



西南科技大学

Southwest University of Science and Technology

# 基于辐射特征重建的移动机器人源 自动定位方法研究

厚德 博学 笃行 创新



# 目录

一

源定位任务

二

算法设计

三

仿真实验与真实实验验证

四

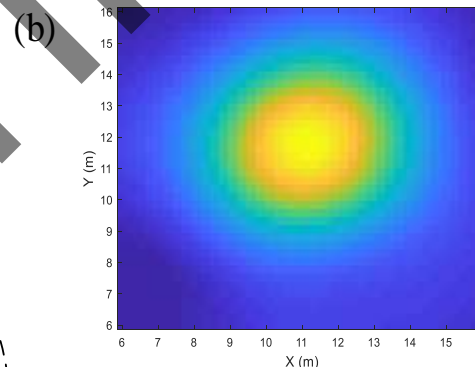
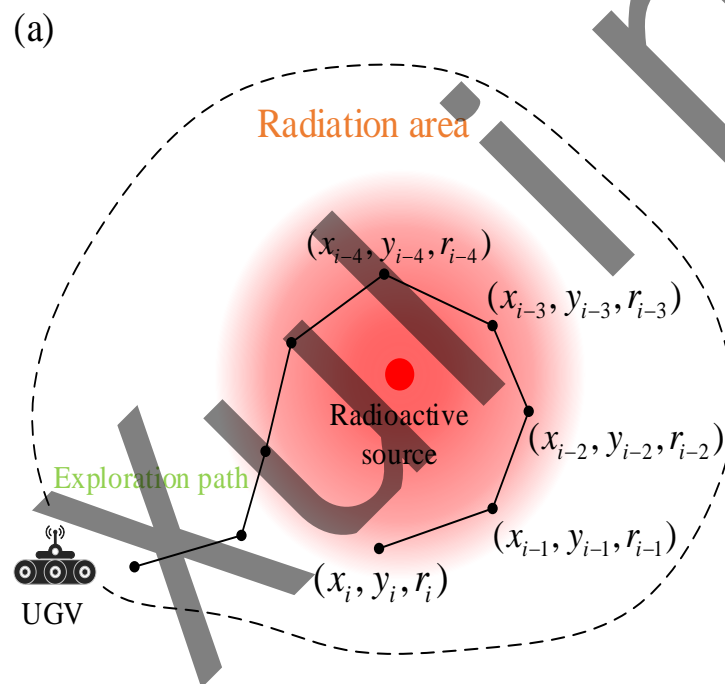
总结与下一阶段规划



# 源定位任务

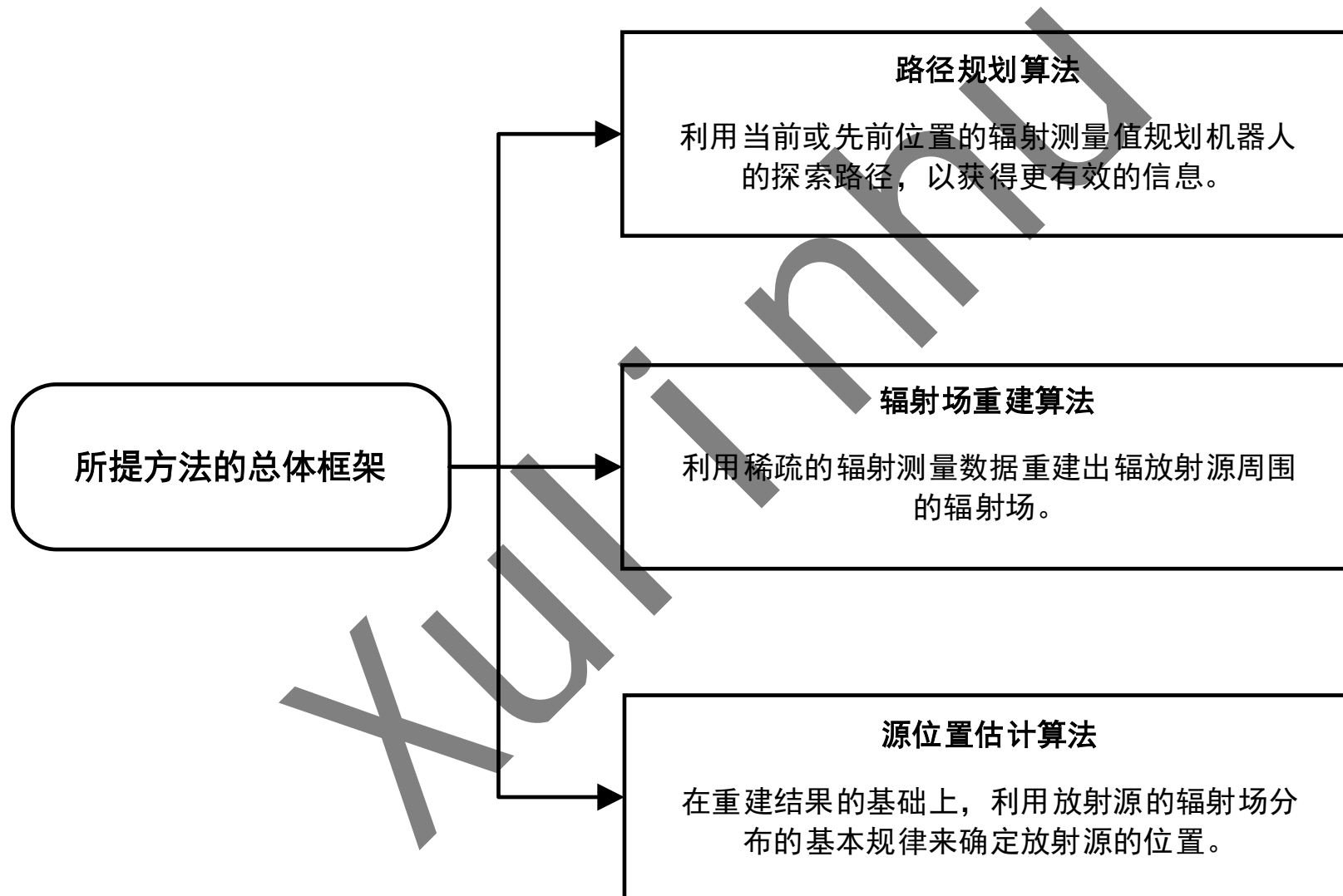
前期我们开展了通过高斯过程回归(GPR)重建辐射场并定位未知放射源的实验，然而在放射源搜索时必须远程控制移动机器人遍历整个区域并进行辐射数据采集，难以解决实际工程中的源自动搜索问题。为此，**拟设计一种源自动定位算法**，使机器人能够自动规划搜索路径，并在搜索时重建放射源周围的辐射场，最终通过重建的辐射场定位放射源。

## 源定位任务描述





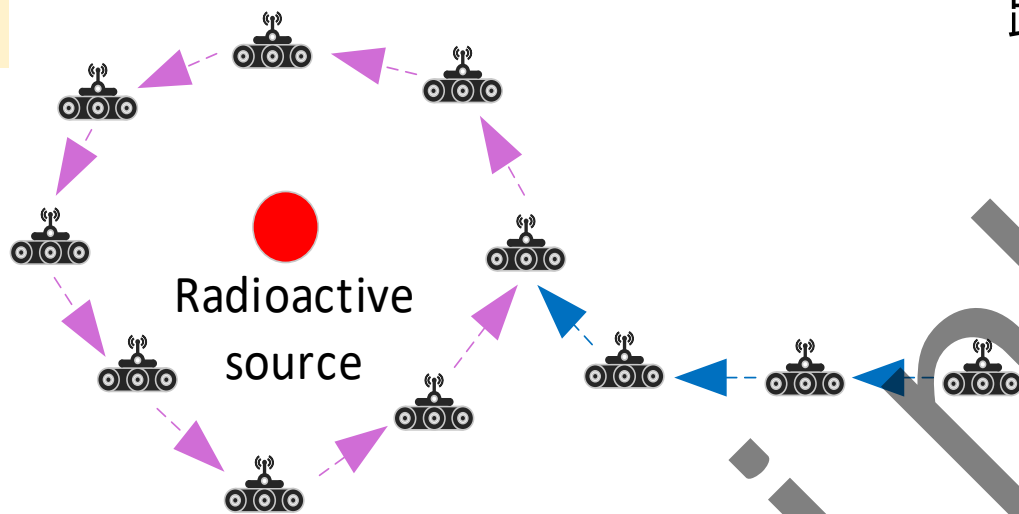
# 算法设计总体框架





# 路径规划算法设计

## 路径规划示意图

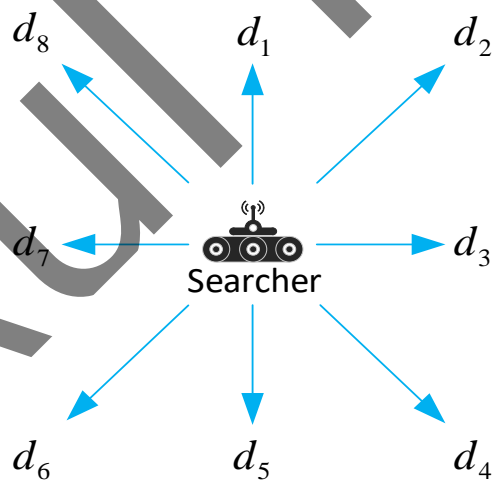


路径规划算法分为三部分：

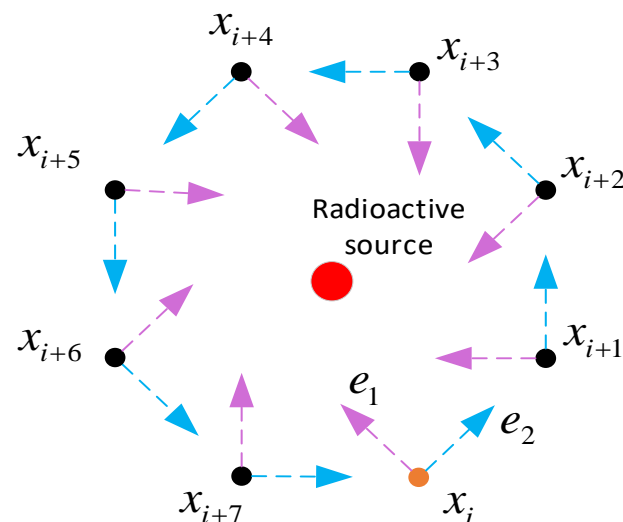
1. 机器人朝着源位置移动并采集辐射数据
2. 辐射数值达到一定阈值绕着源移动
3. 路径形成闭环结束路径规划

预先定义：

1. 搜索区域栅格划分
2. 机器人搜索方向设为八领域
3.  $e_1$  表示辐射梯度最大方向； $e_2 \perp e_1$



机器人的移动方向



机器人绕源采集辐射数据



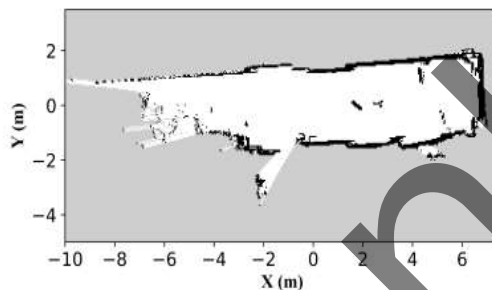
# 辐射场重建算法

选用**GPR模型**作为辐射场重建算法

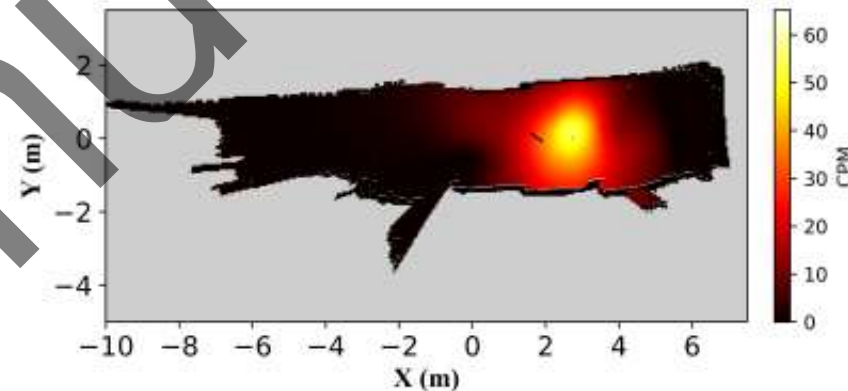
**GPR重建  
效果**



(a)



(b)



选用峰值分析方法用于估计源位置

$$X = \Gamma \frac{A}{R^2}$$



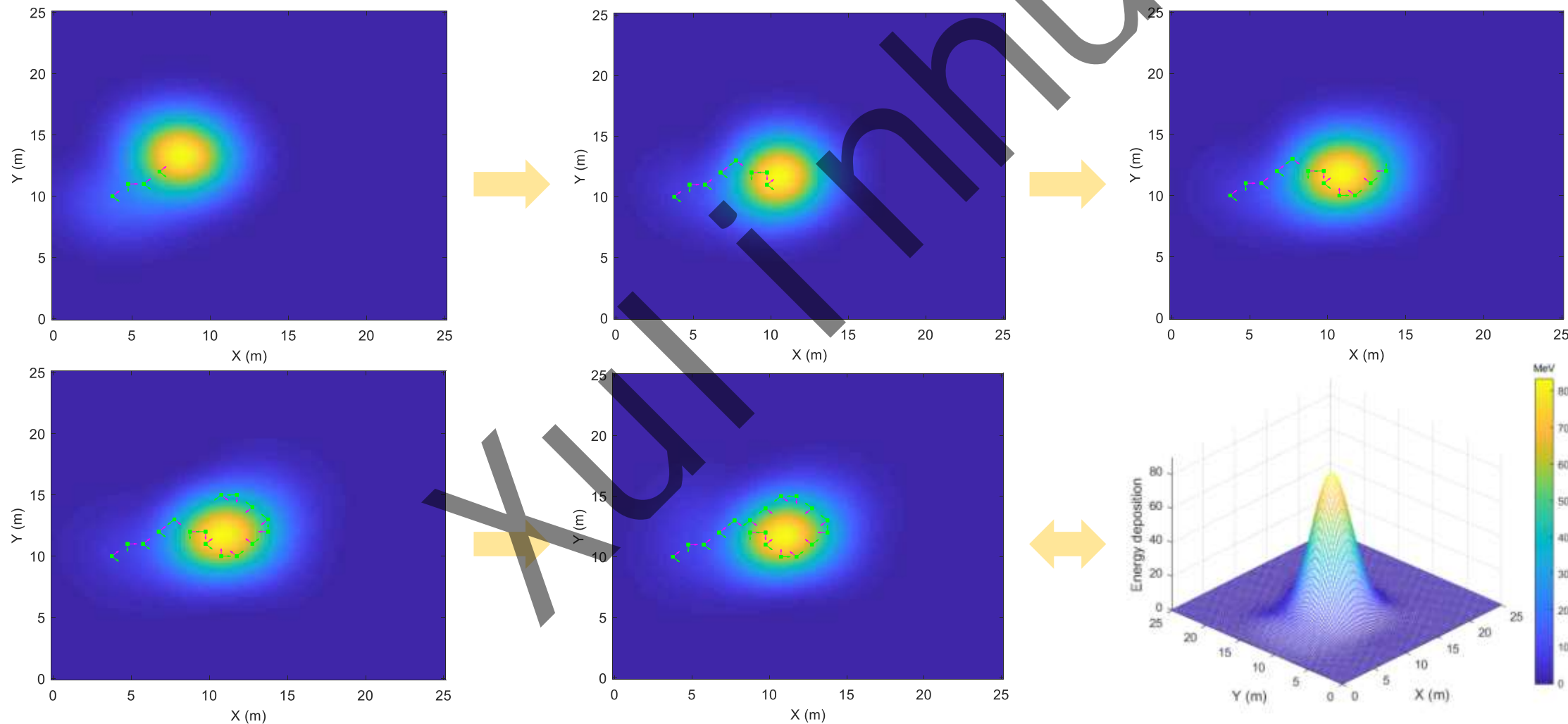
$$X = \sum_i^n \Gamma \frac{A_i}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$$

放射源辐射剂量分布服从平方反比定律，因此，源位置的辐射剂量最大；多个源会存在多个峰值。



# 仿真实验

## 单个放射源的路径规划与辐射场重建

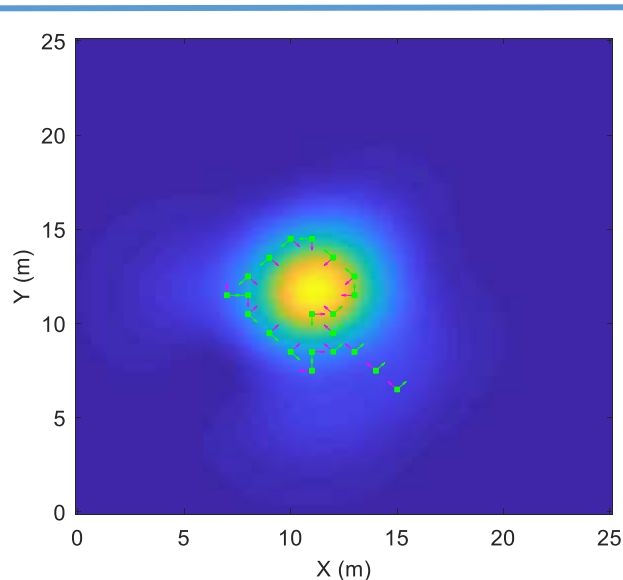




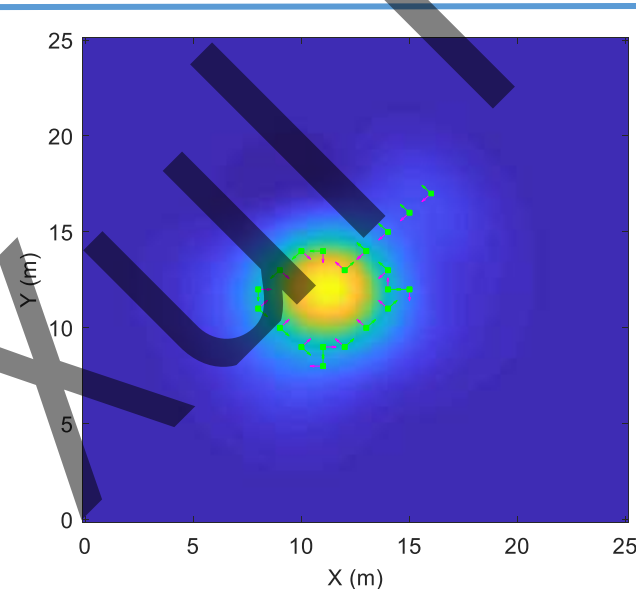
# 仿真实验

不同辐射测量次数下的源位置估计误差

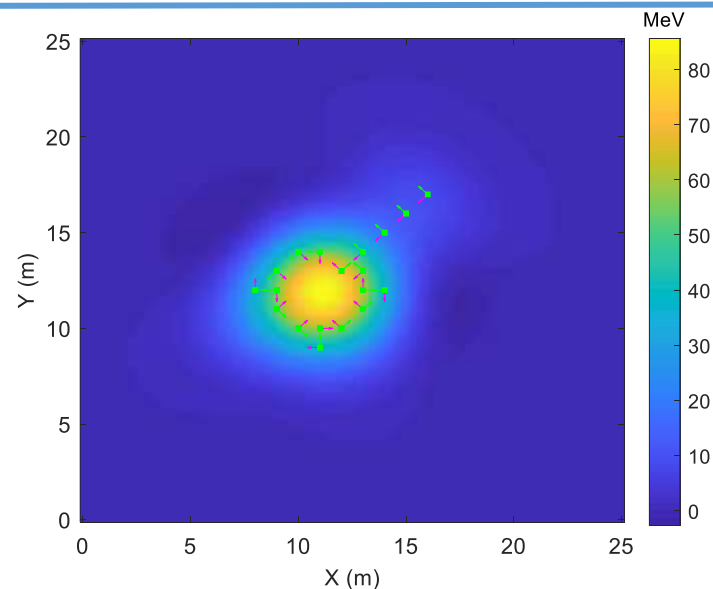
测量次数	估计源位置 (m)	误差 (m)
4	(8.08,13.13)	(2.92,1.13)
8	(10.61,11.62)	(0.39,0.38)
12	(10.86, 11.62)	(0.14,0.38)
16	(10.86, 11.87)	(0.14,0.13)
18	(11.11, 11.87)	<b>(0.11,0.13)</b>



不同起始位置路径规划与辐射场重建结果对比



不同阈值路径规划与辐射场重建结果对比



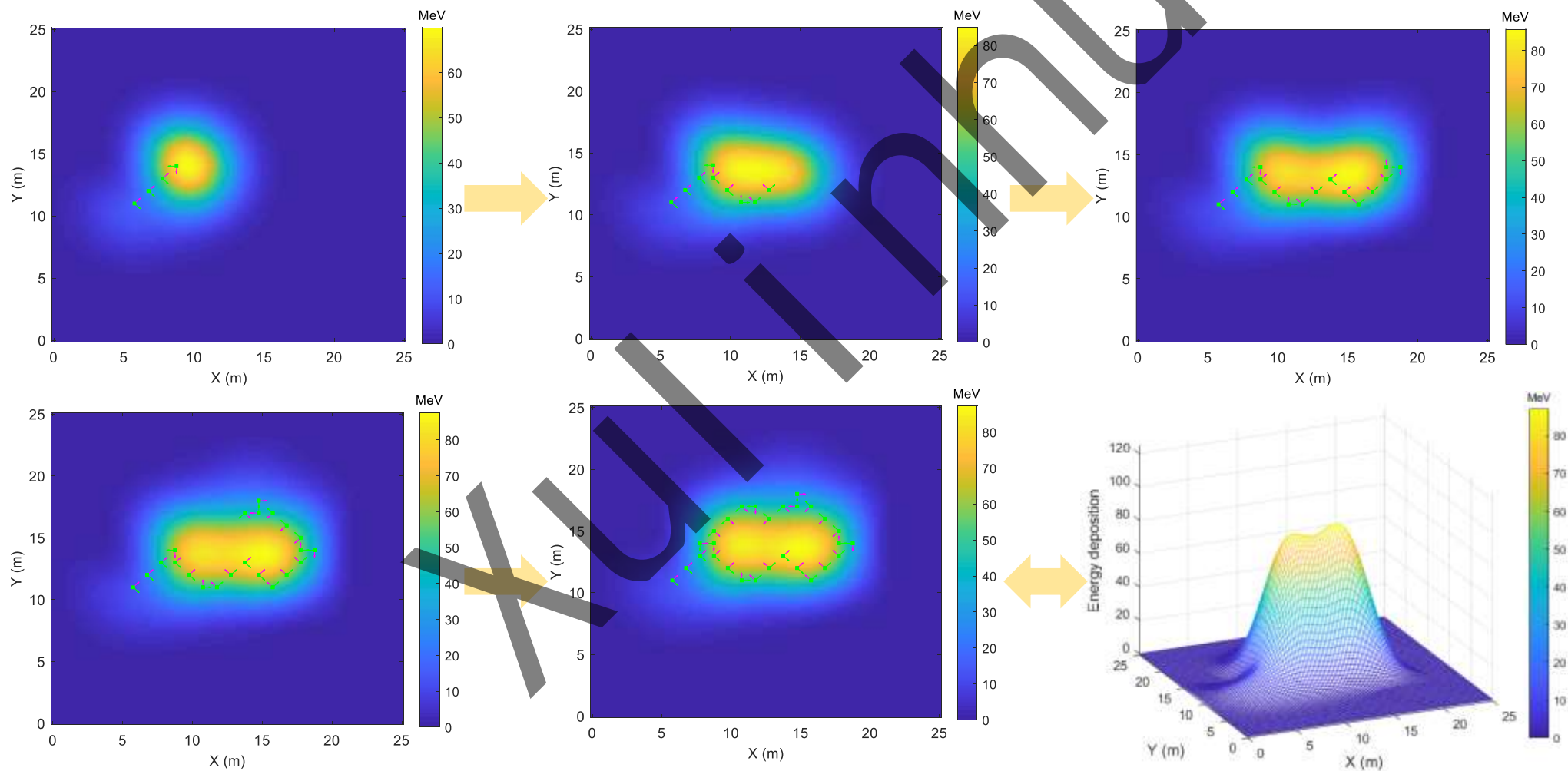




# 仿真实验

两个放射源（相同活度）的路径规划与辐射场重建

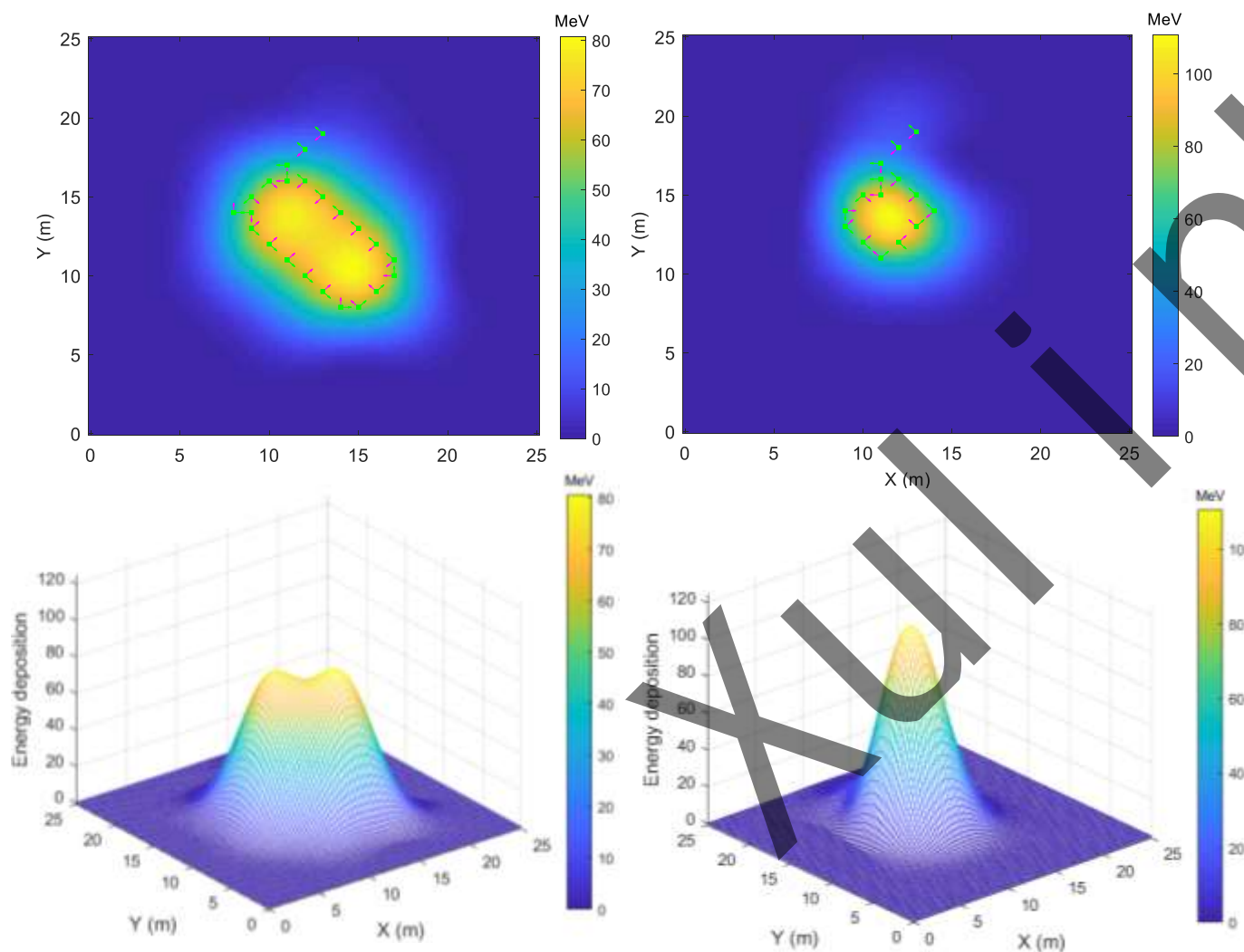
相隔分散



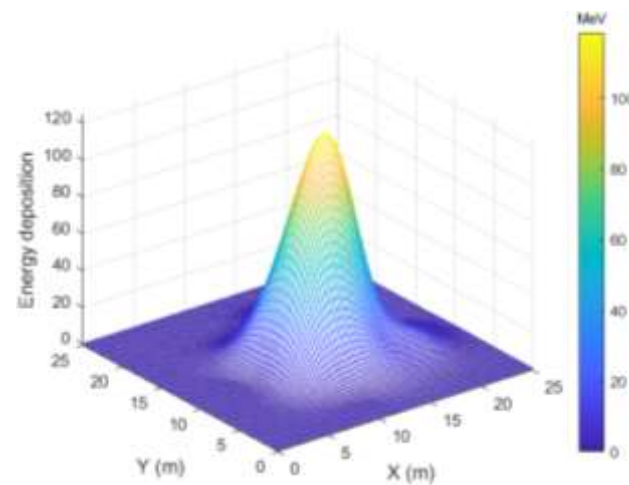
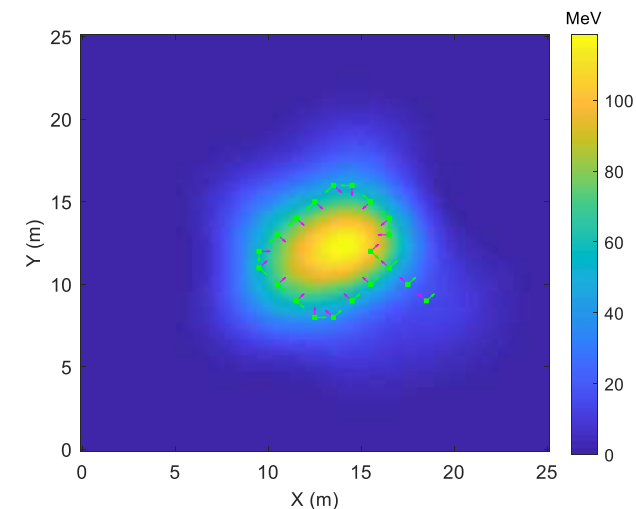
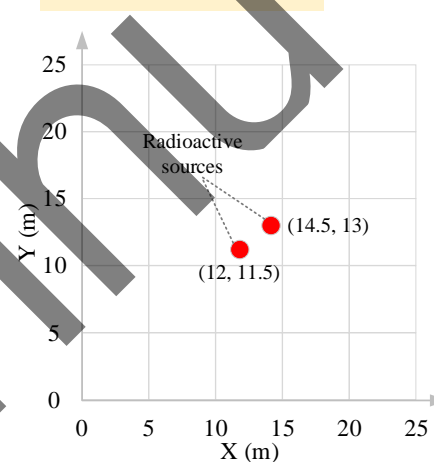


# 仿真实验

## 两个放射源（相同活度）的路径规划与辐射场重建



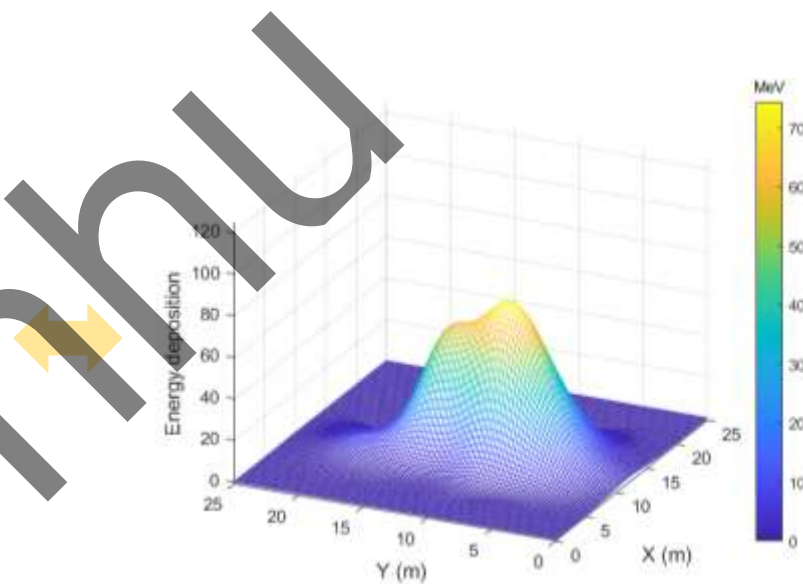
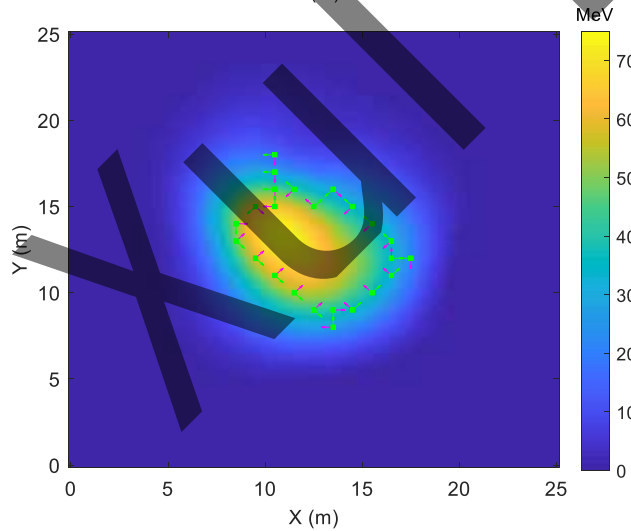
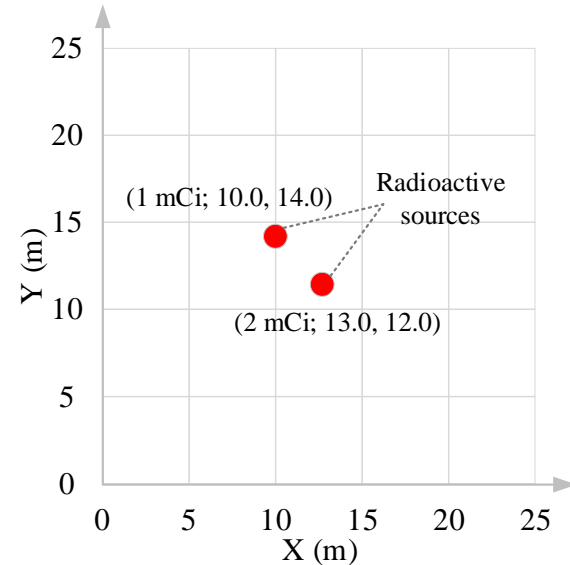
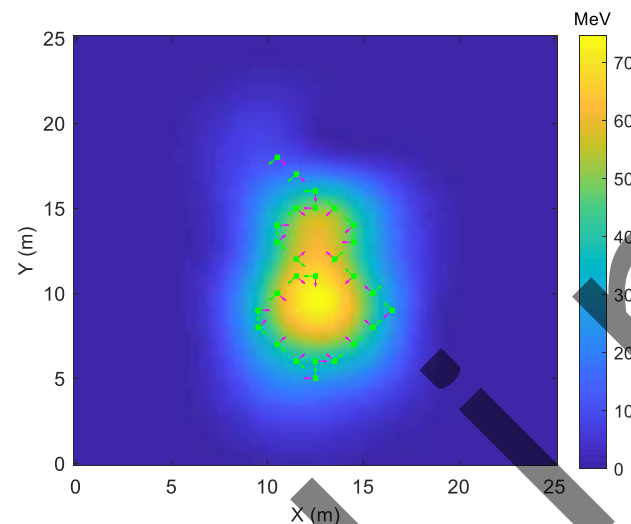
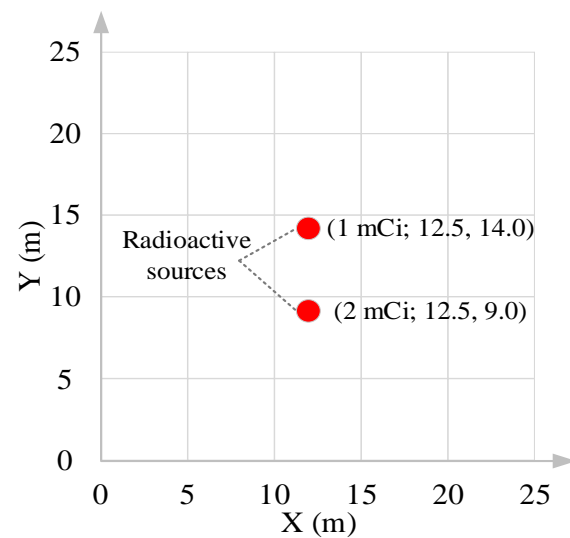
相隔集中



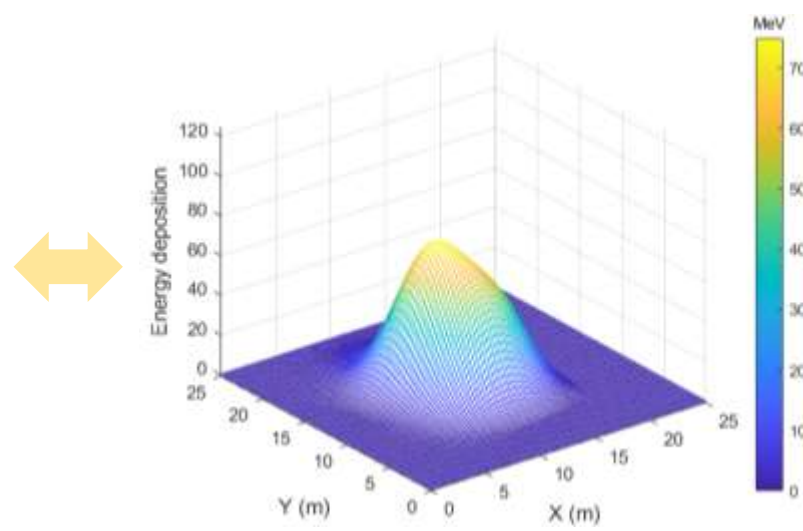


# 仿真实验

## 两个放射源（不同活度）的路径规划与辐射场重建



相隔分散

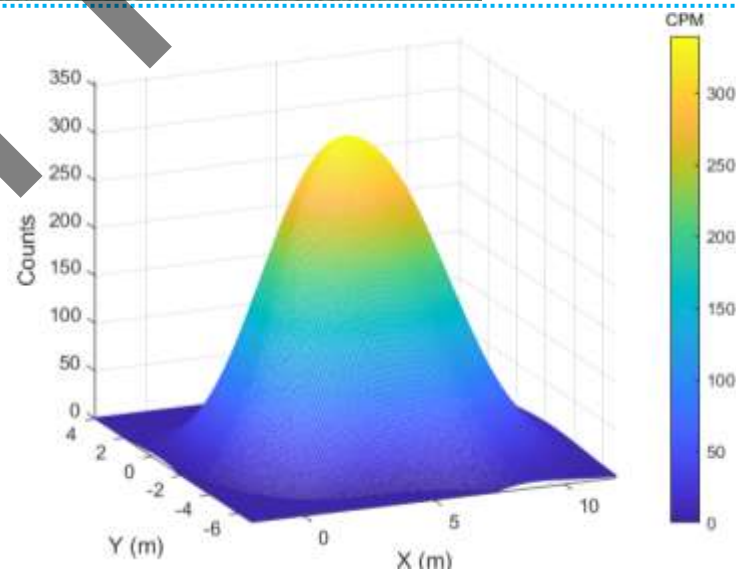
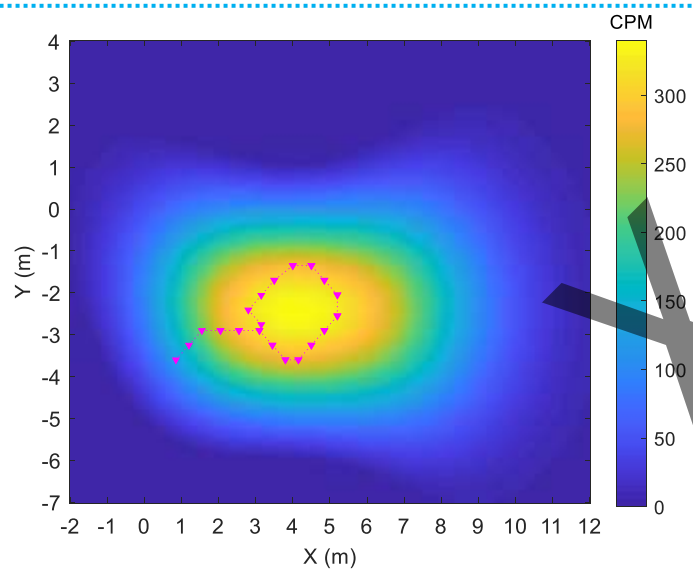
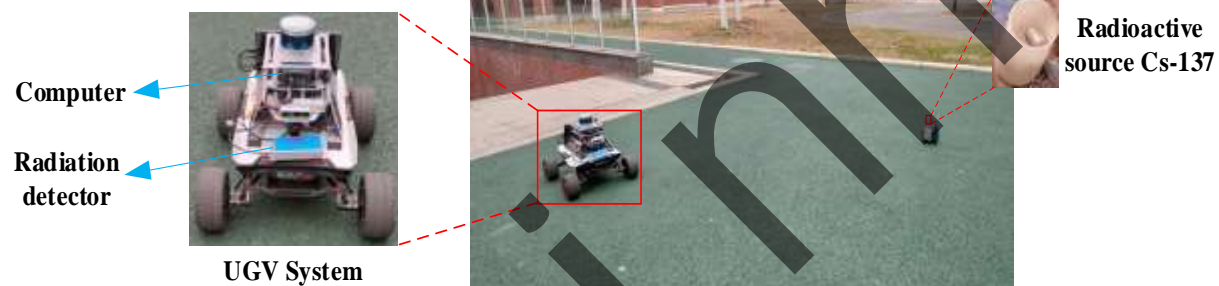


相隔集中



# 真实实验

## 单个放射源定位真实实验



定位精度约  
0.3m



# 总结与下一阶段规划

## 论文总结

- 算法需要提前设置阈值，即需要源活度作为先验信息
- 算法还需要进一步完善以解决算法在障碍物环境下的源定位
- 算法更加适用于阵列探测器或伽马相机

## 下一阶段规划

**重建三维辐射特征地图：**将在三维无障碍物空间中仿真获得的辐射数据与点云地图相融合，从而获得三维辐射剂量率分布图。

- 拟采用**BP神经网络**以稀疏三维辐射数据重建三维辐射场
- 三维辐射场与三维点云地图相融合

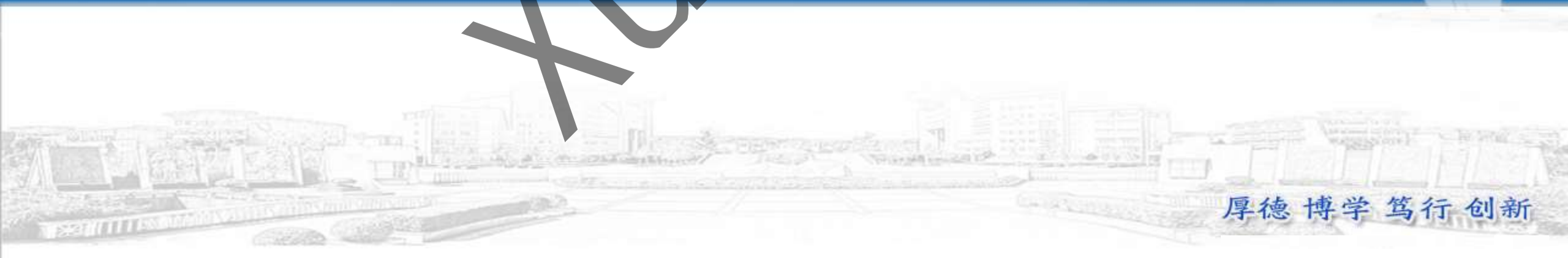




西南科技大学

Southwest University of Science and Technology

感谢倾听!



厚德 博学 笃行 创新