

文章编号: 1002-0640(2009) 08-0024-06

作战使命分解与任务建模方法*

杨世幸¹, 阳东升¹, 张维明², 黄金才²

(1. 海军兵种指挥学院, 广东 广州 510431, 2. 国防科技大学 C⁴ISR 技术重点实验室, 湖南 长沙 410073)

摘要: 为解决联合作战计划的多样性、复杂性与不确定性, 在计划的基础工作上, 定义了基本概念, 包括作战想定、作战使命、子任务与元任务, 提出了任务描述方法、使命分解原则与分解方法, 实现了不同分解方法在结果上的同一性, 为作战计划的标准化、程序化与智能化奠定了基础。

关键词: 作战使命, 分解, 作战任务

中图分类号: C394 **文献标识码:** A

Research on Method of Mission Decomposition and Task Modeling

YANG Shi-xing¹, YANG Dong-sheng¹, ZHANG Wei-ming², HUANG Jin-cai²

(1. College of Naval Arms Command, Guangzhou 510431, China,

2. The Key Laboratory of C⁴ISR Technology, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract To solve the variety, complexity and uncertainty of joint campaign plan, we define basic conceptions including combat scene, mission, subtask and meta-task, which is based on the groundwork of plan. The method of task described and the principles and technique of mission decomposition are presented to solve identity of outcome from different decomposition technique. These work settled the foundation of standardization, formality and intelligentizing of plan.

Key words combat mission, decomposition, combat task

引 言

在作战计划领域, 使命分解与任务建模是计划确定性与定量研究的基础工作。不管是作战方案规划, 还是任务计划与资源调度, 其首要工作是建立对作战使命的解释, 分解抽象的作战使命, 建立具体的可执行的作战任务, 这一工作也可以理解为对作战意图的理解, 达成认知的共享^[1]。尽管在不同的作战域上存在不同的计划模式与方法, 但在这一点上是不存在争议的。

目前, 在作战计划领域主要存在三个方面的困难^[2,3]: 一是计划的多样性导致计划协调困难。计划的多样性体现在不同的军兵种有各自的计划模式与

方法, 由此导致联合作战计划的复杂性, 难以协调各军兵种各自的计划^[4,5]。二是计划求解的复杂性。通常, 计划问题都是 NP 难问题, 只能权衡计算的复杂性与解的优越性而搜索其次优解。三是计划的不确定性。计划的不确定性因素之一就是联合作战使命分解实施不同的方法得到不同的结果, 从而导致截然不同的计划结果。如何解决计划领域三个方面的问题? 在文献 [6-8] 中, 尝试以组织行为来理解计划问题, 但仍没有建立计划的标准流程与方法, 只是针对具体的联合作战建立了计划描述与求解途径之一。

1 基本概念

定义 1 作战想定

作战想定包含丰富的作战信息, 包括作战环境、作战态势、作战部队与武器装备、作战背景事件等因素, 作战想定是指指挥决策人员拟制任务计划的依据。对指挥员来说, 作战想定是一道作战命题的所有

收稿日期: 2008-07-09 修回日期: 2008-10-12

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60504036)

作者简介: 杨世幸 (1966-), 男, 广东阳江人, 副教授, 主

要研究方向: 作战指挥、水面舰艇战术理论。

已知条件和边界条件,指挥员的任务是依据具体的命题设问来解答这道命题,给出解的要素。解的要素包括**任务执行计划**、**作战单元的协同方案**、**指挥控制关系**、**信息协作关系**、**指挥与通信保障方案**等等,解的要素是**对分布作战体系所有要素的概括**。

定义 2 作战使命

作战使命是某级指挥员或区域指挥员领受的本级或本域作战任务,现实中作战使命通常是上级意图的体现。作战使命是宏观的、笼统的,甚至模糊的,无法为基层作战单元理解和执行,使命的执行需要某级或域指挥员进行详细分解和解释,同时界定基层执行单元执行具体任务的行为边界。作战使命是指挥员所面临作战命题的设问。

定义 3 子任务

子任务是使命分解过程中的中介任务结点,辅助建立使命分解和细化思路,子任务可以继续分解为元任务和子任务。如图 1 所示。

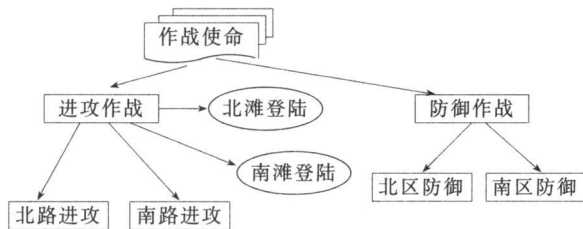


图 1 使命分解的子任务示意图

定义 4 元任务

元任务是无须进一步分解执行的任务,如果继续分解则导致执行该任务的兵力单元也需要进行细分,如滩头登陆任务继续分解,按功能分解为滩头登陆的进攻和防御则需要滩头登陆部队继续细分为防御支援分队和进攻分队;按目标分解为滩头破障、滩头阵地建立和阵地驻守,同样,这些任务的执行需要登陆部队兵力的继续分解(如图 2 所示)。

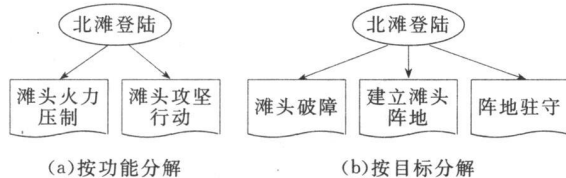


图 2 元任务分解示意图

一次作战行动通常是元任务的集合,记集合为 $MT = \{mt_0, mt_1, mt_2, \dots, mt_K\}$ (K 为集合中的元任务数量)。元任务的基本属性包括任务处理的**能力需求**、**任务处理的时间需求**、**任务的区域位置**和**任务的优先顺序**。

一体化联合作战条件下,任务的处理通常需要多种能力的协同执行。元任务的能力需求可以采用

矢量描述。对一次具体的战役行动,元任务在能力需求上与作战资源的能力分类相一致,即矢量维度与资源划分种类相同。记元任务 mt 能力需求矢量为 RC , 则 $RC = [rc^0, rc^1, rc^2, \dots, rc^H]$ (H 为分布式作战体系中的能力维度,亦即作战资源划分的种类)。元任务处理的时间需求是规定的任务处理时间窗口,记元任务 mt 的时间需求为 rt_i , 元任务的实际处理时间为 it , 则只有 $rt_i \geq it$ 的情况下元任务才算被成功处理。

元任务的区域位置是任务区域的中心战坐标位置,以坐标形式表示,即元任务 mt 的区域位置可表示为 (x_i, y_i) 。

元任务的属性数据通常以数据表的形式描述,如表 1 所示(见下页)。元任务的优先顺序表示元任务执行的序列关系,元任务间可能存在串行或并行关系,不允许存在循环链接,因此元任务间的序列关系通常采用图表示,元任务的序列关系图描述了任务执行的先后顺序,如图 3 所示。

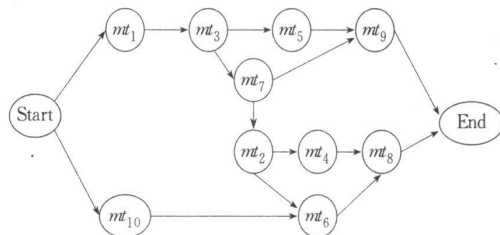


图 3 任务序列图

定义 5 作战资源

作战资源是分布环境中指挥员可用于指挥作战的凭借。作战资源可以是**作战实体资源**,如坦克、飞机、舰艇等等,也可以是信息资源,如态势信息、指挥信息(命令、计划)、决策信息等等。在战役计划层次上,对资源的管理通常根据作战样式来划分资源类型,如防空作战资源、反潜作战资源、反舰作战资源、电子战资源、指控战资源等等。资源类型的划分是作战单元能力分析的依据,记资源类型划分为 ty_1, ty_2, \dots, ty_n 。

定义 6 作战单元

作战单元是作战资源能力的载体,分布作战环境中作战单元可以是控制作战平台资源的结点,也可以是某一级别上单独作战的建制部队,如步兵连、坦克连、工程兵分队等等。作战单元没有固定的编制形式和装备配备,而是根据作战指挥组织的需要定义作战单元,通常,作战单元是区域分布上相对集中的力量集合体,如舰艇平台、飞机平台、陆军连级建制等等。

表 1 元任务属性数据表

属性参数 元任务标识	能力需求矢量								处理时间	区域
	rc_1	rc_2	rc_3	rc_4	rc_5	rc_6	...	rc_h	需求 (h)	(x, y)
mt_0	0	1	1	9	16	14	...	0	8.6	(24, 60)
mt_1	0	0	0	10	13	10	...	0	8.8	(28, 73)
mt_2	0	1	1	11	15	13	...	0	9.7	(28, 83)
mt_3	2	0	0	3	0	6	...	0	14.9	(28, 73)
mt_4	0	1	0	0	0	5	...	0	7.2	(29, 89)
mt_5	1	1	0	2	1	11	...	0	9.7	(27, 39)
...
mt_n	1	1	0	2	0	0	...	8	9.7	(27, 39)

表 2 作战单元属性数据表

属性参数 单元标识	作战能力 (e, l)								行进速度	区域	功能状态	价值成本	可获取数量	最大战术任务负载
	$c_1(e, l)$	$c_2(e, l)$	$c_3(e, l)$	$c_4(e, l)$	$c_5(e, l)$	$c_6(e, l)$...	$c_h(e, l)$	(v)	(x, y)		(vc)		
p_0 驱逐舰	(2, 6)	(2, 8)	(1, 1)	0	(2, 9)	(1, 5)	0	0	4	(18, 37)	1	5.5	6	5
p_1 护卫舰	(1, 1)	(1, 4)	(2, 10)	0	(1, 4)	(1, 3)	0	0	4	(25, 65)	2	4.5	8	4
p_2 巡洋舰	(3, 10)	(2, 10)	(2, 1)	0	(2, 9)	(2, 5)	0	0	4	(45, 78)	2	6	4	7
p_3 工程兵	0	0	0	(1, 2)	0	0	...	0	1.5	(25, 58)	1	4	5	3
p_4 步兵连	(1, 1)	0	0	(3, 10)	(2, 2)	(1, 2)	...	0	1	(29, 89)	2	4	5	3
p_5 扫雷舰	0	(1, 5)	(2, 1)	0	0	(1, 5)	0	0	4	(27, 39)	2	4.5	6	4
...
p_m 救援队	0	0	0	(2, 2)	0	0	...	0	2	(37, 39)		3	3	3

(m 为作战单元数量)

(注: 表中的最大战术任务负载是指全功能状态下的战术任务负载)

2 作战想定

红方部队已经封锁了环岛附近的主要海域,计划进行一次抢滩登陆作战行动,占领蓝方目标一(港口)和目标二(机场),适合登陆的海滩阵地有两处,南滩和北滩(如图所示),据侦察南滩和北滩附近海域都有布雷。南滩登陆受敌机场起飞的飞机威胁,南滩阵地经南路可达目标二(机场),途中存在雷区和驻防敌军部队的威胁;北滩登陆受北滩附近高地的火力点威胁,由北路行进可达目标一(港口),北路行进受敌增援部队的威胁,敌增援部队位于北路以西,北路的增援必须经过两座桥梁才能阻挠红方部队的北路行进。红方在海域的行动受蓝方港口小型舰艇的威胁,小型舰艇藏匿于港口附近复杂的海域,红方部队的行动必须防御其骚扰。在机场和港口附近可能存在移动的导弹发射车队和固定的导弹阵地,在抢占机场和港口过程中需要防御移动和固定导弹阵

地的威胁。

想定态势如图 4所示。

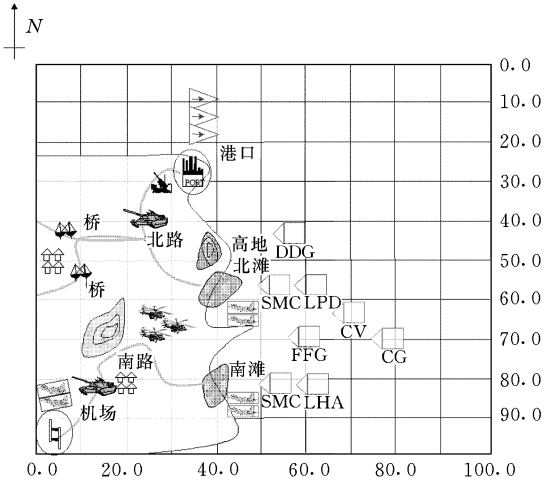


图 4 作战态势图

案例中的作战资源包括如下作战平台与力量单元:① 近距离空中支援作战单元 (简称: CAS;数量:

3);② 两栖工兵连 (简称: ENG; 数量: 2);③ 步兵连 (简称: INF; 数量: 4);④ 医疗救援直升机分队 (简称: MED; 数量: 3);⑤ 护卫舰 (简称: FFG; 数量: 1);⑥ 驱逐舰 (简称: DDG; 数量: 1);⑦ 航空母舰 (简称: CG; 数量: 1);⑧ 巡洋舰 (简称: CV; 数量: 1);⑨ 两栖攻击舰 (简称: LHA; 数量: 1);⑩ 两栖船坞登陆舰 (简称: LPD; 数量: 1);⑪ 基地 (简称: BASE; 数量: 1);⑫ 舰载战斗机 (简称: VF; 数量: 3);⑬ 特种作战分队 (简称: SOF; 数量: 1);⑭ 两栖突击车 (简称: AAAV; 数量: 2);⑮ “鱼鹰”直升机 (简称: MV-22; 数量: 2);⑯ 扫雷舰 (简称: SMG; 数量: 1);⑰ 侦察卫星 (简称: SAT; 数量: 1)作战资源之间的搭载关系如图 5 所示。

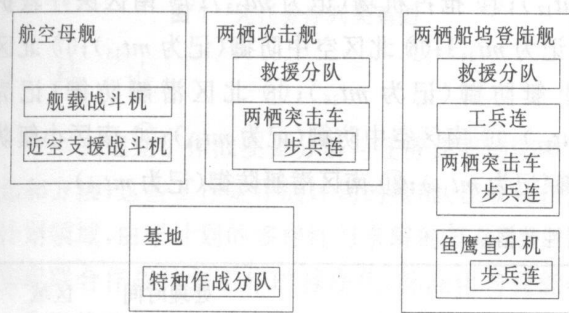


图 5 作战资源间的搭载关系

案例中的作战能力可以划分为以下 10 个方面:

① 防空作战能力 (c_1);② 反舰作战能力 (c_2);③ 反潜作战能力 (c_3);④ 地面进攻能力 (c_4);⑤ 火力支援能力 (c_5);⑥ 重装攻击能力 (c_6);⑦ 阵地坚守防御能力 (c_7);⑧ 攻势布扫雷作战能力 (c_8);⑨ 医疗救护能力 (c_9);⑩ 纵深侦察与引导能力 (c_{10})。因此,作战资源的能力矢量可表示为 $C = [c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9, c_{10}]$ 。作战资源的数据属性如下页表 3 所示。

3 作战使命分解与任务建模

体系的使命分解是建立分布式作战体系的具体需求,为作战资源的集成提供依据。作战体系使命分解的目标建立作战资源集成所需要的元任务模型。本节重点讨论作战使命分解方法与原则,以及作战元任务建模途径。

3.1 作战使命分解

任务源于作战使命的分解。作战使命不同的分解方法(如目标分解、功能分解、域分解和混合分解,等等)确定不同的任务起点和不同任务类型,同样,不同的分解粒度也确定不同的子任务集合。通常,任务规划设计者对具体分解技术和模型粒度(在任务分解里的任务量)的选择应视设计过程的计算效率

和其支持算法而定。在确定模型粒度的条件下,使命分解得到的结果是类似的,尽管伴随有不同的分解方法。

3.1.1 分解原则

原则 1 分解粒度原则

使命分解过程中,分解得到子任务,当子任务的执行需求与作战资源的能力矢量关联时即作为元任务而不再继续分解。以上节的作战想定为例,案例中的攻占高地元任务,其执行需求包括地面部队的进攻作战能力(c_4)和其他作战单元的火力支援能力(c_5),其能力需求矢量可表示为 $R = [r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7, r_8, r_9, r_{10}] = [0, 0, 0, 10, 14, 0, 0, 0, 0, 0]$ 。

原则 2 目标原则

使命分解过程中,以打击或占领目标为依据进行子任务的分解,各目标的实现或执行必须为元任务之一,如本案例中目标——抢占机场和港口在不同分解技术和方法的结果均为元任务。

原则 3 作战空间维度原则

子任务的分解过程,从作战空间的维度(包括海、陆、空等)进行进一步的分解,以全面考虑作战子任务执行可能的遭遇,如案例中的滩头登陆可能遭遇有水面舰艇的袭击、海域雷区的威胁、滩头阵地的威胁以及附近高地的威胁等。

原则 4 阶段划分原则

作战阶段划分是对作战过程与序列行动的考虑,在子任务分解过程中从子任务执行或实现的阶段划分来考虑是否需要进一步分解得到元任务,如本案例的功能分解技术,子任务进攻作战首先需要清除海域水雷、控制或压制滩头附近的高地,然后进行滩头登陆。

原则 5 作战区域或作战方向原则

作战区域或作战方向原则是对作战兵力行进以执行子任务过程可能的路径选择、行进方向选择和作战区域选择的考虑,如本案例中实现目标的滩头登陆子任务可选方向和地域有南滩和北滩,在防御上有南区防御和北区防御。

原则 6 优先原则

以上原则在使命分解过程中,在采用不同分解技术时如果存在冲突情况下,其优先顺序为原则 1→原则 2→原则 3→原则 4→原则 5,以确保分解结果的一致性,亦即分解得到相同的元任务集合。

3.1.2 分解方法与实例

在使命分解上有多种分解方法与途径,如按目标分解、按功能分解、按区域分解、按作战维度分解、

按作战方向分解等等。在对具体的作战使命分解过程中,通常没有完全单一的分解结果,而是多种分解方法交替使用的分解结果,如对登陆作战使命采用目标分解为占领主要目标,而对子任务(占领登陆目标)的进一步则可按功能分解为对目标的进攻作战和防御作战。如果在使命分解过程中在大的方面或主要问题采用了某种分解方法,称之为某方法的分解结果(如图 6所示)。

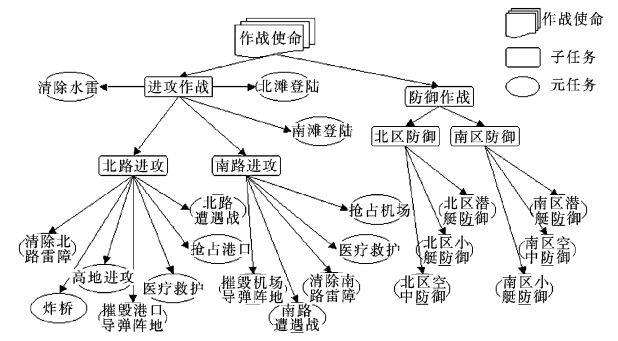


图 6 功能分解图

3.2 任务模型

以上节的作战想定为例,根据不同分解途径与方法得到如下任务元分析集合:

- ① 清除登陆海区水雷(记为 mt_0);
- ② 对北滩高地实施火力压制和特种作战行动,支援北滩登陆行动(记为 mt_1);
- ③ 实施北滩登陆(记为 mt_2);
- ④ 实施南滩登陆(记为 mt_3);
- ⑤ 清除北路雷障(记为 mt_4);
- ⑥ 北路遭遇战,可能与敌方装甲部队遭遇(记为 mt_5);
- ⑦ 炸桥,阻止敌方增援部队过河(记为 mt_6);
- ⑧ 摧毁港口导弹阵地(记为 mt_7);
- ⑨ 北区医疗救护(记为 mt_8);
- ⑩ 抢占港口(记为 mt_9);
- ⑪ 清除南路雷障(记为 mt_{10});
- ⑫ 南路遭遇战,可能与敌方装甲部队遭遇(记为 mt_{11});
- ⑬ 摧毁机场导弹阵地(记为 mt_{12});
- ⑭ 抢占机场(记为 mt_{13});
- ⑮ 南区医疗救护(记为 mt_{14});
- ⑯ 北区空中防御(记为 mt_{15});
- ⑰ 北区小艇防御(记为 mt_{16});
- ⑱ 北区潜艇防御(记为 mt_{17});
- ⑲ 南区空中防御(记为 mt_{18});
- ⑳ 南区小艇防御(记为 mt_{19});
- ㉑ 南区潜艇防御(记为 mt_{20}).

表 3 元任务属性数据

元任务标识	能力需求矢量										处理时间 需求 (h)	区域 (x,y)
	rc1	rc2	rc3	rc4	rc5	rc6	rc7	rc8	rc9	rc10		
mt0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	6	(56, 60)
mt1	0	0	0	10	13	10	6	0	0	0	8	(36, 50)
mt2	0	0	0	11	15	13	0	0	0	0	4	(43, 52)
mt3	0	0	0	13	14	12	0	0	0	0	4	(41, 80)
mt4	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	4	(26, 50)
mt5	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	3	(30, 42)
mt6	0	0	0	8	6	0	0	4	0	10	2	(10, 58)
mt7	0	0	0	0	0	8	0	0	0	6	6	(30, 30)
mt8	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	5	(30, 50)
mt9	0	0	0	20	10	4	0	0	0	0	4	(35, 25)
mt10	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	4	(31, 81)
mt11	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	4	(14, 84)
mt12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	6	6	(11, 95)
mt13	0	0	0	20	11	5	0	0	0	0	4	(8, 92)
mt14	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	5	(18, 82)
mt15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	全时	(55, 30)
mt16	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	全时	(45, 21)
mt17	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	全时	(55, 25)
mt18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	全时	(50, 60)
mt19	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	全时	(47, 54)
mt20	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	全时	(42, 80)

(表中全时指使命执行的整体过程持续时间)

元任务集合中各元任务的属性数据如表 3 所示。

元任务间的顺序关系如图 7 所示。

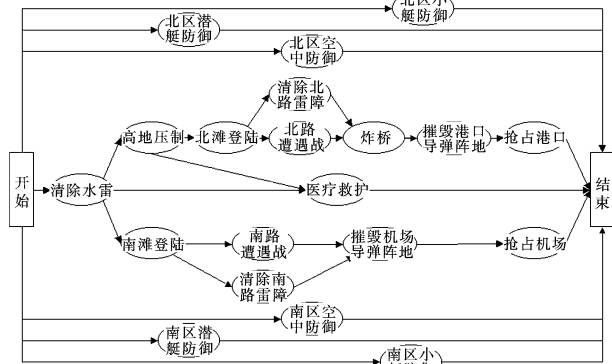


图 7 元任务序列关系图

4 结 论

本文建立了作战使命分解与任务建模的基本概念和方法,这些工作是作战计划的基础。在联合作战计划领域,由于计划的多样性与求解的复杂性,如何实现联合作战计划工作的程序化、标准化与智能化一直困扰着作战计划的研究学者们。本文的工作旨在尝试建立作战使命分解与任务建模的标准化模型与方法,在实现途径上通过在使命分解上建立分解基本原则与方法,给出了不同分解方法得到同一结果的途径,并结合联合作战的想定进行了分析。

参考文献:

- [1] 阳东升,张维明,刘 忠,等. 战役任务计划的数学描述与求解算法研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(1): 26-35.
- [2] Yang D S, Lu Y L, Liu Z. Research on Algorithms of Task Scheduling [C]// In Proc. of the IEEE International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE Press, Shang Hai, 2004 42-47.
- [3] Yang D S, Zhang W M, Liu Z. Task Allocating Among Group of Agents [C]// WI 2004. IEEE Press, Bei Jing, 2004 574-579.
- [4] 卜先锦,阳东升. 作战过程设计策略及其优选模型 [J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(5): 8-12.
- [5] 刘宏芳,阳东升. 基于任务的战场实体资源裁减方法研究 [J]. 计算机仿真, 2006, 23(7): 37-39.
- [6] 阳东升,张维明,刘 忠,等. C2组织的有效测度与设计 [J]. 自然科学进展, 2005, 15(3): 349-356.
- [7] 阳东升,张维明,刘 忠,等. C2组织结构: 平台任务关系设计 [J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(3): 9-13.
- [8] 阳东升,修保新,彭小宏,等. 信息时代战场兵力组织的运作分析与设计 [J]. 国防科技大学学报, 2005, 27(2): 111-117.
- [9] 刘宏芳,阳东升. 基于任务的战术态势概念模型研究 [J]. 兵工自动化, 2006, 25(4): 21-23.

(上接第 14 页)

4.3 数据统计与理论推导对比

将参数式 (41)、式 (42) 带入式 (33) 得到射击延时的分布曲线,并与数据统计的分布曲线对比如图 5 所示。

若以网格数 $n = 160$

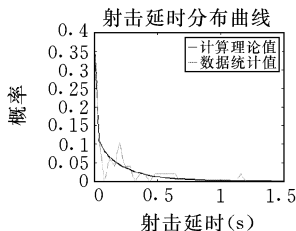
时获得的射击延时与数图 5 射击延时分布曲线对比

相比,相对误差为

$$\tilde{f}_1 = \frac{\tilde{f}_1 \times f_1}{\tilde{f}_1} \times 100\% = 5.21\% \quad (44)$$

5 结 论

本文在将炮管姿态角所在平面网格化的基础上,构建了超速、欠速概率转移,在估计误差满足工



程要求的前提下,得出了射击延时估值服从 PH 分布。试验检验表明了数据统计的结果与本文的结论吻合程度较好,从而表明了结论的可信性。本文一改过去处理射击误差仅考虑其均值和均方差做法,由于增加了表征误差平稳性的相关系数而使因射击门而导致的射击延时得以解决。这种由空间域拓展到时间——空间域的射击误差分析方法,为射击误差的处理开拓了一个新的方向。

参考文献:

- [1] 郭 治. 现代火控理论 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [2] 朱竞夫. 现代坦克火控系统 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [3] 宋跃进,莫应荣. 射击门与命中概率分析 [J]. 火力与指挥控制, 1992, 17(3): 30-38.
- [4] 张长泉. 坦克火控系统首发命中率解析 [J]. 火力与指挥控制, 1997, 22(3): 34-40.