

2026 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目

(请先阅读“全国大学生数学建模竞赛论文格式规范”)

B 题 无线电干扰源的快速自动定位与清除

无线电干扰源的定位与清除是无线电频谱管理的重要任务。无线电干扰源的定位通常分为三个阶段：初步监测、区域性排查和精准定位。前两个阶段使用固定监测站、移动监测车或无人机等设备进行大范围信号采集与分析，确定干扰源目标的分布区域。然而，受限于环境遮挡、低功率干扰源等因素的影响，每个干扰源的精准定位最终需要技术人员在目标分布区域内进行；为了尽快消除干扰造成的不良影响，此任务完成时间越短越好。在干扰源精准定位阶段，技术人员携带便携式无线电方位监测测向机(简称测向机)等手持设备徒步排查，通过观察分析信号场强变化、方向特征，结合经验进行判断，逐步定位干扰源，最终确定干扰源所处的位置，并加以清除。干扰源的特征见附录 1。

某公司拟研发搭载于机器狗的干扰源自动定位清除系统，能在危险环境中代替技术人员开展定位及清除工作，以提高定位及清除效率。系统的检测原理和工作方式见附录 2。

干扰源目标分布区域已被确定为一个半径为 1800 米的圆形区域，取此圆域中心为坐标系原点，正东方向为 x 轴正向，正北方向为 y 轴正向（单位：米）。目标区域中干扰源个数未知。

请建立数学模型解决以下问题。

问题 1 已知若干个检测点坐标及某干扰源关于这些检测点的示向度，请给出采用交会定位法（见附录 2）计算多边形定位区域直径（即区域内任意两点之间距离的最大值）的算法。以定位区域直径为直径的圆能否覆盖此定位区域？

问题 2 已知某全向干扰源在一个检测点处测得的示向度，请给出第二个检测点的选择策略，以获得关于该干扰源较好的定位效果，并给出第二个检测点的候选区域。

问题 3 已知目标区域中的干扰源均为全向干扰源，总数在 10-16 个之间，但具体个数未知。现派出一只机器狗从原点出发，测向机初始频道为 1，对目标区域中的干扰源进行自动定位并清除。要求在确保所有干扰源被清除的前提下，完成任务的时间越短越好。请制定机器狗自动搜索定位及清除的策略，并设计相应的算法。请通过模拟器进行演练测试（见附录 3 中的说明），计算关于演练测试的以下统计值，以此检验策略的有效性：

$$\text{被清除干扰源个数的比例} = \frac{\text{被清除干扰源的个数}}{\text{干扰源总数}}$$

$$\text{平均定位清除时间} = \frac{\text{定位清除总时间}}{\text{被清除干扰源的个数}}$$

其中定位清除总时间包含机器狗移动时间、频道切换时间、检测时间、光学精确定位时间及清除时间等。

在充分演练测试后，再进行三次正式测试（见附录 3 中的说明）。请在论文中按表 1 的格式给出每次正式测试的结果。在模拟器中导出三次正式测试的日志文件(不要修改文件名)，放入支撑材料中。

表 1 问题 3 正式测试结果

测试案例编码	清除干扰源个数	平均定位清除时间	程序运行时间
测试 1 案例编码			
测试 2 案例编码			
测试 3 案例编码			

问题 4 已知目标区域中既有全向干扰源，又有定向干扰源，总数仍为 10-16 个之间，但具体个数未知，定向干扰源的个数及定向方向也未知，其他条件与问题 3 相同。请在此条件下给出检测与清除的策略及算法，并通过模拟器进行演练测试（见附录 4 中的说明），检验其有效性。

在充分演练测试后，再进行三次正式测试（见附录 4 中的说明）。请在论文中按表 1 的格式给出每次正式测试的结果。在模拟器中导出三次正式测试的日志文件，放入支撑材料中。

附录 1 干扰源的特征

(1) 每个干扰源的频道互不相同，且不随时间发生变化。干扰源频道位于常见的 20 个频道中，根据各频道中心频率的不同依次编号为 1 至 20。

(2) 不同干扰源的信号互不影响。

(3) 按信号覆盖角度范围划分，干扰源分为全向干扰源与定向干扰源两类。全向干扰源无特定发射指向，有效覆盖角度范围为 360° 。定向干扰源具有特定的发射方向（简称定向方向），有效覆盖角度范围为定向方向两侧各 90° （含），在此角度范围之外没有信号辐射。

(4) 全向干扰源和定向干扰源在其有效覆盖角度范围内，信号均匀辐射，其场强仅随距离衰减，与角度无关。

附录 2 测向机等设备的原理和工作方式

(1) 测向机通过检测干扰源的场强变化来推断干扰源相对于检测点位置的方位信息。若检测点位置不变，当接收天线指向干扰源时，检测到的场强最大。将测向机在检测点接收到干扰源的最大场强方向的方位角（ x 轴正向逆时针旋转至检测点指向干扰源的向量方向的角度，单位：度，范围 $[0^\circ, 360^\circ)$ ）称为测向机在检测点处测得的干扰源的示向度（简称示向度）。由于环境影响及测向精度所限，测向机的读数会受到当地电磁环境的影响，使得测向机测得的示向度与干扰源的最大场强方向的真实方位角之间存在一定的误差。在一段时间内，同一地点的电磁环境干扰是固定的，所以重复检测不会改变检测误差。只有在不同地点、不同电磁环境下，误差才会呈现统计规律。从目标区域全局来看，所有这些误差在 $[-1^\circ, 1^\circ]$ 范围内（见图 1）。

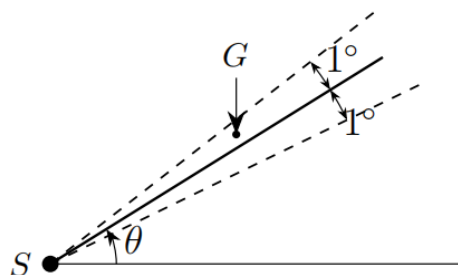


图 1 干扰源 G 关于检测点 S 的示向度示意图

(2) 测向机的灵敏度是其能够有效接收到的信号的最小场强。本题中各个干扰源的发射功率及测向机的灵敏度均已确定,各个干扰源的最大可被有效接收距离(简称有效接收半径)在 1000 米到 1500 米之间。

(3) 对多个干扰源的定位,通常使用交会定位法。图 2 是两个检测点 S_1 、 S_2 对同一干扰源 G 交会定位的示意图,其中两条实线方向分别为在 S_1 、 S_2 处测得的 G 的示向度方向,实线与相邻两条虚线的夹角均为 1° ,红色四边形称为定位区域。

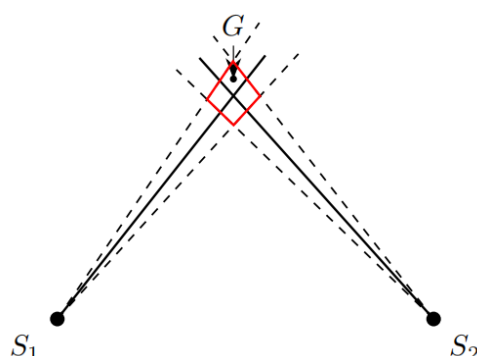


图 2 交会定位法的示意图

(4) 测向机不能同时检测多个频道的场强,每次变换检测频道时,需要先将当前频道切换到拟检测频道,才能进行检测。任意两个频道之间的切换时间为 1 秒。

(5) 移动过程中无法进行有效检测,必须停下来进行检测。因此,机器狗在任何一点进行检测时,先停止移动,切换到拟检测频道,不断调整天线朝向,检测得到该频道干扰源的示向度。调整天线朝向并获得示向度稳定读数(或确认无信号)的时间为 5 秒。

(6) 机器狗沿直线行进,移动速度为 5 米/秒。

(7) 忽略机器狗所携带的测向机与干扰源的高度差异,即认为测向机与所有干扰源位于同一平面上。

(8) 由于环境干扰因素及仪器参数限定,机器狗携带的简易光学探测仪在距离干扰源不超过 20 米方可精确定位干扰源,并启动激光枪清除之。启用光学探测仪精确定位的时间为 3 秒,启用激光枪清除干扰源所需的时间为 2 秒。光学精确定位及清除操作是否成功仅与清除点与干扰源之间的距离有关,与干扰源信号有效覆盖角度范围无关。

(9) 当检测点与干扰源的距离不超过 5 米且位于干扰源信号有效覆盖角度范围内时,由于信号太强,将无法获得示向度信息,此时可直接进行光学精确定位并清除干扰源。

附录 3 问题 3 测试说明

请先下载无线电干扰源环境模拟器(简称模拟器)用于测试。模拟器可模拟目标区域的电磁环境,机器狗程序(简称机器狗)通过 HTTP+JSON 接口与模拟器进行通信,发送检测、清除等指令,并获取模拟器反馈的检测结果或清除结果,按照你们设计的算法对干扰源进行检测和清除,通信协议、具体测试过程与要求见附件 1 和附件 2。

测试中每个案例包括以下数据:目标区域中干扰源的个数、频道编号、位置、有效接收半径等,所有数据无法直接读取。测试分为“演练测试”和“正式测试”两个模块,其中演练测试用于对策略与算法的效果进行测试,测试环境及操作与正式测试完全一致,但没有测试次数的限制,并且会在测试结束时给出干扰源的数量。

你们将进行三次正式测试,模拟器每次随机生成一个案例。你们确认开始测试后,模拟器先准备案例数据。全部准备就绪后,模拟器显示 5 秒倒计时。倒计时结束时开启 25 分钟

测试窗口并开放机器狗接口。“中止测试”按钮仅用于手工结束测试,但不能取消本次测试,同样会占用一次测试机会。

机器狗应在界面显示接口已经就绪后调用“/enter”进入目标区域。成功调用“/enter”后,机器狗的虚拟时间和程序运行时间开始计时。程序运行时间最长 20 分钟,测试同时受 25 分钟窗口限制,以较早到达的截止条件为准。因此,25 分钟窗口开始后 5 分钟内成功调用“/enter”可以用足 20 分钟;晚于 5 分钟进入时,实际可用时间不足 20 分钟。“/enter”响应会返回本次实际剩余的程序运行时间。

机器狗每次测试的初始位置为 (0,0),初始频道为 1。机器狗在虚拟世界的活动时长通常不构成约束,但为了防止程序死循环,设定上限为 100 小时。机器狗位置通常也不构成约束,但为避免数值异常,提交给接口的每个坐标分量绝对值不得超过 2000000 米。

任务完成后,机器狗应调用“/exit”主动结束测试。主动退出、手工中止、25 分钟窗口超时、“/enter”后程序运行超时、虚拟时间超时或技术异常都会结束本次测试。通常“/enter”指令与测试结束时刻之间的时长被视为该次测试的程序运行时间。每次正式测试结束后,模拟器生成加密行为日志并自动加入上传队列。你们还需要从模拟器导出对应日志,放入支撑材料中。

演练测试和正式测试都要求模拟器全程保持网络连接,并在开始测试前完成在线登录和服务器时间校验。

北京时间 2026 年 9 月 13 日 17:30 之后,模拟器不能启动新的演练测试或正式测试。此前已经开始的测试不受影响,可以正常完成;行为日志只要已经进入上传队列,模拟器就会继续自动上传直至完成,不受该时间限制。为避免竞赛后期网络拥堵,建议尽早进行正式测试,建议在 2026 年 9 月 13 日 15:30 之前完成全部正式测试。

附录 4 问题 4 测试说明

测试中每个案例包括以下数据:目标区域中干扰源的个数、频道编号、位置、有效接收半径、定向方向等,其中全向干扰源的定向方向为空,所有数据无法直接读取。测试也分为“演练测试”和“正式测试”两个模块,其中演练测试的测试环境及操作与正式测试完全一致,但没有测试次数限制,并且会在测试结束时给出干扰源的数量。

正式测试中机器狗的初始状态、启动流程、时间限制、联网要求、行为日志和截止时间等均与问题 3 正式测试相同。你们将进行三次正式测试,模拟器每次随机生成一个案例。