

本土半导体企业打破“后进者困境”的路径和机制

——以华为海思为例

郭年顺 李君然

【摘要】本文构造了高技术工业中打破“后进者困境”的理论框架,利用单案例纵向研究方法,对华为海思移动处理器芯片突破国际垄断的历史过程和因果机制进行深度分析。研究发现,海思采取了独特的纵向一体化战略和内部行政协调模式,依靠内部需求市场来支持落后的麒麟芯片建立和迭代产品开发平台,同时以通信工业中积累形成的体系竞争力为其发展出差异化竞争优势提供条件。研究认为,阻碍中国半导体工业发展的最大问题,不是技术落后或资金不足,而是如何在技术暂时落后时获得稳定的应用市场和改进机会。因此,中国政府和企业要敢于利用本土市场的购买力优势为暂时落后的本土技术和产品创造充分的应用机会,同时主动放弃跟随策略,坚持在应用过程中自主创新。

【关键词】移动处理器芯片;纵向一体化;产品开发平台;体系竞争力

【作者简介】郭年顺,北京大学政府管理学院博士生,研究方向为技术创新与企业战略;李君然,北京大学政府管理学院博士生,研究方向为企业创新与政治经济学(北京 100871)。

【原文出处】《企业经济》(南昌),2019.6.97~106

【基金项目】国家自然科学基金项目“新型创新载体效率优势及其制度化整合机制研究”(项目编号:71673012)。

一、引言和问题提出

半导体芯片是电子信息工业的基础。但是,作为消费电子产品产销大国,中国的中高端芯片,尤其是用于手机和电脑的通用处理器芯片,几乎完全依赖进口。2018年,中国集成电路进口额高达3120.58亿美元,连续多年成为中国第一大进口货物。虽然从21世纪初开始中国政府实施了系列产业政策扶持本土企业,但中国芯片市场还是被英特尔、AMD、高通、联发科等跨国公司垄断,以龙芯和展讯等为代表的本土企业并没有使市场格局产生实质性改变,以致于近年来,尤其是中美贸易摩擦背景下,“芯片卡脖子”成为中国电子信息工业的最大软肋之一。

实际上,为多数人所忽略的是,对于移动处理器芯片这类具有“赢者通吃”特征的高技术工业产品,本土企业面临着显著的“后进者困境”问题:后发企业初期技术水平显著落后,短期内无法在领先企业

主导的技术体系和主流市场中获得应用机会,继而难以适应“高昂投入、大规模应用和快速迭代”的高技术工业竞争方式;但如果“另起炉灶”构建新的技术标准和产业生态,又面临着无法与主导产品相兼容和失去主流用户市场的危险,而失去市场就意味着创新努力的失败。所以,如何摆脱“后进者困境”,成为中国半导体工业打破垄断的关键。

当前国内学术界在这方面的理论和经验研究十分稀缺,尤其是较少有研究深入到微观企业层面去研究特定半导体产品的竞争力和发展战略问题。长期以来,仅有的对中国半导体工业的研究也多停留在宏观产业描述和纯粹技术分析层面,比如:国际半导体工业的发展趋势、技术特征和竞争格局,中国本土半导体工业的发展现状和问题,来自技术、资金、市场需求、商业模式等方面的政策建议,等等^[1-3]。这些研究的最大问题在于缺失企业内容,尤其是技术

创新和产品开发的具体过程^[4],因而,始终无法解释为什么中国政府持续投入那么多资金和扶持政策却依然没有出现具有竞争力的半导体企业,从而也就难以给出解决当前中国半导体工业发展困境的实质性建议。相比于已有研究,本文在理论基础、样本选择和政策建议上具有不同程度的创新和突破。首先,区别上述流行的宏观产业层次分析视角,本文选择以领先企业(leading firm)及其产品为分析单位,解析具体的技术和产品开发过程。其次,本文结合战略管理、技术创新和后发赶超等领域的研究成果,构建了高技术工业中打破“后进者困境”的理论分析框架;继而首次以华为海思的智能手机处理器芯片发展史这一最新案例经验为研究样本,探讨了在半导体这类高技术工业中后发战略和核心能力构建的关系。最后,本文从产品应用机会、自主创新战略和本土市场“购买力优势”三方面提出了更具操作性的政策建议。

虽然中国半导体工业整体发展不尽如人意,但是从2006年开始,华为海思半导体却开始悄然改写中国移动处理器芯片工业的格局。到2018年,历经多年的困境和争议后,海思麒麟(Kirin)成功跻身到智能手机中高端处理器芯片行列,累积出货量超过1亿颗,销售量跻身中国第1位和世界第4位(见下图)。在这种情况下,提出本文的中心问题是:华为海思这一移动处理器芯片领域的绝对后发民营企业产品,在缺乏国家明确支持的条件下,为什么能够打破“后进者困境”,最终实现对国际领先者的快速赶超?作为中国半导体工业中极少数打破国际垄断的民营企

业,华为海思的典型案例分析值得分析。这不仅能够丰富对后发展和技术赶超现象的学术研究,而且有助于思考促进中国半导体工业发展的政策问题。

二、文献综述和分析框架

落后国家的后发企业要实现赶超,最本质的就是要通过有组织的学习积累发展出技术能力(technological capability),即有效利用技术知识,产生和管理技术变化的能力,最终将掌握的资源不断地转化为被市场接受的、具有持续竞争力的产品^[4-5]。但是,面对发达国家的领先企业,后发企业几乎在技术、市场和资金等方面都处于劣势。尤其是信息通信这类高技术工业中,先行者在保持战略和技术不出现重大失误情况下,一般不会轻易被后来者所超越^[6]。面对上述竞争劣势,后发企业如何才能够能够在高技术工业中打破“后进者困境”并实现赶超?结合战略管理、技术创新、动态能力和后发赶超等领域的研究成果,本文概括出由三个理论前提构成的分析框架。

(一)产品开发平台和技术能力

第一个理论前提是,建立市场导向的自主产品开发平台(Product Development Platform, PDP),是后发企业进行技术学习、获得市场竞争力最为基本和有效的方式^[7]。任何技术如果能够产生经济回报或竞争绩效,都必须以产品的形式参与市场竞争;而技术进步如果能够持续,也只有以产品为载体、通过持续市场应用和反复改进过程来实现^[8]。技术能力正是在一轮又一轮新产品开发和应用的过程中,通过集体性的组织学习和探索逐步积累形成的^{[7][9]}。所以,无论后发企业最初的技术水平多低,只有建立起

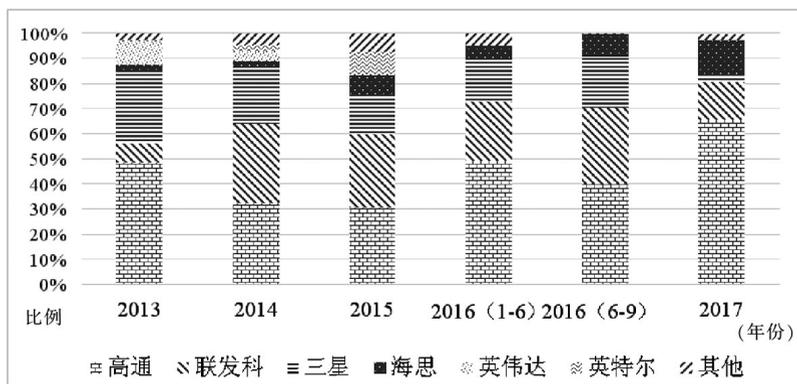


图 2013-2017年中国市场安卓手机处理器芯片各品牌市场份额

注:根据公开资料整理。

自主产品开发平台,才有可能发展出自己的核心竞争力。

虽然模仿和学习领先企业几乎是后发企业成长的必经过程,但以自主产品开发为主、对外学习和合作为辅的成长方式,才是获得技术能力的唯一正确途径^[10]。如果只是简单依赖技术引进、合资或者组装加工,那么短期内或许能够获得一定经济收益,但是长期下来必定陷入低端和技术依赖,因为后发企业只有通过自主化和制度化的产品开发过程,才能够真正充分理解用户、技术、竞争对手、供应商和竞争规则。只有当后发企业完成最初几轮产品开发过程,并获得市场用户时,才可以说企业具备了动态技术能力。而产品开发平台的更新和迭代则代表着企业技术能力的成长。

(二)应用机会和技术进步

第二个理论前提是,技术“先进”还是“落后”不是由技术自身最初的状态所决定,而是取决于后期的技术改进速度和发展潜力,最终结果将由市场竞争和用户选择决定^[11]。无论是领先企业还是后发企业,其新技术初期往往都是粗糙的,甚至存在明显缺陷,所以必须在市场应用过程中开展长时间地改进活动。实际上,技术创新的主要内容就是持续的产品(或工艺)改进^[12],即在与用户互动的过程中试错和解决问题,最终形成性能稳定、形态成熟和价格适宜的产品。而这个改进和完善的过程(或者说解决问题的过程)会受到企业家才能、市场条件、宏观政策甚至政治因素的影响,从而导致不同的改进方式和技术轨道^[13]。最终,自主的产品开发和改进过程往往使得企业发展出特定的、难以被简单模仿的资源和能力,而这正是核心竞争力的根本来源。这就是为什么现实世界中,起步阶段和成长历史各不相同的企业,会在看似相同的产品领域发展出各有特色且相互竞争的品牌,比如:飞机制造领域的波音和空客,汽车制造领域的福特、大众和丰田。

所以,除了敢于投入资源进行技术研发,后发企业及其新生技术的成长潜力还取决于是否能够获得足够的应用和改进机会。当无法进入主流市场时,后发企业必须找到边缘市场和先锋用户,比如:政府采购市场、军方市场、农村市场、山寨市场或专业小

众市场等^[14]。边缘市场为后进者提供了提升技术性能和构建独特竞争力的机会,甚至发展出颠覆主导技术的能力^[14]。如果不存在现存可利用的边缘市场,那么只能创造出原本没有的市场。

(三)后发战略和抱负水平

第三个理论前提是,越是落后的企业,就越难以通过常规方式实现赶超。因此,必须采取特殊的后发战略、制度安排和意识形态,才有可能突破领先者构筑的竞争壁垒^[15]。成功的赶超者普遍采取进取性战略,即为打破外部垄断而不计长期亏损地进行高强度的资金投入、技术学习和产品开发,并在特定时间节点做出超越领先者的技术和投资选择。回顾东亚地区后发企业的追赶史,它们往往在组织类型、发展路径、投资模式、学习强度和抱负水平等方面^[15-17]表现出与领先企业不同、也不被主流理论完全理解的特征。比如:日本和韩国的后发企业趋于纵向一体化或非相关多元化。它们以内部行政协调的方式来降低重大创新的成本和风险,从而保证后发条件下技术创新持续发生的可能性,并利用不同产业间的盈利能力来平衡投资风险和支撑“耐心资本”的投入。当年弱小的日本企业并非根据已有的资源条件制定战略,而是坚持战胜美国企业和“全球致胜”的战略意图。韩国企业则在存储芯片和半导体显示工业中反复运用凶猛的“逆周期”投资战略、高强度学习模式和规模经济优势击垮了日本领先企业。

综合上述三个理论前提来看,在高技术工业领域,后发企业虽然面对着更加明显的进入壁垒,但是依然存在赶超机会。当然,这种可能性必须建立在有效的后发战略和制度安排的基础上,并最终通过持续的自主产品开发、技术学习和市场应用过程来实现。

三、研究设计

(一)研究方法

由于本文所研究的中国半导体工业中成功打破国际垄断的案例极为稀少,且不存在现成可得的大样本数据,所以选择单案例纵向研究方法更合适。区别于定量研究方法,案例研究依靠多种来源的资料,能够充分讨论事件演化周期内不同变量之间的复杂因果关系,更好地回答“为什么”和“怎么样”的

问题,所以更加适合本文这类兼具描述性和解释性的研究。同时,通过回归历史情境和还原决策过程,本研究能够尽量避免“事后解释”或者“功能性解释”(functional explanation)的谬误。

(二)研究样本

本文以华为海思麒麟处理器芯片长达12年(2006-2018年)的发展过程为案例。海思在2006年开始研发处理器芯片,2008年正式推出产品。目前,海思已经发展成为世界第4大移动处理器芯片供应商,是中国大陆唯一能够提供中高端移动处理器芯片的企业,直接与高通、联发科等巨头竞争。移动处理器芯片是智能手机中最为核心和复杂的部分,集成应用处理器(AP)和基带处理器(BP)的移动处理器芯片决定着手机的性能水平,包括计算能力和通信质量等。这也构成了处理器芯片供应商的竞争焦点。

(三)数据来源

按照“多样数据来源”和“三角形证据”原则^[18],本文在尽可能保证研究效度和信度的基础上,广泛地收集有关麒麟芯片发展过程的数据,包括海思发展历史、历年海思芯片产品和技术信息、芯片市场竞争格局和份额变化、华为内部关键人物决策和关键事件等。按照重要性程度排列,主要的数据来源包括:海思半导体和华为集团官网、专业科技网站(如半导体行业观察、通信世界等)、华为企业内刊《华为人》和员工内网“心声社区”、公开纸质出版物(如《华为研发》《任正非内部讲话》)等。在数据整理过程中,本文尽量尊重研究情境和历史过程,同时在关键

技术和历史问题上辅以业内第三方人士的验证。本文具体数据来源和内容见表1。

四、案例分析和研究结果

(一)“史前”能力基础和通信技术积累

2004年,华为在原集成电路设计中心的基础上组建成立海思半导体公司。这主要是基于两个目的:第一,吸取当时高通、思科等欧美企业在通信专利和芯片供给上遏制华为的教训,华为集团领导者任正非提出“防止被断粮”和“双供货商”战略;第二,加大研发投入,为当时刚刚兴起的3G网络和通信产品提供自主专用芯片(ASIC)解决方案,提高产品的差异化竞争力。2005年,海思研制出3G基带芯片^[19]。同时,为解决当时3G通信终端不足的行业问题,华为开始从上游通信设备市场扩展到下游移动终端市场。2007年底,海思开始立项研发4G芯片,即著名的巴龙(Balong)基带芯片。所以,华为在开发通信产品的过程中已经在通信设备、移动终端、专用芯片等领域有了广泛的布局。这为海思半导体后来进入到移动处理器芯片市场奠定了技术和组织基础。尤为重要的是,华为所依靠的通信技术(尤其是基带技术)塑造了海思公司的发展路径和竞争战略,成为海思在移动处理器市场中后来居上的重要基础。

(二)“边缘市场”的缺失和“纵向一体化”战略的形成

1. 失败的尝试:模仿先发企业和进入山寨机市场

2006年,海思公司组建智能手机移动处理器设计部门。经过2年研发,海思公司在2008年推出了第一款名为K3V1的独立应用处理器。K3V1有意仿

表1 代表性数据来源和数据内容

来源类型	名称	地址	数据内容
企业网站	华为集团官网	https://www.huawei.com/cn/	海思半导体发展史、历年芯片产品和技术信息
	海思半导体官网	http://www.hisilicon.com/	
行业网站	半导体行业观察	http://www.semiinsights.com/	历年海思芯片产品和技术信息、市场份额变化、市场竞争格局、行业技术变化 关键事件、政府和社会评价、前员工回忆录
	搜狐科技	http://it.sohu.com/	
	新浪科技	https://tech.sina.com.cn/	
	通信世界 华为心声社区	http://www.cww.net.cn/ https://club.huawei.com/	
出版专著企业内刊	《华为研发》《任正非内部讲话》《华为三十年》《华为人》等		核心人物决策、关键事件 典型案例故事、相关人物专访

资料来源:作者自制。

效当时的先发企业——台湾芯片供应商联发科，为第三方厂商提供整体解决方案的商业模式。海思甚至提出了比联发科更加完整和便捷的方案。但是，当时的国内低端手机市场几乎完全被后者占据，K3V1甚至不能在最为底层的山寨机市场上获得用户。虽然K3V1被Babiken Vefone V1和Ciphone 5等几款山寨手机使用，但是这些小公司的设计能力和出货量非常有限，几乎无法帮助K3V1这款试验产品优化技术和降低成本。最终，K3V1被用户抛弃，几乎没有产生什么市场影响^[20]。市场失败意味着海思无法在主流市场之外找到一个能够支撑其成长的“边缘市场”。海思面临着抉择：是放弃没有市场的产品，还是继续坚持研发？在可以向高通和联发科购买更加便宜和成熟的产品时，有必要扶持技术落后和成本高昂的自主研发产品吗？

2. 第一次转折：构建“纵向一体化”模式和内部应用市场

在这种危机背景下，企业家的领导力和抱负水平发挥了决定性作用。由于在国际通信市场竞争中屡次遭遇到“芯片断供”和“专利起诉”的威胁，华为创始人任正非深刻地意识到必须自主掌握核心芯片技术。为了扶持海思K3芯片，任正非决定放弃最初“对外销售”的发展思路，转而选择“自产自销”，即以权威导向的组织内部市场替代价格导向的外部自由市场。于是，一种“纵向一体化”的发展模式在危机条件下被塑造出来。这被认为是海思移动处理器芯片发展史上的第一次转折。

2012年1月，在沉默4年之后，海思公司再次发布了K3系列的第二款应用处理器K3V2。任正非在2012年的内部会议上强调，海思是华为的一项长远战略投资，要在手机芯片投入“（每年）4亿美元和2万人”进行“强攻”，“海思一定要站立起来，适当减少对美国的依赖”^[19]。任正非不顾智能手机终端部门的质疑，从2012-2014年间坚持要求在中高端机型上使用K3V2芯片。这些机型包括华为D1、P2、D2和荣耀3等。而时任华为轮值CEO的徐直军更是亲自担任海思公司总裁，以保证整个集团在资金、人才和市场方面对移动处理器项目的持续支持。但是，当时的华为智能手机正处于培育品牌形象和提高产品

市场占有率的关键时期，而在中高端机型甚至旗舰机上使用未得到充分验证的K3V2芯片是一种风险极大的选择。

实际上，因为无法很好地平衡功耗、性能和制程工艺之间的关系，尤其是在GPU和制造工艺选择上的失误，K3V2在功耗、发热、软件兼容性、视频流畅度等方面频繁出现问题。这直接导致当时华为多款重点机型销售不如预期。华为手机终端部门不得不通过软件补丁和外观设计等来弥补芯片的硬件缺陷。很长一段时间内，K3V2在公司内部都备受诟病，其地位十分尴尬。而业内几乎没人看好这个选择。用华为终端业务部门董事长余承东后来的话说：“做芯片是很难的决定，因为开始做得很差，要放弃的话是亏损，要不用它的话，永远长不起来，要用它的话竞争力又很差”。

3. 创造成长机会：初代产品开发平台的战略意义

如果华为遵从“市场选择”的结果，那么海思在研发K3V1和K3V2两款不成功产品之后，可能不得不选择退出。不过，华为没有顺应彼时的市场压力，而是依靠内部需求坚持扶持落后的K3V2。实际上，对于当时的华为来说，使用内部行政手段来协调部门利益和资源配置成为唯一的方式。否则，其创新努力将难以持续。K3V2被华为手机使用了长达2年（2012-2014年）之久。这对于技术更新非常快速的芯片产品而言，是一种十分不利的表现。但对于弱小的K3芯片来说，内部需求为其提供了学习机会、测试市场(test market)和用户信息来源。相比于纯粹的市场交易关系，公司内部基于权威(authority)和信任的合作模式使得终端部门和芯片部门的互动反馈更加高效。

K3系列获得应用机会后的一个直接结果是，海思移动处理器芯片部门得以构筑起以市场为导向和持续迭代更新的产品开发平台。产品研发和市场开拓过程中形成的经验和知识正是在一代又一代产品开发平台中得以传承^{[7][9]}。K3系列是一个初代(first generation)产品开发平台，后续的多个处理器产品都是在这个平台基础上逐级演进出来的。初代产品开发平台的建立最为困难，因为经验最少、性能最差且用户市场最缺，这也是海思从2006年到2012年的6

年时间里竟然只开发了K3V1和K3V2这两款水平很差的芯片产品的原因。虽然K3V2使用的主要IP模块都是外购的,但即使是将这些成型的模块“组装”成能够稳定工作的产品,也绝不是简单的事情,更不用说自主研发其中的关键模块。同时,除了软硬件的整合和优化,还涉及到如何选择制程工艺的问题。总之,整个研发团队必须学会在性能、功耗、价格和上市等复杂因素之间寻求平衡。可以说,海思移动处理器部门花了6年时间去积累经验,华为集团则以企业组织内部的资源来支撑这一高风险的学习和成长过程。

(三)产品开发平台迭代、“挤压式发展”和技术能力成长

产品开发平台的建立只是意味着技术进步成为可能。而如果要在快速迭代的处理器芯片市场中赶超领先者,后发企业就必须以超越常规的抱负水平进行高强度学习和加速技术追赶,并且敢于在特定时间节点实施超越领先者的技术和投资行动,最终发展出影响技术轨道或主导设计的能力。同时,成百上千万美元的芯片设计和制造成本只有在数量可观的应用规模上才会得到合理的分摊,高技术产品才能够获得规模经济带来的低成本竞争优势。否则,在“赢者通吃”的市场环境中,后发企业将难以摆脱“技术落后—市场缺乏—成本高昂”的恶性循环。所以,2012年之后,海思移动处理器产品的整个发展过程依然充满不确定性,即使是华为领导层也不能保证海思能够快速发展出独立参与市场竞争的能力。

1. 第二次转折:全面加入主流技术竞争过程

2013年,在尚未完全解决功耗问题的前提下,海思决定在K3V2的平台基础上研发主流的系统级芯片(SoC)。之前的K3系列还只是独立的应用处理器芯片(尚未集成基带处理器),而只有掌握集成应用处理器和基带处理器等不同模块的SoC设计能力,才能够真正成为高端芯片生产厂商。2014年,海思首款SoC处理器产品麒麟(Kirin)910诞生。通过更换GPU和制程工艺,海思解决了困扰K3系列多年的兼容和发热问题。让竞争对手出乎意料的是,麒麟910竟然首次集成了自主研发的4G LTE基带处理器芯片巴龙710。这款支持LTE Cat.4的基带芯片比竞争

对手高通领先一年发布,而联发科等还尚未掌握基带技术。麒麟(Kirin)910的诞生意味着海思度过了自2008年以来最为艰难的阶段,麒麟处理器芯片终于达到了“稳定够用”的水平。这被认为是海思移动处理器发展史上的第二次转折。

虽然相比于高通和联发科来说,海思的差距依然十分明显,但是从K3系列到麒麟(Kirin)910系列,海思完成的最大突破在于开始掌握吸收能力和集成能力,即识别、选择和整合新技术的能力。这是企业参与主流技术竞争的基础。移动处理器芯片的技术进步本质上是在保持低功耗性能的基础上不断吸收和整合各类新技术的过程。所以,谁能够持续快速地设计出功耗越低、性能越好和功能越实用的产品,谁就更能够在市场获胜。从2014年开始,海思麒麟芯片开始紧跟主流技术变化步伐,并迎来了一个快速迭代产品和提升能力的历史阶段。

2.“挤压式发展”:产品开发和能力成长的互动升级

2014年到2016年是华为手机迅猛发展的三年,华为智能手机的全球市场份额从2014年的6.2%上升到2016年的9.6%,居于全球第3位和中国第1位。这也是海思麒麟处理器芯片迭代更新最频繁的阶段。得益于华为手机部门提供的大规模应用载体,麒麟芯片进行了快速的产品迭代和大规模的市场应用,相继推出多达12款处理器产品,包括(Kirin)910、920、930、620、950、960等型号(见表2)。到2016年8月,麒麟处理器芯片累计出货量已经超过1亿颗。

那么,为什么要进行如此快速和频繁的迭代?这是因为,作为后发者的海思如果要完成赶超,就必须在短时间内走完领先者曾经走过的路。这是一个高强度的学习、试错和获取经验的过程,经验的获得往往不存在捷径,学习强度在很大程度上决定着技术进步的速度。而快速的产品迭代则意味着产品开发平台的演进和背后技术能力的提升。表3表明,海思麒麟芯片在大量应用的过程中,一方面快速补齐原本自身并不掌握的核心技术;另一方面,敢于首先采用行业领先甚至没有的技术,比如:自主基带芯片、指纹安全技术、CDMA基带技术等。最终,历经3年多的“挤压式发展”(compressed development),到

2016年10月麒麟960发布时,海思麒麟已经基本追上了行业水平,即能够提供和主流竞争对手性能水平相当的产品。

3. 第三次转折:从跟随到引领

随着麒麟(Kirin)970(2017年9月)和980(2018年9月)的发布,海思开始影响甚至是引领世界移动处理器芯片技术轨道和主导设计的变化方向。最具代表

性的是,麒麟970和980挑战了以CPU、GPU和DSP为核心的传统芯片计算架构,在业内首次推出集成神经网络处理引擎的人工智能移动计算结构,以支持潜力巨大的深度学习场景。在这之前,备受期待的人工智能技术还主要用于计算机、服务器等大型云端设备,而海思首先将这一新兴技术应用在低功耗要求严格的消费级移动终端产品上。这为“智能

表2 2008-2018年历代海思麒麟处理器芯片产品主要技术指标

产品	发布时间	中央处理器	主频	通信速率	应用机型
K3V1	2008	1*ARM9E	800Mhz	—	Ciphone5山寨机
K3V2	2012	4*A9	1.5Ghz	—	D2/P2/MATE1/P6
Kirin910	2014.3	4*A9	1.6Ghz	LTECat.4	P6S/MATE2
Kirin920	2014.6	4*A15+4*A7	1.7+1.3Ghz	LTECat.6	荣耀6
Kirin925	2014.9	4*A15+4*A7	1.8Ghz	LTECat.6	Mate7/荣耀6Plua
Kirin928	2014.10	4*A15+4*A7	2Ghz	LTECat.6	荣耀6至尊版
Kirin620	2014.12	4*A15+4*A15	1.2Ghz	LTECat.4	荣耀4X/4C/5A
Kirin930	2015.3	4*A53+4*A53	2.0+1.5Ghz	LTECat.6	荣耀X2/M2平板
Kirin935	2015.3	4*A53+4*A53	2.2+1.5Ghz	LTECat.6	P8高配/荣耀7
Kirin950	2015.11	4*A72+4*A53	2.3+1.8Ghz	LTECat6	Mate8/荣耀8/V8
Kirin955	2016.4	4*A72+4*A53	2.5+1.8Ghz	LTECat6	P9/荣耀note8
Kirin650	2016.5	4*A53+4*A53	2.0+1.7Ghz	LTECat.7	荣耀5C/G9
Kirin960	2016.10	4*A73+4*A53	2.4+1.48Ghz	LTECat.12/13	Mate9/P10/荣耀9
Kirin965	2017.5	4*A73+4*A53	2.4+1.8Ghz	LTECat.12/13	Magic1/P9plus
Kirin970	2017.9	4*A73+4*A53	2.4+1.8Ghz	LTECat18	Mate10/荣耀V10
Kirin980	2018.9	4*A77+4*A55	2.8+1.9Ghz	LTECat21	Mate20/Magic2

资料来源:根据海思半导体官网和历年华为产品发布会公开资料整理。

表3 2008-2018年海思麒麟产品开发平台和技术能力成长

技术产品	CPU	GPU	基带	协处理器	ISP	DSP	全网通	安全技术	人工智能	制程工艺
K3V1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	180纳米
K3V2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	40纳米
910系列	··	··	···	·	·	·	·	·	·	28纳米
920系列	··	··	···	···	·	··	·	·	·	28纳米
620系列	··	··	···	···	·	··	·	···	·	28纳米
930系列	··	··	···	···	·	···	·	···	·	28纳米
950系列	··	··	···	···	···	···	·	···	·	16纳米
650系列	··	··	···	···	···	···	···	···	·	16纳米
960系列	··	··	···	···	···	···	···	···	··	16纳米
970系列	··	··	···	···	···	···	···	···	···	10纳米
980系列	··	··	···	···	···	···	···	···	···	7纳米

注:·表示不掌握自主技术,··表示部分掌握自主技术,···表示完全掌握自主技术;资料来源:根据海思半导体官网和历年华为产品发布会公开资料整理。

手机”向“智慧手机(intelligent phone)”的发展开辟了道路。目前,高通和三星等曾经的领先者也都开始仿效海思的技术路线。这被认为是海思移动处理器芯片发展史上的第三次转折,也代表了历经12年发展的海思最终完成从落后跟随到并行甚至领先的历史性转变。

(四)体系竞争力和差异化核心能力的构建

为什么海思建立产品开发平台之后就能够实现持续和快速赶超?难道只要后来者敢于投入和冒险就能够成功吗?显然不是。其实在移动处理器芯片发展史上,几乎找不出第二家像华为海思那样实现赶超的后发企业。而且,历史上有很多比华为资金和技术基础更雄厚的知名芯片厂商,都因为无法适应芯片领域“高昂投入、大规模应用和快速迭代”的竞争规则而陆续退出。那么,海思麒麟为什么能够适应上述竞争规则?如果要完整解释海思的成功,还必须跳出海思麒麟芯片自身的技术进步过程,而上升到华为的智能手机发展战略和通信产品体系层面。

在全球移动处理器芯片市场中,海思麒麟的发展模式最为特殊。区别于高通和联发科等芯片供应商,海思采取的是“手机终端+处理器芯片”纵向一体化模式;同时又不同于苹果和三星等单纯的纵向一体化企业,麒麟芯片还嵌入到华为庞大的通信终端产品体系中。所以,海思麒麟处理器其实是在华为通信产品体系的保护之下“孵化”出来的新产品。麒麟芯片从商业化开始就享受着一种独有的体系竞争力,即在华为通信产品体系内部积累形成的,以无线通信技术为核心的,包括人才、资金、品牌和营销等在内的“互补性资源基础”(complementary resource base)。这种基于体系而产生的资源基础,一方面使得华为可以容忍麒麟芯片一定时期的落后和昂贵,另一方面为麒麟芯片快速发展出差异化核心能力提供了条件和动力。具体可以从以下两点展开分析:

1. 手机终端和处理器芯片的协同发展

海思麒麟并没有选择“先切入低端市场、后谋求进入高端”的边缘竞争战略,而几乎从一开始就把自己定位为和高通竞争的中高端产品。这很大原因在于其能够搭载在华为的中高端机型上。麒麟芯片不

是对标和跟随领先者技术指标,而是根据华为中高端手机发展战略和手机性能要求来进行自主研发。华为是世界上除了苹果和三星之外,中国唯一同时进行移动处理器芯片和手机终端产品设计开发的企业,其芯片和终端产品在技术演进路线上可以相互支持和协作。因为受外部技术和市场需求的制约较少,所以麒麟芯片在研发节奏、产品创新和性能配置上具有更大的自主权。华为手机可以通过屏幕、通信、外观等其他局部优势带动终端产品的销售,从而带动较为落后的麒麟芯片的大规模应用和迭代。这最终塑造和支撑了麒麟芯片的中高端品牌形象。可以说,2015年之前的华为是冒着在中高端手机市场上失利的巨大风险大量使用不成熟的麒麟芯片。这种发展模式明显区别于艰难冲击中高端市场、但几乎失败的联发科。联发科研发的多款芯片(如Helio X20)都具备冲击高端的技术潜力,但是总是被小米和魅族等手机厂商搭载在中低端机型上。结果,联发科从山寨机时代积累形成的“低端廉价”品牌形象最终被上述专注性价比竞争的手机终端厂商所固化。

2. 通信技术基础和体系竞争力优势

作为全球最大的通信设备制造企业之一,华为积累了深厚的通信核心技术和专利。因此,虽然海思在CPU和GPU性能上长期不如高通,但是在通信基带技术上从一开始就可以和高通相竞争。结果,通信技术逐渐演变为麒麟芯片的差异化核心竞争力。事实上,无论手机操作系统和外观等如何变化,通信能力都构成了手机的基础。其中,通信基带的技术水平决定了手机通话质量好、网速快慢和信号强弱。只有能够支持更多网络制式和更高通信速率的芯片产品,才能在市场上立于不败之地。从2014年世界开始进入4G时代后,几乎只有高通和华为两个企业的产品能够支持全球所有的6种移动网络制式及40多个网络频段。因此,海思能够很早就分别在麒麟910和麒麟920上分别集成自主研发的4G基带芯片巴龙710和巴龙720。之后推出的巴龙750、巴龙765和巴龙5000都持续引领世界通信工业的技术变化方向。其中尤为关键的是2016年发布的麒麟960首次集成自主研发的16纳米CDMA基带,绕过

了高通强大的专利壁垒。之前由于与高通的竞争关系,海思长期只能使用落后的55纳米CDMA基带。这导致手机功耗大且兼容性差。而这一突破使得海思开始完全掌握处理器芯片发展的主导权。对比竞争对手,苹果和联发科都曾经在基带芯片的供货和专利费用上受制于高通。而早年退出移动处理器市场的其他企业,其失败的重要原因之一也都是因为无法在通信基带技术上持续突破。再进一步上升到更大的产品体系层面,海思还享受着其他芯片供应商所共同缺乏的体系竞争力优势。华为在全球范围内搭建了庞大的通信网络基础设施和产品体系,包括网络、基站、路由器、移动终端等。上述产品共享着以芯片为载体的数据处理技术和数据传输技术,因而在技术上具有类似性或互补性。同时,这些产品在技术、标准、品牌、营销等方面相互支持,构成了覆盖产业链上下游的互补性资产(complementary asset)^[21]。结果,得益于华为集团整体上提供的体系竞争力,搭载麒麟芯片的华为智能手机在语音通话质量、数据传输、网络适配和国际漫游等方面比竞争对手表现更好,并且很早打入了包括欧洲在内的国际市场。

五、结论和建议

(一)研究结论

基于海思麒麟处理器12年发展史的案例研究,本文展示了在寡头垄断和竞争全球化的半导体工业中,后发企业打破“后进者困境”的过程。本文研究结论包括:第一,华为集团正确的后发战略、超高的抱负水平和强大的通信体系竞争力,是支撑落后的海思完成赶超的根本原因,其中“手机终端+核心芯片”的纵向一体化发展模式直接为麒麟芯片提供了持续的应用机会和进步动力。第二,华为海思这种以“纵向一体化”和“内部行政协调”模式替代纯粹外部市场交易的发展战略并不是事先计划好的,而是基于市场竞争经验而逐步形成的,即在模仿领先者战略和进入山寨机市场失败后做出的战略转型。第三,海思的追赶路径有其特殊性,因为它背靠华为这个技术实力雄厚的通信巨头。所以,海思处理器的崛起代表的是一个在位企业以独特的战略选择和组织安排,在新的细分市场中培育新技术和产品的结果。

(二)政策建议

1. 为暂时落后的本土技术和产品创造应用机会

海思移动处理器芯片案例表明,半导体工业首先急需解决的关键问题不应该是技术落后和资金不足,而是如何在技术暂时落后的阶段获得稳定的应用市场和改进机会,从而在竞争过程中发展出适应激烈竞争条件的动态能力。在半导体行业竞争中,后发者必须进行高强度的技术学习和追赶,同时能够忍受一定时期的落后和亏损状态。这个长期过程以产品开发和市场应用的互动为基础,最终目的是在应用过程中发展出差异化竞争优势。而技术“先进”或“落后”不是由技术最初水平所决定,而是取决于技术后期的改进速度和发展潜力,最终结果由市场和用户决定。所以,如何解决“落后技术的市场应用困境”问题是产业政策需要首先解决的问题,否则大量的投入只会浪费。

2. 放弃跟随策略和坚持在应用过程中自主创新

在当前的世界半导体工业中,后发企业要么放弃竞争,要么只能采取跟随策略。21世纪初以来中国政府虽然投入巨资扶持本土半导体行业,但都把“对标国外指标、缩小技术差距”作为最重要的评判标准。结果,越是对标国际领先技术,就越是无法达到领先者水平,也越是难以获得主流用户。最终,每年产生的大量所谓的“突破性”成果,却只能作为样品而存在,从来没有机会进入到市场应用和竞争的过程中去,也就失去了技术改进和进步的可能性。海思麒麟的案例表明,即使不得不接受领先者奠定的竞争规则和技术标准,后发企业也依旧有机会发展出差异化竞争优势。华为海思显然无法撼动从2007年以来由ARM和谷歌奠定的国际移动处理器芯片架构。但是,海思既没有顺从市场力量,也没有跟随主导企业的技术路线,而是基于自身对市场需求变化的认知,敢于领先业界其他企业,在通话质量、通信安全和拍照等领域引入创新性技术。结果,海思芯片在一些技术指标依然落后于领先者的同时,却在另外一些影响消费者体验的技术维度上具有竞争优势。总之,本土半导体企业应该敢于放弃跟随策略,充分利用自身比国外企业更了解中国市场的优势,在应用过程中发展出自己的独特优势。

3. 有战略地运用本土市场和企业掌握的“市场权力”

经过改革开放40余年的发展,中国已经在下游终端产品领域(如国家电脑和智能手机)掌握了庞大的市场份额,而发达国家企业则选择退守上游核心技术领域。表面上看,中国企业在上游半导体技术上受制于人。但其实,作为国际大用户(big buyer),掌控终端应用产品市场和下游消费市场的中国企业也获得了一种潜在的、可被利用的“市场权力”(market power),因为如果失去市场,任何“先进”的技术就都会死亡;而如果能够获得稳定的市场,那么“暂时落后”的技术仍然有可能成长起来。所以,中国企业广泛掌握的市场权力在得到有组织和有策略的运用之后,就能够成为扶持本土上游核心技术和器件发展的战略性资源。从微观企业层面来说,如果在半导体产品需求量大的行业中,有一批类似华为的企业开始敢于通过庞大的内部需求市场来支持自主芯片研发,就有可能摆脱发达国家领先企业的控制。比如,轨道交通领域的中车集团和新能源汽车领域的比亚迪公司都已经进入功率半导体芯片研发制造领域,这就是上述模式的代表。从国家宏观层面来说,如果能够促成本土领先的终端应用产品企业和本土兴起的核心器件企业形成战略合作联盟,就有可能为暂时落后的本土上游核心技术提供成长的机会和条件。总之,中国的政府和企业应该善于有战略地运用本土市场形成的“购买力”优势。

参考文献:

- [1]张睿,钱省三.比较优势发展战略与中国半导体产业的发展[J].科学学研究,2005,(z1).
- [2]陈玲,薛澜.中国高技术产业在国际分工中的地位及产业升级:以集成电路产业为例[J].中国软科学,2010,(6).
- [3]刘雯,马晓辉,刘武.中国大陆集成电路产业发展态势与建议[J].中国软科学,2015,(11).
- [4]路风.走向自主创新:寻求中国力量的源泉[M].桂林:广西师范大学出版社,2006.
- [5]Kim L.. Building Technological Capability for Industrialization: Analytical Frameworks and Korea's Experience[J].Industrial & Corporate Change, 1999, 8(1): 111-136.

- [6]Tushman M. L., Anderson P.. Technological Discontinuities and Organizational Environments[J]. Administrative Science Quarterly, 1986, 31(3): 439-465.
- [7]路风.论产品开发平台[J].管理世界,2018,(8).
- [8]Mowery D. C., Nelson R. R.. Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries[J].Research Policy, 2001, 30(8): 1350-1352.
- [9]Zollo M., Winter S. G.. Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities[J].Organization Science, 2002, 13(3): 339-351.
- [10]路风,封凯栋.为什么自主开发是学习外国技术的最佳途径?——以日韩两国汽车工业发展经验为例[J].中国软科学,2004,(4).
- [11]路风,慕玲.本土创新、能力发展和竞争优势——中国激光视盘播放机工业的发展及其对政府作用的政策含义[J].管理世界,2003,(12).
- [12]Rosenberg N.. Uncertainty and Technological Change. In Landau, Ralph, Timothy Taylor, Gavin Wright, eds., The Mosaic of Economic Growth[M].Stanford: Stanford University Press, 1997.
- [13]Dosi G.. Technological Paradigms and Technological Trajectories[J].Research Policy, 1982, 11(3): 147-162.
- [14]Christensen C. M., Rosenbloom R. S.. Explaining the Attacker's Advantage: Technological Paradigms, Organizational Dynamics, and the Value Network[J].Research Policy, 1995, 24(2): 233-257.
- [15]Gerschenkron A.. Economic Backwardness in Historical Perspective[M].Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1962.
- [16]路风.光变:一个企业及其工业史[M].北京:当代中国出版社,2016.
- [17]Hamel G., Prahalad C. K.. Strategic Intent: To Revitalize Corporate Performance, We Need a Whole New Model of Strategy[J].Harvard Business Review, 1989, 67(3): 63-76.
- [18]Yin R. K.. Case Study Research Design and Methods[J].Journal of Advanced Nursing, 2010, 44(1): 108-108.
- [19]张利华.华为研发(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2013.
- [20]杨海峰.麒麟创世纪:海思是怎样炼成的[J].通信世界,2014,(16).
- [21]Teece D. J.. Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy[J].Research Policy, 1986, 15(6): 285-305.