

仿真系统 V&A 研究

吴晓燕, 刘兴堂, 任淑红

(空军工程大学导弹学院, 陕西三原 713800)

摘要: 仿真系统 V&A 是针对仿真系统全生命周期可信性评估而实施的一项重要活动, 是仿真系统研究与开发中的关键技术和难题之一。本文围绕仿真系统 V&A 中的关键问题展开研究, 包括仿真系统 V&A 概念体系、V&A 过程模型及 V&A 标准/规范技术框架等, 为复杂仿真系统 V&A 标准研究提供对策与参考。

关键词: 仿真系统; V&A; 可信性

中图分类号: TP 391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2006)05-0091-04

VV&A 理论是系统建模与仿真实验的重要内容, VV&A 技术则是系统建模与仿真应用技术中的共用技术。近年来, 随着仿真系统日益广泛的应用, VV&A 的重要性已愈来愈为仿真系统开发者和使用者所重视, 而对 VV&A 理论、技术及相关问题的研究, 已成为国内外仿真领域研究的热点^[1]。本文以某武器装备预研仿真技术项目为背景, 针对仿真系统 VV&A 中的一些关键问题展开研究的成果, 主要包括: 仿真系统 VV&A 概念体系、VV&A 过程模型及 VV&A 标准/规范技术框架等。

1 仿真系统 VV&A 概念^[2-6]

仿真是基于模型的试验活动, 因此仿真实验和结果不可能完全准确地代表真实系统的性能, 存在一个可信性问题, 没有可信性的仿真系统是没有生命力的。仿真系统的可信性可以通过校核与验证加以测量, 通过确认来正式地加以认证, 可以为某一特定的应用目的服务, 这个过程就是仿真系统的校核、验证与确认, 即 VV&A (Verification, Validation and Accreditation)。仿真系统 VV&A 的具体涵义如下:

仿真系统校核 (Verification): 确定仿真系统准确地代表了开发者的概念描述和技术要求的过程;

仿真系统验证 (Validation): 从仿真系统应用目的出发, 确定其代表真实系统正确程度的过程;

仿真系统确认 (Accreditation): 是官方正式地接受一个仿真系统为专门的应用服务的过程。

1.1 仿真系统校核

仿真系统校核要解决的问题是: 仿真系统是否按照预先要求工作? 校核的实质是检验仿真系统开发者是否正确实现了仿真系统设计目标要求。校核侧重于对建模过程的检验, 即检查仿真模型代码和逻辑是否正确, 是否准确地完成了仿真系统的预期功能。校核将保证仿真系统具有更完全的需求, 更好的已定义了的概念模型, 一个更彻底、更正确的设计和具有较少缺陷的清晰的仿真实现。校核包括需求校核、设计校核及实现校核, 分别与仿真系统开发生命周期阶段工作相对应。

1.2 仿真系统验证

仿真系统验证要解决的问题是: 仿真系统真实吗? 验证是建立仿真系统可信性的基础, 有效的验证工作有两个先决条件, 其一是必须对仿真系统的应用目的有清楚的认识; 其二是必须对真实系统有很清楚的定义。最简单的验证方法就是将仿真结果与对真实系统的观测结果进行比较。验证建立了模型或仿真对于所

收稿日期: 2005-11-08

基金项目: 武器装备预研项目 (413040403D1007)

作者简介: 吴晓燕 (1957-), 女, 陕西西安人, 教授, 硕士生导师, 主要从事导航、制导与控制及仿真系统 VV&A 研究;
刘兴堂 (1942-), 男, 陕西三原人, 教授, 博士生导师, 主要从事导航、制导与控制及仿真系统建模仿真研究。

要表达的仿真对象的信任,提供了一组支持模型或仿真对特殊应用的可信性的证据。验证包括概念模型验证和结果验证,也分别与仿真系统开发生命周期阶段工作相对应。

1.3 仿真系统确认

仿真系统确认要解决的问题是:仿真系统适合特定的应用吗?具体讲,确认是使用一个特殊应用的仿真系统及其结果的一种决策,它建立在仿真系统 V&V 基础之上,通过将 V&V 结果信息与可接受性标准进行比较来完成。对仿真系统而言,可接受性标准是认定其为专门的应用服务必须满足的标准。因此,确认就是在 V&V 基础上,由官方或权威机构确定仿真系统对于某一特定应用是否可接受。

2 仿真系统 VV&A 相关概念

2.1 模型校核与验证

模型校核与验证(即模型 V&V)的核心是解决模型的有效性。模型校核与模型验证统称为验模或模型校验,但两者含义不同。模型校核是指对仿真模型的校验,即检查计算机程序的逻辑和代码是否准确地代表了数学模型的输入参数及逻辑结构,其目的就是要证明仿真模型与数学模型在允许的偏差范围内是等价的,所要回答的问题是:仿真模型的正确性和精度如何?模型验证是指对数学模型的校验,即在模型的应用范围内,模型的行为与真实系统行为在满意的精度下一致。所要回答的问题是:是否正确地建立了数学模型?是否准确地反映了实际系统,达到了数学建模目标?

2.2 可信性及其度量

仿真系统 VV&A 的核心,就是要解决仿真系统的可信性(或可信度)问题。可信性是一个定性而非定量的指标,它体现的是仿真系统的使用者是否具有使用模型和仿真结果解决具体问题的信心^[7]。可信性可以用仿真置信度这个定量指标来度量。

可信性的度量还与仿真(或模型)逼真度有关系。逼真度有仿真逼真度和模型逼真度之分。仿真逼真度解决的是仿真“像不像”的问题,只要仿真系统与原型系统外在特性相似,就可以说仿真系统具有较高的逼真度^[8]。仿真逼真度与仿真可信性关系紧密,逼真是可信的前提,只有逼真才能可信。而模型逼真度是指“在研究目的的限定条件下,模型相对于仿真对象的近似程度”,它可以通过模型校核与验证来解决,模型验证可以得到数学模型逼真度,模型校核可以解决仿真模型逼真度问题^[9]。

2.3 仿真系统 VV&A 与可信性评估的关系^[10]

评估可信性的过程就是仿真系统的可信度评估,它必须通过 VV&A 来实现。充分而有效的 V&V 活动为评估仿真系统的可信性搜集证据,而 VV&A 的确认结论就可以作为仿真系统可信性评估的结论。所以,仿真系统 VV&A 的实施过程同时也就是可信性评估的过程。但可信性评估工作不能取代 VV&A,因为可信性评估为用户提供的是已开发完成的仿真系统的评价,或是对仿真系统进一步完善的指导,而不能像 VV&A 那样对仿真系统开发全生命周期过程施加影响。只有 VV&A 能为仿真系统开发全生命周期提供全方位的跟踪、审查和监督,有效地降低开发风险和成本,保证仿真系统的可信性。

3 仿真系统 VV&A 过程模型

3.1 仿真系统生命周期及开发过程

仿真系统生命周期是指仿真系统从提出问题开始,通过完成需求分析、设计、实现、测试等开发工作,直到仿真系统运行(即使用)、维护及管理的全过程,如图 1 所示。仿真系统生命周期开发可以采用不同的方式,如瀑布型、螺旋型、进化型、喷泉型及原型等开发

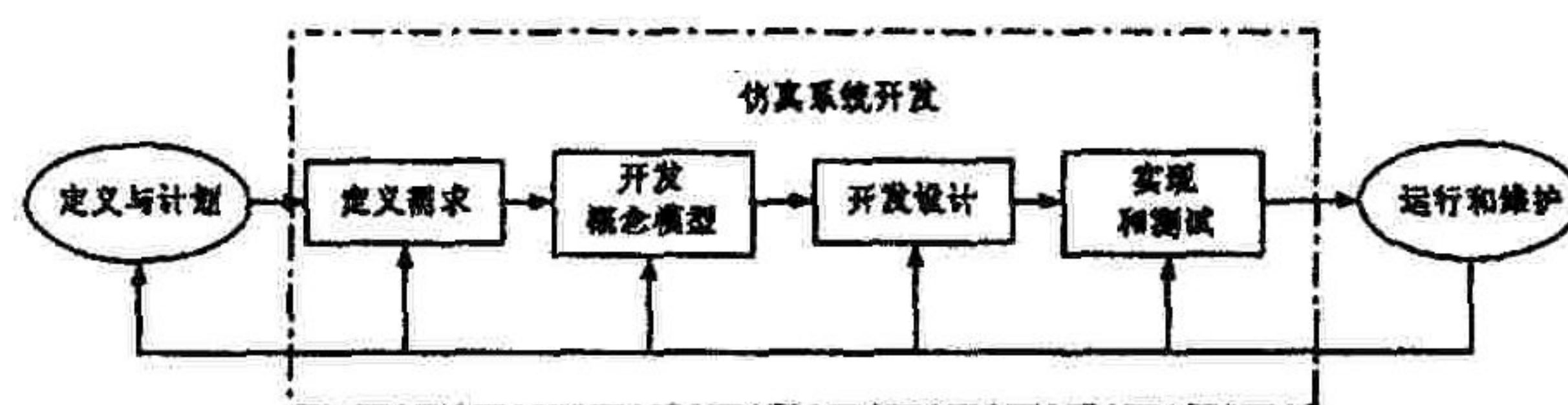


图 1 仿真系统生命周期

模型。由于瀑布型开发模型是一种最简单和最基本的开发模型,它采用严格的自顶向下开发方式,一般都将其作为标准的仿真系统生命周期开发模型,图 1 采用的就是瀑布型开发模型。

3.2 仿真系统生命周期 VV&A 过程模型

一般仿真系统生命周期中的 VV&A 活动如图 2 所示^[3]。由图可知,仿真系统开发工作每向前一步,就要进行相应的 VV&A 工作,因此,VV&A 与仿真系统开发是相互交织,同步进行的。除此而外,对于诸如基于 DIS、HLA 及 DIS/HLA 等仿真体系结构的复杂仿真系统,其生命周期开发过程的复杂性,决定了贯穿于生命周期开发过程 VV&A 的复杂性^[11]。这些复杂仿真系统生命周期的开发仍采用自顶向下的瀑布型开发模型,但其 VV&A 执行过程则与此相反,它采用一种与开发过程相反的自底向上、层层校验的执行过程。

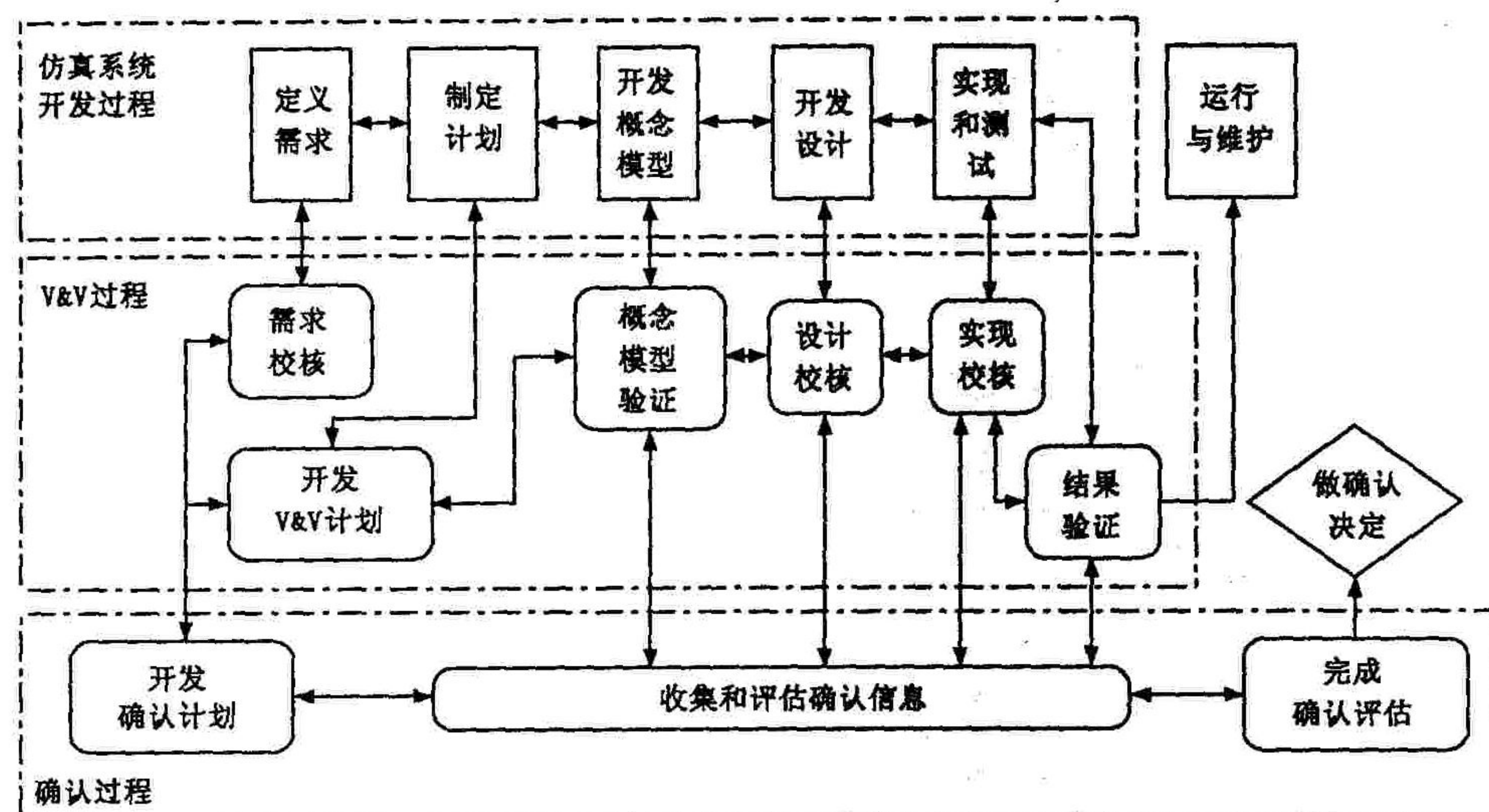


图2 一般仿真系统生命周期中的 VV&A 活动

无论是一般仿真系统还是复杂仿真系统,其基本的 VV&A 工作过程都应包括 7 步工作,即:①需求校核;②制订 VV&A 计划;③概念模型验证;④设计校核;⑤实现校核;⑥仿真结果验证;⑦系统确认。

4 仿真系统 VV&A 标准/规范技术框架

仿真系统的发展方向是规模化、产业化和标准化。要实现仿真系统开发的标准化,仿真系统 VV&A 的标准化问题首当其冲。规范是标准的基础,仿真系统 VV&A 标准/规范技术框架如图 3 所示。

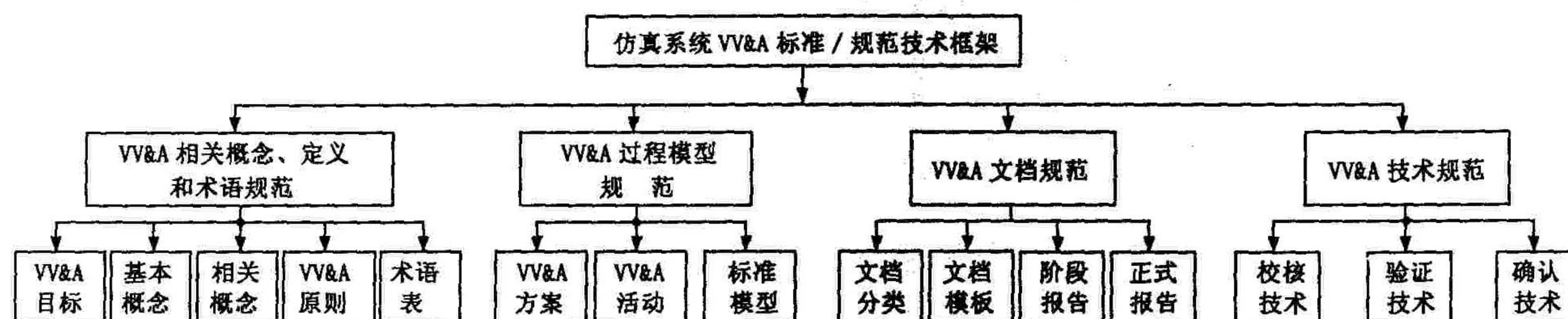


图3 仿真系统 VV&A 标准/规范技术框架

4.1 仿真系统 VV&A 相关概念、定义和术语规范

对 VV&A 相关概念、定义和术语进行规范,可以使不同的专业领域对 VV&A 问题有一致性的认识和共同理解,它是仿真系统 VV&A 标准/规范研究的理论基础,主要包括 VV&A 概念体系、VV&A 原则及 VV&A 术语表等。

4.2 仿真系统 VV&A 过程模型规范

建立正确的 VV&A 概念很困难,而实践 VV&A 就更困难。仿真系统 VV&A 工作贯穿于仿真系统开发生命周期的各个阶段,为了保证 VV&A 工作有效和成功的完成,必须确定 VV&A 在每个阶段的工作目标以及要完成的任务,建立 VV&A 工作过程的基本框架,这就是 VV&A 过程模型。仿真系统 VV&A 过程模型实际上就是对仿真系统 VV&A 活动或工作过程的规范。而标准化的 VV&A 过程模型则更加有利于 VV&A 实践活动。

4.3 仿真系统 VV&A 技术规范

仿真系统 VV&A 成败与否与所采用 VV&A 技术、方法关系密切。其中,校核方法多源于软件工程中检

验软件的方法。而验证方法则主要是对仿真结果的验证,通常采用曲线比较法与统计检验法。VV&A 技术主要是校核与验证(V&V)技术,可分为非正规技术、正规技术、静态技术及动态技术 4 大类。

4.4 仿真系统 VV&A 文档标准/规范

VV&A 工作主要涉及两大类文档。第一类是仿真系统的开发文档和应用文档,是制订仿真系统 VV&A 方案的重要信息源。第二类就是由 VV&A 工作过程本身所产生的文档,即 VV&A 文档,包括计划类文档、阶段报告类文档和正式报告类文档^[12]。这些 VV&A 文档产生于 VV&A 工作过程中的不同阶段。对 VV&A 文档的标准化建立在规范的 VV&A 文档格式和标准基础之上。也可以利用模板对 VV&A 文档进行规范,即, VV&A 文档模板。

5 结束语

本文对仿真系统 VV&A 及相关概念、VV&A 过程模型、VV&A 标准/规范技术框架等关键性问题进行了探索和研究。由于 VV&A 涉及数理统计、软件工程、系统工程、系统建模与仿真、仿真系统设计、仿真工程等诸多学科,因此,对仿真系统 VV&A 的研究是一项意义重大且非常困难和复杂的研究课题。作者在上述研究的基础上,还需对其中的一些关键问题进行更加深入和广泛的研究,以期推进系统仿真技术的发展。

参考文献:

- [1] 吴晓燕,许素红,刘兴堂. 仿真系统 VV&A 现状及标准/规范研究的军事需求分析[J]. 系统仿真学报,2003,15(8):1081-1084.
- [2] Department of Defense. Verification Validation and Accreditation (VV&A) Recommended Practice Guide[EB/OL]. <http://www.msiac.dmsi.mil/vva/>,1996,12.
- [3] Department of Defense. VV&A Recommended Practice Guides,BUILD 2[EB/OL]. <http://www.msiac.dmsi.mil/vva/>, 2001.
- [4] IEEE 1278.4. IEEE Standards for Distributed Interactive Simulation - Verification, Validation and Accreditation[S].
- [5] Department of Defense. DoD Modeling and Simulation (M&S) Verification, Validation and Accreditation (VV&A)[EB/OL]<http://www.msiac.dmsi.mil/vva/>,1996,4.
- [6] 杨明,张冰,马萍,等. 仿真系统 VV&A 发展的五大关键问题[J]. 系统仿真学报,2003,15(11):1506-1508.
- [7] 魏华梁,王肇敏,刘藻珍,等. 系统仿真置信度研究中的若干问题[J]. 系统仿真学报,2000,12(1):39-42.
- [8] 张伟. 仿真可信度研究博士学位论文[D]. 北京:北京航空航天大学,2002.
- [9] 徐庚保,曾莲芝. 关于建模与仿真的可信性问题[J]. 计算机仿真,2003,20(8):36-38.
- [10] 张冰. 分布交互仿真系统评估技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001.
- [11] 吴晓燕,许素红,刘兴堂,等. 现代军用仿真系统的新特点及技术对策[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2002,3(6):29-32.
- [12] 王维平,朱一凡. 仿真模型有效性确认与验证[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1998.

(编辑:田新华)

The Research on Simulation System V&A

WU Xiao - yah, LIU Xing - tang, REN Shu - hong

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: The simulation system V&A is an important activity aimed at credibility evaluation of the simulation system whole life cycle and one of the key techniques and difficult problems of simulation system research and development. In the paper, the key issues concerning V&A are deeply studied including the concept system of simulation system V&A, the process model of simulation system V&A, and the technology framework of simulation system V&A standard / norm. The researches provide the countenance and reference to the research of complex simulation system V&A standard.

Key words: simulation system; verification, validation and accreditation; credibility