

俄罗斯电子工业发展战略： 背景、任务和前景

李福川

【内容提要】 2020年俄罗斯制定了电子工业发展战略文件,规定了2030年前电子工业的发展目标和任务。该研究简要回顾了俄罗斯电子工业的发展历程和现状,较详尽地介绍了战略文件的内容,分析了战略的理论基础,概述了战略的实施体制。文中使用了国际科技分工概念,并以此概念为基础提出俄罗斯在国际劳动分工和国际科技分工中与西方发达国家存在结构性矛盾的判断,尝试以矛盾分析的方法评估俄罗斯电子工业的未来。该研究对准备与俄罗斯开展科技合作的中国电子领域专业人士及投资者也有一定参考意义。

【关键词】 俄罗斯 电子工业 进口替代 国际科技分工 科技制裁

【作者简介】 李福川,中国社会科学院俄罗斯东欧中亚研究所研究员。

2014年俄罗斯与乌克兰关系发生重大变化后,西方国家加强了对俄罗斯的科技制裁。2022年2月24日俄乌紧张关系急剧升级后,西方国家对俄科技制裁升级到了几乎全面封锁的程度。经过二战以来数十年发展,高科技,特别是高端电子科技成了国家硬实力的重要基础。国际制裁使高科技及其产品具备了国际政治属性,高端电子元器件、制造设备及材料成了影响国际关系的载体和因素。俄罗斯与西方国家的矛盾是长期和尖锐的。为应对西方国家的科技制裁,2020年俄罗斯制定了《2030年前电子工业发展战略》。在日益严峻的国际形势下,了解俄罗斯电子工业发展战略、任务、方向和实施体制,评估其实施前景,有助于认识俄罗斯硬实力以及俄罗斯与西方科技发达国家间的结构性矛盾,也有助于中国在复杂国际环境中确立合理的对外科技政策。

一 俄罗斯电子工业发展历程

现代俄罗斯作为一个主权国家于1991年苏联解体后出现。俄罗斯继承了苏联的国际地位,也继承了苏联主要的国防、军事、工业、科技基础和资源。苏联曾是世界第二大军事和经济强国,取得过许多世界领先科技成果,其中包括电子科技。今天的俄罗斯电子科技和电子工业仍主要是对苏联基础的继承和发展。

(一) 苏联时期电子领域的成就与挫折

20世纪30年代苏联就在高尔基市(今下诺夫哥罗德市)开始生产氧化铜整流器,50年代初开始批量生产平面晶体管。1958年在沃罗涅日市建立了代号“111”的半导体厂,开始生产锗二极管和锗晶体管。1958年苏联研制出了世界上首台基于三元逻辑的计算机“谢通”(Сетунь)。

1956年苏联研发出世界首个战略反导系统(“А系统”),这极大推动了苏联计算机技术的发展。1961~1967年为发展А-35导弹防御系统,发明了高性能双核计算机5Э92和基于它的计算机网络。这款计算机还被用在了空间控制中心(Центр контроля космического пространства)及国防系统的信息和科研中心。

1962年苏联科学家尤·奥索金(Ю. Осокин)设计出半导体集成电路,苏联成为继美国之后第二个能够完成此项设计的国家。1962年8月苏共中央决定在莫斯科近郊建设绿城电子中心,同年苏联第一批集成电路开始生产。

1965年苏联研制出世界首台使用集成电路的串行计算机“精灵”(Гном)^①,这也是世界上第一台机载计算机,完全使用苏联自己的集成电路制造。1966年研制出第一片硅基集成电路和计算机БЭСМ-6。这款计算机曾被认为是苏联最好的计算机,第一次使用指令执行组合的原则(最多14条指令可用于不同的执行阶段),使用铁氧体磁芯的128KB内存,另有磁鼓和磁带外部存储器。БЭСМ-6以10MHz频率实现了每秒100万次运算。

1968年苏联科学家弗·布尔采夫(В. Бурцев)主持研发用于S-300反导系统的计算机。1972~1974年推出了三核计算机5Э26。1978年进一步推出了第一代计算机综合体厄尔布鲁士(Эльбрус),实现了每秒1500万次运

^① 俄专家称,这种计算机现仍用在伊尔-76飞机上。Е. Ляхович. Я из времени первых. <https://www.ecworld.ru/media/mems/Liahovich.pdf>

算。布尔采夫及其团队的工作体现了苏联电子科学家的特点,即他们在多处理器并行架构方面有着世界顶级经验,靠着这一绝技,即便使用一般电子组件也能创造出超高性能计算机。1985年他们研发出10核二代计算机综合体厄尔布鲁士,实现每秒运算1.25亿次,成为苏联当年最强大的计算机,直接用于核研究和导弹防御系统。此后在对这一类型超级计算机进一步改进中,俄罗斯科学家开发出了运算速度为每秒2亿~3亿次的向量处理器(векторный процессор),进而把厄尔布鲁士的计算能力提高到每秒10亿次。

受二战后西方国家针对社会主义阵营国家的禁运政策影响,苏联自力更生地发展着自己的电子工业。20世纪70年代后期苏联电子工业开始面临困难局面,迫切需要新材料,需要更新生产设备和大量投资。1978年,以绿城电子科技中心为主的科学家们起草了一份微电子科研和生产设备更新及电子工业发展规划,甚至代为国家决策机构起草了决议草案。但时值苏联开始准备1980年奥运会,国家最高决策机构认为,集中财力办好奥运会是国家最优先的任务,所以没有批准上述发展规划,自然也没有作出相应的投资安排。事实证明,正是从这时起,苏联与西方国家在电子科技上的差距开始越拉越大。电子科技和电子工业落后直接影响苏联经济结构的改善,影响苏联人民生活质量的提高,更影响了苏联全球竞争力的提升。

现在来看,苏联电子科技和电子工业落后还有其他原因。一是西方国家对苏联的科技封锁,其中主要指在巴黎统筹委员会的工作框架内,一切高科技设计、产品、材料和设备都被禁止向社会主义阵营国家出口,等于从外面锁死了苏联对外开放和科技交流的大门。尽管苏联当时几乎把在集成电路设计和计算机系统架构上的研发做到了极致,最终仍无法匹敌西方国家在电子硬件生产,特别是芯片制造领域的绝对领先优势。二是苏联落入了西方国家设计的“巧遏制”陷阱。“巧遏制”指西方国家在可控范围内默认苏联从非正常渠道获得准高端电子生产设备,并在设备进口和安装过程中在关键核心部件和生产工艺上制造麻烦,有意拖延时间,这等于在外面锁死的大门下留了一小条门缝^①。苏联通过这个门缝获得了西方的二流半导体生产设备甚至

^① Приобретение СССР оборудования для полупроводниковой промышленности в условиях эмбарго со стороны стран Запада. Доклад ЦРУ 1976 г. <https://statehistory.ru/4712/Priobretenie-SSSR-oborudovaniya-dlya-poluprovodnikovoy-promyshlennosti-v-usloviyakh-embargo-so-storony-stran-Zapada--Doklad-TSRU-1976-g/?ysclid=16rnn0sa41173268299>

生产线,但却失去了自主发展电子科技的国家意志、能力和方向,也失去了极其宝贵的时间。正是在苏联失去的这段时间,西方国家的电子科技飞速发展。三是苏联在电子科技问题上存在误判。认为电子研发和生产的投资大、风险大,电子产品只需保障军工和国防需要。同时,挖出石油换美元,再用美元买一切(包括高端电子产品),这样一种意识根深蒂固,它产生于苏联,又延续到俄罗斯。自认为有了反导系统、有了空间站、有了全球卫星导航系统(格洛纳斯),就已经达到电子科技顶峰了。苏联人有着足够多的科技智慧,取得过许多了不起的科技成果,但却在电子科技问题上固步自封。苏联拥有极其强大的国防和军事工业,但没有独立自主的电子工业体系。在西方国家对其禁运的时候,自己却对非正常渠道进口的西方芯片制造设备产生了依赖^①。之所以出现以上这些情况,误判或是主要原因。对大国来说,科技误判是战略误判,终会为此付出代价。

(二) 转型后俄罗斯电子工业的发展

苏联解体后,在严重的金融、经济和政治危机中,俄罗斯电子工业持续下滑。企业私有化更是几乎让电子工业整体破产。新的电子企业的所有者们没有能力让企业维持哪怕最低程度的简单再生产。这最终导致俄罗斯与西方国家、与中国甚至与马来西亚在电子领域的差距拉大。差距既有相对差距,也有绝对差距。1980年苏联电子产品(含军品)还占世界电子市场的26%,2018年俄罗斯所占的相应比重只有0.8%。有人把苏联解体后的30年称为电子工业跌落的30年^②。此外,在苏联解体初期的1991年约10万名科学家和工程师移民美国和其他国家,这次科技人才大流失对俄罗斯是一场灾难,是造成俄罗斯电子工业严重落后的一个重要原因,但对英特尔公司的技术领先发展发挥了重要作用。

1990年俄罗斯电子工业在全俄工业产值中的比重是2.4%,1998年降至0.19%,这对一个现代大国来说是不可思议的。同时,国内电子产品市场上国产比重仅为10%~12%(工业发达国家相应比重为70%~80%)。电子企业和研究机构减少了40%,仅存的企业开工率不到10%^③。从1991年起,俄罗斯电子工业就处在深刻的结构性技术危机中。危机的主要原因是市场对

^① Состояние микроэлектроники в конце СССР :по материалам ЦРУ. <https://us-retired.livejournal.com/24712.html?ysclid=l6tyg0esgu252455945>

^② Тридцать лет отставания. https://vpk.name/news/494333_tridcat_let_otstavaniya.html

^③ Большие перспективы микротехнологий и схем. http://old.redstar.ru/2001/03/17_03/r_or11.html

国产电子产品需求下降,导致国内无线电电子产品的生产下降、设备老化、产品生产链受到破坏,还有进口电子产品的冲击。

1994年俄罗斯制定了《2000年前俄罗斯电子技术发展纲要》。该纲要在1995年后由联邦纲要转为总统纲要,体现了落实纲要的紧迫性和优先性。在实施纲要的过程中建立了电子工业新的龙头企业、控股集团、联合公司和相应的金融工业集团。俄罗斯电子股份有限公司(Российская электроника)和科学中心产研综合体(НПК Научный центр)就是在实施纲要的过程中建立起来的。为加强电子工业的发展,1999年俄罗斯成立了俄罗斯管理系统署(Российское агенство по системам управления),这是联邦政府专门管理和协调全国无线电电子工业发展的机构^①。此外,在总统纲要的框架内还先后制定和实施了联邦专项纲要《电子技术发展纲要》《通信、电视和广播生产设备发展纲要》《全球卫星导航系统“格洛纳斯”研究纲要》《空运统一系统现代化纲要》《计算设备和电脑开发纲要》等。尽管有上述努力,但由于转型初期国内各种危机不断,电子工业生产与整个经济一样几乎呈自由落体式下降。20世纪90年代末,俄罗斯电子生产企业只剩下40%。特别严重的是,电子领域的科技人才流失了80%,在电子科研和设计单位工作的科技人员平均年龄由30~35岁提高到接近60岁^②。俄罗斯人开始意识到,落后的电子工业不仅不能满足国内对日用电子产品的需求,也影响到“国家的技术和政治独立,影响到国家的国防安全”^③。

进入21世纪,俄罗斯制定了《2001~2006年俄罗斯电子技术发展联邦专项纲要》,提出让俄罗斯电子工业重返世界先进行列的任务目标。纲要规定国家对电子工业主要投资于异质结构半导体、固态电子、集成电路、纳米电子^④以及其他与国防安全直接相关的方向。从结果看,实施这个纲要为后来

① 电子学科下仍可分类,但没有统一分类标准。俄罗斯媒体常用三种表述,分别是电子、微电子、无线电电子,在非专业文献中,三者的界线并不明显。有明确专业界线的是纳米电子、光学电子等。

② В. Борисов. Революция в электронике и формирование отечественной высокотехнологичной отрасли промышленности. <https://cyberleninka.ru/article/n/revolyutsiya-v-elektronike-i-formirovanie-otchestvennoy-vysokotekhnologichnoy-otrasli-promyshlennosti/viewer>

③ 同②。

④ 纳米电子学是讨论纳米电子元件、电路、集成器件和信息加工理论和技术的新学科。它代表了微电子学的发展趋势并将成为下一代电子科学与技术的基础。最先实用化的三种器件和技术分别是纳米MOS器件、共振隧穿器件和单电子存储器。

集中力量攻坚纳米电子和纳米材料的战略决策做了准备。

2007年俄罗斯制定了《2008~2015年电子元器件和无线电电子发展联邦专项纲要》。纲要规定要在2008年攻克180纳米制程的芯片技术,并以此为国内现代化电子工业生产打下基础。纲要还计划在2011年掌握130纳米制程技术,并准备在2015年进一步提高到45纳米,认为这样就可以明显地缩小俄罗斯与世界电子和无线电电子发展的差距。此外,纲要还对电子元器件和无线电电子设备生产的技术发展做了规划,要在2011年前实现技术突破180项,2015年前技术突破不少于270项。纲要要求,在62家企业里建立电子设计中心,在112家企业里完成技术更新换代。纲要计划投资规模1756亿卢布,其中预算投资1046亿卢布^①。俄罗斯在制定和批准这个纲要过程中成立了俄罗斯纳米技术投资公司(Российская корпорация и инвестор в нанотехнологии, Роснано),并决定对它投资1300亿卢布。这是一家国家公司(государственная корпорация),也是俄罗斯纳米股份公司(АО Роснано)的前身。俄罗斯计划以此为基础在纳米电子科技上创造领先优势并尽快赶上或超过西方国家的半导体技术水平。事实上这一战略决策没有成功。10年后,俄罗斯在纳米科技上取得的成就与投资远不成比例。换句话说,在以芯片技术为中心的电子科技竞争中,俄罗斯尝试弯道超车,结果又失去了10年。

最近的实践证明,这一失误被西方国家准确地利用了,即在对俄制裁中实施芯片禁运。在现代化经济体系中,电子科技是国民经济的技术基础,也是国家技术的核心。而如果把俄罗斯电子科技比作木桶,芯片技术就是木桶上最短的板子。

2012年俄罗斯加入世界贸易组织。这时的俄罗斯不仅有希望发展国际贸易,改善投资环境,还有希望通过国际科技合作来快速发展本国电子工业。因为这时的俄罗斯可以利用国际机制平等地引进国际先进技术,但是一切好的预期都因2014年西方国家对俄罗斯的制裁而落空。制裁几乎抵销了俄罗斯加入世界贸易组织的所有积极效应,既仍无可能正当地引进西方先进电子科技,又无可能再从西方发达国家获得金融支持。

面对西方制裁,俄罗斯电子科技领域仍坚持系统第一的设计原则,在中低端电子硬件基础上最大限度地保持武器、核电和航天优势。最终他们将不

^① федеральная целевая программа "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008 – 2015 годы". <https://elementy.ru/Library9/Progr809.htm>

得不承认,这样做无法弥补巨大的硬件差距,传统优势或已不复存在。

二 俄罗斯电子工业发展战略文件的背景和主要内容^①

在西方国家制裁的条件下,2020年1月17日俄罗斯联邦政府批准了《2030年前电子工业发展战略》^②。与这份文件相关的其他文件是俄罗斯联邦总统国情咨文(2019年)、《俄罗斯国家安全战略》(2015年)、《俄罗斯科技发展战略》(2016年)、《2025年前俄罗斯联邦区域发展战略》(2019年)、《俄罗斯联邦信息安全学说》(2016年)、《关于俄罗斯联邦重要信息基础设施安全的联邦法律》(2017年)、《2017~2030年俄罗斯联邦信息社会发展战略》(2017年)、《对〈俄罗斯联邦数字经济〉国家规划的批准文件》(2019年)、《2030年前俄罗斯联邦科技发展前景预测》(2014年)、《关于政府采购中对俄罗斯联邦境内生产的无线电电子产品的鼓励措施》(2019年)。俄罗斯联邦政府要求在制定和实施其他相关专项发展纲要时要结合参考电子工业发展战略文件。可以看出,在综合的意义上,电子工业发展战略对俄罗斯的经济和国家安全有重要的战略意义。

2008~2018年期间,俄罗斯电子工业发展主要基于工业和贸易部《2025年前俄罗斯电子工业发展战略》(2007年)^③和联邦政府《2013~2025年俄罗斯电子和无线电电子工业发展国家纲要》(2015年)^④,二者对保障电子工业

① 因涉及较多电子科学、工艺、技术和产品概念和名称,本文尽量附上概念和名称的俄文或英文,并对部分高新技术概念在注释中作出补充说明,以便于读者了解俄罗斯电子工业现状和发展战略。概念和名称的中英译文,除部分使用工具书外,多数通过对中英文网上相应概念进行内容比较后译出。

② Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20 - р. "О Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года и плане мероприятий по её реализации". <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73340483/>

③ Приказ Минпромэнерго РФ от 07.08.2007 № 311 "Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 года". http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99457/6e043fb9c9887b1d9d8308280720e30fdb53152b/

④ Государственная программа Российской Федерации "Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 - 2025 годы". http://www.sovel.org/images/upload/ru/1220/gosprogramma_rep_novaya_redakciy__oktyabr_2015.pdf/

正常科研和生产具有重要意义。但在这两个行业文件的有效期内,2020年俄罗斯联邦政府出台新的战略文件,而没有采取对执行中的文件进行补充和完善的做法,足见联邦政府对电子工业的高度重视以及急于实现跨越式发展的决心。

(一)俄罗斯电子工业发展战略出台前的业态背景

电子工业是国民经济的一个产业部门,主要研制和生产电子设备、电子模块、组件和嵌入式软件。鉴于电子工业的跨行业特点,俄罗斯把与电子工业相关的材料、技术设备和工具软件等内容纳入电子工业发展战略,使得该战略具有较强的全面性和系统性。

2020年俄罗斯已经拥有部分关键的技术和生产基础,有能力研制和生产基础电子组件、电子产品(含无线电电子产品),以及有能力向居民提供基本的数字服务。可生产的电子元器件有集成电路、半导体和真空电子元件,还可以生产光电子和光学仪器、量子电子仪器和压电仪器、微系统电子仪器、无源电子元件、无线电电子设备和系统单芯片。可以生产的电子产品有电子模块和集成电路系统级封装(системы в корпусе)仪器系列^①、特殊用途的电子设备和电子系统、专业用和消费类电子设备。

俄罗斯电子工业的生产企业和科研机构合计有1 600~1 700家。企业在所有制结构上分为三类,即国有企业、民营企业和外资企业,国有企业是绝对主体。2019年相关国有企业422家,其中包括370家军工企业,多数国有企业同时也是大型科研生产一体化集团的组成单位,贡献着约55%的行业产值;民营企业1 200余家,多为中小企业,主要从事电子产品的市场营销,并在政府采购中发挥一定作用,贡献着约23%的行业产值;外资企业30家,贡献约22%的行业产值^②。

在电子企业中,有10家规模型微电子生产企业,65家微电子设计研发中心,它们在俄罗斯电子工业中享有重要地位,拥有必要的高级技术人才、关键设备和技术。值得强调的是,这些重要的微电子生产企业都隶属于国有的俄罗斯国家技术集团(Ростех)。

2018年俄罗斯电子工业销售收入为1.868万亿卢布,国民生用电子销售

^① 系统级封装,指把不同的、多功能芯片(包括处理器、存储器等)进行并排或叠加的封装方式。它与系统级芯片相对应,后者是指高度集成的芯片产品。

^② Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20 - р. "О Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года и плане мероприятий по её реализации". <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73340483/>

额占国内民用电子市场的31%,电子产品出口41.6亿美元,电子工业从业人员约29万人,平均年龄自20世纪90年代末后有所下降,但仍然偏大,现为45~50岁,中青年科技人才所占比重更低^①。经过多年发展,俄罗斯电子工业中的纳米和微电子、微波电子、抗辐射电子组件、光电子学和光学可基本满足国内需要。这些俄罗斯电子工业中的强项是在长期保障军工综合体、核能工业综合体和火箭航天工业电子需求的过程中形成的。

但是,2020年俄罗斯国内65%的电子产品采用的是国产130纳米及以上制程的处理器,整体落后于世界先进水平。俄罗斯在战略文件中承认,俄罗斯电子工业的“科研机构和设计中心的工作还不能完全满足行业发展需要”^②。一方面,俄罗斯的国产民用电子产品不能完全满足国内需求,如通信和医疗设备、日用电器、电网和安全系统等;另一方面,在一段较长的时间里,俄罗斯的国产军工电子产品只是在一个相对较低的水平上努力保障军品研发、制造和修理需求,越来越多的进口电子产品被用于武器装备。这表明,在与西方国家的矛盾和对抗日益尖锐的背景下,俄罗斯在战略上已经处于技术劣势。

在外部压力下,俄罗斯看到了电子工业与西方国家的差距,同时认为具备足够的基础技术条件,能够通过举国体制明显缩小差距。俄罗斯电子工业发展战略就在这样的背景下得以出台。

(二) 俄罗斯电子工业发展战略的理论线索

俄罗斯电子工业发展战略文件使用了技术独立(технологическая независимость)概念。这一概念是在较宽的范畴内对改变科技产品进口依赖现象的经济学抽象。2009年3月制定的《2020年前俄罗斯国家安全战略》文件就明确指出,“对外国科研设备、仪器、电子元器件和战略材料的进口依赖,直接影响俄罗斯在科学、技术和教育领域的国家安全”^③。2020年俄罗斯

^① Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20 - р. "О Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года и плане мероприятий по её реализации". <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73340483/>

^② Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202001220017?index=1&rangeSize=1>

^③ Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2009 г. № 537 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года". <http://kremlin.ru/acts/bank/29277>

制定新的电子工业发展战略,就是要有计划地加速实现高端电子产品国产化^①,摆脱进口依赖,以技术独立来保障国防安全。

实际上,在俄罗斯制定和实施国家安全战略后至少近6年的时间里,进口依赖仍十分严重,严重到与其大国地位很不相称。根据俄罗斯联邦工业和贸易部数据,2015年主要行业的进口依赖程度分别是:汽车制造业44%,造船工业55%,农机制造业56%,油气和重型机械制造业60%,轻工业和制药行业70%,医疗器械、无线电电子和机床制造业超过80%,飞机制造业(含客机租赁)更是高达92%^②。当然,高度敏感行业,例如军事装备、航天、核工业和电信业的进口依赖程度数据没有被透露。

事实表明,2022年俄罗斯进口依赖问题仍然存在。除2020年电子工业发展战略文件外,2022年3月30日普京在《关于保障俄罗斯技术独立和保障最重要信息基础设施安全的措施》总统令中再次使用了技术独立这一概念,要求在规定限期解决重要信息基础设施中存在的进口依赖问题。“2022年3月31日后政府不得采购进口软件用于重要的信息基础设施。2025年1月1日后政府不得在重要的信息基础设施中使用进口软件”^③。由此可见俄罗斯通过实现技术独立来保障国家安全的决心。

或是由于进口依赖程度过高,也或是由于实现技术独立的任务过于艰巨,俄罗斯进一步对技术独立概念做了政治学抽象,提出了技术主权(технологический суверенитет)概念。站在俄罗斯的立场,从政治学常识角度看,技术被升级到主权范畴,相当于被纳入国家重大核心利益范畴,直接涉及俄罗斯的国际关系主体地位问题,涉及俄罗斯的国际影响力,需要以举国体制建立和维护技术主权。事实上,正是在这种理论认识的引导下,2022年4月14日普京再发总统令,在俄罗斯联邦安全会议这一国家最高决策机构内

① 2022年9月俄罗斯联邦政府制定了电子产品国产化分值认定系统以代替从价认定系统。按照新的认定系统,俄境内企业(外资控股企业除外)的电子产品和电子设备,可按其生产过程中的工艺、组件、器件、元件、核心元器件等被赋予相应分值,总分数达标后即被认定为国产。国产电子产品可在政府采购中享受国家支持,更重要的是在政府采购中须满足对国产电子产品的比例要求。

② *Насколько реальна технологическая независимость России: факты и размышления.* <https://topwar.ru/168520-naskolko-realna-tehnologicheskaja-nezavisimost-rossii.html>

③ *Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации"*. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203300001>

建立“确保国家在重要信息基础设施中的技术主权问题跨部门委员会”,并批准了该委员会条例^①。

根据条例,该委员会负责管理和协调各级政府部门和地方自治机构在重要信息基础设施方面的工作,要求安装和使用国产无线电电子产品、国产电信设备、国产软件,以保障国家在这些设施中的技术独立^②。条例规定,该委员会要对重要信息基础设施的技术独立程度进行安全评估,并向相应各级政府和地方自治机构提出进口替代建议和方案。从总统令和委员会条例可以看出,在保障技术主权方面,该委员会是实际上的最高管理和监督机构。首任委员会主席是安全会议副主席、统一俄罗斯党主席、俄罗斯联邦前总统梅德韦杰夫。

从进口依赖到技术独立,再到技术主权,进而制定和实施相应纲要、战略、法律,这是俄罗斯解决重要和重大经济问题的常用路线,即问题—概念—理论—政策(决议—纲要—战略—法律)。显然,俄罗斯电子工业发展战略就是这一路线中的重要一环。从这个路线中隐约可见计划经济的路径依赖,但对于仍在艰难转型中的俄罗斯来说,这样的路线图熟悉且有效。

(三) 俄罗斯电子工业发展战略规定的目标和任务

1. 关于电子工业的战略目标

俄罗斯电子工业发展战略文件规定,2030年前俄电子工业实现销售额5.22万亿卢布,销售额占国内生产总值的3.5%^③,其中民用电子占比不低于87.9%,并且占国内电子产品市场的份额不低于59.1%。每年实现电子产品出口120.2亿美元,实现电子工业人均产值1250万卢布。

电子工业发展战略文件还指出,要通过大力发展电子科技捍卫俄罗斯国

① Указ Президента Российской Федерации от 14.04.2022 № 203 "О Межведомственной комиссии Совета Безопасности Российской Федерации по вопросам обеспечения технологического суверенитета государства в сфере развития критической информационной инфраструктуры Российской Федерации". <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202204140035>

② Положение о Межведомственной комиссии Совета Безопасности Российской Федерации по вопросам обеспечения технологического суверенитета государства в сфере развития критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. http://www.scrf.gov.ru/about/commission/MVK_KII/

③ 2020年俄罗斯国内生产总值中电子工业占比只有1.8%。Мишустин утвердил Стратегию развития электронной промышленности до 2030 года. <https://tass.ru/ekonomika/7575719?ysclid=lg1nq9s9hu427823197>

家利益和保障俄罗斯在世界上的主要地位,具有关键和核心意义的电子产品要摆脱进口依赖。在材料和技术保障方面,要保障电子产品的研制、生产和测试过程具备相应的材料和技术基础。在专业人才方面,要消除一切阻碍,彻底解决人才短缺问题。在行业管理方面,要确立以满足国内需求和应对外部挑战为导向的行业管理体系。在行业内部协作方面,要通过优化分工和统筹规划,保障行业内技术和工艺流程的效率。在行业信息化保障方面,要建立支持行业科学决策的信息分析和预测中心。在市场与产品方面,要生产有市场需求的产品。在经济效益方面,要努力增加产品的附加值。

2. 关于电子工业的战略任务

俄罗斯电子工业发展战略文件对战略任务进行了高度细化,细化到具体产品、工艺、材料和生产线。从任务内容看,目标既注重数量,又注重质量。了解这些高度细化的任务有助于我们认清俄罗斯电子工业的实际技术现状、技术方向、重点任务以及电子工业未来,对中国与俄罗斯开展电子科技合作也有一定参考意义。制定国家对外科技合作政策的专家和电子科技专家或许还能从中获得更多有价值的信息。

(1) 建立先进电子科技和生产基础

要研发并在可工业化程度上掌握先进电子技术,建立数字电子产品生产线。这些生产线首先用于生产处理器、控制器、存储器、系统软件、电力电子设备、无线电电子设备、微波电子设备、模拟电子器件、光电子仪器、光子学仪器和无线电光子仪器及微波光子学仪器。为此,要逐步研发制程 65 ~ 45 纳米、28 纳米、14 ~ 12 纳米和 7 ~ 5 纳米的电子元器件生产技术,并使用这些元器件生产电子产品;设计使用 5 纳米芯片的电子产品(先期在境外代工厂生产该产品)并逐步把产品生产线迁往俄罗斯国内;研制使用 30 ~ 25 纳米芯片、堆叠不少于 96 层的固态数据存储器^①;研制使用 OLED 技术^②、分辨率达到 2 048 × 2 048 的显示器及直径 200 毫米的微显示器;研制用于微波波段的电子元器件制造技术,包括以制程 65 ~ 45 纳米芯片为基础、在硅基氮化镓(GaN on Si)、锗化硅(SiGe)、砷化镓(GaAs)膜上完成异质异构集成、采用双极互补金属氧化物半导体技术的异质结双极晶体管、高电子迁移率晶体管、

^① 这里的 96 层结构,指芯片堆叠技术即 3D 堆叠,用于突破单个芯片的技术极限。2020 年前英特尔实现 144 层堆叠,中国的长江存储实现 128 层堆叠。

^② OLED 即有机发光二极管,也称有机电激光显示、有机发光半导体,是继 LCD 以后新一代平板显示技术。

匹配高电子迁移率晶体管等元件生产技术;能够以磷化铟(InP)和其他材料为基础生产太赫兹(THz)波段的电子元件,用于雷达、可视系统、医疗设备及其他用途;开发光学技术,其中包括应用磷化铟与硅技术实现异质异构集成,用于制造光子集成电路,以及热成像和其他光学系统的主动和被动传感器(有源和无源传感器);研发半导体激光器制造技术,包括以砷化镓、氮化镓、磷化铟材料以及它们的化合物为基础的多种激光器技术,并进一步应用于开发相应设备,包括电信设备、激光扫描仪、激光笔等;以氮化镓、碳化硅(SiC)材料为基础,开发高压电力电子技术,以能适应高压 6 500 伏和高电流强度 1 200 安,并适应高色温 4 500K;开发直径不大于 0.5 微米的微机电系统(MEMS)传感器;研发效率可达 99% 的电源技术;研发加密和密码保护技术,包括区块链技术所需要的硬件保障系统;研发多层刚性、柔性、刚柔结合、最多可达 32 层的印刷电路板,其中包括使用有机材料。

(2) 研发重要材料及其关键生产技术

俄罗斯电子工业发展战略文件规定,要有计划地研发重要材料的关键技术并掌握批量生产工艺,如研发和生产必要的基础材料(多晶硅、单晶硅、碳化硅、单晶金刚石)、硅外延结构、绝缘体上硅、蓝宝石上硅、带有介电绝缘体的硅结构体、异构异质外延结构体半导体 A3B5 和 A2B6、碲镉汞(HgCdTe)三元合成异构异质外延结构半导体等。计划研发和生产的材料还有:光刻材料,包括光刻胶、电子抗蚀剂和 X 射线抗蚀剂、显影剂、平面化涂层和抗反射涂层;工艺耗材,包括各种电子级酸液、溶剂、蚀刻剂、特殊气体和混合气体、有机金属化合物、高纯金属和合金、靶材、复合金属材料、黏合剂、糊剂、电子化合物、电子部件生产用漆、助焊剂、密封剂和同位素。还计划研发与上述材料生产相关的设备,用于生产晶体和组装超大型半导体的集成电路、半导体器件、高纯单片集成电路,组装基于 A3B5 和 A2B6 的无线电光子仪器,组装光电子半导体的元器件、电子模块、光电接收器和显示设备,还有集成的、半导体的、有磁阻效应和压电电阻效应的微机电系统和微光机电系统。

(3) 研发重要电子生产工艺和技术

按照俄罗斯电子工业发展战略文件,将计划研发用于生产光刻掩膜版的技术、专用材料、工艺和测量设备。计划生产的掩膜版设计标准分别为 250 纳米、180 纳米、90 纳米、65 纳米和 28 纳米。还要设计和生产规格为 22 ~ 20 纳米、16 ~ 14 纳米及以下的光刻掩膜版,用于超大型集成电路、单片微波集成电路、半导体器件、微机电系统传感器、光学和光电子学设备,用于以硅、砷化镓、氮化镓、碳化硅为基础的无线电光学器件、绝缘体上硅结构,以及用于

A3B5 和 A2B6。

俄罗斯还计划在以 A3B5 和 A2B6 为基础制成的电子模块的基础上,研发生产单片微波集成电路和其他半导体器件的生产工艺,包括:在砷化镓基础上生产匹配高电子迁移率晶体管、PIN 二极管、双异质结场效应晶体管、异质结双极暨假晶高电子迁移率晶体管外延芯片、增强/耗尽型高电子迁移率晶体管、异质结双极晶体管的工艺;在氮化镓基础上生产高电子迁移率晶体管和匹配高电子迁移率晶体管的工艺;在镓-铟-砷以及铝-镉-镓-铟金属互化物基础上生产改性高电子迁移率晶体管的工艺;在砷化镓/砷化铟(GaSb/InAs)基础上生产高电子迁移率晶体管的工艺;在磷化铟基础上生产高电子迁移率晶体管和异质结双极晶体管的工艺;在硅基础上生产双重扩散金属氧化物半导体的工艺;在硅锗(SiGe)基础上生产异质结双极型晶体管以及双极互补金属氧化物半导体的工艺;薄膜体声波谐振器(如氮化铝膜、硅膜、钼膜、二氧化硅膜)的生产工艺;漂移阶跃恢复二极管的生产工艺。

俄罗斯还计划研发光学和光电子学元器件的生产工艺,如生产 OLED 微显示器、激光二极管,包括基于砷化镓铟(InGaAs)和砷化铟铝(InAlAs)的垂直发射激光二极管,基于砷化镓的大功率红外发光二极管,使用氧化钒(VOx)和非晶硅(α -Si)的微热辐射探测器,还有在电荷耦合器、互补金属氧化物半导体和量子阱红外光电结构基础上的矩阵光电探测器等生产工艺。计划研发的还有无线电光电子器件生产工艺,包括生产超高速无线电光学模数转换器和宽带射频接收器,以及集成的无线电光学基础元件、电子模块的工艺。

俄罗斯将要研发的技术还有微机电系统、微光机电系统、智能传感器和 3D 微组件,包括:惯性微机电系统(如微加速度计、微型陀螺仪、倾角仪);射频微机电系统;电子传动器(如开关、发电机、微传动器);微光电机系统(如光开关、微反射镜、微辐射仪、光调制器、环形谐振器);声学 and 声电子学微系统(如声学滤波器、麦克风、变频器);磁场转换器及基于转换器的磁性微系统;用于环境监测和生化分析的微机电系统(如压力传感器、气体传感器、温度传感器、微流量传感器);人体和生物体微系统(микросистемы для человека и биологических объектов)^①。

以上是俄罗斯电子工业发展战略文件规定的具体化的战略任务,代表着

^① 指生物微机电系统(BioMEMS),集微传感器、微驱动器、微流体控制系统、微光学系统及微机械元件于一体,广泛应用于生物学、医学和生物医学工程等领域,产品包括人体器官芯片、生物传感器及相关微流体控制系统。

先进电子科技方向,同时也是俄罗斯国家经济和国家安全迫切需要的电子产品及与此相关的材料、生产工艺和技术清单。文件提出,在实施战略的过程中,还要根据世界科技进步和俄罗斯的实际情况对上述清单做动态更新,更新方式是发布《电子工业年度科技预测报告》。为了实施电子工业发展战略文件规定的目标和任务,将以电子工业为中心进行跨行业一体化调整,要采取措施保障电子研发成果和生产工艺转化,要建立软件和硬件综合体技术基地,全力保障掌握信息领域的“端到端”技术(сквозные технологии),如大数据、神经技术、人工智能、区块链、量子技术、机器人传感器、工业互联网、无线通信技术、虚拟现实和增强现实技术。

俄罗斯计划依据电子工业发展战略制定相应的电子工业发展规划,建立科技创新方案库,保障科学和有效地引进与实施科技创新方案;发挥俄罗斯的软件优势和潜力,保障尽快把软件成果应用到电子工业,特别是优先应用到电信设备中。

(4)新建高科技电子生产基础设施

依据俄罗斯电子工业发展战略文件,俄计划新建高科技电子生产基础设施,以增强和扩大电子工业生产能力。一是建设数家半导体工厂。工厂实行“代工”模式,提供 28 纳米、14 ~ 12 纳米和 7 ~ 5 纳米制程的数字集成电路。二是建设一家以异质异构集成技术为基础的工厂(制程 65 ~ 45 纳米),用以生产微波电子元件和传感器。三是建设一家以锗化硅技术为基础的工厂,用以生产单片微波集成电路以及多功能的系统单芯片,以用于 100 吉赫(GHz)及更高频段无线电电子系统。四是建设一家工厂,用以生产纳米级电子元件、单片微波集成电路、多功能的系统单芯片,以及生产以碳化硅衬底氮化镓(GaN-on-SiC)、磷化铟和金刚石为基础的亚毫米到 1 太赫兹的无线电电子系统。五是通过新建或改建工厂的形式形成新的重点高科技生产能力,包括:光刻掩膜版的生产能力,并用以保障必要制程水平的单片微波集成电路的生产需要;生产直径 200 ~ 300 毫米硅基板(包括高电阻硅基板)以及生产直径 100 毫米的多晶(聚晶)金刚石的能力。六是建设生产 OLED 显示器和微型显示器的工厂。七是建设一家生产存储数据的固态硬盘的工厂。八是建设一家生产多层(最多达 32 层)印刷电路板的工厂,精度达到 8 级。九是通过新建或改建工厂的形式形成先进的紫外和红外接收器生产能力,实现可同时两个及以上的光谱范畴内工作,并将其应用于交通运输中的自适应控制和无人控制系统。

此外,在软件方面,计划建立用于自动化设计的软件和技术手段,建立硬

核库(библиотеки сложнoфункциональных блоков)^①,研发并掌握不同集成程度的集成电路设计技术、系统单芯片以及系统级封装模块的设计技术,还有绝缘硅、硅锗化合物半导体、碳化硅、单片微波集成电路设计技术,以及使用 A3B5 和 A2B6 的仪器设计技术等。

俄罗斯电子工业发展战略文件对电子产品和技术的详细描述,既体现了发展电子工业的战略紧迫感,也体现了现代电子产品的特殊性,即每种高科技电子产品都有可能对国家经济和国家安全具有战略意义,这自然也是西方国家使用科技制裁作为政治工具的原因。

3. 关于实施电子工业发展战略的阶段性和安排

俄罗斯分三个阶段实施电子工业发展战略。

第一阶段(2020~2021年)的任务是:提高俄罗斯产电子产品在国内市场的占有率,首先要提高在传统电子产品市场的比重;积极进入国际电子产品市场,包括进入他国技术基础环节、参与制定游戏规则以及实现投资多元化等。

第二阶段(2022~2025年)的任务是:进一步推动俄罗斯电子产品巩固现有的国内外市场,特别是进入新的国际市场。为此要扩大与外国伙伴的合作并扩大投资项目的规模。

第三阶段(2026~2030年)的任务是:实现国内电子工业持续稳定增长,保障俄罗斯电子工业在前沿产品市场占据主导地位。

三 俄罗斯电子工业发展战略实施体制

在俄罗斯电子工业发展战略文件的附件中,确定了负责落实战略任务的责任机构体系。这些以战略任务为导向的机构按计划和有配合地工作,构成了电子工业发展战略的实施体制。

(一) 俄罗斯联邦工业和贸易部及相关联邦机构

俄罗斯联邦机构中没有电子工业部,这与苏联时期的做法不同。在联邦政府机构中,职能与电子工业直接相关的有工业和贸易部,数字发展、通信与大众传媒部。在工业和贸易部设有无线电电子技术发展局。在数字发展、通

^① 也称 сложно-функциональный блок(Hard IP-Core)。硬核在电子设计自动化(EDA)领域是一种软件工具,涵盖了芯片 IC 设计、布线、验证和仿真等所有方面,被称为芯片设计的“基石”。

信与大众传媒部设有信息技术行业发展局、大众传媒发展局、电信市场管理局、数字化发展局、数字识别技术发展局、云服务和数据管理局、政务数字化基础设施局、无线电电子产品市场需求促进局、新型电信服务发展局。在职能分工上,数字发展、通信与大众传媒部的重点在电子技术和产品的应用、推广和市场管理,而工业和贸易部的重点是技术,且是无线电电子技术的研发、生产和发展,以及制定与电子工业发展相关的国家政策。

此外,与实施国家电子工业发展战略相关的机构还有国防部、科学和高等教育部、能源部。这些联邦机构负责本领域内电子工业发展战略相关内容的实施,并在实施过程中与其他机构进行体制内沟通和协调。

(二) 国家公司——俄罗斯国家技术集团

国家公司是具有俄罗斯特色的经济机构,每一家国家公司都按照专门的联邦法律组建,其名称中有公司字样,但其法律身份却是非商业机构。国家公司具有行业和跨行业管理职能和权限,隶属于联邦政府,其业务范围涉及国家经济和国家安全的核心领域,直接掌控巨量国家财产,其总理由联邦总统任命。俄罗斯经济中有着特别重要地位的国家公司有俄罗斯国家技术集团、俄罗斯国家原子能公司(Росатом)、俄罗斯国家航天集团公司(Роскосмос)。后两家公司甚至被列入联邦政府机构序列。

2007年11月依据俄罗斯联邦法律^①组建了俄罗斯国家技术集团,目的在于促进高科技研发以及军品和军民两用产品的生产和出口。目前,该集团在全国60个地区有800多家科研和生产企业,主要领域涉及飞机制造、机器制造、无线电电子、医疗设备、新材料等。集团产品出口100多个国家,其中高科技产品的出口占其总销售额的1/3。2021年总收入达到2.06万亿卢布,占当年俄罗斯国内生产总值的1.5%^②。俄罗斯国家技术集团全资拥有俄罗斯电子集团公司(Росэлектроника),而后者拥有相当比重的规模以上电子企业。这样的经济组织架构加强了国家对电子工业的支持和垄断,有利于电子技术研发、生产及销售过程中的各环节协调。

俄罗斯国家技术集团直接代表国家,但可以同时受政府和市场两只手调节并把两只手的优势整合到一起,领导和组织电子工业领域几乎所有重要的生产和科技企业,并作为俄罗斯的唯一代表在国际军火市场上开疆拓土。

^① Федеральный закон "О Государственной корпорации Ростехнологии" от 23.11.2007. № 270 - Ф3. <https://base.garant.ru/12157231/#friends>

^② Ростех. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ростех>

(三) 国有企业 —— 俄罗斯电子集团公司

俄罗斯电子集团公司于 1997 年按照联邦总统令^①和联邦政府决议^②成立,目的是整合国内主要无线电电子企业,制定和实施国家统一的电子科技政策和发展战略,帮助改善电子企业的财务状况。集团公司成立时的注册资本是 1 万亿卢布。

目前,俄罗斯电子集团公司拥有电子元器件、电信设备和系统、自动化控制系统、机器人、计算机、手机的研发和生产能力,生产的电子元器件超过国内总产量的 50%。该公司旗下有 140 多家电子领域生产企业和科研机构,主要有:织女星无线电工程有限公司(Вера),成立于 1944 年,为老牌核心国有企业,主要研发和生产空基雷达、侦察和控制系统(含无人机)及其他军用和民用电子产品;星座控股公司(Созвездие),成立于 1958 年,主要研发和生产军用电子对抗系统、军队通信系统、智能控制和通信系统、军队专用通信设备、反导和防空系统中的自动通信和控制系统,也生产部分民用电子产品;自动化公司(Автоматика),成立于 1941 年,苏联时期就专注于研发和生产用于海基和陆基洲际弹道导弹的控制系统,苏联解体后科研领域扩展到铁路和航运自动化系统;控制系统公司(Системы управления),2014 年按照俄罗斯国家技术集团的决议成立,目的在于整合航空航天、通信系统、电信设备、视频监控、电子生产设备、医疗设备、计算机、反无人机系统的企业资产。

俄罗斯电子集团的管理公司是联合仪表制造公司(Объединенная приборостроительная корпорация)。该管理公司于 2013 年按照联邦总统令^③和 2014 年俄罗斯国家技术集团监事会决议^④成立,旨在加强对俄罗斯电子集团公司内所有企业生产、科研、销售和资产的专业化管理。

① Указ Президента России № 764 от 23 июля 1997 года " О дополнительных мерах по повышению эффективности реализации президентской программы "Развитие электронной техники в России". <http://www.kremlin.ru/acts/bank/11261>

② Постановление Правительства РФ № 1583 от 18 декабря 1997 года " О мерах по реализации Указа Президента РФ от 23 июля 1997 г. № 764 " О дополнительных мерах по повышению эффективности реализации президентской программы " Развитие электронной техники в России". <https://base.garant.ru/1571968/>

③ 8 мая 2013 года было издано поручение Президента России В. В. Путина № Пр – 1056 " О создании объединённой холдинговой компании в сфере радиоэлектронной промышленности". https://hmong.ru/ru/Объединенная_приборостроительная_корпорация

④ Ростех создал новый холдинг "Объединенная приборостроительная корпорация". <https://www.aex.ru/news/2014/4/29/119925/>

(四) 其他主要芯片生产企业

俄罗斯最大的芯片公司是微电子公司(Микрон, 也有音译为米克朗公司)。微电子公司属于俄罗斯国家技术集团, 位于绿城, 可生产制程 180 ~ 90 纳米的芯片。2022 年 9 月上旬获得俄罗斯国有基金“工业发展基金”70 亿卢布授信, 定向用于扩大芯片生产。该公司生产的芯片用于银行卡、交通卡、物流网及一些通用电子设备和设施。

另一大型芯片公司是埃斯特朗公司(Ангстрем), 俄罗斯电子集团公司持股 25%, 生产 600 纳米芯片, 主要用于军工领域。公司的强项是芯片设计, 可以设计出高端芯片。该公司还是中国台湾半导体制造公司“台积电”与俄罗斯的主要合作伙伴, 并由后者代工生产其设计的高端芯片。但这种合作在 2022 年 2 月 25 日被无限期终止。

为落实俄罗斯电子工业发展战略, 2022 年 5 月在绿城紧挨埃斯特朗公司的地方开始动工建设生产 28 纳米芯片的工厂, 建设者是俄罗斯的国际科研中心。事实上, 28 纳米芯片实验生产线原计划由荷兰的光刻机制造公司“ASML”提供, 现在看, 该计划遇到了极大的不确定性。此外, 在绿城同时在建的还有采用俄罗斯光刻技术(制程 350 ~ 130 纳米)的芯片生产线, 计划 2026 年完工, 投资 57 亿卢布; 采用 X 射线光刻技术的生产线, 用于生产 28 纳米芯片, 投资 6.7 亿卢布。未来的绿城将成为名副其实的“俄罗斯硅谷”。

俄罗斯其他芯片企业还有贝加尔电子公司(Байкал электроникс)、 “МЦСТ”公司(Московский центр SPARC – технологий)、俄罗斯科学院联邦科研中心系统科学研究所(НИИСИ РАН)、多晶硅公司(Мультиклет)、艾尔维斯科研生产中心(НПЦ ЭЛВИС)、米兰德尔公司(Миландр)。

要十分准确地说出俄罗斯与世界先进芯片水平的差距有多大是一件不太容易的事情。有俄罗斯人认为, 尽管近几年俄罗斯在努力缩小差距, “至少在 2022 年 2 月 24 日前俄罗斯政府机构、军事机构和航天机构已经全部改为使用国产的计算机系统, ……但芯片制造与世界领先水平之间仍有十年的差距”^①。

(五) 能力中心(Центры компетенций)

能力中心是俄罗斯国家技术倡议^②框架内的新型科技组织形式。能力中心的出现早于俄罗斯电子工业发展战略文件, 但现在实施电子工业发展

^① Суверенный процессор. Что надо знать о российской индустрии микрочипов. <https://onlinepatent.ru/journal/russian-microchip/?ysclid=17r11b1k1k111369323>

^② Национальная технологическая инициатива. <https://nti2035.ru/>

战略的机制性内容之一。

国家技术倡议是一项国家与国有企业、民营企业和外资企业的跨部门、跨资本的产学研科技合作规划,具体是在对世界科技发展作出长期预测的基础上确定15~20年后俄罗斯应实现的高科技突破方向,进而最有效地保障国家安全和促进国家经济发展。2014年12月普京在国情咨文中提出,要通过实施国家技术倡议来实现高科技的突破式发展^①。显然,国家技术倡议的直接目的是应对西方对俄罗斯的制裁。为此,要在其框架内,以高科技任务为中心,把俄罗斯的重点大学、科研机构、俄罗斯科学院与大型企业整合在一起,并邀请外资企业和境外从事高科技研发的俄侨参与,共同组建能力中心。

俄罗斯把在国家技术倡议框架内选定的高科技统称为“端到端”技术,并针对每项具体的“端到端”技术组建一个能力中心。“端到端”技术清单由联邦政府直属的、俄罗斯经济现代化和创新委员会内设的“制定和实施国家技术倡议跨部门工作小组”制定^②。已经确定的“端到端”技术多数与电子技术相关。2017年开始组建能力中心,到2021年已经组建21个,其中与电子技术相关的“端到端”技术分别是人工智能、量子技术、脑科学、虚拟现实和增强现实技术、大数据存储和分析技术、机器人和机电一体化组件技术、传感器技术、分布式记账技术、电力传输与分布式智能电力系统技术、无线通信和物联网技术、机器学习和认知技术、光子学、可信交互技术。2022年还会扩展“端到端”技术清单,进而会遴选新的能力中心。每个能力中心都会得到联邦预算的投资支持,随着能力中心创收能力的增强,预算资金会逐步撤出。这样的投资模式类似于风险投资。2021年7月后负责这项投资管理的是国家技术倡议项目支持基金(Фонд поддержки проектов НТИ)。该基金相当于国家技术倡议中的项目部,负责能力中心的遴选并全过程监督能力中心的运营。

能力中心的组建方式类似于合伙人模式。在既定“端到端”技术领域,合伙人之间具有相对能力优势,且经过能力整合和集中可以实现优势互补,

^① Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 04.12.2014. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_171774/

^② Межведомственная рабочая группа по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России. https://nti.fund/about/news/?ELEMENT_ID=3124

形成并释放合力效应。在能力中心平台上,合伙人可以最大限度、最有效地发挥科学、技术、智力、设施、生产、市场等优势,消除彼此间的行业、技术、市场和行政壁垒,从而集中优势实现共同的大目标。有人把这种模式称为财团模式,就像欧洲国家为建造大飞机空中客车而组成的财团那样。已经加入能力中心的企业多是俄罗斯最有实力的企业,如储蓄银行、天然气工业石油公司、俄罗斯电信公司、俄罗斯国家原子能公司、卡马兹汽车公司、俄罗斯铁路公司、俄罗斯国家技术集团、俄罗斯航空公司、北方钢铁公司、统一电力系统股份有限公司等。

2018~2021年能力中心取得的主要成绩有:对4.23万名专家进行了有关“端到端”技术的培训,与国内企业签署了1900份能力中心发明专利使用协议,创收174.8亿卢布^①。尽管能力中心有成绩、有专利、有创收,但实际组建中心已有6年,还没有取得一项世界领先的科技成果。其实,俄罗斯科学家从不缺少创意和设计能力,但随着经济一体化和世界高科技的发展,国际科技的专业化分工达到了相当高的程度。一国要把自己的高科技创意和设计变成产品,需要世界范围内的国家(地区)间科技分工和合作。例如,2022年10月芯片设计厂商贝加尔电子公司设计出了用于服务器的48核中央处理器S1000,性能相当于中国华为高性能处理器鲲鹏920,但在美国和西方国家的制裁下,没有国外的代工厂可以为其制造出来^②。或许,这就是俄罗斯电子工业面临的发展瓶颈之一。

(六) 产业能力中心 (Индустриальные центры компетенций)

产业能力中心是俄罗斯加速全面实现软件替代的新的组织形式,与前述能力中心同为俄罗斯电子工业发展战略实施体制中的重要组成部分。

2022年6月俄罗斯联邦总理米舒斯京提出建立35个产业能力中心,以中心为平台整合各产业内的软件开发和软件需求方(应用方)的能力,并由联邦预算提供配套资金支持,以尽快实现对各产业正在使用的外国软件的替代^③。35个产业能力中心分别对应汽车制造、铁路机车制造、发动机制造、船

^① Центры компетенции НТИ. <https://nti.fund/support/centers/?ysclid=lg1wxgmn1h382901907>

^② Кристалл российского 48 – ядерного процессора Baikal – S показали в мельчайших деталях. <https://3dnews.ru/1075763/publikatsiya-1075763>

^③ По поручению Михаила Мишустина сформировано 35 индустриальных центров компетенций по замещению зарубежных отраслевых цифровых продуктов и решений. <http://government.ru/news/45990/>

舶制造、航空航天、通用机器制造、冶金、化工、电子和微电子、制药、贸易。产业能力中心的领导职务由对应行业的领军企业(软件需求方)所属软件公司的负责人担任。产业能力中心的组成单位除了业内大型骨干企业,还有300多家软件公司。为了指导产业中心的组建、立项和开发工作,还成立了16个部门委员会。从委员会的名称中可以看出,软件替代范围还包括农工综合体、教育、医疗卫生、生态与环保、通信和媒体、通用系统软件和应用软件领域^①。部门委员会主任由与之相对的联邦部副部长担任。产业能力中心制定的软件开发项目方案经部门委员会确认后,还要经过联邦政府数字化发展委员会批准。2024年前俄罗斯联邦政府将通过三个政府基金为软件进口替代提供371亿卢布的预算支持,对每个软件开发项目可提供80%的资金^②。此外,还会对实现软件进口替代的俄罗斯生产企业提供帮助。

俄罗斯对产业软件实现全面进口替代的任务是艰巨的。2021年重要产业里的俄罗斯国产软件使用率还不到1/4^③。随着组建产业能力中心,俄罗斯软件界的信心不断增强,认为企业广泛使用的工业系统软件Teamcenter^④可以被俄罗斯“Топ систем”公司研制的软件所替代,而且还有信心替代广泛使用中的MES类软件^⑤。

在西方国家严厉制裁的背景下,建立一批产业能力中心体现了俄罗斯替代进口软件的决心和意志。建立产业能力中心,目的是实现电子工业的软件

① ИТ – ландшафт экономики России до 2030 года. https://цифроваяэволюция.рф/storage/filemanager/presentation_19082022/2/parshin-2022-08-16-prioritetnye-napravleniya-zameshcheniya-zarubezhnykh.pdf

② 俄罗斯信息技术发展基金(Российский фонд развития информационных технологий)243亿卢布,博尔特尼克基金(Фонд Бортника,小型科技企业援助基金)80亿卢布,斯科尔科沃基金(Фонд Сколково)48亿卢布。获得预算资金支持的必要条件是,受助方出资额不少于20%。但博尔特尼克基金还有个附加条件,就是对单个项目的支持资金总额不超过2000万卢布。Индустриальные центры компетенций. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Индустриальные_центры_компетенций_%28ИЦК%29

③ Михаил Мишустин принял участие в VII конференции "Цифровая индустрия промышленной России". <http://government.ru/news/45619/>

④ Teamcenter是西门子的产品。这是业界最全面的集Web-native协同应用、行业解决方案以及基于标准的产品全生命周期优化工具于一体的系列软件包,也是全世界最广泛使用的产品生命周期管理(PLM)系统。通过简单、直观的Teamcenter用户界面,整个组织的人员可以比以往更轻松地参与产品开发过程。

⑤ MES系统是一套面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统。简单来说它是制造工厂的执行系统,即处于所有制造类型企业之间的一个生产信息化的管理系统。

和硬件的全面突破性进展,实现真正的电子技术独立。从俄罗斯电子工业发展战略文件的角度看,这些新建中心无疑是电子工业发展战略的补充实施机制,而且是特别重要的机制。这些补充机制的效果如何,值得观察和期待。俄罗斯的这些做法对其他国家或许会有参考意义。

四 俄罗斯电子工业发展战略前景

半个多世纪以来,电子科技在经济全球化进程中获得快速发展的同时,也在有力助推着全球化进程。电子科技直接促进生产力发展,提高劳动生产率,还最广泛地进入了人们的日常生活,并且对人们的生活内容、质量和方式产生了深刻的影响。所以,人们习惯用电子科技水平作为衡量国家工业和经济实力的重要指标,也把民用电子产品的普及程度当作衡量居民生活现代化水平的主要标准,这是现代电子工业及其产品的特殊性。

世界电子科技的发展进程和结果也是国际科技分工的进程和结果。这里的国际科技分工是指国际劳动分工发展到高级阶段的一种分工形式。电子科技则是国际科技分工中的代表性方向和标准。工业发达国家(地区)科学、教育水平居世界前列,稳定地拥有高端科研和技术人才,有着稳定、平和和开放的社会环境,得以在国际科技分工中拥有优越条件和领先优势。

从俄罗斯在世界商品贸易和技术贸易结构中的地位可以看出,俄罗斯仍停留在国际初级劳动分工阶段,仍是一个主要向世界市场提供能源和原材料的国家。由苏联时期的电子科技一度领先,到21世纪20年代俄罗斯在国际科技分工中落伍,面对这种变化,俄罗斯人需要一个相当长的心理适应期。虽然俄罗斯核电和航天技术仍处于领先地位,但这些先进技术对人们日常生活的影响力远不及电子科技,况且即便在核电和航天技术中也绝对不能缺少电子产品。就像不断更新换代的汽车市场,消费者关心的是车用高科技及其带来的安全性、舒适性和便利性,而没有人去关心车子要加哪家炼油厂的汽油,或是要充哪家发电厂的电。今天的现实是,在国际分工上俄罗斯与西方发达国家存在深刻和尖锐的结构性矛盾,而且矛盾具有长期性。在一定条件下,如有一方急于把自己的结构性优势“变现”时,就有可能生成对抗性矛盾。这里的“变现”是指结构优势方开始或准备收割结构性优势红利。红利可以是国际话语权、国际尊重,经济或政治利益,也可以是某种权利或主权扩张。“有可能生成对抗性矛盾”则基于这样的判断:现实的国际政治和国际经济秩序是国际科技分工的结果,要改变秩序,自身应先发展科技,用科技的力量改

变秩序,如果相反,则必会发生对抗性矛盾。

俄罗斯实施电子工业发展战略有利于改变或改善其国际科技分工中的不利地位。俄罗斯电子工业发展战略文件把代表世界电子科技前沿的技术、工艺和产品几乎悉数列举,在规划期限内全面实现任务目标的可能性不大,特别是从2022年2月24日后的国际环境来看更是这样。但可以肯定的是,在战略文件的指导下,俄罗斯电子工业和电子科技发展将会迈出一大步。也可以确切地说,由于面临西方国家史无前例的严厉制裁,即使迈出一大步,俄罗斯电子工业也难以赶上世界先进水平。从其电子工业发展战略文件可以看出,举国体制下的项目资金不是问题,问题在于科技人才,特别是青年科技人才。目前,俄罗斯科技人才流失非常严重,科技人才由2012年一年流失1.4万名,到2021年一年流失约7万名,人才流失方向几乎全是西方科技发达国家^①。2022年6月俄罗斯官方称,仅IT人才就缺少17万^②。俄罗斯正在加大留住科技人才的政策力度,如推迟服兵役、提供优惠利率的购房抵押贷款等,但政策效果还需要时间验证。

靠着传统油气文明赶上现代电子文明是一项十分艰巨的战略任务。完成这一任务不仅需要战略意志,还要有战略思维和战略智慧。包括电子科技在内的现代科学技术进步和发展,既需要国内营造适宜的科研环境,还需要集中资源攻坚克难,更需要最广泛的国家间合作。没有国家间科技合作,就难有现代领先科技,这已为科技发达国家的成长实践所证实。国家间高端科技合作的前提和基础是国家间信任。互不信任的国家间可以有油气买卖,但不会有高端技术贸易和投资合作。

制定和实施电子工业发展战略是俄罗斯非常美好的愿景,愿景的实现还需要有正确的路径和有利的外部环境。

(责任编辑:于树一)

^① Почему ускоряется "утечка мозгов" из России. Комментарий эксперта. https://zen.yandex.ru/media/dolgi_ru/pochemu-uskoriaetsia-utechka-mozgov-iz-rossii-kommentarii-eksperta-6084f08811963e55623637ce

^② МВД: России не хватает 170 тысяч IT-специалистов из-за их массового отъезда за границу. <http://lenty.ru/cgi-bin/gop.cgi?> <https://meduza.io/news/2022/06/21/mvd-rossii-ne-hvataet-170-tysyach-it-spetsialistov-iz-za-ih-massovogo-ot-ezda-za-granitsu@1908>