

极限制裁下的俄罗斯数字化转型： 困境、应对与启示

高际香

【内容提要】 俄罗斯以政府为主导、自上而下系统推进数字经济发展。支撑俄罗斯数字经济发展的八大因素中，网络安全水平、数字政策环境是长项；数字基础设施水平和数字技术水平与国家经济实力相当；短板是数字经济需求不足、信息化人力资本缺口较大、信息通信技术产业薄弱、数字融合应用有待强化。美西方极限制裁下，俄罗斯数字化转型遭遇 IT 人才外流、数字化转型项目暂停、电信资费上涨、数据中心不足、被锁定在技术低端的风险增加、关键信息基础设施遭遇安全威胁等困境。俄罗斯通过资源整合提升综合效能、突破西方知识产权体系藩篱并重构供应链、大力支持 IT 行业发展、重构微电子产业、“政产学研用”协同推进国产替代、强化信息安全保障、加强卫星通信基础设施建设、重视端到端技术研发与应用等方式积极应对。虽然 2022 年俄罗斯完成了数字化转型国家目标，但企业数字化转型成本上升的同时效能并未提升、技术解决方案进口替代遭遇诸多困难、数字前沿技术研发受困等问题凸显。困局下俄罗斯的应对措施给中国提供的启示为：须提前布局关键核心技术研发，用“举国体制”推动“政产学研用”协同创新，果断采取应急措施抵御冲击，强化前沿关键数字技术布局，高度重视网络安全问题。

【关键词】 俄罗斯 数字化转型 极限制裁

【基金项目】 中国社会科学院创新工程“学者资助计划”项目“俄罗斯经济地理与地区投资环境研究”（项目编号：XJ2022008）。

【作者简介】 高际香，中国社会科学院俄罗斯东欧中亚研究所研究员。

在以大数据、人工智能、云计算、区块链等为代表的新一代数字技术催化下，数字经济成为驱动经济实现质量变革、效率变革、模式变革的重要力量。对于俄罗斯而言，数字经济是其重塑强国地位、维护安全与发展的重要支撑。

一 俄罗斯数字化转型的顶层设计与总体进展

2017 年 7 月普京总统在发展与优先项目委员会会议上指出,数字经济关乎俄罗斯的国家安全和独立,关乎未来十年俄罗斯在世界舞台上的地位。自此,俄罗斯开始以政府为主导、自上而下系统推进数字经济发展,从顶层设计、制度供给、信息安全保障、资金支持、基础设施建设、技术研发、人员培训等多个层面进行统筹部署。以政府机构数字化和国有企业数字化为试点,逐步推进行业数字化转型和各个地区的数字化转型实践。根据 2020 年 7 月 21 日的俄罗斯总统令,推动经济数字化转型是 2030 年前国家发展的五大目标之一。为此,设定了 2030 年前数字化转型总体目标:一是关键社会和经济部门必须达到设定的“数字化成熟度”指标,包括医疗、教育以及国家管理部门;二是将在线公共服务的占比提至 95%;三是 97% 的家庭拥有宽带服务;四是将国内信息技术解决方案的投入提至 2019 年的 4 倍^①。在 2021 年 10 月第 2816 号俄联邦政府令批准的促进社会经济发展的战略倡议清单^②中,数字化转型是六大领域之一。数字化转型主要在 5 个方向发力:提升网络可及性、增强公民数字技能、发展在线公共服务、电子数据交换、IT 人才培育等。

以上述总统令和政府令为指引,在俄罗斯数字发展、通信和大众传媒部(以下简称数字发展部)统一部署下,以编制战略规划为抓手,侧重在 3 个方向推动数字化转型。一是国有企业数字化转型。2021 年联邦政府批准关于国有企业数字化转型指南,旨在通过引进俄罗斯数字解决方案和鼓励进口替代来维护国家主权。根据指南,国有企业被要求在 2021 年 9 月 1 日前制定或更新 2024 年前的数字化转型战略,任命数字执行官(DTO),负责与各部委以及俄罗斯数字发展部协调战略制定事宜。根据规定,到 2024 年国有企业采购国产数字解决方案的比重至少应达到 70%。作为试点,“俄罗斯邮政”、“俄罗斯铁路”、“俄罗斯航空”、阿尔罗萨公司和俄罗斯天然气工业股份公司

^① Указ Президента Российской Федерации "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года" (21.07.2020 г. № 474). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203020001?ysclid=lmizudgki103796717>

^② Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года (распоряжение Правительства Российской Федерации 6 октября 2021 г. № 2816 - п). <http://static.government.ru/media/files/jwsYsyJKWGQQAaCSMGrd7q82RQ5xECo3.pdf>

已经根据数字化转型指南进行了战略规划编制和路线图制定。根据数字发展部的计划,到2023年年底约有650家国有企业开启数字化转型进程^①。二是主要行业数字化转型。截至2021年,经联邦政府通过的行业数字化转型战略涉及13个行业:医疗、教育、国家管理、建筑、城市经济和住房公用事业、交通、能源、科学、农业、金融服务、工业、环保、社会领域。虽然各行业的数字化成熟度、行业规模、业务流程等不同,但大多数行业的数字化转型战略都提到数字化必须与国内技术和软件产品的研发同步进行,并重点应用下列数字工具和数字解决方案,诸如国家信息系统(ГИС),基于平台、生态系统的解决方案,电子文件管理系统,消费者沟通信息系统,基于数字技术的新行业模式以及为消费者和从业者提供定制化智能服务等。三是各个地区的数字化转型。截至2021年年底,84个联邦主体(莫斯科市除外)都编制了各自的数字化转型战略。分析这些战略可知,推动6个领域的数字化转型是各个战略的必选项,包括医疗、教育和科学、交通和物流、城市环境发展、公共管理和社会服务。除了这6个必选领域之外,联邦主体还筛选了10多个数字化转型优先领域,多数倾向于工业、环保、农业、建筑、能源、旅游等领域。

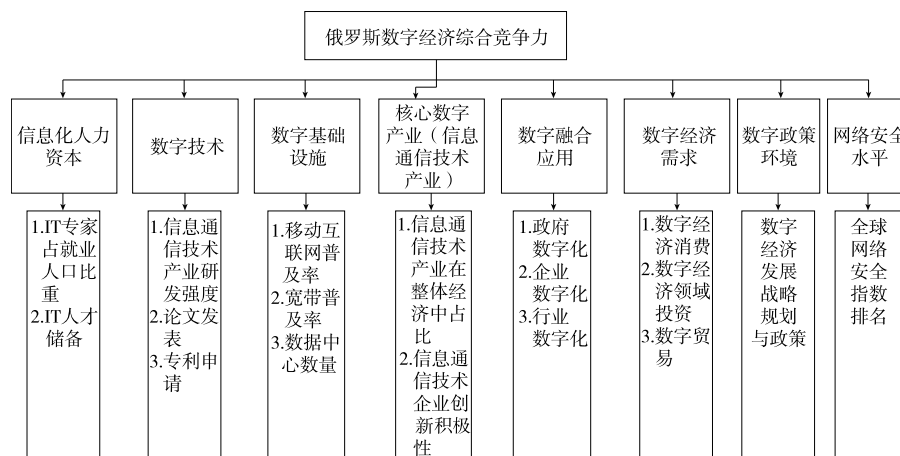


图1 支撑俄罗斯数字经济发展的8个维度

资料来源:作者自制。

下文从8个维度评价俄罗斯数字经济发展水平:信息化人力资本、数字

^① Цифровизация затронет 40% российской экономики к 2023 году. <https://iz.ru/1190860/2021-07-09/tcifrovizatciia-zatronet-40-rossiiskoi-ekonomiki-k-2023-godu?ysclid=ldva4c44fo733143673>

技术、数字基础设施、核心数字产业、数字融合应用、数字经济需求、数字政策环境和网络安全水平。

从信息化人力资本维度看,截至 2021 年俄罗斯 IT 专家占就业人口比重为 2.4% (同期德国为 4.9%)。从绝对数量看,俄罗斯约有 130 万 IT 人才,其中 45 万在 IT 行业就职,其余的 85 万分布在 IT 技术应用行业^①。俄罗斯 IT 人才供给后劲与以色列、德国等国相比相对充足,如 2021 年毕业生中,信息通信技术专业毕业生分别占中等教育、本科教育和研究生教育阶段毕业生的 7%、5.3% 和 7.1%^②。

从数字技术维度看,2021 年俄罗斯信息通信技术领域的研发投入占研发总投入的 7.1%,信息通信技术领域论文发表数量(SCOPUS 期刊)占世界发文总量的 2.98%,排名世界第 9 位。其中在细分领域,如计算机硬件和架构、计算机网络和通信、控制和系统工程、信号处理、地球空间信息技术与通信技术应用、计算机科学等专业方向的发文量占比超过 3%。专利申请量不足,2020 年信息通信技术领域的专利数量占世界总量的 0.3%,排名世界第 15 位。

从数字基础设施维度看,2021 年俄罗斯移动互联网普及率为 69%,互联网宽带普及率为 84%,在欧洲属于相对较高的水平。俄罗斯的优势是网费较低。在 2023 年 1 月福布斯对 104 个国家的月度移动互联网使用费的比较研究中,俄罗斯排名第 102 位,仅为 8.39 美元^③。在网费较低的情况下,俄罗斯每 100 人拥有的手机数量为 169 部,居世界前列。在数据中心方面,截至 2023 年俄罗斯拥有数据中心 255 个,排名世界第 9 位^④。

从核心数字产业维度看,2010~2021 年俄罗斯信息通信技术产业增加值远超 GDP 增幅。以不变价格计算,2021 年信息通信技术产业产值是 2010 年

① Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, М. А. Гершман, Л. М. Гохберг и др. Цифровая трансформация: ожидания и реальность. докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. Изд. дом Высшей школы экономики. 2022.

② Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. Индикаторы цифровой экономики; 2022. статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ. 2023.

③ Цены на мобильный интернет в России по – прежнему остаются одними из самых низких в мире. <https://www.tadviser.ru/index.php/>

④ Number of data centers worldwide in 2023, by country, <https://www.statista.com/statistics/1228433/data-centers-worldwide-by-country/>

的1.63倍,而同期GDP增长仅为1.19倍^①。不过,俄罗斯信息通信技术产业竞争力不强。一是在整体经济中占比较低。2021年信息通信企业占比为2.8%,就业人口占比3%,产值占比3.2%。按信息通信技术产业增加值占GDP的比重计算,俄罗斯世界排名属于第四梯队。二是企业创新积极性极低。2021年仅有14.4%的信息通信企业有创新积极性,实际创新投入占产品和服务销售收入的比重约为3.5%,产出中创新产品和服务仅占9.4%,与世界主要国家差距明显^②。

从数字融合应用维度看,侧重3个指标的考察。一是政府数字化水平。2021年15~72岁俄罗斯居民中,85.1%的居民可以在线获得国家 and 市政公共服务,21%的居民可以下载模板进行填报,30%的居民可以在线提交表格和其他必要文件。60.7%的企业对政府在线公共服务完全满意,38.1%的企业部分满意^③。二是企业数字化水平。利用云服务和大数据的企业占比超过25%,利用数字平台和数据中心的企业占比约为14%,利用地理信息系统、物联网、射频识别技术(RFID)的企业占比约为12.59%,利用人工智能、工业机器人/自动化生产线的企业约占5%,而利用增材制造技术、数字孪生技术的企业不足2%。应用ERP^④和CRM^⑤的企业占比分别为20%和17%(见表1)。三是行业数字化水平。按投入绝对值计算,2021年对数字技术应用比较积极的行业包括信息和通信行业、金融业、信息技术产业、科研行业、制造业、批发零售业、运输和仓储业等。其中云服务应用较广的是高等教育、批发零售、金融、信息技术行业;应用大数据采集、加工和分析较多的是高等教育、批发零售、金融行业;数字平台利用较多的是高等教育、信息技术行业;利用大数据中心较多的是金融和高等教育行业;地理信息系统应用较多的是能源供应和高等教育行业;物联网应用较多的是批发零售和高等教育行

① Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, М. А. Гершман, Л. М. Гохберг и др. Цифровая трансформация: ожидания и реальность. Докл к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. Изд. дом Высшей школы экономики. 2022.

② Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. Индикаторы цифровой экономики:2022. статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ. 2023.

③ 同②。

④ ERP是一种主要面向制造行业进行物质资源、人力资源、财务资源和信息资源集成一体化管理的企业管理系统。

⑤ CRM是客户关系管理系统,即企业为提高核心竞争力向客户提供个性化服务,提升管理水平,利用信息技术以及互联网技术与顾客在销售、营销和服务上进行互动。

业;射频识别技术应用较多的是制造业、批发零售业和高等教育行业;人工智能主要应用于批发零售业和信息技术行业;增材制造主要用于高等教育行业;数字孪生技术主要用于高等教育行业和制造业(见表 2)。

表 1 2021 年俄罗斯应用各类数字技术的企业占比(%)

技术类别	企业占比
云服务	27.1
大数据采集、处理和分析	25.8
数字平台	14.7
数据中心	14.0
地理信息系统	12.6
物联网	13.7
射频识别技术	11.8
人工智能	5.7
工业机器人/自动化生产线	4.4
增材制造技术	1.4
数字孪生技术	1.4

资料来源:Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022. Статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ. 2023.

表 2 2021 年俄罗斯应用各类数字技术的行业占比(%)

技术类别	高等教育	批发零售	金融	信息技术	能源供应	制造业
云服务	47.1	39.8	38.9	37.3	20.6	28.9
大数据采集、处理和分析	31.5	32.3	45.5	33.3	25.1	29.9
数字平台	31.9	24.6	33.2	23.2	13.4	14.5
数据中心	29.9	24.3	32.9	22.6	12.7	13.4
地理信息系统	18.5	14.6	26.0	12.4	18.2	12.3
物联网	19.7	23.0	11.2	13.7	16.8	17.6
射频识别技术	29.3	21.4	12.9	13.4	14.6	19.3
人工智能	9.1	14.4	13.0	9.6	3.7	3.9
工业机器人/自动化生产线	4.9	11.2	0.9	1.4	2.1	19.0
增材制造技术	18.4	1.4	0.5	1.6	1.0	5.7
数字孪生技术	5.6	1.3	0.9	1.7	1.6	3.8

资料来源:同表 1。

从数字经济需求维度看,主要用3个指标进行刻画,分别是数字经济消费(网购占比)、数字经济领域投资(信息通信技术产业固定资产投资占比)和数字贸易(信息通信技术产业外贸额占比)。从消费端看,2021年俄罗斯约有47%的居民参与网购,低于德国、法国、比利时等国(74%~75%)的水平。参与电子销售的企业约占20%,与巴西、希腊、匈牙利等国持平,低于比利时、英国、奥地利等国(约30%)的水平,更加难以企及澳大利亚(63%)的水平。从投资端看,2021年俄罗斯信息通信技术产业固定资产投资占总投资的比重为4.1%,与世界主要国家相比差距较大。从数字贸易看,2020年俄罗斯信息通信技术产品出口占世界该类产品出口总额的0.08%,进出口逆差明显,出口与进口之比为2:25;信息通信技术服务出口在世界占比为0.88%,逆差相对较小,出口与进口之比为99:100。

从数字政策环境维度看,俄罗斯充分发挥政府作用,自上而下系统推动数字化转型。俄数字经济国家项目下原有7个联邦项目(数字环境监管、信息基础设施、数字经济人力资源、信息安全、数字技术、国家管理数字化、人工智能),2021年新增了3个联邦项目:数字服务和在线服务、IT行业人才潜力开发、发展卫星通信保障联网。对于数字化转型,俄罗斯坚持发展和监管规范并重,出台兼具透明度和灵活性的监管规则。通过了《银行服务和公共服务远程生物识别法》、《数字金融资产、数字货币和俄联邦某些立法法案的修正案》(第259号联邦法)、《关于俄联邦数字创新领域的实验性法律制度》(第258号联邦法)、《公共道路之上无人驾驶车辆安全行驶构想》、《2024年前人工智能和机器人技术监管构想》等。

从网络安全水平维度看,2021年联合国国际电信联盟(ITU)发布的《全球网络安全指数》显示,俄罗斯与阿联酋、马来西亚在194个国家和地区中并列排名第5位。《全球网络安全指数》的评价指标包括5个一级指标,分别是立法措施、技术机制、组织结构、能力建设和合作协定,一级指标下又设立25个二级指标,用于比较和分析各国网络安全能力。

综上,在支撑俄罗斯数字经济发展的8个因素中,网络安全水平、数字政策环境是长项;与经济实力匹配的是数字基础设施和数字技术水平;短板是数字经济需求不足、信息化人力资本不足、信息通信技术产业较弱、数字融合应用有待强化。

二 极限制裁对俄罗斯数字化转型的冲击

乌克兰危机升级后,美西方对俄罗斯实施全方位不间断制裁,所推出的

信息技术产品和服务出口禁令、制裁与科技和网络相关的实体与个人等措施对俄罗斯数字化转型造成较大的冲击。在出口禁令方面,美国限制向俄罗斯出口通用电子产品、电子组装产品、电信设备、信息安全设备、传感器、激光设备、导航设备、航空控制系统、量子计算机、先进半导体等技术和产品;英国禁止对俄特定个人或实体出口电子、电信、航空航天和炼油等行业的一系列尖端和关键技术设备及零部件,禁止出口量子技术和先进材料;日本禁止向俄出口半导体、通信设备等 31 种产品和 26 种软件及技术。在制裁与科技和网络相关的实体与个人方面,2022 年 3 月美国财政部外国资产控制办公室(OFAC)宣布对与俄罗斯科技和网络相关的实体与个人实施制裁。俄罗斯最大的芯片制造商、微电子制造商和出口商米克隆控股公司(Mikron)、超级计算公司“T-Platform”、电网自动控制系统公司“iGrids”、软件和通信技术公司“AO NII - Vektor”、分子电子研究所(MERI)等被纳入制裁清单。美国联邦通信委员会(FCC)还将俄罗斯卡巴斯基实验室列入对美国国家安全构成威胁的通信设备和服务商清单。英国将俄罗斯两大处理器厂商莫斯科中央科技公司(АО МЦСТ)^①和“贝加尔电子”(Байкал электроникс)^②列入制裁名单。

此外,美国利用“长臂管辖”试图增加制裁威力、扩大制裁范围。主要利用四项规则。一是外国直接产品规则。涵盖两方面内容:一方面是针对俄特定军事最终用户的直接产品规则。规定在研发、生产过程中如果直接使用了美商务部管制清单中所列的软件和技术,或是由使用上述软件和技术建成的工厂乃至由其主要设备生产的所有外国产品,禁止对俄特定军事用户出口。另一方面是针对俄其他用户的外国直接产品规则。规定对满足以下两个条件的外国商品实行出口管制:外国产品在研发、生产过程中直接使用了美商务部管制清单列明的软件和技术,或是由使用上述软件和技术建成的工厂或其主要设备生产,且生产出的外国产品涵盖在美商务部管制清单和“有助于俄罗斯化学生物武器研发能力的管制物项清单”范围内。二是最低含量规则。规定在美国境外生产的外国产品如果达到一定“美国成分”的含量标准,且该产品属于美商务部许可管制范围,则严格限制对俄出口。最低含量标准有两个:第一个标准是含量超过 25% 的情况,即外国产品“预装”了美原产软件、“融合”了美原产技术、“组装”了美原产部件,其价值含量超过 25%,且上述软件、技术和部件属于美国管制范围。第二个标准是零含量的情况,即外

① 俄罗斯国防工业信息安全的关键芯片“厄尔布鲁士”处理器的设计商。

② 自研“贝加尔”芯片。

国产品中只要包含美原产部件、软件、技术,且产品与高性能计算机、特殊加密、军品、航空航天等领域密切相关,无论其价值含量多寡,均限制对俄出口。三是消费类通信设备许可例外(CCD)规则。规定外国企业向俄非政府用户出口、再出口消费类通信设备和软件,包括民用平板电脑、计算机、显示器、路由器、存储器、硬盘、摄像机、录音机、打印机、手机、电视、电池、音箱、耳机等产品,出口商必须在美相关网站履行出口信息填报程序,且有义务调查并确认最终用户不属于俄政府部门、官员或国有企业等。四是适用于个别制裁清单所列企业的“50%控股原则”。美国对特别指定国民名单(SDN)和行业制裁识别名单(SSI)等清单中所列企业或个人进行“穿透式管理”,规定清单中的实体或个人直接或间接持股超过50%的企业也被默认属于制裁清单范围内,即“50%控股原则”。该原则意味着外国企业如果与俄方交易,一方面要核实交易方是否受到制裁,另一方面还要对交易方的股权结构进行核查,核实其股东、最终受益人是否受到制裁。

在上述严苛的制裁规定下,不少西方大型互联网企业和科技公司对俄罗斯断供产品或服务,并陆续停止在俄罗斯境内的业务运营或撤出俄罗斯市场。其中包括思科系统公司、“Cogent”、“Lumen”等通信行业公司;“苹果”“戴尔”“英特尔”“AMD”“诺基亚”“西门子”“爱立信”“惠普”“松下”“台积电”“日立”“佳能”“IBM”“三星”等科技公司;“思爱普”“甲骨文”“Sabre”“微软”“欧特克”“Adobe”“亿磐系统”“VMware”“Depositphotos”“VistaCreate”等软件公司;“YouTube”“MEGA”等互联网服务商。美西方制裁对俄罗斯数字化转型造成了较大冲击。

第一,加剧IT人才外流,加大信息化人力资本缺口。截至2021年,俄罗斯IT人才实际需求量为230万,人才缺口达100万。随着西方大型公司撤离俄罗斯市场或者暂停在俄项目,不少在“谷歌”“英特尔”“苹果”“脸书”等大型IT公司就职或者作为自由职业者承接西方国家公司服务外包业务的IT专家不得不选择离开俄罗斯。2022年因此流失的IT专家约有10万人。在这些人中,一部分随着外资企业的业务转移流向设在其他国家的企业,另一部分自由职业者则选择移民到欧美。人才流失使本已面临人才缺口的俄罗斯本土IT企业的人才短缺问题更加严重,特别是高技能人才。

第二,信息通信技术产品和服务断供造成数字化转型项目暂停、电信资费上涨。俄罗斯信息通信技术产品和服务的进口依赖度较高。2021年信息通信技术产品进口额为293.81亿美元,主要包括四类产品:计算机和外围设备、通信设备、消费类电子产品、其他与信息通信技术有关的部件和产品,中

国在这部分产品进口额中的占比分别为 66%、71%、61% 和 47%^①。然而中国生产的不少设备和电子产品都是基于西方公司的技术和知识产权,西方公司有权对这些出口到俄罗斯的产品施加限制,出于对二级制裁的担忧,中国企业对俄罗斯电子产品出口较为谨慎。信息通信技术服务进口则主要依赖所谓的不友好国家。2020 年俄罗斯信息通信技术服务进口额为 66.53 亿美元,主要包括三类服务:计算机服务、电信服务、信息服务。其中,德国、英国、美国、瑞典、荷兰、芬兰、瑞士、爱尔兰、塞浦路斯九国在俄罗斯计算机服务进口中的比重达 75%;英国、法国、美国、德国、乌克兰五国在俄电信服务进口中的比重达 25%;美国、英国、德国、瑞士、法国、奥地利、荷兰七国在俄信息服务进口中的比重达 80%^②。

以软件为例,俄罗斯高度依赖外国软件,既包括 ERP 系统等应用软件,也包括诸如操作系统、数据库管理系统等基本软件。数据显示,2021 年俄罗斯全行业对外国软件的依赖程度约为 67%,其中采矿业达 70%,金融业和科技行业为 76%~80%(见表 3)。再以芯片为例。2021 年俄罗斯的主要芯片供应商分别为“英飞凌”(Infineon)、“Integra Technologies”、“三菱集团”、“Semikron”、“ABB”、“富士电机”(FUJI)、“Ampleon”、“安森美”、“意法半导体”、“Vishay”等西方企业。出口管制措施推出后,上述芯片设计和制造巨头均停止向俄罗斯供应芯片,并陆续暂停在俄罗斯境内的业务。俄罗斯本土芯片设计和制造遭受严重冲击。一方面,俄罗斯自研的国产芯片“贝加尔”和“厄尔布鲁士”基于 ARM 架构设计,“ARM”芯片公司宣布对俄罗斯断供,芯片的设计出现问题;另一方面,“台积电”宣布不再为“贝加尔”和“厄尔布鲁士”芯片进行代工,如果选择本土制造,困难也不小。俄罗斯本土芯片制造能力较弱,米克朗控股公司能够量产 65 纳米芯片;“Ангстрем”公司能够生产 90~250 纳米的芯片,拥有 8 英寸晶圆厂。而米克朗控股公司在美国的制裁名单之列,受到的掣肘因素较多。鉴于以上因素,一些涉及使用被纳入制裁范围内的外国软件、信息通信技术设备和电子产品的数字化转型项目被迫暂停。电信设备进口限制给电信公司寻找其他供应商和建立新供应链带来了困难,电信服务资费上涨。2022 年 1~9 月,对自然人的电信服务费上涨

① Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. Индикаторы цифровой экономики; 2022. Статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ. 2023.

② 同①。

5.8% ,对法人的电信服务费增长 0.2%^①。

表 3 2021 年俄罗斯各行业购置、租用国产软件的支出占比 (%)

产业类别	国产软件占比
全行业	33.8
农业	65.3
采矿业	30.6
制造业	38.3
能源供应	38.1
供水、污水和垃圾处理	26.8
建筑业	66.0
批发和零售业	31.1
运输和仓储	64.0
酒店和餐饮业	50.9
信息和通信业	30.4
金融业	19.4
房地产经营	73.5
科技活动	24.0
高等教育	43.0
医疗和社会服务	57.4
文化和体育	51.8
公共管理与社会保障	63.2

资料来源：同表 1。

第三,数据中心不足问题显现,增加新机架遇阻。西方云存储服务撤出俄罗斯市场后,俄罗斯移动运营商“MegaFon”“MTS”“VK”等对本地存储容量的需求大增,被迫转向国内云存储服务提供商,而俄罗斯国内没有足够的数据中心来满足当地运营商的需求。2022 年第一季度,在国内数据中心市场占比超过 75% 的莫斯科地区,可用机架空间已用完,托管服务的平均价格因此上涨 25%。鉴于数据中心容量告急,俄罗斯政府公开招标,希望在中央联

^① Г. И. Абдрахманова, Г. Г. Ковалева, М. С. Фролов. Телеком нарастил доходы на фоне ограничений. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/811427882.pdf?ysclid=licu24htqo173199274>

邦区搭建更多机架。但由于“英特尔”、“AMD”和“ARM”相继断供,建设和运营数据中心所需的基本组件不足,而俄罗斯类似组件又难以符合质量要求,数据中心建设缓慢,不得不延期交付。电信运营商“Rostelecom”被迫暂停了在建的几个数据中心项目。一些本土电信运营商为避免供应链问题甚至考虑在国外建造数据中心,继续为俄罗斯公司提供服务。数据显示,2022 年俄罗斯只增加了 3 000 多个新机架,与前几年每年增加 4 000 ~ 5 000 个新机架^①的规模已不能同日而语。

第四,被锁定在技术低端的风险增加,技术突破难度加大。制裁背景下,俄罗斯企业主要面临三大压力。一是技术迭代困难。鉴于国外先进解决方案的可及性下降,俄罗斯企业被迫使用上一代技术,这可能导致信息通信技术行业和其他行业的数字能力下降。二是被封闭在国内市场,市场需求缩减和对外合作减少影响技术能力提升。截至 2021 年,俄罗斯约有 1/3 的 IT 公司与西方国家合作,提供的服务主要面向国际市场。制裁使承接国际业务的 IT 公司受到较大影响,业务范围被迫局限在国内市场,在相对狭小的市场空间与其他 IT 公司展开竞争,或将扩大俄罗斯技术水平与国际技术水平的差距。三是国际市场融资困难限制数字技术领域快速成长型公司的发展。之前,俄罗斯许多快速发展的科技公司,如“Ozon”“Yandex”等都通过从西方金融市场筹集资金支撑发展,金融制裁使这些公司很难再从国际市场融资,而在国内市场融资又受到诸多条件制约,或将限制其实现技术突破。

第五,频遭网络攻击,关键信息基础设施安全问题堪忧。俄罗斯数字发展部数据显示,2022 年俄罗斯遭受的网络攻击与 2021 年相比猛增 80%^②。网络攻击类型主要分为四类:盗取数据(占 35%)、污名化(占 30%)、获得基础设施访问权限(占 20%)、勒索软件入侵基础设施(占 15%)。网络攻击的主要对象是重要门户网站、政府官方网站、主要金融机构、大众媒体等。2022 年 1 ~ 10 月的数据显示,遭受网络攻击的对象中国国家机构占 40%、工业企业占 22%、金融机构占 13%、交通运输公司占 11%、医疗机构占 3%、能源设施占 2%^③。尽管 2022 年俄罗斯击退了 2.5 万次对政府设施和 1 200 次对关键

① Данным становится тесно. <https://www.kommersant.ru/doc/5595905?ysclid=ldygl18fqw318854910>

② Анастасия Курашева, Анна Устинова. Хакеры атаковали госорганы в три раза чаще в 2022 году. <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/01/16/959104-hakeri-atakovali-gosorgani-chasche?ysclid=le2u61cty223684276>

③ 俄罗斯国家计算机事件协调中心(НКЦКИ)数据, <https://www.cert.gov.ru/>

基础设施的网络攻击^①，但网络攻击仍致使互联网、通信、交通、能源、金融等关键基础设施瘫痪、数据损毁，甚至发生长时间关闭的情况。除了网络攻击外，美国还试图将俄罗斯排除在全球互联网域名发展体系之外，如美国互联网骨干网络供应商柯根特 (Cogent) 通信公司和流明 (Lumen) 科技公司停止向俄罗斯提供互联网骨干网服务，美国认证中心“Sectigo”停止接受俄罗斯地区“.RU”和“.RF”域名的SSL证书申请，“Namecheaper”公司停止对俄罗斯域名的维护等。

三 俄罗斯侧重体系化建设与前瞻性布局的应对措施

各方极限制裁下，俄罗斯数字化转型经历了前所未有的挑战和压力，俄罗斯采取诸多措施予以应对与反制，以期消弭制裁对数字化转型的阻滞。

第一，推动资源整合，提升综合效能。在应对数据中心不足方面，电信运营商每年为反恐监控增加15%存储容量的要求被暂停执行；要求互联网服务提供商放弃流媒体服务和其他在线娱乐平台，释放存储空间；政府买断国内商业数据处理中心的所有可用存储容量，并接管已宣布退出俄罗斯的外国公司的IT资源。在应对技术设备和通信网络基础设施不足方面，鼓励电信运营商联合使用通信网络基础设施，暂停LTE无线网覆盖道路和小型居住区项目，并尝试推动行业共享中心建设，鼓励政府组织和国有企业将独有且急需的设备提供给各方共享。为确保俄罗斯的技术独立性，最大限度地防止网络攻击，各类信息系统向政府牵头打造的统一数字平台迁移。主要有两个平台。一个是国家技术平台(ГосТех)。2022年10月俄罗斯总理米舒斯京批准《俄联邦国家技术统一数字平台设立和运行构想》^②以及行动计划，规定到2024年所有国家信息系统都将转移至该数字平台。国家技术平台是一套基于云基础设施创建的端到端技术解决方案。其效能体现在4个方面。一是通过软件重复使用提高软件开发速度，缩短国家信息系统的开发时间，提升流程效率；二是为“国家云”平台节省算力；三是100%由俄罗斯自行研发，增

^① Чернышенко сообщил о ликвидации 25 тыс. кибератак на госресурсы РФ за год. <https://iz.ru/1415002/2022-10-24/chernyshenko-soobshchil-o-likvidatsii-25-tyt-s-kiberatak-na-gosresursy-rf-za-god?ysclid=lii58fxjb6552324446>

^② Концепция создания и функционирования единой цифровой платформы Российской Федерации "ГосТех" (21 октября 2022 г. № 3102-р). <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405454699/?ysclid=lmits2t2jo350898418>

强 IT 行业的技术独立性,保障国家信息系统的可靠性和安全性;四是整体提高国家数字公共服务水平,提升客户体验。2022 年已经有 3 个国家信息系统(联邦国有资产管理局、联邦强制医疗保险基金、俄罗斯体育部)完成测试,接入国家技术平台。新签署的法律规定,联邦信息系统向国家技术平台转移从 2023 年 4 月 1 日开始,地区信息系统转移从 2024 年 1 月 1 日开始。另一个平台是以俄罗斯技术公司(Ростех)为基础开发的“国家云”平台(Гособлако)。“国家云”平台是电子政务发展的基础设施,为政府部门提供云服务。它使用俄罗斯本土软件和设备,不仅可以确保数据安全,还可以为各部门节省维护自身 IT 基础架构的费用。目前,30 个政府部门的 90 多个数据库已经迁移至“国家云”平台,后续还将继续迁移^①。

第二,突破西方知识产权体系藩篱,重构供应链。2022 年 3 月 6 日,俄罗斯以政府令的方式修改了法律中关于专利赔偿金的规定。根据新规,如果专利持有人来自不友好国家和地区,其专利、发明、实用新型或工业设计可以在未经授权的情况下在俄罗斯被使用,无须作出任何赔偿^②。3 月 8 日,普京总统签署第 46 号联邦法,对《俄联邦民法典》中关于商标和专利保护的条款进行修订,俄罗斯不再承认西方国家的知识产权和专利,即美西方国家的知识产权和专利不再受俄罗斯民法保护。3 月 30 日,俄政府宣布“平行进口”合法化。“平行进口”意指进口商在未经知识产权人授权或同意的情况下将其在其他国家或地区市场的产品进口到某一国家。3 月底,俄罗斯工业和贸易部拟定了允许“平行进口”的货物清单,其中就包括“苹果”“三星”“佳能”“惠普”“施乐”“东芝”“戴尔”“诺基亚”“索尼”“西门子”等品牌的设备和电子产品等。6 月 28 日,普京总统签署第 213 号联邦法,对“平行进口”合法化在法律层面上予以最终确认。“平行进口”合法化是在制裁条件下重构供应链的尝试,依赖进口零部件和技术产品的企业或能在一定程度上摆脱停产困境,其中包括数字技术产品生产和数字服务企业。当然,俄罗斯也在尝试通

① Минцифры досрочно закончит эксперимент с "Гособлаком". https://www.cnews.ru/news/top/2023-04-19_mintsifry_dosrochno_zakonchit?ysclid=lip1t23ds1206895407

② Постановление Правительства РФ "О внесении изменения в пункт 2 методики определения размера компенсации, выплачиваемой патентообладателю при принятии решения об использовании изобретения, полезной модели или промышленного образца без его согласия, и порядка её выплаты" (06.03.2022 № 299). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203070005?ysclid=lmitxydl1a165275222>

过与亚洲国家和整个“全球南方”建立新的伙伴关系,重塑可靠的供应链。

第三,提供各类支持措施,助力 IT 行业发展。2022 年 3 月 2 日,普京总统签署第 83 号《关于保障俄联邦信息技术产业加速发展措施总统令》,对 IT 产业的主要支持措施有:扩大对 IT 领域国产解决方案的资助力度,将私人与政府投资比从 1:1 调整为 1:4;2024 年年底前对 IT 公司免征所得税,并暂停监管部门检查和税务审计;IT 公司开发新项目可以享受利率低于 3% 的优惠贷款;IT 公司 27 岁以下在职员工可延期服兵役等^①。截至 2022 年年底,经过俄罗斯数字发展部认证的两万家 IT 公司(2021 年年初只有 4 000 家,增长约 4 倍)均可获得优惠贷款和员工延期服兵役待遇。可以延期服兵役的 IT 人员包括:软件和数据库开发人员,可编程自动化控制器(PAC)开发人员,电子模块开发人员,计算机设备开发人员,计算机技术人员,网络设备、物联网设备、电信和外围设备开发人员,机器人技术和传感器开发人员,基于区块链的系统设计人员以及网站创建者等。2022 年政府用于支持 IT 行业发展的拨款为 215 亿卢布^②。为 IT 行业培养人才的计划也稳步推进。2022 年高校信息技术专业录取人数达 18.16 万^③。此外,还在高校启动“数字教研室”项目,培育数字技能。

第四,布局微电子产业发展,提升核心产业实力。针对微电子技术落后于世界平均水平 10~15 年、对国外技术和材料高度依赖、人员严重短缺、产能不足、行业投资吸引力低、国产部件生产成本高等问题,俄罗斯工业和贸易部制定了新版《2030 年前微电子技术发展国家政策构想》,提出增强先进技术领域研发、扩大产能(包括通过开发具有现代拓扑标准的微电子产品)、增强电子机械制造业实力以及在电子仪器设计中放弃外国架构等目标。到 2030 年,计划投资约 3.19 万亿卢布用于国产半导体生产技术、国内芯片和数据中心基础设施开发等,目标是 2030 年前实现 28 纳米国产芯片量产。在芯片设计架构选择方面,俄罗斯数字发展部宣布将加入精简指令集(RISC-V)架构,并投入巨额资

① Указ Президента Российской Федерации "О мерах по обеспечению ускоренного развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации" (02.03.2022 г. № 83). http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120220302_0001?ysclid=lmitzudgki103796717

② Владимир Кузьмин. Правительство выделяет 21,5 млрд рублей на поддержку IT – отрасли. <https://rg.ru/2022/04/02/pravitelstvo-vydeliaet-215-mld-rublej-na-podderzhku-it-otrasli.html?ysclid=le0gngqbji53099919>

③ 俄罗斯科学和高等教育部数据, <https://minobrnauki.gov.ru/>

金扶持基于该架构的芯片处理器开发。在俄罗斯第二大电信运营商“MegaFon”的主导下,服务器与存储系统制造商“Yadro”和“贝加尔电子”,“Astra Linux”操作系统的开发商“RusBITech Astra”和莫斯科国立电子技术学院等成立了俄罗斯“RISC-V”联盟。在光刻机研制领域,莫斯科国立电子技术学院承接了工业和贸易部的光刻机项目,研发 X 射线光刻机。项目首期投入资金 6.7 亿卢布。X 射线光刻机相比 EUV 光刻机有两大优势。一是光刻分辨率更高;二是不需要光掩模板就可直接进行光刻作业,成本更低。在芯片制造领域,作为俄罗斯目前最大的芯片公司,米克朗控股公司获得 70 亿卢布的支持资金,用于增加芯片产能。

第五,通过“政产学研用”协同创新,推进国产替代。俄数字发展部在 2022 年 7 月拟定了需要实施进口替代的软件清单。为此,政府成立了 16 个行业委员会,包括机械工程、冶金、电子和微电子、通信、教育、运输、环保等行业,负责管理 34 个实施软件进口替代的行业能力中心(ИЦК)。能力中心集俄罗斯数字发展部、行业主管部门、行业领先公司和软件开发商之力,共同开发经济关键部门的数字解决方案,2024 年前计划投资 371 亿卢布。能力中心是供需对接的重要平台,能最大限度地降低交易成本。从供给层面看,由公司、大学和研究机构组成联合体,合力开发最重要的数字技术和软件。从需求层面看,推动软件开发商与主要客户(国有公司和各级政府)签订长期采购计划,以保证软件的市场需求。在上述政策措施下,80% 的政府机构转而应用国产软件^①。2022 年国产替代已经取得了一定成效,针对“Google Play”和“App Store”限制俄罗斯用户访问等问题,推出三大安卓手机应用商店:“NashStore”、“RuMarket”和“RuStore”;主要航空公司已经使用俄罗斯自己的机票预订系统;主要的机械制造企业开始运行俄罗斯自动化设计系统等。针对西方主流 TLS 根证书颁发机构(CA 机构)不再为俄罗斯提供服务,可能因证书无法续订而不能访问相关网站的问题,数字发展部建立 CA 机构,签发新的数字证书,为网站提供免费替代方案。2022 年 9 月,数字发展部宣布启动俄罗斯软件市场(Russoft.ru),汇聚了来自 600 多家开发公司的 1 000 多种软件产品,而且所有软件均被纳入国产软件登记册^②。

① Правительство компенсирует заказчикам до 80% затрат на доработку российского ПО. <https://www.interfax.ru/business/865134>

② 俄罗斯数字发展部网站, https://digital.gov.ru/ru/events/42119/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f

第六,全方位立体布防,强化信息安全保障。特别军事行动发生后,俄罗斯关键信息基础设施成为国家级黑客组织攻击的主要目标,网络安全遭受严峻挑战。2022年5月,俄罗斯联邦安全委员会批准《保护国家关键信息基础设施的国家政策基本原则》草案,提出通过使用国产信息技术来提高关键信息基础设施的安全水平,创建有竞争力的电子元件基地和高科技企业,发展用于检测、预防和消除计算机攻击影响的国产系统等关键任务。同月,普京签署确保俄罗斯信息安全补充措施的总统令,规定在政府机构、国家基金、国有企业、战略性或系统重要性企业设立IT安全部门;从2025年1月1日起,俄罗斯国有企业和国家机构禁止使用不友好国家生产的信息安全设备等^①。2022年7月,普京签署第266号联邦法,对个人数据法进行修订。修订后的法律一方面增加了跨境传输个人数据的前置通报程序,即经营者在跨境转移数据之前,应收集法律规定的相关信息,向俄联邦通信、信息技术和大众媒体监督局通报;另一方面增加了数据泄密的通报程序,即在发生数据泄密事件时,运营商需要向俄联邦通信、信息技术和大众媒体监督局即时报告。除了上述制度安排外,还采取一系列保障信息安全的具体措施。首先,推动国家检测、预防网络攻击并消除其影响的信息系统(ГосСОПКА)与国家安全局所属的国家计算机事件协调中心(НКЦКИ)进行信息交互,共同保护关键信息基础设施安全。其次,在各个地区设立网络安全指挥部,作为在联邦和地区权力机构管辖范围内协调网络安全的联系机构。截至2022年年底,85个联邦主体均设立了网络安全指挥部,71个联邦行政机构和71个地区行政机构也设立了网络安全指挥部^②。再次,通过俄罗斯技术与出口管制局信息安全威胁数据库(БДУ ФСТЭК)公布有关漏洞的最新信息。2022年1~11月,该数据库中增加了7700种有关计算机漏洞的信息。上述举措使2022年俄罗斯信息安全市场格局发生了较大变化。在规模为1661亿卢布的市场中,本国信息安全产品供应商的业务额同比增长24.7%,达1410亿卢布,而外国供应商的业务额同比下降65.6%,从730亿卢布降至251亿卢布。外国供应商的市场占有率从2021年的39.25%降至2022年的15%。84%的俄罗斯国有和私有企业

^① Указ "О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации" (01.05.2022 г. № 250). <https://rosinfra.ru/library/belaa-kniga-cifrovoj-ekonomiki-2022>

^② Проектный офис "Цифровая экономика". Белая книга цифровой Экономики. 2022. С. 60.

计划于 2023 年年底之前转用俄罗斯本土信息安全保护工具^①。

第七,加强卫星通信基础设施建设,前瞻布局 6G。2022 年 10 月,“联盟-2.1b”运载火箭将“球体”卫星群(被称为“俄版星链”,属于宽带互联网卫星星座)的首颗卫星“斯基泰人-D”以及三颗“信使-M”通信卫星送入预定轨道。“球体”卫星群由 600 多颗卫星组成,除了提供高质量空间服务、保障俄联邦安全以外,也是实现经济数字化转型的工具。“信使-M”通信卫星是俄罗斯唯一的低轨卫星通信系统,旨在保障俄罗斯在全球范围内进行各类信息交换,为北极等难以抵达的地区提供通信服务,并为物联网发展提供高带宽和低延时服务。除了部署卫星通信基础设施之外,俄罗斯决定绕过 5G 直接开发 6G 网络。无线电制造科学研究所和莫斯科斯科尔科沃科学技术研究院将在 2025 年前获得 300 多亿卢布资金,用于开发国产 6G 国内通信设备的联合项目,包括从原型到生产设备开发、基础组件以及监管框架的开发和新网络的电磁安全研究等,计划在 2025 年前研制出 6G 设备。

第八,面向未来,重视端到端技术研发与应用。在量子通信领域,俄罗斯政府计划将在 2023 年和 2024 年向国有铁路公司拨款 45 亿卢布(约合 6 940 万美元)建设量子通信网络。作为国家量子通信网络的一部分,莫斯科到圣彼得堡之间的第一条试点量子通信线路于 2021 年正式开通,莫斯科到下诺夫哥罗德州的通信线路也于 2022 年开通,两条通信线路全长 1 150 公里。量子密钥分发系统也将在俄罗斯正式部署应用。“ИнфоТекС”公司研发的 ViPNet QSS 量子密钥分发系统已通过监管机构认证,将在俄罗斯企业间部署应用。新型超导双量子比特处理器也在俄罗斯问世。莫斯科物理技术学院和莫斯科国立钢铁合金学院首次开发了 4 量子比特量子处理器,其工作基于俄罗斯专家开发的新型超导体。在人工智能领域,主要致力于人工智能研发生态系统建设,并推动人工智能技术应用。2019 年俄罗斯批准《2030 年前国家人工智能发展战略》,2020 年将推动该战略落实的“人工智能联邦项目”纳入“数字经济国家项目”,2022 年开始推动人工智能应用。同时,设立人工智能解决方案登记系统,纳入 70 个有效解决方案,可用于医疗、建筑和住房公共服务、工业、运输和农业等五大行业。相应的国家支持政策,诸如为应用国内技术解决方案的企业提供税收优惠等政策正在制定中。2022 年年底,俄罗斯政府批准《2030 年前人工智能高技术发展路线图》。落实路线图的资金分两部分,一部分是由政府拨付的 246 亿卢布,另一部分由俄罗斯联邦储蓄银

^① 网络安全保障公司“Ростелеком-Солар”数据, <https://rt-solar.ru/>

行投资,约为970亿卢布。路线图旨在加快将国内人工智能解决方案引入国家经济和社会发展系统。俄罗斯将公共部门和各行业引入人工智能技术的管理权从政府分析中心移交给高等经济大学,在高等经济大学设立国家人工智能发展中心(НЦРИИ)。国家人工智能发展中心是企业、科研机构和国家机构选择人工智能解决方案的平台,为引入人工智能技术提供专业支持,推动落实一系列人工智能领域的关键项目。

四 俄罗斯应对措施初步效果检视及启示

2022年是俄罗斯数字化转型面临空前挑战的一年,制裁对俄罗斯数字化转型造成的影响深刻而长远。俄罗斯不得不在政策优先方向选择、供应链重构、重点产业培育、安全体系重建等方面采取应急措施,在一定程度上消解了制裁的强烈冲击。根据数字发展部的数据,2022年俄罗斯超额完成了数字化转型国家目标。在数字化成熟度指标、在线公共服务指标、宽带互联网接入指标、国内IT解决方案的投资指标等4个方面均完成了任务。其中,数字成熟度指标达65.8%(计划为56.2%);在线公共服务指标达99.97%(计划为65%);家庭接入宽带互联网的比重为86.1%(计划为80%);国内IT解决方案的投资水平为2019年的157.4%(计划为156%)^①。完成上述指标实属不易,但在制裁冲击下,俄罗斯数字化转型还将经历痛苦而漫长的过程。从目前看,困难已经显现。

第一,企业数字化转型成本上升的同时效能并未提升。大多数企业的数字化转型受到服务器短缺或成本上升、数据存储系统不足、无法获得专门的外国软件和软件开发工具等因素的负面影响。高等经济大学商业趋势研究中心的调查显示,2022年各行业在数字和技术发展方面的投资活动继续增长。在被调查的企业中,63%的企业维持了对数字化及科技发展的投资增长趋势;与2021年相比,26%的工业企业对数字技术的投资需求有所增加;42%的工业企业购买了信息、计算机和电信设备^②。但这是制裁冲击下硬件软件和服务进口受到抑制、价格上涨引致的结果。数据显示,2022年俄罗斯

^① Основные показатели национальной цели "Цифровая трансформация" в 2022 году перевыполнены. <http://government.ru/news/47578/>

^② 2022年对俄罗斯30个联邦主体的1000多个投资活跃的工业组织的试点调查结果。Лола Инна Сергеевна. Инвестиции промышленности в цифровое и технологическое развитие в 2022 г. <https://issek.hse.ru/news/807720216.html?ysclid=licsyj5ehnl44150077>

服务器、数据存储系统 (DSS)、计算机和计算机备件的供应量下降了 15%^①。供应量缩减无法满足市场需求,由此造成相关硬件和软件以及服务费用增加。以电信服务费为例,2022 年 1~9 月对自然人的电信服务费增长 5.8%,对法人的电信服务费增长 0.2%^②。再以数据中心和云提供商的情况为例,在外国解决方案成本增加的情况下,俄罗斯的存储系统和服务器在数量和技术上都无法完全满足市场需求,数据中心和云提供商纷纷提高价格。

第二,技术解决方案的进口替代遭遇诸多困难。首先是国内解决方案难以满足需要。相比西方公司,俄罗斯公司在技术上仍然落后,提供的替代解决方案存在实用性和效率不高的问题,难以达到客户的期望。由此造成用户对国内解决方案的不信任。如许多公司的信息安全系统管理员认为国内信息安全解决方案无法覆盖所有潜在攻击,必须花费大量时间进行试点,以期证明其有效性。其次是解决方案转换成本问题。以信息安全系统为例,向国内 SIEM^③、XDR^④、WAF^⑤ 和电子邮件安全系统等转换需要时间成本,甚至在更换软件时不得不更换硬件和网络设备,还需要紧急培训现有员工,或者雇用新员工,企业的财务负担和行政成本增加。再次是转换难度问题。制裁前俄罗斯数字产品和服务消费者大量使用外国 IT 解决方案,制裁下被迫采用国产替代方案往往遭遇两方面问题:一是系统不兼容,需要进行生态系统重建。以信息安全系统为例,通常西方的解决方案已经“深度嵌入”客户的信息系统中,通过“模块化”替换极易产生不兼容问题。最终的解决办法可能是需要创建一个全面的信息安全生态系统,确保俄罗斯生产的硬件与国产操作系统、驱动程序、应用软件和信息安全工具实现完全交互。二是系统转移耗时耗力。以工业自动控制系统为例,由于工业自动控制系统内融合了大量专有软件,在转换时需要将数千个专有规则

① Тимофей Корнев, Никита Королев. Запретный сервер сладок. https://www.kommersant.ru/doc/6015686?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop

② Г. И. Абдрахманова, Г. Г. Ковалева, М. С. Фролов. Телеком нарастил доходы на фоне ограничений. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/811427882.pdf?ysclid=licu24htqo173199274>

③ SIEM 统称为安全信息和事件管理系统,将安全信息管理 (SIM) 和安全事件管理 (SEM) 结合到一个安全管理系统中,在安全威胁危害到业务运营之前提供检测、分析和响应安全威胁的解决方案。

④ XDR 为扩展检测和响应系统。这是一个基于软件运营服务化模式将多源安全遥测数据进行聚合,把原先分散的单个安全能力以原生化方式进行有机融合,以此提升威胁检测、调查、响应与狩猎能力的系统。用于检测和处置网络安全风险。

⑤ WAF 为网站应用级入侵防御系统。

从数据泄露防护系统(DLP)或 SIEM 系统转移到新系统,有时甚至需要手动操作。系统中的自定义规则越多,系统转移就越困难,绝非朝夕之事。

第三,数字前沿技术研发受困。一些外国科技公司在俄罗斯市场乃至国际市场具有垄断性地位,如“思科””IBM““英特尔”“微软”“英伟达”“甲骨文”“SAP”“西门子”等公司。上述公司的产品或服务断供后,俄罗斯几乎难以找到提供相应产品或服务的替代公司。“卡脖子”技术断供条件下,俄罗斯前沿技术研发将受到较大影响,特别是人工智能、物联网技术、超级计算和量子技术、机器人技术、传感技术等。例如,在人工智能发展方面,关键的制约因素是算力,即超级计算机的计算能力,而超级计算机需要使用“英伟达”、“英特尔”和“AMD”的图形加速器;而在物联网发展方面,硬件和微电子产品供应中断对俄罗斯的 TinyML 微型机器学习系统开发产生了不小的影响。

综上所述,在应对制裁对数字化转型的冲击方面俄罗斯为我们提供的启示如下。

首先,未雨绸缪,关键核心技术须提前布局。以“VMware”对俄罗斯停止服务为例,“VMware”提供的以计算虚拟化为主的服务器虚拟化体系产品和解决方案垄断了全球 80% 以上的市场。对于俄罗斯而言,“VMware”停止服务意味着 IT 基础设施遭遇釜底抽薪。一方面,旧版软件无法升级,旧设备在使用过程中出现故障不仅没有服务和支持,而且旧版本中的软件漏洞容易被黑客利用和攻击,造成核心业务瘫痪。另一方面,新的设备难以正常适配使用。由此,针对软硬件“卡脖子”问题,国家层面宜进行摸底,并设立清单,以清单为基础加强政策引导、资金扶持和有关部门的联动,加强自主可控软硬件研发、应用及生态体系建设。

其次,以举国体制筑平台,“政产学研用”协同创新。特定时期,政府出手通过设立国家技术平台和“国家云”平台优化整合资源,为国家机构、国有企业乃至私有企业提供信息安全公共产品,整体化解决信息安全保障的做法具有重要意义。政府推动数字技术供给方与需求方对接的生态体系建设也具有借鉴价值。俄罗斯推动专门从事软件进口替代的能力中心建设,并在政府层面设立行业软件委员会、通用系统和应用软件委员会、管理能力中心的做法独具匠心。从供给层面看,以能力中心为平台,由公司、大学和研究机构组成联合体,合力开发最重要的数字技术和软件,为关键经济部门提供数字解决方案,以取代外国产品和服务。从需求层面看,软件开发商与主要消费者(政府和国有公司)可以通过能力中心平台实现有效互动,推动软件开发商改进完善解决方案,并通过签订长期采购计划的方式为俄罗斯国内数字技术软

件开发商提供订单保障,以保证软件的市场需求。诚然,闭环式的供需对接方式可能在某种程度上牺牲效率,但从底线思维出发,对于保障特定状态下关键信息技术设施的安全不失为理性的选择。

再次,应急措施果断有力,前沿关键数字技术布局毫不懈怠。短期内,俄罗斯果断突破西方知识产权体系的围栏,利用“平行进口”和开源软件开发加强与包括邻国在内的伙伴国家在数字领域的合作,部分抵消了因外国公司撤出和高素质人才外流而导致的信息通信技术行业损失。与此同时,俄罗斯强化了对关键核心数字技术研发的资金支持,如布局 6G、打造卫星互联网、增加人工智能研发、量子技术研发与应用。此外,俄罗斯善于另辟蹊径,探索新的技术路线,如探索研发 X 射线光刻机,以取代 EUV 光刻机。基于俄罗斯的经验及教训,宜提前准备应对极限制裁的综合性预案,在前沿核心技术研发方面强化布局,并充分发挥中国的市场优势、资金优势、场景应用优势、多赛道并行优势。

最后,网络安全问题必须高度重视。俄罗斯将网络安全纳入整体信息安全框架,给予高度重视。在战略层面,推出《俄联邦信息安全学说》,为国家信息领域安全提供战略性指导。在立法层面,通过《个人数据保护法》、《俄联邦关键信息基础设施安全法》、《〈俄联邦通信法〉及〈俄联邦关于信息、信息技术和信息保护法〉修正案》(第 90 号联邦法,简称主权互联网法)等。在实践层面,推动数据存储本地化、加强对大型外国 IT 企业监管、减少对外国通信设备及软件的高度依赖、设立大型局域网、进行断网试验等。在信息安全保障机制建设方面,组建俄联邦网络部队、设立国家计算机事件协调中心、成立国家安全局管辖的信息安全中心、组建俄联邦检察官办公室调查委员会、设立内务部特别技术措施局“K”办公室^①,在俄罗斯银行设立计算机攻击监控和响应中心“FinCERT”^②等。尽管层层布防,但面对意识形态裹挟下的全方位制裁,俄罗斯网络安全还是遭遇了强力冲击。鉴于此,国家层面宜将网络空间视为国家在陆、海、空、天之后的“第五疆域”,将维护网络空间安全视为捍卫国家主权的重要组成部分,加强网络安全建设,强化数据保护,支持信创产业发展,倡导网络空间命运共同体建设,加大信息安全人才培育力度。

(责任编辑:农雪梅)

① Управление К БСТМ МВД России,负责调查信息技术领域的犯罪。

② 参与银行向中心发送有关已查明的计算机攻击信息。中心进行数据分析并及时将分析结果发送给市场参与者和执法机构。截至 2023 年 6 月,有 1 000 多家银行成为“FinCERT”参与行(https://cbr.ru/information_security/fincert/)。