

# 飞机水面迫降：不可能完成的任务？

□ 李大为

飞机已经成为越来越多的人出行首选，其安全问题一直是人们关注的焦点。

2016年上映的电影《萨利机长》，根据2009年全美航空1549号迫降真实事件改编，讲述了机长萨利在发动机失效的情况下，成功迫降拯救155名乘客和机组人员的故事。

影片中，飞机起飞两分钟后遭遇飞鸟撞击，两具引擎同时熄火，完全失去动力。千钧一发时刻，面对“折返起飞机场还是迫降到其他地方”这个问题，萨利机长凭借多年的飞行经验，给出了自己的选择——紧急迫降到哈德逊河。

萨利机长在确认所有乘客已安全撤离后，才放心登上救援船。然而，在这样一次成功的应急处置后，迎接萨利机长的却是国家运输局的调查。

调查的焦点在于萨利机长迫降水面的做法是否正确。在审查听证会的机器模拟实验中，1549号航班被认为是可以安全返回机场的，而不是进行“不可能完成的任务”——水面迫降。萨利机长的做法，被质疑更有可能造成机毁人亡。

萨利机长根据实际情况，恳请将机器模拟改为人工模拟，并且要求把人的因素考虑进去，增加35秒的反应时间。而在这种条件下进行的模拟实验中，飞机却直接坠毁在城市建筑群中。



电影《萨利机长》海报 作者供图

虽然故事最后没有给出调查结论，但萨利机长选择的“紧急迫降水面”，向我们抛出了一个飞行安全问题：水面迫降为什么会被认为是“不可能完成的任务”？

当飞机遭遇意外事故需要迫降时，一般会有陆地迫降和水面迫降两种选择。在人们日常认知中，陆地更加坚硬，因此迫降时风险大，似乎水面迫降生还率会更高。其实不然，飞机在水面迫降比陆地迫降更危险。

虽然水面看起来较为温和，但在高速接触的瞬间，水面就是一块坚硬并且

起伏很大的陆地。和陆地相比，水面在不断变动，结构更松散，传导震动能力很强，一旦机头或机翼先接触水面，飞机就极易出现局部破碎或解体。而当速度减弱，飞机就会陷入水面。如果飞机已经出现破损或解体，当速度停止时很可能就会沉没。

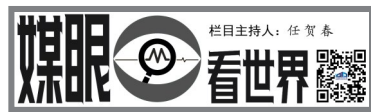
设计结构决定了飞机是不能在水里漂浮的。当飞机在水面迫降时，由于机身受损，舱内会快速进水，根据飞机入水角度留给乘客的逃生时间一般只有几分钟。飞机座椅后背的安全说明中还提到，

如果水面迫降，一定要在出飞机舱门后再把救生衣充气。因为，随着飞机的快速下沉，如果在飞机舱内打开救生衣，会阻碍乘客从飞机中逃生。另外，水的压力也会让舱门打开更困难。

如果落水时人员依然生还，水温将直接影响到人员生还率。人在低温水中失去体温的速度远快于在低温空气中的速度。和陆地救援相比，水面救援有一定延时，暴露在寒冷的水中几个小时同样会有生命危险，正如在大家熟知的泰坦尼克号沉船事故中，大部分人不是被淹死的，而是被冻死的。

总的来说，水面迫降的风险系数比陆地迫降高得多。现代飞机选择迫降地点时，机场是首选，其次是高速公路或是平整地面，最后才是水面。

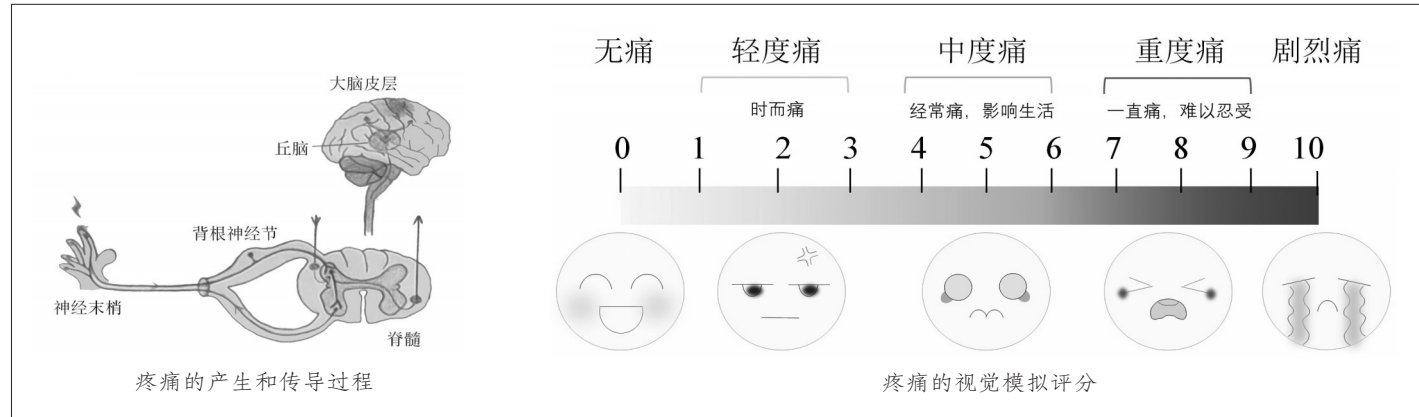
《萨利机长》并不只是一部宣扬英雄主义的电影，其传递出的敬业精神和职业素养更成为影片的精神内核。正如萨利机长说的那样：我只是做了我应该做的工作！（作者系中国科技馆网络科普部工程师）



# 人体痛觉“痛”在哪里

——探秘人类第五大生命体征（上）

□ 高永静 张旭



想象一下，如果你待在房间里不准出门，但有吃有喝环境舒适，手机有电WiFi不掉线，可以坚持多久？2020年新冠肺炎疫情暴发让我们都切身体会到，居家隔离时外部刺激变得单调而稀少，没过多久，生理和心理都会感到不适。

其实早在1954年，加拿大麦吉尔大学贝克斯教授就做过一个类似的实验，即“感觉剥夺”实验。实验参与者被蒙上双眼，戴上耳塞和手套，躺在非常舒适的床上，不用做任何事情就可以获得较为丰厚的报酬。这个“躺着挣钱”的实验看似容易，但90%的参与者在24—36小时内就申请退出，没有一个人能坚持到72小时。这是由于我们大脑里维持觉醒状态的神经中枢——网状结构在作祟，它必须得到外界的刺激才会活跃，而活跃的结果就是告诉我们：“我还活着”。因此，对于生命体来说，刺激和感觉都是必不可少的。

感觉，属于心理学范畴，是脑对直接作用于感觉器官的客观事物个别属性的反应，是人类认识世界的开端，也是知觉、记忆、思维等复杂认知活动的基础。

根据刺激的来源，感觉可以分为外部感觉和内部感觉。外部感觉包括视觉、听觉、味觉、嗅觉、皮肤感觉，其中皮肤感觉又分为痛觉、痒觉、触觉、压力觉、温度觉等；内部感觉包括运动觉和平衡觉等。本文主要围绕痛觉（疼痛）进行介绍。

一生中体验最早最多的主观内在感觉

疼痛是从低等动物到人都存在的、在进化上古老且保守的一种感觉，也是每个人一生中体验最早、最多的主观内在感觉。它作为一种躯体感觉，能够对潜在或已存在的损害起到警示作用，引起机体一系列防御性保护反应，防止机体继续受损，也是临床上常见的症状之一。世界卫生组织将其确认为继呼吸、脉搏、体温和血压之后的“人类第五大生命体征”。

痛觉的形成可以视为一个链条，简单来说是通过机体接受刺激产生组织损伤，并释放化学物质，进而刺激分布在体表或组织内部的专门感受器，将刺激转化为神经冲动，再由神经纤维送达相应感觉区，最终产生痛觉。

从组织受到伤害性刺激到机体产生疼痛的感觉，神经系统实际上发生了一系列复杂的电学和化学变化。首先，全身的皮肤上密集分布着很多神经末梢，它们感受有害（疼痛）刺激（如组织损伤后释放出的化学物质），并将这些化学信号转换成电信号。这种电信号通过神经从损伤部位或病变部位传到脊髓，脊髓继续发出电脉冲，经过神经传导束向丘脑传递。

丘脑是一个中继站，它将感觉信号传递到包括大脑皮层在内的不同的大脑区域，这些区域处理来自自身的伤害性信息，即对疼痛做出反应或引起疼痛，并产

生复杂的疼痛体验。疼痛体验包括多个部分，在感觉辨别方面，它帮助我们定位身体上发生伤害的位置并反馈伤害的强度和性质；在情感动机方面，它传达了体验不愉快的程度；在认知评估方面，它协助我们思考如何避免疼痛。

目前，我们知道了疼痛的感觉辨别是在大脑皮层感觉中枢。它位于中央后回和中央旁小叶的后部，还有前扣带皮层、岛叶皮层、前额叶皮层、杏仁核、伏隔核等多个脑区参与情感动机和认知评估。研究人员还发现了参与疼痛体验的许多脑区与基本情绪体验重叠。因此，当人们经历恐惧、焦虑、愤怒等负面情绪时，负责这些情绪的脑区也会放大痛苦的体验。

幸运的是，大脑中有一些系统有助于减轻疼痛，称为内源性镇痛系统。例如，从大脑发出的下行信号被送回脊髓，可以抑制（阻断或干扰）传入伤害性信号，减少疼痛体验。这些下行信号导致疼痛减轻的一种方式是将分子（如内源性或自产阿片类药物）释放到脊髓中，阻止疼痛信号与大脑和脊髓（周围神经系统）以外的神经传递到大脑。

主观感受极易干扰科学评价

国际疼痛学会将疼痛定义为一种与实际或潜在的组织损伤相关的不愉快的感觉、情绪情感体验或与此相似的经历。因此，疼痛实际上包含了感觉和情绪两个方面：疼痛的感觉能够告知机体受刺激部

位、性质和强度；而情绪则说明疼痛始终是一种主观体验。

语言描述是表达疼痛的方式之一，个体对疼痛的主诉应当予以接受并尊重。在临床治疗时，医生也会采用视觉模拟评分量表对患者进行疼痛的等级评估，按照从1到10的量级或者选择从高兴到痛苦的卡通图像，对疼痛进行分级。这个方法能够帮助医生记录疼痛的变化，可以用来了解病人术后恢复的情况等。但疼痛本身是一种较为主观的体验，每个人对疼痛的敏感度不同，一个人的5级疼痛可能比另一个人的7级疼痛在医学上更为严重。另外，焦虑和抑郁情绪也是常见的疼痛情绪，大部分的抗抑郁药物也会缓解患者的疼痛感，因此，在临床治疗时对疼痛患者进行心理社会评估也尤为重要。

疼痛和遗传也是密切相关的。有些人天生感觉不到疼痛，这是由于他们在痛觉感受器和其他类型神经元的电活动中起作用基因发生了突变。科学家对大量疼痛患者进行了基因突变筛查，确定了许多与疼痛有关的基因，证实了基因在决定我们对疼痛的敏感度方面发挥了作用。此外，认知、情绪、环境和早期生活经历等表观遗传因素，以及性别、种族、年龄等都会影响对疼痛的敏感性，比如生活在不同环境下的双胞胎，其痛觉敏感度就可能不一样。

疼痛唤起的多维体验具有主观本质，在人体上进行疼痛的科学实验除了伦理的限制外，其主观性感受也给研究带来更多挑战，因而动物疼痛模型成为了科学研究的关键部分。

动物身上不同类型的疼痛可以使用不同的方法检测，如躯体疼痛、内脏疼痛、面部疼痛均有相应的检测方法。动物的疼痛评估通常基于它们对疼痛刺激的逃避行为，如对外电刺激和机械刺激的缩腿反应、对曾经经历过疼痛的环境回避等，以此来判断动物的疼痛强度和类型。研究者还会利用高架十字迷宫、强迫游泳、悬尾实验来检测慢性疼痛的大鼠或小鼠的焦虑和抑郁行为。

（第一作者系南通大学特种医学研究院和疼痛医学研究院院长，第二作者系中国科学院院士、中国科学院上海高等研究院研究员）

（本文原载于《前沿科学》2021年第2期）

## 国际前沿

# 环境模拟：装备研发离不开的“试金石”

□ 刘猛

## 保护碳植物可缓解气候变化

科普时报讯（记者吴桐）《自然》杂志近日发表的一篇建模研究论文指出，《蒙特利尔议定书》或能通过保护植物不受紫外线损伤来缓解气候变化，进而避免碳储量下降、大气二氧化碳水平上升。

臭氧层能吸收紫外线B，而紫外线B会对人体健康和生态系统，比如对陆生植物造成伤害。消耗臭氧层的物质包括曾在老式冰箱和气溶胶中商用的氟氯烃，这些物质随着1987年保护臭氧层国际协议《蒙特利尔议定书》及其修正案的相继出台而逐渐淘汰。

论文作者和同事研究了《蒙特利尔议定书》，通过防止紫外线辐射增强和气候变化的加剧，保护陆地生物圈及其作为碳汇的能力。他们利用的一个模型框架整合了臭氧损耗、气候变化、植物紫外线损伤和碳循环。该建模模拟显示，如果没有《蒙特利尔议定书》，20世纪末，全球植物和土壤中储存的碳可能会减少325—690万吨，由此增加的大气二氧化碳可能会让全球平均地表温度上升约0.5—1.0℃。

研究结果表明，除了众所周知能通过减少消耗臭氧层物质保护气候外，《蒙特利尔议定书》还能产生气候系统协同效应。

十九世纪俄军大衣锡扣因严寒“不翼而飞”，二战中德军坦克在寒冷冬季机械故障频发，越战中湿热环境导致枪械失灵，海湾战争中沙尘环境使军事装备失效……据统计，美军武器装备由于环境因素造成的损坏占整个装备损失量50%以上，由此造成每年经济损失高达数百亿美元。可见，环境对装备的影响巨大。

随着探索大自然的脚步不断拓展，如极地、高原、沙漠等科考，深海、深空等探测，人类所面临的环境也越来越复杂、越来越严酷，因此对产品的环境适应性和可靠性提出了更高的要求。

对产品进行环境试验离不开环境模拟。环境模拟技术是在地面实验室中“复现（模拟）”各种自然环境和诱发环境的技术，在模拟环境下进行各类产品、设备，甚至人机组合的环境试验，以研究和考核装备、人机系统的环境适应性和环境可靠性，具有参数精准、过程可控、重复性好等优点，可大幅缩短研制周期、降低试验费用。由于模拟环境试验占到全部环境试验量95%以上，环境模拟就像“试金石”，是产品开发、装备研制、系统验证的重要支撑。

环境模拟技术主要研究各种环境的模

拟方法和理论。环境模拟设备的设计理论、制造方法和试验技术，是由多学科和多项技术交叉融合而成，不断丰富发展的工程技术。随着人类探索领域的不断拓展，环境参数的范围不断扩大，新的环境效应和环境因素不断显现，新的学科与技术不断融入，环境模拟的范畴、任务、指标、方法等也要与时俱进。

产品所处的环境多种多样，环境因素及其表征也各不相同，通常把这些环境分为自然环境和诱发环境两类：自然环境是指直接或间接影响人及产品状态的各种天然存在的环境因素，如地球大气的温度、湿度、压力等，太空的真空、冷黑、失重环境，海底的温度、压力、速度等环境；诱发环境是指受人的活动或装备工作的影响而形成的环境，如直升机下洗气流吹至地面形成的沙尘环境、高超音速飞行器气动热环境，旋转部件工作形成的振动环境等。自然环境与诱发环境往往耦合在一起，两者相互影响，模拟时尤其需关注诱发环境。

环境因素对产品造成的基本影响称之为环境效应。对于同一个产品来说，同样的环境因素会产生相同的环境效应，这也是采用模拟环境进行试验的基本前

提。因此环境模拟通常都采用等量直接模拟的方法，比如，大气温度、压力等环境，均采用这种模拟方法。但是，有一些环境因素难以在地面等量获得，甚至无法获得，此时就需要采用等效环境模拟的方法。

模拟环境因素与实际环境因素虽然不等量，甚至不同，但对产品产生的环境效应相同或近似，就可以认为两者是等效的，可以用模拟环境对产品进行实验。太空失重环境在地球上是无法获得的，只能采取等效模拟的方式实现，根据试验对象的特征可以采用落管、落塔、抛物线飞行、中性水槽、悬吊或悬浮等多种方式实现，虽然方法不同，但对于试验对象来说是等效的。

环境因素还可以根据对产品影响的快慢分为直接（快速）影响和间接（慢速）影响因素。其中直接影响因素对产品产生的环境效应是即时的、快速的，如大气压力变化对力平衡的影响、温度变化导致的热胀冷缩；间接影响因素对产品产生的环境效应是间接的、积累的，如盐雾环境导致的锈蚀，日光照射导致的老化。模拟间接（慢速）影响因素时，如果模拟同样的强度，则需要持续足够的时长，才能获得可靠的结果，

几乎每个人都有过被利器划伤的经历，鲜红的血液汩汩流出，看上去触目惊心。过了一会儿，血液凝固在伤口周围，出血停止了，伤口周围会形成血痂，保护着伤口慢慢愈合。你可知道，若不是凝血机制暗中保护，血液就会不断地从伤口处流出。

血管破裂出血的时候，率先赶来支援的是血小板。血小板很喜欢“打抱不平”：平时，血管壁光滑完整，血小板不会停留；一旦血管受损，伤口凹凸不平，血小板就会大量聚集在伤口附近形成“白血栓”，并释放一些缩血管物质帮助血管回缩。

血小板质地松软，只能暂时堵住伤口，要想彻底止血还需要启动凝血过程。

凝血过程的启动有两条途径：从Ⅱ因子启动的是内源性凝血途径，完全依赖血液中的凝血因子来凝血，譬如血液接触到带负电荷的异物会发生凝固；从Ⅲ因子启动的是外源性凝血途径，需要血管外的组织因子参与，譬如皮肤被利器划伤后，血液在伤口周围凝固。两条途径都激活凝血酶原复合物，把凝血酶原激活成凝血酶，凝血酶再把纤维蛋白原转化成纤维蛋白。纤维蛋白呈细丝状，彼此交织成网，把血细胞和血浆都网罗起来，于是形成血凝块（也称白血栓）。正常人从指尖出血到血液凝固不超过9分钟。血液凝固后一两个小时，血小板使血凝块回缩形成血痂，并释出淡黄色的液体，称为血清。血清与血浆的区别在于前者缺乏凝血因子，而增添了少量血小板释放的物质。

人体共有13种凝血因子，以多米诺骨牌般的连锁反应推进到终点，缺乏任何一种凝血因子都将导致血液难以凝固，如缺乏Ⅷ因子会引起血友病。血友病又称皇家病，曾经在欧洲皇室流行，是伴性遗传疾病，女性是携带者，男性是患者。

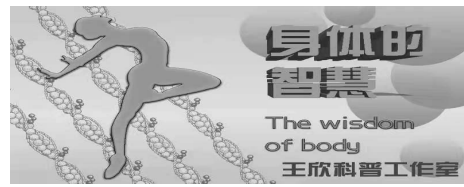
正常情况下，血液一般不会发生凝固。在生理止血时，凝血也只限于受伤的部位，这说明人体除了凝血系统还存在抗凝系统。抗凝系统中最重要的是抗凝血酶，它可以与5种凝血因子活性中心的丝氨酸残基结合，使凝血因子失活。肝素可以和抗凝血酶结合，使抗凝血酶与凝血因子的亲和力增强100倍。蛋白质C、前列环素等物质也具有抗凝作用。

抗凝系统可以防止血液凝固，但不能使已经凝固的血块溶解。我们的血管中有时会发轻微凝血，这些小块如果不及清除，就会使血管堵塞，这时就需要纤维蛋白溶解系统（简称纤溶系统）加盟。纤溶系统包括纤溶酶原、纤溶酶和纤溶酶原激活物。纤溶酶原在纤溶酶原激活物的作用下脱去一段肽链，成为纤溶酶。纤溶酶逐步将纤维蛋白和纤维蛋白原分解成很多可溶性的多肽，即纤维蛋白降解产物。纤维蛋白降解产物不再发生凝固，相反，有些还有抗凝作用。

血液非常需要保持稳定和平衡，为了防止纤溶亢进又专门配备了抗纤溶系统，也就是纤溶酶抑制剂。血浆中的纤溶酶抑制剂有很多种，它使得纤溶局限于创伤部位。假如纤溶过度也很危险，临床上有一种可怕的综合征，叫弥漫性血管内凝血，是在多种严重疾病基础上发生的血栓一出血综合征。它首先是凝血系统功能亢进，在病人全身的微血管内出现广泛的微血栓，导致很多器官缺血坏死，继而导致凝血系统耗竭和纤溶系统功能亢进，这时病人全身大面积出血，止也止不住，死亡率相当惊人。

看似简单的凝血需要上百种因子的参与，彼此配合默契，不断调整至最理想的平衡。这支“维和部队”对外事件精准布防、协同作战、功成身退，使绝大多数的“出血”成为记忆中的一场虚惊，而没有造成难以挽回的后果。

（作者系华中师范大学副教授、湖北省生理学会理事）



王欣科普工作室