2024年江苏省研究生数学建模科研创新实践大赛B题

火箭烟幕弹运用策略优化

随着光电技术的发展，现代战争中光电制导对战场重要目标的生存构成了极大威胁。而烟幕在对抗红外制导、激光制导、毫米波探测等光电武器方面具有显著成效。烟幕主要由固体和液体微粒混合而成，它通过散射或吸收的方式，干扰敌方导弹或光电侦察设备正常工作，对己方重要目标形成保护。

火箭烟幕弹具有反应速度快、形成时间短、散布面积大、留空时间长、遮蔽波段宽等突出特点，深受各国军方重视并得到广泛应用。随着烟幕弹制导化进程不断加快，烟幕弹已逐步实现在抛撒前能精确控制起爆高度和起爆时间，提升烟幕对来袭武器的有效遮蔽效能。

实际中，烟幕弹的使用需与相应的有源、无源对抗措施协同行动，才能取得较好的对抗效果。本赛题仅考虑某型烟幕弹的运用策略优化问题。该型烟幕弹采用车载发射方式，经发射车以一定的角度和速度发射出去，飞行一段时间后在空中爆炸，在来袭武器和保卫目标之间形成一定范围的烟幕。为达到隐真示假目的，烟幕弹要求在距保卫目标至少100 m外起爆。烟幕弹起爆点处烟幕初始云团，沿着来袭武器进攻方向看，近似为一半径为10m的圆盘状，随后在重力和风力作用下运动。据试验数据知，云团中心10m范围内的烟幕在起爆30s内可对来袭武器实施有效干扰，500m高度的烟幕云团在80s后基本降沉到地面。

考虑来袭武器为一枚空地导弹。警戒雷达发现来袭导弹时，该导弹距保卫目标中心的径向距离10km、飞行高度离地面900m，飞行速度300m/s。假定该导弹探测装置的视场角为，视线指向保卫目标中心。

为实现有效的烟幕干扰效果，需优化设计火箭烟幕弹运用策略（烟幕弹的起爆点、起爆时间、最优耗弹量等）。为问题简化，本赛题只考虑无风以及风速为3m/s两种情形。在考虑风速为3m/s时，需具体分析不同风向的影响。

请你们小组建立数学模型，针对下面三种情形，分别设计最优的火箭烟幕弹运用策略。

（1）保卫目标为位于固定阵地的一辆雷达车。

（2）为达成隐真示假目的，在对雷达车实施有效遮蔽的同时，还需尽可能使得位于保卫目标左前方（导弹位置在正前方）150m处的假目标不被烟幕遮蔽。

（3）若需保卫的目标是行进中的由6辆任务车组成的车队，车队行进平均速度为50km/h，发现来袭导弹时，该导弹与车队前行方向夹角为，导弹运动方向直指保卫目标中心。