

战时装备维修任务分配与调度的系统工程研究方法

昝翔, 陈春良, 张仕新, 刘彦, 吴同晗

陆军装甲兵学院装备保障与再制造系, 北京 100072

摘要 战时装备维修任务分配与调度是装备维修的重要组成部分, 可以用来应对未来信息化作战对装备维修的需求。为反映装备维修任务分配与调度的特征, 基于霍尔三维结构理论, 分别从过程维、逻辑维和知识维3个维度构建装备维修任务分配与调度的体系结构, 确定该问题的5个重要过程、处理问题的5个基本步骤和解决问题所需的技术方法。在此基础上, 通过装备维修任务分配与调度基本过程, 确定了装备维修任务优先级分类、装备维修任务分配和装备维修任务调度3个核心问题, 并对各个核心问题的目标、约束条件、输入条件、输出条件和研究重点进行了分析。

关键词 装备维修; 任务分配与调度; 霍尔三维结构理论; 系统工程

信息化是未来作战的发展趋势, 作战形式呈现出快速、融合、激烈、精确等特点。在这样的条件下, 装备损伤率会大幅度增加, 对装备维修的需求也更加突出。战时装备维修任务分配与调度是装备维修的重要组成部分, 是装备维修指挥功能的重要体现, 可在应用信息化作战对装备维修的需求方面发挥重要作用。

系统工程是从总体出发, 研究和分析复杂系统所需思想、理论和方法的总称^[1]。系统工程的思想、理论和方法可以用于解决现实生活中的各种问题, 为分析问题, 研究问题进而解决问题提供一套完整的体系。目前, 广泛应用于解决土地整治信息组织模式^[2]、工业设计模型^[3]、陆军装备保障转型^[4]、政府绩效审计^[5]、协同审计模式构建与应用^[6]、知识地图构建^[7]、小户型家居设计^[8]等各个方面的问题。

从系统工程学的角度, 战时装备维修任务分配与调度既是一个典型的复杂系统, 又是装备维修系统和装备保障系统的核心子系统。对装备维修任务分配与调度开展相关研究的首要工作, 就是应用系统工程的相关方法, 在对问题进行全面分析的基础上, 应用系统工程方法论对研究问题的体系结构进行深入分析, 确定所研究问题的要点, 进而对各要点进行进一步分析, 确定各要点的研究重点、决策目标、驱动条件、输入条件、输出条件、约束条件, 为下步重点研究打下基础。

1 研究背景与相关概念

1.1 研究背景

作战力量集成化是部队的发展方向, 必须在指挥

收稿日期: 2017-11-09; 修回日期: 2017-12-24

基金项目: 军队科研计划项目(2015WG57)

作者简介: 昝翔, 博士研究生, 研究方向为武器装备维修, 电子信箱: 994401550@qq.com

引用格式: 昝翔, 陈春良, 张仕新, 等. 战时装备维修任务分配与调度的系统工程研究方法[J]. 科技导报, 2018, 36(7): 80-87; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.07.012

信息系统的统一协调下,实现各功能要素的精确协同,才能充分发挥体系作战的最大效能。装备维修与作战任务和装备均存在密切的关系。战时装备维修必须以作战任务为牵引,作战任务对参战装备种类、装备运行环境、装备运用方式均存在重大影响,而装备的种类、使用方式、故障特点是装备维修的重要影响因素。同时,作战环境就是装备维修的作业环境,作战时间决定了装备维修的时限。未来部队的作战任务和装备同传统部队相比具有全新的特点,提高部队的装备维修能力以应对这些变化,是对数字部队装备维修的现实要求。

1.2 相关概念

1) 装备维修。装备维修力量在装备保障机构的统一指挥下,合理分配维修任务,调度维修能力,开展的所有维修活动的统称^[5]。

2) 装备维修任务。装备维修任务是指使装备恢复到规定状态必须进行的维修活动^[6]。

3) 装备维修指挥。装备维修系统是一个完整的系统,对系统运行过程的指挥称为装备维修指挥,指挥功能充分发挥是系统平稳运行的基础。指挥功能分为计划、组织和控制3个部分,各子功能及相互关系如图1所示^[7]。

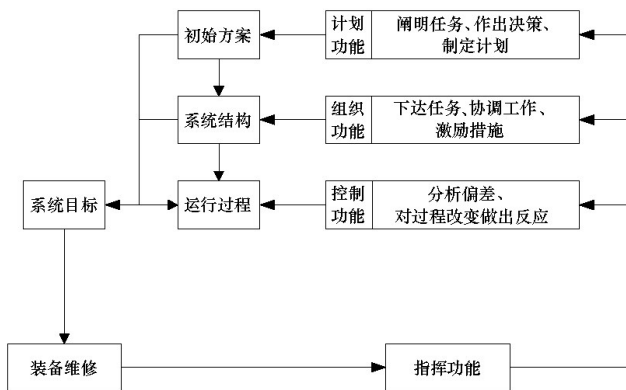


图1 装备维修指挥功能各部分内容及相互关系
Fig. 1 Partial content and relationship of equipment maintenance command function

计划功能是根据已有的维修需求进行任务分析、维修决策和计划制定。组织功能是根据对计划进行具体组织实施。控制功能是制定一个反馈机制,以应对计划外的维修需求和维修计划执行过程中的不确定因素,是计划功能的重要补充。装备维修任务分配体现了装备维修指挥的计划功能,而装备维修任务调度体现了装备维修指挥的控制功能。

2 装备维修任务分配与调度体系

2.1 体系结构

霍尔三维结构^[8]是Hall A D于1962年提出的,是一种分层的立体解构体系,适用于复杂系统的分析与研究。针对装备维修的任务分配与调度问题,采用霍尔三维结构理论的框架和方法,提出从装备维修的任务分配与调度体系结构,主要由过程维、逻辑维和知识维组成(图2)。

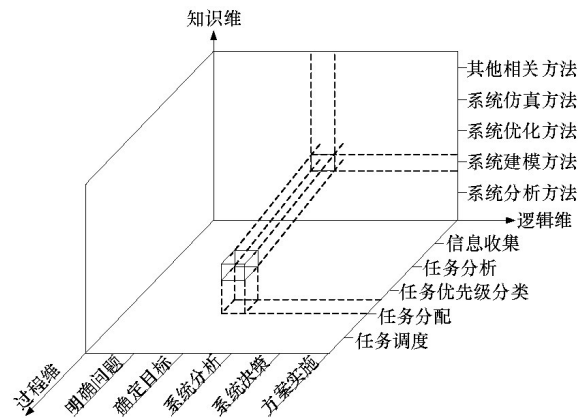


图2 装备维修任务分配与调度三维体系结构
Fig. 2 Three-dimension system-of-systems structure of equipment maintenance task allocation and scheduling

2.2 过程维

过程维反映的是装备维修任务分配与调度的基本过程,主要由5个方面构成。

1) 信息收集:对于装备维修信息进行收集,包括确定待修装备受损部位、受损程度、所处位置及维修力量数量和分布等信息,以及战场环境、地形条件、敌方火力分布等影响维修决策的外部信息,为装备维修任务分配与调度提供信息支持。

2) 任务分析:通过获得的信息对维修任务进行全面分析,并根据后续工作的需求对维修任务进行分类和整理。

3) 任务优先级分类:根据装备体系结构、作战任务、装备维修时间、维修资源需求、待修装备所处位置等信息,对维修任务优先级进行分类,明确维修任务优先级的顺序。

4) 任务分配:对已有的维修任务进行分配,明确任务划分和任务执行路径,制定维修计划。进行维修任务分配时,要考虑维修任务优先级,并且以维修能力和

时间作为约束条件。

5) 任务调度:根据新出现的维修任务和维修任务执行过程中的不确定性,对维修计划进行调整,重新规划任务执行路径。进行维修任务调度要明确调度的驱动条件,并设计与之相对应的调度原则。

2.3 逻辑维

逻辑维反映的装备维修任务分配与调度各个过程开展工作的基本步骤,也是以系统工程为基础分析与研究问题的顺序。

1) 明确问题:全面了解问题、熟悉问题,确定问题的内涵与外延、基本概念和边界条件。

2) 确定目标:分析各个问题,确定所需达到的目标,同时制定一套完整的体系以衡量达到目标的程度。

3) 系统分析:应用系统工程的相关方法与技术,对问题进行深入分析,构建问题模型进行定量化研究。

4) 系统决策:通过对系统模型的求解进行比较与分析,决策出最优结果。

5) 方案实施:方案实施可以分为两个阶段。第一阶段可以通过系统仿真的方法,对系统决策结果进行仿真与验证,并对发现的不足进行修正。第二阶段是将仿真验证的最优结果应用于实践。

2.4 知识维

装备维修任务分配与调度研究的知识维,由分析和研究该问题所需的学科和知识构成,有利于全面了解研究内容,并进行建模、优化和验证,主要包括:

1) 系统分析方法。通过系统分析方法可以对装备维修系统进行全面分析,理清装备维修任务分配与调度的运行规律和关键步骤,为后续研究打下基础。

2) 系统建模方法。通过系统建模方法可以对装备维修任务分配与调度过程中的关键步骤进行建模分析,构建基本模型,确定研究要点、目标与约束条件。系统建模是进行定量研究与优化的前提与基础。

3) 系统优化方法。以系统模型为基础,运用系统优化方法可以对问题中的不足与缺点进行改进,提高系统运行效能,达到改进系统的目的。系统优化是研究的关键与核心。

4) 系统仿真方法。系统仿真方法主要用于对系统优化结果的验证,通过建立系统仿真模型,对系统优化的结果进行仿真与验证,并通过对仿真结果的分析与评估达到验证系统优化结果的目的。

5) 其他相关方法。与研究相关的其他方法。

3 装备维修任务分配与调度

3.1 装备维修任务分配与调度过程

信息化条件下部队的主要作战样式为机动作战,其装备维修的基本方式为伴随机动保障,需要将维修力量编为若干个综合维修小组执行维修任务。装备维修任务优先级是任务分配与任务调度的主要影响因素。根据维修任务优先级的顺序进行维修任务分配,确定各维修小组的任务分工和任务执行路径,制定维修计划。在制定维修计划时,需要使用平均维修时间表征装备维修时间,并需要通过评估确定装备维修小组在各维修任务之间的机动时间,维修时间和机动时间均为确定值。但是,装备维修时间和机动时间在实际中均具有不确定性,与此同时,在维修小组执行任务的过程中,可能会出现新的维修任务。装备维修任务调度就是根据这些因素重新进行维修决策,调整装备维修计划,并设计新的维修路线。为保持维修计划的稳定性,新的维修计划和维修路线尽量在原计划和路线的基础上进行微调。同时,由于维修能力和时间的约束,新的维修计划可能会放弃原有的维修任务或者不执行新的维修任务。

装备维修任务优先级分类、装备维修任务分配和装备维修任务调度是装备维修任务分配与调度的核心内容。

3.2 装备维修任务优先级分类

装备维修任务优先级可以分为固有优先级和综合优先级。装备维修任务的固有优先级反映的是装备对作战的贡献程度,仅与装备在装备体系中发挥作用的重要程度有关。装备维修任务的综合优先级,是在装备维修任务固有优先级的基础上,综合考虑维修任务的基本属性,获得的综合评估结果。

1) 装备维修任务固有优先级分类问题分析。由于装备维修任务固有优先级仅与装备在装备体系中发挥作用的重要程度有关,而装备重要度反映的是装备对装备体系贡献程度,所以装备维修任务固有优先级分类问题与装备重要度评估问题具有等价关系。装备重要度评估需要综合考虑装备的属性重要度和结构重要度^[9]。其中,装备属性重要度与装备的自身属性有关,受到装备种类和状态等因素的影响。装备结构重要度需要考虑装备在装备体系中与其他装备的相互关系,建立装备体系结构模型,将装备之间的多种关系分别定量化,进行综合评估获得结构重要评估结果(图3)。

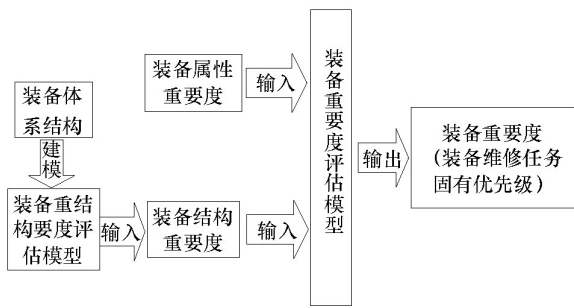


图3 装备维修任务固有优先级分类问题描述

Fig. 3 Description of equipment maintenance task inherent priority question

通过对该问题的分析与描述,装备维修任务固有优先级分类问题主要需要解决3个问题:① 装备体系结构如何建模,怎样定量地描述装备之间不同性质的关系;② 由于在作战过程中,装备之间的关系会发生不同程度的改变,怎样定量描述装备之间关系的变化,对装备结构重要度进行动态描述;③ 怎样将装备属性重要度和装备结构重要度进行聚合,以获得装备重要度综合评估结果。

2) 装备维修任务综合优先级分类问题分析。装备维修任务综合优先级分类问题是在固有优先级的基础上,综合考虑装备维修任务的多种属性,获得综合优先级顺序的过程。对维修任务优先级影响的特性包括装备重要度(装备维修任务固有优先级)、装备维修时间、维修资源需求、待修装备所处位置^[10]。其中,后3个因素属于维修任务基本属性,在维修任务确定后均可以明确。该问题的重点是建立综合优先级分类的多属性决策模型,确定各影响因素的权重,从而综合多种影响因素,决策出装备维修任务综合优先级(图4)。

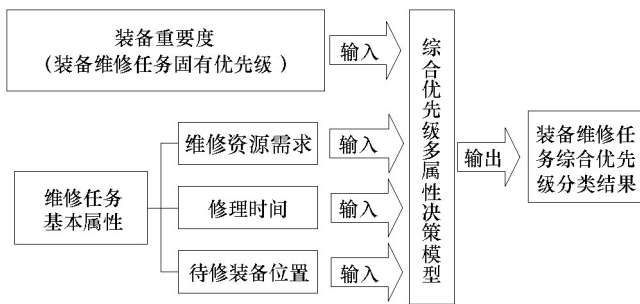


图4 装备维修任务综合优先级分类问题描述

Fig. 4 Description of equipment maintenance task integrated priority question

通过对该问题的分析与描述,装备维修任务综合优先级分类问题主要需要解决2个问题:① 装备维修

任务综合优先级各属性的权重如何确定;② 随着作战进程的推进,维修任务综合优先级会随着维修任务数量变化、维修小组位置变化等因素而发生变化,如何定量地反映这些变化、动态地获得装备维修任务综合优先级。

3.3 装备维修任务分配

装备维修任务分配是根据已知的维修需求,对已有的维修任务进行合理分配的过程,分配的结果是确定任务分工和任务执行路径。维修优先级分类是进行维修任务分配的基础,由于维修任务优先级分为固有优先级和综合优先级两类,根据不同类型任务优先级的特点,装备维修任务分配的过程略有不同。

1) 考虑维修任务固有优先级的装备维修任务分配问题分析。未来作战是装备体系之间的对抗,维修任务固有优先级可以定量地反映装备对装备体系贡献程度。传统的维修任务分配问题通常以修复装备数量最多为决策目标,在体系作战背景下,在考虑维修任务固有优先级的基础上,将该类问题的目标设定为完成任务的装备重要度之和最大。因此,考虑维修任务固有优先级进行维修任务分配问题,就是以修复装备重要度之和最大为决策目标,在维修人员、维修装备、维修能力、维修时间等多种约束条件下,进行最优决策的问题^[11](图5)。

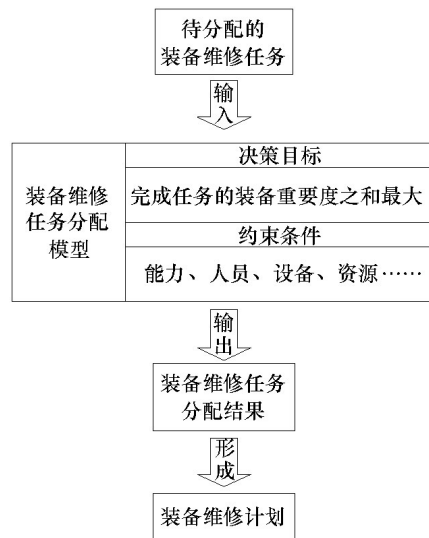


图5 考虑维修任务固有优先级的装备维修任务分配问题基本描述

Fig. 5 Description of equipment maintenance task allocation question considering maintenance task inherent priority

通过对该问题的分析与基本描述,考虑维修任务固有优先级的装备维修任务分配问题主要需要解决2个问题:① 由于维修任务分配问题约束条件较多,并且部分约束条件之间存在着相互影响的关系,怎样约减并定量描述模型的约束条件从而使得模型简便易解;② 维修任务分配是在维修计划阶段进行的,需要尽可能地满足决策目标,因此设计求解算法的目的是保证运算速度的前提下尽量地提高修复装备重要度之和,怎样设计求解算法,可以快速有效地获得任务分配模型的最优解。

2) 基于维修任务综合优先级的装备维修任务分配问题分析。该问题的决策目标和约束条件与考虑维修任务固有优先级的维修任务分配问题相同,但是由于维修任务综合优先级是根据装备重要度、维修资源需求、维修时间以及待修装备所处位置等因素综合评估的结果,因此基于维修任务综合优先级进行维修任务分配时,只需要按照一定的分配原则,按照综合优先级的顺序将维修任务逐一分配给各维修任务即可。因此,基于维修任务综合优先级的维修任务分配问题需要明确任务分配原则与步骤(图6)。

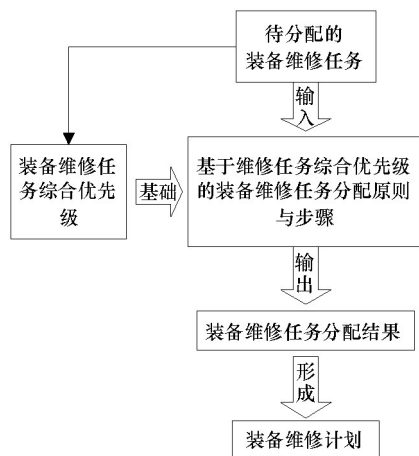


图6 基于维修任务综合优先级的装备维修任务分配问题基本描述

Fig. 6 Description of equipment maintenance task allocation question based on maintenance task integrated priority

通过对该问题的分析与基本描述,基于维修任务综合优先级的装备维修任务分配问题主要需要解决3个问题:① 当同一维修任务对2个维修小组的综合优先级均为最高时,如何确定执行该维修任务的维修小组;② 当综合优先级最高的维修任务超过了约束条件时,如何为维修小组选择维修任务;③ 在维修小组执行

任务的过程,由于维修小组的位置不断地发生变化,使得维修任务综合优先级也在不断变化,制定怎样的分配原则以适应这种变化。

3.4 装备维修任务调度

装备维修任务调度是由于出现了某些突发情况,如新任务的出现、机动时间或维修时间与计划不同等,导致原维修计划无法完成、或使得原计划不再是针对已知维修需求的最优解,从而调整维修计划,重新明确任务分工和规划任务执行。装备维修任务调度问题的本质就是根据一定的驱动条件,在相应调度原则的基础上,对维修任务进行重新分配的过程。但是,根据不同类型任务优先级的特点,装备维修任务调度的过程略有不同。

1) 考虑维修任务固有优先级的装备维修任务调度问题分析。考虑维修任务固有优先级的维修任务调度问题同样需要将修复装备重要度之和最大作为决策目标,并考虑与任务分配相同的约束条件,在此基础上构建维修任务调度模型,设计相应的任务调度原则^[12](图7)。

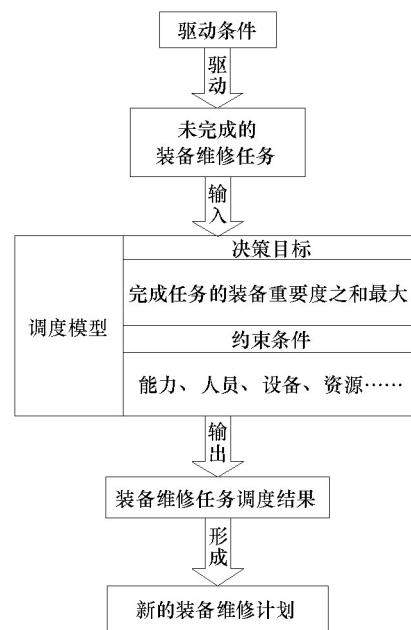


图7 考虑固有优先级的装备维修任务调度问题基本描述
Fig. 7 Description of equipment maintenance task scheduling question considering maintenance task inherent priority

通过对该问题的分析与基本描述,维修任务调度的关键是根据不同的驱动条件,构建装备维修任务调度模型,并设计符合需求的模型求解算法,重点需要解

决3个问题:① 维修任务调度的驱动条件多样,怎样进行合理选择,选取对维修计划影响最大又贴近实际的因素作为驱动条件;② 由于维修任务调度问题约束条件较多,并且部分约束条件之间存在相互影响的关系,怎样约减并定量描述模型的约束条件从而使模型简便易解;③ 由于战场情况变化快速复杂,维修任务调度必须尽快地获得调度结果,设计求解算法的目的是在保证任务调度结果满意的前提下尽量提高算法的运算速度,怎样设计求解算法,可以快速有效地获得任务调度模型的最优解或满意解。

2) 基于维修任务综合优先级的装备维修任务调度问题分析。由于维修任务综合优先级会随着维修任务数量的增减发生变化,同时不同的维修小组在执行维修任务过程位置的变化,也会导致对于各小组而言的综合优先级变化。基于维修任务综合优先级的装备维修任务调度问题遵循的调度原则与基于维修任务综合优先级的维修任务分配遵循的分配原则相同(图8)。

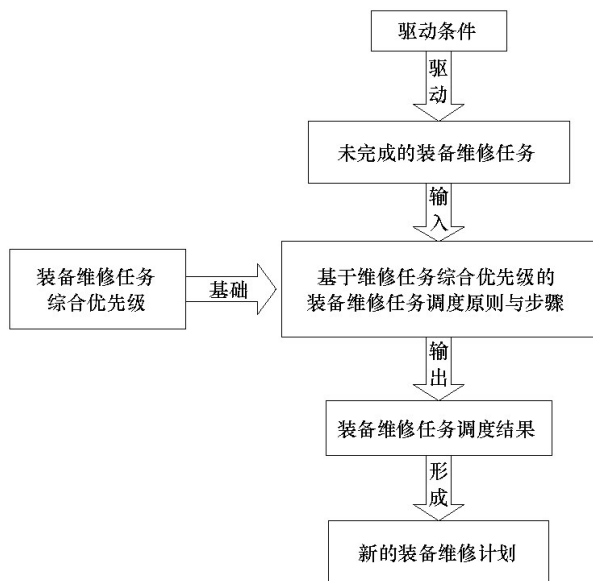


图8 基于维修任务综合优先级的装备维修任务调度问题基本描述

Fig. 8 Description of equipment maintenance task scheduling question based on maintenance task integrated priority

该问题同样需要在明确任务调度原则的基础上,解决驱动条件选择、调度原则设计、调度时机选择等问题。

通过对该问题的分析与基本描述,维修任务调度的关键是根据不同的驱动条件,设计与之相对应的任

务调度原则,重点需要解决2个问题:① 维修任务调度的驱动条件多样,怎样进行合理选择,选取对维修计划影响最大又贴近实际的因素作为驱动条件;② 怎样根据驱动条件,设计相对应的调度原则,使得维修任务调度合理有效,符合实际需要。

4 讨论

系统工程方法是解决工程和社会实践问题的基本方法之一,可以帮助理清问题的研究思路、组成部分和研究要点,将所研究问题作为一个整体,可以使问题的各组成部分主次分明,各研究步骤紧密衔接。近年来,系统工程方法被广泛应用于与装备运用相关的多个领域,例如,闫金栋等^[17]在航天器专业化测试模式的研究与实践中应用了系统工程方法,改进了该模式的管理程序、工作方法与应用工具;张玉梅^[18]运用系统工程方法分析了舰船装备的人—机—环系统,实现了舰船系统的全面优化;盛美萍等^[19]将系统工程思想应用于减振降噪工作中,通过分析系统整体性和关联性,优化了相关技术。但是,这些研究缺乏系统工程思想与具体问题的全面结合以及对系统工程具体方法的应用。本研究将系统工程方法应用于战时装备维修任务分配与调度这一实际问题^[13-16],将系统工程思想全程应用于提出问题、分析问题、梳理问题、明确问题要点和解决问题的各个环节,以霍尔三维结构理论为基础构建问题的体系结构,强化了系统工程思想与方法在具体问题研究中的应用。

5 结论

未来作战的主要形式是信息化条件下的作战,对装备维修在快速性、精确性、合理性和有效性方面的需求急剧增加,而装备维修任务分配与调度是应对这些需求的关键要点。本研究基于霍尔三维结构理论,构建装备维修任务分配与调度的体系结构,从过程维、逻辑维和知识维3个方面全面分析装备维修任务分配与调度,明确了问题研究的程序、思想和相关知识体系;在体系结构的基础上,对装备维修任务优先级分类、装备维修任务分配和装备维修任务调度3个核心问题进行了分析,明确了各个要点问题的目标、输入条件、输出条件、约束条件和研究重点,为下步深入研究打下了

良好的基础。

但是,本研究尚处于问题研究的起步阶段,构建的体系结构有待于进一步深化补充验证,所确定核心问题的研究思路也有待于深入、细化和验证。后续将按照所确定的核心问题开展深入研究,对所构建的体系进行进一步修正和补充,形成较为成熟的装备维修任务分配与调度体系结构。这样一方面可以加速该问题的解决,使得相关研究成果内容尽快用于实践;另一面可以为相关研究指明研究方向与解决问题的理论,推进相关研究的进程。

参考文献(References)

- [1] 常绍舜. 系统工程和系统工程方法[J]. 系统科学学报, 2016, 24(4): 11-14.
Chang Shaoshun. Systems engineering and systems engineering approach [J]. Journal of Systems Science, 2016, 24(4): 11-14.
- [2] 胡静, 金晓斌, 李红举, 等. 基于霍尔三维结构的土地整治信息组织模式[J]. 农机工程学报, 2014, 30(3): 188-195.
Hu Jing, Jin Xiaobin, Li Hongju, et al. Land consolidation information organization mode based on Hall three-dimension structure theory[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(3): 188-195.
- [3] 王华斌, 俞友娟, 李牧, 等. 基于霍尔三维结构的工业设计模型研究[J]. 包装工程, 2012, 33(18): 76-79.
Wang Huabin, Yu Youjuan, Li Mu, et al. An industrial design model based on the hall three dimensions structure[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(18): 76-79.
- [4] 赵战彪, 史宪铭, 陈春良. 基于Hall三维结构的陆军装备保障转型体系研究[J]. 装备学院学报, 2014, 25(4): 129-132.
Zhao Zhanbiao, Shi Xianming, Chen Chunliang. Study of architecture of army equipment support transformation based on hall methodology[J]. Journal of Equipment Academy, 2014, 25(4): 129-132.
- [5] 彭兰香, 李焯丹, 丁立. 基于霍尔三维结构的政府绩效审计优化研究[J]. 审计广角, 2017(18): 114-118.
Peng Lanxiang, Li Yedan, Ding Li. Research on government performance auditing optimized based on the hall three dimensions structure[J]. Friends of Accounting, 2017(18): 114-118.
- [6] 王冬梅, 杨芳. 基于霍尔三维结构的协同审计模式建立与实践[J]. 审计广角, 2017(1): 114-116.
Wang Dongmei, Yang Fang. Establishment and practice of collaborative audit model based on the hall three dimensions structure [J]. Friends of Accounting, 2017(1): 114-116.
- [7] 罗巍, 张阳, 唐震. 基于霍尔三维结构的知识地图构建: 以中国协同创新研究为例[J]. 情报理论与实践, 2016, 39(10): 117-121.
Luo Wei, Zhang Yang, Tang Zhen. Construction of knowledge map based on Hall's 3d structure[J]. Information Studies: Theory and Application, 2016, 39(10): 117-121.
- [8] 刘林, 邱松芹, 张瑞秋. 基于霍尔三维结构的小户型家具设计模型研究[J]. 包装工程, 2017, 38(16): 133-136.
Liu Lin, Qiu Songqin, Zhang Ruiqiu. Small-size house furniture model design based on Hall three dimension structure[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 133-136.
- [9] 杨英杰, 于永利, 张柳, 等. 装备维修保障仿真系统灵敏度分析与参数优化[J]. 系统工程与电子技术, 2016, 38(3): 575-583.
Yang Yingjie, Yu Yongli, Zhang Liu. Systems Engineering and Electronics[J]. Systems Engineering and Electronics, 2016, 38(3): 575-583.
- [10] 于永利, 徐英, 张波. 装备作战单元维修力量编配技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 3-4.
Yu Yongli, Xu Ying, Zhang Bo. Equipment combat unit maintenance force allocation technology[M]. Beijing: Nation Defense Industry Press, 2015: 3-4.
- [11] 陈春良, 张仕新, 吕会强, 等. 装备维修概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 71-75.
Chen Chunliang, Zhang Shixin, Lv Huiqiang, et al. Introduction of equipment maintenance support[M]. Beijing: Nation Defense Industry Press, 2017: 71-75.
- [12] Hall A D. Three-dimensional morphology of systems engineering[M]//Contributions to a Philosophy of Technology. Dordrecht: Springer, 1969: 174-186.
- [13] 陈春良, 笱翔, 张仕新, 等. 基于多维关系复杂网络的装备重要度评估方法[J]. 兵工学报, 2017, 38(6): 1168-1177.
Chen Chunliang, Zan Xiang, Zhang Shixin, et al. Evaluation method for equipment important degree based on multidimensional relationship complex networks[J]. Acta Armamentarii, 2017, 38(6): 1168-1177.
- [14] 笱翔, 张仕新, 陈春良, 等. 基于多属性决策的装备维修任务优先级分类方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2017, 31(1): 21-24.
Zan Xiang, Zhang Shixin, Chen Chunliang, et al. Priority sorting method for equipment maintenance task based on multiple attribute decision making[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2017, 31(1): 21-24.
- [15] 笱翔, 陈春良, 张仕新, 等. 多约束条件下战时装备维修任务分配方法[J]. 兵工学报, 2017, 38(8): 1603-1609.
Zan Xiang, Chen Chunliang, Zhang Shixin, et al. Task allocation method for equipment maintenance in wartime with multiple constraints[J]. Acta Armamentarii, 2017, 38(8): 1603-1609.
- [16] 陈春良, 笱翔, 张仕新, 等. 基于改进MMAS的装备维修任务路径规划方法[J]. 系统工程与电子技术, 2017, 39(12):

- 2716–2720.
Chen Chunliang, Zan Xiang, Zhang Shixin, et al. Routing plan method for equipment maintenance task based on improved MMAS[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2017, 39(12): 2716–2720.
- [17] 闫金栋, 王华茂, 李大明, 等. 基于系统工程的航天器专业化测试模式探索与实践[J]. *航天器工程*, 2017, 26(5): 99–108.
Yan Jindong, Wang Huamao, Li Daming, et al. Exploration test and practice on spacecraft specialization mode based on systems engineering[J]. *Spacecraft Engineering*, 2017, 26(5): 99–108.
- [18] 张玉梅. 舰船人-机-环系统工程研究综述[J]. *中国舰船研究*, 2017, 12(2): 41–48.
Zhang Yumei. A review of warship man-machine-environment system engineering[J]. *Chinese Journal of Ship Research*, 2017, 12(2): 41–48.
- [19] 盛美萍, 王敏庆, 李巧娇. 系统工程思维在减振降噪工作中的应用[J]. *中国舰船研究*, 2017, 12(4): 22–25.
Sheng Meiping, Wang Mingqing, Li Qiaojiao. Application of system concept in vibration and noise reduction[J]. *Chinese Journal of Ship Research*, 2017, 12(4): 22–25.

System engineering research method for equipment maintenance task allocation and scheduling in wartime

ZAN Xiang, CHEN Chunliang, ZHANG Shixin, LIU Yan, WU Tonghan

Department of Equipment Support and Remanufacturing, Academy of Army Armored Force, Beijing 100072, China

Abstract Equipment maintenance task allocation and scheduling in wartime is an important part of equipment maintenance to meet the challenge of information warfare. To reflect the characteristics of equipment maintenance task allocation and scheduling, a systemic structure is established, including process dimension, logical dimension and knowledge dimension based on Hall three-dimension structure theory. Five important processes, five basic steps, and related technology and method are defined in the system structure. On this basis, task priority sorting, task allocation and task scheduling are confirmed as the key problems through the basic process of equipment maintenance task allocation and scheduling. And the target, restrain conditions, input conditions, output conditions and research focus are analyzed for each key problem.

Keywords equipment maintenance; task allocation and scheduling; Hall three-dimension structure theory; system engineering ●



(责任编辑 陈广仁)