装备与防护

智能化军事物流多维协同研究

张建民，李峰，陈亮
（军事科学院 系统工程研究院后勤科学与技术研究所，北京 100071）

摘要：目的 从理论、技术与实践融合的视角研究智能化军事物流多维协同问题。**方法** 通过探讨智能化军事物流的概念，分析智能化军事物流多维协同涉及的基础理论和关键技术，在此基础上提出智能化军事物流多维协同的功能要素，并探索设计多维协同框架模型。**结果** 结合智能化军事物流面临的理论滞后、标准薄弱、安全重视不够等现实挑战，给出了 5 个方面的对策建议。**结论** 智能化军事物流多维协同面临众多挑战，在任务不同的军事物流活动中，需要针对具体场景采用不同的策略。

关键词：智能化军事物流；多维协同；对策建议
中图分类号：E21 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2021)23-0243-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.23.035

Multi-Dimensional Synergy of Intelligent Military Logistics

ZHANG Jian-min, *LI Feng*, *CHEN Liang*
(Institute of Logistic Science and Technology, Academy of System Engineering, Academy of Military Sciences, Beijing 100071, China)

ABSTRACT: The work aims to study the multi-dimensional synergy of intelligent military logistics from the perspective of the integration of theory, technology and practice. The concept of intelligent military logistics was discussed. The basic theories and key technologies involved in the multi-dimensional synergy of intelligent military logistics were analyzed. On this basis, the functional elements of the multi-dimensional synergy of intelligent military logistics were put forward. A multi-dimensional collaborative framework model was explored and designed. Combined with the practical challenges such as lagging theory, weak standards, insufficient attention to safety faced by intelligent military logistics activities, the countermeasures and suggestions were put forward in five aspects. It is concluded that the multi-dimensional synergy of intelligent military logistics faces many challenges. In military logistics activities with different tasks, different strategies should be adopted for specific scenarios.

KEY WORDS: intelligent military logistics; multi-dimensional synergy; countermeasures and suggestions

国际上认为物流活动主要是为了完成商品从生产者到购买者的时空转移，重点聚焦物品流通过程中商品的实体运动，常采用 PD（Physical Distribution）一词来表示[1]。1986 年，美国物流协会把物流一词修订为 Logistics，并定义为："以满足客户需求为目的，对产品、服务以及相关信息从供应地到消费地的高效率、低成本流动和储存而进行的计划、实施和控制过程"[2—3]。我国关于物流术语的国家标准（GB/T 18354—2001）将物流定义为："物品从供应地向接收地的实物流动过程。根据需要，将运输、储存、装卸、

收稿日期：2021-04-14
基金项目：国防科技基础加强计划技术领域基金（2020-JCJQ-JJ-362）
作者简介：张建民（1972—），男，高级工程师，主要研究方向为军事物流。
通信作者：李峰（1982—），男，博士，高级工程师，主要研究方向为军事物联网、智能化军事物流。

搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合”[4]。不难看出，物流主要由仓储、运输、配送、装卸、流通加工、包装及物流信息处理等环节组成，功能属性主要包括保障生产、服务社会、促进商品流动。

国外对物流的研究集中于企业[5—7],专门开展智能化物流的研究相对较少。我国对智能化物流的研究相对较多，申金升等率先提出智能物流(Intelligent Logistics, IL)的概念，认为智能化物流是在智能运输系统的基础上，实现电子商务化运作的物流服务体系[8]，后续众多学者对智能化物流的概念与内涵进行了深入探讨[9—12]，文中基于赵立权的观点[13]，认为智能化军事物流是指物资从供应者向军事需求方的智能移动过程，包括智能仓储、智能配送、智能运输、智能包装、智能装卸以及信息的智能获取、加工和处理等 6 项基本活动，是为使军事物流服务供需双方高度协同，以获取最大化保障效能，同时实现资源消耗最少、军事保障效益最高，而形成的完备的智能化军事物流服务体系。智能化军事物流具备智能化物流的所有通用特征，并具有鲜明的军事对抗性、军民融合性、系统复杂性和智能协同性[14]。

1 智能化军事物流多维协同分析

1.1 基础理论

1.1.1 系统论

“系统论”是一门以系统的一般模式、结构和规律为研究对象的学问，通过对不同系统的共同特征进行探究，来探求并建立一种具有通用价值的原理、原则和数学模型，倾向于使用定量的方法对系统的功能进行描述，是一门兼具逻辑和数学性质的科学。系统论不仅能够反映事物的客观规律，而且是一种科学的方法论，采用系统论展开研究，目的在于加深对研究对象规律的认识和理解，并利用这些认识到的特征和规律对系统进行控制、管理和优化创新，以符合人们的需求[15—17]。

物流体系是典型的系统论应用场景，其采用系统论的思想、原理、方法和技术，能够把物流的各个环节既独立看待，又作为一个系统的组成部分，能够把看似零散的不相关的要素融合起来，从而产生许多重要的物流理论、技术与方法，孕育形成物流学科。物流系统方法是指基于系统论理论分析物流系统的结构、运作及功能，揭示物流系统运行的一般规律，实现物流系统的目标。智能化军事物流与社会物流有着诸多相似性和关联性，多维协同研究应采用系统论的原理、方法和技术，通过引入军事、新技术等特征进行深入的探究。

1.1.2 协同论

“协同”源于古希腊语的“协调合作”，指当系统发生改变，即从非平衡态转变为平衡态，或从平衡态转变为另一种平衡态时，会因系统中大量子系统的协同一致而导致宏观结构的质变，因此导致新的结构和功能的产生。对协同理论研究较深的学术流派代表分别是德国的哈肯和美国的安索夫，前者从自然科学视角，从系统论角度对协同思想与理论进行了普遍意义的抽象，而安索夫则从经济管理的角度对管理协同进行论述[18]。文中研究对象为智能化条件下的军事物流多维协同，主要采用第 1 种理论观点，认为智能化军事物流多维协同是指依托智能化的信息技术，通过军事物流系统 6 项基础活动之间的多维度相互协作，使整个军事物流系统形成微观个体层次所不存在的新质军事物流结构和特征，产生具有阶跃式发展特征的新质作战保障能力[19]。

1.2 关键技术

智能化军事物流活动与前沿智能化技术发展密切相关，其中物联网技术和智能计算技术是智能化军事物流技术的关键组成。

1.2.1 物联网技术

物联网（The Internet of Things, IoT）最初指“物物相连的互联网”。在现代物流领域，物联网应用最为广泛的是电子标签和信息感知识别技术，通过统一标识和传感器的自动配置或手动布置，将广域分布的物流活动要素接入网络，在信息安全环境中实现对物流全过程的管理和控制[20]。随着 5G、人工智能、边缘计算的发展，物联网正在发展为一套技术体系，同时在京东、顺丰、“三通一达”、邮政、苏宁等物流优势企业中正在发挥越来越重要的作用。物联网作为未来我军军事智能的关键技术组成，不仅是提升现代军事物流核心保障能力的技术支撑，也是变革传统管理模式、促进“三化融合”、提升军事物流智能化水平的重要基础。

1.2.2 智能计算技术

智能计算承担了智能化军事物流系统“大脑”的角色，负责多个环节各类数据的实时感知、采集与配置，承担不同维度各类功能之间的控制与协调，并通过知识图谱等物流常识知识库、强制约束规则库等不断自主学习进化提升智能化协同水平和科学控制水平，通常包括数据、模型、算法和算力 4 个要素[21]。其中，数据包括物流元数据、静态数据和物流实时数据等；模型是根据仓储运配修业务需要、物流环节协同反馈需要以及自学习进化需要，通过逻辑推理预置或数据预训练生成的面向具体业务场景的各类计算与应用模型；算法包括通用的排序算法、图算法、神经网络卷积算法，用于解决物流装载或配送的启发式

算法、机器学习算法，以及用于智能演化的对抗学习、认知计算、混沌计算算法等；算力是指用于海量物流数据处理，支撑大规模模型与算法协同的计算能力，当前主要是 GPU 集群，随着计算架构的进步和生物计算的发展，将出现新的更强算力用于支撑智能化军事物流运用。

1.3　多维协同框架模型

运用前文提出的基础理论，按照系统可分与子要素协同原则，文中把智能化军事物流系统功能划分为 5 个要素，见表 1。

基于上述 5 个基本要素，智能化军事物流多维协同可抽象为：运用系统科学理论与方法，按照其功能要素组成，研究系统各要素之间协同支撑关系，调整系统结构、优化系统目标，通过持续的协同和迭代，不断达到新的平衡态，推进智能化军事物流系统的演进，在解决现有问题的基础上产生新质保障效能。据此，文中按照智能化军事物流信息流“采集、传输、应用”3 个主要阶段[22]，借鉴社会物流相关研究成果，设计了如图 1 所示的多维协同框架模型，将智能化军事物流多维协同问题划分为六大类：标准协同、技术协同、信息协同、指挥协同、管理协同以及安全协同。

1）标准协同。指智能化军事物流各类标准之间的体系性、关联性、兼容性等基础标准的协同，包括通用技术标准、专用技术标准、技术效能评估标准、技术安全标准、技术应用与管理标准等，以及由智能化算法和算力带来的尚在制定的标准等。基础性标准的有机协同是智能化军事物流多维协同的基石。

表 1　智能化军事物流功能要素
Tab.1 Functional elements of intelligent military logistics

功能要素	内容	备注
一般要素	军事需求、人员（指挥员）、费用、实物和信息	如铁公水空设施，运力、运量、回收、结算等
功能要素	仓储、配送、运输调度、包装、搬运装卸、流通加工、物流信息处理等	
流动要素	保障军事物流活动得以顺利开展的设备及支撑这些设备的设施	
支撑要素	指挥管理、规章制度、标准规范、安全防护以及现实行为习惯等	
设施要素	物流中心、储供基地、仓库、场站、港口、大型船舶、集装化运输各类设施设备，以及各类信息基础网络、系统和数据等	

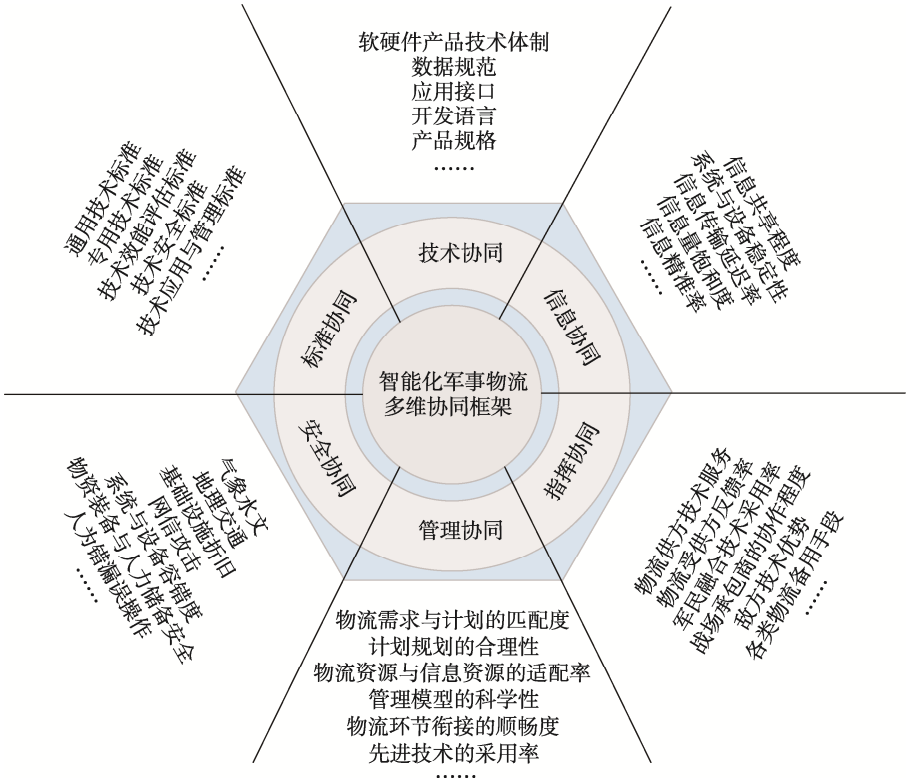

图 1　智能化军事物流多维协同框架
Fig.1 Multi-dimensional synergy framework for intelligent military logistics

2）技术协同。指智能化军事物流软硬件产品技术体制、数据规范、应用接口、开发语言、产品规格之间的协同，其中技术体制、数据规范和应用接口是智能化军事物流各环节、各要素相互联接和信息顺畅流动的基础，是智能化军事物流区别于传统军事物流的关键，而开发语言、产品规格等能否顺利协同，会直接影响智能化军事物流应用效能和作战保障效益。

3）信息协同。数据是智能化军事物流的血液，信息协同是智能化军事物流实现智能的核心，主要包括物流仓储运配修等各关键环节信息共享程度、系统与设备稳定性、信息传输延迟率、信息量饱和度、信息精准率等，信息协同程度与协同效率是智能化军事物流活动效能评估的关键指标。

4）指挥协同。涉及网络信息体系支撑下物流供方技术服务、受供方反馈率、军民融合技术采用率、战场承包商的协作程度与敌方技术优势、各类物流备用手段运用等，决定智能化军事物流服务提供类型、服务提供程度、服务提供手段等系列与指挥员相关的物流指挥筹划协同。

5）管理协同。包括物流需求与计划的匹配度，计划规划的合理性，物流资源与信息资源的适配率，管理模型的科学性，物流环节衔接的顺畅度，先进技术的采用率等涉及智能化军事物流多维协同中的管理运用部分，管理协同与指挥协同直接决定着前几项协同能否产出新质物流保障能力。

6）安全协同。包括气象水文、地理交通、基础设施折旧、网络信息攻击、系统与设备容错度、物资装备与人力储备安全、人为错漏误操作等系列影响智能化军事物流活动顺利实施的安全要素的协同，安全协同会直接影响智能化军事物流的最终实施效果。

2 智能化军事物流多维协同的挑战与对策

2.1 面临的挑战

智能化军事物流作为军事物流发展的高级阶段，相关研究还较少，物联网、5G/6G、人工智能等前沿技术在智能化军事物流中的运用率不高[23—24]，计算物流学相关理论与模型研究薄弱，尚未发现从理论、技术与实践融合的视角研究智能化军事物流多维协同问题。立足我军物流新时代发展阶段，结合国际国内社会物流发展趋势，智能化军事物流多维协同面临的挑战可以归纳为 5 个主要方面。

1）理论方法滞后。物流是科学理论指导下的应用实践，长期以来重规划轻管理、重实践轻理论、重经验轻计算在世界各国军事物流实践活动中不同存在，导致了智能化军事物流体系设计相关基础理论与体系方法积累薄弱，科学的智能化军事物流体系协同架构产出困难，难以产生新质保障模式催生新的保障效能，与我军实战化智能保障要求差距较大。

2）标准基础薄弱。标准化是智能化军事物流多维协同的基础，相关强制标准集匮乏，基础标准宣贯不足，标准制定时缺少协同对接，导致研制的物流信息系统数据通不了、联不上、融不起来，甚至外置信息产品或设备不能接入，就难以支撑以数据和算法、算力为核心的智能化军事物流实践。

3）技术体系缺失。先进技术体系对智能化军事物流多维协同起关键性支撑作用，在世界各国军事领域，除美军外，物联网、5G 与人工智能等前沿技术点状探索多，体系运用少，与现有设备或产品兼容性不足，新技术多用于传统模式的修补而不是旧模式的变革，我军智能化军事物流通过多维协同孕育新质保障能力所需的综合技术体系缺失，新兴技术与传统技术协同转化为作战物流赋能和驱动力量，还有很长的路要走。

4）协同模式落后。智能化军事物流是典型的复杂系统，以系统论和协同论为基础的指挥与管理协同组织模式研究尚未发现，懂勤务、善技术、知物流的复合型人才少之又少，顶层设计人才与智能军事物流人才团队建设落后于时代需要，组织模式与人才团队的创新还没有提上议事日程。

5）安全重视不够。强对抗条件下，网络战、电子战、信息攻击给以网络信息体系为支撑的智能化军事物流带来了更多脆弱性和不确定性，由于缺乏真正的军事实践检验，智能化军事物流规划管理、行动指挥、技术应用等顶层规划层面涉及的安全协同理论、方法和防范措施严重不足，甚至其致命性都还没有引起足够重视。

2.2 对策建议

智能化军事物流多维协同面临众多挑战，在实际的物流活动中，因为军事行动目的各异，还存在着其他层面不同维度需要考虑的协同，需要针对具体场景采用不同的策略。文中基于前文提出的多维协同框架模型，针对面临的挑战提出如下建议。

1）重视理论方法创新。创新的理论孕育并指导创新的实践，需要围绕联合作战保障，以系统论、协同论等现代军事物流基础理论为指导，探索智能化军事物流体系建设理论和方法创新组织模式，自顶向下为智能化军事物流体系顶层架构设计提供科学指导，为现代军事物流体系建设迅速迭代提供合理路径。

2）优化组织与协同模式。智能化军事物流从管理流程上涉及需求、规划、计划、执行、评估等，业务流程上涉及运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等，技术层面上涉及感知、通信、数据、算法、模型、安全等，相同维度各个环节要素之间以及不同维度不同性质要素之间的组织模

式与协同模式需要着力设计和优化，进而为智能化军事物流实践提供科学的运行机理。

3）突出物联网等新技术应用。物联网正在演化为新的技术体系，是全球范围内物流行业的核心技术支撑。加强加速物联网在智能化军事物流体系中的应用研究，依托北斗三号、5G、人工智能等手段实现末端数据和物流分中心边缘智能自主计算，逐步贯穿智能化军事物流多个维度各个环节，发挥技术协同产生的赋能作用和变革引领作用，为智能化军事物流体系建设赋予敏锐迅捷的神经实时感知能力。

4）加强数据与模型建设。智能化军事物流多维协同的关键是数据、模型和算法，在现代军事物流“三化”融合建设初期就应启动物流大数据工程建设，收集整理物流创新运用案例，引进改造人工智能算法，构建作战物流知识图谱，积累符合协同标准和技术体制的各类应用模型、技术模型和算法模型，为军事物流建设的智能化提供一体协同、实时联动、即刻反馈的技术体系。

5）同步健全安全防护体系。军事领域复杂系统信息集成协同，安全是决定成败的关键一环。智能化军事物流体系多维协同，包含的维度广，涉及的要素多，先建设后防护会降低整个大系统的运行效率，并引入其他安全隐患。在智能化军事物流体系顶层设计时同步开展安全防护体系设计，贯彻全局安全理念，重点聚焦架构安全、技术安全、系统安全、数据安全和应用管理安全等不同维度，加强智能化军事物流各业务环节与安全需求的一体设计，在安全维度加强防护要素的协同，提升智能化军事物流体系的内生安全能力，提升未来智能战场物流保障抗打击顽存能力。

3　结语

智能化军事物流体系多维协同问题是军事物流体系建设的重大科学问题之一，是军事物流复杂系统能否实现敏捷保障的关键。文中讨论了智能化军事物流的概念，分析了智能化军事物流多维协同涉及的基础理论与方法，提出了智能化军事物流系统功能 5 个要素，给出了多维协同框架模型，并针对智能化军事物流多维协同面临的挑战，提出了相关对策建议。文中研究是智能化军事物流体系研究的开始和尝试，所述 6 个维度中每个维度的研究面都较宽，并将直接影响智能化军事物流活动的效能，这将成为智能化军事物流多维协同下一步需要深化研究的重点。

参考文献：

[1] 汤银英，彭其渊，谢圣涛. 国内外物流理论研究述评[J]. 商业时代, 2006(11): 20—21.
TANG Yin-ying, PENG Qi-yuan, XIE Sheng-tao. Review of Logistics Theory Research at Home and Abroad[J]. Commercial Times, 2006(11): 20—21.

[2] 徐天亮，刘志学. 中美“物流”定义的分析与比较[J]. 中国物流与采购, 2002(9): 22—24.
XU Tian-liang, LIU Zhi-xue. Analysis and Comparison of Chinese and American Logistics Definition[J]. China Logistics and Purchasing, 2002(9): 22—24.

[3] 王国文. 美国物流管理协会发布的供应链管理、物流管理最新定义[J]. 中国物流与采购, 2005(1): 31.
WANG Guo-wen. The Latest Definition of Supply Chain Management and Logistics Management Issued by American Logistics Management Association[J]. China Logistics and Purchasing, 2005(1): 31.

[4] GB/T 18354—2001, 中华人民共和国国家标准物流术语[S].
GB/T 18354—2001, National Standard Logistics Terms of the People's Republic of China[S].

[5] BASK A, LIPPONEN M, TINNILÄ M. E-Commerce Logistics: A Literature Research Review and Topics For Future Research[J]. International Journal of E-Services and Mobile Applications(IJESMA), 2012, 4(3): 1—22.

[6] ABDULJABBAR R, DIA H, LIYANAGE S, et al. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview[J]. Sustainability, 2019, 11(1): 189.

[7] HOKEY M. Blockchain Technology for Enhancing Supply Chain Resilience[J]. Business Horizons, 2019, 62(1): 35—45.

[8] 申金升，关伟. 基于 ITS 和 EC 的智能物流系统[J]. 交通运输系统工程与信息, 2001, 1(4): 294—298.
SHEN Jin-sheng, GUAN Wei. Intelligent Logistics System Based on ITS and EC[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2001, 1(4): 294—298.

[9] 童孟达. 何为智慧物流[J]. 物流时代, 2011(7): 59.
TONG Meng-da. What is Intelligent Logistics[J]. China Logistics Times, 2011(7): 59.

[10] 胥军，李金，湛志勇. 智能物流系统的相关理论及技术与应用研究[J]. 科技创新与生产力, 2011(4): 13—18.
XU Jun, LI Jin, ZHAN Zhi-yong. Research on the Theory, Technology and Application of Intelligent Logistics System[J]. Sci-Tech Innovation and Productivity, 2011(4): 13—18.

[11] ZHANG Ge. Intelligent Development of Enterprise Logistics and Its Application Analysis in Supply Chain[J]. International Journal of Frontiers in Sociology, 2021, 3(2): 11—13.

[12] 于敏敏. 面向智慧物流的人工智能问答模式与应用研究[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2020: 16—20.

YU Min-min. Research on the Question Answering Model and Application of Artificial Intelligence Oriented to Intelligent Logistics[D]. Chongqing: Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2020: 16—20.

[13] 赵立权. 智能物流及其支撑技术[J]. 情报杂志, 2005, 24(12): 49—51.
ZHAO Li-quan. Intelligent Logistics and Its Supporting Technologies[J]. Journal of Information, 2005, 24(12): 49—51.

[14] 田向辉. 基于物联网的军事物流智能化系统的设计与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2015: 18—22.
TIAN Xiang-hui. Design and Implementation of Military Logistics Intelligent System Based on Internet of Things[D]. Changchun: Jilin University, 2015: 18—22.

[15] 常绍舜. 大数据与信息论和系统论[J]. 系统科学学报, 2020, 28(2): 24—28.
CHANG Shao-shun. Big Data and Information Theory and System Theory[J]. Journal of System and Science, 2020, 28(2): 24—28.

[16] 于丹丹, 李昊真. 基于系统论的物流系统环境分析[J]. 物流工程与管理, 2015, 37(6): 8—10.
YU Dan-dan, LI Hao-zhen. Environment Analysis of Logistics System Based on System Theory[J]. Logistics Engineering and Management, 2015, 37(6): 8—10.

[17] 王丽娜, 王鸿森. 物流管理的哲学与系统论[J]. 辽宁工业大学学报(社会科学版), 2011, 13(3): 32—34.
WANG Li-na, WANG Hong-sen. Philosophy and System Theory of Logistics Management[J]. Journal of Liaoning University of Technology (Social Science Edition), 2011, 13(3): 32—34.

[18] HAKEN H. The Secret of the Contracture of Nature[M]. Oxford: Oxford University Press, 2005: 8—9.

[19] 范敏. 基于协同论的我国农产品物流发展对策研究[J]. 物流科技, 2016, 39(3): 28—32.
FAN Min. Research on the Development Strategy of Agricultural Products Logistics Based on Synergetic Theory[J]. Logistics Sci-Tech, 2016, 39(3): 28—32.

[20] 冯亮. 基于物联网的再制造物流系统协同管理研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2017: 13—17.
FENG Liang. Research on Collaborative Management of Remanufacturing Logistics System Based on Internet of Things[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2017: 13—17.

[21] 刘鹏飞, 汤晓文, 查国云. 智能计算方法在军事物流中的应用研究[J]. 物流工程与管理, 2014, 36(5): 112—114.
LIU Peng-fei, TANG Xiao-wen, ZHA Guo-yun. Research on the Application of Intelligent Computing Method in Military Logistics[J]. Logistics Engineering and Management, 2014, 36(5): 112—114.

[22] 刘志硕, 魏凤, 柴跃廷, 等. 我国物联网的体系架构研究[J]. 物流技术, 2010, 29(4): 1—3.
LIU Zhi-shuo, WEI Feng, CHAI Yue-ting, et al. Research on the Architecture of Internet of Things in China[J]. Logistics Technology, 2010, 29(4): 1—3.

[23] 邢灵冰. 5G 技术在物流核心设备中的应用[J]. 物流技术与应用, 2021, 26(2): 107—109.
XING Ling-bing. Application of 5G Technology in Logistics Core Equipment[J]. Logistics Material and Application, 2021, 26(2): 107—109.

[24] 段超, 王国华. 5G 在智慧物流发展中的应用研究[J]. 中国物流与采购, 2020(13): 58—59.
DUAN Chao, WANG Guo-hua. The Application Research of 5G in the Development of Smart Logistics[J]. China Logistics and Purchasing, 2020(13): 58—59.