附件2

“卡脖子”技术清单

（注：以下“卡脖子”清单来源于网络，包括但不限于相关内容，仅供参考。）

《科技日报》发布的35项卡脖子关键技术，如下：

1.光刻机

制造芯片的光刻机，其精度决定了芯片性能的上限。在“十二五”科技成就展览上，中国生产的最好的光刻机，加工精度是90纳米。这相当于2004年上市的奔腾四CPU的水准。而国外已经做到了十几纳米。

光刻机里有两个同步运动的工件台，一个载底片，一个载胶片。两者需始终同步，误差在2纳米以下。两个工作台由静到动，加速度跟导弹发射差不多。在工作时，相当于两架大飞机从起飞到降落，始终齐头并进一架飞机上伸出一把刀，在另一架飞机的米粒上刻字，不能刻坏了。

2.芯片

低速的光芯片和电芯片已实现国产，但高速的仍全部依赖进口。国外最先进芯片量产精度为10纳米，我国只有28纳米，差距两代。据报道，在计算机系统、通用电子系统、通信设备、内存设备和显示及视频系统中的多个领域中，我国国产芯片占有率为0。

3.操作系统

普通人看到中国IT业繁荣，认为技术差距不大，实则不然。3家美国公司垄断手机和个人电脑的操作系统。数据显示，2017年安卓系统市场占有率达85.9%，苹果IOS为14%。其他系统仅有0.1%。这0.1%，基本也是美国的微软的Windows和黑莓。没有谷歌铺路，智能手机不会如此普及，而中国手机厂商免费利用安卓的代价，就是随时可能被“断粮”。

4.航空发动机短舱

飞机上安放发动机的舱室，俗称“房子”，是航空推进系统最重要的核心部件之一，其成本约占全部发动机的1/4左右。短舱需要将发动机包覆，减少飞行阻力；其进气道还要具有防、除冰的能力；飞行中，要保护发动机不受干扰正常工作；在地面，需要做到方便发动机的维护和维修，一旦短舱有损，飞行中可能会引起发动机严重事故。短舱越大技术难度越高。我国在这一重要领域尚属空白。查阅所有公开资料，我国尚无自主研制短舱的专门机构，相关院校似乎也没有设置相关的学科。

5.触觉传感器

触觉传感器是工业机器人核心部件。精确、稳定的严苛要求，拦住了我国大部分企业向触觉传感器迈进的步伐，目前国内传感器企业大多从事气体、温度等类型传感器的生产。在一个有着100多家企业的行业中，几乎没有传感器制造商进行触觉传感器的生产。日本阵列式传感器能在10厘米×10厘米大小的基质中分布100个敏感元件，售价10万元，而国内产品多为一点式，一般100元一个。

6.真空蒸镀机

OLED面板制程的“心脏”。日本Canon Tokki独占高端市场，掌握着该产业的咽喉。业界对它的年产量预测通常在几台到十几台之间。有钱也买不到，说的就是它。Canon Tokki能把有机发光材料蒸镀到基板上的误差控制在5微米内(1微米相当于头发直径的1％)，没有其他公司的蒸镀机能达到这个精准度。目前我国还没有生产蒸镀机的企业，在这个领域我们没什么发言权。

7.手机射频器件

一块手机的主板上，1/3的空间是射频电路。手机发展趋势是更轻薄，功耗更小，频段更多，带宽更大，这就向射频芯片提出了挑战。射频芯片将数字信号转化成电磁波，4G手机要支持十几个频段，信息带宽几十兆。2018年，射频芯片市场150亿美元；高端市场基本被Skyworks、Qorvo和博通3家垄断，高通也占一席之地。射频器件的另一个关键元件——滤波器，国内外差距更大。手机使用的高端滤波器，几十亿美元的市场，完全归属Qorvo等国外射频器件巨头。中国是世界最大的手机生产国，但造不了高端的手机射频器件。这需要材料、工艺和设计经验的踏实积累。

8.iCLIP技术

iCLIP是一种新兴的实验技术，是研发创新药的最关键的技术之一。它的发明，让人们抛弃精密的观测仪器，也能确定RNA(核糖核酸)和蛋白质在哪个位置“交汇”，甚至可以读出位点“密码”。iCLIP技术难，犹如万千人海中找一个人，要从几十亿个碱基对找到一个或几个确定的结合点，精确度可想而知。国外研究团队已在此领域展开“技术竞赛”，研究论文以几个月为周期轮番上演。国内实验室却极少有成熟经验。

9.重型燃气轮机

燃气轮机广泛应用于舰船、火车和大型电站。我国具备轻型燃机自主化能力；但重燃仍基本依赖引进。国际上大的重燃厂家，主要是美国GE、日本三菱、德国西门子、意大利安萨尔多4家。与中国合作都附带苛刻条件：设计技术不转让，核心的热端部件制造技术也不转让，仅以许可证方式许可本土制造非核心部件。没有自主化能力，意味着我国能源安全的重要一环，仍然受制于人，存在被“卡脖子”的风险。

10.激光雷达

激光雷达是个传感器，自带光源，主动发出激光，感知周围环境，像蝙蝠通过超声波定位一样。它是自动驾驶汽车的必备组件，决定着自动驾驶行业的进化水平。但在该领域，国货几乎没有话语权。目前能上路的自动驾驶汽车中，凡涉及激光雷达者，使用的几乎都是美国Velodyne的产品，其激光雷达产品是行业标配，占八成以上市场份额。

11.适航标准

一款航空发动机要想获取一张放飞证，必须经过一套非常严格的“适航”标准体系验证，涵盖设计、制造、验证和管理。但目前在国际上，以FAA和欧洲航空安全局(EASA)的适航审定影响力最大，认可度最高。尽管在规章要求层面，中国与FAA基本一致，但由于国产航空发动机型号匮乏，缺乏实际工程实践经验，使我国适航规章缺少相应的技术支撑。实际型号的适航验证工作，成为被卡在别国空域之外的关隘。

12.高端电容电阻

电容和电阻是电子工业的黄金配角。中国是最大的基础电子元件市场，一年消耗的电阻和电容，数以万亿计。但最好的消费级电容和电阻，来自日本。电容市场一年200多亿美元，电阻也有百亿美元量级。所谓高端的电容电阻，最重要的是同一个批次应该尽量一致。日本这方面做得最好，国内企业差距大。国内企业的产品多属于中低端，在工艺、材料、质量管控上，相对薄弱。

13.核心工业软件

中国的核心工业软件领域，基本还是“无人区”。工业软件缺位，为智能制造带来了麻烦。工业系统复杂到一定程度，就需要以计算机辅助的工业软件来替代人脑计算。譬如，芯片设计生产 “必备神器”EDA工业软件，国产EDA与美国主流EDA工具相较，设计原理上并无差异，但软件性能却存在不小差距，主要表现在对先进技术和工艺支持不足，和国外先进EDA工具之间存在“代差”。国外EDA三大巨头公司Cadence、Synopsys及Mentor，占据了全球该行业每年总收入的70%。发展自主工业操作系统+自主工业软件体系，刻不容缓。

14.ITO靶材

ITO靶材不仅用于制作液晶显示器、平板显示器、等离子显示器、触摸屏、电子纸、有机发光二极管，还用于太阳能电池和抗静电镀膜、EMI 屏蔽的透明传导镀膜等，在全球拥有广泛的市场。ITO膜的厚度因功能需求而有不同，一般在30纳米至200纳米。在尺寸的问题上，国内ITO靶材企业一直鲜有突破，而后端的平板显示制造企业也要仰人鼻息。烧结大尺寸ITO靶材，需要有大型的烧结炉。国外可以做宽1200毫米、长近3000毫米的单块靶材，国内只能制造不超过800毫米宽的。产出效率方面，日式装备月产量可达30吨至50吨，我们年产量只有30吨——而进口一台设备价格要花一千万元，这对国内小企业来说无异于天价。

每年我国ITO靶材消耗量超过1千吨，一半左右靠进口，用于生产高端产品。

15.核心算法

中国已经连续5年成为世界第一大机器人应用市场，但高端机器人仍然依赖于进口。由于没有掌握核心算法，国产工业机器人稳定性、故障率、易用性等关键指标远不如工业机器人“四大家族”发那科(日本)、ABB(瑞士)、安川(日本)、库卡(德国)的产品。核心算法差距过大，导致国产机器人稳定性不佳，故障率居高不下。算法的差距不只体现在核心控制器上，更拖慢了伺服系统响应的速度。

机器人每完成一个动作，需要核心控制器、伺服驱动器和伺服电机协同作战。对于单台伺服系统，国产机器人动态与静态精度都很高，但高端机器人一般同时有6台以上伺服系统，用传统的控制方法难以取得好的控制效果。

16.航空钢材

无论起飞还是降落，起落架都是支撑飞机的唯一部件，尤其是在飞机降落阶段，其承载的载荷不仅仅来自机身重量，还有飞机垂直方向的巨大冲力。因此，起落架的材料强度必须十分优异，只能依靠特种钢材才行。目前使用范围最广的是美国的300M钢，该材料采用真空热处理技术，避免了渗氢，零件表面光亮，无氧化脱碳、增碳和晶界氧化等缺陷，提高了表面质量。而国内用于制作起落架的国产超强度钢材有时会出现点状缺陷、硫化物夹杂、粗晶、内部裂纹、热处理渗氢等问题，这些问题都与冶炼过程中纯净度不够有关系。所以我国在高纯度熔炼技术方面与美国还有较大差距，存在很大提升空间。

17.铣刀

随着我国近年来高铁的迅猛建设，钢轨养护问题也愈加让业内专家忧心。若养护不到位，不仅折损生命周期，还存在高风险隐患。我国自主创新研发的双动力电驱铣磨维护机器人装备——被称为钢轨‘急救车’的铣磨车可为钢轨“保驾护航”。但铣磨车最核心部件铣刀仍需从国外进口。铣刀的材料是一种超硬合金材料。对其中金属成分我们已然了解，但就是不知人家是怎么配比、合成的，如同琢磨某种中药的祖传秘方、各种药材比例是多少，都不甚明了。

18.高端轴承钢

作为机械设备中不可或缺的核心零部件，轴承支撑机械旋转体，降低其摩擦系数，并保证其回转精度。无论飞机、汽车、高铁，还是高精密机床、仪器仪表，都需要轴承。这就对其精度、性能、寿命和可靠性提出了高要求。而我国的制轴工艺已经接近世界顶尖水平，但材质——也就是高端轴承用钢几乎全部依赖进口。

高端轴承用钢的研发、制造与销售基本上被世界轴承巨头美国铁姆肯、瑞典 SKF所垄断。前几年，他们分别在山东烟台、济南建立基地，采购中国的低端材质，运用他们的核心技术做成高端轴承，以十倍的价格卖给中国市场。炼钢过程中加入稀土，就能使原本优质的钢变得更加“坚强”。但怎么加，这是世界轴承巨头们的核心秘密。

19.高压柱塞泵

液压系统是装备制造业的关键部件之一，一切工程领域，凡是有机械设备的场合，都离不开液压系统。

高压柱塞泵是高端液压装备的核心元件，被称作液压系统的“心脏”。

中国液压工业的规模在2017年已经成为世界第二，但产业大而不强，尤其是额定压力35MPa以上高压柱塞泵，90%以上依赖进口。国内生产的液压柱塞泵与外国品牌相比，在技术先进性、工作可靠性、使用寿命、变量机构控制功能和动静态性能指标上都有较大差距，基本相当于国外上世纪90年代初水平。

20.航空设计软件

自上世纪80年代后，世界航空业就迈入数字化设计的新阶段，现在已经达到离开软件就无法设计的高度依赖程度。设计一架飞机至少需要十几种专业软件，全是欧美国家产品。国内设计单位不仅要投入巨资购买软件，而且头戴钢圈，一旦被念“紧箍咒”，整个航空产业将陷入瘫痪。据媒体报道，设计歼-10飞机时，主起落架主承力结构的整个金属部件是委托国外制造。但造完之后，起落架的收放出现问题，有5毫米的误差，只好重新订货制造。仅仅是这一点点的误差，影响了歼-10首飞推迟了八九个月。没有全数字化的软件支撑，任何一点细微的误差，都可能成为制造业的梦魇。

21.光刻胶

我国虽然已成为世界半导体生产大国，但面板产业整体产业链仍较为落后。目前，LCD用光刻胶几乎全部依赖进口，核心技术至今被TOK、JSR、住友化学、信越化学等日本企业所垄断。就拿在国际上具有一定竞争实力的京东方来说，目前已建立17个面板显示生产基地，其中有16个已经投产。但京东方用于高端面板的光刻胶，仍然由国外企业提供。光刻胶主要成分有高分子树脂、色浆、单体、感光引发剂、溶剂以及添加剂，开发所涉及的技术难题众多，需从低聚物结构设计和筛选、合成工艺的确定和优化、活性单体的筛选和控制、色浆细度控制和稳定、产品配方设计和优化、产品生产工艺优化和稳定、最终使用条件匹配和宽容度调整等方面进行调整。因此，要自主研发生产，技术难度非常之高。

22.高压共轨系统

电控柴油高压共轨系统相当于柴油发动机的“心脏”和“大脑”，其品质的好坏，严重影响发动机的使用。柴油机产业是推动一个国家经济增长、社会运行的重要装备基础。中国是全球柴油发动机的主要市场和生产国家，而在国内的电控柴油机高压共轨系统市场，德国、美国和日本等企业占据了绝大份额。和国外先进公司的产品相比，国产高压共轨系统在性能、功能、质量及一致性上还存在一定的差距，成本上的优势也不明显。

23.透射式电镜

冷冻电镜可以拍摄微观结构高清3d“彩照”，是生命科学研究的利器，透射式电镜的生产能力是冷冻电镜制造能力的基础之一。目前世界上生产透射电镜的厂商只有3家，分别是日本电子、日立、FEI，国内没有一家企业生产透射式电镜。匹配冷冻电镜使用的工具都需要原装，零件坏了找不到人修理，只能等待零件邮寄到货后进行更换。对于中国的冷冻电镜使用者们来说，这样的体验可能还要持续不短的时间。

24.掘进机主轴承

主轴承，有全断面隧道掘进机的“心脏”之称，承担着掘进机运转过程的主要载荷，是刀盘驱动系统的关键部件，工作所处状况十分恶劣。与直径仅有几百毫米的传统滚动轴承相比，掘进机主轴承直径一般为几米，是结构最复杂的一种轴承，制造需要上百道工序。就掘进机整机制造能力而言，国产掘进机已接近世界最先进水平，但最关键的主轴承全部依赖进口。德国的罗特艾德、IMO、FAG和瑞典的SKF占据市场。

25.微球

微球，直径是头发粗细的三十分之一。手机屏幕里，每平方毫米要用一百个微球，撑起了两块玻璃面板，相当于骨架，在两块玻璃面板的缝隙里，再灌进液晶。少了它，你正盯着的液晶屏幕将无法生产。没有微球，芯片生产、食品安全检测、疾病诊断、生物制药、环境监测……许多行业都会陷入窘境。仅微电子领域，中国每年就要进口价值几百亿元人民币的微球。2017年中国大陆的液晶面板出货量达到全球的33%，产业规模约千亿美元，位居全球第一。但这面板中的关键材料——间隔物微球，以及导电金球，全世界只有日本一两家公司可以提供。这些材料也像芯片一样，给人卡住了脖子。

26.水下连接器

除了船舶、遥感卫星，海底观测网已成为第三种海洋观测平台——通过它，人类可以深入到水下观测和认识海洋。如果将各类缆系观测平台比作胳膊、腿，水下连接器就好比关节，对海底观测网系统的建设、运行和维护有着不可替代的作用。目前我国水下连接器市场基本被外国垄断。一旦该连接器成为禁运品，整个海底观测网的建设和运行将被迫中断。

27.燃料电池关键材料

国外的燃料电池车已实现量产，但我国车用燃料电池还处在技术验证阶段。我国车用燃料电池的现状是——几乎无部件生产商，无车用电堆生产公司，只有极少量商业运行燃料电池车。多项关键材料，决定着燃料电池的寿命和性能。这些材料我国并非完全没有，有些实验室成果甚至已达到国际水平。但是，没有批量生产线，燃料电池产业链依然梗阻。关键材料长期依赖国外，一旦遭遇禁售，我国的燃料电池产业便没有了基础支撑。

28.高端焊接电源

我国是海洋大国，拥有300多万平方公里海域，正在大力发展高端海洋资源开发和海洋维权装备。海里的设备一旦出现开裂等故障，需要用有工业制造“缝纫机”之称的焊接装备修补。深海焊接的实现靠水下机器人。虽然我国是全球最大焊接电源制造基地，年产能已超1000万台套，但高端焊接电源基本上仍被国外垄断。我国水下机器人焊接技术一直难以提升，原因是高端焊接电源技术受制于人。国外焊接电源全数字化控制技术已相对成熟，国内的仍以模拟控制技术为主。

29.锂电池隔膜

作为新能源车的“心脏”，国产锂离子电池 (以下简称锂电池)目前“跳”得还不够稳。电池四大核心材料中，正负极材料、电解液都已实现了国产化，唯独隔膜仍是短板。高端隔膜技术具有相当高的门槛，不仅要投入巨额的资金，还需要有强大的研发和生产团队、纯熟的工艺技术和高水平的生产线。高端隔膜目前依然大量依赖进口。

30.医学影像设备元器件

目前国产医学影像设备的大部分元器件依赖进口，至少要花10年、20年才能达到别人的现有水平。在传统医学成像(CT、磁共振等)上，中国最早的专利比美国平均晚20年。在专利数量上，美国是我国的10倍。这意味着整个产业已经完全掌握在国外企业的手里了，所有的知识产权，所有的原创成果，所有的科研积累都在国外，中国只占很少的一部分。

31.超精密抛光工艺

超精密抛光工艺在现代制造业中有多重要，其应用的领域能够直接说明问题：集成电路制造、医疗器械、汽车配件、数码配件、精密模具、航空航天。“它是技术灵魂”。美日牢牢把握了全球市场的主动权，其材料构成和制作工艺一直是个谜。换言之，购买和使用他们的产品，并不代表可以仿制甚至复制他们的产品。

32.环氧树脂

碳纤维质量能比金属铝轻，但强度却高于钢铁，还具有耐高温、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变等特性，其中一个关键的复合辅材就是环氧树脂。但目前国内生产的高端碳纤维，所使用的环氧树脂全部都是进口的。目前，我国已能生产T800等较高端的碳纤维，但日本东丽掌握这一技术的时间是上世纪90年代。相比于碳纤维，我国高端环氧树脂产业落后于国际的情况更为严重。

33.高强度不锈钢

用于火箭发动机的钢材需具备多种特性，其中高强度是必须满足的重要指标。然而，不锈钢的强度和防锈性能，却是鱼和熊掌般难以兼得的矛盾体。火箭发动机材料如果如果严重生锈，将带来很大影响。完全依靠材料自身实现高强度和防锈性能兼备，这是世界性难题。现在，我国航天材料大多用的是国外上世纪六七十年代用的材料，发达国家在生产过程中会严格控制杂质含量，如果纯度不达标，便重新回炉，但国内厂家往往缺乏这种严谨的态度。

34.数据库管理系统

目前全世界最流行的两种数据库管理系统是Oracle和MySQL，都是甲骨文公司旗下的产品。竞争者还有IBM公司以及微软公司的产品等。甲骨文、IBM、微软和Teradata几家美国公司，占了大部分市场份额。数据库管理系统国货也有市场份额，但只是个零头，其稳定性、性能都无法让市场信服，银行、电信、电力等要求极端稳妥的企业，不会考虑国货。

35.扫描电镜

扫描电子显微镜，一种高端的电子光学仪器，它被广泛地应用于材料、生物、医学、冶金、化学和半导体等各个研究领域和工业部门，被称为“微观相机”目前我国科研与工业部门所用的扫描电镜严重依赖进口，每年我国花费超过1亿美元采购的几百台扫描电镜中，主要产自美、日、德和捷克等国。国产扫描电镜只占约5%—10%。

36.其他参考

**中国目前还未掌握的核心技术有哪些？**

http://mt.sohu.com/20170906/n509779170.shtml

**中科院：将把“卡脖子”清单作为科研任务进行部署**？

http://www.chinanews.com/gn/2020/09-16/9292478.shtml

**中国农科院将建立“使命清单” 2020年攻克一批“卡脖子”技术**

http://d.youth.cn/newtech/202001/t20200108\_12164301.htm