

新时代空管系统维修保障标准化体系研究

高斐¹ 陆洲² 谢淑娟³

(1.中国铁路济南局集团有限公司济南西机务段; 2.空军自动化设备修理厂; 3.山东省标准化研究院)

摘要: 当今世界正经历百年未有之大变局,加之世纪疫情及俄乌冲突影响,导致空管系统全球化供应链体系呈现多元化趋势,按照新时期民航强国建设的战略进程,依据“十四五”民航空管系统发展规划的要求,我国正建立国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局^[1]。空管系统是建成现代化空中交通管理体系的重要支撑,为充分适应新时代空管系统服务国家战略、服务国防建设、服务行业发展的要求,以“空管系统保障标准化”为核心和主线,针对现代空管强安全、强效率、强智慧、强协同的特点,研究运用标准化的工具和手段,提高我国空管设备的制造水平,提升空管设备的检测验证能力,不断增强维护保障能力,达到空管安全形势持续向好、安全管理手段不断丰富、风险管控科学高效,实现从管制运行到基于航迹运行管理的转型,为实现成为全球一流空中航行服务提供者的远景目标,提供标准化的助力。

关键词: 保障标准化,空中交通管理系统,维护保障能力,预测性维护,全生命周期

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.11.014

Research on the Standardization System of Maintenance and Support for Air Traffic Control Systems in the New Era

GAO Fei¹ LU Zhou² XIE Shu-juan³

(1. Jinan West Locomotive Depot of China Railway Jinan Bureau Group Co., Ltd.; 2. Automation Equipment Repair Factory; 3. Shandong Institute of Standardization)

Abstract: Today, the world is experiencing great changes not seen in a century. Impacted by the Covid-19 epidemic and the Russia-Ukraine conflict, the global supply chain system of the air traffic control system shows a trend of diversification. According to the strategy of building a strong civil aviation country in the new era, and the requirements of the development plan of the civil aviation air traffic control system during the 14th Five-year Plan, China is establishing a new development pattern in which the domestic economic cycle is playing a leading role while international economic cycle remains its extension and supplement. The air traffic control system is an important support for building a modern air traffic management system. In order to fully adapt to the requirements of serving national strategy, national defense, and industry development in the new era, with “standardization of air traffic control system support” as the core and main line, and in response to the characteristics of strong safety, efficiency, intelligence, and collaboration in modern air traffic control, standardized tools and means are studied and applied to improve the manufacturing level of air traffic control equipment in China, enhance the detection and verification capabilities of air traffic control equipment as well as maintenance and support capabilities,

作者简介: 高斐,本科,主要研究方向为装备维修体系建设及其标准化。

陆洲,博士研究生,高级工程师,主要研究方向为机载雷达检测、空(航)管雷达修理技术及其标准化研究。

improve the safety situation of air traffic control, enrich safety management methods, and scientifically and efficiently manage risks. It aims to help realize the transformation from control operation to track based operation management, and use standardization to help achieve the long-term goal of becoming a world-class air navigation service provider.

Keywords: standardization for support, air traffic management system, maintenance support capability, predictive maintenance, lifecycle

0 引言

空管系统是对飞行器进行监视和管控，放置飞行器在空中或地面相撞，并引导飞行器准时、安全起降的控制系统^[2]。新时代空管系统主要包括空中交通管理系统、通信系统、导航系统、监视系统等，其中空管雷达是空中监视系统的重要组成部分。“十三五”是我国现代化空管系统基础建设期，随着空管系统的引进和空管系统的组网建设，在飞行安全、空域容量、管制效率、航空服务等方面取得了优异的成绩，创造了连续5年零事故，连续3年零征候的记录；区域管制间隔和进近管制间隔持续缩小，空管原因导致的不正常航班占比降至0.09%；空管系统累计投入科研资金1.5亿，新增空管设备国产化比例超过80%，初步实现了空管关键技术自主可控。

随着新技术在空中管理系统中的应用，空管雷达向全固态、双网冗余、无人值守等方向发展，提升可靠性、降低维护成本成为了新一代空管雷达发展的趋势，空管雷达的维护保障也逐渐成为了保持空管系统技术状态的关键，但是我国普遍存在重研制、轻维护的思想，导致空管系统技术状态难以保持，严重影响了我国空管安全和交通网的建设^[3]。因此，在现代科学技术不断发展的当下，我国空中交通管理系统维护保障需要系统化、规范化的理论指导，空管系统维护保障就成为空管及国家综合立体交通网发展建设的重要组成部分。因此，构建空管系统维护保障标准体系，提升标准对空管系统维护保障的引领、规范和支撑能力，迫在眉睫。

1 我国空管系统及其保障标准化发展现状

1.1 空管系统保障体系发展现状

空管雷达，全称空中交通管制雷达，是为飞行管制系统提供航空器信息的地面雷达，用于搜集并向飞行管制中心传送责任区域内航空器的位置、属性和其他信息。雷达应用从军用拓展至民用领域，从一次雷达发展至二次雷达，早期主要应用于军事作战，先后被用于预警、搜索警戒、引导指挥、测高等^[4]。1949年开始，美国、德国纷纷开始探索空管一次雷达在民用领域的应用。20世纪60年代起，二次雷达得以发展，实现了空管雷达组网全自动化；20世纪末，随着射频大功率晶体管器件的应用，空管雷达进入了全固态时代，实现了空管系统的集成化、微电子化，可靠性、稳定性、自动化水平有了大幅提高，出现了无人值守空管系统。随着雷达技术、计算机技术和电子元器件的不断发展，空管雷达产业向全固态、双网冗余、无人值守等方向发展，提升可靠性、降低维护成本成为了新一代空管系统发展的趋势。

《国家综合立体交通网规划纲要》明确提出发展新一代空管系统，强化预防性养护维护、安全评估，加强长期性能观测、完善数据采集、检测诊断、维修处置技术体系建设，推进空中交通服务、流量管理和空域管理智能化，促进军民航空信息共享。《“十四五”民航空管发展规划》指出，推进空管系统安全管理、运行服务、技术保障、军民融合、开放合作、人才队伍、综合治理、从严治党等8个方面工作，构建“四强空管”的目标。

空管系统制造厂家虽然仍保持停产机型的客户服务支持，但支持力度远不及在产型号的客户服务水平。停产空管系统的供应链和与之配套的产品将逐渐停产，运行这些型号装备的器材供应只能依赖市场存货和拆解退役空管系统后批准进入市场流通的器材^[5]。伴随着十四五期间军航飞机升级换

代加速列装, 民航运输和通用航空的快速发展, 配套空管雷达及系统将迎来快速发展的机遇, 空管系统的维修保障也将迎来重大的挑战和变革。

1.2 空管系统保障标准化发展现状

目前, 民航领域先后编制了《空中交通管制L波段一次监视雷达测试方法》《空中交通管制L波段一次监视雷达技术要求》《空中交通管制L波段一次监视雷达设备技术规范》《民用航空通信导航监视运行保障与维修规程》等民航空管系统标准, 《维修单位质量安全管理体系》《维修单位培训大纲的制定》《维修工时管理》等适用于空管系统维修单位管理体系, 我国空管系统相关标准已具有相当大的规模和发展。

从标准领域范围看, 在空管系统制造方面的标准较为齐全, 相关空管系统板块的标准体系也非常完善; 唯独空管雷达及系统维护保障方面的标准严重不足, 发展缓慢, 且维护保障和研制在要求和内容上存在较大差异, 不能简单地借鉴采用, 这就导致了空管系统维护保障类的标准数量更加稀少, 致使标准无法满足空管系统维护保障的要求, 无法起到支撑保持空管系统技术状态的作用。

2 空管系统维护保障及其标准化体系建设的情况

“十四五”民航空管发展规划中明确指出, 新一代空管系统要发展基于大数据分析的流量计空域资源配置辅助系统、进离场和机场场面一体化系统、高级场面活动引导与控制系统。新一代空管系统趋向智能化, 因此维修保障系统也要适应技术进步, 向智能化发展。

2.1 空管系统维护保障的分类

为适应新时代国民经济及国防建设的需要, 着力推进高质量发展, 不断深化供给侧改革, 强化军事斗争准备, 将空管系统的维护保障从规模化保障体系向故障反应迅速、判断准确、抢修及时、处置得当的保障体系转变, 将空管系统维护保障分为以下几类: 伴随保障、定点保障、自我保障、承包保障和远程支援保障等。

2.2 空管系统维护保障体系现状

现有国产空管系统维修能力和设备设施, 特别是自动测试设备的研制与应用, 还远不能满足开展新时代空管系统维修技术保障工作的要求, 主要表现在以下几个方面: (1) 无对等的维修测试设备可用, 存在空管系统已经安装多年, 但可以与其技术特征相适应、能满足多级维修体制使用要求的通用化维修测试设备仍然缺失, 导致不得不依靠传统的维修工具, 落后的维修手段、方法和专门的经验来解决新型空管系统的维修测试问题。(2) 无测试标准和技术规范可依, 由于缺乏长期的自动测试设备发展规划和标准规范, 在新一代空管系统的论证与设计阶段, 也没有提出有关维修性论证的项目和测试性设计的详细要求, 致使当前有限的维修测试设备在互联接口、电源种类、系统软件、硬件平台、测试语言及其开发环境、程控仪器设备等的选型没有统一的标准, 测试程序和诊断数据库不具有兼容性, 测试资料不可共享, 系统之间不能互通。(3) 无有效的图纸资料可循, 目前国产空管系统在论证阶段, 对构成系统测试能力的所有相关要素论证、综合和评估不够; 在设计阶段, 未有效地实施测试性和维修性设计审查与标准审核; 在交付使用阶段, 没有严格进行系统的设计文件、技术图纸和工程化数据的全面验收和评价, 导致维修中缺乏行之有效的技术图纸、资料和工程化数据, 这将对当前和未来的测试程序开发、诊断效能的提高和维修效率的改进产生严重影响。(4) 无技术预研和知识储备, 从世界范围看20世纪90年代电子工业水平的新结构技术、器件技术和组装工艺在新引进的空管系统中得到了广泛应用, 这些技术上的进步必将引发空管系统维修领域内的一场革命。维修检测技术储备的不足, 将严重影响我国空管事业的发展。

2.3 空管系统维护保障标准体系的架构

空管系统维护保障是空管系统全生命周期中一个寿命阶段的技术活动, 是为恢复空管系统初始良好技术状态而进行的各项技术活动。面对困扰空管业务正常运行的多为系统故障多、系统线路老化严重、器材保障困难、制造厂家支持力度不

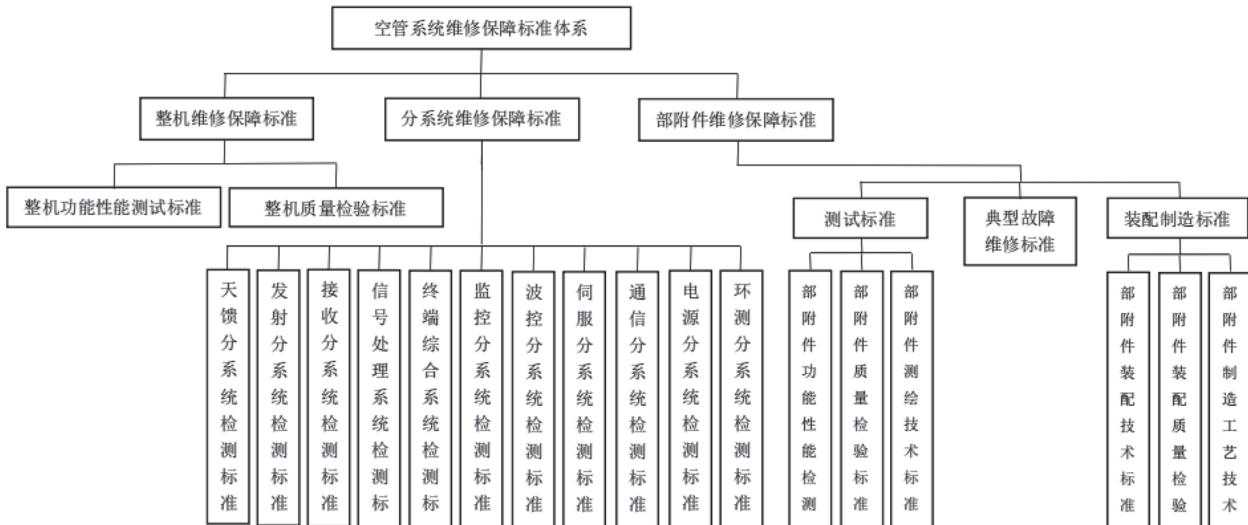


图1 新一代空管系统的维护保障标准体系框架

够、军民航承修机构建设不成体系等问题，空管系统维护保障标准体系以空管系统维护保障技术为依托，以智能化空管系统维护应用需求为导向，探索建立适应新一代空管系统的维护保障标准体系。新一代空管系统的维护保障标准体系围绕智能使用保障、智能维修保障、智能供应保障、智能训练保障需要，至少要包括：维护保障技术标准，维护保障质量管理标准，维护保障图文管理标准，中/大修时限和寿命管理标准，维护保障用零部件质量要求，维护保障现场操作标准，维护保障质量记录，维护保障科研标准，关键件和关键工序/过程管理标准等。新一代空管系统的维护保障标准体系框架（如图1所示）。

3 空管系统维护保障标准化的应用情况

目前国外空管系统维护保障标准主要分为美标体系和欧标体系，欧标体系是由ASD（Aero-Space and Defense Industries Association of Europe，欧洲航宇和防务工业协会）组织编制并发布的标准组成，美标体系由AIA（Aerospace Industries Association of America，美国航宇工业协会）、ATA（Air Transport Association of America，美国航空运输协会）等组织编制并发布的标准组成。由于美军对综合保障重要性认识较早，因此美军综合保障相

关标准制定较早，且覆盖面较广，但依旧存在标准缺乏统一规划，不成体系，导致标准之间数据交换困难等问题。因此，2003年ASD与AIA签订共同开发和维护S1000D标准（基于公共源数据库的技术出版物国际标准）的协议，2007年ATA也加入其中，将S1000D扩展到民航领域。2010年，AIA和ASD签订协议，联合开发通用/互用的综合保障系列国际标准，即S系列ILS（Integrated Logistics Support，国内一般称作“综合保障”）标准，由于S系列ILS标准参与人员多为欧美主要航空、航天、国防工业单位的综合保障专家，结合型号的经验编制而成，因此该系列标准可操作性强、适用性强，目前已经成为事实上的国际标准，在欧美多个联合研制的重点型号中得到了应用。

为满足新一代空管系统全生命周期维修保障的要求，依据我国空管系统已经建立涵盖试验测试设备、软硬件设计、加工、制造、检测等多个领域专业的维修保障标准体系，形成了以空管系统维修保障标准体系为依托的，集数字电路和模拟电路板件设计与制造、射频组件测试与维修、电源部件检测与维修、测试控制与分析软件、自动化测试平台设计与制造的多领域维修保障标准作业和标准研究能力。新一代空管系统维护保障标准体系的建立和应用，对保障组网论证、系统设计、结构、综合电子等空管系统平台关键分系统的研制，

形成空管系统综合测试、维保等所需要的设计仿真、试验测试等关键能力起到了重要的支撑和促进作用。

4 空管系统维护保障标准化建设存在的问题

(1) 我国自新中国成立以来留下的“重研制、轻维护”思想严重,加上空管系统研制和使用单位过于注重从经济利润角度出发做决策,从而导致对于空管系统的维护保障重视不足,经费保障滞后和不足,对相关维护保障标准的研究和投入缺失。

(2) 空管系统往往具有批量小、类型多、技术含量高的特点,对维护保障力量的个性化、专业化和辅助决策提出了较高要求,因此,出现了专业性要求强,知识密度要求高,依赖保障维护设备等现象。由于缺乏长期的自动测试设备发展规划和标准规范,导致无测试标准和技术规范可依。

(3) 我国军航和民航对于空管系统的使用和管理都是自成体系,封闭运行的体制和机制,导致军民航间空管系统维护保障管理不顺畅,维护保障主体权责不清晰,运行机制不健全。出现了空管系统维护保障管理规范互不兼容,对接协调难、程序不规范、维护保障落实难等情况。

(4) 空管系统及其部附件自动检测设备的高技术附加值精密部件能力缺乏,进口空管系统及部附件供应链中断,空管系统及零部件国产化替代管理烦琐,拆解零部件进入市场流通的渠道不畅通,军民航标准采标体系不完善,导致关键部附件供应周期延长,对空管系统的维修保障效率和空管安全带来隐患。

(5) 空管系统维护保障专业人才队伍建设落后,缺乏既懂技术又懂指挥,既懂本专业技术又懂其他专业知识的复合型人才,没有建立空管雷达维修高技能人才和工程师培养体制,没有形成维修人才的梯队化建设,导致维修人才流失、维修经验无法固化和传承。

5 空管系统维护保障标准化建设与应用

的建议

通过研究美国、德国等国家空管系统维护保障的先进做法和经验,为解决以上问题,提出以下建议。

(1) 加大自主创新,加快区域化空管系统维护保障基础设施建设,提高空管系统维护保障技术能力;研发适用于新品质、新领域空管系统的数字化、无人化、智能化修理保障装备;加强空管系统维护保障信息化建设,促进维护单位及时掌握空管系统的技术状态数据,构建实时互通、集成高效的空管系统维护保障信息平台,实现空管系统维护保障及空管系统技术状态数据的资源共享。

(2) 健全军民航空管雷达科技创新体系,针对空管系统特性建立预测性维修体系,基于多传感器数据融合技术和故障预测与分析模型,实现空管系统技术状态的事实检测、关重零部件剩余寿命预测,结合空管系统维护保障信息平台,构建空管系统使用单位定制维护保障计划,达到故障诊断、故障隔离、备件申请、维修保障等有机结合的预测性维护保障标准体系。

(3) 深入加强军航和民航空管行业交流,结合合适航管理理念和军队装备管理的优秀经验;从维修检测装备的研发、维修核心技术的研究、维修过程的控制等标准化管理方面入手,畅通军民航间空管系统维护保障管理机制,实现空管系统维修保障的军民航互通互联。

(4) 开展空管系统器材及其零部件储备供应管理机制研究,制定相应的标准规范;建立军用和民航相互采信,大力采用国外先进标准的部附件采标认证管理体系,形成部附件国产化替代的新型评审鉴定模式;建立军民航通用的二三件合规管理标准及管理制度,建立健全器材供应链,助推其产业链发展,实现空管系统零部件的基数化存储,信息化管理和实战化保障。

(5) 增加空管系统维修人员的培训频次,努力总结维修技术及管理经验,从教材体系、培训装备、培训管理、培训考核等方面,建立空管系统维修培训体系;建立空管雷达维修高技能人才和工

程师培养体制,形成梯队化的维修人才供应形态;努力培养工程技术研究型人才和技能型人才,为空管系统维护保障专业人才队伍建设提供保障。

产业链供应链韧性和安全水平,坚决打赢关键核心技术攻坚战提供保障。

军民航空管系统修理国家标准体系的建立任重道远,是挑战也是契机,按照《“十四五”通用航空发展专项规划》的要求,以“空管系统保障标准化”建设为手段,牢守安全底线,巩固优化传统保障作业,提升资源保障能力,优化维修保障行业管理,促进空管系统维修装备和理念的创新应用,在修理实践中总结、提炼和积累,为构筑维修能力完善的“空管系统保障体系”夯实基础,发挥好“空管系统保障标准化”支撑航空强国建设、服务经济社会发展、满足国防需求的作用,为实现“十四五”民航空管系统发展规划的目标,贡献标准化的解决方案。

6 结语

空管系统维护保障标准化是一项系统工程,随着科学技术的发展,依托可以实现保密的云网络、移动互联技术,以重大技术空管系统维护保障标准体系,构建重大空管系统维护保障平台,实现空管系统保障实时感知、保障信息按需共享、保障力量模块化运用、保障资源动态可视、保障行动实时可控的重大技术空管系统维护保障平台,为强化国家战略科技力量,提高国家创新体系整体效能,提升

参考文献

- [1] 肖开健,李万玉,游俊,等.某雷达检测维修设备开发与技术研究[J].火控雷达技术,2023,52(01):146–150.
- [2] 唐凯,徐鹏.民航进口在役空管二次雷达维修维护实践[J].电子测试,2022(15):53–55.
- [3] 桂士宏,孙成文,高学堂,等.我国军贸舰船维修保障标准化发展建议研究[J].中国标准化,2021(23):80–83+89.
- [4] 史雪辉,杨新星,史清.指挥自动化装备预测与健康管理系 统研究[J].雷达与对抗,2021,41(04):65–68.
- [5] 王少凯,马乃苍,王利明,等.美军军民一体化装备维修保障的实践及启示[J].装甲兵工程学院学报,2015,29 (04):7–11.