

磁发射助推器及其物理原理

田 杨 萌

(北京信息工程学院 北京 100101)

向太空中发射航天器的成本非常昂贵,每次发射的费用已超过 4 亿美元。为了降低发射成本,科学家们一直在进行探索性研究,试图发现更为便宜的发射方法。美国国家航空和航天管理局制定了一个先进太空输送计划(ASTP),计划在未来 25 年内发展新的发射技术,将发射的安全性和可靠性提高 1 万倍,而将其成本降低为原来的 1%。该研究计划的主要内容之一是发展发射助推技术。

近 10 年来,美航空航天管理局一直在进行在航天器发射中使用发射助推技术的研究。发射助推的概念是在航天器发射的最初阶段内,使用某种器械(助推器)给航天器提供一个初始的速度,这样可将航天器化学推进剂的装载量减少 20%。这既减少了航天器的重量,降低了用于化学推进剂的费用,又缩小了航天器的体积,使航天器更为坚固。再者,航天器减少了化学推进剂的装载量,为增大有效载荷提供了可能。在已被研究过的几种发射助推方案中(例如:气球发射助推、飞行器发射助推、气动发射助推、磁发射助推等等),发展磁发射助推器最为可行,它具有发射费用和维护费用低廉、环保、安全、可靠等优点。

一、磁发射助推器的组成及物理原理

磁发射助推器由磁悬浮装置、直线推进电机、能量储存与传输系统、控制系统等组成。其工作原理是使用磁悬浮技术将航天器磁悬浮,用直线电机对其进行加速。

磁悬浮理论早在 20 世纪 60 年代由美国物理学家丹比(Gordon Danby)和鲍威尔(James Powell)提出,多年来一直被用于列车系统,第一列磁悬浮列车原型机 1971 年在日本启动。它替代了矿物油的使用,减轻了对空气的污染,无接触轨道具有延长导轨寿命和提高列车速度的优点。将磁悬浮技术用于航天器的助推发射将大大有益于太空发射技术的进展。

目前正在研究中的用助推器实现磁悬浮的方法主要有两类,一类是在装载航天器的发射支架上安

装上永久磁体或电驱动超导磁铁,而将用于磁悬浮的线圈固定于导轨上。当发射体在导轨上运动时,永久磁体或电驱动超导磁铁产生的磁场在悬浮线圈内中感应出涡旋磁场,其涡流产生的排斥力使得发射体悬浮起来,这种排斥悬浮只有在有相对运动发生时才存在,是一种被动磁悬浮。另一类磁悬浮的概念是给发射支架上的磁体通上交流电,这样即便是装载航天器的发射架静止时也能在导轨中感应出涡流,产生磁悬浮,相对前一种磁悬浮它属于主动磁悬浮。

推进系统是将驱动线圈分别固定于导轨和发射体上,用脉冲电源馈电,利用线圈间的磁耦合机制推进发射体,其本质是直线电机,它是一种用脉冲电流产生磁行波并以此来驱动发射体的发射装置。目前研制的小型样机中有使用直线同步电机(LSM)的,也有使用直线感应电机(LIM)的。

二、磁发射助推技术展望

磁发射助推技术目前的目标是对重达 55000kg 的航天器以两倍重力加速度的大小进行助推,使航天器在与导轨分离前获得一个 183m/s 的初始速度。要达到此目标面临着许多技术上的挑战。例如:磁悬浮设计的进一步完善提高,发展发射所需的高功率能量储存与传输技术等等。目前比较看好的能量储存方式有飞轮储能单极发电机、电容储能脉冲电源、磁流体储能系统等等。除此之外,尚需建立高速运动物体在悬浮导轨上运动乃至分离时的动力学模型并作深入分析。磁发射助推技术目前处于小型样机研制阶段,一个中等规模的样机研制预计在 2002 年开始,计划在 2005 年完成。而实尺规模的样机计划在 2006 年开始,期待在 2010 年完成。

对磁发射助推技术的探索已近 10 年了,但将其成功地运用于航天器的实际发射依然有许多工作要做。在航天发射领域,化学推进剂的成本甚高,未来磁发射助推器的成功使用将为其提供一种有效的降低发射成本的方法。