

doi: 10.7690/bgzdh.2024.07.004

数据知识混合驱动的装备保障智能网构建方法

刘宸宁, 孔鑫, 马之馨, 陈思源, 张驰
(中国运载火箭技术研究院, 北京 100076)

摘要: 针对装备作战应用与保障智能化发展需求, 提出一种装备保障智能网构建方法。结合装备数据特点, 建立装备数据体系模型, 给出基于数据标签属性与知识本体要素映射关系的保障知识构建与推理方法, 完成基于数据和知识混合驱动的装备保障智能网构建; 以车辆装备保障智能网构建为例, 给出构建过程实例分析。结果表明: 该方法能够为实现智能化、精准化装备保障, 提升装备实战化能力提供重要支撑。

关键词: 装备保障智能网; 数据体系; 数据驱动; 知识驱动; 本体; 知识构建

中图分类号: TJ760.7; TP391 **文献标志码:** A

Construction Method of Equipment Support Intelligent Network Driven by Data and Knowledge

Liu Chenning, Kong Xin, Ma Zhixin, Chen Siyuan, Zhang Chi
(China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China)

Abstract: According to the requirements of equipment combat application and intelligent support development, a construction method of intelligent network for equipment support is proposed. According to the characteristics of equipment data, the equipment data system model is established, and the support knowledge construction and reasoning method based on the mapping relationship between data tag attributes and knowledge ontology elements is given, and the equipment support intelligent network construction based on data and knowledge hybrid drive is completed. Taking the vehicle equipment support intelligent network construction as an example, the construction process is analyzed. The results show that this method can provide important support for the realization of intelligent and precise equipment support and the improvement of actual combat capability of equipment.

Keywords: equipment support intelligent network; data system; data-driven; knowledge-driven; ontology; knowledge construction

0 引言

装备保障的要素多、场景复杂、与装备和作战的耦合关系密切, 需要运用系统工程的方法解决装备全寿命周期中装备运用与作战应用中的问题^[1-2], 其核心是提升装备的作战能力。尤其在体系化作战的背景下, 在信息智能技术的驱动下, 装备保障的信息化、智能化是必然趋势^[3]。

在装备保障智能化方面, 基于专家经验和数据挖掘的装备保障决策、评估、优化等方法在装备维修、备件规划、方案优化、能力评估等装备保障领域广泛应用, 逐步提升装备保障的信息化与智能化能力, 但是专家经验难以固化、不同用户对象之间的知识语义描述不一致、不同保障领域数据的隐性知识难以发现、各作战及保障要素难以串联等问题仍然很突出。

在复杂装备知识表示与军事装备数据知识建模

方面, Peng等^[4]、Costa等^[5]、Peng等^[6]针对复杂装备开展了知识本体模型、知识表示模型、知识体系结构及其设计方法的研究, 并结合规则推理等开展知识开发与应用研究。罗弋洋等^[7]、刘梦超等^[8]、黄红兵等^[9]从军事装备角度、作战数据角度等开展了基于视图、基于本体的知识建模方法研究; 张玉鹏^[10]、李肖等^[11]、车金立等^[12]、聂同攀等^[13]分别在军事装备、维修保障、故障诊断等领域的知识图谱化构建与知识表示技术开展了研究。上述研究给出了不同领域知识的建模与表示方法, 对开展装备保障知识建模与智能网构建具有指导和借鉴意义, 但由于装备保障要素多、耦合强、异构数据规模巨大、知识关系复杂, 且保障活动与设计、试验、训练、作战等其他装备活动联系紧密, 如何准确有效描述装备保障知识、构建保障智能网仍有许多问题亟待解决。

收稿日期: 2024-03-23; 修回日期: 2024-04-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(U2341213, 52205546)

第一作者: 刘宸宁(1990—), 男, 湖南人, 硕士。

笔者尝试从装备数据与保障知识角度出发，围绕装备保障智能网内涵与构成，提出数据知识混合驱动的装备保障智能网构建方法，以厘清保障要素与作战要素间、不同装备数据与知识间的逻辑关系，促进装备保障由数据与经验驱动模式向数据与知识驱动的智能化模式转变，为提升装备保障智能化水平与装备实战化能力提供支撑。

1 装备保障智能网模型

目前，复杂网络、超网络等概念在作战体系建模、保障体系建模等方面应用广泛^[14-17]。装备保障智能网是在相关研究的基础上，围绕装备运用与作战应用对装备保障决策的需求，以保障要素为网络节点，由保障活动、保障系统等要素的逻辑链接组成的网络拓扑模型，并用装备数据与保障知识进行描述与表达。从数据和知识表示角度，装备保障智能网可认为是在装备数据的基础上，通过知识建模与表示，由多个保障知识子网及其逻辑链接组成的保障知识超网络，如图1所示。

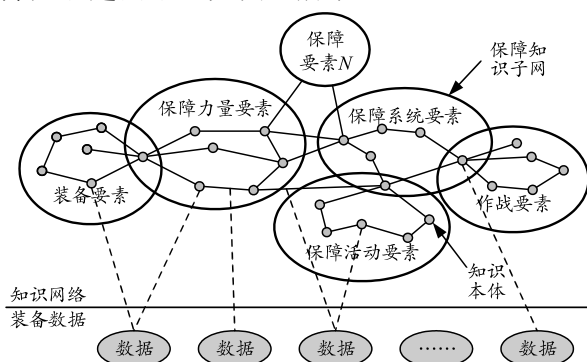


图1 装备保障智能网模型

对装备保障智能网的节点与边的描述如下：

1) 装备保障智能网的节点与边。

装备保障智能网的节点是保障知识子网络，包括装备要素知识子网络、保障要素知识子网络、作战要素知识子网络等，覆盖装备运用、作战应用与保障各环节、各要素。智能网的边是各子网络的逻辑链接，包括时间、空间、决策影响等。

2) 保障知识子网络的节点与边。

保障知识子网络的节点是知识本体，由装备数据映射与实例化形成。子网络的边是知识本体的逻辑关系，包括时间、空间、决策影响等。

因此，装备保障智能网由装备数据与保障知识混合驱动构建，并进一步通过数据与知识的混合驱动实现隐性保障知识的挖掘与推理，促进装备保障智能网的升级与演进。

2 装备数据与保障知识分析

2.1 装备数据分类与特征

根据装备保障智能网的定义，装备保障智能网的构建需要装备数据与保障知识的混合驱动。其中，装备数据是基础，对装备平时勤务保障与战时作战保障具有重要作用。参考对作战数据的理解^[18]，从广义上讲，装备数据是指装备全寿命周期产生的各类对作战、保障及相关军事活动具有直接或间接影响的数据，且是能够通过自动或手动方式进行处理、交互、应用的数据，不仅包含了装备交付后产生的数据，而且包含装备设计、研制、试验、生产过程中的数据。从狭义上讲，装备数据是用于支撑装备操作训练、勤务保障、战时保障、作战与保障决策等各类军事活动的的数据。

笔者按装备全寿命周期活动对装备数据分类，主要分为设计研制数据、试验鉴定数据、训练保障数据、勤务保障数据、作战行动数据。结合不同阶段装备数据的采存管理现状，参考国防大数据特征定义^[19]，可以认为装备数据具备以下4个特征：

1) 复杂性。装备数据涉及的数据范围广、数据类型多、信息维度高、数据质量问题突出，其中包含模型、文本、视频、图像等，随着时间、空间的变化数据中蕴含的信息也不同，呈现数据内容、数据结构的复杂性。

2) 动态性。装备数据受装备作战与保障场景影响，往往需要根据不同的作战与保障场景在陆、海、空、天、电、网等多维度上进行快速的数据移动与重组，以便适应多样、多变的勤务保障与作战保障需求。

3) 时效性。一方面以装备监测数据等为代表的装备数据是一种时间序列数据，具有连续不断、数据量大、随时间发展等特点；另一方面数据需要实时快速处理与知识转化，快速支撑装备保障决策等，以便适应快速变化的战争形势。

4) 关联性。装备数据的潜在价值高，一方面体现在数据及相关数据本身的知识挖掘与抽取；另一方面，数据与数据间存在网状的知识关系，体现了装备与装备间、装备与活动间、活动与活动间的关联知识，具有一定的关联衍生特点。

2.2 保障知识构成

保障知识是装备保障智能网的核心，体现了智能网的知识决策能力。从本质上讲，保障知识是一种在特定背景、特定场景下的领域知识，包括通过

由数据知识化获得的知识、由专家经验总结固化的知识，以及基于机理模型的算法知识等。

从人工智能角度，知识可分为事实性知识、过程性知识、规则性知识等多种划分^[20]。根据装备保障对象及装备保障智能网的定义，笔者将保障知识分为保障要素知识、保障活动知识和保障决策知识 3 类，形成相互联系的保障知识结构，如图 2 所示。

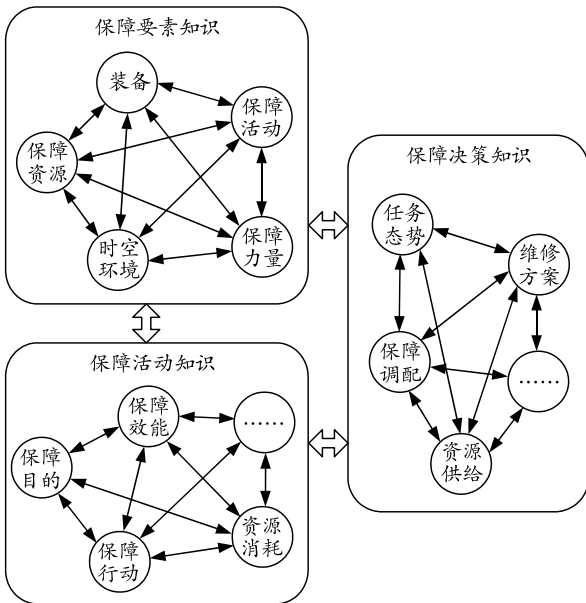


图 2 保障知识构成

1) 保障要素知识。其范围是广义装备保障中各要素的知识，包括装备及配套的作战装备、保障装备、保障资源、保障力量等及其间的关系的知识，以及表征装备性能、隶属关系、时空环境等属性的知识。保障要素知识在一定程度上以显性知识为主，是保障活动知识和保障决策知识的基础。

2) 保障活动知识。其范围是围绕装备保障要素的各类保障活动的目的、计划、行动、效能、资源消耗等相关知识，及其之间的关联知识。保障活动知识在一定程度上以显性知识为主，是保障决策知识的基础。

3) 保障决策知识。其范围是关于装备保障决策相关的保障调配、选装用装、维修决策及未来状态预测的知识，以及与上级作战任务等军事活动密切相关的知识。保障决策知识大多是基于保障要素知识和保障活动知识推理挖掘出的隐性知识，最终服务于作战与装备保障工作。

3 数据知识混合驱动的装备保障智能网构建

3.1 装备保障智能网构建流程

基于数据知识混合驱动的装备保障智能网构建

方法包括装备数据体系建模、保障知识构建与推理和智能网表示 3 个过程，如图 3 所示。

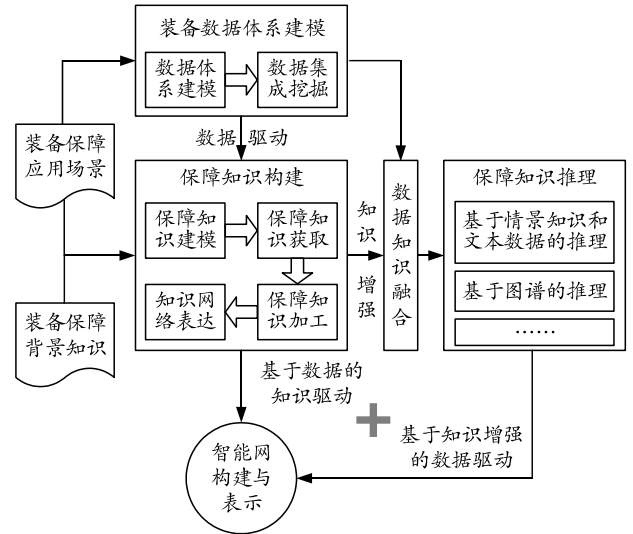


图 3 数据知识混合驱动的装备保障智能网构建流程

笔者所述数据知识混合驱动指采用基于数据的知识驱动与基于知识增强的数据驱动相融合的混合驱动策略。其中，基于数据的知识驱动指在装备数据体系建模的基础上，以数据知识化、数据知识映射等方式直接发现保障知识，进而构建智能网及其子网络的“节点”与“边”；基于知识增强的数据驱动策略^[21]指通过知识的网络化表示，将知识网络中“节点”与“边”所代表的知识融入装备数据体系模型中，以数据挖掘等方式进行知识推理与再发现，获取更多的隐性知识，进一步扩展智能网的“节点”、延展智能网的“边”。

3.2 装备数据体系建模

装备数据体系建模的主要目的是通过对装备数据和保障活动场景分析对各类装备数据进行标签化定义，为保障知识本体建模奠定基础。

根据装备数据的获取来源、过程及分类方法，提出<装备构型，装备活动，数据参数>的三元数据体系结构模型：

1) 装备构型。采用产品结构树的方式对装备按照系统、分系统、单机、部组件等进行层级划分，分别将不同的数据对应至各层级的产品中，建立产品与数据的对应关系；因此，该层级对数据定义了装备的构型标签属性。

2) 装备活动。用于表征数据来源情况，同时也表征数据采集的阶段，可根据工作项目的复杂程度进行精细划分(如分为过程、活动等多个级别)，完成对武器装备设计、生产、使用、保障、作战等各

复杂过程的数学描述；因此，该层级是对数据定义了装备活动的过程标签属性，与装备构型具有从属关系。

3) 数据参数。用于表征数据的载体、格式、表征对象等数据的自有属性，从数据载体或格式上讲，一般结构化数据需要表示到数据参数级别，如某设备振动数据等，非结构或半结构化数据需要表示到数据文件级别；从数据表征对象上讲包括对人、物、事、时间、空间等描述性数据；因此，该层级即是数据本身的标签属性，与装备活动具有从属关系。

装备数据体系结构模型对装备数据进行了多维度的描述，本质上是对不同数据赋予了不同装备构型、装备活动、数据本身等标签，在保障知识建模时，以数据与知识的映射关系更加准确、客观地对保障知识本体模型(包括知识本体的概念、属性、关系等要素)进行描述。

3.3 保障知识构建与推理

笔者所述知识构建是在 DIKW 模型^[22-24]框架下，以数据知识化的形式，将多源异构的数据转化为结构化信息，再进一步挖掘发现知识的过程^[25]。保障知识构建就是将上述各类装备数据规约、集成并提出具有可表达性的装备信息、作战与保障信息等，再根据保障规程、保障经验等经验知识，对上述信息进行逻辑判断、因果推理、语义解析等形成对保障活动、保障决策等有重要价值的知识，其中包括装备保障领域的知识建模、知识获取、知识加工、知识网络化表达等过程。

保障知识构建的核心是保障知识建模。知识建模最早由 Newell 提出，常见的知识建模方法包括基于语义解析的知识表示法、基于 RDF 的知识表示法、基于本体的知识表示法等^[26-28]。针对装备保障领域特点，笔者采用基于装备数据标签属性与本体映射的知识建模方法，通过数据标签属性的映射关系将装备数据中所蕴含的描述性概念(包括装备、保障活动、保障计划、保障资源、保障力量等实体概念以及描述实体概念的数量、位置等属性)和概念间关联关系(如人员组织丛书关系、作战与保障衔接关系、保障计划与保障资源的配属关系等)进行知识抽取与形式化、概念化表达。

图 2 所示保障知识模型包括保障要素知识模型、保障活动知识模型和保障决策知识模型，与装备数据体系结构模型具有一定的映射关系。在知识建模时，根据装备数据体系的 3 维度数据描述与知

识本体的相关概念描述^[29-30]，利用 OWL 语言对每个数据的标签属性进行抽取，建立数据标签与知识本体要素(概念、属性、关系、约束、实例、公理等)的映射关系，完成知识模型的初步构建，映射关系如表 1 所示。

表 1 装备数据标签属性与知识本体要素映射关系

序号	知识本体要素	装备数据标签的映射
1	概念 (Concepts)	构型标签: 装备系统/分系统/子系统/单机等 活动标签: 保障任务、作战任务等及其子活动或关联活动
2	属性 (Attributes)	数据标签: 与装备、活动关联的人、物、事、时间、空间等描述分类 构型标签: 装备的从属关系、组成关系、并列关系等
3	关系 (Relations)	活动标签: 任务的从属关系、组成关系、并列关系、时间顺序关系、逻辑关系等, 及与装备的对应关系
4	约束 (Constraints)	构型标签与活动标签给定的约束关系, 如发动机的从属及组成、发动机故障树等 对概念实例化: 发动机、维修任务等 对属性实例化: 发动机出厂编号、发动机维修过程记录、发动机测试数据等
5	实例 (Instances)	对关系实例化: 发动机属于动力系统、因发动机测试异常开展维修任务等
6	公理 (Axioms)	由构型标签、活动标签、数据标签及以获得的知本体组合推理得到的具有普遍共识的关系, 如发动机维修方案、维修规程等

在保障知识建模的基础上，通过数据与知识融合推理发现更多的隐性知识，进而发现保障知识子网络及保障智能网更多的“节点”与“边”。针对装备保障领域的数据与知识特点，在保障知识推理过程中采用一种基于数据与知识融合的推理方法。

1) 基于情景知识和文本数据的知识推理方法。

装备保障中以保障方案、维修规程、操作记录等数据多以文本文件、图片等形式存在，这些文本数据受专家经验、保障活动背景等影响重大。为获取其中的隐性知识，需要对情景知识和文本数据进行融合，首先要在本体建模时将保障活动情景分解为多个本体类，确保不同情景和文本描述的知识有一致的知识表达结构。其次，采用 BERT 模型^[31]等方法对文本进行特征提取，在特征提取时需要额外关注具有通识的特定术语词汇及上下文的双向语义，这一过程需要情景知识的驱动与定义。最后，利用分类器等方法对输出的文本特征按预先定义好的实体类型进行分类，完成知识推理、发现与扩充。

2) 基于先验知识和数据模型的知识推理。

在装备故障诊断、健康预测等典型的装备保障活动中，需要通过神经网络、关联挖掘、模式匹配等方式得到诊断、预测等结果。基于先验知识和数

据模型的知识推理方法则是将已有的保障知识展开为数据的表现形式(如保障知识构建后形成保障知识图谱或知识神经网络等),作为数据模型的输入或以网络嵌套方式融入深度学习网络中,进而以先验知识引导从数据模型获取新的保障知识。

3.4 保障智能网表示

通过数据体系建模、保障知识构建和保障知识推理,主要完成保障智能网所需的“节点”和“边”中所蕴含的数据梳理与知识构建,并以知识图谱、图数据库等方式对网络、子网络进行图形化表示。

3.5 实例分析

笔者以某车辆装备为主体对象,对装备保障智

能网构建过程进行实例分析。相关装备数据来源包括 IETM 手册中的技术资料(包括车辆构型手册、车辆操作手册、车辆作战使用手册、车辆维修手册、车辆故障手册等)、车辆 CAN 总线数据、外置传感器监测数据等。

按照装备数据体系模型,对上述车辆数据进行层次化描述,形成车辆装备数据体系实例如图 4 所示。其中,以车辆发动机维修为例,维修记录数据的构型标签包括某发动机、某动力系统发动机、某底盘某动力系统发动机、发动机某部件等;活动标签包括某维修任务、某大修中某维修任务、某测试异常后维修任务、某维修方案等;数据标签包括某维修记录文本文件、某维修事件的过程描述等。

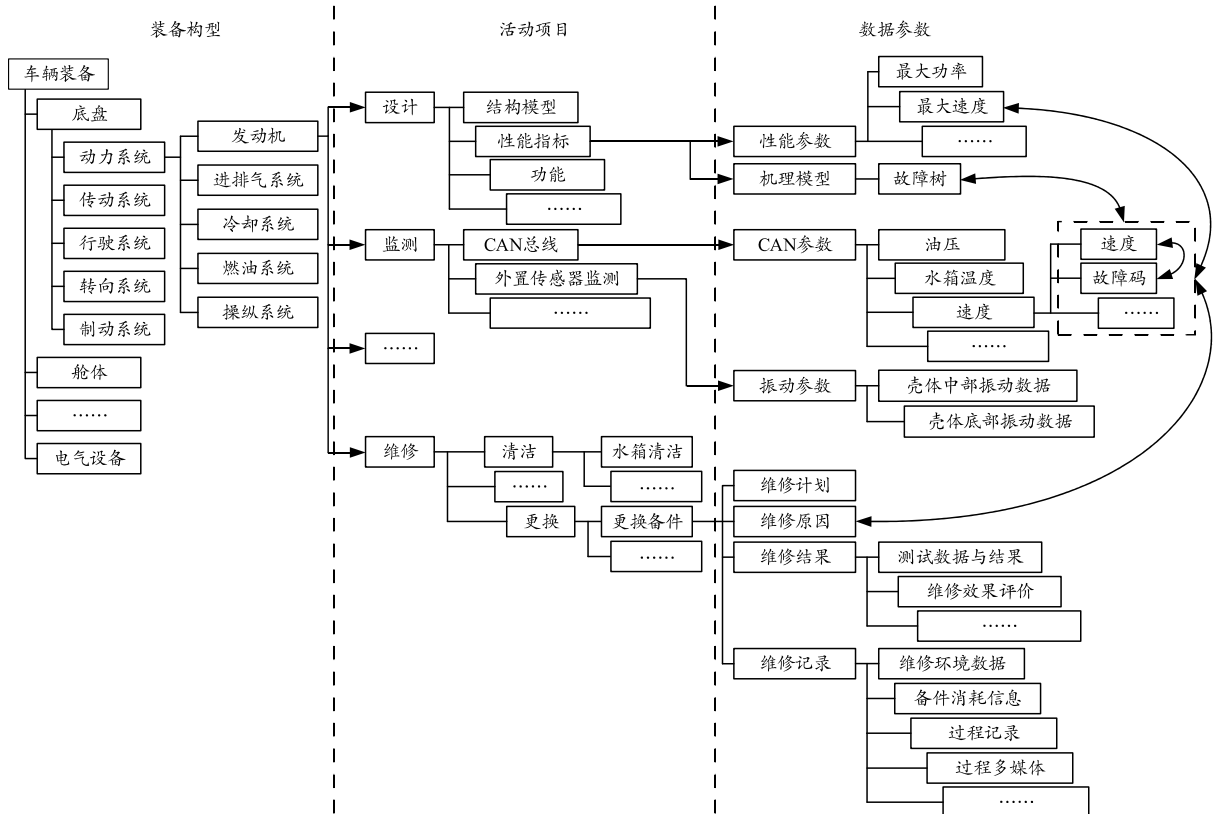


图 4 部分典型车辆装备数据体系构建实例

在上图车辆装备数据体系的基础上,将车辆数据标签属性与车辆知识本体要素的映射关系作为知识建模与实例化的输入,采用 Protégé 工具完成车辆装备知识的本体构建,创建概念节点 138 个、概念关系 141 个。通过实例化,以某车辆发动机故障维修为例,该型车辆的数据标签属性与知识本体要素映射的部分实例见表 2 所示。

在上述数据体系建模与知识本体构建的基础上,完成车辆保障知识建模与知识推理,采用知识图谱的方式进行网络化表达,部分实例如图 5 所示。

4 结束语

在装备保障智能化发展的背景下,笔者给出了装备保障智能网模型:1)在对装备数据特征和保障知识构成分析的基础上,提出基于数据和知识混合驱动的装备保障智能网构建方法,对其中的数据驱动方式与知识驱动方式进行阐述;2)在装备数据层面,从装备构型、保障活动和数据参数 3 个维度对装备数据体系进行建模,将装备数据赋予特定的标签属性,形成基于数据的保障知识构建基础;3)在

保障知识构建层面，给出基于装备数据标签属性与本体要素映射关系的保障知识构建与知识推理方

法，并通过实例对装备保障智能网络构建方法进行分析与验证。

表 2 车辆数据标签属性与车辆本体要素映射实例

序号	车辆本体(部分)	车辆数据标签	OWL 语言描述(部分)
1	概念：单机 实例：发动机	构型标签： 发动机属于单机级，归属于	<code><owl:Classrdf:about="http://**/vehicle#单机"> <rdfs:subClassOfrdf:resource="http://**/vehicle#装备结构"/> </owl:Class></code>
2	关系：组成关系 实例：发动机属于底盘	底盘分系统和车辆装备	<code><owl:NamedIndividualrdf:about="http://**/vehicle#发动机"> <rdfs:typerdf:resource="http://**/vehicle#单机"/> <isPartOfrdf:resource="http://**/vehicle#底盘"/></code>
3	属性：ID 实例：2022001	数据标签： 发动机编号为 2022001，为 ID 属性，数据类型为 string	<code><hasIDrdf:datatype="http://**/XMLSchema#string">2022001</hasID> </owl:NamedIndividual></code>
4	概念：维修原因 实例：发动机停机	活动标签： 发动机停机属于维修原因，	<code><owl:NamedIndividualrdf:about="http://**/vehicle#发动机停机"> <rdfs:typerdf:resource="http://**/vehicle#维修原因"/> </owl:NamedIndividual></code>
5	关系：任务关系 实例：维修原因归属于维修方案	更换发动机属于维修履历， 均归属于维修方案和保障决策	<code><owl:Classrdf:about="http://**/vehicle#维修原因"> <rdfs:subClassOfrdf:resource="http://**/vehicle#维修方案"/> </owl:Class></code>

注：“http://**/”表示本实例中 OWL 的通用前缀，以便简化描述

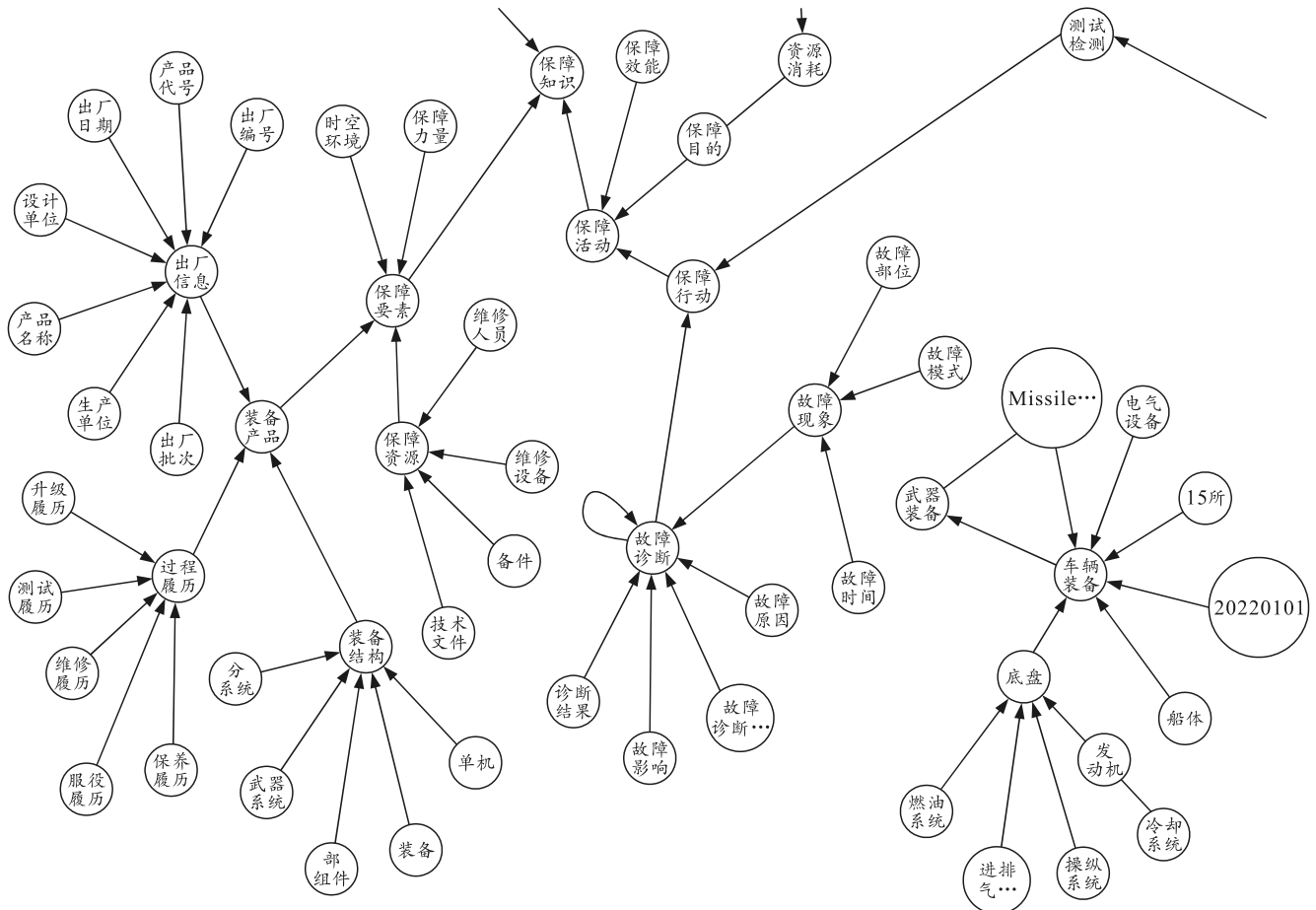


图 5 基于知识图谱的车辆保障知识子网络实例(部分)

基于数据和知识混合驱动的装备保障智能网构建方法在工程应用中还有许多细节问题需要解决：保障知识与装备知识、作战知识之间的逻辑关系还需要进一步研究；装备保障涵盖要素众多，需要结合不同的场景、语义和数据深入研究装备数据与保障知识的融合与集成方法。

参考文献：

- [1] 于永利, 康锐. 装备综合保障基础理论及技术的若干问题[J]. 装甲兵工程学院学报, 2010, 24(6): 1-8.
- [2] 马之馨, 隋鑫, 郑超, 等. 基于 PLM 的全寿命周期装备综合保障体系[J]. 兵工自动化, 2021, 40(12): 12-15.
- [3] 师娇, 刘宸宁, 冷德新, 等. 面向未来作战的装备智能

- 化保障模式研究[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(6): 136-139.
- [4] PENG G, WANG H, ZHANG H, et al. A collaborative system for capturing and reusing in-context design knowledge with an integrated representation model[J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2017, 33: 314-329.
- [5] COSTA C A, LUCIANO M A, LIMA C P, et al. Assessment of a product range model concept to support design reuse using rule based systems and case based reasoning[J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2012, 26(2): 292-305.
- [6] PENG J, LI W, WANG M, et al. Knowledge configuration model for fast derivation design of electronic equipment and its implementation[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2020, 206: 106360.
- [7] 罗弋洋, 赵青松, 李华超, 等. 武器装备运用知识框架及建模方法[J]. 系统工程与电子技术, 2022, 44(3): 841-849.
- [8] 刘梦超, 王玉玫, 吴亚非, 等. 基于本体的军事装备知识建模及分析[J]. 计算机与现代化, 2021(1): 76-80.
- [9] 黄红兵, 潘显军, 李贤玉, 等. 作战数据知识化: 需求与方法[J]. 指挥与控制学报, 2015, 1(4): 361-374.
- [10] 张玉鹏. 军事装备知识图谱构建技术的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2021.
- [11] 李肖, 刘德生. 面向武器装备体系知识图谱的本体构建[J]. 兵工自动化, 2022, 41(3): 25-30.
- [12] 车金立, 唐力伟, 邓士杰, 等. 装备维修保障知识图谱构建方法研究[J]. 兵工自动化, 2019, 38(1): 15-19.
- [13] 聂同攀, 曾继炎, 程玉杰, 等. 面向飞机电源系统故障诊断的知识图谱构建技术及应用[J]. 航空学报, 2022, 43(8): 625499.
- [14] 黄树江, 王超, 郭基联, 等. 基于超网络的作战体系演化模型构建方法[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(6): 64-70.
- [15] 束哲. 体系架构超网络建模与优化方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2018.
- [16] 杨健康, 李红领, 尚世锋, 等. 基于超网络的装备保障信息化模型构建及分析[J]. 舰船科学技术, 2016, 38(15): 124-127.
- [17] 徐耀耀, 吕亚娜, 邱少明, 等. 基于属性匹配的装备保障体系建模方法研究[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(1): 44-49.
- [18] 李璇. 基于作战数据分析的装备评价与运用方案决策研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.
- [19] 何友, 朱扬勇, 赵鹏, 等. 国防大数据概论[J]. 系统工程与电子技术, 2016, 38(6): 1300-1305.
- [20] 陈文伟, 陈晟. 知识工程与知识管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 9-24.
- [21] 蒲志强, 易建强, 刘振, 等. 知识和数据协同驱动的群体智能决策方法研究综述[J]. 自动化学报, 2022, 48(3): 627-643.
- [22] COPERO P. Data, information, knowledge and wisdom[J]. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 2017, 18(1): 55-56.
- [23] HUSSAIN M, SATTI F A, ALI S I, et al. Intelligent knowledge consolidation: From data to wisdom[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2021, 234: 107578.
- [24] INTEZARI A, PAULEEN D J, TASKIN N. The DIKW hierarchy and management decision-making[C]//Intezari A, Pauleen D J, Taskin N. 49th Annual Hawaii International Conference on System Sciences: Vols. 2016-March. IEEE Computer Society, 2016: 4193-4201.
- [25] 彭丽宇. 铁路货运运营风险数据知识化方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [26] NEWELL A. The knowledge level[J]. *Artificial Intelligence*, 1982, 18(1): 87-127.
- [27] VAN HARMELEN F, LIFSCHITZ V, Porter B. Handbook of knowledge representation[M]. Amsterdam: Elsevier, 2008: 1-499.
- [28] JAKUS G, MILUTINOVIĆ V, OMERVIĆ S, et al. Concepts, ontologies, and knowledge representation[M]. Berlin: Springer, 2013.
- [29] NOY N F, MCGUINNESS D L. Ontology development 101: a guide to creating your first ontology[Z]. 2001.
- [30] 张秀兰, 蒋玲. 本体概念研究综述[J]. 情报学报, 2007, 26(4): 527-531.
- [31] DEVLIN J, CHANG M W, LEE K, et al. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding[C]//2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies: Vol. 1. Minneapolis, MN, United states, 2019: 4171-4186.