

一种军用直升机战技需求的灵活分析流程

辛冀¹, 孙磊², 潘寒尽²

1. 中国直升机设计研究所, 景德镇 300300

2. 陆军航空兵研究所, 北京 101121

摘要 提出了一种先整体定性分析、再分别定量分析的直升机装备顶层战技指标需求分析的工作流程。通过建立数个典型作战构想, 承接军方关键需求。结合国防部体系架构框架(DoDAF)方法论进行构想分析, 得到装备使用能力需求。引入用例思想, 将能力按逻辑关联划分为多个用例, 每一用例定义多个功能场景, 力求覆盖装备的任务和使用环境, 基于场景提取战技指标值, 借助需求与使用场景的密切关联性和追溯性, 提出了对客户和技术人员需求变更申请的快速响应工作流程。以一型假想的运输直升机为例, 对流程做举例说明。

关键词 军用直升机; 战技需求; 作战装备

军用装备的战技术需求来自对装备能力的定性和定量分析, 是工业部门与军方沟通的纽带, 是装备能力目录的核心, 对于装备系统的技术要求起到顶层牵引的作用, 由战技术需求分析得到的需求占装备研制总要求、系统规范的大部分章节。战技术需求分析基于任务需要, 通常由军方和工业部门合作, 针对新的国防威胁、新的军事战略和作战概念等方面, 着眼整个作战体系背景, 以装备论证的方式获得。因此, 一套清晰明确、覆盖完整、对不同装备适应性强、能灵活快速响应客户和技术人员需求变更的装备需求分析和变更流程, 对于提高装备

论证质量、降低研制风险、缩短研制周期乃至研制的成败, 都具有决定性作用。

国内外的军方和军工单位的学者, 围绕装备需求论证流程, 做过大量研究^[1-5]。美国在国防部牵引下, 提出联合能力开发系统(Joint Capabilities Integration and Development System, JCIDS)、国防部体系架构框架(Department of Defense Architecture Framework, DoDAF)等产品, 但其背景材料始终未予公布, 仅知道DoDAF各种视图如何绘制、如何相互印证、如何从视图中提取需求等少量简单案例, 却不知道面向装备论证的作战场景如何想定, 如何

收稿日期: 2019-09-21; 修回日期: 2020-05-30

作者简介: 辛冀, 高级工程师, 研究方向为需求工程, 电子信箱: chenlixia66@163.com

引用格式: 辛冀, 孙磊, 潘寒尽. 一种军用直升机战技需求的灵活分析流程[J]. 科技导报, 2020, 38(21): 169-176; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.21.021

统筹、如何对使用需求做出完整覆盖。

国内装备论证界,亦提出了“使命任务-体系能力-体系架构-装备能力-指标需求”^[6-7]的论证思路,使近年来的装备论证与作战需求结合更为紧密,“基于使用能力的论证”方法推广开来。但在如何从体系作战层面得到装备使用能力需求和战技指标的流程方法上,还不够成熟。需求的产生严重依赖于军方能否给出足够详细完整、数量足以覆盖装备多地区多任务运行使用的作战场景,之后的需求分析技术性和专业性偏低,突出表现为场景多、单个场景分析工作量过大、多场景分析中重复工作量多。一旦军方或工业部门对某条需求提出异议,极易造成从作战场景重新开始推敲,灵活性差、需求变更周期长。

国内有工业部门根据美国国防部JCIDS系统框架,提出了作战簇^[3]的概念,意对体系级作战分析形成专业流程,但未能形成统一标准,且仍把提出完整作战想定的要求完全推给军方,未对如何完整充分定义场景的问题提出解决办法,使军方或配合的工业部门工作量大、重复劳动仍然很多。

另外,国内军方、工业部门的军用装备需求专家通常以体系级或总体级需求分析中的之一作为研究对象,很少有专家学者从系统工程全生命周期角度出发,将体系级任务分析和装备系统级功能分析结合起来,这种研究对象的人为割裂导致各项研究均具有片面性,每一层级的研究手段均不丰富,同时也导致一型装备在体系级和系统级需求分析中,特别是场景方面重复工作很多。

本文综合运用传统装备论证、体系级需求分析和系统级需求分析的系统工程方法,提出一种新的装备战技指标分析工作流程。该流程将作战想定分成作战构构想和功能场景2个层次,先定性分解为用例,再聚焦分析各用例中场景片段的定量要求,避免了场景局部变更导致整个场景的重复定义。同时为各利益攸关者重点关心的部分规划了需求变更的局部切入方法,使整个流程无论从需求分析还是需求管理上都有明确指向,可以灵活切入。以一型虚构的军用运输型直升机装备为例,演示需求分析和需求变更响应流程的实际操作。

1 基本流程

装备战技需求分析流程概貌如图1所示。

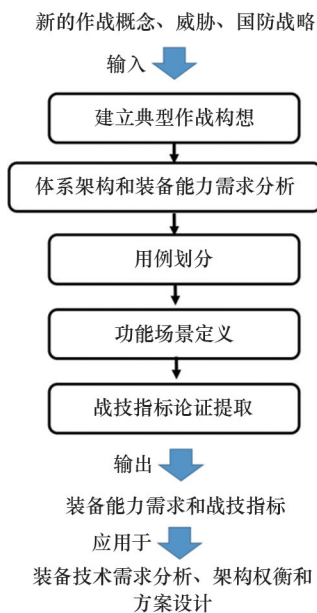


图1 装备战技需求分析流程

1.1 军方提供作战概念

目前,美军装备能力发展思路从基于任务逐步转向作战概念牵引。联合作战概念如“空海一体战”^[8]、“网络中心战”^[9]等,体系级作战能力发展需求如“远程精确打击能力”“无线电电子战攻击能力”等。

例如,围绕某型运输直升机,以体系级的“精确机动战”^[10]作战概念为例,该作战概念的内涵可概括为:精确机动作战改变了单纯地面突击的作战模式,充分发挥陆军航空兵、战役战术导弹兵、防空兵等力量优势,以积极的空中突击、空中保障等行动与地面达成空地协同和攻防协同。

对于复杂地形下的精确机动空中保障,军方经初步兵棋推演发现,该任务适合由直升机完成,而联合作战体系内缺乏适合的直升机,据此开展以下分析。

1.2 作战构想

这里的作战构想,是指符合作战概念的作战任务逻辑、作战环境和作战样式,其编制的目的是与

军方沟通、确定军方的使用期望,最终推导出装备能力需求的定性框架,它既不是军方的作战想定,也不需要严格全面地量化。

例如,在精确机动作战概念下,依照美军条令^[11],建立一个空中突击作战构想,其整体和空中支援保障的作战任务逻辑如图2所示。

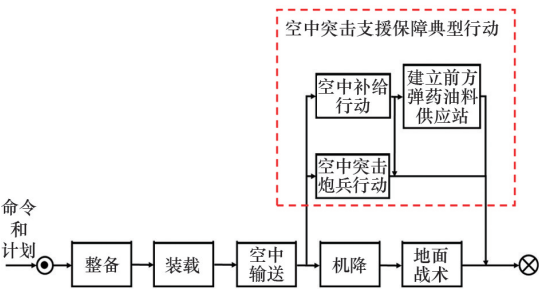


图2 美军“空中突击支援保障”作战构想逻辑过程

作战环境:平原和交通不便的多山地区。

作战样式:以直升机在复杂地形中垂直起降,通过山谷通道飞行,执行弹药油料转运任务,在内外线区域,为外线执行任务的军用直升机提供弹药油料补给。

1.3 体系架构和装备能力分析

从体系架构出发对装备能力开展分析的目的,是从作战构想这一体系任务描述开始,通过有条理(如DoDAF方法论)地分析和映射,转化为装备自身的能力和接口需求。

此处以运行视角OV(operational view)、系统视角SV(system view)和必要的补充视图为例,进行装备使用能力分析。

作战概念(采用DoDAF标准OV视角中的OV-1视图)、组织关系图(OV-4视图)、作战任务逻辑分解图(OV-5a类视图)如图3~图5所示。

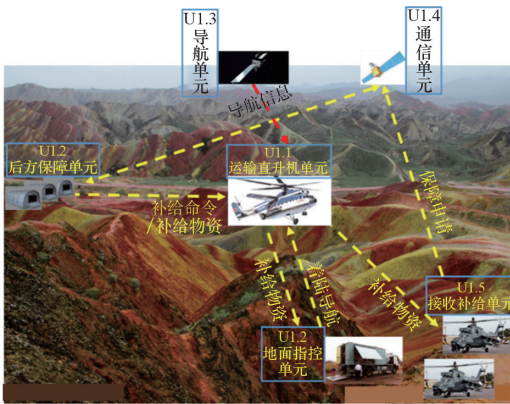


图3 体系作战概念(OV-1)

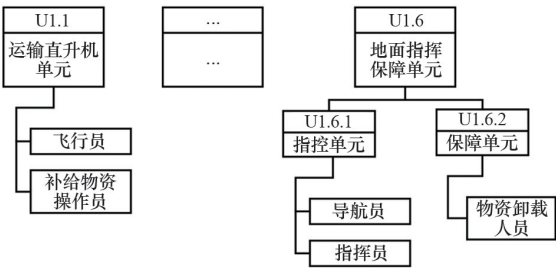


图4 体系作战单元组织关系(OV-4)

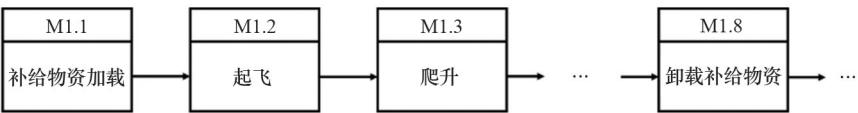


图5 体系作战流程逻辑分解示意

从每项作战任务应由哪一作战单元完成的分析中,得到作战单元对作战任务的承接关系(OV-5b类视图)如表1所示。其中,如果一作战单元对某一作战任务具有承接关系,则在二者行列交汇处以“√”表示。

图5中在逻辑上呈现顺序相继关系或者存在并行关系的任务,两两之间可能存在信息流、资源

表1 作战单元对作战任务的承接关系矩阵

作战任务	U1.1 运输直升机单元	U1.3 导航单元	U1.6 地面保障单元
M1.1 补给物资加载	√		
M1.2 起飞	√	√	
M1.3 爬升	√	√	
M1.8 卸载补给物资	√		√

流、火力流、作用力等交互关系,通过任务间交互,每项任务得以被触发或获得足够资源进行下去。经对图 5 进行分析,部分任务间的交互关系矩阵(补充视图)如表 2 所示。

装备需求分析中,对于目标装备已有基本明确的概念,因此这里直接做任务/作战单元向系统/系统功能的映射(采用 DoDAF 标准中的 SV 视角中的 SV-5b 视图),如表 3 所示。

表2 各任务间交互关系矩阵

交互关系编号	交互关系中的输出任务	交互关系中的输入任务	交互内容描述
L1.1	M1.1 物资装载	M1.2 起飞	信息流:物资装载完毕提示信息
L1.2	M1.2 起飞	M1.3 爬升	信息流:已经起飞离地提示信息
L1.3	M1.7 进场	M1.8 卸载补给物资	信息流:已经抵达可以卸载物资高度

表3 任务/作战单元向系统/系统功能的映射矩阵

系统节点	任务功能	U1.1		U1.2	...
		运输直升机单元		地面指挥控制单元	
		起飞爬升	卸载物资	卸载物资	
XX 运输直升机系统	起飞爬升	√			
	航线飞行				

	自主搜索着陆位置信号				
地面指挥保障系统	自动卸下油料		√		
	接收油料			√	

由此得到运输直升机系统功能列表(局部)(SV-4a 视图):(1) 运输直升机系统应具备起飞爬升功能;(2) 运输直升机系统应具备自动卸下油料功能;(3)运输直升机系统应具备自主搜索着陆位

置指示信号功能;(4)运输直升机系统应具备自动卸下油料功能。

运输直升机系统各项功能对系统内外其他功能的接口(局部)(SV-1 视图)如表 4 所示。

表4 运输直升机系统各功能对系统内外其他功能的接口

系统接口编号	对应信息流编号	输出系统	输出系统功能	输入系统	输入系统功能	接口描述
I1.1	L1.1	XX 运输直升机系统	物资装入功能	XX 运输直升机系统	起飞功能	物资装载完毕信息
I1.2	L1.2	XX 运输直升机系统	起飞	XX 运输直升机系统	爬升	已经起飞离地提示信息
I1.3	L1.3	XX 运输直升机系统	自动卸下油料功能	地面指挥保障系统	接收油料功能	油料

因为一项任务可能映射到多项系统功能,因此同一任务内可能还存在多个系统功能之间的交互关系和接口需求,需要单独分析,在此不再赘述。

1.4 用例划分

参考系统工程的 Harmony SE 方法论,在全方位分析系统的运行使用时,先将逻辑上密切关联的几项使用功能归到一块,形成“用例”。在用例下再想定功能运用场景(具体的功能流片段),可以起到聚焦作用,避免大量无关功能之间因排列组合产生的海量场景,降低工作量,促进需求分析全面。

上述分析结果中,运输直升机的“起飞爬升”“航线飞行”2项功能与直升机商载重量、地形环境关联紧密,而几乎不受诸如装卸载、地形探测、机动能力、自动补给等其他功能影响,可以合并为“飞赴

目的地”用例。
1.5 功能场景定义
在“飞赴目的地”用例下,根据平原和多山两种地形需求,定义功能场景信息如表5所示。

表5 场景信息

系统用例	场景编号	起飞地形	起飞气象	起飞航迹	平飞地形信息	平飞气象信息
用例1: 飞赴目的地	场景 1-1	海拔 3000 m	等效海平面温度 15℃, 侧风或危险方向来风	有地效悬停	4000 m,依山势	15℃, 侧风 7 级
	场景 1-2	海拔 100 m	等效海平面温度 40℃, 侧风或危险方向来风	有地效悬停	1000 m,平原	30℃, 侧风 5 级

1.6 装备战技指标提取

装备系统的战技指标类型来自于功能在场景中的匹配分析,指标值可以来自于场景直接提取、专家打分、标准规范中提取、效能反推。因重点在于流程介绍,故此处仅以直接提取为例。

以起飞功能和场景 1-1 为例,提炼其中的性能指标种类和数值,如表6所示。
在专业设计员的配合下,将一个用例中、多个功能场景的同类性能指标进行归并,得到最终的装备某一项战技指标需求。

表6 功能指标分析矩阵

功能需求	场景编号	指标 1	指标 3	指标 4
		有地效起飞最大商载+油量重量-海拔高度	起飞最大抗侧风	起飞地点温度
起飞功能	场景 1-1	(重炮炮身拆解)3000 kg-3000 m (油 500 kg)	7 级侧向来风	15℃

2 需求变更响应流程

需求变更主要来自装备的利益攸关者,这里主要归纳两大类:(1) 军方的一线部队和军事科学研究人员;(2) 军方装备部门和工业部门专业人员。前者主要针对作战构想和场景中作战样式的合理性,提出需求变更意见,后者主要针对功能需求和性能指标的可实现性,提出需求变更意见。

2.1 对作战使用类需求变更意见的响应

如图6流程所示,在收到对作战样式的修改意见时,需求分析人员必定能在定性的任务逻辑分解(OV-5 视图)中找到该意见的指向,然后即根据该修改意见,修改相关的任务逻辑片段。进而修改任务片段可追溯到的功能和场景,分析得到变更后的

指标需求。按此流程,每次采纳修改意见后,都只是对之前需求成果和结论的一个局部进行修改。

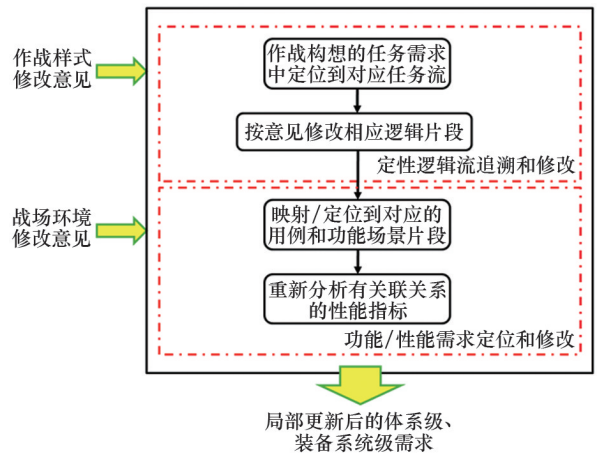


图6 对作战使用类需求变更意见的响应流程

当一线部队、军事科研人员围绕作战样式提出新的战场环境时,需求分析人员可以直接找到与该环境相关的功能场景,重新分析、对性能指标进行修改。

假如,若有专家对作战样式提出修改意见——应增加“山地中的地面滑跑起飞”功能场景,即可在任务分解逻辑流中加入逻辑选项“悬停起飞或滑跑起飞”。滑跑起飞的目的是提高任务商载,除起飞外,主要还对平飞产生影响,则可以定位到“飞赴目的地”用例下的各种“起飞+平飞”类场景,对应增加滑跑起飞功能场景,并根据场景的变化,修改场景中相关功能的指标(如场景涉及到平飞功能,即应分析修改平飞功能的指标)。

如果按照传统体系需求分析方式,在专家要求增加作战样式时,需要重新定义至少3个从滑跑起飞-执行任务-降落的任务场景(平原山谷滑跑起飞、高原山谷滑跑起飞、舰面滑跑起飞),对每个场

景再完成一遍如图1中介绍的5步分析流程。而灵活分析流程只需完成最后2步——功能场景定义和战技指标提取。工作量降低了3/5以上。

各项修改如图7、表7、表8所示。

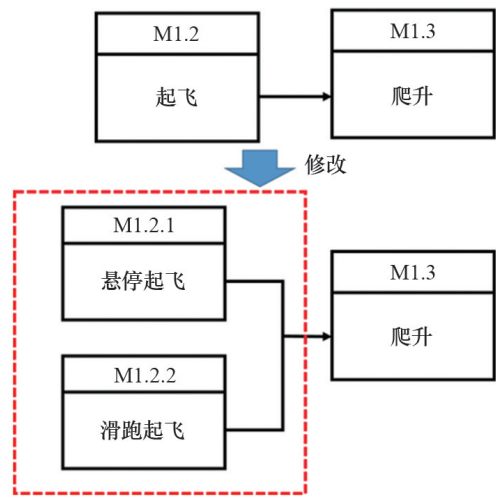


图7 任务逻辑流修改示例

表7 增加滑跑起飞后的场景信息表

系统用例	场景编号	起飞气象	起飞航迹	...	平飞地形	...
用例1: 飞赴目的地	场景 1-1(1)	温度 15℃, 7级侧风	有地效悬停	...	海拔 4000 m	...
	场景 1-1(2)	温度 15℃, 7级侧风	滑跑起飞	...	海拔 4000 m	...

表8 对增加场景的功能开展相关的性能指标分析

功能需求	场景编号	指标 1	指标 2	指标 3	...
		有地效起飞最大商载+油量重量-海拔高度	起飞最大抗侧风	起飞地点温度/℃	
起飞功能	场景 1-1(1)	(重炮炮身拆解)3000 kg-3000 m(油 500 kg)	7级侧向来风	15	...
	场景 1-1(2)	(重炮炮身拆解)3500 kg-3000 m(油 500 kg)	7级侧向来风	15	...

平飞功能	场景编号	指标 1	...	...	...
		有地效起飞最大商载+油量重量-海拔高度			
	场景 1-1(1)	...	...	...	...
	场景 1-1(2)	(重炮炮身拆解)3500 kg-3000 m(油 400 kg)	...	...	...

假如有专家对起飞环境提出修改意见,同样定位到“飞赴目的地”用例下功能场景中与之相关的“起飞地形信息”一栏,重新修改,推出新的性能指标,然后将其重新归并。

2.2 对专业技术类需求变更意见的响应

如图8所示,在装备部门人员、工业部门专业人员对功能需求提出修改意见时,需求分析人员将向上追溯,考察相应的任务和任务逻辑部分,专业

人员满意的替代功能流是否可以完成而不影响任务效果。在专业人员对性能需求提出修改意见时,需求分析人员将追溯到原性能需求不再能被满足的那些功能场景中,重新开展需求建模、效能评估和多指标权衡。如该功能相关场景的任务效果无法通过指标调整来满足,则继续向上追溯到任务逻辑,寻找新的功能流方案来实现。

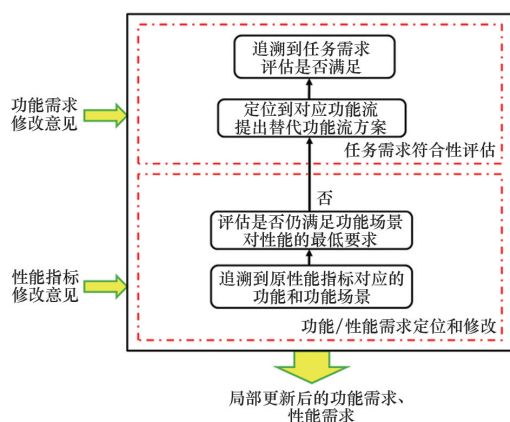


图8 对专业技术类需求变更意见的响应流程

例如,若有专业技术人员认为,性能指标“垂直起飞最大商载-海拔高度”选取为3000 kg-3000 m(油500 kg)是无法实现的,则定位到“场景1-1”当中,考虑多种场景替代方案如“同等重量滑跑起飞”或“降低商载至2500 kg”等;然后与任务需求分析人员协调,探讨哪种变更仍能满足使用需求,以任务需求负责人员最为认可的方式进行更改。

3 结论

1) 以“作战构想-用例-功能场景”为载体,先定性牵引,后局部聚焦、定量分析的战技需求分析方法,充分考虑了需求技术实施的前后顺序和由简到繁设置军方评审里程碑节点的需要,既提供了适合与军方沟通的基础材料,又形成了具有覆盖性的战技需求分析工具。

2) 引入系统用例的概念,对同类功能按使用关联紧密程度进行分类,并据此聚焦开展各项功能相关指标的量化分析,降低了战技指标分析的场景数量和工作量。

3) 提出的流程的需求论证质量不再完全依赖于军方能否提供详细的作战场景,对来自客户和工业部门等不同来源、需求分析流程不同节点处产生的外部需求变更意见均能快速定位、局部处理,相比传统流程更加灵活。

参考文献(References)

- [1] 张兵志, 郭齐胜. 陆军武器装备需求论证理论与方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [2] CJCSI3170.01I: Joint capabilities integration and development system[R]. Washington, DC: Department of Defense, 2015.
- [3] 曲迪, 徐励, 韩素颖. 基于能力的联合作战指挥信息系统需求分析方法[J]. 指挥信息系统与技术, 2016(4): 21-27.
- [4] 彭耿, 周少平, 刘磊. 基于DoDAF的侦察卫星支援对海打击作战视图研究[J]. 火力与指挥控制, 2017(4): 71-74.
- [5] 余舟川, 胡高平, 詹武. 基于UPDM的合同对海突击作战信息流程建模与仿真研究[J]. 舰艇电子工程, 2019(9): 81-85.
- [6] 赵凯, 郭齐胜, 樊延平. 装备需求论证本体元建模方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2017(1): 1-7.
- [7] 于洪敏, 于同刚, 孙志明. 基于能力的武器装备体系需求生成框架研究[J]. 军械工程学院学报, 2010(2): 23-29.
- [8] 夏宇轩, 黄高明, 黎铁兵. 美“空海一体战”发展变化简析[J]. 海军工程大学学报, 2016(2): 56-59.
- [9] 戴剑伟, 张欣怡. 网络中心战能力实现方法[J]. 兵工自动化, 2016(9): 57-61.
- [10] 闫永春. 由陆制权: 处于十字路口的陆军及其战略理论[M]. 北京: 解放军出版社, 2014: 120-130.
- [11] US Department of the Army. Field manual(FM)3-04.111: Aviation brigades[R]. Washington, DC: Government Printing Office, 2017.

An agile analysis process for military helicopter tactical and technology performance requirements

XIN Ji¹, SUN Lei², PAN Hanjin²

1. China Helicopter Research and Development Institute, Jingdezhen 300300, China

2. Chinese People's Liberation Army Aviation Institute, Beijing 101121, China

Abstract A requirement analysis process characterized by first whole qualitative analysis then separate quantitative analysis is proposed. Several typical operational concepts are set up and military key requirements are defined by them. Through using the DoDAF framework to analyze the operational concepts, equipment operational capabilities requirements are obtained. The use case method is incorporated and the capabilities are separated into several use case teams. Each use case defines a few functional scenes, by which the missions and operational environments are covered and from which the tactical and technical performance requirements are all drawn. By means of the tracing relativity between requirements and scenes, an agile requirement change process for responding to customers and technical staff demands is proposed. A hypothetical transport helicopter is taken as an example to interpret the process.

Keywords military helicopter; tactical and technical performance requirements; military equipment ●



(责任编辑 王志敏)