

存储双雄：三星与海力士的产业帝国

从DRAM到HBM，拆解韩国存储巨头的布局、领先密码与供应链体系

杰女侠

费曼式写法 · 由多个 AI 代理撰写与互相审校

导读

从DRAM到HBM，拆解韩国存储巨头的布局、领先密码与供应链体系

先说一个有点反直觉的事实。

当下全世界最炙手可热的公司叫英伟达，市值数万亿美元，黄仁勋走到哪都被簇拥着。但2023年AI军备竞赛刚打响时，让英伟达最紧张的环节不是芯片设计、不是台积电的产能，而是几家韩国公司的仓库——里面堆着一种叫HBM的存储芯片。没有它，价值几万美元的GPU就是一块昂贵的砖头。黄仁勋本人为此专程飞去韩国，不是视察，是「催货」。

这一幕很说明问题：在这个人人谈论算力的时代，**算力的命门有一半握在「记忆力」手里**。而全世界的记忆力，绝大部分攥在韩国的两家公司手里——三星，和SK海力士。

这本书就是要回答一个问题：**为什么是它们？**

半导体技术发源于美国，存储产业的第一代霸主是日本。韩国起步时一没技术、二没设备、三没材料，四十年里这个行业的玩家从二十多家被洗到只剩三家。洗到最后的牌桌上，两个座位是韩国的。这不是运气，背后是一整套可以被拆解的逻辑——一门生意的结构、一种赌命的打法、一张精心落子的产能地图、一条环环相扣的供应链，以及AI时代一次精彩的王位翻转。

读这本书不需要任何半导体背景。所有术语都会当场翻译成成人话：内存是案板、闪存是冷库、逆周期投资是冬天圈地、HBM是把案板垂直叠起来。你只需要带一样工科生最熟悉的东西：对「它到底怎么运作」的好奇心。

十二章，一条递进的路线：先弄清这门生意为什么天生残酷（第二、三章），再看两家公司的来路和全球布局（第四、五章），然后钻进工厂和供应链（第六、七章），接着正面拆解AI时代的新牌局HBM（第八、九章），最后直面周期、追兵和裂缝（第十到十二章）。

读完后，「内存涨价」「英伟达新卡」「日韩贸易战」这些新闻在你眼里会连成一台运转中的机器。我们从你的口袋开始——第一章见。

第一章 · 你口袋里的韩国

先做个小实验。把你手边最近的三件电子设备想一遍：手机、笔记本，也许还有一台平板。现在把它们（在想象中）拆开，找两种芯片：一种负责「正在运行的程序临时待在哪里」，一种负责「照片和文件长期存在哪里」。这两样，大概率来自同一个国家的两家公司——三星，或者 SK 海力士。

这不是夸张。2025 年第四季度，全球 DRAM（动态随机存取存储器，就是设备运行时临时放数据的那种「工作台内存」）市场里，三星和 SK 海力士两家合计占了将近七成；NAND 闪存（断电也不会丢数据的那种「仓库」，SSD 和手机存储都是它）两家合计近五成。也就是说，地球上每两条新生产的内存里，至少有一条是韩国造。

但真正让这两家公司从「重要供应商」变成「时代主角」的，是 AI。

一块显卡里的韩国含量

拿英伟达最贵的 AI 加速卡来说。一张卡卖几万美元，最贵的部分不是那颗著名的 GPU 计算核心本身，而是紧挨着它的一圈存储芯片——HBM（高带宽内存，把好几层内存芯片像楼层一样垂直叠起来，让数据以极高的速度进出 GPU）。没有它，再强的 GPU 也只能饿着肚子等数据，就像给一辆跑车配了条乡间小路。

而这个部件，韩国人的份额更加夸张：2025 年，SK 海力士一家拿走了 HBM 市场超过一半的份额，三星和美光分食剩余。到 2026 年英伟达下一代平台 Vera Rubin 的 HBM4 订单分配里，SK 海力士一家拿走六到七成。换句话说，**当前这场席卷全球的 AI 算力军备竞赛，它的弹药库钥匙有一大半挂在韩国人的腰上。**

大白话

大白话：CPU 和 GPU 是「大脑」，负责思考；存储芯片是「记忆」，负责记住。没有记忆的大脑什么都做不了。而全世界的「记忆」，一半以上是韩国两家公司造的。

这很不正常

停下来想想，这件事其实挺奇怪的。

韩国，面积跟浙江省差不多，人口五千多万，既不是半导体这项技术的发源地（那是美国），也不是这门生意的第一个霸主（那是日本——上世纪八十年代，日本厂商一度占全球 DRAM 市场八成）。芯片制造需要的顶级设备来自荷兰和美国，关键材料大量来自日本，最大的客户在美国和中国。韩国手里一开始几乎没有牌。

然而四十年过去，牌桌上坐得最稳的是它。存储这门生意以残酷著称：价格可以在一年内跌掉一半，一条产线造价超过两百亿美元，投错了代际就血本无归。美国曾经有十几家存储厂商，日本曾经有六巨头，欧洲有英飞凌、奇梦达——他们全都被洗出去了。洗到最后，桌上剩下三个玩家，两个是韩国的。

这就是这本书要回答的问题：**为什么是韩国？这两家公司到底是怎么布局的，领先在哪，命门又在哪？**

一张全景地图

这本书会带你走一条递进的路线，每章解决上一章留下的疑问：

- **生意的本质**（第二章）：存储芯片为什么天然长成寡头生意，它和大米、石油有什么相似之处。
- **两家公司的来路**（第三、四章）：三星是怎么赌赢的，海力士又是怎么两次从破产边缘爬回来的。
- **产能的地理**（第五章）：平泽、利川、西安、无锡、得州……这些工厂为什么摆在这些位置。
- **制造与供应链**（第六、七章）：芯片怎么造，上游设备和材料卡在谁手里，2019 年日本一纸出口管制为什么让整个韩国紧张。
- **AI 时代的新牌局**（第八章）：HBM 是怎么让老二海力士翻身、让老大三星栽跟头的。
- **生态、周期与裂缝**（第九到十二章）：客户与对手的共生关系、暴涨暴跌的周期生意经、中国追赶者和地缘政治正在撕开的裂缝。

读完它，下次你看到「内存涨价」「英伟达发布新卡」「日本制裁韩国」这类新闻时，看到的将不再是孤立的热搜，而是一台精密产业机器上某根齿轮的转动。

我们从最根本的问题开始：存储这个东西，为什么偏偏会长成一门「只有巨头才玩得起的生意」？

第二章 · 记忆为什么是一门生意

要理解三星和海力士为什么能赢，得先理解他们玩的这场游戏本身有多变态。存储芯片这门生意，把两个很少同时出现的特质拧在了一起：它既是**高科技**，又是**大宗商品**。这两个词单独看都好懂，合在一起就是一台绞肉机。

先讲清楚：两种「记忆」

计算机需要的记忆分两种，对应两种不同的芯片。

第一种是 DRAM（动态随机存取存储器）。它是设备的「工作台」：你打开的每个 App、正在渲染的每一帧画面，数据都摊在这张台子上，CPU 伸手就能拿到。它的特点是快，但健忘——DRAM 里每一个比特都存在一个微型电容里，电容会漏电，所以芯片必须不停地给所有单元「补电」刷新，每隔几十毫秒就要把整个阵列重刷一遍，一刻不停；一断电，几十毫秒内就全忘光。这就是为什么叫「动态」。

第二种是 NAND 闪存。它是设备的「仓库」：照片、视频、操作系统，关机十年还在。它把电子关进一种叫「浮栅」的绝缘小房间，电子进去就出不来，所以不用供电也能记住。代价是慢，而且有擦写寿命。你的 SSD、手机里的「256GB 存储」、U 盘，全是 NAND。

大白话

大白话：DRAM 是厨师手边的案板，NAND 是后厨的冷库。案板快但收摊就清空，冷库慢但东西放得住。一家餐厅两个都得有，一台电脑也一样。

关键性质：你家的大米和我家的大米没有区别

现在来看这门生意的第一个致命特质：**标准化**。

一颗 CPU，英特尔的和 AMD 的架构不同、性能各异，可以卖出溢价。但一根 DDR5 内存条，三星造的、海力士造的、美光造的，遵循同一个工业标准（JEDEC 制定），插在同一个插槽里，干一模一样的活。买家——不管是戴尔还是苹果——选谁家的，主要看两件事：价格，和供货稳不稳。

这就是教科书定义的大宗商品，跟大米、铜、石油一个性质。大宗商品生意的残酷之处在于：**你没办法靠「不一样」赚钱，只能靠「更便宜」活命**。而更便宜只有一个来源——规模。产得越多，分摊到每个芯片上的成本越低；成本越低，价格战里活得越久。

第二个特质：入场券贵到离谱

一座先进的存储晶圆厂，造价在两百亿美元量级，而且每过几年制程换代，旧厂不升级就等死。两百亿美元是什么概念？大约相当于把两艘最新的福特级航母砸进地里，而且这艘「航母」五年就过时。

更狠的是，这笔钱你不能慢慢赚回来再投下一代。存储技术两三年换一代，你这一代的钱还没回本，下一代的扩产已经开始了。这是一场**永远在高速上换轮胎**的比赛。

绞肉机启动：周期

把「无差异的商品」和「天文数字的固定成本」放在一起，就得到了存储业最著名的现象：**硅周期**——价格不是缓慢波动，而是暴涨暴跌。

逻辑链条是这样的：需求好的时候，所有厂商一起扩产；但一座厂从动工到量产要两三年，等产能集中开出来时，需求往往已经放缓——供给过剩，价格崩盘。从 2021 年的高点到 2023 年的谷底，DRAM 价格累计跌去一半以上，三星、海力士、美光三大厂在 2023 年合计亏掉两百多亿美元。价格跌破成本线之后，最弱的玩家开始失血、缩减资本开支、甚至出局；产能出清之后需求回暖，价格又报复性反弹。2025 到 2026 年，AI 需求引爆了一轮超级周期，服务器内存合约价一个季度就能涨近六成——这个故事我们会在第十章细讲。

大白话

大白话：这门生意像种西瓜。瓜价高时全村一起种，两年后西瓜一起上市，烂在地里；亏得最狠的人退出，第二年瓜少价高，幸存者赚翻。区别在于：西瓜地只要几百块，存储的「地」要两百亿美元，而且亏的时候每天都在烧钱。

为什么最后只剩巨头

现在把所有零件拼起来，看这台绞肉机是怎么洗牌的：

- 产品无差异 → 没有定价权 → 成本决定生死；
- 成本靠规模 → 必须不停地巨额扩产；
- 价格暴涨暴跌 → 每次下行周期，都是现金流最厚、最敢亏的公司活下来；
- 每洗掉一批玩家，幸存者的份额更大、成本更低，下一轮更难被撼动。

几轮循环下来，结局是数学上注定的：DRAM 从上世纪九十年代的二十多家厂商，洗到今天只剩三家——三星、SK 海力士、美光，合计超过九成。NAND 玩家稍多，前五家合计也占了接近九成。

这就是韩国双雄崛起时面对的游戏规则：一场比拼**谁敢在亏损最深的时候继续砸钱**的胆小鬼博弈。巧的是，这正是三星最擅长的打法。下一章我们就去看，1983 年的三星是怎么揣着这个理解走进赌场的。

第三章 · 三星的赌局

1983 年 2 月，东京，大仓饭店。三星创始人李秉喆召集记者，发表了一份后来被称为「东京宣言」的声明：三星要进军半导体，做最尖端的那种——超大规模集成电路。

当时的业界反应基本是嗤笑。三星是做什么的？卖砂糖、卖纺织品、造电视机。而他要攻打的 DRAM 市场，正被日本巨头 NEC、东芝、日立按在地上统治。更现实的问题是：三星连技术都没有。64K DRAM 的设计，最后是向美国的小公司美光买授权、派工程师去美国和日本「偷师」才拼凑出来的。1983 年底，三星做出了韩国第一颗 64K DRAM——比世界领先水平晚了大约四年。

晚四年，在一个两三年换一代的行业里，等于还没起跑就输了一圈。三星凭什么翻盘？答案是它看懂并押注了上一章讲的那条绞肉机规律，然后发明了一种后来被整个产业记住的打法：**逆周期投资**。

越亏越投的疯子

1984 年，三星刚量产 64K DRAM，就撞上了半导体史上最惨烈的崩盘之一：美日厂商杀价清库存，64K DRAM 的价格从每颗 4 美元一路跌到 3 毛钱。三星每生产一颗都在亏钱，到 1986 年，半导体业务累计亏了几亿美元——在那个年代，这笔钱足以拖垮一家公司。

正常人的反应是收缩、止损。三星的反应是：**趁着设备和人才都便宜，继续扩产，并且直接跳代研发下一代 256K、1M DRAM**。逻辑冷酷但清晰：价格总会回来，而当价格回来时，手里有最大最新产能的人通吃。亏损期不是灾难，是进货的机会——用白菜价买设备、挖走投无路的日本工程师、把产线铺满。

大白话

大白话：别人冬天砍树省钱，三星冬天圈地。等春天来了，只有它家有柴烧。这个打法的赌注是「冬天一定会过去」，赌本是你得活着见到春天——而三星赌得起，因为它背后有整个财阀的现金流输血。

1992：登顶

赌局在 1992 年兑付。这一年，三星率先量产 64M DRAM，并首次超过东芝和 NEC，登上全球 DRAM 第一。这个位置，此后三十多年它几乎没有让出来过。

回头看这十年的胜负手，其实不是技术，是**体质差异**。日本厂商在《美日半导体协议》和日元升值的双重挤压下利润被削薄，而日本企业内部，DRAM 部门要向公司证明「每个季度的盈利能力」才能拿到预算；三星的财阀结构恰好相反——李秉喆和后来的李健熙可以一句话调动集团资源，让半导体部门连亏十年去烧出一个未来。1980 年代末到 1990 年代，日本六巨头（NEC、东芝、日立、富士通、三菱电机、松下）在亏损面前一步步退缩、合并、退出：1999 年 NEC 和日立的 DRAM 部门合并成尔必达（Elpida，日本存储业最后的国家队），三菱随后并入；尔必达挣扎到 2012 年破产，被美光收编。日本 DRAM 就此清零。

绞肉机的最后几轮

同样的剧本又演了两遍。1996 到 1998 年亚洲金融危机，存储价格雪崩，三星一边亏损一边扩产，把台湾和美国的二线厂商洗出局；2008 到 2009 年金融危机，三星再次逆势把资本开支提到对手不敢跟的水平——这一轮，德国的奇梦达（Qimonda，英飞凌分拆出来的存储公司）2009 年初破产，成为欧洲 DRAM 的绝唱，台湾厂商（力晶、茂德等）从此退出一线竞争。

每一轮周期的废墟上，三星的份额都更大一点。到 2010 年代，DRAM 牌桌上只剩三家：三星、SK 海力士、美光。

别急着鼓掌

不过，在把三星封神之前，值得先记下两点，后面会用到：

第一，这套打法的前提是**穿越周期的资金**。三星电子背后是三星集团，集团背后是一个把半导体当作国策来扶持的韩国——优惠贷款、税收优惠、人才政策，一样不少。这不是纯粹的商业奇迹，是举国体制与财阀资本合谋的产物。

第二，逆周期投资能赢，是因为三星赌的方向从来没出过大错——每一代 DRAM 的技术路线都是确定的，要赌的只是「敢不敢投」。但万一有一天，胜负手变成「赌哪条技术路线」

呢？那时体质差异带来的就不一定是优势了。记住这个伏笔，第八章 HBM 的故事会回来收它。

三星登顶的故事讲完了。但牌桌上那家韩国老二的故事，其实比老大精彩——它先后死过两回。下一章讲海力士。

第四章·海力士：九死一生的老二

如果说三星的故事是「赌王传奇」，海力士的故事就是「ICU 病人的马拉松」。这家公司前后死过两回，一回是被自己人活埋，一回是被债权人挂在货架上甩卖却没人接盘。它今天能坐在 HBM 的王座上，是韩国产业史上最离谱的复活剧本。

出生：又一个财阀的半导体梦

海力士的前身是 1983 年成立的现代电子——对，造车造船的那个现代集团。它和三星同年入场，剧本前半段也差不多：买技术、挖工程师、在周期里翻滚。整个九十年代，它都是韩国第二、世界前列的 DRAM 厂商，活得不算滋润但也体面。

真正改变它命运的，是 1997 年亚洲金融危机之后韩国政府主导的一场产业大手术，史称 Big Deal（大交易）：政府强令重复建设的财阀们互换、合并业务——你把汽车给我，我把半导体给你。半导体的牌面上，政府判了现代电子赢：1999 年，现代电子吞下 LG 半导体，一跃成为全球 DRAM 第二。

看起来是加冕，实际上是活埋。这场合并是行政命令，不是商业决策：现代电子为收购背上了天文数字的债务，而两块业务的工厂、产线、企业文化根本捏不到一起。更致命的是时机——2000 年互联网泡沫破裂，DRAM 价格一年内跌掉七成。刚合并完的巨无霸，转眼成了失血最快的病人。2001 年，现代电子亏损数十亿美元，债务压顶，现代集团自己都泥菩萨过江，救不了它。

第一次死亡：债权人接管

2001 年，以韩国外汇银行为首的债权团接管了公司，债务重组、债转股，公司改名海力士（Hynix，从 Hyundai Electronics 里截出来的缩写，有意抹掉「现代」的印记）。从此它进入一种奇特的「植物人状态」：法人活着，产线转着，但所有重大决策由银行家们组成的委员会投票。

2002 年，债权人想把这包袱甩掉，谈妥了一个买家：美国美光，出价约 30 多亿美元收购核心存储业务。合同都快签了，2002 年 4 月 30 日，海力士董事会在最后一刻否决了这笔

交易——表面理由是价格太低，背后是韩国舆论炸了锅：「国宝级产业贱卖美国人」。美光拂袖而去。

大白话

大白话：这是半导体史上最大的蝴蝶效应之一。如果那天董事会举手通过，今天给英伟达供 HBM 的就是美光，韩国只剩三星一根独苗。一次情绪化的否决，阴差阳错保住了二十年后的一张王牌。

卖不出去，债权人只能硬着头皮继续养：再债务重组、再注资。海力士就在这种「ICU 里做康复训练」的状态下，居然一点点把良率、成本、技术都磨了上来——它没得选，不把自己变得值钱，就只有死。2004 年后行业回暖，它开始赚钱；到 2010 年前后，债权人手里的股份终于值钱了，又想卖了。

第二次命运转折：接盘侠 SK

这次拍卖依旧冷清——2011 年，谁会花几十亿美元买一家存储公司？周期性太强，动辄血亏。投标者稀稀拉拉，最后一个出乎意料的买家浮出水面：SK 集团，韩国第三大财阀，主业是电信和能源，跟芯片八竿子打不着。

SK 掌门人崔泰源的逻辑很朴素：电信和能源都增长见顶，集团需要下一个三十年的支柱，而半导体是韩国唯一证明过自己能做到世界第一的产业。2012 年初，SK 以约 34 亿美元拿下海力士 21% 控股权，改名 SK 海力士。当时韩国财经媒体普遍嘲笑这是「冤大头接盘」——毕竟海力士刚在 2011 年又陷进一轮下行周期。

后来的事大家都知道了。SK 入主后做了两件最关键的事：一是**给足钱**——海力士在债权团手里饿惯了，SK 入主后资本开支连年加码，清州的 M15、利川的 M16 这些新厂都是这之后铺开的；二是**不瞎指挥**——技术和经营基本交给原班人马。一个饿怕了的老二，配上一个肯烧钱又沉得住气的爹，化学反应惊人。

还有一个伏笔值得记下：海力士在负债累累的 2013 年，勒紧裤腰带跟 AMD 合作搞出了一种把内存垂直叠起来的新技术——HBM（高带宽内存），2015 年首发在 AMD 显卡上，当时没掀起什么浪花。穷人家的孩子早当家，这个当年不得已的差异化尝试，就是第八章掀翻三星的那张牌。

老二的命为什么硬

复盘海力士的三次不死，能看到韩国模式区别于纯市场逻辑的一面：

- **大到不能倒**。它的债务捆着韩国整个银行体系，债权人清算它等于自己认亏——所以宁可一次次续命。
- **国家不能只剩一家**。无论政府还是舆论，都接受不了存储业变成三星独角戏，这给了它超越商业逻辑的生存空间。
- **绝境逼出了效率**。债权团管着的十年里它每一分钱都要证明价值，练出了比三星更抠成本、更敢押非主流路线的肌肉记忆。

双雄的来路讲完了：一个是含着金汤匙的赌王，一个是 ICU 里爬出来的长跑选手。下一章换个视角，把镜头拉到地图上——这两家公司的工厂为什么那样摆，本身就是一部战略史。

第五章 · 双雄的地理版图

把三星和海力士的工厂标在世界地图上，你会得到一张很有意思的图：韩国京畿道挤着一堆小黑点，中国东部有三个点，美国中部有两个点。这张图的每一条边都不是随便画的——工厂的落位，本质上是技术、成本、政治三股力量拔河的结果。看懂这张地图，就看懂了双雄一半的战略。

大本营：京畿道的一条走廊

两家的命脉都押在韩国首都圈以南的一条走廊上，彼此的厂区相距不过几十公里。

三星一侧：发祥地是器兴（Giheung，1983 年第一座厂，如今转做研发和成熟产线），主力在华城（Hwaseong，DRAM 与代工混合基地），以及 2015 年起砸下巨资的平泽（Pyeongtaek）——一片规划了六座巨型厂房（P1 到 P6）的超大基地，其单体厂房是世界上最大的半导体工厂之一，DRAM 和 NAND 都在这里扩。

海力士一侧：DRAM 的大本营在利川（Icheon，M14、M16 厂），NAND 的大本营在清州（Cheongju，M15 厂）。而两家共同押注的下一个三十年，在龙仁（Yongin）——一个国家级半导体集群，规划了多座新厂和整个配套产业城，海力士的第一座龙仁厂瞄准 2027 年前后投产，正好承接 HBM4 之后的下一代产能。

为什么最先进的东西一定留在本土？三个原因：**技术保密**（最尖端制程的 know-how 全在工程师和设备调试细节里，放海外等于漏风）、**生态密度**（第九章会讲的设备材料配套圈全在这几十公里内，产线出状况供应商一小时到场）、以及**水电和人才**（一座存储厂一天用掉一座小城市的电和超纯水，不是随便哪里都供得起）。

中国：成熟产能的前哨

地图上的第二簇点在中国，而且分工非常讲究：

- **西安（三星，NAND）**：三星唯一的海外存储基地，2014 年投产，是当年地方政府「抢项目」的经典案例——税收、土地、配套给到极致。这里承担了三星相当大比例的 NAND 产能。

- **无锡（海力士，DRAM）**：2006 年就进来了，海力士近一半的 DRAM 出自这里；另有重庆的后段封测厂。
- **大连（海力士，NAND）**：2020 年海力士宣布以 90 亿美元收购英特尔的 NAND 业务（连同大连厂），交易分阶段交割，到 2025 年全部完成，归入其美国子公司 Solidigm 体系。

把中国厂放在「成熟产品」上不是巧合，是精密计算：中国厂造的是前几代的 DRAM 和 NAND，卖给中国本土的手机厂、PC 厂——**就地生产、就地销售**，省关税、贴近客户，而最先进的技术一寸也不外流。这套安排运转了十几年，直到 2022 年被地缘政治撕开一道口子：美国对华半导体出口管制，连韩国企业的中国厂也不能随意进口先进设备。经过一年多的拉锯，华盛顿给了三星和海力士「无限期豁免」，保住了现有产线——但**升级被冻结了**：中国厂拿不到 EUV 光刻机，制程被锁死在老节点上。也就是说，这些厂会随时间慢慢「变老」，先进产能的重心无可避免地回流韩国本土和美国。记住这条裂缝，第十一章还会回来。

美国：花钱买门票

第三簇点在美国，性质又不一样——这不是成本计算，是政治投资。

三星在得州泰勒（Taylor）的新厂是代工逻辑芯片的（存储主要不在此），靠的是美国《芯片法案》数十亿美元的补贴；它的战略意义在于告诉华盛顿「我在你家里创造就业」。**海力士的动作更能说明时代方向**：它在印第安纳州西拉斐特投了近 40 亿美元建先进封装厂——不造晶圆，专门做 HBM 的后段堆叠封装和研发，2028 年前后投产。为什么把封装放美国？因为 HBM 的客户（英伟达、AMD、OpenAI 们的算力链）在美国，最先进产品的最后一段工序贴着客户做，既是服务也是绑定。

大白话

大白话：这套布局像一家餐馆集团——中央厨房（韩国本土）做最招牌的菜，配方绝不外传；分店厨房（中国）做大众菜，用本地食材卖本地人；还在最大的金主家门口（美国）开了个现场烹饪的明档，不为赚钱，为让金主吃得放心、离不开你。

地图背后的总账

把三簇点连起来，双雄的产能哲学就清楚了：**技术制高点攥在手里，规模产能贴着市场，政治保险费交给华盛顿**。这套结构过去二十年近乎完美，但它的每一条边现在都在受力：中国厂的技术冻结、美国厂的巨额成本、本土龙仁集群的天量投资能不能如期兑现——每一条都是后面章节的线索。

下一章钻进这些工厂内部看看：一座存储厂到底是怎么把沙子变成记忆的，以及为什么「造得出来」和「造得便宜」之间隔着一道叫良率的生死线。

第六章 · 硅片上的摩天楼

上一章在地图上看工厂，这一章钻进工厂里面。很多人对芯片制造的想象停留在「很高科技」四个字上，但真正决定三星和海力士胜负的，不是某一项黑科技，而是几千道工序堆出来的一个朴素数字：**良率**。看懂制造，才能看懂护城河。

造芯片 = 盖一座纳米级的楼

芯片制造的原材料是沙子提纯出的硅，拉成单晶硅锭，切成直径 300 毫米、不到一毫米厚的圆片——晶圆。然后这片晶圆要在无尘室里待上两三个月，重复几百遍同样的一组动作：

- **沉积**：往晶圆表面铺一层薄膜材料，像刷漆；
- **光刻**：用光透过印着电路图的「底片」（光掩膜），把图案缩印到晶圆上，原理和暗房洗照片一样，只是图案的线宽只有头发丝的几千分之一；
- **刻蚀**：把没被光保护住的部分挖掉，图案就此定型；
- 然后清洗、注入掺杂、再铺下一层……循环几十上百次，一座几十层的纳米大楼就盖好了。

整个过程里，最贵也最关键的是光刻。要在更小的面积里塞进更多存储单元，就得用波长更短的光——当今的极限是 EUV（极紫外光刻，波长 13.5 纳米，比可见光短几十倍）。EUV 光刻机一台近两亿美元，全球只有荷兰 ASML 一家能造，一年产量几十台，是所有存储厂排队争抢的稀缺货。第七章会专门讲它。

DRAM 的死磕：把杯子做得又细又高

第二章说过，DRAM 的一个比特是一只装电的「杯子」（电容）。微缩的意思是：杯子数量要翻倍，但每只杯子的容量不能小——容量小了，信号弱到读不出来。于是几十年来工程师做的事就是把杯子做得**越来越细**、**越来越高**，像在地皮不变的情况下把楼越盖越瘦高。今天最先进 DRAM 的电容，深宽比（高度比直径）已经达到几十比一，制造难度可想而知。

行业里用 1a、1b、1c 这样的代号标记 DRAM 代际（大致对应 14、12、11 纳米量级——注意这已经是营销代号，不再是真实的物理尺寸）。每一代微缩，存储密度提高两三成，成本相应下降。但这条路快走到头了：杯子细到一定程度，相邻杯子之间的电干扰、漏电流都

开始失控，物理学开始收过路费。这正是 HBM 等「封装换密度」路线崛起的大背景（第八章）。

NAND 的转身：盖不动平房就盖摩天楼

NAND 的故事更富戏剧性。它的存储单元（关电子的「小房间」）原本也是在平面上微缩的，但缩到 15 纳米左右时撞了墙：小房间之间挨得太近，电子互相串门，数据不可靠。继续缩平面是死路。

2013 年，三星率先量产了换赛道的产品——3D NAND：别在平面挤了，把存储单元**垂直摞起来**。工艺上等于在晶圆上先盖一栋「楼坯」，再用一把超级刻蚀刀，从楼顶一口气打几百口几十微米深的竖井，在井壁上做出存储单元。层数就是容量：从最早的 24 层、48 层，一路卷到今天的两百多层、三百层，下一代瞄准四百层以上。层数太多一口井打不动，就分两三段打完再对准拼接；再后来干脆把「控制电路」和「存储楼层」分开造在两片晶圆上，最后像三明治一样键合在一起——这条路线的代表作是长江存储的 Xtacking 架构，三星、海力士下一代超高层产品也在走向类似的键合思路。

大白话

大白话：DRAM 是死磕平房区的容积率——房子越盖越细，眼看盖不动了；NAND 十年前就想通了，直接改盖摩天楼，层数想加就加。同样是「更密的存储」，一个在和物理学肉搏，一个在搭积木，这就是 NAND 成本下降比 DRAM 快得多的原因。

真正的胜负手：良率

以上所有工艺，三星会，海力士会，美光也会，差别在哪？在良率。

一片晶圆的制造成本基本固定——设备、电力、人力摊下来，造一片晶圆的成本和上面能切出多少颗好芯片无关。一片晶圆如果 90% 的芯片是好的，每颗摊到的成本就低；如果只有 50% 是好的，等于一半的晶圆白造了。良率（一片晶圆上合格芯片的比例）因此直接决定每 GB 的成本，而在大宗商品生意里，成本就是生死。

良率不是买回来的，是「喂」出来的：新产线投产，头几个月良率可能只有两三成，工程师要在海量生产数据里找规律——哪道工序的温度偏了、哪台设备的颗粒多了——一个参数一

个参数地调，良率曲线才一点点爬上去。这套「调参的手感」无法写成专利、买不来授权，只存在于产线和工程师的日常里，是存储厂最深的秘密：各家连自家良率数字都讳莫如深。

这也顺手解释了一个大问题：**为什么存储业没有台积电式的代工**？逻辑芯片可以把「设计」和「制造」分家（英伟达设计、台积电制造），因为逻辑芯片的价值大半在设计。存储芯片没有差异化设计可言，价值全在制造工艺本身——找人代工等于把命根子交出去。所以存储厂全是 IDM（设计制造一体，自己设计自己造），三星、海力士、美光无一例外。

现在你知道楼是怎么盖的了。但盖这座楼用的「起重机」和「水泥」——设备和材料——却几乎不在韩国人自己手里。下一章讲上游，那是这个帝国真正的咽喉。

第七章 · 上游的咽喉

三星和海力士很强，但把它们拆开看，你会发现一件微妙的事：这两家公司自己只干一件事——在晶圆上「施工」。施工用的重型机械（设备）和特种水泥（材料），几乎全部要从国外买。韩国存储帝国的上游咽喉，卡在荷兰、美国、日本手里。这一章讲这根咽喉有多细，以及 2019 年它被人掐了一把之后发生了什么。

设备：五家公司的铁王座

第六章说过，造芯片的核心动作是铺膜、光刻、刻蚀、清洗这几板斧，每个动作都对应一类天价设备。而这每一类设备的全球份额，都被一两家公司垄断：

- **光刻机——ASML（荷兰）**。最先进制程必需的 EUV 光刻机，全世界只有 ASML 能造，一台近两亿美元，下一代 High-NA EUV 一台近四亿美元。它一年的产量就几十台，三星、海力士、台积电、英特尔排队分。
- **刻蚀和沉积——泛林（Lam Research）和应用材料（Applied Materials，都是美国）**。3D NAND 那口几百层深的竖井，基本是用泛林的刻蚀机打出来的；铺膜设备的大头在应用材料手里。
- **检测量测——科磊（KLA，美国）**。在纳米尺度找缺陷，它的机器占了半壁江山以上。
- **涂胶显影、清洗——东京电子（TEL，日本）**。

五家公司——ASML、应用材料、泛林、东京电子、科磊——拿走了全球半导体设备市场的大半江山。注意它们的国籍：**一家荷兰、三家美国、一家日本，没有韩国**。这意味着韩国双雄每扩一次产，都要把几百亿美元里的相当一部分付给这五家；也意味着美国只要管住本国三家加 ASML、TEL 的出口许可，就捏住了全世界所有晶圆厂的扩张节奏——2022 年后对中国的管制正是这么操作的。

材料：日本手里的小东西

设备之外，还有一堆不起眼的「耗材」：光刻胶（光刻时感光的那层涂料）、氟化氢（刻蚀和清洗用的化学品）、氟聚酰亚胺（柔性屏材料）、CMP 抛光液、掩膜版……这些听着像化工厂边角料的东西，纯度要求高到变态（杂质以十亿分之一计），而全球高端份额的一大半在

日本公司手里——信越、JSR、东京应化、Stella 这些名字，普通人没听过，晶圆厂一天都离不了。

2019 年 7 月，日本就用这个优势给了韩国一记重拳。因为强征劳工赔偿的外交争端，日本政府突然宣布：对韩出口**光刻胶、氟化氢、氟聚酰亚胺**三种材料改为逐单审批。消息一出，首尔震动——三星的库存按周计算，而重新认证一家新供应商的光刻胶要上产线跑几个月，认证期产线就得降速。李在镕亲飞东京求情，韩国举国找替代货源。这场风波后来在外交层面缓和了，但它给韩国产业界留下的 PTSD 是永久的：**原来帝国的地基里有几根钢筋攥在别人手里，别人可以随时拧一拧。**

大白话

大白话：韩国双雄像是两家手艺天下第一的餐馆，但灶是荷兰人造的、刀是美国人造的、盐是日本人供的。菜炒得再好，2019 年盐商一句话，后厨就得紧张三个月。

国产化突围：一场被动启动的备胎计划

2019 年那一招，直接把「供应链自主」从口号变成了国策。韩国政府和企业联手砸钱扶持本土材料设备商：东进世美肯（光刻胶）、Soulbrain、ENF（氟化氢）等公司拿到了晶圆厂产线上宝贵的验证机会——这是平时根本排不上的资源。几年下来，高纯度氟化氢韩国基本实现了自产加多元采购，部分 EUV 光刻胶也开始国产导入。

但别高估突围的成果。真正的硬核环节——EUV 光刻机、高端刻蚀设备、顶级光刻胶配方——是别人几十年、几万亿韩元研发投入堆出来的，五年内复制是不可能的。国产化解决的是「断供三个月不会死」，不是「可以不看别人脸色」。所以到今天，双雄的采购单策略依然是同一个词：**多元**——同一个材料养两三家供应商，地缘政治风险大的品类尽量备日韩以外的第二货源。

这层结构意味着什么

上游咽喉这章，其实回答了一个读者可能会有的误会：「韩国存储称霸」不等于「韩国半导体全链路称霸」。真实图景是——韩国占据了**中游制造**这个价值量最大、也最烫手的位置：向上，设备材料仰人鼻息；向下，客户（英伟达、苹果、中国手机厂）个个比它强势。双雄

的统治力是真实的，但它是一种「卡位式」的统治：卡在产业链最肥的一段，两头都受制于人。

不过有一个领域，韩国人不但卡住了中游，还几乎重新定义了游戏规则——在那里，连英伟达都得看它的脸色。下一章，HBM。

第八章·HBM：AI时代的新王座

前面几章讲的都是「旧世界」的故事：大宗商品、周期、逆周期豪赌。这一章讲新王座。HBM 让存储这门生意头一次出现了「差异化溢价」，让老二掀翻了老大，也让英伟达这样的巨头反过来对存储厂陪笑脸。它是韩国存储帝国在 AI 时代吃到的最大红利——但红利内部的分配，极其不均。

为什么需要 HBM：跑车的油管路

回到第一章那个比喻：GPU 是跑车，数据是汽油。过去二十年，GPU 的算力涨了几十倍，而普通内存（DRAM）喂数据的速度只涨了几倍——差距越拉越大，术语叫内存墙：发动机越来越强，油管还是那么细，跑车只能在路上怠速等油。训练大模型恰恰是最「喝油」的活儿：几千亿个参数要反复流过芯片。

把油管加粗，常规思路有两个：多加内存通道（主板面积不够）、提高频率（功耗爆炸）。工程上都不优雅。HBM 换了个思路：**不拓宽马路，把仓库搬到发动机边上，并且垂直擦起来。**

一颗 HBM，是把 8 到 16 片 DRAM 晶粒垂直叠成一摞，片与片之间用数千条 TSV（硅通孔——直接打穿硅片的垂直铜柱，相当于在楼板上凿电梯井）连通，底下垫一片逻辑控制芯片，整摞再通过中介层贴着 GPU 摆放。数据进出的「门口」从几十根针脚变成上千条并行通道——单颗 HBM3E 的带宽超过每秒 1.2 TB，是普通内存条的十几倍。一台八卡 AI 服务器里，HBM 的成本常常超过 GPU 裸片本身。

真正的难关：把楼盖齐

原理不复杂，难在工艺。叠 12 层，意味着：每片晶粒要磨到约 30 微米厚（比保鲜膜还薄）而不碎；几千条 TSV 要条条导通；层与层的微凸点（直径几十微米的焊点）要粒粒对准。**而且良率是连乘的**：单片良率就算做到 99%，12 层叠完，整摞良品率只剩不到九成；任何一层的一个焊点虚焊，整摞报废——而每一摞都凝聚着前面十几道工序的成本。所以 HBM 的战场不在晶圆厂前段，而在**封装**——怎么把这栋楼又快又稳地盖齐。

正是在封装路线上，双雄押了不同的注，命运就此分岔：

- **海力士的 MR-MUF**：把所有层一次性回流焊固定，再往层间注入液态环氧材料填充固化。好处是散热好、适合高层数，坏处是工艺窗口极窄，海力士磨了很多年才驯服它。
- **三星的 TC-NCF**：一层一层用热压的方式往上贴，层间垫一层非导电胶膜。层数少时稳定，但堆到 12 层以上，薄晶粒容易翘曲、胶膜散热差，良率怎么都爬不上去。

2023 到 2024 年，AI 需求引爆，HBM3E 成为英伟达新卡的标配。海力士的 MR-MUF 在 12 层 HBM3E 上跑出了领先良率，2024 年 3 月率先量产供货；三星的 TC-NCF 在英伟达的认证测试里反复折戟——发热、良率、信号，总有一项不过关，眼睁睁看着订单流向同城对手。**认证就是门票**：英伟达的供应商认证以严苛著称，但一旦通过就是深度绑定，别人想进来要重新熬一两年。那两年，海力士在 HBM 市场的份额一度逼近六成，三星这位存储业三十年的老大，在最重要的新战场上沦为追赶者。

大白话

大白话：HBM 这局牌，表面拼的是 DRAM 制造，实际拼的是「盖楼手艺」。海力士选了条难走但通向高层的路，提前十年开始练；三星选了条顺手的老路，结果楼盖到 12 层就歪。等英伟达来验收时，只有一家的楼能住人。

三星为什么翻车，又怎么追

老大掉队，技术路线押错只是表层。深层是第三章埋的伏笔兑付了：三星的逆周期打法建立在「技术方向确定、只赌敢不敢投」的前提上，而 HBM 恰恰是一次「赌哪条路线」的考试。组织层面，三星那几年陷入多重内耗——管理层动荡、罢工、代工业务失血，HBM 这种需要长期坐冷板凳的封装投入，在考核体系里排不上号。海力士相反：它是穷过的老二，2013 年就在 TSV 上押注，十年没撒手，HBM 对它不是副业，是命。

不过别把三星写死。2025 年起三星全面补课：改组封装团队、在高层数上转向混合键合等新工艺、并把自家逻辑代工资源拉进来。到 2026 年 HBM4 世代，三星通过了英伟达对下一代平台 Vera Rubin 的认证，与海力士、美光同列供应商名单——三星的牌是它能用自家先进逻辑产线做 HBM4 的底座芯片，这是海力士要借台积电才能做到的事。只是分配仍不均衡：多方信息显示，英伟达 2026 年 HBM4 订单里约三分之二仍归海力士。老大回来了，但王座暂时还是老二的。

HBM 改变了这门生意的什么

跳出两家公司的胜负，HBM 对存储业本身的改造更值得记住：

- **从大宗商品到准定制品。**HBM 要按客户（英伟达）的规格联合开发、提前一两年锁订单，价格按长约谈——「标准品随行就市」的铁律第一次松动了。
- **暴利与代价。**HBM 每比特售价是普通 DRAM 的三到五倍，但占用的晶圆产能也是普通 DRAM 的两三倍（晶粒大、TSV 工序多、良率低）。存储厂把产能向 HBM 倾斜，反过来抽紧了普通 DRAM 的供给——2025 到 2026 年内存价格暴涨，一半原因在此。
- **封装成为主战场。**前段制程微缩越来越贵越来越难，价值向「后段」转移。海力士在印第安纳建 HBM 封装厂（第五章）、各家竞逐混合键合，都是这个逻辑的延伸。

HBM 的故事还远没有写完：HBM4 之后是底座深度定制的 HBM4E，再往后存储厂可能直接为某个客户造「专属内存」。这门生意正在从「卖大米」变成「开私房菜馆」。下一章我们把镜头拉远，看看双雄身边完整的生态圈——客户、对手、模组厂，以及韩国本土那圈围着它们转的配套企业。

第九章 · 生态链：客户、对手与共生

三星和海力士不是两座孤岛。它们身边围着一张大网：下游是既依赖又提防它们的客户，平行是既厮杀又默契的对手，身后是几百家靠它们吃饭的韩国配套企业，头顶还有一只政府的手。这张网一半是护城河，一半是软肋，值得专门拆一章。

下游：大客户们的制衡术

双雄的客户名单读起来像科技公司名人堂：苹果、英伟达、戴尔、惠普、小米、OPPO。这些客户对存储厂的态度统一而冷静——**永远扶持第二供应商**。苹果的 iPhone 内存同时用三星和海力士（偶尔加美光），份额精确分配，谁也别想坐地起价；采购经理的毕生功课就是让两三家供应商互相压价。大宗商品时代，这是买方市场的铁律。

但 HBM 把这条铁律掰弯了。第八章说过，HBM 要联合开发、要认证、产能稀缺——于是出现了存储史上罕见的场面：**客户带着预付款上门锁产能**。英伟达为确保供货向海力士支付大额定金、签多年长约；2025 到 2026 年，AI 客户们抢产能抢到给存储厂送钱排队。三十年河东：卖方市场头一次出现在这个行业。当然，双方都清楚这是周期给的甜头——客户同时在拼命培养美光做第三供应商，制衡只会迟到，不会缺席。

客户和原厂之间还有一层「中间商」生态：模组厂——金士顿、威刚、江波龙这类公司，从原厂买晶圆或颗粒，做成内存条、SSD、存储卡卖给终端。它们像大宗商品的分销商，熨平供需波动，也让原厂的产品触达长尾市场。行情好时它们是原厂的放大器，行情差时是缓冲垫。

对手：最熟悉的陌生人

平行位置上是三个半对手。**美光**，美国存储独苗，DRAM 老三、HBM 也拿到英伟达门票，正在爱达荷和纽约州靠《芯片法案》补贴疯狂扩产——它的存在本身就是美国政府的战略保险。**铠侠和闪迪**，NAND 的发明者后代（铠侠是东芝存储分拆，闪迪归西部数据后又分拆），在 NAND 上与双雄缠斗，但没有 DRAM 和 HBM，算半个对手。剩下那「一个」——中国的长江存储和长鑫存储——体量和威胁等级特殊，留到第十一章单讲。

这个寡头圈有个微妙的变化：**竞争从「拼命扩产干死对手」变成了「克制扩产一起赚钱」**。原因很现实——牌桌上只剩三家，谁都洗不掉谁，逆周期投资的边际收益递减了；而 HBM 时代产能被订单锁定，盲目扩产反而可能砸了自己的价格。于是三大家在资本开支上形成了一种心照不宣的「纪律」，像没有宣言的 OPEC。这是存储业周期性减弱讨论（第十章）的产业基础。

身后：韩国配套军团

第五章说最先进的厂一定要留在本土，核心理由之一就是这圈配套企业。举几个有代表性的：

- **韩美半导体（Hanmi Semiconductor）**：HBM 封装的核心设备——热压键合机（TC bonder）的主要供应商，HBM 爆发把它从一家中型设备厂捧成了明星。海力士的 MR-MUF 工艺里就有本土设备商的深度配合。
- **SEMES**：三星旗下的设备公司，做清洗、涂胶等设备，财阀内部消化一部分设备需求。
- **材料梯队**：东进世美肯（光刻胶）、SK Specialty（特种气体）、Soulbrain（化学品）——第七章的国产化突围，主角就是它们。
- **硅片与基板**：SK Siltron 供硅晶圆，三星电机、SKC 系做封装基板——连「画布」都在集团生态里解决一部分。
- **外包封测**：Hana Micron 等承接后段工序的外溢产能。

这个圈子的运作方式很「韩国」：原厂与供应商之间不是简单的甲乙方，而是常年联合开发、互相持股、高管流动，形成一个半径几十公里的产业共同体。好处是响应速度和保密性——新工艺的磨合在圈子里闭门完成；代价是封闭——海外供应商很难挤进来，圈子一旦集体押错方向（比如 TC-NCF），纠错也慢。

头顶：那只看得见的手

最后别漏了政府。韩国把半导体当国策不是修辞：龙仁集群是总统亲自督办的工程，政府为水、电、路网配套开绿灯；「K-半导体战略」给出巨额税收抵免；出口管制谈判桌上，为西安、无锡两厂争豁免的是韩国政府出面。当然，这只手也有代价——企业的大决策永远要掂量政治风向，在美中之间走钢丝时，企业意志和国家意志并不总是一致。

大白话

大白话：双雄像两棵巨树，但别只看树——脚下是客户、对手、配套商、政府盘根错节组成的整座森林。树的高度是森林给的，森林的失衡也能让树倒掉。

生态讲完，还剩这门生意最折磨人的特性没正面拆解：周期。为什么 2025 年内存价格能一个季度涨六成，而两年前全行业还在血亏？下一章讲存储业的心跳。

第十章 · 周期与豪赌

第二章我们见识过硅周期的残酷：价格一年内可以腰斩。这一章把它拆透——周期到底是怎么被「造」出来的，2025 到 2026 年这轮暴涨和以前有什么不一样，以及最反直觉的问题：既然周期这么折磨人，为什么双雄反而越活越滋润？

周期的发动机：两根不同的时钟

存储行业的供需两侧，各有一根时钟，转速完全不同。

需求侧的时钟转得快：一部新手机发布、一轮云厂商采购、一个 AI 风口，需求几个月就能变脸。供给侧的时钟慢得可怕：决定扩产，到厂房建好、设备搬入、良率爬坡完成，**至少两三年**。也就是说，今天市场上的供给，是两年前某些人对需求的「猜测」凝固成的钢筋水泥。

经济学里这叫蛛网模型：大家看着今天的高价决定扩产 → 两年后产能一起开出 → 供给过剩、价格崩盘 → 大家看着低价砍投资 → 两年后供给不足、价格暴涨 → 再看着高价扩产……循环自转，永不停歇。更要命的是存储的需求对价格极不敏感——数据中心不会因为内存贵 30% 就少买，它需要多少就得买多少。这种市场里，5% 的供需缺口可以撬动 50% 的价格波动。暴涨暴跌不是情绪，是结构。

这一轮周期：三个「不一样」

2024 年启动、2025 到 2026 年进入高潮的这轮上行，被很多人称为「超级周期」。它确实有三个旧周期没有的结构：

- **需求换了发动机**。以前的周期靠手机和 PC——耐用消费品，总会饱和。这次的主力是 AI 数据中心：模型越来越大，训练和推理都在吞噬内存，而且买家是不差钱的巨头，抢产能时出手就是长约加预付款。
- **供给被自己人抽紧**。第八章说过，HBM 每比特要吃掉普通 DRAM 两三倍的晶圆产能。原厂把产能往暴利的 HBM 上搬，普通内存的供给就少了——2025 年 DDR4 这类老产品甚至被

大厂陆续停产，下游厂商恐慌性囤货，合约价一个季度涨五到六成。涨价一半是真需求，一半是「产能搬家」制造的稀缺。

- **长约改变了现金流。**HBM 按多年长约卖、先收钱后交货，存储厂第一次拥有了「看得见两三年后的收入」。这让它们敢在高点继续巨额投资而不像过去那样心虚。

于是「这次不一样」的论调又起来了——历史上每轮周期顶部都有这句话，说了四十年，错了四十年。冷静的信号也摆在那：龙仁、平泽新线、美光的新厂都在 2027 年前后释放产能；AI 资本开支万一降速，所有「新结构」都会重新接受蛛网模型的审判。**周期没有被消灭，只是被 HBM 和长约熨平了一部分振幅。**

为什么寡头能在绞肉机里越赚越多

现在回答那个反直觉的问题。周期的受害者从来不是双雄这个体量的玩家，原因有三层：

第一层：成本曲线的位置。价格暴跌时，先跌破的是高成本者的成本线。双雄有最先进的制程和最大的规模，成本全行业最低——价格在它们的成本线之上时它们赚钱，跌破时它们只是少赚，而对手在流血。每一轮下行结束，市场份额都向低成本者集中一点。

第二层：资产负债表就是武器。穿越周期需要的现金储备，本身就是壁垒。三星账上常年趴着上千亿美元量级的现金；海力士被 SK 输血后也成了重甲玩家。下行期对小厂是生死劫，对它们是「收购份额的打折季」。

第三层：资本开支是期权，不是成本。军备竞赛式的巨额投资，本质是买「下一轮的入场券」：下行期咬牙投的新产线，量产时正好赶上上行期的高价。这个节奏感——逆周期下重注——就是把周期从敌人变成提款机的全部秘密。第三章三星用它打垮了日本，今天双雄和美光彼此心知肚明地玩着同一套。

大白话

大白话：周期对大鲨鱼不是灾难，是觅食季。海水退去时，死的都是浅水区的小鱼；鲨鱼不但活着，还把小鱼的猎场一并接收了。所谓超级周期，不过是鲨鱼的盛宴开得久一点。

双雄各自的周期姿势

值得一提的是，两家的「抗周期体质」已经分化。海力士的利润越来越倚重 HBM 和服务器 DRAM——长约多、客户粘、波动小，2025 年起它的营业利润率多次压过三星，这对老二来说是历史性的。三星则大而全：存储、代工、手机、面板，东边不亮西边亮，弹性大、对冲多，但也意味着它在任何一个战场上都不像海力士押 HBM 那样孤注一掷。两种姿势没有高下，只是下一章你会看到，当真正的裂缝出现时，大而全和单点重注会导向完全不同的命运。

讲完了钱的事，最后一组硬问题该上场了：中国的追兵到哪了？技术的物理天花板还有多远？地缘政治的钢丝还能走多久？下一章，地平线上的裂缝。

第十一章·地平线上的裂缝

前十章讲的是帝国为什么稳固。这一章换个方向：站在 2026 年往外看，地平线上有三道裂缝正在变宽——中国的追兵、地缘政治的拉扯、技术本身的物理天花板。任何一道都不致命，但它们叠加的方向，决定了双雄下一个十年的处境。

裂缝一：中国追兵到了哪一站

中国存储有两大主力。**长鑫存储 (CXMT)**，合肥，2016 年成立，做 DRAM，技术血脉可以追溯到破产的奇梦达和尔必达。它从 DDR4 起步，现在已经量产 DDR5 和 LPDDR5，全球份额约 5%——数字不大，但增速吓人，而且已经杀入 HBM 的研发。**长江存储 (YMTC)**，武汉，做 NAND，它的 Xtacking 架构（第六章提过的晶圆键合）一度让它的 232 层产品抢在三星前面亮相，全球 NAND 份额接近一成。

要冷静评估这两家：论技术代差，它们落后双雄两到三年；论真正的天花板，是一道行政命令——EUV 光刻机对华禁运。DRAM 再往 1c、1d 代际走，离开 EUV 就要靠 DUV 光刻机多重曝光硬凑，工序翻倍、成本飙升、良率挨打。所以追兵的真实位置是：**在成熟产品上，它们已经是价格破坏者**——中国手机厂、模组厂大量采用长鑫的颗粒，逼得双雄加速退出 DDR4 等低端市场；但在 HBM 和先进制程这个利润最肥的战场上，设备禁运把它们锁在了门外。2024 年 12 月，美国又把 HBM2 及以上型号列入对华出口管制——连买都不让买了。

历史当然提供过警告：八十年代美国也这样看韩国，九十年代韩国也这样看台湾。区别只在于，这次的封锁卡的是设备咽喉（第七章），而当年的韩国面对的只是一片开阔地。追兵能不能复制韩国式的翻盘，取决于中国国产光刻机的进度——那是一个超出本书射程的故事。

裂缝二：钢丝越走越细

双雄的处境，是全球化和地缘政治撕裂最鲜活的标本：技术链捏在美国手里（设备、EDA 软件、HBM 客户），相当大一块产能和市场在中国（西安、无锡、大连三厂，加上中国买家贡献的营收），而本土安全又绑在美韩同盟上。三方任何两方关系恶化，双雄都要挨一记。

过去几年的实操是走钢丝：对华，接受「豁免但冻结」的安排——中国厂维持运转但制程不许升级，等于默认这些产能会慢慢过时；对美，掏出几百亿美元在得州、印第安纳建厂「交保费」；对本国，把最先进产能压回龙仁集群。这套平衡术到目前为止运转成功，但它的前提是所有大国都愿意让韩国继续骑墙。关税、补贴附加条款、技术联盟站队——任何一张牌变化，保费都要重新计价。帝国的地理布局（第五章）正在从「效率最优」被迫改写为「韧性最优」，而韧性是有价格的。

裂缝三：物理学的账单

最后一道裂缝最慢，但也最不可逆：微缩这条路本身快到头了。

DRAM 在 1c、1d 代际之后，电容的物理极限近在眼前（第六章的「杯子」已经细到漏得接不住）。业界的应对方案是把 DRAM 也垂直化——3D DRAM，像 NAND 那样把存储单元摞起来，预计 2030 年前后登场，但工艺要全部重练，今天的领先者并没有先发保证。设备侧，下一代 High-NA EUV（更大数值孔径的光刻机，单台近四亿美元）已经进厂做验证，它能不能把微缩再续两代，全行业都在押注。

与此同时，架构层面正在发生更深刻的位移：**存储和计算的边界在融化**。HBM4 的底座芯片已经要用先进逻辑工艺制造（海力士找台积电代工，三星用自家产线）；再往后，客户定制的 HBM4E 会把一部分计算功能塞进存储底座——存储厂越来越像逻辑厂。三星押注过存算一体（HBM-PIM），海力士也推过 AiM，CXL 内存池化则在改写服务器的内存架构。这些方向哪一个是下一个 HBM 级别的机会，没人知道——但可以确定的是，**竞争的主战场正从「谁的 DRAM 便宜」移向「谁更懂系统」**，这正是三星（有代工、有逻辑设计）和海力士（有 HBM 先发）都拼命补的课，也是美光和中国追兵共同的窗口。

大白话

大白话：三道裂缝一句话总结——追兵在低端市场啃地盘，地缘在抽走布局的灵活性，物理学在逼所有人换赛道。帝国还很强，但「躺着赢」的时代结束了。

最后一章，把整本书的零件装回去：韩国模式到底做对了什么，护城河究竟多深，以及这个帝国最可能以什么方式松动。

第十二章 · 帝国的答案

走了十一章，该回答开篇那个问题了：为什么是韩国？以及它的下半句——这个位置还能坐多久？

做对了什么：四层答案

第一层：把生意结构看透了。存储是「标准商品 + 天文数字固定成本」的生意（第二章），这种生意的唯一解就是规模加成本，规模加成本的唯一走法就是穿越周期的长期资本。李秉喆 1983 年未必算得清这笔账，但三星此后四十年的打法说明他们比所有对手都更早理解了规则——日本厂商把它当成普通事业部经营，美国厂商把它当成股东回报的负担，只有韩国人把它当成一场必须以国运为赌注的持久战。

第二层：赌得起，也扛得住。逆周期投资听起来是胆量问题，实际是体制问题（第三章）。财阀的交叉补贴、银团的容忍、政府的国策扶持，合起来构成了一种罕见的「亏损耐力」。海力士的故事补上了另一面：这个体制不但养得出赌王，也救得活伤员——债权团十年续命、SK 果断接盘，换在纯市场逻辑里，海力士死了三回了（第四章）。

第三层：把制造本身练成了绝学。良率、工艺手感、几十公里半径的配套圈（第六、九章）——这些写不进专利、买不来授权的东西，才是最难复制的资产。HBM 的胜利本质不是某家公司押中了 AI，而是这套制造绝学在封装时代的一次集中兑现（第八章）。

第四层：运气，以及抓住运气的姿势。必须承认偶然性：2002 年海力士董事会那次否决、AI 对内存带宽的无限胃口、日本在错误的时间挥出自损八百的材料大棒——运气站在韩国这边。但运气只发给有准备的人：海力士 2013 年押 TSV 时没人知道 AI 会来，它只是把冷板凳坐热了。

护城河有多深：拆开量一量

把双雄的壁垒按深度排一排，结论会比「韩国无敌」或「帝国将倾」都更有用：

- **最深：良率与工艺手感。**四十年产线数据喂出来的调参能力，追兵用钱砸不出来，只能同样用十年去喂。

- **很深：资本壁垒。**两百亿美元一座厂、两三年一代的节奏，拦住了几乎所有新玩家——除了国家意志加持的中国队。
- **中深：客户认证绑定。**HBM 的认证门票有效期以年计，但客户永远会培养第二、第三供应商，这层壁垒会随时间折旧。
- **正在变浅：规模本身。**长鑫在成熟 DRAM、长江在 NAND 上每拿走一个点的份额，规模优势就被稀释一点。低端市场的让渡已经开始了。

帝国会以什么方式松动

最后一章不做预言，做情景推演。按可能性从高到低，四条路径：

情景一：缓慢的被蚕食（最可能）。不是崩塌，是份额的缓慢压缩——中国厂商吃成熟产品，美光靠本土补贴和 HBM 第三供应商地位回血，双雄从「绝对统治」退到「强势领先」。利润池向 HBM 和定制存储集中，而那里的超额利润会被客户主导的深度定制（HBM4E 之后）逐渐摊薄。帝国还在，只是疆域和税基都在缩。

情景二：技术换道（最不可测）。3D DRAM、新型存储、存算一体——任何一条换道成功，旧产线的四十年积累就要部分折旧。历史上海力士正是靠 HBM 这条「岔路」掀了三星的桌子；下一道岔路出现时，坐在海力士当年位置上的人会是谁？换道期是追赶者唯一真实的窗口。

情景三：地缘硬脱钩（最痛）。如果美中走向全面技术割裂，双雄将被迫在「美国技术链」和「中国产能与市场」之间选边——西安、无锡、大连的资产面临减值，失去中国客户的同时承接美国的高成本制造。这是唯一能让双雄伤筋动骨的外部冲击，而它不完全取决于商业逻辑。

情景四：内部的锈（最隐蔽）。财阀继承的拉锯、2024 年那样的罢工、顶尖工程师被美国高薪和中国挖角分流、组织在顺境里钝化——三星在 HBM 上的翻车已经演示过「老大病」的杀伤力。帝国的裂缝往往先从内部开始。

结尾：记忆的政治经济学

回到你手里的设备。它里面那几颗不起眼的存储芯片，是四十年赌局、两百年一遇的产业转移、几万亿人民币级别的资本、以及几个大国掰手腕的共同产物。存储从来不止是技术生意

——它是大宗商品的周期性、尖端制造的积累性、和国家博弈的战略性的怪物，而韩国双雄是至今唯一驯服了全部三个侧面的玩家。

这本书开篇问「为什么是韩国」，答案可以收束成一句：**韩国人最早看懂了这门生意赌的不是技术而是耐力，然后建了一台能把耐力源源不断兑换成份额的机器。**机器仍在高速运转，但它的下一次大考——换道、脱钩、还是内锈——已经在地平线上了。下次你再看到「内存涨价」的新闻，希望你看到的不再是一个热搜，而是这台机器某根齿轮的转动。

存储双雄：三星与海力士的产业帝国 · 杰女侠