

“算出来”的音乐

高飞飞

去年网上曾传播着一段视频，一位音乐家弹奏圆周率，即3.14159……按照一定规律弹奏的乐曲，居然在钢琴上演奏出美妙和谐的音乐。这正应了中国古人的一句话：此曲只应天上有。殊不知这里面隐含着大自然的旋律。

音乐打开了人们认识自然的一扇大门。音乐能够感染人，让人回味无穷，故有“绕梁三日不绝”。时光穿梭，江山代有才人出。历史记录着音乐，音乐承载着科学。

在探索的道路上，中国人也做出了独一无二的贡献。

2017年，美国蒙大拿州立大学数学科学系主办的《数学爱好者》刊文指出，在公元前2700年，中国人就一直醉心于一种乐器“锣的音高”（gong pitch）。中国人关注于此，并不只是为了娱乐，而是因为这与关系到宫廷中祭祀的重要活动部分。音乐似乎涉及到了一个朝代的兴衰。

早在明代，中国就成功地用数学解决了音乐的平均律难题。明朝的朱载堉（1536—1611），出生于明代帝王之家，在遭受家庭变故之后，他试图通过音乐来复兴家园。1584年，他成为世界上第一个解决平均律问

题的人。即在一组混合的音程体系中，比如八度音程内，每一对相邻音符之间有着相同的频率比。

据史载，朱载堉用横跨81档的双排特大算盘，进行开方计算，求出了十二平均律的参数，数值精确到小数点后25位，使得每两个相邻音之振动频率的增幅或减幅相等，并据此制作出了弦准和律管。之后十二平均律被传教士沿丝绸之路传到了西方，对世界音乐的发展产生了重要影响。”

传统的毕达哥拉斯（约公元前580年—507年）音程体系中是由7个频率的音构成，加上最后一个高音就是一个八度音程（即简谱中1、2、3、4、5、6、7和高音1）。在这个八度音程中，包含了5个全音（如1与2之间），和两个半音（如3与4、7与高音1之间）。全音之间构成的音符，其间的频率间隔较大，在曲谱中会带来音的不连贯，这就是毕达哥拉斯音程体系中存在的问题。

另外一个问题是，这些音之间的频率间隔没有什么规律可循，特定的琴弦长对应特定的频率，也就是说，这些音的频率之间的规律始终不能够用数学的关系式表达出来。

为了弥补上述不足，就需要在频率间隔大的两个音之间再增加“半音”来构成，并寻求不同音频率间新的变化规律。由此，在

一个八度音程内，构造了由12个等频率间隔的音，就构成了如今的十二平均律，音符之间的变化就连贯了。

简而言之，十二平均律中在原来7个音的基础上，又增加了5个音，相邻音之间的频率比是常数。而这是由朱载堉首先得到的。乐器吉他中是用“品”来间隔不同的音。钢琴、小提琴、小号都是根据十二平均律来定音的。朱载堉的这一改进，使得音阶系统遵循了一定的数学范式，更加有规律和系统可循了。也就是说，平均律成功解决了音之间的连贯问题。因为这样一组音之间的频率比是相同的，即无论从哪个音符位置开始演奏起，旋律都是一样的，声音婉转变化，听起来和谐悦耳。据此有些人认为，其理论后来传到了欧洲。18世纪后，人们将微积分和傅立叶频谱变换等方法用于弦的振动分析。

计算机时代的到来，极大丰富了音乐的广度和深度。利用傅立叶频谱分析方法使音乐的“频率”越来越细致和丰富。最神奇的是，早在上世纪70年代的巴黎，一些学者根据傅立叶变换，利用计算机构造出了许多神奇的音符，远远超出了12个音符的限制，让人体验到从未有过的音乐感觉。

《数学爱好者》一文中还介绍了加拿大达尔豪斯大学的一位数学家，利用计算机演

奏了一段1964年英国披头士的经典歌曲《一夜狂欢》（A Hard Day’s Night）。乐曲开篇的和弦之音充满了神秘的色彩。许多人试图模仿，但都没有成功。原来是另辟蹊径，采用现代数学分析技术，利用计算机和傅立叶变换，竟然能够操控多达29000个具有不同频率的音符，这远远超出了人们的想象。魔幻音乐的背后是神秘的数学。这真是“为我一挥手，如听万壑松”。

音乐，体现了精彩的艺与玄妙的数之关联；科学，演绎了神奇的术与博大的道之内涵。以小见大，大道至简。爱因斯坦说，令人难以理解的是世界是可以理解的。

18世纪是音乐的时代，更是数学的时代。这一时期，欧洲出现了许多著名的音乐家，巴赫、贝多芬、莫扎特等，莫扎特的音乐精细灵动，贝多芬的音乐大气豪放……或许，正是这些音乐的回响，与哲人的灵魂共鸣，造就了哲人们探索世界的开端。

从倾听到冥想，从音乐到数理，先人们凭借专注与热爱，承前启后为我们打开了认识自然的大门，让我们透过现象抓住本质，教会我们如何观察和思考。

科学家发明先进的自我修复软材料

科学界正集中研究水凝胶的多种应用。水凝胶是一种含有大量水的高分子材料，具有复制生物组织特征的潜力。水凝胶的这一特性在再生医学领域尤为重要，而再生医学也早已认识到，并已对这些特性加以利用了。为了能有效替代有机组织，水凝胶必须满足两个必要条件：一是具有极佳的几何复杂性，二是在收到损伤后能像生物组织一样独立自主。

如今，3D打印技术使这些材料的开发可能变得更加便捷、廉价：都灵理工大学应用科学与技术系MP4MNT（微米技术材料与加工）团队的研究人员与Fabrizio Pirri教授合作，利用激光3D打印技术，首

次证明了制造具有复杂结构的水凝胶的可行性，这种水凝胶能够在撕裂后自行愈合。这项研究发表在《自然·通讯》（Nature Communications）杂志上。

目前为止，利用3D打印技术，一些实验室已经制备出单独具有自修复能力或是适用于复杂结构建模特性的水凝胶，但这一研究开中的的解决方案同时具备了以下两个特征：结构复杂度和损伤后的自修复能力。此外，该水凝胶是通过使用市场上现有的材料制备的，并利用商业打印机进行加工，具有十分高的灵活性，适用于各种场景的潜能，能为生物医学和软机器人领域的发展开辟了新的可能性。

该研究是在圣保罗大学（Compagnia di San Paolo）资助的HYDROPRINT3D博士项目的背景下进行的，在DISAT研究员Ignazio Roppolo的指导下，博士研究生Matteo Caprioli与耶路撒冷希伯来大学（以色列）Magdassi教授的研究小组合作实施，隶属于“与顶尖大学的联合研究项目”计划。

Ignazio Roppolo说道，“MP4MNT小组中，我和Annalisa Chiappone博士合作的研究单位多年以来专门致力于开发可以使用激光3D打印处理的新材料。3D打印能够带来协同效应，即很好地结合物体的设计和材料的固有属性，使获得具有独特性质的制造物品成为可能。从我们的角度来看，需

要利用这种协同效应来最大限度地发展3D打印的能力，这样它才能真正成为我们日常生活中的一个元素。而这项研究正好符合这一理念。”

该项研究代表了高度复杂器件发展的第一步，复杂的几何形状和内在的自愈合特性可应用在各种领域。特别是，一旦PolitoBIOMed实验室的跨部门实验室进行的生物相容性研究得到细化，这些物体将有可能用于细胞机制的基础研究和再生医学领域的应用。（曾欣欣）

DARPA启动形态演化电化界面材料项目

为了解决复杂作战应用环境中电池/防腐涂层等器件的耐用性问题，美国国防预先研究计划局（DARPA）启动了形态演化电化界面材料（MINT）项目，旨在通过先进数据建模等手段，开发自我调节界面材料，以增强高性能电化系统的耐用性。该界面材料利用局部梯度演化效应，使器件在整个运行周期内保持最佳性能。MINT项目引入的新颖、自适应的电化界面材料的灵感来自生物学/形态演化概念，与细胞/组织形成过程相类似。

持久的电池驱动力和防腐涂层是军事行动/装备应用的关键。电池组件为战术无线电、手持设备、无人系统提供了动力。防腐涂层能够保护飞行器表面、旋翼叶片、船体等免受湿度、砂砾、海水等介质侵蚀。然而，目前在持久电池组件和涂层制造过程中，无法解决电化材料界面上形成的微观不规则等问题。

DARPA MINT项目负责人表示，电池和防腐涂层的耐用性都与发生在界面材料上的电化化学反应现象密切相关。正是由于上述微观界面材料上的变化，高密度固态电池和新型耐腐蚀涂层/合金才会发生使用性能变化等相关问题。

在固态电池应用案例中，由于正电荷离子（如锂离子）在充电过程中沉积在负极上，放电过程中沉积在正极上，界面形态的改变导致固体离子转移到界面上的纳米空隙中。随着充放电周期的持续进行，界面空隙的数量和大小迅速增长，电池容量逐渐减少，直到电池不能再进行充电。解决上述界面空隙问题是提升固态电池耐用性的关键。同时，由于固态电池不使用目前广泛应用的锂离子电池中常见的有机液体电解质材料，因此，在150摄氏度的高温下，固态电池本质上是安全的。

在防腐涂层应用案例中，随

着周期性循环应用的不断推进，船体、飞行器表面、旋翼等材料组件上的耐腐蚀涂层/合金在界面上也会发生类似电化学反应现象，且材料组件的周期性循环应用可达数十亿到数百万亿次。在腐蚀性较强的环境中，由于腐蚀在材料表面形成的纳米级凹坑渗透到底层材料介质中，并迅速扩展成更大的裂缝，最终会导致船体、装备控制表面和发动机部件等暴露部件的使用寿命大大缩短。

MINT项目专注于开发新型界面材料。这种材料可以利用局部梯度演化（性能下降）效应，在界面上实施持续改造。DARPA在界面/界面材料领域的创新，来自于对材料3D形态和局部梯度演化的不断探索和理解。这些演化在五种不同尺寸内演变/发生，从纳米尺寸的化学作用，直至微米尺寸的空洞/凹坑等。目前，DARPA构建的界面模型是一维的，对界面三维形态演变的探索和理解有限。后续研究空间仍然很大。

DARPA应用的形态演化理论是苏格兰博物学家达西·汤普森在20世纪初提出的。形态演化数学模型由艾伦·图灵首先提出。如今，形态演化概念可普遍应用在任何系统的图案形成/应用领域。

DARPA研究团队将形态演化技术扩展到电化系统中。通过MINT项目，DARPA团队拟利用形态演化模型提供的数学框架，来理解固体/固体、固体/液体和固体/蒸汽界面的形态演变，并扩展应用理论的探索成果，构建更佳的固态电池、耐腐蚀涂层和合金等材料。

MINT项目的研发重点主要有两项：第一是固体/固体电荷转移界面，使固态电池具有前所未有的能量密度和循环寿命；第二是高性能耐腐蚀涂层和合金的固体/液体和固体/蒸汽界面。

（石峰）

每天多少运动量能抵消久坐的危害？

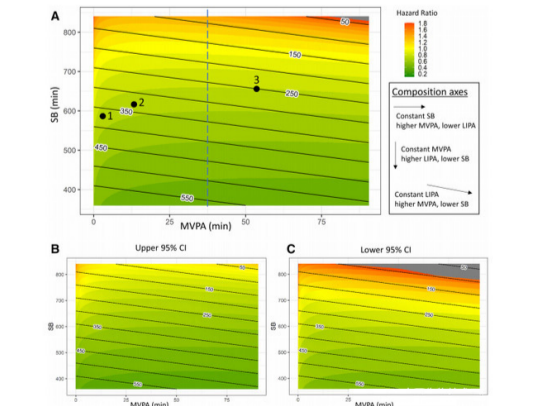
众所周知，锻炼身体有助于保持身体健康，预防各种重大疾病。世界卫生组织建议成年人每周至少进行150至300分钟中等强度或75至150分钟的剧烈有氧运动。然而，很少有人能达到这种锻炼水平。

对于大多数人而言，一天24小时里有超过一半的时间是久坐不动的，通常是坐在电脑屏幕前几个甚至十几个小时。除此以外，还有家务劳动、其他活动和睡觉。这意味着花在一种行为上的时间必然影响到花在其他行为上的时间。那么，如何在久坐以外的时间里规划出适合自己的活动组合呢？

以前的研究总是倾向于孤立地研究一种运动方式对身体的影响。然而，每一项活动对健康都有着有害或有益的影响，而30分钟中等到高强度运动的益处取决于你如何度过这一天剩下的时间。

近日，发表在英国医学杂志子刊《British Journal of Sports Medicine》上的一项研究中，来自英国格拉斯哥卡利多尼亚大学领导的国际研究团队通过分析六项超过13万成年人的研究数据，确定了多种个性化的“运动套餐”。

在这项研究中，研究人员使用了来自英国、美国和瑞典的6项前瞻性研究的数据（其中两项研究的参与者全天穿戴腕戴式和髋戴式加速度计）。这些研究提供了日常运动行为与健康之间联合关联的重要数据，总共涉及130239名成年人，平均随访



时间为4.3年至14.5年，期间3892人死亡。

研究人员通过联合分析法确定了不同活动组合如何影响全因死亡率，这些活动包括中度至剧烈运动（如快走、跑步或其他增加心率的活动）、轻度体力活动（如家务劳动或休闲散步）和久坐行为。

研究人员发现，尽管目前建议的每天30分钟中等强度体育活动使那些久坐时间不超过7小时

的人较早死亡的几率减少了80%，但对于那些久坐时间更长的人（每天超过11到12小时）来说，它并没有降低死亡风险。

研究合著者、哥伦比亚大学Vagelos医学院行为医学助理教授、运动测试实验室主任Keith Diaz博士：“换句话说，这不是在你的待办事项清单上勾选‘运动’那么简单。养成一个健康的行为状态需要超过30分钟的日常锻炼，到处走动，不要整天坐着。除此以外，轻度的身体活动也尤为重要。”

研究发现，只进行几分钟中等强度至剧烈运动的人，如果同时进行6小时轻度运动，早亡风险就能降低30%。

研究人员表示，也许你是有小孩的父母，不能去健身房锻炼。但只要在进行日常活动的过程中经常走动，你仍然可以保持健康的状态。

久坐对健康的危害没有吸烟那么大，但它仍然有害。虽然我们的工作和生活中总避免了坐着，但要适度坐，并找到久坐时间与身体活动之间的平衡。

研究人员发现，1:3的“套餐”比例是最好的，即每坐1小时，进行3分钟中等至剧烈运动或12分钟轻度运动，是改善健康和降低早亡风险的最佳方式。换句话说，锻炼与不同形式的活动相结合，可以抵消久坐的危害。

根据这个基本公式，研究人员发现，在一天之中通过多种活动组合可以将早死的风险降低30%：55分钟的剧烈运动+4小时的轻度运动+11小时久坐；

13分钟的剧烈运动+5.5小时的轻体力活动+10.3小时久坐；

3分钟的剧烈运动+6小时的轻体力活动+9.7小时久坐。

研究人员表示，尽管用两分钟中等到剧烈运动代替久坐比用轻度运动更有效，两分钟中等到剧烈运动相当于4到12分钟的轻度运动，但这两种活动都对身体有益。

这对于那些可能没有时间、能力或意愿进行正式锻炼的人来说是个好消息。他们可以从大量的轻体力活动和少量的中高强度活动中获得健康益处。

总之，这项研究表明，没有一种适合所有人的锻炼方式。我们可以选择自己最喜欢的方式，用适合自己的活动量来代替久坐。

研究通讯作者、格拉斯哥卡利多尼亚大学健康行为动力学Sebastian Chastien教授说：“我们的‘运动套餐’在中度到剧烈运动和久坐之间找到了正确的平衡，帮助人们更健康、更长寿，剩下的时间应该尽可能多地四处走动，睡个好觉。”（逸文）

海洋深处的眼睛——激光雷达

雷达在我们生活中的应用很广泛，气象预报、资源探测、大气物理等活动都需要借助雷达。在海洋探测活动中，激光雷达被誉为海洋深处的眼睛，透过它，我们可以穿越深邃的海水，探知诸多海洋奥秘。

激光雷达最特别之处在于，它发射的是激光而不是无线电波。因此，激光雷达利用了激光光源单色性好、准直性强和功率高的种种优点。海洋激光雷达激光光源的工作波长一般位于海水的“蓝绿窗口”，在此波段激光雷达对海水有很强的穿透能力。

根据激光雷达探测机制的不同，可以分为多种不同的类型，主要用于测量海水的粒子散射、喇曼散射、布里渊散射、荧光、海水吸收等特性。海洋激光雷达通常采用飞机运载的方式工作，即把激光雷达搭载在飞机上，从高高的空中探测海洋。它的工作原理与医学领域广泛采用的“CT机”相似，工作时，先用激光雷达向海水发射一束激光，然后分别接收不同深度返回的信号，接着根据不同的探测机制，对返回的信号进行分析研究，从而获取不同海洋深度的相关信息。

目前海洋激光雷达已被广泛应用于海洋环境和水下目标探测等领域，如浅海水深、潜艇、海洋叶绿素浓度和海洋污染探测等。叶绿素浓度测量就是热点项目之一，这是因为浮游植物是其他海洋生物的直接或间接的食物来源，在所有的海洋生物中占有特殊而重要的地位，其数值与估计海洋初级生产力、全球通量和众多海洋现象研究紧密相关。传统的测定方法有许多局限性，一来依靠人工逐点采样，范围小；二来分析速度很慢，效率不高。海洋激光雷达的出现恰好弥补了这种遗憾，可以对大面积，甚至全球范围内水域的叶绿素浓度进行实时、动态监测。

测量海水深度也需要激光雷达“大显身手”，激光器可以从空中向下发射一个激光脉冲，当该脉冲到达海洋表面时部分被反射回来，另一部分到达海底之后会再反射回来。激光雷达在空中接收到这两个反射信号，并测出它们的时间间隔，用这一时间间隔乘以激光在海水中的传播速度，就可以算出海水的深度。

（新华）

彩色玻璃的颜色是怎么来的？



彩色玻璃窗、玻璃碗、玻璃杯等彩色玻璃随处可见，你知道彩色玻璃是如何制作出来的吗？

普通的玻璃是由沙子和其他化学物质熔融在一起形成的，是一种无规则结构的非晶体固体。而玻璃对光的吸收、反射和透射是其能呈现不同颜色的重要原因。彩色玻璃就是根据这个原理，通过在玻璃原料中加入不同的着色剂制造而成的，这种方法也被称为整体着色法。整体着色玻璃按照玻璃着色机理，可以分为光吸收型有色玻璃、光散射型有色玻璃和电子激发跃迁型玻璃。

光吸收型有色玻璃的原理是：大多数物质对光的吸收具有波长选择性，即对不同波长的光，物质的吸收系数不同。例如，红玻璃对红光和橙光吸收很小，对绿光、蓝光、紫光几乎能全部吸收，所以当白光照射到红玻璃上时，只有红光能够透过，在视觉上呈红色。如果用绿光照射红玻璃，看到的玻璃就会是黑色的。这种类型的彩色玻璃可以使用离子着色和辐射着色方法加工制成。

光散射型有色玻璃的原理是：如果玻璃内有折射率不同的悬浮微粒存在，如有灰尘的空气，这些悬浮微粒就会把光波散射到四面八方，被我们清楚地看到。例如，天空之所以呈现蓝色，就是因为太阳光中的紫光 and 蓝光受到大气层的强烈散射形成的。这种类型的彩色玻璃可以使用金属胶体粒子着色法加工制成。

电子激发跃迁型有色玻璃同样也是利用光吸收原理，这类玻璃中含有一些化合物的微小晶体，并且具有特殊的光吸收曲线。这种类型的彩色玻璃可以采用化合物着色方法加工制成。例如可以使用单质碲得到蓝色玻璃，利用单质碲得到紫色或品红色玻璃。

此外，彩色玻璃还可以通过施加色釉的方式制成。色釉是指覆盖在玻璃制品表面、经烧结后形成的一种有色、低熔点、玻璃态的薄层，主要涂在玻璃表面，起装饰作用。

不同颜色的玻璃作用也不相同，以太阳镜为例：深灰色镜片能有效保护强光对眼睛的伤害；茶色镜片可以吸收多数光线，使眼睛不容易疲劳，特别适合驾驶员人员佩戴；橘黄色镜片适合参加各种雪上运动及跑步、骑车等极限运动。

彩色玻璃在现代社会中有多用途，不仅可以做室内装饰品和建筑物装饰品，还可以制作汽车玻璃、装饰家用电器等，应用十分广泛。（刘兴飞）