

武器装备技术体系结构优化设计流程方法研究

安波¹ 姜江²

(1. 中国人民解放军 63928 部队 北京 100101; 2. 国防科学技术大学 湖南 长沙 410073)

摘 要: 装备技术体系作为装备体系能力建设的重要支撑,其结构优化设计是国防科技发展战略研究、国防关键技术选择、国防科研规划论证的核心内容。综合考虑武器装备发展建设需求、技术发展水平和前沿技术预测等因素,提出了以基于极大完全子图的聚类分析方法为基础、以专家实践经验为支撑的装备技术体系结构优化设计方法,形成了定性定量相结合的优化设计流程,开发了操作性较强的软件工具原型系统,为构建科学合理的装备技术体系奠定了基础。

关键词: 技术体系; 体系结构; 优化设计; 聚类分析

中图分类号: E917 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8211(2015)01-0061-04

1 引言

装备技术体系是以武器装备发展建设需求为视角,对相关技术门类、层次、领域进行的整体反映,是指导一定时期装备技术发展管理实践的技术规范,具有明显的指向性、功能性、整体性、规范性、逻辑性和演化性特征^[1]。它既是支撑武器装备实现特定功能的重要基础,也是满足任务需求的重要保障。美军和英军在分别建立国防体系结构框架指导文件 DoDAF 和 MoDAF 的基础上,正在积极探讨从多视图的角度指导装备技术体系的优化设计^[2-3],国内学者也相应地进行了一些有益探索^[4-6]。总体上来看,目前国内外对装备技术体系结构优化设计的研究尚处于起步阶段,主要蕴含在发展战略、体系结构和规划论证等方面,且大都是对单一或部分装备属性进行分析分解得到的技术关系。虽然这种分析方法能够较为客观地体现武器装备对技术的需求牵引,但却忽略了由其派生出的技术与技术间的关联关系,以及技术发展对武器装备的巨大推动作用等。装备技术体系特征和相

应支撑工具手段的缺乏,难以保证装备技术关联关系的综合性与整体性,如图 1 所示。

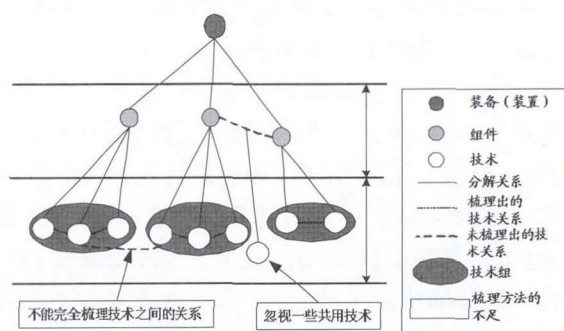


图 1 现有技术关系梳理方式及其不足

本文在对装备技术属性进行综合描述的基础上,结合专家经验获取、分析和整合属性描述关键词及其相对权重,根据技术属性数据分析装备技术关联关系,提出基于极大完全子图的装备技术聚类分析方法,并通过进一步修正聚类分析结果,设计装备技术体系结构优化的规范分析流程,为构建结构清晰的装备技术体系及其应用验证提供整体框架与技术支撑。

收稿日期: 2014-06-04; 修回日期: 2014-11-24

基金项目: 装备预研重点资助项目(513300401)

作者简介: 安波(1963—),男,研究员,博士,主要研究方向为国防科技发展管理; 姜江(1977—),男,副教授,博士,主要研究方向为国防科技管理信息系统。

2 装备技术体系结构优化设计流程

按照“军事需求牵引、科学技术推动”的原则,装备技术体系结构构成主要来源于武器装备研制需求所牵引出的各类技术领域、国防科技持续发展所涉及的各类技术领域,以及初显端倪并具有重要军事应用前景的新兴前沿技术领域等,在构成结构上反映了“需求”“技术”和“预见”特征,在时间维度上体现了近期、中期、远期要求。在统一体系结构构成设计视角、构成要素和层次结构的基础上,通过提取能够反映装备技术体系结构要素特征的技术标志、研究内涵、预期时间等描述属性,抽象出可供辨识的基本特征要素,形成技术要素信息数据^[1],从而可为装备技术体系结构设计、组成设计和优化验证的定性定量分析提供基本输入,再经优化设计,就可能得到装备技术体系结构构成,如图2所示。

基于不同时间维度的“需求”“技术”和“预见”对装备技术体系结构要素进行梳理,可形成三个特征:一是蕴涵了武器装备近、中、远期发展需求的态势布局,从不同的时间维度提供了体系结构构建要素,体现出装备技术的引领、支撑、提升和带动作用;二是统一了体系结构构成设计视角,从“技术门类—技术领域—要素技术”的层次进行分析梳理,构成要素和层次结构的相对一致,为形成规范化的信息数据奠定了基础;三是通过需求案对装备技术分解对象的牵引作用,技术案对规划计划的全面梳理,预见案对技术发展的预测研究,基本保证了构建要素数据来源的广泛性和覆盖性,可避免构

建要素的重大漏项。

根据装备技术体系结构优化设计目标,综合考虑武器装备发展建设需求、技术发展水平和前沿技术探索等因素,围绕能够有效辨识技术要素信息庞大数据量的要求,从梳理装备技术体系基本构成要素,分析人在回路的优化迭代关系,构建体系结构网络模型,借助多领域专家研判和计算机定量分析的动态交互等手段,研究提出装备技术体系结构优化设计流程。

2.1 输入数据梳理

采用规范化的技术要素描述信息采集模板,统一进行数据采集,形成规范化的输入信息数据。将筛选检查获取的信息数据进行规范化整合、完善和修改,以提高技术要素属性描述信息和装备技术层级结构关联信息的准确性和完备性。在此基础上,通过专家知识经验梳理属性描述关键词及其权重向量,并进一步修改其中语义模糊、描述不准确的关键词。通过整合其中含义相近的关键词,可得到一系列关键词组,从而生成描述各技术要素属性的关键词库。

2.2 技术关联分析

通过定义相关条件模糊度($[0, 1]$ 区间取值),可度量技术要素在相关匹配条件下的相关度。相关条件模糊度越小,技术要素相关匹配标准越严格;相关条件模糊度越大,则技术要素匹配标准越宽松。根据专家经验和迭代验证结果,可设置合理的相关条件模糊度参数,通过描述各技术要素属性关键词的匹配赋予相应权重,求解相关度阈值,分析比较技术要素的相关关系。

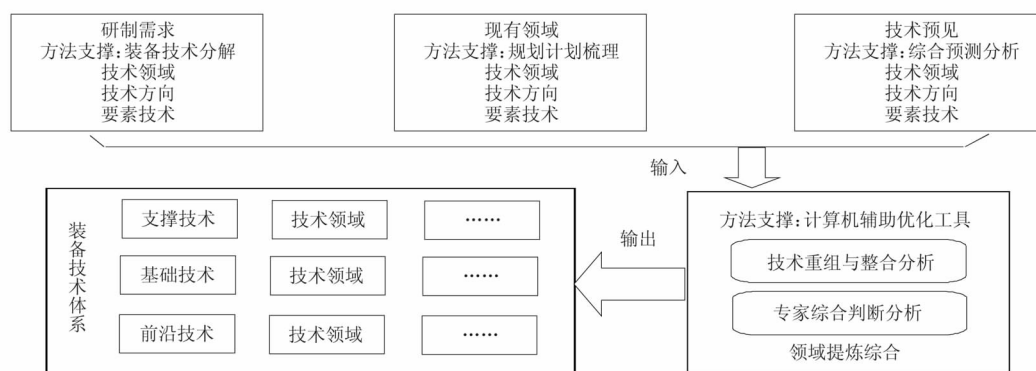


图2 装备技术体系分析设计过程

2.3 技术领域生成

基于计算机辅助工具遍历所有技术要素相关关系,对各技术要素进行聚类分析,将满足关系子图内所有相关技术要素聚集为一组,从而得到聚类技术组信息。基于聚类分析结果,引入专家判断信息,再次修改聚类技术组信息中不准确、不完备部分,合并其中内容重复、内涵相近、适宜合并的部分,对内涵清晰易于识别的技术组进行命名,将不能识别的技术要素划为一组,生成聚类整合技术组信息。在此基础上,对不能识别的信息,采用技术相关度分析方法重新进行排序,并划入相关度最大的聚类技术组中。

2.4 优化结果验证

优化结果验证分析既是对优化方法和优化过程进行整体评估的基本要求,也是修改和调整优化结构参数的重要依据。在得到聚类技术组基本信息后,分析识别所包含的要素技术数量、描述信息及其与各类武器装备的关联关系,验证结构优化方法和优化结果的合理性。在优化过程中,通过建立良好的人机交互机制,结合定量分析计算方法和装备技术研发管理实践经验,进一步优化装备技术体系的整体结构。

3 装备技术体系结构优化设计方法

根据装备技术体系结构优化设计流程,主要研究解决装备技术规范描述、关联关系分析和技术谱系生成方法等问题。

3.1 装备技术规范描述方法

技术要素描述信息是装备技术体系优化设计的基础,要准确、全面、客观、合理。由于各类技术要素来源不同、功能各异,需要构建一个统一的规范化描述标准,以保证描述信息在分析处理中具有纵向可比性。因此,采用多关键词描述方法获取技术要素描述信息,步骤如下:

步骤 1: 邀请相关领域专家对技术领域设置描述关键词,获取描述关键词库。

步骤 2: 对获取的技术描述关键词进行去重整合处理,建立描述关键词标准库。

步骤 3: 设置描述关键词数上限 N ,邀请相关领域专家选择不大于 N 个描述关键词,并根据关

键词的相对重要度建立权重判断矩阵,构建技术关键词描述表。

步骤 4: 根据关键词权重判断矩阵,采用 AHP 法计算关键词权重向量^[7],得到技术关键词加权描述表。

3.2 装备技术关联关系分析方法

根据要素技术描述关键词的匹配及其对应权重,通过求解相关度,并借助专家经验得到优化参数,获取装备技术相关关系。相关关系分析包括装备技术相关度求解规则、相关条件模糊度定义、基于相关条件模糊度的装备技术相关关系分析等三部分。

3.2.1 装备技术相关度求解规则

基于关键词及其权重向量求解相关度:若两种技术的描述关键词完全相同,则其技术相关度 $MatchRate = 1$;若完全不同,则 $MatchRate = 0$;若关键词组中有相同关键词,则将该关键词对应的权重中较小的数值累加到技术相关度中。相同的关键词越多,在描述关键词组中的权重越大,则技术相关度越大,如图 3 所示。

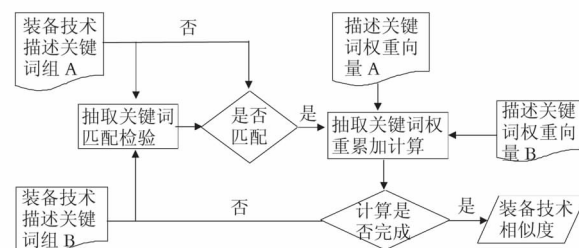


图 3 相关度分析流程

3.2.2 相关条件模糊度定义

要素技术的相关关系可分为精确相关和模糊相关两类。精确相关是指描述关键词完全匹配所产生的相关关系,模糊相关则是指描述关键词的匹配度达到匹配阈值所产生的相关关系。

相关条件模糊度在 $[0, 1]$ 区间上取值,度量相关条件下要素技术优化参数。相关条件模糊度越小,则相关标准越严格,如果相关条件模糊度取值为 0,其相关关系只有精确相关;如果相关条件模糊度取值为 1 时,任意要素技术均具有相关关系。

3.2.3 基于相关条件模糊度的关联关系分析

基于相关条件模糊度可设置是否存在技术关联关系的判断条件及范围,即技术相关度阈值。根

据要素技术描述关键词匹配分析计算,从而得到两两要素技术相关度,最终生成关联关系分析结果。要素技术相关度算法为:

若要素技术 $tech_A$ 的描述关键词组 $KG_A = \{keyword_1, keyword_2, keyword_3\}$, 权重向量 $W_A = \{w_1, w_2, w_3\}$; 要素技术 $tech_B$ 的描述关键词组 $KG_B = \{keyword_1, keyword_4, keyword_3, keyword_5\}$, 权重向量 $W_B = \{w_4, w_5, w_6, w_7\}$ 。要素技术 $tech_A$ 与要素技术 $tech_B$ 之间的相关度为 $MatchRate_{AB}$ 则:

$$MatchRate_{AB} = \min(w_1, w_4) + \min(w_3, w_6)$$

通过计算得到的要素技术相关度,从中筛选出技术相关度最大值 $MatchRate_{Max}$ 和最小值 $MatchRate_{Min}$ 。根据专家信息得到优化参数相关条件模糊度 VD , 计算判断技术关联关系是否存在相关度阈值,其算法为:

$$MatchRate_U = (MatchRate_{Max} - MatchRate_{Min}) \cdot (1 - VD)$$

若技术相关度 $MatchRate_{AB}$ 高于技术相关度阈值 $MatchRate_U$, 则认为要素技术 $tech_A$ 与要素技术 $tech_B$ 之间存在相关关系。

3.3 基于极大完全子图的装备技术谱系生成方法

(1) 技术组初步划分。采用极大完全子图聚类方法,通过遍历所有要素技术的相关关系,将满足关系子图内所有相关的要素技术聚类整合,合并其中内容重复、内涵相近的要素技术,生成技术组初步划分信息。

(2) 技术组划分整合。根据专家经验判断信息,进一步对聚类技术组进行整合处理,修改完善不准确、不完备的部分信息,对内涵清晰、易于识别的技术组进行命名,将不能识别的要素技术另划为一组,生成技术组划分整合信息。

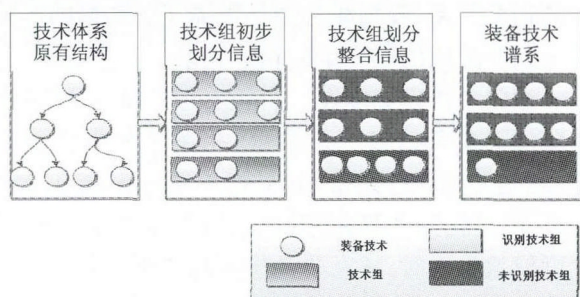


图4 装备技术谱系生成流程

(3) 技术谱系生成。装备技术谱系生成是根

据技术组划分整合信息,形成组内技术关系紧密、组间技术关系稀疏的过程。根据技术相关度对相关技术组进行排序,将不能识别的要素技术并入相关度最大的技术组,生成装备技术谱系,分析过程如图4所示。

4 结束语

以要素技术为基本研究对象,对提取复杂的体系结构特征,构建装备技术体系结构优化方法,具有明显的适应性和可操作性,基本实现了理论、方法和工具的集成。通过“装备技术描述—技术关系分析—技术聚类分析—技术谱系生成”的规范流程,应用基于关键词匹配的关系分析和基于极大完全子图的技术聚类方法,开发了人机交互界面良好的辅助决策系统,有效地获取和整合专家经验进行了迭代优化和应用验证,从而得到了较为科学合理的体系优化分析结果。提出的流程设计方法及其计算机辅助决策系统已在某武器系统技术体系的研究论证中得到成功应用。通过计算机辅助设计得到的技术体系,理论上可以有多种,必须综合考虑多方面因素,在进行多方综合评估分析的基础上,经过多次迭代优化和应用验证,才能得出相对优化并满足实际需要的设计方案。

参考文献

- [1] 安波,石东海,沈雪石,等. 装备技术体系结构优化设计理论及其关键技术研究[J]. 装备学院学报, 2014(2): 14-17.
- [2] DoDAF Working Group. DoDAF (version2.0) [R]. USA: Department of Defense, 2008.
- [3] The MODAF Development Team. MODAF handbook version1.2 [R]. UK: Ministry of Defense, 2008.
- [4] 任长晟,葛冰峰,陈英武. 武器装备技术体系结构描述方法[J]. 兵工自动化, 2010, 29(10): 42-46.
- [5] 晏湘涛. 军事技术体系结构分析[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2002.
- [6] 许康,于衍平. 科学技术体系的建构基础及演变方向探索[J]. 科学学研究, 2006(2): 24-27.
- [7] 谭跃进,陈英武,易先进. 系统工程原理[M]. 长沙: 国防科学技术大学出版社, 1999.