“三结合”小组,攻克技术难关,推进加工进度,使产品如期完成试制,提交鉴定试验。

组织参与了“03”产品试制鉴定后的总结分析工作,找出试制中存在问题的主观原因,提出要求解决的技术关键,为后来攻关、整顿提供了便利。

组织参与了“03”试制后的设计工艺整顿,包括制定整顿计划、整顿原则和技术要求。组织技术人员在消化苏图基础上,结合试制的经验教训,对每个部件、材料和技术资料进行逐一分析研究、核对和改进,同时组织他们下车间搞“三结合”技术攻关,并将攻关成果反映到设计资料中去。

在担任七一二研究所科技处副处长期间,组织“33”产品试制和小批生产后的总结改图、二底图复制直至移交工厂生产,从而使该所可集中精力开展自行研究设计工作。

李家梁

工人出身的机械工程师。湖南省长沙县人,1934年生。1951年10月参加工作。厂业余职工大学机制专业肄业。1962年10月从事军工生产工作,曾任生产班长,攻关项目负责人,省机械厅职工技协副主任和厂职工技协副主任等职,是湘潭电机厂的革新攻关能手。

60年代初,“33”产品试制阶段中大轴通风槽加工是重大关键之一,十分棘手。他从机修车间调来三分厂,负责破关。他在有关人员的协助下,精心研究设计出1套自动刨圆弧刀具,成功地攻克了这道难关,使“33”产品试制得以顺利进行。1968年,他又进一步革新,将大轴刨槽改为切槽整块取料,大幅度提高工效。“33”产品密封环刀口,一直用冷轧黄铜薄板切条刨削加工,效率极低,废品率高达80%以上。1971年,他设计制造了滚轧成型,提高工效20倍以上,合格率达99%以上。他还在有关人员的配合下,设计制造了1台4轴铣床,将“33”产品副极铁芯4道工序合为1道,提高工效3倍。80年代初,他又主持设计制造15000/10高速超速机,成功地解决“红-7”产品电机换向器的试验难题。由于他工作刻苦努力,成绩突出,1973年被评为湘潭市劳动模范;1962年、1973年、1981年、1982年、1983年被评为厂劳动模范;1982年被评为湖南省劳动模范。

宋德祥

机械工程师。湖南省长沙县人,1915年生。1938年进入湘潭电机厂工作,历任工具车间副主任、工具科长、一分厂技术副厂长、工艺科长兼总工艺师等职。1965年7月至1969年3月和1972年5月至1978年1月期间,曾两度担任该厂三分厂厂长。

在担任三分厂厂长期间,积极组织“33”产品的生产,以及“52”、“53”、“09”、“035”产品的试制和生产,为我国的国防建设作出了重要贡献。在“33”产品的生产过程中,他与广大工程技术人员和工人一起,认真研究,积极探索,攻克了轴瓦加工、大轴加工、换向器火花、开关墙板的压制等一个又一个的技术、生产关键。1972、1973年,他与分厂广大职工一起,日夜奋战在车间,使“33”产品的年产量上升到13套的厂历史最高纪录,保证了援朝任务和国家下达的“828”工程任务的按时完成,满足了援外和中国南海海军建设的急需。在“035”产品电器控制开关采用空冷或水冷方案的关键问题争论中,做了大量过细的调查研究工作,顶着风险和压力,积极支持“035”由水冷改为空冷,并多次向有关部门汇报情况,为上级领导最后正确决策提供了可靠的依据。

张百家

湖南省湘潭市人,1935年生。1953年毕业于湘潭电机厂艺徒训练班,历任生产班长、工段长、材料组长、车间党支部书记、三分厂政工组长、分厂党委副书记等职。现任三分厂党委书记。

1959年,直流车间成立,他从冷锻车间调任材料组长。1960年后,一直担负军工分厂基层党的建设和思想政治工作。他坚决执行党在各个时期的正确路线、方针和政策,紧密联系实际,对广大职工进行奋发图强,自力更生和军工产品必须坚持精益求精,“质量第一”的教育。紧紧围绕军工生产任务这个中心,做好细致的思想政治工作,调动了广大职工的生产和工作积极性,保证了各项任务的胜利完成,发挥了党组织的核心领导作用和思想政治工作的保证作用。

张雪鹏

湖南省株洲市人,1933年10月生。1951年10月进湘潭电机厂,1955年5月开始从事低

压自动开关设计工作。1960年转入八六所直至七一二研究所,一直从事潜艇电力推进设备大容量开关元件的研究设计。历任技术员、工程师、高级工程师、专业组长、研究室副总工程师等职。

1961年~1966年,他参加了“33”电力推进设备开关元件和“52”、“53”扫雷具控制板的设计研制和驻厂工作组的技术服务。1967年~1969年,任09-1应急电力推进设备保护主开关研制项目负责人,在设计审查会上发现并解决了应急推进电机双电枢在串联及单电枢工况时,主开关不能实现过载和短路保护的技术难题。1977年~1984年,任3000安蓄电池保护自动开关研制项目主要负责人,提出了采用小体积电动传动装置和双功能过电流脱扣器设计方案,较好地达到了系统所要求的缩小开关体积和完善保护性能要求。1986年后,参加“039”电力推进设备研制工作。担任柴油发电机和整流装置保护开关研制项目主管设计师,针对系统提出的高电压(1000伏)和小宽度尺寸要求,提出了采用小体积的手动、电动混合传动装置和合理的绝缘结构设计方案。经样机研究试验证实,满足了系统的高技术性能要求。

张瑞敬

山东省成武县人,1920年生。1947年7月毕业于上海交通大学电机系。毕业后先后在湘潭电机厂、一机部牵引电气设备研究所、八六所、第七研究院三六室、七一二研究所从事电机设计工作。历任技术员、工程师、主管工程师、科长,研究室副主任、主任及所副总工程师等职。1958年至1959年间,参加一机部组织的系列电机设计及制造工艺考察团,赴苏、捷等国考察。1965年间,参加建材部组织参观考察团,赴英参观塑料展览,并到有关工厂参观考察。

他先后参加过“03”推进电机的试制、试验及鉴定,扫雷发电机的试制,“33”推进电机图纸整顿及重大技术问题的解决,组织并参加对“33”、“31”推进电机结构图纸的消化,对它们的技术设计,如电磁参数、结构强度等进行计算,又组织了推进电机系列发展论证。通过这些工作,对培养技术干部和由仿制过渡到自行研究设计起了一定作用。

他还组织参加了“030”、“035”、“09”推进电机及“718”主测量船主动舵电机自行研制等工作。这些产品除“030”外都已装船,满足使用要求。此外,还组织过“039”方案论证,400千瓦双水内冷直流电机、深潜器用推进电机研制及超导电机的预研。还校核过《船用电机》一书的翻译稿和参加《潜艇推进电机》的翻译、校对工作。这两部书是苏联船用电机和潜艇推进电机的典型著作,对两种电机结构性能、特殊要求,作了较系统介绍,翻译后都已刊印出版。

陈永华

安徽省无为县人,1920年生。1939年参加革命工作,1959年调海军驻湘潭电机厂军事代表室任总军事代表,1977年调海军驻广州办事处,1983年离休。

在三分厂停产整顿期间,他积极协助工厂在职工中开展“两个第一”、“两个观念”、“两个服务”的教育,增强了职工的质量意识和为军工服务的观念。“33”产品试制时,他组织军代表室的人员,参与各项技术质量攻关工作,并且经常深入生产班组,掌握产品质量动态,与工厂领导干部、工程技术人员和工人的关系十分融洽。在产品性能满足实战要求的原则下,针对当时国家工业基础比较薄弱的具体情况,实事求是地处理现场问题,加快了“33”产品的试制进度,为以

后的批量生产作出了贡献。

陈至德

湖南省浏阳市人,1924年7月生。1947年7月肄业于原西南中山高级工业学校。1949年10月参加革命工作。在湘潭电机厂当过技工、技术员、车间副主任、工程师。1953年和1955年先后被评为该厂先进工作者和劳动模范。1957年底至1959年6月,被派赴苏联“电力”厂实习船用电机设计。

回国后一直在国防科研战线从事潜艇推进电气设备等的研究设计和科技组织管理工作。历任八六所一室副主任,第七研究院三六室副总工程师,七一二研究所科技处副处长、理论研究室主任、科技处处长等职,先后主持和参加过“52”、“53”、“55”、“33”、“09”、“035”、“718”、“铅-60”、“铅-80”等10多项重要成套配套军工产品的研制,作出显著成绩。

其中特别是在“035”产品研制过程中,他多次代表七一二研究所主持参加大型技术协调会,如1974年、1975年的“035”首艇交船及技术协调会和1975年以后组织“035”遗留问题的处理解决,起过重要作用。

1979年,他在担任七一二研究所科技处处长工作的同时,又被指定为“035”电力推进成套产品负责人。4月20日至30日,他先在武汉参加并主持8个单位与日本三菱电机公司座谈,由于时间急,会前来不及准备,会议期间每天都工作到深夜12点以后才休息。接着于5月14日又奔赴湘潭电机厂,组织“035”产品的改图及与工厂协调生产准备工作,由于过度劳累,于5月20日凌晨在该厂患急病不幸逝世。

他一生为国防科研事业,特别是潜艇电力推进设备研制工作的发展,作出了较大的贡献。

陈金湧

湖南省湘潭市人,1935年1月生。1951年考入湘潭电机厂技术室,从事过高低压开关板设计,油开关测绘设计及全国低压电器统一设计等工作,均作出产品交付使用。1956年起,从事潜艇电力推进设备研究设计工作,是湘潭电机厂最早参与海军装备研制工作人员之一。到七一二研究所后,历任技术员,工程师,高级工程师,专业设计组组长,驻湘工作组组长等职,现任该所试制工厂厂长。

1956年至1964年,他为“33”产品控制部份的设计负责人,解决由引进“03”产品苏图改为“33”产品控制方面的设计问题,主持重新设计符合“33”要求的经航板和蓄电池板,参加攻克凸轮片等制造难关,试制成功后荣获三等功一次。

1965年起,担任自行研究设计“035”产品控制方面研究设计负责人,参加了从方案设计,技术、施工设计,试制试航定型改图全过程工作。1978年,任“035”成套产品第二负责人,1979年起任该成套产品第一负责人,较好地解决了该产品容积与“33”产品大体相当,功率增大2.6倍所带来的设计上一系列困难问题,以及试制试航中发生的实际问题。1978年,由七院授予“科技先进工作者。”

他曾两次立三等功、3次被评为厂、所年度先进工作者。

陈清心

湖南省长沙县人,1927年生。1959年调湘潭电机厂军工生产部门工作,历任一科科长,直流车间党支部书记,三分厂生产副厂长、厂长和代理党委书记等职务。

在筹建三分厂和贯彻1960、1961年中央3个军工会议精神中,认真组织“03”、“33”的试制生产工作,贯彻执行了以质量为中心的企业整顿,扎扎实实地抓了生产正规上场,发动组织职工坚持“四按”、“四不”生产,为全面提高产品质量作了很多有效扎实的工作。特别是在技术攻关中,发挥他过去从事近20年车工的经验,组织领导攻克当时最大的技术难关——大轴加工,他与技术管理干部一道,制定一项又一项的措施,解决每个工序的具体问题,和老工人李菊春等日夜奋战在工场,许多具体问题都自己动手,以身作则,使普遍关注的大轴加工技术难关一举攻破,制造出合格的产品,打响了“33”产品攻关战斗的头一炮。厂里通过及时总结经验,把这一攻关经验推广到其他25个技术难关中,广泛深入发动群众,及时地进行指挥调度,大大加快了生产进程,为试制出中国第1套“33”合格产品作出了贡献。

周文璋

江苏省泰兴县人,1921年10月生。1947年毕业于原中央大学电机系,毕业后在湘潭电机厂担任电器设计工作。1949年解放后,国家需要电器量猛增,曾先后担负了低压电机启动器、高压柱上油开关及布机开关等产品的设计负责人,均作出了产品,生产数百台交付使用。1954年被授予工程师称号。继而又担任高压1250马力电机的控制设备以及竖井绞车控制设备的设计负责人,均作出了产品交付使用。1956年被评为厂先进工作者。

1957年12月被派赴苏联“电力”厂实习推进控制设备设计,1959年回国后长期从事潜艇推进控制设备研究设计工作。历任湘潭电机厂、八六所控制设计组长、主管工程师,第七研究院三六室控制元件设计科科长,七一二研究所第三研究室副主任、主任,第一研究室主任,所副总工程师等职,“33”产品试制时为设计成套负责人、驻厂工作组组长,试制完成后,经七院授予三等功1次。

1964年后,担任“035”电力推进设备方案设计成套负责人,对控制设备提出采用电动操作、励磁反向及主开关水冷的控制设计方案。该方案经1967年3月上级在湘潭召开的有数十单位参加的审查会上获得一致通过以后,担负“035”控制设计图纸资料的校核及审定等工作,该产品于1983年通过了国家鉴定。

郎妙发

上海市人,1930年生。1954年7月毕业于上海交通大学机械系,后任沈阳电缆厂机械设计员。1955年12月,被派送到苏联列宁格勒基洛夫“电力”工厂实习潜艇主推进电机及辅助设备制造技术。1957年6月回国,在湘潭电机厂从事潜艇电机研制工作。1960年划归第七研究院直至七一二研究所工作,历任工程师,高级工程师,研究室副主任、主任,科技处处长,所副总工程师等职。

1959年至1963年,任首套“33”潜艇主推进电机、经航电机、通风机及冷却器制造工艺负责人。在攻克大轴精加工及深孔加工技术、球面轴承加工及轴承温升过高、水冷却器变形、电机总装变形过大等重大技术关键中,贡献突出,荣立二等功。1972年,718主测量船主动舵电机研制时绝缘方案遇到困难,研究室领导分工由他负责组织领导,突破了绝缘关,使电机试制达到设计要求,该产品获全国科学大会奖。影响“035”艇主推进电机性能的电压匹配问题、绝缘电阻偏低及主电机的改进方案,经他参加组织攻关,取得较好效果,通过了鉴定。

1980年后任室主任期间,参加组织超导电机方案论证,根据船用使用要求及国家工业基础,确定采用固态引流,从而使超导电机进一步引起上级重视。他还参加组织绝缘专业人员,帮助工厂消化吸收引进 IFC5 系列电机绝缘技术,取得很好效果,为把该技术移植军品打下基础。

赵华甫

高级经济师。湖南省宁乡县人,1931年生。1951年参加工作,1976年湘潭电机厂业余大学毕业,1959年参加军工生产,历任三分厂车间副主任、主任,试验站站长,技术检查科副科长、科长,三分厂副总工程师、总工程师等职,1985年调十五分厂任厂长。

“33”产品试制期间,任电机试验站站长,组织电机试验站的基建扫尾、试验设备安装调试和“33”产品试验方案的研究、论证工作。他在电刷选型,轴瓦温升和漏油等重大技术质量关键的突破中,发挥了重要的作用。“33”产品定型后,在三分厂担任技术检查科副科长、科长和副总工程师期间,继续组织和参与技术质量关键的攻关工作,特别对于提高电机绝缘,整定自动开关脱扣值,消除非自动开关飞弧和电机电器产品配套调整试验等方面,作出了突出的贡献。“035”产品研制中,他不仅积极支持将“水冷”开关改为“空冷”,而且多次代表三分厂参加各种技术审查会、方案论证会和技术协调会议。在他担任三分厂副总工程师和总工程师期间,集中精力抓了技术和质量管理工作,对原有的规章制度进行了修改、补充和完善,并开展了全面质量管理活动。在275艇主电机进行事故的修理中,创造了实艇修理的先例,受到了部队首长的高度赞扬。1975年,以专家身份赴朝鲜参加援朝消磁船的调试工作,并为朝方培养、训练了操作和维护保养人员。

贺关铭

高级工程师。浙江宁波人,生于1935年。1955年7月于上海电气工业学校毕业后参加工作。历任一机部船舶局、六机部配套局、物资局、船舶总公司物资局副局长、副处长、副总工程师、副局长等职务。

50年代后期,主管舰艇电气设备配套工作。组织参加《六四协定》和《二四协定》转让制造舰艇配套设备的国内外分交和电气设备的自力更生仿制、试制工作。其中组织参加了“03”、“33”潜艇推进电气设备和蓄电池的仿制、鉴定、定型工作,扫雷电气设备和消磁设备的测绘、仿制和鉴定、定型工作。60年代中期,组织参加“09”、“051”、“035”等自行设计舰艇新研制配套设备的组织安排、试制和鉴定、定型工作。70年代后期,还组织参加5型舰艇定型遗留问题的配套技术攻关工作,为我国舰艇配套设备特别是电气设备的自力更生和产品发展作出了贡献。

胡安静

工程师。湖南省湘潭县人,1923年生。1961年调湘潭电机厂三分厂技术科从事军品电机制造工艺工作,历任工艺组长和主管工程师。1980年病逝。

“33”产品试制中,他针对主电机绝缘电阻低、轴承漏油、电枢精车难达精度要求等技术关键,提出改进措施,加快了该电机的试制进度。1970年,在负责“33”主电机改进设计中,对电机的绝缘结构和材料、换向器的升高片结构、机壳的结构进行改进后,使主电机的绝缘和换向性能有较大的提高,同时可以将电机的输出功率提高20%。这些改进,对“33”产品主电机的质量稳定和提高起了很大作用。

高冬阳

湖南省浏阳县人,1941年生。1960年7月参军,1965年8月毕业于哈尔滨军事工程学院舰船电气设备专业。1972年3月,由海军三〇一研究室调入驻湘潭电机厂军事代表室,历任军事代表、副总军事代表、现任该室总军事代表。数十年来,长期从事潜艇电力推进装置的监造、检验、验收工作,参与和组织了“33”、“035”、“52”、“53”、“912”、“039”等产品的军检和研制任务,积累了丰富的设计、工艺、试验经验,并且有扎实的专业知识造诣。1980年,编写了《潜艇推进设备结构与原理》(电器部分),约7万字,作为潜艇部队学员培训教材,并印发各潜艇支队和有关领导机关和院校。1985年,完成了“33”潜艇柴油机—主电机轴系联锁装置科研项目,获海军科技成果四等奖,为海军建设作出了贡献。

殷叔勋

高级工程师。江苏省无锡市人,1933年生。1962年毕业于清华大学电机专业,毕业后分配在湘潭电机厂工作。历任三分厂技术科副科长、科长等职务,现任三分厂副总工程师。

他参加和组织了中国现有3种类型潜艇电力推进设备的工艺,试制和改进设计工作,组织了扫雷、消磁电气设备的试制。在担任“33”产品主推进电机设计负责人和“33”成套技术负责人时,与七一二所等有关人员一起,解决了主电机的换向火花和防潮性能两个技术关键。在担任国家重点国防军工任务“09”产品技术负责人时,与其他人一起,提出采用可控硅交流励磁装置代替原可控硅直流脉冲励磁装置,解决了原装置对声呐的严重干扰问题。在“035”由水冷改为空冷的重大技术改进中,他提出了许多重要建议,在降低电机噪声,保证产品的机械寿命和脱扣器动作的稳定等方面起了积极作用。1984~1986年,主持和组织《潜艇用直流推进电机技术条件》和《舰用大电机(直流)自动开关技术条件》两项国家军用标准的制订,填补了国内空白,进一步完善了军用标准体系,为海军建设作出了贡献。

耿树彬

河北省饶阳县人,1928年生。1952年8月毕业于北京大学工学院电机系,毕业后先后在东

北工业局、中央电工局、湘潭电机厂任技术员。1957年12月至1959年7月,在苏联列宁格勒“电力”厂舰船电器设计室及全苏电工研究院列宁格勒分院实习。回国后,一直从事潜艇电力推进电气设备的研制和科技情报工作。在八六研究所和七一二研究所,历任组长、副科长、室副主任和主任、所副总工程师等职,获工程师、副研究员、研究员级高级工程师等职称。

1959年至1963年任专业组长、副科长,副主任期间,主持过“03”和“33”潜艇电力推进设备电器部分的仿制设计。在此工作中,通过参阅、分析有关资料,对“33”潜艇用主自动开关和转换开关,改进主静触头形状、灭弧罩和绝缘墙板改用新材料,从而提高了产品的分断能力、绝缘和机械强度及防潮性能,解决了产品绝缘电阻低等关键。

1963年至1964年,担任与兄弟所共同组成的电磁、音响扫雷具自动控制仪联合设计组的总负责人,该产品获国家科工委技术进步二等奖。

夏冠博

江苏省常州市人,1936年5月生。1957年7月毕业于上海交通大学电工器材系电机制造专业,后分配在湘潭电机厂工作直至八六研究所、七一二研究所,一直从事潜艇推进电机的研究设计工作。历任推进电机研究室专业组长、副主任、主任等职。1963年被授予工程师称号,1987年授予高级工程师职称。曾荣立三等功1次。

1958年参加“03”潜艇推进电机图纸国产化工作,并参加刷架装置的技术攻关工作。1961年担任“33”潜艇推进电机产品负责人,参与了设计、试制、试验直至试航的全过程。

主持过船舶磁流体推进的试验研究工作,为该项目合作撰写的论文曾送 ICEC9 国际会议交流。负责深潜工作船直流电机的研制及组织领导,并参与交流深潜救生艇电机的研制,“33”主电机前进1工况降噪的实艇试验,潜水服用永磁直流电机的设计,“035G”空气过滤器的研制,912产品中扫雷电机的设计,“035”潜艇主电机及718主动舵电机技术攻关工作。

现任039潜艇推进电机及发电机研制的行政指挥线负责人,组织领导研制工作。

梁晓芒

四川省富顺县人,1932年10月生,1949年7月参加革命工作,1957年毕业于海军工程学院舰艇电器专业。1959年调海军科研部至1961年转为第七研究院,历任助理员、参谋、工程师、高级工程师。

他长期从事海军潜艇动力系统科研管理,分管“33”、“035”艇电力推进系统各项产品,以及蓄电池的技术协调和任务实施。直接负责院属七一二研究所科研任务的组织落实等管理工作,作出了成绩。

1964年到舰队对潜艇动力装置进行调查,针对“33”潜艇主电机功率、机壳结构、冷却方式、噪声和蓄电池组容量等问题,写出了《潜艇推进电器调查报告》,为我国潜艇推进动力装置进一步选型,起一定作用。

1964年铅-1型电池定型后,参与组织协调该电池的改进与提高,直到1957年为七一二研究所承担的铅-1水冷电池的试验和设计定型,作了大量实际工作。

1965年开始参加“035”潜艇电力推进设备研制的组织与协调,直到1983年定型。在“039”

潜艇电力推进系统方案选定中作了大量组织协调工作,积极建议组织该项目有关人员赴联邦德国考察潜艇电器设备,收到良好效果。

倪裕祯

高级工程师。上海市人,1930年生。1953年毕业于上海交通大学电机系电机电器制造专业。毕业后即分配到湘潭电机厂从事工艺工作。1961年调三分厂工作,曾参加许多重大工艺关键的突破,对“33”产品、“035”产品以及“09”产品中电器元件工艺工作作出了贡献。

1960年,“03”产品电控设备中最关键的产品自动空气断路器试制未获通过,后由他任主管工艺员,从设计图纸尺寸链、结构工艺性、工艺过程、工艺守则,直到工、模、量、夹具进行分析研究,针对触头精密铸造、弧触头锻造、触头银焊、塑料墙板压制、高频皂石被银、灭弧罩制造、脱扣轴加工及脱扣器整定、寿命试验和防潮绝缘电阻等关键,他参与攻关小组一个个都被突破。该产品于1963年在上海电器科学研究所通过4万安极限分断能力试验,使“33”产品获得国家鉴定通过。

在“09”产品试制中,负责ZDW12/22自动开关的工艺,于1975年通过鉴定。

“035”产品试制中,参与自行设计空气自然冷却开关取代水冷8000安开关,他负责主触头部分,设法降低开关温升,通过8万安断流容量试验,使产品一举获得成功。该产品1980年获得国防工业科技成果三等奖,经过多年运行,效果良好,已小批投入生产。1986年“035”产品获得湖南省科技进步成果三等奖。他获得荣誉证书。

黄祖干

高级工程师。湖南省长沙市人,1918年出生。1941年毕业于湖南大学,1958年任湘潭牵引电气设备研究所副所长(该所一室研究设计潜艇电力推进设备),1963年任湘潭电机厂副总工程师,1980年任湘潭电机厂技术副厂长兼总工程师,1983年任该厂顾问。

任湘潭牵引电气设备研究所副所长时,主管舰船电气设备的科研与设计工作。在“33”潜艇电力推进设备的研制与生产中,经常深入施工现场,就重大关键技术问题,帮助与指导技术人员和工人,正确分析与解决技术难题。1975年以来,在“035”潜艇电力推进设备由原水冷方案改为空冷过程中,他积极支持改进方案,取得了厂领导和上级领导的支持,使改进方案最终取得圆满成功。他对“035”潜艇电力推进设备首套研制成功后的遗留技术问题非常重视,如对缩小主推进电机转速中断区等主要课题的方案,亲自审查,并对所有计算数据进行验算审定,直至批准改进方案及作具体指导,使该技术难题成功地获得解决,受到上级领导部门高度赞扬。

1979年,他指导了军用轮式装备加助推装置的论证,并经国务院国防工办科研局审查通过。之后,根据上级领导布置,编写了《军用运载车辆电动轮系列技术任务书》。

1980年,他领导了“红一7”战车电源与驱动电气设备研制工作,对任务的范围、费用、分工等均作了具体指导与审定,由于他在电传动车辆方面的技术造诣,在首辆战车(本体)质量评审会中,受航天部二院特邀与会。他为国防建设作出了重要贡献。

黄治国

江苏如皋人,1937年12月生。1962年毕业于上海交通大学电机系电气绝缘专业,毕业后到七一二研究所从事船用电机绝缘材料及技术研究。先后任技术员、工程师、高级工程师、研究员级高级工程师,现任该所绝缘材料研制中心主任。

参加工作至今,他已是14项课题及项目负责人,包括有机硅绝缘对密封式直流电机电刷磨损影响、环氧丙烯酸聚酯无溶剂漆、环氧浇注大型直流电机磁极线圈、“718”工程主动舵电机绝缘、40米天线塔玻璃钢绑扎、单面薄膜补强粉云母箔等4项材料、防止浸渍无溶剂漆流失、玻璃无溶剂漆、B—F级通用快干无溶剂树脂、“039”电机主绝缘材料及结构、“七·五”预研船用电机绝缘技术、国家“火炬”计划(0.1毫米)复合绝缘材料等。

其中环氧浇注磁极线圈的研究,对“035”主电机试制成功起过重要作用;为“718”工程主动舵电机研制的F—H薄膜导线,解决了密封防水技术关键。这些项目服务于“035”工程,获全国科学大会奖;服务于“718”工程,获国防科委设计奖。近年来,获船舶总公司技术进步二等奖1次、三等奖1次,七院三等奖1项。有7项通过省、部级鉴定,5项材料、两项技术填补了国内空白。这些材料和技术将应用于“039”推进电机,还可推广到民品上,如无锡电机厂用于引进电机上已获成功。

彭 布

湖南省怀化市人,1918年8月生。1938年2月入伍,长期在部队工作,海军军事学院高级速成班三期毕业,1963年初调七一二研究所工作,历任副所长、所长等职。1970年和1977年先后调七〇七研究所及七〇一研究所任所长,1983年离休。

七一二研究所建所初期,他在人员少,设备陈旧,无试验场地情况下,通过发动群众,自己动手,因陋就简建起了电机电器、绝化、计量、硅有机模拟装置等7个简易试验室和试制工厂,使该所的科研和试制工作及时开展起来。

1963年末,“33”产品试制成功后,他代表设计单位与湘潭电机厂一同认真筹备与组织了该产品的国家鉴定定型工作。

在配合工厂完成“33”等产品仿制任务的同时,还积极组织领导全所科技人员开展了水冷电机、电机绝缘、超导电机及燃料电池等课题和新技术的预先研究,取得初步成效。

他为七一二研究所创建和初期发展作出了成绩,为海军建设作出了贡献。

程日兴

高级经济师。安徽省祁门县人,1939年生。1963年合肥工业大学毕业后分配到湘潭电机厂三分厂,历任试验站站长、三分厂副厂长等职务,现任三分厂厂长。1985年,在国家经委、国家计委、国家科委和国防科工委联合召开的全国军工协作工作会议上,他被授予先进个人称号。1987年,评为湘潭电机厂优秀分厂厂长。

他到厂后,潜身于“52”、“53”产品原理线路的研究、消化和吸收工作,并且主管设计了该产

品的试验方案和试验线路。在“33”产品的电机和电器产品配套试验、轴瓦温升等重大质量攻关中,发挥了技术骨干作用。“035”产品研制工作中,他负责产品试验方案和试验线路的设计工作,并且是产品试验的技术归口负责人。“红-7”产品研制时,他主管国外样机的鉴定试验工作,为仿型设计提供了成套、可靠的技术数据。在试验站期间,编写了《“33”调整手册》和《“52”、“53”试验手册》,对于培训试验人员和进行试验操作起到指导作用。

他任三分厂厂长后,领导了“红-7”产品的研制生产和该产品的技术、质量攻关工作,为这套产品的研制成功以及小批生产,作出了突出的贡献。在保军转民,积极开发民用产品,扩大分厂生产能力,扩大出口增加外汇收入,增加分厂利润以及加强分厂现代化管理等项工作中,作出了很大的成绩。

程贞茂

湖北省英山县人,1915年生。解放前,从事党的地下工作,1957年调湘潭电机厂工作,历任副厂长、厂长、党委书记等职,1973年任湖南省经委主任,1985年离休。

潜艇电力推进设备定点在湘潭电机厂生产后,他为建成一个封闭式的军工分厂,组建领导班子,选调优秀的技术骨干和关键工种的熟练工人,从人力、物力上为潜艇电力推进设备生产奠定了基础。“03”产品试制鉴定遗留很多技术质量问题,1961年他认真贯彻国防工业三级干部会议精神,决定三分厂停产,进行以质量为中心的企业整顿,并在全分厂职工中反复进行“两个第一”、“两个观念”、“两个服务”的宣传教育。“33”产品试制时,他把主要精力放在军工生产上,并且组织、指挥、参与一些重大技术质量的攻关工作。在整顿和试制工作中,他组织建立、健全了36项规章制度,形成了严格、完整的管理体系,把军品试制中总结出来的“四按”、“四不”加以推广,在质量上强调一丝不苟,培养了全厂职工严细的工作作风。由于他的组织和领导,使三分厂建成一个初具规模的军工分厂,并培养造就一支适合军工生产的职工队伍,为中国第1套常规动力潜艇电力推进设备的试制成功,作出了重大贡献。

颜国荣

高级工程师。江苏省武进县人,1939年生。1963年7月毕业于上海交通大学起重运输机械系电力机车专业,毕业后分配在湘潭电机厂三分厂工作,1984年起担任三分厂副总工程师,现任三分厂总工程师。

他长期从事舰船特种电机的设计和制造工作。1968年,主持设计了“035”潜艇ZTH-50直流辐压通风机电机,克服了产品转速高、幅压难度大的困难,并一次试制成功。他改变了三分厂只搞军工产品工艺不搞设计的状况,开创了三分厂军品由仿制到独立设计的先例。1976年,他主持“035”潜艇ZTH-7主推进电机的改进设计工作,解决了产品设计和制造中的许多疑难问题,取得了比较满意的效果。通过改进双电枢平衡导线的接法,优化定子补偿绕组槽形的设计,提高了产品性能;改进了大轴的联接结构,提高了机械强度;通过调整电磁结构,使负载火花在不超过 $1\frac{1}{4}$ 级的前提下,减少了转速中断区;解决了电机试验中呈现的严重充磁磁化问题,从而使改进后的“035”主推进电机结构更加合理,性能更加稳定。1986年,“035”产品荣获

湖南省科学技术进步成果三等奖,颜国荣获荣誉证书。

戴立正

湖北宜昌人,1939年2月出生。1963年毕业于西安交通大学,毕业后分在驻湘潭电机厂军事代表室工作多年,长期从事“33”、“035”、“09”、“912”、“52、53”以及“039”产品的检验验收工作,积累了丰富的实践经验,有扎实的专业基础知识,为改进“33”蓄电池自动开关保护性能作出了突出的贡献,完成了“6610”扫雷舰水中交流同步扫雷距离达到技术要求的革新工作,获海军科技成果三等奖,先后3次荣立三等功。

1983年任驻湘潭电机厂军事代表室副总军事代表,1984年至1989年任总军事代表。现任高级工程师、专业技术大校。

附 录

一、潜艇电力推进设备及有关研制项目获奖统计表

序号	奖励名称	获 奖 项 目	等级	时间	备注
1	全国科学大会奖	“33”电力推进成套设备	重大科技成果	1978 年	
		“035”电力推进成套设备	重大科技成果	1978 年	
		“09”应急电力推进装置	重大科技成果	1978 年	
		10 万安断流容量试验室	重大科技成果	1978 年	
		20 千伏安超导同步发电机	重大科技成果	1978 年	
		《舰船电气规范》	科技成果	1978 年	
2	国防工业重大技术改进成果奖	“035”电力推进成套设备(电器控制开关改空冷)	三等	1980 年	
3	国家级国防工业科技进步奖	“035”中型常规动力鱼雷攻击潜艇(鉴定艇)	一等	1988 年	与总体等 8 单位共获
4	湖南省科学大会重大科技成果奖	“33”电力推进成套设备		1978 年	
		“035”电力推进成套设备		1978 年	
		“09”应急电力推进装置		1978 年	
5	湖南省科学技术进步成果奖	“035G”潜艇电力推进设备(电器控制开关空冷)	三等	1986 年	
6	中国船舶工业总公司重要科技成果奖	防止浸渍无溶剂漆流失工艺	二等	1986 年	
		ZMT—1 可控硅励磁脉冲调节器	三等	1984 年	
		环氧薄膜粉云母带等四种绝缘材料	三等	1986 年	
7	海军科技成果奖	“33”潜艇主推进电机电动通风机消声器	四等	1986 年	
		“33”潜艇柴油机—主推进电机轴系联锁装置	四等	1986 年	
8	第七研究院科技成果奖	“035”电力推进设备		1977 年	
		“09”应急电力推进装置		1977 年	
		10 万安断流容量试验室		1977 年	
		20 千伏安超导同步发电机		1977 年	
		“035”电力推进设备水冷开关		1977 年	
		ZTH—7 主推进电机	二等	1984 年	
		ZDS—4 水冷自动开关	二等	1984 年	
		ZB—7 主控制制板	三等	1984 年	
		ZTH—8 经济航行电机	三等	1984 年	

序号	奖励名称	获 奖 项 目	等级	时间	备注
8	第七研究院科技成果奖	ZMT-1 可控制硅励磁脉冲调节器	三等	1984 年	
		XSQ 型“33”潜艇主电机通风机消声器	三等	1986 年	
		电机用玻璃钢预制环	三等	1986 年	
		JB-7 经航电机控制板	四等	1984 年	
		LHF-7 通风机	四等	1984 年	
		ZDMI-015/4 励磁反向开关	四等	1984 年	

二、七一二研究所直接参加“33”、“035”、“09”产品研制
主要工程技术人员名录

姓名	33	035	09	姓名	33	035	09	姓名	33	035	09
丁德明		☆		于永先		☆		王文远		☆	☆
王化福		☆		王国志		☆		王育英			☆
王宗德	☆	☆		王肃鹜	☆	☆		王海民		☆	
王培政	☆	☆		王肇祥		☆		王鹤龄		☆	
尹任先	☆	☆		邓宗成	☆	☆		方国清	☆	☆	☆
毛炳南		☆		龙开清		☆		左竹青	☆		☆
左治鸿		☆		石邦敬		☆		包志槐	☆		
田宪文		☆		田馥琴		☆		朱玉兰			☆
朱芸生		☆		朱载昌	☆	☆		齐丕济	☆		
任庆年	☆	☆		刘定寰	☆	☆		刘粹玉	☆	☆	
伍明燕	☆	☆	☆	成献章		☆	☆	李夕训		☆	
李文宇		☆		李立生		☆		李删余	☆	☆	
李寿英			☆	李宗林	☆			李忠武	☆	☆	
李树棠	☆	☆		李淑郁		☆		李锡群		☆	
李綦伟		☆		陈义祥		☆	☆	陈至德	☆	☆	☆
陈君智		☆		陈国庆		☆		陈典海		☆	
陈金湧	☆	☆		陈家龙	☆	☆		陈敏庆		☆	

姓名	33	035	09	姓名	33	035	09	姓名	33	035	09
陈章馨		☆		旷文杨	☆			吴少卿			☆
杨仲瑚	☆	☆		杨志华		☆		杨克信	☆		
杨明松			☆	杨泉元	☆	☆	☆	宋宝明	☆	☆	☆
余海发		☆		芦锦智		☆		沈德兴	☆	☆	
周习和	☆			周文璋	☆	☆	☆	周龙祥		☆	☆
张双全		☆		张有余	☆	☆		张龙生	☆		
张世兴		☆		张志良		☆		张焕云	☆	☆	☆
张雪鹏	☆	☆	☆	张超群	☆	☆		张瑞敬	☆	☆	☆
欧阳世常		☆		郎妙发	☆	☆		郁克忠		☆	
罗哲金			☆	罗桂菊		☆	☆	卓景星		☆	
胡由央			☆	赵玉成		☆		赵泽凡	☆	☆	
姜伯臣	☆	☆		姚泰信			☆	钟润祥		☆	
钟琼昌		☆		俞康民			☆	施德金		☆	
倪子良		☆		倪礼益		☆		倪继祖		☆	
顾士鑫	☆	☆		夏忆欧	☆	☆		夏冠博	☆		
徐立仁	☆	☆	☆	徐廷芳		☆		徐卓文		☆	☆
徐念忠	☆			徐春娣		☆		袁永芳	☆		
袁建栋		☆	☆	翁存海		☆		翁丽春			☆
诸幼琴	☆			唐让宽	☆	☆	☆	唐执吾	☆	☆	
聂成林			☆	郭军选		☆		郭惠仲	☆	☆	☆
秦国忠	☆		☆	秦金祥	☆	☆		耿树彬	☆	☆	
凌康金		☆		梁翰荪			☆	黄孝硕		☆	
黄治国		☆	☆	黄树凡	☆			黄顺利	☆	☆	☆
曹锦新		☆		谢仁发	☆	☆	☆	葛文祺	☆		
韩永田		☆		蒋安民	☆	☆		蒋愁青		☆	
曾炳南	☆	☆	☆	揭静珠		☆		蔡孝杨	☆	☆	☆
蔡常欣		☆		潘子魁		☆		潘开纯	☆	☆	☆

注:按姓氏笔划排列,时间至产品定型鉴定止,有“☆”表示参加。

三、湘潭电机厂参加“33”、“035”、“09”产品研制
工程技术人员和其他主要人员名录

姓名	33	035	09	姓名	33	035	09	姓名	33	035	09
丁其华	☆			万承华		☆	☆	马学贤	☆	☆	☆
马菊元		☆	☆	马端初	☆	☆	☆	尹志	☆		
王荣	☆			王正中	☆			王必英		☆	☆
王罗伟	☆	☆	☆	王国英		☆	☆	王洪吉	☆	☆	☆
王亮初		☆	☆	王俊喜	☆	☆	☆	王朗轩	☆		
王维元	☆			王景芳	☆	☆	☆	王道基	☆		
王锡奎	☆	☆	☆	爻云龙	☆			毛汉林		☆	☆
毛焕初		☆	☆	邓昌普		☆	☆	邓崇丙	☆	☆	☆
孔祥凯	☆			韦根荣	☆	☆	☆	龙凤舞		☆	☆
龙相乾	☆	☆	☆	龙燮林	☆			冯立人	☆	☆	☆
冯毓清	☆			叶长春		☆	☆	石自强		☆	☆
申奇德	☆			成 功	☆	☆	☆	成同正	☆		
刘 琪	☆	☆	☆	刘丙棠	☆			刘永德	☆		
刘成勋	☆			刘孝君		☆	☆	刘忠盛		☆	☆
刘泽熙	☆	☆	☆	刘家福		☆	☆	刘隆士	☆	☆	☆
任正坤	☆	☆	☆	朱先富		☆	☆	朱钦虎	☆		
朱振东	☆			朱碧文	☆			许志广	☆	☆	☆
许茂根	☆			许祖钊	☆			江林德	☆		
江楚屏	☆	☆	☆	孙洪铨	☆	☆	☆	牟惟迁	☆	☆	☆
何 平	☆	☆	☆	何大成	☆	☆	☆	何应龙	☆		
何报杏	☆			何连喜		☆	☆	谷文艾	☆	☆	☆
李仁生		☆	☆	李日新	☆			李玉荣	☆	☆	☆
李长祥		☆	☆	李令德	☆			李名成	☆	☆	☆
李成章	☆	☆	☆	李宇熙	☆	☆	☆	李秋梅	☆		
李菊春	☆			李鸿鑫	☆	☆	☆	李幕由	☆		
陈中华	☆			陈学初	☆	☆	☆	陈雨泉	☆	☆	☆

姓名	33	035	09	姓名	33	035	09	姓名	33	035	09
陈罗鑫	☆	☆	☆	陈香城		☆	☆	陈博文		☆	☆
陈锡环	☆	☆	☆	吴云海	☆			巫世木	☆		
肖希葵	☆			江国华	☆	☆	☆	汪顺来	☆		
苏经伦	☆			苏述泉	☆	☆	☆	杨凯林		☆	☆
杨楨广		☆	☆	杨根宝	☆	☆	☆	邱忠庭	☆	☆	☆
肖洪源	☆			张 正	☆	☆	☆	张小田	☆		
张文郁	☆			张元清	☆			张传正	☆		
张伯理	☆			张建民	☆	☆	☆	张敦富		☆	
张锁锦	☆			宗 梅	☆			周才生	☆		
周永贵	☆	☆	☆	周成柱	☆	☆	☆	周其坤	☆	☆	☆
周春华	☆			周家乾	☆	☆	☆	周福行	☆	☆	☆
郑廷根	☆	☆	☆	罗杏祺		☆	☆	罗杰民	☆	☆	☆
罗学成	☆			罗锡衡	☆	☆	☆	孟国培		☆	☆
庞景信	☆			林福成	☆	☆	☆	禹 成	☆	☆	☆
姚 健	☆			姜太煊	☆			俞立初	☆	☆	☆
赵华甫	☆	☆	☆	赵克仁	☆	☆	☆	赵伯祥	☆	☆	☆
赵登和	☆			胡廷俊	☆			胡安静	☆	☆	☆
费声驷	☆	☆	☆	钟利荣		☆	☆	侯维玉	☆	☆	☆
茹慈英	☆	☆	☆	梁龙法	☆	☆	☆	梁希浩	☆		
梁泳炎	☆	☆	☆	陶长权	☆	☆	☆	夏正清	☆	☆	☆
夏先春	☆	☆	☆	奚汉章	☆			唐仲尤	☆	☆	☆
唐炳全	☆	☆	☆	殷志成		☆	☆	殷叔勋	☆	☆	☆
郭远毓	☆			郭保生	☆	☆	☆	康忠华	☆	☆	☆
袁定国	☆	☆	☆	莫松柏		☆	☆	高桂芝		☆	☆
倪裕祯	☆	☆	☆	徐德祥	☆	☆	☆	符义贵	☆	☆	☆
黄天柱	☆			黄田发	☆			黄早林	☆	☆	☆
黄伯平	☆			黄灵珍		☆	☆	黄明德	☆		
黄祖干	☆	☆	☆	黄树凡	☆	☆	☆	盛正白	☆	☆	☆

姓名	33	035	09	姓名	33	035	09	姓名	33	035	09
龚长发	☆	☆	☆	龚惠民	☆	☆	☆	梅正寰	☆		
章志军	☆	☆	☆	曹秀英	☆			曹季良	☆	☆	☆
崔国振	☆			隆泳清		☆	☆	曾 亮	☆	☆	☆
曾云辉	☆	☆	☆	曾克家	☆	☆	☆	曾宪立	☆	☆	☆
曾宪梅		☆	☆	曾瑞生	☆	☆	☆	程日兴	☆	☆	☆
谢世清	☆	☆	☆	彭庆如		☆	☆	彭如春	☆	☆	☆
彭芳宜	☆	☆	☆	彭树林	☆	☆	☆	彭笠仙	☆		
彭嗣翠	☆			蒋全荣	☆	☆	☆	粟清和	☆	☆	☆
楚汉云	☆			雷秀宜		☆	☆	蔡信凤	☆	☆	☆
谭端明	☆	☆	☆	樊丙全	☆			潘长宏	☆	☆	☆
颜国荣		☆	☆	戴绍年	☆			魏太宽		☆	☆
魏华龙	☆										

注：“33”研制时间线为1963年11月止，“035”时间为1967年至1978年7月，有“☆”表示参加，按姓氏笔划排列。

四、驻湘潭电机厂军事代表室海军人员名录

马俊文	王世能	王长德	王延寿	王昌运	王学淦	王荣求	王瑰华
文况先	文勤迈	田 耕	田 湧	冯占国	叶贤柱	皮明选	石星煌
石鸿贵	朱 华	朱雪松	吉长景	邢锡林	刘德明	李 健	李国良
李林祥	李超群	李源胜	李德生	严 锋	宋万良	陆丰平	陈永华
陈永法	陈合传	陈良初	肖年国	肖景谦	汪兆佳	杨佐明	杨润勋
杨雄辉	吴志祥	吴维藩	吴德意	沈志隆	迟淑娥	邹殿升	邹碧清
范 昕	周子清	周保霖	周振良	张仲池	张益华	张霖芝	林自助
郑延华	罗坤华	孟建树	贺开华	柯文添	胡生梅	赵伯仲	饶森江
徐天佑	徐忠礼	徐赐察	高冬阳	高明铎	莫沃林	顾国兴	唐国祖
涂昌期	郭济生	黄 鑫	黄一岩	黄炳贵	黄树春	黄德和	曹水泉
谢连芳	程桢瑞	韩瑞炳	慎全定	赖佛坦	楼银根	戴立正	

注：自1959年以来的人员，按姓氏笔划排列。

五、上海电机厂参加 035 潜艇电力推进设备
研制的主要工程技术人员和其他有功人员名单

项 目	主要设计人员	主要工艺人员	其他有功人员
2×1287KW 主推进电机	林传奎 陆银才 林荣来	周柏生 陆银才 陈瑞洪	薛南行 袁毓钟 王林森 秦全兴
47.8KW 经济航行电机	刘嗣裕 潘林兴	周柏生 陆银才	秦全兴

六、上海华通开关厂参加“035”潜艇电力推进设备
研制的主要工程技术人员和其他有功人员名单

项 目	主要设计人员	主要工艺人员	其他有功人员
主推进控制板	李尧根	王钰亮	王阿根
串并联板	唐妙珍	姚增泳	朱学政
蓄电池开关板	徐振球	田福荣	陈斌臣
经济航行板	金永定	杨富根	傅伟民
元件开关	朱登余 徐林根 蒋忠明		

编 后 语

本史料集是《中国舰艇工业历史资料丛书》中的一册。它是在丛书编辑部统一组织安排下，由七一二研究所、湘潭电机厂共同主编和中国人民解放军驻湘潭电机厂军事代表室参编下编写成集的。

1988年初，七一二研究所和湘潭电机厂共同组成编纂组。编纂组的成员本着对历史负责的精神，和对参加潜艇电力推进事业研制工作奉献了毕生精力的人们崇敬心情，遵循“全面、系统、准确、有权威性”10字编纂方针，广泛搜集资料，深入调查研究，严密构思，精选精编，紧张工作，于1989年下半年完成初稿。同年12月，在武昌由丛书编辑部和有关领导、专家进行初审。

之后，编纂组根据初审会议提出的意见，认真细致地进行了修改与补充。1990年12月完成送审稿，并分发给有关人员征求意见。1991年又根据反馈意见，进一步作了较大篇幅的充实、修改。1992年6月在山东省淄博市正式通过审定。

本史料集记载了建国以来到1988年潜艇电力推进设备的发展历程，及其在海军建设中的作用，记载了奋斗在这条战线上的广大职工、干部、工程技术人员和海军指战员在研究、设计、生产与使用过程中的贡献，并尽可能地汇集了有关领导和主要技术人员撰写的回忆文章，以使读者更直接地了解我国潜艇电力推进事业走过的艰辛道路和经验教训，也为今后进一步发展潜艇电力推进设备提供必要的参考和借鉴。

在编纂过程中，丛书编辑部夏桐、钟桂臣副主编给予了亲切指导，国防工业战线上的老前辈原国家经委国防局赖坚局长为本史料集撰写了“序”，所有参编单位的领导也给予了大力支持，在此一并致以谢意。但由于我们的编纂水平有限，书中遗漏、错误之处难免，敬希读者批评指正。

《潜艇电力推进设备史料集》编纂组

1992年6月