

# 构建“韧性”应急物资供应链

## 保障体系研究

(送审版)

上海交通大学

华信咨询设计院有限公司

2024年11月

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

# 目录

1	研究背景	1
1.1	背景介绍	1
1.2	研究目的	3
1.3	研究意义	4
1.4	研究框架	5
1.4.1	研究方法	5
1.4.2	技术路线	7
2	文献综述	8
2.1	应急救灾物资韧性管理的研究	8
2.2	关于应急救灾物资的储备研究	10
2.2.1	应急救灾物资的供应研究	10
2.2.2	应急救灾物资的存储研究	13
2.3	关于应急救灾物资的调运研究	14
2.3.1	应急救灾物资的调配研究	14
2.3.2	应急救灾物资的运输研究	15
3	我国应急物资供应链发展情况与典型案例	18
3.1	浙江省应急物资供应链韧性建设案例	18
3.2	内蒙古自治区应急物资供应链韧性建设案例	22
3.3	小结	23
4	上海应急物资供应链现状与问题分析	25
4.1	上海应急物资供应链现状	25
4.2	上海应急物资供应链问题	27
5	面向“韧性”的应急物资供应链优化理论模型	32
5.1	应急物资供应链全过程模型	32
5.2	风险分析与需求测算模型	33
5.2.1	长周期需求测算模型	33
5.2.2	短周期需求测算模型	35
5.3	三级弹性物资调度模型	37
5.4	数字化应急物资管理平台优化模型	39
6	上海市应急物资“韧性”供应链数字化应用及关键技术	43
6.1	构建统一的标准规范	43
6.2	推动构建自主可控的“储采产调运统”全链保障数字化管理平台	45
6.3	推动新技术模型研究与应用	56
6.3.1	建立战略和应急物资快速响应复杂约束模型	56
6.3.2	加强 AI、区块链、RFID 技术研究应用，提升监管者决策水平和能力	56
6.3.3	精准归集全链数据，实现数据“汇管用评”全过程管理	57
6.4	推动储备模式创新	59
7	结论	60
7.1	主要研究结论	60
7.2	政策建议	60
7.2.1	强化规范标准，筑牢物资安全防线	60

7.2.2	数字助力管理，加速推进平台优化升级 .....	61
7.2.3	加强统筹协调，全面提升储备效能 .....	62
7.3	未来展望 .....	62
7.3.1	推动储备模式创新 .....	62
7.3.2	推动由“物”向“资”的储备模型转变 .....	63
参考文献	.....	66
附录	.....	73
附录 1	成果证明——论文录用通知： .....	73

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

# 1 研究背景

## 1.1 背景介绍

党的二十大和二十届三中全会对提高防灾减灾救灾和重大突发公共事件处置保障能力、健全重大突发公共事件处置保障体系提出明确要求。应急抢险救灾物资（以下简称应急物资）是有力有序有效开展抢险救援救灾的重要保障。今年以来，中办、国办《关于加快构建大国储备体系的意见》（中办发〔2024〕9号）进一步提出要加强产能产品信息归集共享的要求，要求行业主管部门依据职责分工汇总完善农产品、农资、能源资源、关键原材料、应急专用物资等相关产供销全产业链供应链信息；要建立健全应急救灾物资紧急调拨和运输制度，配备运输车辆装备，优化仓储运输衔接，提升救灾物资前沿投送能力，要充分发挥各级物流保通保畅工作机制作用，提高救灾物资装卸、流转效率（国办函〔2024〕11号）。不久前，国家防灾减灾救灾委员会办公室印发了《关于进一步加强应急抢险救灾物资保障体系和能力建设的指导意见》（国防减救办发〔2024〕13号），要求在各级防灾减灾救灾议事协调机构框架下，统筹协调应急管理、发展改革、工业和信息化、粮食和储备、民政、财政、自然资源、交通运输、水利、商务、卫生健康等有关部门，健全应急物资统筹管理机制，完善应急物资供应链保障体系。

上海作为超大城市，近年来在台风暴雨、储能火灾、轨道交通、电力保障等方面面临的复杂风险日趋严峻，突发事件的危害性和时间紧迫性使应急物资供应和保障韧性面临严峻考验。开展救援行动的效率和效果不仅取决于突发事件的性质，还受到应急救灾物资供给、存储、调配，以及运输等供应链环节的直接影响。因此，《上海市国民经济和社会发展规划第十四五规划》中提出要完善应急物资协同保障，加快粮食和物资储备能力建设，建立市场调节储备与应急物资储备多元格局；上海市粮储局主要领导同志在2023年物资保障联合演练中指出，要坚持政府主导、社会共建、多元互补的储备模式，夯实区级应急物资储备基础，延伸拓展基层储备力量，形成储备合力；《上海市应急管理局2024年工作要点》（沪应急办〔2024〕16号）提出着眼预防控制，加强韧性安全城市建设，完善应急物资和装备保障体系，建设部署应急物资储备调度系统，健全应急体系，增强事故

灾难应对处置能力等计划和要求。应急救援物资的快速响应和精准供给成为减少人员伤亡和经济财产损失的关键，而实现这一目标的前提，是建立一个具有高度适应性和抗扰动能力的应急救援物资调度韧性管理体系，强调充分利用结构化和非结构化的数据信息动态调整和优化应急救援物资的储备和调运流程，并使该体系同样适用于应急救援物资的常态化管理。

表 1.1 “韧性”应急物资供应链建设依据及主要内容

序号	主要建设内容	建设必要性	
		政策文件及工作批示	具体摘要
1	合理供给、多元储备、调配使用、仓储管理、快速运输	《关于改革完善体制机制加强战略和应急物资储备安全管理的实施方案》	建立“大储备”理念，储备主体要多元，数据掌握要精准，转运投送要迅捷，加快形成平战结合的运行模式、齐抓共管的良好局面
2		《关于改革完善体制机制加强战略和应急物资储备安全管理的实施方案》	加快健全统一的战略和应急物资储备体系的极端重要性，明确提出了战略和应急物资储备体系的目标任务和战略举措
3		市委市府两办联合发文	特殊文件
4		市政府常务会议纪要 2024-21	特殊文件

目前，上海市不断提升应急物资管理的现代化水平，以数字化改革为主要手段，积极投身于应急物资供应链韧性建设中，物资储备电子政务网络省级平台在核心业务流程线上化管理方面取得了进展。然而，随着应急救援物资需求的日益增长，对其供给、存储、调配、运输全链条管理的数字化水平不均，数字化平台智能化不足，数据采集不及时、管理不精细等问题成为制约物资供应链韧性提升的关键因素。同时，由于实时物流信息缺乏，外部数据更新滞后，且数据归集依赖手工填报，上海市需要利用物联网、云计算、移动互联、大数据等新一代信息技术，搭建云边协同架构实现对数据的全量和实时归集，在此基础上构建数据底座、智能中枢及应急物资管理系统（平台），切实提出应急物资供应链韧性。

## 1.2 研究目的

本课题重点关注如何提高应急物资供应链的“韧性”能力，即研究应急物资供给、存储、调配、运输等供应链环节为应对需求快速变化或在供应链受到干扰后如何能够恢复到其原始状态或更加理想状态的能力。在上述理论分析的基础上，构建能够实现“韧性”的应急救灾物资供应链管理系统的体系和框架，以供政府部门参考。

应急物资供应保障过程中，在不考虑实物储备占用资金成本前提下，库存越大，响应需求越及时，对外提供的服务水平越高，然而现实中需要平衡“成本”“服务”，这就要求供应链需要考虑“成本”，包括物资购置成本、资金占用成本、保管成本等，需要在保证满足需求前提下找到成本和服务的平衡点，通过协议作为补充，加快集中采购、厂家直送等新模式建立，加强供应链上游监管和产能转产制度建立，优化各类储备结构布局，在有重大需求时通过供应链自身“柔性”和“韧性”快速响应需求。

围绕上述情况，研究团队于今年7月-10月赴上海市粮储局、应急管理局、徐汇区粮储部门、奉贤区粮储部门、中国红十字会援外物资供应站、上海医药集团等部门、组织、企业等实地调研，在与相关负责人的交流访谈的基础上，系统总结和归纳出目前上海市应急救灾物资供应链的现状、问题和需求。在此基础上，结合浙江、海南、内蒙古等全国多地的主题调研，借鉴国内同等规模城市应急物资供应链管理的优秀做法和国际先进经验，对应急救灾物资的供储、调配，以及运输环节开展研究，旨在探索“供-储-调-运”一体化的韧性应急物资供应链保障体系的上海模式，实现储备能力最大化、储备结构最佳化和财政绩效最优化；搭建物资管理系统以提升全市应急物资保障“整体智治”的现代化水平，以更好应对各类突发事件的冲击。

本课题核心研究内容包括：

- 1、上海市应急物资“韧性”供应链现状、需求及模式建议；
- 2、上海市应急物资储备结构布局优化研究；

①应急物资储备免疫力构建：应急物资布局的免疫力是考虑应急物资充足情形下的储存与调配，此时需合理安排应急物资的使用次序与使用量。基于此，本

项目将提出应急物资的供应链运作参考模型，将其用于应急准备阶段应急物资的布局管理及调配优先级，以此实现应急物资布局的免疫力构建。

②应急物资储备适应力构建：应急物资储备的适应力是考虑应急物资不足情形下的储存与调配。首先分析不同灾种对物资需求的特点，结合灾情的动态演化过程和仓储物流的情况，实现对物资的协同调配规划。进而考虑内部物资供给和外部物资调配的双重优化模型，从而动态地平衡应急物资需求与外部物资征用成本之间的互补。

③应急物资储备反弹力构建：应急物资储备的反弹力是考虑应急物资不足且缺乏外部物资补充情况下，快速协调生产能力，进行应急物资补充。基于此，建设柔性供应链与灵活资源配置机制，充分发挥生产端的灵活调度能力，以此实现应急物资储备的快速反弹力构建。

### 3、上海市应急物资“韧性”供应链数字化应用及关键技术研究；

构建“供-储-调-运”一体化，覆盖“市-区-街（镇）”三级贯通的应急救灾物资数字化管理系统的体系和框架。该系统在纵向掌握国家粮储局上海库、各区粮储部门数据，横向掌握各行业部门数据的基础上，加强对社会企业资源数据的归集，并做到动态更新。通过线上信息汇聚、数据共享，反向赋能、流程再造，帮助线下各部门不断理顺职责，在压实区级粮储部门对救灾物资的管理责任的同时做好各行业部门储备、使用、管理抢险救援物资的数据支撑。

## 1.3 研究意义

### （1）扩展了韧性理论在应急救灾物资管理领域的应用与发展

本项目将韧性理论引入应急救灾物资管理领域，丰富了这一理论的应用场景和学术视角。基于韧性理论，本研究构建了能够灵活调整的具有韧性的应急救灾物资供应链管理体系，涉及供给、存储、调配和运输等多个关键环节。本研究通过分析应急救灾物资的动态调整能力和抗干扰性，揭示了在应对突发事件时，物资管理系统如何实现快速恢复与持续运作，为应急管理中的风险应对、适应性规划等研究提供了新思路。

### （2）提高应急救灾物资管理的有效性与灵活性

本项目为提升应急救灾物资供应链韧性提供了可行的解决方案，面向应急救

灾物资的供给、存储、调配和运输的灵活性和协同性等环节进行了全方位的优化设计。提出的应急救灾物资管理及保障体系的动态调整机制，能够在灾害发生时更快、更高效地调集应急救灾物资，避免物资分配不足或过度储备的现象，提高了灾害应对的效率。通过结合实际案例的经验和数据分析，本研究为应急管理部门提供了实践操作的参考模板，有助于灾害发生时快速构建高效应急响应机制。

### (3) 强调数字化技术在供应链管理中的应用

本项目探索了数字化转型对提高供应链效率和降低成本的积极作用。聚焦信息技术赋能应急物资管理实践和应用，构建了全面覆盖、高效运转、自主可控、智能可信的应急物资供应链系统的框架，能够实现对物资储备数量和使用去向的实时监测和动态预警，确保在应急突发事件发生时物资的快速科学调度与分配，提升上海市在应急救灾物资管理方面的科技水平和治理效能。

## 1.4 研究框架

### 1.4.1 研究方法

#### (1) 调研访谈法

定性部分的研究需首先进行实证调研，即通过定向访谈、实地调研等方式收集相关信息，包括但不限于政府应急救灾物资调度的基本情况；突发事件发生后，各类应急救灾物资的调配和运输决策如何做出，效果如何；应急救灾物资的运输工作如何实施；应急救灾物资在供应、存储、调配和运输的过程中，分别涉及到哪些政府部门和组织机构，如何协调工作；是否有相关的预案依据或工作指引明确政府向供应商紧急征购应急救灾物资的规则；应急救灾物资如何与已有大数据平台衔接联动；应急救灾物资如何跨条线联动，如何上下联动；私营部门和社会力量的参与情况，如何协调政府统一供应与社会捐赠的关系；其它在应急物资的“韧性”建设方面已开展的工作，等等。另外，由于应急救灾物资需求紧迫，但供应量在事发后的第一时间几乎都难以确定。为此，本研究拟通过调研访谈，深入分析应急救灾物资调度的多样性、紧迫性、需求不确定、供应不确定等特征。考虑到应急救灾物资运输时的人道主义等特殊因素，针对应急救灾物资紧张的情景，本研究拟调研相关决策者在应急救灾物资保障过程中必须权衡的多种因素，

包括救援效果、运输距离、权责分工，以及可能的社会影响等等。

## (2) 文献分析法

相关文献（包括法律法规、应急预案，以及政府发布的正式文件和通知）的收集和分析亦是定性研究的基础。具体而言，首先根据《办法》中涉及的突发事件类型为基础，在系统综述和逻辑演绎的基础上给出“韧性”供应链的概念及特征，以及应急救灾物资供应链的维度。通过查阅专业资料和收集大量数据，总结提炼出应急救灾物资调度管理的韧性表现和刻画尺度，为本研究的后续研究奠定核心概念基础。同时，收集国家和地方政府发布的应急救灾物资调度管理相关的法律法规和应急预案，以及一系列相关文件和通知等。拟从中深入了解国家和地方政府现有相关制度的详细情况，并跟踪调研这些文献中提出的措施和安排在近次应对各类各级突发事件过程中的具体落实情况和实施效果。

## (3) 情景复盘法

应对突发事件的应急救灾物资调度管理会经历多个阶段，主要包括应急救灾物资的预先准备、日常储备、紧急补充、配置与供应、调度与运输等。在整个过程中，相关部门会就应急救灾物资的管理与保障发布文件和通知，做出诸多决策，执行一系列应对措施。本研究拟采用案例复盘法重现浙江省和内蒙古自治区应对突发事件时关于应急救灾物资调运的全周期过程的主要情景，分析相关决策和措施的制定规则及其背后的“条线”情况、方案机制等，探索能使得情景更优的更多决策和措施，从而给出提升应急救灾物资供应链韧性的方向性建议。

## 1.4.2 技术路线

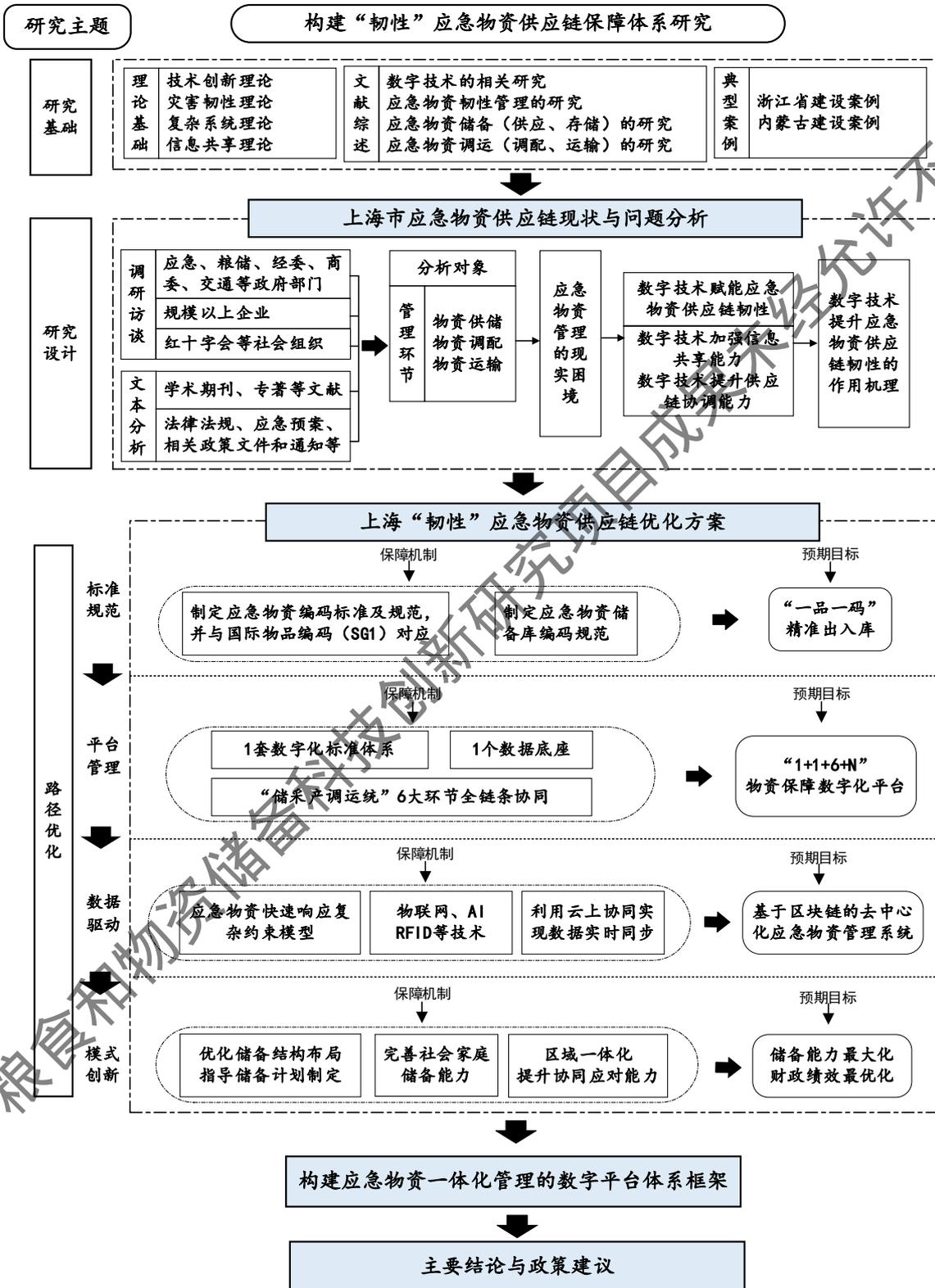


图 1.1 本项目的技术路线

## 2 文献综述

近年来，大数据技术的飞速发展使越来越多传统的管理变成对于数据的管理，许多传统的决策变成基于数据分析的决策（陈国青等，2018）。“韧性”作为与治理能力和治理水平紧密联系的概念逐渐兴起并发展，越来越多地运用于减灾救灾、供应链管理等与应急管理密切相关的专业领域。洪涝灾害发生后，应急救援物资调度管理的韧性涉及到应急救援物资的供应、存储、调配，以及运输等方面，下面将分别展开综述。

### 2.1 应急救援物资韧性管理的研究

Hollin 于 1973 年最先提出韧性的概念，用以反映生态系统受到外界因子影响时保持稳定，从扰动中快速恢复并保持自身的继续发展的能力。应急救援物资的储备和调运管理可以看作一种特殊的供应链管理，2007 年，刘浩华首次将供应链韧性定义为供应链网络在中断后恢复到初始状态或理想状态的能力，包括回到正常绩效水平（生产、服务、供应比率等）的速度。在供应链韧性概念基础上，结合韧性治理理念，应急救援物资管理的韧性可被表征为应急救援物资管理体系抵抗外部冲击与恢复的能力，这种能力能够保证在突发事件的急剧冲击下应急物流服务不会出现中断，或者中断后能够在尽可能短的时间内快速恢复。应急救援物资管理的韧性可以视作静态能力和动态过程的组合，其一方面体现为静态的应急救援物资管理流程与相应功能集合的建设状况，可以应对突发事件发生后应急处置过程中对各种物资的**储备需求**；另一方面，应急救援物资管理的韧性体现为其具有持续变革改进，以至达到动态均衡过程的能力，可以持续改善和满足各项应急救援物资的**调运需求**。现阶段，供应链韧性已涉及诸多领域，不同学者提出了多种提升供应链韧性的措施。Bottani 等（2019）将韧性引入食品供应链，利用多重采购政策应对市场需求的意外波动和原材料供应中断。Szyliowicz 等（2022）认为重构供应链、强化设施、重新分配客户、扩大库存容量等是提升供应链韧性的关键。Júnior 等（2023）提出了供应链成熟度概念，建立了供应链成熟度与韧性相匹配的结构体系，得到了包含安全库存、能力储备在内的 13 项韧性结构特征。钱存华等（2023）构建了灾害背景下的应急供应链韧性影响因素多级递接结构模型，认为政府管治能力、运输能力、基础设施建设水平等因素直接

影响应急供应链韧性。

此外，更重要的是，大数据及相关信息处理技术的日趋完善为物资的快速精准调度提供了更多可能。大数据驱动的管理决策需要从传统的“模型驱动”或简单的“数据驱动”转变为“数据驱动+模型驱动”的新型融合范式，更为强调“关联+因果”的诉求（陈国青等，2023）。基于上述分析，应急救灾物资的韧性管理应体现出如下特征：

冗余性。应急救灾物资的储备和调运应存在可替代性，当其中的某一环节出现问题时，冗余配置得备用资源可以快速补充，降低应急救灾物资供应链瘫痪可能。如应急救灾物资储备库点的选址应尽可能覆盖更多的人口区域，救援资源和基本生活保障资源等可通过实时监测手段，根据需求变化快速调整。

灵活性。大数据驱动的应急救灾物资韧性管理的灵活性体现在其日常状态与应急状态之间的快速切换。通过对日常物流、库存和市场供应链的实时监测和数据分析，能够提前部署应急物资储备，实现“平战结合”的快速转换。大数据提供的物资流转分析能够在不同灾害情境下，实现迅速调动适应当前需求的物资，实现功能的适度转换和供应链的灵活配置，通过精准调度提升效率，避免资源浪费和分配不当。

整体协调性。大数据驱动的应急救灾物资韧性管理不仅仅是物资供应、储备、调拨、运输等单一环节的优化，更是通过大数据技术整合各环节及其相互作用，形成一个高度协调的韧性体系。通过整合政府部门、行业组织、物流企业和民众等内部资源的数据以及法规、技术、市场等外部环境的互动和支持，确保各个环节的信息共享。基于大数据的智能分析和决策支持，各级政府和行业组织可以根据实际情况优化规划、组织与控制能力，助力各方力量的协调高效运作。

由上文的分析可知，应急救灾物资作为有效应对突发事件所必需的保障性物资，对控制灾情和减少损失至关重要。对应急救灾物资的供应、储存、调配及运输环节的管理是应急救援物资供应链的核心部分（董银红等，2021）。考虑到我国应急救灾物资的储备管理存在结构布局不合理、产能保障不足等短板，应急救灾物资的调运保障缺乏成熟的调度网络、多方联动响应机制等不足，导致突发事件发生后，物资供应链在爆发式增长的需求下中断的情况时有发生，给人民生命和社会经济发展造成严重威胁。灾害背景下动态多变的不确定因素增加了应急物资管理的复杂性与脆弱性，传统供应链已不能有效应对应急救灾物资供应中断产生的负面影响（孙莹等，2023）。而应急救灾物资的管理防止供应链中断的

能力，本质上体现了“韧性”理念，其核心在于如何确保在遭受冲击时，供应链仍能维持一定水平的物资供给，并通过较强的适应性迅速恢复供应效率。即便供应链中断不可避免，提升其韧性可以有效降低中断带来的风险。为此，对应急救援物资的管理，应“预嵌”韧性策略，保持冗余性、灵活性和整体协调性。当然，韧性增强往往伴随着成本的增加，这要求决策者在中断风险和成本之间进行权衡，既要确保供应链在突发事件后的快速恢复，又要避免对经济造成过度负担。

综上，现有文献未能将韧性治理理念充分融入应急救援物资储备及调运管理全链条的体系中，缺乏对应急救援物资管理全链条的综合性决策优化研究。此外，对新形势下基于大数据驱动的应急救援物资管理的探索亦不充分，其相较于传统的物资管理模式对韧性的提升效果暂不明晰。因此，剖析和研究大数据驱动的应急救援物资的储备和调运管理是构建其韧性体系的关键问题。

## 2.2 关于应急救援物资的储备研究

应急救援物资具有不同于一般商品的特征，这些特征包括需求使用概率小、需求峰值高、需求多样性强、需求时效性强和明显的弱经济性等，因此，应急救援物资的储备问题引起国内外学者的广泛关注。应急救援物资的供应与存储是物资储备管理的关键核心（Huang et al., 2011），而应急救援物资的类型及其配置优化，是当前应急救援物资供应与储备问题的主要研究方向，研究者们从研究单一灾情节点和单一应急救援物资种类问题开始，将储备条件逐步拓展至解决多灾情节点、多类型和多目标物资储备模式问题。

### 2.2.1 应急救援物资的供应研究

应急救援物资不足会影响突发事件的应急管理。应急救援物资的准备不仅仅由政府完成，很多非政府组织也在这个过程中起到至关重要的作用（Lin et al., 2012）。为实现应急救援物资的及时供应，其合理配置是非常重要的。杨保华等（2011）建立了一种综合考虑突发事件自身演化过程及外界相互作用关系的应急抢险过程 GERT 网络，设计了不同物资配置情况下突发事件状态转移概率的极大熵模型并求解。古志辉（2011）建立了一个可以灵活描述环境不确定性的复合随机过程，在此基础上，运用随机最优控制模型对资产配置问题进行了求解。何正文等（2012）以救援时间最短化与计划鲁棒性最大化为目标，研究了突发事

件应急救援前置性调度优化问题。Bhatnagar 等（2011）提出了全球供应链的双供应模式，以应对突发事件带来的不稳定性。Chang 等（2014）运用遗传算法，得到既能最小化交货时效和交货成本又能保证应急救援物资合理调度的多目标模型。项寅（2023）综合考虑了社会环境差异对物资储备的影响，全面分析了多物资储备的模块化、时效性、公平性要求，继而基于风险、成本双重目标构建一类实证分析、优化决策联动的物资配置模型。

在解决应急救援物资供给不足问题的研究中，针对预置库存部分学者采用数理模型，对预置库存的数量和布局开展研究。Kunz 等（2014）认为仅仅依靠预置应急救援物资的效果并不显著，盲目实行库存预置只是在浪费资金。Sheu 等（2014）采用双层递归函数，证明了供应商分类对减轻供求不均衡具有显著作用。刘长石等（2016）对震后应急救援物资多方式供应中的多层次设施定位-路线规划问题（LRP）展开研究，建立了多方式供应的多周期模糊 LRP 优化模型。冯晖等（2023）针对由政府 and 供应商联合储备应急物资的情况，研究不对称信息下应急物资储备与合同设计问题，分析了不确定环境对应急物资定价和储备数量的影响，得到不对称信息对供应双方最优决策与供应链系统的影响。

部分学者以具体的突发事件为对象，研究了应急救援物资在这些具体事件中的供给。Loo 等（2012）和 Wang 等（2013）从技术层面研究了突发事件发生后的安全水资源的供应手段。王军等（2013）针对海上突发事件，认为事件形态的演变会影响应急物资集结点的选择，需要在预测事件形态时空变化的基础上合理确定海上应急物资供应方案。陈钢铁等（2012）为研究地震后应急道路抢修和应急物资运输优化供应问题，建立了道路抢修和应急物资供应模型。而 Suzuki（2012）则针对突发事件中燃油紧缺的问题，提出了专门的供应方法。以防汛防洪为主要目标，Garrido 等（2015）构建了优化防洪应急救援物资库存水平的模型，而在防汛应急救援物资储备节点选址方面，吴珂等（2017）针对暴雨灾害，提出一种适用于城镇的应急救援物资储备点快速选取和布局优化方法。胡卿汉等（2020）以新冠肺炎疫情中定向捐赠的防疫物资为例，构建了基于区块链的防疫物资供应信息管理模式；黄莉等（2022）系统梳理和分析了三防应急物资储备管理方面的研究进展和不足，指出需要进一步基于需求驱动确定物资储备规模，并对三防应急物资储备优化与集成调度开展研究。

现阶段，政府部门主要通过如下途径解决应急救援物资供应不足的问题：一是政府部门从交易市场临时购买；二是政府使用行政管理手段从提供商处征调物

资；三是政府部门和企业事前签订协议，通过合作协议或事先购买方式。多要素协同的应急物资管理日益引起各级政府部门的普遍重视，为了解决因突发事件引起的大规模物资短缺，部分学者将期权契约引入应急供应中，以促进供应成员间的协同，提升物资的储存能力和调配效率。Liang 等（2012）首次建立了基于看涨期权契约的应急物资采购模型。Wang 等（2015）研究表明，在考虑库存成本和运输成本时，看涨期权契约优于回购契约与批发价格契约。John 等（2020）将期权契约应用于人道主义救援，用以解决买方的库存风险和供应商的生产过剩风险。田军等（2018，2019）等基于政府与供应商组成的二级应急供应链，运用实物期权与生产能力期权契约为政府制定应急物资价格策略提供理论指导。扈衷权等（2018）提出了一个政企联合储备应急物资模型，该模型基于期权采购，通过推导得出了政府和企业的最佳决策以及政企合作的条件。Liu 等（2019）将期权契约应用于应急物资采购，分析了政府与供应商联合储备模式下应急物资的分配情况。Shamsi 等（2018）依据传染病模型，采用期权契约模型向供应商采购所需的疫苗。为避免由于需求的不确定性而导致的物资浪费等情况，部分学者采用看跌与双向期权契约对物资的回购策略进行了研究。Chen 和 Parlhar（2007）使用看跌期权来减少因低需求而给采购商带来的损失和利润差异。Hu 等（2019）将看跌期权契约引入应急供应链，提出了政府和供应商在看跌期权契约的基础上进行交易并实现双赢的条件。扈衷权等（2020）将看涨期权与看跌期权契约做了对比分析，得出了各个契约的适用条件和供销双方在契约选择上的偏好。Luo 等（2021）将双向期权应用于制造商和供应商组成的二级供应链系统，推导出双向期权合约中分散决策下的最优订购和生产策略。已有不少学者针对稳定环境下三级供应链的协调问题展开研究。Pang 等（2016）探讨了当三级供应链面临市场需求不确定且依赖于努力因素的情况时，结合收益共享、回购和罚金政策的契约可以实现供应链的协调。Huang 等（2011）研究了多层次供应链中的企业决策问题，涉及供应商选择、定价和库存等方面，该供应链包含多个供应商、一个制造商和多个零售商。此外，刘阳等（2024）考虑将灾民产生的痛苦融入应急物资储备策略，对灾民痛苦进行定义和量化，利用期权契约建立政企合作下考虑灾民痛苦感知的应急物资储备模型，推导得出不同情形下政企最优储备决策。

## 2.2.2 应急救灾物资的存储研究

当前，应急救灾物资存储模式大致可被分为如下两类，一是从储存主体出发的政府储备、企业储备和基层（社会）储备；二是从储存方式出发的实物储备、协议储备和产能储备。探索应急救灾物资联合储备模式是近年来学者讨论的热点。

政府储备是目前我国物资储备体系中最主要的储备模式。而协议储备则是对政府储备的合理补偿，经由合同中约定使义务转变为实际物资的另一种存储方式。上述方法若独立运作，并不能充分调动发挥应急救灾物资储备的效果，将大大增加物资的储备成本。Wang 等（2012）提出了构建应急救灾物资动态储存机制的方法，并建立了成本-效率模式，用以确保在应急救灾物资储备和物流中心运转时发挥最高的效率，并损耗最少的物资。研究发现，尽管合理运用预置储备可以有效增强应急救灾能力，但预置储备也会产生仓库管理和资金占用等问题。由此，基于多主体的方法成为克服这些困难的有效手段之一，已引起诸多专家的重视与关注，并进行了大量研究。Zhang 等（2017）通过情景构建的方式描述了物资需求量的不确定性，并设计了政府和框架协议提供者共同负责的联合储备模式求解政府运输中的最优物资需求量。扈衷权等（2020）建立了政企共同存储应急救灾物资模式，有效地减少了政府部门的物资存储成本和供给缺陷风险。刘阳等（2020）研究了多个供应商共同负责物资储存的情况，为政府在多主体共同储存模式下的最优预测决策问题提供支持。霍非舟等（2024）则考虑应急物资的运输损耗，建立了以运输损耗最小、成本最低且储备库之间压力最均衡为目标的储备库选址模型。

应急管理部《“十四五”应急物资保障规划》强调，提升突发事件的响应能力需要综合应用实物储备、产能储备等多种储备方式。可以看出，当前关于突发事件后应急抢险物资供给和储备方面的文献缺乏从公共管理（应急管理）角度的供给模式和优化供给方法的研究。商业供应与应急供应的参与主体以及目标存在差异，依靠商业供应的契约形式并不完全适用于应急供应体系。此外，现有文献多聚焦于应急救灾物资供应链中的某一具体环节进行分析，但在实践中，由于政府对突发事件的应急响应过程和对事件本身情况的认识过程有一定程度的重合，故利用大数据对应急物资的供给和存储进行更加精确的管理需要更深入的研究。

## 2.3 关于应急救灾物资的调运研究

### 2.3.1 应急救灾物资的调配研究

关于应急物资调配方面的研究,很多文献聚焦于各种自然灾害突发事件情景下的应急物资分配方案的优化,代表性的成果如:朱莉等(2012)应用超网络理论研究了面向突发事件的应急物资调配运作,王旭坪等(2013)从最小化公众心理风险感知程度的角度提出了应急物资分配方法,构建了一个多目标非线性整数规划模型描述大规模突发事件发生后的初始阶段应急物资分配问题;Mohammadi等(2015)通过最优化计算方法预测了应急救灾物资的总需求覆盖率和最小总成本,在此基础上构建了以最小差距为目标的灾害应对物资调配模式。Su等(2016)针对多种并发事件下的应急救灾物资分配问题,建议由公司、医院、部队等各方一起组建应急救灾联合体,并运用启发式算法解决该问题。针对防汛应急救灾物资的调配,Oscar等(2018)构建双目标优化模型研究应急救灾物流选址、库存分配、物资调配问题。潘新超等(2019)考虑伤情严重程度、伤情好转收益、治疗效果与等待时间的因素,提出了医疗应急物资分配决策方法。Zhong(2021)引入前景理论和不公平理论,分析了灾民对应急救灾物资到达时间的风险感知,并构建了以灾民满意度最大为目标的应急救灾物资运输模型。陈友荣等(2021)则提出了一种面向防汛物资动态变化的运输车辆调度优化算法。Huang等(2024)探究了自然灾害下的疏散和应急物资分配优化问题。Wang等(2024)针对热带气旋这一自然灾害,提出了应急物资分配的区域尺度动态规划方法。

国内外学者不仅仅对自然灾害情景下的应急救灾物资做了较多研究,有关重大突发公共卫生事件应急物资的分配调配方面也做了许多尝试。此类研究不存在道路中断等物理隔离因素的影响,但其受影响范围和灾害持续时间几乎都远大于自然灾害,因此研究更多从紧急救护与人道主义关怀因素等方面进行考虑。如Powell等(2008)在常规医疗护理标准的基础上提出了突发公共卫生事件中使患者生存可能性最高的呼吸机械的分配规则;Christian等(2008)针对大规模重症患者提出了相应的医护人员配备的模型,以尽可能增强对重症患者的监护和救治;White等(2009)认为在公共卫生突发事件中分配维持生命的稀缺治疗资源时应该充分考虑道德因素,并且最大程度的挽救所有年龄层次的患者;王新平和王海燕(2012)针对重大传染病疫情中医疗物资分配和运输问题,考虑潜伏期

所引起的时滞，建立了一个多目标随机规划模型，并提出了纵向分配和横向转运相结合的协同运输模式；凌思维等（2014）给出了基于需求分级的重大突发事件中应急医疗物资分配方法；McCormick 等（2017）提出在进行医护人员分配时，要充分考虑其人身安全风险，分置点安全性及工作时间等因素，以提升医护人员应对重大突发公共卫生事件的信心；尹敏等（2017）研究了突发事件中城市间病床资源的共享问题，并给出了一个优化网络模型来解决此问题；林陶玉和方鹏骞（2020）指出，在新冠肺炎疫情应对的初期，医护人员的运输存在专业匹配度低，团队缺乏协同等困境，并建议建立信息共享模式和培训演练体系，并采用网格化管理。王付宇等（2024）以综合物资分配满意度最大、综合运输时间满意度最大和综合救援成本最小为目标，采用多供应点、多配送中心、多需求点的三级调度网络实现了多周期、多资源的动态调度。

### 2.3.2 应急救灾物资的运输研究

应急物资的运输本质上是一个车辆路径问题，启发式算法是解决车辆路径问题的常用方法，包括蚁群算法（Bullnheimer et al., 1999）、遗传算法（Ardjmand et al., 2014）、共生生物搜索（Yu et al., 2017）等。在应急物资运输方面，Liu 和 Xie（2017）基于动态规划和蚁群算法提出了应急物资调度的模型及其解法，该模型考虑了需求和车辆数量变更的问题，但算法的运算复杂度较高。对于受灾地和运输车辆较多的问题，启发式算法能够缩短运算时间却只能计算出问题的满意解。而对于受灾地和运输车辆不太多的问题，利用动态规划可以得到最优解（Baldacci 和 Mingozzi, 2009）。动态规划本质上是一种将复杂问题分解成若干个简单问题依次解决的建模思想（Ben Ticha et al., 2019）。程碧荣等（2016）考虑灾害发生后的关键救援期内，应急救灾物资供应不足且受灾点对应急物资的需求具有不确定性等问题，通过建立随机需求环境下的应急物流车辆路径问题的模型，优化了应急物资分配和运输车辆路径决策。Munari 等（2019）利用动态规划的方法解决了带时间窗的鲁棒车辆路径问题。Liu 等（2021）提出了一种两阶段的动态规划方法解决应急物资运输问题，在条件有限时可计算出最优解。董海等（2023）考虑供应和需求的不确定性，采用多运输方式联合的配送模式，以最小化网络响应时间、成本和碳排为优化目标，构建两阶段应急供应链混合整数规划模型。樊彧等（2024）引入匮乏成本，在考虑异质化运输条件的情况

下，探索不同的应急物流情境（不同的应急物资、需求分布以及匮乏成本权重）对政企合作的影响，建立了基于斯塔克伯格博弈的政企合作运输模型。

在物资需求量、预期运输时间，以及运载能力信息快速更新的情况下，突发事件应急物资的运输可以视为动态车辆路径问题。此问题可分为以下几种：动态需求的问题、动态运输时间的问题、动态运载能力的问题，以及综合考虑以上因素的问题(Pillac et al., 2013)。在动态车辆路径优化方面，Lorini 等(2011)根据动态的需求和车辆的行驶时间，提出了不同的调度策略。Xu 等(2011)研究了模糊随机环境中带有软时间窗的车辆路径问题，并考虑了运输成本最小化和顾客平均满意度最大化的两个目标。Lin 等(2014)将动态车辆路径问题按时间先后分解为一系列静态问题。在动态信息环境下的应急物资调度方面，Alem 等(2016)等开发了一种两阶段随机网络流模型，综合考虑不确定的供给和需求，以及运输时间制定物资调度方案。章可怡(2024)以卡车和无人机完成所有物资运输并回到配送中心的时间最短为目标，考虑卡车和无人机的载重和里程约束、道路损毁和道路拥堵限制，建立了卡车-无人机协同的灾后应急物资调度混合整数规划模型，拓展了应急物资调度策略，为应急管理部的应急物资调度决策提供了决策依据。而苏兵等(2024)研究了缺货延迟双重损失情形下的物资运输问题。

可以看出，当考虑大量复杂因素时，基于大数据支持的突发事件应急救援物资的调配和运输的相关研究比较缺乏。由于受灾地对应急物资有紧迫要求，故按需精确调拨物资和缩短运输时间是具有现实意义的科学问题，而目前的模型和算法能够同时兼顾精确结果和合理运算时间的并不多。另外，随着计算机技术的发展，应急物资的需求和供给信息始终不断更新，使得应急物资的调配和运输方案必须相应做出及时准确的修正。

综上，本研究将物资救灾物资的调度按照时间先后顺序进行划分后，可将其梳理为具有物资储备阶段、物资待命阶段、物资调运阶段的三级体系框架。其中，储备阶段包含应急物资储备库建设、实物、协议、产能储备管理制度建设、运输联动机制建设、运输预案制定等模块；物资待命阶段主要包含储备物资待命、公路铁路民航运输力量待命以及应急物资提前预置等模块；物资调运阶段包含应急救援物资的紧急补充及物资智能调配及运输等模块。

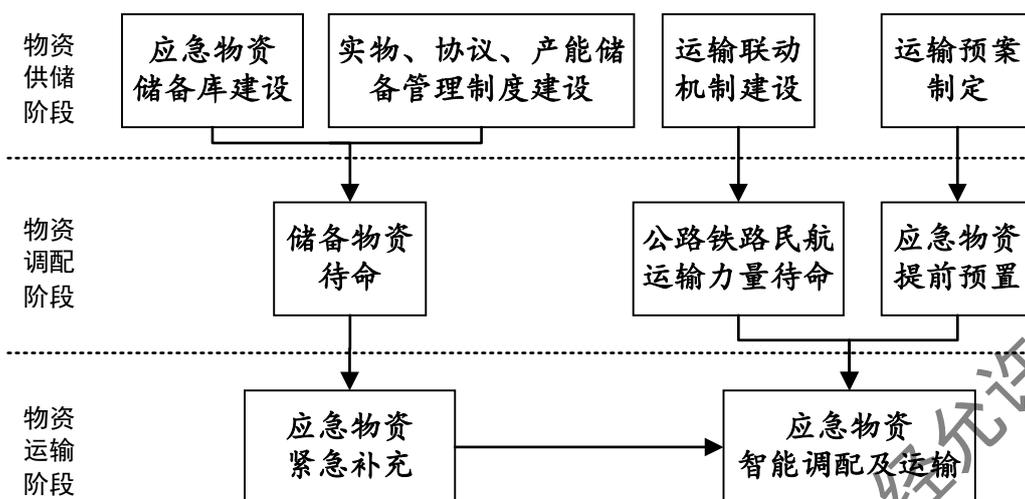


图 2.1 应急物资的调度体系框架

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

### 3 我国应急物资供应链发展情况与典型案例

#### 3.1 浙江省应急物资供应链韧性建设案例

浙江省委深改委第八次会议提出，要注重统分结合，建立统一的应急物资保障体系。2020年10月底，经省委主要领导同意，省委编办印发通知，明确由省发改委承担应急物资保障综合规划监督等相关职责。紧密围绕“省域体系建设、保障能力提升、基础设施布局、平台数据贯通”等方面，扎实推进自然风险防治、新冠疫情防控、国动改革衔接、社会民情稳定等各项战略和应急物资保障工作。同时由省发改委应急物资处牵头，在2021年开展战略和应急物资在线平台谋划和建设工作。具体来讲，

一是，**组建专班推动全省应急物资规划实施。**组建省战略和应急物资保障工作专班，发展改革、商务、经信、应急管理、能源等部门分别牵头综合协调、生活物资、医疗物资、救灾物资、能源物资5个保障专班工作组，分解落实《浙江省应急物资保障体系“十四五”规划》任务清单，规划任务稳步推进。



图 3.1 “横向到边、纵向到底”用户体系

二是，**应急物资供应链体制机制日臻完善。**陆续发布《浙江省应急物资分类

指导目录》《浙江省应急物资保障体系“十四五”规划》《浙江省应急物资保障综合管理信息系统建设工作方案》等政策文件，完成应急物资保障体系“四梁八柱”的构建，同时推动印发《浙江省省级医药储备管理办法》《浙江省应急医疗物资保障工作预案》等，有效落实“实物储备+商业流通储备+企业产能储备”互补互撑的储备机制，“分级负责、属地为主”的应急物资储备体系进一步完善。近年浙江省应急物资出台相关政策规范见下表。

表 3.1 近年来浙江省应急物资出台相关政策规范

序号	制度规范	时间	牵头单位
1	《浙江省应急物资分类指导目录（2021）》	2021-05	浙江省发展和改革委员会
2	《关于成立浙江省应急物资保障领导小组的通知》	2021-04	浙江省发展和改革委员会
3	《2021年浙江省应急物资保障工作要点》	2021-05	浙江省发展和改革委员会
4	《浙江省应急物资保障领导小组工作规则》	2021-05	浙江省发展和改革委员会
5	《浙江省应急物资保障体系“十四五”规划》	2021-05	浙江省发展和改革委员会
6	《浙江省应急物资保障综合管理信息系统建设工作方案》	2021-10	浙江省发展和改革委员会
7	《省应急物资办关于开展应急物资仓储管理系统（ERMS）全省部署应用的通知》	2022-03	浙江省发展和改革委员会
8	《省应急物资办 省减灾办关于开展应急物资仓储管理系统（ERMS）全省乡、村级全面部署应用的通知》	2022-06	省浙江发展和改革委员会
9	《浙江省省级医药储备管理办法》	2022-03	浙江省发展和改革委员会、省财政厅、省经信厅
10	《浙江省应急医疗物资保障工作预案》	2022-08	浙江省发展和改革委员会、省经信厅

11	《浙江省省级化肥商业储备管理办法（试行）》	2023-01	浙江省发展和改革委员会、省财政厅、省农业农村厅、省供销社
12	《浙江省战略和应急物资储备目录（2023）》（意见征求意见稿）	2023-05	浙江省发展和改革委员会、省财政厅、省农业农村厅等
13	《应急物资储备编码管理规范（DB）	2023	浙江省经济信息中心
14	《战略和应急物资保障专项工作指标赋分细则》	2023-06	浙江省发展和改革委员会

**三是，考核评估发挥效能。**经省平安领导小组会议审议，“健全应急物资（粮食）保障，提升平安建设风险防范能力”列入2022年度浙江省平安市、县（市、区）考核专项。全年对11个设区市共完成3阶段考核排名，总计对34个应急物资保障专项年度工作指标开展考核评议，评估体系的完善有效推动全省战略和应急物资保障工作发展建设。

**四是，物资储运基础设施集成联动建设。**按照“资源整合、集约建设”的原则，积极推进省市县三级“综合应急物资库”和“应急救援平台”的双“1+4+N”整合建设。全省11个设区市有效利用交通干线附近既有的物流园区或货运场站等现有资源，建设完成40余个应急物资运输中转站，能够满足紧急状态下居民生活和医疗防控应急物资存放、转运等各项任务需求，确保自然灾害、社会风险及疫情防控需要时，在12小时以内可以做到及时响应、有序中转、高效运行。在上虞、余姚、富阳等地抗疫情保民生过程中，充分发挥了“物资生命线”作用。

**五是，全省统一的应急物资保障平台建成并平稳运行。**省发展改革委按照省委省政府“注重统分结合，建立统一的应急物资保障体系”决策部署，以推进体系能力现代化为目标，以数字化手段改革为手段，着力破解物资储备管理存在的痛难点问题，开发上线“战略和应急物资在线”平台。平台以“物资管家”为数据基础，以“储采产调运”5个环节为核心，架设了贯穿省市县乡村5级物资库的应急物资保障网络，帮助2万8千余库点实现数字化部署和管理。在全国率先实现物资保障的全链闭环管理和多跨协同数字治理。

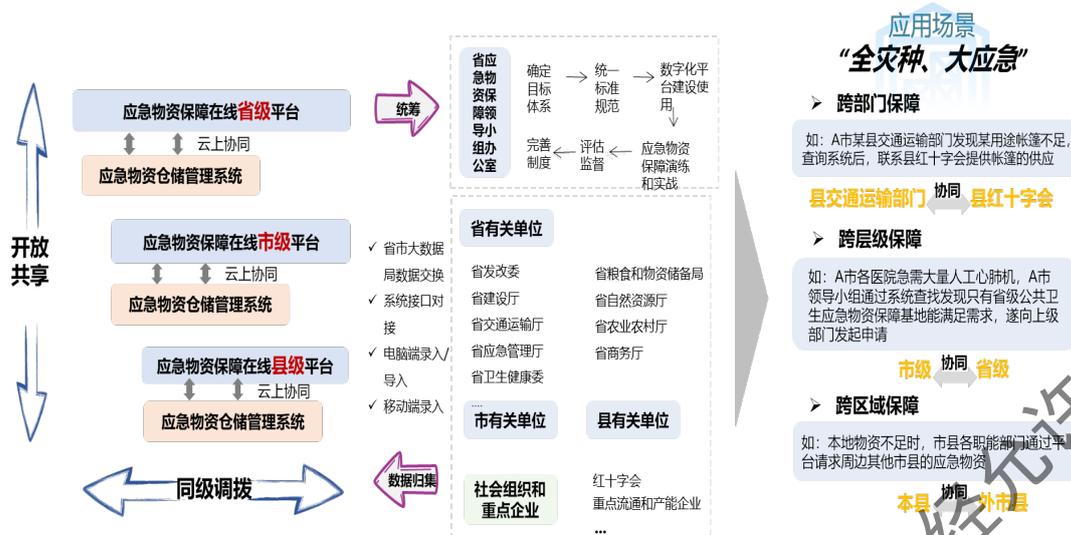


图 3-2 浙江省战略和应急物资在线管理平台界面

### (1) 多元储备管理

实现实物、流通和产能储备全覆盖的储备模式。政府实物储备按照财政分级采购、分级管理的原则，分散在各地物资仓库，应急物资在线平台实现对应急物资的全生命周期管理，包括规划计划、购置（入库）、维护（盘库）、物资保养、调拨（出库）、物资运输、物资报废、回收等。

### (2) 调拨智控管理

依托智能调拨模型，应急物资在线平台提供全方位调拨能力。根据实际需要采用系统内调拨（物资储备单位和下属物资仓库之间）以及跨系统调拨，以事件源为指挥调度起点，将指挥调拨权移交给上级党委政府，发起的调拨流程涵盖应

急、粮食和物资等多个部门，系统提供一单申请、一键调拨和一码追踪的统一调拨指控能力。

### （3）采购筹措管理

采购筹措管理通过对接政采网和应急物资专用采购平台，充分评估供应商能力、提供物资类型等，确保物资储备充足、及时更新和有效调配。包括物资采储计划、制定入库通知、历史采购记录、厂家发货情况、查询历史价格、物资厂家录等。

### （4）运输追踪管理

应急物资在线平台实现应急物资运输状态全程跟踪，将装车起运、在途、签收等状态同步给指挥中心和应急物资调拨方、签收方，依托北斗定位，开展货运车辆轨迹实时追踪，确保指挥中心及时掌握物资运输状态、路径和交接情况。

### （5）统筹管理

统筹管理指对整个应急物资管理过程的统筹协调，包括业务考核类统计表、储备类统计表、调拨业务类统计表、采购业务类统计表以及综合分析模块。实现应急物资管理的统计分析和业务考核的高效有序。

### （6）库端应用：基础版+智能版

对于承储库点的仓库管理人员，高效管理物资仓库的库存和物资变动非常重要，物资储备管理平台根据仓库的类型，提供不同版本的标准化产品，实现库端数据的实时归集和信息的互联互通，可根据实际情况进行选配。

## 3.2 内蒙古自治区应急物资供应链韧性建设案例

内蒙古自治区正致力于构建一个自主可控、安全高效、韧性强大的应急供应链体系，以落实总体国家安全观，统筹发展和安全。总体目标分近期（2025年）、中期（2030年）和远期（2035年）三个阶段，旨在全面推进应急物资储备体系优化，提升关键领域应急生产保障能力，形成适应全灾种、大应急需求的应急供应链体系，具体的：

**一是应急物流体系完善日趋完善。**内蒙古自治区正在加强应急物流设施建设，打造自治区应急物流核心枢纽、盟市应急物流转运场站、旗县应急物流配套设施相结合的三级应急物流设施网络。同时，也在推动应急物流资源共享平台的建立，

实现社会物流资源的快速配置，并加强应急物流人才培养，提高应急物流的专业化水平和响应速度

**二是应急物资储备与产能保障。**内蒙古自治区正完善中央、省、市、县、乡五级物资储备布局，并建立健全应急物资储备目录清单，动态调整储备品类、规模和结构。逐步提高物资产能保障，制定应急物资产能储备目录清单，加强生产能力动态监控，掌握重要物资企业供应链分布。

**三是提升应急物资多渠道筹措能力。**内蒙古自治区正在建立健全应急物资采购、捐赠、征用等管理制度和工作机制，制定应急物资紧急采购管理办法，完善救灾捐赠物资管理制度。

**四是数字化构建策略。**内蒙古自治区正在通过云计算、大数据、区块链及人工智能等技术与应急供应链融合，构建面向全国各类突发公共卫生事件的包含智慧化信息平台、数字化运行体系以及智能化作业装备的应急供应链智慧信息体系。2023 年完成全区统一的应急物资保障数字化平台建设，平台完成购置管理、调拨管理、报废管理、仓储监管等内容开发建设，并在全自治区范围内培训推广和应用，取得良好实效。



图 3.3 内蒙古自治区物资储备在线管理平台界面

### 3.3 小结

浙江等省份统筹发展和安全，认真履行综合规划监督职能，推动构建全省统一的战略和应急物资保障体系，在政府工作体系上，一是，加强制度建设，推进

战略和应急物资储备管理体制机制改革创新，制订完善各项政策法规。二是提高保障能力，优化全省战略和应急物资储备结构布局，提升仓储、物流、信息系统等基础设施建设水平。三是健全工作体系，建立统分结合、分类管理、分级负责的省市县三级战略和应急物资保障议事协调机构。四是强化考核评估，推动各地各部门落实战略和应急物资储备发展规划和计划，不断提高工作水平和财政绩效，以储备发展为核心的“储采产调运”全链保障能力不断增强，全面提升战略和应急物资储备安全管理水平，关键时刻发挥好经济社会发展“压舱石”和“稳定器”作用。但是也存在一些不足，尤其在自动化智能化水平、完全安全国产环境等方面有待进一步提升。

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

## 4 上海应急物资供应链现状与问题分析

### 4.1 上海应急物资供应链现状

依据上海市政府发布的相关文件，并结合上海的管理实践，应急物资按照其管理层级可划分为市级应急物资和区级应急物资，其中，市级应急救灾物资是指市级财政安排资金购置，由市粮储储备和管理，用于紧急抢救和转移安置受灾人员并提供生活救助的各类物资；而按照应急物资的属性可分为救灾物资和抢险救援物资两大类。救灾物资主要储备在粮储部门，以保障市民的吃、穿、住的生活类物资。抢险救援物资主要是应急、防汛、消防、绿容等行业部门储备的保障行业安全和城市稳定运行的抢险物资。

研究团队综合调研走访的上海市粮储局、应急局、徐汇区粮储部门、奉贤区粮储部门等政府单位、中国红十字会援外物资供应站等社会组织，以及上海医药集团·上药医疗器械有限公司等企业的具体情况后认为：目前，上海市应急物资供应链保障体系建设主体更加明确，顶层设计制度逐步完善、储备能力显著提升、基础设施建设持续发力，整体上取得重大成效。



图 4.1 项目团队赴各地开展调研及座谈

**应急物资管理顶层制度逐步完善。**一是职责分工不断明确，按照“统分结合、条抓块统、横向到边、纵向到底”的要求，明确应急物资管理的责权分工，建立了边界清晰、职能明确、高效协同的应急物资保障工作机制。具体为：按机构改革后三定职责，市应急局负责提出救灾物资的储备需求和动用决策，组织编制救灾物资储备规划、品种目录和标准，会同市粮储局确定年度购置计划，根据需要下达动用指令；市粮储局负责救灾物资的收储、轮换和日常管理，根据市应急局动用指令组织调出。二是工作体系不断强化，市应急管理局、市粮储局会同相关部门陆续印发《关于进一步加强应急救灾物资使用管理的通知》（沪应急应对〔2022〕18号）、《上海市市级应急救灾物资储备管理办法》（沪粮规〔2024〕1号）等文件，明确储备标准，压实储备责任，对应急物资准备、调运、使用、补充、征用补偿等工作的管理持续加强。三是储备制度日益完善，分类建立“市-区-街道（村居）”三级应急物资储备。制定出台医用物资、基本生活保障物资等实物储备应急保供工作方案等制度。四是调拨使用机制持续优化，坚持“先近后远、先主后次、保障急需”和“谁申请谁负责，谁使用谁管理”的原则，明确了本级调用、就近调用、统一调用、社会征用四类情况。

**应急物资储备能力显著提升。**一是应急物资储备充足，在掌握现有救灾物资（粮储局）、应急物资（区应急局）、抢险物资（行业部门）的情况下，依托上海市强大的经济和市场基础，逐步向社会资源开拓，与市属保供企业（光明、百联）等签订战略合作保障协议，市场保供政策逐步完善，生活必需品类的物资供应链稳定有序，初步形成“人无我有，人有我优”的应急物资保障格局。二是公共卫生应急物资储备不断优化，敦促强化上海医药集团等国企以及大型综合医院等医用救援物资储备库点严格落实储备要求，按协议储备条款规定保障医用物资品类冗余。三是产能储备显著加强，应急部门和粮储部门充分利用长三角应急博览会这一平台，了解掌握相关应急物资生产和销售企业的规模、主营产品等重要信息，调研协商后与部分企业签订产能储备协议，进一步增加了上海市应急物资保障能力。

**应急物资基础设施建设持续发力。**一是应急物资仓储项目建设全力推进，按照上海市《关于改革完善体制机制加强战略和应急物资储备安全管理的实施方案》要求，在对应急物资储备现状和需求进行调查的基础上，合理规划工程项目建设，

有序推进工程项目进度。二是应急物资运输能力不断强化，逐步与大型仓储物流企业（京东、顺丰、菜鸟、安吉物流、树人木业等）等签署服务协议，全市各区陆续布局应急物资运输中转站建设，优化运输环节，确保应急之需。三是应急物资库点管理亮点突出，借助加油站，便利店等设立微型应急物资储备库点，打通和加强应急物资交付的“最后一百米”。四是着力在防护器具、精准执法、现场指挥以及高精尖现场救援装备方面加强研究，适时择优储备。

**应急物资保障信息化建设稳步推进。**2022年，上海市物资储备电子政务网络市级平台完成“储备管理”“应急响应”和“统计报表”三个应用场景建设，具备“增删改查”等基本功能，应急物资从“报表”管理加速转向“条码”管理；仓储升级改造取得成效，市本级库点实现数字化覆盖和本级库点信息化管理，区级应急物资的信息化系统建设、升级改造有序推进，市、区两级储备库点的数字化监管和“一盘棋”管理稳步进行。



图 4.2 上海市物资储备电子政务网络省级平台建设图

## 4.2 上海应急物资供应链问题

对标国家应急物资管理的有关要求，结合市粮储局《关于推进全市应急物资一网统管的报告》和上海市应急物资供应链的现状，研究团队发现和总结出如下问题需要持续改进和优化：

一是市、区两级应急物资储备管理的职能部门不统一。经前期调研，在市级层面，应急物资的储备管理职责比较清晰：抢险救援物资依托救援力量，储备在交通、水务、住建、应急、消防等各行业部门，救灾物资由市粮储局储备。但区级层面，除抢险救援物资由各行业部门自储自管外，救灾物资储备管理职责不统

一，有的区由应急局管理、有的区由商务委、经信委管理，管理主体上下不统一，承储单位多且散，难以从整体上统筹规划储备品种目录和规模布局，导致基层储备底数掌握不清，有可能在关键时刻造成缺位，影响应急处置效率。

二是实物储备缺口需要补足。上海市因防汛防台转移避险人数逐年上升，仅今年已达 42 万人。根据国家有关要求，各省级应急物资储备总量要保障二级救灾应急响应所需，且实物储备至少要达到保障目标的 50%。但目前市、区、街道（乡镇）各级各部门对于应急物资“该储哪些、储多少、储哪里”还没有科学准确的评估测算方法，导致应急物资储备品种规模不清晰，部分区域内存在应急物资种类和数量上既有重复交叉，也有空白漏洞；应急物资储备结构和布局不合理、储备设施建设规模和布局不科学。如以相当人口规模的城市为横向参照，上海市按常住人口的 1.2%（北京市标准）作为储备目标，则约为 30 万人。而目前市粮储局储备的救灾物资仅能保障 6 万人的应灾需求，这与至少要达到保障 15 万人的目标还有差距；并且，当前与政府签署合同的所有协议储备与产能储备的数量，难以在短时间内补充 24 万人的物资“漏洞”，实现 30 万人的保障目标。特别是重特大突发事件发生后，动员生产及集中调度等机制尚未健全，这会使应急物资的品种和数量难以满足第一时间应急保障需求和极端峰值需求的风险增大。

三是应急物资供应中市场和社会的作用发挥不够。储备主体过度依赖政府（实物储备），这导致每年用于物资储备库建设、运营管理、物资轮换、报废（部分物资入库后使用周期较短，还未投入使用即过了有效期；有些装备类物资购买时间较早，相关零配件在市场上较难获得，造成维护保养困难）等方面的成本和支出给财政带来较大压力。总体来看，上海市应急救灾物资的协议储备尤其是产能储备不足，民营企业的参与程度还比较有限，社会资源未充分利用，协同参与保障的水平不高。此外，各区之间由于资源禀赋和经济发展水平的差异，与相关企业和组织建立合作关系的数量和质量上的差异化明显，即经济较好的地区一般具有较紧密的合作网络，而地理区位偏远或经济不好地区的协议储备和产能储备则一般较弱。此外，各行政区政府在确定所需应急物资品种及规模布局时，基本仅考虑本辖区的应灾需要，几乎不了解不清楚相邻区域的物资供应链的情况，对区域间应急储备协同发展重视不够，做不到“取长补短”。仅靠政府的应急救灾物资储备及调运管理体系逐渐无法很好地适应和满足重大灾情的需要，在市场经

济条件下，政府和市场若无法形成良性互动，势必会影响应急物资的及时有效供应。

**四是应急物资全流程管理有待完善。**当前，上海市已制定市级应急救灾物资储备购置、存储管理、调拨管理、使用和处置（回收、报废）管理等方面的标准化细则，但区级应急物资供应链管理的细则或操作手册暂无，对区级层面的应急物资储备管理、采购筹措、生产动员、调拨使用、物流保障等能力和绩效的考核评价监督尚缺乏有效的手段，处置责任不明确（如前不久发生在浦东的救灾物资被售卖的情况，就暴露出区级应急物资管理的漏洞）。此外，应急物资物流保障能力是应急物资供应链的关节环节之一，而因上海人口基数大，应大灾，抢大险所需的运输能力总体不足，且不同行政区域运输应急物资的水平差异明显，这与所属辖区是否驻有物流企业的关联性很强。

**五是应急救灾物资供应链的信息化、智能化程度不高，全流程精细化程度不足，统一化标准化管理能力不足。**当前，上海市绝大多数行政区对应急救灾物资的管理依然依赖传统的手动操作和经验判断，基于大数据的信息化水平不足限制了精准需求预测、智能调度优化等技术手段的应用。仅政府实物储备而言，此前由于数据标准不一、各级部门单位重视程度不一、信息化管理水平不一，目前尚无一个部门可以拿出全市全品类应急物资政府实物储备的总数。从信息化角度看，市粮储局、市应急局、市水务局等部门及各区应急物资管理部门针对本领域的应急物资均建有信息平台，但由于政府部门的不同权责划定以及对应急救灾物资的信息采集标准尚未统一，导致现有平台之间难以实现数据互联互通，“数据孤岛”现象明显。涉及跨模式、跨部门、跨层级、跨区域的应急物资数据交换基本仍采用线下表格形式，无法做到实时在线更新导致政府部门对物资的实际流转情况不清楚。同时，因为目前全市应急物资储备库信息化率低，调令无法快速下达到应急物资库，物资出库后也无法进行在途追踪，更无法实现整个调度过程的可视可控。此外，应急救灾物资的库存管理、需求评估与供应运输等环节缺乏统一的数据标准和信息化支撑，因调度流程冗长以及信息滞后，加之针对物资的决策和反馈机制尚未形成一体化模式，导致物资在调配和运输过程中效率低下，难以根据实际情况及时调整，物资到达受灾地区的时间不及时，应急救灾物资供应链无法具备“韧性”，影响救援效果。

综上，为切实增强应急物资供应链保障体系的韧性，使应急物资“拿得出、用得上、调得好、运得快”，应着眼于当前上海市应急物资管理系统建设的短板，并重点从如下方面考虑：

(1) 搭建和完善应急物资储备体系，纵向构建完备的三级应急物资保障体系。

目前平台仅覆盖市本级的一个仓库，未搭建横向到边纵向到底的完备的三级应急物资保障体系，未建立统一的应急物资储备能力，无法掌握全市的应急物资储备情况，无法满足全市范围内的应急物资管理需求。亟待进一步提高应急物资保障能力，纵向构建完备的三级应急物资保障体系，横向拉通横向部门，探索物资保障的跨部门协同范式。目前未形成横向到边、纵向到底的、物资全生命周期管理、全方位体系化的应急物资保障能力体系，未能有效贯穿和监管市、区、街（镇）三级储备，实现监管的纵向到底。

(2) 调整物资分类以符合最新规范，拓展物资管理范围

平台目前仅包括《应急物资分类及编码》（GB/T 38565-2020）中生活保障物资的一部分，且未采用最新的物资分类和编码规定，物资分类粗放，未实现物资精细化管理，增加了物资管理的复杂性，无法有效查询和精准调拨全市物资，可能导致物资调配错误或效率低下。亟待进一步调整物资分类标准规范，拓展物资管理范围。根据《国家中长期储备规划》要求，形成农产品和农资、应急专用物资、矿产品原材料四大类物资储备分类，亟待进行物资分类及编码调整和规范。

(3) 全以储为核心的“储采产调运统”全环节覆盖的数字化管理平台

平台目前主要提供单个仓库的数据归集和可视化，仓库数字化覆盖率低，出库通知书指令无法及时下达，调拨过程管控难，灾时无法及时掌握调拨情况，降低了平台的实用性和对应急响应支持能力，无法满足复杂多变的应急需求。同时，平台缺少与其他单位的在应急物资管理工作的合作和资源共享，形成信息孤岛，限制了资源的有效利用和应急响应的协同效率。亟需健全以储为核心的“储采产调运统”全环节覆盖的数字化管理平台，深化平衡“储采产调运统”全环节数字化水平，强化储备监管和管理能力，加强应急调拨的现场指挥能力。

实现各种不同应急场景下全品类应急物资的统一、快速和有序调拨，是构建全市统一的应急物资管理调度平台的主要目的。通过各类应急物资品类、数量、

位置和负责队伍等信息的实时监控，及时发现各类应急物资有效性和充足性方面的异常情况，根据不同应急预案提出物资补给和更换建议。在突发事件发生后，针对不同应急响应等级快速形成最佳物资调拨路径和流程等智能化解决方案，并通过现场物资使用情况反馈进行智能预判和响应，及时满足事件处置的物资需求。

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

## 5 面向“韧性”的应急物资供应链优化理论模型

### 5.1 应急物资供应链全过程模型

在面对自然灾害或其他紧急情况时，有效的应急管理对于减少损失、保护人民生命财产安全至关重要。根据灾害的发展过程，可以将其分为四个主要阶段：常态运行阶段、灾前准备阶段、灾中响应阶段以及灾后恢复阶段。每个阶段都有其特定的任务和重点，通过科学合理的规划与执行，可以大大提高应对灾害的能力。

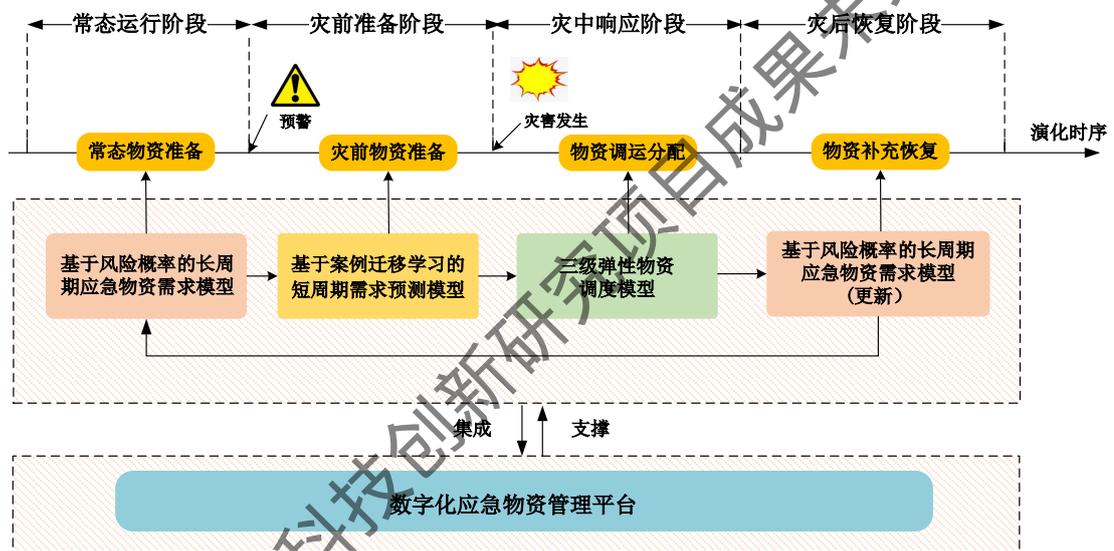


图 5.1 应急物资“韧性”供应链全过程理论模型

#### (1) 常态运行阶段

在这一阶段，主要任务是进行常态化的物资准备工作。这不仅包括对可能发生的各类灾害进行风险评估，还需要根据这些风险的概率来制定长期的应急物资需求模型。该模型旨在确保在不浪费资源的前提下，储备足够的物资以应对未来可能发生的灾害。例如，对于地震多发地区，可能需要特别关注救援装备、医疗用品等物资的储备；而对于洪水易发区域，则应侧重于救生艇、沙袋等防洪物资的准备。

#### (2) 灾前准备阶段

当监测到潜在灾害即将发生时，进入灾前准备阶段。此时的工作重点转向了短期的物资准备，目的是为了能够迅速有效地应对即将到来的危机。基于历史灾害案例的学习，采用迁移学习技术对未来物资需求进行预测，可以帮助决策者更准确地估计所需物资的数量和类型，从而提前做好充分的准备。这种方法不仅能提高物资准备的效率，还能减少不必要的资源浪费。

### (3) 灾中响应阶段

一旦灾害发生，立即进入灾中响应阶段。此阶段的核心在于如何高效地调运和分配已有的物资，以最大限度地减轻灾害带来的影响。通过构建三级弹性物资调度模型，可以在保证物资供应的同时，灵活应对各种突发状况。该模型通常包括中央级、省级和地区级三个层面的协调机制，确保物资能够快速准确地送达最需要的地方。

### (4) 灾后恢复阶段

灾害过后，进入恢复阶段，重点是对受损的基础设施进行修复，同时也要及时补充消耗掉的应急物资。此外，还需要对此次灾害中的表现进行总结分析，特别是关于物资管理方面的经验教训。这一步骤非常关键，因为它涉及到对风险概率模型及长周期预测模型的数据库进行更新，以便为未来的灾害预防和应对工作提供更加精准的支持。通过持续的学习和改进，不断提高应急管理水平，使社会能够在面对自然灾害时变得更加坚韧和适应性强。

## 5.2 风险分析与需求测算模型

### 5.2.1 长周期需求测算模型

长周期应急物资需求预测模型是一种系统化的方法，用于预测在长时间内可能需要的应急物资种类及其数量，以确保在灾害发生时有足够的资源可用。该模型分为三个主要步骤，它们共同构成了一个完整而有效的物资需求预测流程。

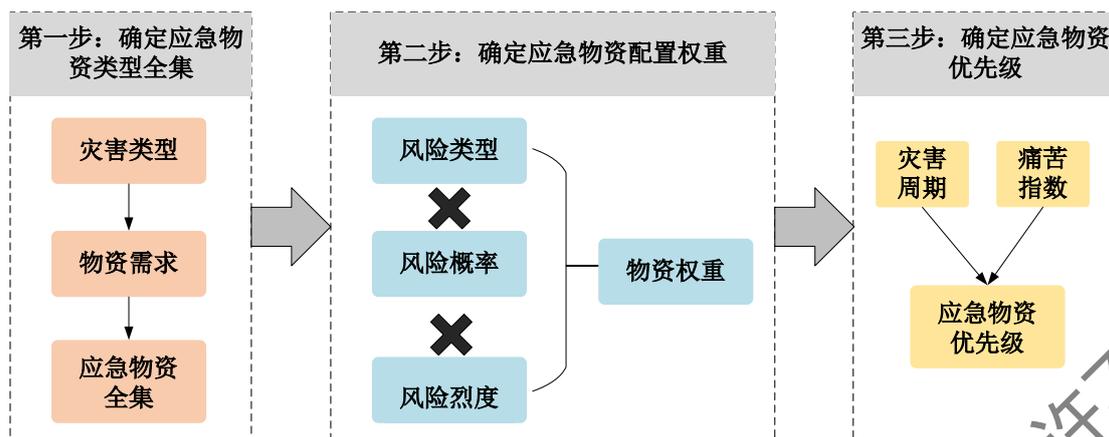


图 5.2 应急物资长周期需求预测模型

### (1) 第一步：确定应急物资类型的全集

首先，需要识别可能面临的灾害类型，比如地震、洪水、台风、疫情等，并针对每一种灾害类型推导出相应的物资需求列表。这个过程涉及对历史上类似灾害的案例研究，以及对当前环境条件、社会经济状况等因素的综合考虑。随后，将所有这些物资需求列表合并起来，形成一个包含所有可能需要物资的全集。这样做的目的是确保在任何情况下都能有备无患，即使遇到未曾预料的灾害类型，也能从这个全面的物资清单中快速找到解决方案。

### (2) 第二步：确定应急物资配置权重

确定了应急物资的全集之后，下一步是为每种物资分配一个配置权重，这个权重反映了该物资在应对特定风险时的重要性。配置权重的确定基于三个主要维度：风险类型、风险概率和风险烈度。风险类型指的是具体的灾害形式；风险概率是指这种灾害在未来发生的可能性大小；风险烈度则衡量了一旦发生，该灾害可能导致损害的程度。通过综合考量这三个因素，可以为每种应急物资计算出一个合理的配置权重，从而指导物资的优先储备和合理分配。

### (3) 第三步：确定应急物资优先级

最后一步是根据灾害周期和痛苦指数来确定应急物资的优先级。灾害周期是指某种灾害从开始到结束的时间长度，不同类型的灾害有着不同的周期特点，例如地震通常是一个瞬时事件，而传染病的传播可能持续数月甚至更长。痛苦指数

则是指在缺乏某种物资的情况下，对受影响人群造成的负面影响程度，可以通过对历史数据的分析或专家评估来量化。结合灾害周期和痛苦指数，可以更好地理解哪些物资在灾害初期最为急需，哪些物资在长期应对中更为重要，进而优化物资的储备和分配策略，确保在关键时刻能够发挥最大效用。

通过以上三个步骤，长周期应急物资需求预测模型不仅能够帮助决策者全面了解可能需要的应急物资种类，还能够科学合理地分配有限的资源，提高应急响应的速度和效率，最终达到有效减轻灾害影响的目的。

### 5.2.2 短周期需求测算模型

应急物资短周期需求预测模型是现代应急管理中的一个重要工具，尤其适用于灾害发生前的准备阶段。该模型的主要特点是利用迁移学习算法，通过分析以往的历史案例，并结合当前灾害的具体特征来进行智能学习和预判，从而实现对短期内物资需求的精准预测。以下是该模型的具体运作方式及其优势的详细说明：

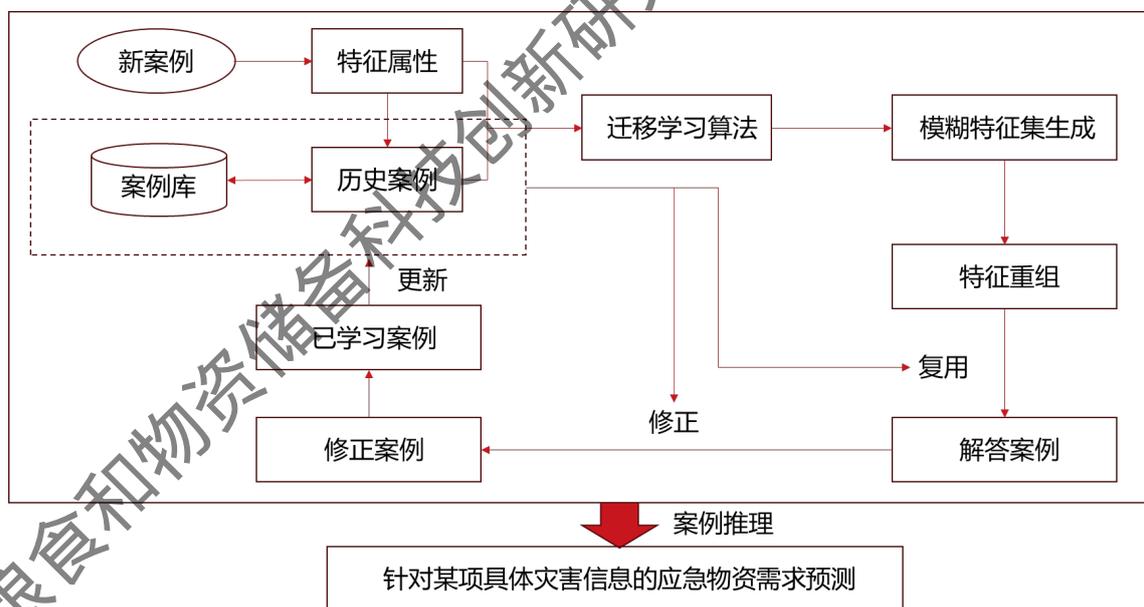


图 5.3 应急物资短周期需求预测模型

#### (1) 历史案例分析

数据收集：首先，需要收集大量的历史灾害案例数据，这些数据应包括但不限于灾害类型、发生地点、影响范围、持续时间、造成的损失等信息，以及当时应急物资的需求量和实际使用情况。

特征提取：接着，对这些历史数据进行深入分析，提取出影响物资需求的关键特征，比如灾害的规模、地理位置、季节性因素、人口密度等。

模式识别：通过机器学习算法，识别历史案例中的模式和规律，特别是那些与物资需求紧密相关的模式。

## (2) 当前灾害特征

实时数据获取：当新的灾害预警出现时，立即收集有关此次灾害的最新信息，包括气象预报、地质条件、人口分布等。

特征匹配：将当前灾害的特征与历史案例中的特征进行对比和匹配，找出最相似的历史案例作为参考。

需求预测：基于匹配结果，运用迁移学习算法调整模型参数，以适应当前灾害的特点，从而对短期内的物资需求做出更准确的预测。

## (3) 迁移学习算法

迁移学习是一种机器学习方法，它允许从一个领域或任务中学到的知识被应用到另一个相关但不同的领域或任务中。在应急物资短周期需求预测中，这意味着可以从过去相似灾害中提取有用的信息，并将其应用于当前或未来的灾害情境中，以提高预测的准确性。

## (4) 智能学习和预判

动态调整：随着新数据的不断加入，模型能够自动学习和适应变化，逐步提高预测精度。

情景模拟：还可以通过情景模拟的方式，测试不同假设条件下物资需求的变化趋势，为决策提供多种方案选择。

风险评估：结合当前的社会经济状况和资源分布情况，评估不同物资短缺可能带来的风险，优先保障最关键物资的供应。

### 5.3 三级弹性物资调度模型

三级弹性物资调度模型是一种高效的应急物资管理框架，旨在通过多层次的储备策略和优化调度，确保在灾害发生时能够快速、准确地提供所需的物资。该模型包括实物储备层、协议储备层和产能储备层三个层次。

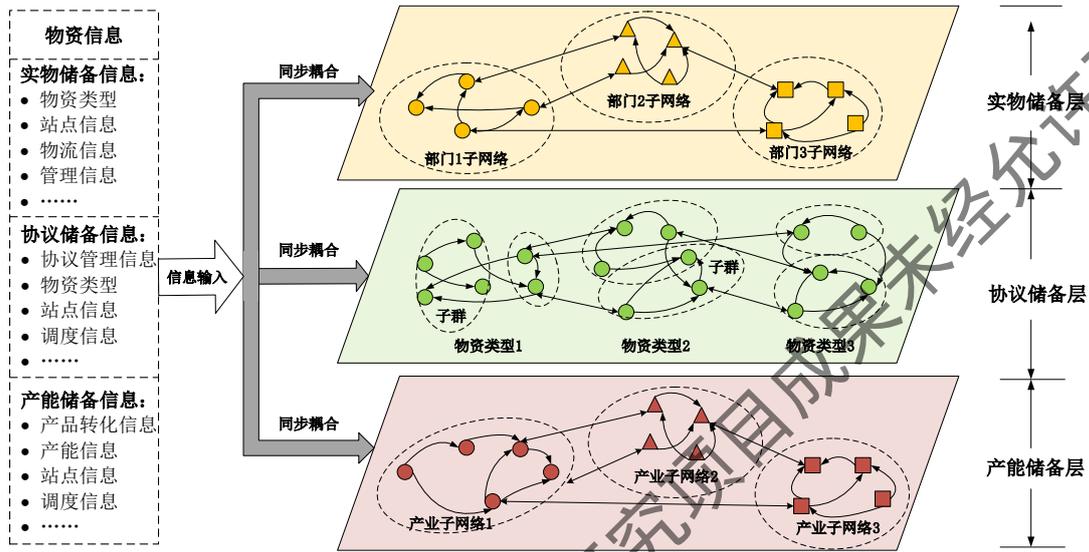


图 5.4 三级弹性应急物资调度模型

#### (1) 三级弹性物资调度模型

**实物储备层：**是最直接的一层，主要存储已经生产并准备好随时调用的应急物资。这些物资通常包括急救药品、食品、饮用水、帐篷、毛毯等基本生活用品。实物储备层的作用是在灾害发生后的第一时间迅速提供必要的物资，以满足灾区的紧急需求。由于这些物资已经预先准备好，因此可以立即投入使用，大大缩短了响应时间。

**协议储备层：**是指与供应商签订协议，确保在需要时能够迅速获得特定数量和种类的物资。这些供应商可以是制造商、分销商或零售商。协议储备层的作用是在实物储备不足或需要更多特定物资时，能够通过快速采购来补充物资缺口。通过事先建立的合作关系，可以在短时间内获得大量物资，提高应急响应的灵活性。

**产能储备层：**是指与生产企业签订协议，确保在需要时能够迅速增加生产量，以满足大规模的物资需求。这些企业通常具有较强的生产能力，能够在短时间内

扩大生产规模。产能储备层的作用是在大规模灾害发生时，能够迅速增加物资的供应量，确保长期的物资需求得到满足。通过提前建立合作关系，可以在必要时启动生产线，增加产能，防止物资短缺。

## （2）物资配置关系的优化

在三级弹性物资调度模型中，各层次之间的物资配置关系可以通过优化模型来实现。优化的目标主要包括调用时间和调用数量，而约束条件则包括成本、路径、产能等。

**优化目标：**尽量缩短从需求提出到物资到位的时间，确保在最短时间内提供必要的物资；确保调用的物资数量能够满足灾区的实际需求，避免过度调用导致资源浪费。

**约束条件：**

- 1) **成本：**在满足需求的前提下，尽量降低物资存储、调用和运输的成本。
- 2) **路径：**选择最优的运输路径，确保物资能够快速、安全地到达目的地。
- 3) **产能：**确保供应商和生产企业有足够的生产能力，能够按时按量提供所需物资。

## （3）信息共享与统一调度

为了实现应急物资供应链的“弹性”，三级弹性物资调度模型强调各层次之间的信息共享和统一调度。

**信息共享：**各层次之间应建立实时数据共享机制，确保各方能够及时获取最新的物资需求、库存和供应信息。提高供应链的透明度，让各个参与者都能清晰地了解整个系统的运作状态，便于协调和调整。

**统一调度：**设立专门的应急物资调度中心，负责统筹管理各层次的物资调用和分配。根据灾害发展的实际情况，动态调整各层次的物资配置，确保资源的最优利用。加强各级政府、企业和社会组织之间的协同合作，形成合力，共同应对灾害。

三级弹性物资调度模型通过实物储备层、协议储备层和产能储备层的多层次储备策略，结合优化模型和信息共享机制，实现了应急物资供应链的高度灵活性

和响应速度。这种模型不仅能够有效应对各种规模和类型的灾害，还能在资源有限的情况下，最大化地提高应急物资的利用率，确保在关键时刻能够迅速、准确地提供必要的支持。

#### 5.4 数字化应急物资管理平台优化模型

传统的应急物资组织管理模式存在明显的条线分割现象。例如，水务部门主要管理防洪物资，如沙袋、水泵和救生艇；粮食和物资储备局负责粮食和其他生活必需品的储备；卫生部门则管理医疗物资，如药品和医疗器械。这种条线分割的管理模式虽然有助于各部门专注于自己的职责，但也带来了信息孤岛的问题。各部门之间缺乏有效的信息共享机制，导致资源分散，难以形成合力。此外，这种模式还容易造成重复储备，导致资源浪费。在突发事件发生时，各部门之间的协调不够顺畅，影响整体响应速度和效果。

除了条线分割外，传统模式下每个部门通常会分别与企业和社会组织签订协议储备和产能储备协议，以确保在需要时能够迅速获得额外的物资。然而，这种方式也存在资源分散的问题，各部门各自为政，难以形成统一的资源池，导致资源利用效率低下。在突发事件发生时，需要多个部门与多个企业进行协调，增加了沟通和协调的复杂性，从而延长了物资调拨和配送的时间，影响应急响应速度。

另一个显著问题是公众的需求信息反馈渠道不畅。在传统的应急物资管理模式中，公众的需求信息往往无法及时反馈给相关部门，导致供需不匹配的问题。信息传递过程中通常需要通过层层上报才能到达决策层，这不仅导致信息传递的延迟，还可能引起信息失真。决策者无法准确掌握实际需求，导致某些地区或群体的需求得不到及时满足，而其他地区或群体却资源过剩，进一步加剧了资源错配的问题。

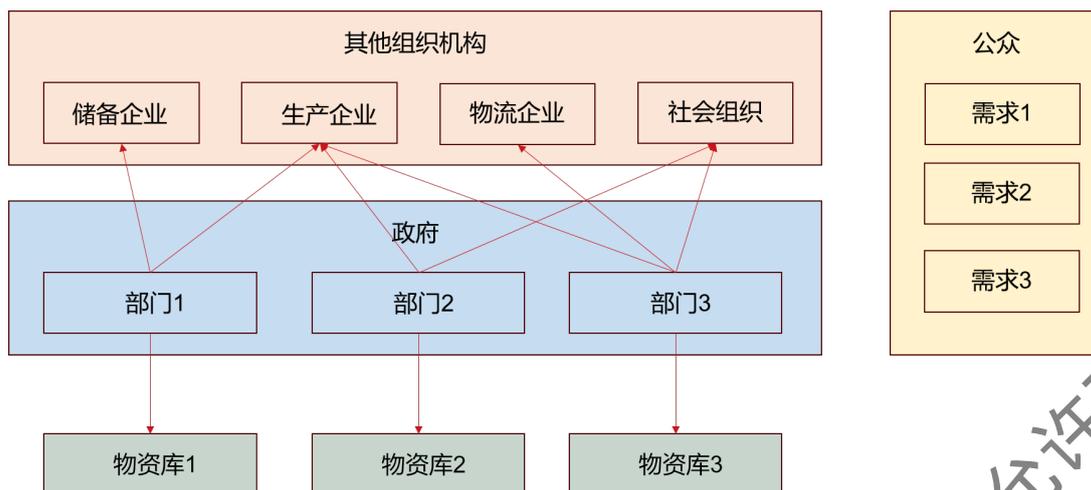


图 5.5 目前应急物资组织管理结构模型

为了解决这些问题，数字化平台的赋能成为一种有效的解决方案。通过数字化平台，政府各条线不再独立分割为数字孤岛，而是在同一个平台上实现数据共享。建立一个集中的数据平台，汇集各部门的应急物资信息，实现数据的集中管理和共享。各部门可以实时更新自己的物资储备情况，确保数据的时效性和准确性。通过数据共享，各部门可以及时了解其他部门的资源状况，促进跨部门的协作和协调，提高整体响应效率。

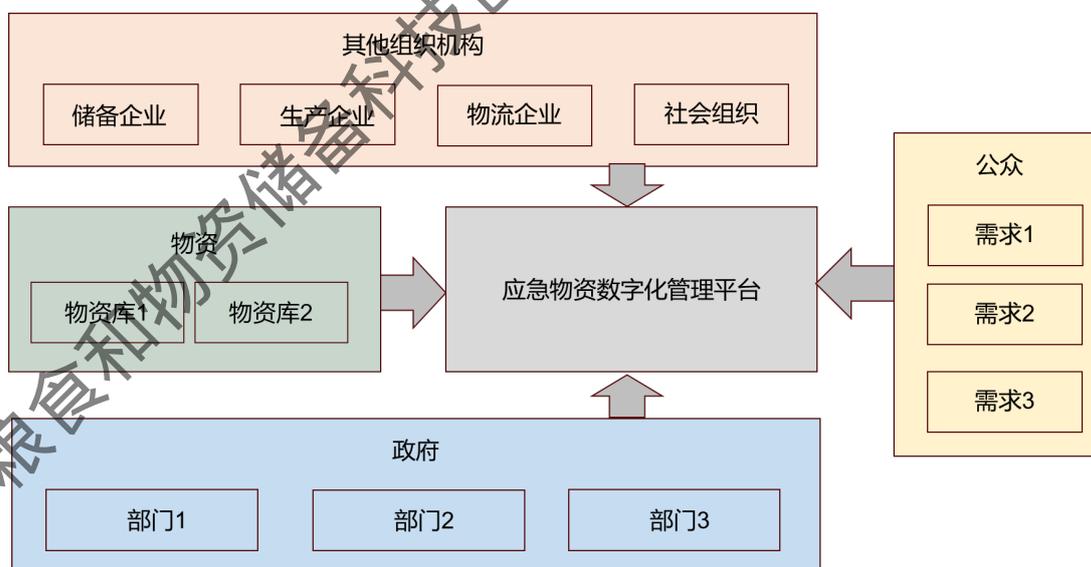


图 5.6 数字化平台赋能下应急物资组织管理结构模型

企业和社会组织的资源也可以在平台上实现共享，构建一体化的物资库信息。将不同企业和社会组织的物资储备信息纳入平台，形成一个统一的资源库。通过平台，各部门和企业可以快速查找和调用所需的物资，提高资源利用效率。根据实际需求和资源状况，动态调整物资的储备和分配，确保资源的最佳配置，避免资源浪费和重复储备。

此外，通过数字化平台，公众的需求信息可以得到及时的反馈，形成供需的闭环。通过手机 APP、社交媒体等多种渠道，收集公众的需求信息，并将这些信息实时反馈给相关部门和企业，确保需求信息的及时性和准确性。平台的智能匹配算法可以将公众的需求与现有的物资储备进行匹配，确保资源能够及时、准确地送达需要的地方，提高应急响应的速度和效率。

综上所述，传统的应急物资组织管理模式存在条线分割、资源分散和公众需求信息反馈不畅等问题。通过数字化平台的赋能，可以实现政府各部门之间的数据共享，企业和社会组织资源的整合，以及公众需求信息的及时反馈，从而形成一个高效、灵活、协同的应急物资管理体系。这种新模式不仅提高了应急响应的速度和效率，还最大限度地优化了资源利用，确保在突发事件发生时能够迅速、准确地提供必要的支持。

应急物资数字化管理平台是一个多层次的综合性系统，旨在通过先进的信息技术手段，提升应急物资管理的效率和响应速度。该平台自上而下分为四层：

(1) 物资需求层。这一层主要负责对物资需求的精准预测和准备。通过集成先进的数据分析和预测模型，如迁移学习算法和长周期需求预测模型，平台能够基于历史数据和当前灾害特征，智能预测未来一段时间内的物资需求。这不仅有助于提前做好物资准备，还能避免资源浪费，确保在灾害发生时能够迅速提供必要的物资支持。

(2) 应用服务层。这一层涵盖了物资存储、调运、分配等核心应用功能的实现。通过集成物联网技术、地理信息系统（GIS）和物流管理软件，平台能够实时监控物资的存储状态，优化调运路径，确保物资的高效分配。此外，这一层还支持多终端访问，如移动设备和 Web 端，方便各级管理者和操作人员随时随地查看和管理物资信息。

(3) 数据融合层。这一层是平台的核心部分，负责数据的交互和共享。通过建立一个集中式的数据中心，平台可以汇集来自不同部门和机构的数据，包括政府部门、企业和社会组织的物资储备信息、物流数据、气象数据等。数据融合层还支持数据清洗、整合和分析，确保数据的质量和一致性，为上层应用提供可靠的数据支持。

(4) 基础设施层。这一层提供了平台运行所必需的传输、计算和通信等基础设施能力。包括高速网络连接、高性能计算服务器、数据存储设备和安全防护设施等。通过强大的基础设施支持，平台能够处理大规模的数据传输和复杂的计算任务，确保系统的稳定性和高效性。

为了保障数字化平台的顺利运行，还需要建设两个重要的模块：

(1) 标准和评价体系。这一模块旨在使整个平台更加标准化，并且能够进行准确的绩效评估。通过制定统一的数据标准和技术规范，确保各参与方的数据格式和接口一致，便于数据的交换和共享。同时，建立一套科学的绩效评估体系，从多个维度对平台的运行效果进行评估，包括响应时间、资源利用率、用户满意度等，确保平台的持续优化和改进。

(2) 风险控制模块。应急物资管理涉及许多敏感信息，如个人隐私、物资储备详情等，因此网络安全和数据保护尤为重要。通过建设风险控制模块，平台可以采取多种安全措施，如数据加密、访问控制、入侵检测等，防止数据泄露和恶意攻击。此外，还需要定期进行安全审计和漏洞扫描，及时发现和修复潜在的安全隐患，确保平台的安全性和可靠性。

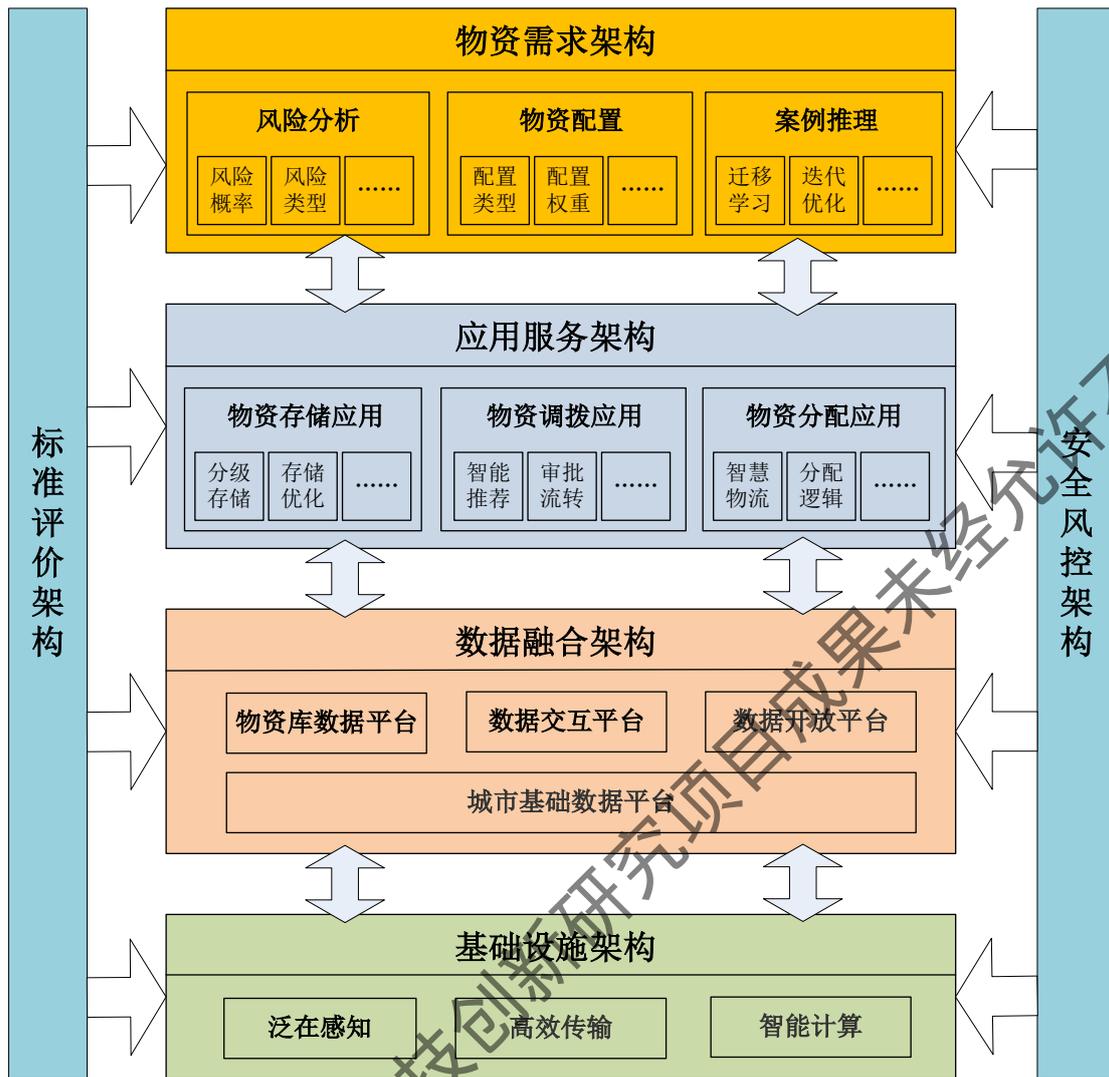


图 5.7 应急物资数字化管理平台架构模型

## 6 上海市应急物资“韧性”供应链数字化应用及关键技术

### 6.1 构建统一的标准规范

目前物资编码主要依据《应急物资分类及编码》(GB/T 38565-2020)进行分类管理，物资分类粗放，未实现物资精细化管理，增加了物资管理的复杂性，无法有效查询和精准调拨全市物资，亟待进一步调整和细化物资分类标准规范，拓展物资管理范围，根据《国家中长期储备规划》要求，形成农产品和农资、应急专用物资、矿产品原材料四大类物资储备分类，亟待进行物资分类及编码调整和规范；拓展物资管理范围。

建议在《应急物资分类及编码》（GB/T 38565-2020）基础上开展物品编码细化分类工作，制定所有应急物资具体物品的标准编码和标准名称，推动应急物资数据生产按照“一品一码”规范实施，并与国际统一的商品标识代码（GS1）一一对应。推行14位物品编码，共包含5部分：第一部分（第1-7位）按照国家分类标准《应急物资分类及编码》展示大、中、小、细类四类，第二部分（第8-9位）代表物品标准名，第三部分（第10-13位）代表规格型号，第四部分（第14位）代表最小单位标识码。

表6.1 应急物资编码规范表

应急物资编码（14位）							
分类编码段（9位）						标识编码段（5位）	
编码段	A	BB	CC	DD	EE	MMM	N
码段定义	大类	中类	小类	细类	品类	规格型号	部件标识码
码段约束	1-9	01-99	01-99	01-99	01-99	0001-9999	0-1
登记方式	基于GB/T 38565-2020进行归类				用户自定义		标识码

应急物资储备库编码应采用层次编码，应遵循唯一性、合理性、可扩充性、简明性、适用性和规范性等原则。推行28位应急物资储备库编码规范，储备库编码应符合下表的规定。

表6.2 应急物资储备库编码规范表

应急物资储备库编码（28位）								
法人和其他组织统一社会信用代码（18位）						标识编码段（10位）		
	A	B	CCCCC	DDDDDDDD	E	FF	GG	HHHHHH
码段定义	登记管理部门代码	机构类别代码	登记管理机构行政区划码	组织机构代码	校验码	库点类型	库点类别	流水号
码段约束	阿拉伯数字或英文字母	阿拉伯数字或英文字母	阿拉伯数字	阿拉伯数字或英文字母	阿拉伯数字或英文字母	01-04	00-06	000001-999999
登记方式	基于GB 32100-2015规范获取					标识段		

同时开发仓储编码小程序，支持和中国商品编码中心对接，实现69码数据信息的采集和同步，通过扫码自动物资品名和属性，完成物资自动编码工作。仓管员在物资入库时，依托小程序选择将要入库物资的大中小细类，选择物资规格型

号，平台自动带出物资，如选择列表中没有物资规格型号，则新增物资编码，录入规格型号，系统自动生成物资编码并保存。物资编码自动同步到编码库中。

## 6.2 推动构建自主可控的“储采产调统”全链保障数字化管理平台

建议构建“1+1+6+N”的物资保障数字化平台，构建横向协同纵向贯通的三级应急物资保障体系，建立以储为核心的“储采产调统”全环节覆盖的数字化管理平台，库端通过智能化升级改造，依托 RFID 配套设备、监控等硬件设备提升库端精细化、智能化管理水平，进一步实现全市储备能力最大化、储备结构最优化、财政绩效最佳化。



图 6.1 数字化平台总体架构图

### (1) 1套数字化标准体系

建立健全跨部门、跨层级、跨区域的多跨协同应急物资管理规范、制度和标准，统一本市应急物资信息化管理规范标准体系，包括但不限于应急物资编码标准、基础业务数据规范标准、数据接口规范标准、数据管理制度等标准规范，为应急物资综合管理信息系统提供有力支撑。

### (2) 1个数据底座

依托大数据局数据采集、分析等工具，准确归集动态储备、静态储备及其他社会储备的多元化储备数据，建立应急物资等物资专题库，形成区域库、部门库、场景库等不同专题和主题库，全面展示和分析各类物资储备结构和空间分布等情

况，为业务管理和决策分析提供数据保障。

### (3) 6 大环节

构建以储备、调拨为核心，“储采产调运统”全链条协同的应急物资保障体系。

“储”：围绕静态储备、动态储备和渠道储备，实现全品类物资仓储精细化、数字化管理，充分掌握库点分布、物资库存、流通规模和企业产能情况，并对高频使用的应急救灾物资消耗情况进行智能预警。

“采”：实现物资采购等场景的线上管理和应用，在捐赠环节，考虑应用区块链技术实现捐赠过程溯源和可追溯，确保捐赠物资去向合理合规。

“产”：对应急产业相关的企业进行有效监管，精准掌握产能企业名单等信息，提升应急物资产能整体管理水平。

“调”：实现智能调拨，根据各级物资需求部门和单位提供的物资需求申请单，基于智能调拨算法，结合所需物资所在库点与调拨收货地点距离，物资数量等重要维度信息，搜索全市范围内物资分布情况，一键生成调拨方案，便于应急时快速调拨使用，辅助决策。建立基于 WEBRTC 音视频通话的可视指挥调度平台，从而实现低成本、高效率的实时通信，以增强紧急情况下的协调和响应能力，通过扫描追踪码，充分掌握物流企业信息和物流运输状态，实现运输全过程跟踪。

“统”：建设各类统计报表功能，实现各类数据的统计；通过建设最优物资储备结构、物资布局方案生成等功能，实现物资储备结构最佳化和财政绩效最优化；构建市、区、街（镇）三级全覆盖的物资储备一张网，管理一本账。

表 6.3 平台功能表

现有平台功能优化建议表			
系统功能		说明	备注（具体优化内容）
可视化	综合物资展示		
	静态储备		
	动态储备		
	渠道储备		
数字驾驶舱	工作导航	新增内容	数字驾驶舱在日常统筹情景，主要实现物资储备全生命周期过程中的关键数据的按需可视化功能，协助账号所属单位及角色差异进行分类分级的掌握实时静态物资储备信息和实时物资储量远程监管。工作导航模块主要用于引导用户快速访

			问系统功能入口，为用户提供了直观、便捷的方式来浏览和操作系统内的各项功能模块，方便用户快速进行功能模块间的切换。
综合处置驾驶舱	新增内容		<p>综合处置驾驶舱主要用于展示和快速处理与调拨、通知等相关的各类任务和消息。它能够提供以下几个方面的关键优势：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、集中化的信息管理：驾驶舱能够将调拨、通知等相关任务和消息集成在一个界面上，使得监管人员可以快速获取和处理这些消息，提高了工作效率和响应速度。</li> <li>2、实时监控与决策支持：通过实时数据的展示，驾驶舱为管理层提供了决策支持，使得他们能够及时监控物资流动状态，快速做出决策。</li> <li>3、提高透明度和可追溯性：驾驶舱包含待办事项管理、已办事项展示、流程跟踪等功能，这些功能有助于提高物资流转的透明度和可追溯性，确保物资流转的每个环节都有记录和追踪。</li> </ol>
物资调拨追踪图	新增内容		<p>物资调拨追踪图主要是为了提供一个集中的页面，用于高效管理和优化物资的调拨过程。包括填写物资需求、生成智能调拨方案、自定义调拨方案等功能。它能够提供以下几个方面的关键优势：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、集中管理：驾驶舱能够集中展示所有与物资调拨相关的消息，包括需求申请、调拨方案、运输状态等，使得管理人员能够一目了然地掌握整个流程。</li> <li>2、提高效率：通过驾驶舱，管理人员可以快速填写物资需求、生成智能调拨方案，以及自定义调拨方案，从而提高响应速度和操作效率。</li> <li>3、决策支持：通过智能调拨算法，能够帮助管理人员做出更加科学的决策，优化资源分配。</li> <li>4、应对紧急情况：在紧急情况下，如自然灾害或突发事件，驾驶舱可以快速调整调拨计划，确保关键物资能够及时送达。</li> </ol>
物资库点、库存及事件分布图	新增内容		在紧急情况下，快速了解储备情况和库点信息对于应急响应至关重要，物资库点、库存及事件分布图支持搜索物资列表、地图联动、调拨联动等功能，依托底层 ES 组件，实现数据的高效快速搜索。
物资储备一本账	新增内容		通过物资储备一本账一屏展示，各级单位能够直观掌握各自行政管辖范围内的应急物资储备状况，实现对应急物资全生命周期的业务统筹把控。同时，系统对采储产调运统大环节的不同业务模块进行细化管理，确保应急物资的高效调配

			和使用。支持对四大类物资储备计划、储备情况、储备单位、储备管理方式、数据来源进行一张表展示，一本账支持实际储备数量和储备计划进行比对，如果实际储备计划数量大于计划实现红色预警。
	产能一张图	新增内容	产能一张图，包括产能企业分布、产能企业名录、产能数据等内容。使用地图、图表、仪表盘等元素，直观地展示产能信息，以一张图的形式展示产能企业的分布、名录和产能数据。
	动态储备分布图	新增内容	<p>通过动态储备分布图，直观地展示动态储备信息，以一张图的形式展示动态储备的分布、供应商和动态储备分析数据。它能够提供以下几个方面的关键优势：</p> <p>1、直观展示：通过地图、热力图、散点图等直观展示动态储备企业的地理位置和分布情况，使得管理者能够一目了然地掌握储备物资的空间分布。</p> <p>2、详细信息展示：支持展示库点的详细信息，如储备物资的品种和数量，供应商信息，以及动态储备数据，这有助于管理者深入了解每个库点的具体情况。</p> <p>3、数据分析：通过可视化图表形式展示动态储备详情，包括物资名称、储备计划数、储备单位数等，使得数据分析更加直观和便捷。提供数据钻取功能，允许用户深入查看详细数据，包括企业名称、协议单位、所在地区等信息，有助于管理者进行更细致的数据分析和决策。实现数据的动态展示，支持通过搜索框实现动态储备信息的查询，提高了数据检索的效率。</p>
静态储备	库存初始化		
	物资采购管理		
	采购招标管理		
	采购合同管理		
	到货通知管理		
	到货入库管理		
	静态储备记录管理	新增内容	<p>1、2022年上海市物资储备电子政务网络省级平台建设的储备管理模块只针对市级，本次功能是面向市、区、街（镇）三级</p> <p>2、静态储备记录管理，实现出入库记录、巡查</p>

			记录、盘点记录和报废记录等数据信息展示，支持按照特点关键内容进行搜索展示和排序
动态储备	企业信息管理		
	储备规模管理		
	承储协议维护		
	季度例行上报		
	库存临时上报		
	库存不足报备		
	库存补足上报		
	库存阈值管理	新增内容	1、2022年上海市物资储备电子政务网络省级平台建设的储备管理模块只针对市级，本次功能是面向市、区、街（镇）三级 2、优化库存阈值设定、配置和修改功能，根据签订协议储备量，设定动态储备监测值。支持对储备物资进行监测预警，通过提前设定物资存储量的阈值，当物资存储量低于阈值范围时，发出物资低量预警。
渠道储备	渠道储备维护		
	日产能统计、企业库存量统计	新增内容	1、2022年上海市物资储备电子政务网络省级平台建设的储备管理模块只针对市级，本次功能是面向市、区、街（镇）三级 2、日产能统计、企业库存量统计信息，支持根据用户需求对企业进行检索排序功能。
多元储备	储备安全监管拓展坞	新增内容	根据《国家粮食和物资储备局信息化十四五规划》《关于改革完善体制机制加强战略和应急物资储备安全管理的实施方案》等政策要求，为满足国家对储备安全监管要求建设配套功能
	视频远程监管	新增内容	
	储备库点管理	新增内容	加强储备库点的标准化管理，建设统一的库点标准规范和编码
	回收和报废管理	新增内容	根据《上海市应急救灾物资储备管理办法》等文件，为满足应急物资日常保管作业需要，建设回收报废相关功能
	数说物资	新增内容	通过从大量数据中提取关键信息，生成固定化的数据分析报告，实现数据到洞察的快速转化。数

			据报告涵盖了从物资出入库、盘点、生产安全等全方位信息，面向物资储备监管部门，包括物资储备管理部门和库点单位，通过“数说物资”获取关键数据和分析报告，快速掌握职责范围内的物资储备情况，以优化物资管理和决策过程。
采购 筹措 管理	采购计划管理	新增内容	根据《行政事业性国有资产管理条例》《上海市应急救灾物资储备管理办法》等政策文件，要求明确资产管理责任，规范使用流程，推进相关资产安全有效使用，依托购置数字化监管，提高从计划制定到采购任务过程数字化管理和留痕，同时加强供应商评级和遴选，确保购置物资的质量。为应对紧急采购，建设紧急采购配套功能。
	采购任务执行	新增内容	
	查看采购任务	新增内容	
	供应商管理	新增内容	
	采购物资目录	新增内容	
	紧急采购管理	新增内容	
	采购价格监测	新增内容	
产能 动员	产能信息填报	新增内容	产能作为静态储备和动态协议储备的重要补充，通过填报和名录实现产能信息化展示和监管，在关键时刻能用得上，也是为减少实物储备，实现财政绩效最佳化的手段
	产能清单名录管理	新增内容	
应急 响应	应急场景管理		
	静态物资调令		
	动态物资调令		
	静态物资出库		
	动态物资出库		
	物资支撑能力		
	应急演练		
	运力清单	新增内容	补齐在物流运输信息化监管短板，强化出入库动态监管，实现应急物资全流程信息化闭环管理；运力清单为了实现运输物流司机、车辆的展示和统一管理，通过统一管理和赋能，也为各个区、街道提供服务和便利
物流追踪	新增内容		
统筹 管理	物资分类标准管理	新增内容	按照《国家中长期储备规划》要求建立新的四大类物资分类标准规范

	任务提醒	新增内容	加强过程管控和监管反馈及时性
调拨使用	调拨需求匹配	新增内容	一是按照《国家粮食和物资储备局信息化十四五规划》要求，强化调拨运输环节监管信息化能力建设；二是补齐调拨运输信息化短板，加强出入库过程动态管控，实现全过程溯源。
	物资调拨追踪	新增内容	
	音视频指挥调度	新增内容	
统计报表	静态库存统计		
	市级商品统计		
	渠道信息统计		
	自定义报表分析	新增内容	<p>支持用户自定义报表分析，它提供了灵活性、效率和深入的数据分析能力。</p> <p>1、灵活性和定制性：不同的用户可能需要根据不同的业务需求和分析目标来定制报表。自定义报表功能允许用户根据自己的具体需求来设计报表，从而能够精确地展示他们关心的数据和指标。</p> <p>2、业务聚焦：通过自定义报表，用户可以聚焦于特定的业务问题或关键性能指标，从而更有效地监控和管理应急物资的相关业务流程。</p> <p>3、决策支持：自定义报表可以提供深入的数据分析和可视化，帮助决策者理解复杂数据集，发现数据背后的趋势和模式，从而做出更加明智的决策。</p> <p>4、提高效率：自定义报表可以自动化报告生成过程，减少手动收集和处理数据的时间，提高工作效率。</p> <p>5、适应变化：业务需求和市场条件经常变化，自定义报表功能允许用户迅速调整报表以适应这些变化，确保报表内容始终相关和及时。</p>
	业务考核类分析	新增内容	<p>面向业务考核、储备分析、调拨分析、采购分析、业务操作等不同主题，将用户日常统计类报表工作从线下手工统计调整为线上自动化处理，一方面确保数据的实时性和准确性，而且有助于提升工作效率。</p> <p>1、数据实时性：线上自动化系统可以实时收集和處理数据，确保报表中的数据是最新的，从而提供最及时的业务洞察。</p> <p>2、准确性提升：自动化处理减少了人为错误的可能性，如输入错误、计算错误等，从而提高了</p>
	储备类分析	新增内容	
	调拨业务类分析	新增内容	
采购业务类分析	新增内容		
储备规模变化分析	新增内容		

	业务操作分析	新增内容	数据的准确性。 3、工作效率提升：自动化报表生成减少了手工收集、整理和计算数据的时间，使人员能够将更多时间投入到分析和决策等高价值工作上。
	厂商集中度分析	新增内容	
	平台访问分析	新增内容	
政策管理	信息发布		
	资料管理		
仓储管理系统	首页	新增内容	<p>1、现有数据归集方式为填报方式，没有通过出入库管理系统管理自动采集数据，现有系统整体架构未实现业务的流转和数据及时更新，不满足业务对数据更新及时性要求。通过建设仓储管理系统覆盖应急物资仓储单位的日常管理工作，在库端入库、出库、盘点、回收、维护、报废等业务场景下实现库内业务的数字化和自动化管理，系统实时记录库存和操作记录数据。</p> <p>2、市本级物资库将依托 RFID 等新一代信息技术，按照“一物一码”管理标准，实现物资的智能化、精细化、数字化管理，实现物资储备情况和业务的精准管理。</p>
	入库作业	新增内容	
	出库作业	新增内容	
	临期管理	新增内容	
	仓储作业	新增内容	
	保管作业	新增内容	
	库存管理	新增内容	
	资料管理	新增内容	
	物资编码	新增内容	
	作业记录	新增内容	
	实时监控	新增内容	
	数据看板	新增内容	
	基于 RFID 的物资仓储管理	新增内容	
标签管理	新增内容		
基础数据管理	新增内容		
监管端 (随申办)	工作台	新增内容	监管端（随申办政务云）提供与政府单位紧密相关的物资储备管理和物资调度管理等功能的入口，提供更加便捷的管理工具，实现应急物资储备信息、物资调拨全过程记录等信息可查询，实
	多元储备	新增内容	

政务云)	调拨使用	新增内容	现物资紧急申请，实时紧急调拨等可通过随申办端同步操作。工作台是登陆后台后默认显示的综合管理页面，除包含仓库基本信息外还可在此页面查看待办事项、查看通知和预警信息。
仓储管理系统（小程序）	工作台	新增内容	通过仓储管理系统（小程序）便捷的实现物资出库、入库、库存、盘点和保养等功能的人工录入和记录留痕功能。主要原因是：目前存在部分物资库没有电脑的情况，本项目覆盖市-区-街道三级库点用户，绝大部分街道级用户均无电脑，通过微信小程序，仓库管理人员可以实现对仓库的实时监控，无论是货物的入库、出库，还是库存的盘点，都可以随时随地进行，无需亲临仓库现场。小程序提供了简洁、直观的操作界面，方便仓库管理人员快速上手，并通过手机等移动设备随时随地进行仓储管理，大大提高了工作的便捷性和灵活性。传统的仓库管理主要依赖员工经验和记忆，错误率较高。而使用微信小程序可以降低仓库管理对人的依赖，通过信息化进行精细化管理，提高准确率。具体功能： 1、工作台是登陆后台后默认显示的综合管理页面，除包含仓库基本信息外还可在此页面查看待办事项、物流追踪和功能模块入口。 2、入库作业主要为仓库管理人员提供新增采购入库、执行采购任务、新增回收入库、执行回收任务、初始物资入库等功能，有助于便捷开展入库作业。 3、出库作业主要为调拨出库、报废出库等功能，有助于便捷开展出库作业。 4、库存管理有助于库存的实时管理； 5、保管作业为满足应急物资日常保管要求而提供的配套功能，如回收、报废、保养等； 6、物资标准管理为满足新的物资编码规范编制录入和管理提供配套功能
	入库作业	新增内容	
	出库作业	新增内容	
	库存管理	新增内容	
	保管作业	新增内容	
	作业记录	新增内容	
	物资标准管理	新增内容	
手持机端应用管理	新增内容	市本级物资库将依托 RFID 等新一代信息技术，按照“一物一码”管理标准，实现物资的智能化、精细化、数字化管理，实现物资储备情况和业务的精准管理。	
运物资（微信小	物资接单	新增内容	运物资（微信小程序）主要是为司机的物流运输和签收提供移动端，不仅能提高物流效率和数据实时性，减少填报错误，有助于实现物流过程的自动化和智能化，并通过实时上报车辆位置信息

程 序)	取货交接	新增内容	<p>与应急指挥调度进行融合通信。该模块建立的主要原因：</p> <p><b>1、提高效率：</b>移动端使得司机可以<b>随时随地接收任务、更新状态和完成签收</b>，减少了纸质单据的使用，提高了整体的工作效率。</p> <p><b>2、实时追踪：</b>通过移动端，物资管理平台可以实时追踪物流运输的状态，包括物资的接单、取货交接、到货交接和签收管理，确保物资流转的每个环节都可控和透明。</p> <p><b>3、数据准确性：</b>移动端的应用可以<b>减少人为错误</b>，确保数据的准确性。例如，在签收环节，司机和收货人可以通过电子方式确认收货，避免纸质单据的涂改和丢失。</p> <p><b>4、数据实时性：</b>可以通过移动端<b>实时查看物流状态</b>。</p> <p><b>5、安全管理：</b>移动端可以<b>集成安全功能</b>，如电子签名和身份验证，确保交易的安全性和合法性。</p> <p>建设物资接单、取货交接、到货交接、签收管理四个功能的原因是：</p> <p>1、物资接单：支持运输任务通过手机号码关联派发，为司机提供明确的任务指示，确保每次运输任务的明确性和准确性。</p> <p>2、取货交接：当司机运送物资时需要将取货信息回传，便于物资库和上级管理部门进行出入库监控。</p> <p>3、到货交接：当司机运送物资时实时将车辆位置回传，便于物资库和上级管理部门进行出入库实时在途监控。</p> <p>4、签收管理：通过电子签收，可以即时更新库存状态，完成物流任务的最终确认。</p>
	到货交接	新增内容	
	签收管理	新增内容	
基础 管理 后台	用户管理	修改内容	<p>1、优化系统权限和组织用户管理，支持用户自定义配置下属库点用户信息，支持上级用户对下管理账号和库点账号的配置修改。</p> <p>2、做日志数据埋点，实现对各类操作数据信息进行采集，用于平台访问情况统计信息展示分析。</p>
	权限管理	修改内容	
	任务调度	修改内容	
	日志管理	修改内容	<p>为解决视频流 RTSP 不能直接在网页端播放问题，需要进行转码服务，转为 HTTPS 协议服务</p> <p>为解决现有摄像头不稳定、掉线等问题，关键时刻不能第一时间察觉，同时有助于事后分析</p>
	流媒体转码服务	新增内容	
	流媒体网络质量分析	新增内容	

数据支撑模块	数据视频接入	修改内容	优化增加和智能化库端仓储管理系统接口，开发建设入库通知书、出库通知书、报废申请、报废出库、安全监管（温湿度数据接口、RFID提醒接口）等各类定制接口信息，解决库端数据填报问题，实现数据指令的互联互通。
	数据专题库	新增内容	<p>1、查询性能：大宽表通常包含大量列，这会导致查询速度变慢，因为数据库需要处理更多的数据。主题库和专题库通过将数据分割成更小、更相关的部分来提高查询效率。</p> <p>2、数据冗余：在大宽表中，相同的数据可能会在多个地方重复出现，这不仅浪费存储空间，还可能导致数据不一致的问题。主题库和专题库通过减少冗余来优化数据存储。</p> <p>3、数据维护：大宽表难以维护，因为任何数据结构的变更都可能影响整个表。主题库和专题库允许更灵活的数据维护，因为它们可以独立于其他数据集进行更新和修改。</p> <p>4、数据隔离：在大宽表中，不同用户或应用程序可能需要访问不同的数据集，这可能导致数据访问冲突。主题库和专题库通过隔离数据来提高数据安全性和访问控制。</p> <p>5、数据完整性：大宽表难以实施有效的数据完整性约束，因为数据之间的关系可能变得复杂。主题库和专题库通过定义清晰的数据关系和约束来维护数据完整性。</p> <p>6、可扩展性：随着数据量的增长，大宽表可能难以扩展。主题库和专题库通过模块化设计，使得数据结构更容易适应变化和扩展。</p> <p>7、数据理解：大宽表可能包含大量不相关的数据，这使得用户难以理解数据的含义和用途。主题库和专题库通过组织数据来提高数据的可理解性。</p> <p>8、数据治理：在大宽表中，数据治理和合规性可能变得复杂，因为难以跟踪数据的来源和使用情况。主题库和专题库通过提供清晰的数据视图和控制来简化数据治理。</p> <p>9、成本效益：大宽表可能需要更多的计算资源来处理和存储数据，而主题库和专题库可以通过优化数据存储和查询来降低成本。</p> <p>10、灵活性：大宽表限制了数据使用的灵活性，因为数据结构固定。主题库和专题库提供了更多的灵活性，允许用户根据需要访问和组合数据。</p>
	数据主题库	新增内容	

	数据服务	新增内容	在出入库作业中，产生的用户手机号、车牌号等信息，以及音视频通话前台电话号码等信息，需要通过脱敏数据识别规则进行脱敏。
接口服务	随申办、一张图接口	新增内容	开发建设接口实现随申办和一张图接入

## 6.3 推动新技术模型研究与应用

### 6.3.1 建立战略和应急物资快速响应复杂约束模型

研究考虑公共突发事件的战略和应急物资储备结构布局优化模型，构建基于深度学习的精准调度推荐算法与模型。为实现战略和应急物资跨部门、跨层级、跨区域的多跨协同智能在线调拨，提升物资调度的顺畅性，建立包括物资类型、数量、事发地址、库点分布、物流公司、北斗定位、路线、车队等因素在内的复杂约束体系，研究考虑公共突发事件的战略和应急物资储备结构布局优化方法，在此基础上以战略和应急物资快速精准投送为目标，构建基于深度学习的精准调度推荐算法与模型，实现物资仓库、路线规划和物流车队等智能自动推荐，保障从购置(入库)、维护(盘库)、保养、调拨(出库)、运输、报废到回收的战略和应急物资全生命周期智慧化管理。

### 6.3.2 加强 AI、区块链、RFID 技术研究应用，提升监管者决策水平和能力

根据应急物资保管储备特性，利用物联网和 AI 技术，加强视频、温湿度、RFID、手持终端等跨模态数据的融合感知技术，构建面向应急物资异动的全天候穿透式多模态监管模型，实现战略和应急物资异动智能监测与预警。依托 RFID 手持机、通道门、RFID 标签等硬件设备实现物资的高效出入库和盘点管理，构建物资异动 AI 算法、货架偏移 AI 算法等智能算法，通过本地 AI 一体机 24 小时对现场视频进行实时分析预警，加强库端智能化监管。

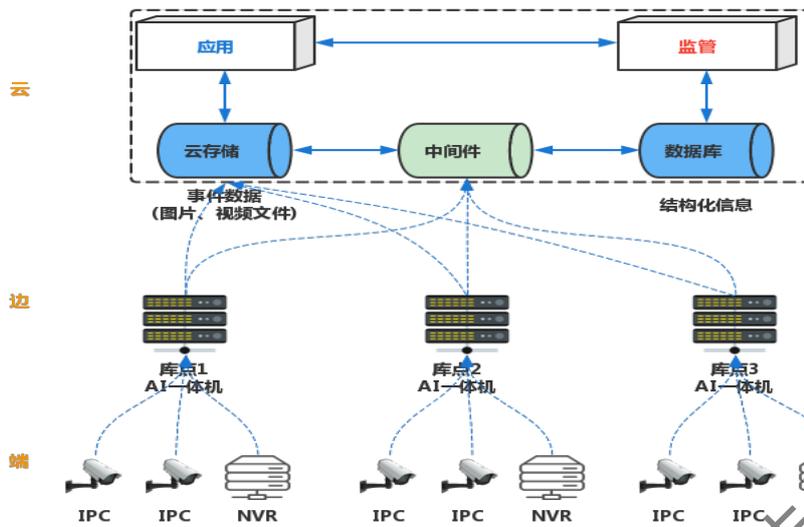


图 6.2 物资 AI 分析架构图

通过构建去中心化的应急物资区块链平台，实现了应急物资社会捐赠及运输体系中各参与主体的信息共享与协同工作。利用区块链的不可篡改性和智能合约的自动执行特性，结合路径规划算法，实现了应急物资运输路径的实时优化，提高了应急物资的运输效率和供应链透明度。此外，该平台还有助于增强公众对应急响应体系的信任，鼓励更多的社会力量参与到捐赠中来。

### 6.3.3 精准归集全链数据，实现数据“汇管用评”全过程管理

围绕应急物资“储-采-产-调-运-统”全流程，通过云上协同的方式把库端的仓储管理系统的数据实时同步，以实现库端出入库信息、仓储作业、临期管理、报废管理等数据的实时归集和信息的互联互通，并打通部门壁垒实现多跨协同，确保高效响应，横向打通粮食、应急、经信等多个条线，纵向将全市物资储备数据基本归集，准确归集静态储备、动态储备、渠道储备和其他社会储备的多元化储备数据，同时将物资运输、调拨等信息全面采集，全程在线，全部留痕，统一数据标准，提升数据质量，建立应急物资多元储备、应急物资调拨智控、应急物资运输追踪等物资专题库，形成区域库、部门库、场景库等不同专题和主题库，全面展示和分析各类物资储备结构和空间分布等情况，为业务管理和决策分析提供数据保障，实现跨模式、跨部门、跨层级、跨区域的多跨协同数字化在线调拨。

主题库和专题库的建设，通过将数据分割成更小、更相关的部分来提高查询

效率；通过减少重复数据的冗余来优化数据存储；通过隔离数据来提高数据安全性和访问控制；通过定义清晰的数据关系和约束来维护数据完整性；通过模块化设计，使得数据结构更容易适应变化和扩展；通过提供清晰的数据视图和控制来简化数据治理；通过优化数据存储和查询来降低成本；提供更多的灵活性，允许用户根据需要访问和组合数据。

按照“新建即上链”的工作原则，与政务目录链实现同步更新，设计高效的数据接口，实现数据的快速传输和准确对接。上链数据资源将包括物资的库存信息、调配记录、需求信息等关键数据类型。通过制定统一的数据标准和格式，确保数据的一致性和标准化，并建立数据质量控制流程，以确保数据的准确性、完整性和时效性。依托安全的智能合约，自动执行物资调配、库存更新等业务流程，确保代码的安全性，防止潜在漏洞和攻击，并采用强加密算法对数据进行加密，并实施基于角色的访问控制策略。

表 6.4 对接政务目录链的数据上链内容

序号	数据目录名称	数据项	数据更新周期	共享类型	开放属性	对应职责目录
1	物资储备信息	计量单位,内码,年度,月份,期初效量	天	有条件共享	有条件开放	物资储备信息
2	渠道物资储备企业信息	归集时间,仓储面积,更新时间,渠道类型...	天	有条件共享	有条件开放	渠道物资储备企业信息
3	动态储备协议管理信息	归集时间,承储单位,补贴金额,生效日期...	天	有条件共享	有条件开放	动态储备协议管理信息
4	静态物资调令	归集时间,出库时间,出库数量...	月	有条件共享	有条件开放	静态物资调令
5	静态物资储备计划明细信息	计划编号,更新时间,填报人 ID,启用状态...	天	有条件共享	有条件开放	静态物资储备计划明细信息
6	静态物资年度储备计划	归集时间,储备类型,计划编号,计划金额...	月	有条件共享	有条件开放	静态物资年度储备计划

## 6.4 推动储备模式创新

优化储备结构布局，指导储备计划制定。通过数据的收集和分析，包括物资的种类、数量、存放位置等关键信息，依托储备结构布局优化模型，可以快速判断应急物资的分布是否合理，并提供优化建议，以确保物资布局的合理性，有效支撑储备库布局规划及储备计划制定。基于数据筛选“冷物资”和“热物资”，筛选出需要优化的物资品类，推动物资实物储备目录的优化，提出共享代储或库存优化等建议，避免“囤货过剩”，以提高物资的使用效率和财政绩效。

长三角区域一体化，提升区域应急协同能力。着眼构建区域应急管理高效联动新格局，加强应急物资数字化协同，提高区域应急物资储备效能和协同保障效率。充分考虑到平时的经济社会发展需求以及战时的紧急保障需要，优化保障资源配置、提升物资保障能力，建设军民融合式物资储备体系。长三角区域信息共享涵盖数据共享、服务共享、资源共享三大层面，致力于实现区域间的协同共享机制，从而为应急物资保障体系注入强大动力。通过高效的信息系统，实现长三角地区应急物资储备的高效管理和快速响应。探索长三角应急物资储备的一体化协同模式，将有助于提升区域间的物资调配效率，确保在紧急情况下能够迅速、准确地满足救援需求。



图 6.3 长三角区域一体化物资管理平台

完善社会家庭储备能力。健全落实社会（企业）责任储备制度，重点推动企业和重点民营企业参与生产制造原材料和行业专业应急物资储备建设。科学引导社会责任储备向社区家庭储备延伸，稳步增强应急防控物资储备深度和社会应急处突的有效抗力，制定应急防控物资家庭储备清单。

## 7 结论

### 7.1 主要研究结论

一是形成一套完善的应急物资标准规范体系。建立一系列管理规范 and 标准制度，确保应急物资数量真实、质量合格、账实相符、储存安全、调运高效。

二是建成全面精确的“物资一本账”。依托底层仓储管理系统和标准数据接口等方式，准确归集静态动态储备数据，全面展示应急物资储备空间分布等情况，实现全域物资精准搜索查询，确保应急物资“拿得出、调得快、用得上”。

三是形成覆盖“全链”的应急物资保障体系。聚焦应急物资保障“储”“调”核心环节，以各类应急场景为突破口，开发多元互补、部门协同、上下联动的储备管理和智能高效的调拨管理数字化协同应用，充分发挥采购筹措、应急物流的保障支撑功能，最终形成覆盖“全链”的应急物资保障体系。

四是实现持续优化的保障成效，打造全国应急物资数字化应用标杆。运用大数据、云计算和物联网等先进技术手段开展智能分析，有效解决储备不足、储备不均等问题，实现储备能力最大化。结合全市应急突发事件特点以及应急物资供需情况，依托储备结构布局优化模型，形成更合理的“政府储备+社会储备”结构，实现储备结构最优化。

### 7.2 政策建议

#### 7.2.1 强化规范标准，筑牢物资安全防线

把“抓储备”“安全高效调拨”作为重要内容，推动健全物资标准规范、应急物资“一网统管”实施方案等，建立应急物资储备标准和目录，进一步深化物资分类标准的应用，制定应急物资品名和编码规范，建立标准名与物品别名的对应关系，推动应急物资数据生产按照“一品一名”“一品一码”规范实施，不断提升储备管理制度化、规范化、标准化水平，确保救灾物资数量真实、质量合格、账实相符、储存安全、调运高效。

## 7.2.2 数字助力管理，加速推进平台优化升级

充分发挥数字化平台在全市应急物资保障层面统的作用，加速升级应急物资的既有数字化平台，形成全市统一的应急物资数据库，推行物资储备、调运、管理的标准化流程，助力政策落地和管理效能的提升。进一步强化库端智能化应用，推动 RFID、AI 等技术在物资库的推广使用，通过“云上协同”方式实现两级数据指令互通，减少仓库管理人员的物资管理负担，提高数据质量，提升应急物资储备数字化和智能化管理水平。

### （一）改革物资底层管理和数据归集方式，实现数据及时、精准归集

建议开发建设统一的仓储管理系统，改变原有数据填报方式，改为出入库过程动态监管和动态作业方式，通过便捷的小程序完成出入库、盘点等作业和操作，便捷实现从入库、盘点、保养、出库、回收到报废的全生命周期管理。同时通过统一数据标准和接口规范，运用“云上协同+云边协同”技术，与各库点部署的仓储管理系统及既有数字化管理系统实现互联互通，从而建成了全市统一的物资“数据中台”，实现“一库归集”。

### （二）改革物资调拨和储备决策方式，以“智能算法”助力物资“拿得出、调得快、备得准”

建议会同有关部门再造统一便捷的应急物资调拨流程，设计开发“申请单”、“调拨令”、“出库通知书”等电子表单、智能调拨组件和“追踪码”等应用，实现物资从申请、调拨、出库、运送到签收全链闭环管理。同时通过储备动用的数据留痕和积累，科学优化储备的品类、规模和设施布局。

具体的，一是，实现调拨方式从线下人工选择到线上智能推荐的转变。应用以运输行程和审批环节等要素构建算法模型，一键生成智能调拨方案供决策。每年定期会同防指办等部门和地市开展基于应用的在线调拨多跨协同演练和培训，提升“一单申请、一令调拨、一码追踪”的实战能力，确保关键时刻物资“拿得出、调得快”。二是，实现储备计划由人为确定到智能优化的转变。根据物资动用的频次等大数据，运用智能算法形成更优的物资储备方案，解决重复储备、过

度储备和储备布局不合理等问题，提高储备的针对性和准确性，助力物资“备得准”。

### （三）以“制度重塑”助力解决物资“管得住、用得上、督得好”

一方面加强顶层设计和制度重塑，编制物资储备相关目录、规划、政策，厘清各层级职责，另一方面将数字思维融入到物资保障的制度设计中，改变了物资保障、绩效管理、评价考核等方式，真正为全市各级各部门提供物资基础数据服务。

具体的，一是，在国家标准基础上，打造全市应急物资“一品一名”“一品一码”的标准体系，解决物资“数据孤岛”现象。二是，实现考核评价的数字化。将应急物资数字化应用情况纳入年度市、县（市、区）考核专项，持续优化考评指标，用客观数据推动科学考评，确保物资保障“督得好”。

### 7.2.3 加强统筹协调，全面提升储备效能

加强全市物资储备安全管理，强化部门协同和上下联动。推动各级各类物资储备信息共享，解决交叉储备、重复储备难题。推动物资储备和调度的全市“一盘棋”管理，支持多层次联动响应、高效协调各级储备资源，充分衔接社会协议储备，有效增强战略保障和应急处置能力。

## 7.3 未来展望

### 7.3.1 推动储备模式创新

**优化储备结构布局，指导储备计划制定。**通过数据的收集和分析，包括物资的种类、数量、存放位置等关键信息，依托储备结构布局优化模型，可以快速判断应急物资的分布是否合理，并提供优化建议，以确保物资布局的合理性，有效支撑储备库布局规划及储备计划制定。基于数据筛选“冷物资”和“热物资”，筛选出需要优化的物资品类，推动物资实物储备目录的优化，提出共享代储或库存优化等建议，避免“囤货过剩”，以提高物资的使用效率和财政绩效。

长三角区域一体化，提升区域应急协同能力。着眼构建区域应急管理高效联动新格局，加强应急物资数字化协同，提高区域应急物资储备效能和协同保障效率。充分考虑到平时的经济社会发展需求以及战时的紧急保障需要，优化保障资源配置、提升物资保障能力，建设军民融合式物资储备体系。长三角区域信息共享涵盖数据共享、服务共享、资源共享三大层面，致力于实现区域间的协同共享机制，从而为应急物资保障体系注入强大动力。通过高效的信息系统，实现长三角地区应急物资储备的高效管理和快速响应。探索长三角应急物资储备的一体化协同模式，将有助于提升区域间的物资调配效率，确保在紧急情况下能够迅速、准确地满足救援需求。



图 7.1 长三角区域一体化物资管理平台

完善社会家庭储备能力。健全落实社会（企业）责任储备制度，重点推动企业和重点民营企业参与生产制造原材料和行业专业应急物资储备建设。科学引导社会责任储备向社区家庭储备延伸，稳步增强应急防控物资储备深度和社会应急处突的有效抗力，制定应急防控物资家庭储备清单。

### 7.3.2 推动由“物”向“资”的储备模型转变

目前，我国的应急物资储备体系存在一个显著的问题，即重“物”而轻“资”。尽管在物资储备方面投入了大量资源，购置了大量的设备和物资，但在实际操作中，这些设备和物资往往无法得到有效调用。例如，医疗设备可能储备充足，但缺乏专业的医护人员和管理人员，使得这些设备在关键时刻无法充分发挥作用。

相比之下，美国联邦应急管理局（FEMA）的应急管理体系在这方面做得较为完善。FEMA 将应急资源分为两大类：“resource”（资源）和“equipment”（设

备)。其中，“resource”体系尤为重要，不仅仅包括设备和物资，还包括了相关人员和服務。例如，在医疗转运中，除了救护车或飞机等设备，还需要配备驾驶员、医护人员以及相关的管理人员和医用物资等。这种综合性的资源管理体系确保了在应急响应中，不仅仅是设备和物资，还有足够的人力资源和管理支持，形成一个完整的应急响应链条。通过综合管理，各部门和人员之间的协调更加顺畅，能够在短时间内迅速动员和调用所需资源，从而提高应急响应的灵活性和适应性。

为了提升我国应急物资储备和管理的效率，未来可以考虑构建一个融合“人-机-物”的资源管理体系。首先，需要建立一个综合资源数据库，全面记录设备和物资的信息，同时记录相关人员的技能和资质信息，包括驾驶员、医护人员、管理人员等。通过数字化平台，实时更新资源的状态和位置信息，确保信息的准确性和时效性。其次，要强化综合管理机制，设立专门的应急资源管理中心，负责统筹管理各类资源，确保在突发事件发生时，能够迅速协调各部门和人员。加强政府各部门、企业和社会组织之间的协作，形成合力，共同应对突发事件。

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

## 参考文献

- [1] Alem D, Clark A, Moreno A. Stochastic network models for logistics planning in disaster relief. *European Journal of Operational Research*, 2016, 255(1): 187-206.
- [2] Ardjmand E, Weckman G, Park N, Taherkhani P, Singh M. Applying genetic algorithm to a new location and routing model of hazardous materials[J]. *International Journal of Production Research*, 2015, 53(3): 916-928.
- [3] Baldacci R, Mingozzi A. A unified exact method for solving different classes of vehicle routing problems, 2009, 120(2): 347-380.
- [4] Ben Ticha H, Absi N, Feillet D, Quilliot A. Multigraph modeling and adaptive large neighborhood search for the vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 2019, 104: 113-126.
- [5] Bhatnagar R, Mehta P, Teo Chee C. Coordination of planning and scheduling decisions in global supply chains with dual supply modes [J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 131(2): 473-482.
- [6] Bottani E, Murino T, Schiavo M, et al. Resilient food supply chain design: Modelling framework and metaheuristic solution approach[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, 135:177-198.
- [7] Bullnheimer B, Hartl R. F, Strauss C. An improved ant system algorithm for the vehicle routing problem[J]. *Annals of Operations Research*, 1999, 89: 319-328.
- [8] Chang F S, Wu J S, Lee C N, Shen H C. Greedy-search-based multi-objective genetic algorithm for emergency logistics scheduling [J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(6): 2947-2956.
- [9] Chen F, Parlhar M. Value of a put option to the risk-averse newsvendor[J]. *IIE Transactions*, 2007, 39(5): 481-500.
- [10] Christian M D., Devereaux A V, Dichter J R, Geiling J A, Rubinson L. Definitive Care for the Critically Ill During a Disaster: Current Capabilities and Limitations[J]. *Chest*, 2008, 133(5): 8S-17S.
- [11] Garrido R A, Lamas P, Pino F J. A stochastic programming approach for floods emergency logistics[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2015, 75: 18-31.
- [12] Holling C S. Resilience and Stability of Ecological Systems[J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1973, 4(1): 1-23.

- [13] Hu Z, Tian J, Feng G. A relief supplies purchasing model based on a put option contract[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, 127: 253-262.
- [14] Huang C, Wang J, Lin T. Resource sufficiency, organizational cohesion, and organizational effectiveness of emergency response [J]. *Natural Hazards*, 2011, 58(1):221-234.
- [15] Huang Y, Chen Y, Pang C, et al. Optimisation of evacuation and emergency materials distribution under natural disaster[J]. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 2024, 18(2): 138-164.
- [16] Huang Y, Huang G Q, Newman S T. Coordinating pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain: A game-theoretic approach[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2011, 47(2): 115-129.
- [17] John L, Gurumurthy A, Mateen A, et al. Improving the coordination in the humanitarian supply chain: exploring the role of options contract[J]. *Annals of Operations Research*, 2020: 1-26.
- [18] Júnior L C R, Frederico G F, Costa M L N. Maturity and resilience in supply chains: a systematic review of the literature[J]. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, 2023, 5(1): 1-25.
- [19] Kunz N, Reiner G, Gold S. Investing in disaster management capabilities versus pre-positioning inventory: A new approach to disaster preparedness[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 157: 261-272.
- [20] Liang L, Wang X, Gao J. An option contract pricing model of relief material supply chain[J]. *Omega*, 2012, 40(5): 594-600.
- [21] Lin C H, Choy K L, Ho G T S. A decision support system for optimizing dynamic courier routing operations[J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(15): 6917-6933.
- [22] Lin W, Hui X. Study on NGOs Intervention Time, Space, Time Sequences and Resources in Lushan Earthquake Emergency [J]. *Disaster Advances*, 2013, 6 (4):348-360.
- [23] Liu J, Bai J Y, Wu D S. Medical supplies scheduling in major public health emergencies[J]. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 2021, 154(2):102464.
- [24] Liu J, Xie K F. Emergency Materials Transportation Model in Disasters Based on Dynamic Programming and Ant Colony Optimization. *Kybernetes*, 2017, 46(4): 656-

671.

[25] Liu Y, Tian J, Feng G, et al. A relief supplies purchasing model via option contracts[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, 137: 106009.

[26] Loo S, Fane A G, Krantz W B, Lim T. Emergency water supply: A review of potential technologies and selection criteria [J]. *Water Research*, 2012, 46(10): 3125-3151.

[27] Lorini S, Potvin J Y, Zufferey N. Online vehicle routing and scheduling with dynamic travel times. *Computers & Operations Research*, 2011, 38(7): 1086-1090.

[28] Luo J, Chen X, Wang C, et al. Bidirectional options in random yield supply chains with demand and spot price uncertainty[J]. *Annals of Operations Research*, 2021, 302(1): 211-230.

[29] McCormick L C, Fifolt M, Mercer C, Pevear J, Wilson J. Mississippi Medical Reserve Corps: Moving Mississippi from Emergency Planning to Response Ready[J]. *Journal of Public Health Management and Practice*, 2017, 23(1): 47-53.

[30] Mohammadi R, Ghomi S, Jolai F. Pre-positioning emergency supplies for earthquake response: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm[J]. *Applied Mathematical Modelling*. 2015, 40 (9-10): 5183- 5199.

[31] Munari P, Moreno A, De La Vega J, Alem D, Gondzio J, Morabito R. The Robust Vehicle Routing Problem with Time Windows: Compact Formulation and Branch-Price-and-Cut Method. *Transportation Science*, 2019, 53(4): 1043-1066.

[32] Oscar, Rodríguez-Espindola, Pavel A, Christopher B. Decision-making and operations in disasters: challenges and opportunities[J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 2018, 38: 1964-1986.

[33] Pang Q H, Hou Y L, Lv Y F. Coordinating Three-Level Supply Chain under Disruptions Using Revenue-Sharing Contract with Effort Dependent Demand[J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, 13(1): 1-10.

[34] Pillac V, Gendreau M, Guéret C, Medaglia A L. A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 2013, 225(1): 1-11.

[35] Powell T, Christ K C, Birkhead G S. Allocation of Ventilators in a Public Health Disaster[J]. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 2008, 2(1):20-26.

[36] Shamsi G N, Ali Torabi S, Shakouri G H. An option contract for vaccine procurement using the SIR epidemic model[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 267(3): 1122-1140.

- [37] Sheu J B, Pan C. Relief supply collaboration for emergency logistics responses to large-scale disasters[J]. *Transportmetrica A: Transport Science*, 2015, 11(3): 210-242.
- [38] Su Z, Zhang G, Liu Y, Yue F, et al. Multiple emergency resource allocation for concurrent incidents in natural disasters[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2016, 17: 199- 212.
- [39] Suzuki Y. Disaster-Relief Logistics with Limited Fuel Supply [J]. *Journal of Business Logistics*, 2012, 33(2): 145-157.
- [40] Szyliowicz J, Zamparini L. Freight transport security and the robustness of global supply chains[J]. *Transport Reviews*, 2022, 42(6): 717-742.
- [41] Wang J, Wang N, Ouyang M. Regional-scale dynamic planning for distributing emergency supplies under evolving tropical cyclones[J]. *Reliability Engineering and System Safety*, 2024, 245: 110024.
- [42] Wang J, Yang H, Zhu J. A two-stage stochastic programming model for emergency resources [J]. *Systems Engineering Procedia*, 2012, 5: 125-130.
- [43] Wang Q, Liu S, Liu W, Kapelan Z, Savic D. Decision Support System for emergency scheduling of raw water supply systems with multiple sources [J]. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 2013, 7(5): 777-786.
- [44] Wang X H, Li F, Liang L, et al. Pre-purchasing with option contract and coordination in a relief supply chain [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015,167: 170-176.
- [45] White D B, Katz M H, Luce J M, Lo B. Who Should Receive Life Support During a Public Health Emergency? Using Ethical Principles to Improve Allocation Decisions[J]. *Annals of Internal Medicine*, 2009, 150(2):132-138.
- [46] Xu J, Yan F, Li S. Vehicle routing optimization with soft time windows in a fuzzy random environment[J]. *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 2011, 47(6): 1075-1091.
- [47] Yu V F, Redi A A N P, Yang C L, Ruskartina E, Santosa B. Symbiotic organism search and two solution representations for solving the capacitated vehicle routing problem[J]. *Applied Soft Computing*, 2017, 52: 657-672.
- [48] Zhong Y. A flood disaster relief emergency material distribution strategy based on people's psychological perception[J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 2021, 14(10): 1-9.
- [49] 陈钢铁, 帅斌. 震后道路抢修和应急物资配送优化调度研究[J]. *中国安全科学学报*, 2012, 22(9):166-171.

- [50] 陈国青, 吴刚, 顾远东, 等. 管理决策情境下大数据驱动的研究和应用挑战——范式转变与研究方向[J]. 管理科学学报, 2018, 21(7): 1-10.
- [51] 陈国青, 张维, 任之光, 管悦, 卫强. 面向大数据管理决策研究的全景式PAGE 框架[J]. 管理科学学报, 2023, 5: 4-22.
- [52] 陈友荣, 卢俊杰, 赵克华, 等. 面向防汛物资动态变化的运输车辆调度优化算法研究[J]. 计算机应用研究, 2021, 38(8): 2435-2439.
- [53] 程碧荣, 赵晓波, 秦进. 考虑供应不足的应急物流车辆路径优化模型及算法[J]. 计算机应用研究, 2016, 33(6): 1682-1685.
- [54] 董海, 高秀秀, 魏铭琦. 不确定环境下两阶段应急供应链网络建模与优化求解[J]. 中国管理科学, 2023, 31(12): 107-116.
- [55] 董银红, 郑琪, 李龙. 考虑供应风险的多源应急物资采购双层规划模型[J]. 中国管理科学, 2021, 29(11): 170-178.
- [56] 樊彧, 邵建芳, 王熹徽. 基于匮乏成本的应急物资政企合作储备与运输策略研究[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(05): 1603-1614.
- [57] 冯晖, 黄承锋, 张立, 等. 不对称信息下应急物资储备与合同设计研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(12): 117-127.
- [58] 古志辉, 孟庆斌. 突发事件、灵活性与资源配置[J]. 系统管理学报, 2011, 20(6): 658-669.
- [59] 何正文, 贾涛, 徐渝. 双目标突发事件应急救援前摄性调度优化[J]. 运筹与管理, 2012, 21(1): 124-130.
- [60] 胡卿汉, 何娟, 董青. 区块链架构下医用防疫紧急物资供应信息管理研究——以我国新型冠状病毒肺炎防疫物资定向捐赠为例[J]. 卫生经济研究, 2020, 37(04): 10-14.
- [61] 扈衷权, 田军, 冯耕中. 基于期权采购的政企联合储备应急物资模型[J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(8): 2032-2044.
- [62] 扈衷权, 田军, 冯耕中. 看涨期权契约与看跌期权契约对比分析研究[J]. 运筹与管理, 2020, 29(4): 221-229.
- [63] 扈衷权, 田军, 冯耕中, 张玲. 协议企业代储模式下应急物资储备策略及采购定价研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(3): 605-616.
- [64] 黄莉, 严孜, 王伟. 三防应急物资储备与调度优化研究综述[J/OL]. 西南交

通大学学报, 1-15.

[65] 霍非舟, 姜淑轶, 胡宸希, 等. 考虑运输损耗的应急物资储备库选址[J]. 安全与环境学报, 2024, 24(09): 3588-3595.

[66] 林陶玉, 方鹏骞. 疫情防控紧急状态下医院护理人力资源配置与动员管理策略[J]. 中国卫生事业管理, 2020, 37(05): 332-334.

[67] 凌思维, 杨斌, 孙少文. 基于需求分级的应急资源配送[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2014, 39(02): 358-364.

[68] 刘浩华. 打造弹性供应链[J]. 中央财经大学学报, 2007, 5:63-68.

[69] 刘阳, 田军, 于宁, 等. 考虑灾民痛苦感知的应急物资储备模型及协调机制研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-18.

[70] 刘阳, 田军, 冯耕中, 等. 基于期权契约的政企联合储备应急物资模型与利润分配机制研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(8), 162-171.

[71] 刘长石, 寇纲, 刘导波. 震后应急物资多方式供应的模糊动态 LRP[J]. 管理科学学报, 2016, 19(10): 61-72.

[72] 潘新超, 刘勤明, 叶春明. 考虑伤员受伤程度的医疗应急资源分配决策研究[J]. 系统科学与数学, 2019, 39(7): 1159-1170.

[73] 钱存华, 陈海滨, 周骏贵. 灾害背景下提升应急供应链韧性影响因素研究[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(5): 1474-1481.

[74] 苏兵, 陈相文, 张萌, 等. 基于缺货延时双重损失的应急物资配送路径选择研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-12.

[75] 孙莹, 刘慧萍, 颜瑞, 等. 基于韧性和社会福利的应急医疗物资供应链均衡优化[J]. 中国管理科学, 2023, 31(8):132-141.

[76] 田军, 葛永玲, 侯丛丛. 政府主导的基于实物期权契约的应急物资采购模型[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(10): 2582-2590.

[77] 田军, 张海青, 汪应洛. 基于能力期权契约的双源应急物资采购模型[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(9): 2212-2219.

[78] 王付宇, 贺昕, 王欣蕊, 等. 考虑三级调度网络的应急物资多资源动态调度问题研究[J]. 安全与环境学报, 2024, 24(08): 3180-3190.

[79] 王军, 王美蓉. 海上突发灾难事件应急物资调度优化方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(1):166-170.

- [80] 王新平, 王海燕. 多疫区多周期应急物资协同优化调度. 系统工程理论与实践, 2012, 32(2): 283-291.
- [81] 王旭坪, 董莉, 陈明天. 考虑感知满意度的多受灾点应急物资分配模型[J]. 系统管理学报, 2013, 22(2):251-256.
- [82] 王旭坪, 马超, 阮俊虎. 考虑公众心理风险感知的应急物资优化调度[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(7): 1735-1742.
- [83] 吴珂, 宋英华, 吕伟. 城镇应急资源储备点选址与布局优化研究[J]: 考虑暴雨灾害和路径长度[J]. 中国安全科学学报, 2017, 27(9): 170-174.
- [84] 项寅. 社会环境视角下应急物资政企联合配置模型[J]. 运筹与管理, 2023, 32(10): 69-75.
- [85] 杨保华, 方志耕, 刘思峰, 郭本海. 基于 GERT 网络的应急抢险过程资源优化配置模型研究[J]. 管理学报, 2011, 8(12):1879-1883.
- [86] 尹敏, 吴超, 李孜军. 突发事件下城市群应急医疗床位共享建模. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(7): 74-81.
- [87] 张琳, 田军, 冯耕中. 价格柔性契约下政府应急物资采购协调机制研究[J]. 中国管理科学, 2017, 25(11): 158-167.
- [88] 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/OL]. 中国管理科学, 1-14.
- [89] 朱莉, 曹杰. 超网络视角下突发事件应急物资调配研究[J]. 软科学, 2012, 26(11): 38-42.]

## 附录

### 附录 1 成果证明——论文录用通知：

# 中国信息化

## 稿件采用通知

李灵芝 金献军 韩峰同志：

您的论文《基于区块链+AI技术的应急物资信息追溯与路径规划平台》，经杂志社编辑部审核后，拟刊于《中国信息化》杂志2024年第11期（国际标准连续出版物号：ISSN 1672-5158，国内统一连续出版物号：CN 11-5119/TP）。邮发代号 82-898。论文发表出刊后邮寄样刊一本。

特别声明：

1. 全体作者须保证所投作品为原创作品，不存在侵犯第三方著作权的情形，否则产生的责任由作者承担。
2. 文章一经录用，即与作者签订著作权专有使用授权书，若作者拒绝签订，则文章不予刊登。
3. 本刊编辑部有权对文章题目和内容进行编辑修改。另本刊不刊登摘要、关键词，以及参考文献，如有特殊要求，请提前说明。

查稿电话：010-51919156

特此通知！

《中国信息化》编辑部  
2024年7月15日





## Medical supplies scheduling in major public health emergencies

Jia Liu<sup>a,\*</sup>, Jinyu Bai<sup>a</sup>, Desheng Wu<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Information and Safety Engineering, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China

<sup>b</sup> School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Major public health emergencies  
Medical supplies  
Transportation scheduling  
COVID-19 pandemic

### ABSTRACT

In the early days of the COVID-19 pandemic in Wuhan, there was an unreasonable allocation between hospitals and a lack of timely transportation of medical supplies, which reduced the cure rate of infected cases. To solve the problem, this research proposes a method for scheduling medical supplies in major public health emergencies to develop a rapid and accurate supply scheme for medical materials, including the allocation of medical materials per vehicle to each hospital and the supply sequence per vehicle to each hospital. Specifically, this paper solves the following two sub-problems: (1) calculating the shortest transportation times and the corresponding routes from any distributing center(s) to any hospital(s); (2) calculating the medical supplies per vehicle transporting to each hospital. The method of solving sub-problem 1 is performed by multiple iterations, each of which calculates the shortest route from a distributing center, through one or more hospitals, and back to the distributing center. According to sub-problem 2, this research proposes a distribution model of medical supplies in major public health emergencies. A multiple dynamic programming algorithm which is a combination of some separated dynamic programming operations is proposed to solve this model. This algorithm also realizes the rapid updating of the scheme in the context of the changing number of vehicles. The first sub-problem can be solved in normal times, while the second one should be solved on the premise of obtaining the corresponding data after the occurrence of a major public health emergency. In the case study section, the whole method proposed in this research is employed in the medical supplies scheduling in the early stage of the COVID-19 outbreak in Wuhan, which proves the availability of the method. The main innovation of the method proposed in this research is that the problems can obtain the optimal solution while the time complexity is within an acceptable range.

上海市粮食和物资储备科技创新研究中心 未经许可不得翻印