

doi: 10.7690/bgzdh.2022.03.005

面向武器装备体系知识图谱的本体构建

李肖, 刘德生

(航天工程大学复杂电子系统仿真重点实验室, 北京 101416)

摘要: 为直观立体地展现武器装备关系, 提出一种适合武器装备体系的本体构建方法。根据武器装备体系复杂性协同性等特征, 在分析武器装备体系组成特点与组分之间关系的基础上, 结合自顶向下领域知识图谱构建流程, 集成不同类型、不同用途的武器装备, 构建武器装备知识体系知识图谱。结果表明: 该图谱可为后期武器装备体系建设、管理与应用打下基础。

关键词: 本体; 知识图谱; 武器装备体系

中图分类号: TJ01 **文献标志码:** A

Ontology Construction for Knowledge Map of Weapon Equipment System

Li Xiao, Liu Desheng

(Complex Electronic System Simulation Key Laboratory, Aerospace Engineering University, Beijing 101416, China)

Abstract: In order to show the relationship between weapons and equipment intuitively and stereoscopically, an ontology construction method suitable for weapons and equipment system is proposed. According to the complexity and cooperativity of weapon and equipment system of systems (WSoS), based on the analysis of the relationship between the characteristics and components of WSoS, combined with the top-down domain knowledge map process, the knowledge map of WSoS is constructed by integrating different types and different uses of weapons and equipment. The results show that the map can lay a foundation for the construction, management and application of weapon equipment system in the later period.

Keywords: ontology; knowledge map; weapon equipment system

0 引言

信息化条件下的联合作战是体系间的对抗, 武器装备作为体系对抗的物质基础和能力支撑, 必须坚持体系化设计、体系化建设和体系化运用。在此背景下, 武器装备呈现出种类多样化、数据海量、关系复杂化、运用智能化等体系化特征, 对武器装备体系的科学设计、高效管理和合理运用提出了挑战。武器装备体系知识是对武器装备体系的组成、关系、属性、运用等有关内涵和特征的数据化客观描述, 可以为武器装备体系的论证、建设和运用提供重要支撑。由于武器装备数据本身多源异质、结构松散、直观性差, 在知识的获取、存储、管理和运用方面存在较大难度。知识图谱综合利用应用数学、图形学和信息可视化等相关理论、技术和方法, 构建知识结构, 并以可视化的图谱形式直观展示知识内容, 揭示知识的演化规律。知识图谱在解决医学、电商等领域的知识表达、管理和运用问题方面已经取得了很好的成效。在军事领域, 部分学者对武器装备知识图谱的构建和运用进行了有益的探索

和实践。丁君怡等^[1]基于开源数据构建了武器装备知识图谱, 实现了武器装备组合推荐的效果; 车金立等^[2]用一种循环更新的构建流程实现了军事装备知识图谱的构建, 最后将其运用于问答系统中; 梅楚璇等^[3]提出一种军事装备知识图谱的构建方法, 支持军事装备知识库自动构建和军事装备实体抽取等功能; 李代祎等^[4]以现有武器装备关系型数据和非结构化军事网页数据为基础构建一种基于知识图谱的军事武器智能问答系统。上述研究多以武器装备为对象, 重点刻画武器装备的类属、组成、指标等知识, 缺少对武器装备体系中不同装备间的支援、保障、指挥等关系的描述, 难以完整刻画典型运用场景下的武器装备体系的全要素。笔者面向武器装备体系知识图谱的构建问题, 综合考虑武器装备体系中武器装备个体描述和个体间的关系描述需要, 提出一种武器装备体系本体的构建思路和方法, 为构建武器装备体系知识图谱提供概念模型参考。

1 武器装备体系研究分析

关于武器装备体系的研究可追溯到 20 世纪 90

收稿日期: 2021-11-06; 修回日期: 2021-12-14

基金项目: 国家自然科学基金(2020-SKJJ-C044)

作者简介: 李肖(1997—), 男, 河南人, 从事系统建模与仿真研究。E-mail: lixiao19970604@163.com。

年代, 此时的战争已开始强调联合作战及系统的重要性。在《中国军事百科全书》中, 对武器装备体系的定义: 武器装备体系是武器装备在高度机械化基础上, 通过数字化和网络化集成等信息化技术改造, 实现整体结构和功能一体化的新形态; 现代武器装备体系是由功能上相互关联的战斗装备、综合电子信息系统、保障装备等装备系统构成的有机整体。

作为一个体系, 其重要特征有协作性、涌现性和演化性等, 而研究武器装备体系, 最重要的就是研究其内部系统之间的相互关系, 研究功能上互联、性能上互补、操作上互通的武器装备之间按什么样的结构集成之后会涌现出更强的能力。

目前, 作战的使命任务相较以往更加复杂多样, 作战需求随着战场形势也会不断变化, 加上不同武器装备之间技术发展不同, 多种不确定性对武器装备体系提出了更高的要求; 因此, 提高灵活性、适应性以及鲁棒性是今后武器装备体系建设的重点^[5], 以保证武器装备体系在不同的作战条件、作战环境以及不可预测的干扰下都可正常地运用并保持其原本的特征。知识图谱作为一种新兴的技术, 具有出色的数据表达能力和灵活的建模性, 可以提供统一数据模型和数据标准, 很好地处理并关联起大量密集的数据, 并且能够直观立体地展现武器装备的关联, 是一种可实现的提升武器装备体系灵活性和鲁棒性的途径。除此之外, 知识图谱中丰富的关系与属性也可满足多样化的作战需求, 而其灵活的结构也更加适应瞬息万变的战场态势。

2 知识图谱以及本体的相关概念

2.1 知识图谱

知识图谱的概念最初由谷歌公司于 2012 年提出, 定义为一种用图模型来描述知识和建模世间万物之间的关联关系的技术方法, 也可以解释为一系列相互连接的实体及其属性构成, 本质上是描述实体和实体之间关系的一种语义网, 其包含节点与边, 其中节点代表概念, 而边则代表 2 个不同实体之间的属性关系。

知识图谱一般分为通用知识图谱和领域知识图谱, 前者注重知识广度, 知识一般来源于互联网, 使用自底向下的方法, 通过知识抽取等过程实现知识图谱的构建; 而后者更注重专业性与准确性, 知识来源一般是相关领域的专业数据, 构建过程一般采用自顶向下的方法, 即首先规定数据模式, 从最

顶层概念开始, 将知识图谱的结构进行细致地规划与设计, 最后将实体填入。

领域知识图谱自顶向下构建方法, 首先进行的是针对该领域的本体构建, 在概念层先给出一个清晰合理的结构, 后续的知识图谱构建再将实例和数据进行对应; 因此, 本体的构建十分重要, 决定了最后的知识图谱是否反映出该领域知识的广度及精度, 是否可以正确体现出该领域的特点以及领域间不同概念之间的关系。

2.2 本体

本体的概念源自哲学领域, 随着计算机和互联网技术的发展, 人工智能和知识工程等研究领域进步飞速, 为了解决知识的共享复用及数据互联互通的问题, 本体的理论被引入其中。

关于本体, 认可度最高的定义是 1988 年 STUDER^[6]所描述的: 本体是共享概念模型的明确的形式化规范说明。不同于知识图谱, 本体的构建强调概念上的刻画与设计, 更多是认知层面上的概念框架与语义关系, 其目的在于构造一个人类视角的某领域基本框架, 可以明确描述相关领域知识并进行统一表示和定义, 使人们更容易地获取领域知识, 并且便于人机结合, 让计算机也易于理解该领域。

领域本体一般包含 5 部分, 可以记作:

$$D = \{C, A, R, I, M\}. \quad (1)$$

其中: C 为类, 也称概念, 此处指广义上的概念, 在本体中通常构成一个分类体系; A 为属性集, 主要用来表现概念自身的特征; R 为关系, 指领域中概念间的相互作用; I 为实例集; M 为实例集与概念之间的映射关系集合, 该映射集将每个实例对应到其所属的概念下。在实际应用时, 不一定严格按照上述 5 类来进行构造, 要结合具体情况来进行调整。

本体构建常见的方法有 TOVE 法^[7]、骨架法^[8]和七步法^[9]等。这些方法都是从具体实践场景中提炼出来的, 其中前 2 种方法都是在企业建模过程中研制出来的, 而七步法相较于其他方法成熟度较高, 并且更易于在各个不同领域进行应用。

3 武器装备体系本体构建

3.1 构建方法

笔者面向武器装备体系知识图谱的本体构建使用一种基于七步法的本体构建方法, 结合武器装备体系特点和武器装备体系知识图谱的构建目标, 以

斯坦福大学医学院开发的七步法作为参考，自顶向下进行构建。

七步法有以下步骤：1) 确定本体的专业领域与范畴；2) 考察复用现有本体的可能性；3) 列出本体中的重要术语；4) 定义类和类的等级体系；5) 定义类的属性；6) 定义属性的分面；7) 创建实例。

对于武器装备领域来说，其专业性较高，体现为目标种类多、分类方式多、属性关系多，并且可复用本体少，构建时有一定难度；因此，在构建其本体时要注重以下几点^[10]：

1) 反映出不同武器装备实体的分类和性能，即描述各方基本的兵力组成以及兵力下属的武器装备实体；能描述武器装备的基本性能参数，包括武器装备的探测距离、飞行距离、打击距离和最大航程等。

2) 武器装备体系的本体需要反映出各方装备体系组分之间的网络关系，即不同种类武器装备之间是如何协作的。

结合七步法，考虑上述问题，提出构建方法如图1所示。

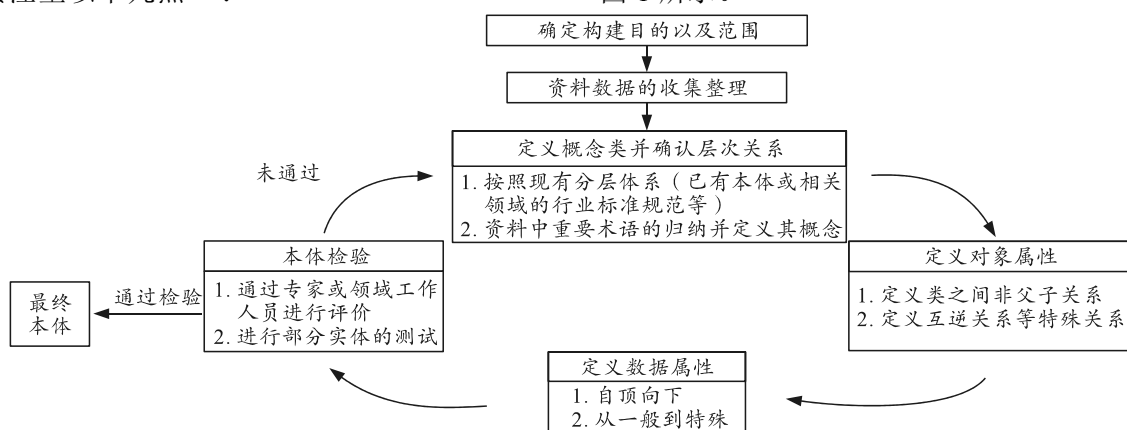


图1 面向武器装备体系知识图谱的本体构建方法

具体过程如下：

1) 确定构建目的及范围。在同一领域内，也会因为面向对象以及应用场景不同而产生不同的需求，因此要在开始构建之前确定本次构建的目的以及应用范围。

2) 资料数据的收集整理。通过查阅资料以及文献等方式，将武器装备领域所涵盖的重要术语进行总结，为后续建立类时打好基础。

3) 定义概念类并确认层次关系。根据具体构建目的和范围，可以按照现有分类体系为基础，确定分解颗粒度，将重要术语进行归纳定义作补充。

4) 定义对象属性。上一步在确定层次关系后，还需要对每一个类定义对象属性。对象属性也可以理解为类与类之间的关系，层次关系在上一步中已经确定，在此步需要定义不同类之间的非层次关系。

5) 定义数据属性。数据属性用于描述实体的固有属性，并且具有传递性，即上位实体拥有的数据属性，下位实体也继承了该属性，数据属性的值域为一个数值。

6) 本体检验。通过专家检验等方式进行本体检验，如果检验未合格，则需要改进或者重新定义类与属性。

3.2 构建方法

1) 确定构建目的及范围：本次构建对象为武器装备体系，目的在于为后期武器装备知识图谱的构建提供良好的结构框架以及模型支撑，对武器装备领域知识进行描述。构建武器装备知识图谱对于建立信息化、智能化、体系化军队，打赢信息化、智能化、体系化战争有很大意义。本次构建的范围是全部武器装备，涵盖了不同军兵种以及不同功能和作用场景，实例选取范围为世界各国的武器装备。

2) 资料数据的收集整理：明确了构建目的之后，针对本次构建进行资料收集，最终确定以《中国人民解放军军语》、武器装备领域相关图书以及战略支援部队相关重要术语为基础进行本次本体构建。

3) 定义概念类并确认层次关系：首先确认是否有本体复用的情况，经过查阅，发现目前并无现有成熟本体进行复用。因此可以采用军语等行业标准作为指导，利用其层次结构进行辅助构建，再结合专家或专业人士的意见，将其余资料中的重要术语进行归纳总结补充到该层次体系中。从顶层开始，逐渐细化，构建武器装备体系的框架，该过程需要注意分解的颗粒度，不宜分解过细。

最顶层将武器装备归纳为 3 种类型: 战斗装备、电子信息装备和保障装备。针对战斗装备, 根据军兵种的不同进行下一次细分, 再根据同军兵种的不同装备进行第 3 次分层, 而同种装备还可以根据功能、原理或应用场景的不同再次进行分解。以此类推, 将得到的子类反复分解, 直到该类装备无法再

次分解为止, 得到最终的战斗装备的类型。如图 2 所示, 对于电子信息装备和保障装备也是同样的步骤, 将电子信息装备分为情报侦察装备、指挥控制类以及通信装备 3 大类, 将保障装备分为气象、测绘、后勤和工程等, 再按照上述方法进行分解, 得到最终的武器装备类。

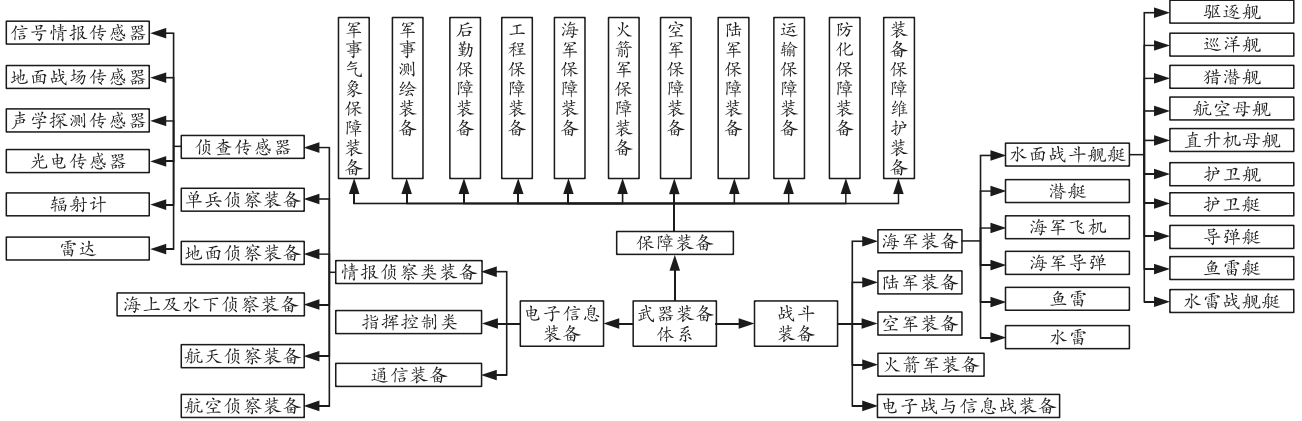


图 2 武器装备层次结构

本次本体构建所使用的软件为 protégé, 是斯坦福大学研发的, 是目前最常用的本体编辑和管理工具, 其操作便捷直观, 提供了大量的实体和关系模型, 可以用可视化的方式来构建与修改本体。由于篇幅限制, 仅展示部分构建成果如图 3、4 所示。

4) 定义对象属性: 在上一步分类过程中已经定义了父类与子类的关系。这种树状结构中每一个节点与上位和下位节点都构成了父子关系, 接着构建除父子类之外的类之间的关联关系, 构建时同样采用自顶向下的方式, 按照先父类再子类的顺序对每一个类中可能存在的对象属性进行构建。顶层类中, 电子信息装备和战斗装备是提供与接收信息的关系, 保障类与其他 2 类装备是保障关系。子类的类可以继承父类之间的关系, 同时也会产生新的关系, 因此可以按照上一节层次结构以此向下层进行属性构建。表 1 显示了本次构建中部分对象属性。

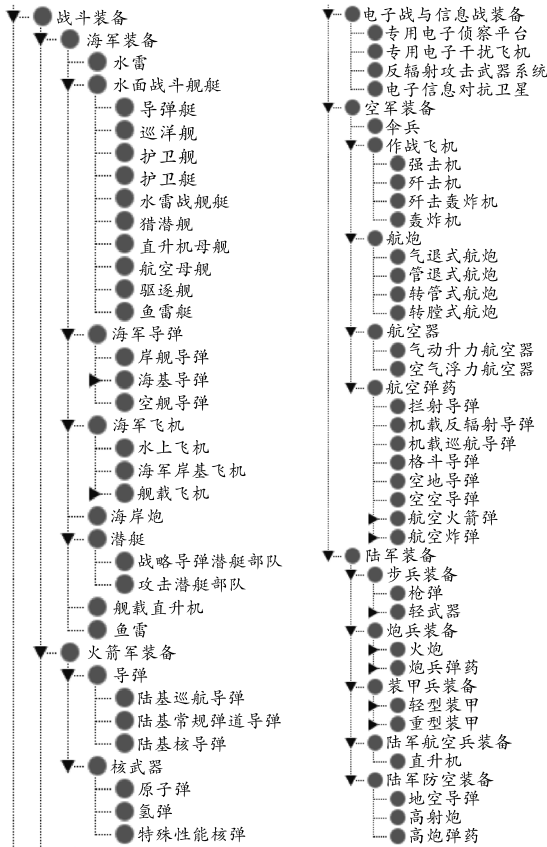


图 3 战斗装备的层次结构(部分)

表 1 对象属性

对象属性	概念类	属性名称
提供情报	情报侦察装备→指挥控制类	intelligence
提供信息	电子信息装备→战斗装备	information
提供弹药	枪弹与轻武器、高炮弹药→高射炮等	ammunition
提供保障	保障装备→战斗装备、电子信息装备	guarantee
下达作战使命	国家作战指挥中心→军兵种级作战指挥中心	mission
下达作战任务	军兵种级作战指挥中心→战役战术级指挥中心	task
下达作战指令	战役战术级指挥中心→战斗装备	order
搭载	侦察传感器→航天、航空侦察装备等	carry
.....

5) 定义数据属性: 构建数据属性时, 同样按照自顶向下的顺序进行构建, 数据属性同样具有传递性, 自顶向下的过程也可以看作是从一般到特殊的过程, 先构建全部武器装备的通用属性, 而子类只需构建出父类属性之外的特殊属性。在构建过程中

还会遇到不同类的相同属性，还需要进行属性的合并，比如“口径”可以描述轻武器，也可描述高射

炮等其他装备。表 2 给出部分概念类不同的数据属性。

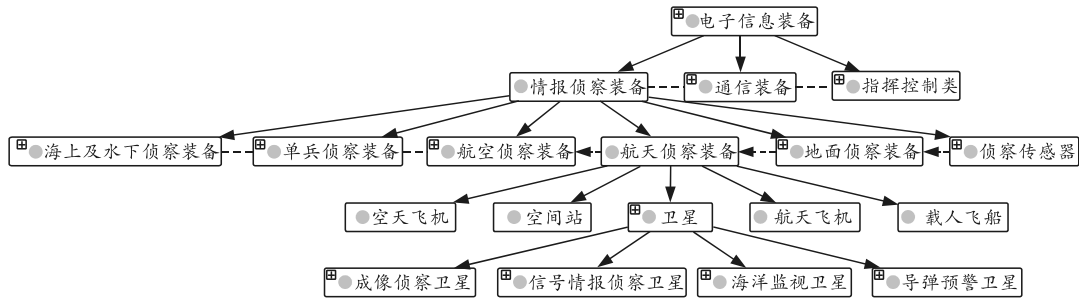


图 4 电子信息装备的本体创建

表 2 部分数据属性

数据属性	概念类	属性名称	属性类型
编号	全部武器 装备	ID	Int
重量		Weight	Int
体积		Volume	Int
出厂日期		Date of Manufacture	Array
厂家		Factory	String
部署位置	所属国家	Position	String
所属国家		Country	String
.....	
口径	轻武器、 高射炮等	Caliber	Int
弹药量		Ammunition	Int
射速		Rate of Fire	Int
攻击距离		Attack Distance	Int
.....
轨道参数	卫星	Orbital Parameters	Vector
卫星编号		Satellite Number	Int
发射日期		Launch Date	Date
.....	
探测距离	侦察传感器	Distance	Int
工作频率		Frequency	Int
工作波长		Wavelength	Int
.....
最大续航里程	固定翼	Maximum Distance	Int
最大速度		Maximum Speed	Int
巡航速度	侦察机	Cruising Speed	Int
.....
.....

3.3 实体映射

知识图谱的构建即实体的映射，按之前构建的本体库，在开源网站进行各个国家的武器装备型号以及部分武器装备属性的资料收集，将得到的知识和数据与本体库中相应的本体进行对应。部分本体对应实体如表 3 所示。

使用 Neo4j 进行小型知识图谱的构建。Neo4j 是一个基于图存储的数据库，具有图数据库的优良特性，能够完美地对知识图谱领域内的实体和关系进行映射，对高连接关系的数据具有良好性能。Neo4j 中包含 2 种基本的数据类型：节点(Nodes)和边(Edges)，其中节点为知识图谱中的实体，边为实体间的关系。因此，以知识图谱为由实体与关系组

成的三元组：

$$G=(p, r, q)。$$

表 3 部分本体对应实体

本体名称	实体名称
歼击机	J5、J6、J7、J8、J8-2、J10、J10B、J11、J11A、J11B、J11BS、J15、J16、J20、J31.....
轰炸机	H-5、H-6、H-6G、H-6F、H-6K、H-6H、H-7A、FBC-1.....
机载导弹	C-601/611、C-801/802、C-803、AM-93、Kh-31A、Kh-31P、Kh-41、Kh-65SE.....
弹道导弹	DF-1、DF-2、DF-3、DF-4、DF-5、DF-5B、DF-5C、DF-11、DF-12、DF-15、DF-16、DF-21、DF-26、DF-27、DF-31、DF-41.....
巡航导弹	DF-10(CJ-10)、DF-10A、DF-100、BGM-109、AGM-86C、AGM-129、SA-15、KH-55.....
驱逐舰	051、051B、051C、051-163、052、052B、052C、052D.....
.....

按照设计好的本体库对每一个三元组的节点、边以及节点的属性进行定义，并将获取的数据填入，如图 5 所示。最终构造结果如图 6 所示(为方便展示，用不同样式图形代替不同类型节点)。

4 结束语

武器装备体系内涵丰富、要素众多、关系复杂，构建其知识图谱不仅需要对本体本身的特征属性进行描述，还需要刻画装备间不同的关系属性。笔者结合武器装备体系的特点，参考本体构建七步法，提出了一种面向武器装备体系知识图谱的本体构建方法和基本流程，并基于 2011 版《中国人民解放军军语》中对武器装备类属的描述构建装备个体描述模型，结合装备运用模式构建装备间的关系描述模型，形成武器装备体系本体库，并据此构建了一个小型武器装备体系知识图谱。实例证明，运用该方法构建的武器装备体系本体库，可以有效支持对武器装备体系的装备类属与指标、组成结构与关系的描述，并能够为后续构建武器装备体系知识图谱提供模型支撑。

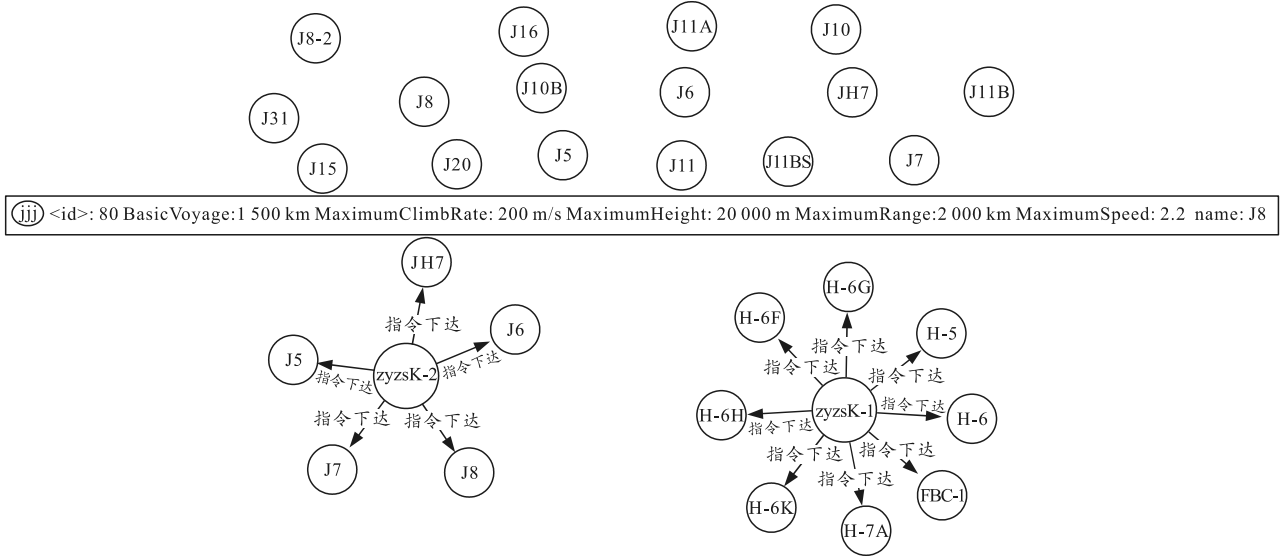


图 5 节点、节点属性以及边的定义

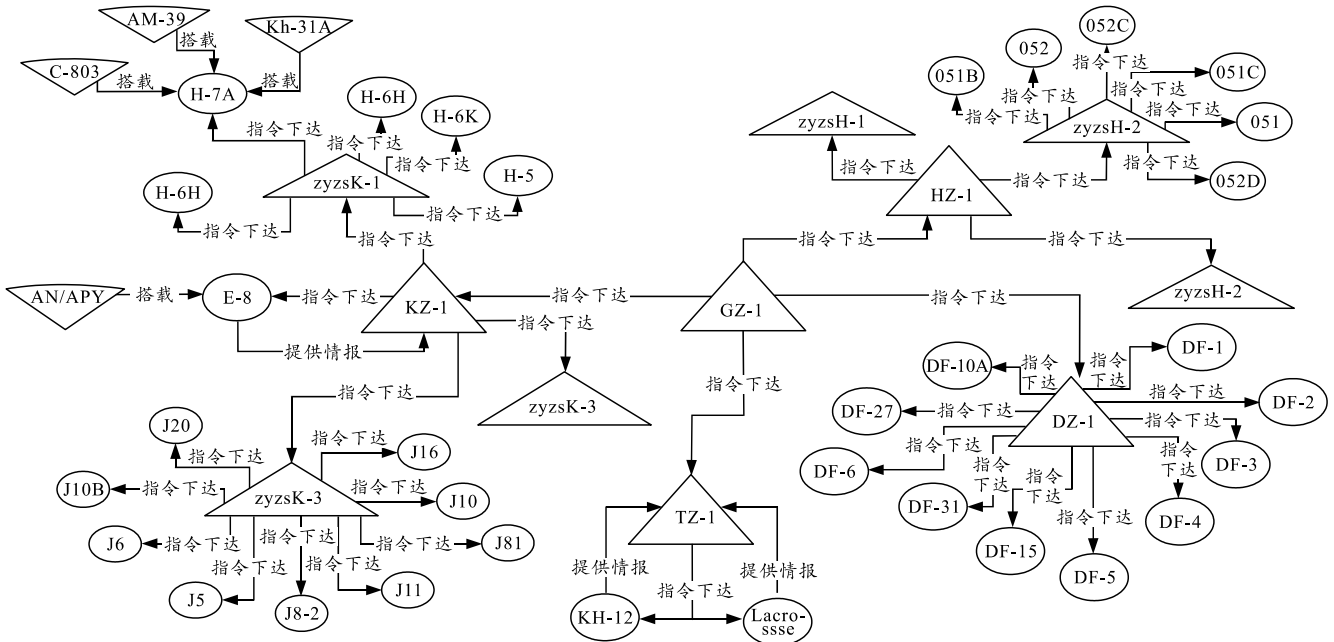


图 6 小型知识图谱

参考文献:

[1] 丁君怡, 赵青松, 夏博远, 等. 基于开源数据的武器装备知识图谱构建方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(2): 22-26.

[2] 车金立, 唐力伟, 邓士杰, 等. 基于百科知识的军事装备知识图谱构建与应用[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(1): 148-153.

[3] 梅楚璇, 段飞虎, 邓凤, 等. 一种军事装备的知识图谱构建方法: CN111309925A[P]. 2020.

[4] 李代祎, 盛杰, 刘运星, 等. 基于知识图谱的军事武器问答系统[J]. 指挥信息系统与技术, 2020(5): 62-69.

[5] 杨克巍, 葛冰峰, 李明浩, 等. 装备体系建模、分析理论与应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2016: 3-4.

[6] STUDER R, BENJAMINS V R, FENSEL D. Knowledge engineering: principles and methods[J]. Data and Knowledge Engineering, 1998, 25(1-2): 161-197.

[7] GRUNINGER M. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. 1995. In: Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing[C]. IJCAI-95, Montreal.

[8] USCHOLD M, GRUNINGER M. Ontologies: Principles, methods and applications[J]. The Knowledge Engineering Review, 1996, 11(2): 1-63.

[9] 阎红灿. 本体建模与语义 web 知识发现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015: 45-48.

[10] 张昱, 张明智, 杨镜宇, 等. 一种基于 OODA 环的武器装备体系建模方法[J]. 系统仿真学报, 2013, 25(S1): 6-11, 20.