

## B 题 5G 网络环境下应急物资配送问题

一些重特大突发事件往往会造成道路阻断、损坏、封闭等意想不到的情况，对人们的日常生活会造成一定的影响。为了保证人们的正常生活，将应急物资及时准确地配送到位尤为重要。伴随着科技水平的提升及 5G 网络的逐渐普及，无人机的应用越来越广泛，“配送车辆+无人机”的配送模式已经渐渐成为一种新的有效的配送方式。

“配送车辆+无人机”的配送模式是指：在物资配送过程中，配送车辆对某地点进行配送的同时，无人机也可向周围可行的地点进行配送，并于配送完成后返回配送车辆重新装载物资、更换电池。这种配送模式可以大大提高应急物资的配送效率，也可以解决复杂路况下的物资配送，避免次生灾害对人员的二次伤害。

在应急物资配送过程中，配送车辆可在某地点释放无人机，再前往其它地点配送。配送车辆可先于无人机到达某地点等待接收无人机，也可比无人机晚到某地点再回收无人机。无人机在一次飞行过程中可对一个地点进行配送，也可根据实际情况对多个地点进行配送。无人机完成一次飞行后可返回配送车辆换装电池，然后再次进行配送。配送车辆和无人机合作完成所有地点应急物资配送任务，返回到出发地点，此时称为完成一次整体配送。

完成一次整体配送所需要的时间是配送人员主要考虑的因素，按照配送车辆和无人机从出发开始至全部返回到出发地点的时间来计算。在配送过程中，不考虑配送车辆及无人机装卸物资的时间，同时不考虑配送车辆和无人机在各个配送点的停留时间。

为了尽快完成物资配送任务，请根据附件所给数据解决以下几个问题：

1. 图 1 给出 14 个地点，其中实线代表各地点之间的路线情况。若目前所有应急物资集中在第 9 个地点，配送车辆的最大载重量为 1000 千克，采取配送车辆（无人机不参与）的配送模式。请结合附件 1，建立完成一次整体配送的数学模型，并给出最优方案。

2. 图 2 中实线代表车辆和无人机都可以走的路线，虚线代表只有无人机可以走的路线。应急物资仍然集中在第 9 个地点，配送车辆的最大载重量为 1000 千克，采取“配送车辆+无人机”的配送模式。请结合附件 2，建立完成一次整体配送的数学模型，并给出最优方案。

3. 若问题 2 中的配送车辆的最大载重量为 500 千克，其他条件不变。请结合附件 2，建立完成一次整体配送的数学模型，并给出最优方案。

4. 图 3 中有 30 个地点，计划设置两个应急物资集中地点，若配送车辆的最大载重量为 500 千克，采取“配送车辆+无人机”的配送模式。请结合附件 3，建立完成一次整体配送的数学模型，确定两个应急物资集中地点的最佳位置。

注：

1. 假设应急物资配送前 5G 网络能够覆盖整个配送区域。

2. 忽略无人机自身重量的影响，无人机的最大载重量为 50 千克；配送车辆行驶平均速度为 50 公里/小时，无人机飞行平均速度为 75 公里/小时；无人机单次最长飞行时间为 70 分钟。

3. 每个应急物资集中地点限一辆配送车辆，只能携带一架无人机。

4. 在论文附录中提供所有数学模型的可运行程序。

