

项目合同编号：25-55R

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称： 陕西省低空物流发展关键问题研究

承担单位： 西安邮电大学（盖章）

项目负责人： 谢逢洁

通讯邮编、地址： 710061、西安市长安南路 563 号

传真、电话： 029-85383289、028-85383105

起止年限： 2026 年 3 月 至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

1) 我国低空物流发展现状调查及实践经验总结

从政治、经济、社会、技术四个维度调查分析我国低空物流产业发展的宏观环境。在此基础上，构建东、中、西部的立体对比框架，重点围绕政策支持和顶层设计、产业基础和技术创新、多元应用场景、基础设施建设、技术供给和市场需求、安全与监管六个方面展开调研。最后，从“区域-场景-需求”的维度，梳理总结与剖析各地区低空物流发展的品牌特色、支持力度、产业链融合模式、运行效果等具体情况，进而为陕西省低空物流发展提供成功经验启示。

2) 陕西省低空物流典型应用场景进展情况调查

调查在陕开展低空物流的企业及其应用场景，梳理并形成陕西省低空物流典型应用场景。首先，立足实际物流需求，重点围绕特殊复杂地形景区物资配送、医疗物资配送、邮政普遍服务、支线物流配送、末端物流配送五大场景，关注其与现有交通网络的协同融合展开调研。重点针对省内现有的或已完成的 10 个低空物流试点单位和代表性项目进行深度剖析，全面总结其在试运行过程中的经验教训，以此作为识别全省共性问题、拟定相关政策的重要基础。其次，以低空物流应用企业为调研对象，综合运用实地调研与问卷调研，系统收集分区域、分场景的低空物流需求。最后，从企业类型及资源优势、企业开展低空物流所面临的问题、以及所带来的经济

和社会效果三个方面开展调查并形成调查报告，为挖掘陕西省低空物流关键问题进而提出有针对性的发展建议提供依据。

3) 陕西省低空物流发展现状及关键问题分析

系统梳理陕西省低空物流的发展基础（全面摸底低空领域相关的技术储备、学术支撑等），结合陕西省无人机产业基础和资源禀赋，聚焦陕西省低空物流应用领域，进一步结合陕北、关中、陕南三大区域的地理特征、经济基础与低空物流运行现状，从政策支持和顶层设计、产业基础和技术创新、多元应用场景、基础设施建设、技术供给和市场需求等方面调查陕西省低空物流的发展现状、特色及面临的关键问题。基于陕西省低空物流发展现状及典型应用场景调查结果，运用专家访谈法，重点从政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面提出陕西省低空物流发展的关键问题，并揭示影响陕西省低空物流发展的关键因素。

4) 陕西省低空物流产业发展建议

根据习近平总书记关于“因地制宜发展新质生产力”的重要论述以及中共中央、国务院、交通运输部对“低空经济”的政策法规支持，结合我国低空物流发展实践经验总结，以及陕西低空物流发展的关键因素及其作用机制，对陕西省低空物流发展的外部环境和内部资源进行分析。以低空物流高质量发展的顶层设计为引领，以发挥陕西省低空优势因素、克服劣势因素、紧握机会因素、化解威胁因素为思路，将各关键因素相互匹配组合，紧密结合并聚焦陕西省交通运输的核心职能履行，出台具备落地性的指导性政策或发展

意见。从政策保障（行业准入、运营规范、安全标准等）、基础设施建设（基础设施网络、低空物流公共服务平台、充换电保障等）、多元运营格局（国企引领、市场协同、平急两用等）、应用场景创新（景区物资配送、医疗物资配送、邮政普遍服务、支线物流配送、末端物流配送等）、低空物流示范（设施布局示范、场景运营示范、行业管理规范化示范）等方面提出建议，推动陕西省低空物流产业快速发展。此外，在建议中考虑安全性与经济性，安全性方面，重点评估无人机运行风险管控，将其转化为具体的安全监管与行业准入政策条款；经济性方面，剖析资金支持、产业带动与运营成本的效益关系，将其转化为产业引导等具体政策抓手，确保政策精准落地。

2. 技术关键

项目研究主要涉及到以下关键技术：

1) 文献研究法。利用中国知网、万方数据库和电子图书数据库等收集关于国内外关于我国各地区低空物流发展现状、低空物流应用场景、低空物流关键技术和政策法规支持等相关文献资料，了解研究现状和普遍存在问题，以明确研究思路和研究方向。

2) PEST 分析法。即从政治、经济、社会和技术四个维度分析我国低空物流的宏观环境；其中，政治维度为国家出台的相关政策、法规文件；经济维度为 GDP、我国低空物流的市场规模、无人机产业规模等；社会维度主要是我国低空物流的发展历程；技术维度即从无人机技术创新角度展开。

3) 电子问卷法。项目研究对象涉及我国低空物流先行探索地区的政府部门、开展低空物流业务的企业以及无人机相关企业, 具有调研对象范围广、数量多的特点, 因此, 需根据不同的调研主体, 梳理设计不同的调研问题, 运用电子调查问卷的形式开展全方位调研。

4) 实地调查法。通过实地调查法, 访谈我国低空物流发展先行探索地区的政府部门和企业代表、陕西省交通运输部门以及具有代表性的低空物流企业运营情况。此外, 综合专家访谈法和实地调查法, 对陕西省低空物流发展存在的问题进行分析与总结。

5) 专家访谈法。在前期调研的基础上, 通过专家访谈法对我国低空物流的整体发展情况以及实践经验进行总结分析, 同时针对陕西省低空物流的发展现状进行分析, 其中, 重点关注陕西省低空物流典型应用场景的发展情况; 在此基础上, 进一步明确需要重点调研的典型代表。

6) 层次分析法(AHP)。以陕西省低空物流关键因素为目标层, 基于陕西省低空物流在政策、应用场景、基础设施、供需匹配、市场培育等方面存在的关键问题, 确立关键因素辨识的准则指标, 通过构建判断矩阵, 计算各因素权重向量并进行排序, 最终确定影响陕西省低空物流发展的关键因素。

7) SWOT 分析法。基于我国低空物流发展现状、实践经验总结, 结合陕西省低空物流的自身特点, 调查陕西省低空物流发展的外部环境因素和内部能力因素, 分析陕西省低空物流发展的优势与劣势、

机会与威胁，进而针对陕西省低空物流的关键问题及其关键影响因素，提出发展对策与建议。

8) 多元数据融合分析。在陕西省低空物流发展现状调研中，涉及到多种类型的数据，如何整合格式异构、标准缺失、安全壁垒等数据，是本项目研究的关键技术问题。针对上述关键技术问题，同时采取人工梳理转换与线下协同对接的方法，确保数据格式基本一致、数据安全可追溯。

3. 依托工程（依托工作）

(1) 中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》；

(2) 陕西省人民政府办公厅关于印发《“十四五”综合交通运输发展规划》的通知（陕政办发〔2021〕30号）；

(3) 陕西省人民政府办公厅印发的《关于低空经济发展有关问题的会议纪要》。

本项目依托以上工程（工作）要求，开展“陕西省低空物流发展关键问题研究”工作。重点针对低空物流在发展过程中面临的政策支持出台慢、应用场景创新动力不足、基础设施建设不充分等明显不足，通过课题研究揭示影响我省低空物流发展的关键因素，分析政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面的关键问题，提出因地制宜的低空物流产业发展建议，为推动我省低空物流快速发展、构建现代物流体系、助力陕西建设交通强省提供支撑。

二、考核指标

1.预期目标

- (1) 完成我国低空物流发展先行探索地区的情况调查；
- (2) 完成陕西省低空物流发展的现状调查，尤其是典型应用场景及试点路线情况调查；
- (3) 给出陕西省低空物流产业发展建议（填补省内空白）；
- (4) 依托陕西省交通资源，针对应用场景，设计编写典型案例；
- (5) 代拟陕西省低空物流发展政策意见。

2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

(1) 定量指标

系统梳理不少于 5 个国内低空物流先行探索地区的产业发展模式，形成的经验体系适配陕西省山地、高原为主的地形特征。

结合实地调研，梳理陕西省内不少于 30 家低空物流相关企事业单位运营数据，精准识别陕西省低空物流发展核心关键问题，覆盖政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面。

从政策制度体系、基础设施建设、多元发展格局、应用场景创新、低空物流示范五大维度，形成 5 大类具体可落地的陕西省低空物流产业发展建议。

(2) 定性指标

本项目形成的所有研究成果均紧扣交通运输行业管理核心职能，适配陕西省“山地、高原占比超 70%”的地形特征，同时匹配国家综合立体交通网建设、交通强省建设等顶层规划要求，研究成

果的行业适配性、区域适配性、政策适配性均达到良级以上。

研究成果可直接转化为陕西省交通运输主管部门推进低空物流发展的政策工具、规划依据、运营指南，能有效破解陕西省低空物流发展的瓶颈问题，为陕西省低空物流产业发展提供科学指导，研究成果的实践指导价值、落地应用价值均达到优良级以上。

3.经济和社会效益

（1）经济效益

陕西省发展低空物流，可有效破解复杂地形带来的物流难题。该模式不仅能显著降低物流成本，提升生鲜农产品出山效率，减少特色产品流通损耗，还能激活偏远地区物流市场，催生出农产品电商、应急物流等新业态，进而进一步降低全省物流行业综合成本，为区域经济竞争力的提升注入强劲动力。

（2）社会效益

首先，研究成果将有效解决陕西 56 个山区或丘陵县“最后一公里”配送难题，提高邮政普遍服务质量。通过构建支线与末端衔接的低空网络，使优质工业品“下乡”与特色农产品“出山”更加便捷，增强全省区域发展的均衡性。

其次，项目研究中涉及的应急医疗物资配送方案，可显著提升全省在自然灾害、突发公共卫生事件中的响应速度。缩短血液、急救药品、临床检验样本的运输时间，在生命救治的“黄金期”内提供更高效的物流保障。

最后，项目实施过程不仅将为全省交通规划提供决策依据，而

且随着研究成果的落地应用，将催生无人机飞控员、运行管理、系统维保等大量新型就业岗位，优化全省交通运输从业人员的就业质量，为民生改善注入科技动能。

4.成果提供形式

(1) 《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告；

(2) 发表 1 篇与项目研究成果密切相关的论文，等级为《中文核心期刊要目总览》论文；

(3) 依托陕西省高速公路资源，结合某一场景，以空地协同配送为例，撰写典型案例；

(4) 代拟陕西省低空物流发展政策意见。

5.其他考核指标

开展 1 次技术交流，开展媒体宣传报道 3 次。

三、项目年度计划内容及考核目标

年度	计划内容及考核目标（每栏限 125 字）
2026 年 3 月— 2026 年 5 月	1.资料收集整理。完成基础资料收集、整理，建立资料汇编框架和基本目录。 2.成立课题组。完成课题申报、立项等工作，确定职责分工。 3.制定研究方案。制定细化研究方案，提交委托方审议并按委托方意见修改研究方案。 阶段性成果：完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究方案。
2026 年 6 月— 2026 年 8 月	1.围绕研究内容，撰写调研提纲和调研资料清单。 2.开展基础调研，对国内低空物流发展先行探索地区和陕西省相关企事业单位走访调研，收集一手资料。 3.掌握并总结陕西省低空物流发展情况和关键问题，形成调研报告。 阶段性成果：完成《陕西省低空物流高质量发展情况》调研报告。

2026 年 9 月— 2026 年 11 月	1.编写初稿。按照审定后的研究大纲、结合前期研究与调研，编写研究报告初稿。 2.第一次听取专家意见。召开专家咨询会，听取专家意见，对初稿进行修订完善。 3.依托高速公路资源，撰写空地协同配送典型案例初稿。 阶段性成果：编写《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告初稿、空地协同配送典型案例初稿。
2026 年 12 月— 2027 年 2 月	1.二次调研。根据草拟稿内容，选取相关地区 and 单位进一步调研，完善草拟稿。 2.第二次听取专家意见。再次召开专家咨询会，听取专家意见，形成初稿并呈送委托方审阅，征求意见。 3.结合调研内容，修改典型案例。 阶段性成果：完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告初稿、空地协同配送典型案例。
2027 年 3 月— 2027 年 5 月	1.按照委托方意见修订完善后，征求委托方及专家意见并形成意见汇总。 2.征求意见范围及方式由课题组提出，报经委托方同意后确定。 阶段性成果：完成意见汇总。

2027 年 6 月 —2027 年 8 月	1.对初稿进行修订，形成修订稿。 2.修订稿再次征求专家意见后，形成征求意见稿。 3.根据再次征求意见情况修改完善，提交委托方。 阶段性成果：完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》修订稿。
2027 年 9 月 —2027 年 11 月	1.征求意见稿按照委托方审议意见进行调整完善后，形成评审稿。 2.召开评审会，经评审通过后，形成最终稿。 阶段性成果：完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告。
2027 年 12 月 —2028 年 2 月	1.基于研究结果，提出针对性的政策建议。 2.将研究成果向相关部门和社会进行宣传推广。通过报告发布、会议交流等形式，让更多人了解项目成果，争取相关部门对成果的认可和支持。 阶段性成果：形成陕西省低空物流产业发展政策建议文稿，完成项目研究成果宣传推广相关材料。

四、项目经费

项目总经费：19.9 万元
交通运输厅补助：19.9 万元
自筹资金：0.0 万元

经费支出预算表

科 目	总经费 (单位：万元)	厅补经费 (单位：万元)
(一) 直接费用	15.9	15.9
1.设备费	0.0	0.0
(1) 购置设备费	0.0	0.0
(2) 试制设备费	0.0	0.0
(3) 设备改造与租赁费	0.0	0.0
2.业务费	7.9	7.9
(4) 材料支出	0.0	0.0
(5) 测试化验实验加工支出	0.0	0.0
(6) 燃料及动力支出	0.0	0.0
(7) 差旅支出	4.0	4.0
(8) 会议支出	0.0	0.0
(9) 国际合作与交流支出	0.0	0.0
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	2.3	2.3
(11) 其他支出	1.6	1.6
3.劳务费	8.0	8.0
(12) 劳务性支出	3.2	3.2
(13) 咨询专家支出	4.8	4.8
(二) 间接费用	4.0	4.0
4.管理费	0.8	0.8
5.绩效支出	3.2	3.2
合 计	19.9	19.9

五、项目绩效目标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1.专利授权数（项）	
		（1）授权发明专利	
		（2）实用新型	
		（3）外观设计	
		2.软件著作权授权数（项）	
		3.发表论文（篇）	1
		（1）其中 SCI 索引收录数	
		（2）其中 EI 索引收录数	
		（3）其他	1
		4.著作（部）	
		5.制订标准数（项）	
		（1）国际标准	
		（2）国家标准	
		（3）行业标准	
		（4）地方标准	
		（5）企业标准	
		（6）科技报告	
	其他成果	1.填补技术空白数	
		（1）国际	
		（2）国家	
		（3）省级	1
		2.获奖项数	
		（1）国家奖项	
		（2）部、省奖项	
		（3）地市级奖项	
		3.其他科技成果产出	
		（1）新工艺（或新方法模式）	
		（2）新产品（含农业新品种）	
		（3）新材料	
		（4）新装备（装置）	
		（5）平台/基地/示范点	
		（6）中试线	
		（7）生产线	

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	4.研究开发情况	
		(1) 小试	否
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	否
	人才引育	1.引进高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		2.培养高层次人才	3
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	3
		3.培训从事技术创新服务人员（人次）	
		4.是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1.开放共享仪器设备数（台/套/只等）	
		2.科研仪器设备利用率（%）	
		3.孵化科技型企业（个）	
		4.转化科技成果（个）	
效果类指标	经济效益	1.新增产值（万元）	
		2.新增销售（万元）	
		3.新增出口创汇（万美元）	
		4.新增利润（万元）	
	社会效益	1.新增税收（万元）	
		2.新增就业人数	
		3.就业培训（人次）	
		4.带动农民增收（万元）	
		5.培训和指导科技服务（人次）	
		6.新增产业带动情况	
		7.技术集成示范（项）	
		8.建立示范基地（亩数）	
		9.节约资源能源	
		10.环保效益	
其他需要说明的情况			

六、承担单位或研究人员分工

项目承担单位为西安邮电大学，研究团队共 15 人，项目负责人为谢逢洁教授，项目组成员分工如下：

谢逢洁，西安邮电大学，对项目进行总体统筹，确定研究内容、研究思路和研究框架，督促各部分研究顺利进行；

王 闯，西安邮电大学，负责省内典型应用场景进展情况调查；

贾玉花，西安邮电大学，负责省外调研及经验总结；

任翠萍，西安邮电大学，负责陕西省低空物流产业发展建议；

李 想，陕西交通科技有限公司，负责典型案例的撰写；

梁 驰，西安公路研究院有限公司，负责典型案例的撰写；

王 晋，西安邮电大学，负责陕西省低空发展现状及关键问题分析；

周雪艳，西安邮电大学，负责研究报告的撰写工作；

珠 兰，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

王思一，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

崔望妮，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

李 莹，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

张国瑾，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

刘择正，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

张 谦，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作。

七、项目参加人员表

项目承担单位：西安邮电大学

参与单位（排序）：

项目负责人							
序号	姓名	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	在项目中担任具体工作	签名
1	谢逢洁	1974-07	西安邮电大学	正高级	规划与管理	项目总体统筹	谢逢洁
主要研究人员							
2	王 闯	1981-02	西安邮电大学	正高级	规划与管理	省内典型应用场景进展情况调查	王闯
3	贾玉花	1978-09	西安邮电大学	副高级	规划与管理	省外调研及经验总结	贾玉花
4	任翠萍	1987-03	西安邮电大学	副高级	道路运输	陕西省低空物流产业发展建议	任翠萍
5	李 想	1990-04	陕西交通科技有限公司	中级	交通运输	典型案例	李想
6	梁 驰	2000-02	西安公路研究院有限公司	初级	交通运输	典型案例	梁驰
7	王 晋	1985-02	西安邮电大学	副高级	交通工程（机电工程）	陕西省低空物流发展现状及关键问题分析	王晋

					程)	及关键问题分析	
8	周雪艳	1991-03	西安邮电大学	副高级	道路运输	研究报告	周雪艳
9	珠 兰	1991-03	西安邮电大学	中级	规划与管理	研究报告	珠兰
10	王思一	1994-12	西安邮电大学	中级	规划与管理	研究报告	王思一
11	崔望妮	1991-06	西安邮电大学	中级	规划与管理	研究报告	崔望妮
12	李 莹	1990-08	西安邮电大学	助理级	道路运输	研究报告	李莹
13	张国瑾	2000-08	西安邮电大学	技术员级	规划与管理	研究报告	张国瑾
14	刘择正	2000-12	西安邮电大学	技术员级	规划与管理	研究报告	刘择正
15	张 谦	2002-05	西安邮电大学	技术员级	规划与管理	研究报告	张谦

八、信息表

项目合同编号	25-55R	密级	/	A: 机密 B: 秘密 C: 内部					
项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究								
项目实施所在地	西安邮电大学	起止年限	2026 年 3 月至 2028 年 3 月						
总 经 费	199000.00 元	厅 拨	199000.00 元						
第一承担单位	单位名称	西安邮电大学							
	所在地	西安市长安南路 563 号					代码	610100	
	通讯地址	西安市长安南路 563 号 12 号信箱					邮编	710061	
	单位性质	(1) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他					代码	11664	
参与单位	序号	单 位 名 称							
	1								
	2								
	3								
项目负责人	姓 名	谢逢洁	性别 (2) 1.男 2.女	出生年份		1974.07			
	学 历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他							
	职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他							
	联系电话	18009264515 029-85383105		电子邮箱	fengjie_xie@163.com				
项目联系人	姓名	任翠萍		性别	女				
	联系电话	17792305630 029-85383105		电子邮箱	rencp@xupt.edu.cn				
项目组人数	15	高级	6	中级	4	初级	1	其他	4
主要研究内容 (100 字以内)	系统调研全国低空物流发展政策体系、产业发展及场景运营等实践经验,深度调研陕西低空物流发展现状,从政策协同、市场培育、基础设施、技术瓶颈、产业示范等维度分析关键问题与因素,提出因地制宜的陕西省低空物流产业发展建议。								
成果属性	E	A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学 F: 装备 G: 其他							
成果形式	A、F	A: 专著、论文 B: 样机、样品 C: 试验工程、产品 D: 示范工程 E: 产品 F: 其他							

九、共同条款

合同各方应共同遵守《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》。

1.合同执行过程中，乙方如需修改合同某项条款，应向甲方提出变更内容及理由的申请报告，经甲方审核同意后实施。未接到正式批准以前，双方仍须按原合同条款履行，否则后果由自行修改条款的一方负责。

2.乙方因任何主观或客观原因（如：与大纲评审内容有出入，挪用经费、技术措施或某种条件不落实等）致使计划无法执行而要求解除合同的，需取得甲方书面同意且应视不同情况，部分或全部退还所拨经费；出现上述情况的，甲方有权单方解除本合同且视不同情况要求乙方部分或全部退还所拨经费。

3.乙方的厅补助经费及自筹经费应按国省有关科研经费使用范围开支。

4.项目执行过程中，甲方提出变更合同有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5.项目完成后，乙方必须按要求向甲方提交一套真实、完整、详细的技术资料及样机，并提出项目验收申请报告，由甲方审查后组织验收。

6.合同正本一式8份，甲方单位伍份，承担单位3份。

7.本合同经双方签章后生效，规定内容执行完毕后自然失效。

十、合同签约各方

合同甲方：陕西省交通运输厅

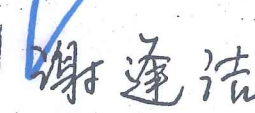
负责人：（签字） 2020年3月27日

联系人：（签字） （公章）

电 话：029-88869067

合同乙方：（承担单位）西安邮电大学

单位负责人：（签字） 2020年3月27日

项目负责人：（签字） （公章）

电 话：029-85383105

财务负责人：（签字）

账 户 名：西安邮电大学

开户银行：建行西安八里村支行

账 号：61001723700050000897

陕西交通科技项目科研诚信 承诺书

本单位承诺在科研项目实施过程中，遵守科学道德和科研诚信要求，严格执行《陕西省交通运输厅科研项目管理办
法》的规定和科技项目合同书约定，保证所提交材料的真实
性，确保专款专用。如违背以上承诺，愿意承担相关责任，
并同意主管部门将相关失信信息记入公共信用信息系统。

项目承担单位：西安邮电大学（盖章）

项目负责人：

谢蓬浩

年 月 日

项目编号: 25-55R

2025 年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称: 陕西省低空物流发展关键问题研究

申请单位: 西安邮电大学

联系人: 任翠萍

电 话: 17792305630

陕西省交通运输厅制

2026 年 3 月

陕西省低空物流发展关键问题研究

一、项目研究的背景和必要性

2021 年，中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》，首次提出发展低空经济。2023 年，中央经济工作会议将低空经济确立为国家战略性新兴产业，并在全国两会上多次提及。2026 年全国两会期间，明确提出将低空经济打造为新兴支柱产业。低空物流作为低空经济产业的重要领域，与传统物流相比，具有有效缓解地面交通压力、大幅提高配送效率，降低物流成本的优势。目前，我国低空物流的应用场景从最初的农村及偏远地区快递末端配送，逐步扩展到城市商圈、社区、医院等多元化场景，特别是在生鲜配送、医疗急救物资运输等领域，展现出巨大的应用潜力。

陕西省地形地貌复杂多样，全省山地、高原、平原等地形兼备，其中山地和高原占比超 70%，秦巴山区、黄土高原等区域地势崎岖，交通基础设施建设难度大、成本高。据统计，陕西省共有 107 个县（市、区），其中 56 个县位于山区或丘陵地带，部分偏远乡村、山区景区的地面交通网络覆盖率低，物流配送时效长、成本高。例如商洛市商州区上河投递线路，覆盖多个山区村落，传统地面配送单程需 3-4 小时，且受天气影响较大；榆林部分偏远乡镇与机场间的支线物流，因道路条件限制，物资周转效率偏低。随着全省经济社会发展，生鲜农产品出山、应急医疗物资下乡、景区物资补给等需求日益增长，传统物流模式已难以满足高效、灵活的运输需求。

陕西省地形地貌复杂多样，全省山地、高原、平原等地形兼备，

其中山地和高原占比超 70%，秦巴山区、黄土高原等区域地势崎岖，交通基础设施建设难度大、投入成本高，物流通达性受地理条件制约显著。据统计，陕西省共有 107 个县（市、区），其中 56 个县地处山区或丘陵地带，部分偏远乡村、山区景区的地面交通网络覆盖率偏低，传统物流配送存在时效长、成本高、受天气及路况影响大等突出问题。如商洛市商州区上河投递线路，覆盖多个山区村落，地面配送单程耗时达 3-4 小时，且雨雪、汛期等天气易造成配送中断；榆林部分偏远乡镇与机场间的支线物流，受道路条件限制，物资周转效率偏低，难以匹配当地产业运输需求。

同时，陕西省已形成航空航天、无人机研发制造、特色农业、文旅康养、能源化工等多元产业体系，无人机研发制造领域集聚了秦创原无人机创新产业聚集区、西安科为航天科技等优质主体，具备低空物流发展的产业基础与技术储备；而生鲜农产品出山、应急医疗物资下乡、景区物资补给、能源物资支线运输、邮政普遍服务等实际物流需求随产业发展持续增长，陕北能源物资高效运输、关中城市末端快捷配送、陕南特色农产品外销及应急医疗保障等场景的物流需求尤为迫切。传统地面物流模式已难以适配全省差异化、高效率、高灵活性的物流需求，也无法充分释放省内无人机产业技术优势与应用潜力。在此背景下，发展低空物流成为破解陕西复杂地形物流难题、盘活本土产业技术资源、匹配多元场景实际物流需求的必然选择。

基于此现状，陕西省高度重视低空经济的发展，积极贯彻党中央、国务院工作部署，于 2024 年 1 月将低空经济写入政府工作报告。紧

接着，赵刚省长于 2024 年 3 月召开省长办公会议，要求“发挥优势、抢抓机遇，加快布局低空经济新赛道，努力培育高质量发展新增长引擎”。陕西省交通厅作为我省推进低空物流工作的牵头责任部门，积极主动作为，编制《陕西省低空物流试点工作方案》。这些举措激发我省各类主体围绕自身前期基础和资源禀赋，积极开展低空物流领域的实践探索，涌现出如华山景区物资配送、紧急医疗用品配送、中药制剂配送、支线物流配送、邮政普遍服务、以及末端物流配送等低空物流典型应用场景。但与此同时，我省低空物流发展进程中的一些明显不足，如政策支持出台慢、应用场景创新动力不足、基础设施建设不充分等也逐渐显露，与我国具备低空物流发展优势地区的差距日渐明显。

鉴于此，我省急需开展低空物流关键问题方面的研究，提出符合我省实际情况、因地制宜的低空物流产业发展建议。研究成果对于推动我省低空物流快速发展、构建现代物流体系、助推国家综合立体交通网建设、助力陕西建设交通强省，具有迫切且重要的现实意义。

二、前期科研及工作基础

1. 研究现状

低空物流是指通过使用无人机等航空器，实现实体物品从供应地向接收地的流通，故也常被称为无人机物流。低空物流作为一种新兴且极具潜力的物流模式，凭借其高效、灵活、低成本等优势，逐渐成为学术界与产业界关注的焦点。通过对现有文献进行整理分析，理论界目前已经形成的研究成果更多使用“无人机物流”进行阐述表达，

使用“低空物流”的偏少。虽然称呼有所不同,但其本质一致,下文不再对此进行区分说明。学者们主要围绕以下几个方面展开相关研究探索。

(1) 无人机物流配送模式应用

无人机物流不仅在成本控制上展现出显著优势,还极大提升了整体运营效率。学者们纷纷探索以无人机为运输工具的新型配送模式。针对日益严重的城市道路拥堵问题,刘光才^[1]引入无人机配送模式完成城市配送,实验结果证明无人机配送模式相较于传统的物流配送模式效益显著提升。鉴于无人机配送模式受限于无人机的载重、能耗约束,Murray等^[2]提出了卡车-无人机协同的配送模式,有效扩大了无人机的服务范围。后续学者基于此配送模式应对了包括疫情期间非接触式配送问题^[3]、自然灾害导致的道路中断问题^[4]、农村物流需求小且分散问题^[5]在内的诸多问题。此外,彭勇^[6]考虑到公共交通发展与绿色低碳物流相结合,提出了公交车辅助无人机的配送模式,通过构建以配送成本最小为目标的数学模型,设计智能通用变邻域搜索算法,实现了对问题的求解。

(2) 无人机起降点选址布局

无人机起降点的选址布局是构建低空物流配送体系的重要环节。学者们考虑不同因素,建立了相关选址模型。Shavarani的选址模型^[7]以总成本最小为目标;钱欣悦^[8]和张洪海等^[9]考虑了空域环境和禁飞区域等限制条件;Daskilewicz等^[10]主要面向城区居民通勤需求,并考虑区域人口分布因素;陈刚等^[11]重点针对配送中心不同类型和需求

点的不同需求,建立了以总里程最小为目标的无人机配送中心选址模型;考虑到无人机性能特点及包裹吞吐量限制,German 等^[12]构建了无人机货运地点选址优化模型;为扩大无人机飞行覆盖范围,Hong 等^[13]建立了无人机充电设施优化选址模型。还有学者针对特殊应用场景,建立了选址模型。如彭丽芳^[14]以上海市金山区、奉贤区抗原检测试剂配送为例,为 15 个无人机配送的定点发热医院进行了选址。高翔^[15]以玉树地震为研究背景,构建了无人机异地起降选址模型。对于模型的求解和验证,Venkatesh 等^[16]采用混合整数规划方法分别对有容量和无容量限制的机场选址进行了优化验证。

(3) 无人机物流路径规划与算法

在优化无人机飞行轨迹与配送路径的领域中,学者们初始的研究对飞行环境进行了理想化假定,如魏潇龙等^[17]提出一种基于分割法的无人机路径规划方法;Paloss 等^[18]通过无人机实时近优路径规划并行算法,实现了基于 Dijkstra 算法的节能最短航迹规划实现方案;Guan 等^[19]提出了一种基于双蚁群的无人机路径规划算法。这些研究没有考虑城市区域内的复杂环境,导致最终的规划与现实情况偏差较大。考虑到无人机空中运行的三维属性、无人机自身的性能约束、无人机飞行时对地面的安全风险等因素,学者们展开了无人机在三维空间中飞行轨迹的优化研究。其中,卢成阳^[20]等人将危险度、路径长度等多维度因素纳入路径规划成本评估中,并通过 T-RRT 算法与 A* 算法相结合的方式,实现了对问题的求解;Saranya^[21]注意到了地形因素对无人机飞行轨迹的影响;而唐嘉宁^[22]则针对障碍物区域及路径不平滑的

问题,提出了基于 Bezier 曲线和直线混合的轨迹优化方法。在深入探索无人机三维空间飞行轨迹以提升飞行效率和安全性的同时,学者们也未忽视二维视角下的地面配送路径优化。Murray 和 Chu^[2]开创性地引入了卡车-无人机协同配送模式。随后, DorlingK^[23]证明了无人机能耗与有效载荷和电池重量成线性关系,为无人机续航能力提供了理论依据; Sacramento^[24]和 Kitjacharoenchai^[25]等学者则进一步探讨了卡车与无人机数量对配送路径的影响。此外,针对复杂配送场景,如同时取送货的情况, AgatzN^[26]和孟姗姗^[27]等学者进行了深入研究,进一步优化了配送路径。同时,针对特定应用场景的研究也日益丰富,蒋丽^[5]针对农村地区末端配送道路通行条件差、网络覆盖率低、村落分布分散等特点,开发了两阶段蚁群算法对问题进行求解;刘长石^[3]则是针对疫情期间非接触式配送需求,通过利用卡车与无人机协同配送模式解决封控区、管控区的非接触式需求。

(4) 低空物流空域规划管理

随着低空物流行业的不断发展,日后不可避免引发低空空域拥挤问题。提前估算低空空域容量,做好发展规划,能够避免像未来出现的“先拥挤、后治理”的困境。目前,学者们的研究主要体现在空域容量的评估和提高,以及空中交通拥堵问题的解决。Bulusu^[28]首先探讨了如何定义低空空域容量及其影响因素,并提出了一种基于阈值的低空空域容量评估数学方法。ChoJ^[29]提出了城市空域容量拓扑分析法,对比分析禁止飞入、禁止飞出以及地理围栏,证明了禁止飞出地理围栏具有更强的鲁棒性,且能够为城市空域提供最大空域容量。周

天琦^[30]运用概率统计方法评估空域容量,从理论上建立起空域容量估算的数学模型和方法。范兴^[31]采用回归分析算法,计算了终端区空域的容量值。若要增加空域容量,Michael^[32]等认为可采取五个方面的措施:一种机载方法、一种轨迹规划、一种编队飞行系统、一种机载警报系统和在复杂空域中产生无冲突轨迹的机载防撞系统。当出现空中交通拥堵时,普渡大学提出可建立一种基于流体排队模型的弹性无人机流量控制算法来解决^[33]。XuY^[34]介绍了一种空中交通流量管理框架内实现需求同步的新方法,其要点是在协作式空中交通流量管理框架内引入一种同步 DCB 方法,实现交互式的轨迹设计和空域配置。

(5) 无人机物流风险管理

随着低空物流逐步推广,低空物流风险也逐渐成为关注的焦点。学者们从不同角度重点进行了风险评估和防范。针对无人机系统交通管理(UAS),AnceIE 等^[35]构建了实时风险评估框架。对于城区的物流配送,ChenAZJ 等^[36]通过仿真软件设计了无人机运输仿真系统并进行了风险评估。关于无人机驾驶,Avanzini 等^[37]对无人驾驶飞行器任务规划中的风险因素进行了风险评估;Barr 等^[38]对小型无人机系统的初步风险进行了风险评估;McFadyen 等^[39]通过采用仿真和建模工具,对进入非隔离空域的无人机进行了安全评价;Campolettano 等^[40]根据无人机坠落后果的严重程度,对无人机坠落可能对人造成的伤害进行了研究。阳杰^[41]则对不同类无人机之间的碰撞风险进行了研究。李航等^[42]为降低城市物流无人机碰撞风险,通过分析过往的碰撞事故,明确无人机发生碰撞事故的关键因素和敏感因素,依据分析结果提出风

险防控的相关建议。

【研究评述】

综上所述,众多专家学者已就低空物流配送模式、物流无人机起降点选址规划、低空物流路径规划和空域规划、低空物流风险分析等方面进行了广泛研究和探索,取得了很多的研究成果。通过系统分析文献,现有相关研究主要聚焦在低空物流微观层面具体问题解决的技术方案,具体如下。

首先,现有关于低空物流配送模式、物流无人机起降点选址、低空物流路径规划的研究^[1-27]普遍是以某个特定的应用场景如城市配送、无接触式配送、农村物流、城市无人机起降、定点发热门诊应急无人机起降、复杂地形下配送等为研究背景,采用运筹学优化理论,建立各类数学优化模型,通过算法给出规划方案。

其次,现有关于低空物流空域规划的研究^[28-34]主要采用运筹学优化结合仿真模型方法,重点研究物流无人机的空域容量,进而探讨空域容量所能容纳的最大无人机数量,给出无人机飞行的三维空间范围。

第三,现有关于低空物流风险分析的研究^[35-42]主要采用解释结构模型、碰撞风险模型、系统失效模型、风险评估矩阵等方法研究无人机碰撞与安全冲突、碰撞事故关键因素、无人机坠落风险评估等问题。

可以看出,现有研究都是聚焦在低空物流微观层面具体问题的技术解决方案研究,对于一个地区如何发展低空物流产业的研究鲜有涉及。于是,项目组进一步扩大了文献查阅范围,在全国各省政府网站、

各大搜索引擎查阅有关低空物流发展方面的资料，发现地域性不均衡现象显著，深圳、北京、四川、上海、天津等地区在低空物流领域的实践经验丰富，品牌效应逐渐显现，而陕西的低空物流实践则显得相对偏弱；此外，虽然部分地区已出台各类关于低空经济方面的实施方案或行动方案，但全国仅有内蒙古自治区针对低空物流出台相应的政策支持文件，说明针对低空物流的相关工作尚处于起步阶段。

2. 项目前期科研及现有工作条件

（1）前期相关科研

项目团队近年在低空经济与无人机技术相关领域积累了丰富的同类服务业绩，共成功承接 9 个类似项目，服务对象涵盖陕西省交通运输厅、中国铁塔股份有限公司、陕西省科技厅、中共陕西省委民融合发展委员会办公室、国家邮政局等权威单位及机构。项目类型兼具战略研究、技术研发与应用实施，既包括低空经济发展思路分析、低空飞行地面基础设施布局研究等宏观规划类服务，也涵盖无人机配送关键技术、智能感知算法、协同路径规划、集群抗毁性优化等核心技术研发项目，同时涉及华山景区无人机低空寄递物流等应用示范项目，合同金额从公益类 0 元示范项目到 48.8 万元的重点研究项目不等，充分体现了项目团队在低空经济与无人机相关领域的综合服务能力、技术研发实力及多场景应用落地经验，能够为本次采购项目提供可靠的服务保障。

（2）现有工作条件

项目组目前正在进行陕西省低空物流高质量发展行动方案的编

制和研究工作，前期已系统梳理了国家层面 15 项核心政策与 31 个省（自治区、直辖市）的 72 项地方专项政策，完成《国家低空物流相关政策文件汇编》、《全国各地低空物流相关政策文件汇编》，形成了涵盖低空物流全链条的政策数据库。

其次，项目组理出了全国 31 个省（自治区、直辖市）的低空物流发展思路，重点对各地的低空物流代表性应用场景和应用案例进行分析，完成了《全国低空物流发展情况汇总》。

再次，项目组对陕西省低空物流发展情况进行了全面摸排，先后走访调研了陕西省交通运输厅、陕西省发改委、陕西省工信厅、中共陕西省委军民融合发展委员会办公室、陕西省科技厅、中国民航西北地区管理局、陕西省公安厅、陕西省应急管理厅、陕西省无线电管理委员会、陕西省林业局、陕西省水利厅、陕西省生态环境厅、陕西省自然资源厅、陕西省住房与城乡建设厅、西咸新区管委会、陕西省邮政管理局、秦创原无人机创新产业聚集区（陕西沣西科创发展有限公司和西安科为航天科技集团有限公司）、陕西秦汉通用航空有限公司、西安迅蚁无人机科技有限公司、黄陵县通用航空产业发展有限公司、西安蓝田机场、陕西水务发展智能科技有限公司、星展测控科技股份有限公司-西咸新区无人机试飞基地等近 30 家企事业单位，形成了对陕西省低空物流较为全面的认识。

以上前期研究，为本次项目投标构建了坚实的工作基础，能够为本项目的研究和实施提供全面支撑。

3. 参考文献

- [1] 刘光才,马寅松,齐福强,等.基于改进 A*-人工势场法的城市物流无人机路径规划[J].飞行力学,2022,40(06):16-23.
- [2] Murray C C, Chu A G. The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, 54: 86-109.
- [3] 刘长石,吴张,周愉峰,等.疫区应急物资供应的卡车-无人机动态协同配送路径优化[J].系统科学与数学,2022,42(11):3027-3043.
- [4] 章可怡,石咏,郭海湘,等.基于卡车-无人机协同的山区自然灾害应急物资调度优化决策研究[J].中国管理科学,2025,33(02):150-160.
- [5] 蒋丽,王洪艳,梁昌勇,等.农村地区卡车与无人机协同配送路径优化[J].计算机工程与应用,2023,59(14):306-314.
- [6] 彭勇,任志.公交辅助无人机的城市物流配送模式研究[J].计算机工程与应用,2024,60(07):335-343.
- [7] Shavarani S M, Nejad M G, Rismanchian F, et al. Application of hierarchical facility location problem for optimization of a drone delivery system: a case study of Amazon prime air in the city of San Francisco[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2018, 95(9): 3141-3153.
- [8] 钱欣悦.城区物流无人机起降场点协同选址布局优化模型研究[D].南京航空航天大学,2021.
- [9] 张洪海,冯棣坤,张晓玮,等.城市物流无人机起降点布局规划研究[J].交通运输系统工程与信息,2022,22(03):207-214.
- [10] Daskilewicz M, German B, Warren M, et al. Progress in vertiport placement and estimating aircraft range requirements for eVTOL daily commuting[C]//2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. 2018: 2884.
- [11] 陈刚,付江月.军民融合背景下无人机配送中心选址问题研究[J].计算机工程与应用,2019,55(08):226-231+237.
- [12] German B, Daskilewicz M, Hamilton T K, et al. Cargo delivery in by passenger evtol aircraft: A case study in the san francisco bay area[C]//2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting. 2018: 2006.
- [13] Hong I, Kuby M, Murray A T. A range-restricted recharging station covera

- ge model for drone delivery service planning[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2018, 90: 198-212.
- [14] 彭丽芳,赵楠楠.考虑心理成本的应急物流选址路径问题[J].中国管理科学,2026,34(01):234-243.
- [15] 高翔,张明,李松锐,等.基于低空救援的无人机起降点选址问题研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2023,47(05):795-801.
- [16] Venkatesh N, Payan A P, Justin C Y, et al. Optimal siting of sub-urban air mobility(sUAM) ground architectures using network flow formulation[C]//AIAA AVIATION 2020 FORUM. 2020: 2921.
- [17] 魏潇龙,姚登凯,谷志鸣,等.基于分割法的无人机路径规划研究[J].计算机仿真,2016,33(01):90-94+132.
- [18] Palossi D, Furci M, Naldi R, et al. An energy-efficient parallel algorithm for real-time near-optimal uav path planning[C]//Proceedings of the ACM International Conference on Computing Frontiers. 2016: 392-397.
- [19] Guan Y, Gao M, Bai Y. Double-ant colony based UAV path planning algorithm[C]//Proceedings of the 2019 11th International Conference on Machine Learning and Computing. 2019: 258-262.
- [20] 卢成阳,王文格.复杂城市环境下无人机三维路径规划[J].计算机系统应用,2022,31(05):184-194.
- [21] Saranya C, Unnikrishnan M, Ali S A, et al. Terrain based D $\square$ algorithm for path planning[J]. IFAC-PapersOnLine, 2016, 49(1): 178-182.
- [22] 唐嘉宁,闫搏远,陈云浩,等.改进 JPS 的无人机路径规划研究[J].重庆理工大学学报(自然科学),2024,38(01):328-337.
- [23] Dorling K, Heinrichs J, Messier G.G, et al. Vehicle routing problems for drone delivery[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2016, 47(1): 70-85.
- [24] Sacramento D, Pisinger D, Ropke S. An adaptive large neighborhood search metaheuristic for the vehicle routing problem with drones[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2019, 102: 289-315.
- [25] Kitjacharoenchai P, Ventresca M, Moshref-Javadi M, et al. Multiple travelin

- g salesman problem with drones: Mathematical model and heuristic approach[J]. *Computers&IndustrialEngineering*,2019,129:14-30.
- [26] Agatz N, Bouman P, Schmidt M.Optimization Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone[J].*Transportation Science*,2018,52(4):965-981.
- [27] 孟姗姗,郭秀萍.卡车-无人机联合取送货模式下物流优化[J].*系统管理学报*,2022,31(03):555-566.
- [28] Bulusu V, Polishchuk V, Sengupta R, et al. Capacity estimation for low altitude airspace[C]//17th AIAA Aviation Technology ,Integration, and Operations Conference.2017:4266.
- [29] Cho J ,Yoon Y .How to assess the capacity of urban airspace: A topological approach using keep-in and keep-out geofence[J].*Transportation Research Part C*,2018,92:137-149.
- [30] 周天琦,邱震宇.基于概率统计的空域容量评估模型研究[J].*计算机应用*,2007,(S2):182-184.
- [31] 范兴.天气影响的终端区空域容量评估研究[D].南京航空航天大学,2013.
- [32] Jackson R M ,Sharma V ,Haissig M C , et al. Airborne Technology for Distributed Air Traffic Management[J].*European Journal of Control*,2005,11(4-5):464-477.
- [33] Zhou J ,Jin L ,Wang X , et al. Resilient UAV Traffic Congestion Control Using Fluid Queuing Models[J].*IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*,2020,PP(99):1-12.
- [34] Xu Y ,Prats X ,Delahaye D .Synchronised demand-capacity balancing in collaborative air traffic flow management[J].*Transportation Research Part C*,2020,114:359-376.
- [35] Ancel E, Capristan F.M, Foster J.V ,et al. Real-time Risk Assessment Framework for Unmanned Aircraft System (UAS) Traffic Management (UTM) [C]//17th aiaa aviation technology, integration, and operations conference.2017:3273.
- [36] Chen A.Z.J, Mo J.P.T. Modelling of unmanned aerial vehicle deliveries in populated urban areas for risk management[C]//2016 10th International Co

nference on Software, Knowledge, Information Management & Applications (SKIMA).IEEE,2016:61-66.

- [37] Avanzini G ,Martínez S D .Risk assessment in mission planning of uninhabited aerial vehicles[J].Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering,2019,233(10):3499-3518.
- [38] Barr L.C, Newman R, Ancel E, et al. Preliminary Risk Assessment for Small Unmanned Aircraft Systems [C]//17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference.2017:3272.
- [39] McFadyen A. Probabilistic determination of maximum safe altitudes for unmanned traffic management[C]//2019 IEEE/AIAA38th Digital Avionics Systems Conference(DASC).IEEE,2019:1-10.
- [40] T E C,L M B,A R G, et al. Ranges of Injury Risk Associated with Impact from Unmanned Aircraft Systems.[J].Annals of biomedical engineering,2017,45(12):2733-2741.
- [41] 阳杰.不同类无人机运行碰撞风险研究[D].中国民航大学,2022.
- [42] 李航,聂芳艺.基于贝叶斯网络的物流无人机碰撞风险评估[J].科学技术与工程,2023,23(15):6700-6706.

三、实施方案

1. 拟解决的关键问题

(1) 提炼总结交通运输行业管理视角下我国低空物流的发展模式与实践经验

立足全国低空物流管理痛点与交通运输行业“发展物流”的核心职责。首先,系统梳理交通运输行业管理职责范围内的行业发展现状;然后,提炼总结我国中部、东部、西部等地区低空物流发展可复制、可推广的经验与制度创新范式,为陕西省低空物流发展提供借鉴;最

后，探索发挥陕西省的枢纽带动作用，并统筹构建西北地区低空物流协同体系。

（2）识别陕西省低空物流发展的关键瓶颈与影响因素

基于交通运输行业管理职责，结合陕西省的实地调研情况和现有的产业基础，重点围绕以下四个大类识别核心痛点：一是与国家总体部署和顶层规划的衔接机制问题；二是低空运行监管与安全保障能力短板；三是多元应用场景的挖掘不足；四是初期市场培育与可持续商业模式的缺乏。精准厘清陕西省低空物流在行业扶持和管理政策、市场培育、场景挖掘及运营、技术瓶颈、基础设施等方面的关键瓶颈，并识别出解决关键瓶颈的核心影响因素，指出解决路径。

（3）厘清陕西省低空物流产业链架构与交通体系的协同融合点

明确陕西省低空物流产业链上下游核心环节（研发制造、运营服务、场景应用等）的发展现状，找准产业链各环节与现有交通基础设施、行业管理职能、综合运输服务体系的协同缺口与融合潜力，确立交通系统在低空经济产业链中的支撑作用。

（4）形成陕西省低空物流产业发展建议

紧扣交通运输行业“规划引领、标准规范、监管协同、设施支撑、场景赋能”的核心职能，聚焦政策制度体系（行业准入、运营规范、安全标准等）、基础设施建设（低空物流基础设施网络、低空物流公共服务平台、充换电保障等）、多元运营格局（国企引领、市场协同、平急两用）、应用场景创新（景区物资配送、医疗物资配送、邮政普遍服务、支线物流配送、末端物流配送等）、低空物流示范（设施布

局示范、场景运营示范、行业管理规范化示范)五大维度,同时开展场景适应性分析,评估不同场景在陕西复杂地形下的技术可行性与经济适配度,拓展“平急两用”场景(如常态化商业配送与突发事件下可快速转换为应急保障功能的设施),提出陕西省低空物流产业发展建议。

2. 主要研究内容及实施方案

本项目聚焦陕西省低空物流产业发展,通过调查分析我国低空物流产业的发展现状、实践经验以及陕西省低空物流的典型应用场景进展情况,剖析陕西省低空物流发展中政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面的关键问题,提出因地制宜的低空物流产业发展建议。

(1) 主要研究内容

1) 我国低空物流发展现状调查及实践经验总结

从政治、经济、社会、技术四个维度调查分析我国低空物流产业发展的宏观环境。在此基础上,构建东、中、西部的立体对比框架,重点围绕政策支持和顶层设计、产业基础和技术创新、多元应用场景、基础设施建设、技术供给和市场需求、安全与监管六个方面展开调研。最后,从“区域-场景-需求”的维度,梳理总结与剖析各地区低空物流发展的品牌特色、支持力度、产业链融合模式、运行效果等具体情况,进而为陕西省低空物流发展提供成功经验启示。

2) 陕西省低空物流典型应用场景进展情况调查

调查在陕开展低空物流的企业及其应用场景,梳理并形成陕西省

低空物流典型应用场景。首先，立足实际物流需求，重点围绕特殊复杂地形景区物资配送、医疗物资配送、邮政普遍服务、支线物流配送、末端物流配送五大场景展开调研，关注其与现有交通网络的协同融合。重点针对省内现有的或已完成的 10 个低空物流试点单位和代表性项目进行深度剖析，全面总结其在试运行过程中的经验教训，以此作为识别全省共性问题、拟定相关政策的重要基础。其次，以低空物流应用企业为调研对象，综合运用实地调研与问卷调研，系统收集分区域、分场景的低空物流需求。最后，从企业类型及资源优势、企业开展低空物流所面临的问题、以及所带来的经济和社会效果三个方面开展调查并形成调查报告，为挖掘陕西省低空物流关键问题进而提出有针对性的发展建议提供依据。

3) 陕西省低空物流发展现状及关键问题分析

系统梳理陕西省低空物流的发展基础（全面摸底低空领域相关的技术储备、学术支撑等），结合陕西省无人机产业基础和资源禀赋，聚焦陕西省低空物流应用领域，进一步结合陕北、关中、陕南三大区域的地理特征、经济基础与低空物流运行现状，从政策支持和顶层设计、产业基础和技术创新、多元应用场景、基础设施建设、技术供给和市场需求等方面调查陕西省低空物流的发展现状、特色及面临的关键问题。基于陕西省低空物流发展现状及典型应用场景调查结果，运用专家访谈法，重点从政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面提出陕西省低空物流发展的关键问题，并揭示影响陕西省低空物流发展的关键因素。

4) 陕西省低空物流产业发展建议

根据习近平总书记关于“因地制宜发展新质生产力”的重要论述以及中共中央、国务院、交通运输部对“低空经济”的政策法规支持，结合我国低空物流发展实践经验总结，以及陕西低空物流发展的关键因素及其作用机制，对陕西省低空物流发展的外部环境和内部资源进行分析。以低空物流高质量发展的顶层设计为引领，以发挥陕西省低空优势因素、克服劣势因素、紧握机会因素、化解威胁因素为思路，将各关键因素相互匹配组合，紧密结合并聚焦陕西省交通运输的核心职能履行，出台具备落地性的指导性政策或发展意见。从政策保障（行业准入、运营规范、安全标准等）、基础设施建设（基础设施网络、低空物流公共服务平台、充换电保障等）、多元运营格局（国企引领、市场协同、平急两用等）、应用场景创新（景区物资配送、医疗物资配送、邮政普遍服务、支线物流配送、末端物流配送等）、低空物流示范（设施布局示范、场景运营示范、行业管理规范化示范）等方面提出建议，推动陕西省低空物流产业快速发展。此外，在建议中考虑安全性与经济性，安全性方面，重点评估无人机运行风险管控，将其转化为具体的安全监管与行业准入政策条款；经济性方面，剖析资金支持、产业带动与运营成本的效益关系，将其转化为产业引导等具体政策抓手，确保政策精准落地。

（2）实施方案

1) 采用“分区域调研+差异化分析+全域统筹”的研究思路，构建研究技术体系，整合多种适配性研究方法，确保研究过程精准高效，

具体包括：

区域靶向与适配性调研法：针对陕北、关中、陕南三大区域的地理特征与物流需求差异，设计差异化调研工具，通过实地走访、深度访谈、问卷调研相结合的方式，覆盖省内近 30 家相关企事业单位。调研过程中同步叠加交通基础设施适配性调研（全面评估通用机场、高速公路服务区、交通客货运枢纽等交通资源的低空物流适配潜力）以及分场景需求调研，同步对国内南京、成都、深圳等省外地区开展对标调研，收集一手数据与典型案例。

多维分析框架：从政策支持、市场培育、应用场景、基础设施、技术瓶颈等方面，构建区域低空物流发展分析体系，运用层次分析法（AHP）识别核心影响因素，通过 SWOT 分析法梳理全省发展态势，为对策制定提供科学依据。

数据整合验证机制：对异构调研数据进行标准化处理，通过专家论证、实地复核等方式验证研究结论，确保成果的准确性与可靠性。

2) 采用“区域禀赋锚定+场景需求聚焦+多个维度穿透”的分区域调研实施框架，依托前述 10 个核心试点单位的运行数据作为基准线深度全面开展调研。

陕北地区（榆林、延安等）：聚焦中大型无人机支线物流模式，核心调研能源物资与特色农产品支线运输的实际需求规模，重点排查行业扶持政策落地成效、中大型无人机技术供给与区域需求的匹配瓶颈、机场及起降点等基础设施配套短板，精准识别该区域在政策协同、技术适配、基础设施建设等方面制约低空物流发展的关键问题。

关中地区（以西安为核心）：围绕城市快捷末端配送场景，深入调研城市空域管理细则的实操性与适配性、商圈/社区/医院等高频场景的应用现状及市场接受度，重点分析末端配送技术适配性不足、运营模式创新动力欠缺、市场培育不成熟等关键瓶颈，为破解关中地区低空物流发展难题提供依据。

陕南地区（商洛、汉中、安康等）：针对应急医疗物资输送、紧急救援、“低空物流+特色农业”三大核心场景，系统梳理应急与农业相关政策与低空物流的融合程度及扶持力度，调研山区小型无人机应用效果与技术瓶颈、应急保障站点布局短板，聚焦政策支持滞后、场景挖掘不充分、基础设施建设不足等关键问题，明确该区域低空物流发展的核心制约因素。

3) 采用“调研数据支撑+问题导向拆解+对策精准落地”的研究报告构建逻辑，系统整合形成成果。

以分区域调研收集的一手数据和典型案例为核心支撑，先按政策支持、市场培育、应用场景、基础设施、技术瓶颈五大关键维度，系统拆解陕西省低空物流发展的共性问题与三大区域的差异化瓶颈；再结合国内实践经验，运用 SWOT 分析法完成全省及分区域发展态势研判，针对性提出“全省统筹+区域适配”的解决方案；最后通过专家论证、委托方反馈等多轮修订，形成涵盖现状分析、问题诊断、发展建议、政策代拟的完整研究报告，确保报告内容详实、逻辑严谨、对策具备可操作性，为陕西省低空物流产业高质量发展提供科学决策依据。

3. 技术路线

(1) 研究技术方案

项目研究的技术关键涉及到文献分析法、实地调查法、电子问卷法、PEST 分析法、专家访谈法、层次分析法（AHP）、SWOT 分析法等技术方法。具体体现为：1）基于文献分析法与 PEST 分析法，明确我国低空物流发展的宏观环境及经验启示。2）运用电子问卷与实地调研相结合的方法，调查陕西低空物流典型应用场景的发展进展情况，明晰每个典型应用场景背后企业所面临的问题以及带来的社会效益和经济效益。3）分别运用专家访谈法与层次分析法，确定陕西省低空物流发展的关键问题及关键影响要素。4）综合上述研究成果，运用 SWOT 的方法，提出陕西省低空物流产业发展建议。

上述技术方法及其应用内容如下。

1) 文献研究法。利用中国知网、万方数据库和电子图书数据库等收集关于国内外关于我国各地区低空物流发展现状、低空物流应用场景、低空物流关键技术和政策法规支持等相关文献资料，了解研究现状和普遍存在问题，以明确研究思路和研究方向。

2) PEST 分析法。即从政治、经济、社会和技术四个维度分析我国低空物流的宏观环境；其中，政治维度为国家出台的相关政策、法规文件；经济维度为 GDP、我国低空物流的市场规模、无人机产业规模等；社会维度主要是我国低空物流的发展历程；技术维度即从无人机技术创新角度展开。

3) 电子问卷法。项目研究对象涉及我国低空物流先行探索地区

的政府部门、开展低空物流业务的企业以及无人机相关企业，具有调研对象范围广、数量多的特点，因此，需根据不同的调研主体，梳理设计不同的调研问题，运用电子调查问卷的形式开展全方位调研。

4) 实地调查法。通过实地调查法，访谈我国低空物流发展先行探索地区的政府部门和企业代表、陕西省交通运输部门以及具有代表性的低空物流企业运营情况。此外，综合专家访谈法和实地调查法，对陕西省低空物流发展存在的问题进行分析与总结。

5) 专家访谈法。在前期调研的基础上，通过专家访谈法对我国低空物流的整体发展情况以及实践经验进行总结分析，同时针对陕西省低空物流的发展现状进行分析，其中，重点关注陕西省低空物流典型应用场景的发展情况；在此基础上，进一步明确需要重点调研的典型代表。

6) 层次分析法(AHP)。以陕西省低空物流关键因素为目标层，基于陕西省低空物流在政策、应用场景、基础设施、供需匹配、市场培育等方面存在的关键问题，确立关键因素辨识的准则指标，通过构建判断矩阵，计算各因素权重向量并进行排序，最终确定影响陕西省低空物流发展的关键因素。

7) SWOT 分析法。基于我国低空物流发展现状、实践经验总结，结合陕西省低空物流的自身特点，调查陕西省低空物流发展的外部环境因素和内部能力因素，分析陕西省低空物流发展的优势与劣势、机会与威胁，进而针对陕西省低空物流的关键问题及其关键影响因素，提出发展对策与建议。

8) 多元数据融合分析。在陕西省低空物流发展现状调研中，涉及到多种类型的数据，如何整合格式异构、标准缺失、安全壁垒等数据，是本项目研究的关键技术问题。针对上述关键技术问题，同时采取人工梳理转换与线下协同对接的方法，确保数据格式基本一致、数据安全可追溯。

(2) 研究工作流程

本项目的研究工作遵循“经验总结—现状调研—问题识别—对策建议”展开，具体各项研究任务的衔接关系与执行顺序如图 1 所示。

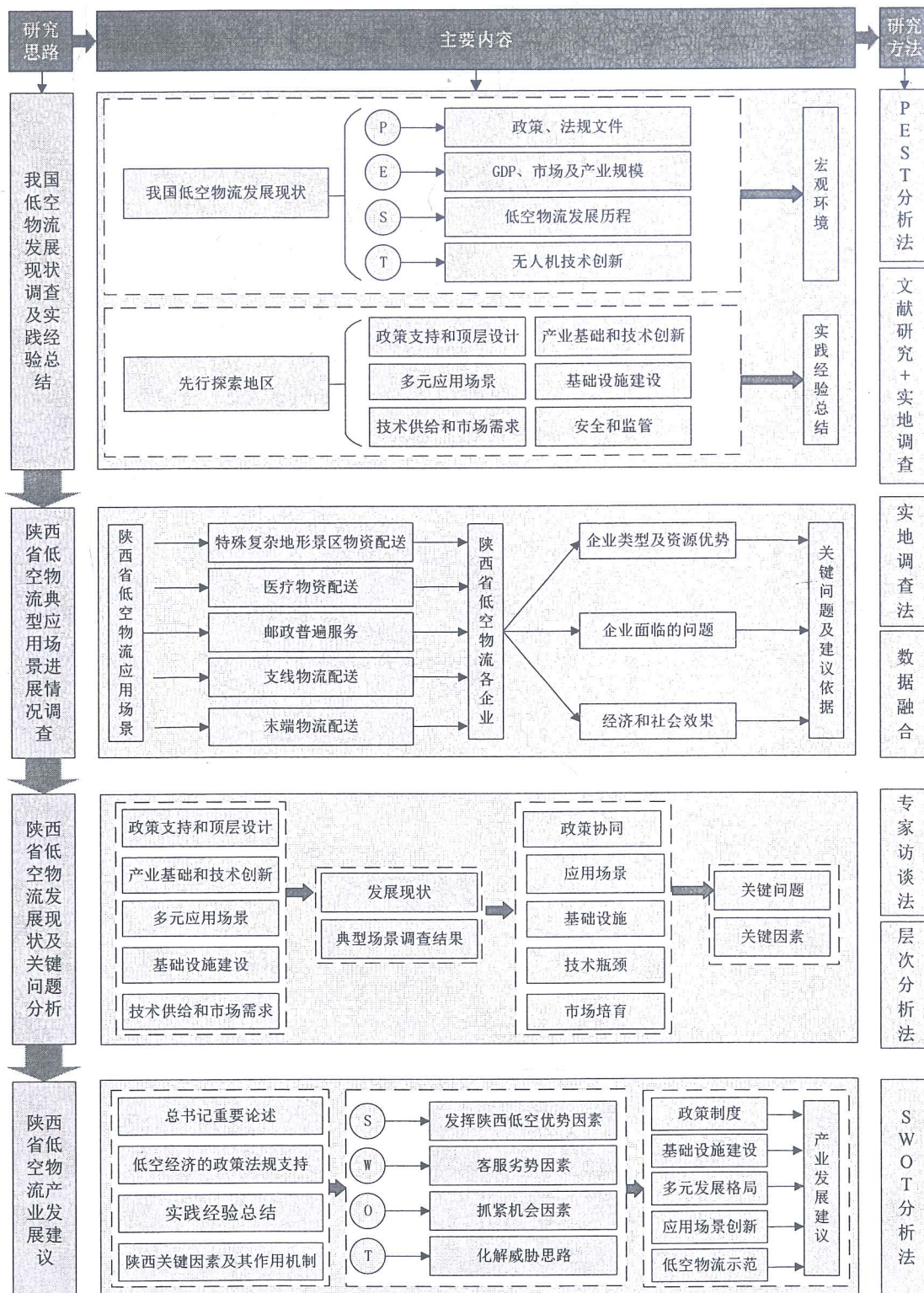


图 1 研究工作流程图

4. 后续技术改造或基本建设计划的衔接

本项目以交通运输行业管理为核心，围绕政策制度、基础设施建设、多元运营格局、应用场景创新、低空物流示范五大层面形成的研究成果，具备极强的实践落地性，可与陕西省后续低空物流领域的技术改造、基本建设计划精准对接，具体衔接内容如下：

（1）衔接政策制度类建设计划，筑牢产业发展制度根基

本项目提炼的低空物流政策经验、编制的陕西省低空物流政策制度建议及专项政策意见，可直接支撑我省低空物流政策落地与管理规范类基本建设计划。

（2）衔接基础设施建设类计划，构建全域适配的实体网络

结合陕西省山地、高原占比超 70%的地形特征，本项目形成的低空物流基础设施网络优化、低空物流公共服务平台建设、充换电设施建设、应急保障站点建设等思路，可全面指导全省低空物流基础设施新建与升级改造计划，助力低空物流实体支撑体系建设。

（3）衔接多元运营格局类改造计划，激活市场协同发展活力

本项目提出的多元运营格局建议，可与陕西省低空物流运营模式优化、市场主体培育类技术改造计划深度衔接。指导物流企业参与场景运营、技术研发，开展合作模式创新，推动日常商业运营与应急保障能力的协同提升，带动低空物流产业的整体发展。

（4）衔接应用场景创新类改造计划，提升场景适配与运营效能

本项目通过实地调研形成的典型场景优化方案、技术痛点解决方案，可直接应用于我省现有低空物流试点场景的技术改造与创新升级

计划，提升城乡物流服务效率，指导相关部门开展试点场景孵化计划，推动低空物流与文旅、制造、邮政等产业的深度融合，培育新的应用增长点。

（5）衔接低空物流示范类建设计划，打造可复制推广样板

本项目设计的低空物流示范体系方案，可全面支撑陕西省低空物流示范工程、示范基地建设类计划，打造“高速+低空”“物流枢纽+低空节点”等基建示范样板，打造华山景区物资配送、西安都市圈医疗应急配送、商洛农村农产品出山等示范场景，总结形成“陕西管理模式”，为全国同类地形省份低空物流发展提供参考。

5. 有关技术经济指标

本项目聚焦陕西省低空物流发展关键问题研究，以交通运输行业管理为核心视角，形成兼具理论指导与实践落地的研究成果，相关技术经济指标与性能指标围绕研究成果的应用价值、落地效果、行业适配性展开，采用定量为主、定性为辅的方式明确，具体如下：

（1）定量指标

系统梳理不少于 5 个国内低空物流先行探索地区的产业发展模式，形成的经验体系适配陕西省山地、高原为主的地形特征。

结合实地调研，梳理陕西省内不少于 30 家低空物流相关企事业单位运营数据，精准识别陕西省低空物流发展核心关键问题，覆盖政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面。

从政策制度体系、基础设施建设、多元发展格局、应用场景创新、低空物流示范五大维度，形成 5 大类具体可落地的陕西省低空物流产

业发展建议。

（2）定性指标

本项目形成的所有研究成果均紧扣交通运输行业管理核心职能，适配陕西省“山地、高原占比超 70%”的地形特征，同时匹配国家综合立体交通网建设、交通强省建设等顶层规划要求，研究成果的行业适配性、区域适配性、政策适配性均达到良级以上。

研究成果可直接转化为陕西省交通运输主管部门推进低空物流发展的政策工具、规划依据、运营指南，能有效破解陕西省低空物流发展的瓶颈问题，为陕西省低空物流产业发展提供科学指导，研究成果的实践指导价值、落地应用价值均达到优良级以上。

四、项目承担单位及参加单位概况

1. 单位概况

西安邮电大学是一所以工为主，以信息科学技术为特色，工、管、理、经、文、法、艺多学科协调发展的普通高等学校，由陕西省人民政府与工业和信息化部共建，是陕西高水平大学建设高校、陕西省“一流大学、一流学科”建设高校、教育部“卓越工程师教育培养计划”实施高校。学校设有 14 个教学科研单位，2 个国家级工程实验室，29 个国家级、省部重点实验室、研究中心。学校现有 1 个一级学科博士学位授权点，9 个硕士专业学位授权类别，49 个本科专业。

西安邮电大学物流学院在交通、物流、邮政领域独具优势。学院现有管理科学与工程、交通运输、物流工程与管理 3 个硕士学位点，以及物流管理、工业工程、信息管理与信息系统、邮政管理、邮政工

程 5 个本科专业。2021 年，学院的物流管理专业获批国家级一流本科专业建设点；2023 年，交通运输工程学科进入软科世界一流学科榜单，2024 年，管理科学与工程学科进入“2024 软科中国最好学科排名”前 30%。近 5 年，学院获批“邮政行业自动化分拣技术研发中心”、“现代邮政协同创新中心”、“现代物流工程实验室”等省部级科研平台，承担科研项目总经费 3500 多万元，获批国家级项目和省部级科研项目 50 余项。公开发表学术论文 300 多篇，在《中国管理科学》、《系统管理学报》、《系统工程理论与实践》等期刊发表高水平学术论文 120 多篇；出版专著 14 部；国家标准 7 项，行业标准 10 项，地方标准 8 个；获得陕西省科学技术二等奖、湖北省科学技术二等奖、陕西省科技进步三等奖、中国通信学会科学技术二等奖和三等奖、陕西高校人文社会科学研究优秀成果奖二等奖等 22 项科研奖励。

2. 技术力量及人员构成

姓名	单位	性别	年龄	技术职称	专业	在项目中担任具体工作
谢逢洁	西安邮电大学	女	51	正高级	规划与管理	项目总体统筹
王 闯	西安邮电大学	男	45	正高级	规划与管理	省内典型应用场景进展情况调查
贾玉花	西安邮电大学	女	47	副高级	规划与管理	省外调研及经验总结
任翠萍	西安邮电大学	女	38	副高级	道路运输	陕西省低空物流产业发展建议

李 想	陕西交通科技有限公司	男	35	中级	交通运输	典型案例
梁 驰	西安公路研究院有限公司	女	26	初级	交通运输	典型案例
王 晋	西安邮电大学	男	41	副高级	交通工程 (机电工程)	陕西省低空物流发展现状及关键问题分析
周雪艳	西安邮电大学	女	34	副高级	道路运输	研究报告
珠 兰	西安邮电大学	女	35	中级	规划与管理	研究报告
王思一	西安邮电大学	女	31	中级	规划与管理	研究报告
崔望妮	西安邮电大学	女	34	中级	规划与管理	研究报告
李 莹	西安邮电大学	女	35	助理级	道路运输	研究报告
张国瑾	西安邮电大学	女	25	技术员级	规划与管理	研究报告
刘择正	西安邮电大学	男	24	技术员级	规划与管理	研究报告
张 谦	西安邮电大学	男	23	技术员级	规划与管理	研究报告

3. 各自承担的主要工作

项目承担单位为西安邮电大学，研究团队共 15 人，项目负责人为谢逢洁教授，项目组成员分工如下：

谢逢洁，西安邮电大学，对项目进行总体统筹，确定研究内容、研究

思路和研究框架，督促各部分研究顺利进行；

王 闯，西安邮电大学，负责省内典型应用场景进展情况调查；

贾玉花，西安邮电大学，负责省外调研及经验总结；

任翠萍，西安邮电大学，负责陕西省低空物流产业发展建议；

李 想，陕西交通科技有限公司，负责典型案例的撰写；

梁 驰，西安公路研究院有限公司，负责典型案例的撰写；

王 晋，西安邮电大学，负责陕西省低空发展现状及关键问题分析；

周雪艳，西安邮电大学，负责研究报告的撰写工作；

珠 兰，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

王思一，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

崔望妮，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

李 莹，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

张国瑾，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

刘择正，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作；

张 谦，西安邮电大学，参与研究报告的撰写工作。

4. 项目主要负责人情况

谢逢洁，博士研究生，教授，西安邮电大学管理科学与工程专业、交通运输专业和工程管理专业硕士生导师。现为西安邮电大学现代邮政学院院长、交通运输部专家委员会委员、物流管理国家级一流专业负责人、全国行业职业教育教学指导委员会委员、中国物流学会常务理事、现代邮政与物流虚拟仿真实验教学中心（省级）负责人。获得2018年度“交通运输青年科技英才”称号，2022年陕西省教科文卫

体系统“五一巾帼标兵岗”称号。

五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

1. 依托工程（工作）概况

（1）中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》；

（2）陕西省人民政府办公厅关于印发《“十四五”综合交通运输发展规划》的通知（陕政办发〔2021〕30号）；

（3）陕西省人民政府办公厅印发的《关于低空经济发展有关问题的会议纪要》。

本项目依托以上工程（工作）要求，开展“陕西省低空物流发展关键问题研究”工作。重点针对低空物流在发展过程中面临的政策支持出台慢、应用场景创新动力不足、基础设施建设不充分等明显不足，通过课题研究揭示影响我省低空物流发展的关键因素，分析政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面的关键问题，提出因地制宜的低空物流产业发展建议，为推动我省低空物流快速发展、构建现代物流体系、助力陕西建设交通强省提供支撑。

2. 投资来源

陕西省交通运输厅补助。

3. 工程进度与项目科研进度的配合

（1）前期准备阶段（2026年3月—2026年5月）

1）资料收集整理。完成基础资料收集、整理，建立资料汇编框架和基本目录。

2）成立课题组。完成课题申报、立项等相关程序性工作，确定

职责分工。

3) 制定研究方案。制定细化研究方案，提交委托方审议并按委托方意见修改研究方案。

阶段性成果：完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究方案。

(2) 调研阶段（2026 年 6 月—2026 年 8 月）

1) 围绕研究内容，撰写调研提纲和调研资料清单。

2) 开展基础调研，对国内低空物流先行探索地区和陕西省相关企业事业单位走访调研，收集一手资料。

3) 掌握并总结陕西省低空物流发展情况和关键问题，形成调研报告。

阶段性成果：完成《陕西省低空物流高质量发展情况》调研报告。

(3) 初稿编写阶段（2026 年 9 月—2026 年 11 月）

1) 编写初稿。按照审定后的研究大纲、结合前期研究基础与调研情况，编写研究报告初稿。

2) 第一次听取专家意见。召开专家咨询会，听取专家修改意见。研究团队按照专家意见，对初稿进行修订完善。

3) 依托陕西省高速公路资源，结合某一场景，以空地协同配送为例，撰写典型案例初稿；

阶段性成果：编写《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告初稿、空地协同配送典型案例初稿。

(4) 修改完善阶段（2026 年 12 月—2027 年 2 月）

1) 二次调研。根据草拟稿内容, 选取相关地区 and 单位进一步调研, 完善草拟稿。

2) 第二次听取专家意见。再次召开专家咨询会, 听取专家对修订稿意见, 修改完善后形成初稿。初稿呈送委托方审阅, 并征求意见。

3) 结合二次调研内容, 修订空地协同配送典型案例。

阶段性成果: 完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告初稿、空地协同配送典型案例。

(5) 征求意见阶段(2027年3月—2027年5月)

1) 按照委托方意见修订完善后, 征求委托方及专家意见并形成意见汇总。

2) 征求意见范围及方式由课题组提出, 报经委托方同意后确定。

阶段性成果: 完成意见汇总。

(6) 修订阶段(2027年6月—2027年8月)

1) 对初稿进行修订, 形成修订稿。

2) 修订稿再次征求专家意见后, 形成征求意见稿。

3) 根据再次征求意见情况修改完善, 提交委托方。

阶段性成果: 完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》修订稿。

(7) 评审、上报阶段(2027年9月—2027年11月)

1) 征求意见稿按照委托方审议意见进行调整完善后, 形成评审稿。

2) 召开评审会, 经评审通过后, 形成最终稿。

阶段性成果: 完成《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报

告。

(8) 成果推广阶段（2027 年 12 月—2028 年 2 月）

1) 基于研究结果，提出有针对性的政策建议，以推动陕西省低空物流产业的更好发展。

2) 将研究成果向相关部门和社会进行宣传推广。通过报告发布、会议交流等形式，让更多人了解项目成果，争取相关部门对成果的认可和支撑。

阶段性成果：形成陕西省低空物流产业发展政策建议文稿，完成项目研究成果宣传推广相关材料。

4. 组织管理形式

本项目实行项目负责人负责制，依托西安邮电大学现代邮政学院，组建结构合理、分工明确的科研团队，采用“统筹规划、分项实施、协同推进”的组织管理形式。

项目负责人负责制：由谢逢洁全面负责项目的总体统筹、研究思路确立、框架设计及进度把控。

根据研究内容，将团队划分为三个职能小组：

(1) 调研与数据组：由贾玉花和任翠萍牵头，负责陕西省内典型应用场景的实地调研，以及省外的考察与经验总结，确保一手数据的真实性与全面性。

(2) 分析与策略组：由王闯、王晋牵头，负责深入剖析陕西省低空物流发展现状及关键问题，并据此形成针对性的产业发展建议。

(3) 报告撰写与综合组：由李想、梁驰、周雪艳、珠兰、王思

一、崔望妮、李莹及研究生团队，负责资料汇编，调研报告、典型案例及最终研究报告的撰写。

六、项目经费估算及资金筹措情况

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科目	估算数	科目	总经费	厅补经费	其他经费
省交通运输厅补助	19.9	合计	19.9	19.9	
工程配套研究经费	0.0	1.设备费	0.0	0.0	
单位自筹	0.0	（1）购置设备费	0.0	0.0	
其他经费	0.0	（2）设备改造与租赁费	0.0	0.0	
		2.业务费	7.9	7.9	
		（1）材料费	0.0	0.0	
		（2）测试化验实验加工费	0.0	0.0	
		（3）燃料动力费	0.0	0.0	
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	4.0	4.0	
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权费	2.3	2.3	
		（6）其他费用	1.6	1.6	
		3.劳务费	8.0	8.0	
		（1）专家咨询费	4.8	4.8	
		（2）聘用人员劳务费	3.2	3.2	
		（3）其他劳务费	0.0	0.0	
		（二）间接费用	4.0	4.0	
		4.管理费	0.8	0.8	
		5.绩效支出	3.2	3.2	

七、项目绩效指标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1、专利授权数（项）	
		（1）授权发明专利	
		（2）实用新型	
		（3）外观设计	
		2、软件著作权授权数（项）	
		3、发表论文（篇）	1
		（1）其中 SCI 索引收录数	
		（2）其中 EI 索引收录数	
		（3）其它	1
		4、著作（部）	
		5、制订标准数（项）	
		（1）国际标准	
		（2）国家标准	
		（3）行业标准	
		（4）地方标准	
		（5）企业标准	
		（6）科技报告	
	其他成果	1、填补技术空白数	
		（1）国际	
		（2）国家	
		（3）省级	1
		2、获奖项数	
		（1）国家奖项	
		（2）部、省奖项	
		（3）地市级奖项	
		3、其他科技成果产出	
		（1）新工艺（或新方法模式）	
		（2）新产品（含农业新品种）	
		（3）新材料	
		（4）新装备（装置）	
		（5）平台/基地/示范点	
		（6）中试线	
		（7）生产线	

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	4、研究开发情况	
		(1) 小试	否
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	否
	人才引育	1、引进高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		2、培养高层次人才	3
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	3
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	
		4、是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1、开放共享仪器设备数（台/套/只等）	
		2、科研仪器设备利用率（%）	
		3、孵化科技型企业（个）	
		4、转化科技成果（个）	
效果类指标	经济效益	1、新增产值（万元）	
		2、新增销售（万元）	
		3、新增出口创汇（万美元）	
		4、新增利润（万元）	
	社会效益	1、新增税收（万元）	
		2、新增就业人数	
		3、就业培训（人次）	
		4、带动农民增收（万元）	
		5、培训和指导科技服务（人次）	
		6、新增产业带动情况	
		7、技术集成示范（项）	
		8、建立示范基地（亩数）	
		9、节约资源能源	
		10、环保效益	
其他需要说明的情况			

八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益

1. 项目预期目标

- (1) 完成我国低空物流发展先行探索地区的情况调查；
- (2) 完成陕西省低空物流发展的现状调查，尤其是典型应用场景及试点路线情况调查；
- (3) 给出陕西省低空物流产业发展建议（填补省内空白）；
- (4) 依托陕西省交通资源，针对应用场景，设计编写典型案例；
- (5) 代拟陕西省低空物流发展政策意见。

2. 提交的研究成果及其形式

- (1) 《陕西省低空物流发展关键问题研究》研究报告；
- (2) 发表 1 篇与项目研究成果密切相关的论文，等级为《中文核心期刊要目总览》论文；
- (3) 依托陕西省高速公路资源，结合某一场景，以空地协同配送为例，撰写典型案例；
- (4) 代拟陕西省低空物流发展政策意见。

3. 经济、社会、环境效益分析

(1) 经济效益

陕西省发展低空物流，可有效破解复杂地形带来的物流难题。该模式不仅能显著降低物流成本，提升生鲜农产品出山效率，减少特色产品流通损耗，还能激活偏远地区物流市场，催生出农产品电商、应急物流等新业态，进而进一步降低全省物流行业综合成本，为区域经济竞争力的提升注入强劲动力。

（2）社会效益

首先，研究成果将有效解决陕西 56 个山区或丘陵县“最后一公里”配送难题，提高邮政普遍服务质量。通过构建支线与末端衔接的低空网络，使优质工业品“下乡”与特色农产品“出山”更加便捷，增强全省区域发展的均衡性。

其次，项目研究中涉及的应急医疗物资配送方案，可显著提升全省在自然灾害、突发公共卫生事件中的响应速度。缩短血液、急救药品、临床检验样本的运输时间，在生命救治的“黄金期”内提供更高效率的物流保障。

最后，项目实施过程不仅将为全省交通规划提供决策依据，而且随着研究成果的落地应用，将催生无人机飞控员、运行管理、系统维保等大量新型就业岗位，优化全省交通运输从业人员的就业质量，为民生改善注入科技动能。

（3）环境效益

低空无人机以电能驱动替代传统燃油货车配送，可实现末端物流运行过程的零排放，同时有效分担地面交通压力，减少因道路拥堵产生的额外能效损耗，支撑陕西“双碳”目标的落地实践。

合理开发低空空域资源可有效缓解地面土地资源紧张的矛盾，降低对大规模地面交通基础设施的过度依赖。通过对起降点选址的科学布局研究，实现对既有建筑天台、产业园区、高速公路服务区、地铁站枢纽等存量资源的高效复用，达成空间利用效率的最大化。

九、其它需要说明的问题

十、申请单位意见

西安邮电大学作为本项目申请单位，已对《陕西省低空物流发展关键问题研究》项目的研究背景、技术路线、实施条件等进行全面论证，现就项目依托工程、配套经费等核心事项说明如下：

1. 依托工程落实情况。本项目严格依托中共中央、国务院《国家综合立体交通网规划纲要》、陕西省《“十四五”综合交通运输发展规划》（陕政办发〔2021〕30号）及《关于低空经济发展有关问题的会议纪要》等国家及省级重点工程（工作）要求，研究内容与我省低空物流试点推进、交通强省建设等核心工作紧密衔接。项目前期已对接陕西省交通运输厅、秦创原无人机创新产业聚集区、陕西秦汉通用航空有限公司等近30家企事业单位，形成了扎实的调研基础，依托工程的相关工作要求已全面融入研究方案，确保研究成果能直接服务于实际工程落地。

2. 配套经费落实情况。本项目经费来源为陕西省交通运输厅补助19.9万元，经费预算严格按照《陕西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（陕政办发〔2022〕3号）文件编制，涵盖业务费、劳务费、间接费用等全环节支出，预算编制科学合理。学校已明确承诺，将根据项目实施需要，配套提供科研场地、实验设备、数据资源及后勤保障等支持，确保项目研究工作顺利推进，无经费缺口风险。

我校具备开展本项目的雄厚科研实力、完善工作条件及丰富实践经验，承诺严格遵守陕西省交通运输厅科研项目管理相关规定，实行

项目负责人负责制,统筹协调各方资源,按计划高质量完成研究任务,确保研究成果具备实践应用价值。



(公章)

单位负责人: (签字)

年 月 日

陕西省低空物流发展关键问题研究

大纲评审意见

2026年3月16日，陕西省公路局受陕西省交通运输厅委托，在西安主持召开了“陕西省低空物流发展关键问题研究”（项目编号：25-55R）项目大纲评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了项目研究大纲，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目研究内容全面，研究目标明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成比较合理，前期研究基础扎实，依托工程落实，经费预算符合规定，具备开展研究工作的条件。

三、预期成果本覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架高度契合。

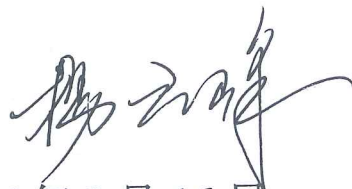
与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：

1.梳理研究内容，聚焦交通运输行业管理职能对应的技术经济关键问题。

2.用好行业现有资源，加强典型案例在交通基础设施的有效应用。

主任委员：



2026年3月16日

专家审查意见表

项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究				
专家姓名	杨云峰	职务/职称	书记（原）/教授（三级）	专 业	交通运输规划
专家单位	陕西交通职业技术学院			联系电话	13709210365

评 审 意 见

低空经济是国家鼓励发展的战略性新兴产业，其中低空物流对有效缓解地面交通压力、大幅提高配送效率、降低物流成本具有显著效益。陕西积极发展低空经济，但低空物流发展政策支持保障、应用场景创新、基础设施建设等方面进展缓慢。如何抢抓时代与产业机遇，实现陕西经济高质量发展，专题开展低空物流技术经济政策研究必要而迫切。

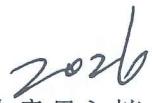
本课题拟全面深入调研我国低空物流产业发展状况，凝炼已有发展模式与先进地区经验，识别陕西省低空物流发展的关键瓶颈与影响因素，并聚焦政策制度体系、基础设施建设、多元运营格局、应用场景创新、低空物流示范等维度，提出陕西省低空物流产业发展建议。研究成果将具有良好的政策指导价值和实践应用价值。

课题组拟定的研究内容充实，研究思路清晰，研究方法可行，预期成果丰富。课题承担单位研究力量雄厚，课题组成员结构合理，具备良好的研究基础。同意立项。

建议：1. 课题名称改为“陕西省低空物流发展技术经济政策研究”；

2 强化低空物流安全性、经济性分析，并提出政策建议。

评审专家（签字）：

 年  月  日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究(25-55R)				
专家姓名	王强	职务/职称	正高	专业	通信工程
专家单位	陕西西交控科技发展有限公司			联系电话	13809198825

评审意见

项目针对我省低空物流发展现状,开展关键问题研究,对于推动我省构建现代物流体系、低空物流快速发展,助力陕西交通强省建设具有现实意义,立项必要。

项目研究大纲内容全面,目标明确,技术路线可行,研究人员组成合理,前期工作扎实,预期成果与研究内容契合,具备开展研究工作条件,同意大纲通过评审。

建议:

1. 研究内容与项目名称相对应,按政策保障、空域管理、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面关键问题分别展开论述;

2. 研究重点针对发展对策和技术经济分析。

评审专家(签字)

王强

2026年3月16日

(本意见入档,应填写工整,纸面不敷,可另加纸)

专家审查意见表

项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究				
专家姓名	王建宇	职务/职称	教授	专业	交通工程
专家单位	长安大学			联系电话	13709252206

评审意见

1. 加强陕西省低空物流应用场景分析;
2. 结合产业分析,进一步对关键问题进行解析;
3. 加强典型应用场景及案例的分析;
4. 技术人员构成进一步丰富.

评审专家(签字):

王建宇

2026年3月16日

(本意见入档,应填写工整,纸面不敷,可另加纸)

专家审查意见表

项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究				
专家姓名	卞雪航	职务/职称	副研究员	专 业	交通科技、交通经济
专家单位	交通运输部科学研究院			联系电话	18610600670

评 审 意 见

总体意见：项目面向地方公路建设促进省经济高质量发展的主题，研究意义重要，研究思路清晰、目标明确，计划合理，同意通过大纲评审。

具体意见建议：

一是当前来说，不存在低空物流先进地区的说法，按照国家发改委的原则和说法，低空物流应该因地制宜推进发展，陕西等广大西北地区可充分研究考虑低空物流等场景的应用，且省内产业基础、技术基础、西北地域特点以及发展需求等恰恰为低空物流赋能；

二是关键问题研究中应该充分考虑技术、工业产业基础、地域环境特点，特别优先考虑安全保障的问题，加强干支末不同类型低空物流的研究论证。

评审专家（签字）：卞雪航

年 月 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	陕西省低空物流发展关键问题研究				
专家姓名	虞明远	职务/职称	原主任/研究员	专 业	交通经济
专家单位	交通运输部公路科学研究院			联系电话	13801350160

评 审 意 见

总体上，课题组研究基础扎实，提交的研究内容全面、技术路线合理、方法科学、研究重点突出、研究目标明确、研究人员构成合理，同意通过研究大纲评审。

建议：

- 1、进一步强化对陕西省乃至全国先进地区和顺丰、京东等先进经验分析；
- 2、进一步强化陕西省低空物流发展存在的关键问题；
- 3、进一步强化低空物流与交通网络体系和运输站场等应用场景的融合发展；
- 4、进一步强化研究成果全产业链的针对性、可操作性。

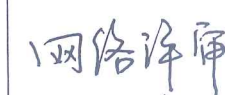
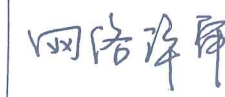
评审专家（签字）：

2026 年 3 月 16 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

陕西省低空物流发展关键问题研究 (项目编号: 25-55R)

大纲评审专家委员会名单

序号	评审会职务	姓 名	工作单位	所学专业	从事专业	职称/职务	签 名
1	主任委员	杨云峰	陕西交通职业技术学院	交通运输 规划与管理	交通运输 规划与管理	正高工	
2	委员	曹可勇	陕西交控科技发展集团 股份有限公司	道路与铁路 工程	道路工程	正高工	
3	委员	王建军	长安大学	交通运输 工程	交通运输 工程	教授	
4	委员	卞雪航	交通运输部科学院	交通规划与 管理	交通规划与 管理	副研究员	
5	委员	虞明远	交通运输部公路院	交通规划与 管理	交通规划与 管理	研究员	

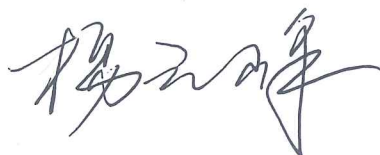
专家意见处理表

项目名称：陕西省低空物流发展关键问题研究（项目编号：25-55R）

序号	姓名	建议内容	处理意见 (逐条回应，详细说明修改情况)
1	杨云峰	1.课题名称改为“陕西省低空物流发展技术经济政策研究”； 2.所需要出台的技术、经济政策，必须立足于现有或者已完成的工作； 3.紧密聚焦对应到交通运输厅的职能履行； 4.强化低空物流安全性、经济性分析，并提出政策建议。	1.课题名称不能修改，以对大纲整体内容进行修改，更好的体现研究成果应用价值。2.将重点针对省内现有的或已完成的10个低空物流试点单位和代表性项目进行深度剖析，全面总结其在试运行过程中的经验教训。3.研究内容紧密结合并聚焦陕西省交通运输的核心职能履行，并出台具备落地性的指导性政策或发展意见4.在发展建议中考虑了安全性与经济性
2	曹可勇	1.研究内容需要与名称相对应，按大纲中“分析政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面的关键问题”分别展开论述。	1.主要研究内容修改为剖析陕西省低空物流发展中政策协同、应用场景、基础设施、技术瓶颈、市场培育等方面的关键问题，提出因地制宜的低空物流产业发展建议。
3	王建军	1.加强陕西省关于低空物流的应用场景的分析； 2.结合产业分析，进一步对关键问题进行解析； 3.加强典型应用场景及案例的分析； 4.技术人员构成进一步丰富。	1.开展场景适应性分析，评估不同场景在陕西复杂地形下的技术可行性与经济适配度。拓展“平急两用”场景。2.紧密结合陕西省产业，提炼不同产业形态下低空物流供需匹配的关键痛点，进行关键问题的深度解析。3.依托陕西省高速公路资源，结合某一场景，以空地协同配送为例，撰写典型案例。4.加入了交通运输专业的相关人员。

4	虞明远	1.进一步梳理陕西省低空物流发展存在的问题，强化研究的需求导向； 2.加强低空应用场景与交通系统的联系； 3.进一步梳理整个低空物流产业链，围绕产业链融合发展来进一步体现研究。	1.在背景部分增加了关于陕西省地形、产业基础（航空航天、无人机制造等）与实际物流需求（生鲜、医疗、能源物资等）的深度分析；在关键问题识别中，重点分析供需匹配的痛点。2.在研究内容中明确了五大场景与现有交通网络的协同融合，并提出评估高速服务区、客货运枢纽等存量资源的适配潜力。3.增加了对陕西省低空物流产业链架构的识别，确立交通系统在低空经济产业链中的支撑作用。
5	卞雪航	1.明确对比参照对象，参照东中西部地区对比； 2.系统梳理陕西省低空物流的发展基础； 3.按总体部署、安全、技术应用、商业模式等大类呼应关键问题。	1.构建了“东部先发区、中西部多山地区”及“西北同类地区（宁夏、甘肃）”的立体对比框架。2.在研究内容中增加了对全省低空领域技术储备、学术支撑及产业实体的全面摸底。3.将发展低空物流的核心痛点识别归纳为顶层规划衔接、运行监管与安全保障、多元应用场景的挖掘、商业模式缺乏四大类，进而厘清陕西省低空物流的关键瓶颈。

大纲评审委员会专家（签字）：



项目负责人（签字）：

