

多点定位系统特点及其在民航的应用

The Characteristics of MLAT Systems and Its Applications in Civil Aviation

文 / 黄忠涛

背景：为什么要建设多点定位系统

近几十年来，国内外航空运输业快速发展。航空运输量的增加，使得大型机场及其周边区域的飞机数量急剧增加。高密度的交通流量使得机场及其附近飞机之间、飞机与场面车辆之间的间距减少，跑道入侵、场面冲突、机场环境影响时有发生，航空安全、航班正点问题日益突出。因此，迫切需要引入新的针对终端区域、机场附近空域和机场场面的监视手段，以替代传统的主要依靠飞行员和交通管制员的监视方式。

国际民航组织（International Civil Aviation Organization, ICAO）在2004年发表了《先进场面活动引导和控制（Advanced surface Movement Guidance and Control System, A-SMGCS）手册》，要求机场安装的新一代机场监视设备，能够对飞机在机场从跑道、滑行道、停机坪和登机口全方位进行自动引导控制，其功能扩展为监视、路由分配、引导和控制四大主要功能。其中可选用的场面监视技术包括一次场面监视雷达、广播式自动相关监视（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B）和多点定位（MULTILATERATION, MLAT）技术。

场面监视雷达属于非协作式监视系统，系统受地形、天气影响大，对于大中机场来说，单重覆盖存在盲区，本身无目标识别能力；ADS-B系统是基于卫星导航定位技术实现目标定位，它存在卫星完好性及需要对老旧飞机进行改装等弱点，应用受到一定限制；多点定位技术是实现A-SMGCS机场场面监视的核心技术，使用现有的机载应答机发射的1090MHz应答信号实现对飞机的定位，对已有的监视设备和机载设备无需改造，不需要在航空器上安装任何额外设备。



黄忠涛，高级工程师，民航二所科研开发中心副主任，现在在职攻读南京航空航天大学博士学位，从事民航空管通信导航监视领域技术研究，主要研究方向为：无线电信号处理、地空数据链、分布式无源定位、机场场面监视、系统模拟及仿真。

多点定位技术采用分布式的多个接收机高精度定位跟踪动态目标，可以在机场能见度较差的环境条件下大大提高机场的安全因素，增加机场的容量。目前多点定位在机场场面的应用效果较好，ICAO制定了系统用于民航场面监视的最低标准，可以说多点定位技术，已经成为目前民航监视技术领域内的热点和前沿技术。

多点定位技术原理

多点定位技术通过在地面布置多个远端接收站，采用多点接收方式，接收监视区域内的机载A/C模式、S模式应答信号，以及S模式“squitter”信号，并进行解码发

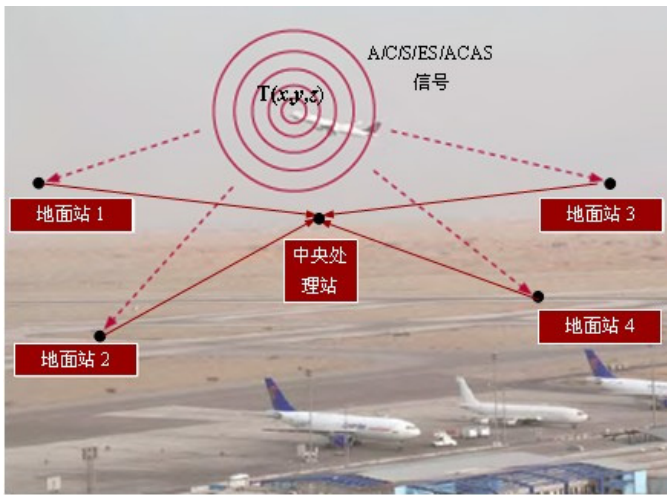


图1 多点定位系统布局示意图

送至中心处理站，中心处理站经过定位解算即可确定目标的位置坐标。多点定位系统的布局示意图如图 1 所示。

目前多点定位技术主要采用到达时间差 (Time Difference of Arrival, TDOA) 体制方式进行定位，通过对多个双曲线 (或双曲面) 相交的解算来确定目标的二维 (或三维) 位置。由于飞机距各接收站的距离不同，飞机发送的应答信号到达各地面接收站的时间 (TOA, time of arrival) 不同，多点定位系统通过计算到达时间的差值，并进行计算就可以得到飞机的位置。对于空中目标而言，需要至少四个远端站收到应答信号才能通过双曲面交叉定位 (三维) 算法确定目标的位置和高度；对于地面目标而言，有三个站接收到应答信号就可以通过双曲线交叉定位确定目标位置。场面多点定位原理示意图如图 2 所示。

考虑机场实际的复杂射频环境，布站通常采用冗余方式，对于场面监视，通常采用 4 站及以上冗余覆盖布站方式。如果高度数据通过其他途径得到 (例如 C 模式代码、S 模式应答和 ADS-B 广播信号相应高度信息)，仅用三个远端站也可以计算出三维坐标位置，实现空中目标定位。

多点定位系统结构

多点定位系统分为主动式 (active) 多点定位监视系统和被动式 (passive) 多点定位监视系统。主动式系统在系统中配置询问机，由询问机进行询问，得到航班标牌 (A 码)、高度等信息。被动式系统在系统中不配备询问机，系统接收其它二次雷达询问应答信息、ADS-B 信息，得到航班标牌 (A 码)、

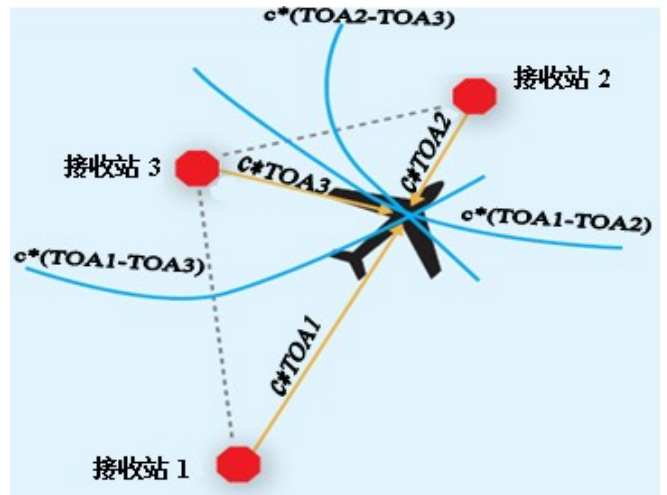


图2 多点定位双曲线交叉定位原理示意图

高度等信息。一个完整的主动式多点定位系统运行示意图如图 3 所示。

多点定位系统主要包含远端接收站、中心处理站、参考基准站、询问发射站、监控子系统、数据通信网络 6 个组成部分。

多点定位系统结构框图见图 4。其中远端接收站子系统负责接收处理目标应答机和参考应答机的应答信号并输出至中心处理站。中心处理站子系统则负责接收所有远端站的数据并进行同步校准和数据处理，对目标进行定位解算并组成标准报文输出。参考基准站子系统负责整个系统的同步和监视，并负责对系统进行基本的测试。询问发射站子系统负责向目标发射 AC/S 模式询问信号，并同时接收处理中心处理站的询问指令。监控子系统负责对所有其余子系统进行状态监视和控制。数据通信网络负责各子系统、其它监视设备与中央处理子系统之间的数据传送。

多点定位系统具备 mode A/C 与 DF0、DF4、DF5、DF11、DF17、DF18、DF20 和 DF21 等格式的 Mode S 信号处理功能，覆盖范围内目标定位功能，目标询问功能，系统自动监控功能，原始数据记录回放功能，ASTERIX CAT10 目标报文输出功能等。

多点定位技术优势

多点定位技术充分利用民航飞机标准配置应答机的 A/C 模式和 S 模式应答信号，以及 S 模式 “squitter” 信号，采用多

点接收方式确定飞机或其他运动目标的位置。由于该系统可以完全兼容传统二次雷达、S模式二次雷达和ADS-B下行数据传输链路，可以接收和解码飞机A模式代码和S模式地址，因而具备目标标识能力和高精度定位能力。

与场面监视雷达相比，该技术的特点在于：

- (1) 充分利用机载现有标准应答机，而无需加装其他机载导航设备完成定位监视；
- (2) 兼容ADS-B技术；
- (3) 数据更新率高；
- (4) 与现有场面监视雷达相比，系统成本低。
- (5) 系统监视覆盖无盲区，定位精度高。
- (6) 系统具有目标标识能力；
- (7) 体积小，站点配置灵活，系统监视覆盖范围适应性强。接收站天线为没有旋转机构的简单全向天线，且接收站处理简单，可以实现轻型、小型化。

多点定位系统待解决的技术问题

随着国内外多点定位系统的大量应用，多点定位也面临一些待解决的问题。下面就多点定位技术领域面临的几个主要问题进行分析。

1) 系统抗干扰问题

在高密度的机场，大量飞机如果以每秒几十个脉冲同时发射应答信号，多点定位接收机采用的全向天线将全部接收到这些信号，再加上多径和反射等效应，如果不采用抗干扰措施，多点定位系统将无法工作。干扰对定位和解码的破坏性作用，

严重影响多点定位系统的工作效能，带来很大的安全隐患。因此迫切需要提高系统的抗干扰能力。

2) 多点定位询问发射问题

主动式多点定位系统涉及到询问发射，如何控制询问发射，并处理好与二次雷达之间的相互干扰是需要考虑解决的问题。

3) 多点定位站址选择问题

多点定位技术实现场面监视需要在场面建设多个远端接收站，特别是对于大型机场，可能需要布置20个，甚至30个以上站点，这对站址选择来说是个重要问题。因为建站涉及到机场所有相关单位，例如空管、机场、航空公司等。如何进行选址和环境保障是系统工程建设将面临的问题。

4) 多点定位数据传输问题

多点定位系统由于多站分布布局方式，站点可能建设在导航台站、塔台、航站楼以及机场场面其余建筑物上，需要考虑保障站点和中心站的数据通信，特别是一些已建设机场，并没有专用有线传输网络，如何进行系统间数据传输成为待解决的难点问题。

多点定位技术国外应用现状

ICAO，美国FAA、Eurocontrol、Eurocade等民航国际组织和地区组织已经将多点定位技术和系统作为标准监视系统进行推荐，并制定了一系列相关的技术标准和发展规划，组织了一系列的验证评估试验工程（欧洲1995-1999年进行DEFAMM DEMO工程，2000-2001年进行BETA工程，美国FAA 2000年进行RIRP工程项目）。一些国家已经部署其应用系统（捷克已就其全境部署多点定位空域监视系统网进行

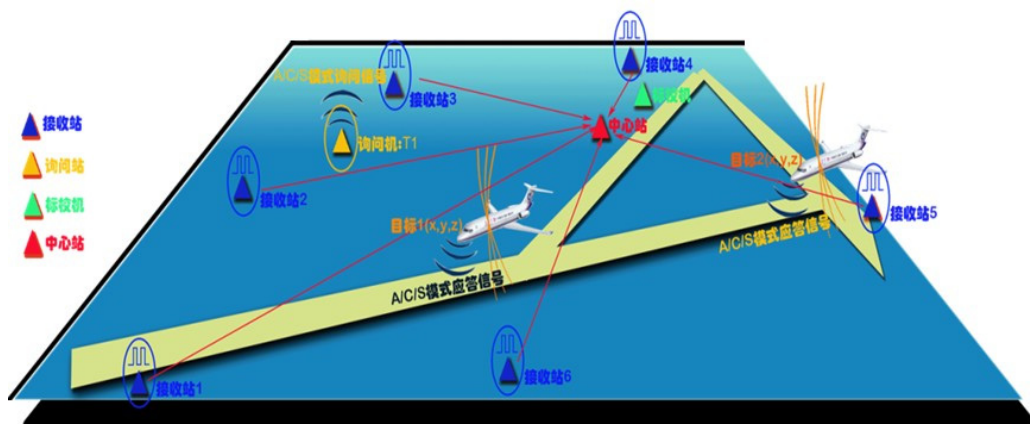


图3 多点定位系统运行示意图

中国民航多点定位技术应用

国内首都机场已经布置一套多点定位系统，用于3跑道平行跑道监视和终端区监视。该系统为主动式监视系统，其中场面布置了多套接收站、发射站和基准站，实现了场面三条跑道、滑行道和机动飞行区的全部监视。此外，广州白云机场、上海虹桥机场及西安咸阳机场正在进行多点定位系统的建设。

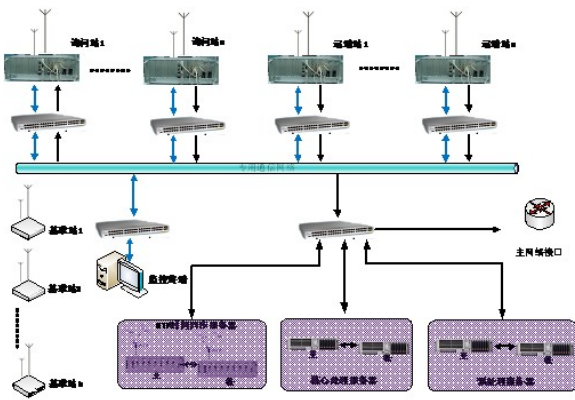


图4 多点定位系统结构框图

应用验证)。

国际上主要的多点定位监视系统的生产商为ERA公司、Sensis公司、THALES公司、Rannoch公司和Roke Manor公司，这些生产厂商主要来自美国、英国、法国、加拿大和捷克。美国的Sensis公司等研制开发的多点定位系统，已由FAA批准在美国近30个机场试用，并出口到包括欧洲、亚洲的多个国家；英国Roke Manor Research公司采用多点定位技术开发了vigilance系统。捷克ERA公司采用该技术开发了VERA系列监视系统，包括用于场面监视的VERA-ASCS，用于ATC远程监视的VERA-AP系统，用于装备部队的VERA-E系统，我国的首都国际机场已经购买其MSS多点定位系统用于平行跑道监视。

多点定位技术同时也具有军事应用的潜力。由于该项技术具有无源探测定位的技术特点，在军事上的用途引起军方的关注，捷克ERA公司，采用该多基站定位技术的VERA-E系统，已经装备部队，出口到美国和奥地利。

民航局第二研究所2009年就已突破了多点定位系统关键技术，并获得了2009年民航局科技一等奖，其多点定位系统已经在成都双流机场场面及周边终端区进行测试验证3年以上。民航二所的多点定位系统已在桂林机场开展了多点定位示范验证工程，系统建设已全部完成，监视数据已送至管制部门进行试用。

(供图：民航二所科研中心)



桂林机场塔台显示终端照片



桂林机场多点定位系统现场建设情况