



FLoEFD用于Fregbone卫星设计以研究零重力对人体骨骼的影响

费兰德航空中心投资超过两亿美金，致力于发展比利时太空科技并商业化，其旗下包括30多家制造公司。位于安特卫普的voxdale公司是该中心成员之一，其同时也提供其它各行业的工程服务。该公司正研究一个非常有趣的太空项目，分析载人航天飞船飞抵临近地球的其它行星（比如火星）的可行性，这一航程将历时3年之久，为此需解决长期太空飞行条件下，宇航员因微重力而导致骨骼变脆或罹患骨质疏松的问题。

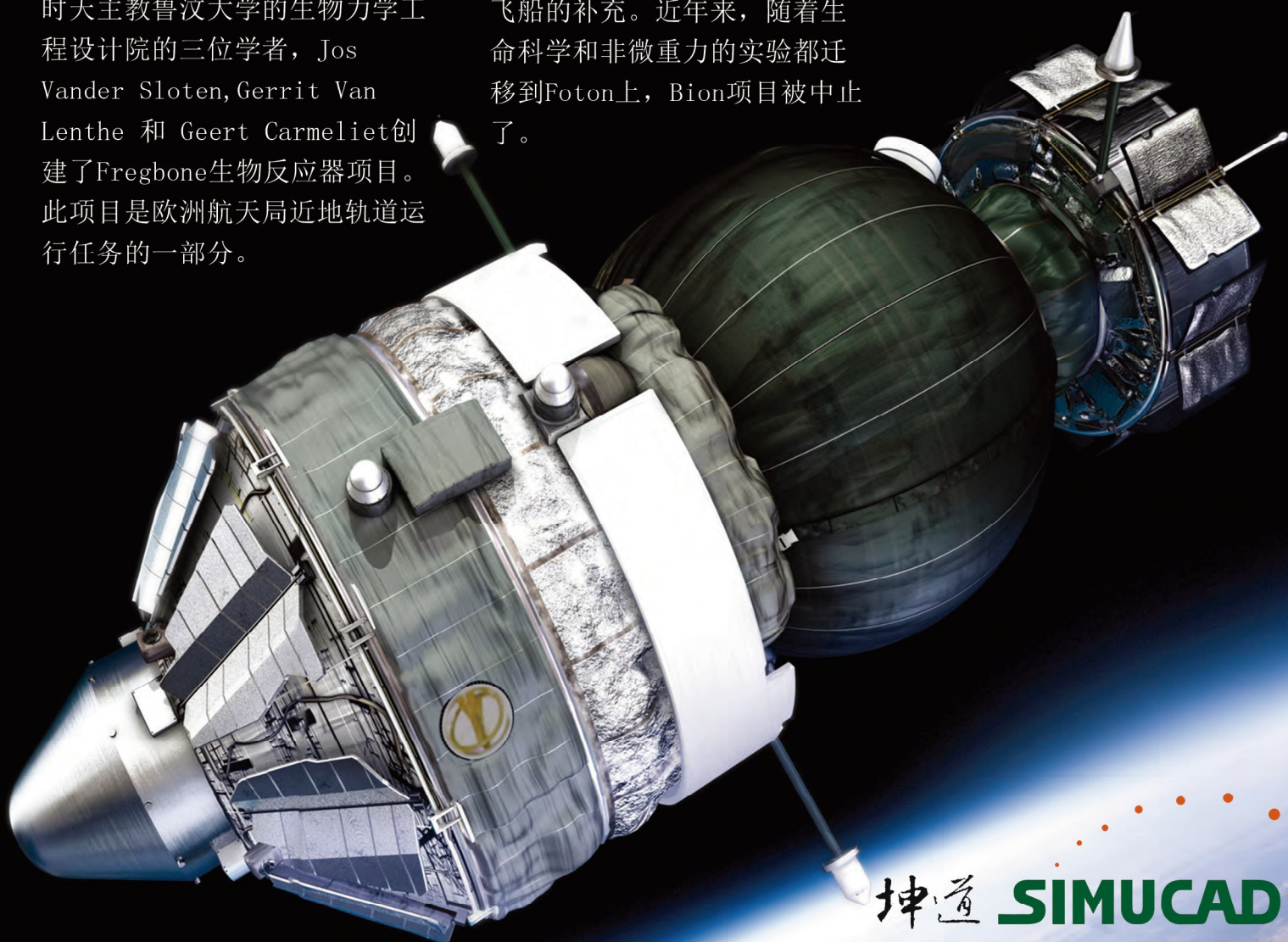
为深入理解这一现象，比利时天主教鲁汶大学的生物力学工程设计院的三位学者，Jos Vander Sloten, Gerrit Van Lenthe 和 Geert Carmeliet创建了Fregbone生物反应器项目。此项目是欧洲航天局近地轨道运行任务的一部分。

“Fregbone”实验大致是把十二支牛骨（通过持续输送培养液使其保持活性）放置在地球轨道卫星中，进行为期12天的失重条件下的震动实验。由于卫星以28000km/h的速度每天绕地飞行15圈，其还会每天周期性地接受太阳辐射从零到完全照射变化15次。

Foton返回式无人航天飞船系列由前苏联在20世纪60年代的联盟号火箭和太空船发射成功后，于1985年首次发射。它可为物理学家和材料学家提供微重力环境平台，是对类似的以生命科学研究为目的的Bion飞船的补充。近年来，随着生命科学和非微重力的实验都迁移到Foton上，Bion项目被中止了。

Foton-M3俄罗斯航天飞船主要承接一些短期寿命试验（一般不超过两周），俄罗斯联邦航天局提供宇宙飞船的发射，欧洲航天局为其提供有效载荷以及相关实验。‘Fregbone’项目及其实验测试是在Foton-M3上完成的，并且它只是在Foton-M3的14个实验中的一个。

Foton-M3有效载荷进行的实验还包括流体物理学、生物学、蛋白质晶体生长学、陨石学、辐射剂量测量学、外太空生物学。

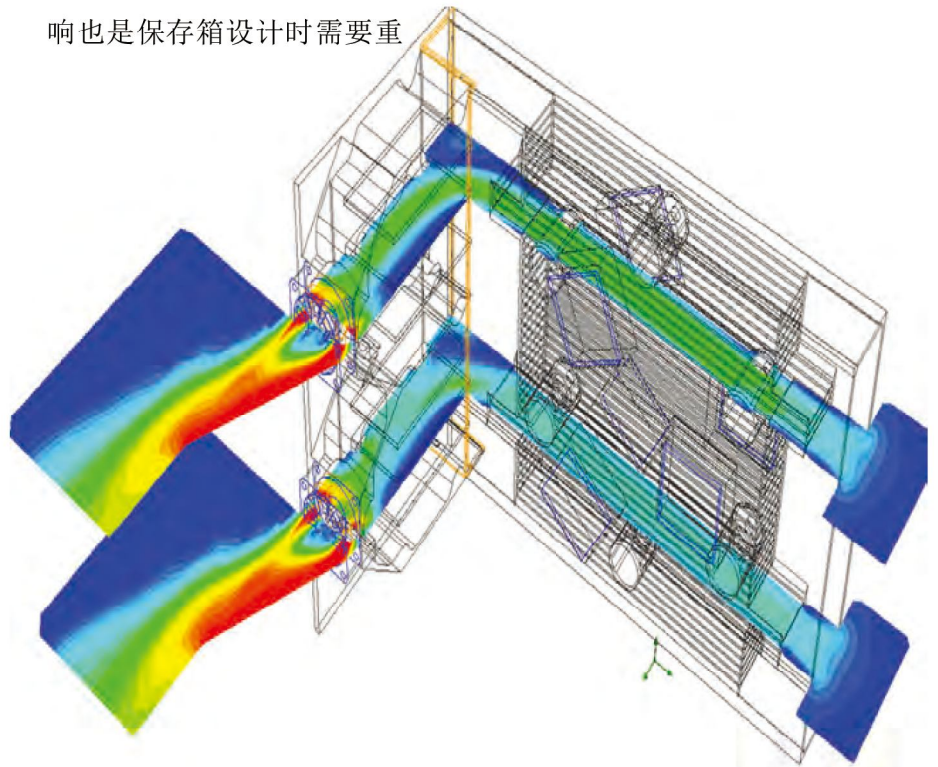
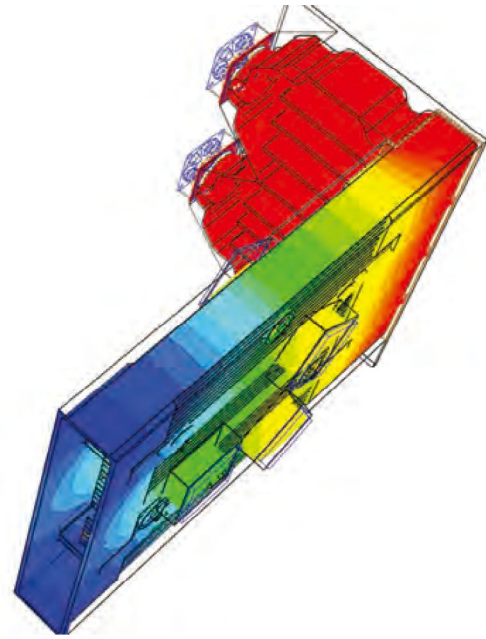


众所周知，要获得骨骼硬度，必须施加一定的机械载荷。然而，具体的细节仍然很大程度上是未知的。因此Freqbone卫星试验的目的就是研究机械压力和拉力对骨骼重塑的影响，以及微重力对骨骼重塑的作用。在2007年11月，Freqbone项目在Foton-M3任务中成功实施。共对12个牛小梁骨在微重力下进行了为期14天的试验，其中一半加载高频低振幅载荷的生物应力，另一半不加载荷。这个项目的具体目的是分析在机械应力下和不在机械应力下，骨骼样品的骨吸收和骨沉淀的区别。

作为实验的一部分，每天有一半的牛骨将被用来做10分钟振动试验（高频低振幅的机械振动），并全程记录实验效果。实际上，这种实验是在专门的加载及灌注式生物反应器里进行的。在微重力和辐射情况下，科学家通过对比加载和灌注样本与不加载（只灌注）样本在机械刺激下的效果，分析施加振动载荷和不施加振动载荷对牛骨的影响。实际的Freqbone实验箱硬件和符合Leuven小组技术要求的地面控制模型都已经由QinetiQ Space公司的MarcDielissen设计和搭建好了。reqbone试验台设计的非常紧凑、轻

便和可靠以便可以在卫星的有效载荷舱中运作。

为了保证Freqbone项目的顺利实施，费兰德航空中心的工程师不得不设计一个重量少于10公斤、内部温度控制在 $37.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 的骨骼保存箱。针对Freqbone管道和骨骼保存箱的温度，他们向Voxdale寻求帮助，以使保存箱在重复的低地轨道运行试验中保持均匀的温度。对实验的真正的挑战是在卫星接受太阳辐射从完全照射到零的过渡时期，这25秒的过渡时期是热冲击最严重时期，此间的太阳辐射对设备的影响也是保存箱设计时需要重



点考虑的。

Voxdale 选择了嵌入到PTC CreoCAD的FloEFD软件对骨骼保存箱的多个设计方案进行快速有效的评估，以使其合乎设计要求。设计人员还由风扇罩、散热器、6个帕尔贴效应装置、两个风扇以及导热材料构成的散热系统设计，使其适应卫星有效载荷周期运行过程中，尤其是卫星接受

太阳辐射从零到完全辐射这一时期所引起的温度波动。

Frobone实验圆满结束。Foton-M3返回地面，生物科学家就FreqBone卫星中施加振动载荷和未施加振动载荷的两类牛骨和地球上的此两类进行了对比。这为未来更远距离的行星间载人航天飞行提供了极有价值的参考依据。

