

刘亚东◎主编

WHAT
TAKES

是什么 **OUR**
卡住了
我们的脖子

FATE BY
THE
THROAT

刘亚东◎主编

是什么 卡住了 我们的脖子



图书在版编目（CIP）数据

是什么卡住了我们的脖子 / 刘亚东主编. —北京：中国工人出版社，2018.12
ISBN 978-7-5008-6662-6

I. ①是… II. ①刘… III. ①科学研究工作—文集 IV. ①G31-53

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第297020号

是什么卡住了我们的脖子

出 版 人 王娇萍
责 任 编 辑 安 静
责 任 印 制 栾征宇
出 版 发 行 中国工人出版社
地 址 北京市东城区鼓楼外大街45号 邮编：100120
网 址 <http://www.wp-china.com>
电 话 （010）62005043（总编室）
（010）62005039（印制管理中心）
（010）62382916（职工教育分社）
发 行 热 线 （010）62005049 （010）62005042（传真）
经 销 各地书店
印 刷 北京美图印务有限公司
开 本 710毫米×1000毫米 1/16
印 张 12.25
字 数 200千字
版 次 2019年6月第1版 2019年6月第1次印刷
定 价 42.00元

本书如有破损、缺页、装订错误，请与本社印制管理中心联系更换
版权所有 侵权必究

引子

是什么卡住了我们的脖子

科技日报总编辑 刘亚东

改革开放 40 年来，中国的科学技术取得了长足进步，这些举世瞩目的成绩当然值得肯定，但是我们更应该看到差距和不足。我们今天取得的一些喜大普奔的科技成就，比如大飞机，人家半个多世纪前就有了。我们今天正在苦苦攻关的一些重大项目，比如载人登月，美国 1969 年就大功告成，到 2019 年整整 50 年。这些都是看得见、摸得着的差距。

中国的科学技术与美国及其他西方发达国家相比有很大差距，这本来是常识，不是问题。可是，国内偏偏有那么一些人，一会儿说“新四大发明”，一会儿又说“全面赶超”“主体超越”“中国现在的经济实力、科技实力、综合国力都分别超越美国，成为世界第一”，还算得有整有零，说得有鼻子有眼儿。明明是在别人的地基上盖房子，非说自己有完全、永久产权。如果只是鼓舞士气也就罢了，可麻烦的是，发出这些论调的人往往能忽悠了领导，忽悠了公众，甚至忽悠了自己，这就成了问题。

我在日本访问交流时，前文部省次官冲村宪树夸赞中国的经济实

力、科技实力，说是很快就可以和美国平起平坐，甚至超越美国。我告诉他，中国要建成现代化强国，还有很漫长的道路要走。冲村不同意我这个说法，到最后我也没能说服他。

冲村的观点在日本很有代表性。无论是左翼还是右翼，都是这样看待中国的。在我看来，我们的某些舆论无疑对此起了推波助澜的作用。那些夸大其词的说法，无论出于什么动机，都有百害而无一利，其结果是误国害民。只有认识到差距，才有可能弥补差距，否则我们的“中国梦”将永远是“中国梦”。就像《礼记·中庸》所说，闻过而终礼，知耻而后勇。

中兴事件让更多的国人正视了中美科技实力的差距，认识到我们还有很多亟待攻克的核心技术，还有很多“卡脖子”的难题让我们在发展的道路上不能扬眉吐气。那么，为什么有那么多的核心技术亟待攻克？是否有一些共性原因？

第一，缺乏科学引领。

科学和技术是两个完全不同的概念，但它们之间有联系。正是由于缺乏科学的指引，才阻碍了我们的技术发展和进步。中国自古以来只有技术传统，而没有科学传统。技术发明靠的是经验的积累，或许还有灵机一动，而科学发现则是建立在系统研究和专业训练的基础上。有人说我们有四大发明。其实，四大发明都属于技术，而且都不是在科学理论指导下的技术创新和突破，跟科学没有一点关系。

比如指南针，我们的先人只知道它很有用，迷不了路，找得着家。没有去研究磁场、磁力线，也不懂得导体切割磁力线时会产生电流，更推导不出麦克斯韦方程。比如火药，我们的先人只满足于它能爆炸的事实，只知道一硝二磺三木炭的配比，而没有深入探讨它的化学和物理机

理，所以才止步于黑色火药，没能研发出黄色炸药。有人说，我们的祖先发明了火药，所以才有了后来工业和军事上用的炸药。这种说法是错误的，黄色炸药和黑色火药根本就是风马牛不相及。

只知其然不知其所以然，不求甚解，不究原理，囫囵吞枣……这些倾向今天也在严重影响我们的技术发展和进步。

我们总是说，改革开放40年来，中国科技取得了巨大的成就。准确地说，那是技术成就，而真正的科学成就并没有我们想象的那么大，甚至乏善可陈。科学是技术的源泉。而在科学中，基础科学又是应用科学的源泉。一般而言，科学发现比技术创新难得多，而技术创新又比开发应用难得多。目前中国大多数的技术还处于开发应用和跟踪模仿阶段。核心技术被卡了脖子，这只是一个表象，问题的实质是我们的基础科学大幅落后于美国等西方发达国家。“头痛医头，脚痛医脚”的办法解决不了我们的根本问题。离开科学的指引，技术的发展注定不会走得久远。

第二，缺乏工匠精神。

2017年，中央电视台播了一档节目《大国工匠》，我几乎每集都看了。拍得很好，下了功夫。问题是相对于我们13亿人口，这些大国工匠实在太少了，太稀缺了。

工匠精神意味着不仅仅把所从事的劳动当作赚钱的手段，而是以对职业敬畏、对工作执着、对产品负责的态度，极度注重细节，不断追求完美，从而给客户无可挑剔的体验。

与这种工匠精神相对的，则是“差不多”和“大概其”的态度。胡适创作过一篇传记题材的寓言，叫《差不多先生传》，原载于民国八年（1919年）出版的《新生活》杂志第二期。该文讽刺了当时中国社会那

些处事不认真的人，针砭了那种敷衍苟且、得过且过的工作和生活态度。鲁迅也曾说过：“中国四万万民众害着一种毛病。病源就是那个马马虎虎，就是那随它怎么都行的不认真态度。”

古往今来，老百姓的日常生活一刻也离开工匠。各类手工匠人用他们精湛的技艺为传统生活增添了无数色彩。人类社会进入后工业化时代，一些与现代生活不相适应的老手艺逐渐淡出，但工匠精神永不过时。

然而，中国的传统文化里是瞧不起匠人的。从我们对很多职业的称谓上就能看出这一点，什么剃头匠、泥瓦匠、小炉匠、教书匠……这些就是轻视操作、轻视实践的现实映射。孟子就说过，劳心者治人，劳力者治于人。

当今社会很多人都追求“短、平、快”（即投资少、周期短、见效快）带来的即时利益，从而忽略了产品的品质灵魂。我国制造业存在的大而不强、产品档次和质量整体不高、自主创新能力较弱等问题，在相当程度上是由工匠精神缺失造成的。

几十年来，特别是改期开放初期，我们从日本引进了大量资金、技术和管理。这些无疑都促进了中国的现代化建设。但我认为，中国最需从日本引进的是其群体性的工匠精神。

我在德国访问时，参观了中德轨道交通联合研发中心的创新工厂，看到很多人穿着工装在一丝不苟、非常专注地工作。我本来以为他们都是工人，后来一打听才知道他们都是工程师！我想，正是凭借这种务实严谨、精益求精的精神，德国人才生产出了莱卡相机、奔驰汽车、克虏伯大炮等，创造了“德国制造”的品牌价值。

第三，缺乏持之以恒的情怀。

浮躁和浮夸是中国科技界流行的瘟疫，而且至少已经持续了20年。

从“汉芯一号”公然造假，到红芯浏览器偷天换日；从107篇论文被《肿瘤生物学》杂志撤稿，到韩春雨的实验无法重复的所谓“重大科技成果”，我们很多科技工作者耐不住寂寞，坐不了冷板凳，总想走捷径，弯道超车。

我不喜欢“弯道超车”这个词儿。总结别人的经验，汲取别人的教训，少走弯路，这是对的，也是应该做的。但在更多情形下，“弯道超车”是个伪命题，往往成了投机取巧的代名词。你弯道超车走直线，就意味着别人走曲线，别人都比你傻，这可能吗？很多实践已经证明，弯道超车行不通。

人类科学技术突飞猛进两百年后，今天任何国家在关键领域实现所谓的弯道超车，几乎是不可能的事。

科技日报推出的专栏“亟待攻克的核心技术”的首篇报道《这些“细节”让中国难望顶级光刻机项背》一文提到，2002年，上海微电子装备集团股份有限公司总经理赴德国考察，有德国工程师直截了当告诉他：“给你们全套图纸，也做不出来。”开始他不服气，后来明白了——那里的抛光工人，祖孙三代干着同样一件事，“同样一个镜片，不同工人去磨，光洁度相差十倍”。

比如研发航空发动机，要通过大量实验数据的积累，不断总结、完善、调整、提高，最终才能生产出一款好的产品。要弯道超车的话，我们可以搞到一台别人的不那么先进的航空发动机，照葫芦画瓢，山寨出“八九不离十”的产品。可今后要改进提高，增强性能，你还能做得吗？

华为总裁任正非说过：“世界都是循序渐进的，我不相信大跃进可以成功。我们公司从来不搞大跃进。”华为的业务为什么做得好？我认为

和任正非的这些理念有直接关系。

2018年4月，科技日报推出专栏“亟待攻克的核心技术”，聚焦那些“卡住了我们的脖子”的核心技术状况，就是要用理性的态度和冷静的声音去引导社会舆论，让公众更加清醒地认识到我们的众多技术短板，并实事求是地对中国科技发展抱有合理预期。这也是科学精神的一种体现。

科学精神是人们在长期的科学实践活动中形成的共同信念、价值标准和行为规范的总称，任何一个先进文明社会的公众意识都离不开科学精神的滋养。对今天的中国来说，弘扬科学精神依然任重道远。我们应当充分认识弘扬科学精神在中国的必要性、艰巨性、复杂性和长期性。唯有这样，我们才能真正弄清楚是什么卡住了我们的脖子，早日在那些亟待攻克的核心技术上取得突破，从而变得更加自信而强大。

引子 是什么卡住了我们的脖子	001
这些“细节”让中国难望顶级光刻机项背	001
中兴的“芯”病，中国的心病	005
没有自研操作系统的大国之痛	011
国产航空发动机的短舱之困	016
被愚钝的机器人“国产触觉”	021
高端显示屏上的阴影	026
仰给于人的手机尴尬	031
国产创新药“靶点”难寻	036
重型燃气轮机的叶片之殇	041
激光雷达昏聩，自动驾驶纠结	047
国产航发缺一张放飞证	052
我们为什么做不好高端电容电阻	058

智能制造的中国“无人区”	063
平板显示制造仰人鼻息	068
国产工业机器人有点“笨”	074
国产大飞机起落失据	079
国产铣刀难担高铁钢轨养护重任	084
高铁敏感元器件国货难觅	088
鲶在中国装备制造业咽喉的一根刺	094
国产飞机设计的“紧箍咒”	099
中国半导体产业因光刻胶失色	104
高压共轨不中用，国产柴油机很受伤	109
为什么离不开舶来的透射式电镜	115
自家的掘进机却不得不用别人家的主轴承	120
微球，民族工业不能承受之轻	126
海底观测网傍人篱壁	131

燃料电池商业化难成文章	136
机器人水下作业有心无力	141
国产锂电池尚需拨云见日	146
拙钝的探测器模糊了医学影像	152
超精密抛光工艺路阻且长	157
国产碳纤维缺股劲儿	162
去不掉的火箭发动机“锈疾”	167
数据库管理系统苦寻“正确打开方式”	172
扫描电镜“弱视”，工业制造难察秋毫	177

这些“细节”让中国难望顶级光刻机项背

高博

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，从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。

指甲盖大小的芯片，密布千万电线，纹丝不乱，需要极端精准的照相机——光刻机。光刻机精度，决定了芯片的上限。高精度光刻机产自ASML、尼康和佳能三家，顶级光刻机由ASML垄断。

“十二五”科技成就展览上，上海微电子装备公司（SMEE）生产的中国最好的光刻机，与中国的大飞机、登月车并列。它的加工精度是90纳米，相当于2004年上市的奔腾四CPU的水准。国外已经做到了十几纳米。

祖传的磨镜手艺

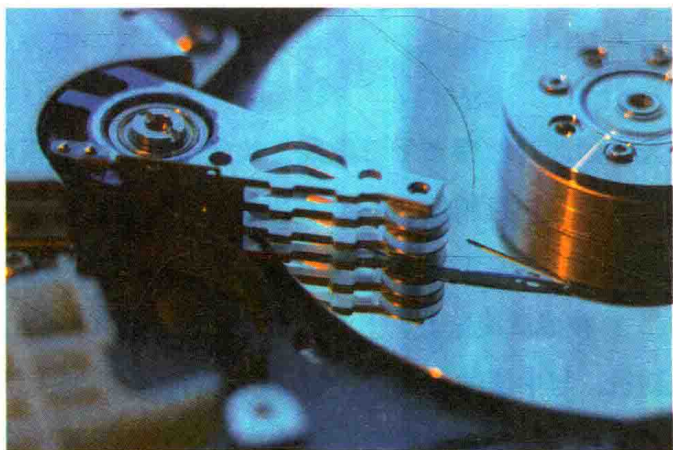
光刻机跟照相机差不多，它的底片是涂满光敏胶的硅片。电路图案经光刻机，缩微投射到底片，蚀刻掉一部分胶，露出硅面做化学处理。制造芯片，要重复几十遍这个过程。

位于光刻机中心的镜头，由 20 多块锅底大的镜片串联组成。镜片需要高纯度透光材料 + 高质量抛光。SMEE 光刻机使用的镜片，一块就需要数万美元。

ASML 的镜片是蔡司技术打底。镜片材质做到均匀，需几十年到上百年的技术积淀。

“同样一个镜片，不同工人去磨，光洁度相差十倍。” SMEE 总经理贺荣明说，他在德国看到，抛光镜片的工人，祖孙三代在同一家公司的同一个职位工作。

另外，光刻机需要体积小，但功率高而稳定的光源。ASML 的顶尖光刻机，使用波长短的极紫外光，光学系统极其复杂。



3 万个机械件都要可靠

有顶级的镜头和光源，没极致的机械精度，也是白搭。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。

贺荣明说：“相当于两架大飞机从起飞到降落，始终齐头并进。从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。”

而且，温湿度和空气压力变化会影响对焦。“机器内部温度的变化要控制在 5‰度，得有合适的冷却方法，精准的测温传感器。”贺荣明说。

SMEE 最好的光刻机，包含 13 个分系统，3 万个机械件，200 多个传感器，每一个都要稳定。像欧洲冠军杯决赛，任何一个人发挥失常就要输球。

图纸不是关键

2002 年 SMEE 成立，是中国政府为了填补光刻机空白而立项。贺荣明去德国考察时，有工程师告诉他：“给你们全套图纸，也做不出来。”贺荣明几年后理解了这句话。

并不是说图纸不重要，如何将系统的误差分配到子系统，设计有高下之分。但顶级光刻机也需要细节上的技术洁癖。“一根光纤，一行软件编码，一个小动作，如果不兢兢业业做好，整个系统就不优秀。”贺荣明说。

“发展光刻机，需要高素质的人群。所以我们做来做去，做得最多的是培养人，改变人。”贺荣明说，这需要他们用五十年、一百年的长远眼光去做事情，而不是期望几个月解决问题。

如今 SMEE 每年增加数百项专利，活得很好，以中低端市场支持高端研发。而国际巨头仍在前进，发展浸没式光刻机（光在水中波长更短）、磁悬浮驱动（减少工作面震动）、反射镜代替透镜技术、真空腔体的极紫外光学系统……



光刻机是制造大规模集成电路的机器。光照在掩膜上，投影一个几何图案到基板上，与基板上的光敏化学制剂反应，之后经过一系列化学处理，将曝光的图案雕刻到材料中，空白的硅片往往要经历 50 次的光刻循环才成为芯片。

光刻技术的发展维系着摩尔定律，驱动芯片的“分辨率”从 1990 年的 0.5 微米缩小到如今的不到 10 纳米。光刻机的制造和维护需要高度的光学和电子工业基础，世界上只有几家竞争者。光刻机价格昂贵，通常在 3 千万~5 亿美元。

为了将芯片的最小特征尺寸降到 50 纳米以下，ASML 开发了浸没式光刻技术，它用超纯的去离子水折射光线，水不断循环以消除热致扭曲。如果采用更高折射率的流体，芯片就能做得更密集。

最先进的光源则采用极紫外光（EUV），它不再是激光，而是准分子激光激发的锡或氙等离子体的射光。它是生产 10 纳米级芯片的前提。

EUV 光源系统包括多层反射镜，要放置在氢气环境中，好让 EUV 集电极反射镜不沉积锡。所有物质都会吸收 EUV 辐射，因此 EUV 光刻需要真空环境。所有光学元件，包括光掩模，必须使用无缺陷的钼/硅，共 40 层，通过层间干涉反射光，每一个反射镜都会吸收三成的入射光。系统包含至少两个聚光器多层反射镜、六个投影多层反射镜和多层掩模，会吸收 96% 的 EUV 光，因此理想的 EUV 光源需要非常亮。

只有 ASML 一家公司掌握浸没式光刻和极紫外光源技术，从而独占尖峰。

中兴的“芯”病，中国的心病

张盖伦 付丽丽

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。缺“芯”缺在哪儿？为何缺“芯”？怎样补“芯”？这是摆在我们面前亟须解决的问题。

2018年4月，一记重拳向中兴通讯砸下。美国商务部表示，由于中兴通讯违反了曾与美国政府达成的和解协议，7年内禁止美国企业向中兴通讯出口任何技术、产品。

中兴通讯的主营业务有基站、光通信及手机，而芯片在这三大领域均存在一定程度的自给率不足。

若真的禁运，中兴危矣。

有专家称，美国制裁中兴，是警钟，也是集结号。“我们需要反思，但也不能让步。集结号已经吹响，国产芯片何时能上战场？”