

案例 1-1：终点线前的遗憾

作为长期火星探测战略的一个步骤，美国航宇局于 1998 年 12 月 11 日和 1999 年 1 月 3 日先后将两颗探测器送往火星。其中先行一步的火星气候轨道器（MCO）经过 6.65 亿公里的飞行，终于在 9 月份飞到了火星，但在准备进入绕火星运行的

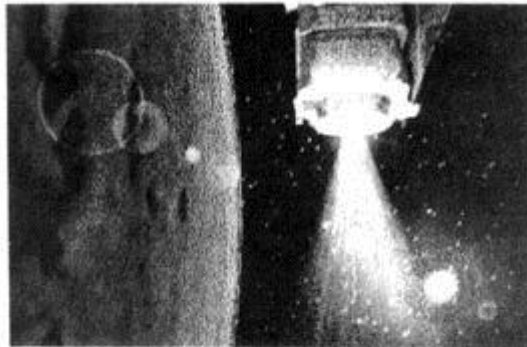


图 2 主发动机点火之时，火星气候轨道器失败的命运就已注定

的轨道时，却不慎失手，让关注它的人们大失所望。令人吃惊的是，此次事故的原因竟是一个非常低级的失误。

根据对进行入轨机动点火前采集到的跟踪数据的分析，项目官员认为火星气候轨道器失踪的原因是导航出了重大错误，致使探测器飞到了比预定高度低很多的高度。实际上，在因飞入火星背面而与地面“正常”地失去联络之前，探测器就已经走上了一条将把它带到距火星表面最近仅 57 公里的错误路线。这一高度大大低于技术人员提出的约 85~100 公里的最小安全距离，与预定的 140~150 公里高度更是相差甚远。高度太低，探测器有可能在火星的大气中因气动热而被“火葬”，甚至还有可能坠毁在火星表面上。

事故发生后，主管该项目的美国航宇局喷气推进实验室等部门迅速开始了调查工作。初步分析时认定，问题可能出在卫星软件上，还可能是地面系统的问题，人员操作失误的可能性也不能排除。但最后查出的结果却让人难以置信：造成飞行高度太低的原因竟然是公制和英制的转换问题。调查人员在 9 月 30 日公布的一份报告中称，探测器制造商洛马公司对探测器的一项关键性操作提供的是英制单位的数据，而美国航宇局喷推实验室的导航人员想当然地以为是公制，未加换算便直接将英制数据输入了采用公制数据的计算机系统内，从而造成了严重的导航错误。

问题出在一个导航软件表上。这个出错的推力器校定表用在确定探测器位置的地面导航软件中。它的作用是把遥测到的推力器点火工作次数转换成提供给探测器的冲量，以消除因推力器点火工作造成的弹道计算中的剩余误差。喷推实验室在编制表时对推力器每次工作的冲量使用的是牛·秒这一公制单位，但由洛马公司提供的数据使用的却是英制的磅·秒，而这样计算出的冲量值只是实际值的 22%。三轴稳定的该探测器使用反动轮控制姿态，其推力器每隔大约 13~15 小时点火一次，以降低轮的转速。这些点火工作每次只会引起几毫米/秒的速度变化，但每周要进行 11 次以上。起初剩余误差很小时，弹道计算可以很快收敛，但到后来收敛性就比较差了。

出现这种低级错误使有关部门感到很难堪。美国航宇局负责空间科学项目的副局长韦勒称，这已不能简单地说是错误，这是美国航宇局系统工程工作的失败。

出现这种低级错误使有关部门感到很难堪。美国航宇局负责空间科学项目的副局长韦勒称，这已不能简单地说是错误，这是美国航宇局系统工程工作的失败。