



为什么要防御近地小行星

当我们谈到“小行星防御”时,指的都是近地小行星。近地小行星一般定义为能够进入距太阳1.3个日地距离的小行星。它们的轨道要么与地球轨道相交,要么将来被行星引力扰动后可能与地球轨道相交。太阳系没有“扳道工”,如果小行星与地球轨道相交,二者就有“撞车”的风险。

入夜,我们仰望苍穹,一道道流星倏忽明灭。其实,每道流星都是一起微型的“撞车事故”,并提醒着地面上的人们:太阳系拥挤纷乱,一点儿都不太平。据估算,每天有大约2500万颗流星体闯入地球大气层,每年总重量可达15000吨。绝大多数流星体只有沙砾大小,冲进地球大气层后很快就灰飞烟灭了,不会带来实质性伤害。然而,“流星体”和“小行星”只是人类起的名字,它们之间并没有清晰界限。如果一颗流星体天赋异禀、“牛高马大”,就可能伴着熊熊火光呼啸而下,一直砸到地球大气底层甚至地面上,造成重大灾难。这时我们就很难再称其为“流星”,而只能把它归入小行星撞击事件了。

本世纪最著名的小行星撞击事件发生在2013年2月15日,那天清晨,俄罗斯的车里雅宾斯克上空划过一道火流星,在空中留下了大约10公里长的明亮尘迹,而未烧尽的陨石在冰封的车巴库尔湖面上砸出一个6米宽的大洞。火流星的爆炸震波使7200多座房屋受损,近1500人受到间接伤害。据科学家估算,这场飞来横祸的肇事者是一颗直径近20米的小行星。

一个世纪前的通古斯大爆炸更是威名赫赫。1908年6月30日,俄罗斯的通古斯河附近上空发生了一起震天撼地的大爆炸,冲击波震碎了方圆650公里内的窗户玻璃,逾2100平方公里范围内的树木倒伏焚毁。幸好当地人烟稀少,官方报告没有人员伤亡。现在科学界普遍认为,这场大爆炸是由一颗直径65米左右的石质小行星造成的。

6600万年前开启白垩纪灭绝事件的那颗小行星,它的直径至少10公里,以每秒20公里的速度击中了如今的墨西哥尤卡坦半岛地区,导致了以非鸟恐龙为代表的地球上75%的物种大灭绝。

部署太空监测系统追踪可疑目标

据估算,大约每5000年就会有一颗直径140米以上的小行星和地球相撞,对人类文明构成潜在威胁。今年年初,小行星2024YR4就以最高3.1%的撞击几率吓了大家一大跳,好在后来警报解除。所以,面对近地小行星的威胁,人类一直在积极探索主动防御的方案。

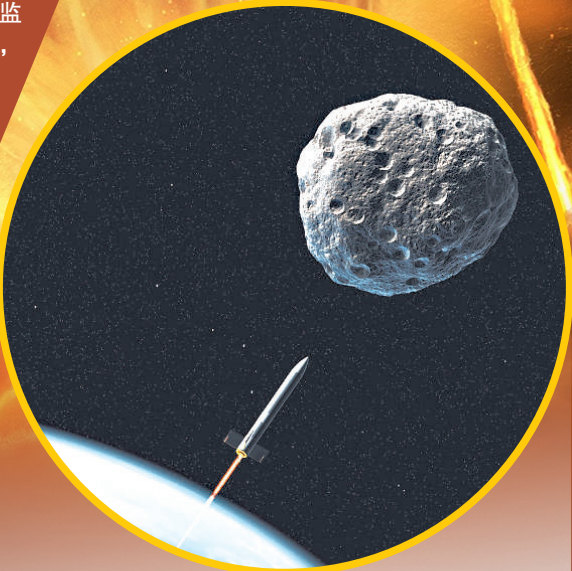
要想开展小行星防御,首先要尽早查明它们有多少,各自如何运行。自30年前起,全球就有多个近地小天体监测项目陆续启动,截至2025年9月,已发现39000余颗近地小行星,其中等效直径(用于将不规则物体等效为球体的关键参数)140米以上的有11400多颗、千米量级的有877颗。经过精密测量与计算,绝大多数已知的近地小行星都已排除了百年内撞击地球的可能性。

目前,人类探测与监视小行星的工作主要依靠地面上的大型光学望远镜开展,但由于地球大气和地面物体易产生干扰和遮蔽,“漏网之鱼”在所难免。例如,车里雅宾斯克遭遇的那颗小行星就是从太阳方向扑过来的,地面天文台根本无法发现;小行星2019 OK,在本该能够看到它的那几天正值满月,待到科学家惊觉时,离它飞掠地球只剩一天了。

所以,人类必须在太空中部署天基监测系统,这样,明晃晃的日月与黑洞洞的太空互不侵扰,就可以“白天找星星”了。美国在2009年底发射了“广域红外线巡天探测器”(WISE),在红外线波段执行了为期半年的巡天任务,结果显示,在发现近地天体方面,其深度和广度都远超地面巡天观测的效果。

“小行星撞地球”向来是科幻电影的热门题材,但在现实中如何应对小行星的威胁,科学家仍在不断努力验证。在日前举办的第三届深空探测(天都)国际会议上,我国科学家提出了建设相对完善的近地小行星探测防御体系的构想。中国探月工程总设计师、深空探测实验室主任兼首席科学家吴伟仁介绍,在不久的将来,我国将实施小行星动能撞击验证任务,通过观测、撞击及联合监测评估防御效果。那么,实施主动撞击小行星任务有哪些可行性方案?撞击成功对建设全球小行星防御体系又有何助益?

中国方案如何主动防御小行星



防御小行星撞击创意图

选“闪电战”还是“持久战”?

发现近地小行星之后,科学家要做的就是将它拒之门外。目前已有多种理论可行的方案,有的已经通过实践验证。

从见效时间来看,针对小行星的“防撞策略”可以归为两类:“闪电战”和“持久战”。按宏观效果来分,又可归为两类:瓦解和推离。瓦解就是使小行星分裂,四散的碎块“脱靶”地球或者小到足以在大气层中烧尽。推离则是把小行星带离轨道,或者让它走得快些、慢些,提前、滞后到达与地球的轨道交叉点,同样可以达到脱靶的效果。地球在公转轨道上每走一个自身身长大约需要7分钟,推离就是要为地球争取这7分钟的自救时间。

具体来说,针对小行星的瓦解和推离有多种“作战”方式。

闪电战式瓦解

核爆炸:利用核武器产生的大量热能直接摧毁小行星,或使其局部气化,将自身撕裂或推离轨道。

闪电战式推离

动能撞击:发射撞击器以一定的速度和角度撞击小行星,使其轨道发生改变。如果小行星表层下具有可挥发物质,那么撞击和阳光照射造成的物质喷发可进一步将小行星推离轨道。

持久战式推离

着陆挖掘:在小行星表面安置着陆式挖掘机,不断挖掘小行星物质并抛向太空,抛射产生的后坐力会将小行星渐渐推离轨道。

引力牵引:发射一个航天器到小行星身边伴飞,通过航天器和小行星之间持续的引力作用,把小行星逐渐带偏。

着陆推离:航天器着陆到小行星表面,利用航天器发动机的推力使小行星改变轨道。

激光烧蚀:使用强激光照射小行星表面,使之局部气化,所引发的物质喷射会使小行星的轨道发生改变。

离子束流:用航天器上的离子推进器产生高指向精度的高速离子束持续照射小行星表面,产生的持续作用力可以改变其运行轨道。

热辐射压:将与小行星自身明暗截然不同的物质喷涂到其局部,改变它对阳光的吸收与热辐射压力,利用“雅尔可夫斯基效应”(指小行星因吸收阳光后表面受热不均,通过热辐射产生微小推动力,导致轨道发生偏移的现象)达到驱离小行星的目的。

相比之下,在种种方案中,动能撞击法是国际上已经做过验证的,技术简单可靠,成熟度高,灵活性强,对个头较小的小行星收效显著,也是我国这次准备实施的计划。

中国方案拟定“伴飞+撞击+伴飞”

中国深空探测实验室提出的这项近地小行星撞击任务,将是近地小天体防御系统技术攻关的首次实践。执行任务的航天器计划于2027年使用长征三号乙运载火箭发射,在2029年对目标小行星2015XF261实施撞击。这颗小行星的直径在24米到84米之间,沿着一个扁扁的椭圆轨道围绕太阳运行,绕太阳一圈约360天,比地球的一年稍短些。

航天器将以观测器与撞击器组合体的方式发射升空,而后分别实施深空机动,其中观测器将飞掠金星借力助推,于2029年初率先抵达目标小行星开始伴飞,对它的大小、形状、成分、结构、轨道等特性开展全方位的前期观测,研究其起源、轨道迁移历史和未来演化趋势。待摸清“家底”后,撞击器再于2029年4月实施高速撞击。撞击完成后,观测器还将继续对目标小行星开展后续观测,以评估撞击效果。简单总结,这项任务拟采用的是“伴飞+撞击+伴飞”的模式。

目前初步确定了用于观测器的4台科学载荷,包括光谱及激光三维探测仪、中视场彩色相机、探测雷达、尘埃与粒子分析仪。任务全程将通过天地联合方式,采用近距离高速成像技术,对小行星轨道与地形的变化以及溅射物分布等撞击效应进行研究,准确评估撞击效果,揭示撞击动量传递规律,为未来实施小行星防御任务提供理论支撑和决策依据。

目前,我国已建成紫金山天文台1米专用望远镜、冷湖2.5米大视场巡天望远镜,以及兴隆2.16米、丽江2.4米和1.8米望远镜;“中国复眼”规划建设25部30米孔径雷达,建成后将具备对千万公里外小行星的探测与高精度成像能力,初步形成多功能高效协同的地基监测网。随着近年来我国航天科技不断取得突破性进展,相信未来计划建立的近地小行星监测预警系统和防御系统,将刷新我国在这一领域的成就。