



## MH370 结构分析与水上迫降模拟研究

这些资料分析了MH370航班的技术细节和失踪原因，重点关注波音777-200ER的材料构成和专门的碰撞模拟。其中一份文件着重介绍了飞机的结构组成，指出其主要由铝合金、碳纤维复合材料和钛合金构成，以平衡重量和耐久性。另一份资料详细介绍了CAPTIO团队的一项研究，该研究利用先进的数值建模技术，调查了特定机翼部件——襟副翼的损坏情况。通过对比可控水上迫降和空中解体两种情况，研究人员得出结论：损坏模式强烈表明飞行员曾试图在水面上进行迫降。这些研究旨在通过计算飞机的最终运动轨迹和撞击密度来缩小水下搜索范围。这些资料共同从法医工程的角度解读了这一谜团，将材料科学与流固耦合模拟相结合，对飞机的最后时刻进行了推测。

### 航空航天科学与技术

### MH370航班的终结：迫降水上，襟副翼撞击海面的研究

作者：[Argiris Kamoulakos](#)、[Jean-Luc Marchand](#)、[Philippe Gasser](#)、[Michel Delarche](#) 和 [Jean-Marc Garot](#)，CAPTIO 1 团队成员

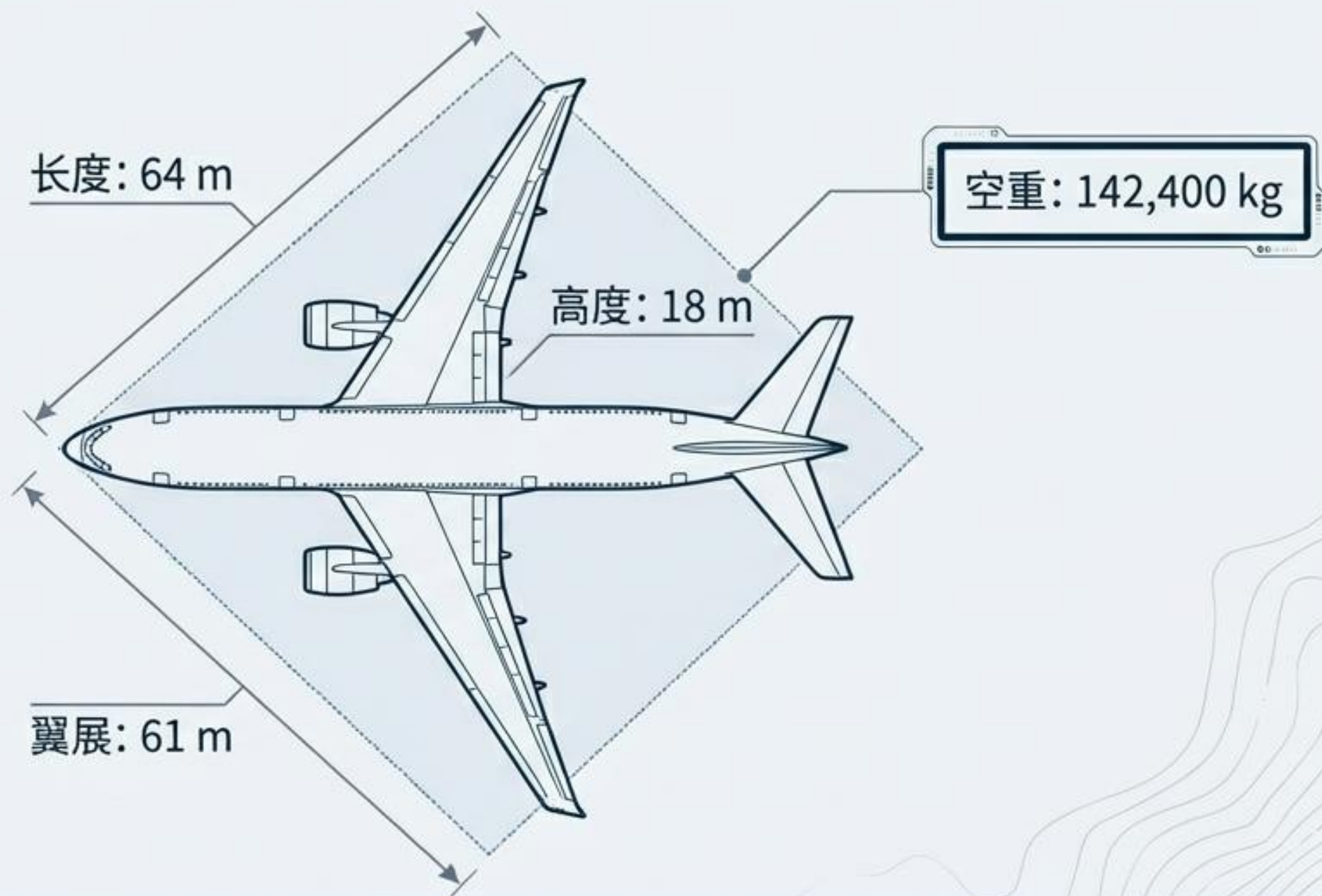
[https://www.mh370-caption.net/wp-content/uploads/Pages-from-lettre\\_3af\\_n41.pdf](https://www.mh370-caption.net/wp-content/uploads/Pages-from-lettre_3af_n41.pdf)

# MH370的最后时刻：法医工程与深海寻踪

基于计算流体力学与深海探测的科学还原



# 目标画像：深海中的“菱形”金属巨兽



在绝对坐标下，这构成了海底一块面积约为 **1952平方米** 的紧凑菱形目标区域。

# 解构机身：声纳与磁力探测的关键锚点

## 70% 铝合金

AA2024-T3, AA2524-T3等，  
提供极高的强度重量比。



## 9% 碳纤维复合材料 (CFRP)

用于水平/垂直尾翼及客舱地板。

## 钛合金

分布于发动机短舱，形成  
高密度声纳反射源。

## 高强度钢

构成起落架核心支撑与发  
动机支架。

140多吨的特殊金属组合，在海底形  
成了极其强烈的密度与材质特征。

# 沉默的证人：留尼汪岛的残片

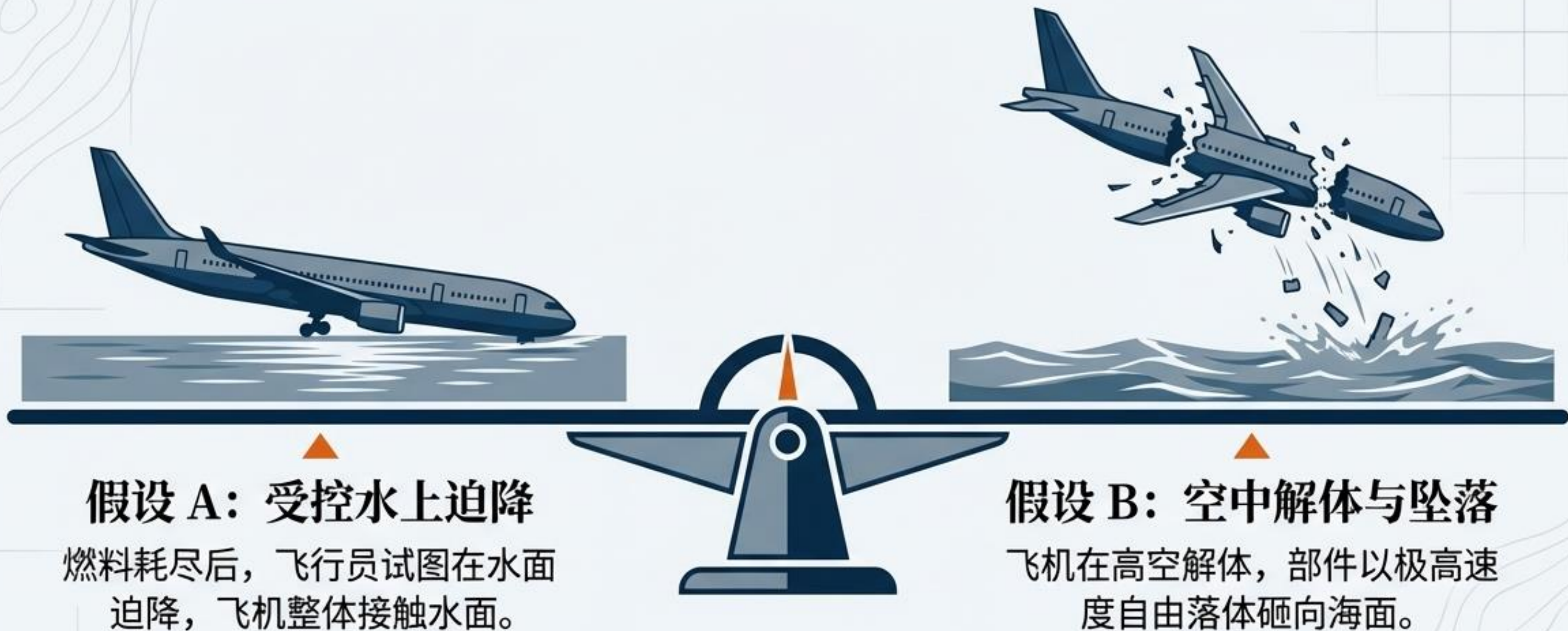


发现地：留尼汪岛

鉴定身份：右侧襟副翼  
(Right Flaperon)

核心物理特征：后缘  
(Trailing Edge) **缺失了  
36.1%**。

# 世纪悬念：空中解体还是受控迫降？



法医工程学的任务：让残骸的物理断裂形态开口说话，证伪其中一个假设。

# 模拟引擎：SPH 粒子流体动力学

Normalization  $\int W(x-x',h)dx' = 1$

Compact support  $W(x-x') = 0 \quad |x-x'| > \kappa h$

Delta function property  $\lim_{h \rightarrow 0} W(x-x',h) = \delta(x-x')$

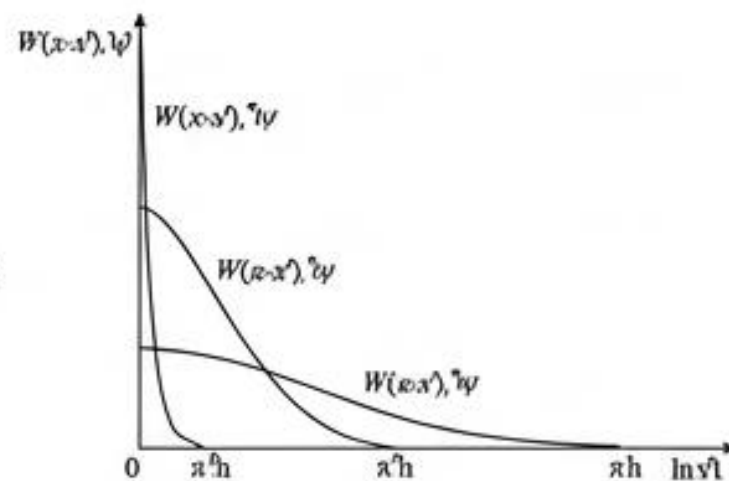
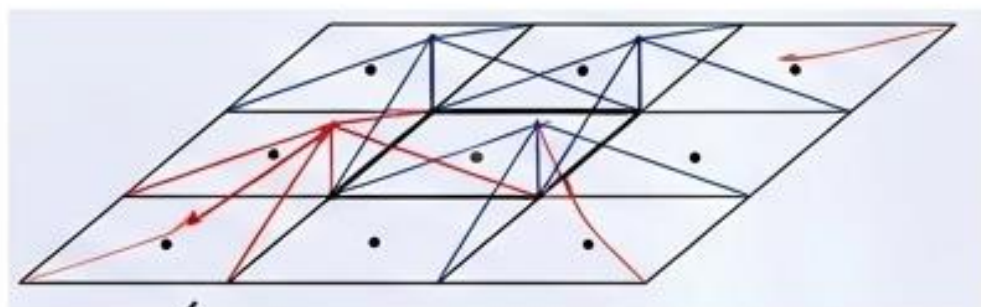
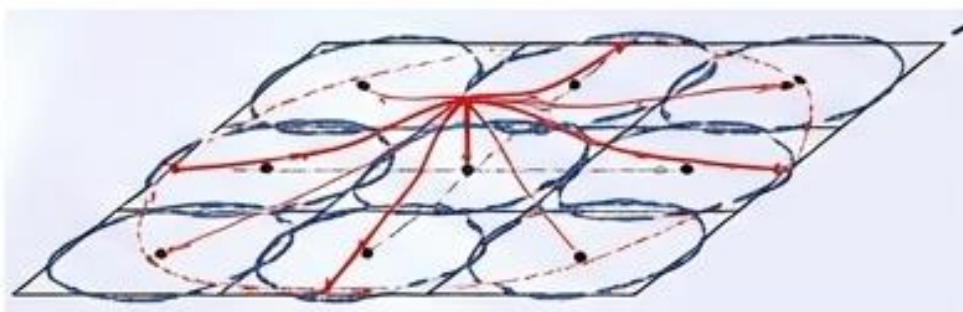


Illustration of smoothing functions



FE interpolation functions



SPH smoothing function

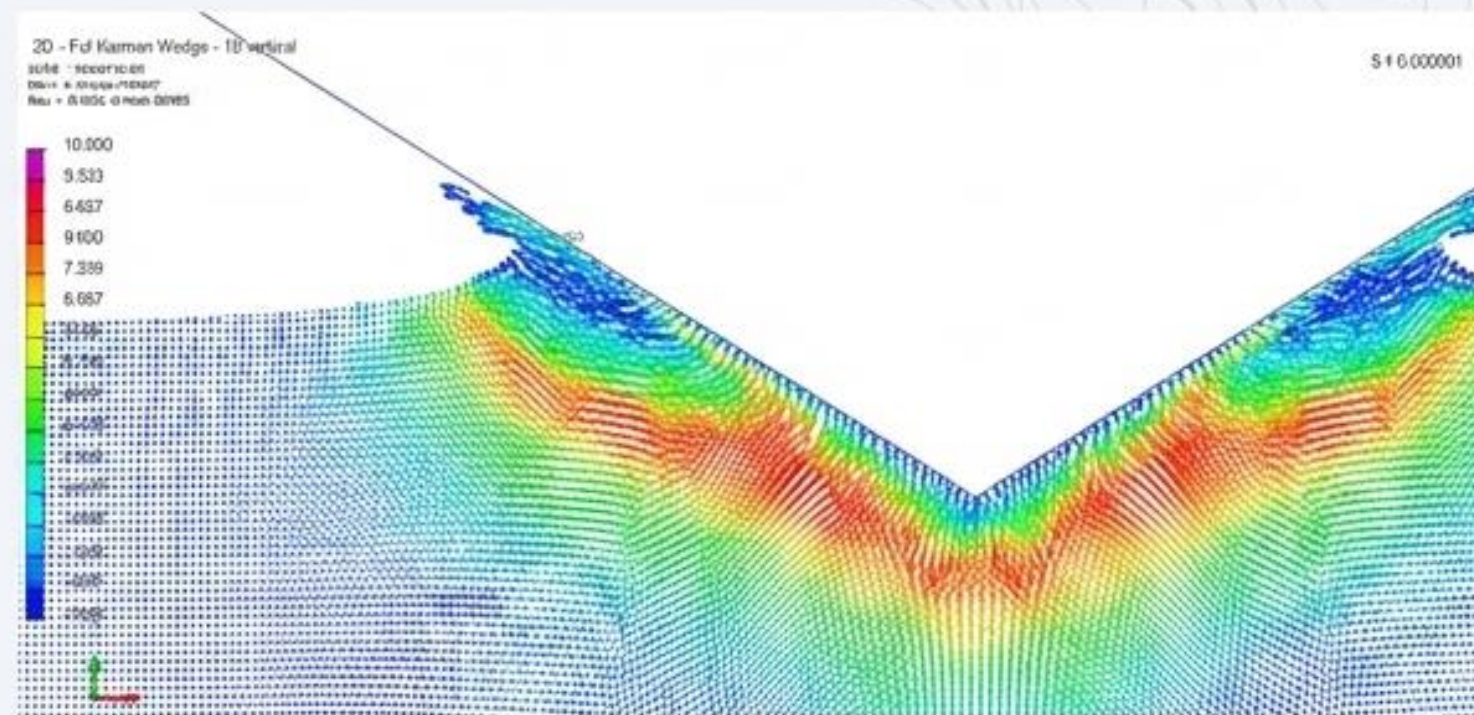
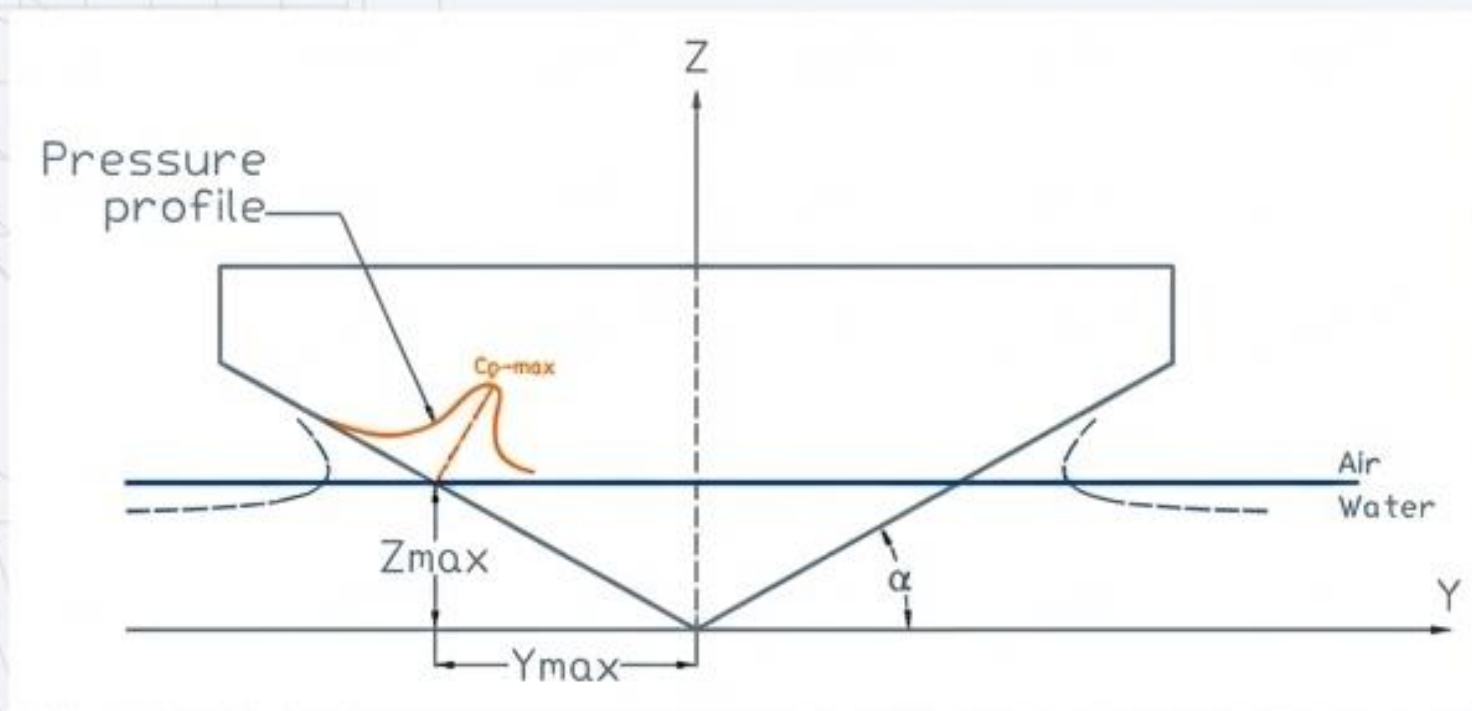
SPH 粒子法：完美模拟流体拓扑的巨  
大变化与极端水花飞溅。

传统 FE 网格：易在极端碰撞中发生  
畸变与计算失效。

核心算法：Esi Group VPS (PAMCRASH)

状态方程：Murnahan-Tait EOS (精确处  
理极高冲击下水的低压缩性)

# 算法验证：Von-Karman 楔块冲击测试



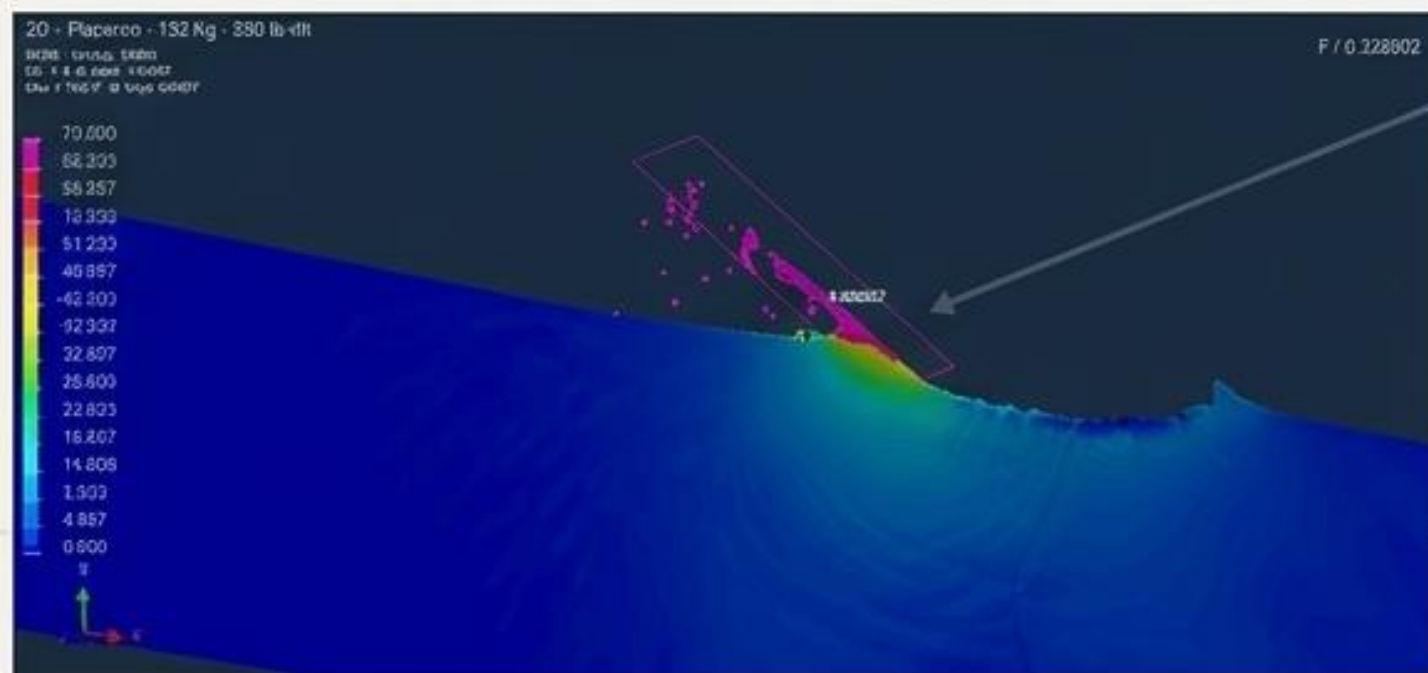
## 测试参数

120度无限楔块（模拟30度倾角），以 **10 m/s** 垂直冲入水面。

## 验证结论

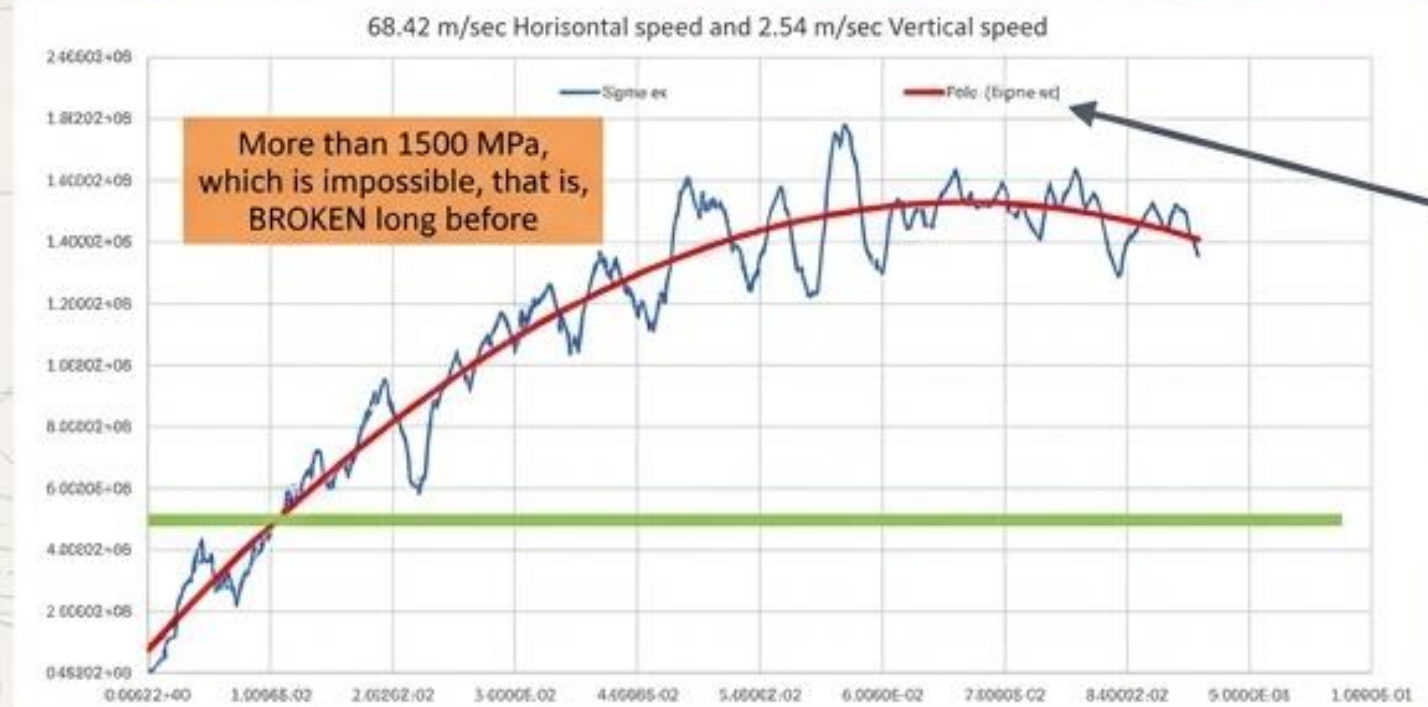
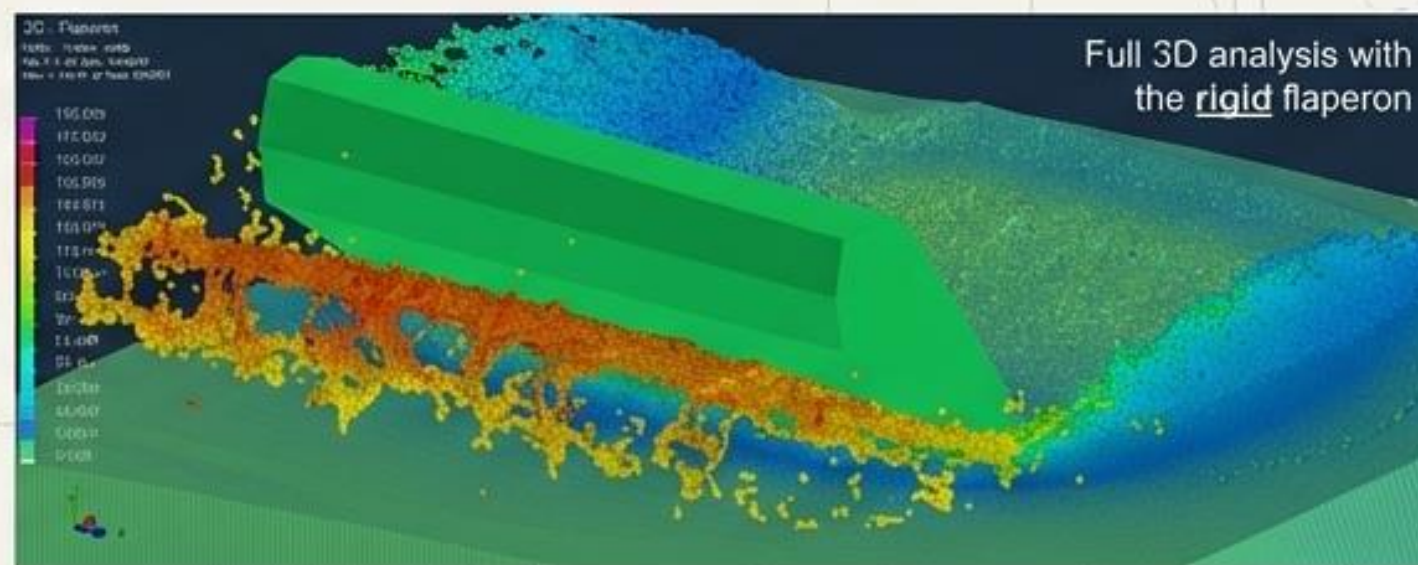
模拟的反作用力与包含 **Wagner修正** 的理论预测高度吻合。确立后续计算的 **绝对基准**。

# 初步测试：刚体冲击下的极端水压



Annotation 1

迫降速度：水平 68.42 m/s，垂直 2.54 m/s



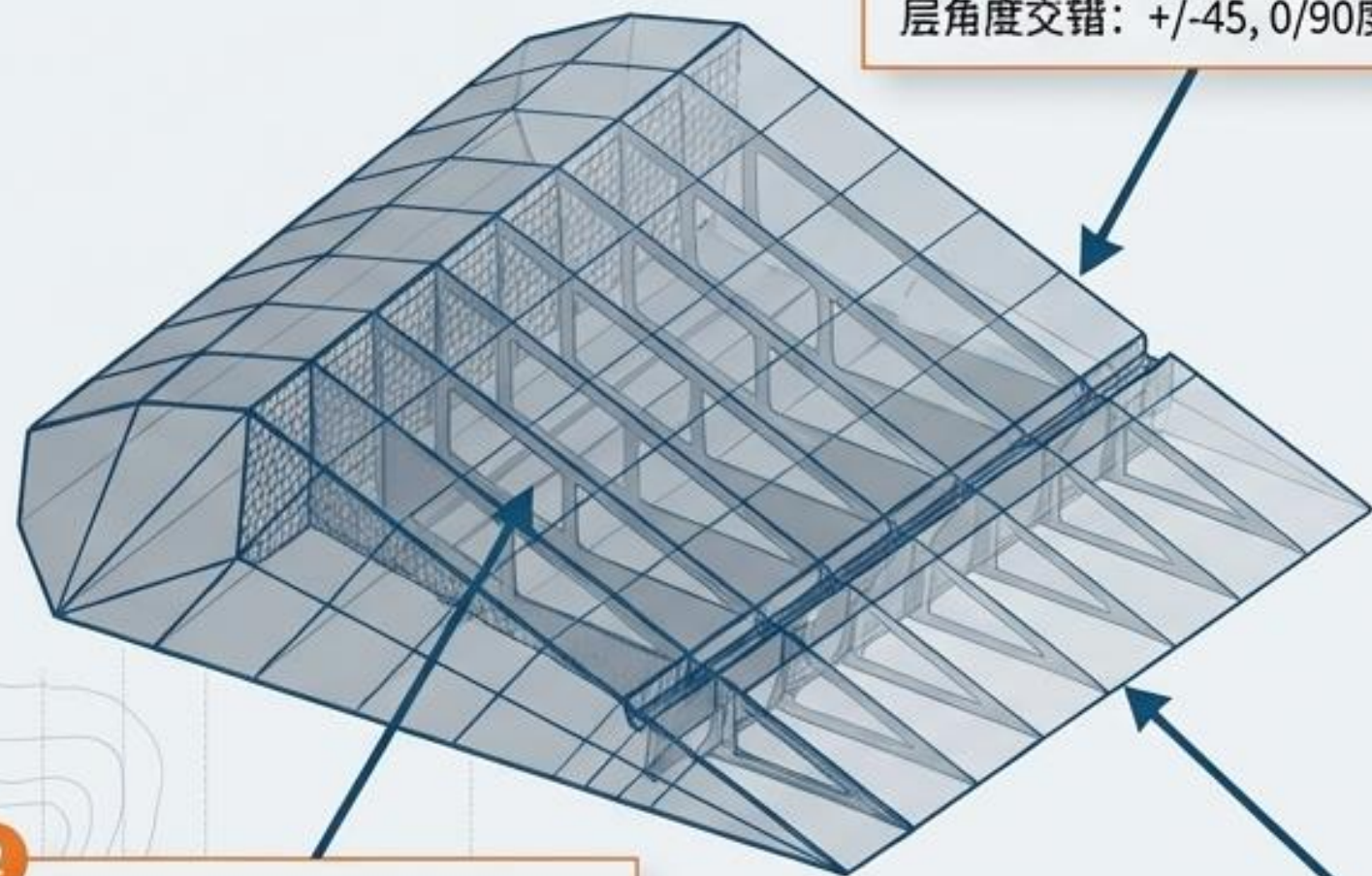
Annotation 2

极值应力：局部峰值超过 1500 MPa

Annotation 3

结论：压力远超航空材料极限。证明现实中的非刚体弹性材质必然在瞬间发生了严重断裂。


# 还原真实物理属性：弹性复合材料建模



1 蒙皮 (Skin) : NASA AGATE 3K-70-PW 碳纤维复合材料 (多层角度交错: +/-45, 0/90度)。

2 核心 (Core) : 蜂窝结构 (Honeycomb) 提供厚度方向的横向刚度。

3 建模细节: 使用 VPS 中的 Auto-contact 变量精准模拟蜂窝芯的力学传导特性。



Advanced General Aviation Transport Experiments

B - Basis Design Allowables for Epoxy - Based Prepreg

Fiberite Plain Weave Graphite Fabric T650 3K-70-PW / T740

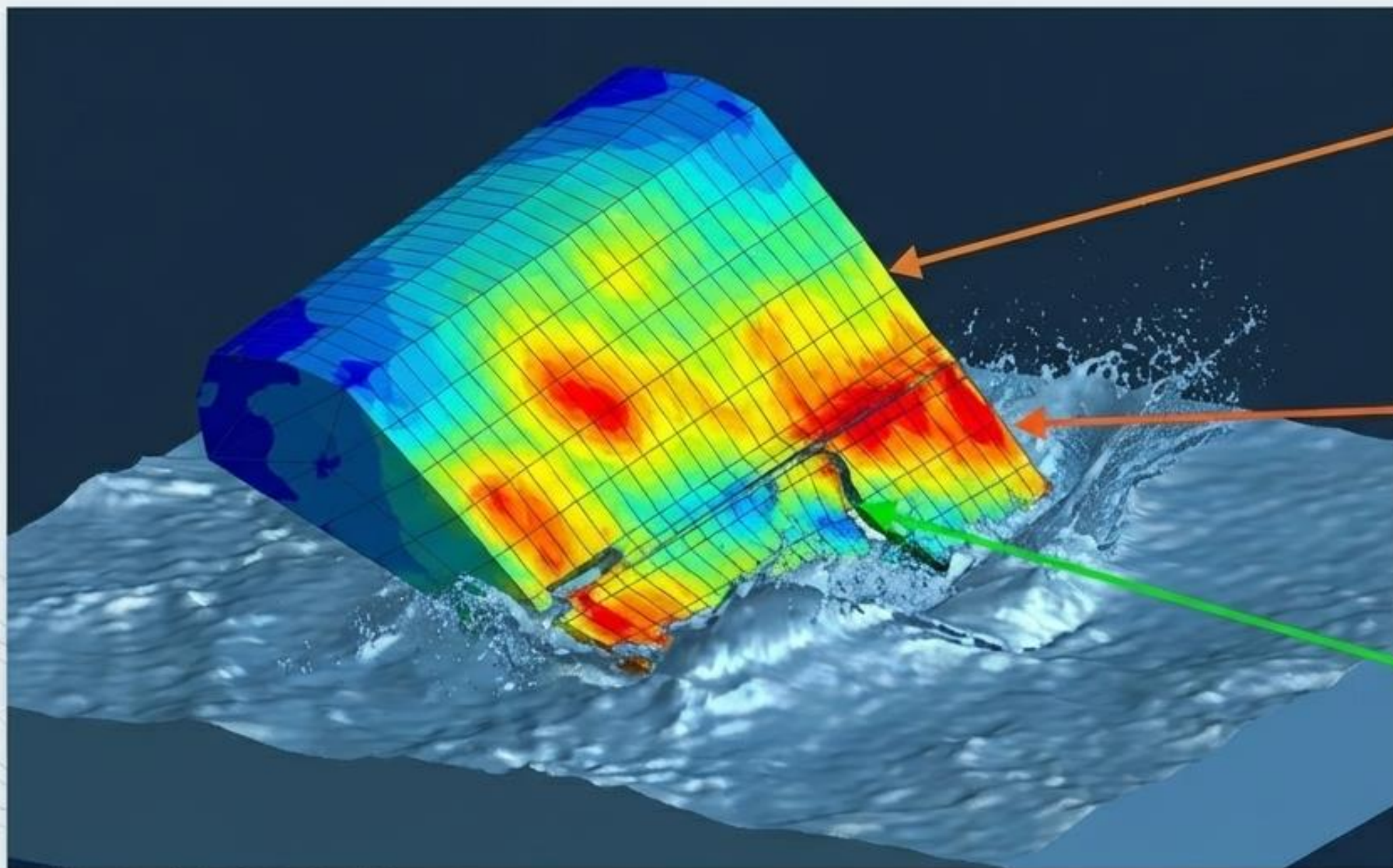
AGATE-WP3.3-033051-100

September 2001

J. Tomblin, J. McKanns, Y. Kg, K. S. Raju  
Nemoral Indiors le Aozdco Recvanh  
WeHks Sote Ultrvntly  
Wahha, H5 67269 0090

Fabric 3K-70-PW	
Resin Content [%]	38 %
Average Fiber Density	1.778 g/cc
Average Resin Density	1.27 g/ccm
Average Ply density	1.585 g/ccm
Ply thickness	0.2 mm
0 / 90 degree modulus (tension/compression)	~69 GPa
Failure strain (tension/compression)	~1.3%
Shear modulus "yield strain"	~4 GPa ~2%
Failure strain	~10%
Shear Strength	~96 MPa

# 场景 A：受控水上迫降模拟



## 力量传导

巨大的水压击中下蒙皮，通过内部蜂窝芯无情地传递至上蒙皮。

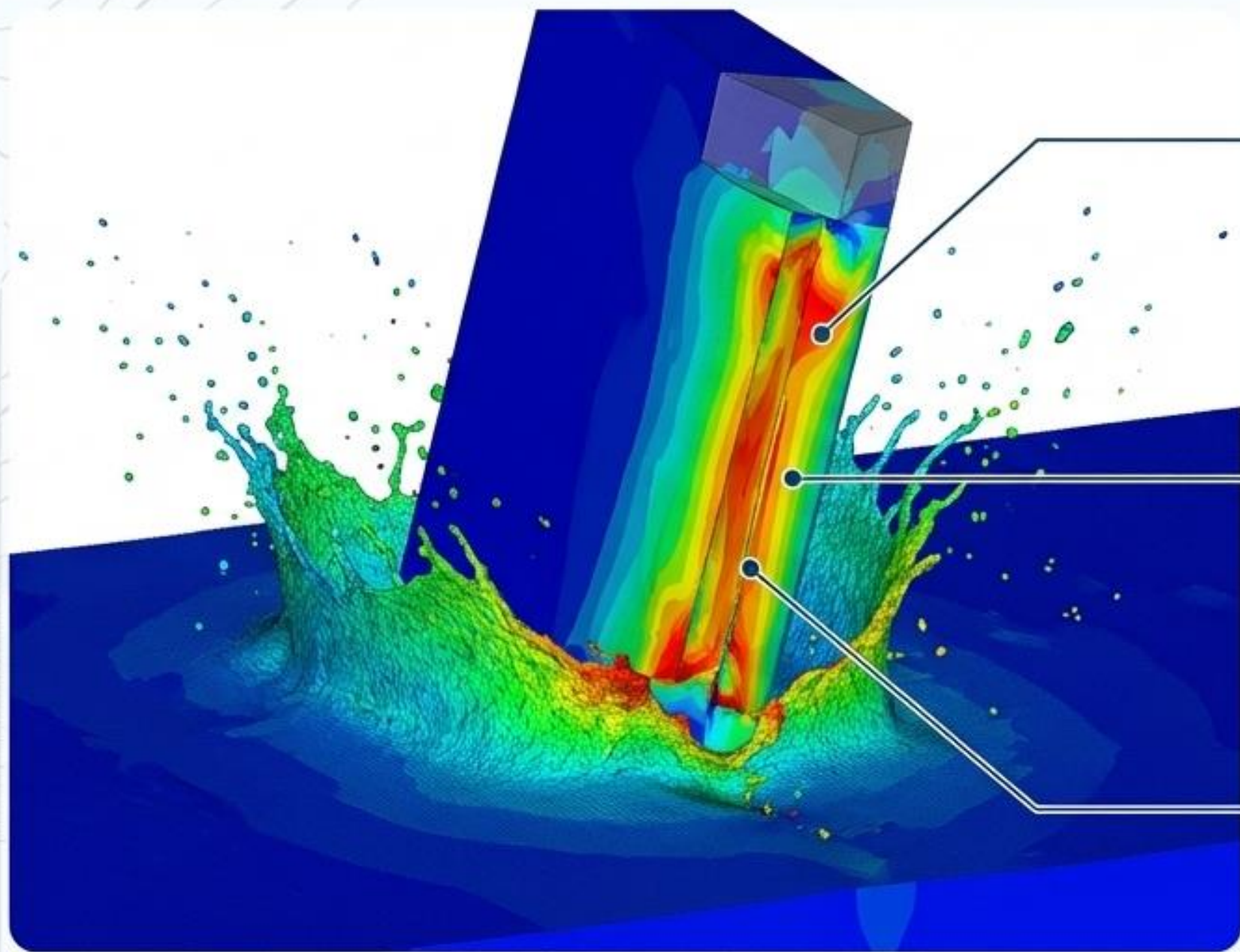
## 破坏位置

致命应力完全集中在后缘翼梁（Trailing Edge Spar）之后。

## 模拟结果

导致后缘发生极其严重的局部塑性变形与彻底断裂。

# 场景 B：自由落体跌落模拟



**跌落参数：**从 5000 英尺脱落，以 50 度俯角、38 m/s (137 km/h) 的终端速度直坠入海。



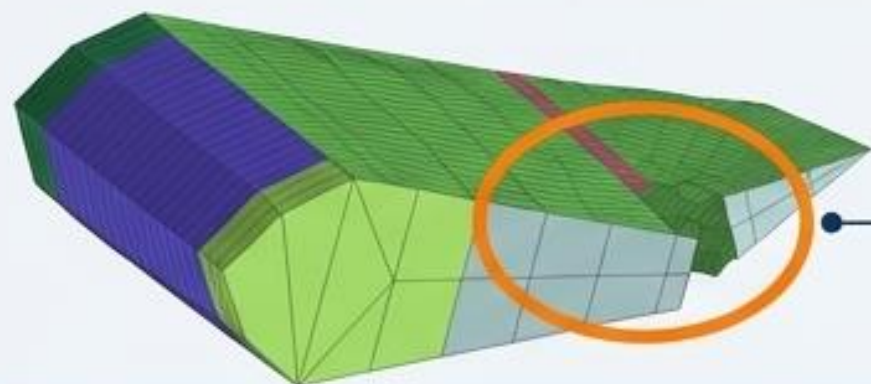
**力量传导：**阻力与重力的共同作用导致前缘 (Leading Edge) 率先受到毁灭性撞击。



**模拟结果：**导致前缘发生严重的开裂与深度凹陷。

# 铁证如山：模拟与现实的完美契合

场景 A (迫降模拟)：后缘受损，与现实**完全吻合**



Trailing edge fully broken and on the point of separation

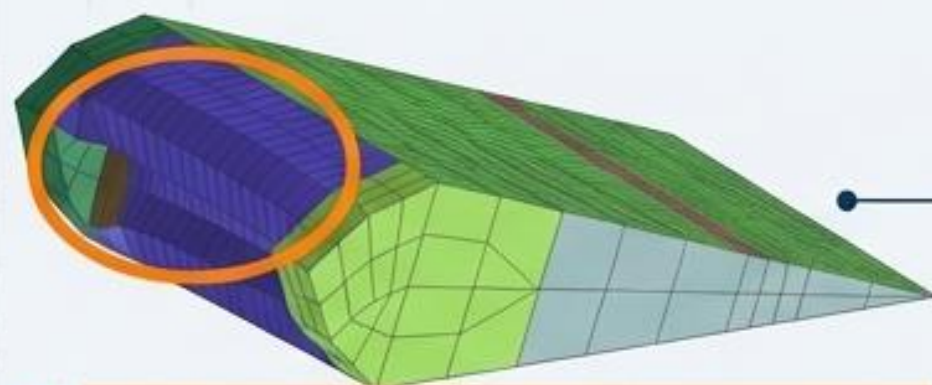


**MATCH:**  
Trailing Edge Damage



Trailing edge missing

场景 B (自由落体)：前缘粉碎，与现实**严重矛盾**



Leading edge cracked and severely dented



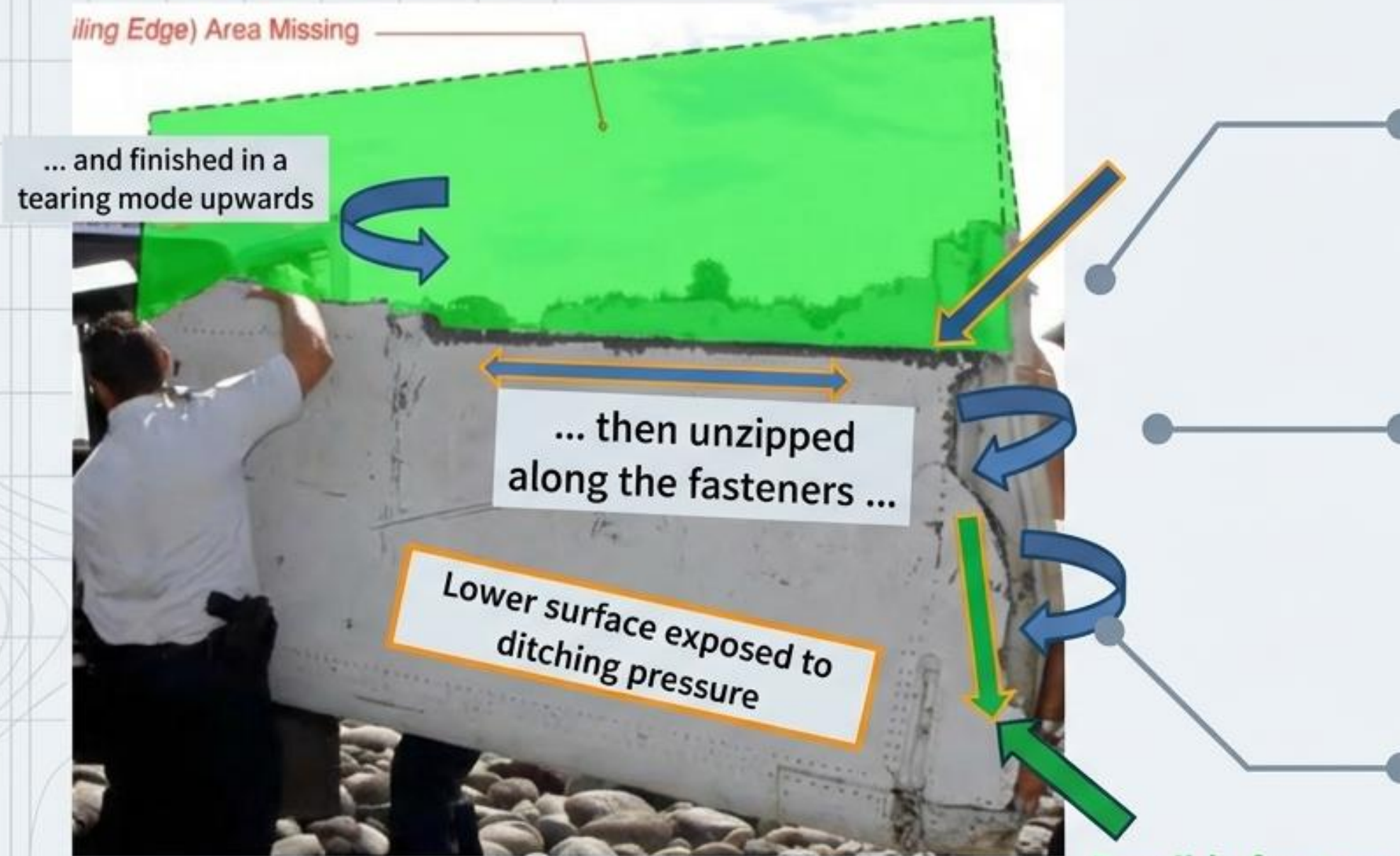
**MISMATCH:**  
Leading Edge Damage



Leading edge intact

法医工程学的定论：残骸特征仅与“受控迫降”相符。落水瞬间，襟副翼仍牢牢连接在机翼上。

# 撕裂机制还原：像拉链一样的断裂



## 1. 弯曲张应力



迫降时的极高水压使得下表面急剧弯曲，诱发极大的张应力。

## 2. 应力集中



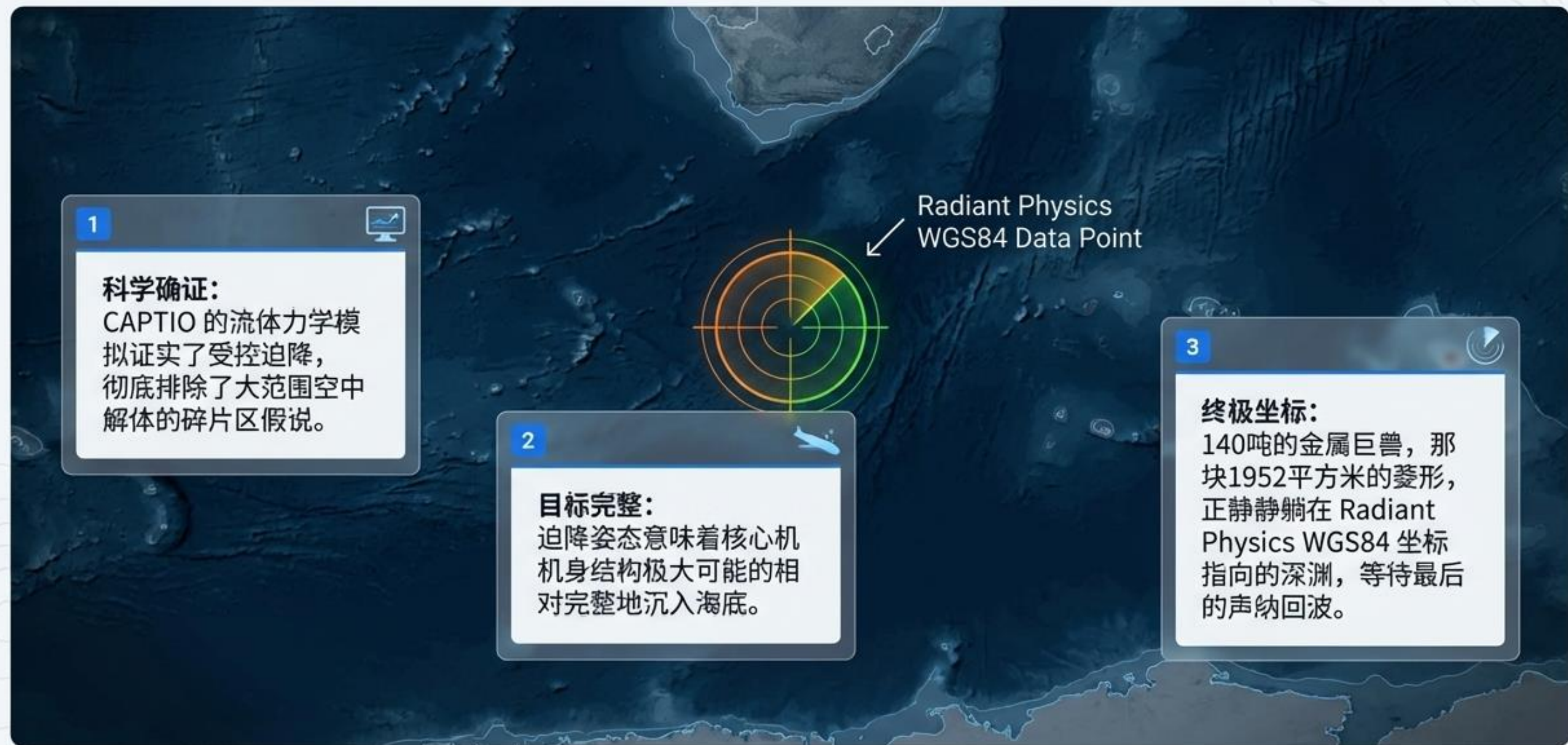
毁灭性的拉扯力量瞬间集中在脆弱的紧固件与螺丝孔周围。

## 3. 向上撕裂



沿紧固件断裂后，下表面完全暴露于激流中，迫使整块残片像拉链一样向后、向上拉开并彻底脱落。

# 未竟的使命：指引深海搜寻的方向





# Funds - LLC

**Copyright © Michel Louis Friedman, 01/2026. All rights reserved. No reproduction without permission.**

Customized version

1. For translation costs, please contact us.
2. For the addition of company-specific documentation, please contact us.
3. For an editable option, please contact us.
4. Consultations available at **Michel.friedman@funds-llc.com** or **mlf10357@yahoo.com**.

o All translations, logos, terms, and specific concepts are the property of Funds-llc worldwide.

o RSS-NMR<sup>®</sup> is a registered trademark worldwide at the home address of Michel-Louis Friedman-Matarese.

## **Disclaimer**

The opinions, analyses, and explanations expressed in this text are solely those of their author, Michel Louis Friedman. They do not represent the views of any institution, company, employer, or other entity. The author disclaims all liability for the use or interpretation of this material.

Copyright Law © March 11, 1957 Law No. 57-298 of March 11, 1957, concerning the ownership of literature and artists

o Copyright © 2005-2026 Funds-LLC

o Copyright © 2009-2026 Funds-LLC div. Proactive Economic Intelligence

o All copyright © and trademark <sup>®</sup> are protected under the U.S. Copyright Act of 1976 and subsequent amendments, and related laws contained in Title 17 of the United States Code.

All U.S. rights, © and registered trademarks <sup>®</sup> are in accordance with applicable law.

Patents and Trademarks (December 12, 1980) <https://www.copyright.gov/>



# FANDS-LLC | Proactive Economic Intelligence

Physical office: Aparthotel El Suto, Calle El Suto s/n, San Jose de Chiquitos, Bolivia

**Email:** [Michel.friedman@fands-llc.biz](mailto:Michel.friedman@fands-llc.biz)

**WhatsApp:** +591 71696657