

# 沈飞公司履行强军职责，助力航空强国建设

## ——建立飞机总装脉动示范生产线

白继鹏

随着新一轮工业革命的到来，智能制造已经成为全球制造业的发展趋势。在传统的飞机总装模式中，一直采用固定式静态装配且各个系统间因信息阻隔成为装配单元孤岛，从而造成产品交付周期长、质量不稳定等问题。如何在飞机装配过程中应用智能制造，将物联网、大数据、云计算、人工智能等技术引入到飞机装配的设计、生产、管理和服务中，建立起飞机智能装配体系，以有效提升飞机装配系统的自感知、自诊断、自优化、自决策和自执行能力，这对于各主机厂均是一个巨大挑战。航空工业沈飞面对一系列问题，结合沈飞公司生产任务需要，以飞机总装过程为研究对象，全力对如何搭建面向总装脉动生产的智能管控系统开展研究，建立起一条飞机总装脉动示范生产线。

智能总装脉动生产线以智能管控系统为中心，通过集成物料配送系统、整机线缆在线集成检测系统、总装设备集成智能化检测系统和总装生产线状态监控与健康管理系统，动态感知现场物流状态、故障状态、检测

状态、设备状态等信息并下达作业指令。同时，与高级排产调度系统进行集成，提供产品、资源、库存等基础数据，高级排产调度系统首先从公司资源计划系统中获取总装站位计划，从CAPP系统中获取工艺、BOM等信息，然后进行装配计划排产，优化调整后排产结果自动下达给智能管控系统。此外，通过构建生产线三维模型，进行工艺过程仿真，实现布局均衡规划与工艺优化。

### 通过仿真模型实现脉动生产线可视化、布局节拍优化

为了适应飞机生产多机型、变批量的特点，对生产线上各元素及其关系进行了物理与逻辑模型构建，通过虚拟仿真，对生产线布局和物流系统进行建模仿真与优化。在此基础上，完成了对生产线各站位的工艺流程的均衡规划，建立某型飞机智能总装脉动生产线仿真模型。实现了以站位布局、产能预估和异常问题的比例作为参考，以迭代仿真的方式确定生产线站位安排和站位内部工序集合，即作业单元的合理划分。达到了生产线均衡作业，保证生产节拍的效果。在生产

线仿真模型中作业、资源关键要素覆盖率达到90%，能够真实反映总装脉动生产线装配现场状态。

### 通过信息模型提高计划排产准确性

针对飞机总装生产线多种约束的生产环境，构建基本的信息模型，在满足工艺顺序、人员技能、工作排班、物料以及设备能力约束的前提下，通过结合多目标优化的智能核心算法，以资源需求最均衡、作业节拍最紧凑等优化目标进行总装生产排产，获取飞机总装生产线下各个产品的装配节拍与资源需求的多目标优化解集。并结合现场动态进行偏离修正，从解集中自动选择一个可执行性最高的排产方案，形成生产作业计划与物料需求计划，计划排产准确性达到90%以上。

### 以计划排产为牵引实现生产线物料智能跟踪与精准配送

飞机的总装生产过程具有物料种类多、数量大、差异性大等特点，为了解决物料状态不准确、配送不透明、

过程追溯性差等问题，以保证脉动生产节拍稳定为目标，以计划排产结果为指导，研究突破了物料配送计划管理与优化、配送路径规划、配送精准执行、物料行迹管理及追溯等技术，初步实现了装配现场物料拣选、运送、接收和取用全过程的管理与追踪，为总装车间现场物料库和作业现场起到衔接作用。

### 利用动态感知技术实现对装配过程实时监控

总装生产线运行过程中存在装配资源要素分配不合理、设备利用率低和产品一致性差等问题，基于此建立总装生产线状态监控与健康管理系统。首先，利用传感器、摄像头等监控设备实现总装过程中设备使用状态及制造数据动态感知，获取设备、物料、人员等占用信息；其次，对各站位的自动化设备运行状态实时监控，获取设备健康状态数据，进行设备健康多维评价，合理分配设备工作任务和制定设备维护周期，提高排产效率与设备利用率；最后，利用采集到的制造数据和设备健康状态数据信息，作为生产线建模仿真输入变量，实现生产

线运行状态持续优化。

### 大幅度提升飞机装配质量和效率

总装脉动生产线配备了部件精加工系统、机翼自动对接系统、全机移动AGV、移动式栈桥、大部件自动对接精加工系统、全机数字化电缆检测系统等先进设备。同时开发了整套面向总装脉动生产的智能管控平台，平台具备生产线建模、工艺均衡规划与仿真优化、多目标优化高级计划排产、面向站位的资源动态配置与优化、物料智能跟踪与精准配送、总装站位运行状态实时监控及健康管理、设备集成管控、整机线缆在线集成检测等智能化功能。针对飞机总装过程中工序复杂、配套繁多、调度及管理难度大等问题，在企业内部网络支持下，建立面向总装脉动生产的智能管控系统。利用生产线各装配设备与测试设备集成获取生产线各类质量数据、状态数据、测量数据、工况数据和物流数据，并结合产品原始设计数据、工艺数据等，以透明化生产执行、设备运维管理、质量过程控制及现场管理为对象研究功能应用架构，提供对总装装配和总装测试执行过程的全功能

全要素快速构建和过程管控。

通过应用验证，提高了计划排产准确性，减小了各站位间生产节拍周期误差，降低了飞机装配单机故障数，大幅度提升了装配质量和效率。

通过飞机智能总装脉动示范生产线的建立，突破了脉动生产线节拍与资源协同匹配、生产线运行模型构建、制造数据的生产线运行状态持续优化等多项关键技术，开发了智能管控、高级排产调度、物料精准配送、整机线缆在线集成检测、总装设备集成智能化检测、生产线状态监控与健康管理等智能系统。自智能总装脉动生产线建成以来，一直承担公司相关研制任务，提高了总装生产线柔性，满足飞机多机型、多构型和变批量的装配需求，提升了装配质量管控能力，提高了飞机批量生产的质量一致性，实现连续生产的均衡交付。总装脉动生产线有效地保障了航空武器装备的生产和研制任务，满足国家对武器装备数量的战略需求，大力推进和提升了我国飞机智能总装生产线的技术水平。

# 科学家融合人工智能和物理模拟来设计创新材料

与传统的模拟方法相比，人工智能有若干优势，并将在未来的材料科学中发挥关键作用。

无论是在高科技、移动性、基础设施、绿色能源还是医学方面，日常生活都迫切需要先进的材料。然而，由于化学成分、结构和目标属性的复杂性，发现和探索新材料的传统方式遇到了限制。此外，新材料不仅应该实现新的应用，还应该包括生产、使用和回收这些材料的可持续方式。

来自马克斯·普朗克研究所(MPIE)的研究人员回顾了基于物理学的建模的现状，并讨论了将这些方法与人工智能相结合如何能够为复杂材料的设计打开迄今为止尚未开发的领域。他们在《自然-计算科学》杂志上发表了他们的观点。

### 将基于物理学的方法与人工智能相结合

为了满足技术和环境挑战的要求，必须考虑更多的要求和多重材料特性，从而使合金在成分、合成、加工和回收方面更加复杂。这些参数的变化导致其微观结构的变化，这直接影响到材料的性能。这种复杂性需要被理解，以便能够预测材料的结构和性能。计算材料设计方法在这里发挥了关键作用。

“今天，我们设计新材料的手段完全依赖于基于物理学的模拟和实验。当涉及高维相平衡的定量预测，特别是由此产生的非平衡微观结构和性能时，这种方法会遇到一定的限制。此外，许多与微观结构和性能有关的模型使用简化的近似值，并依赖于大量的变量。然而，问题是这些自由度

是否以及如何能够涵盖材料的复杂性。”MPIE主任、该论文的第一作者Dierk Raabe教授解释说。

这篇论文比较了基于物理学的模拟，如分子动力学和非初始模拟，以及基于描述符的建模和先进的人工智能方法。虽然基于物理学的模拟在预测具有复杂成分的材料时往往成本太高，但使用人工智能有几个优势。

“人工智能能够从电子、原子和连续模拟获得的大型数据集中自动提取热力学和微观结构特征，具有很高的预测能力。”MPIE主任、该出版物的共同作者J·r·g Neugebauer教授说。

### 用大型数据集加强机器学习

由于人工智能的预测能力取决于大型数据集的可用性，因此需要克服这一障碍的方法。一种可能性是使用主动学习周期，即用最初的小型标记数据集训练机器学习模型。然后，模型的预测由一个标签单元进行筛选，该单元将高质量的数据送回标签记录池中，机器学习模型再次运行。这种循序渐进的方法导致了最终的高质量数据集，可用于准确的预测。

在材料科学中使用人工智能仍有许多开放性问题：如何处理稀疏和嘈杂的数据？如何考虑有趣的离群值或“不合适的”？如何实现来自合成或回收的不需要的元素入侵？然而，当涉及设计成分复杂的合金时，人工智能将在不久的将来发挥更重要的作用，特别是随着算法的发展，以及高质量材料数据集和高性能计算资源的可用性。(逸文)

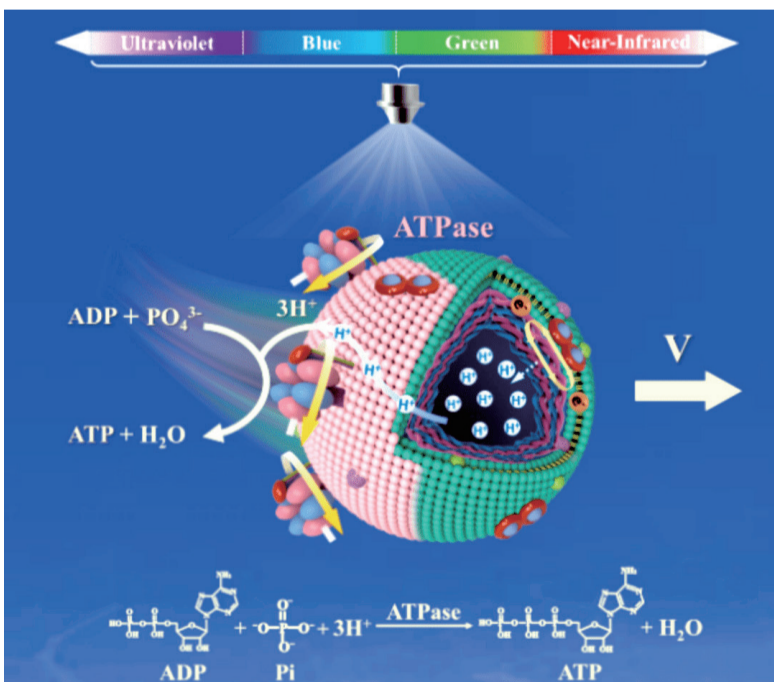
# 哈工大设计超分子马达全新体系 为设计游动纳米机器人提供新方案

最近，哈尔滨工业大学团队构建出一种超分子胶体马达全新体系。该体系基于可控化学分子组装而成，并由数百个旋转生物分子马达（自然界中最小的分子马达）所驱动。

此前的研究中，化学驱动的超分子胶体马达若想获得驱动力，往往用到的是酶一类的催化剂，而该团队首次利用旋转生物分子马达作为动力引擎，实现了有效

互作用，从而产生能够执行复杂生物功能的自适应运动。

该团队提出了一种兼具能量合成和自驱动的旋转生物分子马达驱动的超分子胶体马达，该马达由模板辅助层层自组装与囊泡融合方法相结合制成。其中，三磷酸腺苷(Adenosine triphosphate, ATP)是细胞的主要能量来源，由旋转生物分子马达蛋白POF1-ATP合酶产生。



的能量转化。通过对超分子胶体马达动力单元进行动态调控，证明了生物分子机器驱动更大尺度机器确切可行。

该研究为设计游动纳米机器人仿生提供了一种新的指导思想。与此同时，还为通过细胞的能量代谢主动调控，来进行疾病的精准诊疗提供了一种新方案。

近日，相关论文以《旋转生物分子马达驱动的超分子胶体马达》为题发表在Science Advances上。

哈尔滨工业大学博士研究生刘君为论文第一作者，该校吴英杰副教授、贺强教授以及国科温州研究院巫浩副研究员为论文的共同通讯作者。

在细胞中，不同的亚细胞器、生物大分子和分子复合物通过协调的形式有效地转换和传递材料、信息和能量，积极地与其环境相

互作用，从而产生能够执行复杂生物功能的自适应运动。该团队尝试通过二磷酸腺苷(adenosine diphosphate, ADP)、无机磷的反应溶液条件下，利用光照促进光合磷酸化反应来完成该目标。这样操作下，可生成驱动ATP合酶旋转的质子梯度，最终合成ATP并产生扩散泳力。

研究人员在不同光照的波长与强度条件下，对超分子胶体马达进行了观察，他们发现，该马达的运动能力取决于环境因素。特别是在最大吸收波长近红外光范围内，该马达的最佳运动速度能达到1.41 μm/s。

达到该性能背后的机理是怎样的呢？为了清楚地阐述其驱动机理，团队成员分析了在超分子胶体马达表面发生的光化学反应。值得关注的是，如果要对ATP分子进行合成，其必备条件

是光照、ADP、无机磷酸盐以及3个质子。该质子流产生的背后，是光合磷酸化过程中，由光生电子传递链伴随着质子传递形成的跨膜质子梯度。超分子胶体马达在循环光照下，表现出稳定的光电流，这意味着产生了光诱导电子。

光照条件在进行的同时，也随其产生跨膜质子梯度，进而生成ATP。利用ATP的产出能够对超分子胶体马达表面生物分子马达的数量进行估算，在每个超分子胶体马达上最多分布183个ATP合酶(取向朝外)。并且，这些ATP合酶通过一起旋转，参与到超分子胶体马达的自驱动运动中。

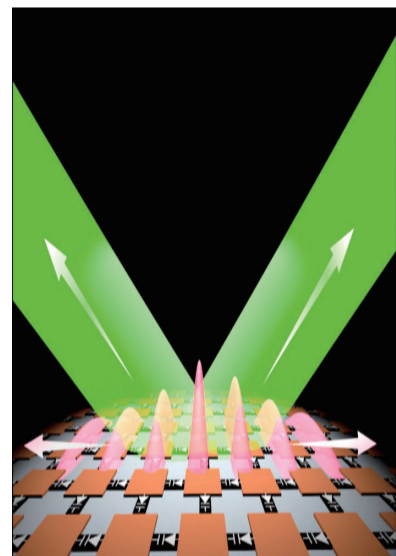
并且，该课题组注意到，超分子胶体马达的运动行为还会随参与光合磷酸化反应的ADP浓度不同而改变。如果反应底物过多，则会对分子马达的活性产生影响，进而超分子胶体马达的ATP产出受限，使胶体马达的运动速度降低。

通过实验结果综合理论模拟分析，该团队发现，对超分子胶体马达运动能力起到最关键作用的因素，与表面反应产物、底物形成的浓度梯度二者密切相关，而质子梯度的影响则不可不考虑。

基于此，团队成员得出结论，自扩散泳力由反应物浓度梯度引发而成。而这种反应物浓度梯度则是由多个ATP合酶分子马达旋转消耗ADP、无机磷合成ATP的共同作用下产生的，并且使超分子胶体马达产生自主运动。

与此同时，该团队还注意到，当嵌膜的生物分子马达运转时，在二维膜平面会伴随旋转的产生。这种旋转促进一种扭矩的产生，但对于超分子胶体马达在低雷诺数下的游动影响可忽略不计。

和超分子胶体马达相比，细菌的运动很大程度上取决于其底部的旋转蛋白质马达与蛋白质鞭毛。考虑到缺少了鞭毛，细菌的游动就会受限等情况。下一步，该课题计划进行更深入的研究，以在生物分子马达的β、c亚基上附着人工鞭毛为目标。希望实现类似于游泳的细菌，让ATP合酶的旋转运动对超分子胶体马达进行直接驱动。(辛文)



# 一种新型光子时间晶体

晶体在空间上存在周期性结构，但时间晶体十分特殊，它拥有时间上周期性变化的电磁特性。去年，有研究团队首次在实验上制造出一个时间晶体的双体系，并观察到二者之间的相互作用与量子理论预测相符。到目前为止，对光子时间晶体的研究主要集中在三维结构的材料上，但它对三维样品中材料特性的均匀调制有极高精度的要求，导致材料合成与实验观察仍是巨大的挑战。近日，在《科学·进展》(Science Advances)上的一项新研究中，另一个研究团队构建了一种在微波频率下工作的二维光子时间晶体，这种晶体表现出放大电磁波的能力，具有广阔的应用前景。

在光子时间晶体中，光子排列的模式在时间上周期性重复，这会导光的相长干涉和放大作用。研究团队将这个概念拓展到二维电磁结构的超表面，他们发现将维度从三维结构降低到二维结构，也会降低光子时间晶体的制备难度。而这种时变超表面不仅保留了三维光子时间晶体的关键物理特性，同时拓扑结构也更简单，会产生自由空间和表面传播电磁波的动量带隙。这意味着二维光子时间晶体不仅会放大从自由空间入射的电磁波，还会放大沿着表面传播的电磁波。而集成电路中电子元件之间的通信正是依赖表面波，因此在集成电路等通信表面上覆上二维光子时间晶体很可能有助于解决无线传输中的信号衰减问题，提升通信效率。此外，它还可以利用放大电磁波的机制简化激光器设计，或者增强无线发射器和接收器的性能。(辛文)

