

doi: 10.7690/bgzd.2015.02.012

新型装备模块化概念设计方法

刘 彬, 古 平, 刘一川, 吴巍屹
(军械工程学院装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要: 针对传统装备概念设计存在的种类繁多、规格不统一等问题, 提出一种新型装备模块化概念设计方法。简要概述模块化理论, 重点描述模块化概念设计内容, 给出其详细设计流程。通过该方法的应用, 可进一步增强新型装备的模块化水平, 提高新型装备的体系作战能力, 并为相关研究人员提供参考。

关键词: 新型装备; 模块化; 概念设计

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

New Type Equipment Modularization Conceptual Design Method

Liu Bin, Gu Ping, Liu Yichuan, Wu Weiyi

(Department of Equipment Command & Management, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: There are lots of issues in the conceptual design for the traditional equipment, such as the variety of species and not uniform specifications. To solve the above problems, this paper proposes a new type equipment modularization design approach, and focuses on the modularization conceptual design content and design processes. Through applying this method, it further enhances the modularization level of new type equipments, and improve system operations capability of new type equipments and provides reference to relative researcher.

Keywords: new type equipment; modularization; conceptual design

0 引言

随着我国经济实力的增强, 我军装备现代化建设步伐不断加快。为实现打赢高技术条件下局部战争的目的, 一大批技术先进、结构复杂的新型装备相继研制和生产出来并交付部队使用。在新型装备的研制和设计过程中, 概念设计是一个重要阶段, 也是提高装备质量、降低风险的主要手段^[1]。如果新型装备的概念设计存在不足和缺陷, 后续的其他设计即使再完美也很难有效弥补, 因此, 应特别注重对新型装备的概念设计研究。

随着新型装备配发部队使用, 有部队反映这些装备存在种类繁多和规格不统一等问题。因此, 笔者提出了一种新型装备模块化概念设计方法, 旨在进一步增强新型装备的模块化水平, 提高新型装备的体系作战能力。

1 模块化理论概述

模块(module)是指系统中的一个特定单元, 它不仅是其中的一个子系统, 而且具有可兼容、相对独立等功能。对于模块的理解, 一般能够得到普遍的认可, 但模块化(modularization)这个词, 目前在不同的场合, 往往具有不同的含义。例如, 鲍德温和克拉克认为, 模块化是设计复杂产品的有效战略之一, 通过模块化设计, 可以将复杂系统分解为相

互独立的组成部分, 再通过“即插即用”的标准接口把各独立的部分联接为一个完整的系统^[2]。文献[3]认为, 模块化是一种处理复杂系统分解为更好的可管理模块的方式。而在文献[4-5]中, 作者给出了模块化的现代特征, 即“模块是一种动态过程, 模块是标准化的高级形式, 模块化系统的模块可以被独立设计, 模块之间无缝链接”。

结合以上分析, 笔者对模块化作如下理解: 模块化是一个动态的过程, 它将一个复杂系统分解为若干模块并重新整合为一个更加灵活、便于应用的系统, 其核心是从性能相对单一的、具有独立运行功能的系统组建成一个产品系统。模块化在系统科学理论、标准化理论等基础上, 形成了一种自成体系的理论, 对于事物的构成分析、结构优化和系统分解等方面具有独特作用。因此, 模块化理论可以作为一种方法论, 在工程设计、企业管理等方面得到有效运用。

2 模块化概念设计内容

根据概念设计的具体过程, 将模块化概念设计分为2项基本活动: 一是将复杂系统分解为模块, 其实质是将系统的基本功能单元标准化、规范化, 形成具有特定属性的实体; 二是将标准化模块组合为新的系统, 并使新系统运行于特定环境, 在运行中对模块的组合与运行进行相应调整。

收稿日期: 2014-08-25; 修回日期: 2014-10-13

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2011BAK09B02)

作者简介: 刘 彬(1984—), 男, 江苏人, 博士, 讲师, 从事装备保障信息化研究。

2.1 模块化分解

装备概念设计的模块化分解是根据装备功能需求对装备功能进行逐层分解的过程，主要包括任务需求分析、功能模块分析、实体模块设计和实体模块库建立等内容^[6]。

1) 任务需求分析。任务需求分析是模块化分解的出发点。主要采用部队调研、理论求解等方法，确定新型装备的任务需求，并按照一定的标准，将其分解为若干子任务。

2) 功能模块设计。将子任务进行映射，得到完成相应子任务需要装备具备的功能，然后依据一定的规则将复杂功能进行分解，得到子功能和基本功能，再根据相关性将基本功能进行聚合，得到功能模块。功能模块设计的核心是功能的分解和子功能的聚合，如图1所示。

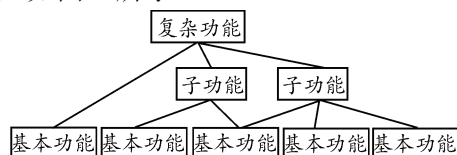


图1 功能模块设计过程

3) 实体模块设计。在功能模块设计的基础上进行实体模块的标准化设计，这里的实体主要指组成新型装备的要素，即备件、器材等，其实质是对功能模块进行物化的过程。模块化设计的优越性在于可以实现模块的灵活组合，因此，模块实体构建时要考虑到装备体系优化的问题，即考虑同级别同类型、同级别不同类型、不同级别同类型、不同级别不同类型的模块在组合时的接口问题，如通信、协同等。因此，接口设计的不同会影响到实体模块的体系优化。为了实现实体模块设计的灵活性，应使接口尽量标准化，便于联接和分离，从而提高效率。

4) 实体模块库建立。为便于对实体模块的管理和灵活抽组，设计实体模块的编码方法、存储结构时，需要构建实体模块库。实体模块库包含实体模块的功能类型、能力标准、适用范围、内部构成和接口信息等内容。为了能更合理地辨识实体模块，并能够利用计算机等工具进行高效管理，就必须要对这些模块实行编码，用数学编码的形式将定性描述转化为定量描述，为模块的编组提供依据。在实体库编码时遵循唯一性、完整性和合理性等原则。

2.2 模块化组合

模块化分解是装备概念设计的基础，而模块化组合则是装备概念设计的关键。为了使装备能适应现代条件下各种不确定性因素的影响，发挥最大的作战效能，应根据使命任务选取适宜的模块进行组

合，形成满足任务需求的组合体。模块化组合的内容包括任务规范化处理、模块的选择和模块的组合。

1) 任务规范化处理。将面临的任务进行规范化处理，得到具体的、可独立完成的子任务，子任务可与具体的装备模块相对应，从而模块按需抽组易于理解和执行。任务规范化处理的主要内容是任务的分解和描述。为了便于装备的设计满足任务需求，就必须要做好任务的区分和布置工作，要尽力将其划分为装备模块可完成的、具体的子任务，即任务单元，以使模块资源得到最大限度的利用，这就需要对任务进行合理地描述。任务规范化处理要遵循有限性、独立性、原子性和可描述性的原则^[7]。

2) 模块的选择。采用准确度高、操作性强的模块选择方法，遵循一定的流程，在已有模块库里选取得到与任务需求相匹配的装备模块，必要时进行局部的微调 and 增加补丁。模块选择的关键是确定选择方法，可以采用“相似度计算方法”、“定性定量法”等方法^[6]。

3) 模块的组合。通过模块的组合配置，把各模块联结起来，形成一个能够协调运行、满足需求的模块化装备系统。主要内容包括设计模块的组合规则，建立任务系统的结构模式和运行机制，明确模块间的分工合作关系和信息沟通方式等内容^[6]。其中组合规则是模块化顺利实施的重要保证，在模块化系统中，通过将各个模块联系在一起，为一致的目标而共同发挥作用的就是“组合规则”，它针对模块化过程中必须保留和正确处理的关系做出了统一规定，每个装备模块都必须遵守，从而确保模块化系统的整体性。

3 模块化概念设计流程

相对于其他的概念设计，新型装备的概念设计具有一定特殊性，因此，需要根据上述模块化概念设计内容，对新型装备模块化概念设计流程进行研究。新型装备模块化概念设计是一个自上而下、自下而上的动态循环过程，要根据不同的任务需求而不断完善，根据模块化设计方法的内容表述，可以用流程图的形式清楚的描述出模块化概念设计的整个过程，如图2所示。

模块化概念设计流程的基本思路：将设计流程分为模块化分解和模块化组合2部分，以新型装备的任务需求和能力需求为基本依据，在模块化理论的指导下，基于基本功能规范和任务需求，灵活设计装备结构模块，构建模块库，最后以组合规则为依据，对装备模块进行模块化组合，实现新型装备最优化设计。

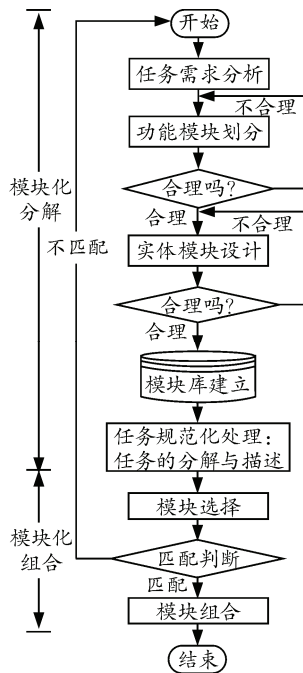


图 2 模块化概念设计流程

4 结束语

新型装备概念设计是一个范围较广的研究课题，包含的内容十分丰富。笔者针对传统装备概念

(上接第 39 页)

在 S_2 方案下，武器全部分配，无剩余，对各个目标的毁伤概率分别为 $p=[0.942\ 4, 0.942\ 4, 0.902\ 8, 0.902\ 8, 0.917\ 6, 0.918\ 6, 0.939\ 9]$ 。根据前文的效用分析，在达到期望毁伤概率后，毁伤概率的提升不能提升武器效用。全部武器用于分配，虽提升了部分目标的毁伤概率，但未带来效用的提升，且存在某些目标的毁伤概率不能达到期望毁伤概率的情形。相比之下，基于武器效用的武器目标分配模型满足目标的毁伤概率达到期望毁伤概率，并有武器剩余，能应对突现目标的威胁或补充打击未达到满意毁伤的目标，故前者的分配方案更合理。

4 结束语

笔者针对武器目标分配中的 2 个问题，通过两类武器的效用分析，把目标期望毁伤概率作为武器效用最大的起点，设置两类武器效用函数，以最大武器效用为准则，建立了武器分配的整数规划模型。该模型为线性整数规划，求解分配方案的速度快耗时少，能满足战场实际需求，且对比最大敌强毁伤准则下的分配方案，新准则下的分配方案更合理。综合上述两点优势，认为新模型具有创新意义。

参考文献:

[1] 李勇君, 黄卓, 郭波. 武器-目标分配问题综述[J]. 兵工自动化, 2009, 28(11): 1-9.

设计中存在的问题，引入模块化理论，提出了一种新型装备模块化概念设计方法，是对传统设计方法的补充。然而，由于模块化概念设计是一个动态的、综合的系统工程，涉及内容复杂，文中仅仅对设计内容和设计流程进行了分析，后续还需要对概念设计模型库、概念设计评价体系等问题进行研究，进一步提高新型装备概念设计的创新性和效率，使新型装备模块化概念设计的水平达到新的高度。

参考文献:

[1] 邹慧君, 汪利, 王石刚, 等. 机械产品概念设计及其方法综述[J]. 机械设计与研究, 1998, 14(2): 9-12.
 [2] 卡丽斯·鲍德温, 金·克拉克. 设计规则: 模块化的力量[M]. 张传良, 译. 北京: 中信出版社, 2006: 5-6.
 [3] Benassi M. Modularization in manufacturing[C]. Euram Conference, Stockholm, 2002.
 [4] 童时中. 模块化原理设计方法及应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 53-81.
 [5] 李春田. 现代模块化前沿模块化研究[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 66-82.
 [6] 吴秀鹏. 陆军部队装备保障力量模块化研究[J]. 装备指挥技术学院学报, 2010, 21(3): 31-37.
 [7] 曹裕华, 冯书兴, 徐雪峰. 作战任务分解的概念表示方法研究[J]. 计算机仿真, 2007, 24(8): 1-4.
 [2] 蔡怀平, 陈英武. 武器-目标分配(WTA)问题综述[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(12): 11-15.
 [3] 刘传波, 邱志明, 吴玲, 等. 动态武器目标分配问题的研究现状与展望[J]. 电光与控制, 2010, 17(11): 43-48.
 [4] 余有明, 刘玉树, 刘昆, 等. 混沌伪并行遗传算法及其在火力分配优化中的应用[J]. 北京理工大学学报, 2005, 25(12): 1047-1051.
 [5] 王小艺, 侯朝祯, 原菊梅. 防空火力分配建模及优化方法研究[J]. 控制与决策, 2006, 21(8): 913-917.
 [6] 丁铸, 马大为, 汤铭端. 基于禁忌退火粒子群算法的火力分配[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(9): 2480-2483.
 [7] 王磊, 倪明放, 杨宽泗, 等. 用直接比较策略的组合混沌遗传算法求解武器目标分配问题[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(1): 125-131.
 [8] Von Neumann J, Morgenstern O. Theory of games and economic behavior[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1944: 79-86.
 [9] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: an analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263-291.
 [10] 姜青舫. 现代效用及其数学模型[J]. 运筹学杂志, 1991, 10(1): 1-13.
 [11] 王艳霞. 先期毁伤准则下的防空火力分配模型与算法[D]. 南京: 南京理工大学, 2008: 49-71.
 [12] 王艳霞, 钱龙军, 郭治. 满足期望毁伤概率的防空武器目标分配[J]. 电光与控制, 2008, 15(8): 5-9.
 [13] 刘晓亮, 谭守林, 杨宁. 基于目标毁伤情况的常规导弹作战波次规划模型[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(12): 121-124.