

再探 SEMATECH： 政府与企业合作促进产业发展的成功因素及启示

樊春良¹, 杨 佳^{1,2}

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190;
2. 中国科学院大学公共政策与管理学院, 北京 100049)

摘要: 美国半导体制造技术联盟(SEMATECH)是国际上政府与企业合作促进产业发展的著名成功案例,在企业的创新型合作组织、政府对产业技术的支持以及联合攻克产业关键技术等方面,都有很多经验值得研究和借鉴。基于美国学术界和政策界对SEMATECH的系统研究成果,从SEMATECH建立的动力、政府与产业界的关系、组织与活动及成就和贡献等4个方面对SEMATECH进行深入探讨,提出可供中国借鉴的经验和启示。

关键词: 美国半导体制造技术联盟; 产业共性技术; 政府与企业关系; 技术联盟

中图分类号: F4 文献标识码: A 文章编号: 1005-0566(2024)07-0037-12

Revisiting SEMATECH: Successful factors and enlightenment of cooperation between government and enterprises to promote industrial technology development

FAN Chunliang¹, YANG Jia^{1,2}

(1. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;*
2. *School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: The United States Semiconductor Manufacturing Technology consortium (SEMATECH) is a famous successful case of cooperation between government and enterprises to promote industrial technology development in the world. In the government's support for industrial technology and joint develop industry key technology, there are a lot of experience worth studying and learning from it. Based on the systematic research results of SEMATECH in American academic and policy circles, this paper makes an in-depth discussion on SEMATECH from four aspects: the driving force of SEMATECH's establishment, the relationship between government and industry, its organization, activities, achievements and contributions, and puts forward the lesson and inspiration for China to learn from.

Key words: american semiconductor manufacturing technology consortium; industrial generic technology; government and business relations; technical consortium

在当前新的国际竞争形势和国家新的发展需求下,针对国家重要产业发展的关键问题和薄弱环节,组织各方优势科技资源联合攻关,提

高创新链的整体效能,发展新质生产力,是我国科技创新发展的一项重要任务。为此,需要研究创新型企业通过合作推进产业发展的规

收稿日期:2024-03-31 修回日期:2024-04-26

作者简介:樊春良(1963—),男,内蒙古包头人,中国科学院科技战略咨询研究院研究员,研究方向为科技政策。

律,借鉴国际上的成功经验。在这方面,美国半导体制造技术联盟(Semiconductor Manufacturing Technology Consortium, SEMATECH, 以下简称 SEMATECH)是国际上一个著名的成功案例,被国内外科技界广为引用。SEMATECH 是 1987 年成立的由美国 14 家半导体公司组成的半导体制造技术联盟,得到了美国政府的支持,目标是在半导体先进技术方面赶上日本。1992 年,美国重新夺回自 1986 年以来失去的世界半导体市场的领先地位,美国内外都公认 SEMATECH 作出了重大的贡献^[1]。SEMATECH 是美国主要的半导体公司与政府合作的成果,“当时它被认为代表了美国产业政策的新方向”^[2]。1992 年,克林顿政府提出的旨在提高美国制造业竞争力的技术倡议中,把 SEMATECH 作为“政府—工业界合作的样板”^[3],类似地由行业主导的联盟开始在其他领域提出或建立。之后,SEMATECH 也是美国面对新挑战时采取新措施的经验借鉴。2022 年发布的《美国科学与芯片法案》提出建立国家半导体中心,SEMATECH 可以为之发展提供一些经验和借鉴^[4]。在企业的创新合作组织、政府对产业技术的支持以及联合攻克产业关键技术等方面,SEMATECH 都有很多经验值得研究和借鉴。

SEMATECH 设想于 1986 年,成立于 1987 年,1988 年在德克萨斯州的奥斯汀正式运行。SEMATECH 得到了美国国防部的支持。1996 年,在明确美国已经重新获得技术和市场领先地位的形势下,SEMATECH 董事会决定退出联邦政府的支持,回到企业健康发展之中,作为企业联合体,继续为成员公司服务。1997 年,SEMATECH 与国外公司合作,开始国际化进程。1999 年,SEMATECH 第一次给与 5 个非美国成员以全会员资格,成为全球化公司联盟。2015 年,随着几家大公司离去,SEMATECH 失去独立联盟位置,被纳入纽约州立大学理工学院。

国内学术界和政策界对 SEMATECH 十分重视,在各种政策类软科学研究报告中采用 SEMATECH 案例不在少数,在某些专著中也有讨论此案例。在

学术论文方面,根据对中国知网的检索(截至 2024 年 3 月 31 日),SEMATECH 的相关论文有 10 篇^[5-14]。主要研究包括:SEMATECH 建立、组织结构和所取得的成绩^[5],SEMATECH 对美国产业转变的影响^[6],产业技术创新联盟中的政府行为^[7],关键核心技术攻关中的政府角色^[8],技术创新联盟与产业共性技术供给^[9-11],美国产业复兴的举措^[12],官产学研创新网络的合作机制^[13]以及新型研究机构的创建与运营^[14]。但现有的研究存在以下几方面的不足:在方法论上,注重把 SEMATECH 作为例子来说明某些道理或作为支撑证据,而对 SEMATECH 自身的逻辑和发展探讨不足;在研究内容方面,对 SEMATECH 合作的动力、机制、研究议程和组织结构及其与技术发展之间的关系探讨不足;在研究基础材料方面,对国际学术界的研究成果消化、吸收和利用不足,缺乏系统的认识。

本文基于美国学术界和政策界对 SEMATECH 系统的研究成果,从建立的动力、政府与产业界的关系、组织与活动及成就和贡献等 4 个方面对 SEMATECH 进行深入探讨,提出可供中国借鉴的经验和启示。

一、研究问题和研究方法

(一)背景

半导体技术和产业是美国的发明,从晶体管和集成电路的发明、制造设备的发明到市场的发展几乎完全是美国的现象。在 20 世纪 70 年代初,当世界半导体产业市场总值不到 50 亿美元时,美国占据了 70% 的市场份额。美国在半导体领域的主导地位帮助其在大多数电子应用领域获得领先地位,包括计算机、通信以及消费类电子产品。然而,自 20 世纪 70 年代末开始,美国的统治地位受到挑战。1986 年,美国在世界半导体市场统治地位被日本超过^[2],日本发展成美国强大的全球经济竞争对手。这种形势让美国半导体行业感到前所未有的威胁,美国政府也开始担心半导体产业的下滑对美国的军事和经济安全造成不利的影响。

1987 年 SEMATECH 的建立是通过建立研发联盟增强竞争力以应对美国半导体行业业绩下滑的一

个典型措施,是在技术发展领域政府与企业合作的一个“国家创业主义(national entrepreneurialism)的试验”^[15],它创造了新的合作范式,实现了竞争对手之间相互横向合作、制造商与供应商的纵向合作以及与国家实验室和学术界的广泛合作。

在此之前,美国半导体行业遵循自由市场竞争法则,而且《反垄断法》禁止企业合作,企业之间的合作是罕见的。一方面,在这种激烈的竞争行业内极其注重知识产权保护,使互相竞争的芯片制造商之间的合作非常困难;另一方面,在整个芯片产业内部,上游企业力图通过降低制造设备的成本来获得更大利润,使得芯片制造商与设备供应商之间的合作异常困难。

在政府与产业的关系方面,政府通过军事项目对半导体产业的早期发展提供了支持,但1980年国防部资助的旨在促进军民两用技术互动的超高速集成电路项目(VHSIC)并没有取得预想的效果^[3],政府如何支持企业合作仍是一个新的课题。而企业对政府支持充满疑虑,担心政府资助的项目可能会扭曲行业,偏向大公司,增加税收,削弱其独立性精神。

在此背景下,企业间开展合作需要突破障碍,而且在合作建立之后,如何保证不同规模、不同技术特点的企业的投入都可以获得适当的效益,如何保证企业合作的持续成功,仍然不是明晰的。

(二)研究内容和研究视角

SEMATECH的演化和发展历程包括复杂的国际因素、经济因素以及人的因素。合作如何开始的和建立的是探讨SEMATECH发展的逻辑起点,在市场经济下政府与企业的关系是SEMATECH建立和发展的框架,联盟的使命、研究议程与组织结构与活动是SEMATECH的核心内容,因此本文研究视角和研究内容包括:从历史演化的角度看SEMATECH建立过程中环境与行为主体的互动和作用;从政府与产业的关系看政府在SEMATECH中所起的作用;从组织使命、结构和行为看SEMATECH的绩效表现以及在促进半导体产业发展中所起的作用。

(三)研究问题

本文的研究问题是相互竞争的企业如何开展合作?企业合作取得了什么样的成功?合作成功的因素是什么?

具体来说,有以下4个问题:SEMATECH是如何建立的?政府在SEMATECH建立和发展中起到什么样的作用?SEMATECH的目标和活动如何保证其目标实现?SEMATECH取得什么样的成功,成功的因素是什么?

(四)研究方法

本文基于文献分析方法,文献包括美国学术界、智库和政府对于SEMATECH的研究文献,主要有研究人员的学术论文、美国国家科学院等学术团体的研究和研讨会的成果、美国国会研究服务部等智库的研究报告、美国政府问责局给国会的报告和国防部行政办公室的报告等。

二、SEMATECH建立的动力和过程

(一)长期的关系促进合作

在SEMATECH成立之前,在美国半导体领域内已产生了几大关键的行业协会,为后来的SEMATECH提供了便利、支持与经验。1971年,美国半导体设备制造行业成立了自己的行业协会——半导体设备和材料研究协会(SEMI),并吸收国际设备制造商加入。1977年,半导体行业协会(SIA)成立,其目的是为应对日本竞争挑战,建立行业交流平台,并为游说贸易制裁发出声音。截止到1985年,SIA有48家会员公司,总收入超过1000亿美元。SIA收集了更广泛的行业量化绩效数据等客观统计资料,有利于行业内发出统一而坚定的政治声音,进行贸易制裁游说和法律保护游说。1984年,SIA游说帮助通过了《合作研究法》^[3]。SIA主要的措施在交流,合作仍然受到限制。

(二)紧迫的国内外形势促进合作:两份报告

对SEMATECH的成立起直接刺激作用的是半导体行业内的分析报告和国防部国防科学委员会(DSB)的调查报告。

1986年2月,半导体行业巨头IBM副总裁Sandy Kane提出了一份关于半导体行业的全面型分

析报告(包括财务、制造能力、资本投资以及材料和设备制造商等在内的行业全景),以醒目的“讣告”字眼,对美国半导体行业可能在不久将来衰落的前景提出警示,引起行业领导人的共鸣和反响。SIA 也召开多次会议讨论应对挑战。在激烈的讨论中,美国半导体界都认识到创建一个制造技术联盟不仅是重要的、而且是必须的,并成立工作组研究制定制造联盟的组织计划。10 月的一次会议提出了联盟的名称——SEMATECH (Semiconductor Manufacturing Technology)。

同时,DSB 成立工作小组,研究半导体军事技术与商业技术的关系。1987 年,DSB 工作组的一份报告指出,美国半导体公司在大批量制造工艺技术方面落后了,对国家安全产生了重要的影响。他们建议建立一个由政府和企业共同资助的半导体制造技术研究所。

两组报告分别从行业和国防的角度为美国半导体行业发展敲响了警钟,提出了十分相似的建议。DSB 把政府的角色带到产业联盟中。

1987 年 3 月,在充分论证的基础上,SIA 董事会批准建立 SEMATECH,每年预算 2 亿美元,一半来自会员公司,一半希望来自联邦政府。DSB 的报告得到国防部长的大力支持,又在国会和政府其他部门获得广泛的支持。

(三)破除合作的环境障碍,解决合作的关键问题

联盟的建立以及实际运行面临着内外挑战。首先面临的外部挑战是《反垄断法》的限制。1984 年的《合作研究法》免除了研发联盟的反垄断处罚,但它并没有免除对制造或联合生产计划的处罚。由于司法部的积极态度,最终制定了新的修正案,使 SEMATECH 成为第一个受到《合作研究法》反垄断保护的美国制造业联盟。作为一家非营利性公司,SEMATECH 被允许在晶圆厂生产其非销售制造示范芯片,这些过程仍然是竞争前的。

从企业内部来说,受到相关知识产权的制约,且由于成员企业间的异质性存在着难以协调的困境以及信息泄露和安全问题,而且合作开发的经济性存在不确定性,合作本来缺乏动力。然而,在

“即将到来的死亡的幽灵”危机下,各参与企业通过签署参与者协议解决这些问题,在谈判过程中克服分歧,对财政和法律问题努力达成一致。政府部门的支持,扫清了企业内部的合作障碍。

(四)《黑皮书》规划了合作目标和形式

1987 年 5 月,SEMATECH 运营计划编写完成,并获董事会的批准,它被称为《黑皮书》。《黑皮书》概述了 SEMATECH 的目标以及实现目标的组织、业务和技术战略,提出了三阶段目标以及实现三个预期阶段的技术路线图:第一阶段实现 0.8 微米特征线宽技术,第二阶段实现 0.5 微米,第三阶段实现 0.35 微米,并专门使用美国设备来实现。《黑皮书》对这些阶段性目标分配了 5 年的联邦预算期限。一旦头 5 年目标实现,再为 10 年拟订另外两个阶段计划^[3]。

《黑皮书》决议包括一个成员捐款公式,以半导体销售额的 1% 计算,最低 100 万美元,最多 15%。联盟的成员公司保证提供 150 万美元的启动资金。《黑皮书》提出两项重要任务,在研究型大学建立 SEMATECH 卓越中心,建立一个由行业专家组成的咨询委员会的外围系统,为联盟的管理层提供咨询,并协助利用外部资源^[3]。《黑皮书》明确指出,不仅要包括芯片制造商,还要包括该行业基础设施的供应商。

在 SEMATECH 提出和形成期间,SEMI 的领导人认识到与制造商合作的重要性。1987 年夏天,SEMI 的美国部分以 SEMI/SEMATECH 为名,加入 SEMATECH。1987 年 6 月中旬,SEMI/SEMATECH 在 SEMATECH 董事会中获得了一个席位,设备和材料供应商的纵向联合成为芯片制造商横向联盟的一个组成部分。SEMI/SEMATECH 参与的可见度为该联盟的声明提供了可信度,即它旨在为整个行业服务,而不仅仅是少数公司。

《黑皮书》建议成立寻找 CEO 小组和选址委员会小组。

(五)通过研讨会和路线图解决分歧

尽管黑皮书制订完毕,但协作的组织结构仍然需要构建,并且必须反映在参与协议中,以便成员在支付会费并对组织作出承诺时签署。还需要

解决的问题包括法律权利和义务、知识产权和专利,以及参与 SEMATECH 项目的成员公司和供应商参与联盟发展的机会。SEMATECH 通过技术规划研讨会在这方面发挥了建设性的作用。

从 1987 年 6 月的蒙特雷研讨会开始,创业团队在指导委员会的指导下,组织了一系列这样的聚会。IBM 的 Obi Oberai 在第一次研讨会上提出了路线图思想——通过收集各部门的信息协调各部门。路线图的价值在于,它向成员公司的领导们展示了他们如何在没有完全共识的情况下在部分层面也能进行有益的合作。路线图并没有解决他们所有的分歧,但它把他们纳入了一个可能合作的模式^[3]。研讨会公开举行标志着合作的新时代的到来。

(六)合作目标的演化 联盟正式运行

SEMATECH 成立之初,半导体行业和 DSB 工作组都致力于让美国重新生产日本一直有效出口的主要存储芯片 DRAM。到 1987 年秋天,SEMATECH 的目标开始向提高制造业的整体竞争力转移,这预示着 SEMATECH 在发展过程中会发生许多适应性变化。

1987 年 12 月底,美国国会通过了国防拨款 A

授权,其中包括为 SEMATECH 提供 1 亿美元。法案由里根总统签署成为法律。一周后,国防部批准选址委员会的选址审定程序和标准。1988 年 1 月 6 日,奥斯汀从 34 个州的 134 份申请中胜出,被选为 SEMATECH 的家。1988 年 2 月,占美国全国半导体力量 80% 的 14 家成员公司开始投入会费,SEMAETCH 正式运行。

(七)强有力的领导带动合作的起飞

SEMATECH 的 CEO 人选要求很高。领导者必须是业内受人尊敬的、有创造力的科学家和值得信赖的企业领导者,同时在华盛顿的政治舞台上也被认可为具有能力和远见的人。1988 年,英特尔总裁罗伯特·诺伊斯终于同意担任 SEMATECH 的 CEO。诺伊斯不仅作为集成电路的共同发明者而闻名,还是硅谷早期的企业家之一,创办了仙童半导体公司和帮助创立了英特尔公司。诺伊斯是创新企业家精神的缩影,他被称为“硅谷市长”。诺伊斯担任 CEO 极大地鼓舞了各合作公司参与人员的士气。在他到来之前,SEMATECH 没有人能就联盟该做什么达成一致。诺伊斯上任几个月后,使命就明确了^[15]。他建立了新的领导团队,带领公司走向成长^[3]。

表 1 SEMATECH 的创始成员公司

公司英文名称	公司中文名称	合作议程方向	公司类型	关系走向	合作界面
Advanced Micro Devices	先进微器件公司(AMD)	支持设备改进	大企业	均面临高风险,高度相互依存,由竞争关系向合作关系转变	SEMATECH 参与协议
AT&T	美国电报电话公司	基础工艺技术研究	大企业		
Digital Equipment Corporation	美国数字设备公司(DEC)	支持设备改进	大企业		
Harris Corporation	哈里斯公司	柔性制造	军事承包商		
Hewlett-Packard Company	惠普公司(HP)	基础工艺技术研究	小企业		
Intel Corporation	英特尔公司(Intel)	支持设备改进	大企业		
IBM	国际商业机器公司	支持设备改进	大企业		
LSI Logic	美国 LSI 逻辑服务公司	基础工艺技术研究	小企业		
Micron Technology	美国镁光公司	基础工艺技术研究	小企业		
Motorola	摩托罗拉公司	支持设备改进	大企业		
National Semiconductor	美国国家半导体公司	支持设备改进	大企业		
NCR	国家收银机公司	基础工艺技术研究	小企业		
Rockwell International	罗克维尔国际公司	柔性制造	军事承包商		
Texas Instruments	德州仪器公司	混合	大企业/军事承包商		

来源:根据相关资料整理。
注:LSI Logic 于 1990 年、Micron Technology 和 Harris Corporation 于 1992 年退出 SEMATECH。

三、SEMATECH 中政府与产业的关系

SEMATECH 是企业促动和主导的联盟,政府提供了政策和资金支持,但在联盟中占据一个没有投票权的位置。各企业既希望政府的支持,又不希望政府干预。政府对联盟给予了支持,又给

了联盟适当的自主权。

(一)国防部成为联盟的伙伴

在一开始讨论政府介入产业联盟的形式时,美国政府内部就存在不同意见。有意见认为,不应该让政府的政策干涉企业的创造力。在基本

达成一致支持意见后,对由哪个政府部门支持也有不同的意见。有人认为国防部的官僚体制不适合支持产业联盟,商务部反而更适合。最后国防部被选中,其选中因素是:首先,国防部有支持“两用”技术发展的历史,特别是在微电子领域,SIA 认为国防部对技术的需求与他们的技术需求最密切相关;其次,SEMATECH 的领导人更愿意只与一家机构打交道;最后,国防部的开明领导人,都认识到对联盟支持的重要性。另外,国防部有筹资机制和可随时承付的资金,而其他部门则没有^[3]。

(二)国会赋予 SEMATECH 高度自主权

尽管国防部为 SEMATECH 提供 50% 的资金,但作用有限。在 SEMATECH 的授权立法中,国会确保国防部不直接介入联盟的项目规划和活动中。国会遵循 SEMATECH 商业参与者的立场得出结论,认为工业界最了解该做什么以及如何做^[16]。国防部在 SEMATECH 董事会中只占据不具有投票权的一席之地,也没有项目监督权。

(三)国防部对联盟的支持形式

国防部对 SEMATECH 的支持采取补助金(grant)资助的方式,而不是像之前以政府采购使用合同资助具体项目的形式。国防部的监管由国防高级研究发展署(DAPAR)负责,依据双方签署谅解备忘录(MOU)。谅解备忘录规定了在发放授权资金之前必须满足的某些标准,主要有每年向国会提交运行报告、企业提供 50% 的预算经费等,没有提出具体的技术目标和操作方法^[3]。

尽管国防部原期望 SEMATECH 重点在增加特殊用途的集成电路,更多地承诺长期的研发,但双方充分地交流沟通后,DAPAR 领导人没有试图改变联盟基本的产业驱动特征,而是提出了一系列要求和规则,为更具体的规划和结构提供了有益的推动,给与联盟相当大的自主性。尽管 DARPA 既没有项目监督权,也没有董事会投票权,但谅解备忘录的要求确实发挥出了国防部在联盟议程上的一些影响力。

从 1988 财年到 1996 财年,国会通过 DARPA 向 SEMATECH 提供了总计约 8.7 亿美元的资金,另一半由工业界参与者提供^[17]。

四、SEMATECH 的组织结构、目标调整和研究活动

(一)SEMATECH 的自主结构

SEMATECH 采用参与协议的形式。该协议给予每个成员平等的董事会成员投票权,确立了它的自由,既不受任何单一成员公司的内部控制,也不受特定的政府项目监督。

SEMATECH 被定性为非营利性公司。工作人员分为会员公司派遣员工和直接雇佣员工两种。1993 年 SEMATECH 有 700 雇员,其中公司派遣技术人员 400 人^[2]。

SEMATECH 的一个主要特点是由一个中央组织指导,由行业人员配备和管理。研究项目在专门的中央设施进行,或由中心管理在成员公司开展。建立 SEMATECH 的动力来自行业,因此行业经理决定了项目的设计,并将研究重点放在他们认为重要的问题上。SEMATECH 由熟悉行业问题和能力的行业管理人员和研究人员组成。它有广泛的行业支持,成员公司派遣来的人都是优秀的,这使得 SEMATECH 更容易识别问题并制定可行的解决方案^[2]。公司实施扁平化管理,只有三级结构,即主任、经理、项目经理。

SEMATECH 这种集中运作的实体结构与国际上同期其他一些研发联盟(如欧洲的 ESPRIT、JESSI 和 Alvey 项目)中使用的“伞状结构”或“秘书处”模式有鲜明的不同,后者是由小型行政管理部门监管,参与项目公司的小团队在内部独立开展合作项目。Peter Grindley 等对两者的差异做了详细的探讨,指出欧洲这类伞式合作项目往往有固定的议程,不容易调整,像 Alvey 和 ESPRIT 这类计划的动力来源于来自广泛的经济和社会关心的目标,不是工业界启动的,并且通常由在该行业没有直接经验的管理者管理,工业界的介入并非全心全意。相反,SEMATECH 中心结构和经验丰富的管理相结合,使该联盟具有必要的自主权和灵活性,可以在必要时进行研究议程的变更,更适合企业发展的需要^[18]。这种根据需要改变和适应的能力被证明是 SEMATECH 一个关键的优势。

(二)SEMATECH 目标的调整

SEMATECH 成立是以恢复美国半导体市场竞

争领导地位为目标的。在 1987 年的成立章程提出了其使命:“为美国半导体行业提供在制造业中处于世界领先地位的能力”。但是,制造工艺技术专长是半导体制造商竞争优势的核心,成员公司不愿分享这种敏感信息。各成员公司制造技术的复杂程度也有很大不同,这增加了一些公司“搭便车”的风险。为了应对这些争议,在与成员公司商议后,为了满足大多数企业的需求,SEMATECH 在 1989 年把目标调整为“为美国半导体产业提供引领世界制造业的国内能力”^[3]。SEMATECH 改变了其研究议程,以寻求提高美国半导体制造设备供应商的技术能力,并加强美国制造公司与美国设备供应商之间的“垂直”合作。这种研究重点可能使所有成员受益,而不会威胁到他们的专有能力和。正如 SEMATECH 第二任首席执行官 William Spencer 所说的,SEMATECH 不开发特定的产品或工艺,这是会员公司的工作。SEMATECH 可以把对研究成果的开发利用留给企业,使成员按照他们认为合适的方式建造互补的能力^[2]。新的研究议程将联盟的重点从在奥斯汀工厂开发一个完整的最先进的生产工艺转移到知识传播和技术上,可以很容易地被其成员公司接受。虽然有三家成员公司因联盟研究议程的改变先后于 1990 年和 1992 年离开了联盟,但大多数公司赞同研究议程的改变。

(三) SEMATECH 的活动

在联盟的重心向半导体制造与仪器供应商之间关系转移的调整下,联盟活动逐渐聚焦于 4 类活动:新设备的联合发展项目;改进现有设备并制定设备标准;技术路线图(包括制造方法和未来工厂设计);加强双向沟通(既用于接收反馈,也用于传播产生的知识)。

1. 联合发展项目(JDP)

联合发展项目(JDP)资助供应商开发新设备,由成员公司和 SEMATECH 人员支持。JDP 是联盟最大的活动,1991 年达到预算的 60%,即 1.3 亿美元^[2]。赢得 JDP 合同的设备公司将获得大约 25% 的项目成本资金,并在整个项目中收到 SEMATECH 及其成员的反馈。大部分 JDP 开发活动通常在供应商的设施中开展,每个项目由 SEMATECH 员工

管理,被分配到项目中的 SEMATECH 工程师大部分时间都在供应商那里,并且 SEMATECH 定期举办供应商员工与 SEMATECH 和成员公司人员之间的会议^[18]。

2. 设备改进项目(EIP)及其标准化

SEMATECH 活动的第二个领域是针对当前型号设备的改进项目(EIP),在 SEMATECH 的早期,EIP 通常位于其中心研究机构。SEMATECH 的工程师团队负责全过程管理每一个设备改进项目,这些项目的结果通过各种正式和非正式机制传递给各成员公司,改进它们对这些设备的利用或维修技术。

JDP 和 EIP 都包括对新设备或改进设备进行“鉴定”的大量努力。资格认证通常由 SEMATECH 和供应商人员在奥斯汀的工厂进行,新设备或改进设备的资格鉴定,通常包括在正常生产和“压力”条件下运行设备,需要 6~9 个月。这些资格认证项目为成员公司提供必要的信息,以作出采购决定,并向供应商提供产品的良率反馈。

在 SEMATECH 成立的时候,整个半导体行业普遍缺乏标准化规范,这是其秘密专有性质的直接结果。SEMATECH 为促进系统创新所做的相关努力包括制定设备接口标准和设备评估标准^[18]。

3. 技术路线图

第三项 SEMATECH 活动是提供半导体行业预期的技术创新路径的“路线图”。每个研究领域(如光刻、金属化、软件和制造方法)的 SEMATECH 经理、成员公司代表和项目经理每年举行几次会议,回顾项目绩效并讨论未来的需求。该路线图包括:建议目标和时间表、实现新的特性线宽、提供信息的供应商有关预期的采购周期和促进中小企业供应商的计划,这些全行业的预测活动可能促进“系统创新”^[18]。同时,SEMATECH 也在推广这一路线图,鼓励支持的中小企业同时创新,而不是相继创新。

4. 双向沟通

SEMATECH 和 SEMI/SEMATECH 还致力于改善中小企业供应商与半导体制造商之间的联系。在奥斯汀举行的一系列会议,包括技术咨询委员会(TABS)会议,为不同公司和不同级别的高管之

间的互动提供了论坛。其中一个项目是全面质量合作(PFTQ),重点是改善供应商的成本管理、战略和财务实践,以促进更富有成效的关系和世界级能力的发展。SEMATECH 每年向 PFTQ 项目投入大约 1 000 万美元^[2]。

(四) SEMATECH 促进技术转移的措施

SEMATECH 采取一系列措施促进技术转移,主要有:用户参与;建立度量标准;高级管理人员的直接参与;关注那些高回报的项目;有效地选择和确定与成员公司核心利益相关的技术发展计划的选择流程,并不断地评估和更新^[19]。

五、SEMATECH 的成就和贡献

(一) SEMATECH 的成就

1992 年美国重新获得半导体市场的世界领先地位。SEMATECH 被业界广泛认为对 20 世纪 90 年代美国半导体制造业的绩效产生了重大影响^[20]。美国政府问责局在 1992 年给国会的报告中指出:“SEMATECH 已经证明,政府—行业制造技术研发联盟可以帮助提高美国工业的技术地位”^[21]。1993 年,SEMATECH 达到其主要技术里程碑之一——制造 0.35 微米线宽电路。不过,美国半导体产业的复苏有多种因素,包括美国的贸易政策以及日本经济及半导体业自身的下滑等,从总体上用直接的证据或量化的手段说明具体的 SEMATECH 贡献和影响比较困难。那么如何来理解 SEMATECH 的成就和贡献?

自 SEMATECH 运行第一个五年之后,美国学术界和政府部门等对 SEMATECH 的成就和贡献开展了许多研究,从不同方面具体地说明了 SEMATECH 的成就和贡献。

1. 改进产量直接的证据

据市场研究机构 VLSI Research 称,SEMATECH 创造的设备改进帮助美国芯片制造商将日本的相对产量优势从 1985 年的 50% 降至 1991 年的 9%^[22]。

2. 对联盟企业带来高回报

1992 年对 SEMATECH 会员的调查发现,基于采购、运营和维护成本的降低,大多数公司报告其在 SEMATECH 的投资获得了正回报^[18]。Link 等^[23]基于案例对会员公司在 SEMATECH 的投资回报做了定量分析,表明 SEMATECH 提供了一种组织结

构,使重要的过程和技术得到了推进。Irwin 等^[24]使用 SEMATECH 成员和非成员的企业层面数据来估计联盟的总收益。在 1987—1994 年的研究期间,这一利益的数量估计为 3 亿美元。到 21 世纪初,SEMATECH 的成员报告称,他们的研发投资的年回报率为 20:1^[4]。

3. 增强成员公司的自主能力

SEMATECH 在支持设备开发和认证方面的作用,使成员公司在面对巨大不确定性的行业中增强了技术选择能力,SEMATECH 寻求与多个供应商签订合同,采用多种工程方法,分散了风险^[18]。调研表明,SEMATECH 给成员公司从研究管理和研究整合中获得的利益,以及从溢出效应中获得的间接利益,比从研究成果中获得的有形直接利益更为重要^[23]。

4. 对半导体产业的影响

通过发展全行业质量计划,促进了半导体设备工业与半导体制造业之间的协同工作,促进了美国半导体制造商增加从美国供应商那里购买设备的数量。在制定行业标准方面发挥了重要的作用。SEMATECH 资助的设备进步通过全球半导体行业更快地传播,增强了中小企业供应商和非成员芯片制造商获得 SEMATECH 研究的好处。

SEMATECH 使美国工业界将小型化周期从三年压缩到两年,加速了 15 年的创新,并使美国芯片制造商走上了超越日本竞争对手的道路。随着 14 纳米节点的出现,较短的周期在 2014 年大幅延长^[4]。

5. 促进合作

SEMATECH 促进了美国半导体制造商之间更大的合作。在 SEMATECH 成立之前,没有任何美国各半导体公司制造人员之间会面的机制。SEMATECH 成立之后,通过技术研讨会,交换信息,每年专注于半导体制造技术,并就设备和材料需求向供应商提供一致的技术指导。到 1993 年,SEMATECH 已举办了 200 多次这样的会议,参加人包括成员公司员工、大学员工和政府实验室的员工。信息交换与美国半导体行业面临的共同制造问题有关^[2]。

SEMATECH 促进了与联邦实验室之间的合

作。1989年,SEMATECH与桑迪亚国家实验室签订了一项价值1.1亿美元的合作研究与开发协议(CRADA),该协议使美国公司能够使用桑迪亚的“一流设施和全面的科学专业知识”,双方建立了半导体设备技术中心(SETEC)^[25]。除此之外,还与橡树岭国家实验室、国家技术和标准研究院建立合作了关系。在SEMATECH之前,美国从未有过一个平台,让工业界与国家实验室的研究人员分享有关技术问题及其应用的信息。

SEMATECH还与SRC合作,资助大学建立卓越中心,在美国14个州的31个大学和国家实验室建立卓越中心,开展面向未来发展的研究和培养人才^[26]。

SEMATECH在制定国家半导体技术路线图方面发挥了主导作用,该路线图利用政府、大学和行业的投入来确定半导体研发投资的战略领域,指导全国各相关力量的研究^[27]。

(二)怎样看待SEMATECH的贡献

对SEMATECH贡献的研究大都是定性方法,定量研究很少,只有4~5篇论文。在2003年的一篇论文中,Flamm等^[28]重新用定量的方法审视了SEMATECH对半导体行业研发的影响,得出结论:研发合作的基本模型最终必须成为解开因果链的科学努力的基础,但这些模型过于简化,无法捕捉到研发联盟现实世界的复杂性。指出“SEMATECH唯一绝对确定的事情是,它的相当一部分会员公司一定发现它是有净值的——它们实际上已经进行了结束公共补贴的试验,发现消费者继续购买它的产品”。也就是说,实际中成员公司对SEMATECH的接受是最大的承认。

SEMATECH的贡献是间接的。正如Browning等^[3]所说:SEMATECH的作用是开发新的制造技术和方法,并将其转让给其成员公司,这些公司反过来生产和销售改进的芯片。最终是成员公司工厂的生产导致了美国半导体市场份额的增加。因此,SEMATECH对市场复苏的准确贡献很难直接评估。归根到底,SEMATECH通过增强了成员企业的创新能力和竞争力对美国半导体行业做出了贡献。

1996年,美国国家研究理事会(NRC)对SEMATECH

评估总结认为,SEMAECH取得实质性的成就,得到各方的承认。从企业方面,SEMAECH的目标大部分实现。对于美国半导体公司重新取得世界市场的领先地位,尽管有其他因素的作用,但工业界的许多人认为SEMAECH作出了主要贡献。SEMAECH还促进了半导体供应商之间的竞争。国防部受益于微电子技术领域成本和质量的改进,这些改进对美国国防系统的性能优势日益重要。与其他国防研发项目一样,SEMATECH提供的技术甚至使国防部能够更好地完成其任务。SEMATECH提供了焦点问题和技术思想的交流,加强了大学、政府机构和实验室正在进行的研发。也许最重要的是,SEMATECH帮助锚定了美国战略技术的未来发展^[19]。

(三)对SEMATECH的异议和批评

尽管SEMATECH得到广泛的认同,但对它也存在着争议和批评,主要集中在相互联系的两个方面:一是政府支持产业的角色、方式和程度。二是联盟的性质。对于政府是否以及在多大程度上应该投入联邦资金支持半导体技术,从一开始就有争议。即使是联邦政府支持SEMATECH的经费已于1997年5月结束,但辩论仍在继续。对于联盟的性质,它本质上是一个俱乐部,成员付费加入,只有那些支付了公平份额的成员才获得优惠。批评者认为,由于SEMATECH的一半资金来自联邦政府,因此其努力的结果应该平等地提供给所有人,不一定只限于会员。同时,批评者认为,联盟的门槛过高,年费为100万美元的最低限额对一家相对较小的半导体生产公司来说过于繁重,中小企业——半导体供应链的重要组成部分和创新的源泉实际上被排除在外^[16,29]。赛普拉斯半导体公司(Cypress Semiconductor)的CEO罗杰斯是SEMATECH的坚定反对者,他不仅发表文章、讲演批评SEMATECH,而且在美国国会作证反对SEMATECH。罗杰斯^[30]认为,政府资助SEMATECH是对“富人”的资助,是给高技术公司的福利,SEMATECH不仅把美国200家半导体公司大部分挡在外面,而且资助联盟的钱很大一部分最后流向公司自己,成果并没有惠及所有公司。他认为,如果没有政府的资助,SEMATECH可能会

做得更好。不过,罗杰斯^[31]也承认 SEMATECH 在所有政府补贴的科技企业中有着最好的记录。

六、结论、讨论与启示

(一) SEMATECH 是否可以复制

SEMATECH 作为一种公私合作的成功模式被广为讨论和借鉴,正如硅谷的成功引起关于硅谷是否复制的广泛讨论。关于硅谷,美国内外的实践证明是难以复制的,因为硅谷是一个包涵多种因素的创新生态系统及文化系统。硅谷之所以难以赶超,最为核心的不是表面上可见的政策支持、宽松监管和优惠金融待遇,而是独特的一套社会文化生态系统^[32]。SEMATECH 在很大程度上也具有相当的独特性,它是美国之前未有过的竞争企业之间的合作,被称为是一次“组织试验”(an organizational experiment)^[3]。Browning 等^[3]在研究 SEMATECH 的专著《拯救美国半导体工业》中,以自组织为核心的复杂性理论解释了 SEMATECH 的运行,充分显示 SEMATECH 的不可复制性。

不过,虽然 SEMATECH 不可完全复制,但它作为联盟的组织形式和构成要素在很大程度上是可以学习、借鉴和仿效的。正如美国科学院研究理事会公私伙伴关系研究委员会^[33]在《发展新技术的政府—产业伙伴关系》(2003)报告中所指出的:“委员会关注 SEMATECH 的案例,不是作为盲目复制的模式,而是作为从中得出具有广泛相关性的积极框架原则的例子。”事实上,美国内外都有一些联盟借鉴和仿效 SEMATECH 模式。如成立于 1993 年的国家电子制造计划(NEMI)是一个由 50 家公司组成的行业主导的联盟,专注于战略性电子产品元件及电子制造系统^[33]。又如,2008 年成立的全国先进运输电池制造联盟就是以 SEMATECH 为模型设计的。美国能源部的“阳光计划”(SunShot Initiative)也是如此,该计划旨在到 2020 年将太阳能的成本降低 75%。华盛顿智库信息技术与创新基金会(ITIF)的首席执行官阿特金森曾评论说:“这种模式在许多行业都是可行的。”^[34]2012 年,美国开始实施的国家制造创新网络(NNMI)的第一批 7 个制造研究所都采取了类似 SEMATECH 的模式^[35]。SEMATECH 还对欧洲类似项目(如 MEDEA 和 IME)的启动和运作

产生了直接的影响^[33]。因此,可以说,SEMATECH 作为公私伴关系的一种成功模式,为之后组织公私技术联盟提供了许多可以借鉴的经验。

(二) 成功经验

1. 满足企业需求

SEMATECH 从启动到发展,都是企业占主导。在急迫生存压力之下,虽然各公司有不同的文化,面临冲突,却能求同存异,寻求共同受益的合作目标。因此,从 SEMATECH 的研究议程、项目开展和管理运行,都能贴近企业的实际发展,满足企业的需求,因而也取得了成功。

2. 确保高质量的领导

美国半导体界领袖和各主要公司主管都支持和参与 SEMATECH。在共同的目标和期望收益下,各成员公司实质性投入资金,高层管理人员积极参与,并派遣最优秀的人员参与。

3. 政府的大力支持

美国国防部行政办公室(ESD)^[36]在 1997 年给国防部最终的报告中这样写道:“如果没有国会和几届政府无数支持者的远见卓识和承诺,SEMATECH 所取得的成功是不可能的。它们愿意放弃传统的监管负担,在合作研究中开辟新的领域,这应该受到赞扬。”美国政府对 SEMATECH 的支持表现在几个方面:①在法律上,国会对合作法律的宽松解释,放松对企业合作的限制;②免除对 SEMATECH 项目监管,给与 SEMATECH 高度的自主性;③在资金资助上,使用补助金的方式,给与 SEMATECH 灵活的资助方式。政府的资助为企业的合作增加了可信性,持续的资助确保合作的连续性发展。

4. 灵活的组织结构与适应性治理

SEMATECH 高度自主和灵活的组织结构,可以根据实际情况,实施调整研究议程和计划。从领先的专有技术转向为行业供应商基础设施提供短期支持,解决了研究议程上的冲突,但代价是失去了几个较小的成员公司。后来又适时加入质量控制项目和标准项目,加强行业的基础创新能力。

5. 技术路线图的协调作用

技术路线图通过建造共同的视野,为引导各相关方开展合作提供一个框架。不仅对 SEMATECH 成员公司寻求和达成共识发挥了重要的作用,而且在

后来协调全国半导体行业的发展中发挥了重要的作用。

6. 与成员企业的紧密关系

SEMATECH 把目标准确定位预竞争,开展通用技术研究以及提高半导体基础设施的质量和能,为成员公司的进一步利用研发新的产品和工艺提供了有力的基础。同时,在促进技术转移方面,设立了专门的管理目标与机制,与成员企业实现很好的对接。

(三)借鉴与启示

1. 在国家战略领域加强技术联盟的建设

在国家战略新兴产业、未来产业领域加强技术联盟建设,汇集企业的优势技术资源,攻克产业共性技术难关,解决行业标准和质量问题,帮助企业提高创新基础能力和竞争力。完善相关政策和制度,鼓励和支持企业自发启动的技术联盟。

2. 发展和完善政府与企业双向互补的产业技术发展投入机制

发挥政府资金的杠杆作用和聚合作用,引导和汇聚企业及相关方在国家战略领域投入,攻克关键技术和共性技术。发展和完善各相关方投入的收益政策和制度。建立政府资金投入产业技术联盟的退出机制。

3. 建设稳定和灵活的联盟组织结构

建立主管政府部门宏观监管、各参与方责权利明确的联盟组织结构,建立由企业管理人员和技术专家为主的联盟管理结构,最大程度减少行政干预。制定合理的发展规划和研究计划以及各联盟单位参与的组织计划,在研发内容方面明确联盟解决的共性技术问题,建立各参与企业利用这些共性技术成果的技术转移机制和知识产权规则。建立各成员企业之间信息交流机制。

4. 加强国家相关产业技术研发平台与企业的联结与合作

国家实验室、各类产业技术研究研究院以及相关的产业技术研发平台,应加强与国内科技领军企业之间的各种联结与合作,如人员交流与培训、合作研究、技术转移等,使重要的技术突破和重要成果在企业中真正落地,转化为市场中的产品。

5. 加强企业界实质参与国家产业技术发展的研发计划

在面向产业技术发展的国家研发计划的目标确定、立项、评估等各个环节,加强企业界人士的参与,使企业的真正需求和技术机会可以反映和纳入国家研究计划中,使计划更有针对性、能与产业技术的发展直接挂钩。同时,发展和完善企业参与国家研发计划的激励政策和保障制度,使企业的力量实质性参与承担参与国家研发计划的任务。

参考文献:

- [1] WESSNER C. Securing the future: regional and national programs to support the semiconductor industry [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2003:85.
- [2] SPENCER W J, GRINDLEY P. SEMATECH after five years: high-technology consortia and US competitiveness [J]. California Management Review, 1993(4):9-23.
- [3] BROWNING L D, SHETLER J C. Sematech: saving the U. S. semiconductor industry [C]. Texas: Texas A&M University Press, 2000:11-225.
- [4] WESSNER C, HOWELL T. Implementing the CHIPS Act: SEMATECH's lessons for the National Semiconductor Technology Center [R]. Washington, DC: CSIS, 2023:1-9.
- [5] 和文凯, 曾晓萱. 美国半导体制造技术研究联合体: SEMATECH [J]. 科研管理, 1995(3):58-63.
- [6] 南佐民. SEMATECH: 从理念更新到工业嬗变 [J]. 经济论坛, 2004(5):125-126.
- [7] 胡冬云. 产业技术创新联盟中的政府行为研究: 以美国 SEMATECH 为例 [J]. 科技管理研究, 2010, 30(18): 21-24.
- [8] 李维维, 于贵芳, 温珂. 关键核心技术攻关中的政府角色: 学习型创新网络形成与发展的动态视角: 美、日半导体产业研发联盟的比较案例分析及对我国的启示 [J]. 中国软科学, 2021(12):50-60.
- [9] 方荣贵, 王敏. 半导体产业共性技术供给研究: 基于日、美、欧典型共性技术研发联盟的案例比较 [J]. 技术经济, 2010, 29(11):47-54.
- [10] 王敏, 方荣贵, 银路. 基于产业生命周期的共性技术供给模式比较研究: 以半导体产业为例 [J]. 中国软科学, 2013(9):124-132.
- [11] 纪占武, 王庆. 产业共性技术供给双重失灵及其消解: 以美国 SEMATECH 为例 [J]. 科技与经济, 2012, 25(3):11-15.
- [12] 王超. 美国 20 世纪 90 年代半导体芯片技术产业复兴

的经验分析[J]. 网络空间安全, 2020, 11(3): 100-105.

[13] 王丽萍, 朱桂龙. 从典型案例探索官产学研创新网络的合作机制[J]. 工业工程, 2006(6): 5-9.

[14] 陈雯. 美国新型研发机构的创建及运营: 以美国半导体技术联合体为例[J]. 杭州科技, 2020(6): 58-62.

[15] BERLIN L. The man behind the microchip: robert noyce and the invention of silicon valley [M]. Oxford: Oxford University Press, 2006: 290-295.

[16] SLUSARCZUK M M G, VAN ATTA RICHARD. The tunnel at the end of the light: the future of the u. s. semiconductor industry[J]. Issues in science and technology, 2012, 28(3): 3.

[17] CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. Semiconductor: U. S. industry, global competition, and federal policy[EB/OL]. (2020-10-16) [2024-03-26]. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581>.

[18] GRINDLEY P, MOWERY D C, SILVERMAN B. SEMATECH and collaborative research: lessons in the design of high-technology consortia[J]. Journal of policy analysis and management, 1994, 13(4): 732-745.

[19] National Research Council. Conflict and cooperation in national competition for high-technology industry [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 1996: 148-151.

[20] National Research Council. 21st century innovation systems for japan and the united states: lessons from a decade of change: report of a symposium[R]. Washington, DC: The National Academies Press, 2009: 8.

[21] U. S. General Accounting Office. Lessons learned from SEMATECH[EB/OL]. (1992-10-26) [2024-03-26]. <https://www.gao.gov/products/rced-92-283>.

[22] U. S. General Accounting Office. SEMATECH's technological progress and proposed R&D program[EB/OL]. (1992-08-17) [2024-03-26]. <https://www.gao.gov/products/rced-92-223br>.

[23] LINK A N, TEECE D J, FINAN W F. Estimating the benefits from collaboration: the case of SEMATECH [J]. Review of industrial organization, 1996(11): 737, 748-749.

[24] IRWIN D A, KICNOW P J. High-Tech R&D subsidies: estimating the effects of SEMATECH[J]. Journal of international economics, 1996, 314(40): 323-344.

[25] CARAYANNIS E G, GOVER J. The SEMATECH-Sandia national laboratories partnership: a case study [J]. Technovation, 2002(22): 585-591.

[26] WILLKE H, KRÜCK C P, THORN C. Benevolent conspiracies: the role of enabling technologies in the welfare of nations. the cases of SDI, Sematech, and Eureka[M]. Berlin: New York: Walter de Gruyter, 1995: 100.

[27] CARAYANNIS E G, ALEXANDER J. Revisiting SEMATECH: profiling public and private-sector cooperation [J]. Engineering management journal, 2000, 12(4): 33-42.

[28] FLAMM K, WANG Q F. SEMATECH revisited: assessing consortium impacts on semiconductor industry R&D [M]// WESSNER C. Securing the future: regional and national programs to support the semiconductor industry. Washington, DC: National academies press, 2003: 275.

[29] STEENBURG R V. With CHIPS down, SEMATECH gets second look [EB/OL]. (2022-06-02) [2024-03-26]. <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/6/2/with-chips-down-sematech-gets-second-look>.

[30] RODGERS T J. Silicon valley versus corporate welfare, CATO institute briefing papers, Briefing paper no. 37 [EB/OL]. (1988-04-27) [2024-04-24]. <https://www.cato.org/briefing-paper/silicon-valley-versus-corporate-welfare>.

[31] RODGERS T J. "A CEO against corporate welfare," testimony before the house subcommittee on government management, information, and technology of the government reform and oversight committee [EB/OL]. (1996-09-06) [2024-04-24]. <https://play.google.com/store/books/details?id=hjDfiMZRhAC&rdid=book-hjDfiMZRhAC&rdo>.

[32] 皮肖内. 这里改变世界: 硅谷成功创新之谜[M]. 北京: 中信出版社, 2013: 225-242.

[33] National Research Council. Government-industry partnerships for the development of new technologies. Washington, D. C: The National Academies Press, 2003: 85-86.

[34] HOF R D. Lessons from Sematech. MIT Technology Review [EB/OL]. (2011-07-25) [2024-04-24]. <https://www.technologyreview.com/2011/07/25/192832/lessons-from-sematech>.

[35] TUMULTY B. Manufacturing hubs take U. S. policy to new level [EB/OL]. (2015-09-21) [2024-04-24] <https://sunypoly.edu/news/democrat-chronicle-manufacturing-hubs-take-us-policy-new-level.html>.

[36] Executive Services Directorate. SEMATECH 1987 - 1997 [EB/OL]. (1987-02-21) [2024-02-01]. https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Science_and_Technology.

(本文责编: 润 泽)