

军用车辆机动性评估方法^{*}

宁俊帅,李 军,李 灏,宋海军

(装甲兵工程学院 机械工程系,北京 100072)

摘要:机动能力是部队战斗力的基础因素.本文中首先讨论了机动性的定义和内涵,认为机动性是一种复合型的性能,其评估也是一个较为复杂的问题.然后研究分析了实车试验、模拟仿真、数学分析等评估方法,这些方法的缺点是没有考虑具体的地形因素和任务因素.针对这一缺点,介绍了基于“车辆-地形分析”的评估方法.最后提出了“任务模型”的评估方法和评估建议及综合评估流程.

关键词:机动性;评估;车辆;地形分析

中图分类号: T0; T812; U469.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-0707(2009)05-0049-03

现代战争越发突出机动性的作用,我军提出陆军要从区域防卫型向全域机动性转变,并提高远程机动和快速突击能力^[1].这就要求部队的机动能力有较大的提高.在硬件上,机动能力主要依靠高机动性的军用车辆来实现.因此,在论证工作中,需要对军用车辆的机动性能进行综合、客观的评估.

1 机动性的定义

广义上,军队的机动性,是战斗的基本因素,认为是军队在保持完成基本任务能力的条件下从一处转移到另一处的能力.自有战争以来,提高部队的机动性一直是所追求的目标.机动动作是机动性在作战中的应用,即调动人员及其火力装备,把战斗力用在决定性的时刻和地点,完成作战任务.地形、气候条件这些环境因素对机动性都有影响.

军用车辆的机动性是机械化部队机动性的基础.车辆机动性可分为公路行驶机动性和越野机动性.公路的行驶机动性主要指车辆沿等级公路的行驶性能;越野机动能力由地面和地形机动能力组成:地面机动能力由不平地面、软地面机动能力组成;地形机动能力包括通过各种障碍的能力、通过角等.

而针对军用车辆的特点,机动性评估在于分析其在承受任务限制和其它功能条件下,实施战略战术机动的能力.机动性指标涉及多方面的因素,因此,机动性是一种复合的、系统化性能,是一个模糊性的参量,其评估也是一个较为复杂的问题.

2 机动性评估方法

2.1 实车试验

目前,实车试验的方法仍是军用车辆机动性评估的主要方法,也是不可或缺的方法.实车试验最能反映实际的车辆机动能力,而且可以为进一步的评估提供基础数据.

例如,美国“装甲车技术”计划中,进行了大量的机动性实验,主要进行了7项实验.其中5项工程试验来研究、评估车辆的机动性:行驶-加速-减速试验;行驶刚性动力学试验;障碍冲击响应(冲击振动)试验;转向试验;可控穿桩试验(操纵试验).其中2项战术性能的试验:若干已知参量地形上的20 km行驶试验;命中躲避试验,用于确定机动性与生存率的关系.

这些试验可以提供与车辆的设计参数和地形条件的各种情况、驾驶员行为有关的定量数据.通过分析数据,可提出或改进预测车辆的模型,并证实这些模型,然后利用被证实的模型分析评估车辆的机动性.

实车试验方法侧重于车辆设计参数的实现和试验环境下具体的车辆性能数值的获取,由于车辆机动性影响因素多,单独的车辆参数不能完全评估车辆的性能,因而多用于评估基础数据的获取及同类型车辆的横向比较.

2.2 虚拟仿真技术

采用实车测试的方法来进行车辆评估,成本高,试验周期长,无法克服试验中因操作人员的技术熟练程度等非客观因素对试验结果的影响.随着现代仿真技术的发展,一些研究人员提出利用仿真技术或虚拟样机技术来进行

^{*} 收稿日期:2009-02-18

作者简介:宁俊帅(1986—),男,河北清河县人,硕士研究生,主要从事装备论证与评估研究;李军(1963—),男,四川名山人,博士,教授,硕士生导师,主要从事车辆系统建模与仿真研究.

车辆评估。

车辆机动性的模拟是能够进行技术评估和战术评估以评价在满足战场上系统使用的适应能力。机动性仿真在评估部门是作为一种工具来使用。在试验台上与模拟环境(车辆、驾驶员、地形环境)相结合在实时条件下所进行的物理子系统混合模拟试验,可以实现系统的整体评估。而由于可信度和仿真粒度的原因,基于仿真的机动性评估,现阶段仍是对试验的补充。

例如,北京航空航天大学利用分布式交互仿真 DIS 技术,建立车辆的多体动力学模型,以模型为基础给出了动力学分析的方法和一种地形匹配方法。通过动力学、运动学分析和结合地形匹配的方法,分析装甲车辆的机动性^[2]。

北京理工大学周云波等研究了虚拟环境中军用车辆机动性虚拟实验,建立了虚拟环境下的实时动力学模型,通过试验认为这一方法是可行的^[3-4]。

2.3 数学解析法

数学解析法是目前较为常见的方法。借鉴系统效能评估的原理,通过指标分解,利用一定的数学理论,建立数学评估模型,来对车辆的机动性能进行分析。

2.3.1 指数计算模型。文献[5]在对车辆的机动性能的影响因素进行分析后,根据国内外对军用车辆的统计分析结果以及应用系统分析的方法,建立了评估军用车辆机动性的指数计算模型。

2.3.2 层次分析法。应用层次分析法(AHP)分析军用车辆的机动能力问题,首先要把问题条理化、层次化,构造出一个层次分析的结构模型。在这个结构模型下,复杂问题被分解为人们称之为元素的组成部分。这些元素又按其属性分成若干组,形成不同层次。根据分析军用车辆机动能力问题要考虑的因素以及它们之间的隶属关系,建立的层次分析结构模型。文献[6]提出一种基于层次分析与模糊评价相结合的方法分析防空武器的机动性。

2.3.3 灰色关联分析法。在实际评估中,机动性涉及的因素较多,既有定量因素又有定性因素,各因素之间并不是都具有数量上的确定关系,有些关系只是大致上可以描述,即“部分信息已知,部分信息未知”具有很大的灰色性。要在信息不全的情况下,反映系统的特征,灰色系统理论运用灰色信息白化和灰色关联分析等方法处理此类问题能取得令人满意的效果。文献[7]运用灰色关联分析法进行了坦克机动性评估,得出了一些有意义的结论。

2.3.4 模糊评判。引入模糊综合评判的方法到军用车辆机动性的评估,能够得到一些合理的结论。综合评判能综合考虑各种因素的影响,突破“是”与“不是”的界限,适合模糊和定性参量的评估。进行综合模糊评判的步骤:建立指标体系;建立评语集;确定指标隶属度;建立权重系数集;模糊综合评判。文献[8]将模糊综合评判引入到自行火炮的机动性评估,得到一些合理的结论。

2.4 效能评估方法

运用效能评估理论的数学方法评估,则是基于试验或仿真的数据,利用专家经验,建立评估指标,使用 AHP 或模

糊数学的方法评估车辆系统的机动性效能。文献[9]把车辆的实际特性和性能特征编成简表进行比较;然后求出各类性能的经验最佳值之和,用性能系数系统地确定候选车辆的相对次序。由于表内所用的数据是根据试验场试验观测的结果推导,所以用这种方法所得数值可以直接与前面其它车辆的车辆模型计算出的数值进行比较。

文献[10]以陆军炮兵和空降部队的机动性为例,通过其机动性指标模型的建立过程介绍了具体的机动性评估方法。

影响机动性的因素有很多,有定量的因素,也有只能定性描述的因素,传统的数学方法对于这种因素多且不确定的系统进行评估显得无能为力。

3 基于车辆 - 地形分析的机动性评估

用数学方法评估车辆的机动性的缺陷是在这种估计中没有使用地形的自然组合,没有考虑特殊障碍物出现的频率。而由机动性的定义和意义可知:机动性取决于设计参数的平衡、地形、和气候特定任务,不能根据单一的车辆参数来进行评估。

实验研究认为,对机动性、灵活性和敏捷性可能影响的环境因素:土壤的类型和硬度、地形起伏程度、地面坡度、障碍物的大小和它们的间距,江河之类地形条件、树木的大小和密度、植物、气候以及能见度。而军用车辆的主要性能:功率、速度、行程、牵引力(速度的函数)、悬挂系统的性能、转向半径(速度的函数)、加速度、减速度、地面接触压力、可靠性和维修性等对车辆的机动性能都有影响。因此,车辆机动性的研究必须包含车辆和地形两方面因素。

地形分析说明“可通过性”只是影响运动的一个因素,坡度、草木、地貌和地面状况都对军用车辆的作战运动或运动性有很大的影响。例如,常常用爬坡能力来测定和评估车辆。但是,一辆能爬 60% 斜坡的车辆,未必能在同一斜坡上转弯、机动,甚至未必能倒退下来。对于低矮的灌木丛和树木,在平地上车辆可以很容易地从它们上面越过,在斜坡上它们就可能变成妨碍运动的重要障碍。草地和土壤一样有“打滑”因素,必须加以考虑。因此,在全面研究车辆机动性或可通过性时,必须考虑所有地形因素的相互作用^[11]。

美国陆军坦克与机动车辆司令部提出一种基于地形统计分析的车辆机动性评估方法^[12]。按照这种方法,假定野外的障碍物遵从某种可确定的分布,这样就能够确定车辆通过或不通过的概率。这种方法依赖于环境条件和车辆的性能数据。

这种方法本质上一种经验方法,因为数学模型主要是根据车辆在各种各样的地形条件下行驶的性能数据建立的。对机动性有重大影响的地形因素是路面成分、路面几何形状、植被和水文的几何特征。给定地区的地形条件是通过 4 个步骤描述的:识别有关的环境因素;对环境因素进行现场测量;给每个环境因素确定一个有效的数值范围;画出各类环境因素的区域分布图。

车辆-地形分析的模型是用速度(或时间)作为效能量度,所以有很大的实用价值.这与任务的定义有直接关系.在基于地形统计分析的车辆机动性评估方法的模型中,效能量度是完成任务的概率.在战斗条件下,只要求车辆能从A地到达B地是不够的,必须要求车辆在给定的时间内从A地行驶到B地.因此,车辆-地形分析模型的另一个优点,就是可以用来估计车辆的使用费用.车辆的使用费用可以根据燃料消耗量以及所需要的支援装备和支援部队的费用来计算.

4 评估方法的建议

评定军用车辆机动性所用的主要方法之一是建立和使用任务模型.这种模型描述所研究的军用车辆的“战斗日”、“战斗日”这个词涉及到被评估的车辆在给定时间内,以任务规定的速度和机动性,在规定的路面或地面上持续行驶的情况.在审查任务要求时,分析人员要确定车辆在一级公路、二级公路、田野中及驻地内使用的比例.此外,还要确定车辆在上述每一种使用条件下行驶的速度,确定要超越的障碍物,确定其它环境因素或使用性能.

评定车辆机动性所用的另一种模型,是描述车辆在战斗区域内行驶情况的模型.在这种情况下,“行驶距离”概念变成了效能量度.这个量度涉及到车辆在规定的路面或地面上以预定的速度所行驶的最大行程.这种模型可以与“战斗日”模型结合起来使用.在与“战斗日”模型结合使用时,必须修改“行驶距离”模型,使之能够反映出任务要求中所规定的路面或土壤状况、坡度、障碍物、地形的一般性质、气候情况、沟渠、江河以及车辆的转向半径和转向速度.

综合运用计算机仿真技术,建立综合的仿真模型,是用经验关系式来估计车辆、地形和使用之间的相互关系,通过这种方法评估、估计军用车辆的机动性能.综合上述的分析内容,提出一种评估流程(见图1).

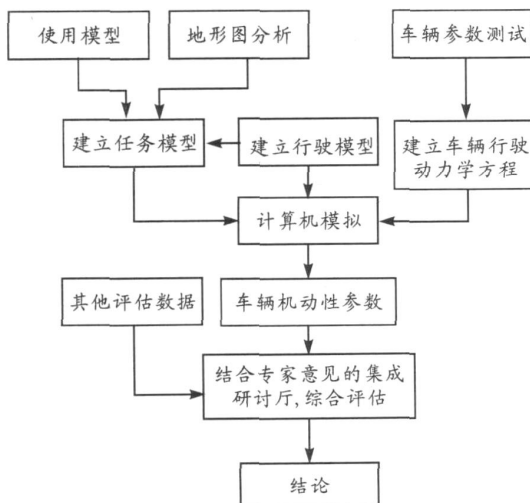


图1 评估流程

5 结束语

本文中通过分析认为车辆的机动性是部队机动性能的基础,对其进行合理、准确地评估具有重大的意义.文章讨论了实车试验、模拟仿真、数学分析等目前多种评估方法,并重点介绍了美军的基于车辆-地形分析的机动性评估方法.最后,提出了“任务模型”和“战斗行驶模型”评估方法和建议的一种综合评估流程.

参考文献:

- [1] 国务院新闻办. 2004 中国的国防[M]. 北京: 新星出版社, 2004.
- [2] 张景骞, 焦洁, 李新. DVENET 中坦克装甲车辆机动性仿真的研究[J]. 系统仿真学报, 2000, 12(4): 315 - 318.
- [3] 周云波, 李宏才, 闫清东. 虚拟现实技术在坦克机动性虚拟试验中的应用[J]. 系统仿真学报, 2006(S1): 429 - 432.
- [4] 周云波, 李宏才, 闫清东. 坦克机动性虚拟实验研究[J]. 战术导弹技术, 2006(5): 83 - 86.
- [5] 史建鹏. 越野车辆的机动性研究[J]. 汽车科技, 2006, 7(4): 16 - 18.
- [6] 姚光仑, 程松泉. 防空武器系统机动能力评估模型研究[J]. 现代防御技术, 2007(10): 6 - 9.
- [7] 刘西侠, 高海云, 王良曦. 灰色关联分析在主战坦克机动性评估中的应用[J]. 兵工学报: 坦克装甲车与发动机分册, 2000(3): 43 - 48.
- [8] 邓辉咏, 马吉胜, 马现军, 等. 基于模糊综合评判的自行火炮机动性评估[J]. 军械工程学院学报, 2007, 19(5): 10 - 13.
- [9] 刁增祥, 余建星. 军用车辆的机动性等级和模型[J]. 汽车工程, 2005, 27(3): 355 - 356.
- [10] 邵凤昌, 唐雪梅, 郭红日. 武器系统机动性指标论证方法研究[J]. 战术导弹技术, 2001(6): 9 - 13.
- [11] Birkel P A. Terrain trafficability in modeling and simulation[J]. Technical Paper Series, 2003(1): 16 - 17.
- [12] 美国陆军弹道研究所. 美国陆军系统工程[M]. 北京: 兵器工业部兵器系统工程研究所译, 1980.