大家好，我汇报的课题是“基于物流无人机的货物自主定点投放系统研究”。

下面将从这5个方面展开，大概需要22分钟，我会讲快一点。

首先介绍一下课题的研究背景和意义。

随着我国网络技术的高速发展和人民生活水平的不断提高，线上与线下融合的购物方式成了人们日常生活必不可少的一部分。根据第47次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至2020年底，我国的网购用户规模达7.82亿人，网上零售额规模达11.76万亿元，预示着我国成为全球最大的网络零售市场已经有八个年头。按照《电子商务“十三五”发展规划》显示，预计到2025年，我国网络零售交易额将达到19.33万亿元。

根据国家邮政局公布的数据显示，2020年全国快递服务企业业务累计完成833.6亿件；收入累计达到8795.4亿元。

全国邮政管理工作电视电话会议预测，2021年的快件业务量将达到1219亿件，收入将达1.2万亿元。

截至今年3月24日，我国快递业务量已突破200亿件，用时仅83天。

因此可见，网购与物流的市场前景十分可观。

物流的快速发展，同时也带来了对业务更大的挑战。如何在海量订单的情况下，在最短的时间内将商品安全便捷地送到消费者手中，是整个物流行业需要解决的问题，即“最后一公里”末端服务链配送问题。

“最后一公里”是代表客户接受货物这一重要环节。

长期以来，作为整个物流链中成本最高、效率最低、污染最严重的“最后一公里”，一直是配送环节效率的瓶颈。这一环节往往无法单纯依靠车辆运输实现，

有时还需面对道路的复杂性。有数据表明，末端配送环节在成本和时间上的花费要占到整个配送作业的30%以上。**因此，如何有效提升“最后一公里”的运作**

**效率，对于物流企业乃至社会发展至关重要。**

“最后一公里” 有许多痛点问题，以上列举的配送的主要痛点，集中体现了最后一公里配送在送货效率、送货安全、送货成本三个方面的问题。市场提出了很多解决办法，比如约定送货上门时间、在社区便利店自提、设置社区自提柜等等，这些方法一定程度上解决了货物安全问题，但依旧无法从根本上降本增效。

另外，电商的快速发展让快递、外卖的人力支出成为各平台的重要支付成本。可见，单纯依靠人工进行货物配送，已经无法完全解决当下物流配送“最后一公里”所面临的问题。

因此，**物流配送“最后一公里”需要更加智能化的手段来优化。**

疫情期间，“无接触配送”得到国家和地方政府的大力支持，无人机、无人车的身影也频频出现在大众的视野。我们在见证中国经济强大的复苏能力的同时，也看到了无人机配送因其灵活、高效且突破地面运输限制等优势，在疫情期间展示的其巨大的发展前景。

近些年来，微电子技术日趋成熟，使得无人机的体积更小、运算速度更快、制造成本更低。同时，随着5G、物联网、大数据、人工智能等先进技术的不断成熟与研究成果的落地，以及电池技术、材料技术的突破，使“无人配送”设备的各项性能不断提升，技术障碍不断解决。

因此，无人机物流被业界认为是解决农村和偏远山区“最后一公里”的有效方案。为此，京东、顺丰等各大企业相互竞争并纷纷推出了自己的解决方案。

但我国的物流无人机还处于试运营阶段，仍有许多急需优化和解决的技术问题。从市场需求和技术成熟度考量，物流配送对无人机的需求量巨大。因此对物流无人机的研究具有巨大的科研价值、实用价值与商业价值。

接下来看一下物流无人机的国内外发展状况

首先介绍国内外对于物流无人机的发展状况。

从全球范围内来看，在无人机配送方面，美国全面领跑、欧洲积极跟随，亚洲是追赶超越的状态。

谷歌 2012 年启动 “Project Wing”无人机送货计划，选择用绳索投放货物。并于2014年8月正式宣布该项目。在宣布的时候，无人机项目已经进入测试阶段。

2013年，亚马逊进行了名为“Prime Air”的无人机快递配送测试，其目标是实现“30分钟送达”的愿景。但要求订单必须少于2.25千克，并且必须小到足以容纳无人机将要携带的货箱，并且交付地点必须在10英里以内。

2016年，Zipline公司启动在卢旺达全境无人机医疗用品应急配送；2017年配送服务拓展至坦桑尼亚。

2016年5月，DHL完成了第三代无人机与物流链的智能包裹柜的整合试验。新一代无人机可在智能包裹柜顶上，实现全自动起飞、着陆并投递包裹、装入新的包裹以及更换电池，整个过程只需几分钟。

2019年6月，亚马逊在re:MARS大会上首次展示了其最新版送货无人机，该机型的最大飞行距离为24公里，可在30分钟内运输2.5公斤以下的商品到消费者手中。

2019年10月，谷歌兄弟公司Wing旗下的无人机送货业务在美国正式上线，率先开启了美国无人机运输的商业时代。该无人机往返能飞行19公里，用于配送药物、零食和保健品等。

2013年，我国顺丰快递公司使用八旋翼无人机完成了物流配送的内部测试。它的飞行高度在100米左右，内置导航系统，位置误差控制在2米以内，下设托盘以承载货物。

2015年，京东启动无人机项目；2016年5月，京东成立X事业部，并确立了无人机、无人车、无人仓三大板块；并在2017年实现末端无人机的常态化运行。

2016年9月，由迅蚁公司自主研发的第一代无人机物流系统 捷雁 投入使用，成为全球首批实现常态化运行的无人机物流项目。

2017年6月，苏宁物流无人机在浙江成功完成了首次实景派送。2017年7月，中通快递成功完成首次试飞。 2017年10月，顺丰大型物流无人机完成首次试飞。2017年12月，苏宁在安徽灵璧县派出了第一架物流无人机，完成了无人配送常态化运营的第一单。

2018年3月，顺丰拿下国内首张无人机航空运营（试点）许可证，标志在我国物流无人机正式开始合法的商业化运营。

2018年6月，京东第一架重型无人机“京鸿”完成总装正式下线，这是首个真正意义上基于物流运输场景需求研发的大型原生无人机。

2020年12月，由京东物流自主研制的“京蜓”自转旋翼支线物流无人机首飞成功，是国内首款载重数百公斤级具有舱内空投功能的无人机。

接下来介绍一些国内外对于物流无人机技术的研究现状。物流无人机的主要关键技术有路径规划、自动避障和自主降落。

要实现无人机的自动送货，必须解决无人机的路径规划问题。路径规划的核心就是算法的设计。目前，对物流无人机路径规划研究较少。

BOUALEM R考虑无人机在人道救援方面的应用，提出在载荷和能耗约束下无人机运输成本最小的优化模型；

ROBERGE V利用遗传算法和PSO算法，得出无人机在复杂环境的最优路径；

冯国强等人针对低空复杂环境，提出基于A\*蚁群算法的路径规划方法并进行验证；

张启钱等人考虑低空空域环境和无人机运输任务等约束，建立多约束路径规划模型并进行验证.

上述研究考虑的影响要素比较单一，缺乏在城市建筑物密集、规划空间复杂环境下进行路径规划的研究.

Kru应用基于案例推理的方法，通过建立机器人的环境注解地图数据库，将观测值与数据库进行检索匹配作为规划输出。但所需的数据库较大且不适用于动态环境中。

MENG采用双向稀疏A\*算法实现了起始点与目标点共同搜索路径，提高了搜索速度；

DONG将A\*算法与虚拟力算法结合，先采用A\*算法进行全局预规划，然后在规划过程中构建虚拟力进行局部路径规划，有效解决了路径规划过程中陷入局部最优的问题；

LIU将蚁群算法信息素的分泌与图形几何学结合，由图形几何构造出势场力，在路径搜索过程中迫使信息素朝着势场力的方向分泌，蚂蚁趋向于搜索更适合的子空间，使得测试模式的搜索空间变得越来越小，最终找到全局最优路径；

Jae提出了一种称为“closed-loop RRT”的改进型快速扩展随机树算法，通过中间航点及利用可达点进行障碍冲突预测，简化了轨迹生成策略。

上述这些算法都属于传统的路径规划算法，需要对特定的环境进行建模，根据实际情况制定不同的模型，所以具有局限性。

为了保证无人机能够安全的到达目的地，避障技术也是必须考虑的一部分。

Han 等人在碰撞锥的基础上，提出了一种基于比例导航的避障算法，该算法通过利用碰撞锥进行冲突检测。但是该算法只有当入侵机以恒定的速度矢量移动时，才能得到最优导航系数，否则导致避障失效。

Smith 等人提出了聚合碰撞锥法。但无法在三维空间下任意机动，降低了在高密度障碍下的避障效率。

Lin 等人提出灵活几何算法。通过碰撞锥检测冲突情况并利用 PCA 选择临界避障时间，最后结合微分几何的思路求解避障轨迹。但是该算法假设传感器为理想状态，且无人机只能在恒定速度下以固定大小的倾斜角和俯仰角进行避障机动而未考虑更多运动约束条件。

Yazdi 等人针对无人机在航线上飞行时发生冲突的情况提出选择速度障碍法。但该算法需要人为建立避障规则体系，无法对不执行该规则的入侵机进行有效避障。

黄文刚等人提出使用变步长稀疏 A\*算法。当无人机在安全区域时采用较大的搜索步长以提高实时性，而在遭遇冲突时则缩小搜索步长以保证搜索精度和鲁棒性。但由于较小的搜索步长会导致算法效率下降，可能无法面对突发的多重威胁情形。

Liu等人将人工势场法拓展到三维空间下，并结合 李雅普诺夫 稳定性定理避免无人机陷入局部最小点。但该算法的避障路径并不能保证全局最优性。

自主降落是实现无人机回收的重要环节。

wei等人提出了一种在地面架设摄像机云台单元的方案，采用ＡｄａＢｏｏｓｔ方法实现无人机的检测与跟踪，对无人机的相对位置进行计算。但该系统受环境光影响较大，抗干扰能力欠佳。

Dougherty等人研究了使无人机在未知地面情况下精确着陆于斜面上的测控方案，使用激光与 CMOS 相机检测激光在地平面的投影来获得降落点的相对着陆角，并利用已知信息设计着陆轨迹。

Kim等人采用全向镜头，使用基于视觉的着陆点检测和定位算法并与动力学模型相结合，估算移动目标的速度和位置。

史豪斌等人提出了一种基于强化学习的智能跟随策略，通过视觉伺服进行闭环控制并使用了 Sarsa 学习算法调节增益，通过相机所传输的视觉信息所提取的特征点与目标图像的特征点进行验证，将无人机距离目标的位置远近作为学习的奖励

第三部分是介绍研究内容和目标。

目标1是无人机能在准确避过多类型障碍物的同时, 最小化航行里程。

近年来，随着人工智能技术的发展，深度学习和机器学习在无人机领域展现出巨大潜力。在路径规划方面，无人机通过一定的训练，能够自主地规划出最优或次优的路径。

针对无人机的三维路径规划存在难约束、搜索空间复杂、动态环境无法有效的避开障碍物和规划出的路径存在临界转向角、冗余节点等问题，在未知环境信息下，提出了一种基于势函数奖赏的DQN路径规划方法。通过深度学习对大规模原始输入数据进行简单但非线性的转换，得到该原始数据更高层次的抽象表达，从而得到数据内在的规律。然后使用强化学习中的 Q-learning方法，通过与环境进行交互，得到带有奖赏值的样本数据，从而更新在线值网络的参数

目标2是无人机能快速、准确地停留在放有地标的陆地上。

首先通过差分GPS获得大致的定位信息。然后通过机载摄像机捕获包含降落标志的地面图像，再通过图像处理识别出降落标志，从而解算出无人机相对降落标志的位置偏差和角度信息。

黑色正三角形用于无人机自主降落第一阶段，确定无人机与降落标志的位置偏差。此时机载摄像机可以捕获到整个降落标志，随着无人机高度的下降，此时进入无人机自主降落第二阶段，利用内部白色圆环确定无人机与降落标志的位置偏差，同时利用航向参考线计算无人机偏航角，从而实现无人机的分段自主降落。

针对现实世界中无人机学习训练的可重复性差和高危险性等问题，使用XTDrone-Gazebo和ROS搭建无人机模拟仿真环境。

Gazebo是一款3D动态模拟器，能够在复杂的室内和室外环境中准确有效地模拟机器人。Gazebo提供高保真度的物理模拟，其提供一整套传感器模型，以及对用户和程序非常友好的交互方式。

XTDrone是基于PX4、ROS与Gazebo的无人机仿真平台。支持多旋翼飞行器、固定翼飞行器、复合翼飞行器与其他无人装备。在XTDrone上验证过的算法，可以直接导出飞控代码并方便地部署到真实无人机上。

ROS是机器人操作系统，提供一系列程序库和工具以帮助软件开发者创建机器人应用软件。它提供了硬件抽象、设备驱动、库函数、可视化、消息传递和软件包管理等诸多功能。

本文主要研究内容是基于物流无人机的货物自主定点投放系统研究，涉及路径规划与避障、自主降落方面，且重点在于路径规划与避障。目录分布如下：

第一章 绪论，主要阐述了物流无人机的研究背景和研究意义，以文献综述的方式介绍物流无人机相关的研究现状，并概述本文主要的研究安排。

第二、三章 阐述现有路径规划与避障和自主降落算法，并对其进行分类介绍。

第四章 综合考虑无人机限制条件并建模。

第五章 对系统进行仿真测试与分析。

第六章 结合当前系统完成程度，总结本文的主要工作和不足之处，进一步分析需要改进的部分，指出以后努力的方向和需要改进的方向。

现阶段完成的情况有：

1、搜集和阅读资料，并进行可行性的研究

2、寻找技术突破口和创新点。

3、完成《文献综述》和《开题报告》

4、整理搜集到的资料

5、学习相关技术知识，搭建仿真环境。

6、确定基本的设计思路。

下一步计划的工作有：对已有算法进行复现。根据研究目标，对算法进行优化与创新。学习仿真系统的使用，并将算法在仿真环境中实现运行。完成论文，准备毕业答辩。

这是部分参考文献。

谢谢大家。