

智能化条件下雷达技术发展趋势

陈怡星 赵鑫

零八一电子集团有限公司, 四川 成都 611730

[摘要] 雷达技术从我国建立到如今从来都是非常重要的一类探测设备, 无论是在军事或者民用领域都发挥出了重要的价值。即便外部环境怎样恶劣也能够十分精准有效地开展勘探工作, 而不受外部环境的影响。从上个世纪三十年代起雷达装备技术进行获得了近百年的发展, 因此其不用方面的技术和功能都得到了翻天覆地的变化。尤其是现代化雷达技术在许多先进的技术以及理论中持续进行改进和优化。尤其人工智能技术的创新发展为我国雷达发展的智能化打下了坚实的基础, 因此在我国当前雷达领域的研究工作开展中怎样把现代化雷达技术与各类智能化技术的进行深度的融合就成了极为重要的命题。雷达技术和人工智能技术的共同发展以及深度融合是将来我国雷达技术的智能化转变的重要技术层面支撑。因此必须要不断强化对于雷达智能化技术的研究, 这不仅是雷达技术现代化发展的基本要求, 也是各大使用领域的共同呼声。文中探讨了在智能化条件下我国雷达技术的发展趋势。

[关键词] 智能化; 雷达技术; 发展趋势

DOI: 10.33142/sca.v5i6.7617

中图分类号: TN95

文献标识码: A

Development Trend of Radar Technology under Intelligent Conditions

CHEN Yixing, ZHAO Xin

Lingbayi Electronics Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611730, China

Abstract: Radar technology has always been a very important type of detection equipment since its establishment in China, and has played an important role in both military and civil fields. Even if the external environment is harsh, the exploration can be carried out accurately and effectively without being affected by the external environment. Since the 1930s, radar equipment technology has been developed for nearly a hundred years, so its technologies and functions in different aspects have undergone earth-shaking changes. In particular, modern radar technology continues to be improved and optimized in many advanced technologies and theories. In particular, the innovative development of AI technology has laid a solid foundation for the intellectualization of Chinese radar development. Therefore, how to deeply integrate modern radar technology with various intelligent technologies has become an extremely important proposition in the current research work in Chinese radar field. The common development and deep integration of radar technology and artificial intelligence technology is an important technical support for the intelligent transformation of Chinese radar technology in the future. Therefore, it is necessary to continuously strengthen the research on radar intelligent technology, which is not only the basic requirement for the modernization of radar technology, but also the common voice of all major application fields. This paper discusses the development trend of radar technology in China under the condition of intelligence.

Keywords: intelligence; radar technology; development trend

引言

当前我国对于雷达领域的研究工作十分重视其智能化水平的提升, 尤其是雷达技术和人工智能的结合。现代化战争里武器的信息水平、智能水平都需要不断提升。而雷达除了原本的应对低空突防、电子干扰、隐形战机和高速反辐射以外, 还需要开发出更多的智能化功能。比如多任务、多目标的处理, 更强的干扰抵抗能力以及目标识别能力。而以往的雷达技术很难根据外部环境以及运行目标的变化来自动调整自身的运行模式以及运行状态。因此新时代下我国雷达技术的创新性发展一定要集中在智能化领域之中, 使其拥有更加智能、高效、稳定的工作状态, 并显著提升其探测能力, 满足在复杂、多变的环境之中灵活使用。所以对于雷达智能化技术的研究以及应用, 不仅

仅是雷达技术体系的创新发展需要, 同时也是其应用效果提升、作战能力强化的一大要求。

1 雷达技术的发展概述

在上个世纪的三十年代之中, 雷达技术横空出世并不断发展, 从第二次世界大战开始在全球大大小小的战役中发挥出了极为重要的军事价值。在经过了实际使用的锻炼疑惑, 雷达技术以及相关的理论更加完善, 可应用程度也在不断提升。后续又通过数十年的发展让雷达装备和雷达技术在使用环境、探测目标乃至整个设备的研发生产流程中都有了翻天覆地的变化。最初的雷达技术应用通常是电子管、非相参, 为了进行一些飞行物的探测。后续升级成为全相参, 各项功能以及使用性能都有了大大提升, 能够满足防空作战的要求。然后就变成了集成电路以及全固

态。到如今则是需要对于其不同使用功能的拓展、适应复杂运行环境和自动化、智能化对于探测目标的分析以及识别之中，从而满足现实层面的使用需求。

2 智能化条件下雷达技术发展趋势

智能化条件下我国雷达技术的发展以及向着更高级别设备形态的演变主要就集中在以下技术内容之中，只有针对这部分技术内容进行研究以及创新应用才可以显著推进我国智能化雷达的发展，帮助其实现周边环境的智能感知、自动探测信息收集处理、依照探测信息进行自行决策。

2.1 智能化技术强化信息处理能力

在目前的雷达装置使用中通常受到外部环境的影响较大，尤其是在山区、海面或者城市中等等有着较强杂波或者噪声的地区来探测有着较强机动能力以及隐蔽性的目标时，探测效果往往就会大打折扣。同时雷达设备对于低空突防的处理压力也非常大，因此在进行目标实时跟踪等等项目中的难度更高了。这就要求雷达技术应当以以往技术应用为基础来进行智能化改造和优化，以使其信号检测、目标追踪以及实际操作灵活性大大提升。智能化条件下雷达技术的发展需要提升其信息处理能力，尤其是在信噪比以及信杂比都相对较低的时候怎样有效地探测目标信息并进行跟踪。

而对于上述问题的解决大致有两种方式，首先是强化信号发射机的功率和信噪比，同时使其信号的带宽扩大等等，使得雷达前段部位的使用性能得到优化和提升。但是这一类方法的应用在实际操作中还存在着一程度的局限性。此外就是从雷达后端的信号处理能力入手，使得雷达对于弱目标的探测以及跟踪更加精准。尤其近年来相应的研究人员通过大量的技术实验和研究创新有着十分优秀的成果。其中就包含了检测前跟踪技术和知识辅助跟踪技术^[1]。检测前跟踪技术顾名思义，和以往跟踪技术的差别就在于一个是检测前一个是检测后。检测前跟踪技术的使用不会针对数据信息进行门限判决，而是通过数据信息的累积并且集中处理，进而使得目标反馈的回波和各类噪声能够区分开来，也就能够更好地去进行探测目标的信息获取并不断优化、提升自身的跟踪性能。然在实际的应用中检测前跟踪技术也有着其特殊的局限性，信息处理的难度伴随着目标数据点迹的增加也会不断提升，因此会对于系统资源有着极大程度的损耗，也正是这一原因在军事作战之中对于该技术的应用十分之少。

但是近年来知识辅助跟踪技术也开始受到了人们的关注和重视，这是一类能够在信噪比较低且信号比较杂乱的时候进行目标跟踪的一类技术，其具体应用流程见表 1。知识辅助跟踪系统能够进行虚警概率的调控以尽可能多的进行跟踪目标点迹保留，在以往的探测以及跟踪里融合不同的知识内容，通过对于参数结构的调整以及探测目标和背景的回波区分能够在杂波较强的环境中对于弱目标进行高效

跟踪，和传统的探测以及跟踪技术比较有着比较明显的优势。因此不难看出，知识辅助目标的跟踪技术可以在尽可能少使用雷达资源的前提下显著提升目标跟踪能力，尤其是当前低空飞行雷达监视的需求更加强烈，有必要对复杂环境下的基于知识辅助的弱目标跟踪算法进行深入研究。

表 1 知识辅助 (KA) 跟踪技术表

流程步骤	第一步骤	第二步骤	第三步骤
具体类型	信号的检测处理	信号的跟踪处理	最终目标航迹的输出
用到的辅助数据	数据信息获取	先验知识内容	具体评价指标

2.2 融合智能化发展自适应发射波形优化技术

发射波自适应这一理念的基本雏形是雷达设备在他不同类型工作模式里所应用各类工作波形。2002 年，波形分集概念及技术一经出现就引发了研究人员的极大关注，在雷达学术界掀起了发射分集和发射波形自适应的研究浪潮。2007 年 IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing 出版的面向捷变传感和通信的自适应波形设计专刊以及 2009 年 IEEE Signal Processing Magazine 出版的雷达系统中的波形捷变专刊，更大程度地推动了自适应式发射波形的技术优化以及发展，同时也为其余行业带去了更加深远持久的影响。当前对于雷达任务的自适应式发射波形优化技术中基本都在于目标探测、追踪以及信息分析等等领域中国的自适应波形优化^[2]。具体又包含了波形设计技术的检测、估计、识别以及抗干扰等等方面的内容。

2.3 抗干扰技术智能化

只有持续强化雷达设备的电磁感应效率以更好的在电磁环境极为复杂且变化较大的战场之中进行使用，针对雷达设备的抗干扰能力提升需要雷达系统中使用的各类智能化技术应用来建立其优秀的抗干扰体系。在具体的设计里需要对于雷达的天线、接受装置、信号分析以及处理等等不同部分综合应用抗干扰技术。以往的单项抗干扰技术手段很难从许多的抗干扰技术以及雷达算法里选择最为匹配的一种，所以在这一过程里，就需要智能化技术融合应用。具体抗干扰流程表见表 2。

表 2 智能化背景下的雷达抗干扰体系

通道类型	窄带通道	宽带通道
具体步骤	接受通道反抗技术-信号处理防干扰技术-数据处理的防干扰技术	干扰环境综合判断-反干扰措施调度处理-波形产生抗干扰技术
起始点	雷达天线	雷达天线
终点	雷达天线	雷达天线

雷达抗干扰技术的智能化发展需要其实现目标探测系统干扰信息的识别以及分析，并依照分析结果来自行选择抗干扰方法，从而做到信号探测的抗干扰。雷达抗干扰系统的智能化发展是对于其智能技术的一种最好体现，通

过宽带侦察和窄带通道的方式来使得雷达设备自行分析识别干扰区域。借助雷达系统的抗干扰技术应用来进行全方位的综合式设计。先要进行干扰信息的识别分析,之后再自行响应去启动对应的抗干扰方法。就目前所使用的抗干扰技术来说,自适应频率捷变技术能够进行外部干扰频率的分布调查,使得雷达工作的重要频点控制在干扰功率最低的范围之中,这一操作使用智能化技术从而完成了一个完整的闭环^[3]。所以这一类技术可以作为智能化发展条件之下我国雷达抗干扰技术的一种尝试。

2.4 目标识别技术更加智能化

智能化条件下雷达在不同的作战环境中,对于探测目标的具体种类、信息以及分布数量的精准识别和自动分类需要借助智能化系统的深度学习、支持向量机等等理论和技术方法进行实现,借此就能够较为有效地排除掉非合作目标单位。其中又包含了深度网络的各种特征学习、识别方式亦或者大数据小样本的目标分类识别方法、人机协同目标识别方法等。

2.5 资源分配与调度技术更加智能化

针对雷达设备的使用而言,其外部环境会持续性变化以及自身可利用资源有限的性质就决定了进行雷达资源调度的复杂性十分之高。而自适应的资源调度算法是一种极为关键的雷达资源调度方法。可以在预先设计的资源调度数据范围中即时分析各种操作所需要花费的时间资源、能量资源以及计算机资源,并自动得出最为适宜的资源分配方式,能做到在一个调度间隔之中选出最合适的雷达事件序列。智能化条件下雷达资源分配以及调度的发展国内外相关专业人员也都做出了尝试^[4]。有人指出使用神经网络来为雷达资源调度的优先级进行划分,也就是借助一组的数据内容联系让神经网络权重得到训练,进而得出该目标任务的优先级别。也有的研究者认为可以使用专家系统来进行雷达资源调度、参数分析以及任务优先级的确定。还有人提出使用模糊逻辑的方式来将其自适应调度里发生的冲突问题进行解决,将具体的模糊值当做优先级判定因素,使得雷达目标任务的优先级划分更加高效。而智能化条件下的人工智能算法实现效果极好且工作效率极高,进行全局搜索的能力也最强,以此在雷达资源分配以及调度的研究共合作和实际应用里都取得了十分理想的效果。

2.6 多元数据挖掘技术更加智能化

数据库技术的不断创新发展会有着数额巨大的雷达数据堆积,同时还能够十分有效地对其进行使用。能够做到从原本繁琐复杂并且碎片化的数据信息里提取出需要的内容,便于进行操作决策,因此对于数据信息的智能化挖掘及时就产生了。该技术在雷达信息探测技术、计算物理建模的误差、火控结算以及不同杂波的处理中都能够应用,使得雷达系统的使用性能更加优秀,尤其在作战使用时有着重大价值。

在多个雷达的信息融合系统里能够将隐藏在巨额数据里的能够帮助数据处理的方式进行充分挖掘。而在进行探测误差的模型搭建之中也能够较为便捷地在数据库之中找到包含实际探测误差以及探测目标实际运行轨迹的联系,进而让雷达设备的仿真程度大大提升。在进行雷达火控结算的具体使用中,通常会进行数额巨大雷达探测数据以及包含理论值的数据库搭建,再进行海量数据信息的挖掘和研究,从而在数据分析中找到需要的规律和数据知识^[5]。如此一来就能够使得雷达进行的目标数据信息估算以及火控系统精准性一再提升。而在雷达杂波信息处理之中,还需要进行杂波信息、平台、环境数据的挖掘以及深入研究,通过对于几者之间的关系来获取需要的信息数据,进而为雷达设备的使用打下基础同时使其使用性能得到优化。最后在雷达的装备保障领域也可以使用数据挖掘技术能够结合大数据技术使用的优势来进行辅助保障系统的搭建,这一系统可以十分准确和高效的为决策人员提供想要获取的关键数据内容,能够让雷达设备的作战能力最大限度地发挥出来。

3 结束语

当前我国雷达设备以及相关技术发展还有着许多困难,应当紧跟时代潮流升级技术,融合人工智能等一系列现代化、先进化的智能技术,帮助雷达技术突破原有限制进行创新发展。可以说雷达技术以及人工技术的融合发展极大程度地推动了智能化雷达的研究以及发展。智能化雷达相较于传统雷达而言有着极为优秀的外部感知、工作决策、指挥执行、目标评估以及探查优化等等能力,是对于其基本雷达系统的一次全面更新和强化,是将来我国雷达技术的发展以及相关系统搭建的关键方向。尽管当前我国智能化雷达技术的发展还不过成熟,在技术领域结合中还有着一些问题存在。但伴随着我国人工智能技术的不断发展,这些问题都会得到解决,让智能化雷达在民用、军用领域中都发挥出更加重要的价值。

[参考文献]

- [1] 蒋莹莹,刘晶,崔威威. 智能化条件下雷达技术发展趋势[J]. 雷达与对抗,2022,42(2):1-6.
 - [2] 母政,王昀. 智能化雷达关键技术的发展[J]. 中国新通信,2021,23(15):96-98.
 - [3] 王飞. 雷达测距技术在智能化综采工作面中的应用[J]. 煤炭科学技术,2021,49(1):138-141.
 - [4] 雷晓飞. 基于AI智能化数据分析的雷达基座主动隔振技术[J]. 陕西省西安理工大学,2021(9):45.
 - [5] 陈伟,孙洪忠,齐恩勇,等. 智能化时代雷达导引头信号处理关键技术展望[J]. 航空兵器,2019,26(1):76-82.
- 作者简介: 陈怡星(1994.1-),男,毕业院校:西南交通大学光学工程专业,当前单位:零八一电子集团有限公司,雷达系统集成,初级工程师。