

电磁轨道发射系统总体情景规划研究

翟利鹏, 冯俊文, 王华亭, 柏菊

(南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

[摘要] 在对电磁轨道发射系统总体分析的基础上,引入情景规划理论,探讨了基于情景规划理论的电磁轨道发射系统总体发展战略。通过对目前世界形势等宏观变量的诊断与分析,结合电磁轨道发射系统的关键技术变量,构造出未来电磁轨道发射系统的三种发展战略模式,并提出了今后的发展战略重点。

[关键词] 电磁轨道发射系统;情景规划;发展战略

[中图分类号] O3 F407 63 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2008)08-0045-06

1 前言

超高速发射对一个国家的能源、运输、防御和航天领域都会产生重大影响,对人类生活环境的改善和文明进步也有着重要作用。随着科学技术的进步,传统的发射装置已不能满足人们对发射能力的更高要求,因此,一种以超高速发射物体的动能系统——新一代超高速电磁轨道推进技术从产生就受到了各国的高度重视。电磁轨道发射是一种利用电磁力发射有效载荷的装置,它把电磁能转换成机械能(动能),借电磁力做功,传动载荷,被载荷的物体可以是弹丸、炮弹、导弹、火箭、卫星、飞机等物体。军事应用是提出电磁轨道发射概念的最初用途,同时也是电磁发射最有应用价值和前景的领域。作为动能武器家族成员中的电磁轨道炮以其独特的发射方式、潜在的技术性能的优势,在新概念武器中一枝独秀。美、英等国的军事工业界为其实现锲而不舍,其在未来武器系统的发展计划中已成为越来越重要的部分^[1]。

十几年来,电磁轨道发射技术的研究主要围绕相关单项技术的研究,并取得了长足的发展。然而单项技术发展到一定程度时,系统总体技术就成为武器系统研制的一项十分重要的关键技术,而且必

须先行一步,必须从系统的总体布置和各组成部分的功能等全局出发,为各分系统和零部件的研究发展提出量化指标及相应的约束条件,以求得系统总体综合性能的优化^[2]。

总之,电磁轨道发射系统是一个复杂的大系统,需要多领域、多专业的设计人员共同参与和协作。再加上外部环境的大跨度、不确定性变化,这些对电磁轨道发射系统成功地进行战略运行提出了巨大的挑战。基于此,利用情景规划(scenario planning, SP)的思想,在深入分析电磁轨道发射系统的基本构成、基本原理、核心性能和应用前景的基础上,通过对目前世界形势等宏观变量的分析,结合电磁轨道发射系统的关键技术变量,构造出未来电磁轨道发射系统的三种发展战略模式,并提出了发展战略重点。

2 情景规划理论

2.1 情景规划概述

从发展史的角度来看,情景规划的思想部分始于“社会展望学”,最早出现于第二次世界大战后不久,当时是一种通过想象竞争对手可能会采取的措施,以准备相应的战略的军事规划方法。在20世纪60年代,赫尔曼·卡恩(Herman Kahn)把这种军事规划方法提炼成为一种商业预测工具,并且应用于

[收稿日期] 2008-04-22 修回日期 2008-07-03

[作者简介] 翟利鹏(1972-),男,吉林吉林市人,南京理工大学博士研究生,研究方向为管理决策分析;冯俊文(1960-),男,山西太原市人,南京理工大学教授,博士生导师,研究方向为管理决策分析;王华亭(1967-),男,山东东营市人,南京理工大学博士研究生,研究方向为战略管理,管理决策分析

壳牌石油取得了巨大成功。在最近几年,将前景展望与战略规划相结合的情景规划作为决策工具的方法受到的关注日益增加。情景规划法的基本原理在于通过分析对企业未来发展造成影响的因素可能出现的状态及各种状态出现的可能性,将企业未来发展环境界定在一定的范围内,并针对未来出现概率最高的发展环境确定战略方向和战略措施^[3]。

2.2 情景规划的适用范围

情景规划是为战略目的而进行的情景分析与以该情景阶段性结果为基础的战略计划进行情景分析的整合,是中长期计划的有效战略工具,常常用来应付未来商业环境中不确定性因素的计划方法。情景规划法适用于在复杂的、不确定的环境中制定发展战略的战略分析和制定方法,适于处理非线性的变化,同时还可用于产品规划以及市场营销规划等领域。情景规划的研究重点不在于以现在的趋势外推,而是借助于跳跃性的思考,构建多种未来的可能场景,并建立相应的解决方案。这种分析方法可以使人们开展充分客观的讨论,使得战略更具弹性。

情景规划方法应用于宏观领域,公共部门有根源上的优势,而且情景规划框架对于宏观问题的意义绝不亚于对微观企业的作用。应当把系统分析、社会学理论和未来展望学联系起来,借助企业战略的情景规划模型框架,形成宏观情景规划方法。

2.3 情景规划三个阶段

阶段 1:情景构造。情景构造在情景规划方法中起着重要作用,它包括实现系统表达,表达系统元素变化,通过关键变量和作用这些变量的行为主体,分析者来对关键变量分类以形成情景,对形成的情景除去不满足一致性,不可能发生的,然后描述剩下的不多的情景(一般为三个)。

阶段 2:情景预测。对各种情景发生的条件、可能性和关联的影响进行预测。

阶段 3:战略规划。根据各情景,建立战略,首先确定战略的目的,其次在不同情景下,选择在各种情景下能够发挥优势,克服劣势的战略行动。将战略行动组合成为几个战略,再分别对各情景进行测试评价,注意是否会组合、创造出新战略,最后选定战略。

3 电磁轨道发射系统总体分析

3.1 电磁轨道发射系统简介

3.1.1 电磁轨道发射系统的基本构成

对电磁发射系统的组成,以电磁轨道炮为例,各

国提出了不同的方案,但从系统功能方面划分,其基本组成主要包括动力供应系统、电流开关装置、电枢、导轨等组成,见图 1。在原动机的带动下,单极发电机发出强大的直流电流。当强电流经过开关铜轨时,滑块(开关)移动,当滑块(开关)移过加速器两根铜轨的后端凹槽时,强电流便经过这两根导轨而形成回路。这个电流就在加速器的两根铜轨间形成强大磁场。炮弹可事先或同时置于两根铜轨间,炮弹后面有一个固体电枢(导块)。当强电流由一根铜轨道经过电枢流向另一根铜轨道时,与两轨道间的强磁场相互作用,使电枢受到电磁力的作用,从而推动炮弹飞离轨道向前运动。

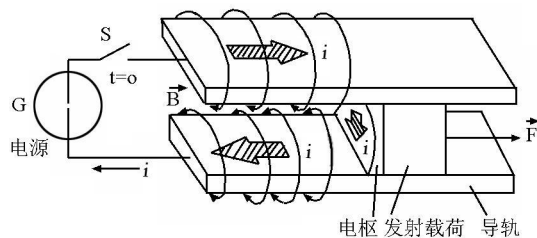


图 1 电磁发射器的基本组成

Fig 1 Electromagnetism launcher s basic composition

3.1.2 电磁轨道发射系统的基本原理

电磁发射器可以看成由单级发电机向两根平行的轨道提供强大的直流电而实现电磁发射的装置,它的基本原理是电磁学中的安培定律:在磁场中运动的载流导体会受到洛伦兹力电磁力的作用。从电路的观点来研究导轨式电磁发射装置,可以将发射装置看成是高功率脉冲电源的负载,发射管的电阻和电感沿其长度分布,如图 2。在恒流驱动的单导轨式电磁发射装置中,传递给发射体的动能等于发射后残留在导轨电感中的磁能。

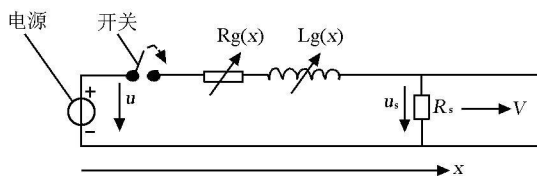


图 2 电磁轨道发射器电路模型图

Fig 2 Electromagnetism track launcher electric circuit model map

3.2 电磁轨道发射核心性能

1978年,堪培拉澳大利亚国立大学的物理学家

理查德·马歇尔和约翰巴伯等人试验了第一枚电磁炮,从实验上证明了用电磁力将物体推进到超高速是可行的之后,许多国家相继建立了实验室,投入大量人力财力进行研究,是因为其有之不可比拟的性能。

1) 超高初速度。由于电磁炮是采用脉冲动力的方式,其推动力比一般火药的推力大一个数量级,突破了常规炮弹初速低于 2 km/s 的限制,且不受声速限制,视弹丸质量的大小,可将其加速到每秒几千米到每秒几十千米。

2) 发射的物体质量范围大,小至克级,大至吨级。它既可发射小至毫克级的弹丸,又可发射大至几百吨的有效载荷发射体。

3) 能源简易、安全。电磁炮的主要能源是一般的低级燃料,如柴油和汽油,而不是火炮所需的高储能发射药。这样不仅安全、成本低,而且增加了发射阵地的安全性,完全符合实战要求。

4) 发射精度高。由于电磁炮发射弹丸初速的控制主要由电流大小决定,因而用电磁力将物体推进到超高速可大大地减少影响初速的其他偶然因素,再加上弹丸动能大,难于跟踪并可减少射击目标的提前量,提高了射击精度。

5) 有利于改变射程。电磁炮通过简单地控制输入电流即可以随意精确地改变射程与初速度,实现发射过程中的可控可调性和安全性。

6) 能量转换率相对较高。相对于传统的化学推进系统的转换率,电磁轨道发射的能量转换率更高。如采用分布能量、分段供电的轨道炮,能量转换率可达到 35% 以上。

3.3 电磁轨道发射系统应用前景

电磁轨道发射系统的一系列优点,使其在许多领域都有广泛的应用前景。

1) 科学试验。从目前进展看,有两个科学试验领域可使用电磁发射器。其一是高压物理领域:研究材料在高压作用下的性质,即研究材料的状态方程,需要有超高速碰撞的试验工具,用电磁发射器把弹丸加速到 10 km/s 以上进行高压物理试验,无疑是一种有效和方便的方法。其二是受控核聚变试验,目前国外许多科学家预测,倘若把小弹丸加速到 50 km/s 以上的速度,以此攻击核聚变燃料靶,有可能引发热核聚变。实际上,直至今日,人们尚无法把小弹丸加速到 50 km/s 的速度,今后的电磁轨道发射器,是完成这两类科学试验的有效工具^[4]。

2) 航天应用。电磁发射可在航天领域,比如定向发射和轨道转移两方面大显身手。早在 20 世纪 80 年代初美国宇航局就开始了用电磁发射器从地面向太空定向发射有效载荷的庞大计划,如拟用多级分段的导轨发射器把重 1 的放射性核废料以第三宇宙速度抛离太阳系。另一应用是把用电磁轨道发射器代替各种推力器,把航天器从地球一个轨道转移到另一轨道,进行所谓的轨道转移。其方法是,在太空的电磁发射器利用月球上的物质(如土壤)作弹丸,在发射弹丸时产生的反作用力使发射器及固定其上的航天器向另一轨道转移。

3) 军事应用。电磁发射武器包括战略和战术武器。在战略防御方面,若把电磁发射系统制成一种小型化的超高速制导的拦截武器,再借助于地面的相控雷达系统和卫星制导系统,可使拦截导弹的成功率大大增加^[5]。在战术的舰载反导方面,使用射速高的电磁发射代替小口径火炮进行反导,可以极大地增加防卫区域和成功概率。由于各种反坦克武器的出现,坦克装甲的防护要求也越来越高,虽然可以采用增加装甲钢板厚度的方法,但不是很理想,因此提出一种新型的电磁装甲防护,可以较为有效地保护坦克^[6]。

4) 工业、交通应用。在工业方面,可利用电磁发射器的原理和技术,进行金属电磁成型加工,或做成电“气锤”用于工业生产,也可用其原理制造电磁抽油机,代替目前油田的机械抽油机,从而大幅度提高抽油效率及降低成本。在交通方面,据报道,美国科学家正在利用电磁发射器原理研制一种新型高速电磁列车。这种电磁列车采用电磁导轨发射器原理,直接利用现有的火车铁轨,其成本比磁悬浮列车低,速度比传统列车高^[7]。

4 情景规划在电磁轨道发射系统中的应用

4.1 形势界定与变量分析

为了识别需要考虑的各种定性定量变量,以寻求系统特征变量,最终得到对系统的充分认识,首先收集对电磁轨道发射系统产生影响的因素,经分析和评价,归类如下。

4.1.1 宏观因素

1) 世界时代主题呈现的特点与趋势。当前,国际形势继续趋向缓和,爆发世界战争的可能性越来越小,但天下并不太平,局部战争和地区冲突仍然此起彼伏。磨擦和民族宗教矛盾等引发的战争,已经

成为当前和今后一个时期内世界各国所面临的主要威胁。针对安全威胁的新变化,世界各国纷纷对军事乃至整个国家的发展战略进行调整和重新定位^[8]。

2) 新世纪世界各国面临新的机遇和挑战。随着世界多极化和经济全球化的发展,21世纪将是一个更加充满竞争和发展机遇的世纪。世界各国都需要调整自己的发展战略,以顺应时代的发展趋势。

3) 高科技发展的战略重点的转移。冷战结束以后,高技术发展的战略重点从提高国威军威转向以科技为先导、以经济为基础的综合国力竞争。各国为夺取科技优势,促进国家经济、军事、教育等方面的全面发展,壮大综合国力,为夺取或保持在世界战略格局中的有利地位创造条件。

4) 新概念武器将日趋成熟。高新科技革命成果被军事领域广泛吸收和运用,引发了以军用信息技术为核心的综合创新的新一轮军事技术革命,导致整个军事技术领域的重大突破。作为动能武器家族成员中的电磁轨道炮以其独特的发射方式、潜在的技术性能的优势,在新概念武器中一枝独秀,在未来武器系统的发展计划中已成为越来越重要的部分。

5) 超导技术等高技术的发展应用。由于超导材料在超导状态下电阻为零和完全的抗磁特性,因此可利用很少的电力而驱动强大的电流,建立起稳定的磁场。超导技术大大改善了电磁轨道发射系统,有助于系统小型化,这将引起电磁发射技术新的变革。超导技术的发展和运用,进一步坚定了人们发展电磁轨道发射技术的信念。

4.1.2 内部因素

1) 电源技术。电源提供发射所需的能源,它包括主能源和储能器两部分。由于弹丸的发射过程是很短的,在此很短的时间里要使弹丸获得很大的动能,势必要求电磁轨道炮的电源能以巨大的电源脉冲赋予加速器。电源通常的做法是先将初级电源的功率传递给储能系统,将能量储存起来,后者在适当的时机以适当的方式将能量转换到脉冲形成的网络中,以适应负载的要求。因此,电磁轨道炮不仅需要一台由燃料驱动的发电机作为主能源,而且还需要一个能存储 10~100 M 能量的储能器。

2) 电磁发射器设计技术。电磁发射器是电磁轨道发射系统的核心部件。它由两条平行导轨(初级)、电枢(次级)、发射载荷和电源组成。轨道为电

磁轨道炮提供电磁力,电磁力与发射器电枢中心的电流共同作用,为弹药的发射提供动力。电流开关装置是能够在几毫秒(或几秒)时间内,把兆安级电流引入加速器的装置。电枢是把脉冲电源的电能转变成弹丸的动能,即把弹丸加速到预定速度的装置。

3) 材料技术。目前对材料的研究主要是对轨道材料、绝缘材料、电枢材料等的研究。由于电磁轨道炮的导轨是在兆安级的电流下工作的,材料要经受瞬时极大的热流冲击,容易造成导轨的严重烧蚀,所以轨道材料不仅要有足够的强度和刚度,还必须能承受 3~4 MA 的强大电流。与等离子电枢接触的绝缘材料,要有良好的抗烧蚀性能、导电性能和高的屈服强度,滑动摩擦系数要小,并且在高温下能保持较强的硬度。

4) 系统总体技术。系统总体技术是指从系统的总体布置和各组成部分的功能,以及选择的技术途径和实施方案等全局出发,为各分系统和零部件的研究发展提出量化指标及相应的约束条件,以求得系统总体综合性能的优化。当单项技术发展一定程度时,系统总体技术就成为武器系统研制的一项十分重要的关键技术,而且必须先行一步

综合起来,得到以下变量列表,如表 1 所示

表 1 变量表
Table 1 Variables List

内部变量	外部变量
电源	世界时代主题呈现的特点与趋势
开关电流装置	新世纪世界各国面临新的机遇和挑战
导轨	高科技发展的重点战略转移
材料	新概念武器将日趋成熟
系统总体	高科技的发展与应用
.....

4.2 情景构造

各情景变量变化情况的假设组合在一起得到的基础情景会有很多种,它们都是初始情景的构成部分之一。在对情景的一致性检验的基础上,设计了三个情景状态。

1) 高情景状态。全球经济持续发展,经济全球化程度逐渐增高,国际形势趋于平和,各国都致力于经济的发展。由于高科技革命对各国综合国力的影响日趋增大,争夺高科技的领先地位便成为各大国进行综合国力竞争的焦点。科学技术的不断进步,科学家在人类科学技术积累的基础上,攻克了一个个科技堡垒,不断取得许多新成果。信息科学技术、

新材料新科学技术等高新科技革命成果被军事领域广泛吸收和运用,引发了以军用信息技术为核心的综合创新的新一轮军事技术革命。在高新科技的推动下,电磁轨道发射系统的电源、电枢、材料等关键技术得到突破,尤其是超导技术的发展,为电磁发射系统的发展注入了新的活力,且系统总体综合性能得到优化,电磁轨道发射技术成熟,在科学试验、航天、军事、工业和交通等各个方面得到广泛应用,尤其以电磁轨道发射技术的武器装备地位逐渐上升,有可能引发军事变革的重大升级。

2)中情景状态。全球经济保持相对稳定,经济全球化成为大趋势,国际形势总体缓和但局部冲突仍然比较激烈,大国较量仍在继续但竞争的重点转向综合国力,军备竞赛有所趋缓但质量竞赛更加激烈。科学技术也得到进步,信息科学技术、新材料、新科学技术等高新科技革命成果也得到相应的发展。在高新科技的推动下,电磁轨道发射系统的电源、电枢、材料等关键技术得到提高,但作为一个用于实际应用的整体系统,还处于成长阶段。电磁轨道发射系统在科学试验、航天、军事、工业和交通等各方面应用的设想逐步实现,尤其以电磁轨道发射技术的武器装备地位逐渐上升。

3)低情景状态。全球经济发展相当萧条,局部战争的危险时刻威胁着世界,甚至爆发较大规模的战争。在全球经济一体化的环境中,各国经济发展速度放缓,科学技术的研究发展得到约束。国际形势总体缓和但局部冲突仍然不断。受制于经济和技术的发展,电磁轨道发射系统的电源、电枢、材料等关键技术发展缓慢,大部分仍还是在实验室或试验场里,在科学试验、航天、军事、工业和交通等各个方面仍处于雏型和设想,电磁轨道发射技术的武器装备应用也不够成熟。

4.3 电磁轨道发射系统发展的战略重点

生产和科学技术的发展促进了电磁轨道发射技术研究的不断深入,同时电磁轨道发射技术的发展又解决了科学试验、航天、军事、工业和交通等各个方面应用中的许多难题,电磁轨道发射技术由于独特的发射方式、潜在的技术性能的优势使其在许多工程领域获得了广泛的应用,电磁轨道发射技术必将具有更为美好的发展前景。基于上述三种情景,提出电磁轨道发射系统今后发展的战略重点:

1)继续加强单项关键技术开发。单项关键技术是系统赖以生存的基础。只有扎扎实实地解决好

各种单项关键技术,才能为电磁轨道发射系统的总体设计和研制创造必要的前题和条件。比如,在电源方面仍需继续深入研究结构更紧凑、比储能更高、体积与质量更小的强脉冲功率源;在轨道炮的能量转换方面,到目前为止,国外电磁炮试验的能量转换效率仍比较低,一般在20%左右,最高的也只能达到40%,仍需要继续研究提高电磁发射系统能量利用率的技术途径和方案;导轨使用寿命低,目前,轨道炮发射时会使导轨发生熔蚀破坏,每发射一次弹丸就需要修复或更换导轨,尚不能实现连发、重复使用。这些都有待于在今后的研究中解决。

2)积极开展电磁轨道发射系统概念研究。作为一个具有强大生命力的新型发射系统,必须处理好威力、射程、精度、生存能力、快速反应能力、全发射系统质量、可维修性、可靠性等各方面的矛盾。因此,必须运用已取得的单项技术成果,在原理试验样机的基础上,通过对发射系统概念的研究,统筹协调,使其逐渐完善。

3)军民结合发展电磁轨道发射技术。目前,电磁轨道发射系统除用于实验室之外,多用于国防科技方面,电磁轨道炮是其一个最成熟的应用。然而,电磁轨道发射系统在各个领域有着广泛的应用空间,这就需要军民工业结合。当代世界经济的重要特点之一就是经济活动的全球化和一体化,对于一个经济大国而言,国防科技工业应当开放,与外界相互合作,互通有无,并且需要造就一批具有国际竞争力的集团和公司,这也需要国防科技工业与民用工业相互渗透和协作。同时,和平与发展的时代主题为各国争取经济竞争优势、增强综合国力,促进国防科技工业向民用科技工业转移并与其结合,提供了可能性。

4)创造培养和稳定人才的新机制。素质优良、结构合理、相对稳定的高水平科技队伍,是国家科技和工业兴旺发达的深厚源泉和坚实基础。要努力培养和造就一批能在科技前沿攻关、充满创造活力、献身科技事业的人才和有战略眼光与管理才能的科技带头人。另外,在科研活动中要进一步加强国际合作与交流,使尖子人才在国际科研发展大环境中逐步成长。

5 结语

情景规划是为战略目的而进行的情景分析与以该情景阶段性结果为基础的战略计划进行情景分析

的整合,是中长期计划的有效战略工具。应用这种具有科学性和前瞻性的理论方法研究了电磁轨道发射系统的发展战略。电磁轨道发射系统只有在继续加强单项关键技术开发的基础上,积极开展发射系统概念研究,走军民结合的道路,并创造培养和稳定人才的新机制,才能保持电磁轨道发射系统的生命力。

参考文献

[1] 洪昌仪. 兵器工业高新技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1994. 6
[2] 周鸿伟, 李权, 李群, 等. 武器系统总体设计集成框架设计与实现[J]. 国防科技大学学报, 2002, 4(24): 91—97

[3] 麦茨·林德格伦, 汉斯·班德霍尔德. 情景规划未来与战略之间的整合[M]. 北京: 经济管理出版社, 2003
[4] Levinson S, Erengin M, McMullen K. Preliminary investigation of microwave telemetry on an EML Projectile[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2003, 39(1): 173—177
[5] Li Zhiduan, Cheng Shukang, Zheng Ping et al. Finite-element analysis for the active electromagnetic armor projectile interceptor[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2005, 41(1): 453—455
[6] 于杰. 电磁技术的军事应用前景. 现代物理知识[J], 2000(增刊): 79—80
[7] 张万年. 当代世界军事与中国国防[M]. 北京: 中共中央党校出版社, 2003. 8
[8] 杨世荣, 王莹, 徐海荣, 等. 电磁发射器的原理与应用[J]. 物理学和高新技术, 2003, 32(4): 253—257

The general planning scenarios of electromagnetic rail launch system

Zhai Lipeng, Feng Junwen, Wang Huating, Bai Ju
(School of Economic and Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

[Abstract] In the analysis of the electromagnetic rail launch system, this paper discusses the general developmental strategy of electromagnetic rail launch system based on the scenario planning theory. Through analyzing the world current situation and the key technical variables of electromagnetic orbit launch system, the paper conceives the three developmental strategy models of future electromagnetic rail launch system and proposes the focus of development strategy.

[Key words] electromagnetic rail launch system; scenario planning; development strategy