仿生力学应用前景及启示

作者 ：史君宝

学号：2152118 专业：理科实验班 院系：新生院

摘要：大自然赋予了生物各种奇妙的能力，至今人们对生物的能力也并不是十分清楚，研究生物的一些特殊的结构或者其功能对人们具有重要的意义。本文通过介绍一些仿生力学的具体应用及其在壁虎等一类生物身上黏附作用的具体的介绍，帮助大家认识到其背后蕴含的力学问题，同时在每个应用的实例或者相关生物的研究背景下，作者经过深入的思考指出其中的一些问题或者提供了一些应用的创新设想，希望帮助大家更好的认识仿生力学这门学科。

关键词：仿生材料；仿生鱼；减阻；提高灵活性；黏附作用。

【正文】：

在当前的科研的研究中仿生力学的具体的应用主要有以下几种：一是通过对生物结构的模仿制造的复合材料以满足某种工程的需求；二是对一些主要生物的外形及其运动方式的研究来优化；三是对生物的内部的一些的特殊的机制进行的研究，来实现一些特殊的功能。

接下来我就从具体事例中从多维度阐述其的具体的应用。

1.仿生复合材料

常见的仿生复合材料的研究方向有很多，比如，国内的一位专家通过研究天然树木和竹子的纤维材料及其力学性能。这一类的生物材料虽然成分简单，但是通过复杂的结构精细组合，赋予了这一类生物材料非常好的力学性能【1】。比如拿树木和竹子的结构来说，它们的细胞壁在整个结构中起到支撑和承重作用，细胞壁本身就是一种生物中的复合材料，其具有多种物质，主要以木质素和半纤维素为基体，通过纤维素增强整个结构的力学性能。由于细胞壁的存在，天然树木材料具有各向异性的特点，在测量其摩擦性能的时候，纤维的方向对摩擦作用具有很大的影响，使得该材料具有优异的摩擦性能。

接下来我们研究另一种奇妙的生物的材料：珍珠母材料。其组分仅是大量的文石片层碳酸钙和少量的有机蛋白质层，两者通过一种类似于石墨的层与层的结构组成彼此间平行交错【2】。但是本应该正常的材料其具有很高的刚度和强度，其韧性更是达到了其组分材料的300倍左右。当科学家对于珍珠母材料的结构研究清楚之后，国内外的学者普遍认为文石片层之间的相对的滑移是珍珠母材料的基本的变形机制。文石片层在国内外学者的眼中就类似于砖-泥结构，除了其典型的层状的结构以外，珍珠母材料还具有很多特殊的保护机制，比如根据其平行交错的结构衍生出的裂纹偏转和裂纹桥等多种增韧机制，大大提高了材料的韧性【3】。同时本身的主要的材料是文石片层，又具有刚度和强度的特点。

通过仿生复合材料的一个具体的实例来体会一下其在具体生活中的应用，在汽车制造工业中，汽车的安全性能测试格外重要，建国初期的清华大学进行的汽车安全性能测试被称为“中华第一撞”。在测试过程中，假人的用材十分关键，影响着测试的精确的结果。研究表明：作为假人的皮肤材料的弹性、硬度和反弹等力学特性将直接影响冲击能量的衰减、传递和沉积，使得反映在假人体内的传感器所获得的信号失真，影响汽车碰撞测试对人体的损伤程度判定的科学性和准确性【4】。国内当前的皮肤材料是由高分子材料复合而成的性能较为优异的功能材料。

在复合材料的设计中，设计者经常会遇到物质材料的强度和韧性相匹配的问题，一般来说两者相互矛盾，高强度的复合材料一般意味着其韧性较低。但是生物界中的具有高强度和高韧性的生物材料比比皆是。人们通过对生物结构的研究和学习，发明了混凝土，并广泛应用。在之后的复合材料的发展上都是通过这种类似的方式，通过多种材料的混合来实现相关的应用目的。比如增加一些特殊的增强相，或者通过不同材料的组合或者叠合的方式的不同来实现一些优异的力学性能。比如在树木中细胞壁的不同的成分使得其本身的性能就十分的优良，同时细胞间的独特的排列的方式又赋予了优异的摩擦学性能。而在珍珠母材料中其成分虽然简单，但是平行交错的片层排列方式及其衍生的其他的机制又大大强化了韧性。同时我们也能看到，生物活性物质比如有机物的应用对于我们复合材料性能的提升具有重要的研究意义和价值。我猜想在未来生物工程的进步中，将生物工程中生产的大量的有机物质应用于复合材料的改良中，必然带给仿生复合材料这一学科以巨大的进步。

2.仿生生物外形和行为

当前在这一方面比较引起科学家关注的主要有鱼类及一些水生生物的游动，以及一些飞行类动物的飞行方式，比如鸟类和飞行类的昆虫。科学家在这些生物种主要研究的是它们外形上蕴含的力学原理并把它们应用到机械设备的制造和设计上，来达到某种军用或者是民用的目的。

在研究鱼类的游动中，不同的鱼类具有其不同的方式，当前的船只通过模仿鱼类的流线型外形，在速度上已经达到不错的水平，甚至已经超过大多数的鱼类，但是在一些设计上，船只仍然望尘莫及。比如，鱼类的急转、启动速度，还有船用螺旋桨的流体推进效率还未超过40%，而鱼游的相应的效率可达到80%以上，鱼游的高机动性、稳定性、低噪声等指标，更为潜艇所望尘莫及【5】。

水生生物的减阻问题一直是广大的生物学家和科学家关注的焦点问题。现实中已经有很多水生生物仿生减阻的应用，比如鲨鱼皮泳衣、输油管道和水生发电机，这些减阻方法的应用为人类社会做出了巨大的贡献。我们具体举几个生动的例子，从流体力学的原理出发，我们模仿鱼类的外形来提高速度。在早期的研究中，科学家研制的飞机迟迟突破不了音速，后来经过细致的分析，人们认识到在突破音速的过程中，会受到巨大的阻力，被称为“音障”。但是在大海中有一种鱼类叫做剑鱼，它具有长矛般的下颚，能够劈水前进，甚至可以将半米厚的木板刺穿，受到了剑鱼的启发，人们在飞机前段也加装了长针，并由此在1947年首次突破音障，研制成了人类的第一架超音速飞机【6】。

同时类似于非洲大陆上的猎豹追逐瞪羚，瞪羚通过快跑中的大幅度转弯，作为摆脱猎豹的方式，在海洋世界中同样有这样的故事。蝴蝶鱼和鲫鱼便是重要的代表，它们的外形并不是水蛇鳗鱼或者大多数的鱼类的细长型，它们的体型扁长，把他们视为刚体的话，根据刚体的转动规律，当我们在求解它们的转动惯量时，就会发现在相同质量的情况下，以身体的任意位置为转轴，根据公式，我们知道在转动的过程中相同的力矩，角加速度大，在游动的过程中可以通过迅速地急转摆脱大型捕食者的追逐。

最后还有一种鱼类的十分特殊，位于热带的海洋中，远航者经常会看到海洋上的低空中有很多飞行的鱼类，它们叫做飞鱼，是一种具有特殊结构的鱼类。在受到捕食者的侵袭时，能够迅速地冲出水面，同时类似于中国民间的鲤鱼跳龙门的传说，它们会猛击水面腾空而起并展开宽大的胸鳍，在水面上的低空进行滑翔，有学者观测指出，其最远的滑翔距离能够达到300多米【7】。其中蕴含的空气动力学原理，引发了导弹专家的注意，将其应用到军事上研发的低空飞行的导弹，能够在较长的距离上保持低空巡航可以逃避雷达的追踪，我国在2019年的阅兵仪式上展现的东风系列导弹就有相关的应用。

比较有趣的是一则中国国家体委的一篇报道，在2001年的世界蹼泳10个项目中，俄罗斯夺得八块金牌，而中国仅获得一块。在北京大学的指导和帮助下，通过模仿一些水生生物，在蹼泳板的选材、设计和制作上，对不同运动员的身体和技巧特点，采用不同的措施。仅一年后，就在世界锦标赛上获得了13枚金牌和8枚银牌【8】。

同时对鸟类等一些飞行生物的仿生，制作了一批飞行衣等相关的设备，在此我就不对其进行赘述。但我觉得相关的研究方向有三种，一是更快的速度，虽然当前的生物几乎没有突破音速，但不可否认对于一些鸟类，它们的速度达到了一秒数倍于自身的身长，比如鸽子在一秒内可以走大约35个自身身长，而现在的超音速飞机远远不及。二是更轻的质量和更小的体积，在一些影视作品中，经常看到微型的伪装成昆虫的小型侦察设备，如果飞行器能够实现微型化，我们的生活将有很大的变化。三是飞行方式的改变，当前所研制的飞机中大都是根据流体压强与流速的关系来提供升力的，如果未来在飞行器上实现类似于鸟类和昆虫的振翅飞行，不知是否会带给航空航天事业以巨大的变化。

3.仿生生物特殊机制

在此我们只研究在生物中的一种特殊机制，黏附作用。这种作用见于很多的生物身上，比如壁虎、蜘蛛、蚂蚁和蚱蜢等动物及昆虫中。它们能够以一种看似为反重力的方式在物体的表面停留及爬行，甚至能够倒挂在天花板上。科学家在早期的研究中将这种奇异的现象看作是生物的脚掌表面有一种特殊的吸盘，正如鱼缸中爬行的八爪鱼一样，但是随着进一步验证，科学家难以解释这些动物在捕食或者逃跑过程中的快速运动。这种在黏附和非黏附状态下的自由转化的特殊能力，对我们具有重要的意义。

进过研究，科学家将这种黏附作用分为干黏附和湿黏附两种。干黏附正是通过分子间特殊的作用力范德华力来联系的，而湿黏附则是依靠生物分泌一种神秘的黏附液体来实现的。范德华力是中性分子彼此距离十分近时，产生的一种微弱电磁引力，大量范德华力的累积就可以支撑壁虎的体重【9】。范德华力的机理意味着超强黏附于壁虎脚部最小的末端的尺寸及形状有关，而与表面化学性质基本无关【10】。

干黏附中比较有代表性的正是常见的壁虎，经过解刨后的显微观察，人们发现壁虎具有很多的绒毛，由此产生了足够大的接触面积，获得了足够的黏附力。人们发现壁虎脚趾上有数以百万计的细小刚毛，而刚毛末端又可以衍生几百个铲状分支的绒毛，尽管一根刚毛产生的作用力十分微小，但是当数以百万计的刚毛一起产生的作用力就足以支撑壁虎的体重【11】。类似的干黏附作用的生物还有很多，但是它们都是通过众多的绒毛作用来实现的。

湿黏附中比较有代表性的有苍蝇这种生物，虽然我们知道苍蝇的腿部也有很多细微绒毛，但是实现黏附作用，苍蝇还依靠其他的方式。在前些年的研究中，人们发现苍蝇会在接触面上释放神秘的液体，帮助其实现黏附作用。

尽管这一方面已经有所研究，但是相关的成果产出还有待时日。在我看来，黏附作用的成功应用不仅可以应用于改善生活中常见的胶带，或者应用于黏附机器人等一些应用于抗震救灾的智能机器人上，如果使用妥当，在高层建筑的基部或者跨度较大的桥梁建设中采用上述原理，将有可能实现高层建筑的稳固和桥梁跨度上的进一步攀升。

【结论】：

综上，仿生力学的应用前景十分广泛，主要通过结构仿生、功能仿生及机制仿生，深挖生物体内蕴含的力学原理，在丰富力学各分支学科的过程中，也给人们带来了大量军用或者民用上的巨大前景。但目前仍然处于幼芽阶段，生物的原理还并未完全弄清，应用思想还并未成熟，需要科学家们投入更大的时间与精力来实现该学科的迅速发展。

【参考文献】

【1】《天然树木和竹子纤维材料的力学性能及仿生研究进展》尹维，陶大帅，韩志武等

《科学通报》2015年第31期

【2】【3】《珍珠母及其仿生复合材料力学行为的研究进展》 卢子兴，崔少康，杨振宁

《复合材料学报》2021年三月第3期

【4】《仿生皮肤材料的力学性能测试与分析》谢驰，陈爽，蔡鹏，林大全，王远苹

《功能材料》2013年第1期

【5】《仿生学及生物力学研究综述》杜鹏东《林业机械与木工设备》2013年9月第9期

【6】【7】《自然界鱼类游动的力学现象与丰富多彩的仿生鱼设计》徐新生，孙发明

《力学与发明》2009年第3期

【8】《漫话动物运动对仿生力学的启示》王振东 《力学与实践》2005年第3卷

【9】【10】【11】《生物黏附与仿生黏附力学的进展》陈少华，苏爱嘉 《力学与实践》2007年4月第2期