一种通用高性价比俄制老雷达升级改造技术

李学森
中国电子科技集团公司第 38 研究所　安徽合肥　230031

【摘　要】本文对前苏联研制的系列对空监视雷达的目前技术状态进行了详细分析，针对目前国际市场对俄制老雷达升级改造迫切需求，提出了一种高性价比通用的智能化升级改造方案，给出了具体改造的成功案例和应用效果，具有一定工程参考价值。

【关键词】对空监视雷达；升级改造；智能化；高性价比

A high cost-effectiveness universal upgrade technology for old Russian-made radars

LI Xuesen
The 38th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Hefei　230088

【Abstract】This paper provides a comprehensive analysis of the current technical status of the series of air surveillance radars developed by the former Soviet Union. In response to the pressing need in the international market for upgrading old Russian radars, this paper proposes a cost-effective, universal intelligent upgrade solution. It provides successful case studies and application outcomes, offering valuable engineering reference.

【Key words】Air surveillance radar, Upgrade, intelligence, High cost-effectiveness.

引言

俄制老雷达是指上世纪 60、70 年代俄罗斯研制装备的一系列中远程对空监雷达，除在俄罗斯本土大量装备外，曾经出口至全世界多个国家 3000 多套，雷达目前经过几十年使用服役，受设备使用寿命和相关器材停产因素影响，极大多数雷达目前处于非常工作状态，国际市场多个国家对俄制老雷达改造升级需求迫切，具有良好市场前景。

1 目前技术状态分析

俄制老雷达一般多为常规的两坐标体制，大部分工作在 VHF、UHF、S 频段。天线车大多数为独立单元；电子设备方舱内主要设备由分立器件搭建构成，设备占用空间较大，主要包括发射机组、接收和相干处理设备、数据处理与显示装置、遥控面板、电源设备等；每型雷达都具有独立电站单元供电，电站输出电压为交流三相三线 230 伏。

俄制老雷达的天线主要米波振子和抛物面形式居多，发射机采用的是磁控管非相参体制发射，接收机采用超外差混频体制。雷达整机系统工作模式主要为非相参积累方式，雷达具有 A 显辅助功能。

经国外用户反馈和国外现场实地勘察结果可知，目前俄制老雷达舱外的天线、馈线状态保持完好，检测后可以使用；转台、汇流环和驱动电机状态完好，可以继续使用；舱内电子设备因器材寿命和相关器材停产因素，大多数设备已经无法正常工作；整机方舱转接板已经腐蚀老化无法使用；整机连接电缆已经腐蚀、损坏无法使用。



图 1　俄制 P–18 雷达工作状态全貌

2 改造工程方案设计

2.1 改造目的

通过对国际市场多个俄制老雷达改造需求用户了解分析可知，大多数用户对雷达经过升级改造目标基本一致，对俄制老雷达升级改造后最终将达到下列目的：

◆恢复雷达工作；
◆延长设备服务寿命；
◆改善雷达 ECCM 性能；
◆改善雷达系统性能，满足当今和未来防空需求；
◆保留 VHF 波段雷达的反隐身和抗反辐射导弹特性；
◆改善电子设备车辆内（EEV）雷达操作员的工作环境。

2.2 改造方案

根据外用户反馈和国外现场实地勘察结果分析，俄制老雷达改造总体方案如下：保留原天线、馈线、转台（含驱动电机）、汇流环、运输车辆、电子方舱、电站等；更换电子方舱舱内全部设备，包括发射、接收、信号处理、终端显示等系统设备，方舱增加环控空调设备，改善雷达操作人员工作环境，各个系统具体改造方式和改造内容汇总如下表 1 所示。

表 1　各系统改造方式及改造内容汇总表

序号	名称	改造方式	改造内容
1	天线系统	保留	测试修复
2	馈线系统	保留	测试修复
3	发射系统	替换	全固态风冷发射机
4	接收系统	替换	DDS 直采+变频接收机
5	信号系统	替换	三个系统的硬件合并在一个综合处理分机，构成综合后段处理系统
6	终端系统	替换	
7	监控系统	替换	
8	伺服控制	保留	测试维修
9	环控系统	新增	方舱增加军用空调
10	结构方舱	保留	防护翻新
11	车辆电站	保留	检查维修
12	电讯总体	替换	配电箱、转接板、全机电缆重新

2.3 改造原理

改造后的俄制老雷达工作原理框图如图 2 所示，图中绿色标注部分为原保留设备，粉色标注为新研发替换设备。

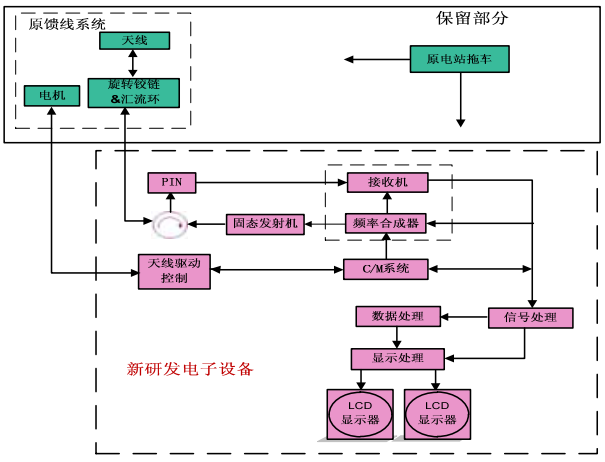


图 2　俄制老雷达升级改造原理框图

系统上电后，接收分系统的频综器产生基准时钟送信号处理分系统，信号处理分系统利用此时钟产生全机同步和其它控制时序，这些时序通过监控转发给接收分系统。波形激励按照发射时序产生发射信号，该信号经过发射机进行放大后经过环形器、射频电缆送至电子方舱外的转台汇流环，由汇流环将射频功率信号送到馈源，通过馈线分配到天线阵子，射频信号经过天线阵子辐射到空间形成发射波束。

雷达接收时，目标回波信号被阵子天线接收，进入汇流环，再进入电子方舱的环形器、TR 开关到接收机。回波信号进入接收机后，先经过限幅器、低噪放，经过数字 A/D 采样和抽取滤波形成 IQ 信号。该 IQ 信号通过 LVDS 方式送给信号处理分机，信号处理对雷达接收机来的 I/Q 信号进行脉压、滤波、CFAR、点迹处理后，再送终端分系统。终端对目标点迹数据，自动或者人工干预情况完成航迹处理。终端还还可以同时完成情报综合和数据上报等处理。另外，终端显示器还可作为主监控显示，完成雷达工作状态、故障信息等的显示。

2.4 改造技术

改造后的俄制雷达保留原来的工作波段，通过采用当代先进智能检测录取成熟技术，雷达可具有优异的探测能力和良好的 ECCM 性能，具有极高高性价比，是国家防空网的理想选择，雷达功能将涵盖空中警戒，目标跟踪，目标指示等。改造后的雷达将包含如下先进技术：

- 全相参雷达系统；
- 全固态模块化发射机；
- 射频直采+变频接收机；
- 抑制干扰能力的窄带滤波器；
- 数字脉冲压缩；
- MTI/MTD 数字信号处理；
- CFAR 和杂波图处理；
- 自动目标提取和航迹处理；
- 目标记录和重演；
- LCD 光栅扫描显示器；
- 多种数据上报接口；
- 完善的 BITE 系统。

2.5 改造步骤

基于通用的高性价比俄制老雷达升级改造从设计到工程实施一般通过如下步骤可完成，具体操作流程如图 3 所示。

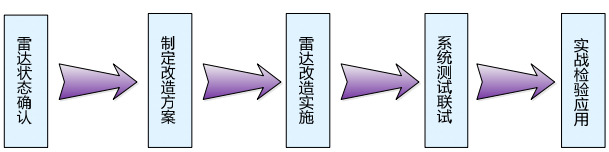


图 3　雷达升级改造具体操作流程图

3 典型成功应用案例

基于通用的高性价比俄制老雷达升级改造技术，已经成功在东南亚、南美、中亚等国家的应用，改造的雷达在现代防空防空系统中取得了良好效果。

3.1 硬件设备改造应用效果

按照上述的通用改造技术对东南亚某国俄制的 P–18、P–37 雷达成功进行工程实施，取得了良好效果，雷达相关硬件升级前后对效果比如图 4 ~ 图 7 所示。



图 4　P–18 雷达结构方舱升级前后对比实物图



图 5　P–18 雷达舱内设备升级前后对比实物图



图 6　P–37 雷达收发设备舱升级前后对比实物图



图 7　P–37 雷达电子设备舱升级前后对比实物图

3.2 软件技术升级应用效果

俄制老雷达升级改造软件采用了国内相关成熟的智能化算法，改造后的雷达实现了智能化检测及录取，在实际目标探测过程中取得良好应用效果。

图 8 为 P–18 雷达实际目标探测跟踪的效果，雷达整体画面整洁干净、目标航迹录取连续稳定，军用机动作战目标跟踪连续稳定。

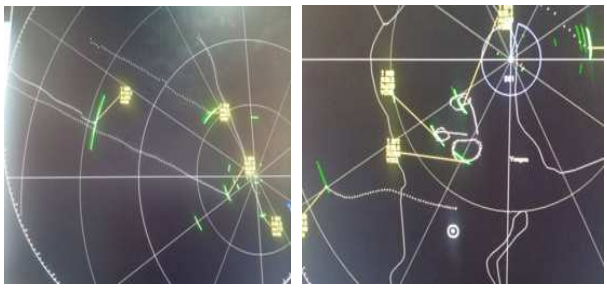


图 8　P–18 雷达软件升级后实际目标探测跟踪画面

4 结束语

俄制老雷达出口数量众多，目前国际市场多个国家对俄制老雷达改造升级需求迫切，本文提出的这种高性价比的通用升级改进方案，已经在多个国家和多个型号成功进行工程实施，升级改造后的雷达在抗干扰、智能化、人机环境等方面性能大幅度提升，使其在现代防空系统继续发挥必不可少的作用。

参考文献

[1].罗群、周万幸、马林总编，张光义，华海根，邢文革总校.世界地面雷达手册[M].北京：电子工业初版社,2005

[2]李学森,《P 系列雷达改造工程实施方案》[内部材料].电科 38 所档案部.2015

作者简介：李学森，1978.09，男，汉族，本科，黑龙江人，高级工程师，研究专业方向：雷达总体设计。