

参阅材料 ▶▶

世界前沿科技发展报告

SHIJIE QIANYAN KEJI FAZHAN BAOGAO



科学技术部专题研究组

参阅材料 ▶▶

世界前沿科技发展报告

SHIJIE QIANYAN KEJI FAZHAN BAOGAO

科学技术部专题研究组

编写说明

本报告由科技部委托国务院发展研究中心国际技术经济研究所组织有关单位和专家组成专题研究组编写，由总报告和七个分报告组成。

总报告详细介绍了世界前沿科技的发展态势，对若干国家的战略与部署进行了综述，并对我国前沿科技的进展、差距及发展中的若干重大问题进行了深入分析。七个分报告分别介绍了信息技术、生物技术、航天技术、航空技术、新材料技术、能源技术、先进制造技术等前沿科技的发展情况。其中包括技术进展及其相关产业的发展态势，主要国家和地区的战略措施，以及具有代表性的若干重要技术。

本报告的编写主要依靠各相关领域专家的研究支持，并得益于决策部门和相关单位的意见和建议。作为参阅材料，报告在内容上力图反映前沿科技领域的最新进展，在数据上追求准确和时效性，在文字上体现言简意赅、通俗易懂。但由于前沿科技发展日新月异，受编者的学识所限，难免还会存在缺漏和不足，敬请批评指正。

世界前沿科技
发展态势报告

科学技术部专题研究组

目 录

世界前沿科技发展报告	1
一、世界前沿科技发展态势	2
二、部分国家和地区推动前沿科技发展的战略与政策	13
三、我国前沿科技的进展	27
世界信息技术发展报告	39
一、世界信息技术发展总体态势	40
二、通信技术	48
三、半导体技术	58
四、智能技术	62
五、高性能计算与网络	66
六、消费类电子	69
七、信息安全技术	73
世界生物技术的发展报告	79
一、世界生物技术及其产业发展总体态势	80
二、基因组和蛋白质科学发展态势	91
三、生物芯片发展态势	97
四、干细胞研究发展态势	101
五、转基因技术发展态势	107
世界航天技术发展报告	113
一、世界航天领域发展总体态势	114
二、卫星技术的主要进展和发展趋势	122
三、载人航天及运载技术的进展与发展趋势	128
四、深空探测活动主要进展和发展趋势	132
五、军用航天装备主要进展及发展趋势	136

世界航空技术发展报告	143
一、世界航空技术及其产业发展总体态势	144
二、高超声速技术	159
三、高效环保发动机技术	162
四、智能结构技术	166
五、主动流动控制技术	168
六、无人机技术	171
七、倾转旋翼技术	173
世界新材料技术发展报告	177
一、世界新材料技术及其产业发展总体态势	178
二、世界纳米材料与纳米科技发展态势	185
三、世界新型结构材料发展态势	189
四、世界新型功能材料发展态势	196
五、世界电子信息材料发展态势	203
世界能源技术发展报告	215
一、世界能源技术发展总体态势	216
二、化石能源	223
三、核能	230
四、新能源和可再生能源	235
五、节能技术	240
世界先进制造技术发展报告	247
一、世界先进制造技术发展总体态势	248
二、光机电一体化制造技术	254
三、微电子光刻技术	258
四、重大成套装备制造技术	262



世界前沿科技发展报告



世界前沿科技发展报告

当今世界，科学技术迅猛发展，成为经济和社会发展的决定性力量。信息、生物、航空航天、新材料、新能源等前沿科技代表科学技术的发展方向，是国家创新能力的集中体现，是当代科技发展的制高点，也是国际竞争的焦点。本报告对世界前沿科技的发展态势、若干国家的战略与部署进行了综述，并对我国前沿科技的进展、差距及发展中的若干重大问题进行了分析。

一、世界前沿科技发展态势

（一）当代科学技术发展的总体态势和主要特征

上世纪 70 年代以来，以信息技术为代表的前沿科技不断取得突破，成为全球性科技革命浪潮的主要推动力，深刻地改变着世界的面貌。进入 21 世纪，科学技术发展日新月异，展现出更多的科学发现和技术发明的前景，信息、生物、新材料、新能源等前沿科技突飞猛进、相互交织影响，成为新一轮科技革命的重要标志，并呈现出一些新的特征。

1. 科技发展不断突破传统认识

随着科学研究不断向深度和广度拓展，以及先进仪器



和科研装备的广泛应用，科学技术在宏观和微观两个尺度上向着更复杂、更基本的方向发展。对基本粒子、基因、微机械、微加工和纳米材料等微观世界的研究，对网络系统、经济系统、生态系统、大脑和生命系统等复杂系统的研究，正在突破人类传统认识的极限，将会不断导致方法论的变革；宇观、宏观、介观和微观研究相结合，孕育着新的科学革命和技术革命，预示着科学技术将进入一个前所未有的创新密集时代。

2. 科学理论引领前沿技术的发展方向

历史上往往是生产实际的需要刺激了技术的发展，进而为科学理论的形成奠定基础。近几十年来，科学理论越来越走在技术和生产的前面，为技术和生产的发展开辟了各种可能的途径，现代技术革命的成果绝大多数源于基础研究领域的原始性创新。如，先有了量子理论，而后促进了集成电路和电子计算机的发展，奠定了信息产业的基础；运用相对论和原子核裂变原理形成了核技术，引发了核能工业；运用分子生物学和遗传学的最新成就，发展了生物技术，催生着具有巨大潜质的生物技术产业。

3. 科技发展呈现出群体突破的态势

从科技发展史看，前三次技术革命都是由单项技术所引发的。第一次技术革命的主导技术是蒸汽机动力技术，第二次技术革命的主导技术是电力技术，第三次技术革命的主导技术是电子科技。而当代新科技革命不只是表现为单一技术、单一领域的发展，而是表现出群体突破的态势，表现为新技术群、新产业群的崛起，标志着科学技术进入了一个前所未有的创新密集时代。以集成电路、网络技术为代表的信息技术群带来了通信产业的革命，基因组学、蛋白质学的飞速发展带动生物技术进入后基因组时代，纳米材料技术、纳米生物技术、纳米传感技术等正开始在高技术产业竞争中显示其生命力，氢能技术的突破为人类展现新的能源利用前景，航空航天、先进制造等技术领域也正孕育着一系列重大的群体性突破。

4. 学科交叉融合加快

20世纪以来，学科之间、科学和技术之间相互融合、相互作用和相互转化更加迅速，逐步形成统一的科学技术体系。科技发展的跨学科性日益明显，学科之间的边界日益模糊、科学和技术的融合、自然科学和人文社会科学的交叉渗透，促进了新兴学科的诞生和发展。如生物信息学、量子信息学、工业生态学、历史计量学等。面对复杂性、系统性日益增强的发展问题，科学家们更多地采取集成的方式，综合应用各类技术更好地解决重大问题，技术融合趋势日益显著，最具有代表性的是纳米、生物、信息和认知四大领域的汇聚融合。



5. 科技创新、转化和产业化的速度不断加快

19 世纪，电从发明到应用相隔近 300 年，电磁波从理论的提出到实现无线通信相隔近 30 年；到 20 世纪，集成电路仅用了 7 年的时间就得到应用，而激光从发现到应用仅仅用了一年多。今天，人类基因组、超导、纳米材料等许多属于基础研究的成果，在中间成果阶段就申请了专利，有些甚至迅速转化为产品走进生活。这充分说明，科学与技术泾渭分明的传统界限日趋模糊，科技竞争的焦点不断前移。原始性创新能力已经成为国家间科技竞争成败的重要标志，成为决定国际产业分工地位的一个基础条件。

6. 国际科技合作日趋活跃

近年来，科技全球化正在成为经济全球化的重要表现形式，国际科技合作加快了科技创新资源在全球范围内的整合和有效配置，使得传统的科研组织结构和创新方式发生了重大变化。一方面，人类基因组计划、国际空间站计划、伽利略计划、ITER 等国际大科学工程的出现，使得世界范围内的科学家能够在大规模、大尺度或是跨学科的前沿性研究领域开展合作研究；另一方面，跨国公司加速在不同国家建立研发机构，以充分利用全球科技资源获得更强大的竞争力，从而成为科技全球化的主要力量。总体上看，科技资源全球流动的加快，强化了发达国家及跨国公司在全球科技生产和消费方面的强势地位，也使发展中国家获得了一定的人才和技术溢出效应。

在科学技术推动下，21 世纪的人类社会发展将表现出以下几个重要特征：一是以知识为基础的社会。国家财富增长的主要途径和方式，将越来越表现为知识的积累和创造。学习、获取和创造新知识将成为人们从事更有价值的生产和实现生活理想的基本手段，由此将引发社会组织形态和人类活动方式的深刻变革。二是全球化的国际环境。随着全球化进程的不断深化，资本、信息、技术和人才等要素的流动不仅将在更广泛的范围内展开，而且也将不断地改变要素配置的方式，加快流动和配置的速度。在这一大趋势下，各个国家的发展将不可避免地融入进全球化进程之中，但是，全球化并不会自然地导致各个国家普遍受益和财富分配更加均衡，相反，缺乏强劲科技创新能力的国家将会面临被边缘化的威胁。三是可持续发展的增长方式。面对能源、资源紧缺的约束，以及全球气候变化、科学伦理等诸多问题的困扰，人类社会将需要做出共同努力，来寻求人与自然和谐相处的新途径。可持续发展的增长方式，不再是一个国家达到某种发达阶段的自然转变过程，而将成为处在不同发展阶段的各个国家共同的选择。



（二）若干前沿科技领域的发展动向

1. 信息技术正在发生结构性变革，仍然是经济持续增长的主导力量

进入21世纪，信息技术正在发生重大的结构性变革。一是集成电路呈指数级向更小、更快速和更廉价发展；二是未来的计算机将发展成为包括视听设备、个人数字助理（PDA）等在内的广义计算机；三是信息技术自身以及与其它技术相互融合和渗透。这些变革将催生具有巨大潜力的新技术和产业领域，深刻影响全球社会和经济的发展。据美国《福布斯》杂志预测，由于信息技术的广泛普及，到2020年全球信息技术市场年产值将高达20万亿美元，比2000年增长20倍。

通信网络技术为信息产业注入强大活力。宽带通信已成为国际上应用最广的通信技术，其中高速数字用户线（VDSL）技术、非对称数字用户线技术（ADSL）、光纤同轴混合网接入方式（HFC）、光纤配合局域网接入方式、电力线宽带（BRL）等技术得到了较快发展，基于软交换与移动/固定网络融合技术将成为多种通信方式的演进基础，以便业务提供商更快更多地开发、部署和管理新业务。IP技术已占据数据通信领域的主导地位，极具发展前景。新一代智能化光网络将逐渐成熟，不仅是超高速、长距离、大容量的传送平台，而且要成为智能化、多业务的下一代网络的重要承载平台。量子光通信将具有目前通信系统无法比拟的通信容量，并可实现优异的保密通信。在超宽带、正交频分复用和多入多出等基础技术支持下，多种无线技术，如蓝牙、Wi-Fi（无线兼容认证）、WiMax、无线局域网获长足发展。第三代移动通信系统的框架已确定，将与卫星移动通信网、地面移动通信网结合，形成一个对全球无缝覆盖的立体通信网络，支持话音、数据和多媒体业务。电信网、互联网和有线电视正在走向融合，信息通信正向人与人、人与物、物与物之间随时随地以任何方式通信迈进。

半导体技术进入纳米时代。全球半导体业已全面进入了技术门槛较高的90纳米批量生产时代，竞争的焦点从投资规模转移到技术水平上的较量，2005年各大半导体公司普遍有双内核芯片问世，初步掌握了65纳米工艺并将量产。低功耗芯片也是竞争的一个焦点，降低器件漏电流成为Intel和IBM等芯片厂商的主要目标。RFID标签（无线射频识别标签）给零售、物流等产业带来革命性变化，已进入实际应用阶段。

计算机智能技术日新月异。计算机技术的发展趋势是综合化、智能化、网络化和个性化。高性能计算机一直以高于微处理器摩尔定律的速度在发展，发展策略、体系结构和关键技术进入新的跃变时期。研发量子计算机也备受重视。高性能计算和网格计算正从科学计算向经济和商业等各个领域扩展，更加注重提升服务能力。计算、通信和消费电子三个领域彼此渗透，新技术和产品不断涌现，促成消费电子技术的发展。

信息安全技术日益受到关注。信息安全是网络信息系统防护能力、隐患发现能力、



应急反应能力、对抗能力等诸多能力的综合，是体制、管理、产业、技术等方面的综合较量。近年来各国政府在战略上高度重视，加大投入，积极维护网络信息安全。信息安全技术在若干重要领域取得一定进展。其中，密码技术、可信计算、SIM技术、入侵防御技术、计算机取证技术等受到人们的关注。

2. 生物技术正经历着一场前所未有的技术革命，一个庞大的生物产业正在孕育和形成

近年来，生命科学不断向纵深发展，对生命现象的本质和基本过程的研究，进入了定量和系统整合的新阶段，基因组学、蛋白质科学、干细胞及再生医学的研究成为生命科学的前沿与热点。在生命科学的带动下，生物技术领域科技创新空前繁荣，并促成生物技术与其他技术的交叉融合，产生一系列新的技术。随着生物技术在医药、农业、环保、能源、海洋等领域的广泛应用，生物技术产业进入大规模产业化阶段。据统计，全球生物技术产业的销售额每5年翻一番，年增长率高达25—30%，大约是世界经济增长率的10倍。预计在未来10—15年内，有可能形成与信息产业并驾齐驱的生物技术产业群。

基因组学成为生命科学研究的重要手段。人类基因组序列草图的完成，加深了人类对自身奥秘的认知，为人类疾病的防治和健康提供了广阔的前景。目前美国正计划进行为期9年、预计耗资13.5亿美元的人类癌症基因工程计划。继人、狗和小鼠基因组被破译之后，又绘成大鼠和牛、猪等哺乳动物的基因组草图。鸟类的代表性物种——鸡的全基因组序列也已测定。水稻基因组序列全图图谱的绘制也已完成。

蛋白质科学正向深度和广度迅速发展。蛋白质科学研究的新方法新技术日新月异，已突破传统的结构与功能的研究，出现以生物复杂系统为背景的规模性、系统性、整体性研究发展趋势。以生物系统为背景的规模性、系统性、整体性蛋白质功能及其相互作用网络的研究是蛋白质科学研究的热点和前沿。蛋白质复合物或复杂体系组装成天然的纳米机器，基于微纳仿生的纳米生物学，也是一个富于挑战和充满机遇的领域。

干细胞及再生医学的研究及应用为人类健康开辟了新的道路。近两年来，寻找新的成体干细胞源的研究也取得了引人瞩目的进展，已经在许多未曾料到的组织中找到干细胞。至今，世界各国提取出来并经明确鉴定的胚胎干细胞系共有150个。一些国家已开始进行干细胞治疗实验。

生物芯片在医疗和科研领域发挥巨大作用。生物芯片在疾病诊断和医疗应用方面有很大进展。如，用DNA芯片找到新的糖尿病基因、显著改善急性白血病的诊断和治疗、能够预测前列腺癌风险及病情、30分钟内诊断癌症等等。生物芯片技术和基因的单倍体追踪技术等新技术的突破使得个性化治疗成为可能。



转基因技术及应用呈现出高速发展的态势。针对转基因安全问题，科学家开发了各种新的方法。如叶绿体基因工程、去除抗性标记基因技术、控制基因漂流的基因约束方法等，试图将各种不安全风险减少到最小。多基因共转技术可实现完整代谢途径、复杂蛋白大分子的基因转化，将给食品、营养、医药、保健等领域带来革命。转基因技术的发展为功能性食品的开发提供了新途径，同时利用转基因技术生产疫苗及治疗疾病成为转基因技术发展的新方向。

3. 航天技术快速发展，不断开辟人类探索的新空间

近年来，新一轮太空探索热潮兴起，主要航天大国都将航天视为提升综合国力和国际地位的战略性的新技术产业，纷纷制定和启动重大航天工程，将探测目标从近地轨道转向月球和火星。重大航天工程的实施带动了一系列航天技术的突破，对各国经济、政治、外交、军事和社会发展产生了重大而深远的影响。

太空探索带动太空探测技术加速发展。预计未来20年太空探测技术将取得一些突破性进展：经济可承受的大运载技术；长寿命可重复利用发动机技术；先进的结构材料与技术；高效电源和推进技术，包括核电源和核推进等；低温流体管理技术；微型化、模块化和低功耗的探测技术；小（微）卫星编队飞行技术；高度自主和智能机器人技术；高宽带通信技术，包括激光通信技术；闭环生命保障和外星球居住技术等。目前，推进器和航天电源这两项关键技术还没有取得重大进展，严重制约了人类航天活动的深度和广度。一旦这两项技术取得突破，将大大降低进出宇宙空间的费用和缩短在空间穿梭旅行的时间，加快人类探索空间的步伐。

研制多重用途和人货分离的新一代航天飞行器成为未来趋势。美国为实现重返月球、载人登火星和替代航天飞机2010年退役后国际空间站人货运输任务，准备研制新一代“乘员探索飞船”（CEV）及其重型运载器，并倾向于采用载人载货分离和不同任务不同模块组合的部分可重复使用方案。俄罗斯也已在“联盟”号飞船的基础上，研制可部分重复使用的“快船”（Kliper）号天地往返飞船。

小卫星技术日趋成熟并将广泛应用。小卫星主要用于深空探测、军事侦察监视、民用遥感、编队飞行、新技术与新概念的演示验证、自主交会对接检查、反卫星武器以及通信网络等，因此各种小卫星、微小卫星的发展引起了各国政府和军方的高度关注和极大兴趣。小卫星技术发展的目标是：模块化、标准化；快速组装，“即插即用”，批量生产；更高效费比和更高功能密度比；以及低成本的快速响应发射。

一系列重大航天科技产品研制成功。2004年，美国航空航天局（NASA）研制的X-43A验证机三次试飞成功，展示了超燃冲压式喷气发动机在未来高超声速飞行的应用前景；同年11月，欧洲发射的Smart-1号探测器进入月球轨道，首次实现空间激光



通信和太阳能离子发动机作为推进动力的两大技术突破。2005年美国发射的“深度撞击”号探测器成功完成对“坦普尔”1号彗星的撞击，展示了精确的全球定位技术、导航技术和控制技术。

太空攻防技术成为新的重要领域。进入21世纪以来，太空安全受到各航天大国的普遍关注。美国和俄罗斯采取了许多举措，包括组建天军天战部队，进行太空战模拟演习和制定各种太空控制规划、计划和作战条令，以及研发各种太空对抗武器等，无一不是为未来的太空攻防做准备。这表明太空军事化已经难以逆转，太空武器化的危险与日俱增，太空攻防技术将成为未来航天技术发展的重要领域。

4. 航空技术发展面临历史性机遇，应用前景广阔

进入新的世纪，航空技术再次迎来了新的发展机遇。航空运输业的快速发展和新军事变革的不断深入为航空技术提出了旺盛的需求，同时知识经济的兴起和前沿技术领域的不断突破为航空技术的发展带来了新的动力。目前，高超声速技术、主动流动控制技术、智能结构技术、高效环保发动机技术、无人机技术和倾转旋翼机技术的研究和开发已经取得了重大进展，一旦这些技术走向成熟，将会使航空技术的面貌发生重大改变。

高超声速技术取得重大突破。高超声速技术在军民用领域都具有广阔的应用前景，美国、俄罗斯、法国、德国、日本、印度、澳大利亚等国都在进行高超声速技术的研究工作。美国除航空航天局（NASA）制定有代号为“Hyper-X”的高超声速研究计划外，其空军、海军和陆军也都有其高超声速技术研究计划。预计到2015年前后可能会出现具有实战能力的高超声速导弹，到2018年高超声速飞机将有希望进入全尺寸发展阶段，并在2025年前后投入使用。

高效环保发动机技术受到广泛关注。美国和一些欧洲国家正在积极开展新一代的航空发动机技术研究，这些新的研究计划关注发动机的推重比、耗油率、经济性和环保性。美国先后实施了极高效的发动机技术（UEET）计划和宇航推进与动力计划（AP&P），研究一些新概念航空发动机，包括燃料电池技术、分布式推进技术、脉冲爆震发动机技术、液氢燃料的发动机技术。欧盟从2000年开始实施高效和环境友好的航空发动机（EEFAE）计划，这是欧洲有史以来最大的航空发动机技术研究计划，总投资1.01亿欧元。

智能结构技术开始得到应用。美国自上世纪80年代以来已经启动了多个有关智能结构的技术研究计划，其中包括：智能机翼计划、变形飞机结构（MAS）计划、无人机机翼控制计划、紧凑混合驱动器计划（CHAP）、主动控制直升机旋翼降噪计划（ACJSQRP）等。德国和日本等国家的智能结构技术研究工作也相当活跃。总体上看，



这些研究工作主要集中在结构的健康监测和自修复、自适应机翼和智能旋翼、减振降噪、智能蒙皮及变形飞机等方面，目前，有部分研究成果已经开始进行风洞试验和缩比件的试飞，有望在不久的将来实现工程化。

主动流动控制技术前景看好。近年来，材料、电子、微机电系统（MEMS）等方面的进展和人们对三维非定常流动物理现象及机理研究的不断加深，已经为宏观和微观尺度流动特性的主动控制打开了创新的大门，产生了以 MEMS 技术为基础，将空气动力学、材料、结构和控制等多个学科综合起来的先进主动流动控制技术。目前，这种先进主动流动控制技术已成为空气动力学发展的前沿技术。2004 年，洛克希德—马丁公司完成了一种采用主动流动控制技术的无人机进气道风洞试验，并计划把这种技术用于未来的无人机、攻击机和运输机设计。

无人机技术成为热点。随着信息技术和网络技术的发展，无人机将可以越来越多地取代有人飞机执行任务。美国、西欧、以色列、俄罗斯等国都把军用无人机作为优先发展项目。总体上看，长航时无人机、无人战斗机和微型无人机是无人机领域里的三种新机型。这几种无人机采用了大量先进技术，拓展了无人机的使用范围，具有良好的发展前景。

倾转旋翼机技术走向成熟。长期以来，倾转旋翼机一直是直升机界最为瞩目的飞行器，典型代表是军用型 V-22 和民用型 BA609，其中 V-22 已经进入全速生产阶段，BA609 是在 V-22 倾转旋翼机的基础上联合研制的双发 9 座民用倾转旋翼机，2005 年开始进行恢复性试验飞行。预计未来二十年将有 1000 多架的倾转旋翼机市场。

5. 新材料技术出现群体性突破，将对 21 世纪基础科学和几乎所有工业领域产生革命性影响

新材料技术目前已被世界公认为最重要、发展最快的前沿技术之一。纳米科技的进展深化了对物质微观世界的认识，从而引发了材料科技领域多个方面的突破性进展，对基础研究以及现代工业将产生不可估量的巨大影响。

纳米技术呈现新的特点。纳米技术是前沿技术中最具前瞻性和带动性的重点领域之一，目前已经发展成为尺度为 1nm—100nm 时物质特性和操纵（原子、分子操纵）技术的独立技术领域，呈现出一些新的特点：一是发展微加工手段，对原子、分子尺度进行加工，从而塑造全新的微观世界。通过纳米技术，现在人们已成功地制备出单电子晶体管、纳米发光二极管、微型探测器等原理器件。二是可能引发相关领域的产业革命。在材料方面，纳米技术可能使材料性质发生根本转化；在微电子学与器件方面，纳米技术可以制造更节能、更便宜的微处理器，使计算机效率提高百万倍，建立更高工作效率的宽带网，制造海量存贮器，集传感、数据处理、通讯为一体的智能器

件。在环境与能源方面，纳米技术可用于高精确灵敏的监测环境的传感器，有效处理核废料。在生物和农业方面，纳米技术可制造新的化学药品，对动物和植物基因改良，可利用纳米阵列测试 DNA，了解生物的基因和基因表达。

电子信息材料技术进展迅速。微电子材料在未来 10—15 年仍是最基本的信息材料，光电子材料、光子材料将成为发展最快和最有前途的电子信息材料。电子、光电子用功能单晶将以大尺寸、高均匀性、晶格高完整性为主要发展方向，而新型元器件将向低维化、多功能化、片式化、超高集成度和低能耗方向发展。纳米电子材料随着固体器件朝着小尺度、低维方向的发展，已经发展成为一种纳米量子结构，并呈现出物理内涵十分丰富的新量子现象和效应，正源源不断地被用来研制具有新功能和新原理的电子器件，其中准一维材料——纳米管、纳米线和分子、电子功能器件成为研究热点。集成电路和半导体器件用材料由单片集成向系统集成发展，通过不断缩小器件的特征尺寸，增加芯片面积以提高集成度和信息处理速度。光电子材料向纳米结构、非均质、非线性和非平衡态发展，成为发展光电信息技术的先导和基础。新型电子元器件材料主要向小型化、片式化、集成化方向发展，目前正进入以新型电子元器件为主体的新一代元器件时代，由原来只为适应整机小型化及新工艺要求为主的改进，变成以满足数字技术、微电子技术发展所提出的特性要求为主，而且是成套满足的产业化发展阶段。

新型功能材料及其应用技术面临新的突破。随着超导材料的临界温度逐步提高，超导材料正在向低成本和实用化方向发展，目前研制出的高温超导材料中，临界温度最高的可达 160K。高温超导的产业化应用也正从以军事领域为主向民用领域扩展，如超导滤波系统在第三代移动通信中的应用，并将在能源、信息、交通、仪器等领域有重大应用。智能材料代表了材料科学较为活跃的、先进的发展方向，目前具有传感与传动特性的智能材料，如形状记忆合金、磁感应材料、智能高分子材料和芯片化的材料多功能技术等得到飞速发展。新能源材料当前的研究热点和技术前沿包括高能储氢材料、聚合物电池材料、中温固体氧化物燃料电池电解质材料、多晶薄膜太阳能电池材料等。生物医用材料随着生物技术的重大突破将得到更快的发展，在诊断、治疗、修复或替换病损组织、器官或增进功能的天然或人造高技术新材料方面不断开发新的技术和产品。

新型结构材料发展前景乐观。高温结构材料作为航空航天的主导材料，高温合金、难熔金属、金属间化合物、金属基复合材料等是未来的主要科研方向。高分子材料在生物医用材料领域具有广阔发展前景，如药物控制释放体系、骨科固定、组织工程和医用手术缝合线等。钛合金材料将由军工领域逐步向民用转化，在航空航天、火力电厂、核电厂、化学工业、油气田钻探装置以及体育用品等方面大量应用。镁合金被认



为是“最有前途的轻量化材料”及“21世纪的绿色金属材料”，未来在汽车、摩托车等交通产品以及电子、家电产品中的消费量将剧增。此外，低成本、高性能、高附加值的先进钢铁材料是新一代钢铁材料发展方向，低成本、高性能的铝及铝合金材料在航空、航天和汽车三大领域的应用将日益增加。

6. 能源技术将变革未来社会的动力基础，促进人类实现可持续发展

在未来相当长一段时期内，保障能源安全、实施能源可持续发展和应对全球气候变化将是能源技术发展的主要驱动力。从世界各国能源技术发展的目标来看，主要趋势是开发利用安全、高效、清洁、经济的能源，大力推广应用节能技术，以保障人类社会的可持续发展。

煤炭的高效清洁利用成为化石能源技术研发热点。随着国际石油供应紧缺和价格攀升，以煤气化多联产技术为代表的高效清洁煤炭利用技术得到重视。目前最大型的研究项目是美国的FutureGen，美国联邦政府将在10年内投入10亿美元，建造世界上第一座以煤为燃料、既能发电又能提供氢经济所需的氢、而排放为零的电站。此外，随着天然气探明储量的迅速增长，天然气合成油技术的工业化进程加速。《京都议定书》的正式生效使各国加速CO₂封存技术的开发，目前世界上正在进行的主要CO₂封存示范项目包括加拿大的Weyburn、挪威北海的Sleipner、美国的Frio、波兰的RECOPOL和澳大利亚的Gorgon等等。

核能技术酝酿新的突破。近年来，许多国家开始重新审视原有的核能政策，长期处于停滞发展的核电出现了复苏迹象。核裂变技术方面，第三代核电安全性与经济性大为增强，并进入市场。第四代核反应堆已开始研究，目前已经筛选出了最有发展前途的6种核系统：气冷快堆（GFR）、铅冷快堆（LFR）、熔盐堆（MSR）、钠冷快堆（SFR）、超临界水冷快堆（SCWR）、超高温气冷堆（VHTR）。核聚变技术方面，2005年6月，欧盟、美国、俄罗斯、日本、韩国和中国达成协议，决定在法国建造国际热核聚变实验堆（ITER）。利用核聚变技术开发热核反应堆一旦成功，并实现商业化利用，将有可能从根本上解决人类能源使用的问题，因为核聚变使用的核燃料氘，氘在地球上可谓取之不尽、用之不竭。

氢能技术研发和商业应用加速。氢能在国际上被普遍认为是最有可能取代石油的动力能源，随着氢能的逐步商业化，人类将步入“氢经济”时代。氢能应用的主要关键技术包括氢气的制备、氢气在机动车的储存和氢燃料电池等。目前氢燃料电池汽车开始商业示范，燃料电池向电站规模发展，向燃料电池与蒸汽燃气轮机技术集成方向发展，形成联合循环发电。

新能源和可再生能源技术展现良好应用前景。光伏发电、大型并网风力发电是近

年来国际上发展速度最快的可再生能源技术。生物质能研发的热点是生物质液体燃料，利用木质纤维素制取燃料乙醇具有良好的经济性。

天然气水合物的开发受到重视。作为远景资源的天然气水合物是深埋海底和北极地区冻土带下的巨大能源矿藏，目前估计全球储量 10500 - 42000 万亿立方米，超过石油、煤和天然气的总和，如果 1% 的天然气水合物得到利用，即可能缓解全球能源危机。目前对天然气水合物的研究包括收集和运输的可行性，天然气水合物作为未来能源的潜力，潜在的地质灾害，或成为影响全球气候的可能因素等方面。

用能技术发展前景广阔。目前终端能源利用效率愈来愈受到世界各国的高度重视，节能降耗技术的发展潜力很大，其中在工业、建筑和交通等领域中的先进用能技术最具有代表性。电机系统是世界最大的耗电用户，提高电机系统的能源利用效率对于节能降耗至关重要，电机调速技术尤其是高压变频技术，可以有效地提高电机系统的运行效率，大功率高压电机变频技术的发展是节能的主要方向之一。绿色建筑通过采用新技术、新材料、新工艺，实行综合优化设计，使建筑在满足使用需要的基础上所消耗的资源、能源最少。分布式热电（冷）联供能实现热量的梯级利用，全面解决建筑物所需的电、热、冷，进一步提高燃料利用率。混合动力汽车在节能、污染减排方面具有明显的优势，具有高度的市场发展潜力。

7. 先进制造技术向绿色制造、高技术化、信息化、极端制造方向发展，成为提升产业竞争力的关键性技术

随着信息技术、纳米技术的发展和广泛利用，传统制造技术获得了新的生命力，制造技术的发展呈现出绿色制造、高技术化、信息化、极端制造的发展趋势，诞生了柔性制造、精良生产、并行工程、计算机集成、智能制造、虚拟制造、敏捷制造等模式和系统。当前，先进制造技术的进展主要体现在光机电一体化技术、微电子光刻技术和重大装备制造技术等方面。

光机电一体化制造技术发展迅速。光机电一体化制造技术的总体趋势是将光学技术、机械技术、微电子技术、信息技术、计算机技术、数字控制技术和通信技术等集成起来，实现柔性、高效、自动化制造系统，如微机电系统和机器人。目前传感器模块、执行器模块、控制模块、信号/信息处理模块、决断模块等核心单元技术的突破，是光机电一体化技术发展的关键，其中传感器技术决定了光机电一体化技术的发展，发达国家都把传感器技术列为重点开发的关键技术之一，全球从事传感器研发的机构达 6000 余家，形成了 20000 多种产品。作为先进制造的基础装备，新一代数控机床将能更好地适应极端制造和对复杂结构零件的精确加工，适用在多变的市场需求环境下完成高效柔性自动化生产。