

# 我国为什么迫切需要低成本商业航天级抗辐照国产芯片？

截至 2024 年 4 月，SpaceX 已经向 LEO 发射了超过 6000 颗星链卫星，中国目前主要布局有三大卫星星座，分别是“千帆星座”“GW 星座”8 和“Honghu-3 星座”。按照上海垣信卫星科技有限公司的宏伟规划，“千帆星座”将最终部署 1.5 万颗卫星。GW 星座由中国卫星网络集团有限公司牵头，计划发射约 1.3 万颗。低轨卫星 Honghu-3 星座计划，作为上海蓝箭鸿擎科技有限公司的前瞻力作，旨在构建一个由 1 万颗卫星组成的巨型太空网络。低轨商业航天卫星近几年数量会急剧增加，商业航天电子学方案对于成本要求苛刻，不会采用传统航天的抗辐照芯片，同时低轨上尤其是 SAA 区域芯片单粒子效应概率并不低，不少现有低轨卫星寿命并不理想。另一方面随着 LEO 上卫星数量的增加，出现干扰碰撞等概率也会不断增加，处理成本很高，基于以上考虑不少商业卫星厂家已经主动关注抗辐照特性的低成本系列芯片。

对于地球周围的轨道空间环境，主要的辐照粒子源包括：（1）银河宇宙射线；（2）地球辐射带；（3）太阳高能粒子，如图 1 所示。银河宇宙射线是来自太阳系以外银河系的各向相同的辐射粒子。地球辐射带由地球磁场捕获的电子、质子和少量低能重粒子组成，最初由范艾伦发现，因此也称为艾伦辐射带。地球磁瓶捕获靠近地球的电子、质子等辐射粒子，一方面保护了地球上面的生物免受辐照的伤害；但在另一方面，也增加了地球周围空间的辐射强度，使得地球轨道的辐射环境进一步恶化。太阳高能粒子是由太阳耀斑和日冕物质抛射活动发射出来的辐射粒子，包括电子、质子和一些重粒子。

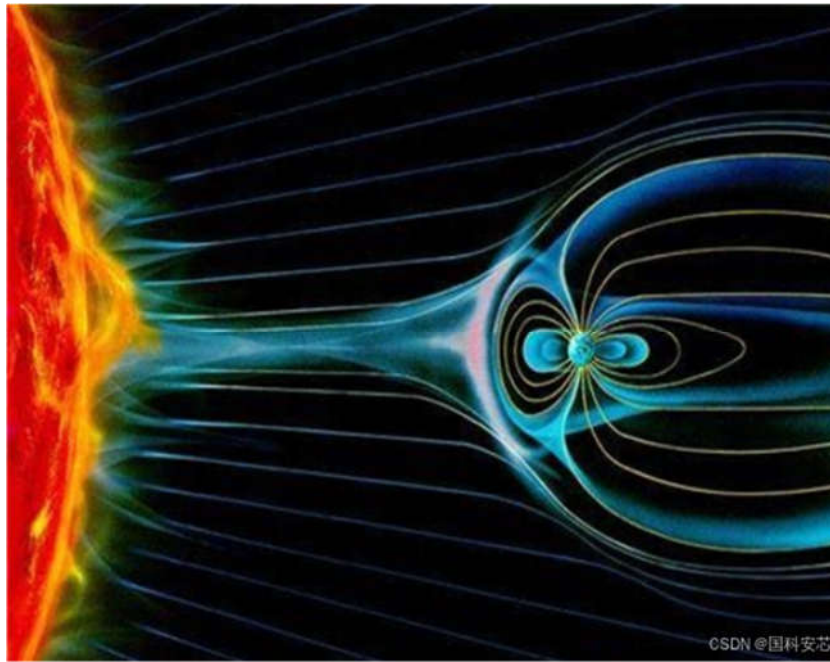


图 1 地球辐射源

随着太空技术的迅速发展,越来越多的卫星被发射到低地球轨道 (Low-Earth-Orbit, 缩写 LEO, 又称“近地轨道”) 空间, 以支持通信、地球观测、技术开发等多种任务。然而, 这些卫星在轨道运行期间面临着严峻的辐射环境考验。目前对于常用的辐照防护办法主要是增加金属屏蔽层、选择较低的和可以有效避开地球辐射带的低倾角轨道以及控制在轨时间等措施, 部分芯片公司有抗辐照芯片设计能力, 推出抗辐照宇航级芯片, 满足传统宇航要求的抗辐照芯片价格很高。金属屏蔽层可以有效屏蔽电子这类低能粒子, 但是由于空间辐照粒子种类多、能量谱宽, 对于像质子、中子这类高能粒子, 金属屏蔽效果十分有限, 主要还是需要芯片本身具有抗辐照特性来满足宇航要求。

对于商业航天低轨卫星需要特别留意的是 South Atlantic Anomaly (SAA)。这个高度 200~800KM 是 LEO 应用中器件最常失效的区域, 如图 2 所示。

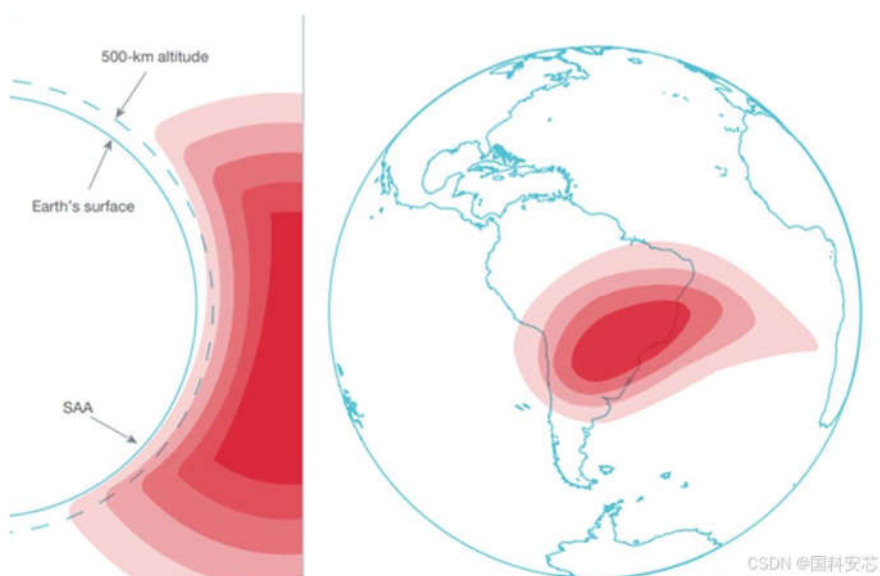
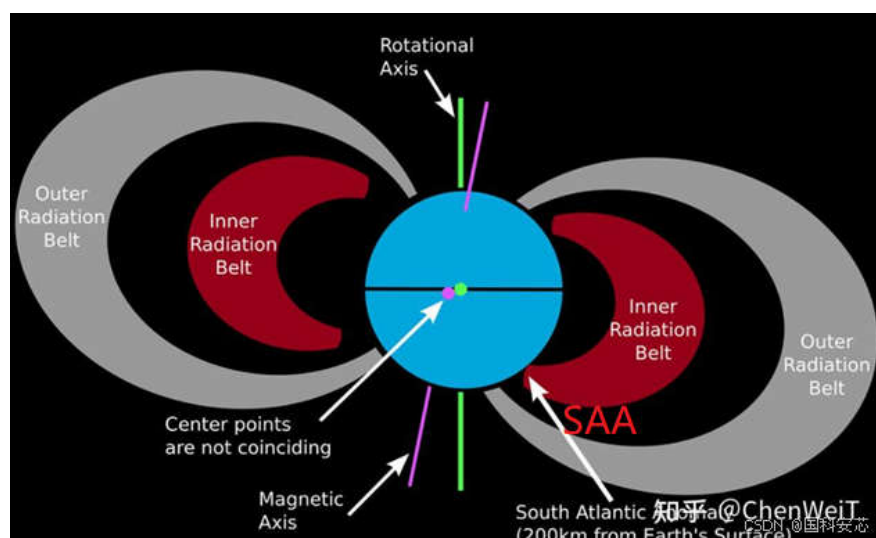


图 2 艾伦带和 SAA

虽然 LEO 是航天中辐射环境最为温和的轨道，但其失效概率还是不可忽视。下图为美国收集到 DRAM 在 LEO 约 5 个月由于辐射效应导致的单粒子翻转失效（Single Event Upset）地图。可以看出 SAA 区域出问题的概率远远高于其他区域。

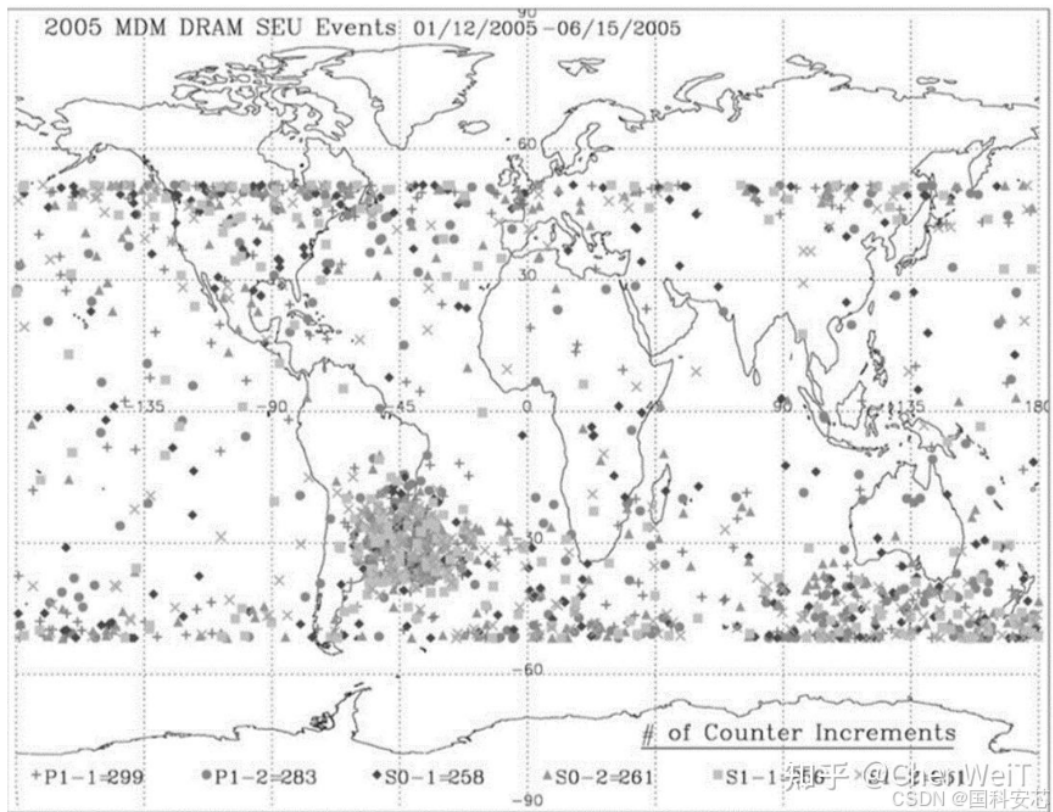


图3 DRAM 在 LEO 的 SEU 图表

综上所述，低轨商业卫星越来越多，目前主流的车规级芯片方案虽然解决了商业航天成本问题，但是越来越多的事例证明具有一定抗辐照特性的芯片更能保证商业卫星的使用寿命和性能质量，亟需一系列低成本的抗辐照商业航天级芯片来保障低轨商业卫星长期高质量运行。