

维修性计算机可视化技术在汽车全数字设计过程中的地位和作用

王书义

(北京吉利大学汽车学院 北京昌平区马池口 102202)

摘要：维修性设计是未来汽车产品全数字设计和开发过程中必须关注的一个重要问题。本文介绍了在产品阶段实现汽车维修性设计所必须应用的维修性计算机演示建设的基本概念、技术含义，以及在未来汽车产品全数字设计和开发过程中的位置与作用，对全面建设和了解未来汽车产品全数字设计和开发过程有重要参考价值。

关键词：维修性 可视化 汽车 数字化设计

任何技术装备与设备都有维修性问题。过去在汽车领域很少提及维修性问题是因为汽车的结构简单；大部分汽车生产企业并不承担汽车维修工作，汽车维修的效率和成本几乎全部转给维修企业和个人，其作用和对社会的影响并不突出。今后，随着汽车结构和技术的复杂化，维修越来越困难，汽车维修性问题将日益突出。汽车维修性低下，不仅影响用户对汽车的正常使用要求和使用寿命，而且导致社会总体汽车维修费用和维修人员急剧增加，导致社会资源的浪费和社会效率的下降。因此，伴随着汽车全数字设计和开发技术的应用，汽车维修性问题成为各大汽车生产企业在汽车产品设计和开发时必须关注的一个重要问题。

维修性计算机演示是由维修性演示概念发展衍生的新概念。维修性演示原来是指“在武器装备研制过程中，承包方和采购方通过一定的技术手段和技术过程共同确定装备是否达到合同规定的维修性设计要求的活动”。限于技术发展的局限性，早期的维修性演示一般都是在装备模型和样机制造出来之后进行，演示结果很难影响设计方案。因此也造成装备维修过程的巨大浪费和人员消耗。

原有的维修性演示不能彻底解决装备的维修性设计问题主要原因是：(1)在产品模型和样机制造出来之后，设计方案基本定型，维修性问题常常不能引起足够的重视；(2)在设计过程中缺少一种可以把设计产品三维可视化的工具，帮助设计人员进行维修性设计。这些问题的存在，客观上提出一个在装备设计阶段进行维修性分析和演示的要求，这种情况最终导致维修性 CAD 和 CAE 技术的研究和运用。

美军十分重视可靠性和维修性 CAD/CAE 技术的研究，美国国防部始终把加速实现可靠性和维修性设计能力集成到 CAD 和 CAE 过程的研究放到优先考虑的位置，并把这种集成化过程的努力当作 CALS (计算机辅助保障 Computer Aided Logistic Support) 的一部分，成为构架 CALS 大陆的桥梁，是目前美军军事一体化工程中的核心技术，在美军未来军事技术发展战略上有十分重要的意义。这种技术对未来汽车全数字设计和开发，以及汽车企业构建自己产品的维修保障体系也有重要意义。

本文着重介绍维修计算机演示的基本概念、维修性计算机演示技术在汽车全数字设计和开发过程中的位置、作用、技术流程和技术内容，本文内容将对汽车全数字设计和开发技术和过程的研究有重要参考价值。

1 维修性演示的基本概念

1.1 维修性演示的定义

维修性演示 (Maintainability Demonstration) 是维修性领域中的一个重要概念，是维修性

验证中的一个重要工作过程[1-6]。维修性演示是在武器装备采办过程中，为保证武器装备质量，承制方和采购方联合检验正在设计或研制的武器装备是否达到合同规定的维修性要求的工作过程。

1.2 维修性演示的分类

维修性演示是通过维修操作试验的方式检验产品的维修性，这种检验方式可以用图 1 所示情况表达，它的本质可以用图 2 表示。图 2 所示情况也是目前维修性演示过程的基本技术特征。

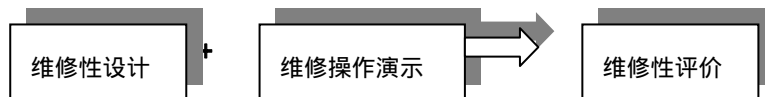


图 1 通过维修操作试验检验产品的维修性

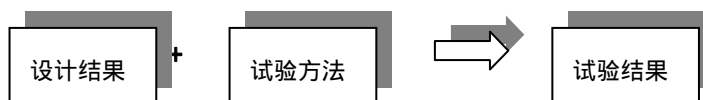
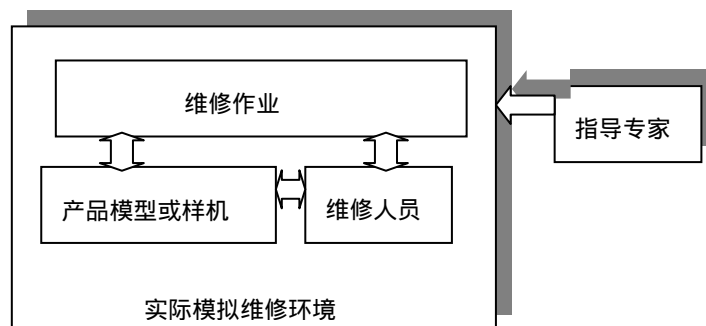


图 2 维修试验检验维修性的本质

最初的维修性演示是在装备实际模型、样机或产品上，在尽可能真实的使用环境和维修环境下，由经过特殊训练的维修人员在专家的指导下，按照确定的维修性检验计划进行维修操作来检验装备是否达到了规定的维修性设计要求。相对于现代工程方法，我们称这种方法为传统的维修性演示方法。传统的维修性演示方法可以用图 3 所示情况表示。



随着科学技术的发展，高新技术不断进入这一领域，相继产生了维修性计算机演示和虚拟演示[7-12]。维修性计算机演示和虚拟演示分别是用计算机图形技术在计算机图形环境下和用虚拟技术在虚拟环境下进行维修性演示。虽然演示所使用的技术手段和技术过程发生了变化，但是演示过程的本质上一样的，仍具有图 2 所示的基本技术特征，因此称为维修性计算机演示和维修性虚拟演示。

在目前发展水平上，维修性演示可分为三种：传统的维修性演示、计算机演示和虚拟演示（如图 4 所示），后面分别简称传统演示、计算机演示和虚拟演示。

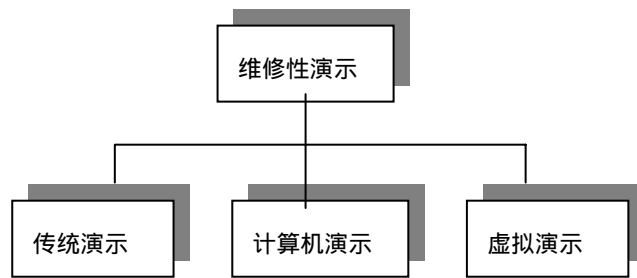


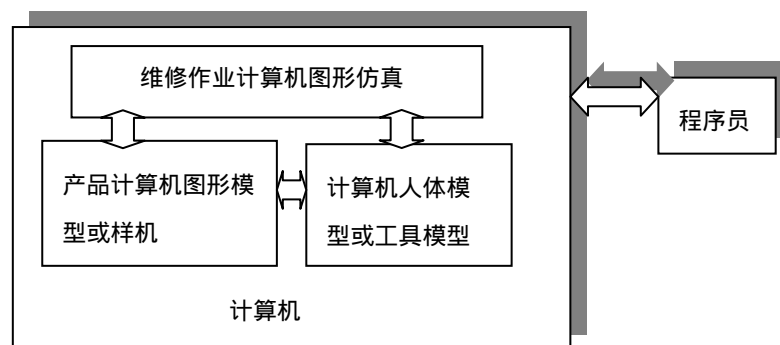
图 4 维修性演示分类

2 计算机演示的技术内涵与功用

2.1 计算机演示的技术内涵

维修性计算机演示是在产品设计阶段，在根据产品 CAD 设计数据建立的产品计算机图形模型上，利用计算机图形维修仿真技术检验产品是否达到规定的维修性要求的过程。

计算机演示过程可以用图 5 所示情况表示。



2.2 计算机演示过程的性质

计算机演示是在传统演示方法基础上发展起来的，因此即具有传统演示方法的技术内涵，又包含新技术的特点。这些新特点不仅表现在所应用的技术手段和技术内容发生了巨大变化，而且使整个过程的性质发生了根本的改变。计算机演示与虚拟演示都同属维修性演示的现代工程方法，都是新技术，由于所使用技术的内容不同，其过程的性质也有很大差别。了解过程的性质是区分这一过程与其它过程的最根本方法，是确定项目研究内容的根本所在。

2.2.1 计算机演示与传统演示

由图 3 和图 5 所示情况可以看出计算机演示与传统演示虽然都是通过维修操作过程试验检验产品的维修性，但是其过程已经发生了很大变化。两者的主要差别是计算机演示用计算机图形模型代替了产品模型和样机，用计算机人体模型代替了维修人员，用维修过程计算机仿真代替了实际维修过程，用计算机专家系统代替了实际专家指导，用计算机模拟维修环境代替了实际模拟维修环境。一句话，传统演示是在真实的物理条件下进行，而计算机演示只是在计算机上进行。这些改变使得过程的性质发生了根本的改变，这种改变是一种质的飞跃。原来主要以物理过程为特征的传统演示过程变为以产品 CAD 设计数据为基础的信息处理过程，两个过程的对比如图 6 和图 7 所示。

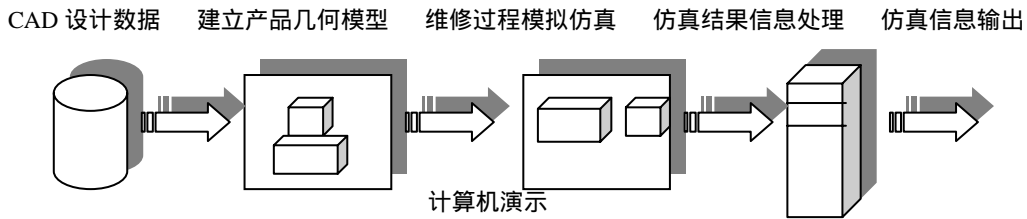


图 6 以产品 CAD 设计数据为基础的信息处理过程

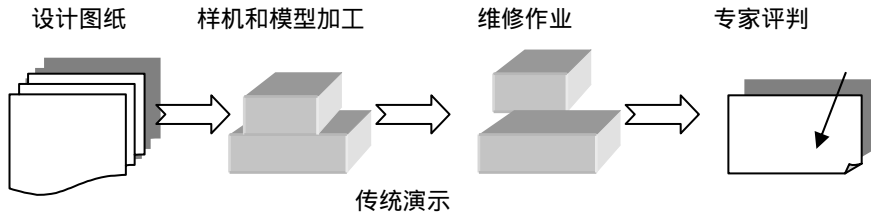


图 7 以物理过程为基础的维修性检验

从两者对比中可以看出，在一定意义上传统演示主要依赖维修人员的技能，而不是技术；计算机演示主要依赖技术而不是技能，这种技术主要是信息技术。计算机演示虽然保留了通过维修操作试验来检验产品维修性的根本技术特征，但这种试验也不再是物理意义上的试验，仅仅是一种用计算机和计算机技术进行的一种试验，这与一般的计算机辅助试验具有相同的作用和意义，可以直接称为：“维修性计算机辅助试验”。由于这种维修性计算机辅助试验是以产品 CAD 设计数据为基础的信息处理过程，不需要生产模型和样机，不仅可以节省大量经费，而且能够在产品设计阶段仅仅依赖产品 CAD 设计数据就能够进行产品维修性的检验和分析。同时也应注意到：维修性计算机辅助试验与其它计算机辅助试验不能完全代替真正的实验一样，在目前技术发展水平上维修性计算机演示还不能完全代替传统的演示，传统演示和真实的维修性演示试验在装备维修性验证上仍有重要意义。

2.2.2 计算机演示与虚拟演示

计算机演示和虚拟演示分别是用计算机图形技术在计算机图形环境下和用虚拟技术在虚拟环境下进行维修性演示，都属于维修性演示领域里的高新技术。两者与传统演示相比有共同点，在两者之间相比又存在很多差别。

计算机演示和虚拟演示与传统演示相比，存在的共同点是：虽然演示所使用的技术手段和技术过程发生了变化，但是演示过程的本质是一样的，都是通过维修作业的试验方法来检验产品的维修性，演示过程都具有相同的基本技术特征。如果说计算机演示是维修性计算机辅助试验，则虚拟演示可以称为维修性虚拟试验。

虚拟演示是用虚拟设备和技术进行维修性演示的一种过程和技术，虚拟演示与计算机演示有很大的区别。一是在硬件使用方面(如图 8 所示)，计算机演示不需要计算机以外的其他复杂设备，

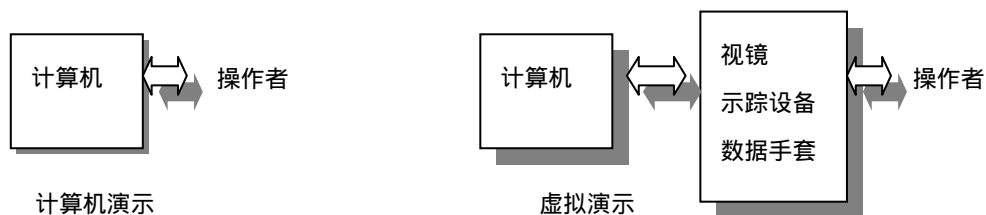


图 8 虚拟演示与计算机演示在硬件使用方面差别

而虚拟演示依赖计算机以外的其他虚拟设备和技术。二是虚拟演示在技术上具有鲜明的投入(Immersion)和交互(Interactivity)的特点,因为投入性和交互性是虚拟仿真赖以生存的二个关键因素[13-16]。这种要求使得虚拟演示与计算机演示过程的构成具有明显的差别,虚拟演示的操作者直接参与维修作业,而计算机演示的操作者不能直接参与维修作业;前者是人在环维修仿真,而后者不是。虽然后者在操作过程中程序员与计算机也有交互作用,但是这种交互是程序员与系统程序和控制程序之间的交互作用,程序员不能直接参加维修(如图9所示)。

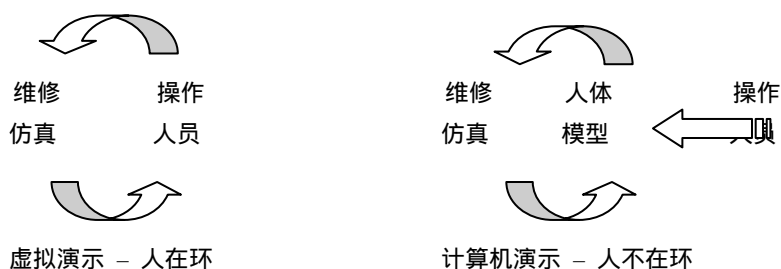


图9 演示的投入性和交互性

3 维修性计算机演示在汽车全数字设计和开发技术的作用和意义

传统的演示在隔墙式的设计过程里仅仅是在产品定型或基本定型阶段检验装备是否满足维修性要求的一个技术阶段和工作过程。为了弥补人类认识能力的差距,利用实际模型和样机来帮助设计人员理解所设计装备的空间形状和几何信息、通过维修试验评价维修性设计结果,这使得传统演示的应用有很大的局限性。计算机演示借助的不是产品的硬件资源,而是产品设计的信息资源 - CAD 设计数据,这不仅仅改变了设计信息的提取和分析方式,而且极大地扩展了维修性演示的作用,并从根本上改变了产品的研制过程,在维修企业确定维修工作量和维修管理上都有重要和深远的意义。

维修性计算机演示在汽车全数字设计和开发过程的作用大致可以分为下面几个方面:

(1)协助设计人员进行汽车整体维修性设计,在设计中检查设计方案是否满足规定的维修性要求,及时发现和改正设计中存在的问题,提高产品维修性设计水平,减少因设计造成的损失,并且可以通过多种方案比较进行维修性优化设计。

(2)在汽车产品定型阶段,对所研制产品的维修性进行演示,帮助营销人员和使用人员了解汽车性能,为汽车营销提供必要的信息,协助采办人员进行决策。

(3)通过三维图形方式使汽车设计结果可视化,为设计人员提供更多的设计信息,帮助设计人员更好地了解设计方案,便于积累经验和提高设计水平。

(4)汽车维修性计算机演示实例和维修过程演示实例可以用于汽车维修性设计人员和汽车维修人员培训。

(5)维修性计算机演示对实际维修性演示试验具有计算机辅助分析作用,也可以对具体维修过程进行规划、预测和优化设计,提高维修过程的质量和效率。

(6)演示结果可以自动生成计算机数据文件,为汽车维修企业保障分析和工作管理积累数据。

维修性计算机演示在汽车全数字设计和开发过程的作用如图10所示。

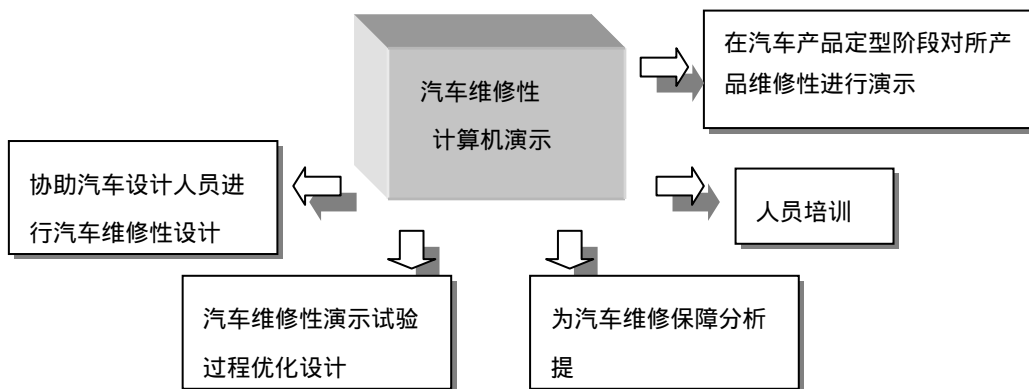


图 10 维修性计算机演示在汽车全数字设计和开发过程的作用

由上面维修性计算机演示作用的分析可以看到，这项技术的发展对汽车研制和汽车营销推荐，以及推进汽车全数字设计和开发过程、推进同时工程（Concurrent Engineering）和一体化生产（Integrated Product Development）技术的发展都具有明显的意义。这些意义体现在下面几个方面：

(1) 在设计阶段能够进行汽车维修性的设计分析和演示，可以缩短汽车产品的开发周期，节约开发经费，提高汽车产品质量，减少汽车维修费用。

(2) 汽车维修性计算机辅助分析（Car MCAE）和汽车全数字设计河开发是在同时工程环境下进行产品设计的一项重要技术（参阅图 11），图中所示内容也表明其设计流程和两者之间的关系也很明确。同时，汽车维修性计算机辅助分析也是汽车维修与保障系统 Car CALS 发展的一个重要基础（参阅图 12）。

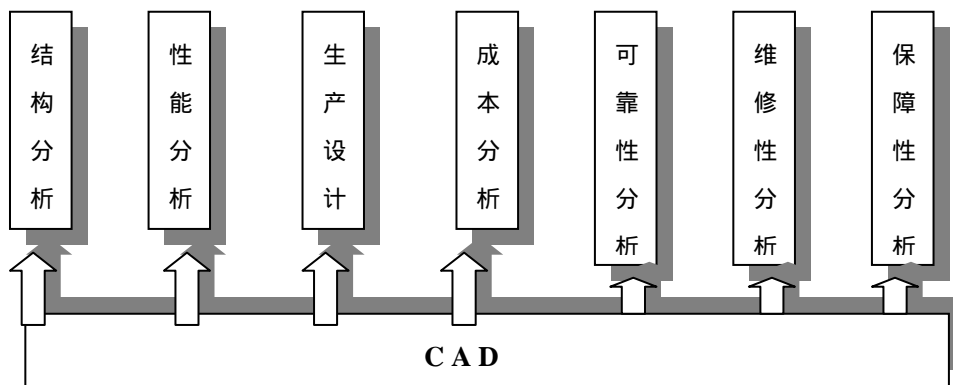


图 11 同时工程环境下的产品设计技术

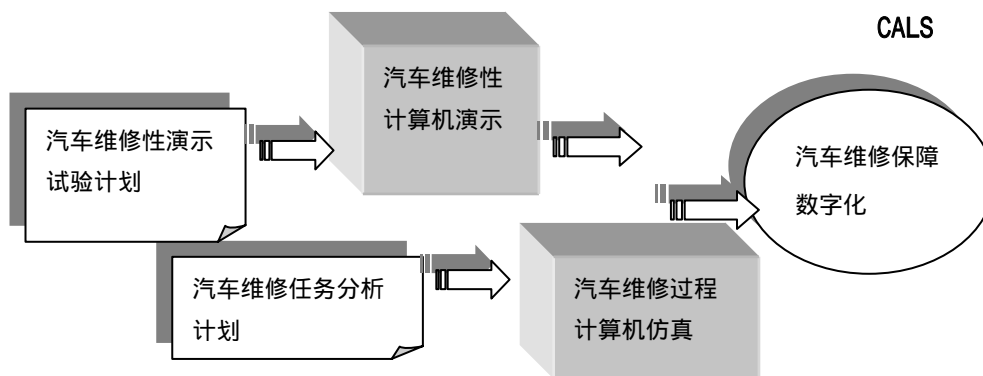


图 12 汽车维修性计算机演示为汽车维修保障数字化提供信息

4 主要结论

(1) 汽车产品全数字设计开发是指利用计算机软硬件及网络环境,实现产品开发全过程的技术,是在网络和计算机辅助下通过产品数据模型,全面模拟产品的设计、分析、装配、制造等过程。其中汽车维修性计算机演示是其中重要的一个部分,尤其是在汽车结构越来越复杂,机舱空间越来越紧凑的情况下。

(2) 数字设计开发技术的应用可以大大提高汽车产品开发能力、缩短产品研制周期、降低开发成本,汽车维修性计算机演示技术作为汽车数字设计开发过程的一部分,可以实现在汽车设计阶段对汽车维修性进行评估,促进减少汽车维修的社会负担,并且节约社会资源。同时为企业汽车维修保障提供信息。

(3) 本文展示了汽车维修性与汽车产品全数字设计开发的关系和总体构成,它们是建立在同时工程概念上的复杂技术过程。要达到最佳设计目标需要企业间的协作,才能在最短时间内组织全球范围的设计和制造资源开发出新产品,大大提高企业的竞争能力。

参考文献:

- [1] Richard W. Price, Weapon System Reliability and Maintainability Increasing Their Visibility with Decision Makers, 1991 Proceeding Annual Reliability and maintainability Symposium
- [2] Peter J. Glor, Edward S. Boyle, Design Evaluation for Personnel, Training and Human Factors, 1993
- [3] Susan Harper, Medhat Korna, Human-centered Technology for Maintainability: Workshop Proceedings, AD-A239 090, 1991
- [4] Tim R. Brown, Scott D. Hansen, Advanced Surface Design For logistics Analysis, 1987 Proceeding Annual Reliability and maintainability Symposium
- [5] Jone Ianni, Kirby Claek, Lynnette Blaney, Robert Hale, Scott Ziolk, Thomas Bridgman, Maintenance Hazard Simulation: A Study of Contributing Factors, 1996 Proceeding Annual Reliability and maintainability Symposium
- [6] Steve Tanner, The Use of Virtual Reality at Boeing's Huntsville Laboratories, 0-7803-1363-1/93, 1993 IEEE
- [7] Yvonne Rogers, Helen Sharp, David Benyon, Simon Holland, Tom Carey, Human-Computer Interaction, Addison-Wesley, 1994
- [8] John Vince, Virtual Reality Systems, Addison-Wesley, 1994

Author:

Wang Shuyi, Vice-Dean of Automobile College, BGU
Machikou, Changping District, Beijing 102202
Email address: wangshuyi126@126.com
Phone number:60753995

Abstract : Maintainability design is an important problem that should pay attention on it in wholly digitalization design and development of automobile (WDDDA) in the future. The basic concepts, the technical content, as well as the position and effect, in WDDDA, of maintainability computation visualization are introduced in this paper. It is valuable for to construct and understand WDDDA.

Key words: Maintainability, visualization, Automobile, Digitalization Design