



颠覆性技术快报

DISRUPTIVE TECHNOLOGY LETTERS

2020年 第3期 (总第32期)

中国工程科技创新战略研究院

2020年3月

本期要目

★ 前沿动态

★ 观察思考

· 重大颠覆性技术方向——甲烷直接制烯烃和芳烃技术

· 重大颠覆性技术方向——微机电系统 (MEMS) 技术

主 编 致 辞

自 1995 年克莱顿·克里斯滕森提出以来，历经演变和拓展，颠覆性技术已成为对行业和领域的格局、秩序和体系具备重构能力技术的统称。颠覆性技术是经济社会发展和军事变革的重要推动力量，是世界科技强国的战略竞争前沿。持续深入开展好战略研究，尽早识别和发展颠覆性技术，在我国当前由大变强、奋力实现“两个一百年”和“世界科技强国”战略目标的历史阶段具有特别重要的意义。

习近平总书记和党中央高度重视颠覆性技术，对颠覆性技术的战略研究和发展做出了一系列指示。为贯彻和落实指示要求，2016 年 8 月 25 日中国工程院和中国工程物理研究院联合发起成立了中国工程科技创新战略研究院（以下简称“创新战略院”），目的是联合国内单位组织开展持续、系统的颠覆性技术战略研究。

为及时、准确地报道国外政府、智库、高校及公司等颠覆性技术方面的规划及最新进展，展现国内外对颠覆性技术的相关观察与思考，在工程院和中物院的领导和指导下，创新战略院和“工程科技颠覆性技术战略研究”重大咨询项目项目组决定编辑出版《颠覆性技术快报》，期望能为决策层提供有益参考，为同行专家和研究人員提供交流的平台。

主 编：杜祥琬

2017 年 4 月 25 日

目 次

前沿动态

意大利提议组建自己的 DARPA	1
美政府发布《量子网络战略愿景》报告	1
美空军推进先锋计划，加速实施科技转型战略	2
美国防未来特别工作组召开“强化创新基础”主题听证会	2
美国防部官员阐述国防科技态势	3
韩国拟投入 210 亿美元研发人工智能、量子技术等高新技术	4
美能源部将资助建立高性能计算团队	4
美国防部建立新的生物技术制造创新中心，着重于生物技术工业化	4
美空军成立信息战作战中心	5
美太空发展局评估云计算应用于导弹识别跟踪的潜力	5
英国投入 1.17 亿美元支持清洁能源项目	6
美国能源部将拨款 3000 万美元用于聚变能研究	6
美国能源部宣布拨款 4000 万美元用于人工智能相关研究	7
美国利用机器学习加速高性能材料的开发与应用	7
DARPA 计划在 2021 年开展多种新型武器概念研究	8
DARPA 研究新型无人水下航行器的关键技术	8
美国国际战略研究中心发表文章解读欧盟《人工智能白皮书》	9
美非官方杂志发文《新兴神经科技重塑神经武器》	9

《麻省理工科技评论》发布 2020 年全球十大突破性技术10

英特尔发布新的神经拟态系统，助力人工智能计算的发展10

观察思考

甲烷直接制烯烃和芳烃技术12

微机电系统（MEMS）技术.....17

意大利提议组建自己的 DARPA

【Defense News 网站 2020 年 1 月 29 日】近日，意大利提出了一项新法案，提议建立意大利自己的国防先进研究计划局（DARPA），以促进军方更好地获取最新技术。根据法案，意大利 DARPA 将命名为“创新与战略技术联合中心（CINTES）”。虽然法案尚未提及该中心所需资金，但意大利表示必须迅速组建自己的 DARPA，以跟上法国和德国的步伐。（中物院科技信息中心编译）

美政府发布《量子网络战略愿景》报告

【美国白宫官网 2020 年 2 月 7 日】美国白宫国家量子协调办公室发布了《量子网络战略愿景》报告，提出美国将汇聚联邦机构、学术界和工业界的科研力量，促进量子互联网的发展，确保量子信息科学惠及大众。报告提出要实现两个目标：一是未来 5 年，美国的企业和实验室将演示实现量子网络的基础科学和关键技术，包括量子互连、量子中继器、量子存储器、高通量量子信道以及洲际天基纠缠分布，同时，还将探索并改进其应用情况；二是未来 20 年，量子互联网将利用网络化量子设备，实现传统技术无法实现的新功能，并促进对量子纠缠作用的进一步认识。同时，报告也建议开展 6 大技术领域的研究工作，包括：开发关键技术和平台；将量子源和信号从光学和电信波段转移到量子计算机相关波段；量子纠缠和超纠缠态的产生、传输、控制和测量；开发量子存储器和小规模量子计算机；探索小规模与大

规模量子处理器之间远程纠缠的新算法和应用；探索地面和天基纠缠分布技术。（中物院科技信息中心编译）

美空军推进先锋计划，加速实施科技转型战略

【美国空军官网 2020 年 2 月 26 日】作为 2030 科技战略转型科技组合的一部分，美空军宣布启动“先锋计划”（Vanguard Program），旨在通过样机研发和试验验证来加速推进开发新兴武器系统和先进作战概念，增强改变游戏规则的新型作战能力，为作战人员提供战场优势武器。“先锋计划”提出三项倡议性项目，包括“金帐汗国”、“导航技术卫星 3 号（NTS-3）”和“下一代自主无人战机智能平台（Skyborg）”。其中，“金帐汗国”项目通过创建一体化武器系统来演示协同自主的网络化武器，采用不同技术协同击败对手。NTS-3 项目将在地面、空间和用户设备领域增强天基定位、导航和授时能力。Skyborg 项目尝试将自主无人机技术与开放任务系统相结合，实现有人无人编队。（中物院科技信息中心编译）

美国防未来特别工作组召开“强化创新基础”主题听证会

【美国众议院军事委员会官网 2020 年 2 月 5 日】由美国众议院军事委员会下属国防未来特别工作组召开主题为“强化创新基础”的听证会。与会专家提出以下观点和建议：聚焦有前景的新兴技术公司、组织机构，对创新活动和主导未来的技术加大投资力度；为旧金山和波士顿等创新中心内的军事设施提供资金，进一步促进国防部与私营企业的合作关系；为重点技术领域专家设立国家安全创新签证；改进

人才引进措施等。国防未来特别工作组成立于 2019 年，其主要任务为审查美国国防资产和科技能力并评估国家安全创新基础的状况，以应对新出现的威胁。（中物院科技信息中心编译）

美国国防部官员阐述国防科技态势

【美国众议院军事委员会官网 2020 年 3 月 11 日】美众议院军事委员会举行“美国国防部 2021 财年科技战略、政策与项目评估：维持强大生态系统以保持技术优势”听证会。美国国防部研究与工程副部长 Michael D. Griffin 发表证词，阐述了美国国防部的科技态势。首先，Griffin 介绍了研究与工程副部长办公室的组织架构。美国国防部研究与工程副部长办公室下辖 3 个“业务局”和 7 个“直属机构”。其中，3 个“业务局”分别为负责监管国防实验室、联邦资助研发中心、大学附属研究中心等科研机构的研究与工程局；负责开发性试验鉴定以及原型技术的成熟转化工作的先期能力局；负责统筹推进与《国防战略》现代化优先事项相关的投资与能力的现代化局。7 个“直属机构”包括国防先进研究计划局、国防创新小组、国防技术信息中心、导弹防御局、太空发展局、战略情报分析室、试验资源管理中心。此外，Griffin 还介绍了《国防战略》现代化优先事项，包括：5G、人工智能、自主系统、网络、定向能、“全联网指挥、控制与通信”（FNC3）、高超声速、微电子、量子科学、太空等，同时对这些优先事项的预算经费与未来研究计划进行了简要概述。（中物院科技信息中心编译）

韩国拟投入 210 亿美元研发人工智能、量子技术等高新技术

【韩国联合通讯社网站 2020 年 1 月 16 日】韩国政府拟投资 24.2 万亿韩元（约合 210 亿美元），用于支持生物健康、清洁能源、工业材料、人工智能、量子技术和航空航天等领域的研发工作。根据计划，韩国拟于 2021 年发射第一枚太空火箭；韩国将在未来 10 年内投资 2.8 万亿韩元用于药品研发；2029 年前，韩国在清洁能源领域研发经费将达到 1.5 万亿韩元，这将推动韩国成为新型可持续能源领域的全球领导者。此外，韩国还将投资 1.1 万亿韩元用于类脑芯片研发，促进开发深度学习技术。（中物院科技信息中心编译）

美能源部将资助建立高性能计算团队

【美国能源部官网 2020 年 3 月 17 日】美国能源部宣布一项计划，将提供 6000 万美元用于建立多学科团队，利用超级计算机来促进科学发现。这项名为“利用先进计算促进科学发现 (SciDAC)”的计划，旨在将计算科学和应用数学专家与特定科学领域的研究人员召集在一起，通过开发强大的计算工具和技术来加速科学发现，以解决高能核物理、凝聚态物理、材料科学、化学、聚变能科学和地球系统研究等学科的问题。（中物院科技信息中心编译）

美国国防部建立新的生物技术制造创新中心，着重于生物技术工业化

【国防科技信息网 2020 年 3 月 6 日】美国国防部研究与工程副部长 Michael D. Griffin 表示，美国国防部正在筹建一个新的生物技术制造创

新中心，旨在研究如何在工业规模上实现“自然制造工厂”，克服研究与商业化间不可逾越的鸿沟。新中心是国防部建立的第九个制造技术中心，也是第二个专注于生物技术的中心。第一个生物技术中心于2016年成立，旨在开发用于修复和替换细胞及组织的下一代制造技术。Griffin 强调新的生物技术制造创新中心可能为国防部带来创造性突破，例如，其开发的技术或帮助国防部利用合成生物学方法制造燃料等。（中物院科技信息中心编译）

美空军成立信息战作战中心

【C4isrnet 网站 2020 年 2 月 28 日】美空军正在成立一个专注于信息战的新作战中心，旨在将网络、电子战、情报、监视与侦察等能力融合在一起，对信息战进行统一指挥，为全球作战人员提供更好的能力和选择。新成立的第 616 作战中心将合并第 624 和第 625 作战中心，预计在 2021 年春季具备完全作战能力。第 616 作战中心通过从作战单元和各个组织获取信息，可为指挥官提供更科学的作战规划。但由于信息领域具有动态性，新的作战中心必须灵活地适应不断变化的环境，其面对的主要挑战之一将是跟踪具有独特能力的作战单元，并提供解决方案，同时避免重复。（远望智库供稿）

美太空发展局评估云计算应用于导弹识别跟踪的潜力

【Space News 网站 2020 年 3 月 11 日】美国太空发展局（SDA）正在评估如何将云计算应用于快速识别并跟踪导弹运行轨迹。导弹探测与跟踪是太空发展局的重点工作之一，该局目前正在制定相关卫星

部署计划，以识别目标、跟踪导弹并共享收集到的数据。这些数据需要进行快速处理并传输至战场，以免造成数据传输延迟。为此，该局正在采取两种方式开展数据处理，以加快数据传输速度：一是在离数据收集点更近的地方进行，如在装备天基传感器的卫星上；二是在离数据传输目的地更近的位置进行，如将数据传输回地面站进行处理。SDA 表示，商业云数量及其可提供的服务使得地面数据处理更具优势。云计算可以灵活地处理用户所提供的数据，并对处理方式和数据去向进行优化，但也可能存在网络安全问题。（远望智库供稿）

英国投入 1.17 亿美元支持清洁能源项目

【路透社（Reuters）网站 2020 年】英国政府宣布，将通过总值达 9000 万英镑（约合 1.17 亿美元）的资助计划支持一系列清洁能源项目，以帮助一些工业领域和民众家庭降低碳排放。资助项目主要包括：投资兴建制氢工厂，以利用海上风电等可再生能源制氢，并在运输和工业等领域用氢能替代化石能源；加速新技术研发和实践，让水泥和玻璃制造等高耗能行业逐渐从使用化石能源转向使用可再生能源。此外，政府还计划在英国多个城镇推广使用可再生能源，到 2030 年让超过 25 万户家庭用上风电、地热能等，以降低普通家庭的碳排放。（中物院科技信息中心编译）

美国能源部将拨款 3000 万美元用于聚变能研究

【美国能源部官网 2020 年 3 月 5 日】美国能源部宣布将拨款 3000 万美元用于支持聚变能的新研究。该资金分为两部分，其中 1700 万

美元用于专注于人工智能和机器学习方法的研究，这些方法可用于预测关键等离子体现象、管理设施运行以及加速研究发现等工作；另外的 1300 万美元将用于基础聚变理论研究，包括计算机建模和仿真，将重点关注影响聚变反应堆中受磁场约束的热等离子体的行为因素。（中物院科技信息中心编译）

美国能源部宣布拨款 4000 万美元用于人工智能相关研究

【美国能源部官网 2020 年 3 月 9 日】美国能源部宣布将在三年内提供 4000 万美元资金，用于数据、人工智能和机器学习方面的创新研究，以应对美国能源部科学用户设施在数据产生和管理方面的挑战。研究方向主要包括从复杂数据集中提取信息、实时管理设施运营以及通过创建虚拟实验室环境来优化实验等。研究项目主要集中于美国能源部科学办公室的 18 个用户设施，包括粒子加速器、X 射线光源、中子散射源和纳米级科学研究中心等。（中物院科技信息中心编译）

美国利用机器学习加速高性能材料的开发与应用

【美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）官网 2020 年 3 月 3 日】美国能源部劳伦斯利弗莫尔国家实验室正在开发一种预测材料性能的新方法，旨在利用机器学习技术加速从新材料发现到大规模应用的过程，解决材料开发过程遇到的瓶颈问题，以显著缩短开发与应用周期。LLNL 已使用该方法对钝感高能炸药三氨基三硝基苯（TATB）开展性能评估。科学家利用计算机视觉和机器学习技术，对 TATB 原材料粉末的扫描电子显微镜图像进行分析，通过材料的晶体特征直接

预测其性能，从而避免了复杂的性能测试工作。结果表明，与专家评估和仪器分析等常规方法相比，新方法可以减少 24% 的预测误差。研究团队表示，机器学习模型还可以发现并利用当前专家未充分利用的晶体属性。（中物院科技信息中心编译）

DARPA 计划在 2021 年开展多种新型武器概念研究

【Aviation Week 网站 2020 年 2 月 17 日】美国国防部计划在 2021 财年为 DARPA 提供 35.7 亿美元资金，用于开展多种新型武器概念研究，包括多目标空对空武器、近距离支援导弹以及对抗环境中的通信、攻击信号和反激光武器项目等。其中，DARPA 计划为“反高能激光武器”（C-HEL）项目投资 1510 万美元，以开发能够探测、定位和破坏高能激光武器的系统。（中物院科技信息中心编译）

DARPA 研究新型无人水下航行器的关键技术

【美国国防先进研究计划局（DARPA）官网 2020 年 3 月 19 日】DARPA 选定了四家公司授予 Manta Ray 计划工作合同，以研究新型无人水下航行器的关键技术。Manta Ray 计划旨在演示适用于新型远程、具有有效载荷能力的无人水下航行器（UUV）的关键技术。UUV 可以长时间运行，而无需人员现场支持或维护，这为长期部署期间的持续运行提供了潜力。Manta Ray 计划计划推进有利于未来 UUV 设计的关键技术，包括但不限于在运营相关深度的新能源管理和能源收集技术；低功率、高效率推进以及减轻长时间执行任务的生物污染，腐蚀和其他材料降解的新方法。该方案还寻求包括在考虑动态海事环

境的同时延长任务管理方法，利用现有海事数据集和新海事参数进行高效导航的独特方法，以及新型的低功耗水下探测和危险分类方法在内的改进程序和方案。（远望智库供稿）

美国国际战略研究中心发表文章解读欧盟《人工智能白皮书》

【美国国际战略研究中心官网 2020 年 2 月 21 日】美国国际战略研究中心（CSIS）对欧盟近期发布的《人工智能白皮书》发表分析文章，文章指出《人工智能白皮书》没有包括此前草案中禁止在公共场所使用面部识别的 5 年禁令，而是呼吁就这一问题在欧洲范围内展开广泛讨论。另外，该白皮书针对人工智能应用按不同风险等级设立了两个截然不同的监管系统。高风险人工智能应用将在训练数据的使用、数据的记录与保存等方面面临更严格的监管，在实际部署之前需经过相关测试；低风险人工智能系统则不受这些要求约束，只被鼓励参与自愿审查。CSIS 指出，这一简单划分可能导致大量中等风险的人工智能系统最终落入高风险范畴，不得不接受大量监管。CSIS 还提出，欧盟《人工智能白皮书》可以作为美国战略的模板，但美国应积极探索更完善的大数据和人工智能的技术治理架构。（中物院科技信息中心编译）

美非官方杂志发文《新兴神经科技重塑神经武器》

【美国国防大学网站（NDU Press）2020 年 1 月】美国防大学《棱镜》杂志发表了题为《新兴神经科技重塑神经武器》的文章，分析基因编辑、纳米粒子等中枢神经系统修改技术的作战应用，探讨了神经

大数据和生物网络安全在战争、情报和国家安全中的优劣势，并提出监督治理举措。其中，在新兴神经技术的作战应用方面，文章提到纳米技术可控制、引导和传递生物分子，改善大脑成像和神经活性药物的传递；纳米设备可用于远程控制器官或生物，纳米颗粒物可修改现有或创造新的神经病原体，增强药物或毒素的输送方法，用于有机分子伪装等。经基因编辑的非传染性病毒可促进特定基因的传递，相关研究将加快神经技术武器化的应用。（远望智库供稿）

《麻省理工科技评论》发布 2020 年全球十大突破性技术

【麻省理工科技评论网站 2020 年 2 月 26 日】《麻省理工科技评论》发布一年一度的“全球十大突破性技术”榜单。根据榜单，2020 年“全球十大突破性技术”包括防黑互联网、超个性化药物、数字货币、抗衰老药物、人工智能发现分子、超级星座卫星、量子霸权、微型人工智能、差分隐私和气候变化归因。自 2001 年起，《麻省理工科技评论》每年都会评选出“十大突破性技术”，榜单尝试定义接下来最值得关注的十大技术方向。（中物院科技信息中心编译）

英特尔发布新的神经拟态系统，助力人工智能计算的发展

【英特尔公司网站 2020 年 3 月 18 日】英特尔宣布其迄今规模最大、性能最强的神经拟态系统“Pohoiki Springs”已准备就绪，该系统将提供 1 亿个神经元的计算能力。英特尔将向英特尔神经拟态研究社区（INRC）的成员提供这一基于云的系统，以扩展其神经拟态工作来解决更大规模且更复杂的问题。“Pohoiki Springs”系统集成 768

块“Loihi”芯片，功耗低于 500 瓦，拥有 1 亿个“神经元”，堪比小型哺乳动物的大脑容量。神经拟态系统与当今最先进的传统计算系统相比，拥有超级并行和异步信号处理能力，可以显著降低功耗、提高性能，是解决人工智能计算难题、发展人工智能技术的重要途径。目前，“Pohoiki Springs”系统仍处于研究阶段，其设计目的并非取代传统计算系统，而是提供一个工具来开发和表征新的神经启发算法，用于实时处理、问题解决、适应和学习。英特尔认为“Pohoiki Springs”系统将定义一种新的可编程计算模式，可满足世界对通用型智能设备日益增长的需求。（远望智库供稿）

甲烷直接制烯烃和芳烃技术

化工、冶金与材料工程领域的颠覆性技术战略研究课题组

1 技术说明

甲烷直接制烯烃技术是通过一步转化反应由甲烷直接制取烯烃的过程,包括甲烷氧化偶联制乙烯技术、甲烷无氧制烯烃和芳烃技术。这些方法在近几年取得了一定的技术突破。

(1) 甲烷氧化偶联制乙烯

甲烷氧化偶联 (OCM) 是指甲烷在氧气存在下直接转化为乙烯和水的化学过程。在 OCM 反应中,甲烷在催化剂表面活化,形成甲基自由基 ($\cdot\text{CH}_3$),然后再气相偶合生成乙烷,脱氢后形成乙烯和水。自 1982 年美国联碳公司 Keller 和 Bhasin 首次提出甲烷氧化偶联技术以来,该技术一直是业内关注的焦点^[1]。

(2) 甲烷无氧制烯烃和芳烃

1993 年,中国科学院大连化物所科学家在全球首次提出“在无氧条件下”进行甲烷的碳氢键活化,以避免活化的碳源与氧气结合形成二氧化碳。这种“无氧活化”的概念引起全球科学家的兴趣。2014 年,大连化物所基于“纳米限域催化”的新概念,创造性地构建了硅化物晶格限域的单中心铁催化剂,实现了甲烷在无氧条件下选择活化,

[1] 边文越,李泽霞,冷伏海.构建包含知识元分析的科技前沿情报分析框架-以研究甲烷直接制乙烯为例[J].图书情报工作,2016(10):87-94.

一步高效生产乙烯、芳烃和氢气等 high 价值化学品。该研究成果发表于 2014 年 5 月 9 日出版的《Science》杂志上，被誉为是一项“即将改变世界”的新技术。

2 研发状态

从 2006 年开始，伴随着纳米技术与反应器设计理念的发展，OCM 法再度呈现出光明的前景，因而进入复兴期。研究比较活跃的国家有美国、德国和中国。在甲烷无氧转化制烯烃、芳烃技术方面，研究人员瞄准该过程的基础科学问题和工业技术开发等进行了深入、系统的研究，在催化剂稳定性提高、催化剂制备方法优化和新型反应器设计等方面取得了一系列突破性进展^[2]。

3 技术成熟度

甲烷直接转化制烯烃技术中，OCM 技术发展到商业示范阶段。美国 Siluria 公司的 OCM 示范装置已于 2015 年 4 月投运，乙烯产能约为 1 吨/日。目前在全球有三个 OCM 项目，一个在中东，两个在美国，预计 2018 年底或 2019 年初建成投产。规模最大的为 15 万吨/年，在美国墨西哥湾沿岸地区；规模最小的为 3 万吨/年；普通规模约为 4 万吨/年。

与 OCM 技术相比，甲烷无氧转化技术尚处于实验室研究阶段，主要在碳氢键活化的基础理论研究方面取得了突破。但是走向工业应

[2] 边文越,李泽霞,冷伏海.甲烷直接制乙烯国际发展态势分析[J].科学观察,2015(3):1-11.

用还存在化学、工艺和工程技术等诸多问题有待于解决。

4 产业和社会影响分析

OCM 技术适宜在具有廉价、丰富天然气资源的国家和地区应用。与现有石脑油或乙烷蒸汽裂解装置相比，OCM 装置在固定投资和操作成本方面均占据优势。相对于 OCM 技术，甲烷无氧转化制烯烃和芳烃的原子经济性更好，目前在选择活化方面已取得突破性进展。随着研究的深入、向工业化迈进的相关技术难题逐步解决以及天然气供应的日渐丰富，未来对我国乃至世界石化工业将产生重大影响。

总体上，甲烷直接制烯烃和芳烃技术开辟了一条重要的生产基础石化原料的新资源路线，对于拓展我国石化原料来源、满足我国日益增长的石化产品需求将起到重要的保障作用。同时，相对于现有技术而言，该技术在碳原子利用效率上具有优势，更有利于石化工业向绿色低碳发展转型。

5 我国实际发展状况及趋势

与 OCM 技术相比，我国在甲烷无氧转化的研究方面处于国际领先地位，不仅首先发现甲烷的无氧芳构化，而且一直在这一领域进行较深入的研究。2016 年初，大连化物所完成了催化剂 1000h 的寿命评价试验，正与中国石油、SABIC 共同推动该技术的工业化进程。

6 技术研发障碍及难点

OCM 法制低碳烯烃技术具有较好的工业前景，但同时提高甲烷

转化率和 C_2^+ 选择性具有一定难度。因此需要选择合适的催化剂，降低生成乙烯和乙烷的活化能，以减少甲烷的深度氧化，提高乙烯和乙烷的选择性。

甲烷无氧转化技术在化学、工艺和工程技术等方面还有诸多问题需要解决。硅化物晶格限域单中心铁催化剂需要在 1090°C 的高温下进行反应，催化剂在高温下的长期稳定性还需要进一步验证，如何降低反应温度是目前存在的一个技术难点；如何降低催化剂的制备难度、使其能够易于工业化生产也是目前存在的技术难点。

7 技术发展所需的环境、条件与具体实施措施

首先，甲烷直接转化制烯烃技术适宜在原料丰富的地区应用。随着我国非常规天然气资源的大规模开发以及甲烷直接转化技术的成熟，利用天然气制乙烯和芳烃有可能在部分天然气资源丰富的地区挤占现有技术的一部分市场份额。

其次，甲烷直接转化制烯烃技术的发展，与对乙烯、芳烃的强劲需求紧密相联。乙烯、PX 等石化产品是现代工业最重要的原材料之一，乙烯更是被视为一个国家工业发展水平的重要标志。

第三，甲烷直接转化制烯烃技术经济效益好，具有发展前景。与现有石脑油或乙烷蒸汽裂解装置相比，OCM 技术在固定投资和操作成本方面均占据优势。

8 技术发展历程、阶段及产业化规模的预测

甲烷氧化偶联制乙烯技术进入工业示范阶段，甲烷无氧转化技术尚处于实验室研究阶段。2017年，中国乙烯产量为2261万吨，当量缺口达到2000万吨，预计未来10年中国乙烯需求年均增速为4%~5%。随着工业试验进一步论证甲烷直接转化制烯烃技术的资源可获得性和经济性，该技术在我国也会占有市场份额。

观察思考

微机电系统（MEMS）技术

机械与运载工程领域的颠覆性技术战略研究课题组

MEMS（微机电系统）技术是一项多学科交叉的新兴高新技术，在信息、生物、航天、军事等领域具有广泛的应用前景，对于国家保持技术领先优势具有非常重要的意义。因此，本领域将其列为全局化重大颠覆性技术方向，该技术的成熟与发展有望引领多个领域的科技变革，推动科技飞跃发展。

1 技术说明

MEMS 传感器是基于微机电系统的典型传感器件。**MEMS** 集成了当今科学技术的许多尖端成果，它将感知信息处理与执行机构相结合，改变了人类感知和控制外部世界的方式。**MEMS** 传感器种类繁多，根据 **MEMS** 传感器的测量对象，可分为力学传感器、电学传感器、气体传感器、离子传感器、光学传感器、声学传感器、生物传感器、热学传感器和磁学传感器等类型。

2 研发状态

美国密歇根大学的国际知名学者 **K.D.Wise** 对传感器及 **MEMS** 发

展历程，以及每个阶段的前沿技术研究和同期出现的公司进行了总结：20 世纪 60 年代第一代微加工器件问世，70 年代主要是技术扩展及新的应用，80 年代是更复杂的器件产业化，90 年代主要是发展集成敏感系统，2000 年以后开始发展无线集成微系统。从 2000 年至今全球的 MEMS 传感器专利数据可以看出：自 2000 年后，MEMS 传感器技术整体进入成长期，但不同时间段成长速度存在差异。2000~2006 年为缓慢成长期，2007~2010 年为平稳发展期，2011 至今为快速成长期。随着 MEMS 传感器市场需求的不断增加以及以中国为代表的新兴研发主体开始加入，可以预测 MEMS 传感器未来仍将保持快速发展的态势。

3 技术成熟度

典型 MEMS 传感器产品的应用已对未来新型 MEMS 传感器的研制和产业化起到示范作用。现今，智能制造领域用到的阵列传感器、单片集成传感器、多功能集成传感器、低功耗传感器等；离散制造业用转速传感器、涡流传感器、运动部件温度、应变、振动传感器等；流程工业用压力、流量、风速、电场、气体传感器、继电器等典型产品，以上传感器的研发与应用均为新型 MEMS 传感器的开发奠定了技术基础。此外，随着对于一系列微米纳米尺度科学问题的进一步了解以及材料制备与微米纳米加工技术的日趋完善，新型 MEMS 传感器技术已经影响到制造、安全、通信、交通、医疗、能源、环境等多个领域和层面，发挥了不可替代的作用。

4 产业和社会影响分析

微系统技术在导弹、飞行器、雷达、生物医学等领域应用日益广泛，产生了显著的效益。利用微系统技术发展的微惯性测量装置具有体积小、成本低、质量轻、抗振动、抗冲击能力强和集成化程度高等优点，适用于各种武器的制导系统、光学伺服稳定机构、姿态控制系统等，对于小型飞行器导航、制导与控制领域的发展具有重要意义。微系统技术的发展促进了微小无人装备的发展，近期在微小无人飞行器和微型机器人等方面均取得了新进展。微系统在雷达方面得到了广泛应用，在提高雷达性能的同时大幅缩小其重量和体积。利用微系统技术可以制造体积非常小且具有一定功能的产品，在医疗植入、生命体征检测等生物与健康领域取得了较大进展。

随着传感器单价的快速下降以及 MEMS 技术的规模应用，全球传感器市场的总体出货量已经达到百亿级规模。2015 年全球传感器市场规模超过一万亿元，预计到 2020 年翻一番。信息通信、汽车电子、医疗电子和工业电子是传感应用最广泛的四大领域，其中信息通信领域占比 30%，是最大的行业应用市场。信息通信行业（消费电子、通信设备）在 MEMS 传感器市场中占比更高，占据整个市场出货量的 45.6%。

5 我国实际发展状况及趋势

总体来看，经过近几年我国企业与政府的共同投入，国内 MEMS 产业链已形成从前端设计、研发、中试、制造到后端封测、系统集成

的完整产业链条。但由于起步较晚，本土产业整体规模还比较小，核心技术还处于对外跟随阶段，科研成果转化率低，设计制造协同不足，重点产品大多依赖进口。当前，我国的首要任务是明确发展方向，攻关核心技术，提升产业链配套水平，从而从根本上提升本土微系统技术和 MEMS 传感器产业的核心竞争力。具体分析如下：

2015 年我国传感器、MEMS 传感市场规模分别达到 1100 亿元和 278 亿元，预计到 2020 年分别达到 2115 亿元和 609 亿元，整体保持高速增长态势。在国内市场格局方面，跨国公司占据超过 60% 的市场份额。在产值区域分布方面，华东、华南、华北占据 75% 的市场份额。以整体传感器产业发展角度看，我国在产品品质、工艺水平、生产装备、企业规模、市场占有率和综合竞争能力等方面与国际大厂差距明显，国内市场主要应用的传感器绝大部分依赖进口，高端产品尤为显著。

6 技术研发障碍及难点

(1) 设计：目前国内 MEMS 传感器厂商整体规模不大，产品种类单一，相比于国际大厂方案集成能力较弱。

(2) 制造：MEMS 加工工艺种类众多，主要包括硅加工工艺与非硅加工工艺两大类。非硅加工工艺的代表技术为 LIGA 工艺，其缺点和难点包括：X 射线光源昂贵、掩模板制造困难、难以制造复杂 3D 结构、难与 IC 工艺兼容等。硅加工工艺主要包括体硅加工工艺和表面硅加工工艺两大类，其中体硅加工工艺不易与 IC 工艺集成。

(3) 封测：本土中试平台在先进技术跟进方面还有所欠缺，如目前本土中试平台在 TSV、晶圆级封装、标准化测试等技术方面有所欠缺。

7 技术发展所需的环境、条件与具体实施措施

推进 MEMS 传感器技术的发展首当其冲是核心技术攻关。设计方面，重点攻关模拟仿真、信号处理、EDA 工具、软件算法、MEMS 与 IC 联合设计等核心技术；制造方面，突破核心硅基 MEMS 加工、与 IC 集成等技术，提升工艺一致性水平，探索柔性制造模式；封测方面，推动器件级、晶圆级封装和系统级测试技术，鼓励企业研发个性化、大规模、高可靠测试设备；此外，鼓励企业探索面向未来发展的新型传感器制造技术、集成技术、智能化技术等。

8 技术发展历程、阶段及产业化规模的预测

MEMS 传感器为市场导向型技术，其发展速度、类型分布均与市场的需求有着紧密的联系。20 世纪 90 年代末期 MEMS 技术的商业化浪潮，推动了该技术由萌芽期转向成长期，众多微传感器产品进入市场。随后 2000 年~2006 年的发展主要源于汽车工业对压力传感器、加速度计、热传感器等的大量需求。2007 年~2010 年 MEMS 进入多元化的发展阶段，虽然专利数量变化不大，但应用领域不断拓宽，除汽车工业外，航空航天、生物医药、医疗电子、消费电子、化工机械等领域，也逐渐出现 MEMS 传感器的身影。2011 年至今，MEMS 传感器快速增长的主要原因，是消费电子领域对 MEMS 传感器需求

量的增加,同时物联网、智能制造等的发展也起到了一定的推动作用。
美国 Transparency Market Research 咨询公司预测,物联网传感器年增长率 24.5%,到 2023 年将达到 347.89 亿美元。