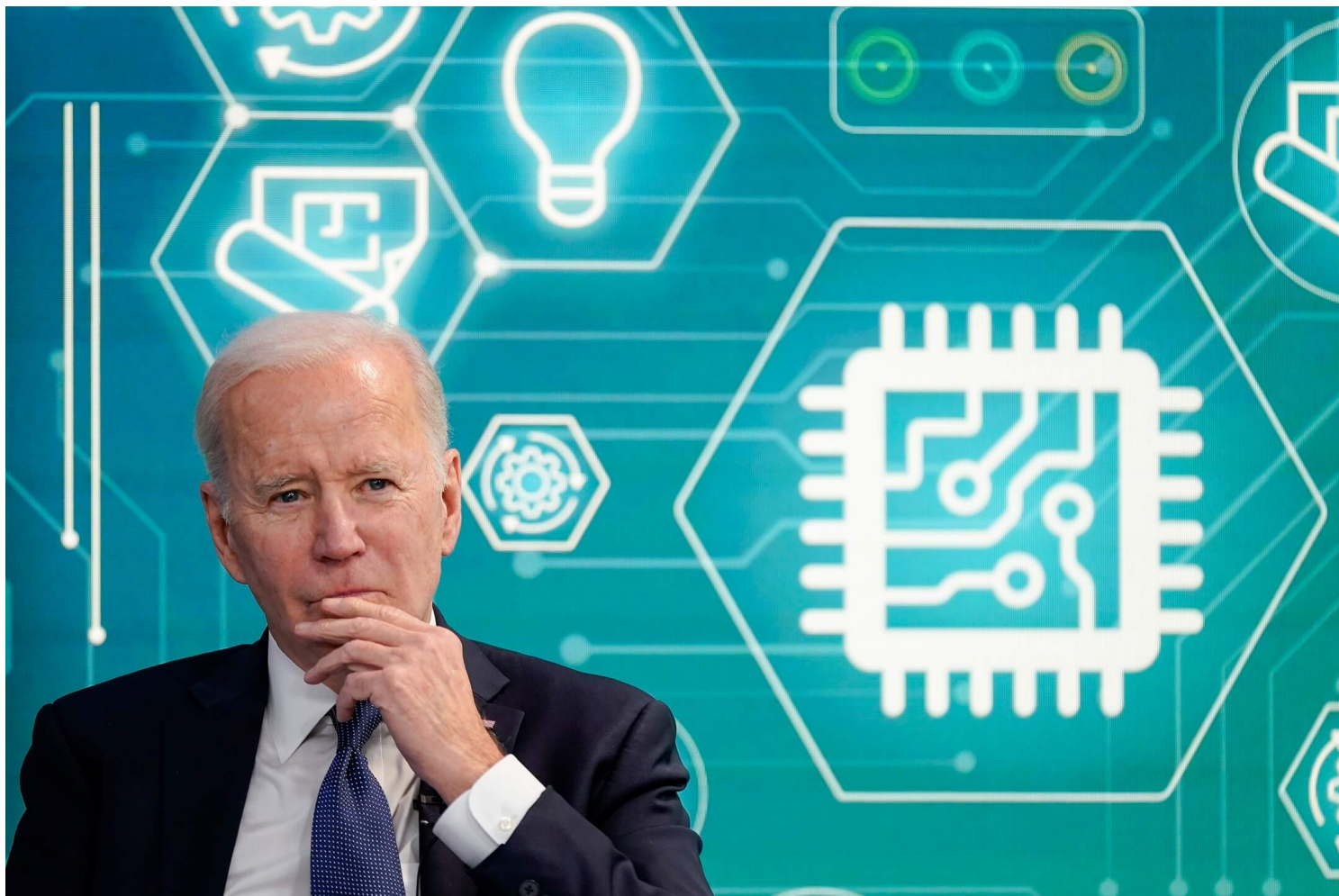


评论 国际 深度

美国对华芯片管制全解析：制裁范围前所未见，中国半导体行业被“冷冻”的危机

在战略层面，新规释放出来的最重要信号，是美国已经在为某种中美高强度、正面对抗的局面做准备——很有可能是新的台海危机。



2022年3月9日，美国总统拜登出席活动支持通过法案促进本地晶片制造业。摄：Patrick Semansky/AP/达志影像



杨路 ✓

| 2022-11-01

2022年10月7日，美国商务部发布了一系列出口管制新规及针对中国的制裁（以下简称“十月七日新规”）。这份139页的复杂法规文件公布时间，恰好是中国大陆国庆长假的最后一天，市场和企业大部分处于休假状态，各党政机关又忙于准备即将到来的中共二十大，因此在起初的几天里，市场、业界、政府，以及各类分析机构，大部分处于手忙脚乱的状态——投资人给投过的所有企业挨个打电话，律所连续加班，政府“紧急调研”，同行之间互相打探。免不了的，各种误传误报、错误解读、耸人听闻，还有小道消息夹杂其中。

如今半个多月过去，我们终于有时间在事实基础上解读这一重大变化，而结论基本上可以概括为四个字：“非常严重”。十月七日新规是美国出口管制在冷战之后的最大幅度调整，打破了一系列延续了几十年的规则和假设，其目标之明确、制裁范围之广、打击程度之深，都是前所未见的。更重要的是，如果我们将此轮制裁放在中美关系的大趋势下看，会发现两个国家发生正面冲突的可能性正在快速上升。

里程碑的“卡脖子”事件

十月七日新规的核心假设和逻辑可以这样归纳：中美已经进入零和竞争，此涨便是彼消。与此同时，中国军力取得长足进步的领域，如高超音速武器和核力量研发，都高度依赖超级计算机的支持。而超级计算机，又高度依赖高算力芯片和先进制程制造技术。在这两个关键节点上美国可以通过出口管制工具，完全卡住中国的脖子。因此，美国的战略逻辑是，如果要维持甚至扩大当前美国对中国的军事力量优势，严历管控超级计算机和先进制程制造，是一个最为“四两拨千斤”的政策选择。

上述因果逻辑归纳起来貌似简单，但从其政策细节来看，这一套推理和研判经历了相当长的跨部门协调，是一项巨大的政策作业。从半导体到超算，再到军事应用，这是一个很长的链条。这上面有很多的潜在“卡点”，美国有压倒性控制力的地方也不少，但还需要考虑到对于美资企业、美国盟友企业的业务冲击（冲击太大会产生政治阻力），以及政策推行和执法的成本问题，以及如何平衡各个部门和利益团体的诉求。因此，虽然今年下半年以来关于“美国在憋出口管制大招”的传闻不绝于耳，我相信这套组合拳很有可能在拜登政府上台之初，就已经开始作为一项“长远政策”来考虑，并不是什么临时的急就章或者政治上的心血来潮。

美国的出口管制作为一项正式法律制度，可以追溯到《1940年出口管制法》，当时的直接目的就是为了遏制日本帝国的战争野心。此后在二战和冷战中发展出许多新的工具和方法，但其“国家安全-外交利益”的核心导向从来没有发生过变化，十月七日新规亦是如此。

然而在今天的世界，民用物项和商业目的是出口活动的绝对主流，作为一项安全导向的机制，是否兼顾、

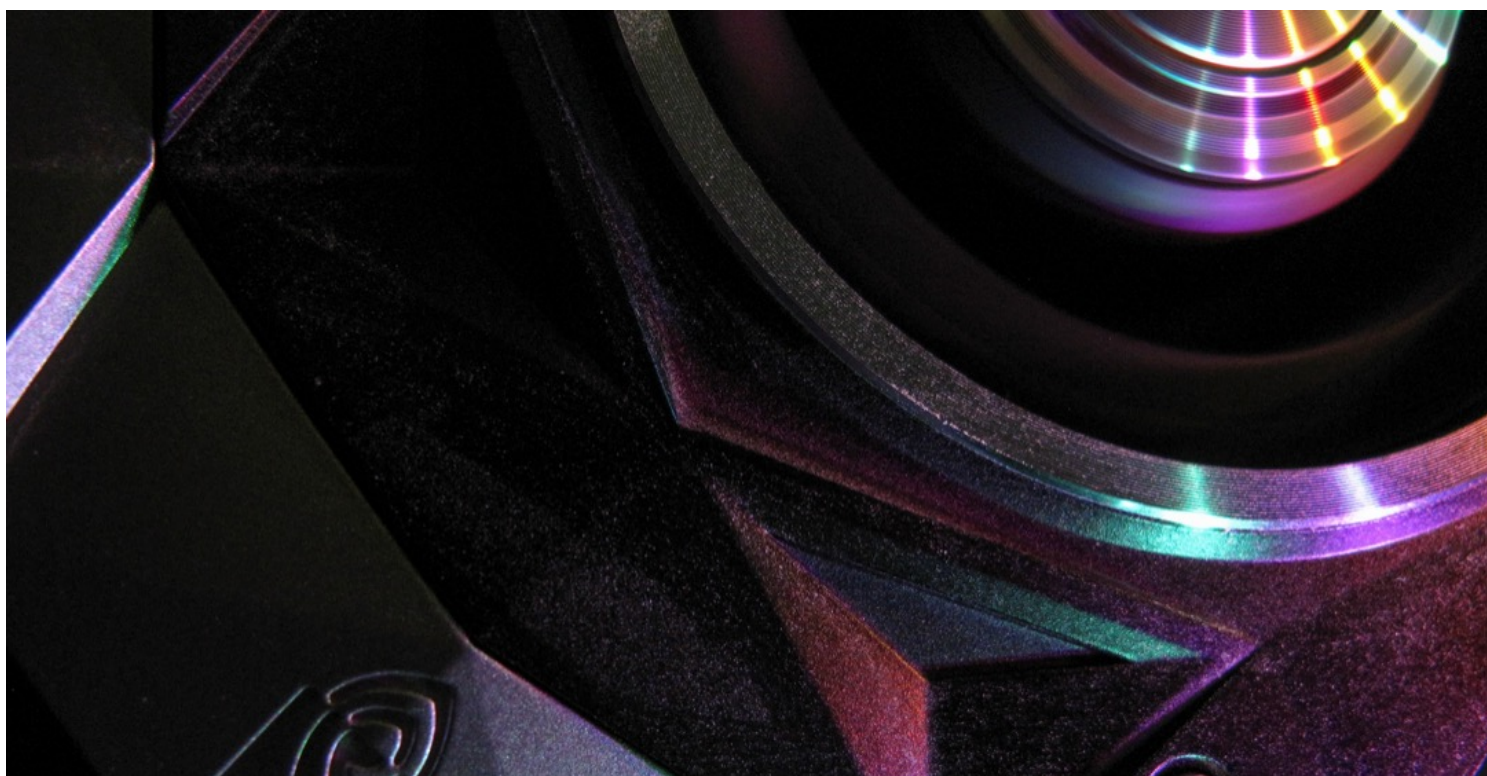
如何兼顾商业利益，是区分不同战略思维、不同战略环境之下出口管制法规的重要区分点。而十月七日新规之所以具有里程碑意义，在于其更愿意牺牲美国的商业和贸易利益，以换取更大的安全优势。因此将其称之为“安全第一”应该不算过分。

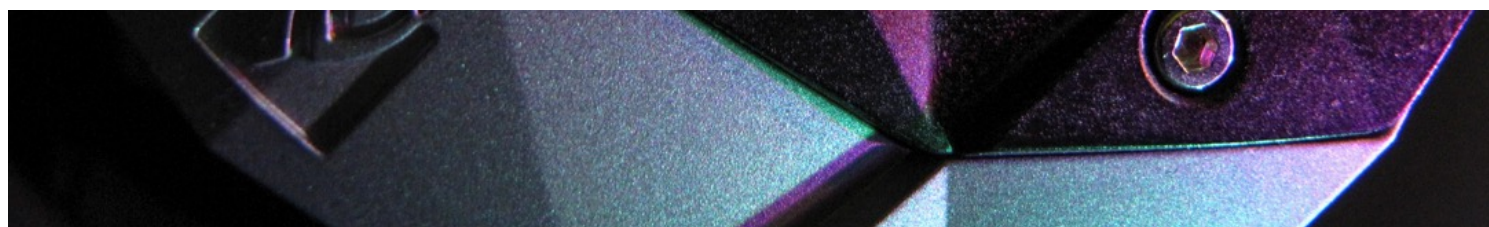
十月七日新规与美国过去几十年出口管制的最大不同，并不在于其限制中国军力发展这一目标，而在于其限制中国军力发展的方式。中国难以获得西方的军事产品和技术，这不是新闻。美欧自90年代之后就开始实施严格的对中国军事禁运。另外有四大国际条约，《瓦森那协定》、《核供应国集团》、《澳大利亚集团》、《导弹及其技术控制机制》，限制着国际间“生化核导”的流动。因此军火武器并不是今天大部分人在谈论“出口管制”时的真正焦点。在明显军事目的出口活动之外，还有大量的“军民两用”物项，如飞机引擎，声纳技术、信息加密软件，这些物项既可以用于民用也可以用于军用，而对于这些物项的判定准则，决定了实际操作中美国出口管制的广度和深度。

从“外科手术”到“地毯式轰炸”

在广度上，十月七日新规则采取的不是以往的“外科手术”定点打击方式，而是“地毯式轰炸”——把目之所及的所有节点全部覆盖，追求的效果是让中国“设计不出、制造不了、买不到、运行不了”超级计算机。

十月七日新规将安全红线向以往被视为“纯商业活动”的领域大幅挪动，比如将英伟达（Nvidia）的最新GPU芯片A100和H100所对应的性能参数直接拿来作为出口管制的门槛，并且将“美国人”为中国晶圆厂先进制程生产提供的支持视为管制行为。这样做会大量波及纯粹民用目的的贸易活动和商业利益，其中是大量货真价实的美国经济利益，美国政府显然清楚这一点，但是不为所动——这一点是颇令人震撼的。





英伟达 (Nvidia) 生产的显示卡。摄：Mike Blake/Reuters/达志影像

十月七日新规还十分少见地用上了“外国直接产品规则” (Foreign Direct Product Rule, FDPR) 这一出口管制武器库中的“终极武器”。所谓FDPR，可以简单理解为一种加强版的出口管制。没有加入FDPR的出口管制，交易方往往可以通过降低一个物项中的“美国成分”来达到规避管制的目的。一个常见的“最低成分含量” (de Minimis) 门槛是25%，也就是说一个物项中如果美国原产的成分需要达到25%才会受到出口管制的覆盖——一些复杂产品可以通过不同的组装和计算形式来达到合法规避的目的。但在FDPR之下，只要一个物项在其生产过程中用到了特定的美国技术、设备，或者软件，那不管这个物项本身的美国成分是否达到25%，甚至完全在美国之外的地方生产或者制造，那这个物项的转移根据美国法律就会需要申请出口管制许可。十月七日新规中三个FDPR，两个是围绕技术主题的（“先进计算”和“超级计算机”），还有一个是针对28家中国企业和科研院所的。

虽然美国的敌人很多，但在美国出口管制半个多世纪的历史上，能“享受”FDPR的待遇的，此前也只有华为和入侵了乌克兰之后的俄罗斯。因为源自美国的软件（如所有设计公司都一定会用到的EDA软件）和专利（ASML虽然是荷兰公司但其光刻机中包含美国专利）遍布全球半导体生态圈的每一个角落，所以只要进入FDPR管辖，就不是被切断“美国科技”的问题，而是半导体行业里，所有高阶技术、设备和产品，无论表面上来自欧洲日本韩国还是台湾，基本都要断绝。

美国在非战争状态下，对中国几乎一整个行业祭出如此之重的“杀手”，令人惊叹。

中国人与美国人的脱钩

在深度上，美国商务部近乎创造性地增加了一条对于“美国人”的限制，使得新规的打击面除了产业链之外，还穿透了社会 and 人员维度。新规限制“美国人”——包括美国公民、绿卡持有者、在美国注册的公司法人、在美国境内的外国人、以及美国公司派驻海外的雇员——为中国境内晶圆厂的先进制程生产活动提供支持，即便所生产出来的芯片或者涉及的技术本身不受控。在出口管制语境下，这几乎是将中国晶圆厂等同於一个生产大规模杀伤性武器的军工厂，因为类似的限制，以往只有在涉及大规模杀伤性武器时才会用到。

而正是因为涉及到“人”，并且是很多人，十月七日新规才会有如此震撼的效力。禁令几乎是立即生效的，多家外资半导体设备厂连夜发紧急通知要求其在中国的员工立刻停止对客户的支持，在客户驻厂提供长期

支持的人员也要立即撤出，即便是已经付了钱的订单也没有办法交付设备。

接下来，我们还会见到更广泛的人员影响。因为无法继续提供服务，销售和研发活动恐怕也会失去存在的必要，一部分美资公司的中国雇员可能会被中国晶圆厂“就地吸纳”，但更多地恐怕要有失业的危险，数千乃至上万就业岗位会被波及。

对于其中不少的行业高管，甚至是公司老板本人来说，“放弃美籍还是放弃工作”变成了一个无比残酷的选择。美国作为半导体技术的发源地，长期向全世界输出人才。而中国大陆的早期半导体创业者们，有两类典型经历：一种是八十年代初期中国出生，在美国留学接受教育和专业训练，然后在美国半导体公司或者科研机构中积累5-10年行业经验，2018年前后回到中国，加入“万众造芯”的大潮；另一种则是台湾籍，更早之前就在美国受教育，然后跟随台湾半导体一起上升，收获行业声誉，在事业中晚期受邀前往大陆“提携后辈”。这两类人在中国半导体企业中不是企业主就是高管，几乎是行业中流砥柱，其中的“美国人”比例，保守估计在一半左右。英国《金融时报》此前援引“台湾情报部门”的说法，估计在大陆的台商美籍高管约有200人；而《华尔街日报》则通过上市公司资料，统计出中国16家半导体上市公司中有至少43名高管是美国国籍。

从贸易到金融，再到科技，中美两国最终还是来到了“人的脱钩”这一步。在经历了“中国行动计划”（China Initiative）之后，一大批华裔科学家和科技创业者们，又一次面临艰难抉择。

两个样本：长江存储和璧仞科技

“轻则停滞，重则死亡”——这句话基本上可以概括此次美国制裁对中国半导体行业的冲击。

冲击最直接，短期影响最大的是行业中游的晶圆厂。十月七日新规通过卡设备，卡人，外加FDPR的方式，理论上完全封住了中资晶圆厂最近几年内进军先进制程（逻辑芯片16/14纳米以下，闪存芯片128层以上，DRAM芯片18纳米半间距以下）的可能性。对于那些仍然处于先进制程开发阶段的晶圆厂来说，十月七日新规无异于釜底抽薪，许多规划的产线很有可能会出现订单作废，供应商无法继续合作的情况，因而需要从头开始规划，甚至是从最基础的设备开始进行纯国产化开发。即使有中国政府的大量资金支持，这种“重新发明轮子”式的工作也会是漫长而且艰巨的。在国外许多生产设备经历了十年以上的开发和迭代周期才走到今天的局面，因此即便北京倾举国之力来支持晶圆厂开发，也意味着至少数年的时间。如果按照当前的行业发展规律，那意味中国晶圆厂和世界顶尖水平的差距，会继续拉开。

存储芯片制造商长江存储（YMTC）是此轮制裁受冲击最大的中国晶圆厂之一。长江存储是中国国产存储芯片的龙头企业，此前技术先进的128层闪存产品已经开始出货，其研发还得到了苹果的支持，产品快要打入苹果供应链。此次不但产品技术指标被“美国人”相关限制卡到，企业还上了“未经验证清单”

(Unverified List, UVL)。技术指标被卡到意味着其没有办法继续获得美资供应商的支持，其企业内的美籍和美国绿卡员工也不能够继续留任。而上了UVL则意味着，除非长江存储能够在60天内向美国政府提供足够的证据证明自己没有参与中国的“军民融合”（民用技术转军用）计划，否则就会被加入“实体清单”，届时将肯定失去苹果这一重要客户。



存储芯片制造商长江存储。网上图片

对于长江存储来说，这一天的到来可能也不算太意外。早在一年之前就有媒体报道，长江存储内有数百人的专门团队，日以继夜在供应链上逐项排查美国相关风险，并寻找替代方案。而在美国，认为长江存储是“漏网之鱼”的声音在国会和媒体上也是此起彼伏。因此此次“靴子落地”对于长江存储来说，并不是完全措手不及。但问题是，1-2年的提前准备时间，在这种行业颠覆级别的事件面前，究竟又能起多大作用？无论如何，后续长江存储的表现，将是观察中国晶圆厂整体应对美国制裁能力的重要窗口。

而芯片设计公司壁仞科技则是一个观察上游设计公司情况的好样本。壁仞可能是中国这几年风头最劲的芯片企业之一。背后有高瓴、IDG等多家知名投资机构的支持，壁仞团队成员大量来自英伟达和AMD，从诞生起就是一家明星企业，成立18个月内就获得融资47亿元人民币，当前估值约170亿人民币。今年8月，壁仞发布其首款通用GPU产品，作为第一款产品，设计算力就超过英伟达的数据中心旗舰产品A100，引发市场不小的轰动。

然而接踵而来的美国制裁立即让这家明星企业陷入非常尴尬且危险的境地。十月七日新规新设了一个“高性能计算芯片”的门槛，该门槛参照了美国对A100的相关管制手段还加入了EDDD，也就是说，任何设

能以昇心力的门槛，以门槛参数几乎完全照搬了A100。相关管制手段还加入了EDBR。也就是说，任何设计性能超过这一门槛的芯片，只要在设计过程中使用到了美国技术（最常见的就是EDA软件），那就会受到美国出口管制——壁仞的新产品就在其中。作为一家中资公司，一旦落入出口管制，壁仞基本上是不可能申请到出口许可的。而如果无法获得出口管制许可，壁仞就没有办法把自己使用了7纳米制程的设计交给台积电（TSMC）流片制造。

只有一个选择：撤回自己的性能参数，宣布自己其实在吹牛，自己的产品其实没那么厉害。

有点滑稽，也有点悲哀，壁仞在十月七日之后确实尝试修改了官网上的技术参数，试图从纸面上将产品性能降到出口管制门槛之下，但这样的动作实在太惹人注意，已经有多家英文媒体报道了此事。美国商务部工业安全局内也有大量的技术专家，恐怕不至于这样容易被“说服”。事实上，纸面上改参数很难成功，因为芯片产品的发布往往伴随着大量技术细节的公开，算力到底如何是可以推算甚至可以测试的，并不是厂商自己说不行就不行。

对于英伟达或者AMD这样的国际巨头来说，一款产品被限制销往中国意味着一部分（目前看来似乎在5-10%之间）的营收损失，当然很不爽，但是不至于要命。但对于壁仞这样的中国本土初创公司来说，唯一一款产品不能流片生产，可能是致命的。

壁仞作为中国本土造芯领军企业尚且如此，其他企业的处境可见一斑。最可行的应对很有可能是，所有的中资芯片企业未来都不会开发超过美国出口管制门槛的产品，在这个算力标准之下进行“内卷”。中国本土芯片的算力，将会在很长一段时期内，被限制在英伟达2022年产品的“天花板”之下。

美国供应链重塑

十月七日新规的另一特别之处，在于其对于美资企业也有相当大的经济打击。

作为十月七日新规的预告，美国政府在8月就对英伟达进行了窗口指导，要求其停止向中国销售其A100和未来的H100芯片，英伟达当时的公开评估是，这一限制将导致其今年第三季度有4亿美元的销售受到影响，这一比例约为英伟达全球营收的5-10%。

荷兰光刻机制造商ASML的评估，40%中国销售将受到影响，相当于5-10%的全球营收。

另据Rhodium Group的评估，此次断供禁令将导致四家主要美国半导体设备厂商（Applied Materials, LAM Research, KLA, Teradyne）全年损失14亿-52亿美元营收，对应全球营收的比例在2-9%之间。

如果说10%的全年营收尚在“可以忍受”范围的话，在中国有晶圆厂的三家企业：台积电，三星，SK（或许

是巧合，这三家都不是美资），面临的问题要大得多。目前这三家晶圆厂都得到了美国政府为期一年的豁免待遇，目前仍然可以维持设备供应商的正常供货和服务。但一年显然只是一个暂时性安排，一年之后呢？按照当前的轨迹发展下去，这三家晶圆厂最后很有可能要以转卖给中资作为收场。

在这个角度来说，拜登政府在最近半年的一套立法和行政组合拳，完成了川普喊了四年却没有做到的“让美资离开中国”。在此之前，阻挡中美脱钩的一大力量是美国企业。美国半导体企业花费了大量的时间和金钱游说美国政府不要和中国脱钩，因为中国市场是美国半导体企业的重要收入来源，而营收是研发的基础，如果没有了中国市场，美国企业势必也无法维持其研发支出，因此有可能丧失科技领先地位，进而削弱美国国力。



2022年8月9日，美国总统拜登在白宫草坪签署《2022年芯片和科技法案》。摄：Chip Somodevilla/Getty Images

这个说法大部分时候成立——但如果美国政府提供补贴，以弥补美国企业撤离中国的损失呢？最近几个月《[芯片法案](#)》与《[通胀削减法案](#)》相继推出的大规模产业补贴“胡萝卜”，悄然改变了美国商界的态度。美国十月七日这一记制裁大棒，虽然也打到了自己人和盟友身上，但反对声要小的多。再考虑到中国经济的迅速下行和市场悲观情绪的快速上升，中国市场对于美资企业的吸引力正在迅速消失。中美经济互相依存关系中最重要的一块压舱石——美国商界缓和力量，俨然已经松动了。

中美全面危机全面升级的信号

在战略层面，十月七日新规释放出来的最重要信号，是美国已经在为某种中美高强度、正面对抗的局面做准备——很有可能是新的台海危机。

传统的美国出口管制逻辑，是将中国可用于军工的科技水平，维持在落后于美国几代的水平，以保持动态的、相对的力量优势。这一观念正在被新的“苏利文主义”取代。白宫国家安全顾问苏利文（Jake Sullivan），在9月的一个指标性演讲中提出，之所以要在包括半导体、生物，以及清洁能源在内的“基础性技术”上对中国加以全面限制，是因为在今时今日的战略环境下，美国的战略目标不能够再局限于维持“相对”的、“几代”的竞争优势，而需要寻求“尽可能大的领先”（as large of a lead as possible）。

这是一个强烈的信号。这不仅解释了为什么十月七日新规范围如此之大，程度如此之深，手段如此之重，更预示了美国已经在为台海危机升级，或者某种类似的“准战争”场景做准备了。只有这种程度的未来预判，才需要在今天就使用破坏力如此巨大的经济制裁工具，趁早且尽可能地削弱中国的战争力量。从这个角度来看，美国最近从军队到外交系统，释放出种种“北京攻台日程表加速”的言论，体现了美国对于中美未来的内部共识已经形成，而这种共识似乎与二十大后中国所释放出来的“安全第一，准备斗争”信号相互映证。

1939年，美国正式通知日本不再续签《日美通商航海条约》，紧接着开始对日禁运飞机部件及航空燃油；1940年，禁运扩大到石油和钢铁；1941年，日本偷袭珍珠港，太平洋战争爆发。历史的韵脚令人毛骨悚然。