

# 复杂条件下的移动二次雷达选址

牛松涛

上海民航新时代机场设计研究院有限公司

**摘要:** 随着航空业务量的迅猛增长,空管移动二次雷达系统的应用愈加广泛。而区域枢纽机场的复杂情况让移动雷达选址成为一项难度大、制约多、周期长的工作任务。本文梳理了传统移动雷达的选址步骤,结合区域枢纽机场较为复杂的环境,通过案例介绍选址中的重要考虑因素,总结出复杂条件下移动二次雷达选址的特点,以满足各种需求。同时,为未来移动雷达选址工作的规范化提供实例经验及科学参考。

**关键词:** 移动二次雷达; 选址; 雷达信号覆盖分析; 顶空盲区

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.16.089

## 引言

移动二次雷达系统是具备移动功能的民航空管二次雷达站,能够自主完成民航二次雷达站所能实现的全部功能,为空中交通管制单位提供连续、准确的二次雷达信息。同时具有良好的机动能力,能够独立自主地完成转场运输、自行抵达任务现场;具有较强的环境适应能力,能够适应国内绝大部分地区的自然环境;快速架设和撤收能力,在任务现场依托少量外部设备完成系统的安装架设与撤收工作。

移动二次雷达系统有两种工作状态:运行状态和运输状态;在运行状态时,雷达、通信和供配电设备在雷达设备舱内工作,雷达天线在高架塔上运转,通过数据传输系统将雷达目标信息传送到空中交通管制单位,完成二次雷达信息采集任务;在运输状态时,雷达系统的全部设备分别安装在三辆专用运输单元上,各设备随车行走,完成雷达系统的转场任务,实现二次雷达的“移动”功能。移动二次雷达系统包括:空管二次雷达系统、移动天线塔系统,雷达设备方舱及雷达数据传输、供配电、监控、安防、防雷和消防及运输等配套设备。

随着国内经济持续稳定地增长,各大城市的经济总量快速增加,相应城市的机场繁忙程度不断加剧,航空运输事业飞速发展,航空需求持续旺盛。面对航空业务量的快速增长,全国各地继续加大建设投入力度,大力推进机场改扩建工程。改扩建工程中新建的货站、机库及航站楼等建筑物极易造成本场二次雷达的信号覆盖受到影响。同时,部分机场的总体规划较大调整,机场总平面布局的变化也会导致本场二次雷达台站面临搬迁的境况。早年建设的一批本场雷达也已严重老化,逐渐步入更新周期,给监视保障带来较大的风险。在更新改造的过渡期间需要相应的监视设备,确保为管制运行提供连续可靠的雷达监视保障。以上各种问题的出现使得移动二次雷达系统的应用越来越频繁。通过在本场或周边设置移动雷达台站能有效的解决上述问题。而枢纽机场的复杂情况让移动雷达选址成为一项难度大、制约多、周期长的工作任务。本文梳理了传统移动雷达的选址步

骤,结合区域枢纽机场较为复杂的环境,通过案例介绍选址中的重要考虑因素,总结出复杂条件下移动二次雷达选址的特点,以满足运行需求。同时,为未来移动雷达选址工作的规范化提供实例经验及科学参考。

## 一、移动二次雷达站的选址需求分析

### (一) 运行需求

移动二次雷达站的运行需求以实现雷达监视信号覆盖为主,主要目的为实现机场本场或航路航线的雷达信号覆盖。多用于应急情况,及原有雷达系统升级改造或更新搬迁时进行临时过渡,以起到加强该区域的雷达覆盖能力,保障飞行安全,提高可靠性及安全裕度的作用。

### (二) 选址需求

在了解移动二次雷达站的运行需求后,下一步即为移动二次雷达进行相应的选址。选址时应综合考虑地理位置、水文地质、交通、市政配套建设及土地征用条件等因素,对规划的站址进行论证,择优选址。在图纸资料分析后,对预选台址进行雷达信号覆盖的模拟,以保证台址的可行性。根据选址相关规范,同步对预选台址进行初步的现场踏勘。在结合外部条件的基础上,应特别注意雷达作用范围,提高雷达覆盖的效率。在满足相应规范及具备可行性的基础上,进行电磁环境测试和遮蔽角测量分析并形成报告,使得移动二次雷达站的选址更科学合理。

### (三) 建设需求

移动二次雷达站根据运行、选址需求及相应的国家、地方及行业规范进行建设。建设内容一般分为土建及工艺设备两部分,包括台站场地建设和外部配套建设。建设完成后能保障移动二次雷达站的正常运行,同时便于设备的后续维护维修工作。

以上从移动二次雷达选址的特点出发,梳理了移动二次雷达选址的关键考虑因素及步骤。下面结合区域枢纽机场的实际案例进行分析,总结复杂条件下移动二次雷达选址的遇到的问题及相应的解决方案。

## 二、复杂条件下的移动二次雷达选址

以国内华东地区某枢纽机场为例,分析总结在区域航空枢纽机场进行移动二次雷达选址时应重点考虑的问题及解决方案。

### (一) 机场干扰源和障碍物防护间距情况

移动二次雷达选址,特别是干扰源和障碍物的防护间距应按照《民用航空通信导航监视台(站)设置场地规范 第2部分:监视》(MH/T 4003.2-2014)中的要求进行设计。根据规范附录B中表B.1“干扰源和障碍物的防护间距”的要求,雷达和气象雷达站的平面防护间距不小于0.93km;距离机库等大型金属构筑物不小于1.61km;距离金属围栏、构筑物、高塔、航站楼不小于0.46km,宜大于1.61km;距离高速及一级、二级公路

不小于0.7km。该枢纽机场为沿海机场，场内除二次雷达、气象雷达、航站楼及机库等大型金属构建物外，还驻扎有雷达部队，情况极为复杂。通过图1可知，目前

机场内的干扰源和障碍物的防护间距基本覆盖整个机场。在本场范围内已很难进行选址，需要在外寻找合适的台址。

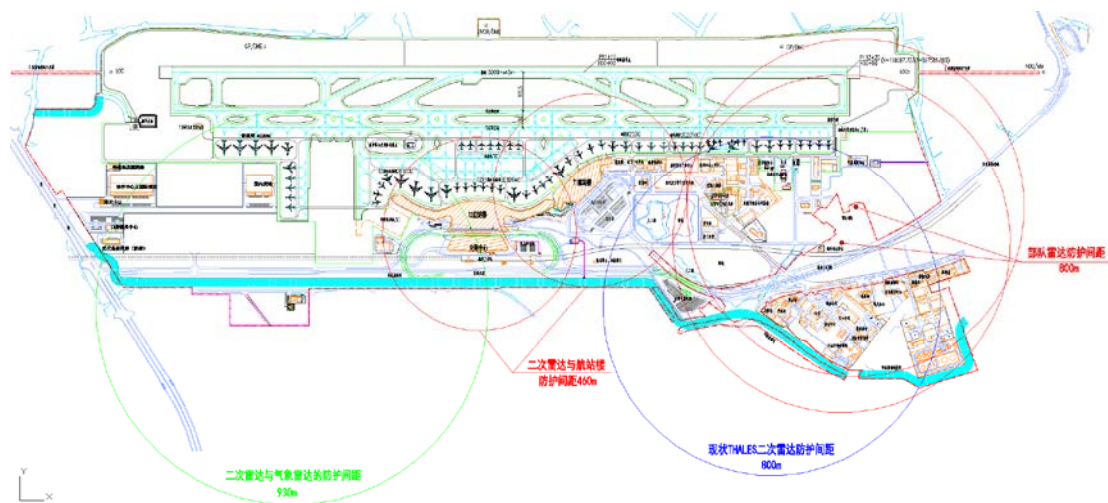


图1 机场内干扰源和障碍物防护间距图

### (二) 障碍物限制面情况

由于本场台址受限，综合考虑征地及配套情况，优选目前具有产权的土地进行建设。通过查阅资料及图纸分析，机场原NDB台（北近台）有着良好的基础条件。目前该导航台已报废，作为移动二次雷达的场地条件较好。通过对台址的平面定位及周边环境示意分析可得初步结论，周围无明显干扰源及高大障碍物，满足规范中雷达台站对干扰源和障碍物的防护间距要求。

拟选移动二次雷达站位于现有13#跑道延长线上，距13#跑道端约1020米。根据《民用机场飞行区技术标准》（MH5001-2021）7.2障碍物限制要求，移动雷达台址处端净空限高（1020-60）/62.5约为15米（相对跑道标高）。跑道端黄海高程3.7米，最终端净空限高为15+3.7=18.7米（黄海高程）。

### (三) 台站电磁环境及遮蔽情况

根据对预选台址的图纸分析及现场踏勘，拟选台址周围多为农田，附近的建筑物为四层民房。经现场粗略测量，四层民房距离约100m，相对高度约13m。根据端净空限高及规范，允许值  $\theta_{垂直} \leq 0.25^\circ$ （ $\theta_{垂直}$ 为垂直遮蔽角），即  $\tan 0.25^\circ \geq \frac{B-T}{1000D} - \frac{D}{16900}$ （其中B为障碍物海拔高，单位为米；T为天线海拔高，单位为米；D为障碍物距台站距离，单位为千米）。移动二次雷达在100米处的垂直遮蔽净高度约为0.43m，故基本满足遮蔽要求。

由于台址处于机场附近，周边无明显电磁辐射影响及有源干扰。电磁环境情况预计较好且可控。移动二次雷达工作频率属于民航专用频率范围，受到相应电磁环境监测及管控，初步判断无电磁环境影响问题。在后续应委托有资质的相关单位进行电磁环境测试和遮蔽角测量分析并形成报告。

### (四) 雷达信号覆盖分析

根据运行需求，雷达的信号覆盖情况可从雷达信号

覆盖和顶空盲区两个方面进行分析。其中信号覆盖分析是基于瑞谱（WRAP）电磁环境仿真及频谱规划管理软件（北京吉亚斯科技有限公司）做出的系统信号模拟分析，软件版本号4.17.7.0。该软件可制作自然地地形模型、配置信标电磁传播模型，并通过软件计算生成模拟覆盖分析图。

根据运行需求，针对各个高度层进行信号覆盖分析。以500米高度层为例，移动雷达覆盖图如图2，其中橙色区域表示覆盖范围：

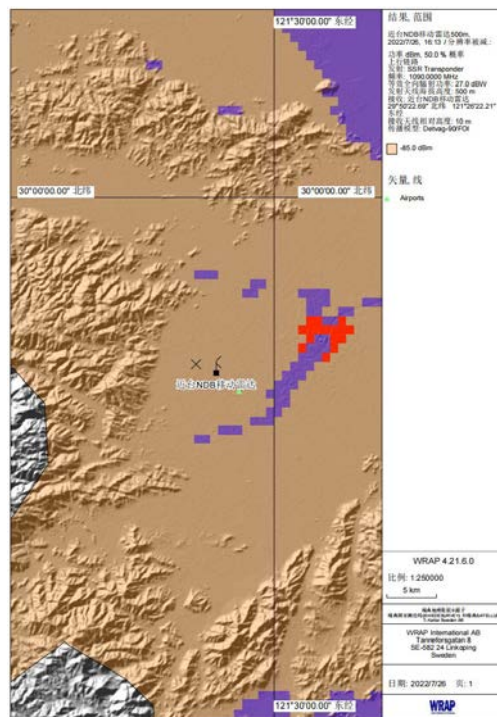


图2 移动二次雷达500米高度层信号覆盖图

根据雷达信号覆盖图，结合前文运行、选址及建设需求，根据对预选台址覆盖图的信号强度及覆盖范围、

高度等要求的分析,可见移动雷达信号覆盖较好,基本满足运行需求。但由于处在航空器进近的航路航线上,可能形成一定的顶空盲区。故需进一步分析移动二次雷达的顶空盲区,以满足本场及进近的管制需求。

(五) 顶空盲区分析

拟选移动二次雷达站位于现有13#跑道延长线上,距13#跑道端约1020米。由于该位置正处于进离场航线及跑道延长线上,需对顶空盲区进行分析。依据雷达天线性能指标估算,移动雷达的顶空盲区情况即以雷达为中心,不同高度层对应半径范围内为盲区。顶空盲区估计情况见表1。

表1 顶空盲区范围表

高度 (m)	顶空盲区半径 (m)
1000	不大于1000
2000	不大于1500
3000	2500
4000	4442
5000	5553
6000	6663
7000	7774
8000	8884
9000	9995

分别从航空器降落和起飞两方面对雷达顶空盲区进行分析(一般假设雷达顶空盲区在45°仰角以上)。同时将飞机起飞和落地的飞机时速不同,起飞和落地的角度有偏差的情况也考虑在内。

(1) 降落阶段盲区范围

从目前在用的监视设备(ADS-B和二次雷达)选取一架降落的飞机进行分析。由监视数据可知飞机降落的最远点和最近点,从而推算出飞机降落期间位于雷达顶空盲区的投影距离为168米左右。飞机降落时的水平速度大约为265千米/时,即73.6米/秒。经计算,飞机在雷达盲区内的时间大约为2.3秒(根据4S一圈的雷达转速,点迹丢失情况小于或等于1个点)。

(2) 起飞阶段盲区范围

同理选取一架起飞的飞机进行分析,可推算出飞机起飞期间位于雷达顶空盲区的投影距离为570米左右。飞机起飞时的水平速度大约为303千米/时,即84.2米/秒。经计算,飞机在雷达盲区内的时间大约为6.8秒(根据4S一圈的雷达转速,点迹丢失情况小于或等于2个点)。

(六) 顶空盲区对空管自动化系统的影响分析

1. 空管自动化系统自动拍发起飞落地报机制

目前华东地区民航空中交通管制自动化系统,一般采用中电二十八所和民航二所的产品作为主备自动化系统。其中二十八所自动化系统的拍发起飞报机制为:本场起飞航迹在近地区内相关,有上升趋势,速度超过80km/h,系统会通知ADO拍发DEP报;二十八所自动化系统拍发落地报机制为:本场落地航迹在以本场为中心,半径4km范围内消失,2分钟后未出现,系统会通知ADO拍发ARR报。

二所自动化系统拍发起飞报机制为:本场起飞航迹的高度在本场标高+1km以下,目标距本场中心点距离在7km范围内,目标的高度超过本场标高60m,自动拍发DEP报;二所自动化系统拍发落地报机制为:本场落地航迹目标消失,此时记录下航班消失点位置距离本场中心点的距离S、消失时海拔高度与本场标准海拔高度差H、目标已累计消失的时间长度T。FCS将S、H、T与DBM参数、FCS在线参数及发报参数中设定的判断航班是否落地参数进行比较,如果S(参数中设定为4千米)、H(参数设置为200米)均小于参数值,T(参数设置为60秒)大于参数设定的值,则认为航班已落地,立即自动组ARR对外发送。

2. 航空器起飞时顶空盲区对自动化显示的影响分析

本场起飞航班在雷达盲区内平均高度为300m,飞机在雷达盲区内的时间大约为6.8秒,点迹丢失情况小于或等于2个点,小于2个周期(8秒),系统会进行外推计算,不产生外推目标,不影响自动拍发起飞落地报。

3. 航空器降落时顶空盲区对自动化显示的影响分析

本场降落航班在雷达盲区内平均高度为50m,飞机在雷达盲区内的时间大约为2.3秒,点迹丢失情况小于或等于1个点,小于2个周期(8秒),系统会进行外推计算,不产生外推目标,不影响自动拍发落地报。

综上所述,在拟选台址处建设移动二次雷达站,可与目前在用的自动化系统中接入的各部二次雷达进行信号融合,雷达信号覆盖良好,满足管制运行及雷达选址需求。

三、配套建设内容

除满足管制运行及雷达选址需求之外,选址时还需综合考虑配套条件是否成熟等因素。由于在本场外进行选址,一般还需考虑通信传输、供电保障、动环监控及土建配套内容。目的在于因地制宜,利用成熟的配套条件,在满足规范及安全的前提下做到投资最大化,优化经济效益。同时在建设完成后能保障移动二次雷达站的正常运行,便于设备的后续维护维修工作。

结论

本文通过对华东某区域枢纽机场的实际案例进行分析,从机场干扰源和障碍物防护间距、障碍物限制面、台站电磁环境及遮蔽、雷达信号覆盖、顶空盲区及其对空管自动化系统的影响等各个维度进行考虑,总结了在这样的复杂条件下如何开展移动二次雷达的选址工作,并提供相应的科学论证方法和工程应用手段。同时也可衍生至山区、填海、军民合用等各类机场,为这些类型机场的移动二次雷达选址提供了重要参考借鉴价值。

参考文献

[1] 姜海燕. 梳理巴彦诺日公二次雷达工程征地过程总结台站选址经验[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(19): 2253-2254.  
 [2] 葛佳伟, 徐伟杰, 江雄, 金大元等. 基于仿生学的微通道耦合射流系统设计与研究[J]. 电子机械工程, 2021, 37(03): 22-27.  
 [3] 刘帅, 秦珊珊. 基于自适应遗传算法的空管雷达部署优化[J]. 通信技术, 2018, 51(04): 870-874.