

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.02.001

基于公理设计和创新问题解决理论的保障装备体系需求分析方法

马洪文¹, 隋博², 高艳章¹, 魏俊², 汤二伟²

(1. 军事交通学院 装备保障系, 天津 300161; 2. 军事交通学院 研究生管理大队, 天津 300161)

摘要: 针对保障装备的发展需要, 提出基于公理设计理论 (Axiomatic Design, AD) 和创新问题解决理论 (Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ) 的保障装备体系需求分析方法。介绍 AD 和 TRIZ 的概念, 遵循“需求—任务—功能—装备”的需求分析主线, 建立基于 AD 和 TRIZ 的保障装备体系需求分析模型, 利用 AD 理论进行保障装备体系的框架设计。产生需求冲突时, 应用 TRIZ 理论解决体系设计中的冲突。该方法能实现体系设计的合理性和创新性, 适用于保障装备体系需求分析。

关键词: 公理设计; 创新问题解决理论; 需求分析

中图分类号: E237 **文献标志码:** A

Method of Requirements Analysis of Support Equipment System Based on AD and TRIZ

Ma Hongwen¹, Sui Bo², Gao Yanzhang¹, Wei Jun², Tang Erwei²

(1. Dept. of Equipment Support, Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China;

2. Administrant Brigade of Postgraduate, Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China)

Abstract: Aiming at the demands of support equipment, puts forward a method of requirements analysis of support equipment system based on axiomatic design (AD) and theory of inventive problem solving (TRIZ). The concepts of the AD and TRIZ are introduced, following the requirement analysis thread of “requirement-mission-function-equipment”, proposes requirements analysis models of support equipment system, using AD designs support equipment system. When appearing requirements contradiction, using TRIZ resolves contradiction of system design. This method achieves rationality and innovation of system design, fits for requirements analysis of support equipment system.

Keywords: AD; TRIZ; requirement analysis

0 引言

未来战争是以信息化为主, 在作战单元、作战要素综合集成基础上的体系对抗, 在陆、海、空、天多维空间展开的诸军兵种联合作战成为基本的作战形式, 体系对抗将成为作战的基本特征。这种体系对抗从强调单类武器装备的高性能, 上升为着眼提高武器装备体系的整体质量和效能。在这种情况下, 作战装备体系、保障装备体系构成了完整的军事装备体系, 两者只有协调发展, 建立最佳配系, 才能保证整体作战效能的提高。

在我军装备的发展过程中, 历来强调作战需求的牵引作用。科研人员通过深入部队调研, 采取调查、对比、访谈等定性的分析方法获得部队的需求。这种自下而上的需求生成过程, 经过高层部门的规划协调后最终确定的装备需求, 装备开发出来后, 与其它装备进行集成, 只能形成局部联合的保障能力, 导致高层的军事战略得不到贯彻与落实, 各军兵种装备需求论证缺乏统一的决策依据等问题, 这种需求分析方法已经不能适应新形势的发展需要。

当前, 装备系统之间的横向集成日趋明显, 需要找到一种新的理论和方法来适应当前这种变化。

公理设计 (Axiomatic Design, AD) 是 1978 年提出的一种产品开发、设计方法, 但直到 20 世纪 90 年代才受到重视。1990 年, Suh 教授与同事提出公理设计理论, 并开始把这种理论应用于制造系统的设计领域, 逐步在企业中推广^[1]。创新问题解决 (Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ) 理论由前苏联 Altshuller 与同事于 1946 年提出。他们从 20 万份专利中抽象出了 TRIZ 解决创新问题的基本方法, 协助人们获得创新问题的最有效的解。由于公理设计理论能在过程上引导科研人员获得满意的保障装备体系需求方案, TRIZ 理论则提供了解决方案的创新方法, 故将 AD 理论和 TRIZ 理论的优势相结合, 进行保障装备体系需求分析。

1 公理设计理论和 TRIZ 理论

1.1 公理设计理论

公理设计将设计过程分成 4 个域, 即用户域 (Customer Domain)、功能域 (Functional Domain)、

收稿日期: 2010-09-06; 修回日期: 2010-11-12

作者简介: 马洪文 (1970—), 男, 河北人, 博士, 副教授, 从事装备建设与发展研究。

结构域 (Physical Domain) 和工艺域 (Process Domain)。用户域是根据用户对产品的需求进行描述; 功能域是根据用户需求进而确定的产品功能要求; 结构域是为满足功能要求而确定的设计参数; 工艺域是根据结构域的设计参数而制定的工艺过程。域与域之间的关系如图 1。

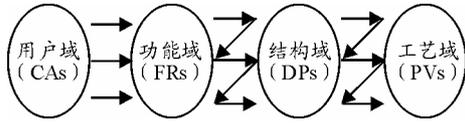


图 1 域与域之间的关系

公理设计理论中, 产品的设计开发过程是一个自顶向下的过程, 顶层概念设计形成的框架必须经过“之”形映射逐层分解, 直至设计细节。公理设计理论为决策者做出正确决策提供了 2 条基本公理, 即独立性公理和信息公理。

独立性公理是指功能被独立满足不影响其它功能, 即当有 2 个及以上 FRs 时, 设计结果必须满足 {FRs} 中的每一个而不影响到其他的 FRs, 其映射关系可以表示为 $\{FRs\} = [A]\{DPs\}$, 其中, $[A]$ 称为设计矩阵。

满足独立性公理的设计矩阵 $[A]$ 有对角阵或三角阵 2 种典型形式。当 $[A]$ 为对角阵时, 设计为非耦合设计, 非耦合设计是理想设计; 当 $[A]$ 为三角阵时, 设计为准耦合设计, 只要按照正确的顺序排列, 能够变为非耦合设计; 当 $[A]$ 为一般矩阵时, 此时设计为耦合设计, 需要重新设计。

信息公理是要使设计中的信息含量最小, 它提供给设计其价值的定量度量, 可据此选出最好的设计。

1.2 创新问题解决理论

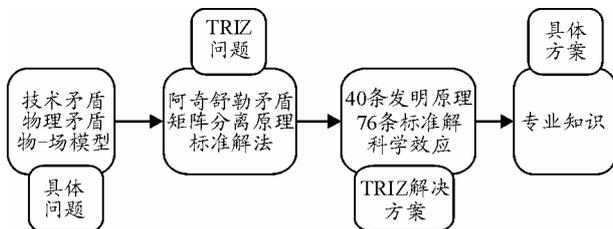


图 2 TRIZ 解决问题的过程

按照图 2 所示的箭头方向, 设计者在利用 TRIZ 解决问题时, 需要采用以下步骤:

- 1) 分析问题类型, 将具体问题上升到 TRIZ 问题。
- 2) 查询能解决 TRIZ 问题的解决方案。
- 3) 将 TRIZ 解决方案结合专业知识, 最后得到

具体问题的解决方案。

以上每一步骤都离不开使用 TRIZ 解决创新问题的基本方法。

从 TRIZ 解决问题过程的角度看, 可将基本方法分为以下 3 类:

1) 具体问题的类型。问题的存在形式可能是矛盾或其它类型。前者可归纳为技术矛盾或物理矛盾, 后者可用物-场模型来分析。

2) TRIZ 问题解决工具。按照问题的类型, 可分别用阿奇舒勒矛盾矩阵、分离原理和标准解法解决问题。

3) TRIZ 解决方案。运用不同的 TRIZ 问题解决工具可以得到不同的解决方案。包括 40 条创新原理、76 条标准解和科学效应等。

公理设计采用一套公理化的形式逻辑系统来演绎产品概念开发过程, 逻辑性强, 结构化表达是其优势所在。但它没考虑功能要求出现交互作用 (耦合) 程度问题, 也未提供分析和处理耦合设计的方法和手段, 使该理论在解决存在耦合作用的实际工程设计时产生困难。TRIZ 中的矛盾概念类似于公理设计中的功能耦合概念, TRIZ 中解决矛盾过程相当于在公理设计中的解耦过程, 因此两者有机的结合起来进行产品的设计将使得设计过程更容易^[2]。

2 保障装备体系需求模型

1) 根据未来作战构想, 提出总体保障能力 (Service Support Domain) 要求。

2) 将总体保障能力分解为子勤务, 确定勤务保障流程 (Service Task Domain)。在设计早期, 勤务保障流程制定的是否合理, 将直接影响整个设计过程的可行性。因此, 设计人员应根据我军现有作战样式、技术水平、装备现状、环境因素、经费预算等诸多限制条件, 确定合适的勤务保障流程。

3) 运用 TRIZ 将勤务保障流程映射到装备功能需求 (Equipment Capability Domain)。此时, 查找装备功能需求中是否存在问题, 如果存在, 就将其转换为 TRIZ 问题。依据 TRIZ 问题的不同类型可以选择采用 3 条解决途径。技术矛盾采用查询阿奇舒勒矛盾矩阵找到对应的创新原理; 物理矛盾采用分离原理或查询科学效应库。如果不满足两种类型的定义, 利用物-场分析法获得相应的标准解。如果勤务需求不存在问题, 直接映射到功能域。

4) 按照“之”形映射法则, 将装备功能域映射回到勤务保障流程。将进一步分解, 反复进行第 2、

3 步, 直到不能再分解为止, 最后确定所需要的装备 (Support Equipment Domain), 如图 3。

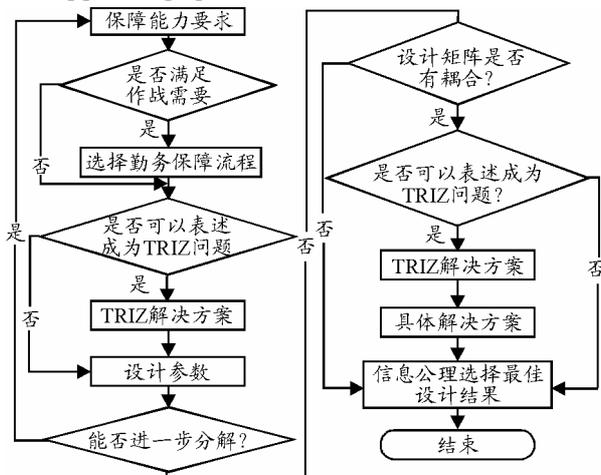


图 3 保障装备体系需求分析流程

3 实例分析

3.1 问题提出

渡海登岛战役, 是对据守海岸、海岛之敌实施的进攻作战, 是联合战役的基本样式之一。一方面, 在战时, 敌方码头港口是防御和破坏的重点目标, 夺取这些港口代价高昂, 即使夺取也难以在短时间内迅速恢复使用, 渡海输送不可避免地要面对无码头卸载的难题; 另一方面, 由于需要面临敌军完备的防御体系和防御部署, 战斗将异常激烈, 弹药、器材消耗巨大, 对后勤保障能力提出了更高要求。

有关数据表明, 弹药、军需和器材, 非常适合用集装箱运输, 而且集装箱运输安全高效, 方便快捷, 便于多式联运, 增强了物资运输的机动性和装卸效率, 必将成为军事运输的发展趋势。因此, 集装箱的无码头卸载成为一个现实而紧迫的难题^[3]。

3.2 进行保障装备体系需求分析

1) 依据可能的作战样式和保障对象, 确定保障能力要求 (SSD)。

2) 利用 TRIZ 将保障能力要求映射到勤务保障流程 (STD)。通过借鉴我军现有军交运输勤务保障流程, 在分析我军现有技术水平、装备现状、经费预算的基础上, 确定“过驳卸载—倒载装卸—近岸倒运—滩头装卸—岸滩通行—岸滩集结”这一条勤务保障流程符合我军实际。

3) 按照“Z”形映射法则, 将勤务保障流程映射到装备功能需求 (ECD), 确定装备功能为“吊装—倒运—驳运—装载—运输—堆码”^[3]。此时将装备功能映射回勤务保障流程, 依据想定、推演等手段, 查找勤务保障流程是否存在遗漏或不足。如果存在问题, 运用 TRIZ 问题解决方法, 重新确定勤务保障流程。

4) 反复进行第 2、3 步, 直到勤务保障流程顺利完成保障任务为止。

5) 根据装备的功能需求, 提出相应的装备改造或新研需求。如图 4。

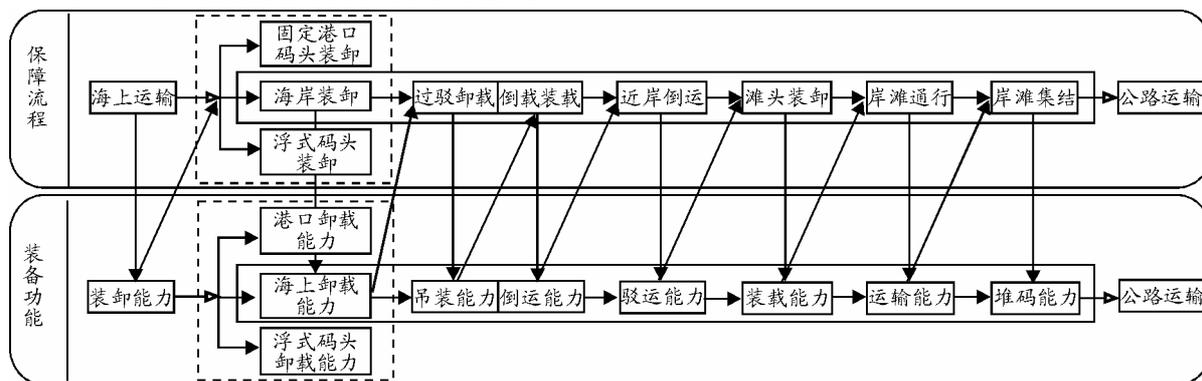


图 4 勤务保障流程到装备功能需求的“之”形映射

4 结论

该方法将 2 种理论优势互补, 实现了保障装备体系需求设计的合理性、创新性和准确性。在实际需求分析中的成功运用, 说明了该方法的科学性和有效性, 进一步推广和完善该方法, 必将对保障装备体系的创新研究提供有力支撑。

参考文献:

[1] 戴胜, 唐敦兵, 张广军. 基于公理化设计与 TRIZ 集成

的产品创新设计模型[J]. 中国制造业信息化, 2009, 38(3): 38-43.
[2] 杨红梅, 田启华. 公理设计与创新问题解决理论及其比较研究[J]. 三峡大学学报, 2007, 29(6): 536-539.
[3] 马洪文, 隋博, 魏俊, 等. 集装箱海岸装卸装备建设对策研究[J]. 物流科技, 2010, 33(6): 56-58.
[4] 刘昆仑, 沈明川. 战时武器装备采购保障工作[J]. 四川兵工学报, 2009(1): 118-119.