

基于数据的生产力！美两大航发巨头的预测性维修

李亮

美国《航空周刊》网站4月5日刊文，简述了航空发动机预测性维修的发展和数据传输的重要性。文章认为，多年来，航空发动机厂商一直致力于预测、分析和快速传输数据。它们在不断开发新的技术和数据应用方法，以便科学预测各种零部件状态。可以说，数据科学家取得运行数据和性能数据越快越好，就能够生成越好的预测性维修的算法模型。

普惠公司航空发动机预测性维修的情况

普惠公司从自己的发动机监控系统、专用的发动机运行趋势分析服务软件和飞机制造企业接收发动机监控数据。

首先，普惠公司可以通过飞机通信寻址与报告系统（ACARS）接收发动机的数据快照。而且，如果航空公司与Teledyne Controls公司或类似的普惠合作伙伴合作，使用他们的数据交付解决方案，那么普惠就可以在整个飞行过程中获取数据。利用数据和分析工具形成飞行小时维护计划，运营商可以获得各种维修、升级的预测建议。

普惠公司建设了FAST系统（全程飞行数据获取、存储和传输系统，Full flight data Acquisition, Storage and Transmission），以获得

高质量的飞行发动机完整数据。根据官方说明，这个系统可以在飞行员关闭发动机后几分钟内获取、分析发动机的全程飞行数据，并将通过无线的方式将数据发送给处理人员。

普惠的很多发动机都配备FAST系统，对新的齿轮传动涡扇发动机（GTF）来说，这个系统显得更重要，因为这种发动机产生的数据比V2500系列发动机多40%，平均飞行两小时会产生约400万个数据项。

普惠公司也为旧型号航空发动机提供了解决方案。如针对皮拉图斯飞机公司的PC-12飞机使用的PT6E发动机，普惠专门开发了数据收集和传输系统（DCTS, Data Collection and Transmission System），以便获得高质量、可靠的发动机性能和健康数据。

普惠公司一直在升级其数据生态系统、数据传输技术和分析工具，并且积累了大量基于物理逻辑的预测算法，目前还在不断迭代人工智能和机器学习的方法，这两种方案都可以更好地利用全程飞行数据。

通用电气航空公司航空发动机预测性维修的情况

另一个航空发动机巨头——通用电气航空公司组建了基于数字技术的机队支持小组，每年处理超过1.2亿个数据项，支持3万多架商用发动机。

通过飞机通信寻址与报告系统和其他相关系统（如飞机状态监测系统），



所有装载通用电气发动机的飞机都能提供数据快照。数据快照包括发动机在飞行中异常状态位置捕获的瞬时健康数据和故障数据。对于较老的发动机，则由飞行员手动记录形成数据快照。数据快照可以通过无线通信或卫星信号传输，以接近实时速度发送到通用电气航空公司。飞机运营商也可以通过电子邮件或FTP的方式，转发通过Wi-Fi或移动网络手动从飞机



上下下载的快照数据。

通用电气针对部分种类的发动机，开展了全飞行过程连续数据的获取和利用。这种连续的数据通常记录在快速存取寄存器、数字飞行数据记录器或电子发动机控制器上。这些可以通过手动、Wi-Fi或移动网络获取这些数据，并通过FTP或者通用电气专用软件发送到公司分析部门。

这类数据传输的方法和规范已经应用了一段时间，但是数据量的增长提高了传输成本。通用电气和运营商现在正努力降低成本，如用无线传输和移动网络取代人工下载。

在预测分析的研究上，通用电气将预测性维修分为早期预警和预测分析。早期预警的目的是尽早检测系统运行中的异常情况，其解决方案是基于相关正常数据和异常数据状态，采用无监督、半监督和有监督的数据分析技术构建的。预测分析进一步针对发动机的运行状态和生命周期提供长期预测。一旦发生早期预警，预测分析将启动算法，预测发动机的剩余使用寿命、能力降低周期和紧急机队分类，以方便后期的检查规划、维护、维修和备件库存管理。预测分析技术建立在一套混合建模技术之上，这些技术使用具体领域物理学原理以及现场系统和模拟的状态监测数

据。

几点看法

1. 数据获取是预测性维修中的重中之重

无论采用何种技术开展装备的预测性维修，都需要建立模型，处理数据。在哪里加装传感器，获取何种数据，采用何种取样技术获取数据，如何进行数据预处理、存储、传输，是开展预测的关键。预测性维修的基础是数据获取，尤其是关键状态下关键部件的关键数据获取。

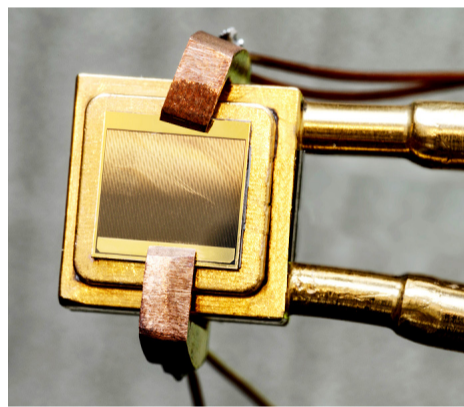
2. 数据和人工智能技术应用是发展趋势

利用获得的数据构建航空发动机的数字孪生体，可以近乎实时的跟踪发动机的状态。利用发动机历史数据，结合人工智能技术，形成发动机健康分析模型，开展当下数据分析，已经在多个应用案例中证明了可行性。随着Transformer算法等人工智能技术的发展，以及采样预测算法的开发，在航空发动机及其他航空领域，这种模式将获得更多的应用。

3. 5G等通信技术是基础设施

我国5G通信技术发展迅速，相比国外具有一定的优势。在预测性维修及其他基于数据的工程应用领域，利用相关通信技术，构建高速的通信环境，是提高数据传输的关键。

新型热机效率堪比蒸汽轮机



据英国《自然》杂志近日发表的一项研究，美国国家可再生能源实验室和麻省理工学院工程师设计了一种没有运动部件的热机。演示表明，它以超过40%的效率将热能转化为电能，这一性能优于传统蒸汽轮机。

热机是一种热光伏（TPV）电池，类似于太阳能电池板的光伏电池。研究人员计划将TPV电池整合到电网规模的热电池中。该系统将从太阳能等可再生能源中吸收多余的能量，并将这些能量储存在高度绝缘的热石墨库中。当需要能量时，例如在阴天，TPV电池会将热量转化为电能，并将能量分配给电网。

“TPV电池是证明热电池成为可行概念的最后一个关键步骤。”麻省理工学院机械工程系教授阿塞根·亨利说，这是在推广可再生能源和实现完全脱碳电网的道路上至关重要的一步。

近年来，科学家们一直在研究固态能量转换器。科学家认为，固态能量转换器的一个优点是它们可在更高温度下以更低的维护成本运行，因为它们没有运动部件。

TPV电池为固态热机提供了一条探索途径。就像太阳能电池一样，TPV电池可由具有特定带隙的半导体材料制成。但迄今为止，大多数TPV电池的效率仅达到20%左右，最高的也仅为32%。

在新的TPV设计中，亨利及其同事希望从更高温度的热源中捕获更高能量的光子，从而更有效地转换能量。与现有的TPV设计相比，该团队的新电池采用更高的带隙材料和多个结构材料层。

该电池由三个主要区域制成：高带隙合金位于带隙稍低的合金之上，其下方是镜面状的金层。第一层捕获热源的最高能量光子并将它们转换为电能，而穿过第一层的低能量光子被第二层捕获并转换为增加产生的电压。任何穿过第二层的光子都会被镜子反射，回到热源，而不是作为废热被吸收。

研究团队将电池暴露在高温灯下，并将光集中在电池上。然后，他们改变了灯泡的强度或温度，并观察了电池的功率效率如何随温度变化。在1900°C至2400°C的温度范围内，新型TPV电池的效率保持在40%左右。

实验电池约为一平方厘米。对于电网规模的热电池系统，研究人员设想TPV电池必须扩大到约10000平方米。

亨利表示，该技术在其生命周期内是安全的、对环境无害的，并且可对减少电力生产中的二氧化碳排放产生巨大影响。（航柯）

科学家研发原子级超薄材料可提高各种光技术效率

相机、太阳能面板、生物传感器和光纤等技术都依赖光电探测器，或将光转化为电的传感器。随着其组件半导体芯片尺寸的缩小，光电探测器正变得更加高效和实惠。然而，目前的材料和制造方法限制了小型化，迫使人们不得不在尺寸和性能之间做出权衡。

传统的半导体芯片制造工艺有许多限制和缺点。芯片是通过在晶圆顶部生长半导体薄膜来制造的，其方式是使薄膜的晶体结构与晶圆晶圆的晶体结构一致。这使得薄膜难以转移到其他基底材料上，降低了其适用性。

硅作为半导体芯片的首选材料仍然无处不在，然而，它越薄，作为光子结构的表现就越差，使它在光电探测器中不太理想。其他表现比硅更好的极薄层材料仍然需要一定的厚度来与光互动，因此如何确定最佳光子材料和在光电探测器半导体芯片中运行的关键厚度是非常重要的。

在宾夕法尼亚州工程师Deep Jariwala（电气和系统工程系助理教授）、Pawan Kumar和Jason Lynch（Jariwala实验室的一名博士后研究员和一名博士生）领导下，科研团队近期在《自然-纳米技术》上发表了一项研究，就是为了实现这一目标。

材料科学与工程系教授Eric Stach与他的博士后Surendra

Anantharaman、博士生Huiqin Zhang和本科生Francisco Barrera也对这项工作做出了贡献。这项合作研究还包括宾夕法尼亚州立大学、AIXTRON爱思强、加州大学洛杉矶分校、空军研究实验室和布鲁克海文国家实验室的研究人员，并主要由美国陆军研究实验室资助。他们的论文描述了一种制造原子级薄的超晶格或半导体薄膜的新方法，这些超晶格或半导体薄膜具有高度的光辐射性。

1个原子厚度的材料通常采取晶格（lattice）的形式，或由几何排列的原子组成的层，形成每种材料特有的图案。超晶格是由不同材料的晶格相互堆叠而成的。超晶格具有全新的光学、化学和物理特性，这使得它们可以适应特定的应用，如光敏元件和其他传感器。

宾夕法尼亚工程公司的团队制作了一个钨和硫（WS₂）的超晶格，有5个原子厚。

Kumar表示：“在使用模拟进行了两年的研究，告知我们超晶格将如何与环境互动之后，我们已经准备好通过实验来构建超晶格。因为传统的超晶格是直接所需的基底上生长的，它们往往有数百万个原子的厚度，而且很难转移到其他材料基底上。我们与行业伙伴合作，以确保我们的原子级薄超晶格的生长是可扩展的，适用于许多不同的材

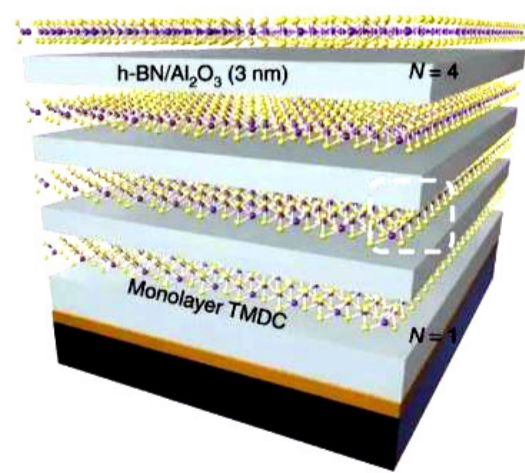
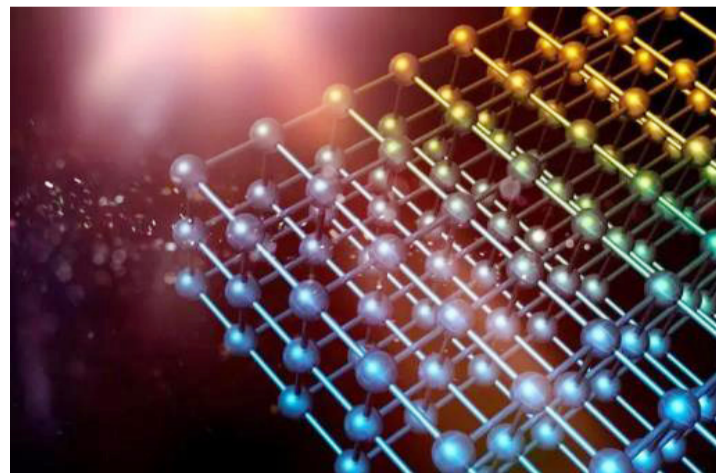
料”。

他们在两英寸的晶圆上生长了单层原子，或称晶格，然后溶解了基底，这使得晶格可以转移到任何需要的材料上，在他们的案例中是蓝宝石。此外，他们的晶格是用原子的重复单元在一个方向上排列创建的，以使超晶格成为二维的、紧凑的和高效的。

他继续说道：“我们的设计也是可扩展的。我们能够用我们的方法创造出表面积以厘米为单位的超晶格，与目前正在生产的微米级硅超晶格相比，这是一个重大改进。这种可扩展性是可能的，因为我们的超晶格的厚度均匀，这使得制造过程简单且可重复。可扩展性对于能够将我们的超晶格放在行业标准的四英寸芯片上非常重要”。

他们的超晶格设计不仅非常薄，使其重量轻，成本低，而且还可以发射光，而不仅仅是检测光。

Lynch表示：“我们在超晶格中使用一种新型结构，涉及激子-极子，这是一种由一半物质和一半光组成的准态粒子。光是很难控制的，但我们可以控制物质，我们发现通过操纵超晶格的形状，我们可以间接地控制从它发出的光。这意味着我们的超晶格可以成为一个光源。这项技术有可能大大改善自动驾驶汽车、面部识别和计算机视觉中的激光雷达系统”。（航柯）



英国国家复合材料中心与比利时合作开发树脂灌注闭环控制系统

在5G-ENCODE项目中，英国国家复合材料中心（NCC）与比利时电介质固化监测技术供应商synthesis公司合作展示了一种完全可运行的闭环树脂灌注和控制系统，用于通过液体树脂灌注（LRI）工艺制造碳纤维增强聚合物（CFRP）和其他复合材料。该系统能够实现无创、实时跟踪树脂流动、粘度和玻璃化转变温度（T_g），以及出口阀门的自动控制。

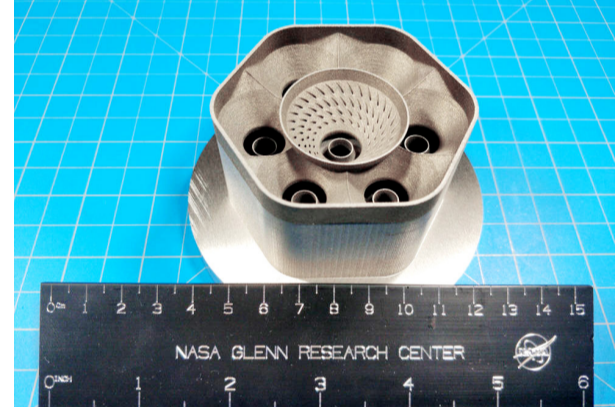
5G-ENCODE项目的目的是开发一个系统，通过使用闭环制造，可以

使LRI工艺的各个环节实现自动化。这类系统的需求有三个：监控关键变量，使用这些数据来决定应该如何改变流程，然后实现这些决策。为了满足这些核心需求，项目团队开发了三个子系统：传感器阵列、控制模型和反馈系统。此外，还开发了仪表盘可视化系统，用于实时过程监控。

Synthesites公司还开发了一种智能阀门控制系统，无需人工干预即可打开和关闭树脂阀门，该系统被部署在5G-Encode演示器的树脂出口上；

NCC创建了一个支持5G的物联网（IoT）平台，并开发了软件将传感器和阀门控制系统集成到这个物联网平台中，此外还升级了一台树脂注射机，以便将其数据实时传输到物联网平台，所有数据和决策均通过5G发送；NCC还开发了一个控制模型，该模型使用来自传感器的实时工艺数据并对工艺过程做出决策，然后向阀门控制系统发送指令，从而实现闭环控制。所有传感器数据都在基于云的仪表盘上实时可视化。（明晓艳）

新方法助力NASA研制出GRX-810新合金



为了打造更耐用的部件，以承受飞机机身和喷气发动机内部的极端恶劣运行环境，美国航空航天局（NASA）的一支研究团队，正在开发一款新型金属合金。除了强度是现有最先进合金的两倍，新材料还具有更优的韧性。NASA团队指出，新合金或是突破持续飞行中的一个关键。

据悉，作为一种氧化物弥散强化（ODS）合金，研究团队在其中嵌入了纳米级氧化物，以提升合金的韧性和耐高温特性。

而为了做到这一点，研究人员先是使用了尖端的计算模型来模拟材料的热力学性能，然后通过3D打印的方式来生产。NASA格伦研究中心的材料研究科学家Tim Smith表示，新方法极大地加速了特种合金的研发速度，让他们能够较以往更快地生产出性能更好的新材料。

在大约30次模拟后，他们得出了合金的最佳设计——此前往往需要耗费数年来试错，但现在已缩短到数月，甚至数周。

NASA将新合金称作GRX-810。与当前最先进的合金相比，其表现出了一些让人难以置信的性能优势。可知在2000°F（1093°C）的高温下，GRX-810具有两倍的抗断裂强度、三倍半的弯曲/拉伸韧性、辅以1000倍以上的应力下耐久性。

研究团队指出，新材料为航空器设计开辟了新的可能，可实现更轻的部件、减少喷气发动机的燃料消耗，以及降低运营和维护成本。团队成员Dale Hopkins总结道：“从材料开发层面来讲，这一突破具有革命性的意义。”

更坚固、轻盈的新型材料，可在改变未来航空的过程中发挥着关键作用。此前合金材料随着抗拉强度的增加，通常会降低材料在断裂前的抗拉伸与弯曲能力。而GRX-810新合金的卓越之处，就是克服了这方面的短板。（辛文）

